

POLITECNICO DI TORINO
**Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico
Ambientale**

Tesi di Laurea Magistrale

**INVARIANZA IDROLOGICO-IDRAULICA ED URBANIZZAZIONE.
REGOLAMENTO 7/2017 LOMBARDIA E STORMWATER MANAGEMENT
MANUAL 2021 DI PORTLAND (USA): CONFRONTO COMPARATIVO E
CASE STUDIES**



Relatore
Prof. Ing. Stefano Ferrari

Candidato
Dott. Roberto Rota

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 FOCUS E OBIETTIVI DELLA RICERCA	2
1.3 IMPOSTAZIONE DI RICERCA	3
2 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA A LIVELLO REGIONALE: ESEMPIO DELLA REGIONE LOMBARDIA	4
2.1 NORMATIVA LOMBARDA	4
2.1.1 Legge regionale 12/2005	4
2.2 DEFINIZIONE DI INFILTRAZIONE	5
2.3 DEFINIZIONE DI “PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA”	6
2.4 REGOLAMENTO 7/2017 LOMBARDIA	8
3 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA A LIVELLO COMUNALE: IL REGOLAMENTO DI PORTLAND	20
3.1 LO SCOPO DEL REGOLAMENTO DI PORTLAND	20
3.2 NORMATIVA DI PORTLAND	20
3.2.1 Permesso municipale per le acque piovane di Portland NPDES (MS4)	21
3.2.2 Permesso di scarico dei rifiuti NPDES	21
3.2.2 Permesso WPCF per il controllo dell'iniezione sotterranea (UIC)	21
3.3 APPLICABILITÀ DEL REGOLAMENTO	22
3.4 REQUISITI PER LA GESTIONE DI ACQUE PIOVANE	22
3.4.1 Infiltrazione in loco	23
3.4.2 Sistema di drenaggio separato	23
3.4.3 Sistema fognario combinato	24
3.4.4 Requisiti di sistema di ricezione	24
3.4.5 Requisiti operativi e di manutenzione	24
3.4.6 Circostanze speciali	24
3.4.7 Rapporti con altri requisiti e standard	25
3.5 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI ACQUA PIOVANA	28
3.5.1 Pianificazione del progetto	28
3.5.2 I sistemi di acqua piovana nella città	28
3.5.3 Valutazione del sito	29
3.5.4 Test di infiltrazione e relative indagini	29
3.5.5 Sviluppo del design concettuale	29
3.5.6 Sistema di ricezione	32
3.5.7 I metodi di progettazione	32
3.6 STRUTTURE PRIVATE PER L'ACQUA PIOVANA	35
3.6.1 Progettazione dell'impianto e requisiti di costruzione	35
3.6.3 Strutture di bioritenzione	37
3.6.3 Strutture di dispersione	39
3.6.4 Strutture di infiltrazione sotterranea	39
3.6.5 Altre strutture per le acque piovane	41
3.7 OPERAZIONI E REQUISITI DI MANUTENZIONE E COMUNICAZIONI	44
3.7.1 Requisiti generali di presentazione	44
3.8 STRUTTURE PUBBLICHE	45
3.8.1 Strutture in superficie con vegetazione (strade verdi)	45
3.8.2 Pozzetti	48
3.8.3 Tecnologie di trattamento delle acque piovane prodotte (MSTT)	49
3.8.4 Pavimentazione permeabile	49
3.8.5 Gli alberi	49
3.8.6 Strisce filtranti	50
3.8.7 Detenzione strutturata	50

3.8.8	<i>Requisiti di presentazione</i>	51
3.9	REQUISITI E POLITICHE PER LE VIE DI SCOLO E LA RISERVA DI SCOLO	53
3.9.1	<i>L'importanza di proteggere i canali di scolo</i>	53
3.9.2	<i>Progettazione dei canali di scolo e reti di drenaggio</i>	54
3.10	METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE DELLE ACQUE PIOVANE	55
3.10.1	<i>Dimensionamento dell'impianto di acqua piovana</i>	55
3.10.2	<i>Tempesta di progettazione</i>	56
3.10.3	<i>Metodi di dimensionamento</i>	58
4	APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA IN LOMBARDIA: L'ANALISI DELLE PROCEDURE NEL COMUNE DI BERGAMO	61
4.1	IL CASO DEL PIANO INTEGRATO D'INTERVENTO PARCO OVEST.....	61
4.2	IL CASO DELL'IPOTESI DI TRASFORMAZIONE URBANA: CHORUS LIFE	64
4.2.1	<i>La Revisione del progetto del sistema di laminazione imposta dal Comune</i>	65
4.3	IL CASO DELL'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLO SVINCOLO AUTOSTRADALE A4 E DELLA CONNESSIONE CON L'ASSE INTERURBANO DI BERGAMO.....	66
4.4	IL CASO DELLA REALIZZAZIONE DI NUOVA INTERSEZIONE STRADALE A ROTATORIA IN ZONA AEROPORTO	68
4.5	IL CASO DI UN PIANO ATTUATIVO DI UN'AREA DI TRASFORMAZIONE – EX MANGIMI MORETTI	69
4.6	IL CASO DELLO STADIO ATLETI AZZURRI D'ITALIA	70
4.7	IL CASO DI UN NUOVO COMPLESSO RESIDENZIALE E COMMERCIALE IN VIA BAIONI	72
4.8	IL CASO DEL PIANO DI RECUPERO “SAN TOMASO APOSTOLO”	73
4.9	IL CASO DI UN CENTRO COMMERCIALE IN VIA CORRIDONI.....	74
4.10	IL CASO DELL'EX CONVENTO DI ASTINO	75
4.11	IL CASO DEL PIANO ATTUATIVO DI VIA SUARDI “EX CASERMA LI GOBBI”	76
4.11.2	<i>La Revisione del progetto del sistema di laminazione imposta dal Comune</i>	77
4.12	<i>Il caso di una demolizione e costruzione edificio commerciale - Via Ghislandi</i>	78
4.13	IL CASO DELL'EX ISMES	79
5	ANALISI DEI CASI DEL COMUNE DI BERGAMO	80
5.1	ANALISI DELLE PRINCIPALI LACUNE DEI CASI PRESI IN ESAME	83
5.1.1	<i>Il caso del piano integrato d'intervento Parco Ovest</i>	83
5.1.2	<i>Il caso dell'ipotesi di trasformazione urbana: Chorus Life</i>	83
5.1.3	<i>Il caso dell'intervento di riqualificazione dello svincolo autostradale A4 e della connessione con l'asse interurbano di Bergamo</i>	83
5.1.4	<i>Il caso della realizzazione di nuova intersezione stradale a rotatoria in zona aeroporto</i>	84
5.1.5	<i>Il caso di un piano attuativo di un'area di trasformazione – Ex Mangimi moretti</i>	84
5.1.6	<i>Il caso dello Stadio Atleti Azzurri d'Italia</i>	84
5.1.7	<i>Il caso di un nuovo complesso residenziale e commerciale in Via Baioni</i>	84
5.1.8	<i>Il caso del piano di recupero “San Tomaso Apostolo”</i>	84
5.1.9	<i>Il caso di un centro commerciale in Via Corridoni</i>	85
5.1.10	<i>Il caso dell'ex convento di Astino</i>	85
5.1.11	<i>Il caso del piano attuativo di Via Suardi “Ex Caserma Li Gobbi”</i>	85
5.1.12	<i>Il caso di una ristrutturazione edificio - Via Ghislandi</i>	85
5.1.13	<i>Il caso dell'Ex Ismes</i>	85
5.2	CONSIDERAZIONI GENERALI SULLE MODALITÀ DI VALUTAZIONE DEL COMUNE	86
5.3	ANALISI CRITICA GENERALE.....	86
5.4	LA TENDENZA AL RICORSO DEL “OPERE DESTINATE ALLA PORTATA” E INTRODUZIONE ALLE “OPERE DESTINATE A RIUSO E INFILTRAZIONE”	88
6	I PRINCIPALI SOGGETTI COINVOLTI NELL'APPLICAZIONE DELL'INVARIANZA IN LOMBARDIA	92
6.1	RIEPILOGO DEL CONTESTO LOMBARDO: LA PIANIFICAZIONE COMUNALE IN LOMBARDIA	92
6.1.1	<i>Il ruolo del Piano di governo del Territorio (P.G.T.) in materia di invarianza idraulica</i>	92
6.1.2	<i>Il ruolo della VAS</i>	95
6.2	IL RUOLO DEL GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO	96

6.3 IL RUOLO DEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE	97
7 PROPOSTA MIGLIORATIVA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO PORTLAND NEL CONTESTO LOMBARDO	99
7.1. NUOVI CRITERI DI RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA PER L'INVARIANZA IDRAULICA.....	99
7.2 L'INSERIMENTO DEI MIGLIORAMENTI DEI LAVORI PUBBLICI NEI CRITERI D'INVARIANZA	101
7.3 REQUISITI SPECIFICI PER LE STRUTTURE PUBBLICHE.....	103
7.3.1 <i>Circolazione pedonale</i>	103
7.3.2 <i>Barriere</i>	105
7.3.3 <i>Marciapiedi esistenti</i>	105
7.3.4 <i>Accesso per la manutenzione</i>	105
7.3.5 <i>Sviluppo futuro</i>	105
7.3.6 <i>Attenzione agli alberi:</i>	105
7.4 INDICAZIONI SUI TEST DI INFILTRAZIONE E RELATIVE INDAGINI DEL SOTTOSUOLO.....	106
7.4.1 <i>Indagine dalla profondità alla falda acquifera</i>	106
7.4.2 <i>Test d'infiltrazione</i>	107
8 CONCLUSIONI	109
BIBLIOGRAFIA.....	111
SITOGRAFIA	112

Ringraziamenti

A conclusione di questo elaborato, desidero menzionare tutte le persone, senza le quali questo lavoro di tesi non esisterebbe nemmeno.

Ringrazio il mio relatore Ing. Stefano Ferrari, che in questi cinque mesi di lavoro, ha saputo guidarmi, con suggerimenti pratici, nelle ricerche e nella stesura dell'elaborato.

Ringrazio di cuore i miei genitori. Grazie per avermi sempre sostenuto e per avermi permesso di portare a termine gli studi universitari.

Un ringraziamento particolare va all'ufficio Servizio Strutture Reti ed Opere Idrauliche del Comune di Bergamo, in particolare all' Ing. Roberto Antonelli disponibile a fornirmi il materiale necessario alla stesura di questa tesi.

Infine, vorrei dedicare questo piccolo traguardo a me stesso, che possa essere l'inizio di una lunga e brillante carriera professionale.

1 Introduzione

1.1 Premessa

Negli ultimi anni è aumentata la consapevolezza che il cambiamento climatico in atto, insieme ad aumento demografico, sfruttamento delle risorse, inquinamento atmosferico e delle acque e la forte urbanizzazione rappresentino le principali sfide che il mondo dovrà fronteggiare dal momento che la domanda di risorse naturali è aumentata fortemente a causa dell'incremento della popolazione umana e dell'aumento dei consumi, che hanno portato un'espansione degli insediamenti urbani e delle infrastrutture, oltre a una tendenza alla frammentazione e al degrado dei paesaggi naturali con conseguente perdita di biodiversità e dei servizi ecosistemici.

Il cambiamento climatico ha posto delle sfide notevoli per le nostre città e non solo: gli eventi meteorologici estremi come inondazioni, siccità e ondate di calore tendono a essere sempre più frequenti. Il crescere della frequenza e dell'entità delle alluvioni è uno degli effetti più preoccupanti del mutamento climatico, e, ultimamente tale incremento non accenna ad arrestarsi, anche a causa del progressivo ed incontrollato consumo di suolo.

I crescenti fenomeni di urbanizzazione hanno ridotto considerevolmente le aree naturali permeabili, utili a contrastare il rischio di alluvioni e aumentato il numero di abitazioni ed attività economiche ubicate in zone a rischio idrogeologico. Inoltre, la sostituzione di superfici permeabili con superfici artificiali impermeabili ha notevolmente ridotto le quantità d'acqua che prima venivano assorbite dal terreno. L'eccesso di acqua meteorica che non riesce a defluire nel terreno, specialmente nei luoghi in cui il tasso di urbanizzazione è molto alto, aumenta il pericolo di inondazioni; inoltre l'elevata quantità di superfici artificiali causa l'innalzamento delle temperature (EEA, 2012, p.6)¹.

Gli effetti di questi fenomeni non sono marginali, sia dal punto di vista economico che della pubblica sicurezza, si riscontrano perdite economiche causate dalle interruzioni della produzione generati dai danni alle infrastrutture di trasporto e dell'energia, oltre ad impatti socio-economici, impatti sul patrimonio culturale ed ambientale, problemi di salute pubblica causati dalla presenza di acque inquinate o per stress da trauma, sfollamenti di persone e perdita di vite umane (EEA, 2017, p 140).

L'acqua naturalmente in tutto questo riveste un ruolo fondamentale, tanto è vero che è considerata un elemento centrale per la regolazione del clima e dell'economia². Negli anni 2000, la necessità di una gestione integrata e di tutela delle acque ha portato all'approvazione di due direttive Europee di riferimento: 2000/60/CE, nota come "Direttiva Quadro Acque" e "2007/60/CE", conosciuta come "Direttiva Alluvioni" (Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016)³.

La Direttiva Quadro Acque punta a garantire a tutte le acque dell'Unione Europea un livello buono mediante azioni di prevenzione e riduzione dell'inquinamento, promuovendo un utilizzo sostenibile dell'acqua, proteggendo l'ambiente attraverso il miglioramento dello status degli ecosistemi acquatici e la mitigazione del rischio inondazioni e rischio siccità. Lo strumento di pianificazione atto al raggiungimento di questi obiettivi è il Piano di gestione del distretto idrografico.

La Direttiva Alluvioni invece si occupa della gestione delle alluvioni, da essa definite come "*fenomeni naturali che è impossibile impedire*"⁴, indirizza strategie mirate alla riduzione degli impatti potenziali delle alluvioni sul territorio; punta al raggiungimento di tali obiettivi dotandosi di un Piano di gestione del rischio alluvioni, che si affianca in maniera accessoria al Piano di distretto idrografico nella gestione delle acque. Il Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) attua le strategie previste dalla

¹ EEA, 2012 — European Environment Agency, Evaluation of progress under the EU National Emission Ceilings Directive — Progress towards EU air quality objectives, EEA Technical Report No 14/2012, European Environment Agency.

² L'acqua viene usata, oltre che per usi civili, anche per l'agricoltura, la produzione energetica l'industria manifatturiera, la pesca commerciale, i trasporti e il turismo (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016).

³ Fonte: https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/06/Soil4Life_B4_Linee-Guida-per-luso-sostenibile-del-Suolo.pdf

⁴ Direttiva 2007/60/CE, Preambolo 2

Direttiva mediante misure strutturali e non, prioritariamente per le aree a rischio idrogeologico. In linea generale, in passato si è sempre teso a fronteggiare le alluvioni attraverso misure strutturali, cioè mediante opere di regolazione finalizzate a proteggere le aree inondabili vicine ai corsi d'acqua. Tuttavia, va considerato che l'approccio strutturale non è sempre fattibile né risolutivo, e le opere una volta realizzate hanno un elemento di debolezza rappresentato dai parametri di progetto dei valori di portata che essendo frutto di analisi statistiche degli eventi più estremi del passato potrebbe rivelarsi un valore fittizio specie in questo periodo storico in cui i cambiamenti climatici paiono accelerare, tale punto debole potrebbe addirittura rendere inefficaci le misure strutturali nel futuro. Per le ragioni sopra elencate, oggi si tende ad affrontare i rischi alluvionali attraverso misure non strutturali volte a seguire un approccio resiliente (Liao, 2012), il concetto di "resilienza si può definire come *"la capacità di un sistema di riprendersi dalle alluvioni"* (de Brujn, 2005, p.2). Nel dibattito internazionale la resilienza, ovvero la capacità di rispondere ad un disturbo (Holling, 1973; Berkes, 2007), sta guadagnando sempre più terreno, in quanto è l'unico approccio volto ad adattare dei sistemi ai cambiamenti climatici in atto, la resilienza, ovvero la capacità della popolazione, di organizzazioni e di sistemi vulnerabili a difendersi, magari addirittura migliorandosi, in seguito ad imprevedibili eventi distruttivi, è un concetto nuovo e strategico per rispondere prontamente ad eventi estremi. Pianificare città resilienti è anche uno degli obiettivi definiti nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite⁵. L'adattamento è inteso come *"un processo in cui le società migliora la sua abilità a far fronte ad un futuro incerto"*⁶ e che però richiede azioni mirate atte ad adattarsi a questo cambiamento. Tali misure di resilienza hanno lo scopo di abbassare la debolezza dei sistemi agli impatti negativi dei cambiamenti climatici (UNFCCC, 2007). Le strategie finalizzate ad abbassare l'esposizione al rischio e la vulnerabilità si affidano principalmente ad una politica di prevenzione, ma, comunque, non escludono la possibilità di ricorrere a interventi di protezione strutturale se necessari per ridurre la pericolosità.

1.2 Focus e obiettivi della ricerca

Le misure non strutturali stanno assumendo sempre più importanza nella gestione del rischio idrogeologico, in quanto si punta a ridurre la vulnerabilità dei nostri territori mediante il potenziamento della capacità di laminazione nelle aree a maggior rischio, il miglioramento della capacità di ritenzione delle acque e l'introduzione delle regole di invarianza idraulica e idrologica. A livello nazionale, il recepimento degli indirizzi dettati dall'Unione Europea al momento risulta ancora prevalentemente incompiuto. L'unica regione italiana che ha già concretamente applicato le regole d'invarianza idraulica e idrologica per una strategia di gestione sostenibile dei deflussi meteorici è la Lombardia, con l'approvazione del Regolamento Regionale n°7/2017, le altre regioni al momento non hanno ancora aggiornato la loro legislazione in tal senso. Nel contesto mondiale, il modello più all'avanguardia in materia di gestione delle acque è rappresentato dal Manuale di gestione delle acque piovane di Portland – Storm Water Management (SWMM)

Gli obiettivi della ricerca di questa tesi saranno:

- delineare il quadro normativo di riferimento per comprendere e definire cosa si intende per invarianza idraulica e idrologica in particolare nel contesto lombardo;
- analizzare alcuni casi progettuali presentati in Comune di Bergamo sottoposti al rispetto del Regolamento di Invarianza idraulica lombardo;
- comprendere come il concetto di invarianza idraulica e idrologica è stato applicato nel contesto di Portland;
- avanzare, in base ai punti precedenti, una proposta migliorativa di applicazione del modello Portland nel contesto lombardo.

⁵ L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU.

⁶ Il testo originale, tratto dalla "United Nations Framework Convention on Climate Change" del 2007, p.10, è: "Adaptation is a process through which societies make themselves better able to cope with an uncertain future". Fonte: sito web: <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

1.3 Impostazione di ricerca

Sulla base degli obiettivi precedentemente descritti, questa tesi è suddivisa in sei parti. La prima parte è un'introduzione generale alla tesi. La seconda parte consiste in un inquadramento legislativo relativo all'invarianza idraulica nel contesto regionale lombardo. La terza parte analizza nel dettaglio l'applicazione al principio d'invarianza idraulica nella città di Portland, all'interno della stessa viene effettuata un'analisi approfondita del Regolamento d'invarianza dell'omonima città, partendo dallo scopo del regolamento fino ai criteri di dimensionamento delle opere atte a soddisfare i criteri d'invarianza. La quarta e quinta parte consistono in un'analisi dettagliata dei progetti sottoposto al rispetto dell'invarianza idraulica ed esaminati dall'ufficio tecnico del Comune di Bergamo dall'approvazione del Regolamento d'invarianza avvenuta nel 2017 fino ad oggi, alla fine del quinto capitolo viene inserita una tabella di sintesi che mostra un quadro generale delle opere previste nel rispetto della normativa regionale nel contesto bergamasco. La sesta ed ultima parte sono volte all'elaborazione di una proposta migliorativa di applicazione del modello Portland nel contesto legislativo lombardo, attraverso l'aggiunta di alcuni provvedimenti, già in vigore a Portland, atti a migliorare l'efficienza dell'applicazione del principio d'invarianza nel suo insieme, soprattutto a dare una spinta verso il rispetto dell'invarianza idrologica; il fine è appunto quello di ipotizzare uno scenario più volto al riuso e all'infiltrazione delle acque meteoriche visto che al momento la maggior parte delle cure analizzate nei casi studio consistono in sistemi di laminazioni, i quali non si preoccupano minimamente della permanenza delle acque nei suoli.

2 Applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica a livello regionale: esempio della Regione Lombardia

Considerato che il principio dell'invarianza idraulica e idrologica discende da un inter-normativo molto complesso, che ha riguardato la materia idrica in tutti i suoi aspetti a tutti livelli: europeo, nazionale e interregionale.

L'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nella regione Lombardia, è disciplinata dal regolamento regionale n. 7 del 2017 definisce i criteri per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica delle acque meteoriche.

2.1 Normativa lombarda

La prima Legge Regionale lombarda n.12 del 2005 negli anni è stata oggetto di revisioni e implementazioni, attraverso una modifica dei suoi articoli o l'aggiunta di nuovi. Una delle revisioni più importanti è avvenuta nel 2016 con la Legge Regionale n. 4, contenente la revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo. Questa legge ha definito l'invarianza idraulica e idrologica e l'ambito di applicazione nel territorio, e nel 2017 ha condotto alla stesura di un regolamento regionale concernente i metodi e i criteri per il rispetto di tale principio. Tale regolamento stato integrato nel 2018, ad aprile 2019, a seguito di osservazioni tecniche e richieste di chiarimenti. Le ultime modifiche sono in vigore dal 25 aprile 2019. Per il monitoraggio del regolamento è attivo l'applicativo INVID.

2.1.1 Legge regionale 12/2005

La Legge Regionale 12/2005 definisce le norme di governo del territorio, definendo le competenze spettanti alla Regione e agli enti locali, secondo quanto disciplinato dall'articolo 117, terzo comma, della Costituzione. I principi fondanti della Legge n.12 sono: sussidiarietà, adeguatezza, differenziazione, sostenibilità, partecipazione, collaborazione, flessibilità, compensazione ed efficienza.

Nel rispetto dei principi definiti dalla Legge, la Regione deve provvedere:

- alla definizione degli indirizzi di pianificazione per garantire lo sviluppo sostenibile;
- alla verifica di compatibilità dei piani territoriali di coordinamento provinciale e i piani di governo del territorio regionali;
- alla diffusione della cultura della sostenibilità con l'ausilio degli enti locali;
- all'attività di pianificazione territoriale regionale.

Tramite questa legge in Regione Lombardia il PGT (Piano di Governo del Territorio) ha sostituito il PRG (Piano Regolatore Generale), strumento previsto dalla Legge Urbanistica nazionale 1150/1942, come strumento di pianificazione urbanistica a livello comunale e ha lo scopo di definire l'assetto dell'intero territorio comunale.

Quest'ultimo si distingue dal vecchio piano regolatore generale in quanto dotato di una normativa più precisa; anzitutto introduce il concetto di "governo del territorio", le "zone funzionali" della vecchia regolamentazione vengono sostituite con i "tessuti urbani". Questi ultimi introducono un concetto di pianificazione territoriale più elastico, oltre a snellire l'iter burocratico per l'approvazione e modifiche per varianti di piano. Tale normativa introduce le seguenti novità: la partecipazione dei cittadini, la compensazione, la perequazione, l'incentivazione urbanistica.

Il Piano di Governo del Territorio ha una durata di 5 anni ed è composto dal Documento di Piano, il Piano dei Servizi e il Piano delle Regole.

2.1.1.2 Revisione della Legge regionale nel 2016

Nel 2016 è stata approvata la Legge Regionale 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", che disciplina:

- le funzioni della Regione in materia di difesa del suolo e di gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico in Lombardia;
- gli strumenti per assicurare il conseguimento degli obiettivi per la gestione del demanio idrico fluviale e il riassetto idraulico e idrogeologico;
- le modalità per garantire il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica e del drenaggio urbano sostenibile;
- le misure per assicurare la prevenzione del rischio idraulico e idrogeologico mediante la manutenzione delle opere di difesa del suolo;
- le misure per ripristinare la condizione naturale dei corsi d'acqua, recuperando le funzioni idrauliche e ambientali delle aree adiacenti;
- il riordino delle competenze in materia di difesa del suolo e gestione dei corsi d'acqua;

Lo scopo della Legge è quello di migliorare lo stato ecologico ambientale dei corpi idrici e della qualità delle acque, in ottemperanza alla Direttiva 2000/60/CE e integrare le misure al fine di valutare e gestire il rischio di alluvione. A tal fine la Regione promuove e assicura l'integrazione di tutte le azioni di tutela delle acque alle diverse scale di bacino e sottobacino, promuovendo la collaborazione e la partecipazione degli enti locali e dei soggetti interessati, legando il Piano di gestione del distretto idrografico del fiume Po e il Piano di tutela delle acque.

La legge definisce cosa si intende per principio di invarianza idraulica e idrologica, aggiungendo tramite l'articolo 7, il comma 58 bis nella Legge Regionale 12/2005, stabilendo come ambito di applicazione gli *“interventi edilizi definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b) e c) e a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5. Sono compresi gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e i parcheggi”* (Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 2). L'articolo 27, comma 1, della Legge Regionale 12/2005. definisce gli interventi edilizi, suddividendoli in:

- interventi di manutenzione ordinaria;
- interventi di manutenzione straordinaria;
- interventi di restauro e di risanamento conservativo;
- interventi di ristrutturazione edilizia;
- interventi di nuova costruzione;
- interventi di ristrutturazione urbanistica.

Al comma 5 dell'articolo 58 bis della Legge regionale 12/2005, viene esplicitato che entro centottanta giorni dalla data dell'entrata in vigore della Legge Regionale 4/2016, la Giunta regionale con le rappresentanze degli enti locali e altri soggetti competenti di professionalità tecnica, approverà un regolamento contenente criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica.

2.2 Definizione di Infiltrazione⁷

L'infiltrazione consiste nel processo di trasferimento dell'acqua presente sulla superficie del terreno penetrando al suo interno. Il fenomeno dell'infiltrazione ha una funzione regolatrice nel ciclo idrologico. Tale fenomeno è condizionato da numerosi fattori, tra cui le caratteristiche del terreno, le condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento e le modalità con cui progredisce l'evento meteorico.

La parte del terreno interessata dall'infiltrazione è quella più vicina alla superficie ovvero il suolo. Il suolo è un mezzo poroso composto da una matrice solida contraddistinta da cavità che possono essere o meno riempite di acqua: viene quindi considerato come un sistema trifase costituito da:

- una fase solida;
- una fase liquida;

⁷ Tale capitolo è stato scritto prendendo spunto dalla *Scheda didattica N°9: L'infiltrazione Prof. Versace – UniCal*
http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2015/blocco4/infiltrazione_V.pdf

- una fase aeriforme.

Il fenomeno dell'infiltrazione è quindi fortemente influenzato dalle caratteristiche del suolo.

Rivestono una certa importanza anche la "tessitura", ovvero la composizione granulometrica del suolo, e la "struttura" che determina la tipologia di aggregazione dei singoli granuli (granulare, laminare o compatta).

La tessitura si determina attraverso la determinazione della curva granulometrica, ossia delle percentuali in peso di materiale che caratterizzano il suolo preso in esame.

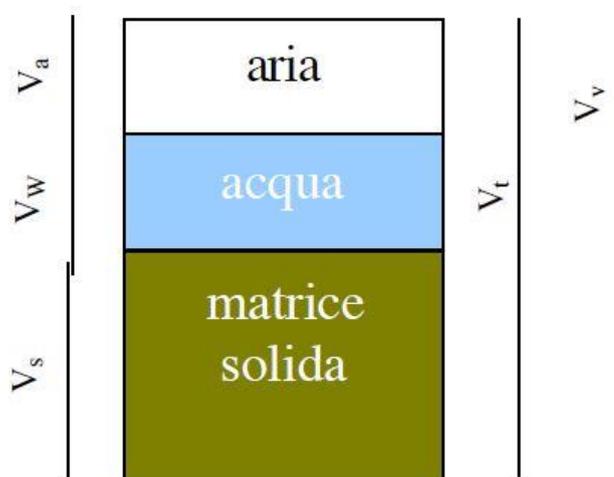


Figura 1: Esempio di schematizzazione delle diverse fasi presenti nel suolo.

Fonte: Scheda didattica N°9: L'infiltrazione Prof. Versace – UniCal

http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2015/blocco4/infiltrazione_V.pdf

La granulometria i terreni è determinata da diversi criteri di classificazione, uno dei più importanti è rappresentato dalla classifica ASTM (American Society Standard Material):

V_v indica il volume non occupato dalla matrice solida; ovvero quello generalmente occupato da aria e acqua. In questa situazione il terreno si definisce insaturo. Invece, se è presente solo acqua, il terreno si dice saturo; quando invece i pori sono completamente privi d'acqua si parla di terreno secco.

Quelle sopracitate sono le caratteristiche più importanti per definire il tasso di infiltrazione, ovvero il "rapporto percentuale tra l'altezza di infiltrazione e l'altezza della precipitazione annua"⁸.

2.3 Definizione di "Principio di Invarianza Idraulica e Idrologica"

I concetti di invarianza idraulica e idrologica erano già stati introdotti nell'articolo 7⁹ della legge regionale 12/2005 al fine di "prevenire e di mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale [...]" come stabilito dal comma 1. Esso inoltre disciplina il recepimento di tale principio da parte degli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali per le trasformazioni di uso del suolo.

La legge definisce come:

- "Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione"¹⁰;

⁸ Lezioni di Idrogeologia Applicata, Capitolo 2, L. Tulipano, G. Sappa, on-line in .pdf su [1] Archiviato l'8 ottobre 2010 in Internet Archive. (consultato nel gennaio 2010)

⁹ L'articolo introduce nella legge 12/2005 l'articolo 58 bis.

¹⁰ Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 1, lettera a / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g.

- “**Invarianza idrologica**: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso ~~meno~~ scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione”¹¹.

E si applica a “tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione”¹².

Di seguito, al fine di facilitare la comprensione dell'argomento, sono stati inseriti quattro idrogrammi che riportano:

- la condizione preesistente all'urbanizzazione;
- la condizione post urbanizzazione;
- la condizione di invarianza idraulica;
- la condizione di invarianza idrologica.

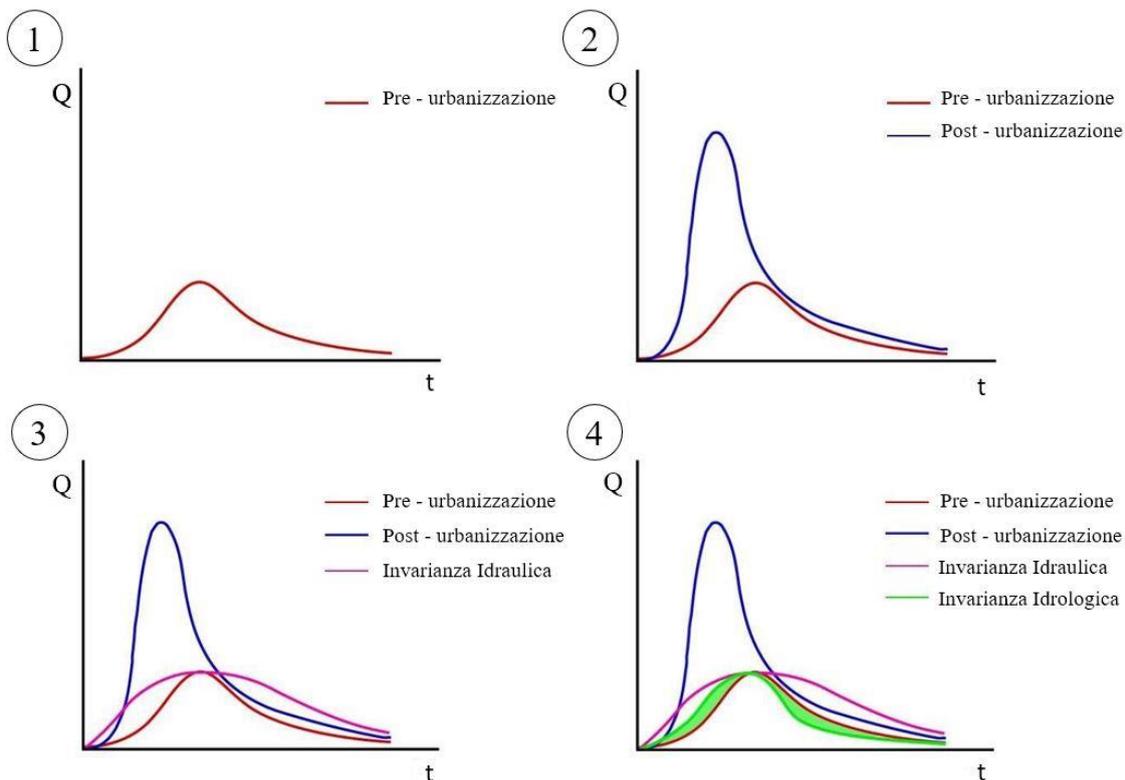


Figura 2: 1) Condizione naturale, preurbanizzata, 2) Condizione posturbanizzata, 3) Condizione di “Invarianza Idraulica” e 4) Condizione di “Invarianza Idrologica”. Fonte: Produzione propria.

La curva **1** rappresenta un evento meteorico in una condizione di suolo naturale in cui, ad un tempo t , si ha la portata massima del deflusso. Il volume d'acqua, rappresentato nel grafico come l'area sottesa alla curva, subisce processi di infiltrazione al suolo, intercettazione da parte della vegetazione e deflusso verso il corpo idrico recettore del bacino in cui l'evento ha luogo. Al termine dell'evento meteorico, l'acqua defluirà in parte nel recettore del bacino e in parte verrà infiltrata, fino a ritornare alla situazione iniziale.

La curva **2** mostra la situazione che si verifica dopo che lo stesso suolo è stato urbanizzato. All'inizio dell'evento meteorico, il volume d'acqua aumenterà vertiginosamente, in quanto le superfici permeabili del suolo urbanizzato ostacoleranno l'attivazione del processo di infiltrazione che invece si aveva in condizione di suolo naturale. Il flusso d'acqua meteorica, raggiungendo una portata e un volume nettamente superiore, avverrà nella rete di drenaggio urbano, impiegando più tempo. Questa condizione

¹¹ Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 1, lettera b / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g

¹² Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 2 / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g

può causare, da un lato, allagamenti laddove si verifica l'evento meteorico, e dall'altro, un aumento delle portate dei corpi idrici recettori, causando problemi a valle del corso d'acqua, con conseguenze talvolta addirittura catastrofiche.

La curva **3** riproduce il deflusso in suolo urbanizzato in presenza di vasche di laminazione. Le vasche di laminazione riescono a fungere da ammortizzatore idraulico durante gli eventi meteorici di particolarmente intensi e duraturi, trattengono e stoccano al tempo stesso, naturalmente in base alla loro dimensione, la portata e i volumi intercettati dalle superfici impermeabili, evitando il sovraccarico nei recettori finali. L'impiego di opere di questo tipo consente di raggiungere una portata massima non superiore a quella che si riscontrava prima che il suolo venisse urbanizzato. Il volume in eccesso viene fatto defluire in tempi più lunghi o nella rete di drenaggio o nei corpi idrici recettori, scongiurando gli scenari peggiori prima descritti.

La curva **4**, infine, rappresenta la situazione che si verifica sia in presenza delle vasche di laminazione che in presenza di superfici permeabili, costruite allo scopo di aumentare la capacità di infiltrazione del suolo urbanizzato. In questa particolare condizione le portate massime restano uguali a quelle della condizione preesistente l'urbanizzazione e anche il volume d'acqua, inizialmente in eccesso, viene poi fatto infiltrare nel terreno, risultando nella totalità dell'evento uguale alla presenza di suolo naturale.

2.4 Regolamento 7/2017 Lombardia¹³

In osservanza della Legge Regionale 4/2016¹⁴, la regione Lombardia ha dovuto dotarsi di un regolamento regionale per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica sul territorio. Tale regolamentazione è stata pubblicata il 23 novembre 2017, riguardante "i 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 due volte:

- con il r.r. n. 7 del 29 giugno 2018, che introduce un periodo transitorio di disapplicazione del regolamento per alcune fattispecie di interventi.
- con il r.r. n. 8 del 19 aprile 2019, che introduce semplificazioni e chiarimenti a seguito di osservazioni tecniche ed esigenze di precisazioni e di chiarimenti.

Il testo coordinato del r.r. n. 7 del 23 novembre 2017 è pubblicato sul BURL n. 51, Serie Ordinaria, del 21 dicembre 2019.

Il regolamento integrato deve essere applicato su tutto il territorio regionale, tenendo conto del periodo di disapplicazione, in modo diversificato a seconda della criticità dell'area in cui si ricade: il territorio regionale è stato infatti suddiviso in aree a criticità alta, media e bassa. A partire dal 1° maggio 2021 il Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza idraulica e idrologica (Allegato D al r.r. n. 7 del 2017) deve essere compilato e trasmesso utilizzando esclusivamente l'applicativo INVID. È prevista una verifica tecnica dell'applicazione del

¹³ Tale capitolo è stato scritto consultando il testo del Regolamento Regionale n°7/2017 di cui al seguente link:

<https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/4a938b27-de55-4eae-81a9-4d3d0f43296d/testo-coordinato-rr-7-2017-invarianza-idraulica-idrologica.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-4a938b27-de55-4eae-81a9-4d3d0f43296d-natRbrX>

¹⁴ L'art. 7 della Legge Regionale LR n°4 del 15 Marzo 2016 prevede che, al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli, gli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo. Fonte: <https://www.studiomajone.it/lr-n4-del-15-marzo-2016-drenaggio-urbano-sostenibile-e-invarianza-idraulica-nella-difesa-del-suolo/#:~:text=L%E2%80%99art.%207%20della%20Legge%20Regionale%20LR%20n%C2%B04%20del,idrologica%20per%20le%20trasformazioni%20di%20uso%20del%20suolo>

regolamento ogni 3 anni, con lo scopo di apportare eventuali correzioni o aggiornamenti¹⁵. Il regolamento è composto da 17 articoli, i quali rappresentano la parte normativa del regolamento, e si fondano sui principi dettati dalla Legge Regionale e 11 allegati di approfondimento. Lo scopo del regolamento è stabilire degli ambiti territoriali di applicazione che sono stati individuati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini e dei corsi d'acqua ricettori, e per ciascuno di essi è stato stabilito un valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica.

Il Regolamento è composto anche da:

- la modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni di piano d'ambito;
- le indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- meccanismi attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica, nonché drenaggio urbano sostenibile;
- la possibilità di monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione degli interventi in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni che rendono impossibile il rispetto dell'invarianza (deve essere dimostrato).

Il primo obiettivo di Regione Lombardia consiste nella classificazione del proprio territorio regionale in tipologie di aree, in funzione della criticità idrogeologica:

- aree A, comprendenti i comuni che ricadono, anche parzialmente, nei bacini idrografici ritenuti ad alta criticità idraulica, individuati e classificati precedentemente ed elencati nell'Allegato B del Regolamento;
- aree B, a media criticità idraulica, comprendenti i comuni, che ricadono anche parzialmente, nei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- aree C, a bassa criticità idraulica, comprendenti i comuni non rientranti nelle aree A e B.

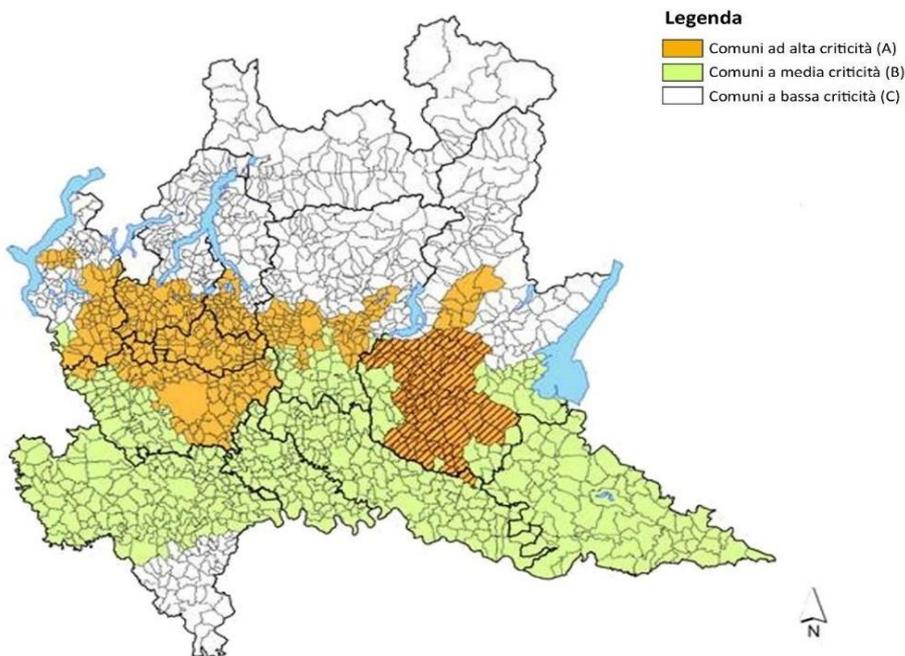


Figura 3: Ambiti territoriali di applicazione della Regione Lombardia.
Fonte: Regolamento Regionale n°7/2017

¹⁵ Fonte Sito Regione Lombardia: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioServizio/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/Territorio/difesa-del-suolo/invarianza-idraulica-e-idrologica/invarianza-idraulica-e-idrologica>

Nell'allegato B è presente la cartografia della regione Lombardia suddivisa per ambiti territoriali di applicazione. Questa classificazione rappresenta la base cartografica per l'applicazione del principio di invarianza in Regione Lombardia; in quanto ad ogni ambito viene assegnato un valore massimo ammissibile di scarico per ettaro di superficie scolante impermeabile (art.8 del Regolamento); ciò, insieme all'adozione di interventi finalizzati a contenere la consistenza delle portate scaricate entro valori compatibili con le capacità idrauliche dei ricettori, permetterà di ridurre gli scarichi delle aree soggette a trasformazione urbanistica, scongiurando il sovraccarico dei corpi idrici riceventi.

I valori massimi ammissibili, denominati " U_{lim} " sono:

- per le aree A, 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree B, 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree C, 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Questi valori, se in presenza di un recettore dalla una capacità idraulica inferiore, possono essere più restrittivi, se il gestore della rete idrica in questione lo ritiene necessario. I "piani attuativi" previsti nei Piani di Governo del Territorio vengono equiparati alle aree A ad alta criticità idraulica, indipendentemente dal comune in cui ricadono, in quanto incidono considerevolmente sulla permeabilità dei suoli.

A seconda della superficie interessata dall'intervento, A_{tot} (superficie di trasformazione) e del coefficiente di deflusso medio ponderale¹⁶, ϕ_{mp} , gli interventi che necessitano di misure di invarianza idraulica e idrologica vengono suddivisi in classi, tale suddivisione porta anche a diverse modalità di calcolo.

Il Regolamento, di solito, prescrive di adottare il "metodo delle sole piogge" nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, in ambiti territoriali a criticità alta o media. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti territoriali ad alta o media criticità, obbliga alla "procedura di calcolo dettagliata".

Tabella 1: Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulico - idrologica.

Classe di intervento	Superficie interessata dall'intervento	Coefficient e deflusso medio ponderale	Modalità di calcolo		
			Ambiti Territoriali (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
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 (≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (≤ 1.000 mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		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	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		> 10 ha > 100.000 mq	qualsiasi		

¹⁶ Il coefficiente di deflusso è "il rapporto tra il volume d'acqua defluito alla sezione di chiusura di un bacino e gli afflussi per precipitazione" (Montin, 2012, p.49). Una parte delle acque meteoriche che vanno a finire nella sezione di chiusura del bacino, infatti, viene dispersa o trattenuta per infiltrazione, per assorbimento dalle superfici porose o evapora. Il coefficiente di deflusso medio ponderale è la media pesata dei coefficienti di deflusso peculiari di ogni superficie presente nel territorio preso in considerazione.

Per gli interventi ad impermeabilizzazione potenziale bassa, media e alta ricadenti in ambito a bassa criticità C, è richiesto il criterio dei requisiti minimi, definiti dall'articolo 12, comma 2, consistono nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, dimensionati secondo quanto previsto dal regolamento:

- per le aree A ad alta criticità idraulica: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree B a media criticità idraulica: 600 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- per le aree C a bassa criticità idraulica: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Se, invece, la superficie scolante impermeabile di un intervento sia minore di 300 mq, il requisito minimo è pari a quello indicato per le aree C a bassa criticità idraulica.

Nel caso, invece, ci troviamo di fronte ad un'impermeabilizzazione potenziale media, ricadente in aree A e B, il regolamento disciplina di usare il "metodo delle sole piogge". Tale metodo fornisce "una valutazione del volume di 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 ($Q_{u,lim}$)" (Manuale SuDS, 2018, p.32). Tuttavia, il volume di invaso può essere calcolato anche tramite la differenza tra il volume di acqua entrante nell'opera di laminazione e quello, ritenuto costante, in base ai parametri fissati dal regolamento ($Q_{u,lim} = u_{lim}^{17} * S^{18}$)

Il volume entrante nell'opera di invaso W, dovuto alla precipitazione, avente una durata D, sarà pari a:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n$$

In cui:

- S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso;
- ϕ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d¹⁹;
- a e n sono parametri della curva di possibilità pluviometrica²⁰;
- D è la durata dell'evento di pioggia.

Il volume uscente dall'opera sarà pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Il volume di dimensionamento della vasca sarà pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che massimizza il volume di laminazione. Nella sottostante figura 4 si vede la curva del volume entrante W_e , concava verso l'asse delle ascisse e la retta W_u (questo perché il volume di uscita è considerato costante). La distanza W tra le due curve rappresenta la differenza tra il volume entrante e quello uscente e ammette una condizione di massimo nel punto D_w di durata critica per la laminazione.

L'Allegato G fornisce poi le formule per il calcolo della durata critica D_w :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

¹⁷ Definito dall'articolo 8 del Regolamento Regionale 7/2017.

¹⁸ Ovvero la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso.

¹⁹ L'articolo disciplina la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione. Essa può avvenire per via semplificata, usando dei valori standard del coefficiente di deflusso: pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue, quali strade, vialetti e parcheggi; pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semi permeabili, quali strade, vialetti e parcheggi; pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo le superfici incolte e quelle ad uso agricolo.

²⁰ I parametri a e n servono per determinare l'altezza h di pioggia, rappresentata dalla curva di possibilità pluviometrica, in funzione della durata t della precipitazione, secondo la relazione $h = a \cdot t^n$, e sono tabellati nel sito di ARPA Lombardia.

E il volume critico W_0

$$W_0 = S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w$$

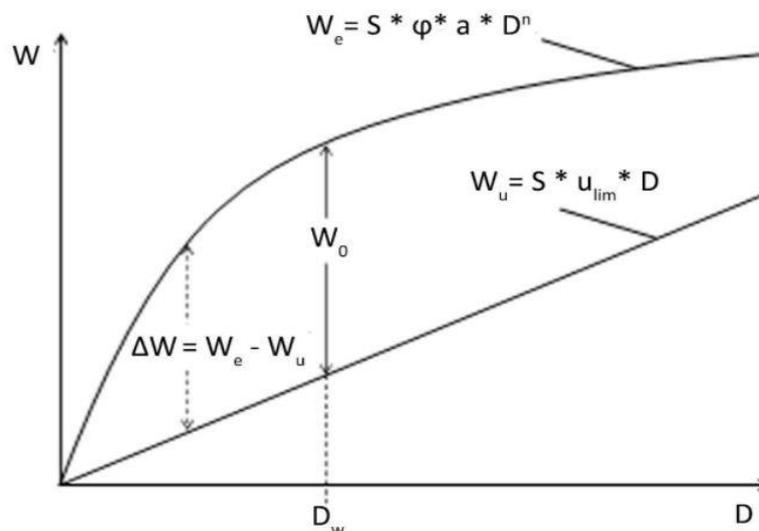


Figura 4: Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato G

L'ultima tipologia di casi previsti da Regolamento, sono quelli di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti A e B, in caso di superfici particolarmente estese, laddove il metodo delle sole piogge e i requisiti minimi non potrebbe essere applicabile, si applica la "procedura dettagliata". Tale procedura prevede uno studio idrologico del deflusso sulla superficie di trasformazione che nel regolamento, a titolo esemplificativo, viene svolto attraverso il "metodo cinematico", cioè lo ietogramma Chicago²¹ e per la rappresentazione dell'infiltrazione si affida al modello di Horton²². Per il calcolo delle perdite idrologiche, sul Manuale SuDS²³ del 2018 troviamo il modello Soil Conservation Service (SCS), in cui viene presentato il Curve Number. Attraverso tale modello di calcolo si può rappresentare con estrema flessibilità il comportamento idrologico delle diverse superfici, in funzione dell'uso e la permeabilità del suolo, tramite lo ietogramma di progetto e il metodo SCS – CN, è possibile calcolare il volume defluito, al netto delle perdite, chiamato "pioggia efficace", nel corpo idrico recettore. Confrontando il valore del volume defluito con il $Q_{u,lim}$, fissato dal regolamento, si può capire se il progetto rientra nei parametri definiti nel rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica. Il massimo dell'idrogramma complessivo per l'area di trasformazione, dato dalla somma degli idrogrammi di ogni singolo intervento, risultasse maggiore al valore di $Q_{u,lim}$, il progettista deve ridurne il picco:

- mediante interventi che prevedano l'introduzione di sistemi di accumulo, quali cisterne o serbatoi;
- variando il valore del CN delle superfici permeabili, ovvero modificando la capacità di

²¹ Lo ietogramma Chicago è "uno ietogramma interamente consistente con la curva di possibilità pluviometrica (CPP). La curva ottenuta per lo ietogramma dovrà quindi avere la proprietà che, per ogni durata d , il volume massimo sotteso sia pari alla relativa ordinata h in funzione della durata d della CPP. Definita la CPP nella forma monomia $h = a \cdot d^n$ " (http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF_corretto-1.pdf). A differenza dell'altro modello, chiamato "ietogramma costante", che invece assume l'intensità di pioggia come costante.

²² Il modello di Horton appartiene ad una classe di modelli di infiltrazione che "in base a numerose risultanze sperimentali, individua una legge decrescente di tipo esponenziale per rappresentare l'andamento nel tempo dell'infiltrazione" (Regolamento regionale 7/2017, Allegato F, p.56).

²³ Questo Manuale contiene delle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile, analizzando e spiegando tutti le norme, principi, regole e suggerimenti, presenti nel Regolamento Regionale 7/2017).

infiltrazione di tali superfici, con l'introduzione di fossi di infiltrazione, trincee drenanti, e altre buone pratiche atte al riuso e all'infiltrazione delle acque meteoriche.

Nel Regolamento regionale, il "metodo delle sole piogge" e la "procedura dettagliata" considerano i seguenti tempi di ritorno di riferimento: $Tr = 50$ anni e $Tr = 100$ anni, per le verifiche dei franchi di sicurezza delle opere. Per quanto riguarda il progetto di invarianza e idraulica e idrologica, secondo l'articolo 6 del regolamento, deve essere redatto nel caso di interventi soggetti a Permesso di costruire, a Segnalazione Certificata di inizio attività (SCIA) o a Comunicazione di inizio lavori asseverata (CILA). Il progetto deve essere firmato da un tecnico abilitato, qualificato nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici. Il contenuto di tale progetto viene disciplinato dall'articolo 10 del regolamento, sono stati formulati tre casi in funzione alla impermeabilizzazione potenziale, le aree su cui essa ricade e la sua estensione, come mostra la tabella 1 per la differenziazione dei casi di applicazione delle metodologie di dettaglio, sole piogge o l'adozione di requisiti minimi.

In caso di impermeabilizzazione potenziale alta e media, ricadente nelle aree A e B, il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve contenere:

- la relazione tecnica, con descrizione progettuale di invarianza idraulica e idrologica, delle opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e il sistema di drenaggio delle acque pluviali, fino al punto terminale di scarico nel corpo recettore o di disperdimento nel suolo o negli strati del sottosuolo, il calcolo delle precipitazioni di progetto, il processo di infiltrazione, di laminazione degli invasi e il dimensionamento del sistema di scarico terminale, come previsto dal regolamento;
- la documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala, sezioni e particolari costruttivi;
- il piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e recapito nei recettori;
- l'asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto rispetto ai contenuti del regolamento, redatta secondo il modello presente all'Allegato E.

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale bassa, ovunque ricadente nelle aree A, B e C, e di impermeabilizzazione potenziale media o alta, ricadente nelle aree C, cioè laddove si applicano i requisiti minimi, la relazione tecnica può omettere tutte le analisi specifiche relative al calcolo delle precipitazioni di progetto, del processo di infiltrazione e di laminazione negli invasi.

Anche in caso di interventi di superficie interessata minore o uguale a 100 mq, i contenuti sono analoghi al precedente, salvo se viene adottato il requisito minimo dell'articolo 12, comma 1, lettera a, pari a quello indicato per le aree C a bassa criticità idraulica di un invaso di 400 mc. Nell'Allegato del regolamento, secondo quanto previsto dall'articolo 27, comma 1, della Legge Regionale 12/2005 sono schematizzati gli interventi edilizi:

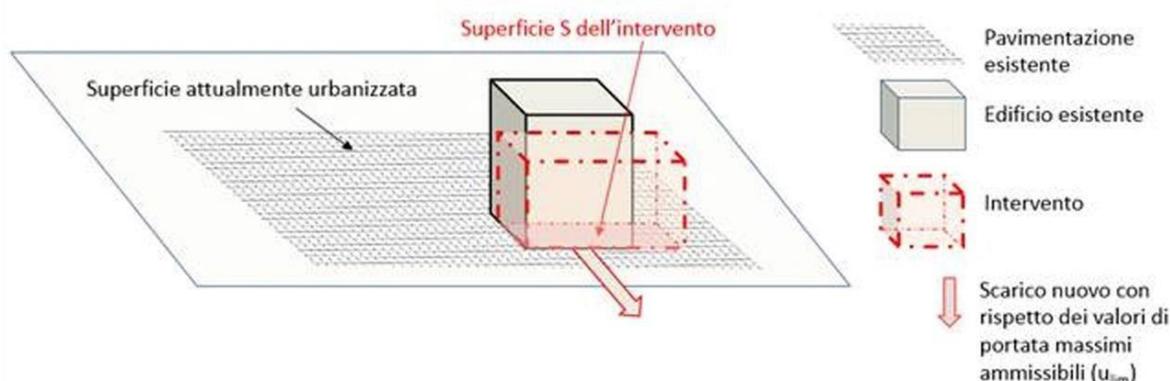


Figura 5: Interventi di ristrutturazione edilizia, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

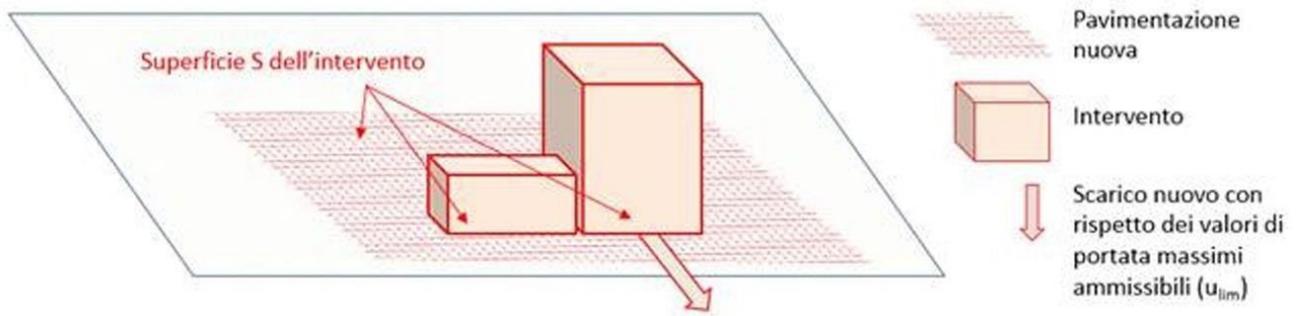


Figura 6: Interventi di nuova costruzione.
 Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

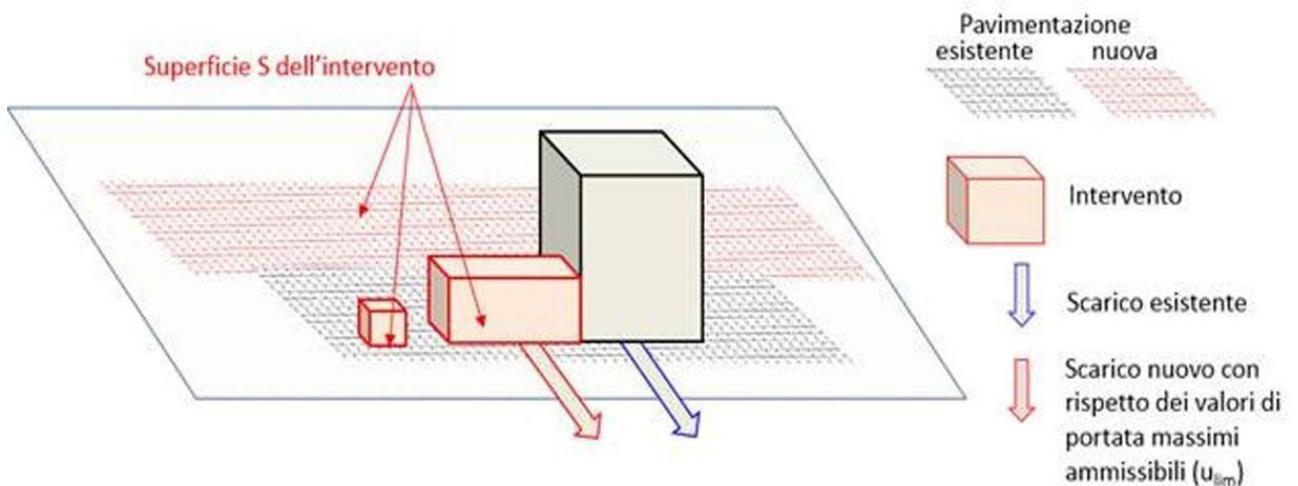


Figura 7: Interventi di nuova costruzione, consistenti in ampliamenti, pavimentazioni, finitura di spazi esterni, parcheggi, aree di sosta, piazze, aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, interventi pertinenziali che comportano la realizzazione di un volume inferiore al 20% del volume dell'edificio principale.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

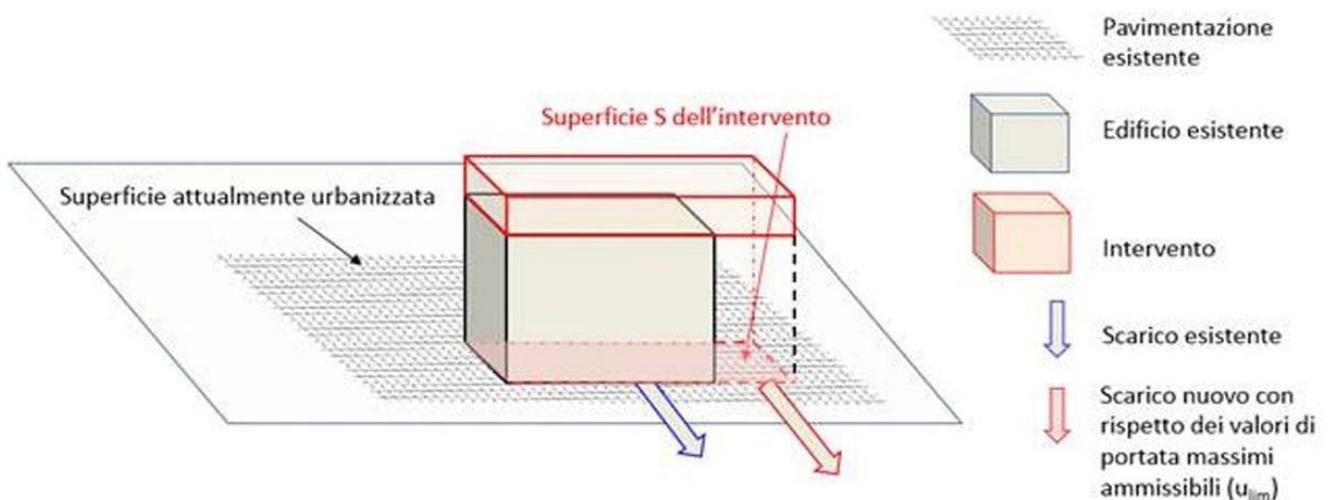


Figura 8: Interventi di nuova costruzione consistenti in sopraelevazioni che aumentano la superficie coperta dell'edificio. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

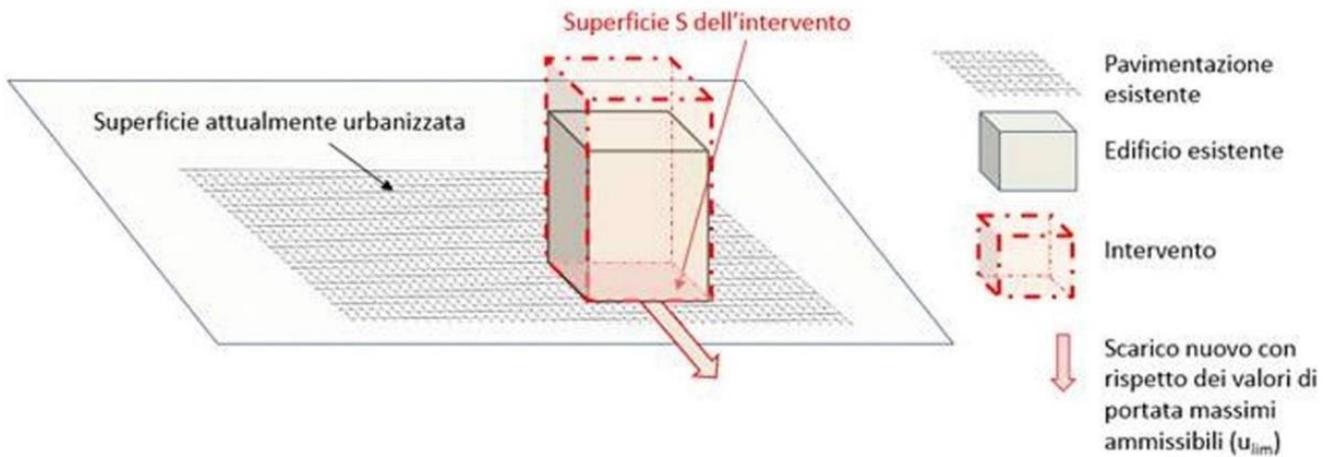


Figura 9: Interventi di nuova costruzione, derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del pianodi campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

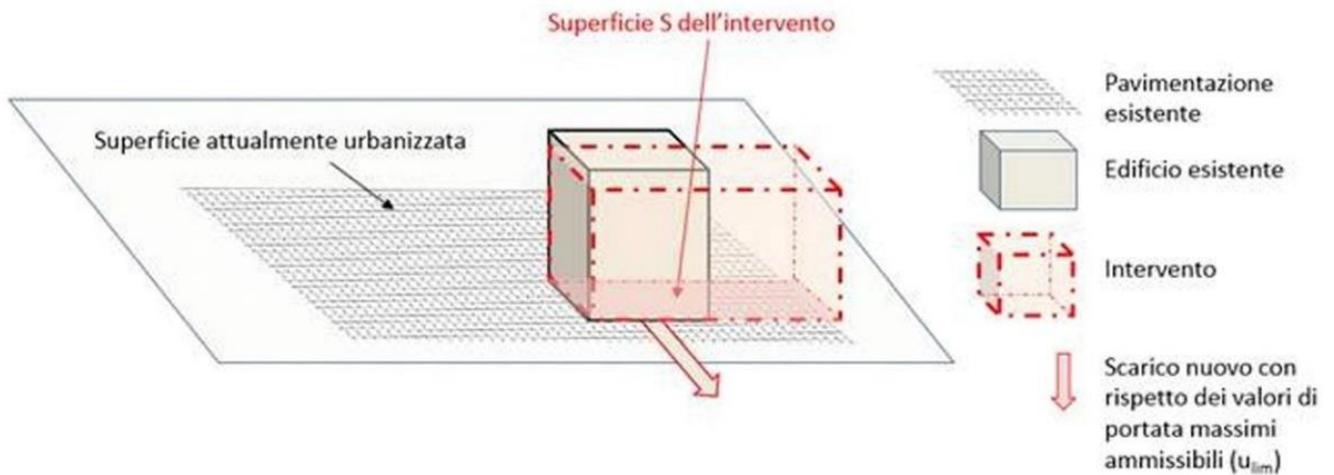


Figura 10: Interventi di ristrutturazione edilizia, se consistenti nella demolizione parziale e ricostruzione senza aumento del volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

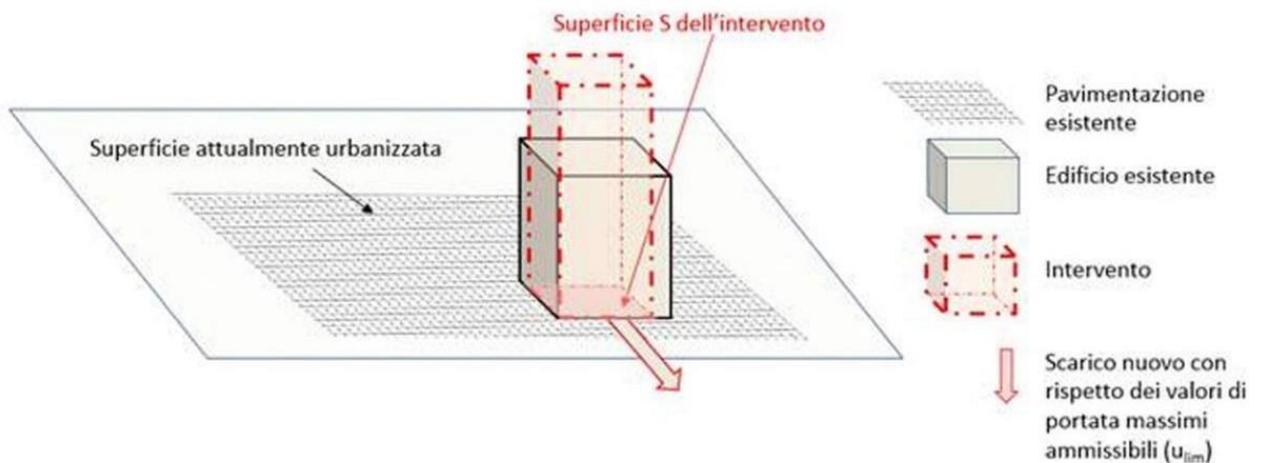


Figura 11: Interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

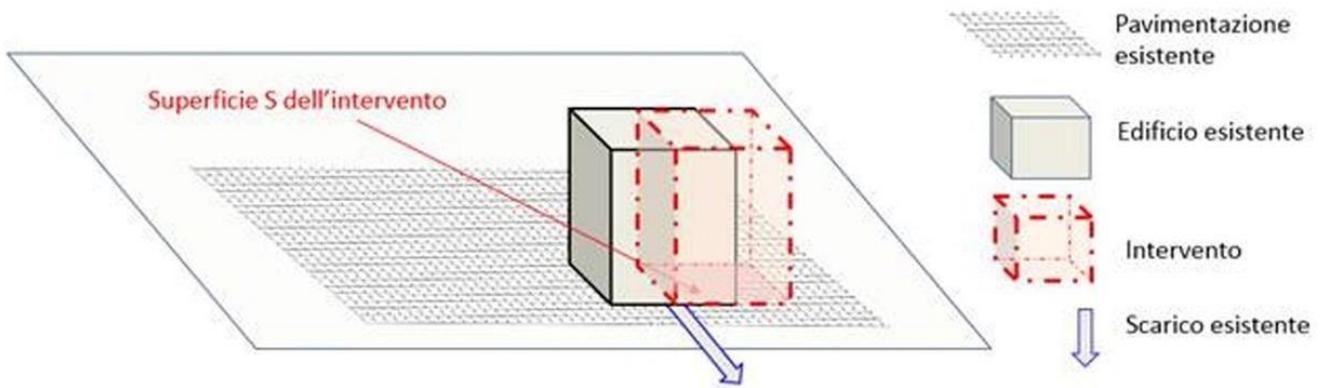


Figura 12: Interventi di ristrutturazione edilizia, che consistono nella demolizione totale e ricostruzione senza aumento di volume e senza aumento della superficie coperta dell'edificio demolito.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

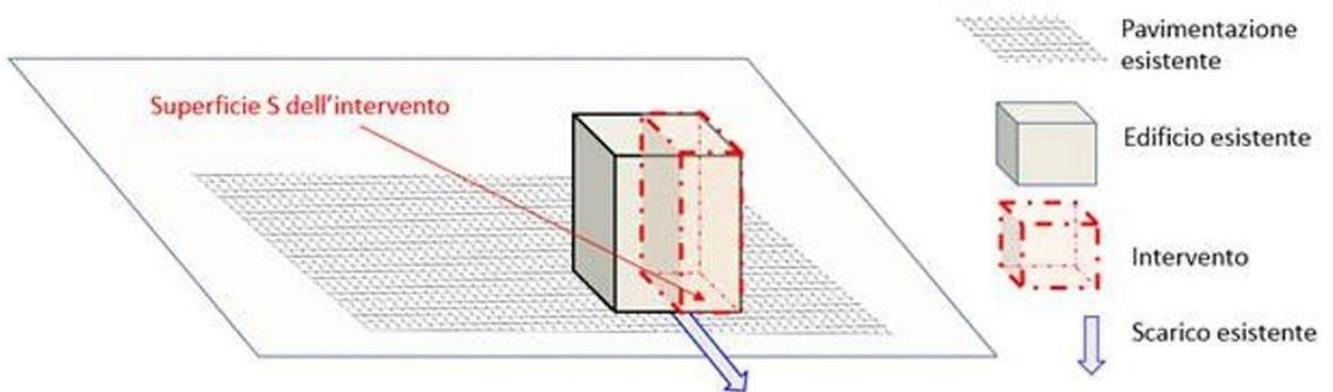


Figura 13: Interventi di ristrutturazione edilizia, se consistenti nella demolizione con mantenimento dello scheletro o delle parti e ricostruzione. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

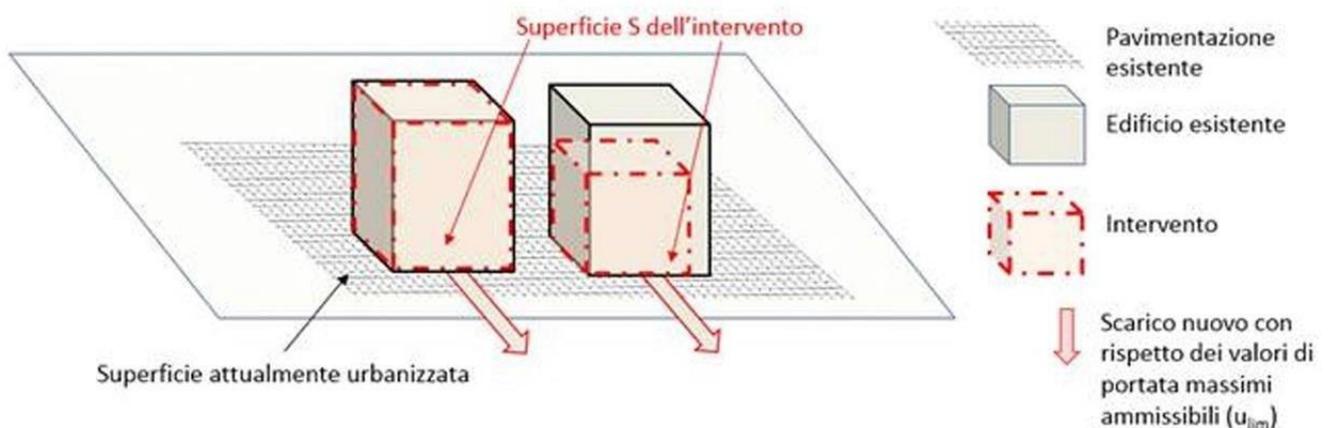


Figura 14: Interventi di nuova costruzione, consistenti in sopraelevazioni che non alterano la superficie coperta dell'edificio. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

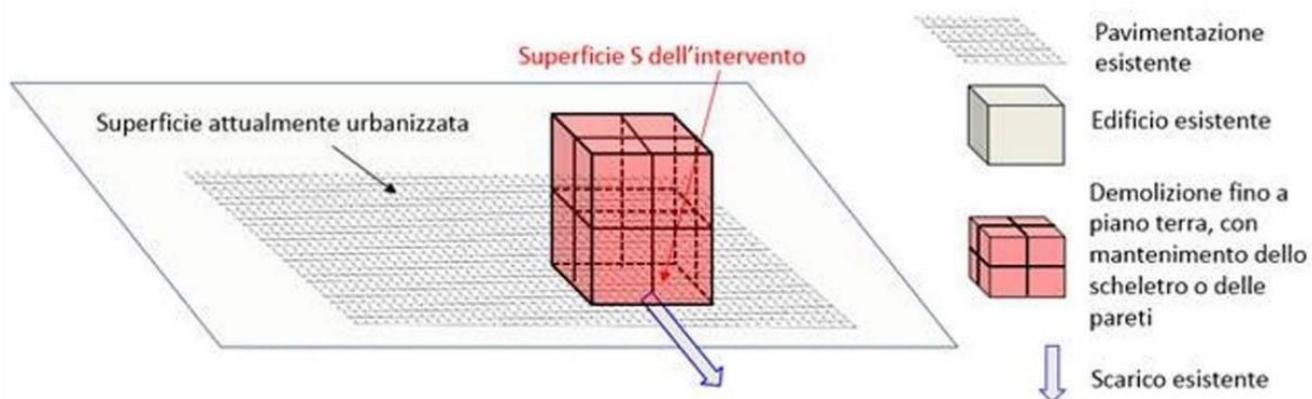


Figura 15: Interventi di ristrutturazione edilizia, se consistenti nella demolizione con mantenimento dello scheletro o delle pareti e ricostruzione.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

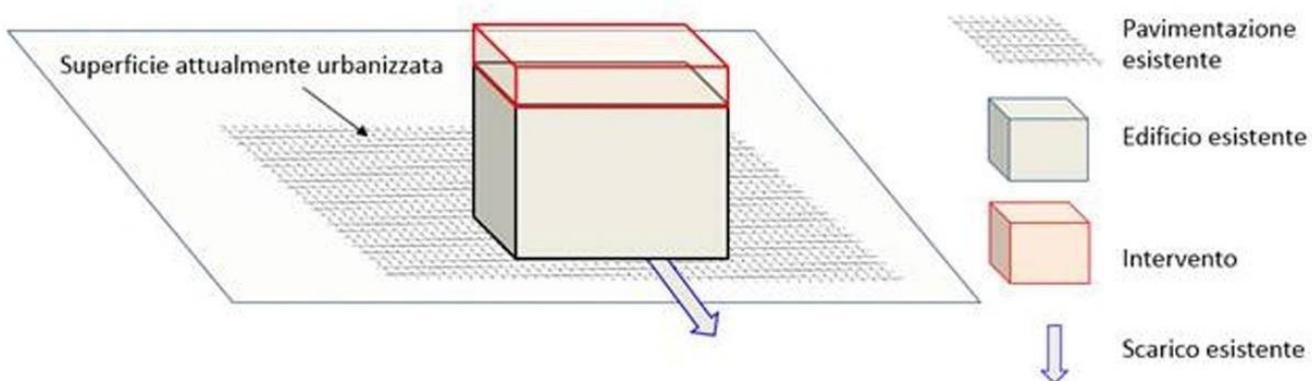


Figura 16: Interventi di nuova costruzione, consistenti in sopraelevazioni che non alterano la superficie coperta dell'edificio.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

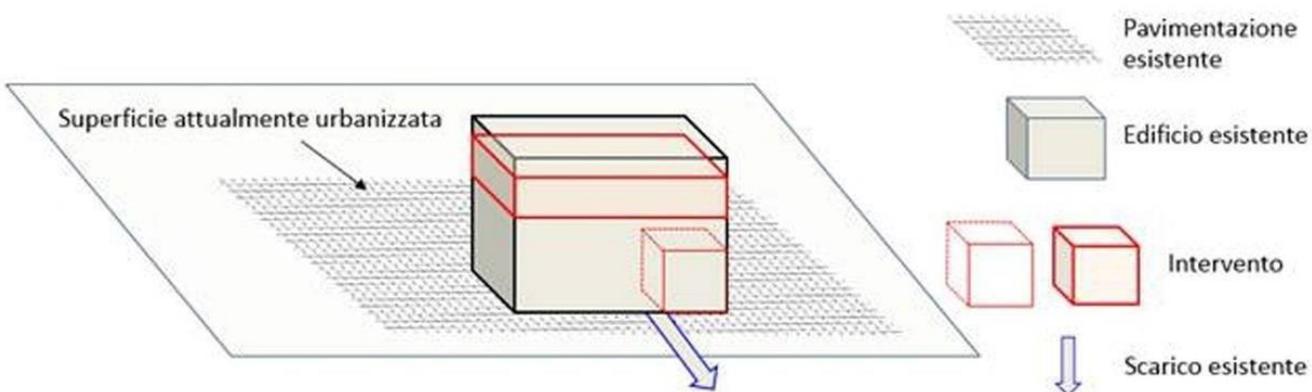


Figura 17: Interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

Nella seguente tabella è indicato, per ogni intervento precedentemente schematizzato, se è necessario applicare misure di invarianza idraulica e idrologica e se la nuova portata di scarico è vincolata o meno al limite massimo ammissibile da regolamento.

Tabella 2: Schema riassuntivo delle tipologie di intervento ai quali applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica. Fonte: Produzione propria.

Tipologia di intervento	Figura di rif.	Applicazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica	Vincolo al limite massimo
Ristrutturazione edilizia	5	Richieste e debbono essere calcolate per la superficie interessata	Si
Nuova costruzione	6	Richieste e debbono essere calcolate per la superficie interessata	Si
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
Ristrutturazione edilizia	12	Non richieste, ma sono auspicabili	No
	13		
	14		
Nuova costruzione	15	Non richieste, ma sono auspicabili	No
	16		
Manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo	17	Non richieste, ma sono auspicabili	No

Una volta definiti gli ambiti territoriali di applicazione, la portata massima ammissibile per ettaro di superficie scolante impermeabile, le modalità di calcolo, i contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica e gli interventi a cui essa si applica, il regolamento presenta nell'ultima parte, costituita dall'Allegato L, le indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche. Le opere descritte sono divise in:

- opere di laminazione;
- opere di infiltrazione;
- opere miste di laminazione e infiltrazione;
- tetti e pareti verdi.

Le opere di laminazione rappresentano "la famiglia più numerosa di tecniche di mitigazione degli allagamenti" (Regolamento Regionale, Allegato L, p.81) e hanno la funzione di invasare una parte, a seconda del loro dimensionamento anche notevole, dei volumi d'acqua derivanti da eventi meteorici. Questi volumi vengono successivamente depurati o fatti defluire nel corpoidrico recettore, con una portata compatibile con essi. Inoltre alcune opere di laminazione hanno possibilità di svuotamento tramite infiltrazione, pur essendo comunque classificate come strutture appartenenti alla categoria delle "opere di laminazione".

La classificazione delle opere di laminazione avviene sulla base dei seguenti criteri:

- la funzione da esse assolta;
- la posizione rispetto alla rete drenante;
- la posizione rispetto al piano di campagna;

La funzione assolta può essere o di "detenzione", ovvero quando trattengono il volume d'acqua solo temporaneamente, per poi rilasciarlo progressivamente a valle durante il corso dell'evento meteorico,

entro i tempi di svuotamento, il Regolamento n°7/2017 prescrive un tempo di svuotamento massimo di 48 ore, oppure di “ritenzione”, ovvero in base alla capacità di trattenere il volume d’acqua per un lungo periodo, smaltendolo tramite infiltrazione, evaporazione o riuso. In quest’ultimo caso si riescono a rimuovere notevoli quantità di inquinanti. Il Manuale SuDS (*SuDS - Sustainable Drainage Systems*)²⁴ del 2018 affronta l’annoso problema degli inquinanti nelle acque, proponendo buone pratiche fondate sull’impiego di sistemi di drenaggio urbano sostenibile, in modo da allinearsi alle politiche riguardanti la gestione integrata delle risorse idriche. Questo punto, presente nella Pianificazione di distretto idrografico, punta a coordinare i due aspetti di qualità e quantità, derivanti rispettivamente dalle due Direttive Europee Acqua e Alluvione, mediante l’attuazione, non solo di misure di controllo quantitativo delle acque pluviali, ma anche di attenuazione degli inquinanti presenti nelle acque meteoriche²⁵.

²⁴ (*SuDS - Sustainable Drainage Systems*) ovvero di Drenaggio Urbano Sostenibile

²⁵ Le caratteristiche qualitative delle acque meteoriche sono state oggetto di numerosi studi in tutto il mondo. Le indagini si riferiscono principalmente alle fonti di inquinamento e il ruscellamento pluviale. Le prime sono legate alla spazzatura stradale, alla deposizione atmosferica di tempo asciutto su suolo e tetti, costituita da piccole particelle di varia natura, le emissioni del traffico, l’erosione urbana e il lavaggio dell’atmosfera in tempo di pioggia, costituito da sostanze che l’acqua di pioggia assorbe dall’atmosfera, come solidi sospesi, azoto, sostanze organiche, fosforo, ecc. Il ruscellamento pluviale, invece, asporta dalle superfici le sostanze depositate, trascinandole nel sistema fognario. In zone soggette a piogge acide, le coperture metalliche in zinco e rame, producono un forte aumento della concentrazione in queste acque di metalli pesanti (Manuale SuDS, 2018).

3 Applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica a livello comunale: il Regolamento di Portland

3.1 Lo scopo del Regolamento di Portland²⁶

Dato che i cambiamenti del suolo causati dalla progressiva urbanizzazione aumentano la quantità e il tasso di deflusso delle acque piovane e contribuiscono all'aumento degli inquinanti che si riversano nei torrenti e nei fiumi, gli stessi inquinanti influiscono di conseguenza sulla salute dei bacini idrografici e sul valore dell'habitat. La realizzazione di aree impermeabili impedisce la ricarica delle falde acquifere. Inoltre l'aumento dei flussi può erodere i canali del flusso e contribuire a inondazioni localizzate, tracimazioni fognarie combinate e backup di fognature nel seminterrato. La gestione delle acque piovane mantiene e migliora la vivibilità della città e migliora la salute dei bacini idrografici mitigando gli impatti dell'urbanizzazione e conservando la capacità di trasporto esistente e futura di fognature, canali di scolo e fognature combinate.

Portland ha adottato il suo primo Manuale di gestione delle acque piovane (SWMM)²⁷ nel 1999 e da allora viene aggiornato regolarmente per mantenere gli standard aggiornati con le migliori pratiche e i requisiti normativi. Lo SWMM include standard di progettazione di ritenzione, qualità dell'acqua e controllo del flusso per le strutture di gestione delle acque piovane. Le strategie per soddisfare i requisiti di questo manuale dipendono da diversi fattori del sito, tra cui la fattibilità dell'infiltrazione e le caratteristiche del sistema piovoso o del bacino di drenaggio in cui viene scaricata l'acqua piovana proveniente dall'urbanizzazione proposta. Lo SWMM consente alla Città di proteggere sia le risorse spartiacque che gli investimenti infrastrutturali poiché la Città sperimenta lo sviluppo da parte di enti pubblici e privati. Dal momento che ogni progetto ricadente nella città dovrà soddisfare i requisiti di questo manuale, contribuirà al raggiungimento di questi importanti obiettivi in tutta la città.

3.2 Normativa di Portland

In risposta agli impatti dell'urbanizzazione sulla qualità dell'acqua, nel corso degli ultimi 50 anni in quel di Portland sono stati attuati diversi provvedimenti: dapprima il Congresso ha approvato il Clean Water Act (CWA) del 1972 (modificato nel 1987), che vieta lo scarico di sostanze inquinanti nelle acque degli Stati Uniti a meno che lo scarico non sia conforme a un National Pollutant Discharge Elimination (NPDES)²⁸. La legge federale sull'acqua potabile (SDWA) del 1974 fornisce un quadro completo per garantire la sicurezza delle forniture di acqua potabile. Il Comune dispone di due permessi NPDES ai sensi del CWA:

- uno per le acque meteoriche e il sistema di raccolta differenziata;
- uno che regola l'impianto di trattamento delle acque reflue e il sistema di raccolta fognaria combinata;

La città dispone anche di un'autorizzazione finalizzato controllo dell'inquinamento delle acque ovvero il Permesso WPCF per il controllo dell'iniezione sotterranea (UIC).

Il manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) risponde a questi mandati normativi fornendo principi e tecniche di gestione delle acque piovane che aiutano a imitare il ciclo idrologico naturale, ridurre al minimo i problemi del sistema fognario e migliorare la qualità dell'acqua. Il manuale fornisce ai professionisti della progettazione requisiti specifici per ridurre gli impatti delle acque

²⁶ Tale capitolo d'introduzione è stato scritto prendendo spunto dal capitolo degli Scopi del Manuale di gestione delle acque piovane di Portland, pag. 1-3

²⁷ SWMM è l'acronimo di Stormwater Management Manual

²⁸ Il programma di autorizzazione NPDES affronta l'inquinamento idrico regolando le fonti puntiformi che scaricano inquinanti nelle acque degli Stati Uniti. Fonte: <https://www.epa.gov/npdes>

piovane derivanti da nuovi sviluppi e riqualificazioni.

3.2.1 Permesso municipale per le acque piovane di Portland NPDES (MS4)²⁹

I requisiti di autorizzazione per le acque piovane NPDES, pubblicati nel 1990, richiedono che le grandi città come Portland prevedano un permesso per le acque piovane NPDES per gli scarichi del sistema fognario separato municipale (MS4)³⁰. Il sistema MS4 della città è costituito da elementi naturali e costruiti tra cui bacini di raccolta, cordoli, grondaie, fossati, canali, fognature e scarichi che raccolgono e convogliano le acque piovane a fiumi e torrenti. Il Dipartimento DEQ³¹ ha rilasciato il primo permesso MS4 di Portland nel 1995. Il consiglio comunale di Portland ha incaricato l'Ufficio dei servizi ambientali (BES)³² di guidare la risposta dell'intera città ai requisiti delle acque piovane e di implementare gli elementi chiave del programma.

La conformità con il permesso NPDES MS4 richiede, in parte, che la città stabilisca un programma completo di gestione delle acque piovane, compresa la definizione di controlli sul deflusso delle acque piovane post-sviluppo. Lo SWMM obbliga il Comune di controllare il deflusso delle acque piovane post-sviluppo. Lo SWMM si concentra su pratiche di sviluppo a basso impatto, strutture di gestione delle acque piovane e caratteristiche di trasporto progettate per ridurre al minimo il deflusso delle acque piovane e migliorare la qualità delle acque piovane. Lo SWMM fa parte del programma di gestione delle acque piovane NPDES MS4 della città per proteggere la qualità delle acque di Portland.

3.2.2 Permesso di scarico dei rifiuti NPDES

La città ha completato la costruzione degli elementi principali del programma dei sistemi fognari combinati (CSO)³³ nel 2011. La gestione continua del sistema fognario combinato è principalmente guidata dal permesso di scarico delle acque reflue NPDES della città per l'impianto di trattamento delle acque reflue di Columbia Boulevard e il sistema di raccolta fognaria combinata. Questi regolamenti includono requisiti per capacità, gestione, funzionamento e manutenzione (CMOM)³⁴ e incorporano la politica dei sistemi fognari combinati dell'Agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente EPA³⁵ relativa ai controlli minimi per il trattamento degli eventi di tracimazione in caso di pioggia. Sia il CMOM che i controlli minimi si basano sulla riduzione degli scarichi delle acque piovane nella rete fognaria combinata. I requisiti SWMM riducono la necessità di stoccaggio nel sistema di raccolta fognaria combinata attraverso la riduzione del volume e i requisiti di controllo del flusso.

3.2.2 Permesso WPCF per il controllo dell'iniezione sotterranea (UIC)

Il permesso WPCF³⁶ della città, originariamente rilasciato nel 2005, regola gli scarichi delle acque piovane per tutti i controlli di iniezione sotterranea di proprietà o gestiti dalla città (UIC)³⁷

²⁹ La città di Portland e il suo co-permesso, il porto di Portland, implementano programmi di gestione delle acque piovane in base a un permesso del Dipartimento della qualità ambientale dell'Oregon (DEQ) rilasciato ai sensi della legge federale sull'acqua pulita. Il permesso è formalmente chiamato Sistema nazionale di eliminazione degli scarichi inquinanti di fase I (NPDES) Sistema di fognatura separata municipale (MS4) Permesso di scarico. Fonte: <https://www.portlandoregon.gov/bes/37485>

³⁰ MS4 è l'acronimo di Municipal Separate Storm Sewer System ovvero Sistema di fognatura separata municipale

³¹ DEQ è l'acronimo di Department of Environmental Quality ovvero Dipartimento di Qualità ambientale

³² BES è l'acronimo di Bureau of Environmental Services

³³ CSO è l'acronimo di Combined Sewer Overflow

³⁴ CMOM è l'acronimo di Guide for Evaluating Capacity, Management, Operation, and Maintenance

³⁵ EPA è l'acronimo di Environmental Protection Agency

³⁶ WPCF è l'acronimo di Water Pollution Control Facilities ovvero Strutture per il controllo dell'inquinamento idrico.

³⁷ UIC è l'acronimo di Underground Injection Control, ovvero Programma di controllo dell'iniezione sotterranea (UIC).
Fonte: <https://www.portlandoregon.gov/bes/48213>

(ad es. pozzi secchi, pozzetti, fosse di ammollo). La città ha oltre 9.000 UIC, iniezioni sotterranee pubbliche che si infiltrano nel deflusso delle acque piovane dal diritto di passaggio pubblico e nelle proprietà di proprietà della città. Ai fini di rispettare gli adempimenti previsti da tale permesso è necessario che la città stabilisca un piano di gestione completo dell'UIC che includa controlli strutturali, non strutturali e istituzionali per garantire la protezione delle acque sotterranee come risorsa di acqua potabile. Lo SWMM assiste nell'attuazione del piano di gestione dell'UIC della città fornendo i requisiti per la progettazione, il funzionamento e la manutenzione degli UIC coperti dal permesso WPCF della città.

3.3 Applicabilità del Regolamento

I requisiti relativi alle acque meteoriche di questo manuale devono essere soddisfatti dai progetti che propongono le seguenti attività, con dettagli aggiuntivi ed esenzioni specifiche annotate in ciascuna sottosezione seguente:

- attività di sviluppo e riqualificazione che creano o sostituiscono 500 piedi o più di area impervia;
- nuovi collegamenti o nuove vie di trasporto verso un sistema ricevente approvato;
- aggiornamenti non conformi al paesaggio;
- adeguamento delle acque piovane richiesto dal Comune o da altre agenzie di regolamentazione;

I siti con canali di scolo sono soggetti alle protezioni dei canali di scolo previste dal Manuale SWMM. Qualsiasi progetto di sviluppo o riqualificazione dell'aeroporto internazionale di Portland (PDX) o delle aree gestite dal porto del Terminal 6 (T6) che soddisfi entrambi i seguenti requisiti di applicabilità è regolato dal Manuale degli standard di progettazione delle acque piovane del porto (DSM) ed è esente dalla normativa in materia di gestione delle acque.

3.4 Requisiti per la gestione di acque piovane

I requisiti di gestione delle acque piovane per l'infiltrazione, il trattamento della qualità dell'acqua e il controllo del flusso variano a seconda del sistema ricevente, inoltre i progetti debbono essere accompagnati da indagini del suolo affinché si disponga di tutti gli elementi necessari per scegliere il sistema di ricezione più idoneo al sito. Portland ha tre sistemi di ricezione primari per lo smaltimento e il trasporto delle acque piovane. BES classifica l'uso di questi sistemi per la gestione delle acque piovane nella gerarchia di infiltrazione e scarico. Sono elencati di seguito in ordine di preferenza:

1. infiltrazione in loco;
2. sistemi di acque superficiali o reti di drenaggio separate che alla fine drenano nelle acque superficiali;
3. fognature miste che convogliano l'acqua all'impianto di trattamento delle acque reflue;

I requisiti di gestione delle acque piovane della città danno la priorità all'infiltrazione in loco e all'uso di strutture con vegetazione. I requisiti di gestione delle acque piovane sono progettati per raggiungere i seguenti obiettivi:

- richiedere infiltrazioni ove possibile per ripristinare la funzione idrologica storica e ricaricare le acque sotterranee;
- proteggere la salute dei bacini idrografici imitando le condizioni idrologiche pre-sviluppo;
- proteggere le risorse idriche sotterranee rimuovendo gli inquinanti dalle acque piovane prima di scaricarle in un UIC o in un'altra struttura di controllo dell'inquinamento idrico;
- proteggere torrenti e fiumi fornendo un trattamento della qualità dell'acqua e il controllo del flusso per le acque piovane prima di scaricarle nelle acque superficiali;
- ridurre al minimo i costi a lungo termine per la città di pompaggio e trattamento dell'acqua piovana che scorre attraverso gli impianti di trattamento delle acque reflue pubbliche;

- preservare la capacità dell'infrastruttura a valle;
- ridurre al minimo i CSO e i reflussi delle fognature nel seminterrato all'interno del sistema fognario combinato;

3.4.1 Infiltrazione in loco

Come sopra specificato si preferisce l'approccio d'infiltrazione a tutti gli altri, in quanto dia la priorità alla vegetazione e all'infiltrazione nonché alla massimizzazione dei benefici ambientali. L'infiltrazione completa del deflusso in loco è richiesta per i siti con tassi di infiltrazione di progetto (o per strutture di approccio semplificato, testati) di 2 pollici/ora o superiori, a meno che il sito non si qualifichi per l'eccezione ecoroof³⁸ o l'infiltrazione non sia ritenuta fattibile in quanto le caratteristiche dei suoli non lo consentano. BES determinerà se l'infiltrazione è fattibile, inclusa l'approvazione o il rifiuto delle richieste di infiltrazione in loco o di dimissioni fuori sede. Gli impianti di infiltrazione superficiale sono progettati per infiltrare l'acqua attraverso gli strati superiori del suolo. Le strutture di infiltrazione della superficie vegetale più comuni sono bacini, fioriere e giardini pluviali. Anche la pavimentazione permeabile è considerata un impianto di infiltrazione superficiale a meno che gli elementi di progettazione non soddisfino i criteri per essere assoggettati alla procedura a cui vengono sottoposti gli UIC (sistemi di controllo a iniezione separata). Gli impianti di infiltrazione superficiale sono generalmente incorporati nella progettazione del paesaggio del sito e sono spesso piantumati con vegetazione. In genere non sono regolamentati da DEQ. Più nel dettaglio, sono stati definiti i seguenti requisiti.

Requisiti di dimensionamento di livello 1 (infiltrazione superficiale)

- Quantità di acqua: gli impianti di infiltrazione di superficie progettati per lo smaltimento completo devono infiltrarsi nell'evento atmosferico con tempo di ritorno di 10 anni e 24 ore di Portland (3,4 pollici).
- Qualità dell'acqua: gli impianti di infiltrazione superficiale forniscono il trattamento della qualità dell'acqua filtrando la tempesta di qualità dell'acqua attraverso gli strati superiori del suolo.

Requisiti di separazione delle acque sotterranee di livello 1 (infiltrazione superficiale)

I nuovi impianti di infiltrazione superficiale devono avere una distanza minima di separazione di 5 piedi tra il fondo dell'impianto e il livello stagionale delle acque sotterranee, salvo diversa approvazione da parte di BES.

Controllo dell'iniezione sotterranea (UIC)

I sistemi di controllo dell'iniezione sotterranea (UIC) sono progettati per infiltrare l'acqua sotto la superficie del terreno. Gli UIC devono essere progettati, posizionati e gestiti in modo appropriato per garantire prestazioni e prevenire l'inquinamento del suolo e delle acque sotterranee. Gli UIC più tipici a cui si fa riferimento in questo manuale sono le fosse di immersione (comprese le camere fabbricate), i pozzi a secco e i pozzetti pubblici.

3.4.2 Sistema di drenaggio separato

Il secondo livello della gerarchia di infiltrazione e scarico delle acque piovane si applica ai siti serviti da un sistema di drenaggio separato e, laddove non sia richiesta l'infiltrazione completa, BES richiederà la gestione delle acque piovane in loco e autorizzerà lo scarico fuori sede ad una rete di drenaggio separato. Lo scarico in una rete di drenaggio separata richiede il rispetto della riduzione dell'inquinamento e di eventuali requisiti di controllo del flusso in loco.

I progetti associati ad un sistema di drenaggio separato devono soddisfare il seguente standard di riduzione dell'inquinamento:

³⁸ Sezione 3.2.1.1 del Manuale di Gestione SWMM

- Rimozione del 70% dei solidi sospesi totali dal deflusso.
Sono stati anche fissati i carichi massimi giornalieri totali di inquinanti nelle acque.

3.4.3 Sistema fognario combinato

Il terzo livello di gerarchia di infiltrazione e scarico delle acque piovane si applica alle aree servite dal sistema fognario combinato e, dove non è richiesta l'infiltrazione completa, BES richiederà la gestione delle acque piovane in loco e autorizzerà lo scarico fuori sede in un sistema fognario combinato. Nel sistema fognario combinato, il controllo del flusso protegge la fognatura stessa prevenendo il rischio di riflussi e allagamenti stradali. L'infiltrazione parziale ed i sistemi foderati sono entrambi strumenti utili per ridurre il rischio.

I progetti associati ad un sistema fognario combinato dovranno cercare di infiltrarsi nella massima misura possibile.

3.4.4 Requisiti di sistema di ricezione

Tutti i progetti necessitano dell'approvazione di un sistema di ricezione per il deflusso delle acque piovane del sito. I sistemi di ricezione includono acque sotterranee, fognature combinate, fossati pubblici o privati, canali di scolo costruiti o naturali, canali costruiti, torrenti, ruscelli, fognature e fiumi. Le strutture che forniscono l'infiltrazione completa in loco della tempesta di progettazione di 10 anni e 24 ore di Portland (3,4 pollici di pioggia in 24 ore) sono sistemi di ricezione approvabili. A meno che non sia possibile ottenere un'infiltrazione completa in loco, è necessario identificare un punto di scarico fuori sede che si collega a un sistema ricevente. I siti che non hanno accesso a un punto di scarico approvabile potrebbero aver bisogno di un'estensione della rete fognaria o di altri miglioramenti pubblici o privati per fornire un punto di scarico approvabile per il progetto proposto.

3.4.5 Requisiti operativi e di manutenzione

Tutti gli impianti di gestione delle acque piovane, le caratteristiche di trasporto e i relativi componenti installati o protetti secondo il Manuale di gestione (SWMM) devono essere gestiti e mantenuti in modo da preservare la funzionalità prevista. I requisiti per le operazioni e la manutenzione (O&M) dipendono dall'approccio progettuale e dal fatto che l'impianto o l'elemento di trasporto si trovi in una proprietà privata o pubblica o in una pubblica via di accesso. Per le proprietà con vie di drenaggio, le riserve di drenaggio devono essere protette secondo l'Avviso di Riserva di drenaggio o protette e mantenute secondo il piano O&M.

Il Comune ha il diritto di garantire la conformità del sito con l'O&M registrato e la richiesta di avviso di riserva di drenaggio depositata presso il Comune. Codice della città (Capitolo 17.38 del Manuale di Gestione – SWMM) autorizza il diritto di ingresso di BES per le ispezioni, la capacità di emettere una violazione del codice e la capacità di intraprendere azioni esecutive e imporre sanzioni civili.

3.4.6 Circostanze speciali

Ci possono essere circostanze speciali su un sito proposto che possono rendere impraticabile il soddisfacimento dei requisiti di gestione delle acque piovane secondo gli standard specificati in questo manuale. Un progettista può richiedere di pagare una tassa di gestione delle acque piovane fuori sede invece di costruire una struttura di gestione delle acque piovane, per alcuni o tutti i requisiti di gestione delle acque piovane, del suo progetto presentando una richiesta di circostanze speciali.

La tassa di gestione delle acque piovane fuori sede è calcolata sulla base dei costi medi di

costruzione per la città per l'installazione di strutture di gestione delle acque piovane attraverso il retrofit di un'area impermeabile esistente e spetta al BES quantificarla. Ci sono due tipi di Circostanze Speciali: Circostanze Speciali sottoposto a Commissione e Circostanze Speciali di Revisione del Comitato.

3.4.6.1 Circostanze speciale sottoposte a Commissione

Le circostanze speciali in questione fanno riferimento a progetti o parti di progetti che richiedono la gestione delle acque piovane e propongono di eseguire una o più delle seguenti operazioni:

- creare, espandere o sostituire marciapiede e altra pavimentazione nel corridoio del marciapiede dietro un cordolo esistente nel diritto di precedenza;
- creare, ampliare o sostituire percorsi pedonali o percorsi pedonali non altrimenti gestibili;
- aggiungere o sostituire un'area impervia per soddisfare i requisiti dell'American with Disabilities Act (ADA)³⁹.

3.4.6.2 Circostanze speciali sottoposto a Comitato di revisione

Quando un impianto di raccolta delle acque piovane non è tecnicamente fattibile lo si deve dimostrare attraverso una richiesta di circostanze speciali al Comitato di revisione. In genere, è più probabile che i vincoli del sito relativi a livellamento, pendenze o topografia rendano impossibile la costruzione di un impianto di raccolta delle acque piovane.

Ogni richiesta di Circostanze speciali deve essere chiara, concisa, accurata, completa e fondata nel merito e sarà esaminata in base alle condizioni specifiche del progetto in esame e viene completata su apposito modulo.

È inoltre previsto un processo di revisione amministrativa consente ai richiedenti di richiedere una revisione delle interpretazioni del personale del Codice e del regolamento della città e delle politiche e procedure adottate che guidano la revisione delle proposte di sviluppo. Lo scopo di un riesame amministrativo è che l'ufficio determini se il codice della città e la regola sono stati applicati in modo coerente e corretto al caso in questione.

3.4.7 Rapporti con altri requisiti e standard

Vi sono altri standard tecnici, linee guida di progettazione e politiche della città che possono influenzare la selezione, il posizionamento e la progettazione delle strutture per le acque piovane, delle caratteristiche di trasporto e delle relative infrastrutture. Possono essere applicati anche altri requisiti statali o federali a seconda delle dimensioni, della portata e dell'impatto del progetto sui corsi d'acqua. L'ubicazione e l'ambito dello sviluppo o del miglioramento proposto, o lo stato dell'infrastruttura esistente, possono anche richiedere il rispetto di altri regolamenti, codici o regole. Prima di finalizzare qualsiasi progetto, è responsabilità del progettista assicurarsi che i requisiti pertinenti siano soddisfatti e risolvere potenziali conflitti.

³⁹ L'American with Disabilities Act (ADA) è diventata legge nel 1990. L'ADA è una legge sui diritti civili che proibisce la discriminazione contro le persone con disabilità in tutte le aree della vita pubblica, inclusi lavoro, scuole, trasporti e tutti i luoghi pubblici e privati aperti al pubblico in generale. Lo scopo della legge è garantire che le persone con disabilità abbiano gli stessi diritti e opportunità di tutti gli altri. L'ADA offre tutele per i diritti civili alle persone con disabilità simili a quelle fornite agli individui sulla base di razza, colore, sesso, origine nazionale, età e religione. Garantisce pari opportunità alle persone con disabilità negli alloggi pubblici, nel lavoro, nei trasporti, nei servizi statali e locali e nelle telecomunicazioni. L'ADA è suddiviso in cinque titoli (o sezioni) che riguardano diversi ambiti della vita pubblica.

3.4.7.1 Manuale di progettazione di impianti fognari e di drenaggio (SDFDM)

Il Manuale di progettazione di impianti fognari e di drenaggio (SDFDM) descrive i requisiti di progettazione standard per tutti i servizi igienici pubblici, le acque piovane/drenaggio e le fognature combinate che saranno di proprietà dell'Ufficio di Sviluppo Ambientale (BES) o situate in file e servitù pubbliche. Si applica alle infrastrutture progettate e costruite dall'ufficio, dagli appaltatori e dai privati autorizzati.

Il Manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) invece richiede la gestione delle acque piovane e la protezione dei canali di scolo per mantenere e migliorare la vivibilità della città, migliorando la salute dei bacini idrografici e proteggendo le infrastrutture pubbliche per le tempeste. L'SWMM si applica ai progetti sulla proprietà privata e nel diritto di precedenza.

3.4.7.2 Manuale di controllo della sorgente (SCM)

Il Manuale di controllo della sorgente (SCM) è un manuale separato ed è autorizzato dal Portland City Code. Alcune caratteristiche, attività e usi del sito su proprietà (di proprietà pubblica o privata) possono generare o mobilitare specifici inquinanti preoccupanti o livelli di inquinamento che non sono affrontati esclusivamente attraverso l'implementazione dell'SWMM. L'SCM definisce queste caratteristiche, attività e usi del sito e identifica le migliori pratiche di gestione e i controlli strutturali alla fonte che devono essere implementati per gestire gli inquinanti alla fonte. Qualsiasi progetto di qualsiasi dimensione che mostri o introduca queste caratteristiche, attività e usi del sito deve essere conforme all'SCM.

3.4.7.3 Miglioramenti dei lavori pubblici

Il Portland Bureau of Transportation (PBOT) è un partner comunitario nella creazione di una città vivibile, si occupa della gestione degli investimenti in infrastrutture dalle strade e strutture ai segnali stradali e ai lampioni. Gestisce anche i miglioramenti pubblici nel diritto di passaggio pubblico. I miglioramenti delle strade sono richiesti come condizione per lo sviluppo e spesso portano un progetto a dover soddisfare anche i requisiti SWMM. I miglioramenti delle strade e delle acque piovane nel diritto di passaggio pubblico richiesti come condizione per l'approvazione e sono spesso realizzati in base a un permesso di lavori pubblici.

3.4.7.4 Regolamenti per il controllo dell'erosione e dei sedimenti)

Il Titolo 10 del Portland City Code, il codice della città, richiede attività di sviluppo e costruzione per ridurre l'erosione e controllare i sedimenti durante e dopo la costruzione, comprese tutte le attività di disturbo del suolo. Il controllo dell'erosione è un requisito del permesso MS4 della città come meccanismo per ridurre gli inquinanti nel deflusso delle acque piovane.

3.4.7.5 Titolo 11 (Alberi)

I requisiti per la conservazione e la piantumazione degli alberi si trovano nel Titolo 11 del Portland City Code e delle relative norme amministrative. Il titolo 11 è implementato da BDS per alberi privati in situazioni di sviluppo e da Portland Parks and Recreation e City Forester per alberi non in situazioni di sviluppo. Il City Forester implementa il Titolo 11 per gli alberi urbani e stradali in situazioni di sviluppo. Il titolo 11 può applicarsi ad alberi esistenti e nuovi su proprietà privata, alberi di strada e altri alberi del diritto di passaggio pubblico.

3.4.7.6 Titolo 21 (Acqua)

Al fine di proteggere le acque sotterranee come fonte di acqua potabile per l'intera regione, il

Portland Water Bureau regola lo stoccaggio, la manipolazione, l'uso e il trasporto di materiali pericolosi nella Columbia South Shore Well Field Wellhead Protection Area (vedi immagine sottostante), la città di Portland ha determinato che questa zona della WHPA⁴⁰ è geologicamente e idrogeologicamente diversa dalla maggior parte della superficie compresa nella WHPA. I requisiti si concentrano sulle misure di controllo delle fuoriuscite e sulla prevenzione dell'ingresso di inquinanti nelle acque sotterranee.

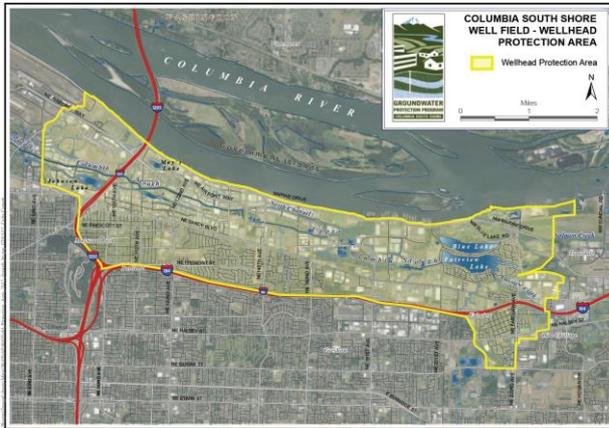


Figura 18: Columbia South Shore Well Field Wellhead Protection Area. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.4.7.7 Titoli 24 e 25 (Norme edilizie e idrauliche)

I requisiti del codice edilizio e idraulico statale vengono implementati tramite BDS durante il processo di revisione dello sviluppo per la proprietà privata. Tutti i passi carrai, i parcheggi e le aree utilizzate per la manovra dei veicoli devono essere pavimentati in conformità agli standard previsti dal Regolamento Edilizio, unitamente a sviluppo in aree a rischio di alluvione e l'installazione di pluviali, tubi e fognature privati, compresi quelli che portano acqua dagli impianti di gestione delle acque piovane.

3.4.7.8 Titolo 33 (Pianificazione e zonizzazione)

I requisiti di pianificazione e zonizzazione sono implementati da BDS durante il processo di revisione dello sviluppo. Il codice di zonizzazione può richiedere un tipo specifico di impianto di gestione delle acque piovane, specificare requisiti paesaggistici o protezione delle caratteristiche ambientali o fornire incentivi o opzioni per incorporare strutture di gestione delle acque piovane per soddisfare il Titolo 33 requisiti del codice della città di Portland. Le sezioni seguenti descrivono alcuni dei requisiti di pianificazione e zonizzazione rilevanti che possono avere un impatto sulla struttura di gestione delle acque piovane e sulla selezione, l'ubicazione e la progettazione delle caratteristiche di trasporto. I requisiti del codice come la densità minima, la copertura minima del lotto e gli arretramenti richiesti per le linee a lotto zero per i distretti urbani possono precludere l'uso di strutture di infiltrazione in loco. Anche se i vincoli di spazio vietano la costruzione di impianti di infiltrazione in loco, i requisiti di gestione delle acque piovane per il sito devono comunque essere soddisfatti. I progettisti di progetti dovrebbero coordinarsi con BDS e ricercare i codici di zonizzazione specifici, le sovrapposizioni e altri requisiti di pianificazione e zonizzazione che si applicano al loro sito.

⁴⁰ WHPA è l'acronimo di Wellhead Protection Area (WHPA), trattasi di Un'area di protezione della testa di pozzo è un'area di superficie e sottosuolo regolamentata per prevenire la contaminazione di un pozzo o di un pozzo che fornisce un sistema idrico pubblico. Questo programma, istituito ai sensi del Safe Drinking Water Act (42 U.S.C. 330f-300j), è attuato attraverso i governi statali

3.5 Criteri di dimensionamento dell'impianto di acqua piovana

3.5.1 Pianificazione del progetto

La progettazione del sito deve tenere conto delle informazioni raccolte durante la valutazione del sito, i test di infiltrazione e qualsiasi indagine del sottosuolo correlata. Gli obiettivi chiave della progettazione sono ridurre il deflusso delle acque piovane e mantenere i percorsi di flusso per ridurre gli impatti a valle. La città consente tre approcci per progettare impianti per le acque piovane:

1. **Semplificato:** si basa su progetti standard di strutture per le acque piovane e su semplici rapporti di dimensionamento. Non richiede un professionista del design
2. **Presuntivo:** utilizza un calcolatore online fornito dalla città per progettare fioriere, strade verdi e bacini con dettagli e configurazioni tipici. Richiede la progettazione da parte di un ingegnere professionista con licenza dell'Oregon o di un altro professionista di progettazione qualificato
3. **Prestazionale:** è richiesto per progetti con circostanze uniche che richiedono un'analisi oltre i limiti dell'approccio semplificato o presuntivo. Richiede la progettazione da parte di un ingegnere professionista con licenza.

È responsabilità del richiedente determinare quale approccio progettuale utilizzare. Il Bureau of Environmental Services (BES) ha l'autorità di richiedere l'uso dell'approccio presuntivo o prestazionale

3.5.2 I sistemi di acqua piovana nella città

La città di Portland è dotata di una mappa dei sistemi delle acque piovane. Come si può vedere l'infiltrazione è più fattibile sul lato est, ovvero dove i terreni in genere hanno generalmente alti tassi di infiltrazione. Per i progetti in cui l'infiltrazione completa non è fattibile, BES permetterà scarichi di acqua piovana alle acque superficiali attraverso il sistema fognario combinato, il sistema fognario tempesta separati, o un tubo privato o tramite flusso via terra.

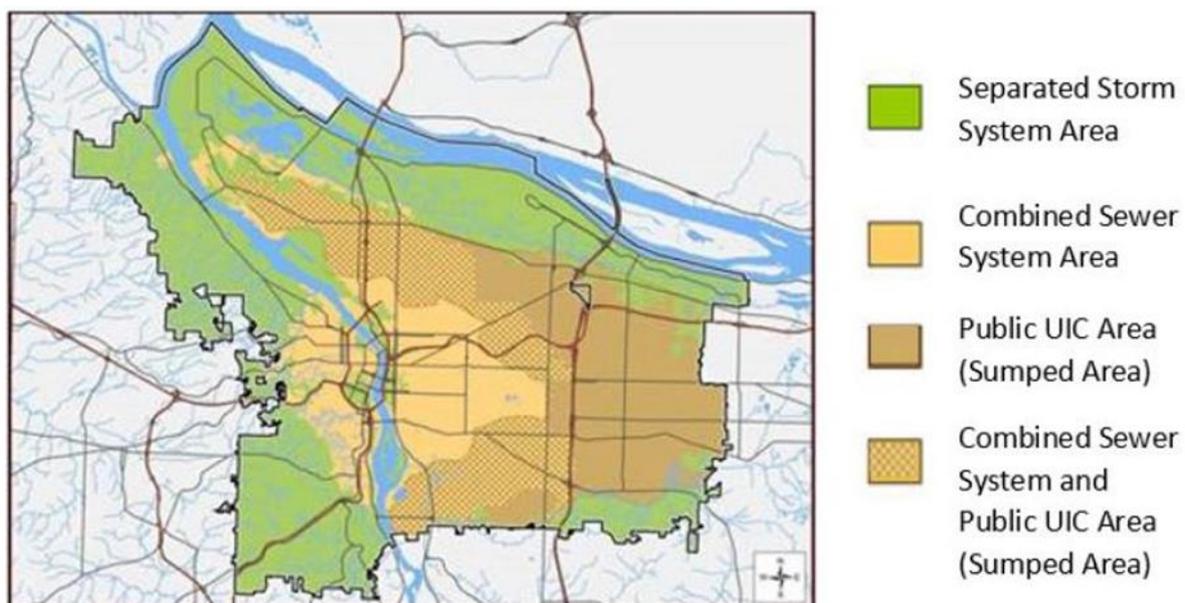


Figura 19: Mappa di sistemi di acque piovane a Portland. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.5.3 Valutazione del sito

Gli obiettivi primari della valutazione del sito consistono nella determinazione del/i luogo/i in cui possono essere collocate le strutture per le acque piovane e se il sito può infiltrarsi nel deflusso delle acque piovane. La valutazione del sito comprende quella delle utenze esistenti e proposte, la topografia esistente e proposta, le servitù presenti, la pianificazione dei distretti e delle zone di sovrapposizione ambientale, le interferenze con l'area soggetta a protezioni speciali della Columbia South Shore⁴¹, la posizione all'interno della Città, la presenza di zone umide, corsi d'acqua e canali di scolo, battute d'arresto, e condizioni del sottosuolo (ad es. suolo, profondità della falda acquifera, rischi di frana, contaminazione e presenza di materiale di riempimento).

3.5.4 Test di infiltrazione e relative indagini

L'obiettivo principale dei test di infiltrazione e delle relative indagini del sottosuolo è determinare il grado in cui il sito può infiltrarsi nelle acque piovane. BES può richiedere test di infiltrazione o altre indagini del sottosuolo prima e durante l'uso del suolo e revisioni dei permessi. I test eseguiti per una proposta di divisione del suolo o revisione dell'uso del suolo possono essere utilizzati nella fase del permesso di costruzione, a condizione che i risultati dei test siano presentati con le domande di autorizzazione separate. Le strutture dell'approccio semplificato richiedono test di infiltrazione, ma in genere non richiedono ulteriori indagini del sottosuolo.

3.5.5 Sviluppo del design concettuale

L'acqua piovana dovrebbe essere considerata durante la fase di progettazione concettuale, con una progettazione del sito che già preveda le strutture per l'acqua piovana nel paesaggio. L'acqua piovana è tipicamente convogliata alle strutture tramite flusso per gravità, bisogna altresì considerare il posizionamento della struttura durante la progettazione del livellamento e del drenaggio del sito. Il design del sito deve fornire spazio sufficiente per la struttura.

Le tipologie di impianto di acqua piovana possono essere di vario tipo.

3.5.5.1 Infiltrazione

L'infiltrazione è richiesta nella massima misura possibile. Il grado di infiltrazione dipende dal tasso di infiltrazione in loco e se i vincoli del sito impediscono l'infiltrazione. A seconda delle caratteristiche del sito, l'ufficio di Sviluppo ambientale può richiedere strutture di infiltrazione complete, strutture di infiltrazione parziale o strutture rivestite. In circostanze limitate, possono essere utilizzate strutture di dispersione.

3.5.5.2 Selezione delle strutture di vegetazione e infiltrazione:

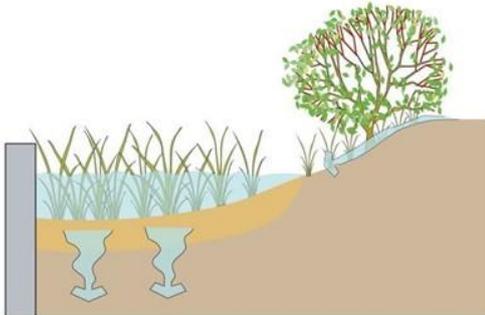
Gli impianti vegetati e di infiltrazione devono essere utilizzati al massimo praticabile. Sono tutti soggetti all'approvazione del BES, le tecnologie di trattamento delle acque piovane (MSTTS) possono essere prese in considerazione quando i vincoli del sito impediscono l'uso di impianti di infiltrazione ragionevolmente ubicati o impianti di superficie vegetata.

1. **Ecotetti**, sono costruiti su strutture e non consentono alcuna infiltrazione nei terreni del sottosuolo.
2. **Strutture di infiltrazione complete** consistono in:
 - **strutture di infiltrazione di superficie**, sono strutture di superficie con vegetazione come giardini pluviali, fioriere e bacini e strutture di superficie non vegetate come

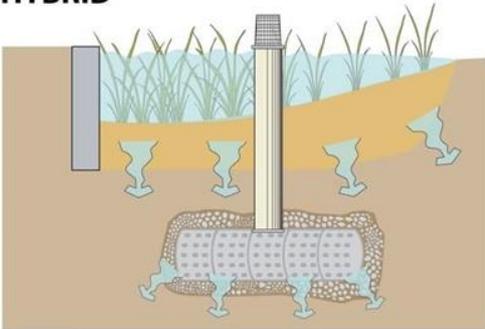
⁴¹ Il Sito web BDS della città di Portland fornisce informazioni riguardanti la zonizzazione della città e i requisiti del codice edilizio

- pavimentazione permeabile e filtri a sabbia di superficie.
 - **strutture ibride**, combinano un impianto di superficie con un collegamento diretto a un impianto di infiltrazione sotterranea. Le strutture ibride possono essere appropriate per i siti con terreno ben drenante ma con limitazioni di spazio. Le strutture ibride sono soggette alle normative UIC di DEQ.
 - **strutture di infiltrazione sotterranea**, includono strutture per le acque piovane come pozzetti, pozzi secchi, fosse di immersione e filtri a sabbia sotterranei. Gli impianti di infiltrazione sotterranea sono soggetti alle normative UIC di DEQ.
- 3. Strutture di infiltrazione parziale**, opere capaci di infiltrarsi anche durante l'evento con tempo di ritorno di 10 anni. Nelle aree con bassi tassi di infiltrazione, le strutture di superficie vegetata come fioriere e bacini e le strutture di superficie non vegetate come la pavimentazione permeabile e i filtri a sabbia di superficie possono essere progettate come strutture di infiltrazione parziale.
- 4. Strutture foderate** includono un fondo impermeabile progettato per prevenire le infiltrazioni. Le strutture rivestite includono strutture di detenzione strutturate, MSTT e versioni rivestite di fioriere, bacini, filtri a sabbia di superficie, filtri a sabbia sotterranei, paludi erbose e stagni. BES approverà solo le versioni con rivestimento di queste strutture se i vincoli del sito prevedono il rivestimento come un requisito.
- 5. Strutture di dispersione**, volte alla dispersione dell'acqua piovana o lasciarla non concentrata. Sebbene possano fornire infiltrazioni, l'infiltrazione non viene quantificata nella progettazione delle strutture di dispersione. Le strutture di dispersione possono essere utilizzate solo in circostanze limitate:
- **strisce centrali del vialetto d'accesso**, sono limitate all'Approccio Semplificato con la lunghezza della pista carrabile e le limitazioni di pendenza specificate nel Capitolo 3.
 - **strisce filtranti**, si limitano a ricevere il deflusso delle acque piovane sotto forma di flusso di lamelle da aree ristrette e impermeabili (ad es. strade, marciapiedi).
 - **estensioni pluviali**, sono limitate a ricevere il deflusso delle acque piovane fino a 500 piedi di tetti esistenti (cioè, solo retrofit) dove il tasso di infiltrazione del suolo dell'area ricevente è di almeno 2 pollici/ora. È possibile utilizzare più estensioni di downspour per gestire fino a 5000 piedi² della superficie del tetto esistente.

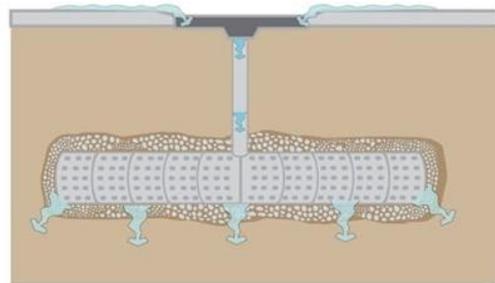
SURFACE INFILTRATION



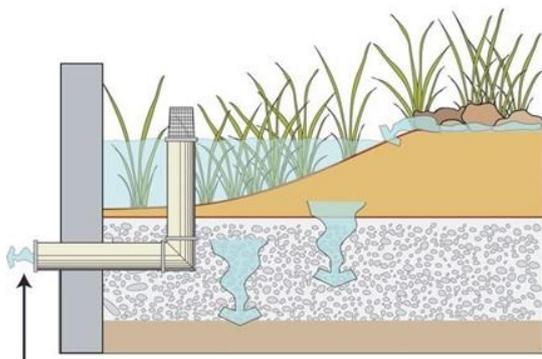
HYBRID



SUBSURFACE INFILTRATION (UIC)



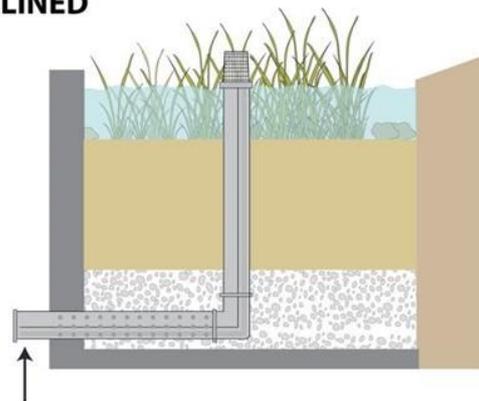
PARTIAL INFILTRATION



PIPE TO APPROVED DESTINATION

City of Portland Environmental Services ES 1902

LINED



PIPE TO APPROVED DESTINATION

Figura 20: Configurazioni di una struttura di infiltrazione completa. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.5.6 Sistema di ricezione

Il sistema a cui è diretto il deflusso delle acque piovane è il sistema ricevente. Il sistema ricevente può essere una posizione fuori sede (ad es. un corso d'acqua, il sistema fognario combinato, il sistema di tempesta separato) o un impianto di infiltrazione completo in loco. Se l'Ufficio di sviluppo Ambientale (BES) determina che il sistema di ricezione fuori sede ha una capacità insufficiente per accettare i flussi proposti può richiedere aggiornamenti dell'infrastruttura pubblica, con un ulteriore controllo del flusso in loco o ulteriore ampiezza della riserva di drenaggio.

3.5.7 I metodi di progettazione

In funzione delle strutture di deflusso, la regolamentazione di Portland prevede diversi approcci di progettazione e diversi tipi di strutture.

Tabella 3: Riepilogo delle strutture per le acque piovane generalmente consentite

Tipo di struttura	Tipo di progetto		Approccio di progettazione			Può essere disegnato per conciliare		
	Pacco	Diritto di accesso pubblico	Semplificato	Presuntivo	Prestazione	Quantità		Qualità
						Disposizione in loco (Livello 1)	Controllo del flusso (Livello 2 e 3)	Qualità dell'Acqua (Livello 2)
Ecotetto	•		•		•	Vedi nota 42	•	•
Pavimentazione Permeabile	•	•	•		•	•	•	•
Striscia filtro	•	•	•		•	•	•	•
Striscia centrale	•		•			•	•	•
Strada verde		•		•	•	•	•	•
Giardino pioggia	•		•			•	nota 43	nota 35
Bacino	•		•	•	•	•	•	•
fioriera	•		•	•	•	•	•	•
Filtro a sabbia in sup.	•		•		•	•	•	•
Fosso erboso	•				•			•
Stagno bagnato	•				•			•
Stagno umido esteso	•				•		•	•
Stagno secco	•				•		•	
Coppa		•			•	•		
Pozzo secco	•		•		•	•		
Fossa di ammollo	•		•		•	•		
Filtro a sabbia sott.	•				•	•	•	•
MSTT	•	•			•			•
Detenzione strutturata	•	•			•		•	

⁴² Sebbene gli ecoroof non forniscano lo smaltimento in loco, possono essere progettati per soddisfare il Livello 1. Gli ecoroof non progettati per soddisfare il Livello 1 possono essere progettati per soddisfare i requisiti di controllo del flusso e di qualità dell'acqua.

⁴³ I giardini pluviali soddisfano i requisiti di qualità dell'acqua e controllo del flusso e sono sempre progettati come Livello 1.

3.5.7.1 Approccio semplificato

L'approccio presuntivo è previsto nei seguenti casi:

I siti con tassi di infiltrazione misurati di 2 pollici/ora o più devono utilizzare solo strutture di infiltrazione, strisce filtranti o strisce centrali del vialetto. Se l'infiltrazione è vietata, è possibile utilizzare ecotetti o versioni foderate della fioriera o filtro a sabbia di superficie.

I giardini pluviali e i pozzi secchi possono gestire aree fino a 5.000 piedi per singola struttura e tutte le altre strutture possono gestire aree fino a 10.000 piedi. Le strisce centrali dei passi carrai possono gestire passi carrai fino a una pendenza longitudinale del 15% con limitazioni di lunghezza. Le strisce filtranti possono gestire aree impermeabili larghe fino a 12 piedi su pendenze trasversali fino al 10%. Gli ecotetti unitamente alle pavimentazioni permeabili gestiscono solo l'area che coprono. I pozzi perdenti "Drywell" possono accettare il deflusso da strade private, ma non pubbliche.

3.5.7.2 Approccio presuntivo

L'approccio presuntivo può essere utilizzato per dimensionare strade verdi, fioriere e bacini, calcolate utilizzando il calcolatore dell'approccio presuntivo (PAC), un calcolatore online accessibile tramite internet.

Il PAC utilizza il metodo dell'idrogramma urbano di Santa Barbara (SBUH) per calcolare i flussi di deflusso dall'area impermeabile per varie tempeste di progetto con incrementi di 10 minuti. Il PAC avvia il flusso di deflusso post-sviluppo attraverso la struttura e calcola se soddisfa i requisiti del livello di gerarchia delle acque piovane per lo smaltimento dell'evento atmosferico con tempo di ritorno di 10 anni, il controllo del flusso e la riduzione dell'inquinamento. Tanto è vero che il PAC mostra un "Pass" per la riduzione dell'inquinamento se tutto il deflusso generato dall'evento di tempesta sulla qualità dell'acqua (1,61 pollici) filtra attraverso il terreno misto della struttura ed un pass per l'infiltrazione se il deflusso generato dall'evento temporalesco di 10 anni è in grado di infiltrarsi e non si scarica dalla struttura. Il controllo del flusso avviene tramite un "Pass" se il deflusso generato dagli eventi di tempesta applicabili soddisfa i requisiti per il livello gerarchico selezionato.

Il progettista deve altresì considerare i valori per le caratteristiche del sito e la struttura. Questi includono il tempo di concentrazione del sito e il numero della curva sia per la condizione pre-sviluppo che per quella post-sviluppo che dipendono dal terreno del sito (vedi Tabella sottostante), il tasso di infiltrazione misurato, il metodo del test di infiltrazione, l'area impermeabile e il livello gerarchico.

Il PAC è in grado di progettare fioriere piane e vasche piane di qualsiasi forma e strutture rettangolari inclinate. Nel PAC, gli impianti di acque meteoriche sono definiti come segue:

- un Bacino piatto presenta un fondo piatto (pendenza <0,5%) con versanti inclinati costituito da terreno misto piantumato con vegetazione.
- una Fioriera piatta ha un fondo piatto (pendenza <0,5%) con pareti verticali in materiale durevole come il cemento.
- una Struttura in pendenza ha una pendenza longitudinale dello 0,5% o maggiore e può avere lati inclinati, lati verticali o un lato inclinato e un lato verticale.

3.5.7.3 Approccio alla prestazione

L'approccio prestazionale può essere utilizzato per progettare gli impianti di acqua piovana a seguito elencati:

- Gli impianti per le acque piovane che devono essere progettati per soddisfare i requisiti di qualità dell'acqua. Inoltre, le strutture di acqua piovana con scarico fuori sede devono essere dimensionate e progettate per soddisfare i requisiti di controllo del flusso. Questi

requisiti variano a seconda del sistema di ricezione dello scarico dell'impianto di acqua piovana e possono richiedere un orifizio.

- Le strutture con vegetazione che scaricano in un sistema di sola tempesta non sono tenute a fornire il controllo del flusso per la tempesta di progettazione di 25 anni (le tipiche profondità di ristagno di 9 pollici o meno rendono questo obiettivo di progetto irrealizzabile per queste strutture) ma devono soddisfare requisiti di controllo del flusso per gli altri eventi di tempesta.

L'ingegnere professionista deve utilizzare un appropriato metodo di analisi idrologica per soddisfare i relativi requisiti di infiltrazione, controllo del flusso e riduzione dell'inquinamento. Molti metodi di analisi idrologica sono descritti nei documenti del Manuale di progettazione di impianti fognari e di drenaggio (SDFDM), un allegato del Manuale di gestione delle acque piovane di Portland (SWMM). A meno che l'Ufficio di sviluppo ambientale BES non approvi un metodo alternativo prima della presentazione dei piani e dei calcoli, è necessario procedere con delle analisi idrologiche più specifiche.

Gli impianti combinati di acqua piovana basati sul volume e gli impianti di acqua piovana basati sul volume devono essere progettati per drenare abbastanza tra gli eventi di tempesta per consentire la corretta gestione della tempesta successiva, nonché la tenuta dell'impianto stesso. Quando è pieno, il tempo di prelievo al punto di riferimento non deve superare le 30 ore per i seguenti impianti.

3.6 Strutture private per l'acqua piovana

3.6.1. Progettazione dell'impianto e requisiti di costruzione

In questo paragrafo vengono raggruppati i requisiti di progettazione e costruzione specifici della struttura delle seguenti categorie: ecotetti, pavimentazione permeabile, strutture di bioritenzione, strutture di dispersione, strutture di infiltrazione sotterranea e altre strutture che non rientrano nelle prime quattro categorie.

3.6.2.1 Ecotetti



Figura 21: Esempio di ecotetto. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

Gli ecotetti sono sistemi di tetto verde leggero che intercettano e assorbono le precipitazioni, rallentando e filtrando l'acqua piovana mentre passa attraverso il substrato di coltivazione. Gli ecotetti standard includono materiale impermeabilizzante, un sistema di drenaggio, terreno di coltura e vegetazione, è preferibile usare piante con radici poco profonde e resistenti alla siccità come quelle appartenenti alla famiglia del *Sedum*⁴⁴, le quali di solito dominano i piani di impianto a causa dei loro requisiti minimi di manutenzione. Tutti gli ecotetti forniscono un habitat per uccelli e insetti e quelli realizzati con i design alternativi possono essere addirittura un punto di riferimento per la fauna selvatica. Il Manuale di Gestione delle acque piovane (SWMM) definisce i requisiti di progettazione, funzionamento e manutenzione richiesti durante la costruzione dei medesimi.

⁴⁴ *Sedum* (L., 1753) è un genere di piante succulente appartenente alla famiglia delle Crassulaceae. Fonte: Wikipedia <https://it.wikipedia.org/wiki/Sedum>

3.6.2.2 Pavimentazione permeabili



Figura 22: Esempio di Pavimentazione permeabile. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

Pavimentazione permeabile è un termine generale per indicare un gruppo di superfici pavimentate permeabili e portanti che intercettano e gestiscono la pioggia. La pavimentazione permeabile ha un sistema di base progettato per gestire le acque piovane fornendo allo stesso tempo la struttura per la pavimentazione permeabile e i carichi di progetto.

Esempi di pavimentazione permeabile sono rappresentati da asfalto poroso, calcestruzzo permeabile e strisce permeabili. L'asfalto poroso e il calcestruzzo permeabile sono simili all'asfalto e al calcestruzzo convenzionali nella struttura e nella forma, ma il contenuto di aggregati fini è inferiore nelle versioni permeabili e lo spazio vuoto totale è sostanzialmente maggiore. Asfalto poroso e calcestruzzo permeabile vengono versati sul posto, mentre le strisce permeabili vengono posizionate individualmente. I sistemi di pavimentazione sono permeabili sia per la porosità delle strisce stesse, sia per gli spazi tra le strisce che consentono il passaggio dell'acqua.

All'interno del manuale vi è una sezione che fornisce i requisiti generali di progettazione per le strutture di bioritenzione.

3.6.3 Strutture di bioritenzione

Le strutture di bioritenzione sono rappresentate dai rain gardens, i bacini e le fioriere.

3.6.3.1 Rain gardens

I rain gardens sono depressioni paesaggistiche progettate per catturare, immagazzinare e infiltrarsi nel deflusso delle acque piovane. Non includono scarichi, rivestimenti o muri formali e i terreni nativi vengono modificati piuttosto che sostituiti con una miscela di terreno importata.



Figura 23: Esempio di Rain garden. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.6.3.2 Bacini

I bacini sono depressioni paesaggistiche poco profonde progettate per catturare, immagazzinare e filtrare il deflusso delle acque piovane.

Tali strutture di bioritenzione possono essere progettate per l'infiltrazione totale o parziale a seconda dei tassi di infiltrazione del suolo. Ci possono essere bacini rivestiti da appositi teli di plastica se le condizioni non consentono l'infiltrazione.

La forma di un bacino può essere rotonda, oppure lunga e stretta come quella di un fosso. Si consideri che i fossi con vegetazione non fanno più parte del Manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) come tipo di struttura separata, ma sono inclusi nel manuale come bacini con pendenza sufficiente per richiedere dighe di controllo.



Figura 24: Esempio di bacino realizzato a Portland. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.6.3.3 Le fioriere

Le fioriere sono aree paesaggistiche murate che catturano, immagazzinano e filtrano il deflusso delle acque piovane. Vengono progettate per l'infiltrazione totale o parziale a seconda dei tassi di infiltrazione del suolo. Possono essere rivestite se le condizioni ne consentono l'infiltrazione.

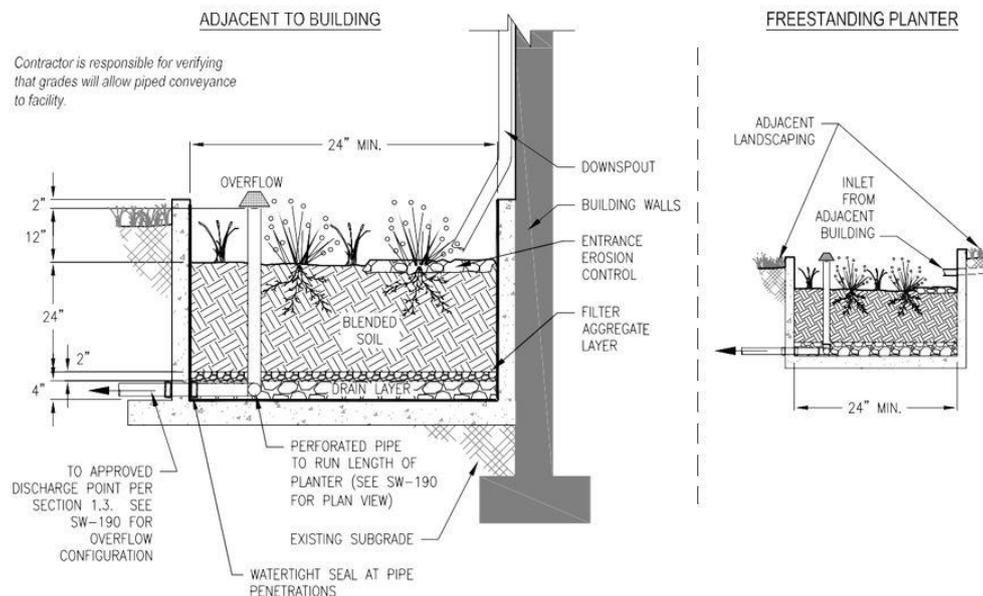


Figura 24: Fioriera con sottocarico. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.6.3 Strutture di dispersione

Gli impianti di dispersione riversano il deflusso attraverso le aree permeabili che in genere sono coperte di vegetazione, utilizzando la classificazione della superficie per mantenere il flusso di fogli attraverso la superficie impermeabile che contribuisce al deflusso delle acque piovane all'impianto e all'impianto stesso.

3.6.3.1 Strisce filtranti

Le strisce filtranti sono opere leggermente inclinate, consistono in aree con vegetazione progettate per trattare e gestire il flusso di strette superfici impermeabili come passerelle. Sono realizzate per fare in modo che vegetazione rallenti e filtri il deflusso, permettendo a parte di esso o tutto di penetrare nel terreno.

Possono essere progettate facendo riferimento all'approccio semplificato, ma è prevista anche la modalità di approccio prestazionale.

3.6.3.2 Strisce centrali dei vialetti di accesso

Una striscia centrale del vialetto è una striscia centrale permeabile il cui compito è quello di gestire il flusso del viale, filtrare il deflusso e consentire ad una parte o a tutta l'acqua di penetrare nel terreno. Le strisce centrali del vialetto possono essere ricoperte di vegetazione o ghiaia.

Le strisce centrali dei passi carrai devono essere progettate secondo l'approccio semplificato.

3.6.3.3 Estensioni pluviali (solo retrofit)

Le estensioni del pluviale dirigono il deflusso del tetto verso le aree paesaggistiche esistenti in loco dove il deflusso può diffondersi e penetrare nel terreno. BES approva questo approccio solo per lo sviluppo esistente con circostanze adeguate, non è consentito per progetti nuovi o di riqualificazione.

Questo approccio è consentito solo previa approvazione BES. Le estensioni del pluviale devono essere progettate secondo l'approccio semplificato.

3.6.4 Strutture di infiltrazione sotterranea

I requisiti di progettazione e costruzione per le strutture di infiltrazione private sono definiti dal Dipartimento della qualità ambientale (DEQ) dello Stato dell'Oregon come controlli di iniezione sotterranea (UIC). Questa sezione si applica a tutte le UIC al di fuori del diritto di passaggio pubblico, comprese le UIC di proprietà e gestite dal Comune che gestiscono il deflusso dalle aree impermeabili di proprietà del Comune come i parcheggi. Gli UIC sono generalmente progettati per soddisfare i requisiti per lo smaltimento completo in loco del deflusso delle acque piovane.

3.6.4.1 Requisiti generali di progettazione

I Requisiti per la prevenzione dell'inquinamento consistono nelle seguenti prescrizioni: Gli UIC possono avere un impatto diretto sulle acque sotterranee. Pertanto, il deflusso delle acque piovane deve essere trattato prima di entrare in un UIC a meno che il deflusso non provenga da aree solo sul tetto o solo pedonali.

3.6.4.2 Pozzi secchi "drywell"

I pozzi secchi sono strutture sotterranee che catturano e trattengono il deflusso delle acque piovane, permettendogli di infiltrarsi nel terreno. I "drywell" hanno un anello interno cavo perforato e racchiuso in ghiaia porosa. I "drywell" residenziali in genere vanno da 5 piedi a 20 piedi di profondità. I pozzetti a secco standard prefabbricati in calcestruzzo possono essere progettati secondo l'approccio semplificato o prestazionale. I pozzi a secco che non soddisfano i requisiti di battuta d'arresto, compresi i pozzi a secco sotto gli edifici, devono essere progettati

secondo l'approccio prestazionale. Invece, i mini pozzetti in plastica devono essere progettati secondo l'approccio semplificato.

Di seguito vengono definiti i seguenti aspetti:

- Bacino di utenza: i “drywell” sono progettati utilizzando l'approccio semplificato possono drenare un'area impermeabile massima è di 5.000 piedi. Mentre i mini pozzetti in plastica hanno un deflusso da un bacino di utenza non superiore a 1.000 piedi di area impervia gestibile in un'unica postazione; ogni mini-pozzo secco può gestire fino a 500 piedi, con un massimo di due mini pozzetti per bacino di utenza.
- Idoneità del sito: è richiesto un minimo di 5 piedi di separazione verticale tra il fondo del pozzo secco e l'acqua freatica alta stagionale. Invece i pozzi secchi progettati secondo l'approccio semplificato, i terreni devono avere un tasso di infiltrazione testato di almeno 2 pollici/ora. Per i pozzetti a secco progettati secondo l'approccio prestazionale, L'ufficio di sviluppo ambientale (BES) in genere richiede un tasso di infiltrazione di progetto minimo di 2 pollici/ora.
- Accesso: l'accesso per la manutenzione è richiesto per i pozzetti in ambienti commerciali e industriali e per tutti i pozzetti che non soddisfano i requisiti di battuta d'arresto, compresi i pozzetti sotto gli edifici. L'accesso per le installazioni residenziali è facoltativo ma consigliato; per piccole installazioni residenziali, una porta per la pulizia della superficie può essere più appropriata.
- Pretrattamento: è previsto che laddove non è richiesto il pretrattamento, si consiglia vivamente di utilizzare le trappole per limo per prolungare la vita del pozzo a secco.
- Dimensionamento: può avvenire mediante approccio semplificato e alla prestazione.
 - ◆ Dimensionare i drywell per gestire la tempesta di progettazione di 10 anni se non diversamente approvato da BES. I pozzi a secco sotto gli edifici devono essere dimensionati per la tempesta di progettazione di 100 anni o progettati con una via di fuga via terra.
 - ◆ Dimensionare i pozzi a secco utilizzando un modello idrologico come il metodo dell'idrogramma urbano di Santa Barbara. Il progetto può tenere conto dello stoccaggio sia nel pozzo secco che nella galleria rocciosa e tenere conto dell'infiltrazione attraverso l'intero perimetro bagnato.
 - ◆ Il tempo massimo di prelievo, entro 1 piede dal fondo del pozzo secco (lasciando 1 piede di acqua stagnante), non può essere superiore a 30 ore.

Vi sono anche i requisiti relativi ai materiali, al dimensionamento e alla classificazione dei tubi.

- Requisiti di costruzione: l'imbrattamento della superficie del suolo durante lo scavo può ridurre i tassi di infiltrazione. Se si utilizzano strumenti di scavo lisci, graffiare i lati e il fondo dello scavo con uno strumento appuntito per irruvidire la superficie. Rimuovere il materiale incoerente dal fondo dello scavo prima del posizionamento dell'aggregato drenante.
- Test post-costruzione: i test post-costruzione sono necessari per i pozzi a secco sotto gli edifici. In altre circostanze, è a discrezione del progettista un modo potenziale per ridurre il numero di pozzi a secco installati o per affrontare condizioni specifiche del sito.

3.6.4.3 Trincee di infiltrazione

Le trincee di infiltrazione sono trincee sotterranee che catturano e immagazzinano il deflusso, consentendo ad esso di infiltrarsi nel terreno. le trincee di infiltrazione generalmente sono meno profonde dei pozzi a secco e possono essere utilizzate in aree con alte acque sotterranee o barriere di infiltrazione poco profonde come strati densi di limo e argilla. I progettisti possono incorporare delle camere fabbricate per aumentare il volume interno della trincea.

Le trincee di infiltrazione possono essere progettate secondo l'approccio semplificato e quello prestazionale. Le trincee di ammolto che incorporano le camere prodotte devono essere progettate secondo l'approccio prestazionale. Le trincee di infiltrazione vengono progettate secondo l'approccio semplificato, i terreni devono avere un tasso di infiltrazione testato di almeno 2 pollici/ora. Mentre quelle progettate secondo l'approccio prestazionale, è generalmente richiesto un tasso minimo di infiltrazione di progetto di 2 pollici/ora. Ai fini dell'accesso alle medesime una porta di accesso al tubo perforato è fortemente consigliata.

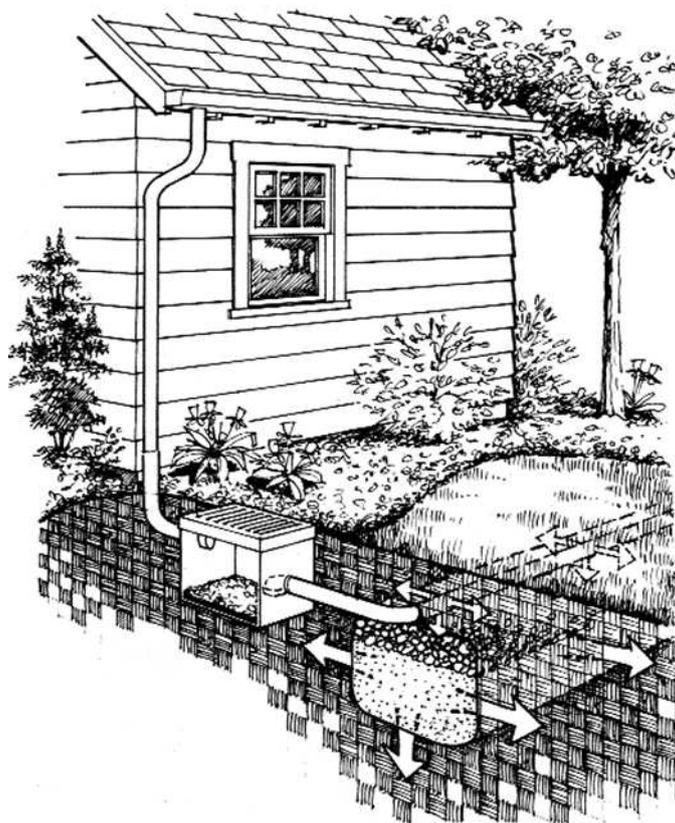


Figura 25: Esempio di Trincea di infiltrazione. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.6.4.4 Filtri a sabbia sotterranei

I filtri a sabbia sotterranei catturano, immagazzinano e trattano il deflusso. Possono essere dimensionati per il flusso controllo in aggiunta al trattamento e i filtri a sabbia non foderati possono fornire un'infiltrazione parziale o completa in loco a seconda dei tassi di infiltrazione. I filtri a sabbia rivestiti possono essere costruiti immediatamente adiacenti agli edifici. I filtri a sabbia sotterranei devono essere progettati secondo l'approccio prestazionale.

3.6.5 Altre strutture per le acque piovane

L'ufficio di sviluppo ambientale (BES) ha approvato una serie di strutture per le acque piovane (MSTT)⁴⁵ per l'uso nella città di Portland in base alla loro conformità ai requisiti di riduzione dell'inquinamento e per lo scarico in sistemi di sola acqua piovana.

BES approverà l'uso di una struttura per le acque piovane (MSTT) solo dopo che il progettista avrà dimostrato che un impianto di superficie con vegetazione è irrealizzabile.

⁴⁵ MSTT è l'acronimo di "Manufactured Stormwater Treatment Technologies" e consiste in un un elenco di tecnologie di trattamento delle acque piovane prodotte (MSTT) approvate

Le MSTT devono essere progettate per trattare l'evento di tempesta di qualità dell'acqua utilizzando l'approccio prestazionale. I progetti che propongono l'uso di MSTT devono utilizzare dispositivi nell'elenco BES dei dispositivi approvati e soddisfare anche le condizioni d'uso specificate da BES, compresi i requisiti di dimensionamento.

3.6.5.1 Sistemi di raccolta delle acque piovane

I sistemi di raccolta dell'acqua piovana raccolgono e immagazzinano il deflusso delle acque piovane per usi non potabili all'interno di una casa o edificio o per l'irrigazione del paesaggio. Il deflusso può essere raccolto per l'uso nei servizi igienici e presso le manichette. La raccolta dell'acqua piovana può aiutare a ridurre il volume di acqua piovana che un sito scarica nei sistemi fognari separati o combinati quando l'infiltrazione in loco non è fattibile. Una percentuale del volume di deflusso annuo può essere riutilizzata, a seconda delle dimensioni dell'impianto di stoccaggio dell'acqua e del tasso di utilizzo.

Laddove non sia possibile soddisfare l'obbligo di gestione completa delle acque piovane di un sito, i sistemi possono gestire una parte del flusso e ridurre la portata del requisito per la gestione delle acque piovane. Tali sistemi di raccolta dell'acqua piovana devono essere progettati secondo l'approccio prestazionale.

3.6.5.2 Strutture di detenzione strutturate

Le strutture di detenzione strutturate immagazzinano l'acqua piovana come parte di un sistema di controllo del flusso. Esempi di strutture di detenzione strutturate includono serbatoi, caveau e tubi sovradimensionati. Serbatoi e caveau possono essere utilizzati insieme ad altri impianti di raccolta delle acque piovane per fornire stoccaggio iniziale o supplementare. Poiché non forniscono il trattamento della qualità dell'acqua; sono necessarie strutture aggiuntive per soddisfare i requisiti di riduzione dell'inquinamento.

3.6.5.3 Filtri a sabbia di superficie

I filtri a sabbia di superficie sono strutture murate che catturano, immagazzinano e filtrano l'acqua piovana di deflusso. Possono essere progettati per l'infiltrazione totale o parziale a seconda dei tassi di infiltrazione del suolo. Possono essere rivestiti se le condizioni non consentono l'infiltrazione.

La loro approvazione da parte dell'ufficio competente (BES) è richiesta per l'uso di filtri a sabbia di superficie. L'ufficio competente in genere approva solo filtri a sabbia di superficie dove le fioriere con vegetazione non sono realizzabili a causa di condizioni di ombra o altri vincoli. I filtri a sabbia di superficie possono essere progettati secondo l'approccio semplificato o l'approccio prestazionale.

3.6.5.4 Fosse livellari

Le fosse livellari erbose sono canali erbosi progettati principalmente per il trasporto e il trattamento del deflusso delle acque piovane. Il trattamento della qualità dell'acqua viene fornito mentre l'acqua si muove orizzontalmente attraverso il canale e viene filtrata attraverso l'erba. Se i tassi di infiltrazione sono adeguati, è possibile progettare canali erbosi per gestire le portate e il volume. Possono essere rivestiti se l'infiltrazione è vietata. I fossi erbosi devono essere progettati secondo l'approccio prestazionale.

La fossa deve essere progettata per trattare il deflusso dall'intensità della tempesta del progetto di riduzione dell'inquinamento, utilizzando i seguenti criteri:

- velocità massima di progetto: 0,9 piedi/s;
- tempo minimo di residenza idraulica: 9 minuti (ossia, il tempo necessario affinché il flusso di

progetto attraversi il canale di scolo);

- valore n di equipaggio: 0.25;
- profondità massima di ristagno: 4 pollici se non diversamente approvato (questo è per massimizzare il contatto con l'erba);

3.6.5.5 Gli stagni

Gli stagni sono progettati per catturare, immagazzinare, trattare e rilasciare il deflusso delle acque piovane. La città incoraggia la progettazione di laghetti in quanto offrono molteplici vantaggi (ad es. l'uso in parchi, spazi aperti o strutture ricreative). In questa sezione sono descritti tre tipi di stagni:

- **stagni bagnati**, devono avere una pozza d'acqua permanente, comunemente indicata come "deposito della piscina" o "deposito morto". L'acqua piovana entra nello stagno da un'estremità e sposta l'acqua dalla piscina permanente; la sedimentazione gravitazionale e i processi biologici rimuovono gli inquinanti. Gli stagni umidi soddisfano solo i requisiti di qualità dell'acqua.
- **stagni bagnati estesi**, devono disporre di una piscina permanente e di uno spazio di archiviazione aggiuntivo sopra la piscina che si riempie durante gli eventi di tempesta e rilascia acqua per diverse ore. La piscina permanente è dimensionata per fornire una riduzione dell'inquinamento e lo storage aggiuntivo è dimensionato per soddisfare i requisiti di controllo del flusso. Gli inquinanti vengono rimossi attraverso la sedimentazione gravitazionale e processi biologici.
- **stagni di detenzione a secco** devono riempirsi durante gli eventi di tempesta e rilasciare lentamente l'acqua per diverse ore.

Gli stagni devono essere progettati secondo l'approccio alla performance. Inoltre, gli stagni devono soddisfare i seguenti requisiti di battuta d'arresto se non diversamente approvato dall'ufficio competente BES. Tutte le distanze sono distanze minime misurate dal bordo dell'elevazione massima della superficie dell'acqua, salvo diversa indicazione.

Debbono essere progettati stagni bagnati e stagni di detenzione estesi per grandi aree di drenaggio (cioè da 5 a 150 acri) per evitare lunghi periodi di acqua stagnante. La profondità dell'impianto e la pendenza dei pendii laterali dovrebbero essere ridotte al minimo per ridurre i rischi per la sicurezza. Tutti gli stagni devono essere divisi in almeno due **celle**. La prima cella serve a contenere circa il 10% della superficie di progettazione. Per gli stagni di detenzione, la prima cella deve fornire almeno 0,5 piedi di stoccaggio morto per i sedimenti. Possono essere installate **isole o penisole** per motivi estetici e per aumentare il percorso del flusso ed evitare cortocircuiti. Vi è anche un'attenzione particolare per i materiali impiegati nella realizzazione dei medesimi e la vegetazione da installare in loco.

3.7 Operazioni e requisiti di manutenzione e comunicazioni

Dato che i sistemi di acqua piovana devono essere mantenuti in modo che funzionino come previsto da progetto e limitino gli impatti ambientali e di drenaggio fuori sede. Le strutture per le acque piovane, compresi i percorsi, i cancelli e le coperture associati; devono essere mantenute per garantire effetti nel tempo, quindi devono essere fornite di un accesso sicuro ed efficiente per la manutenzione. È quindi necessario controllare regolarmente i sistemi di acque piovane per valutare le esigenze di manutenzione. L'ispezione e la manutenzione di routine possono aiutare a mantenere i costi di manutenzione complessivi al minimo rilevando i problemi in anticipo.

Tutte le operazioni e la manutenzione (O&M)⁴⁶ degli impianti di acqua piovana privati, per le operazioni e la manutenzione di canali di scolo, riserve di drenaggio, canali sotterranei e scarichi sono definite nel Manuale di Gestione delle acque piovane (SWMM) unitamente alle responsabilità di manutenzione delle varie strutture.

Le responsabilità e i requisiti per le opere di manutenzione sono identificati tramite la compilazione di un apposito modulo e il Piano O&M che vengono presentati all'ufficio di sviluppo ambientale BES. Il modulo O&M individua il proprietario del sito e le parti responsabili delle attività di O&M e le informazioni sulla struttura delle acque piovane e prevede l'inserimento di una planimetria del sito. Il mancato funzionamento o mantenimento di un impianto di gestione delle acque piovane secondo il Piano O&M può comportare una sanzione civile, come specificato, quindi tale obbligo è vincolante per tutti gli attuali e futuri proprietari dell'immobile.

Per l'approccio alla prestazione, L'ufficio competente BES richiede un piano O&M specifico per ogni sito e tipo di impianto nello sviluppo consentito. Il piano deve soddisfare pienamente i requisiti del sito e dell'infrastruttura delle acque piovane, comprese tutte le strutture di gestione delle acque piovane e le caratteristiche di trasporto. È una componente del rapporto sulle acque piovane.

3.7.1 Requisiti generali di presentazione

Le tabelle seguenti forniscono una sintesi dei principali componenti di presentazione per gli impianti di acque piovane.

L'ufficio di sviluppo ambientale (BES) può avviare la sua revisione solo dopo che il richiedente ha fornito dettagli completi e accurati su una serie di argomenti inclusi, a titolo esemplificativo, i seguenti documenti:

1. informazioni sulla planimetria del sito, comprese le posizioni delle utilità del sito;
2. la fattibilità dell'infiltrazione;
3. il livello della gerarchia delle acque piovane è stato raggiunto, con giustificazione;
4. documentazione dell'accesso a un sistema di ricezione esterno (ad es. canale di scolo, rete fognaria o fognatura combinata), se necessario;
5. delimitazione di eventuali canali di scolo e riserve di drenaggio;
6. designazione delle aree necessarie per gli impianti di acque piovane;
7. identificazione dei conflitti di battuta d'arresto (ad es. tra impianti di acque piovane e linee di proprietà o fondazioni);
8. delimitazione delle aree di disturbo;
9. delimitazione di superfici impermeabili proposte ed esistenti; e
10. come il progetto soddisfa i requisiti di gestione delle acque piovane per tutte le aree impermeabili applicabili.

⁴⁶ O&M è l'acronimo di Operazioni e Manutenzioni, Il proprietario di un sito di sviluppo o riqualificazione che deve essere conforme agli standard del Manuale di gestione delle acque piovane o del Manuale di controllo della sorgente, nella misura in cui ciascuno si applica ai propri termini, deve presentare un piano di operazioni e manutenzione.

3.8 Strutture pubbliche

Le strutture pubbliche, sono strutture che gestiscono le acque piovane nel o dal diritto di passaggio (ROW)⁴⁷, per soddisfare i requisiti del Capitolo 1⁴⁸. Devono rispettare determinati requisiti di progettazione, istituzione e presentazione. La progettazione di queste strutture per le acque piovane sarà esaminata dal Bureau of Environmental Services (BES) attraverso il processo di autorizzazione ai lavori pubblici.

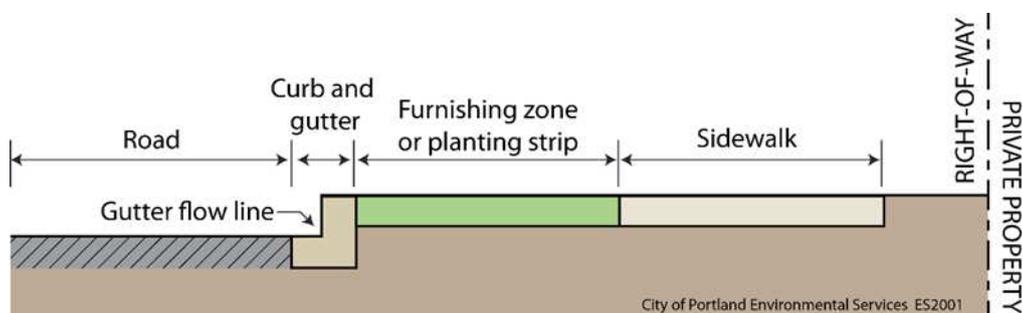


Figura 26: Sezione di una strada verde. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

I progettisti di possono anche progettare strutture pubbliche in strade private, tali opere saranno poi esaminate dal BES e dal Bureau of Development Services (BDS)⁴⁹.

Le strutture pubbliche sono tutte a carico della rete fognaria di Portland, nel manuale SWMM sono descritte le linee guida e i requisiti di progettazione specifici della struttura per le seguenti strutture pubbliche per le acque piovane: strutture a superficie vegetata (cioè strade verdi), pozzetti, tecnologie di trattamento delle acque piovane fabbricate (MSTTS), pavimentazione permeabile, alberi, strisce filtranti e detenzioni strutturate.

3.8.1 Strutture in superficie con vegetazione (strade verdi)

Gli impianti di acqua piovana con vegetazione nel pubblico vengono chiamati “strade verdi”. Le strade verdi intercettano l'acqua piovana dalla grondaia, immagazzinano temporaneamente il deflusso in superficie, filtrano il deflusso attraverso il terreno misto e consentono al deflusso di infiltrarsi nel terreno o forniscono una connessione al sistema ricevente quando le condizioni precludono l'infiltrazione. Le strade verdi possono essere configurate in vari modi all'interno della sezione stradale (vedi Figura 26). Le strutture possono essere posizionate tra il marciapiede e il marciapiede nella zona di arredo/fascia di piantumazione (vedi Figura 27) oppure il marciapiede può essere esteso in strada per ospitare una struttura (cioè un prolungamento del marciapiede) (vedi Figura 28). I lati possono essere fatti da un muro di cemento verticale (cioè un muro di fioriera), i cui lati composti da vegetazione inclinata o una combinazione dei due (vedere la Figura 29). Le considerazioni per il posizionamento e la progettazione delle strade verdi includono i requisiti delle acque piovane, la presenza di servizi pubblici, alberi esistenti e potenziali, potenziale perdita di parcheggi su strada, attraversamenti pedonali, accesso di transito, marciapiedi, accesso sicuro per la manutenzione e restringimento della strada.

⁴⁷ Right of Way Occupancy Permits (ROW Permits) ovvero permesso di occupazione del diritto di passaggio

⁴⁸ Il capitolo relativo ai requisiti e politiche del Manuale di Gestione (SWMM)

⁴⁹ Il Bureau of Development Services (BDS) promuove la sicurezza, la vivibilità e la vitalità economica attraverso l'applicazione efficiente e collaborativa dei codici di costruzione e sviluppo

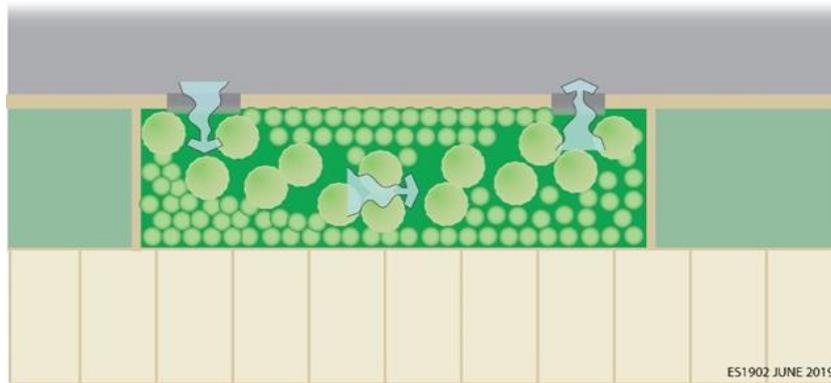


Figura 27: Struttura all'interno della zona di arredo o della fascia di piantagione (vista in pianta). Fonte: Storm Water Management (SWMM)

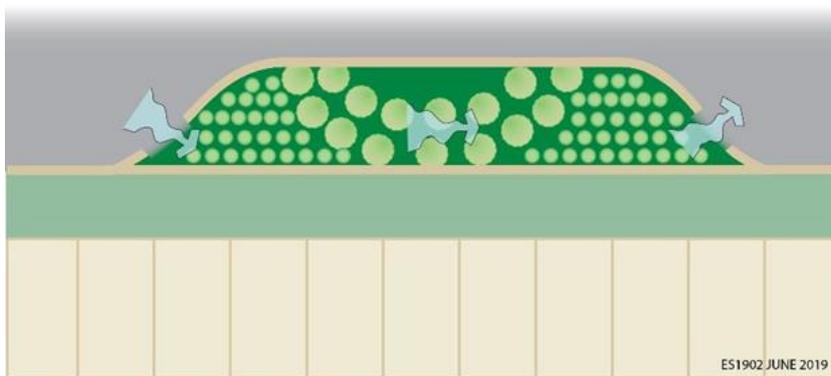


Figura 28: Estensione del cordolo o struttura che si estende oltre il cordolo (vista in pianta). Fonte: Storm Water Management (SWMM)

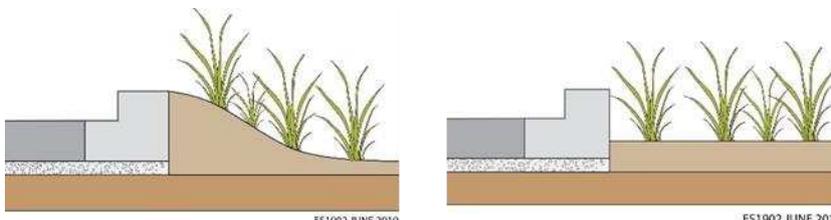


Figura 29: Lati inclinati e parete verticale della fioriera (viste in sezione). Fonte: Storm Water Management (SWMM)

Le strade verdi devono fare i conti con il diritto di precedenza. Il Manuale SWMM si occupa di come il posizionamento e la progettazione delle strade verdi dovrebbero considerare altri usi per soddisfare gli obiettivi di tutta la città, tra cui la circolazione pedonale, le barriere, i marciapiedi esistenti, l'accesso alla manutenzione, lo sviluppo futuro, il coordinamento degli alberi, il coordinamento delle utenze e le distanze minime d'arresto. È fornita una guida aggiuntiva alla progettazione del sito specifica per le estensioni dei marciapiedi e le strutture per le strisce di piantagione, nel dettaglio prescrive i seguenti elementi progettuali, atti a garantire la tutela della circolazione:

- 1) **Circolazione pedonale:** la segnaletica per il passaggio pedonale perpendicolare alla struttura deve essere allineata con il bordo della struttura o tirata indietro dalla struttura per impedire a un pedone ipovedente di entrare nella struttura.
- 2) **Barriere:** un progetto con un marciapiede che conduce in una struttura può essere pericoloso per i pedoni che si aspettano che il marciapiede continui. Deve essere inclusa una transizione o una barriera tra la fine del marciapiede e la struttura, ad esempio piantare un albero o utilizzare un altro paesaggio sul piano terra; installazione di un'insegna o di un palo di della

luce, se necessario; oppure l'installazione di una barriera di tipo ringhiera.

- 3) **Marciapiedi esistenti:** le strade verdi sono spesso installate ai fini dell'abbellimento di un luogo con miglioramenti esistenti, inclusi i marciapiedi. Durante la costruzione di strade verdi, i marciapiedi devono essere riparati dove la nuova costruzione incontra il marciapiede esistente. Le riparazioni sono necessarie in luoghi con uno spostamento verticale o orizzontale maggiore o uguale a 0,5 pollici
- 4) **Accesso per la manutenzione:** quando si progettano strutture lungo le strade, considerare la sicurezza del personale di manutenzione futuro e la logistica di accesso alla struttura per eseguire la manutenzione.
- 5) **Sviluppo futuro:** il potenziale di sviluppo delle proprietà adiacenti dovrebbe essere considerato quando si posizionano le strutture. Ad esempio, un lotto non sviluppato o sottosviluppato potrebbe richiedere in futuro un vialetto d'accesso, che potrebbe entrare in conflitto con un impianto di acque piovane di superficie.
- 6) **Alberi:** gli alberi esistenti dovrebbero essere rimossi solo in circostanze straordinarie.
- 7) **Coordinamento delle utenze:** la presenza di reti di sottoservizi privati o pubblici influiscono sul posizionamento delle strutture per le acque piovane.
- 8) **Distanza minima d'arresto:** le strutture per l'acqua piovana con vegetazione infiltrante devono essere posizionate ad almeno 10 piedi dalle fondamenta dell'edificio, misurate dal bordo della struttura. In alcuni casi, questa distanza minima può essere ridotta con l'aggiunta di un rivestimento parziale. Non ci sono requisiti di battuta d'arresto per le strutture rivestite.

Quanto alle dimensioni, per effettuare un'estensione del cordolo è necessaria una strada che abbia un'ampiezza minima di 30 piedi, poiché la larghezza minima dell'estensione dovrà essere di 4 piedi (in genere si realizzano dai 4 ai 6 piedi). Tali aree sono adatte nei punti in cui il parcheggio è vietato così da non sottrarre posti auto alla collettività. Esistono tre tipi di estensioni del marciapiede agli angoli: un'estensione del marciapiede che incorpora solo la rampa pedonale, un'estensione del marciapiede che estende il marciapiede solo per ospitare un impianto di raccolta delle acque piovane e un'estensione completa del marciapiede che incorpora l'impianto acque meteoriche e la rampa pedonale. PBOT⁵⁰ determina quando un'estensione del cordolo di acqua piovana richiede la costruzione di altre estensioni del cordolo. Le strutture nella zona di arredo o nella fascia di piantumazione variano a seconda che siano hanno pendenze laterali o hanno il fondo piatto e le pareti della fioriera. Queste strutture hanno considerazioni sulla progettazione del sito che sono diverse da quelle delle estensioni del marciapiede. Le condizioni del sito (ad es. tasso di infiltrazione del suolo, pendenza) determineranno se l'impianto debba essere progettato come un impianto ad infiltrazione totale, parziale o rivestito. La superficie e la profondità di una struttura variano. Il PAC⁵¹ consente al progettista di dimensionare gli impianti di acqua. Vi sono requisiti di pendenza, profondità del ristagno e requisiti d'ingresso per le estensioni nel corpo. Sono necessari requisiti più dettagliati per le entrate per le strutture nella fascia di impianto perché il flusso della grondaia deve girare di 90 gradi nella struttura. Sono inoltre definiti gli alberi idonei per le strutture per le acque piovane unitamente ai programmi di manutenzione per il futuro.

⁵⁰ Il Portland Bureau of Transportation (PBOT) è un partner comunitario nella creazione di una città vivibile. Pianifichiamo, costruiamo, gestiamo e manteniamo un sistema di trasporto efficace e sicuro che fornisce accesso e mobilità a persone e aziende.

⁵¹ Project Advisory Committee (PAC) è il Comitato consultivo del progetto il cui ruolo principale è fornire una direzione strategica al progetto e guidare l'attuazione delle attività e delle priorità.

3.8.2 Pozzetti

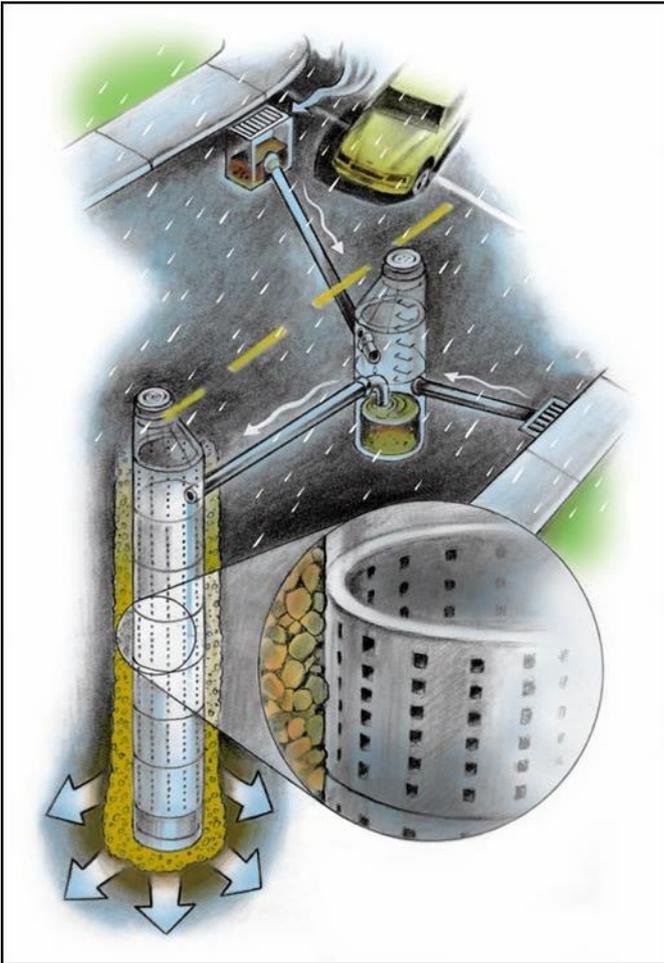


Figura 30: Esempio di pozzetto. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

I sistemi di pozzetti pubblici possono essere utilizzati per gestire il drenaggio dalle strade pubbliche raccogliendo il deflusso delle acque piovane e infiltrandole nel terreno. Un sistema di pozzetto è il totale di tutti i componenti del pozzetto in un'unica posizione ed è costituito da ingressi, tubazioni, un foro di mantenimento della sedimentazione e un pozzetto.

I pozzi sono pozzi di iniezione di classe V nell'ambito del programma di controllo dell'iniezione sotterranea (UIC) regolato da DEQ⁵² per proteggere le acque sotterranee. DEQ ha rilasciato un permesso per l'impianto di controllo dell'inquinamento idrico (WPCF) alla città per costruire e gestire UIC pubblici. Il permesso richiede che la città sviluppi e implementi un piano di gestione completo che dettagli come la città costruirà, opererà e valuterà gli UIC per garantire la conformità ai requisiti di autorizzazione. Il processo di registrazione e autorizzazione per gli UIC di proprietà della città proposti è gestito da BES in base al permesso WPCF della città, che è diverso dalla norma di autorizzazione o autorizzazione degli UIC privati.

I pozzetti devono essere progettati utilizzando l'approccio prestazionale ed è richiesto il rispetto dei seguenti requisiti progettuali:

- 1) **Idoneità del sito:** la città valuta le potenziali posizioni dei pozzetti utilizzando un'ampia gamma di criteri, tra cui la profondità delle acque sotterranee, la vicinanza alla contaminazione e la protezione delle risorse idriche.

⁵² DEP Department of Environmental Quality è il Dipartimento di Qualità Ambientale

- 2) **Idoneità al suolo:** l'uso dei pozzetti dipende dal tipo di suolo e dalla profondità delle acque sotterranee stagionali. Il fondo del pozzetto deve essere almeno 5 piedi sopra la falda acquifera stagionale.
- 3) **Pretrattamento:** deve essere concepito secondo le procedure di progettazione standard, il sistema di pozzetto raggiunge i benefici di riduzione dell'inquinamento necessari per l'UIC. I fori di mantenimento della sedimentazione riducono l'inquinamento depositando la maggior parte del materiale particolato di grandi dimensioni che può ostruire i fori di drenaggio del pozzetto.
- 4) **Dimensionamento:** deve avvenire in ottemperanza ai seguenti principi:
 - i calcoli idraulici per i pozzetti pubblici devono essere eseguiti utilizzando il metodo razionale. Le informazioni sul Metodo Razionale si trovano nel Manuale di progettazione degli impianti fognari e di drenaggio della città⁵³.
 - si devono progettare pozzetti per gestire l'intera area contribuente, non solo la nuova superficie impermeabile.
 - è possibile utilizzare un massimo di due pozzetti in serie, a meno che non sia approvato da BES.
- 5) **Dimensioni:**
 - la distanza minima tra i pozzetti è di 25 piedi;
 - la distanza consigliata tra il pozzetto e il foro di manutenzione della sedimentazione è di 25 piedi. Questa distanza è solo indicativa e dipende dalle condizioni del sito;
 - la profondità massima del pozzetto è di 30 piedi, se non diversamente approvato da BES. BES prenderà in considerazione i pozzetti meno profondi caso per caso;
 - la profondità minima del foro di mantenimento della sedimentazione è di 10 piedi.
- 6) **Tubazioni:** il diametro del tubo tra il pozzetto e il foro di mantenimento della sedimentazione deve essere di 12 pollici.
- 7) **Test del sistema di pozzetto pubblico.**

3.8.3 Tecnologie di trattamento delle acque piovane prodotte (MSTT)

Le tecnologie di trattamento delle acque piovane prodotte (MSTT) sono dispositivi fabbricati progettati per trattare le acque piovane. BES ha approvato una serie di MSTT per l'uso nella città di Portland in base alla loro conformità ai requisiti di riduzione dell'inquinamento di BES per lo scarico in sistemi di sola acqua piovana.

Fanno parte delle condizioni di approvazione i dimensionamenti delle unità necessari per soddisfare i requisiti di riduzione dell'inquinamento del Comune.

Gli MSTT pubblici devono essere progettati utilizzando l'approccio prestazionale.

3.8.4 Pavimentazione permeabile

Rispetto a quanto scritto nel capitolo 3.6.1.2 per quanto concerne la descrizione dei requisiti della pavimentazione permeabile, il PBOT⁵⁴ valuta caso per caso la pavimentazione permeabile in ambito pubblico e può richiedere requisiti aggiuntivi.

3.8.5 Gli alberi

Gli alberi forniscono vantaggi nella gestione delle acque piovane intercettando le precipitazioni

⁵³ Il presente Manuale di progettazione di impianti di fognatura e drenaggio ("Manuale di progettazione di fognature" o "Manuale") fornisce informazioni per assistere il personale della città, i consulenti, i progettisti e altri che sono responsabili della pianificazione, progettazione, costruzione, revisione e approvare le fognature e gli impianti di drenaggio all'interno della città di Portland. Nel 2006 una nuova versione del manuale ha sostituito il 1991 Sewer Design Manual. Infine, l'edizione 2020 edizione del Manuale sostituisce tutte le versioni precedenti.

⁵⁴ Il Portland Bureau of Transportation (PBOT) è un partner comunitario nella creazione di una città vivibile.

(raccogliendo le precipitazioni sulle foglie e sui rami), che forniscono una certa ritenzione, facilitano l'evaporazione e ritardano il deflusso. Il ritardo nel deflusso può facilitare l'infiltrazione delle acque piovane, che aiuta la ricarica delle acque sotterranee. Queste funzioni sono più importanti per gli eventi atmosferici con precipitazioni inferiori a 0,5 pollici nelle 24 ore, che sono tipiche della maggior parte degli eventi temporaleschi di Portland. Gli alberi sempreverdi forniscono il massimo beneficio tutto l'anno per la gestione delle acque piovane.

3.8.5.1 Requisiti di progettazione

- 1) **Idoneità al sito:** gli alberi nuovi o esistenti sono essere utilizzati per la gestione delle acque piovane per le superfici impermeabili, inclusi marciapiedi, passi carrai e strade.
- 2) **Requisiti di progettazione:** i nuovi alberi devono soddisfare i requisiti del titolo 11 del codice della città di Portland⁵⁵, ricevere l'approvazione dalla forestale urbana di Portland, essere selezionati tra i più recenti elenchi di piantagione di alberi da strada⁵⁶ approvati dalla selvicoltura urbana, o come approvato dalla Forestale Urbana, e conformi a Standard di piantagione di alberi in strada per la selvicoltura urbana PP&R⁵⁷ da accreditare per la gestione delle acque piovane.
- 3) **Contrattempi:** le distanze minime d'arresto per le utenze sotterranee e aeree, i lampioni e gli edifici, la vicinanza ad altri alberi e la larghezza della fascia di piantagione sono considerazioni per la posizione degli alberi.

3.8.6 Strisce filtranti

Le strisce filtranti sono aree con vegetazione leggermente inclinate progettate per trattare e gestire il flusso da superfici impermeabili strette e adiacenti come i passaggi pedonali. La vegetazione rallenta e filtra il deflusso, permettendo in parte o completamente di penetrare nel terreno. Le strisce filtranti possono occasionalmente essere appropriate per l'uso nel diritto di passaggio del pubblico. Per i requisiti di progettazione il manuale richiama alle modalità previste nel settore privato.

3.8.7 Detenzione strutturata

Le strutture di detenzione strutturate come serbatoi, caveau e tubi sovradimensionati forniscono lo stoccaggio delle acque piovane come parte di un sistema di controllo del flusso. Serbatoi e caveau possono essere utilizzati insieme ad altre strutture come deposito iniziale o supplementare. Le strutture di detenzione strutturate non possono essere utilizzate per soddisfare i requisiti di riduzione dell'inquinamento; se è richiesta la riduzione dell'inquinamento, sono necessarie strutture aggiuntive.

3.8.7.1 Requisiti di progettazione

La detenzione strutturata deve essere progettata utilizzando l'approccio prestazionale.

- 1) **Pretrattamento:** serbatoi, volte e tubi di grandi dimensioni in genere non hanno una funzione di progettazione incorporata per contenere i sedimenti.
- 2) **Accesso:** le strutture di detenzione devono essere accessibili per la manutenzione e devono soddisfare i requisiti del Manuale di progettazione delle strutture fognarie e di drenaggio della città di Portland (SWMM). Tutte le aperture di accesso devono avere coperchi rotondi e solidi e

⁵⁵ Il titolo 11 Trees fa parte del Piano forestale urbano, che mira a "proteggere la salute, la sicurezza e il benessere generale dei cittadini di Portland" "migliorando la qualità della foresta urbana e ottimizzando i benefici forniti dagli alberi"

⁵⁶ Gli alberi nativi forniscono molti benefici all'ecosistema, come l'habitat della fauna selvatica e l'intercettazione delle acque piovane. Anche gli alberi nativi sono ben adattati e adattati al clima di Portland.

⁵⁷ PP&R è un'associazione composta da cittadini, la cui missione di Portland Parks & Recreation è aiutare gli abitanti di Portland a giocare, fornendo luoghi, strutture e programmi sicuri che promuovono l'attività fisica, mentale e sociale. Otteniamo le persone, in particolare i bambini, all'esterno, attive e connesse alla comunità. Così facendo, aumenterà il benessere dei nostri residenti e la vivibilità della nostra città.

consentire l'ingresso di una persona nella struttura. La dimensione tipica della copertura dell'ingresso di accesso è di 24 pollici.

3) Dimensionamento: le strutture di detenzione strutturate devono essere progettate utilizzando tecniche di modellazione idrologica e idraulica accettabili per soddisfare i requisiti di controllo del flusso applicabili. Il sistema di detenzione deve aggirare la tempesta di progettazione di 100 anni.

4) Dimensioni: l'altezza interna minima di un caveau o di un serbatoio è di 3 piedi e la larghezza minima è di 3 piedi.

5) Materiali: le strutture di detenzione devono resistere a inondazioni periodiche, sostanze chimiche potenzialmente corrosive e condizioni elettrochimiche del suolo. Le strutture di detenzione devono essere rivestite e stagne. I materiali dei tubi e i giunti devono essere conformi al Manuale di progettazione di impianti fognari e di drenaggio.

6) Orifizi: per le equazioni di dimensionamento dell'orifizio, vedere il Manuale di progettazione di impianti fognari e di drenaggio. Il diametro minimo consentito per un orifizio in una struttura pubblica che riceve un flusso non filtrato è di 2 pollici di diametro. Proteggi le strutture di controllo del flusso dai detriti e rendile accessibili per la manutenzione e l'ispezione. Potrebbero essere necessari più orifizi per soddisfare i requisiti di progettazione di temporali da 2 a 25 anni per un sistema di detenzione. Grandi progetti possono richiedere grandi orifizi che sono poco pratici da costruire. In questi casi, più orifizi possono essere posizionati alla stessa altezza per ridurre le dimensioni individuali.

3.8.8 Requisiti di presentazione

Oltre a soddisfare i requisiti SWMM, tutti i piani di lavori pubblici presentati devono soddisfare il Manuale di progettazione delle strutture fognarie e di drenaggio della città, altri codici e regole BES, i requisiti per la presentazione dei piani di autorizzazione ai lavori pubblici e gli standard di redazione.

3.8.8.1 Revisione dell'uso del suolo

Un uso o sviluppo proposto può innescare una revisione dell'uso del suolo BDS richiesta dal codice di zonizzazione della città. Le revisioni dell'uso del suolo possono essere attivate da sezioni del codice di zonizzazione (ad es. zone di base, zone di sovrapposizione o distretti di piano) o dalle condizioni delle precedenti approvazioni dell'uso del suolo di un sito.

3.8.8.2 Permessi di lavori pubblici

I lavori pubblici possono richiedere un permesso di lavori pubblici. I requisiti di base ai fini dell'ottenimento di tale permesso includono quanto segue:

- un **piano del sito**, consiste in un concept di progettazione, lo sviluppo del design, la revisione del piano finale.
- un **rapporto sulle acque piovane** prevede anch'esso un concept progettuale e lo sviluppo del progetto di dettaglio.
- un **rapporto sul test di infiltrazione**
- un **piano di garanzia di manutenzione** di 2 anni, per le strutture con vegetazione non sotto contratto con BES, presentato al direttore dei lavori o all'ispettore BES alla riunione pre-costruzione.

3.8.8.3 Requisiti del piano del sito

I piani del sito devono avere una scala minima da 1 pollice a 10 piedi, mostrare uno spazio adeguato all'impianto delle acque piovane in caso di contrattempi e includere le seguenti informazioni:

- prospetti di progetto esistenti e proposti;
- superficie impermeabile esistente e proposta e tipo di superficie;
- aree di disturbo proposte;
- linee di proprietà;
- contrattempi;
- calcoli strutturali delle fondazioni dell'edificio;
- aree con forte pendenza o rischio di frana;
- linee di servizio e servitù;
- tipo, posizione e dimensioni delle caratteristiche di trasporto (se presenti o proposte);
- qualsiasi canale di scolo, corsi d'acqua e zone umide;
- confine del distretto o dell'area regolamentare (ad es. area di protezione della testa pozzo);
- qualsiasi area con contaminazione del suolo o delle acque sotterranee;
- altre aree sensibili;
- tipo, posizione e dimensione degli impianti di acque piovane;
- luogo di scarico delle acque piovane proposto;
- tutte le tubazioni dell'acqua piovana associate alla struttura, compresi i materiali, le dimensioni, le pendenze e le elevazioni inverse delle tubazioni a ogni curva o connessione;
- il percorso del flusso terrestre (se la struttura non è progettata per infiltrarsi nella tempesta di progettazione di 10 anni);
- larghezza della fila e altezza del marciapiede;
- tabella dati impianto (per impianti con vegetazione);
- il piano degli alberi deve essere conforme al titolo 11 (se gli alberi esistenti sono utilizzati per il credito delle acque piovane);

3.8.8.4 Requisiti per la presentazione del rapporto sulle acque piovane

Il rapporto sulle acque piovane fornisce la documentazione tecnica relativa al progetto. I rapporti sulle acque piovane devono dimostrare adeguatamente che lo sviluppo proposto può soddisfare i requisiti delle acque piovane al momento dello sviluppo e all'interno del Manuale SWMM viene illustrato da quali documenti deve essere composto.

3.8.8.5 Requisiti per la piano paesaggistico

I piani paesaggistici sono necessari per le strutture per le acque piovane con vegetazione in cui è prevista la piantumazione di alberi. Se il progetto ha stipulato un contratto con BES in cui è stato definito l'impianto di acqua piovana con vegetazione insieme al suo piano di manutenzione, non è necessario un piano paesaggistico.

3.9 Requisiti e politiche per le vie di scolo e la riserva di scolo

Un canale di scolo può essere costruito o naturale, trattasi di un canale o una depressione che può in qualsiasi momento raccogliere e convogliare acqua. Un canale di scolo ha una funzione di riserva di drenaggio per gestire portata, volume e qualità dell'acqua. Un canale di scolo può essere permanente o temporaneamente inondato. La riserva di drenaggio è l'area regolamentata adiacente e comprendente un canale di drenaggio. Una riserva di drenaggio è tipicamente un buffer largo 30 piedi posizionato su un canale di scolo e centrato nel mezzo del canale che funge da area non edificabile in sé e per sé non costituisce una servitù.

3.9.1 L'importanza di proteggere i canali di scolo

Un canale di scolo e la sua area ripariale o di riserva adiacente funzionano insieme per fornire portata, volume di flusso e vantaggi in termini di qualità dell'acqua al canale di scolo e alle acque riceventi a valle. Come documentato dall'EPA degli Stati Uniti, i corsi d'acqua tributari e le aree rivierasche adiacenti assorbono, intercettano e immagazzinano acqua, contribuendo così a ridurre le inondazioni a valle; facilitano il ciclo chimico, che contribuisce al miglioramento della qualità dell'acqua; intrappolano e trasportano i sedimenti; alterano o assorbono gli inquinanti; forniscono l'habitat essenziale per piante e animali; ed infine influenzano fortemente la salute dei corpi idrici a valle. (Connettività di corsi d'acqua e zone umide alle acque a valle: revisione e sintesi delle prove scientifiche (rapporto finale), EPA/600/R-14/475F, 2015)⁵⁸. Le riserve di drenaggio forniscono protezione per i canali di scolo intermittenti e perenni (compresi i corsi d'acqua affluenti) al fine di preservare le seguenti funzioni.

- 1) **Portata del flusso e volume:** una delle principali funzioni di definizione dei canali di scolo è il trasporto dell'acqua. In un sistema di corsi d'acqua naturali, l'acqua viene convogliata attraverso canali di forma irregolare con alvei irregolari e detriti legnosi, che riducono la velocità dell'acqua nel torrente e attenuano le portate di picco.
- 2) **Qualità dell'acqua:** i canali di scolo forniscono importanti vantaggi in termini di qualità dell'acqua alle acque riceventi a valle. I flussi tributari più piccoli alterano, rimuovono e trasportano nutrienti, materia organica, contaminanti, sedimenti e altri composti, influenzando così la qualità dell'acqua a valle, la deposizione di sedimenti, la disponibilità di nutrienti e i componenti viventi di un ecosistema.
- 3) **Piantagioni autoctone e rimozione di specie invasive:** la sostituzione della vegetazione autoctona con vegetazione invasiva può avere effetti dannosi sui canali di scolo, sui sistemi ripariali e sulla salute dei bacini idrografici. Gli habitat rivieraschi e le vie di drenaggio sono considerati particolarmente inclini all'invasione e sono particolarmente suscettibili agli impatti dell'idromodificazione delle specie invasive.

Le riserve di drenaggio non vengono previste se il canale di scolo è dotato da una zona di protezione ambientale o da una zona di protezione equivalente.

⁵⁸ Connectivity of Streams and Wetlands to Downstream Waters: A Review and Synthesis of the Scientific Evidence (Final Report), la US EPA. Connettività di corsi d'acqua e zone umide alle acque a valle: una revisione e una sintesi delle prove scientifiche (relazione finale). Agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente, Washington, DC, EPA/600/R-14/475F, 2015. Questo rapporto finale fornisce una revisione e una sintesi delle prove scientifiche relative alle connessioni fisiche, chimiche e biologiche da corsi d'acqua, zone umide e acque aperte alle acque a valle come fiumi, laghi, estuari e oceani.

3.9.2 Progettazione dei canali di scolo e reti di drenaggio

I canali di scolo devono essere dimensionati per garantire che la portata attuale e il modello di drenaggio continuino a essere adeguatamente convogliati attraverso il sito. Tutti i siti con proposte di immissione devono dimostrare che la stessa non peggiorerà le condizioni dei canali di scolo esistenti. Gli scarichi nei canali di drenaggio devono seguire i requisiti di gestione delle acque piovane.

I volumi di flusso attuali e le capacità dei canali di drenaggio possono essere determinati esaminando una serie di fonti, incluse ma non limitate alle seguenti:

- idrologia dei bacini idrografici e registrazioni idrologiche;
- delimitazione del bacino idrografico;
- informazioni di modellazione, inclusi volume, velocità ed elevazione della superficie dell'acqua, utilizzando un approccio di modellazione approvato da BES;
- dati storici, come registrazioni di autorizzazioni, fotografie di limiti di inondazione passati o dati di monitoraggio;
- caratteristiche topografiche, se presenti, inclusi Lidar⁵⁹ o altri metodi basati su mappe che descrivono zone di migrazione dei canali, segni di alta marea o altre demarcazioni della capacità di drenaggio;
- misure di inondazione del suolo.

Per essere considerato un canale artificiale, il canale di scolo deve essere costruito in un terreno asciutto, non essere un canale di scolo naturale deviato e accettare solo il deflusso generato dalla pioggia. Un canale di scolo naturale deviato è ancora considerato un canale di scolo naturale.

I criteri di progettazione per tutte le invasioni di rete di drenaggio sono i seguenti:

- adattare il livello di analisi alla complessità del progetto, agli impatti proposti, ai potenziali rischi e alle dimensioni del canale.
- dimostrare che la capacità di trasporto è mantenuta in tutto il sito e che non ci sarà alcun aumento degli impatti negativi sulle proprietà adiacenti dall'evento temporalesco di progettazione con tempo di ritorno di 25 anni. L'estensione geografica dell'evento atmosferico con tempo di ritorno di 25 anni può essere modificata all'interno del sito di sviluppo, ma dovrebbe rimanere coerente, o essere ridotta, per le proprietà vicine.
- proteggere la qualità dell'acqua stabilizzando qualsiasi area disturbata con un adeguato controllo dell'erosione, installando piante autoctone in base ai requisiti di impianto e utilizzando tecniche di bioingegneria secondo necessità.

Sono inoltre necessari i seguenti Calcoli idrologici, e devono essere timbrati da Ingegnere professionista:

- calcoli idrologici per l'evento temporalesco di 25 anni e 24 ore per le condizioni esistenti basati su un approccio di modellazione approvato nell'SDFDM. Delineare il bacino di drenaggio tenendo conto dei bacini idrografici convogliati e deviati.
- se l'invasione non rientra nell'ambito del canale di trasporto della tempesta di 25 anni e 24 ore, non è necessaria alcuna analisi idrologica aggiuntiva.
- se l'invasione rientra nell'ambito del canale di trasporto della tempesta di 25 anni e 24 ore su 24, fornire calcoli idrologici che dimostrano gli impatti dell'invasione.
- se l'invasione mantiene la capacità di trasporto del canale di scolo esistente per l'evento temporalesco di 25 anni e 24 ore, non è necessaria alcuna analisi idrologica aggiuntiva.
- se l'invasione causa una modifica alla geometria o alla posizione del canale di trasporto di 25

⁵⁹ Lidar (acronimo dall'inglese Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser, ma è anche in grado di determinare la concentrazione di specie chimiche nell'atmosfera [1] e nelle distese d'acqua. I dati topografici Lidar sono uno strumento indispensabile per la mappatura, il monitoraggio e la gestione dei rischi e delle risorse naturali, delle infrastrutture urbane e dell'agricoltura dell'Oregon.

anni e 24 ore su 24, devono essere forniti i seguenti calcoli:

- calcoli che mostrano gli impatti dell'invasione per fluire nel drenaggio, comprese le diminuzioni del volume di trasporto del flusso, l'alterazione del percorso del flusso o il ristagno causato da qualsiasi struttura.

L'area di riserva di drenaggio deve essere opportunamente registrata mediante l'ufficio competente di contea e dotata di un programma di manutenzione per il futuro.

3.10 Metodologie di progettazione delle acque piovane

Le metodologie e le ipotesi utilizzate nella definizione degli standard per i vari approcci di progettazione delle acque piovane sono descritte nell'Appendice finale del Manuale di gestione delle acque piovane.

3.10.1 Dimensionamento dell'impianto di acqua piovana

Gli impianti di raccolta delle acque piovane possono essere suddivisi in due categorie in base al fatto che il metodo di dimensionamento consideri o meno lo stoccaggio all'interno dell'impianto. Gli impianti di acqua piovana senza stoccaggio (o dove lo stoccaggio non è considerato nel dimensionamento) sono dimensionati utilizzando un'intensità di pioggia di progetto. Mentre, gli impianti di raccolta delle acque piovane con stoccaggio possono essere dimensionati per considerare lo stoccaggio utilizzando una profondità di pioggia di progetto distribuita su un periodo di tempo.

- **Dimensionamento senza stoccaggio**

Viene effettuato sulle strutture basate sulla tariffa sono progettate per consentire al deflusso di fluire attraverso il sistema senza generare alcun riflusso del sistema. Queste strutture possono essere progettate senza stoccaggio (ad esempio, alcune tecnologie di trattamento delle acque piovane fabbricate (MSTT), paludi erbose, strisce filtranti) o con stoccaggio che non è considerato nel dimensionamento (ad esempio, alcuni MSTT e pozzetti).

- **Dimensionamento con stoccaggio**

Le strutture basate sul volume (ad es. stagni, detenzioni strutturate) sono progettate per immagazzinare un volume di deflusso abbastanza a lungo da consentire al particolato di depositarsi, se dimensionato in funzione della qualità dell'acqua, o per rilasciare lentamente il deflusso, quando dimensionato per il controllo del flusso. Anche gli impianti basati sul volume (ad es. bacini, fioriere, strade verdi, filtri a sabbia, fosse di immersione, pozzi a secco) sono progettati per consentire al deflusso di fluire attraverso il sistema con una componente di stoccaggio significativa in cui il deflusso può tornare indietro.

Poiché esistono due categorie di metodi di dimensionamento, il Comune di Portland stabilisce due categorie di tempeste di progetto: un'intensità di pioggia di progetto viene utilizzata per il dimensionamento degli impianti di acqua piovana in base al tasso (ossia dimensionamento senza stoccaggio) e una profondità di precipitazione di progetto viene utilizzata per il dimensionamento degli impianti di acque piovane in base (cioè, dimensionamento con stoccaggio).

L'**intensità della pioggia** (cioè il tasso di pioggia) si basa sulla pioggia cumulata in un periodo di tempo. All'aumentare del periodo di tempo, l'intensità delle precipitazioni diminuisce. Questo perché periodi di media più lunghi attenuano i tassi di picco (ad esempio, un temporale di diverse ore può includere un forte acquazzone che dura solo pochi minuti; il tasso medio di pioggia durante i pochi minuti dell'acquazzone sarà superiore al tasso medio di pioggia per tutta la durata del temporale).

La **profondità di precipitazione**, si basa su un evento temporalesco di 24 ore e sono distribuiti in incrementi di 10 minuti nel periodo di 24 ore in base a una distribuzione NRCS di tipo IA (es: a deflusso esiguo permeabilità elevata) modificata. Questo include sia le intensità (profondità delle

precipitazioni superiori a incrementi di 10 minuti) sia la profondità totale delle precipitazioni su un evento temporalesco di 24 ore.

3.10.2 Tempesta di progettazione

La tempesta di progettazione rappresenta l'evento atmosferico utilizzato per dimensionare gli impianti di trattamento delle acque piovane e per soddisfare i requisiti di riduzione dell'inquinamento. La metà dell'evento temporalesco di 2 anni e 24 ore è stato utilizzato in gran parte dell'Oregon per approssimare all'incirca l'85% delle precipitazioni medie annue⁶⁰. Il piano strategico della città ha l'obiettivo di fornire servizi di soddisfare o superare le normative locali, statali e federali. Pertanto, la tempesta di qualità dell'acqua della città è dimensionata per comportare il trattamento del deflusso generato dal 90% delle precipitazioni medie annue.

Dal 1994, Portland utilizza una metodologia di trattamento unico contro le tempeste (0,83 pollici in 24 ore; come affermato nel Manuale di gestione delle acque meteoriche (SWMM): nel caso di Portland, la tempesta da 0,83 pollici non è uguale alla tempesta del 90° percentile, una stima la collocherebbe da qualche parte tra il 60° e il 65° percentile di tempesta. Ciò era stato compensato nel manuale di gestione delle acque piovane del settembre 2002 richiedendo agli impianti basati sul volume di utilizzare il doppio del volume di ruscellamento generato dalla tempesta di 0,83", o un rapporto [Volume del bacino/Volume del deflusso] V_b/V_r di 2.

Sulla base di una revisione aggiornata delle precipitazioni della città, descritta di seguito, la città sta aumentando la profondità della tempesta di qualità dell'acqua a 1,61 pollici e rimuovendo il fattore di dimensionamento (cioè il rapporto V_b/V_r) precedentemente richiesto per le strutture basate sul volume.

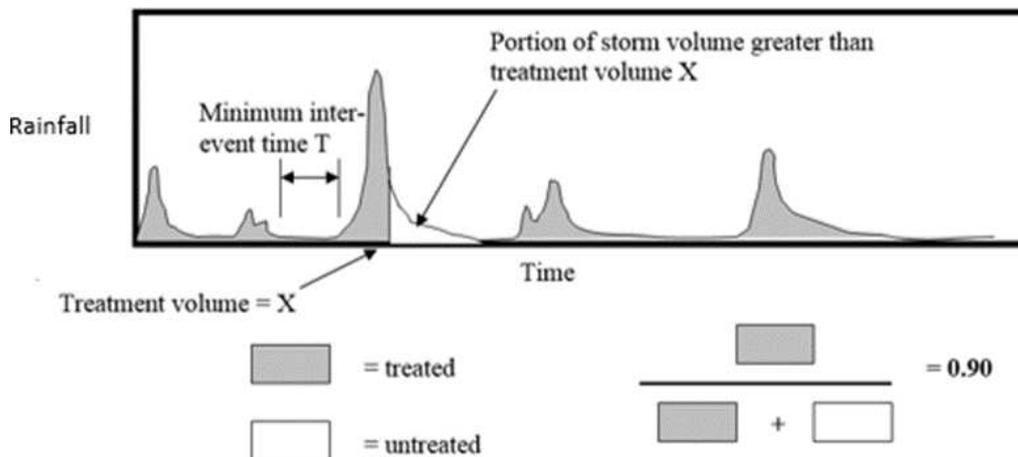


Figura 31: Simulazione continua Determinazione del tasso di pioggia del 90%.
Fonte: Storm Water Management (SWMM)

3.10.2.1 Analisi dell'intensità delle precipitazioni

Nell'analisi dell'intensità delle precipitazioni, tutto il deflusso delle acque piovane generato, si presume che i tassi di pioggia inferiori o uguali all'intensità di pioggia di progetto siano completamente trattati, mentre si presume che il deflusso delle acque piovane generato da tassi di pioggia che superano l'intensità di pioggia di progetto non riceva alcun trattamento. L'intensità delle precipitazioni corrispondente al 90% della piovosità media annua può essere determinata tracciando l'intensità delle precipitazioni e tracciando una linea in corrispondenza della quale il 90% delle precipitazioni è pari o inferiore a tale intensità.

⁶⁰ Lettera di orientamento e valutazione della tempesta di progettazione della qualità dell'acqua dell'Oregon Department of Transportation (ODOT) del 22 ottobre 2008

3.10.2.2 Analisi della profondità delle precipitazioni

L'ufficio competente (BES) ha analizzato i dati sulle precipitazioni da 27 diversi pluviometri (ovvero, tutte le piogge HYDRA misuratori con almeno 20 anni di servizio attivo) per raggruppare i dati in eventi temporaleschi discreti e disporre gli eventi temporaleschi in ordine crescente. La pioggia di un evento temporalesco dipende da come è definito l'evento temporalesco. Per separare un record di precipitazioni in eventi temporaleschi discreti, è necessario definire un periodo di intervento (ovvero un'interruzione nella pioggia sufficientemente lunga da considerare la tempesta terminata). In questa analisi, il Comune ha definito il periodo di intervento come un periodo di 12 ore consecutive con non più di 0,04 pollici di pioggia. È stata utilizzata una profondità di pioggia di 0,04 pollici perché è la profondità massima di pioggia che non genera deflusso da una superficie impermeabile utilizzando un numero di curva di 98 per il metodo SBUH⁶¹. Poiché l'obiettivo è quello di trattare il deflusso dal 90% della piovosità media annua, la profondità della pioggia di trattamento è impostata in modo tale che il 90% della piovosità media annua da eventi temporaleschi che producono deflusso provenga da tempeste con una piovosità totale uguale o inferiore a tale profondità.

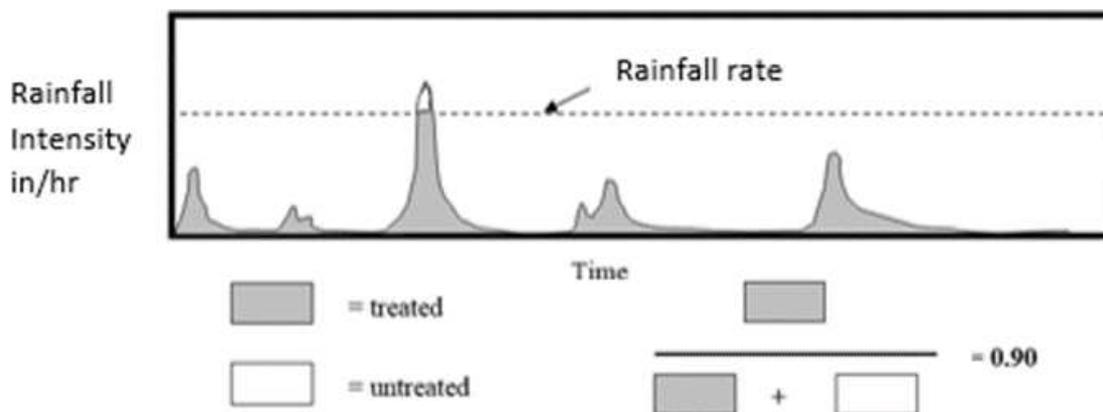


Figura 32: Simulazione continua della determinazione del volume di trattamento del 90%.
Fonte: Storm Water Management (SWMM)

La conclusione è che la nuova tempesta di progettazione della qualità dell'acqua della città è 1,61 pollici di pioggia su 24 ore con una distribuzione delle precipitazioni di tipo 1A NRCS modificata da Portland. Il fattore di dimensionamento precedentemente richiesto per le strutture basate sul volume (cioè il rapporto V_b/V_r) è stato rimosso. Le intensità di pioggia temporalesca basate sulla qualità dell'acqua basate sulla velocità rimangono invariate: 0,19 pollici/ora per un sito con un tempo di concentrazione di 5 minuti, 0,16 pollici/ora per un sito con un tempo di concentrazione di 10 minuti e 0,13 pollici/ora per un sito con un tempo di concentrazione di 20 minuti.

⁶¹ metodo Santa Barbara Urban Hydrograph (SBUH)

3.10.3 Metodi di dimensionamento

I due metodi principali di dimensionamento previsti dal Manuale di gestione delle acque pubbliche (SWMM) sono il metodo Rational e il metodo Santa Barbara Urban Hydrograph (SBUH). Entrambi i metodi tengono conto delle caratteristiche del sito per stimare il deflusso da una data pioggia; il metodo razionale utilizza un coefficiente di deflusso e il metodo SBUH utilizza un numero di curva. BES ha studiato i gruppi di suolo del Dipartimento dell'agricoltura del Servizio di conservazione delle risorse naturali (NRCS) degli Stati Uniti nella città e ha correlato i coefficienti di deflusso e i numeri delle curve a questi gruppi di suolo. La figura sottostante mostra i gruppi di suolo in tutta la città ed un punto di riferimento.

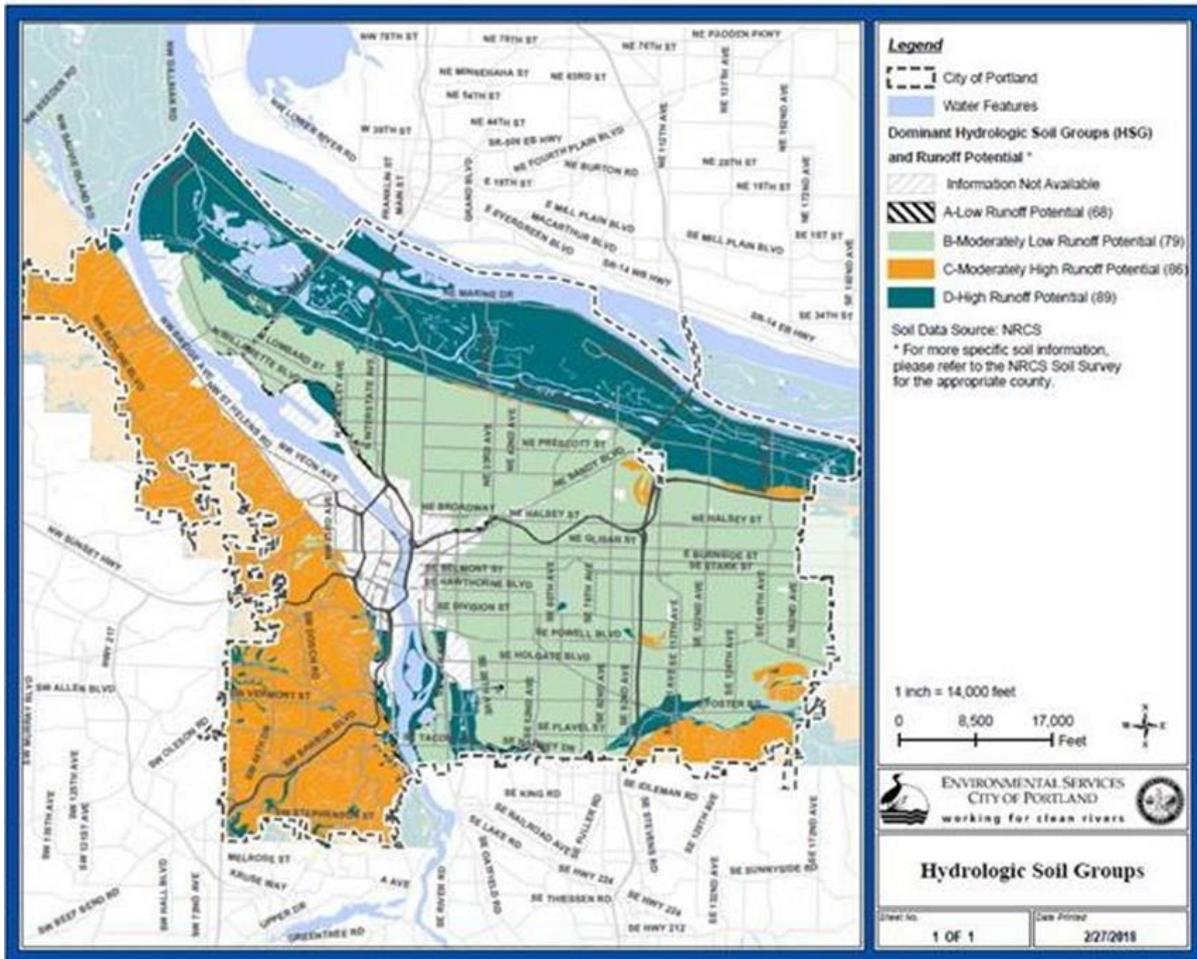


Figura 33: Mappa dei gruppi del suolo nella città di Portland. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

Stoccaggio considerato per dimensionamento	Dimensionamento base	Obiettivo progettuale	Metodo di calcolo	Tempesta di progettazione
No	Intensità	Trattare o infiltrare il deflusso di picco mentre scorre attraverso il sistema	Metodo Razionale	Intensità di pioggia
Si	Volume	Immagazzinare il volume totale di deflusso e mantenerlo sufficientemente a lungo e soddisfare gli standard di qualità dell'acqua o di controllo	Metodo Idrogramma Urbano Santa Barbara (SBUH)	Intensità di pioggia distribuita in oltre 24 ore
	Intensità - Volume	Trattare o infiltrarsi nel deflusso considerando sia il volume totale e le varie intensità		

3.10.3.1 Metodo razionale

Il Metodo Razionale è il metodo approvato dal Bureau of Environmental Services (BES) per la determinazione delle portate di picco per gli impianti tariffari. Il metodo razionale stima un tasso di deflusso di picco in qualsiasi posizione in un bacino idrografico fino a 10 acri con un tempo di concentrazione (tC) fino a 30 minuti utilizzando la seguente equazione:

$$Q = ciA$$

In cui:

Q = Tasso massimo di deflusso delle acque piovane, cfs

c = coefficiente di deflusso che rappresenta un rapporto tra deflusso e pioggia, adimensionale i = intensità media delle precipitazioni per una durata della tempesta pari a tC . A = Area di drenaggio che contribuisce al punto di interesse, acri.

3.10.3.2 Metodo idrogramma urbano di Santa Barbara

Il metodo Santa Barbara Urban Hydrograph (SBUH) è stato sviluppato dal Santa Barbara County Flood Control and Water Conservation District per determinare un idrogramma di deflusso per un'area urbanizzata. Il metodo SBUH è il metodo approvato dal Comune per determinare il deflusso per gli impianti basati sul volume e gli impianti basati sulla tariffa-volume. Il metodo SBUH dipende da diverse variabili: l'area contribuyente, il tempo di concentrazione (tC), i numeri della curva di deflusso (CN) e la tempesta di progettazione.

- **L'area contribuyente** è l'area che drena alla struttura delle acque piovane. L'area contribuyente deve essere quantificata al fine di valutare il conseguente deflusso del sito.
- **Il tempo di concentrazione, tC** , per un impianto di acqua piovana è il tempo in cui il deflusso dall'intera area contribuyente raggiunge l'impianto di acqua piovana. il tC è derivato calcolando il tempo di flusso terrestre e il tempo di flusso canalizzato. il tC dipende da diversi fattori, tra cui la pendenza del terreno, la rugosità del terreno e la distanza del flusso. Nel metodo SBUH, il minimo tC che può essere utilizzato è metà del tempo. Poiché l'idrogramma della città utilizza intervalli di tempo di 10 minuti, il minimo tC utilizzabile con l'idrogramma del Comune è di 5 minuti. Per calcolare tC , fare riferimento a SDFDM di BES. Se il minimo calcolato tC è inferiore a 5 minuti, utilizzare aC di 5 minuti.

- I **numeri delle curve (CN)** sono stati originariamente sviluppati dall'NRCS per tradurre la pioggia in deflusso. Più alto è il CN, maggiore è il deflusso per una data profondità di pioggia. Il CN cambia con lo sviluppo; i CN pre-sviluppo nella città sono stati correlati al gruppo di suoli del sito e i CN post-sviluppo dipendono dalla superficie post-sviluppo (il numero della curva di ecotetto è correlato ai suoli ben drenanti tipicamente utilizzati per gli ecotetti). I CN mostrati nella Tabella A-8 dovrebbero essere usati tipicamente. L'SDFDM fornisce CN post-sviluppo per altre superfici. Se un'area contribuente ha sotto aree distinte con diversi CN, è possibile utilizzare un CN ponderato per l'intero sito. Il CN ponderato è calcolato come segue:

$$CN \text{ ponderato} = \frac{(Area\ 1 * CN\ dell'Area\ 1) + (Area\ 2 * CN\ dell'Area\ 2)}{Area\ 1 + Area\ 2}$$

- **Tempesta di design** è composta da due parti: la profondità totale della pioggia e la distribuzione di tale pioggia in un periodo specificato.
- La **profondità delle precipitazioni** che aumenta all'aumentare dell'intervallo di ricorrenza. Una tempesta di progettazione di 100 anni è più grande e rara di una tempesta di progettazione di 2 anni. Le profondità di progetto della tempesta di 2, 5, 10, 25 e 100 anni.
- La **Distribuzione delle precipitazioni** durante un evento temporalesco è determinata l'intensità delle precipitazioni varia nel tempo. L'ietogramma di progetto nella Figura A-4 è uno ietografo NRCS di tipo 1A 24 ore modificato da Portland e stabilisce una data frazione di pioggia per ogni passo temporale di 10 minuti in un periodo di 24 ore. La distribuzione di progetto della pioggia inizia e termina con una bassa intensità (0,4% della pioggia si verifica durante ciascuno dei primi dieci e ultimi quarantaquattro intervalli di tempo di 10 minuti). Il picco di intensità inizia 7 ore e 40 minuti dopo l'inizio del temporale e dura 10 minuti; durante questo periodo di picco di 10 minuti, si verifica il 5,4% delle precipitazioni.
- Il **Calcolo della tempesta di progetto** è costituito dalle profondità delle precipitazioni di progetto distribuite in intervalli di tempo di 10 minuti su un periodo di 24 ore secondo l'ietogramma di progetto. La profondità della pioggia durante ogni fase temporale di 10 minuti della tempesta di 24 ore è calcolata come segue:

$$Profondità\ delle\ prec.\ nella\ fase\ temporale = Profondità\ delle\ prec.\ di\ progetto * \frac{\% \text{ Pioggia}}{100}$$

4 Applicazione del principio di invarianza idraulica in Lombardia: l'analisi delle procedure nel comune di Bergamo

In questo capitolo, sono state analizzate le procedure di invarianza idraulica portate avanti dal Comune di Bergamo dall'entrata in vigore del Regolamento Regionale 7/2017 e successive modificazioni e integrazioni. Le pratiche seguite dal capoluogo bergamasco sono ancora relativamente poche, complice anche il periodo di pandemia che ha fermato le attività per buona parte del 2020, ma comunque sufficienti per avere uno spaccato di come l'invarianza idraulica sia diventata una componente integrante nella documentazione necessaria in fase di progettazione.

4.1 Il caso del piano integrato d'intervento Parco Ovest

Il dimensionamento e la verifica idraulica della rete fognaria meteorica, al servizio delle opere di urbanizzazione del Piano Integrato Intervento denominato "Parco Ovest" sito nel Comune di Bergamo. L'area di futura edificazione è costituita attualmente da un'ampia area verde, parzialmente coltivata e mantenuta a prato, mentre per la restante parte a terreno incolto con crescita di vegetazione spontanea. Nell'angolo sud/ovest dell'area è presente un edificio di servizio di un'area di deposito Enel. Lungo il lato est dell'area, a confine è presente un'ampia area pavimentata in tout-venant e parzialmente asfaltata, dove si prevede di concentrare l'edificazione.

Sul lato sud, scorre un fossato a cielo aperto in terra, con fondo e sponde inerbite e infestate da rovi, derivato dalla Roggia Morlana, che attraversa l'area da est verso ovest.

Infine l'area risulta attraversata da alcune strade campestri di accesso ai campi. L'area del PII giace su un naturale declivio da nord/est verso sud/ovest, con un dislivello massimo di 5.00 m.

Nell'area sono presenti anche dei rilevati in terra, che delimitano dei piccoli terrazzamenti e lungo tutto il relativo lato ovest il rilevato ferroviario posto a più di 6.00 m dall'area interessata dall'intervento.



Figura 34: Immagine satellitare dell'area "Parco Ovest". Fonte: Google Earth

L'analisi della stratigrafia, basata su uno studio geologico condotto in un'area confinante, e non direttamente sull'area in questione, ha rilevato che la natura del terreno dell'area indagata risulta caratterizzata da una permeabilità bassa negli strati superficiali, fino ad una profondità di 5.00/6.00 m per poi diventare invece media/elevata in profondità superiori fino almeno a 20.00 m. Dal punto di vista operativo e vincolistico, è possibile, quindi, prevedere uno smaltimento su suolo per infiltrazione delle acque meteoriche per le nuove destinazioni previste sull'area, purché i sistemi di dispersione vengano posizionati oltre i 5.00/6.00 m di profondità, dove si rinviene ghiaia mista a sabbia e a ciottoli. Nello specifico, si prevede di smaltire l'intero contributo meteorico del Piano integrato d'intervento Parco Ovest (inteso sia come nuove urbanizzazioni che come nuove edificazioni) nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, mediante un bacino terminale di laminazione e dispersione. Come richiesto dal Regolamento Regionale di Invarianza 07/2017 è stata dapprima calcolata la portata meteorica di calcolo gravante sulla fognatura di progetto al servizio delle aree impermeabili dell'insediamento produttivo in esame, è stata valutata mediante l'adozione di una procedura di trasformazione afflussi-deflussi, basata sull'applicazione della formula razionale⁶². Mentre, la valutazione della portata di massima piena meteorica della fognatura di progetto è stata condotta attraverso la preliminare elaborazione statistica delle piogge intense registrate al pluviometro di Bergamo, prossimo al bacino, di cui si dispone di una serie storica di dati piuttosto ampia (costituita da 48 anni di misurazioni, a partire dal 1936), per le diverse durate di 10, 15, 20, 30, 60 min e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Il regime delle piogge intense, per la stazione indagata, è stato sintetizzato attraverso la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche. Il campione delle massime precipitazioni disponibile è stato elaborato statisticamente al fine di stimare la relativa legge di distribuzione di probabilità, secondo la legge di Gumbel, adottata generalmente per descrivere la distribuzione di una grandezza idrologica, per tempi di ritorno pari a: 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

Nella fattispecie, per l'analisi prestazionale della rete fognaria indagata è stata ritenuta cautelativa l'adozione di un tempo di ritorno di 10 anni e di 50 anni per il dimensionamento del sistema terminale di smaltimento delle acque meteoriche, sempre per quanto concerne il sistema fognario la capacità di deflusso viene calcolata mediante equazione di Chézy⁶³. Mentre, per le misure di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del Regolamento Regionale n. 7 del 23.11.2017 - Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale n. 12 del 11.03.2005⁶⁴ –, si è quindi proceduto al dimensionamento delle opere necessarie a garantire l'invarianza idraulica e idrologica del nuovo piano urbanistico, inteso sia come opere di urbanizzazione (pavimentazione) che come nuova edificazione (copertura), poiché il principio d'invarianza impone che sia le portate che i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle, non siano maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Nel caso specifico, andando ad impermeabilizzare un terreno agricolo con le nuove urbanizzazioni, si è dovuto dotare la rete fognaria meteorica di progetto di un sistema terminale di stoccaggio ed infiltrazione, che fornisca un volume di invaso sufficiente a contenere il volume meteorico in eccesso, rispetto alla capacità disperdente del terreno. Si è proceduto alla formazione di un bacino di laminazione interrato, costituito da una vasca interrata in c.a., dotata di pozzi disperdenti sul fondo, costituiti da perforazioni di piccolo diametro ma profonde, atte ad intercettare lo strato più permeabile del suolo. I manufatti di laminazione e dispersione sono stati dimensionati mediamente

⁶² La formula razionale atta a definire la portata critica: $Q_c = A * u = A * 2,78 * \varphi_m * \varepsilon * i(\theta_c ; T_R)$

⁶³ la formula di Chézy, o formula di Chézy-Tadini, sviluppata dall'ingegnere francese Antoine de Chézy, è una formula empirica utilizzata per calcolare la velocità di un fluido a pelo libero in condizioni di moto uniforme e principalmente turbolento. Fonte: Wikipedia

⁶⁴ L'articolo 58 bis definisce i principi di invarianza idraulica su cui si fonda il Regolamento Regionale 07/2017

Procedura dettagliata⁶⁵: Per la verifica idraulica della vasca di laminazione ed infiltrazione stato fatto riferimento alla seguente equazione di continuità, valutata per eventi meteorici di differente durata t:

$$VA = VE - VI$$

dove:

VA è il volume d'acqua da accumulare all'interno del dispositivo di infiltrazione e stoccaggio;

VE è il volume d'acqua meteorica affluente al dispositivo di infiltrazione e stoccaggio;

VI è il volume d'acqua infiltrato nel terreno all'istante t a partire dall'inizio della pioggia.

Il secondo membro dell'equazione presenta un massimo in funzione di t; il dimensionamento del sistema di infiltrazione e stoccaggio previsto, si ottiene semplicemente individuando tale massimo, calcolando la citata relazione per differenti durate di pioggia, comprese tra 0 e 1 ora e tra 1 ora e 24 ore. Nel caso specifico, per il dimensionamento del massimo volume di accumulo del bacino di stoccaggio ed infiltrazione, si è fatto riferimento ad una precipitazione intensa associata ad un tempo di ritorno di 50 anni della durata superiore all'ora, così come richiesto dal Regolamento Regionale 7/2017 all'Art. 11 comma 2.



Figura 35: Mappa Reti fognarie previste nell'area "Parco Ovest" di Bergamo. Fonte: Allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

⁶⁵ Il Regolamento Regionale 07/2017 fornisce esempi dettagliati su come effettuare tale procedura nell'allegato H

4.2 Il caso dell'ipotesi di trasformazione urbana: Chorus Life

Trattasi di un concept innovativo di area urbana denominato “Chorus Life” che prevede la realizzazione di un complesso immobiliare, ove accanto a strutture residenziali, commerciali e ricettive, convivono luoghi dedicati a sport, concerti, eventi, convegni e grandi raduni, nonché spazi aperti, piazze e aree verdi attrezzate, il tutto caratterizzato dall'adozione di soluzioni tecniche d'avanguardia; la prima realizzazione del concept è prevista in un'area industriale dismessa di circa complessivi 65.000 mq ubicata nel Comune di Bergamo. Sono state calcolate tutte le nuove opere previste per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti in ciascuno dei tre lotti funzionali individuati nell'Accordo di Programma, ovvero Lotto 1 (Opere di urbanizzazione primaria funzionali), Lotto 2 (Opere di urbanizzazione secondaria) e Lotto 3 (Opere infrastrutturali di scala territoriale) come dal documento di Accordo di Programma “Lotti funzionali di intervento”.

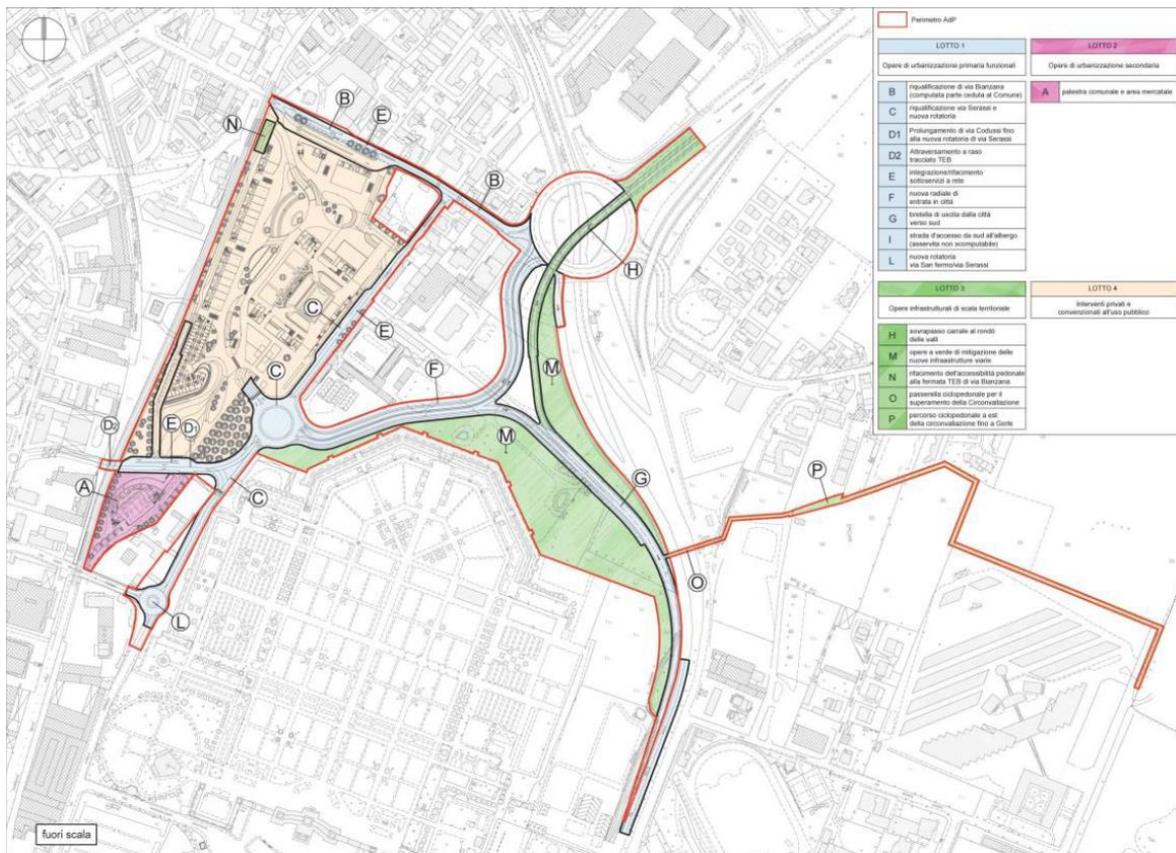


Figura 36: Suddivisione in lotti dell'area di trasformazione “Chorus Life”. Fonte: Allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

Dopo aver determinato la curva di possibilità pluviometrica o linea segnalatrice di possibilità di pioggia e il coefficiente di deflusso determinato sulla base di prove di permeabilità effettuate su una parte di questa area per un precedente progetto viabilistico, il sistema è stato suddiviso in sottobacini in base alle pendenze longitudinali, trasversali e ubicazione degli invasi di laminazione disponibili, ogni sottobacino è dotato della propria rete di tubazioni in PVC che indirizza i deflussi verso il proprio sistema di laminazione. Tali sistemi di laminazione adottati sono vasche di laminazione e fossi di guardia, questi ultimi hanno il pregio di non richiedere impianti di sollevamento e si integrano bene ambientalmente. I calcoli dei sistemi di laminazione sono stati eseguiti mediante procedura dettagliata, mentre le linee di raccolta delle acque meteoriche sono state dimensionate mediante

formula di Manning o di Gauckler-Strickler⁶⁶. Il sistema di laminazione, però, è stato predimensionato con il metodo delle sole piogge, ma poi, in ottemperanza alla normativa regionale che prevede che gli interventi caratterizzati da superficie compresa tra l'1 e i 10 ettari con coefficiente di deflusso superiore a 0,4 debbano essere dimensionati con procedura dettagliata e nella fattispecie si è scelto di fare riferimento al Modello SWMM (Storm Water Management), ovvero un software complesso in grado di simulare idrodinamicamente i deflussi all'interno di una rete di drenaggio (fognatura e/o reticolo di bonifica) a partire da uno ietogramma di progetto, date le caratteristiche morfometriche dei sottobacini e la geometria della rete ad essi correlata. In sintesi, il modello associa al calcolo idrologico (trasformazione afflussi – deflussi) il calcolo idraulico di propagazione delle portate all'interno dei rami, data una condizione al contorno, variabile nel tempo, assegnata agli scarichi. Il modello è dotato anche di moduli specifici per il calcolo del trasporto degli inquinanti e risulta idoneo anche per valutazioni di ampio respiro temporale (bilanci idrici) essendo dotato dei moduli che tengono conto della fenomenologia legata al manto nevoso, all'evapotraspirazione, ai rapporti con la falda. Infine, sono stati individuati i sottobacini e i dispositivi di laminazione relativi, è stata applicata la procedura dettagliata (modello afflussi-deflussi) come da norma cogente, intercettando non solo gli ampliamenti, ma tutte le superfici impermeabilizzanti; per l'evento meteorico critico, dati i coefficienti idrometrici massimi in uscita (4 l/s/ha) si ottiene un tempo di svuotamento pari a 36 ore. I volumi di invaso ottenuti con la procedura seguita risultano più restrittivi, quindi a favore di sicurezza, rispetto ai valori che si ottengono applicando il requisito minimo di 800 mc/ha di superficie impermeabile in aree di tipo "A"⁶⁷. I manufatti a supporto del sistema sono le tre vasche già previste in sede di progettazione definitiva, con scarico in fognatura con 4 l/s/ha; per quanto riguarda i pozzi perdenti, invece, rispetto alla soluzione di progetto definitivo, è stata mantenuta solo una batteria di cinque pozzi presso la Roggia Guidana, assumendo la permeabilità ottenuta da prove Lefranc condotte sul sito. Sono stati inoltre introdotti fossi di invaso e dispersione con sezione trapezia adottando la permeabilità derivata dalle prove, ossia 10-7 m/s. I fossi sono previsti con fondo orizzontale per massimizzare l'effetto invaso.

4.2.1 La Revisione del progetto del sistema di laminazione imposta dal Comune

La relazione tecnica d'invarianza contenente le scelte progettuali sopra descritte è stata oggetto di revisione al fine di garantire maggior aderenza al Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n°7 e di ultimare alcune soluzioni ai fini costruttivi. La revisione progettuale ha richiesto un potenziamento dei sistemi di infiltrazione nel sottosuolo andando a prevedere l'inserimento dei pozzi perdenti di profondità 12 m, sia all'interno delle 3 vasche interrare, previste per la parte ovest dell'intervento, che nel sistema di smaltimento con fossi perdenti e aree allagabili a cielo aperto. Quest'ultime sono state potenziate rispetto alla soluzione proposta in precedenza e sono stati creati più sottosistemi di smaltimento autoconsistenti, favorendo una distribuzione più diffusa dei dispositivi di laminazione/infiltrazione.

Tale soluzione permette annullare gli scarichi verso le reti fognarie, previste nella precedente versione, mantenendoli solamente come soluzione d'emergenza, nel rispetto dei limiti d'invarianza definiti dall'ente gestore (4 l/s/ha).

Le reti e i relativi sistemi di laminazione/smaltimento sono stati dimensionati per eventi con tempi di ritorno 50 anni e verificati a 100 anni affinché anche in questo caso non si verificchino allagamenti. Il dimensionamento è stato condotto con l'ausilio di una modellazione numerica di carattere idrologico-

⁶⁶ La formula di Gauckler-Strickler è una relazione matematica proposta nel 1868 da Philippe Gaspard Gauckler e implementata da Albert Strickler nel 1923, che esprime il coefficiente di Chézy

⁶⁷ rif. Tab. 1 dell'art.11 del "Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 della Legge Regionale 11 marzo 2015 n. 12

idraulico per la determinazione dei deflussi verso la rete e delle caratteristiche idrauliche attraverso i dispositivi che la costituiscono.

I collettori risultano con funzionamento a gravità e gradi di riempimento adeguati a TR 50 anni. Per evento con tempo di ritorno 100 anni si verifica un grado di riempimento superiore per alcuni tratti, ma il funzionamento della rete rimane a gravità e i franchi idraulici rispetto a potenziali allagamenti risultano adeguati. I risultati per entrambe i tempi di ritorno oggetto di simulazione sono stati restituiti in forma tabellare e grafica. Sono stati calcolati i tempi di svuotamento degli invasi di laminazione che nel caso più estremo risulta pari a 21,75 ore, quindi inferiore alle 48 ore di riferimento.

Sono infine stati dimensionati i dispositivi di pretrattamento previsti a monte delle vasche interrato. Su indicazione del Comune di Bergamo e in accordo con il Consorzio Roggia Guidana, si prevede di dotare il sistema di drenaggio delle acque meteoriche basato sui pozzi perdenti di ulteriori dispositivi di scarico che possano intervenire qualora la capacità dei sistemi disperdenti vada a ridursi nel tempo. Per i sistemi di laminazione a cielo aperto (aree allagabili e fossi) sono previsti manufatti di sfioro che si attivano al di sopra del livello TR 100 anni e scaricano attraverso una condotta verso un recapito alternativo puntualmente individuato.

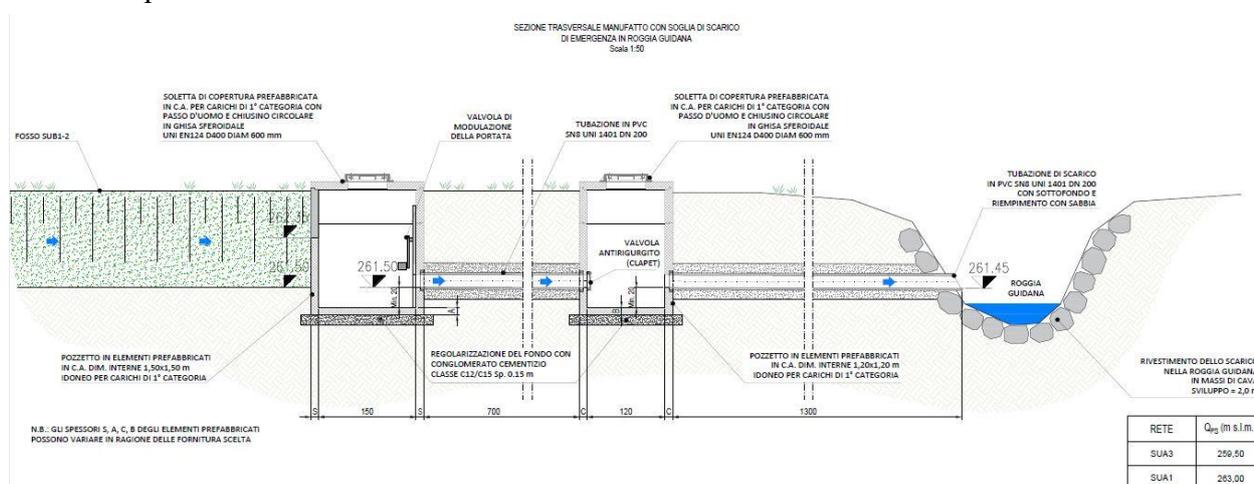


Figura 37: Particolare della vasca di laminazione per emergenza prevista a seguito di revisione chiesta dal Comune. Fonte: Allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

4.3 Il caso dell'intervento di riqualificazione dello svincolo autostradale A4 e della connessione con l'asse interurbano di Bergamo

L'intervento in questione consiste nella riqualificazione dello svincolo a rotatoria a più livelli ubicato sull'asse interurbano di Bergamo in corrispondenza dello svincolo autostradale A4, che costituisce il principale nodo di accesso alla città. Le opere in progetto interessano il reticolo idrografico locale composto da un torrente e tre rogge. L'area oggetto di studio attualmente smaltisce le acque direttamente nel reticolo idrico sopradescritto attraverso fossi di guardia e canalette in cemento armato. Non sono presenti sulle scarpate le embrici⁶⁸, quindi l'acqua si allontana dalla sede stradale mediante ruscellamento sulla scarpata senza essere controllata. Non è presente un argine erboso di pulizia e quindi l'allontanamento può avvenire in ogni punto del ciglio stradale.

Nei tratti in trincea all'interno delle rampe di svincolo è presente una cunetta alla francese, che scarica ove possibile in un fosso posto dietro il cordolo di delimitazione. Sulla rampa di svincolo è presente un impianto di sollevamento per le acque meteoriche. Le acque sono raccolte da una griglia trasversale alla carreggiata nel punto più basso della rampa. Attualmente nello svincolo non sono

⁶⁸ L'embrice è dunque un tipo di tegola in laterizio, a forma di lastra trapezoidale ed i cui due orli sono rialzati. Fonte: Wikipedia, sito web: <https://it.wikipedia.org/wiki/Embrice>

presenti né impianti di trattamento, né sistemi di laminazione delle acque meteoriche.

Il dimensionamento del sistema di drenaggio è stato fatto considerando tempi di ritorno, coefficiente di deflusso, tempi di corrivazione e calcoli delle portate. È previsto un sistema di smaltimento di acque di piattaforma fatto da caditoie quadrate ogni 15m. e da tubazioni, nei tratti in rilevato ogni caditoia sarà dotata di uno scarico di troppo pieno in un embrice che avrà il compito di convogliare le acque in eccesso direttamente nei fossi di guardia. Vengono opportunamente dimensionati tutti gli elementi marginali del sistema di drenaggio: capacità di smaltimento embrici e apertura del cordolo, passo embrici e apertura cordolo, canaletta grigliata in spartitraffico, portata transitante nelle cunette, dimensionamento tubazioni, verifica fossi. Le acque di prima pioggia⁶⁹ saranno raccolte insieme alle altre acque meteoriche, esse saranno separate, in seguito dalle acque così dette di “seconda pioggia”⁷⁰ in testa alle vasche di trattamento con un sistema di paratoie. Successivamente le acque di prima pioggia saranno raccolte in una vasca e poi sollevate soggette ad un trattamento di sedimentazione e disoleazione prima di essere scaricate nel corso d’acqua più vicino. Le acque di seconda pioggia andranno direttamente nel recettore finale dopo essere state laminate. Le misure compensative per la mitigazione delle portate di piena sono necessarie per non alterare l’attuale equilibrio idraulico che regimenta i flussi alla rete idrica superficiale; tali misure consistono sostanzialmente nella realizzazione di bacini di laminazione e di fossi di guardia che permettono l’accumulo temporaneo degli eccessi meteorici con progressivo rilascio controllato nella rete idrica superficiale.

Il dimensionamento di tali opere è stato eseguito considerando quanto prescritto dal *Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 - 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*. Tali opere sono state dimensionate mediante il metodo delle sole piogge. Sono inoltre previsti n.2 impianti di sollevamento con relative vasche di accumulo che saranno posizionate nei punti più depressi della rete di drenaggio. Le acque meteoriche accumulate all’interno delle vasche verranno opportunamente sollevate ed inviate alla roggia Guidana. Il tempo di ritorno che è stato assunto per il dimensionamento degli impianti di sollevamento pari a 50 anni.

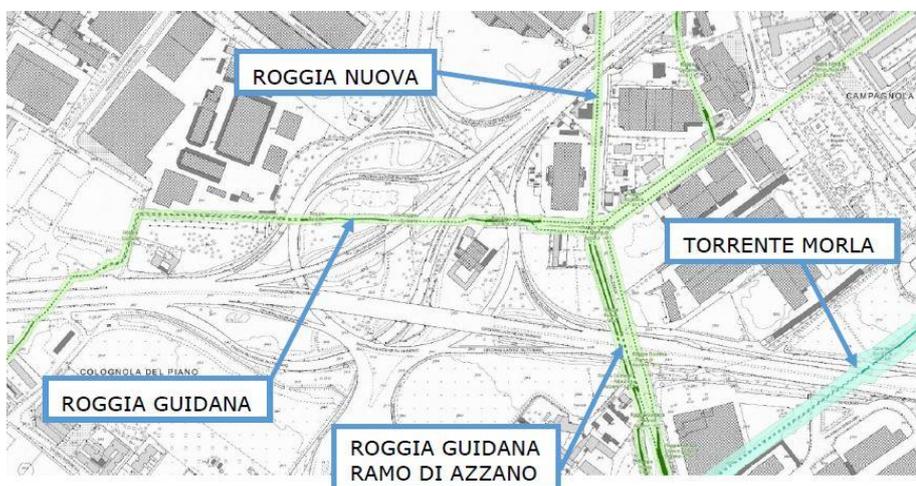


Figura 38: Reticolo idrico. Fonte: Relazione idraulica progetto svincolo autostradale presente negli allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

⁶⁹ acque di prima pioggia: è la frazione delle acque meteoriche come è definita dalla normativa vigente il Regolamento Regionale 24 marzo 2006: “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. Si definisce, inoltre, come evento meteorico: una o più precipitazioni atmosferiche, anche tra loro temporalmente di-stanziate, di altezza complessiva di almeno 5 mm, che si verifichi o che si susseguano a distanza di almeno 96 ore da un analogo precedente evento.

⁷⁰ acque di seconda pioggia: è la frazione delle acque meteoriche che eccede dalla precedente.

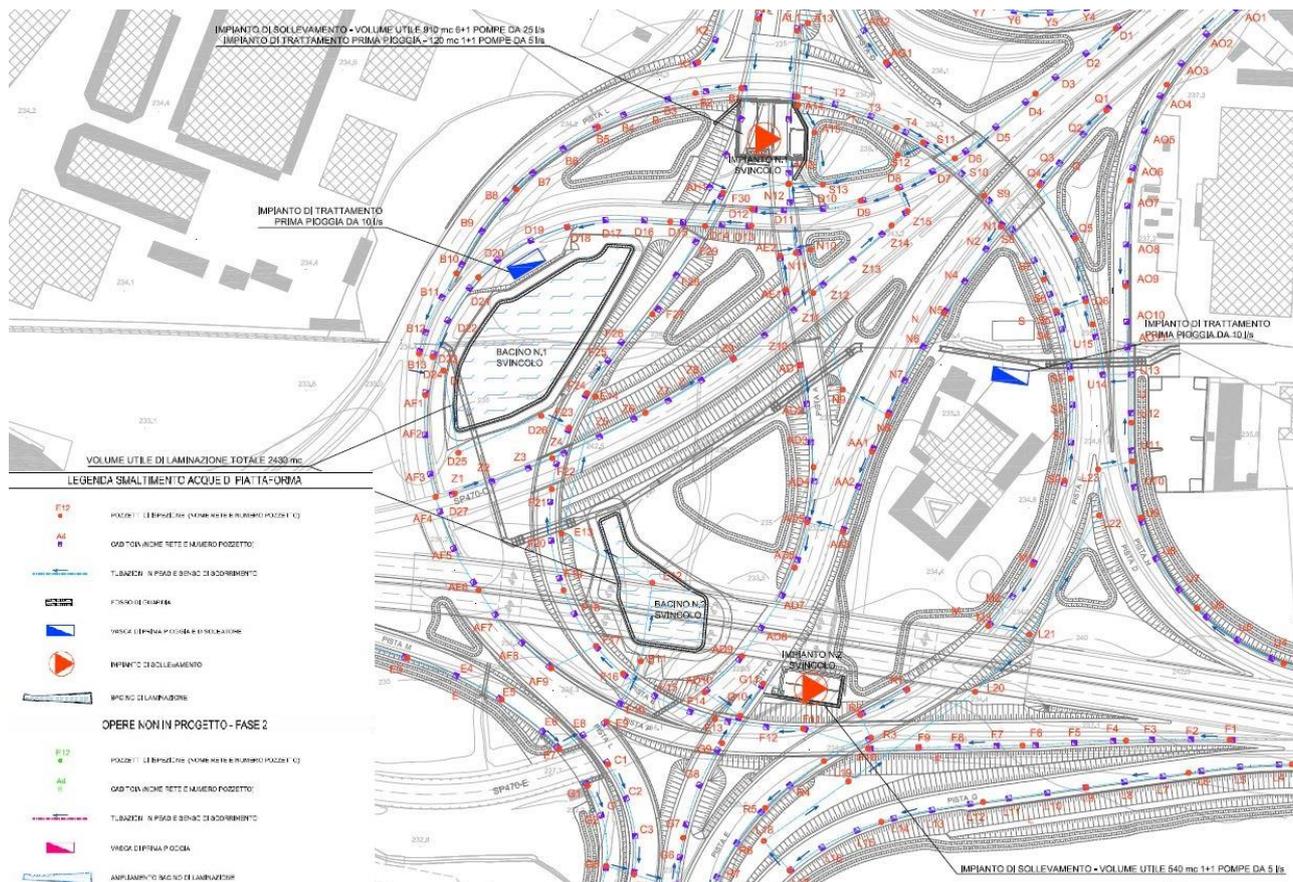


Figura 39: Sistemi di laminazione previsti in area – Fonte: Relazione idraulica progetto svincolo autostradale presente negli allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

4.4 Il caso della realizzazione di nuova intersezione stradale a rotatoria in zona aeroporto

Si tratta del sistema di raccolta e smaltimento acque relativo alle opere di realizzazione di una nuova intersezione stradale a raso di tipo rotatorio nei pressi dell'Aeroporto di Orio al Serio. Il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma stradale pertinenti alla nuova rotatoria incide direttamente sugli standard di sicurezza della funzionalità delle strade interessate in relazione ai disagi in caso di allagamenti conseguenti ad eventi meteorici straordinari, sono state considerate anche le criticità legate al corretto smaltimento delle acque di piattaforma caratterizzate da un elevato carico inquinante. Al fine di minimizzare le problematiche di sicurezza attiva e passiva legate allo smaltimento delle acque provenienti dalla piattaforma stradale si è proceduto in prima fase alla definizione del sistema di regimazione: Le acque meteoriche di dilavamento della rotatoria di nuova realizzazione, la cui superficie sarà di 1935 mq, vengono raccolte dalle caditoie e tramite tubazioni interrate vengono convogliate nel sistema di dissabbiatura e disoleazione in continuo e smaltite in pozzi perdenti. Tale scelta permette di ottemperare alle disposizioni del R.R. Lombardia n. 7 del 23/11/2017 – 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). Sono state determinate le portate affluenti mediante il metodo delle sole piogge con un tempo di ritorno di 100 anni per le batterie di pozzi perdenti, mentre i tubi sono stati dimensionati considerando un grado di riempimento dell'80% ed un coefficiente di scabrosità. Per quanto concerne le sostanze inquinanti è previsto l'inserimento di separatori/disoleatori statici funzionanti senza nessuna apparecchiatura elettromeccanica per il trattamento continuo della portata affluente. Ovviamente detti

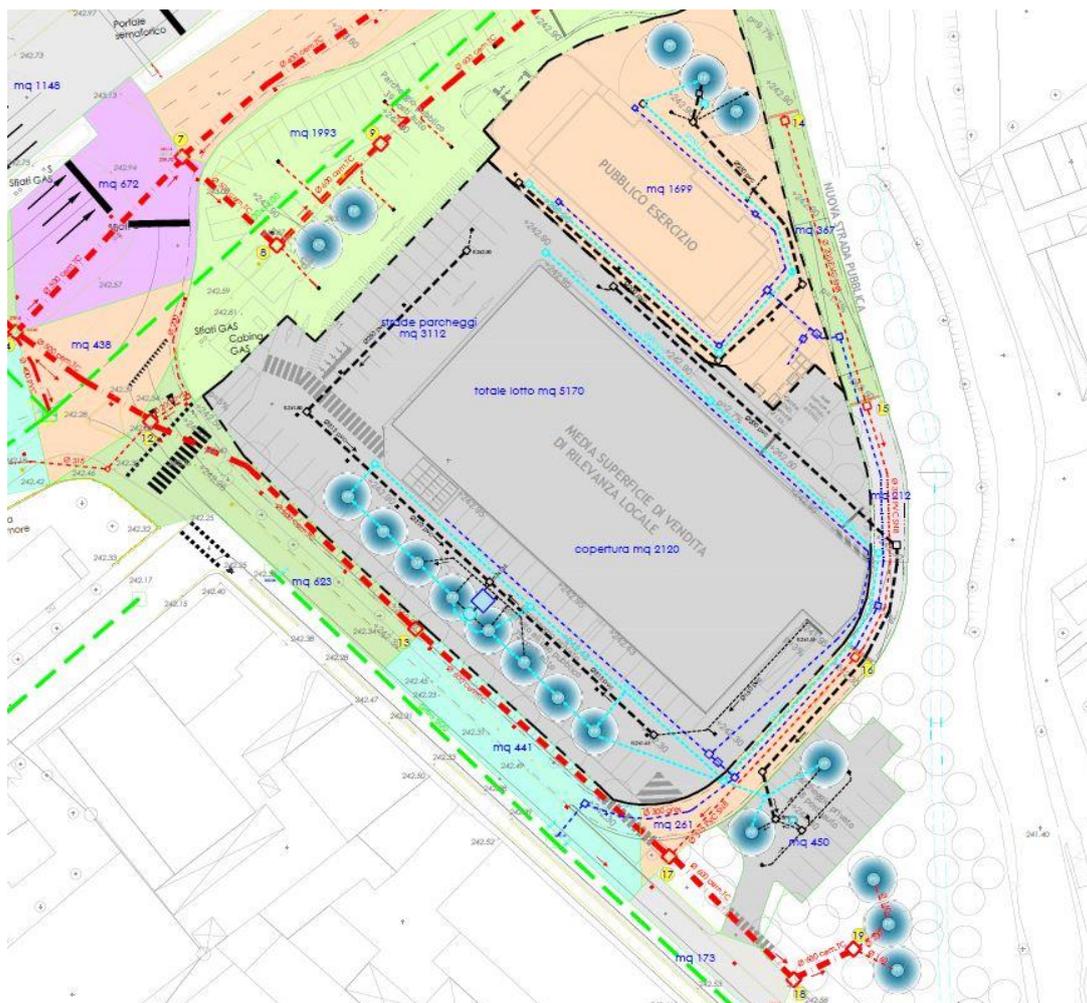


Figura 41: Sistema di pozzi perdenti previsto. Fonte: Piano attuativo Ex Mangimi Moretti depositato in Comune di Bergamo

4.6 Il caso dello Stadio Atleti Azzurri d'Italia

Si tratta di un intervento di riqualificazione della curva Nord e Sud dello Stadio di Bergamo, per le suddette aree sono stati definiti due sistemi autonomi a servizio delle due curve, ciascuno con una propria vasca di laminazione e pompaggio, con il riassetto della rete di drenaggio in progetto che sarà separata, le portate laminate verranno recapitate nel vicino torrente Tremana, eliminando quindi qualsiasi contributo meteorico nella rete fognaria pubblica, dato che sino ad ora su quest'area esiste già una fitta rete di raccolta delle acque bianche e nere di tipo misto, attualmente in gestione al servizio idrico integrato della società Uniacque S.p.a⁷¹. Tale rete raccoglie sia i contributi neri dello stadio, sia le meteoriche dello stesso, che delle aree impermeabilizzate, delle strade e dei piazzali circostanti. Gli impianti a servizio delle aree pubbliche verranno consegnati alla proprietà stessa che provvederà alla necessaria manutenzione ed esercizio soprattutto per la presenza di impianti di sollevamento e delle vasche di laminazione. I criteri di dimensionamento sono quelli esposti nel Regolamento Regionale dell'invarianza idraulica RR 23/11/2017 n°7; in particolare con riferimento all'art.7 l'allegato C del regolamento, classifica Bergamo, Comune ad alta criticità idraulica di categoria A.

⁷¹ UNIACQUE Spa è una società totalmente pubblica costituita il 20 marzo 2006 per la gestione in house del servizio idrico integrato sulla base dell'affidamento effettuato dall'Autorità d'ambito della provincia di Bergamo per una durata di 30 anni a decorrere dal 1° gennaio 2007. Il contratto di servizio che disciplina i rapporti tra la società e l'Ato è stato sottoscritto il 1° agosto 2006 e successivamente integrato il 4 giugno 2007. Fonte: Sito Uniacque Spa

Pertanto secondo l'art.8, le portate massime scaricabili nei ricettori nel caso in esame, sono pari a 10 l/s·ha di superficie scolante impermeabile. Non si prevede alcun disperdimento per la presenza della falda superficiale come risulta dalla relazione geologica e geotecnica. Con riferimento all'art.9 del Regolamento Regionale dell'invarianza idraulica RR 23/11/2017 n°7 la modalità di calcolo da applicare all'intervento in oggetto, essendo la superficie del bacino di competenza superiore ad 1 ha ed inferiore a 10 ha e situato in Ambito territoriale Classe A, è quello del metodo delle sole piogge, dato che rientra nella classe di intervento ad impermeabilizzazione potenziale media. I volumi delle vasche di laminazione sono stati calcolati con eventi pluviometrici aventi tempo di ritorno di 100 anni. Nella relazione d'invarianza presentata agli uffici Comunali vengono riportati i benefici sul sistema fognario esistente: 26337,2mq di area non graverà più sulla fognatura comunale, ma sulle vasche di laminazioni che a loro volta scaricheranno nel vicino torrente 25.4l/s cioè il 2 per 1000 della sua piena centenaria.

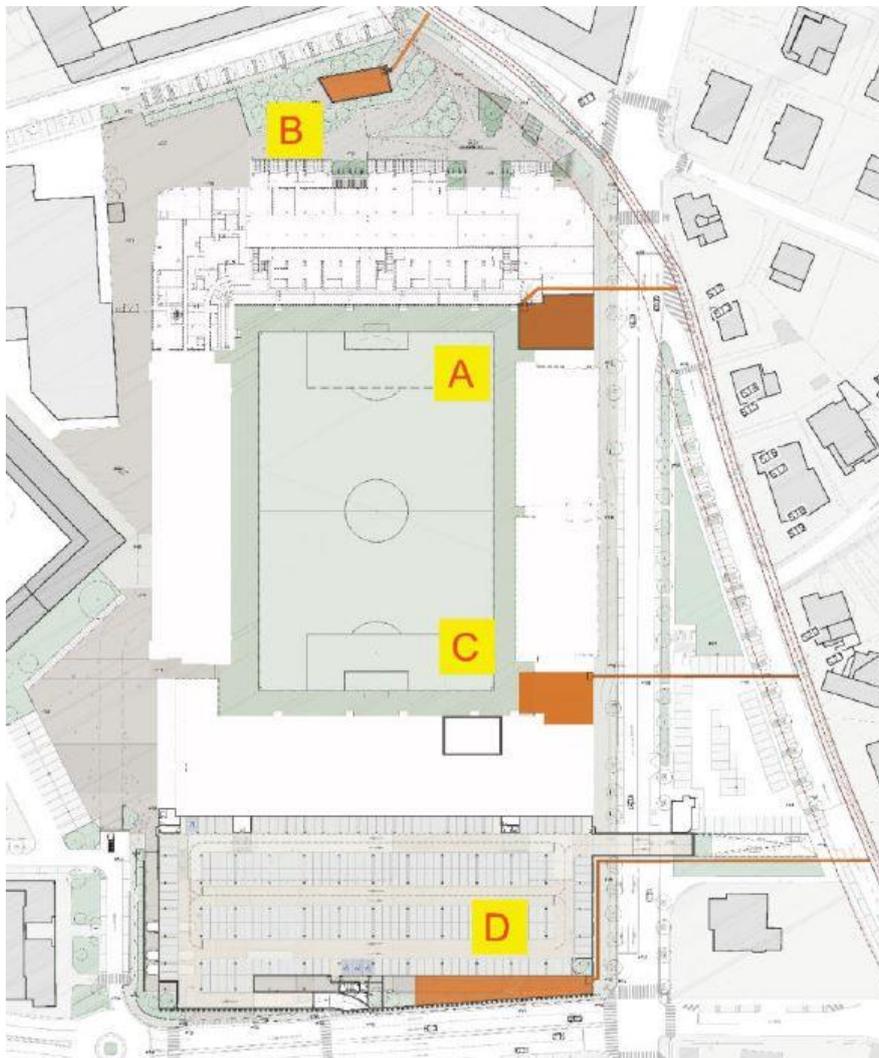


Figura 42: Stralcio planimetrico e Ubicazione vasche di laminazione. Fonte: Relazione Invarianza Idraulica negli allegati progettuali depositati in Comune di Bergamo

4.7 Il caso di un nuovo complesso residenziale e commerciale in Via Baioni



Figura 43: Layout reti drenaggio acque reflue e meteoriche. Fonte: Relazione Idraulica in allegato al progetto depositato in Comune di Bergamo

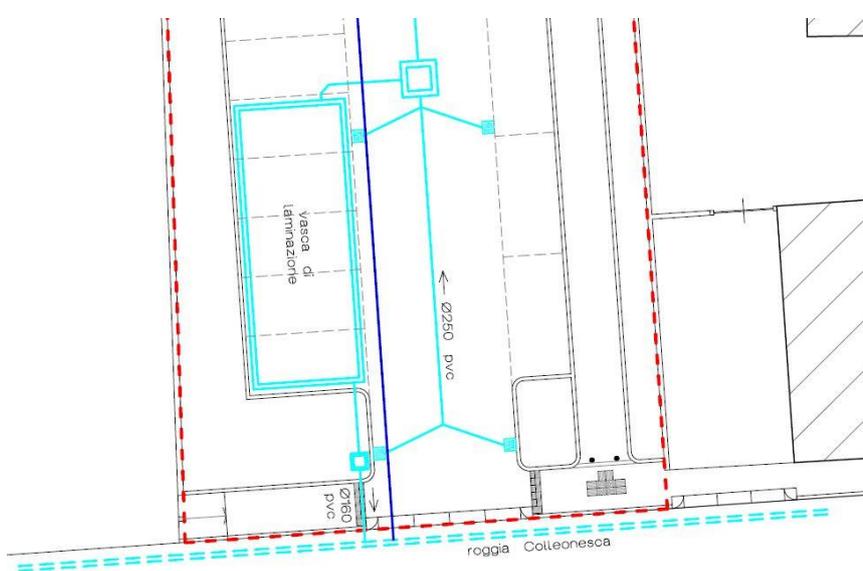
L'area di trasformazione urbana in questione si divide in due lotti: uno commerciale e uno residenziale. L'area commerciale è composta da un nuovo fabbricato ad uso commerciale, con una superficie coperta di circa 1.553 mq, che si sviluppa per circa 7m fuori terra. Il lotto dispone di un'area carrabile di circa 2600 mq, suddivisa in corsello e parcheggi e di un'area verde di circa 1500 mq. Mentre l'area residenziale consiste in una superficie coperta di circa 2.390 mq, che si sviluppa per 5 piani fuori terra ed un interrato. Il lotto dispone di un'ulteriore area carrabile di circa 100 mq, destinata all'accesso al corsello interrato. Onde evitare problemi relativi all'impermeabilità dell'area il progetto prevede l'impermeabilizzazione tramite asfalto dei soli luoghi destinati alla sosta delle autovetture e alla manovra degli autoarticolati, mentre vicoli e corselli saranno rifiniti con materiale completamente drenante. Il Regolamento regionale n.7 del 23 Novembre 2017 obbliga a limitare gli scarichi nella rete fognaria comunale e, siccome l'area in questione è particolarmente vicina al torrente Morla, il torrente più "importante" della città, in esso è stato individuato il corpo recettore privilegiato delle acque meteoriche per l'area in oggetto. Entrambe le aree verranno dotate di una vasca volano con relative pompe, la portata di pioggia è infatti stata calcolata singolarmente per ciascuna area, il dimensionamento del volano necessario è avvenuto mediante metodo delle sole piogge e a seguire è stata calcolata la compatibilità idraulica dello scarico nel reticolo principale, calcolando attraverso metodo razionale la portata massima di piena del torrente Morla ed è stata rapportata, attraverso l'equazione di Chezy, con la portata laminata in arrivo dalle due aree previste ed in entrambi i casi non sono previste variazioni rilevabili all'altezza del tirante relativo alla piena con tempo di ritorno

di 200 anni. La trasformazione dell'area in questione prevede la riqualificazione della sede stradale con la creazione di una nuova rotatoria che però è stata esclusa del Regolamento di invarianza idraulica con le seguenti motivazioni: “La nuova rotatoria, prevede di annettere alia nuova sede stradale una porzione limitata del piazzale impermeabile dell'ingresso del campo sportivo esistente, con un piccolo aumento della superficie impermeabile di circa 77 m² sulla superficie globale dell'intervento. Ad eccezione di quanto detto, il resto di tutta la sede stradale, oggetto di intervento, non comporta aumenti di superficie impermeabile.

Ciò premesso, si ritiene che tali opere sono esclusi dall'applicazione dell'invarianza idraulica in quanto configurabile come:

- intervento di potenziamento stradale (art. 2 del r.r. 7/2006 - Norme per la costruzione delle strade)
- intervento di manutenzione straordinaria della rete stradale
- intervento di ammodernamento (art. 2 del r.r. 7/2006)”

4.8 Il caso del piano di recupero “San Tomaso Apostolo”



Il progetto riguarda la realizzazione di opere di urbanizzazione all'interno del piano di recupero per l'area “San Tomaso Apostolo” a Bergamo. Si prevede la realizzazione di una strada di accesso per il futuro insediamento residenziale. In questo caso si è immediatamente proceduto alla determinazione delle portate di pioggia e al dimensionamento della cubatura di volano necessaria con una portata scaricabile nel corpo recettore, in questo caso una Roggia nelle vicinanze, di 10 l/s/ha con un tempo di ritorno di 50 anni. Il volume minimo necessario della vasca è di 126 mc. e sono

Figura 44: Particolare del progetto rete fognaria via San Tomaso – Fonte: Progetto “Piano di Recupero San Tomaso Apostolo” depositato in Comune di Bergamo

state previste 3 pompe sommergibili con la portata di 1,5 lt/s (valore rientrante nei limiti previsti dal Regolamento) e le portate di pioggia una volta raccolte, saranno fino ad un pozzetto di calma da cui una tubazione provvederà a scaricare il flusso nella vicina Roggia, tuttavia non si esclude che in caso di fenomeni di piovosità superiore ci potranno essere momenti di inefficienza del sistema drenante.

4.9 Il caso di un centro commerciale in Via Corridoni

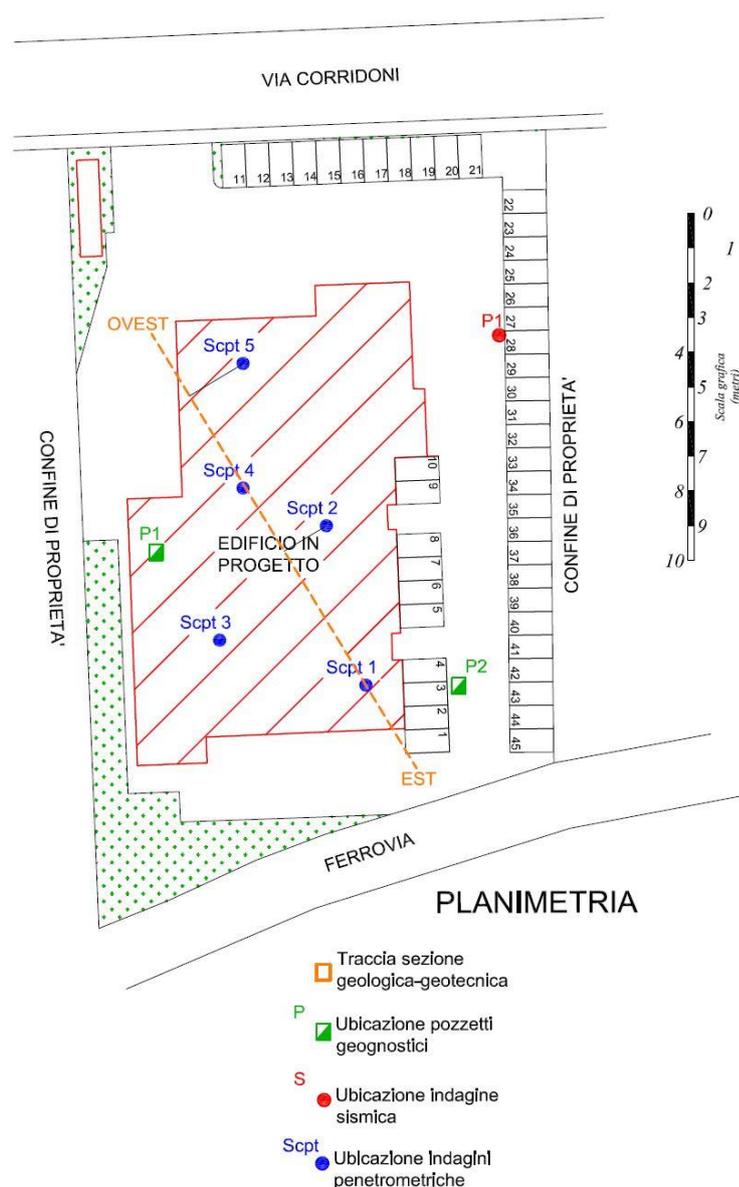


Figura 45: Mappa indagini geognostiche – Fonte: Relazione geologica allegata alla documentazione di progettazione depositata in Comune di Bergamo

Il progetto in questione riguarda la realizzazione di un nuovo edificio per media superficie di vendita della società ALDI Immobiliare S.r.l. Il primo step progettuale è stato un inquadramento geografico, geologico mediante la valutazione della Carta Geologica allegata al PGT vigente che indica che l'area oggetto di intervento è costituita da ghiaie poligeniche a supporto di matrice e localmente da limi argillosi di origine eolica. È stato anche considerato l'assetto stratigrafico locale relativo ad un pozzo ubicato ad una distanza di circa 400 metri in direzione Sud dall'area di indagine. Tuttavia, al netto delle informazioni idrogeologiche rinvenute, si è comunque proceduto nello studio della stratigrafia in loco mediante prova di permeabilità a carico variabile con due pozzetti in loco e tale indagine ha diagnosticato un terreno a bassa permeabilità, più nel dettaglio è stato rilevato che al di sotto del terriccio dello spessore di 5 metri è presente un orizzonte di argilla sino alla profondità di 12 metri, seguito da uno livello di ghiaia dello spessore di 1 metro. Al di sotto vi è un orizzonte di argilla sino a 20 metri, seguito da un orizzonte di ghiaia e argilla dello spessore di 16 metri, sino alla massima profondità raggiunta dal pozzo corrispondente a 36 metri. Poiché l'opzione di smaltimento delle acque nel sottosuolo si è dovuta scartare, è stato quindi deciso di

smaltire le acque in fognatura, l'unica metodologia compatibile con le caratteristiche del suolo opportunamente verificate. A seguire sono stati calcolati i coefficienti di deflusso come indicato dall'art.11, comma 2 lett. D del Regolamento Regionale n.7 del 23 Novembre 2017 e successive modificazioni e integrazioni, è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale in relazione alle superfici delle tre categorie arrivando ad ottenere un valore di 0,79 a fronte di una superficie scolante impermeabile di 3422,266 mq. Sempre in ottemperanza del regolamento di cui sopra si è proceduto a verificare i volumi di accumulo per ottenere l'invarianza idraulica con il metodo delle sole piogge, ottenendo un volume di laminazione di 286.44mc per un evento piovoso di durata critica di 9.85h. A seguito il progettista ha dovuto valutare se riutilizzare tali volumi d'acqua liberando il volano in 48 ore, disperdere tali volumi mediante pozzi perdenti o scaricarli in corpo idrico

superficiale o rete fognaria con limite di 10 l/s/ha. Pertanto saranno realizzate n.6 vasche di laminazione collegate in serie, un dissabbiatore, un pozzetto ripartitore, un pozzetto di ispezione ed un sifone Firenze con valvola "Clepirre". Le acque meteoriche dilavanti le coperture ed il piazzale saranno raccolte e convogliate mediante un tubo collettore ad un dissabbiatore a trappola o a vortice.

4.10 Il caso dell'ex convento di Astino

Il progetto in questione consiste realizzazione di nuovi locali tecnici interrati, posti in via valle d'Astino, in corrispondenza del bastione antistante il complesso monastico di Astino in Comune di Bergamo. Il progetto architettonico prevede la realizzazione di nuovi corpi di fabbrica interrati disposti in tre blocchi principali. In corrispondenza della posa dei corpi di fabbrica e dell'impianto fondazionale sono previsti scavi con altezza di circa 4m. Nello specifico, l'intera area è stata suddivisa in ambiti caratterizzati, a seconda della tipologia d'intervento e della destinazione d'uso, da diversi valori del coefficiente di deflusso, così distinti con riferimento alle indicazioni di cui all'art. 11, comma 2, lettera d) del R.R. 7/2017.

Dal punto di vista idrogeologico, si possono stimare valori di permeabilità da medio-bassi a bassi; in particolare la coltre alteritica⁷² più fine è da considerarsi quasi impermeabile. La realizzazione dei nuovi fabbricati comporterà la trasformazione definitiva ("impermeabile" e "semi-permeabile") con una superficie pari a 609,00 mq su un totale del lotto di 1013,93 mq.

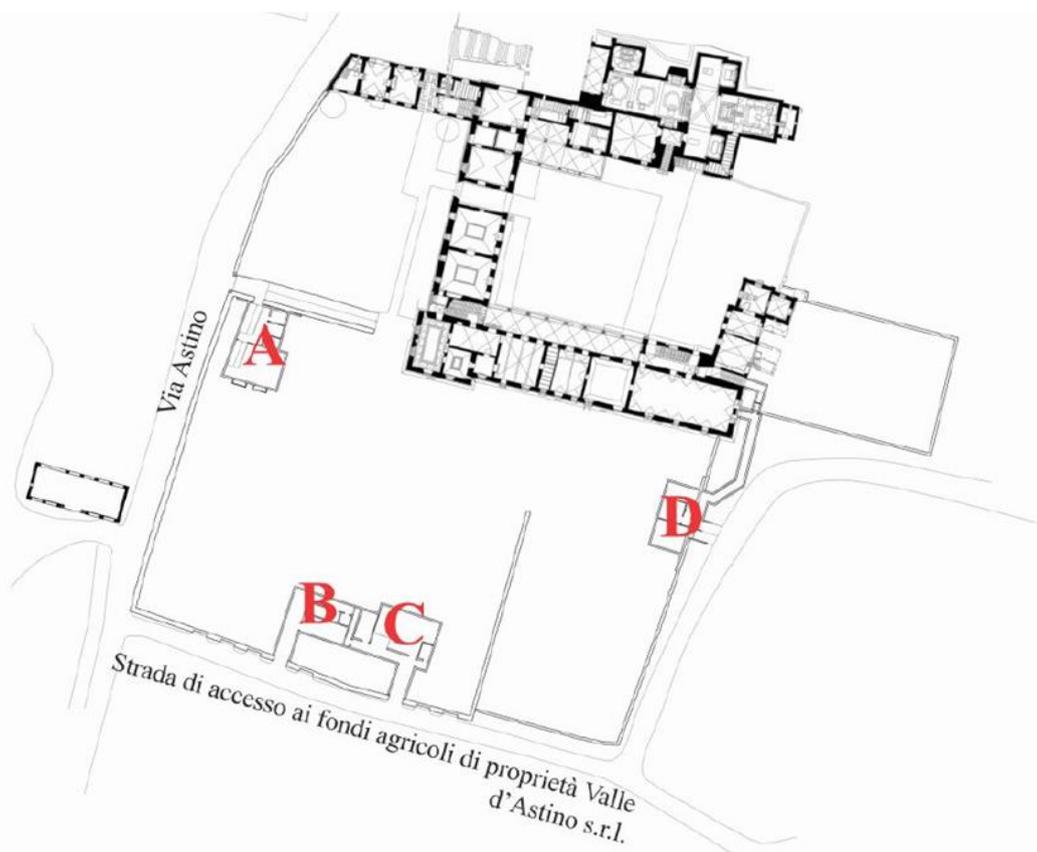


Figura 46: Planimetria di progetto con individuazione dei relativi blocchi dei fabbricati (Studio Architetto Domenico Egizi), allegata nella documentazione di progetto depositata in Comune di Bergamo

⁷² La coltre alteritica, costituita da terreni limoso – argillosi, talvolta sabbiosi, inglobanti frequente pezzame lapideo sino a blocchi di calcare anche di grandi dimensioni, giace su un substrato costituito da alternanze di strati di argilliti, siltiti, marne e calcari, talvolta prevalenti.

Il coefficiente di deflusso medio ponderale “ ϕ ” è stato calcolato, senza particolari approfondimenti in considerazione delle superfici coinvolte e della tipologia di intervento, per ciascun lotto, come riportato nelle tabelle di calcolo allegate alla presente relazione e risulta di 0.34, ovvero inferiore a 0.4. Applicando il R.R. 7/2017, per superfici comprese tra 100 e 1.000 mq (considerando l'intero lotto), è richiesto di utilizzare, per il calcolo delle piogge e la quantificazione dei volumi di laminazione, il metodo “dei requisiti minimi” ai sensi dell'art. 12, comma 2, del citato regolamento regionale n. 7/2017, è stato applicato un tempo di ritorno di 50 anni. Si è ottenuto, mediante calcoli, un volume d'invaso minimo di 49 mc. e si è deciso di proporre una soluzione consistente nella realizzazione di una vasca di laminazione sufficientemente dimensionata per la raccolta e lo stoccaggio delle acque meteoriche anche con funzione di irrigazione delle aree verdi di pertinenza nella realizzazione di uno scarico nel recettore più prossimo al sito, tenendo conto delle esigenze della committenza e delle previsioni dell'art. 17 del r.r. 7/2017. Si è deciso di proporre una soluzione consistente nella realizzazione di una vasca di laminazione sufficientemente dimensionata per la raccolta e lo stoccaggio delle acque meteoriche, inoltre le superfici a tetto dei locali tecnici verranno realizzate con un leggera “baulatura”, che consentirà il convogliamento delle acque nel pacchetto drenante che verrà realizzato mediante pacchetto a celle componibile in fregio ai locali interrati, collegate tra di loro in rete dove si conferirà prioritariamente le acque raccolte dalle superfici trasformate, tramite idonei pozzetti o sistemi “filtro” per le foglie e/o i materiali più grossolani, in una vasca di laminazione multipla costituita da cellette tipo Enki®⁷³, con volume minimo di 49 mc, con dispersione mediante tubo che avrà anche la funzione di controllo della quantità di acqua conferita nel rispetto dei limiti consentiti.

4.11 Il caso del piano attuativo di Via Suardi “Ex Caserma Li Gobbi”

L'area oggetto d'intervento è situata sul territorio comunale di Bergamo in una zona centrale della città all'interno del progetto di recupero urbano area ex caserma "Li Gobbi". La realizzazione dei nuovi fabbricati comporterà la trasformazione definitiva (“impermeabile” e “semi-permeabile”) di una superficie complessiva di circa 5700 mq la raccolta e laminazione delle acque meteoriche verrà suddivisa in 5 vasche di laminazione così suddivise:

- vasca n.1 – Spazi pedonali ad uso pubblico
- vasca n.2 – Strada di PL
- vasca n.3, 4 e 5 a servizio degli edifici residenziali e della porzione adibita a parcheggio posta all'interno della nuova strada di PL.

Come prevede il Regolamento Regionale, per superfici comprese tra 1000 e 10.000 mq (considerando l'intero lotto), è richiesto di utilizzare, per il calcolo delle piogge e la quantificazione dei volumi di laminazione. Il coefficiente di deflusso è stato calcolato per la piazza, strada, edifici A, B e C senza particolari approfondimenti, è stata fatta una semplice suddivisione in tre zone di impermeabilità (vedi foto a fianco). Dopo aver calcolato un'altezza critica delle precipitazioni di 60.5mm si è proceduto alla quantificazione della portata complessiva di pioggia mediante formula razionale, al dimensionamento del sistema di laminazione con il criterio dei requisiti minimi e quello delle sole piogge, tenendo buoni i valori dei requisiti minimi poiché più restrittivi rispetto a quelli ottenuti con il metodo delle sole piogge. Per lo smaltimento delle acque è prevista la realizzazione di cinque vasche di laminazione, una a servizio della piazza, una a servizio della strada e le restanti tre al servizio degli edifici; sufficientemente dimensionate per la raccolta e lo stoccaggio delle acque meteoriche anche con funzione di irrigazione delle aree verdi di pertinenza nella realizzazione di uno scarico nel recettore delle acque bianche. Nella relazione idraulica presentata all'ufficio competente

⁷³ Il sistema Enki è un sistema a celle componibile che attraverso modalità di drenaggio controllato, contribuisce a risolvere il problema dei rischi connessi agli allagamenti generati da acquazzoni improvvisi e da eventi piovosi violenti

sono stati allegati calcoli precisi in merito ai tempi di restituzione delle acque invase e solo vaghe indicazioni in merito al controllo delle portate in uscita. Malgrado il Regolamento d'Invarianza non lo preveda è stata prevista una vasca di calma e di trattamento per le acque della nuova strada poiché il corpo recettore è la rete pubblica, ma senza una verifica del volume.

4.11.2 La Revisione del progetto del sistema di laminazione imposta dal Comune

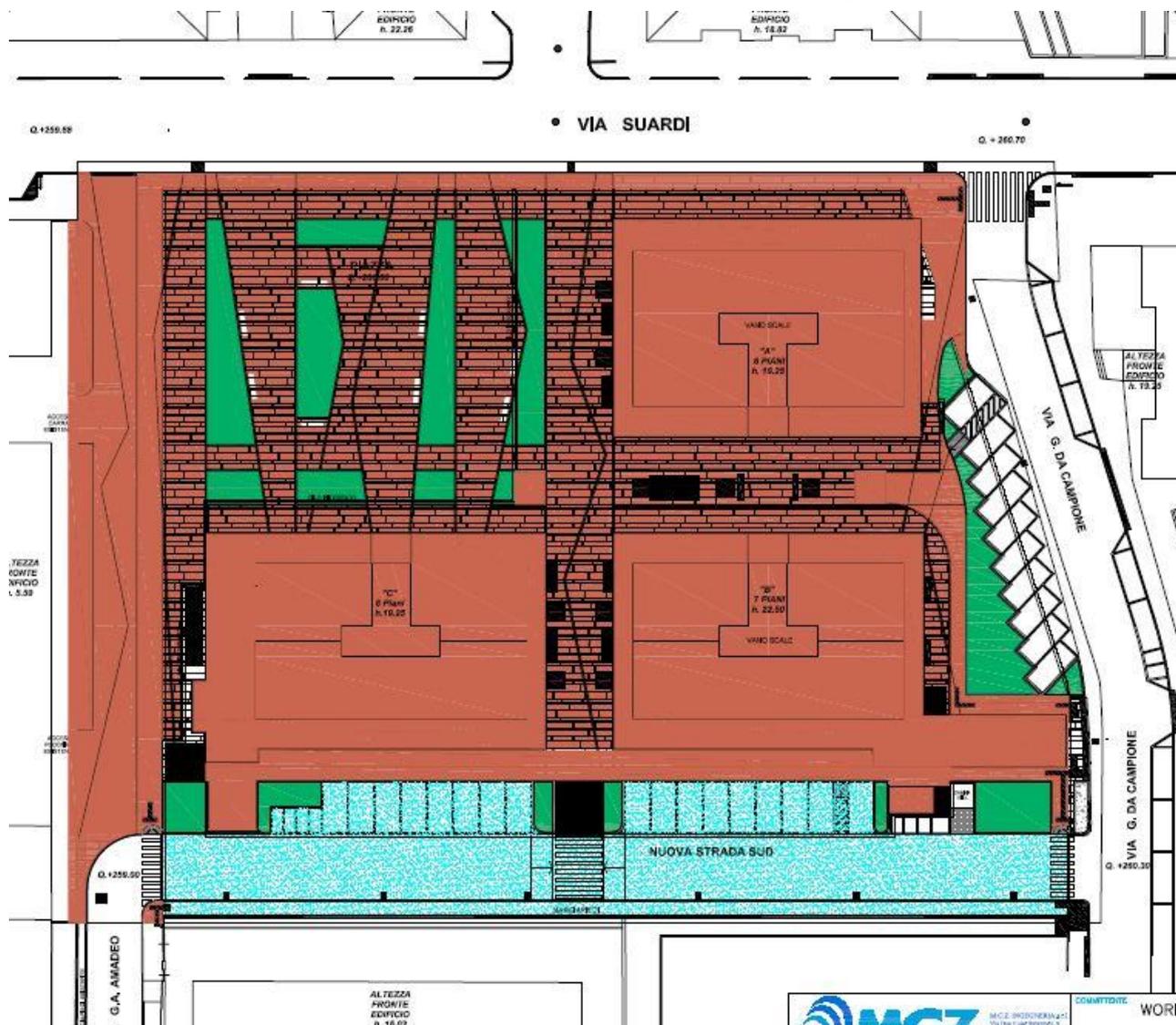


Figura 47: Mappa impermeabilità dell'area.

Fonte: Relazione idraulica presente negli allegati depositati in Comune di Bergamo

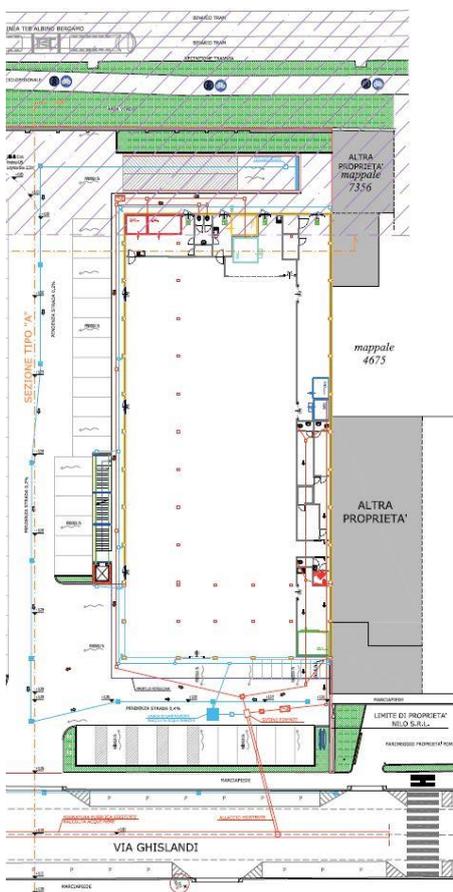
A seguito della presentazione della pratica d'invarianza sopra descritta l'ufficio competente del Comune ha chiesto una revisione, nello specifico ha chiesto:

- di motivare anche attraverso approfondimenti geologici/idrogeologici la scelta di non prendere in considerazione sistemi di laminazione in profondità;
- di verificare l'esclusione d'invarianza dei nuovi interventi relativi alle infrastrutture stradali in base all'ultimo aggiornamento del regolamento di invarianza regionale 8/2019;
- integrazione della cartografia e documentazione presentata;
- di verificare il tempo di svuotamento degli invasi;
- per quanto riguarda le acque meteoriche intercettate dalla nuova strada di prevedere una vasca di calma con impianti di disoleazione;

- di verificare i valori di portata con tempi di ritorno di 100 anni;
- di definire le responsabilità relative ai costi relativi alla manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto di laminazione.

Successivamente il progettista ha risposto al Comune precisando che l'area in questione è a bassa permeabilità citando lo studio geologico presente negli allegati del Piano di Governo del territorio della città, ma senza aver fatto sondaggi in loco. Per quanto riguarda l'estraneità dalla strada nei calcoli d'invarianza al Comune è stato risposto nei seguenti termini: *“La delibera XI/1516 del 15/04/2019 art. 1 comma 4 sostituisce il comma 3 del R.R. 23/11/2017 n.7. In tale comma si precisa che nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e loro pertinenze, qualora la nuova infrastruttura si identifica in un intervento di potenziamento, come definito ai sensi dell'articolo 2 del r.r. 7/2006, per strade di tipo E “strada urbana di quartiere”, è esclusa l'applicazione del r.r. n. 8 del 19 aprile 2019.”* Nonostante ciò, è stata comunque prevista una vasca di calma con sistema dissabbiatore-disoleatore per le acque della strada ed i calcoli della portata sono stati fatti con tempo di ritorno di 100 anni unitamente al tempo di svuotamento degli invasi.

4.12 Il caso di una demolizione e costruzione edificio commerciale - Via Ghislandi



LEGENDA	
[Symbol]	POZZETTO DI ISPEZIONE ACQUE NERE
[Symbol]	POZZETTO DI ISPEZIONE PER RACCOLTA ACQUE BIANCHE
[Symbol]	EROGATORI PER ACQUE BIANCHE
[Symbol]	VASCA DI LAMINAZIONE DI RACCOLTA ACQUE BIANCHE
[Symbol]	POZZETTO DI ISPEZIONE CON RUBO DI SOLEGGIAMENTO
[Symbol]	SIFONE FIRENZE
[Symbol]	RETE ACQUE NERE (TUBO IN PVC Ø 140/160 - P.3%)
[Symbol]	RETE ACQUE BIANCHE (TUBO IN PVC Ø 160/200 O 140/160 - P.3%)
[Symbol]	POZZETTO DISOLEATORE
[Symbol]	POZZETTO DI CAMPIONAMENTO
[Symbol]	PIUVIALI

COMUNE DI BERGAMO - PROVINCIA DI BERGAMO	
PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO PER INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE AI SENSI DELL'ART. (3), LETTERA d DEL D.P.R. 380	
LUGLIO 2019 Bergamo - via Vittore Ghislandi 61	
CONNETTENTE/PROPRIETARIO	ESIBITA/TINIBO
NILO S.R.L.	
13330 TABOLA	LABORATI TABOLA
SCHEMA FOGNARIO	PIANTA PIANO TERRA PIANTA PIANO PRIMO PIANTA PIANO SECONDO PIANTA PIANO COPERTURA PARTICOLARI RETE FOGNARIA
PROGETTISTA	ESIBITA/TINIBO
GEOM. GIOVANNI NAVA Via Borgo Palazzo, 3 Bergamo	
CONTATTI Tel./Fax 035/5291592 LUGLIO 2019	mail: studiogeometranava@gmail.com SCALA 1:200 FOTOLA

Figura 48: Schema fognario Via Ghislandi. Fonte: Relazione tecnica di progetto depositata in Comune di Bergamo

L'intervento in questione consiste nella demolizione parziale dell'edificio esistente con ricostruzione e modifica della sagoma dell'originario edificio, di cui parte ricadente all'interno della fascia di rispetto cimiteriale, comportando una significativa riduzione della capacità edificatoria disponibile. In questo caso è stata prevista vasca di laminazione prefabbricata delle dimensioni necessarie solo per le acque bianche derivanti il parcheggio, dotata di chiusino in ghisa dimensioni 50x70, successivamente in un pozzetto di campionamento e poi nel sifone Firenze che verrà realizzato a nuovo, nella proprietà, intercettando la tubazione di scarico esistente già collegata alla fognatura comunale esistente posta sulla Via Ghislandi ricadente ne comune di Bergamo. Vista la riduzione delle volumetrie il fabbricato oggetto d'intervento non è stato sottoposto ai criteri d'invarianza.

Le acque bianche del fabbricato verranno convogliate in un sistema di pozzi perdenti in ottemperanza al Regolamento di gestione idrica di Uniacque, la società che gestisce il servizio idrico integrato nel comune di Bergamo.

4.13 Il caso dell'Ex Ismes

Il progetto in questione prevede il recupero, seppur nel rispetto delle quote altimetriche attuali dell'area, attraverso l'abbattimento delle attuali costruzioni presenti nel sito e la ricostruzione di nuovi edifici sulle stesse aree attualmente edificate. L'area in questione è limitrofa allo Stadio della città. Si è proceduto ad uno studio idrogeologico al fine di valutare lo smaltimento delle acque in loco, ma vista la presenza nel sottosuolo di strati argillosi la soluzione di invarianza idraulica è stata ricercata nella formazione di una vasca di laminazione e di una trincea impermeabile. Il dimensionamento del ricettore è stato fatto mediante il "metodo delle sole piogge", tali vasche poi scaricheranno nel vicino torrente Tremana, al pari delle vasche di laminazione previste nei recenti interventi nello stadio. L'area è stata oggetto di specifica indagine geologica idrogeologica finalizzata ad altro scopo "di valutazione della naturale capacità di drenaggio del terreno in relazione alla necessità di disperdere nel sottosuolo le acque meteoriche provenienti dalla struttura in progetto". Il suolo dell'area in questione è stato rilevato troppo argilloso per ipotizzare dei sistemi disperdenti in loco, ma è stata rilevata la presenza diffusa di arsenico in una fascia di circa 1-2 metri di larghezza lungo tutto il confine di proprietà a nord ed est nord-est; si propone di procedere all'asportazione del primo mezzo metro di terreno, al ripristino di pendenze adeguate a recuperare il naturale deflusso delle acque superficiali verso il torrente.

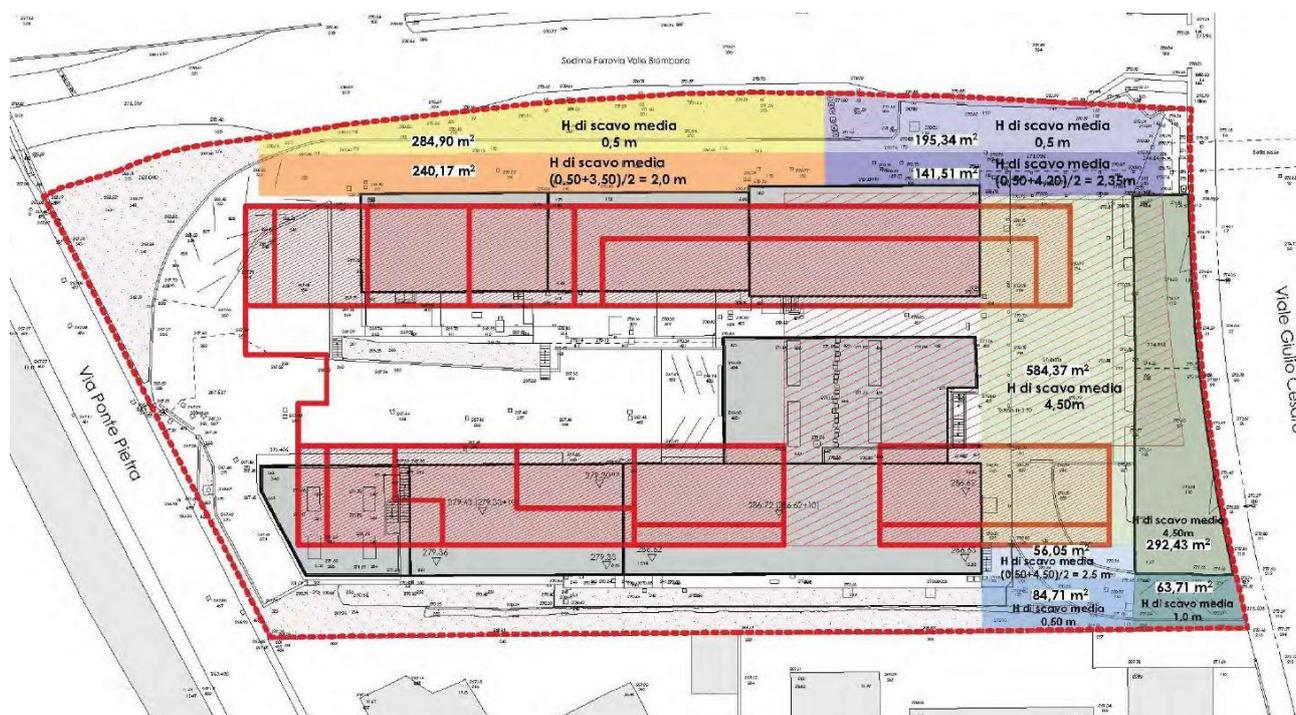


Figura 49: Tavola esplicitiva delle aree oggetto di scavi e successiva impermeabilizzazione – Fonte: Relazione tecnica di progetto depositata in Comune di Bergamo

5 Analisi dei casi del comune di Bergamo

La seguente tabella, rappresenta uno spaccato di come le pratiche d'invarianza precedentemente illustrate sono state prese in esame dal Comune di Bergamo, il suo obiettivo è quello di meglio focalizzare quali sono i miglioramenti nella gestione delle acque meteoriche che il Regolamento d'invarianza 7/2017 sta portando sul territorio lombardo; la domanda che ci si è posti durante questo lavoro di analisi è quanto le cure previste per lo smaltimento delle acque si focalizzino solo ed esclusivamente sull'alleggerimento delle reti di drenaggio oppure, come auspicato in tutte le Direttive Europee che si occupano della tutela delle Acque: 2000/60/CE, nota come "Direttiva Quadro Acque" e 2007/60/CE, nota come "Direttiva Alluvioni" (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016), si inizia a fare qualcosa di concreto per favorire la permanenza dell'acqua nel sottosuolo, ovvero puntare su riuso e infiltrazione. Tale lavoro di sintesi tabellare è necessario per formulare un'analisi critica realistica degli effetti della nuova legislazione lombarda e, per capire cosa machi all'approccio lombardo rispetto al modus operandi previsto dal Manuale di gestione delle acque piovane (SMWW) di Portland che rappresenta l'avanguardia nella gestione delle acque piovane, anche in relazione agli auspici della Comunità Europea di cui ho appena citato le direttive.

La tabella sottostante è composta delle seguenti voci:

- **Intervento**, in cui sono elencati i 13 casi analizzati;
- **Tipologia**, descrive la tipologia edilizia dei lavori effettuati o in previsione;
- **Inquadramento Idrogeologico**, dove viene inserito per ogni progetto se, nella parte relativa al rispetto dell'Invarianza, è stato effettuato almeno un inquadramento idrogeologico di massima dell'area in cui ricade;
- **Classe d'Intervento**, mostra il livello di Impermeabilizzazione potenziale (I.P.) del progetto in questione, facendo riferimento alle modalità di calcolo previste dal R.R. 7/2017;
- **Metodo Calcolo Volume**, descrive le modalità di calcolo del volume e dimensionamento delle opere per lo smaltimento delle acque;
- **Valutazione Permeabilità – Stima dati Idropedologici**, nella seguente colonna viene specificato se il progetto in questione è stato oggetto di uno studio sulla stratigrafia più superficiale dei suoli, nonché delle sue caratteristiche idropedologiche.
- **Opere previste**, tale colonna è stata opportunamente suddivisa in tre sotto colonne: Laminazione, Infiltrazione e In superficie, in funzione delle caratteristiche del sistema di smaltimento delle acque previsto;
- **Tempi rilascio – Corpo recettore**, in questo spazio viene indicato se il tempo di svuotamento del sistema di laminazione è stato verificato secondo i tempi previsti della Normativa ed infine il corpo recettore in cui andrà a scaricare il sistema di smaltimento delle acque;

Molte voci della tabella in questione sono contraddistinte da una colorazione; tale colorazione è finalizzata ad evidenziare gli elementi di criticità e, laddove ci sono, le eccellenze. Nel dettaglio, i colori che vengono usati sono i seguenti:

- **Rosso**, viene utilizzato per rappresentare un elemento di criticità;
- **Arancione**, rappresenta un elemento di valore medio-basso, in genere si tratta di progetti senza studi idropedologici approfonditi che mostrano uno scarso livello di analisi prima di intraprendere scelte progettuali, tale colore si usa nelle opere di laminazione, le quali non favoriscono certo il riuso e l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.
- **Giallo**, rappresenta un elemento di valore medio, nello specifico è stato usato per i progetti le cui scelte in materia di smaltimento delle acque si poggiano su studi idrogeologici di aree vicine, in quanto la stratigrafia dei suoli, specie negli strati più superficiali, è molto variabile anche tra aree molto vicine quindi ai fini della determinazione delle caratteristiche medesime

sono poco attendibili. È stato usato altresì per i pozzi perdenti, in quanto sono opere di smaltimento per infiltrazione, ma non in superficie. Viene infine usato anche per i progetti che hanno i torrenti come corpo recettore;

- **Verde**, rappresenta un'eccellenza, ovvero lo sforzo progettuale massimo in termini di riuso e infiltrazione, concretamente è stato utilizzato laddove vengono effettuati studi idrogeologici approfonditi nell'area di progetto e laddove il corpo recettore di smaltimento delle acque è il suolo. Tale colore purtroppo non è stato possibile usarlo nella colonna delle opere previste;

Più nel dettaglio, nei casi presi finora in esame possiamo notare come gli studi di permeabilità mediante prove in loco vengano effettuati solo laddove ci sia l'intenzione progettuale di smaltire le acque in loco. Tuttavia, vi sono altri casi studio (ad esempio: "Parco Ovest", "Chorus Life" e "Nuova rotatoria aeroporto") in cui si è deciso di optare per soluzioni di smaltimento in loco, ma lo è si è fatto basandosi su prove di permeabilità effettuate in terreni nelle vicinanze, pur conoscendo i limiti di questo approccio più sbrigativo e meno dispendioso rispetto ad un'analisi del suolo in loco. In tutti gli altri casi, ossia quelli in cui l'acqua non sarà smaltita in loco, il coefficiente di deflusso è stato calcolato senza particolari approfondimenti, ovvero senza studi idrogeologici approfonditi di nessun genere. Per quanto concerne i tempi di svuotamento, si nota che in tutti i sistemi di laminazione previsti nei 13 casi di progetto in esame, sono stati calcolati i tempi di svuotamento verificando che fossero inferiori alle 48 ore come prescritto dalla Normativa. Il corpo recettore, ovvero il luogo in cui finirà l'acqua accumulata nei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche, mostra uno scenario più disomogeneo tra i casi analizzati: su 13 pratiche prese in esame, 4 sistemi scaricheranno direttamente nel suolo, 5 nel reticolo idrografico e i restanti 4 nel sistema fognario. Dato che l'opzione dello scarico in fognatura, dal punto di vista della sostenibilità idrologica rappresenta l'ipotesi peggiore, in quanto non portatrice di miglioramenti rispetto alla situazione media esistente in cui la maggior parte delle acque tendono a confluire in fognatura, seppur in presenza di un sistema di laminazione correttamente dimensionato.

Le nuove legislazioni in materia di invarianza idraulica dovrebbero puntare a diminuire l'apporto idrico in fognatura per favorire uno smaltimento delle acque in loco, approccio che se seguito celermente porterebbe ad un vero e proprio miglioramento in termini di mitigazione ambientale in molti contesti urbani e semi urbani. Inoltre, va sottolineato che nei 4 casi che vedranno il sistema fognario come corpo recettore, soltanto in uno di questi, trattasi del centro commerciale di Via Corridoni, tale scelta è stata suffragata da sondaggi in loco atti a dimostrare l'impossibilità di procedere diversamente; purtroppo, in tutti gli altri casi si è deciso di optare fin dall'inizio allo scarico in fognatura, senza fornire studi idrogeologiche atti a dimostrare che non vi possano essere altre cure di smaltimento. Il caso dei "Complessi residenziali e commerciali - Via Baioni" è contrassegnato da un asterisco e di colore rosso in quanto all'interno dei loro progetti di trasformazione è previsto un potenziamento alla viabilità esistente che però è stato escluso, in maniera assolutamente conforme al nuovo Regolamento, dalla procedura d'invarianza; lo stesso asterisco è presente anche nell'intervento "Piano Attuativo – Ex Caserma Li Gobbi", ma senza il colore rosso, in quanto in quella situazione è comunque prevista una vasca di laminazione a servizio di una nuova strada prevista nonostante la legislazione lombarda non obblighi a tale scelta. Questo aspetto della normativa è di difficile comprensione poiché, tali potenziamenti, seppur in maniera marginale, contribuiscono comunque ad una diminuzione della permeabilità dei suoli. Tanto è vero che nella regolamentazione vigente nella città di Portland sarebbero comunque soggetti ai principi d'invarianza, in quanto a Portland il Manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) prevede lo smaltimento delle acque piovane delle strade mediante la realizzazione di opere verdi, ovvero strade o marciapiedi intervallati da aiuole finalizzate a smaltire le acque in loco.

Intervento	Tipologia	Inquadramento Idrogeologico	Classe d'intervento	Metodo Calcolo Volume	Valutazione Permeabilità – Stima dati idropedologici	Opere previste			Tempi rilascio - Corpo recettore
						Laminazione	Infiltrazione	In superficie	
Piano integrato d'intervento - Parco Ovest	Costruzione Edifici residenziali + Strade	Effettuato	I.P. Alta	Procedura dettagliata Equaz. di continuità	Studio con valori aree vicine – Sondaggio a carotaggio		Bacino di laminazione con pozzi perdenti		Verificato - Suolo
Piano trasformazione urbana - Chorus Life	Opere Urbanizzazione I-II- accessori e residenze	Effettuato	I.P. Alta	Procedura dettagliata - Codice calcolo Mike Urban	Studio con valori aree vicine - Prova Lefrane	2 Aree allagabili, 3 Vasche laminazione + pozzi	Collettori & Fossi collegati a Pozzi		Verificato - Suolo
Svincolo autostradale A4	Costruzione nuova rotondatoria	Effettuato	Non chiara	Metodo sole piogge	Senza studio approfondito	3 Bacini di laminazione + 2 Vasche accumulato			Verificato - Reticolo idrico
Nuova rotondatoria Aereoporto	Costruzione nuova rotondatoria	Effettuato	Non chiara	Metodo sole piogge	Studio con valori aree vicine – Prova SPT		Batteria di pozzi perdenti con scolmatore		Verificato - suolo
Piano attuativo A.T – Ex Mangimi Moretti	Riordino viabilità pub. + Costruzione Ed. Comm.	Effettuato	I.P. Alta	Metodo sole piogge	Studio approfondito – Prova Lefrane		Pozzi perdenti		Verificato - suolo
Stadio Atleti Azzurri d'Italia	Piano riqualif. area	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Senza studio approfondito	4 Vasche laminazione impermeabili			Verificato - Torrente
Complessi residenziali e commerciali - Via Bafoni *	Costruzione Edifici residenziali e commerciali	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Senza studio approfondito	1 Vasca laminazione impermeabile			Verificato - Torrente
Piano di recupero "San Tomaso Apostolo"	Costruzione Edifici residenziali e nuova strada	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Senza studio approfondito	6 Vasche laminazione impermeabili			Verificato - Roggia
Centro commerciale - Via Corridoni	Costruzione nuovo centro commerciale	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Studio approfondito – prova Lefrane Carico variabile	1 Vasca laminazione impermeabile			Verificato - Rete Fognaria
Ex convento di Astino	Costruzione locali interrati	Effettuato	I.P. Media	Metodo requisiti minimi	Senza studio approfondito	1 Vasca laminazione impermeabile			Verificato - Rete Fognaria
Piano Attuativo - "Ex Caserma Li Gobbi" *	Costruzione nuova piazza + edifici residenziali	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Senza studio approfondito	5 Vasca laminazione impermeabili			Verificato - Rete Fognaria
Ristrutturazione edificio - Via Ghislandi	Ristrutturazione edilizia – Demolizione + Riquilibratura strada	Non effettuato	Non classificato	Non presente	Non effettuata	1 Vasca laminazione impermeabile			Verificato - Rete Fognaria
Piano di recupero - Ex Ismes	Demolizione + Costruzione nuovo complesso residenziale	Effettuato	I.P. Media	Metodo sole piogge	Studio approfondito	1 Vasca laminazione impermeabile			Verificato - Torrente

5.1 Analisi delle principali lacune dei casi presi in esame

Nel seguente capitolo vengono evidenziate le principali lacune riscontrate durante l'analisi dei casi analizzati relativi ai progetti presentati in Comune di Bergamo per quello che riguarda l'applicazione del principio d'invarianza previsto dalla legislazione lombarda, durante la fase di analisi si è cercato di analizzare quanto siano stati seguiti dagli uffici tecnici competenti gli obiettivi generali di rispetto dell'invarianza idraulica e gli intenti fissati nel Regolamento Regionale approvato nel 2017 e successive modificazioni e integrazioni.

5.1.1 Il caso del piano integrato d'intervento Parco Ovest

Il caso in questione riguarda un'area verde ai margini della città; come soluzione al problema dello smaltimento delle acque si è optato per un bacino di laminazione con pozzi perdenti, una soluzione migliorativa dell'esistente in quanto alleggerisce il sistema fognario comunale; tuttavia, vi sono alcune lacune sotto il profilo dell'inquadramento idrogeologico in quanto, pur essendoci un inquadramento di massima della zona, non sono stati determinati dati idropedologici dell'area, ma sono stati utilizzati quelli relativi ad un sondaggio con carotaggio effettuato nelle vicinanze. Sono stati invece correttamente calcolati i tempi di svuotamento del bacino di laminazione, che devono essere inferiori a 48 ore come previsto dalla norma, e lo stesso è stato dotato di un piano di manutenzione.

5.1.2 Il caso dell'ipotesi di trasformazione urbana: Chorus Life

Trattasi di una delle aree più grandi tra i progetti prese in esame ovvero di un'area di trasformazione urbana di grosse dimensioni. Le cure inizialmente proposte per lo smaltimento delle acque non erano proprio inclini agli intenti della Regolamentazione lombarda legati alla possibilità di infiltrazione in loco, in quanto erano previste tre vasche di laminazione con scarico in fognatura, tanto è vero che gli uffici tecnici del Comune hanno chiesto, data la grandezza nonché l'importanza dell'area, di verificare e motivare la impossibilità di smaltire le acque in loco; tale richiesta ha portato la committenza a modificare il progetto dotando le tre vasche di laminazioni di pozzi perdenti per quanto riguarda la parte ovest dell'area, mentre per la parte est invece sono stati previsti dei sistemi di fossi livellari collegati a pozzi perdenti e aree allagabili a cielo aperto. In questo caso, alla fine si è optato, grazie alla richiesta di revisione avanzata dal Comune, per una modalità di smaltimento più sostenibile rispetto allo scarico in fognatura controllato, ma gli studi idropedologici citati nelle relazioni d'invarianza presentate in Comune non sono stati fatti in loco, in quanto i calcoli di dimensionamento si basano su un sondaggio con Prova Lefranc effettuato in un'area confinante.

5.1.3 Il caso dell'intervento di riqualificazione dello svincolo autostradale A4 e della connessione con l'asse interurbano di Bergamo

L'area di riqualificazione dello svincolo autostradale è la più grande in assoluto tra quelle prese in esame; tuttavia, la classificazione di questo intervento non è chiara, in quanto nelle relazioni esaminate, l'intervento in questione non viene mai chiaramente identificato nella tabella di classificazione degli interventi prevista dal regolamento regionale n.7/2017, anche se i calcoli del volume sono però stati effettuati con il metodo delle sole piogge. In questo caso si interviene con 3 bacini di laminazione e 2 vasche di accumulo, previste per i sottopassi pedonali nelle vicinanze, i quali smaltiranno le acque accumulate, nei tempi previsti dalla normativa e opportunamente calcolati, nel reticolo idrico esistente in quanto in loco vi sono diverse rogge dalle portate molto esigue e quindi idonee a smaltire le acque dopo essere state filtrate dai dissabbiatori e disoleatori. Per l'area in questione non sono stati fatti studi idropedologici né in loco, né nelle vicinanze, è stato fatto soltanto un inquadramento idrogeologico in termini generici facendo riferimento alle mappe geologiche del

Comune, le quali non forniscono indicazioni attendibili riguardo ai primi strati del sottosuolo.

5.1.4 Il caso della realizzazione di nuova intersezione stradale a rotatoria in zona aeroporto

L'intervento prevede la realizzazione in prossimità dell'Aeroporto di Orio. Anche in questo caso la classificazione dell'intervento non appare molto chiara nelle relazioni di invarianza idraulica allegate ai documenti progettuali; tuttavia, i calcoli per il dimensionamento sono stati fatti secondo il metodo delle sole piogge. La scelta di smaltimento consiste in una batteria di pozzi perdenti con scolmatore, dotata di impianti di disoleazione e dissabbiatura.

Non sono stati fatti studi di dettaglio sulla stratigrafia dei suoli in loco, la scelta del sistema di smaltimento si poggia su un sondaggio mediante prova SPT effettuato in un'area contigua a quella dove sorgerà la nuova rotatoria.

5.1.5 Il caso di un piano attuativo di un'area di trasformazione – Ex Mangimi moretti

Sull'area in questione, oggetto di un Piano Attuativo, sorgeranno edifici commerciali e saranno effettuati interventi di riordino della viabilità pubblica, tale area è stata opportunamente classificata come ad impermeabilizzazione potenziale alta e rappresenta il caso migliore tra quelli analizzati in fatto di studi idropedologici, in quanto, per supportare la scelta di intervenire per pozzi perdenti, è stato necessario effettuare diversi sondaggi sull'area in questione, mediante Prova Lefranc, i quali hanno permesso di avere uno spaccato sulla stratigrafia dei suoli in loco.

5.1.6 Il caso dello Stadio Atleti Azzurri d'Italia

L'intervento rientra in un piano di riqualificazione dell'area limitrofa allo stadio di Bergamo, l'intervento è stato classificato ad impermeabilizzazione media, dalle relazioni tecniche allegate al progetto si evince che non sono stati effettuati studi approfonditi sui suoli in questione; tuttavia, l'intervento è comunque migliorativo della situazione esistente in quanto saranno realizzate quattro vasche di laminazioni impermeabili il cui corpo ricettore sarà un torrente locale e quindi permetterà di alleggerire il sistema fognario.

5.1.7 Il caso di un nuovo complesso residenziale e commerciale in Via Baioni

È un intervento di costruzione di edifici commerciali e residenziali classificato di impermeabilizzazione media; per ragioni legate alla sua vicinanza con un torrente locale, si è optato per un sistema di vasche di laminazione che andranno poi a smaltire le acque nel vicino corso d'acqua, gli impatti di tale smaltimento nel torrente sono stati opportunamente verificati ed è stato dimostrato che hanno un effetto minimo sulle portate del torrente, anche durante le piene.

Tale intervento prevede la realizzazione di una rotatoria, la quale nonostante comporterà alla perdita di 77mq di superficie permeabile, non sono previste opere di mitigazione né di miglioramento in ottica di invarianza idraulica e idrologica, in quanto gli interventi legati al potenziamento della viabilità non sono soggetti al Regolamento di Invarianza.

5.1.8 Il caso del piano di recupero “San Tomaso Apostolo”

L'intervento consiste nella costruzione di nuovi edifici residenziali e costruzione di una nuova strada, è stato classificato ad impermeabilizzazione potenziale media. Sarà dotato di un sistema di vasche di laminazione il cui corpo ricettore sarà una roggia molto vicina all'area, gli impatti di tale smaltimento nella roggia sono stati opportunamente verificati e risultano sostenibili. Tale scelta è conforme agli intenti della normativa regionale di alleggerire i sistemi fognari, ma va detto che il Comune, negli interventi classificati ad impermeabilizzazione medio-bassa, è più propenso ad accettare la volontà

iniziale del committente senza chiedere studi ulteriori atti a motivare l'effettiva impossibilità di prevedere lo smaltimento in loco.

5.1.9 Il caso di un centro commerciale in Via Corridoni

Tale intervento, pur trattandosi della costruzione di un centro commerciale di medie dimensioni, è stato classificato ad impermeabilizzazione media. Questo caso rappresenta un esempio in fatto di corretta motivazione dell'impossibilità a non procedere con lo smaltimento delle acque in loco, in quanto, in questo caso la stratigrafia dei suoli è stata determinata in loco attraverso Prove Lefranc con carico variabile, i cui risultati hanno effettivamente dimostrato l'impossibilità a procedere con lo smaltimento in loco per via delle caratteristiche idropedologiche dei suoli sfavorevoli. Tale responso da parte dei geologi ha obbligato a scegliere la rete fognaria come corpo recettore.

5.1.10 Il caso dell'ex convento di Astino

Il caso di Astino riguarda la costruzione di locali interrati contigui ad un complesso monastico, l'intervento viene correttamente classificato secondo i canoni previsti dalla legislazione lombarda e risulta di impermeabilizzazione media; i calcoli per il dimensionamento sono stati effettuati con il metodo dei requisiti minimi, ammesso dalla Normativa nei casi di interventi con superfici ridotte come nella fattispecie.

Non sono stati fatti studi specifici per valutare l'impermeabilità dei suoli, nelle sue relazioni tecniche di dettaglio ci si affida a studi idropedologici effettuati nella zona che hanno riscontrato caratteristiche poco idonee allo smaltimento in loco e di conseguenza si è proceduto al dimensionamento una vasca di laminazione collegata al sistema fognario, i cui tempi di svuotamento sono stati opportunamente calcolati e verificati.

5.1.11 Il caso del piano attuativo di Via Suardi "Ex Caserma Li Gobbi"

Tale intervento consiste nella costruzione di una piazza e di nuovi edifici residenziali. È stato classificato di impermeabilizzazione potenziale media, non sono state condotte analisi di dettaglio sulle caratteristiche dei suoli a tutte le profondità, ma, come nella maggior parte degli interventi sinora esaminati, si sono basati su studi idrogeologici condotti nelle vicinanze poco favorevoli alla possibilità di smaltimento in loco, infatti si è optato alla realizzazione di una vasca di laminazione connessa al sistema fognario.

Anche in questo caso, il seguente piano attuativo prevede la costruzione di una strada, la quale andrà a ridurre la permeabilità di una parte dell'area finora semipermeabile, ma secondo la Normativa Regionale il potenziamento della viabilità esistente non rientra nel Regolamento d'Invarianza.

5.1.12 Il caso di una ristrutturazione edificio - Via Ghislandi

È un intervento di demolizione di un edificio con conseguente ricostruzione, ma con volume inferiore rispetto a primi, quindi, come da Regolamento di invarianza, dato che non verranno create nuove aree impermeabili, da parte degli uffici tecnici comunali non è stato richiesto nulla in termini né di adeguamento, né di migliorativo in materia di smaltimento delle acque.

Nelle relazioni progettuali è stata prevista la realizzazione di una vasca di laminazione per il parcheggio contiguo all'edificio oggetto di demolizione. Mentre per l'area in questione nel suo insieme, nelle relazioni non è stato fatto nemmeno un inquadramento idrogeologico di massima.

5.1.13 Il caso dell'Ex Ismes

Il progetto prevede la demolizione di un complesso residenziale con conseguente ricostruzione senza alterazioni volumetriche di sostanza. Nell'area in questione stati condotti studi specifici sui suoli

dell'area atti a verificarne lo stato di salute e con l'occasione si è dimostrato la loro inidoneità ad ospitare sistemi di pozzi perdenti o di smaltimento in loco delle acque, quindi si è optato per la classica vasca di laminazione il cui corpo recettore sarà un vicino torrente, lo stesso in cui verseranno le vasche di laminazione previste nell'intervento di riqualificazione del vicino stadio.

5.2 Considerazioni generali sulle modalità di valutazione del Comune

Alla luce delle tredici pratiche d'invarianza esaminate, si può iniziare a constatare come il Comune di Bergamo operi nell'applicazione dei principi fondanti del Regolamento Regionale di Invarianza 7/2017 e successive modificazioni e integrazioni. Tali principi, pensati in ottica di miglioramento dello status quo in senso tecnico, si possono riassumere nella volontà di riduzione del carico d'acqua dal sistema fognario. I principi fondanti del Regolamento d'invarianza sono sempre verificati dagli uffici tecnici competenti, ma lo sono in modo più convinto negli interventi classificati ad Impermeabilizzazione alta, tanto è vero che il Comune, in assenza di relazioni esaustive nel motivare le scelte progettuali proposte al Comune, non esita a chiedere modifiche o integrazioni (es: Il caso dell'ipotesi di trasformazione urbana - Chorus Life). Purtroppo, sia il Comune sia il Regolamento, ancora non destinano la stessa attenzione agli interventi progettuali minori; in diversi casi classificati a medio-bassa entità, il Comune è assai più restio a chiedere conto alla committenza delle revisioni laddove s'intende procedere con un sistema di laminazione connesso al sistema fognario, nella maggior parte dei casi esaminati vengono presentate relazioni d'invarianza in cui sono presenti al massimo inquadramenti superficiali e di massima in senso idrogeologico, nulla in assoluto per quanto riguarda l'analisi della stratigrafia più superficiale. In sintesi si può affermare che, il Regolamento Regionale sta dando i suoi effetti, ma deve ancora muovere passi in avanti per quanto riguarda gli interventi edilizi minori in cui le cure di riuso e infiltrazione sono ancora assenti. Una delle carenze più vistose del Regolamento Regionale d'Invarianza è rappresentata dalla noncuranza degli ampliamenti e miglioramenti viabilistici nei calcoli d'invarianza, tali opere vengono considerate di potenziamento viabilistico senza minimamente considerare i metri quadrati di permeabilità che sottraggono ai suoli, in questo caso il Regolamento va in contraddizione con i suoi principi fondanti in particolare quello legato alla riduzione del rischio idraulico.

5.3 Analisi critica generale

Sulla base dei casi di invarianza idraulica sottoposti all'esame degli uffici tecnici del Comune di Bergamo dall'approvazione del Regolamento regionale d'invarianza 7/2017 ad oggi, si possono fare diverse considerazioni rispetto all'approccio metodologico portato avanti nella città di Portland. Tuttavia, prima di addentrarci nei particolari, è doveroso sottolineare la principale differenza tra i due modelli che si concretizzano nella diversità di rispettivi fini: In America l'obiettivo è il rispetto dell'invarianza idrologica, ovvero il principio in base al quale sia le portate che i volumi di deflusso non devono essere maggiori a quelli preesistenti all'urbanizzazione, mentre in Lombardia è tutto incentrato sull'invarianza idraulica, ovvero ci si preoccupa solo di controllare e limitare le portate. Premessa quindi questa differenza sostanziale in materia di obiettivi generali, ora entriamo nello specifico ad analizzare come nel contesto bergamasco si intende adempiere alle direttive del Regolamento Regionale d'invarianza e quindi ai suoi obiettivi, primo tra tutti quello ridurre l'apporto idrico in fognatura e garantire la ricarica della falda. Tale regolamentazione si poggia anche sul Regolamento d'ambito del gestione del servizio idrico, Uniacque nel caso di Bergamo, che già di per sé non ammette, salvo casi particolari, l'immissione delle acque meteoriche nella rete fognaria, eccezion fatta per le strade nonché per le acque meteoriche di dilavamento, il che rappresenta già un primo passo ai fini del raggiungimento dell'obiettivo di alleggerimento del sistema fognario, ma in

se' e per se' non basta ad affrontare l'annosa questione dell'invarianza poiché gli elementi che causano il suo appesantimento del sistema fognario sono molteplici.

Nell'analisi dei casi presentati all'ufficio tecnico del comune di Bergamo si evidenzia, rispetto alle metodologie di controllo portate avanti nella città di Portland (le quali rappresentano quelle più all'avanguardia nel mondo), una maggior attenzione all'adempimento degli obiettivi di drenaggio sostenibile nei progetti di area vasta, è proprio dinanzi a piani d'area vasta che il comune di Bergamo è più attento al controllo dei sistemi di smaltimento delle acque proposte dai committenti, spesso non è esitante nel chiedere ai professionisti integrazioni finalizzate o trovare soluzioni di smaltimento in loco o quantomeno di motivarne l'impossibilità progettuale, talvolta costringendo il committente a fare sondaggi per la verifica della permeabilità dei suoli in loco, non sempre dall'esito favorevole; tale dettaglio dimostra che il Regolamento Regionale sotto questo aspetto funziona, malgrado al suo interno le linee guida progettuali siano ancora da implementare (tanto è vero che dalla sua data di approvazione è già stato sottoposto a numerose integrazioni).

Le lacune della regolamentazione lombarda rispetto a quella di Portland, ma anche più semplicemente rispetto ad una grande visione di rispetto dell'invarianza, emergono di fronte ai progetti privati, spesso di bassa entità dal punto di vista dei volumi interessati; è proprio in questo caso che, malgrado il Regolamento Regionale 7/2017 provi ad introdurli nel suo testo, in Lombardia non ci si affida praticamente mai alle strutture private per l'acqua illustrate nel Manuale di Portland ovvero a ecotetti, giardini della pioggia ecc., nonostante a volte lo smaltimento delle acque bianche in loco effettuato in maniera poco accorta comporti a delle conseguenze dannose per la muratura degli edifici. Al momento siamo ancora in una fase talmente di stallo che non resta che auspicare nella volontà delle amministrazioni locali a muoversi nella stessa direzione dell'Oregon, ove vengono portati avanti dei "progetti di sconti ed incentivi" per i privati che decidono di costruire le strutture dell'acqua di cui al manuale SWMM per smaltire le proprie acque in modo sostenibile e accurato.

È importante evidenziare che la lacuna più evidente rispetto alla gestione delle acque nel nuovo continente è rappresentata dall'assenza della viabilità nella lista degli interventi soggetti al rispetto dell'invarianza, il motivo di tale scelta è di difficile comprensione dato che la rete viabilistica concorre in modo rilevante alla sottrazione delle superfici permeabili e quindi porta ad un notevole peggioramento nel naturale deflusso delle acque.

La città di Portland invece nel suo Manuale di gestione delle acque (SWMM) contiene un capitolo relativo ai "Miglioramenti viabilistici" in cui sono contenute delle linee guida e dei requisiti progettuali da seguire laddove è previsto un aumento di superfici stradali, detta soluzioni progettuali all'avanguardia anche perché concepite in ottica di salvaguardia e miglioramento ambientale, nello specifico trattasi di marciapiedi e strade verdi, le linee guida progettuali presenti nel manuale SWMM addirittura non si limitano soltanto a considerare l'aspetto della gestione delle acque, ma considerano anche l'aspetto della sicurezza stradale e anche gli spazi di manutenzione di cui tali opere necessiteranno in futuro ed è proprio in questo frangente che emergono le differenze tra i due modus operandi, in Italia la realizzazioni di tali opere nei contesti stradali è ancora molto poco usato, in quanto spesso le uniche aree verdi presenti sono state concepite per motivi unicamente estetici e non in un'ottica di smaltimento sostenibile delle acque urbane e l'aspetto legato agli spazi di manutenzione in Italia non viene neppure sfiorato.

Alla luce degli aspetti sinora sottolineati, si può affermare che il Regolamento d'Invarianza, introdotto dalla Regione Lombardia che, come più volte ricordato trattasi della prima regione italiana ad essersi dotata di una regolamentazione in questo senso, sia sicuramente un passo avanti importante specie in un'era di cambiamenti climatici ovvero in cui i fenomeni atmosferici tenderanno ad essere più sempre più intensi e concentrati in brevi lassi di tempo, e quindi la tenuta dei sistemi fognari sarà sempre più messa alla prova. Allo stato attuale delle cose però anche Regione Lombardia, per quanto meno rispetto a tutte le altre regioni Italiane, deve ancora muovere molti passi in ottemperanza a quanto

prescritto dalle due direttive Europee (Direttiva Quadro Acque, poi implementata negli anni successivi con la Direttiva 2006/7/CE e la Direttiva Alluvioni) più importanti in materia di gestione idrica, in quanto la Direttiva Quadro Acque si pone obiettivi di miglioramento degli ecosistemi oltre che di mitigazione delle inondazioni e in tal senso un Regolamento improntato sull'invarianza idraulica adempie solo al secondo dei due obiettivi, e per ultimo la Direttiva 2007/60/CE o Direttiva Alluvioni definisce le alluvioni come impossibile da impedire, tant'è che nei Piani di gestione di rischio (PSGR) si collega ad opere strutturali e non è al momento nel caso lombardo le opere non strutturali ancora non si vedono se non in rari casi.

5.4 La tendenza al ricorso del “Opere destinate alla portata” e introduzione alle “Opere destinate a riuso e infiltrazione”

Come evidenziato nell'analisi critica soprastante, anche Bergamo e, più in generale, la Lombardia, al netto degli intenti scritti nel regolamento regionale d'invarianza n°7/2017, non sono stati immuni ad una gestione del deflusso urbano con un approccio che può essere chiamato “hard engineering” (Huber, 2010). Tale approccio prevede opere hard, ovvero destinate alla portata: trattasi di fognature (combinata o separate), che devono raccogliere e convogliare il più rapidamente possibile il deflusso urbano nei corpi idrici (fiume, lago, mare). L'obiettivo principale delle infrastrutture di questo tipo di ingegneria è garantire la sicurezza dei cittadini contro i rischi di alluvione evitando il sovraccarico della rete di raccolta. Tuttavia, questo approccio mostra diversi svantaggi, evidenziati dalla comunità scientifica (Woods Ballard et al., 2015):

- le inondazioni di acque superficiali avvengono quando il deflusso non può essere drenato via abbastanza rapidamente (eventi atmosferici estremi molto ravvicinati);
- gli allagamenti fognari si verificano quando i tubi sotterranei diventano sovraccarichi da deflusso drenato;
- il rischio di alluvioni fluviali (sia a livello locale che a valle) aumenta quando il deflusso si riversa in un fiume troppo rapidamente;
- l'erosione dei fiumi può essere causata da un flusso più rapido guidato dallo scarico urbano, cambiando la forma delle rive dei fiumi e colpendo piante e animali all'interno o accanto all'acqua.

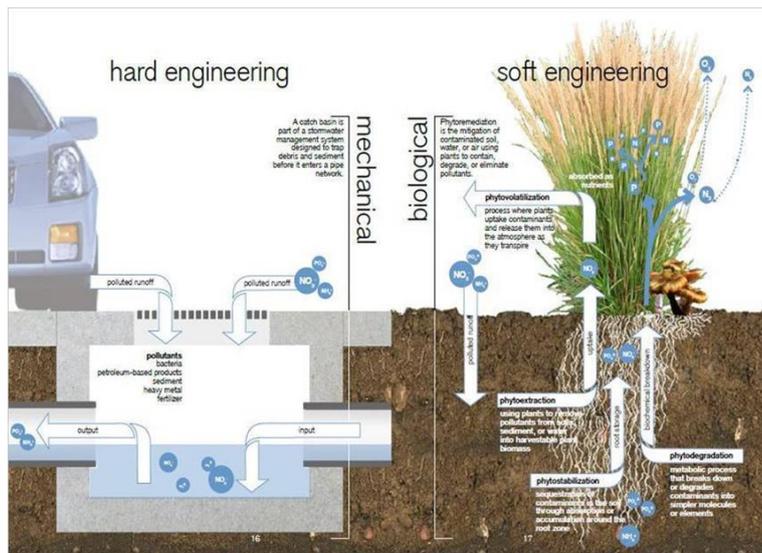


Figure 50: Figure 1 Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas. Fonte: Fonte: Huber, J., 2010.

L'inquinamento diffuso causato sia dal primo flusso (Deletic, 1998) che dai traboccamenti combinati delle fognature (Masi et al., 2017) colpisce l'acqua del fiume e la qualità delle piante e degli animali acquatici. Pertanto, l'ingegneria dura aumenta i rischi idraulici e peggiora la qualità dell'ecosistema fluviale;

In contrasto alle opere hard, le tecniche di drenaggio urbano sostenibile (*Sustainable Drainage Systems* - SuDS), sono in gran parte soluzioni basate sulla natura (NBS - *Nature-based solutions*) definite anche come “opere destinate a riuso e infiltrazione” stanno guadagnando slancio. La “soft engineering” si basa su un approccio multidisciplinare, che è in grado di gestire il drenaggio urbano in modo sostenibile, fornendo ulteriori benefici per la qualità dell'acqua, la crescita della biodiversità e la fruizione sociale. Questo concetto ha trovato proposte e applicazioni nella comunità scientifica, nelle parti interessate e nei professionisti secondo una nomenclatura diversa, basata su diversi paesi e gruppi scientifici (Fletcher et al., 2015): Sustainable Urban Drain- age Systems (Suds); progettazione urbana sensibile all'acqua (WSUD); sviluppo a basso impatto (LID); Best Management Practices (BMP). Di seguito, analizziamo più nel dettaglio la nomenclatura Suds per semplicità, a causa della recente pubblicazione del libro “Suds Manual” (Woods Ballard et al., 2015).

Il Drenaggio urbano sostenibile (SuDS - Sustainable Drainage Systems) si prefigge l'obiettivo di gestire le acque di pioggia ricadenti in aree urbane in modo da:

- riequilibrare il bilancio idrologico e ridurre il carico inquinante dei corpi idrici;
- permettere alle città di comportarsi come le così dette città spugna (sponge cities);
- costruire infrastrutture verdi in grado di sfruttare tutti i benefici forniti dai servizi ecosistemici delle soluzioni naturali (nature-based solutions);

I contributi diretti al sistema umano e all'ecosistema sono i seguenti:

- regolazione atmosferica;
- regolazione climatica;
- regolazione idrica;
- recupero delle acque;
- controllo dell'erosione e trattenimento dei sedimenti;
- formazione di suolo;
- bilanciamento cicli dei nutrienti;
- riduzione carico inquinante sfruttando i processi naturali;
- pollinazione;
- aumento biodiversità;
- produzione di biomasse;
- aumento aree recreative;
- educazione ambientale;

Le **Green-Blue Infrastructure** (infrastrutture verdi e blu) sono definite come una rete di spazi verdi e blu che utilizzano al massimo i servizi ecosistemici per fornire benefici sia alle persone che all'ambiente. Un approccio SuDS si basa quindi sulla realizzazione di una rete di infrastrutture verdi e blu in grado di gestire in modo sostenibile le acque di pioggia sfruttando i servizi ecosistemici.



Figure 51: Parco urbano con approccio SuDS a Singapore (Bishan). Fonte: Gibelli G., 2015, *Manuale di drenaggio urbano*

Le **Sponge city** (Città spugna), sono città in grado di assorbire l'acqua piovana come delle spugne per poterla riutilizzare, e quindi di ridurre i rischi di allagamento in ambiente urbano dovuti all'eccessiva impermeabilizzazione.

L'approccio SuDS risponde, quindi, perfettamente alla necessità di avere città spugna in grado di assorbire le acque di pioggia senza recare problemi di allagamenti urbani.

L'adozione di soluzioni SuDS sul territorio, comporterebbe i seguenti vantaggi sia dal punto di vista dei gestori del servizio idrico che alla collettività:

- Riduzione dei volumi di acque di pioggia scaricati in fognatura, aumentando l'efficienza degli impianti di depurazione esistenti a servizio di fognature miste, che si troverebbero a sfiorare minori quantità di acque in testa e lavorerebbero con acque più cariche e meno diluite; si stima che una superficie permeabile del 2-5% rispetto ad una copertura impermeabile servita (es: tetti, parcheggi, strade), quindi spesso facilmente integrabile con interventi di ammodernamento su aree verdi di arredo urbano esistenti, permetterebbe di evitare di mandare in fognatura circa l'80-90% delle acque di pioggia annuali;
- Possibilità di ridurre i volumi e/o di rispettare i principi di invarianza idraulica attraverso aree urbane, per esempio attraverso aree verdi, piazze con specchi d'acqua e parchi urbani;

Anche il Regolamento di invarianza idraulica appena introdotto da Regione Lombardia introduce questo tipo di approccio, ma al momento in termini concreti è ancora molto incentrato al solo rispetto dell'invarianza idraulica e non idrologica.



Figura 52: Tanner Springs Park, Portland (USA). Fonte: Manuale SuDs



Figura 53: Area di bioritenzione vegetata presso il centro ricerche Kerakoll (Sassuolo - MO), progettata da IRIDRA. in collaborazione con BIOS-IS S.r.l. Fonte: Sito <http://www.irdra.eu/it/suds.html>

6 I principali soggetti coinvolti nell'applicazione dell'Invarianza in Lombardia

Sulla base dello studio del Manuale di gestione delle acque piovane vigente nella città di Portland, del Regolamento d'invarianza idraulica 7/2017 (e successive modificazioni e integrazioni) unitamente ad un'analisi tecnica dei primi tredici casi d'invarianza idraulica del comune di Bergamo possiamo affermare che il Regolamento ha portato sicuramente un'attenzione maggiore al problema dello smaltimento delle acque piovane, quantomeno per quanto riguarda i progetti di trasformazioni urbanistiche di una certa entità, tuttavia; purtroppo, tale livello di attenzione diminuisce significativamente nei piccoli progetti. Per le trasformazioni con aree ridotte e anche laddove sono previsti miglioramenti viabilistici comportanti la costruzione di nuovi tratti di strada, in maniera assolutamente conforme al Regolamento Regionale d'Invarianza non si applica alcun accorgimento al fine di limitarne gli impatti. Alla luce di tali considerazioni, derivanti le analisi sinora condotte, è stata formulata una proposta migliorativa di applicazione del Modello Portland nel contesto lombardo, poiché le scelte in materia di stoccaggio delle acque piovane non propendono quasi mai verso strutture di gestione delle acque meteoriche fondate su riuso e infiltrazione, nei casi finora esaminati le cure prevalenti sono rappresentate dalle vasche di laminazione, opere utili ad alleggerire il carico della rete idrica, ma non a mantenere la risorsa acqua nei suoli. Tuttavia, prima di entrare nel vivo della proposta migliorativa, è fondamentale approfondire la conoscenza sui soggetti coinvolti nel Regolamento d'Invarianza in Lombardia (dalla struttura della pianificazione comunale ai piani più specifici) al fine di elaborare uno scenario il più possibile realistico.

6.1 Riepilogo del contesto lombardo: la pianificazione comunale in Lombardia

La pianificazione comunale si attua attraverso il Piano di Governo del Territorio (PGT). Il PGT è composto dai seguenti atti:

- **documento di Piano**, contenente gli elementi conoscitivi del territorio e le linee di sviluppo che l'amministrazione comunale intende perseguire nonché definisce l'assetto geologico, idrogeologico e sismico, ai sensi dell'articolo 57;
- **piano dei Servizi**, si occupa delle modalità di inserimento delle attrezzature di interesse pubblico o generale nel quadro insediativo;
- **piano delle Regole** nel quale sono contenuti gli aspetti regolamentativi e gli elementi di qualità della città costruita.

La Regione Lombardia sostiene i Comuni attraverso una serie di azioni che riguardano:

- la definizione di linee strategiche regionali per il territorio lombardo contenuta nel Piano Territoriale Regionale (PTR)
- l'emanazione di delibere di indirizzi e criteri attuativi della L.R. n. 12 del 2005 "Legge per il governo del territorio" relativi ai temi della pianificazione locale.⁷⁴

6.1.1 Il ruolo del Piano di governo del Territorio (P.G.T.) in materia di invarianza idraulica

La Legge Regionale n.12 del 2005 nei suoi articoli 58 e 58bis prefigura uno scenario favorevole all'inserimento dell'invarianza idraulica nella pianificazione a scala comunale. Nel dettaglio,

⁷⁴ Fonte: Sito web di Regione Lombardia: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/enti-e-operatori/territorio/pianificazione-comunale-e-provinciale/piani-governo-territorio-pgt/piani-governo-territorio-pgt>

l'articolo 58 della L.R. 12/2005⁷⁵ stabilisce che la *“La Regione concede contributi: a) ai comuni, per la realizzazione degli studi geologici di cui all'articolo 57⁷⁶, nella misura massima del 70 per cento delle spese sostenute; qualora lo studio sia realizzato a livello di bacino idrografico da tutti i comuni appartenenti allo stesso, il contributo può raggiungere il 100 per cento delle spese sostenute; b) alle province, per gli approfondimenti conoscitivi idrogeologici propedeutici al raggiungimento delle intese di cui all'articolo 56, comma 1, lettera e)⁷⁷. 2. I contributi sono erogati sulla base di criteri e indirizzi emanati dalla Giunta regionale entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge”*, mentre l'articolo 58-bis (Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile) introdotto mediante Legge Regionale 4 del 2016 riporta quanto segue:

“1. Ai fini della presente legge si intende per:

a) invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione;

⁷⁵ I testi tra virgolette sono stati presi dal seguente link:

https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/lombardia/2005_012.htm

⁷⁶ Art. 57. (Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio)

1. Ai fini della prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, nel PGT:

a) il documento di piano contiene la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico comunale sulla base dei criteri ed indirizzi emanati dalla Giunta regionale, sentite le province, entro tre mesi dall'entrata in vigore della presente legge;

b) il piano delle regole contiene:

1) il recepimento e la verifica di coerenza con gli indirizzi e le prescrizioni del PTCP e del piano di bacino;

2) l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, secondo i criteri e gli indirizzi di cui alla lettera a), nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime aree sono assoggettate in ordine alle attività di trasformazione territoriale compresa l'indicazione di aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti, ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza, interventi di rinaturalizzazione dei siti o interventi di trasformazione urbana, PRU o PRUSST.

2. I comuni, anche attraverso intese con i comuni limitrofi, possono individuare nel documento di piano aree da destinare all'ubicazione di alloggi e servizi temporanei finalizzati a fronteggiare situazioni conseguenti ad eventi di carattere calamitoso, ovvero al trasferimento di insediamenti esistenti siti in aree soggette ad elevata pericolosità idrogeologica, individuate nel piano di bacino o da relativi piani stralcio come dissesti attivi, o nei territori delle fasce fluviali classificate all'interno dei limiti di fascia A e B. Entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge, la Giunta regionale emana criteri e modalità attuativi delle disposizioni di cui al presente comma, riferiti agli insediamenti che all'atto dell'entrata in vigore della presente legge si trovano in aree soggette ad inedificabilità per effetto delle disposizioni del piano di bacino.

⁷⁷ Art. 56. (Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano territoriale di coordinamento provinciale)

1. Per la parte inerente alla difesa del territorio, il PTCP:

a) concorre alla definizione del quadro conoscitivo del territorio regionale, con particolare riguardo ai fenomeni di dissesto idrogeologico, mediante l'aggiornamento dell'inventario regionale dei fenomeni franosi, secondo i criteri e le modalità definiti dalla Giunta regionale entro tre mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge;

b) definisce l'assetto idrogeologico del territorio, anche attraverso la realizzazione di opportuni studi e monitoraggi, sviluppando ed approfondendo i contenuti del PTR e del piano di bacino, in coerenza con le direttive regionali e dell'Autorità di bacino;

c) censisce ed identifica cartograficamente, anche a scala di maggior dettaglio, le aree soggette a tutela o classificate a rischio idrogeologico e sismico per effetto di atti, approvati o comunque efficaci, delle autorità competenti in materia;

d) indica, per tali aree, le linee di intervento, nonché le opere prioritarie di sistemazione e consolidamento con efficacia prevalente ai sensi del comma 2 dell'articolo 18;

e) assume il valore e gli effetti dei piani di settore, in caso di stipulazione delle intese di cui all'articolo 57 del d.lgs. 112/1998;

f) determina, in conseguenza delle intese di cui alla lettera e), nonché sulla base del quadro delle conoscenze acquisito, l'adeguamento e l'aggiornamento degli atti di tutela delle autorità competenti;

g) propone modifiche agli atti di tutela delle autorità competenti, secondo le procedure previste dalla normativa vigente;

h) costituisce riferimento per la coerenza dei dati e delle informazioni inerenti all'assetto idrogeologico e sismico contenute nei piani di governo del territorio con gli indirizzi regionali.

b) *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;

c) *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.

2. I principi di invarianza idraulica e idrologica si applicano agli interventi edilizi definiti dall'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f), del d.P.R. n. 380/2001⁷⁸ e a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5. Sono compresi gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi.

(comma così modificato dall'art. 14, comma 1, legge reg. n. 14 del 2016)

3. Al fine di non aggravare le condizioni di criticità idraulica dei corpi idrici recettori delle acque meteoriche urbane, nel PGT:

a) il documento di piano stabilisce che le trasformazioni dell'uso del suolo comportanti variazioni di permeabilità superficiale debbano rispettare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile. Tali principi vanno rispettati anche per le aree già urbanizzate oggetto di interventi edilizi, così come stabiliti nel regolamento di cui al comma 5;

b) il piano dei servizi individua e definisce le infrastrutture pubbliche necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, secondo quanto stabilito dal regolamento di cui al comma 5.

4. Il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e i metodi stabiliti con il regolamento regionale di cui al comma 5. Il regolamento edilizio recepisce i criteri e i metodi di cui al primo periodo entro sei mesi dalla pubblicazione del regolamento regionale di cui al comma 5 nel Bollettino ufficiale della Regione Lombardia. Decorso inutilmente il termine di cui al secondo periodo, i comuni sono comunque tenuti a dare applicazione alle disposizioni del regolamento regionale.

5. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge regionale recante (Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua), la Giunta regionale, sentite le rappresentanze degli enti locali e di altri soggetti competenti con professionalità tecnica in materia, approva un regolamento contenente criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica. Il regolamento acquista efficacia alla data di recepimento dello stesso nel regolamento edilizio comunale di cui al comma 4, o, al più tardi, decorso il termine di sei mesi di cui al medesimo comma 4. Il regolamento definisce, tra l'altro:

a) ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del grado di impermeabilizzazione dei suoli, delle condizioni idrogeologiche delle aree e del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;

b) il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;

c) modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito di cui all'articolo 48, comma 2, lettera b), della l.r. 26/2003, nonché tra le disposizioni del regolamento di cui al presente comma e la normativa in materia di scarichi di cui all'articolo 52,

⁷⁸ Art. 3 (L) - Definizioni degli interventi edilizi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

comma 1, della stessa l.r. 26/2003, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica;

d) misure differenziate per le aree di nuova edificazione e per quelle già edificate, anche ai fini dell'individuazione delle infrastrutture pubbliche di cui al piano dei servizi;

e) indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;

f) gli opportuni meccanismi di incentivazione edilizia e urbanistica anche ai sensi dell'articolo 4, comma 9, della legge regionale 28 novembre 2014, n. 31 (Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato), attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi della invarianza idraulica o idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile;

g) la possibilità per i comuni di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi di cui al comma 2 previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche come specificato nel regolamento regionale di cui al presente comma, in ragione delle quali sia dimostrata l'impossibilità a ottemperare ai principi di invarianza direttamente nelle aree oggetto d'intervento. Il valore della monetizzazione è pari al volume d'acqua, in metri cubi, che è necessario trattenere per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica calcolato secondo quanto previsto dal regolamento regionale di cui al presente comma, moltiplicato per il valore medio del costo unitario di una vasca di volanizzazione o di trattenimento/disperdimento. I proventi della monetizzazione sono introitati dai comuni. I comuni destinano tali risorse al finanziamento di interventi necessari per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica di cui al presente articolo. I comuni procedono direttamente alla progettazione e realizzazione delle opere o ne affidano l'attuazione ai gestori d'ambito del servizio idrico integrato se compatibile con la convenzione di affidamento.

6. Al fine di ridurre il degrado qualitativo delle acque e i fenomeni di allagamento urbano il Piano di tutela delle acque favorisce lo sviluppo di sistemi di drenaggio urbano sostenibile.

7. Le disposizioni previste dal regolamento regionale di cui al comma 5 sono recepite nei Piani di Governo del Territorio (PGT) approvati ai sensi dell'articolo 5, comma 3, della l.r. 31/2014.”

Come sopra riportato, la Legislazione Lombardia, negli anni si è aggiornata in materia di invarianza idraulica, tuttavia, pur prefigurando uno scenario favorevole all'inserimento della medesima nella pianificazione a scala comunale, non prevede ancora strumenti di verifica atti a controllare che, almeno i comuni classificati ad alto rischio, siano dotati di studi idrologici e idropedologici atti a garantire le migliori scelte sul territorio. A tal proposito, si potrebbe fare l'esempio di Bergamo, in cui in assenza di una vera e propria carta di permeabilità dei suoli, le scelte in materia di invarianza idraulica derivano da studi spesso poco approfonditi rispetto alle caratteristiche idropedologiche dei suoli.

6.1.2 Il ruolo della VAS

La valutazione ambientale strategica (VAS) è una procedura che si applica ad alcuni piani e programmi che possono avere impatti significativi sull'ambiente.

Nasce con l'obiettivo di garantire la sostenibilità ambientale delle scelte dei piani e dei programmi che le Amministrazioni intendono attuare: ovvero un utilizzo accorto delle risorse naturali, la tutela ed il miglioramento della qualità dell'ambiente, del paesaggio e del patrimonio culturale, la protezione della salute umana.

Per i piani previsti dalla Legge che riguardano piccole aree o modifiche minori è prevista una procedura di “Verifica di assoggettabilità a VAS”, tale procedura è finalizzata a stabilire la necessità o meno della valutazione ambientale, tale verifica può concludersi quindi o con l'esclusione dal procedimento di VAS o con la decisione di assoggettare il Piano ad una procedura di VAS.

Durante questa procedura i cittadini hanno 30 giorni di tempo dalla data di messa a disposizione per presentare le proprie osservazioni di tipo ambientale consultando il Rapporto preliminare⁷⁹.

Al fine di motivare le scelte e verificarne la compatibilità in senso ambientale e di sicurezza, sarebbe opportuno avere a disposizione degli studi idrologici approfonditi, altrimenti affidandosi a studi più superficiale il rischio di sottostimare le potenzialità negative di un'opera potrebbe diventare realtà.

6.2 Il ruolo del gestore del servizio idrico

La legge 36/1994 “Legge Galli”⁸⁰ ha permesso l'accorpamento in un unico schema coordinato i servizi dei vari settori del ciclo delle acque (captazione, adduzione, distribuzione, collettamento fognatura e depurazione). Il Servizio Idrico Integrato (SII) e il Gestore del SII Il Servizio Idrico Integrato consistono nell'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione d'acqua ad usi civili, di fognatura e di depurazione delle acque reflue. Il Gestore è il soggetto a cui è stata affidata, dalle Autorità di Ambito territoriali mediante convenzione, la gestione del servizio perseguendo obiettivi di: efficienza, efficacia ed economicità nonché di miglioramento della qualità ambientale. Inoltre, il Gestore ha la responsabilità di eseguire gli investimenti sulla rete e sugli impianti che sono stati definiti nella Convenzione e nel relativo Piano economico-finanziario quinquennale.

Il gestore del servizio idrico nel comune di Bergamo è “Uniacque”, una società interamente pubblica costituita il 20 marzo 2006 per la gestione in house del servizio idrico integrato sulla base dell'affidamento effettuato dall'Autorità d'ambito della provincia di Bergamo per una durata di 30 anni a decorrere dal 1° gennaio 2007.

In ottemperanza al Regolamento Regionale d'invarianza idraulica nella suddetta società nel suo Regolamento del servizio idrico all'art.67 prescrive quanto segue:

1. Nel rispetto del R.R. n. 7/2017 e s.m.i. (invarianza idraulica), il controllo e la gestione delle acque meteoriche è effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso.

2. Devono essere adottate tutte le soluzioni atte a ridurre le portate meteoriche circolanti nelle reti fognarie, prevedendo una raccolta separata delle acque non suscettibili di contaminazione ed il loro smaltimento deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

a) riuso dei volumi stoccati;

b) infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;

c) scarico in corpi idrici naturali o artificiali, con limiti di portata secondo l'art. 8 del R.R. n. 7/2017 e s.m.i.;

d) scarico in fognatura (acque bianche o miste) a portata controllata.

3. Ai sensi del R.R. n. 7/2017 art. 8 comma 2, il gestore può imporre limiti più restrittivi, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore, a tutela della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

4. Nelle reti di fognatura separata (fognatura acque bianche) sono ammesse le acque meteoriche di dilavamento provenienti da strade, parcheggi e similari, piazzali di sosta e movimentazione automezzi anche privati, con Q_{max} scaricata entro il limite:

⁷⁹ documento che serve a comprendere se il Piano che si deve redigere possa prevedere azioni con eventuali effetti negativi sull'ambiente e se, quindi, è necessario o meno sottoporlo ad una procedura VAS. Fonte: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioServizio/servizi-e-informazioni/cittadini/tutela-ambientale/valutazione-ambientale-strategica-vas/valutazione-ambientale-strategica-vas#:~:text=Il%20procedimento%20di%20valutazione%20ambientale%20strategica%20VAS%20costituisce,e%20la%20partecipazione%20della%20cittadinanza%20nei%20processi%20decisionali.>

⁸⁰ Legge 5 gennaio 1994, n. 36 Disposizioni in materia di risorse idriche, nel capitolo secondo definisce la gestione del Servizio Idrico

- 10 l/sec per ha di superficie scolante impermeabile per i comuni ricadenti in area A di cui al comma 3 dell'articolo 7 del RR 7/2017;
- 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile per i comuni ricadenti in area B di cui al comma 3 dell'articolo 7 del RR 7/2017;
- 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile per i comuni ricadenti in area C di cui al comma 3 dell'articolo 7 del RR 7/2017;

5. Nel caso Uniacque accerti l'impossibilità tecnica allo smaltimento in corpo idrico superficiale o su suolo/strati superficiali del sottosuolo, in deroga a quanto disciplinato sopra, può essere ammesso lo smaltimento delle acque meteoriche non contaminate nelle reti fognarie miste, con Q_{max} scaricata entro il limite di 10 l/sec per ha di superficie scolante impermeabile o entro limiti più restrittivi imposti dal gestore, qualora sia limitata la capacità idraulica della fognatura.

A seguire, con l'articolo 72 prevede che:

“La richiesta per servizio di fognatura deve essere presentata per:

a) nuovo allacciamento fognario;

b) modifica della rete interna per insediamenti già allacciati;

c) variazione della qualità e/o aumento della quantità delle acque scaricate”

e secondo l'articolo 75 prevede che *“Uniacque esamina la regolarità della richiesta di cui all'Art. 72 -, valuta gli elaborati tecnici ed i documenti allegati, verifica la conformità delle opere previste alle disposizioni normative e regolamentari vigenti, anche in materia di invarianza idraulica e idrologica e richiede il versamento dei corrispettivi previsti per gli oneri istruttori e l'esecuzione di lavori”*

6.3 Il ruolo del Piano di Tutela delle acque⁸¹

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è lo strumento che regola le risorse idriche in Lombardia, mediante la pianificazione della tutela qualitativa e quantitativa delle acque. La legge regionale n. 26 del 12 dicembre 2003⁸² individua le modalità di approvazione del PTA previsto dalla normativa nazionale. Sebbene non tratti il tema dell'invarianza, ma si occupi della gestione e tutela dei corsi d'acqua, anch'esso muove verso una visione della gestione delle acque in linea alla visione comunitaria

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è formato da:

- Atto di Indirizzo, include gli indirizzi strategici regionali in materia di pianificazione delle risorse idriche;
- Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA), rappresenta, di fatto, il documento di pianificazione e programmazione delle misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale⁸³

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è stato approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017, pubblicata sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia n. 36, Serie Ordinaria, del 4 settembre 2017.

⁸¹ Tale capitolo è stato scritto prendendo spunto dal seguente link: <https://www.pgt.comune.milano.it/vasraall1-quadro-pianificatorio-e-programmatico-di-riferimento/2-pianiprogrammi-di-livello-regionale/212-piano-di-tutela-delle-acque-e-programma-di-tutela-e-uso-delle-acque>

⁸² LEGGE REGIONALE 12 dicembre 2003, N. 26 Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche

⁸³ Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 III A. Relazione di piano di cui al sito web:

https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2015/Sezione_A/Relazioni/Parte_3A/3A_RELAZIONE_Primo_PGRA_2015-2021.pdf

Il PTA costituisce la revisione del PTUA 2006, approvato con d.g.r. n. 2244 del 29 marzo 2006. Il Piano di Tutela delle Acque (PTA) è un atto comprensivo delle diverse discipline che riguardano alla pianificazione della tutela della risorsa idrica. La pianificazione è contraddistinta da un approccio, in linea con la disciplina comunitaria, per aree di bacino idrografico e con la necessità di tener conto del livello più appropriato per la gestione delle acque. Indispensabile è l'impegno all'integrazione delle politiche per le acque con le altre politiche, tra cui la gestione del rischio idraulico, la pianificazione urbanistica, la protezione civile, la gestione del demanio idrico, l'agricoltura, l'energia, le infrastrutture e trasporti e la tutela della salute del cittadino. Risulta quindi indispensabile garantire un impegno straordinario per limitare gli ulteriori fattori di impatto e ottenere invece un miglioramento, superando il divario esistente tra lo stato ambientale delle risorse idriche e gli obiettivi di qualità indicati dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE).

Il PTUA indica gli obiettivi di qualità da perseguire per ciascun corpo idrico, definiti considerando gli obiettivi strategici della Regione, gli obiettivi previsti in linea generale dalla legislazione comunitaria e nazionale, oltre che degli ulteriori obiettivi definiti dal Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po.

Gli obiettivi strategici della proposta del nuovo PTA sono:

- promuovere l'uso razionale e sostenibile delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- assicurare acqua di qualità, in quantità adeguata al fabbisogno e a costi sostenibili per gli utenti;
- recuperare e salvaguardare le caratteristiche ambientali degli ambienti acquatici e delle fasce di pertinenza dei corpi idrici;
- promuovere l'aumento della fruibilità degli ambienti acquatici nonché l'attuazione di progetti e buone pratiche gestionali rivolte al ripristino o al mantenimento dei servizi ecosistemici dei corpi idrici;
- ripristinare e salvaguardare un buono stato idromorfologico dei corpi idrici, temperando la salvaguardia e il ripristino della loro qualità con la prevenzione dei dissesti idrogeologici e delle alluvioni.⁸⁴

⁸⁴ Fonte: <https://www.pgt.comune.milano.it/vasraall1-quadro-pianificatorio-e-programmatico-di-riferimento/2-pianiprogrammi-di-livello-regionale/212-piano-di-tutela-delle-acque-e-programma-di-tutela-e-uso-delle-acque>

7 Proposta migliorativa di applicazione del modello Portland nel contesto lombardo

7.1. Nuovi criteri di rappresentazione cartografica per l'invarianza idraulica

Il Regolamento regionale d'invarianza Idraulica n°7/2017 all'art.14 stabilisce l'integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica, tale integrazione consiste nella stesura di due documenti:

- studio comunale di gestione della pericolosità idraulica, comprende:
 - determinazione eventi di riferimento per T = 10, 50, 100 anni
 - individuazione dei ricettori presenti nel territorio comunale
 - modellazione idrodinamica per la ricostruzione delle aree soggette ad allagamenti
 - indicazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica
 - indicazione delle misure non strutturali di riduzione delle condizioni di rischio
- documento semplificato del rischio idraulico comunale, comprende:
 - delimitazione delle aree a rischio idraulico in base a documentazioni, studi e piani esistenti
 - individuazione delle aree da riservare per le misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica
 - indicazione delle misure non strutturali di riduzione delle condizioni di rischio

Nella proposta migliorativa “Modello Portland-Lombardia” si consigliano nuovi studi specifici derivanti dalla combinazione delle carte geologiche già presenti nei vari Uffici Tecnici Comunali, l'obiettivo è poter arrivare a redigere delle mappe specifiche atte a classificare la permeabilità dei suoli in modo da disporre di indicazioni attendibili sulle caratteristiche dei suoli durante la fase di scelta del sistema di smaltimento delle acque piovane. Attualmente nelle regioni Italiane, vi sono soltanto delle carte geo ambientali derivanti da analisi di base e da altre fonti informative (ad esempio dati ASL, studi preparatori ai Piani Paesistici), condotte attraverso processi di sintesi pluridisciplinare e quindi la permeabilità dei suoli che viene desunta da queste ultime si basa essenzialmente sulle carte litologiche, alle quali vengono aggiunte considerazioni sulle condizioni di alterazione e fratturazione delle rocce e sulla granulometria dei depositi.

Invece, nel caso di Portland, sul sito “Mappe di Portland” per ogni indirizzo della città viene determinato se è possibile l'infiltrazione in loco totale, parziale o in rete pubblica fognaria. Trattasi di una carta derivante dai sondaggi e prove in loco messe insieme nel corso degli anni, tale metodologia consente di avere uno spaccato attendibile delle caratteristiche sulla stratigrafia dei suoli per ogni angolo della città.

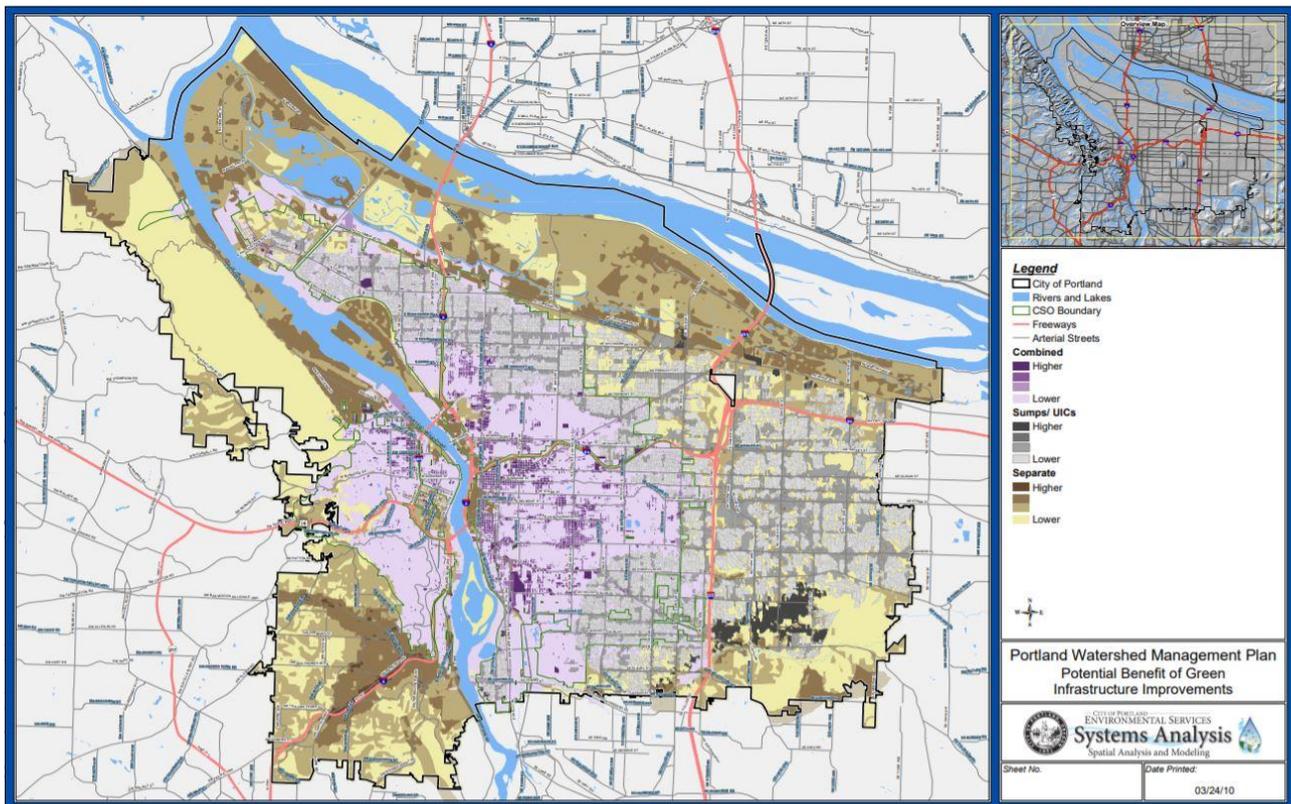


Figura 55: Piano di gestione del bacino idrografico di Portland. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

La mappa soprariportata mostra le caratteristiche dei suoli di Portland e viene usata per determinare i corpi recettori per le strutture delle acque piovane previsti in città e dove i miglioramenti delle infrastrutture verdi (piantumazione di alberi, strade verdi, ecotetti, ripristino dei corsi d'acqua) potrebbero fare la differenza riducendo il deflusso o migliorando lo stato delle acque mediante infiltrazione.

La città di Portland gestisce le acque piovane in 3 aree:

- i vecchi quartieri di Portland hanno un sistema fognario combinato, che raccoglie il deflusso delle acque piovane dalle strade e le acque reflue dagli edifici negli stessi tubi. La maggior parte di questa miscela fluisce nell'impianto di trattamento.
- in gran parte di Portland, a est della 52nd Avenue o a nord di Fremont Street, il deflusso delle acque piovane scorre nel terreno tramite pozzetti, noti anche come impianti di controllo dell'iniezione sotterranea (UIC). I pozzetti sono tubi verticali perforati solitamente collegati a pozzetti di sedimentazione che aiutano a rimuovere gli inquinanti. I tombini di sedimentazione raccolgono l'acqua piovana, consentendo ai solidi di depositarsi sul fondo e intrappolando oli e grassi nel tombino prima che l'acqua piovana trattata scorra nel pozzetto e percola nel terreno. Nelle aree in cui le acque sotterranee sono elevate, la città sta ridisegnando alcuni UIC e sostituendo altri con fossi e altre strutture di gestione delle acque piovane verdi per aumentare la distanza tra il fondo dell'UIC e le acque sotterranee. Questi tipi di strutture forniscono le acque sotterranee che forniscono acqua fresca e pulita a fiumi e torrenti.
- il resto della città ha un sistema fognario separato. Le fognature sanitarie trasportano le acque reflue dagli edifici all'impianto di trattamento e il deflusso delle acque piovane ai corsi d'acqua attraverso tubi pubblici e privati, drenaggi, falde e altri convogliatori di acque piovane. Il deflusso delle acque piovane non adeguatamente gestito può causare l'erosione degli argini dei corsi d'acqua, frane e inondazioni e danneggiare la qualità dell'acqua.

Inoltre, la città di Portland sta investendo in progetti di gestione delle acque piovane che imitano la natura e gestiscono le acque piovane alla fonte, in termini progettuali, tali progetti consistono nella costruzione di fossi, giardini pluviali e altre strutture di gestione delle acque piovane verdi riducono il deflusso delle acque piovane e filtrano i sedimenti e altri inquinanti. Questi progetti aiutano anche la città a soddisfare i regolamenti federali del Clean Water Act volti a ripristinare e mantenere la salute di fiumi, torrenti, laghi e zone umide.

In alcune aree, la riqualificazione migliora le condizioni ambientali sostituendo aree di parcheggio, pavimentazione, tetti convenzionali e altre aree impermeabili con impianti di acqua piovana piantumati come strade verdi, fossi o ecotetti. Queste strutture rallentano e riducono il deflusso delle acque piovane. Alberi e altra vegetazione possono anche abbellire, ombreggiare e rinfrescare il sito e fornire l'habitat per uccelli e impollinatori nativi.

Nel contesto lombardo, il massimo che è stato fatto, è l'inserimento delle mappe di rischio idraulico in alcuni comuni a livello regionale, trattasi prevalentemente dei comuni dell'hinterland Milanese e pochissimi altri, non certo di una prassi generalizzata.

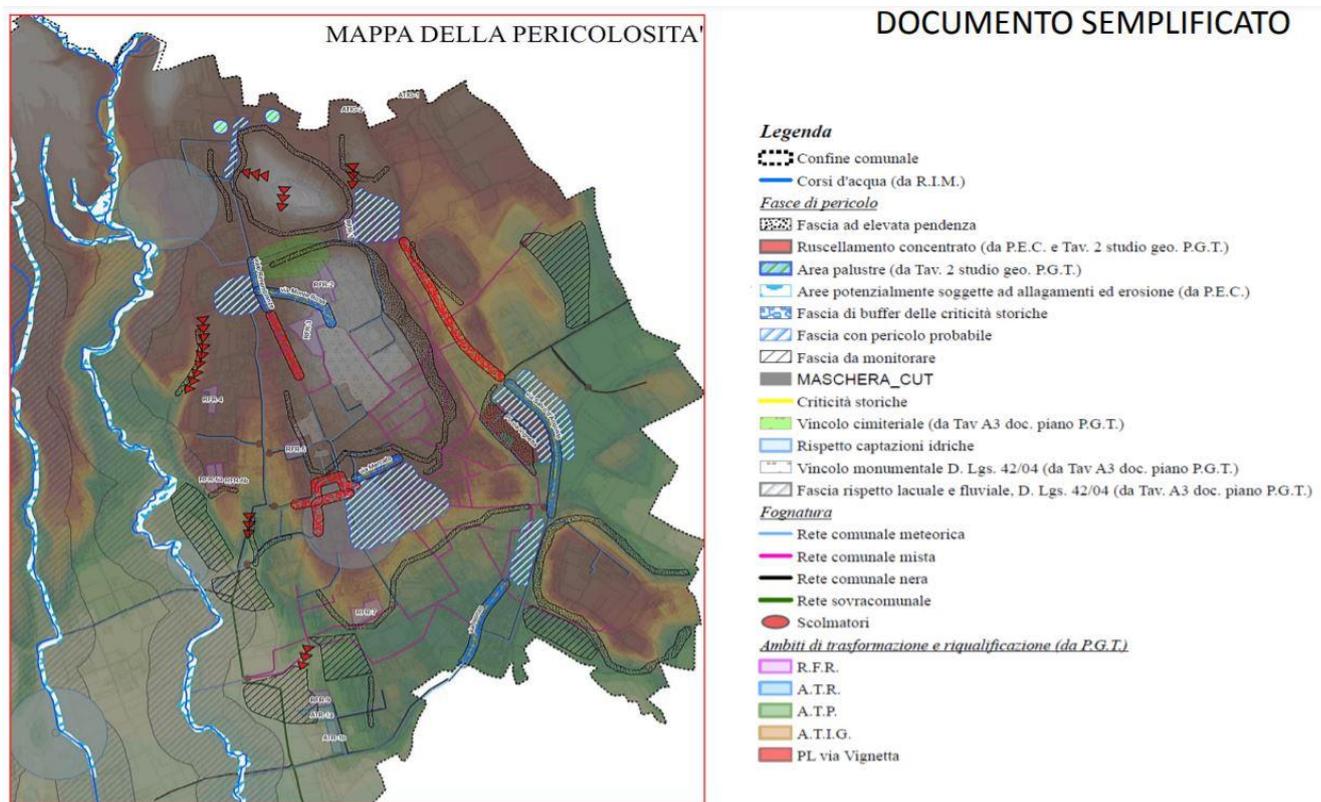


Figura 56: Piano di gestione del rischio, Mappa della pericolosità del comune di Appiano Gentile. Fonte: Sito web del Comune di Appiano Gentile

7.2 L'inserimento dei miglioramenti dei lavori pubblici nei criteri d'invarianza

Come si è visto in alcune delle pratiche d'invarianza esaminate, le opere di potenziamento di un'infrastruttura viabilistica, malgrado comportino la sottrazione di aree permeabili o semipermeabili, non vengono considerate nei calcoli di dimensionamento per gli impianti di gestione delle acque meteoriche, tantomeno per eseguire alcuna opera di mitigazione.

In tal senso, invece, il codice della città di Portland definisce Standard minimi di pavimentazione per

aree di parcheggio e garage per autovetture e autocarri che non superano la capacità di 1/2 tonnellata e passi carrai che servono strutture di 150 piedi, Standard minimi di pavimentazione per passi carrai al servizio di strutture a più di 150 piedi da una migliore carreggiata pubblica e Standard minimi di pavimentazione per autocarri con capacità superiore a 1/2 tonnellata e altri veicoli.

Il Portland Bureau of Transportation (PBOT) ha un'ampia autorità di codice sui miglioramenti pubblici nel diritto di passaggio pubblico sotto Titolo 17 e Titolo 33 del codice della città di Portland. I miglioramenti delle strade richiesti come condizione per lo sviluppo spesso portano un progetto a dover soddisfare anche i requisiti SWMM. I miglioramenti delle strade e delle acque piovane nel diritto di passaggio pubblico richiesti come condizione per l'approvazione sono spesso realizzati e richiedono il permesso di lavori pubblici.

Il codice della città di Portland disciplina l'accesso, l'allacciamento e l'uso, la costruzione, la modifica, la manutenzione, la riparazione o la rimozione dei componenti della rete fognaria, della rete fognaria e dei sistemi di drenaggio della città e delle loro servitù. Sono disciplinati anche il drenaggio e la qualità delle acque per disciplinare la raccolta, il convogliamento e lo smaltimento degli scarichi sanitari e delle acque meteoriche di proprietà pubbliche e private.

È stabilito che è illegale per chiunque intraprendere le seguenti azioni senza aver prima ottenuto l'autorizzazione dal Direttore e l'approvazione del Capo Ingegnere BES tramite permesso, contratto o altro accordo legale e pagando le tariffe applicabili.

Prevede che in caso di necessità di riparazione di emergenza di una rete fognaria cittadina o di un componente del sistema di drenaggio per proteggere la salute pubblica, la sicurezza o l'ambiente, la persona che effettua la riparazione può iniziare i lavori senza prima ottenere un permesso. Stabilisce che la riparazione di fognature non conformi situate in un diritto di passaggio pubblico o in una servitù della città è vietata a meno che l'ingegnere capo BES non determini che è nell'interesse pubblico consentire la permanenza del sistema non conforme.

Si ipotizza quindi una “**Procedura di miglioramento locale**” al cui interno andranno definiti i seguenti interventi, oggi non soggetti all’invarianza, a cui gli uffici tecnici saranno tenuti a chiedere il rispetto della normativa in base alle caratteristiche specifiche dei singoli progetti. Le tipologie di interventi minori che si consiglia fortemente di sottoporre al Regolamento d’Invarianza n°7/2017 sono le seguenti:

- **strade carrabili strutturali:** s’intende un vialetto strutturale è qualsiasi struttura destinata a fornire l'accesso veicolare al parcheggio e allo spazio di manovra su proprietà privata da un diritto di passaggio pubblico.
- **marciapiedi e passi carrai:** per "marciapiede" si intende la porzione di strada destinata alla fruizione dei pedoni. A meno che l'area stradale non sia stata designata come area pedonale, o a meno che l'intera strada non sia stata destinata principalmente all'uso pedonale, ai fini del presente capitolo, per "marciapiede" si intende la parte di una strada sul lato della stessa destinata all'uso di pedoni, migliorata dalla pavimentazione.

La **Procedura di miglioramento locale** si articola nei seguenti passaggi:

- 1) definizioni e ambiti dei doveri, nel contesto italiano l’ufficio responsabile coinciderebbe con l’Ufficio Tecnico che a sua volta potrà individuare un responsabile per la valutazione di ogni singolo progetto di miglioramento locale;
- 2) tale responsabile del miglioramento locale dovrà occuparsi dei seguenti punti:
 - preparare una petizione per un progetto di miglioramento locale e determinare la validità della medesima, a seconda dei casi;
 - raccomandare al Comune una metodologia di valutazione per un progetto di miglioramento locale;
 - analizzare la fattibilità finanziaria di un progetto di miglioramento locale prima della

- formazione;
- preparare e depositare una Delibera d'Intenti per la formazione di un progetto di miglioramento locale;
 - pubblicazione e affissione di avvisi di un progetto di Miglioramento Locale;
 - presentare modifiche significative e materiali all'ambito o al costo dei miglioramenti al Consiglio comunale;
 - determinazione del costo totale del progetto di miglioramento locale;
 - pubblicazione e affissione avviso di accertamento finale per un distretto di miglioramento locale;
 - preparazione e deposito dell'Ordinanza di valutazione finale per un distretto di miglioramento locale;
 - rispondere alle obiezioni contro la valutazione finale di un distretto di miglioramento locale; e di qualsiasi altro lavoro relativo all'elaborazione o al completamento dei distretti di miglioramento locale.

7.3 Requisiti specifici per le strutture pubbliche

Si propone altresì l'inserimento di una sezione inerente alle linee guida e ai requisiti di progettazione specifici della struttura per le strutture pubbliche per le acque piovane: strutture a superficie vegetata (cioè strade verdi), pozzetti, tecnologie di trattamento delle acque piovane fabbricate, pavimentazione permeabile, alberi, strisce filtranti e detenzioni strutturate. Come esempio vedasi i dettagli nel **Capitolo 3.8.1 Strutture in superficie con vegetazione (strade verdi)** in cui sono state descritte dettagliatamente le linee guida della progettazione delle strade verdi presente nel Manuale di Gestione delle Acque piovane della città di Portland, in aggiunta a quanto già descritto nei capitoli precedenti sopra specificati, riporto vi sono anche indicazioni in merito alla progettazione di Circolazione pedonale: Barriere e Marciapiedi pedonali.

7.3.1 Circolazione pedonale

Se un'intersezione è un passaggio pedonale contrassegnato, la segnaletica per il passaggio pedonale perpendicolare alla struttura deve essere allineata con il bordo della struttura o tirata indietro dalla struttura per impedire a un pedone ipovedente di entrare nella struttura. Vedasi le figure allegate nella pagina successiva e relative didascalie.

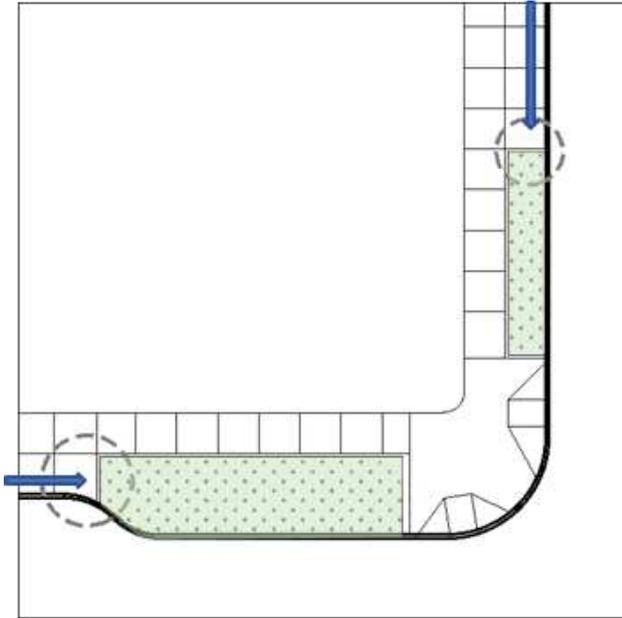


Figura 57: Esempio di situazione accettabile: strisce pedonali allineate alle aree pedonali. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

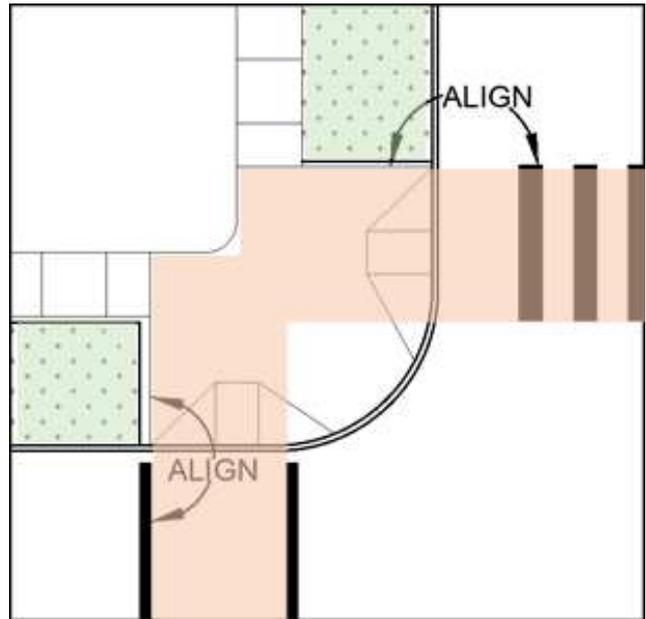


Figura 58: Esempio di situazione inaccettabile: le strisce pedonali portano alle strutture per le acque piovane. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

Un progetto con un marciapiede che conduce in una struttura (Figura 51) può essere pericoloso per i pedoni che si aspettano che il marciapiede continui. Deve essere prevista una modalità di transizione o una barriera tra la fine del marciapiede e la struttura, ad esempio piantare un albero o utilizzare un altro paesaggio sul piano terra; installazione di un'insegna o di un palo di alimentazione/luce, se necessario nel luogo; o l'installazione di una barriera di tipo ringhiera (vedere la Figura 50).

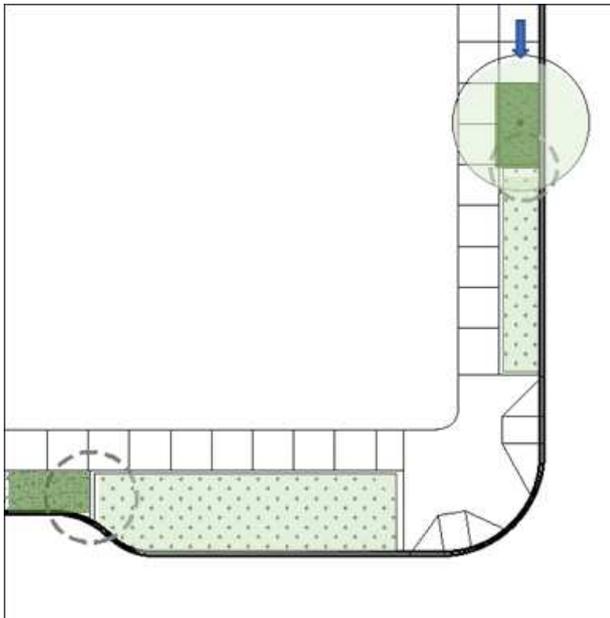


Figura 59: Esempio situazione accettabile: paesaggio, albero, palo o barriera indica il margine della struttura. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

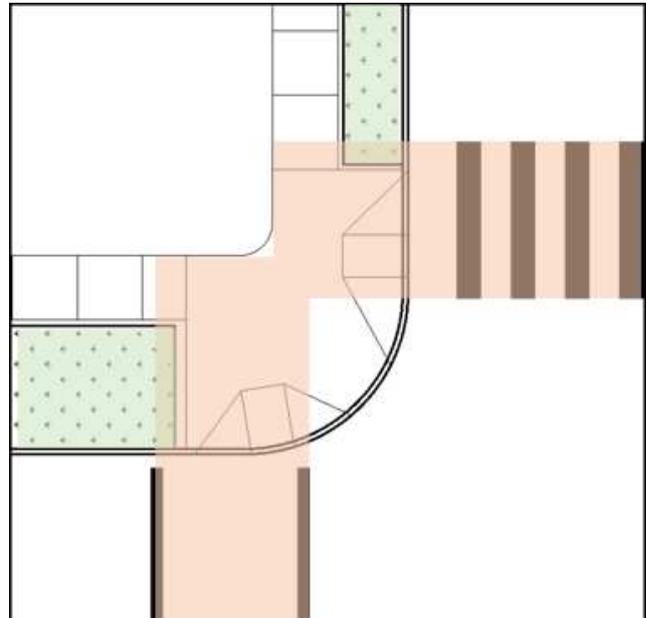


Figura 60: Esempio di situazione inaccettabile: marciapiede che conduce a un impianto di raccolta delle acque piovane. Fonte: Storm Water Management (SWMM)

7.3.2 Barriere

L'interfaccia tra le strutture per le acque piovane e le aree pedonali richiede considerazioni di progettazione. La transizione è tipicamente realizzata con una pendenza 3:1 o un muro di fioriera con un cordolo alto almeno 4 pollici (circa 10cm) lungo il marciapiede. In alcuni casi, possono essere necessarie barriere o un corrimano pedonale in aggiunta o al posto del cordolo da 4 pollici. I luoghi in cui è necessario considerare una separazione aggiuntiva nella progettazione prevedono la realizzazione di strutture adiacenti alle fermate di transito e dove un marciapiede conduce a una struttura. Inoltre è prescritto di prendere in considerazione l'utilizzo di elementi tipici nella scelta degli elementi di arredo urbano come ad esempio una striscia di piantagione, un albero stradale o un palo di servizio.

7.3.3 Marciapiedi esistenti

Le strade verdi sono spesso installate come forma di ammodernamento in lungo i marciapiedi. Durante la costruzione di strade verdi, i marciapiedi devono essere riparati dove la nuova costruzione incontra il marciapiede esistente. Molti marciapiedi esistenti sono vecchi e incapaci di sopportare anche il minimo disturbo adiacente o carichi di costruzione. Addirittura nel manuale di Portland è previsto che il proprietario dell'immobile adiacente è responsabile in base al codice della città per la manutenzione e la riparazione del marciapiede, e, in caso di riparazione, deve essere ripristinato in condizioni pari a quelle esistenti prima della costruzione.

7.3.4 Accesso per la manutenzione

Quando si progettano strutture lungo le strade, bisogna considerare la sicurezza del personale di manutenzione futuro e la logistica di accesso alla struttura per eseguire la manutenzione. Più nel dettaglio vi sono due condizioni a cui sottostare:

- 1) **distanza massima dal parcheggio:** La struttura non deve trovarsi a più di 200 piedi (60 metri) da un parcheggio legale per consentire al personale di manutenzione di parcheggiare vicino alla struttura. Per i siti senza parcheggi nelle vicinanze, dovrebbero essere prese in considerazione opzioni alternative (ad esempio, l'installazione di un cordolo montabile e marciapiedi ispessiti per consentire il parcheggio temporaneo dei veicoli).
- 2) **ammortizzatore di traffico:** Per le strutture mediane o senza un marciapiede adiacente, si deve considerare una battuta d'arresto asfaltata di 2 piedi (0,5 metri) da un veicolo o una corsia di transito che si trova all'interno o all'esterno della struttura. La battuta d'arresto esterna deve essere a strisce.

7.3.5 Sviluppo futuro

Il potenziale di sviluppo della proprietà adiacente dovrebbe essere considerato quando si posizionano le strutture. Ad esempio, un lotto non sviluppato o sottosviluppato potrebbe richiedere in futuro un vialetto d'accesso, che potrebbe entrare in conflitto con un impianto di acque piovane di superficie.

7.3.6 Attenzione agli alberi:

In relazione ai tempi che stiamo vivendo, in cui la Comunità Europea sta lottando molto per ridurre le emissioni di anidride carbonica, non si possono non prendere in considerazione le diverse configurazioni delle strutture che offrono l'opportunità di preservare gli alberi stradali esistenti e massimizzare le opportunità di piantumazione di nuovi alberi stradali.

Gli alberi funzionali esistenti dovrebbero essere rimossi solo in circostanze straordinarie e proteggere alberi e radici durante la costruzione di una struttura adiacente devono diventare dei punti chiavi di un regolamento in questo periodo.

Gli spazi per i nuovi alberi a chioma di grandi dimensioni dovrebbero essere massimizzati. Dare priorità ai luoghi di impianto al di fuori delle strutture per le acque piovane. Ci sono molte considerazioni per la selezione dell'albero. La piantumazione di alberi in strada deve rispettare i determinati requisiti di sicurezza stradale. Gli alberi nuovi ed esistenti possono aiutare a ridurre le dimensioni dell'impianto di raccolta delle acque piovane richiesto.

La scelta dell'albero deve essere adatta alla larghezza dell'impianto di raccolta delle acque piovane e in conformità con gli elenchi di piantagione di alberi in strada approvati dalla silvicoltura urbana per garantire la massima copertura potenziale degli alberi unitamente alla lotta alle specie arboree invasive e infestanti.

7.4 Indicazioni sui test di infiltrazione e relative indagini del sottosuolo

Amnesso che l'obiettivo principale dei test di infiltrazione e delle relative indagini del sottosuolo dovrebbe essere quello di determinare la possibilità delle acque meteoriche del sito ad infiltrarsi nel sottosuolo. Noi ipotizziamo che il Piano delle Regole preveda che il Comune possa richiedere test di infiltrazione e/o indagini del sottosuolo prima e durante l'uso del suolo e la revisione dei permessi. I test eseguiti per una proposta di divisione del suolo o revisione dell'uso del suolo possono essere utilizzati nella fase del permesso di costruzione. In genere quando si ha a che fare con casi i cui volumi di laminazione vengono calcolati secondo l'approccio semplificato (requisiti minimi o delle sole piogge) non si richiedono test di infiltrazione, tuttavia per essere sicuri di aver compiuto la scelta più sostenibile possibile, le caratteristiche del suolo andrebbero conosciute più approfonditamente in quanto potrebbero aver bisogno di indagini e test più approfonditi: nelle aree in cui si prevede che l'infiltrazione sia fattibile, addirittura il Comune dovrebbe richiedere indagini e test a una profondità di 10 metri sotto la superficie del suolo.

Rimane comunque possibile la rinuncia alle indagini del sottosuolo laddove l'ufficio competente ritiene che le informazioni esistenti sul sottosuolo e sull'infiltrazione siano sufficienti o se il richiedente dimostra che i vincoli del sito precludono l'infiltrazione. Possono essere presi in considerazione i record di precedenti indagini presso o vicino al sito.

7.4.1 Indagine dalla profondità alla falda acquifera

L'analisi del suolo dalla profondità alla falda acquifera viene utilizzata per misurare e descrivere adeguatamente le condizioni del sito negli strati sottostanti e circostanti l'impianto di infiltrazione proposto. I registri di perforazione e le indagini sulla profondità delle acque sotterranee che tale indagine comporta, devono essere completati da un ingegnere geotecnico autorizzato, un geologo tecnico certificato o un geologo registrato. Questo tipo di analisi richiede i seguenti passaggi:

1. per gli impianti di acqua piovana con una profondità totale proposta di 1,5 metri o meno, far avanzare la perforazione a un minimo di 5 piedi al di sotto del fondo del proposto impianto di acque piovane; per gli impianti di acqua piovana più profondi di 1,5 metri, far avanzare la perforazione ad almeno 6 metri sotto il fondo dell'impianto di acqua piovana proposto. Fornire un campionamento continuo del suolo e seguire protocolli appropriati.
2. prelevare un campione di materiale al di sotto della struttura dell'acqua piovana entro 1,5 m dal fondo in cui è proposta l'infiltrazione e condurre un'analisi della gradazione delle particelle per determinare il contenuto combinato di limo e argilla del materiale.
3. descrivere le condizioni del sottosuolo con uno studio e relazione approfondita contenente qualsiasi informazione pertinente sul sottosuolo, incluso, ma non limitato a quanto segue:
 - profondità e descrizione del suolo nativo o riempimento;
 - intervallo di granulometria (cioè, granulometria) e gradazione;
 - presenza di detriti (es. asfalto, cemento, mattoni, materiale organico, metallo, immondizia);

- angolarità o forma delle particelle del suolo;
 - consistenza, rigidità o densità del suolo;
 - stato di umidità del suolo;
 - colore del suolo e screziature;
 - colorazione;
 - odore;
 - struttura e cementazione;
 - profondità di contatto tra tipi di suolo; e se sono state riscontrate acque sotterranee (cioè condizioni di saturazione o infiltrazioni d'acqua).
4. in caso di rilevamento di acque sotterranee, monitorare le acque sotterranee come descritto di seguito:
- se il monitoraggio a lungo termine delle acque sotterranee è ritenuto necessario da BES o da un professionista qualificato, installare un piezometro o un pozzo di monitoraggio, rilevarlo fino a un dato e monitorare la profondità dell'acqua, se necessario. Costruire pozzi in conformità con le regole amministrative
 - se il monitoraggio a lungo termine delle acque sotterranee non è ritenuto necessario sia dal BES che dal professionista qualificato, eseguire le seguenti operazioni:
 - ❖ solo per terreni a grana fine, consentire ai livelli dell'acqua di equilibrarsi per almeno 1 ora prima di misurare la profondità.
 - ❖ dopo che il livello dell'acqua si è stabilizzato, utilizzare un indicatore elettronico del livello dell'acqua o un nastro pesato per misurare la profondità della falda acquifera rispetto alla superficie del suolo più vicino (30cm). Effettuare le misurazioni fino a quando due misurazioni effettuate a distanza di almeno 15 minuti differiscono di meno di 30cm.
 - ❖ sottrarre il fattore di correzione stagionale dalla profondità misurata alle acque sotterranee per calcolare la profondità stimata alle acque sotterranee alte stagionali.
5. abbandonare le perforazioni, i piezometri e i pozzi in conformità.

7.4.2 Test d'infiltrazione

Il test di infiltrazione viene utilizzato per determinare la velocità con cui il suolo può assorbire l'acqua e viene misurato come variazione della profondità dell'acqua in un periodo di tempo. L'ufficio competente è tenuto ad osservare le metodologie i test. Se la posizione o la profondità della struttura dell'acqua piovana viene rivista durante il processo di progettazione, potrebbe essere necessario ripetere il test.

Esistono quattro metodi di test di infiltrazione: Infiltrometro a fossa semplice, a fossa aperta, incassato e a doppio anello. Il semplice Pile Integrity test (PIT) è un metodo non distruttivo per la verifica dell'integrità e delle caratteristiche geometriche dei pali di fondazione, ma è consentito solo per le strutture di Avvicinamento Semplificato. I test dell'infiltrometro a fossa aperta, incassata e ad anello doppio sono consentiti per qualsiasi struttura (inclusa una struttura per l'approccio semplificato), tranne quando si utilizza il semplice pit test, un tecnico specializzato deve determinare quale metodo di prova è più appropriato e questa selezione deve essere supportata da qualsiasi indagine del sottosuolo associata. Infine, l'ufficio competente può richiedere un metodo di prova specifico.



Figura 61: Da Sinistra: PIT test - Prove infiltrometriche in fori di Sondaggio e Infiltrometro a doppio anello. Fonte: sito web: <https://invarianza-idraulica.it/category/prove-infiltrometriche/>

8 Conclusioni

Dopo l'analisi delle casistiche e la conseguente parte che ipotizza una proposta migliorativa d'introduzione di alcuni punti del manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) nel Regolamento di Regione Lombardia, non posso che sottolineare alcuni aspetti di primaria importanza relativi alla stessa e i motivi che hanno portato a intraprendere la scelta. Questo studio di tesi si pone come primo obiettivo quello di analizzare come il Regolamento d'Invarianza idraulica introdotto nella Legislazione Regionale lombarda nel 2017, ha modificato il modo di gestire le acque meteoriche introducendo le modalità da tenere in considerazione nelle diverse fasi progettuali e di conseguenza le opere da realizzare durante i lavori. Il modello comparativo di riferimento è il Manuale di gestione delle acque piovane (SWMM) di Portland, e, anche se, questo Regolamento è applicato a livello comunale e non Regionale, rappresenta in questo momento l'avanguardia a livello mondiale in materia di gestione delle acque reflue, sia per la completezza con cui affronta tutti gli aspetti legati al problema della gestione Idrica, sia per il suo minimo comune denominatore: il rispetto dell'invarianza idrologica cioè il 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, diversamente dalla Lombardia che regola di fatto la sola invarianza idraulica che si preoccupa soltanto di non alterare le portate. I casi analizzati sono tredici e rappresentano i primi progetti presentati al Comune di Bergamo relativi all'applicazione della legge sull'invarianza dalla sua introduzione; durante la loro analisi, quindi osservando i criteri di esame dell'ufficio tecnico competente, è stato possibile farsi un'idea di come si applica la nuova normativa sull'invarianza e quali opere vengono proposte e realizzate per rientrare nei parametri previsti; cioè ha fatto emergere quali sono le principali lacune rispetto ai grandi obiettivi prefissati a scala Europea nella gestione delle acque. Questo lavoro di analisi dei progetti, partendo dal loro inquadramento idrologico a scala comunale sino alla scelta del sistema di smaltimento e corpo recettore finale, è stato fondamentale per arrivare a formulare la proposta migliorativa di cui ora mi accingo a descrivere i quattro punti fondamentali.

Il primo consiste nell'aggiunta di nuovi criteri di rappresentazione cartografica al fine di dotare i Comuni, almeno quelli a rischio idrogeologico maggiore, di mappe specifiche atte a guidare le scelte legate allo smaltimento delle acque piovane. Tale scelta è motivata dalla constatazione che ad ora solo pochi comuni (nemmeno Bergamo che è un capoluogo di provincia) è dotato di una carta di gestione dei rischi in cui vengono differenziate le tipologie dei suoli, tale carta è uno strumento fondamentale per fornire ai vari Comuni gli elementi per poter stabilire la fattibilità delle varie modalità di smaltimento delle acque.

Il secondo è rappresentato dall'inserimento dei "Miglioramenti delle opere pubbliche" nell'elenco dei lavori sottoposti al vincolo d'invarianza idraulica, tale novità consisterebbe nell'introduzione di una procedura di miglioramento locale a cui verrebbero sottoposti tutti gli interventi relativi a strade carrabili strutturali, marciapiedi e passi carrai, tale procedura sarà di competenza degli uffici tecnici comunali.

Il terzo propone l'introduzione di requisiti specifici e puntuali per le strutture pubbliche, per la stesura di tali linee guida si è preso spunto dal Manuale di gestione delle acque piovane di Portland (SWMM). Tali prescrizioni sono di tipo progettuale e sono finalizzati alla tutela della circolazione e alla corretta raccolta delle acque piovane, proprio su quest'ultimo punto c'è ancora parecchio da lavorare nel contesto italiano in cui le strutture pubbliche di raccolta delle acque sono ancora molto obsolete rispetto a una visione di maggior salvaguardia ambientale, spesso si tratta di aree pubbliche verde progettate solo in ottica puramente estetica; tali linee guida prendono spunto dal modello Portland e introducono i marciapiedi verdi e le strade verdi. E, diversamente dal panorama lombardo, si coglie ogni occasione di migliorare i marciapiedi esistenti con elementi verdi senza dimenticare gli spazi necessari alla manutenzione di cui queste strutture necessitano in futuro. Un altro aspetto mai sottovalutato nel regolamento di Portland è l'attenzione verso il verde in generale (alberi e arbusti); vi è una politica molto restia all'abbattimento di alberi e propensa alla loro piantagione, dando priorità alle specie autoctone affinché possano concorrere alla realizzazione di habitat favorevoli agli ecosistemi locali.

Il quarto ed ultimo punto della proposta migliorativa consiste nell'inserimento di indicazioni sui test d'infiltrazione e relative indagini nel sottosuolo, vengono date indicazioni specifiche su come effettuare le indagini nel sottosuolo in funzione della tipologia dell'impianto di smaltimento di acqua piovana previsto, ma più in generale ci si prefigge di dare maggior potere ai Comuni nel richiedere prove d'infiltrazione o altre indagini puntuali sulla stratigrafia del terreno e la determinazione delle caratteristiche idropedologiche del suolo, laddove le scelte progettuali relative allo smaltimento delle acque non siano opportunamente suffragate da indagini dirette in loco.

La proposta di miglioramento elaborata si prefigge di muoversi verso un modello di gestione delle acque più completo ed efficiente, in grado di ottemperare alle direttive Europee che non contemplano soltanto l'approccio strutturale nella gestione volta al contrasto del rischio idrogeologico; con l'introduzione dei seguenti punti si andrebbe verso una restituzione delle acque ai suoli, anziché a un esclusivo convogliamento delle acque nelle strutture di laminazione.

Bibliografia

- Berkes, F. (2007). Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazard* 41(2):283-295. Istituto di risorse naturali, Università di Manitoba, 70 Dysart Road, Winnipeg, Manitoba, R3T2N2, Canada
http://researchlegacy.arch.tamu.edu/epsru/Course_Readings/Ldev671MARS689/LDEV671_Readings/Berkes_understandinguncertainty_nathaz.pdf
- De Bruijn K.M. (2005). *Resilience and Flood Risk Management, A Systems Approach applied to Lowland Rivers*. DUP Science, Delft University Press, Olanda
- Deletic A. (1998). The First Flush Load of Urban Surface Runoff, "Water Research", No. 32(8), pp.2462-2470. Eberhard Morgenroth, Svizzera
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135497004703>
- European Environment Agency. (2012). Evaluation of progress under the EU National Emission Ceilings Directive: Progress towards EU air quality objectives. EEA Technical Report. UE
<https://www.eea.europa.eu/publications/evaluation-progress-nec-2012>
- Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., et al. (2014). The Evolution and Application of Terminology Surrounding Urban Drainage. *Urban Water Journal*, 12, pp. 525-542.
<https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1–23.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Resilience-and-Stability-of-Ecological-Systems-Holling/0043cf9ba569181bd72305fa6989e22dd352c6b8>
- Huber J. (2010). *Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas*. Fayetteville, AR: University of Arkansas Community Design Center.
- Masi F., Rizzo A., Bresciani R. (2018). Sustainable Rainwater Management in the City: Opportunities and Solutions for the Anthropogenic Environmental Impacts Reduction and Urban Resilience Increase. *Smart Metropolia - Przejście Relacji* (pp.109-119) Editore: Obszar Metropolitalny Gdansk-Gdynia-Sopot ul. Długi Targ 39/40, 80-830 Danzica
- Masseroni D., Massara F., Gandolfi C., Bischetti G. B. (2018). *Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile*. Dipartimento di scienze agrarie e ambientali, Università degli studi di Milano
https://www.researchgate.net/publication/324606257_Manuale_sulle_buone_pratiche_di_utilizzo_dei_sistemi_di_drenaggio_urbano_sostenibile

- Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (2016). Relazione sullo stato dell'ambiente. Roma.
- Montin P. (2012). Acque meteoriche di dilavamento, Principi di progettazione e dimensionamento degli impianti di trattamento. Flaccovio Dario. Palermo. ISBN 978-88-579-0156-5.
- Liao, K. (2012). A Theory on Urban Resilience to Floods--A Basis for Alternative Planning Practices. ECOLOGY AND SOCIETY (ECOL SOC), Publisher: Resilience Alliance, USA. https://www.researchgate.net/publication/272662905_A_Theory_on_Urban_Resilience_to_Floods--A_Basis_for_Alternative_Planning_Practices
- Paoletti Alessandro (2019). Progettare l'invarianza presentazione di casi di studio. Politecnico di Milano, IT. <https://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/c077e468-c80e-4d2a-8f78-6ceb252913ba/04-paoletti-progettare-invarianza-presentazione-casi-studio.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-c077e468-c80e-4d2a-8f78-6ceb252913ba-mMvojeH>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2007). Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>
- Versace Pasquale. (2015) Scheda didattica N°9: L'infiltrazione. Unical, IT http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2015/blocco4/infiltrazione_V.pdf
- Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarcke H., Illman S., Scott T., Ashley., Kellagher R. (2015). The SuDS Manual. Department for environment food & rural affairs. United Kingdom. C753, CIRIA, London, UK

Sitografia

- Banca dati del Consiglio Regionale della Lombardia http://normelombardia.consiglio.regione.lombardia.it/NormeLombardia/Accessibile/main.aspx?exp_coll=lr002003121200026&view=showdoc&iddoc=lr002003121200026&selnode=lr002003121200026
- Bosetti & Gatti, materiale vario inerente diversi tipi di legislazione <https://www.bosettiegatti.eu/>
- Comune di Milano, Quadro pianificatorio e programmatico di riferimento

- <https://www.pgt.comune.milano.it/vasraall1-quadro-pianificatorio-e-programmatico-di-riferimento/2-pianiprogrammi-di-livello-regionale/212-piano-di-tutela-delle-acque-e-programma-di-tutela-e-uso-delle-acque>
- Linee guida volontarie per l'uso sostenibile del Suolo per i professionisti dell'area tecnica
Indirizzi per la tutela del suolo dai processi di impermeabilizzazione e dalla perdita di materia organica
https://soil4life.eu/wp/wp-content/uploads/2020/06/Soil4Life_B4_Linee-Guida-per-luso-sostenibile-del-Suolo.pdf
 - Invarianza idraulica, notizie e approfondimenti
<https://invarianza-idraulica.it/category/prove-infiltrometriche/>
 - Portale Istituzionale Regione Lombardia
<https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioServizio/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/Territorio/difesa-del-suolo/invarianza-idraulica-e-idrologica/invarianza-idraulica-e-idrologica>
 - Politecnico di Torino, Materiale didattico
http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF_corretto-1.pdf
 - Politecnico di Torino, Materiale didattico
http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento_7/produz_deflusso_superficiale.pdf
 - Politecnico di Torino, Materiale didattico
http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2015/blocco4/infiltrazione_V.pdf
 - National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)
<https://www.epa.gov/npdes>
 - Sito web BDS della città di Portland
<https://www.portlandoregon.gov/bes/48213>
 - Sito ufficiale di Portland
<https://www.portland.gov/>
 - 2020 Stormwater Management Manual
<https://www.portland.gov/bes/stormwater/swmm>
 - Iridra
<http://www.iridra.eu/it/suds.html>
 - Studio Majone, ingegneri associati

<https://www.studiomajone.it/lr-n4-del-15-marzo-2016-drenaggio-urbano-sostenibile-e-invarianza-idraulica-nella-difesa-del-suolo/#:~:text=L%E2%80%99art.%207%20della%20Legge%20Regionale%20LR%20n%C2%B04%20del,idrologica%20per%20le%20trasformazioni%20di%20uso%20del%20suolo>

- Studio Tecnico Madera Architettura Ingegneria, Relazione di compatibilità e invarianza idraulica e idrologica

<https://www.studiomadera.it/news/295-relazione-idraulica>