



**Veneto  
ADAPT**

# **Linee guida per il Drenaggio Urbano Sostenibile**

---

**Tecniche e principi per la pianificazione urbanistica**

Comune di Padova

**2021**

Finanziato LIFE16 CCA/IT/000090

Questo documento è stato elaborato nell'ambito del progetto europeo LIFE Veneto ADAPT ed ha lo scopo di raccogliere e divulgare conoscenze e tecniche urbanistiche per il drenaggio urbano sostenibile da applicare nel territorio del Comune di Padova. La redazione delle linee guida è stata inclusa tra le azioni prioritarie del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile ed il Clima, approvato nel giugno 2021 dal Consiglio Comunale e rappresenta una delle principali misure di adattamento ai cambiamenti climatici.

Il documento considera gli interventi di nuova progettazione e manutenzione straordinaria degli elementi al suolo come strade, piazze, parcheggi e annessi stradali. Nello specifico, vengono raccolti e definiti principi, priorità e tecniche di drenaggio urbano sostenibile, con la finalità di rispondere alle necessità di migliorare la capacità di risposta del territorio nella gestione degli eventi meteo-climatici estremi.

A cura di:

**CORILA**

Vittore Negretto  
Elena Giacomello  
Beatrice Gava  
Nicola Romanato

**Comune di Padova** | Settore Ambiente e Territorio

Daniela Luise  
Giovanni Vicentini  
Cinzia Rinzafrì

Con la collaborazione di **ARPAV** - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

Con il coordinamento scientifico di Prof. Francesco Musco

Per fare riferimento a questo documento: *Negretto V., Giacomello E., Gava B. & Romanato N. (2021). Linee guida per il drenaggio urbano sostenibile. Tecniche e principi per la pianificazione urbanistica. CORILA, Venezia. ISBN 9788889405345*



# Linee guida per il Drenaggio Urbano Sostenibile

Comune di Padova

## INDICE

- 
- Parte 1** Comprensione dei fattori in gioco
  - Parte 2** Nuove prospettive per il drenaggio urbano sostenibile
  - Parte 3** Prontuario di tecnologie per l'intervento





# Precipitazioni intense

**Eventi di pioggia intensa con allagamento (Comune di Padova)**

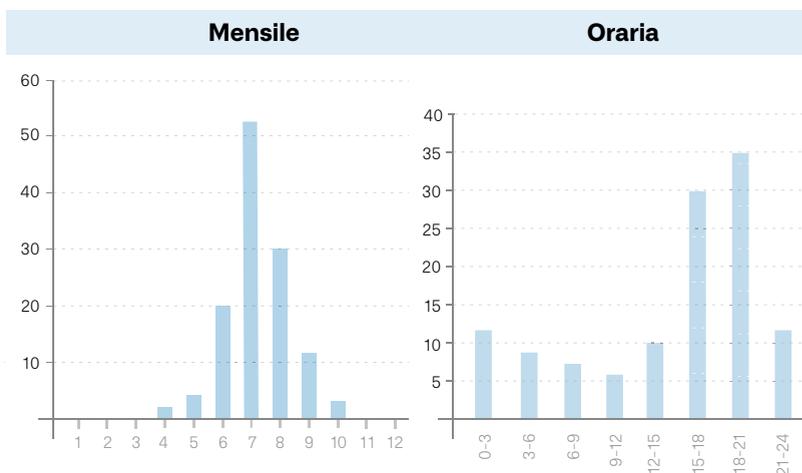


● 2013	06 giugno
● 2014	07 luglio
	14 luglio
	29 luglio
	13 ottobre
● 2016	08 giugno
	15 settembre
● 2018	29 maggio
	07 giugno
	21 luglio
	22 luglio
● 2019	28 maggio
	02 luglio
● 2020	23 agosto
	28 agosto
● 2021	04 luglio
	16 agosto
	06 ottobre

Nella stampa vengono definite “bombe d’acqua”, ovvero precipitazioni intense che nell’arco di poche decine di minuti o al massimo ore riversano sui territori quantitativi importanti di pioggia. Quando uno di questi eventi supera la capacità di un sistema urbano di gestire il deflusso di pioggia si causano allagamenti e disagi di varie entità, che spesso raggiungono gli onori della cronaca. Gli allagamenti urbani sono pertanto l’effetto, la manifestazione più visibile, di un ambiente urbano che è esposto a quantità d’acqua alle quali non riesce a fare fronte.

Non è necessaria la “tempesta perfetta” per mettere in crisi il sistema di drenaggio, soprattutto in territori fortemente impermeabilizzati e che presentano criticità pregresse. La frequenza con cui si sono verificati fenomeni di allagamento è tale da non poter considerare quelle precipitazioni intense come straordinarie. Nel corso di queste linee guida verranno approfonditi vari aspetti della relazione tra deflusso e ambienti urbani, ma questo capitolo si concentra su quali piogge superano la capacità di risposta dei sistemi urbani e causano quindi allagamenti.

Dalla rassegna stampa dei principali quotidiani locali sono emersi quegli eventi di pioggia che hanno causato allagamenti nel Padovano. Il punto di partenza è volontariamente empirico, e si basa sugli effetti che nascono dalla relazione precipitazione-territorio. Da questa prospettiva sono emerse le caratteristiche degli eventi di pioggia che mettono in crisi il sistema locale Padovano. Possono manifestarsi occasionalmente dei periodi di maltempo prolungati (più giorni consecutivi), con precipitazioni diffuse e particolarmente persistenti, durante i quali alcune fasi intense si sono alternate ad altre meno significative, ma le piogge che causano i danni più ingenti sono quelle con un grande quantitativo di precipitazioni concentrate in un tempo ridotto. Le precipitazioni che mettono in crisi il sistema di allontanamento delle acque piovane sono quelle di durata inferiore all’ora (15-60 minuti). Si concentrano nei mesi estivi da giugno a settembre, in particolare nei mesi di luglio ed agosto e si presentano principalmente dal tardo pomeriggio alla prima serata. Dalla lunga lista di questi eventi che hanno causato danni e



**fig. 1** - Distribuzione degli eventi intensi con durata 15 minuti e tempo di ritorno di almeno 2 anni per le stazioni di Campodarsego, Faedo, Legnaro, Mira, Montegalda e Teolo.  
Fonte: Arpav, progetto Response.

allagamenti, nelle schede in queste pagine ne sono stati riportati due a titolo di esempio. Il primo evento è composto da due fasi intense a distanza di un giorno, ognuna con un quantitativo di precipitazione nella mezz'ora che a Padova ha una probabilità di accadere annualmente del 3% e 6%, rispettivamente. Il secondo evento, quello più recente, datato Ottobre 2021, ha invece una probabilità annua del 2% per i 30 minuti, ed è stata ancor più eccezionale nella precipitazione cumulata su base oraria.

Il quadro attuale del cambiamento climatico non permette di definire un livello di sicurezza entro il quale ritenere il territorio padovano protetto dagli allagamenti. Far fronte all'incertezza che questo comporta richiede un approccio flessibile ed evolutivo. Per adattare gli spazi urbani alle precipitazioni intense è necessario sfruttare ogni occasione d'intervento per gestire l'acqua meteorica in maniera sistemica e diffusa. Ogni quantità, seppur modesta, che viene gestita localmente e sottratta all'attuale infrastruttura di raccolta è pertanto un'azione di adattamento che concorre a migliorare la risposta agli eventi intensi e creare resilienza diffusa. Inoltre, adottando i principi e le tecniche del **drenaggio urbano sostenibile (SUDS)** trattati in queste linee guida si possono moltiplicare i benefici sia locali che a scala di bacino, contribuendo all'adattamento anche ad altri impatti del cambiamento climatico e riequilibrando il regime idrologico.

#### I tempi di ritorno

esprimono la frequenza con cui accade un dato evento. Ovvero, fissata l'intensità di un certo evento (una precipitazione intensa) si può calcolare a livello statistico quale sia la sua probabilità. Ad esempio, un tempo di ritorno pari a 20 anni ha il 5% di probabilità di accadere in un dato anno, un tempo di ritorno di 5 anni il 20%. Questi valori sono utili per avere delle soglie di intensità e probabilità comparabili tra diversi territori e per il dimensionamento di infrastrutture. Un uso scorretto, in voga soprattutto nei media, del concetto di tempo di ritorno lo considera come una ricorrenza esatta e regolare, e non come una probabilità. Riprendendo l'esempio precedente, una precipitazione intensa con il tempo di ritorno di 20 anni non significa che si verifichi necessariamente una volta ogni 20 anni e ancor meno che si verifichi tra 20 anni.

## EVENTO 1 21 Luglio 2018

Nelle ore pomeridiane del 21 Luglio 2018, il sistema urbano di Padova è stato colpito da un evento temporalesco intenso e prolungato.

Forti rovesci e raffiche di vento, anche intorno ai 100 Km/h, si sono abbattuti soprattutto tra Padovano e Veneziano centro-meridionale.

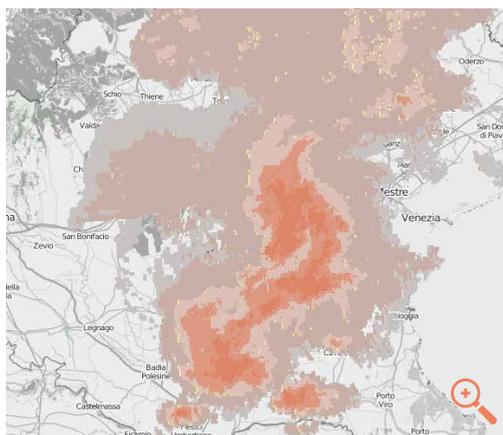
Con oltre 30 millimetri caduti in poco meno di venti minuti, le due piazze del centro storico, Piazza delle Erbe e Piazza della Frutta, si sono allagate completamente. Hanno subito gravi danni anche interi quartieri del centro e della prima periferia, in particolare Forcellini e la frazione di Brusegana.

Stazione	Pioggia	Durata	TR anni
Padova - Orto Botanico	12.8	5 min	7
Padova - Orto Botanico	25	10 min	29
Padova - Orto Botanico	34	15 min	38
Padova - Orto Botanico	42.8	30 min	16
Padova - Orto Botanico	42.8	45 min	5
Padova - Orto Botanico	42.8	1 ora	3

fig. 2, a sinistra- Vista dalla strada del nubifragio a Padova del 21 luglio 2018.

Classi di probabilità annua

> 20%  
  20-10%  
  10-2%  
  < 2%



## EVENTO 1 22 Luglio 2018

Un secondo nubifragio è avvenuto in tarda serata il 22 luglio del 2018, mentre Padova era ancora in piena emergenza per quello del giorno precedente.

La forza dei venti e l'intensità delle precipitazioni hanno creato ulteriori allagamenti e abbattuto altri alberi, tanto che è stato chiesto lo stato di crisi dall'autorità regionale.

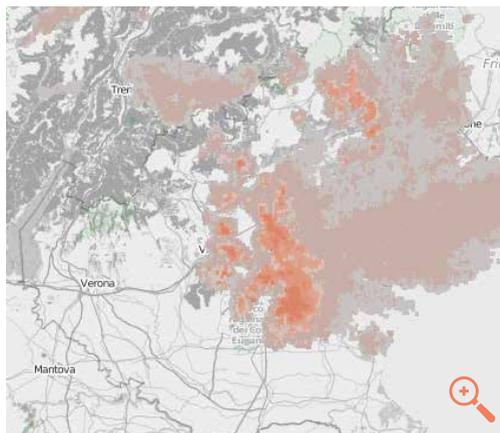
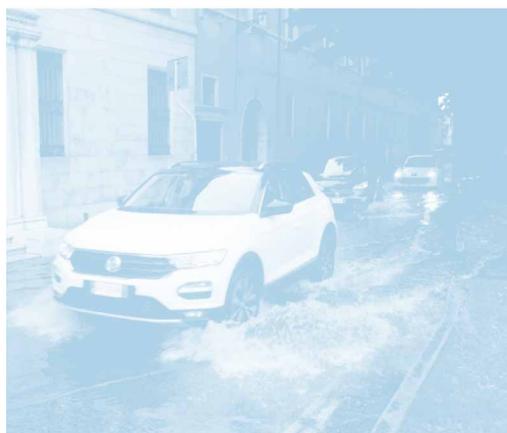
A soffrire degli impatti si sono aggiunti anche i centri di Camin, il quartiere Madonna Pellegrina, il tratto iniziale di Via Facciolati e la zona dell'Ospedale Sant'Antonio.

Stazione	Pioggia	Durata	TR anni
Padova - Orto Botanico	9.6	5 min	2
Padova - Orto Botanico	19.2	10 min	5
Padova - Orto Botanico	28.6	15 min	10
Padova - Orto Botanico	47.2	30 min	32
Padova - Orto Botanico	52	45 min	15
Padova - Orto Botanico	53	1 ora	9

fig. 3, a sinistra - Vista lungo la strada del nubifragio a Padova del 22 luglio 2018.

Classi di probabilità annua

□ > 20%    ■ 20-10%    ■ 10-2%    ■ < 2%



## EVENTO 2 06 Ottobre 2021

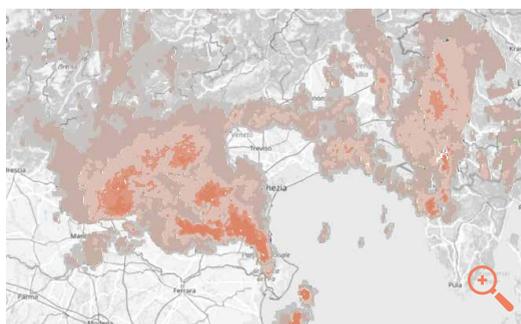
Il 6 ottobre 2021 sono apparsi fenomeni temporaleschi su Padova accompagnati da grandinate, raffiche di vento e veri e propri nubifragi, con accumuli locali molto intensi. Sulla pianura sud-orientale di Padova si sono verificate anche diverse trombe d'aria: ha soffiato Bora su pianura e costa con raffiche anche significative (70-100 km/h).

I picchi massimi di pioggia sono stati scaricati nella vicina Cavarzere. In città si è allagato il Parco delle Farfalle e il traffico è stato molto rallentato. Alcuni sottopassaggi sono stati intasati dalle acque di pioggia e alcuni automobilisti sono rimasti intrappolati fino all'arrivo dei soccorsi. I danni sono stati ingenti al punto che la Regione ha richiesto lo stato di crisi e la Protezione Civile del Comune di Padova ha attivato una ricognizione sui danni subiti dalla cittadinanza e dalle attività economiche durante questa precipitazione intensa.

Stazione	Pioggia	Durata	TR anni
Cavarzere	11.8	5 min	8
Cavarzere	21.2	10 min	8
Cavarzere	30.2	15 min	14
Cavarzere	52.8	30 min	48
Cavarzere	72.6	45 min	>50
Cavarzere	93.6	1 ora	>>50
Cavarzere	152	2 ore	>>>50
Cavarzere	160.2	6 ore	>>50

Classi di probabilità annua

> 20%  
  20-10%  
  10-2%  
  < 2%



## PRECIPITAZIONE in funzione della durata e del tempo di ritorno\*

per le stazioni entro i 20 km da Padova, con una lunga serie di dati (27-30 anni)

Cod	Stazione	Durata	PRECIPITAZIONE (mm)					Durata	PRECIPITAZIONE (mm)				
			TR2	TR5	TR10	TR25	TR50		TR2	TR5	TR10	TR25	TR50
179	Camposarsegò		9.8	12.5	14.2	16.5	18.1		34.5	46.4	54.3	64.3	71.7
142	Faedo (Cinto Euganeo)		9.7	12.4	14.2	16.4	18.1		32.8	45.8	54.4	65.2	73.3
111	Legnaro		10.2	13.2	15.1	17.5	19.4		33.6	46.0	54.2	64.6	72.3
167	Mira	5 minuti	10.3	12.9	14.7	17.0	18.6	1 ora	37.5	50.4	58.9	69.7	77.7
149	Montegalda		9.9	14.0	16.7	20.1	22.7		33.9	49.4	59.7	72.7	82.4
170	Teolo		10.3	13.0	14.8	17.1	18.9		34.4	46.8	55.0	65.4	73.1
<b>media</b>			<b>10.0</b>	<b>13.0</b>	<b>15.0</b>	<b>17.4</b>	<b>19.3</b>		<b>34.5</b>	<b>47.5</b>	<b>56.1</b>	<b>67.0</b>	<b>75.1</b>
179	Camposarsegò		16.6	22.2	26.0	30.7	34.2		41.9	55.3	64.2	75.4	83.8
142	Faedo (Cinto Euganeo)		16.4	20.8	23.7	27.4	30.1		40.1	51.7	59.5	69.2	76.5
111	Legnaro		16.9	21.6	24.7	28.7	31.6		39.9	54.3	63.8	75.8	84.7
167	Mira	10 minuti	16.8	21.3	24.3	28.1	30.8	3 ore	46.8	65.7	78.3	94.2	106.0
149	Montegalda		16.5	23.2	27.7	33.3	37.5		41.7	57.0	67.1	79.8	89.3
170	Teolo		16.7	21.6	24.9	29.0	32.1		42.1	55.6	64.5	75.7	84.0
<b>media</b>			<b>16.7</b>	<b>21.8</b>	<b>25.2</b>	<b>29.5</b>	<b>32.7</b>		<b>42.1</b>	<b>56.6</b>	<b>66.2</b>	<b>78.4</b>	<b>87.4</b>
179	Camposarsegò		20.8	27.7	32.3	38.2	42.5		49.2	66.3	77.6	91.9	102.5
142	Faedo (Cinto Euganeo)		20.9	27.3	31.5	36.8	40.8		48.6	61.3	69.7	80.3	88.2
111	Legnaro		21.3	27.7	31.9	37.3	41.3		46.9	65.5	77.7	93.3	104.8
167	Mira	15 minuti	21.3	27.4	31.5	36.6	40.3	6 ore	54.5	79.4	95.9	116.7	132.2
149	Montegalda		20.8	30.2	36.4	44.3	50.1		47.4	62.2	72.0	84.4	93.6
170	Teolo		21.1	27.8	32.2	37.7	41.9		48.7	65.1	76.1	89.8	100.1
<b>media</b>			<b>21.0</b>	<b>28.0</b>	<b>32.6</b>	<b>38.5</b>	<b>42.8</b>		<b>49.2</b>	<b>66.6</b>	<b>78.2</b>	<b>92.7</b>	<b>103.6</b>
179	Camposarsegò		27.9	37.5	43.9	52.0	57.9		59.2	83.3	99.3	119.5	134.5
142	Faedo (Cinto Euganeo)		28.3	39.3	46.6	55.8	62.6		61.5	80.8	93.6	109.8	121.8
111	Legnaro		28.7	38.7	45.3	53.7	59.9		55.1	80.8	97.8	119.3	135.3
167	Mira	30 minuti	29.8	38.6	44.5	51.9	57.4	12 ore	64.8	97.9	119.8	147.6	168.1
149	Montegalda		27.9	41.6	50.7	62.6	70.7		54.6	71.8	83.1	97.5	108.1
170	Teolo		28.2	38.3	44.9	53.3	59.6		58.3	79.4	93.3	110.9	124.0
<b>media</b>			<b>28.5</b>	<b>39.0</b>	<b>46.0</b>	<b>54.8</b>	<b>61.4</b>		<b>58.9</b>	<b>82.3</b>	<b>97.8</b>	<b>117.4</b>	<b>132.0</b>
179	Camposarsegò		32.1	43.4	50.7	60.0	66.9		71.6	97.1	114.0	135.4	151.2
142	Faedo (Cinto Euganeo)		31.3	44.0	52.4	63.1	71.0		75.3	101.5	118.8	140.7	156.9
111	Legnaro		31.9	43.8	51.7	61.7	69.2		62.0	88.1	105.4	127.3	143.5
167	Mira	45 minuti	34.7	45.9	53.3	62.6	69.6	24 ore	75.6	109.0	131.0	158.9	179.6
149	Montegalda		31.5	46.8	56.9	69.8	79.3		65.0	80.7	91.2	104.4	114.1
170	Teolo		31.8	43.4	51.1	60.8	68.0		69.0	95.7	113.4	135.8	152.4
<b>media</b>			<b>32.2</b>	<b>44.5</b>	<b>52.7</b>	<b>63.0</b>	<b>70.7</b>		<b>69.8</b>	<b>95.4</b>	<b>112.3</b>	<b>133.8</b>	<b>149.6</b>

## Il drenaggio urbano nei piani del Comune di Padova

Nella pianificazione urbanistica del Comune di Padova, il drenaggio urbano è un tema presente nei diversi strumenti vigenti che regolamentano e programmano l'uso del territorio.

Il Piano di Assetto del Territorio presenta gli elementi strategici per il coordinamento delle trasformabilità urbane, nel rispetto delle pericolosità idrauliche individuate. Il Piano degli Interventi assume invece un carattere prescrittivo: regolamentando l'uso e le funzioni degli spazi, infatti, prevede di limitare le superfici impermeabilizzate in favore di quelle permeabili e suggerisce le tecniche e i dispositivi da impiegare per il contenimento dei deflussi nella realizzazione di opere edili o nella progettazione degli spazi aperti. Infine, il PAESC e il Piano del Verde rappresentano due strumenti volontari per la messa a sistema degli interventi di adattamento mediante sistemi naturali che contribuiscono alla riduzione del rischio idraulico in città, migliorando anche il comfort urbano e la qualità dello spazio pubblico.



fig. 4. Piano di Assetto del territorio del Comune di Padova.

### Previsioni idrauliche nell'assetto del territorio

Attraverso il Piano di Assetto del Territorio e delle relative Norme Tecniche di Attuazione, il Comune di Padova introduce gli obiettivi e i requisiti per guidare le dinamiche di trasformazione territoriale, nel rispetto delle attenzioni idrauliche e della disciplina urbanistica regionale.

Lo strumento declina nella dimensione locale le scelte strategiche per favorire uno sviluppo “sostenibile e durevole” dell'area urbana.

In linea con le politiche relative di scala nazionale ed europea, il PAT orienta lo strumento attuativo (il PI) verso una nuova valorizzazione dei tessuti urbani, la salvaguardia del paesaggio rurale e la difesa dai rischi idrogeologici.

### Norme tecniche attuative del PAT

Il Piano di Assetto del Territorio e le relative Norme Tecniche di Attuazione dispongono requisiti e obblighi per la gestione del rischio idraulico nelle trasformazioni urbane.

Per l'amministrazione, il fattore di pericolosità idraulica gioca un ruolo fondamentale nel determinare la compatibilità geologica di un'area urbana determinandone la penalità ai fini edificatori. Inoltre, nel rispetto di quanto disposto negli Atti di Indirizzo emanati ai sensi dell'art. 50 della L.R. 11/2004, le opere relative alla messa in sicurezza da un punto di vista idraulico, come i sistemi di drenaggio sostenibile, rientrano tra opere di urbanizzazione primaria.

Per la progettualità e la gestione dei deflussi nel territorio comunale, si fa riferimento alla tav. n°3 "Carta delle Fragilità". Vi sono ad esempio dei richiami alla permeabilità dei suoli (art. 9) e alla sua compensazione in ogni trasformazione urbanistica/edilizia attraverso l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica (art. 8.1.1 e art. 8.1.2).

## Valutazione di Compatibilità Idraulica del PAT

La Regione Veneto ha introdotto la Valutazione di compatibilità Idraulica con l'obiettivo di controllare le trasformazioni del territorio che hanno effetti sul regime idraulico esistente. Questa è richiesta per tutti gli strumenti urbanistici che possono recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente.

L'ammissibilità degli interventi viene valutata sulla base dell'effetto delle nuove previsioni urbanistiche sul sistema idraulico.

Nel documento che definisce le modalità operative e le indicazioni tecniche sono indicate anche le misure compensative da introdurre ai fini del rispetto delle condizioni valutate e del principio dell'invarianza idraulica.

## Previsioni idrauliche nel Piano degli Interventi

Il Piano degli Interventi (PI) vigente (nel Dicembre 2021) disciplina le modalità di gestione delle acque di ruscellamento all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) e



fig. 5. Norme Tecniche Attuative del Comune di Padova.

del Regolamento Edilizio (RE) per quanto riguarda la compensazione delle portate derivanti dalle urbanizzazioni. Il PI e le relative NTA sono attualmente in fase di revisione.

Le NTA recepiscono l'approccio regionale per la gestione idraulica legata alle nuove trasformazioni del territorio, ovvero l'invarianza idraulica. Nello specifico questo significa che i picchi di portata generati dal territorio trasformato devono risultare invariati rispetto a quelli ante urbanizzazione.

Lasciando margini di libertà per le scelte di dettaglio, i meccanismi attuativi predispongono le modalità con cui compensare i maggiori volumi generati dalla realizzazione di nuove superfici impermeabili. Le "Prescrizioni di carattere generale" danno la possibilità di impiegare misure compensative di tipo strutturale, tipiche dell'approccio tradizionale "hard", e misure "soft" come le come le tecniche di drenaggio urbano sostenibile e le infrastrutture verdi, nonché lo scavo di nuovi fossati oppure la definizione di zone a temporanea sommersione in aree a verde.

Il PI, oltre al recepimento del principio dell'invarianza idraulica prevede l'introduzione di parametri di tipo ambientale, quali, ad esempio, gli indici di permeabilità.

## Regolamento Edilizio

L'Amministrazione Comunale ha recentemente approvato il nuovo Regolamento Edilizio facendo propri i principi di adattamento al cambiamento climatico e resilienza per gli edifici e gli spazi urbani.

Con una visione orientata alla sostenibilità del progetto e al miglioramento della qualità dello spazio pubblico, il Comune promuove l'impiego di tecniche per la gestione e il riutilizzo delle acque meteoriche, specifiche norme per la realizzazione di tetti e facciate verdi e indicazioni sull'utilizzo di materiali per l'incremento dell'albedo delle superfici.



fig. 6. Regolamento edilizio del Comune di Padova.

Altre indicazioni rilevanti riguardano le zone di sosta, dove sono da preferire le pavimentazioni drenanti laddove compatibili con le esigenze di tutela ambientale del suolo e del sottosuolo. Anche l'indice di permeabilità del suolo è regolamentato: nelle trasformazioni urbane, non può essere inferiore al 25% sulla superficie fondiaria, non inferiore al 50% per le aree destinate a parcheggio e infine non inferiore al 40% per le aree destinate a giardini e spazi privati (art. 62.1).

Oltre al progetto di suolo, la disciplina del RE che guarda la progettazione di nuove unità residenziali favorisce la predisposizione di sistemi per il recupero delle acque meteoriche e il convogliamento delle stesse in cisterne per il riuso (art. 38.9 comma 6).

## Il drenaggio sostenibile nel PAESC

Con il Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC), Padova riunisce all'interno di un percorso comune la mitigazione e l'adattamento agli impatti climatici.

Dopo una prima parte riguardante la definizione del Bilancio Energetico e del Profilo Climatico locale, il PAESC approfondisce le questioni legate alla gestione sostenibile delle acque in città, sia in termini di riduzione dei consumi idrici nel settore civile, sia attraverso una migliore gestione del deflusso superficiale in occasione di eventi meteorologici estremi.

Gli strumenti principali messi in campo dal Comune sono il Regolamento Edilizio, che prevede specifiche norme per ridurre gli usi e incrementare la raccolta dell'acqua piovana, e il piano di manutenzione delle caditoie, che prevede la realizzazione di mappe interattive che agevolino il cittadino nelle segnalazioni delle caditoie ostruite.

Inoltre, comprende azioni legate all'aumento della resilienza del sistema urbano, come l'impianto di nuove essenze arboree e l'estensione delle fasce filtranti vegetate lungo le infrastrutture,



**fig. 7.** Il Piano di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima del Comune di Padova.

includendo nella progettazione anche la partecipazione della cittadinanza.

Altre indicazioni rilevanti riguardano nuovi sistemi di ritenzione e di drenaggio che possono essere naturali o artificiali. A tal proposito, vengono anche identificate alcune aree pilota dove avviare la sperimentazione di soluzioni per la riduzione del rischio idraulico come anche viene prevista la possibilità di realizzare aree verdi allagabili.



fig. 8. Il Piano del Verde del Comune di Padova.

## Piano del Verde

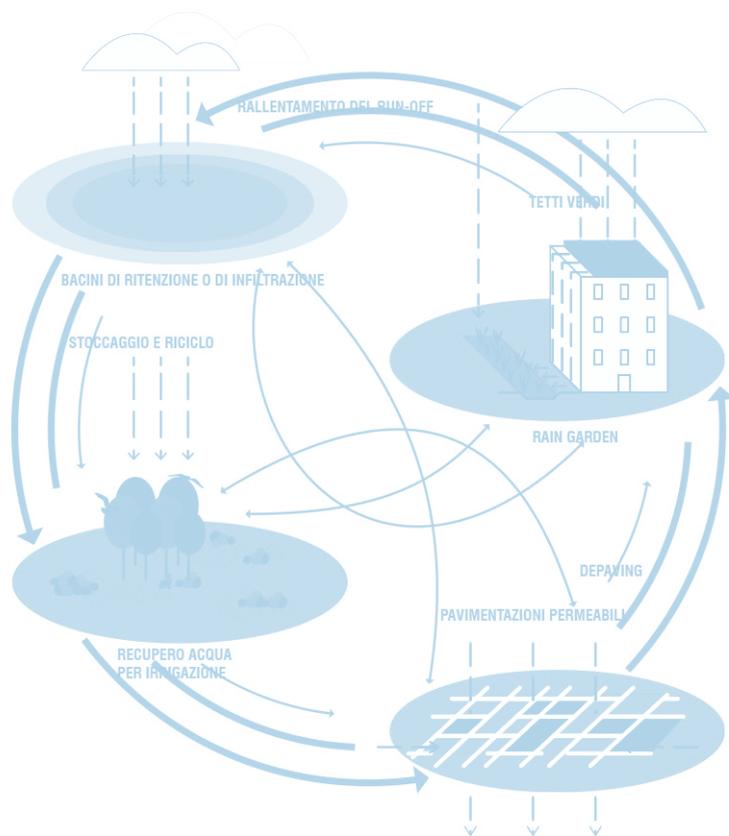
Il Piano del Verde è uno strumento volontario, integrativo della pianificazione urbanistica generale, che definisce il “profilo verde” della città a partire dai suoi ecosistemi naturalistici fondamentali, con la previsione di interventi di sviluppo e valorizzazione del verde urbano e periurbano.

Il Piano del Verde di Padova è giunto alla fase di approvazione finale e rappresenta lo strumento strategico per l’assetto del sistema del verde urbano e periurbano della città. Definirà i principi e i criteri d’indirizzo per la futura pianificazione urbanistica generale.

Tra gli obiettivi principali rientrano la mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici e la conservazione dei servizi ecosistemici in città: al verde viene riconosciuta la capacità di migliorare il comfort termico e di innalzare il livello della qualità della vita.

Nel definire le proprie fasi operative, il piano segue principalmente tre linee strategiche: la sensibilizzazione e l’educazione ambientale dei cittadini, il miglioramento dei requisiti progettuali e dello stato di salute dei sistemi vegetati e infine la gestione sostenibile delle acque mediante infrastrutture verdi e blu.

### CIRCUITO DELL'ACQUA INFRASTRUTTURA VERDE E BLU



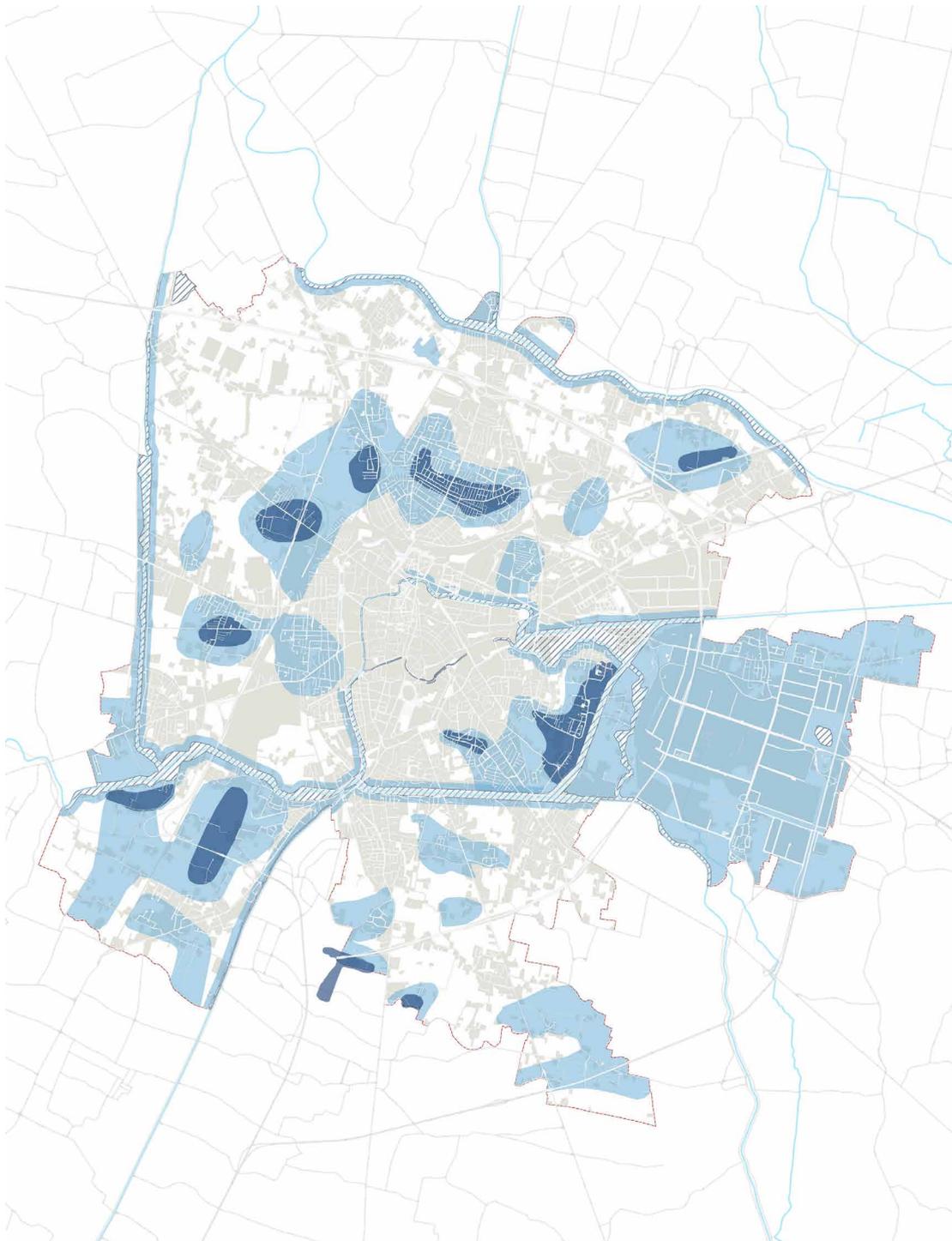
**fig. 9** - Estratto dal Piano del Verde del Comune di Padova.

## Pericolosità e tessuti urbani

Le precipitazioni investono il territorio con la variabilità e l'incertezza descritta nel primo capitolo. Oltre a provocare danni economici e sovraccarichi nei corpi recettori, gli eventi intensi determinano un peggioramento della qualità delle acque a valle dell'urbanizzazione: in caso di sistema fognario misto, gli impianti di depurazione potrebbero non essere in grado di gestire la totalità dei volumi idrici recapitati.

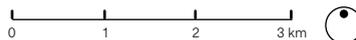
Il Piano di Protezione Civile, oltre a rappresentare uno strumento di supporto per la valutazione dei rischi, coordina gli organi di soccorso e organizza le procedure operative. Legandosi a strumenti come il Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio (PGBTT) e il PAT, perimetra i tessuti urbani esposti al rischio idraulico distinguendo le modalità di intervento sia che si tratti di esondazione, sia di allagamento da pioggia intensa. L'immagine nella pagina seguente è basata sui quadri conoscitivi esistenti e rappresenta le aree individuate come a rischio di allagamento, ovvero aree laddove il deflusso tende a concentrarsi maggiormente. Nel Comune di Padova sono presenti aree a rischio medio-alto soprattutto nei tessuti della prima cintura urbana cresciuti a raggiera verso l'esterno a partire dagli anni '50 in poi. Secondo il piano, i rioni più fragili sotto questo punto di vista sono: Arcella, Mortise, Montà, San Paolo, Terranegra, Sacra Famiglia e Mandria.

La risposta degli ambienti urbani e dei sistemi di gestione non è uniforme e omogenea. Questa differenza può essere amplificata da fattori localizzati temporanei quali ad esempio caditoie ostruite dovute a scarsa manutenzione o il malfunzionamento dei sistemi meccanizzati. Altri fattori locali legati alla rete di smaltimento possono influire sulla risposta di alcune aree, come ad esempio condotte sottodimensionate o zone depresse non adeguatamente drenate. Ma le condizioni più importanti da tenere in conto nei prossimi interventi di progettazione o manutenzione straordinaria di strade, piazze, parcheggi e annessi stradali sono le caratteristiche degli spazi in cui intervenire. In questo capitolo verranno appunto approfonditi i tessuti urbani del Comune di Padova per individuare caratteristiche comuni e disponibilità di spazi per orientare la scelta dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) più utili presentate nella terza parte di questo documento.



## INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI DA ALLAGAMENTO

Comune di Padova



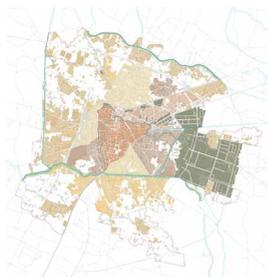
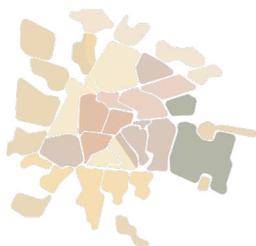
Rischio medio

Rischio elevato

Aree non idonee

Piano di Gestione Bonifica Territorio LR 12/2009 - Insuff deflusso di bonifica

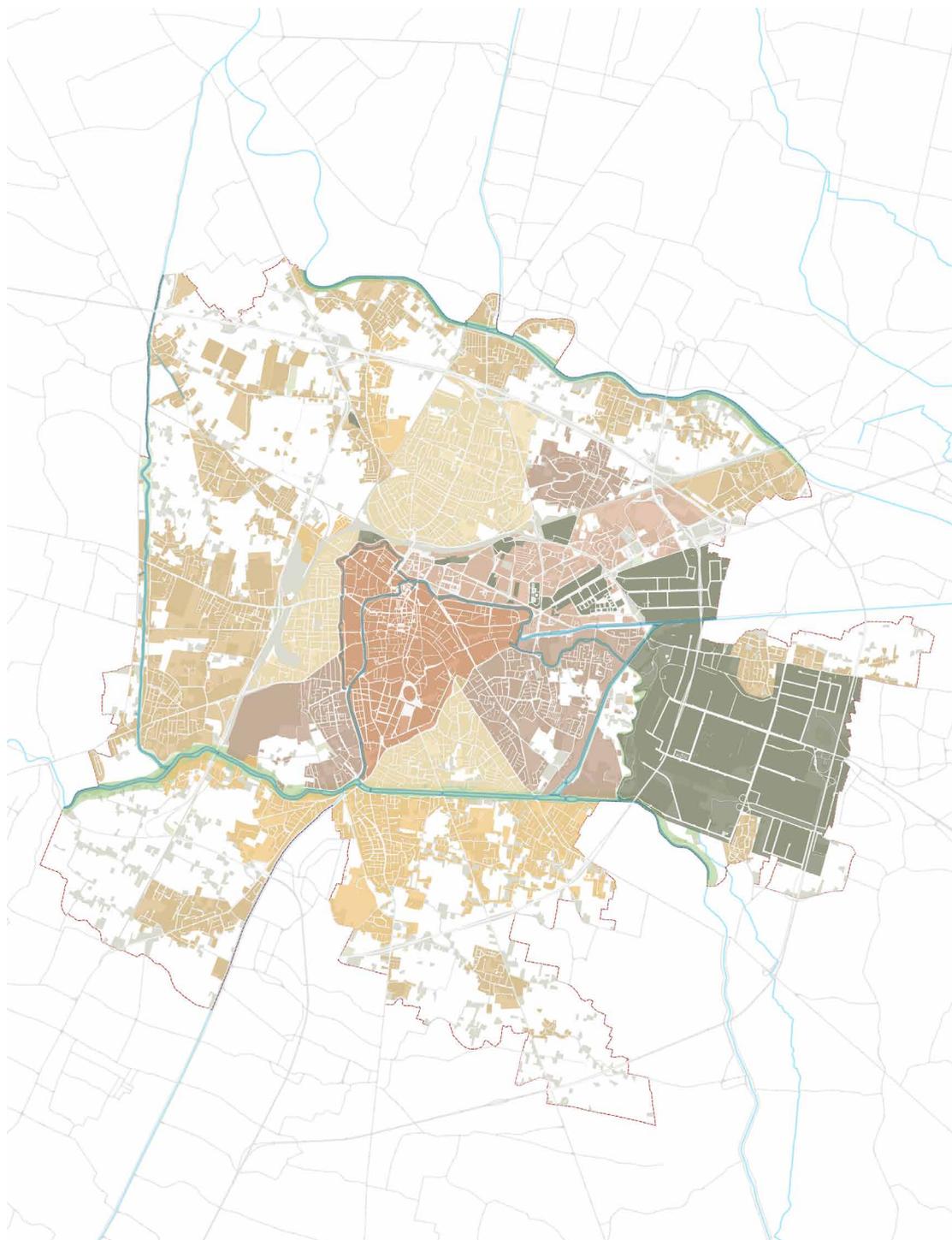
Piano di Assetto del Territorio, Tav. A3 - Carta delle Fragilità

**Tessuti urbani****Rioni****Tessuti + Rioni**

Per orientare la scelta tra le tecnologie d'intervento, la città è stata riclassificata secondo tessuti urbani simili. I tessuti urbani si configurano quindi come porzioni di città all'interno delle quali i caratteri di omogeneità (funzionale, morfologica, ambientale) sono molto forti e prevalgono sulle differenze. Nelle pagine seguenti i diversi tessuti urbani sono descritti nelle loro caratteristiche salienti, mettendo in luce soprattutto il rapporto con il suolo e con la strada che è ripreso nelle fotografie.

La morfologia e le funzioni urbane influenzano la selezione dei sistemi di drenaggio, il loro design e la loro efficacia nel lungo periodo. In questo modo, la rilettura della città avvicina la progettazione al suo contesto applicativo, ne orienta le scelte, e permette l'integrazione con gli strumenti di pianificazione urbanistica. Tra le diverse classificazioni esistenti dell'ambiente urbano del Comune di Padova, è stata scelta la classificazione a tessuti urbani poiché questi rappresentano unità in cui il tessuto edilizio, le strade, le piazze e gli spazi urbani hanno caratteristiche comuni che possono aiutare a scegliere le tecniche più adeguate. Per rendere questa classificazione più operativa, i tessuti sono legati alla divisione in rioni sulla quale è impostato il Piano degli Interventi futuro "Padova 2030". I tessuti urbani sono compatibili anche con la classificazione in Aree Territoriali Omogenee (ATO) di altri documenti pianificatori, in particolare del recente Piano del Verde.

La progettazione dei SUDS deve essere valutata in base alla disponibilità di spazi, superfici e luoghi adatti considerando l'attrattività e l'efficacia dell'installazione. Gli spazi aperti costituiscono il telaio resiliente della città costruita e possono assolvere a diverse funzioni. Ripensare la progettazione dei futuri interventi può consentire l'adattamento della città esistente e al contempo migliorare la qualità dello spazio pubblico. Nella classificazione si è voluto dare particolare rilevanza al sistema degli spazi aperti e delle vie di comunicazione, ma non si esclude che queste tecniche possano essere adottate anche in altri contesti.

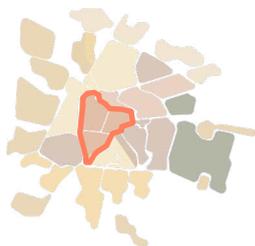


## I TESSUTI URBANI

Comune di Padova



- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  Città storica   |  Città consolidata di prima cintura con ampi cunei verdi |  Città consolidata policentrica |  Città della ricerca e dell'innovazione |
|  Città consolidata di prima cintura a morfologia compiuta e definita |  Città consolidata di seconda cintura                    |  Città della produzione         |  |



**Rioni:** Piazze / Portello, Santo / Portello, Città giardino / S. Croce.

## La città storica

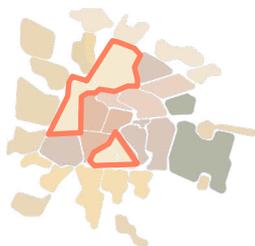
Comprende le parti di territorio riconoscibili nella città antica, racchiusa entro le mura cinquecentesche.

È presente un tessuto residenziale storico e commerciale denso di pregio, all'interno del quale sorgono edifici a destinazione pubblica e ampi spazi destinati all'uso collettivo. Il sistema delle piazze comprende Piazza dei Signori, delle Erbe e della Frutta, a cui si aggiungono eccellenze storiche, culturali, paesaggistiche e ambientali come l'Orto botanico e il Parco delle Mura e delle Acque. La fitta rete di canali e di fossati presenti nel centro di Padova caratterizza da sempre lo storico rapporto tra l'acqua e la città.

Morfologicamente è caratterizzato dalla presenza di edifici, singoli o aggregati in corti, in continuità tra di loro: essi formano un fronte continuo in stretto rapporto con la strada, che in alcuni casi è porticato. Le altezze degli edifici sono variabili dai 2-3 ai 5-7 piani fuori terra. Il verde è presente negli spazi pubblici, nelle corti private e, in alcune zone, anche nelle pertinenze degli edifici.

Gli interventi per la regolazione dei deflussi urbani nel centro storico devono tenere conto del contesto di applicazione e dei vincoli ai quali è sottoposto. Le aree verdi esistenti, anche quelle meno estese e continue, possono potenzialmente svolgere funzioni di drenaggio sostenibile se opportunamente progettate. L'ampia estensione di superfici impermeabili e l'alto valore aggiunto del contesto di questo tessuto rappresentano un'opportunità di intervento attraverso pavimentazioni drenanti di qualità.





**Rioni:** Madonna Pellegrina, S. Rita / S. Osvaldo / S. Paolo, Porta Trento / S. Giuseppe, Arcella / S. Carlo / S. Bellino, Ansa Borgomagnano / Stazione.

### La città consolidata di prima cintura a morfologia compiuta e definita

Comprende le parti di territorio della prima cintura della città storica di Padova. Queste sono caratterizzate dalla prevalenza di un tessuto compatto e racchiuso all'interno di elementi fisici, naturali e antropici. Si sviluppa a partire dall'esterno delle mura cinquecentesche, della città antica fino al canale Scaricatore, alla ferrovia a Nord e a Ovest e all'autostrada A4 Milano-Venezia.

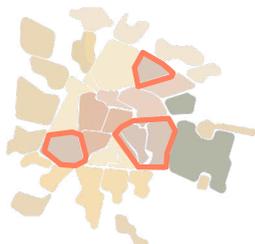
È caratterizzato da edifici prevalentemente in linea, in cui la forma dell'isolato risulta ben definita, e nel quale la maggior parte si affaccia direttamente sul fronte stradale. Si tratta di tessuti urbani a medio-alta densità, caratterizzati da una mixité funzionale all'interno di edifici a blocco, indipendenti sul proprio lotto, a 4/5 o più piani fuori terra, circondati da spazi di pertinenza privati recintati e/o spazi semi-privati e in relazione diretta con la strada.

Lungo gli assi di scorrimento principali, i relativi parcheggi, e i posti auto disposti lungo le strade di quartiere possono trovare applicazioni interventi di depavimentazione e gestione locale dei deflussi.

Aree verdi e giardini urbani, come il Parco Fornace Morandi o il Percorso Vita lungo il Bacchiglione, sono importanti interruzioni del tessuto residenziale altrimenti continuo e si trovano a ridosso del margine esterno e si trovano a ridosso del margine esterno. Più interna invece è la posizione delle piazze e degli spazi aperti funzionali alla vita pubblica, come ad esempio il mercato rionale di Piazza Azzurri d'Italia nel quartiere Arcella. Questi spazi rappresentano un'opportunità per coniugare interventi di drenaggio urbano sostenibile con gli usi pubblici.

La presenza di strade a bassa percorrenza si alterna alla rete di percorsi ciclabili che attraversano questo tessuto, collegandolo rispettivamente al centro e alla prima periferia urbana.





**Rioni:** S. Paolo / Forcellini / S. Camillo, Isola di Terranegra, Mortise, Sacra Famiglia.

### La città consolidata di prima cintura con ampi cunei verdi

Comprende le parti di territorio riconoscibili nei quartieri di prima cintura urbana, caratterizzati dalla prevalenza di ampi “cunei” verdi che permeano all’interno del tessuto urbano come parchi e terreni agricoli a seminativo. Si distingue per la spiccata mixité funzionale su lotti di dimensioni e geometrie variabili, che talvolta si affacciano su ampi spazi aperti a parco o direttamente a verde agricolo.

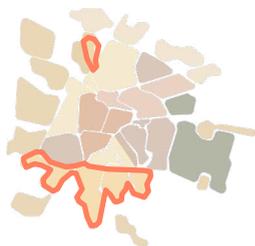
Sono presenti edifici prevalentemente in linea o a torre, mediamente a più di 5 piani e con una buona dotazione di verde condominiale. Esistono casi isolati di edifici più bassi (2 o 3 piani) che si configurano come margine tra la superficie urbanizzata e il tessuto agricolo.

Il Parco Iris, il Parco dei Girasoli lungo il Bacchiglione ma anche la buona presenza di verde nel nucleo Peep di Mortise, conferiscono a questo tessuto una buona capacità di rispondere agli allagamenti localizzati.

Eccetto il rione di Mortise a Nord-Est che si trova a nord della ferrovia, gli altri risultano ben collegati al centro della città. In particolare, gli assi di scorrimento principale come Via Facciolati e Via Giotto catalizzano il traffico cittadino che attraversa questi rioni. Slarghi, piazze e parcheggi di quartiere rendono possibili interventi di depermeabilizzazione che migliorano la capacità di ritenzione delle acque.

Vi è generalmente una buona dotazione di spazio connesso al sistema stradale che può ospitare interventi volti al drenaggio locale, anche in relazione con il verde esistente.





**Rioni:** Guizza / Bassanello, SS. Crocifisso, Voltabarozzo, Chiesanuova, Sacro Cuore.

## La città consolidata di seconda cintura

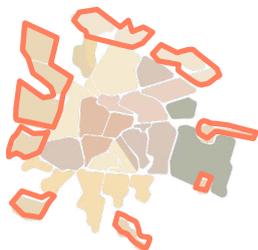
Comprende le urbanizzazioni cresciute esternamente rispetto ai limiti fisici della città moderna. Si sviluppa principalmente a sud dell'asse idraulico del Bacchiglione e canale Scaricatore, con alcuni parti urbane di completamento.

Si tratta di tessuti caratterizzati da una crescita incrementale per singoli lotti, prevalentemente localizzati lungo un asse ordinatore e da tracciati minori ad esso perpendicolari. I bordi urbani risultano spesso frammentati dalla presenza del verde agricolo, che in alcune situazioni è prevalente. A sud, il Parco Gozzano e il comparto agricolo vestono il ruolo di buffer verde tra la tangenziale e il tessuto urbanizzato della seconda cintura.

Più a nord, altre due porzioni si accentrano rispettivamente lungo gli assi di via Montà e via Sacro Cuore. Rappresentano due nuclei insediativi a media densità con edifici residenziali di 2/3 piani fuori terra, frutto di espansioni abitativa che hanno sostituito il suolo agricolo.

Sono presenti attrezzature a uso collettivo come scuole, strutture sportive e servizi generali. Percorsi ciclabili e pedonali sono presenti soprattutto lungo gli assi di scorrimento principali, e possono potenzialmente ospitare interventi volti a migliorare la demarcazione tra sedimi stradali utilizzando pavimentazioni drenanti. Diversa invece è la situazione lungo via Guizza: posti auto, percorsi pedonali e la linea tranviaria T1 si alternano lasciando la possibilità di intervenire sugli spazi aperti e sulla pavimentazione infrastrutturale.





**Rioni:** Ponte di Brenta, Torre, Pontevigodarzere, Altichiero, Chiesanuova, Brusegana, Mandria, Salboro.

## La città consolidata policentrica

Questo tessuto è cresciuto durante periodi diversi, ed presenta pertanto porzioni e caratteristiche morfologiche variabili che lo distinguono da altre parti di città più omogenee e coerenti.

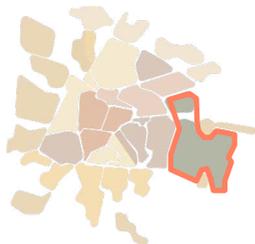
Questo tessuto comprende anche nuclei urbani con varietà di funzioni e dotati di un buon numero di servizi di quartiere. Data la posizione perimetrale, questo tessuto ospita al suo interno anche alcune grandi strutture di valenza territoriale (ad esempio scuole superiori, ex caserme, ippodromo, ecc.).

Questo tessuto presenta per la maggior parte edifici isolati su lotto singoli (villette mono-bifamiliari), di altezza variabile tra 1 e 3 piani, con una discreta dotazione di verde privato. In alcune zone la densità abitativa aumenta grazie alla presenza di condomini e piccole urbanizzazioni a carattere sparso.

Si caratterizza per la forte presenza di spazi aperti come piazzali, slarghi e parcheggi, soprattutto lungo gli assi ordinatori principali e nei quartieri residenziali più recenti, spazi che possono essere integrati con dispositivi di drenaggio urbano sostenibile. Al di fuori dei centri urbani invece, il tessuto agricolo e il relativo sistema di canalizzazione delle acque diventano prevalenti.

Abitazioni singole, villette e strade a medio-bassa percorrenza si diradano addentrandosi verso la campagna. I percorsi ciclabili e pedonale diventano rarefatti e, quelli presenti, si trovano lungo le sponde dei corsi d'acqua o lungo la viabilità di connessione intercomunale. Il futuro ampliamento della rete di mobilità sostenibile può ben integrarsi con interventi di drenaggio urbano.





**Rioni:** comparto ZIP 1 e ZIP 2.

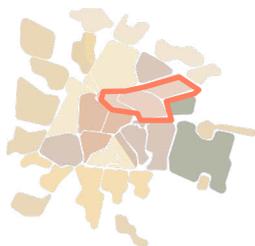
## La città della produzione

All'interno di questo tessuto si concentrano la maggior parte delle attività produttive e industriali di Padova. Si presenta suddiviso in lotti regolari. È la parte della città dedicata all'industria e ai mezzi pesanti. Ampi spazi vuoti e abbandonati si alternano a fabbricati di grandi e medie dimensioni, collegati da assi di scorrimento principali e secondari disposti perpendicolarmente tra loro. Il tessuto, generalmente, è continuo, salvo alcuni casi in cui gli edifici prefabbricati risultano intervallati da grandi piazzali carrabili adibiti a parcheggio o aree di manovra.

La barriera fisica rappresentata dal Canale Piovego divide il tessuto industriale in due comparti, la ZIP 1 e 2. Gli spazi verdi sono confinati lungo i margini esterni e raramente interrompono la continuità dei lotti edificati. Le alberature occupano i marciapiedi e i bordi strada ma si trovano confinate in riquadri che lasciano poco spazio all'infiltrazione e all'assorbimento radicale.

La fragilità idraulica di questo tessuto deriva sia dalla bassa elevazione che dai grandi volumi di deflusso generati dalla grande estensione di suoli impermeabilizzati e fabbricati. Data la forte presenza di superfici carrabili e capannoni prefabbricati a copertura piana, alcune soluzioni per il drenaggio urbano al suolo, come le pavimentazioni permeabili o i sistemi vegetati di ritenzione e filtraggio, possono combinarsi con altre come i tetti verdi estensivi e a bassa manutenzione.





**Rioni:** Soft city.

## La città della Ricerca e dell'Innovazione

Il tessuto è racchiuso tra la ferrovia a Nord e il Canale Piovego a Sud. Comprende un mix di tipologie edilizie eterogenee che sono accomunate da funzioni generalmente legate al settore dei servizi, imprese digitali e attività di ricerca del polo universitario. Fabbricati mono-funzione di grandi dimensioni, come ad esempio la fiera e gli edifici commerciali, sorgono accanto agli uffici e ai palazzi della ricerca. Più a Nord, verso la ferrovia, è presente un quadrante residenziale a medio-bassa densità con edifici di 2/3 piani fuori terra.

Sono presenti spazi aperti, viali alberati e parchi urbani. Tra questi, il Parco della Musica si trova tra il crocevia della Stanga e il lungo argine del Piovego. L'asse ordinatore principale, Via Venezia, presenta due corsie per senso di marcia e collega la stazione alla stanga e alla zona industriale di primo impianto. Il tracciato stradale secondario smaltisce i volumi di traffico verso gli uffici e le sedi direzionali.

Vi è una grande presenza di parcheggi che, a differenza del tessuto industriale, non sono interessati dalla carrabilità pesante e possono pertanto ospitare più facilmente interventi di drenaggio urbano sostenibile, anche considerando il valore aggiunto legato alle destinazioni del settore terziario. Molte coperture sono piane, e possono potenzialmente ospitare sistemi intensivi di tetti vegetati.







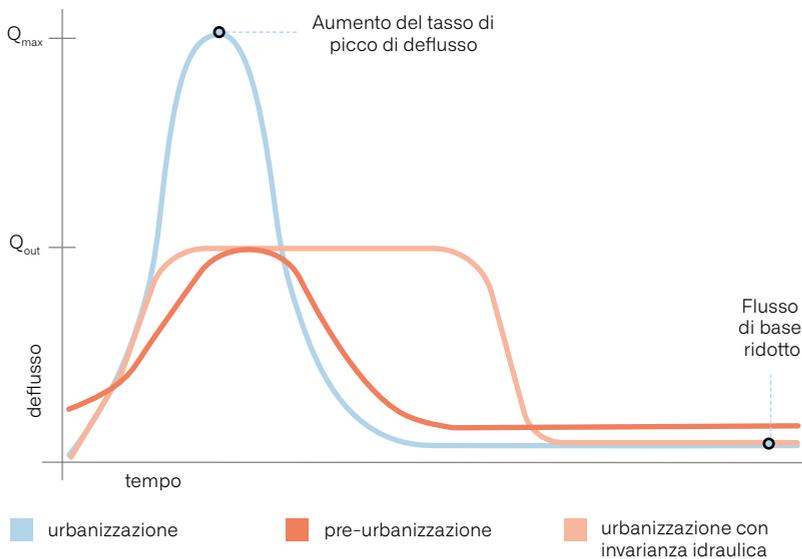
## Invarianza o varianza?

L'impermeabilizzazione dei suoli urbani ha una serie di effetti sul ciclo idrologico che rendono complicata la gestione di eventi di precipitazione intensa. I principali effetti riguardano l'aumento dei deflussi superficiali, legati ad una minore capacità di infiltrazione ed evapotraspirazione, e la riduzione dei tempi di corrivazione. Da questo ne risulta che, rispetto ad un suolo permeabile, i suoli impermeabili generano una maggiore quantità di acqua da gestire in un tempo ridotto.

In Veneto, come in altre regioni italiane, l'approccio per compensare gli effetti dell'urbanizzazione sul ciclo delle acque è ancora fortemente legato al principio dell'invarianza idraulica. Questo principio stabilisce che qualsiasi trasformazione dell'uso del suolo non debba contribuire ad aumentare la portata di piena del corpo idrico ricevente. L'invarianza idraulica richiede di quantificare e rendere disponibile un volume (di invaso) per compensare gli effetti dall'urbanizzazione: con essa si richiede dunque a chi propone una trasformazione, di farsi carico degli oneri della conseguente impermeabilizzazione.

Tuttavia, la predisposizione di tali volumi d'invaso non è finalizzata a trattenere i deflussi in loco, ma bensì a mantenere inalterata la formazione delle piene a scala di bacino. L'obiettivo è mantenere artificialmente il picco di deflusso massimo dall'area urbanizzata nel limite delle condizioni precedenti all'urbanizzazione. L'invarianza idraulica riguarda quindi la quantità massima di deflusso che può scorrere a valle in un dato tempo (portata), e non la quantità in assoluto di deflusso (volume). Va da sé che l'urbanizzazione di un campo agricolo, ad esempio, pur seguendo il principio dell'invarianza idraulica non azzererà gli impatti sul ciclo idrologico: di "invariata" ci sarà solo la portata massima in uscita dall'urbanizzazione.

Ci sono altri impatti sul ciclo idrologico che è necessario considerare, come ad esempio la quantità totale di deflusso in uscita dall'area trasformata. In alcuni contesti italiani, come ad esempio la Regione Lombardia, il concetto di invarianza è stato esteso ad includere anche quella idrologica.



La risposta allo stesso tipo di evento di pioggia è schematizzata per la stessa area in tre condizioni diverse. In condizioni **pre-urbanizzate**, l'area genera una quantità di deflusso totale minore, poiché parte viene infiltrata, e un picco puntuale di portata massima in uscita contenuto. In condizioni **urbanizzate**, l'area ha una risposta veloce all'evento di pioggia con il conseguente picco di portata in uscita molto elevato e una quantità maggiore poiché l'urbanizzazione riduce il suolo disponibile per l'infiltrazione. In condizioni **urbanizzate con compensazioni secondo il principio di invarianza idraulica**, il picco di portata massima viene artificialmente mantenuto a quello di pre-urbanizzazione stivando i volumi in eccesso in invasi, che vengono poi rilasciati gradualmente per un totale maggiore a quello pre-urbanizzato e pari a quello urbanizzato.

**fig. 10** - Schematizzazione concettuale che rappresenta il deflusso (sull'asse delle ordinate) in relazione al tempo (asse delle ascisse).

**Cfr:** Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 - Regione Lombardia.

Ovvero il principio in base al quale i volumi scaricati nel corpo idrico ricettore (fognatura, corso d'acqua, ecc.) dalle aree trasformate non sono maggiori di quelli preesistenti alla trasformazione. Il maggior deflusso causato dalla nuova trasformazione – e conseguente impermeabilizzazione – deve quindi essere gestito localmente attraverso l'infiltrazione e il riuso.

La combinazione dei due principi di invarianza idraulica ed idrologica è più efficace rispetto all'applicazione esclusiva del primo: nella compensazione di un intervento l'attenzione è rivolta non solo a mantenere la portata in uscita entro certi limiti, ma anche che parte del deflusso non scorra a valle. Adottare questi due principi di gestione come guida per le compensazioni restituisce ai suoli un ruolo attivo sia nel mitigare gli allagamenti che a supporto di tutte le fasi del ciclo idrologico. Gli effetti positivi riguardano infatti anche la maggior infiltrazione nel suolo, una maggiore evapo-traspirazione a beneficio del microclima e della qualità dell'aria ed infine il possibile riuso dell'acqua come risorsa.

Questi benefici sono inoltre disponibili e attivati non solo durante precipitazioni intense ma anche per quelle ordinarie e frequenti. È infatti necessario che l'attenzione non sia esclusivamente rivolta agli eventi estremi, ma che si debba tenere in considerazione anche la risposta dei suoli urbani a modeste precipitazioni. A lato dei sistemi infrastrutturali sotterranei attuali – basati sulla canalizzazione e allontanamento dei deflussi e che sono dimensionati su eventi intensi – vi è l'opportunità di intervenire in superficie con tecniche di drenaggio urbano sostenibile che comportino effetti positivi sul ciclo idrologico ogni giorno. Nei contesti anglosassoni, ad esempio, è richiesto che le trasformazioni del suolo garantiscano non solo una gestione efficace dei deflussi di eventi intensi, ma che eventi di 5-10 mm di pioggia non causino alcun deflusso.

Considerare anche questa indicazione nella progettazione dei sistemi di drenaggio urbano ne aumenta l'efficacia anche di fronte a precipitazioni frequenti, comportando benefici percepibili anche nell'ordinario (per un approfondimento: Pasi R., Negretto V. e Musco F., 2019).

Infine, vi è un'ulteriore considerazione da fare. Alla luce degli allagamenti frequenti che vengono registrati a Padova (confronto primo capitolo) come in molte altre città, sarebbe opportuno superare l'approccio di mantenere il deflusso che viene generato dai suoli urbani ad ogni pioggia, sia esso solo di portata (idraulica) o anche di quantità (idrologica). La gestione dei deflussi entra in crisi con eventi di piogge intense che sono frequenti; pertanto, sarebbe il caso di adottare un approccio che miri alla "varianza" dell'attuale disequilibrio idraulico e idrologico attraverso interventi diffusi e sistemici. E quindi migliorare la risposta dei territori alle sollecitazioni causate dalle piogge intense, perseguendo allo stesso tempo benefici anche per piogge ordinarie.

## Una gerarchia di priorità per l'intervento

La **normativa nazionale** ha recepito il concetto di acque di prima pioggia nel D.lgs. 152/2006, dove all'articolo n. 113 delega alle Regioni la disciplina e l'attuazione delle forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento.

La **normativa regionale** specifica nell'articolo n. 39 del Drg. 842/2012 i casi in cui "I sistemi di depurazione devono almeno comprendere sistemi di sedimentazione accelerata o altri sistemi equivalenti per efficacia; se del caso, deve essere previsto anche un trattamento di disoleatura".

Nel capitolo precedente è emerso che una gestione sostenibile dei deflussi non riguarda esclusivamente la gestione della portata, ma considera anche altri aspetti del ciclo idrologico come ad esempio la quantità, la destinazione e la qualità. È importante che questi aspetti siano presi in considerazione nella progettazione della gestione dei deflussi quando vi è una trasformazione dell'uso del suolo. Prima di introdurre nei capitoli successivi le tecniche specifiche per mettere in pratica la gestione sostenibile del drenaggio urbano, è bene mettere in luce quali sono le priorità per garantire benefici sia in loco che a scala urbana e di bacino.

Perseguire queste priorità in ogni intervento di suolo permette di agire sul ciclo idrologico urbano in maniera sistemica e aumentare la resilienza nella gestione dei deflussi affiancando alle infrastrutture esistenti delle soluzioni diffuse e decentralizzate. Tuttavia, data la moltitudine di contesti nel territorio del Comune di Padova, non tutti i principi e le relative tecniche sono attuabili ovunque e interamente. Pertanto, i principi guida per scegliere come gestire il deflusso sono organizzati in una gerarchia di priorità decrescente, ordinati secondo l'obiettivo principale che è quello di trattenere in loco la maggior parte di deflusso possibile.

La gerarchia di priorità ha una funzione di guida e di indirizzo nella valutazione delle tecniche da usare nella progettazione di un intervento specifico. I principi che sono posti nei primi livelli della gerarchia generano benefici maggiori sia locali che a scala di bacino, e sono preferibili a quelli di gerarchia inferiore. Un intervento virtuoso applica più principi: destinando parte dei deflussi secondo principi di gerarchia più alta, e quindi con benefici maggiori e attivati anche da piogge minori, per poi gestire la quantità restante secondo principi di gerarchia via via più bassa. Qualora dovessero esistere degli impedimenti alla attuazione di un principio di priorità maggiore, è possibile scalare al livello successivo. Gli impedimenti, derivanti da particolari condizioni di contesto o di progetto, possono essere vari. I più ricorrenti riguardano: la qualità dell'acqua e la presenza di eventuali inquinanti; insufficiente spazio disponibile; il livello di falda acquifera superficiale o vulnerabile; la particolare

composizione del suolo; il costo di costruzione o manutenzione eccessivo; eventuali vincoli.

**La premessa all'applicazione di queste gerarchie di priorità per la destinazione dei deflussi riguarda la qualità dell'acqua.**

Le acque di pioggia dilavano superfici inquinate e quindi hanno in sospensione degli inquinanti che ne precludono alcune destinazioni se non opportunamente trattate. La natura di questi inquinanti è varia, e in genere essa è presente nei primi 2,5-5 mm di pioggia chiamati "acque di prima pioggia".

Nella progettazione di un intervento, è necessario valutare preventivamente la suscettibilità delle superfici ad essere contaminate da agenti inquinanti, ed in tal caso, prevedere opportuni dispositivi che rispondono alla priorità di filtraggio. È opportuno prevedere il trattamento di queste acque potenzialmente inquinate quanto più possibile vicino alla fonte di inquinamento, in quanto è più facile isolare le aree potenzialmente inquinanti e gestire i punti di trattamento. Esistono vari dispositivi per trattare le acque di prima pioggia, tra cui anche alcune delle tecniche sostenibili elencate nel capitolo successivo che hanno uno spettro più ampio di benefici rispetto alle largamente utilizzate vasche di prima pioggia.

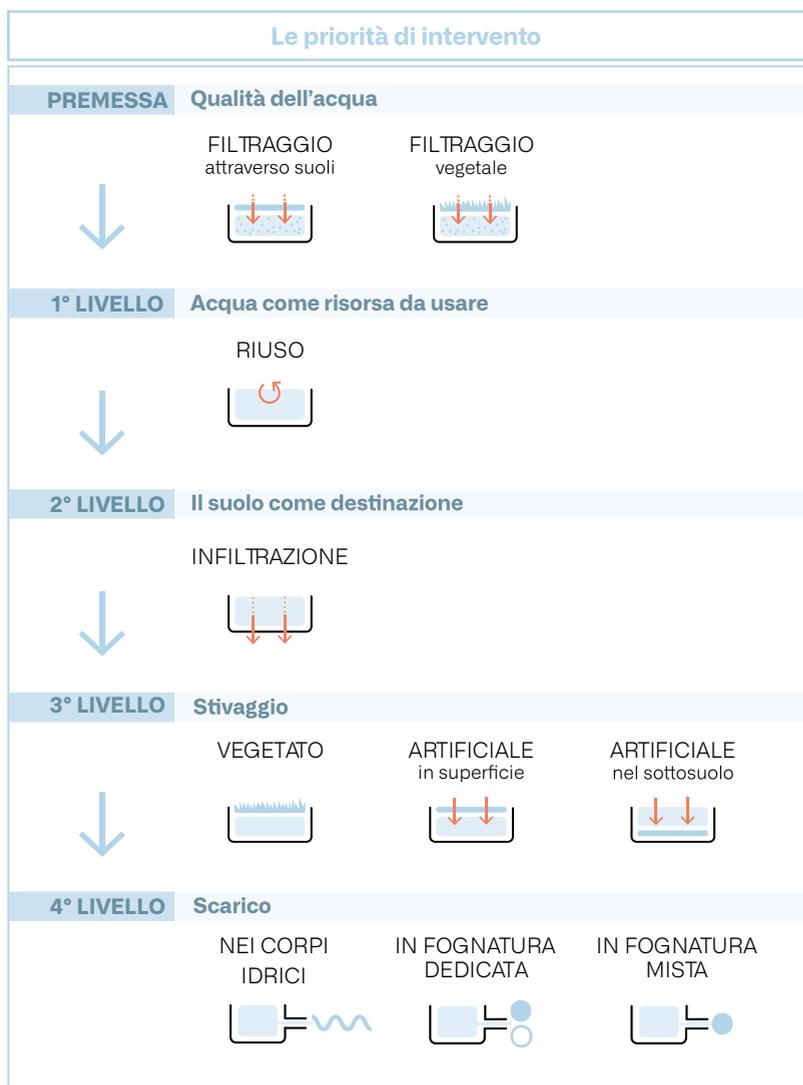
Il **primo livello** nella gerarchia riguarda il considerare l'acqua come risorsa da utilizzare in loco. Questa è considerata la priorità principale per alcuni motivi. Il primo è che tutta l'acqua che viene immagazzinata e riutilizzata in un secondo momento è una quota di precipitazione che non genererà deflusso e quindi viene sottratta ai quantitativi da dover gestire. È un principio in grado di generare benefici sia con piogge straordinarie che abbondanti. Il suo riuso inoltre permette di ridurre il fabbisogno idrico che gli stessi usi avrebbero richiesto in seguito. Infine, il quantitativo che può essere destinato al riuso è pari al volume di invaso disponibile in quel momento, di conseguenza per gestire eventi più intensi deve essere necessariamente abbinato ad uno dei principi successivi per gestire i volumi in eccesso.

Le modalità di immagazzinamento e successivo riuso variano in base al contesto e alla localizzazione, i più frequenti riguardano l'uso irriguo, il lavaggio e gli usi non potabili in genere, tra cui anche quelli industriali e privati.

Il **livello successivo** di priorità riguarda il considerare il suolo come destinazione dei deflussi. Compatibilmente con le caratteristiche idrogeologiche, il suolo può essere considerato come un volume nel quale destinare le acque di pioggia attraverso una lenta penetrazione, emulando il comportamento di un suolo non urbanizzato e dando priorità alla permeabilità. L'infiltrazione nel suolo inoltre supporta i processi di evapotraspirazione e assorbimento biologico che permettono sia di sostenere la vegetazione che di sottrarre quantitativi importanti al deflusso da gestire a valle. Molte superfici urbane, sia pavimentate che non, possono svolgere questa funzione attraverso una stratigrafia adatta. Un uso accorto delle tecniche presentate nel capitolo successivo può concorrere a raggiungere non solo l'invarianza idrologica, ma anche a trattenere i deflussi in loco per piogge minori e recuperare le funzioni idrologiche dei suoli.

Il **terzo livello** in quanto a benefici al regime idrologico riguarda la laminazione dei deflussi, inteso come l'accumulo temporaneo delle acque meteoriche in un volume per attenuare la portata in uscita. Questo principio è di gerarchia inferiore ai precedenti poiché ha una limitata capacità di generare benefici. Esso può essere impiegato a valle dei principi precedenti per gestire eventi particolarmente intensi e rispettare i requisiti della norma di invarianza idraulica. Nel capitolo successivo sono presentate alcune tecniche per attuare questo principio e al contempo raggiungere altri benefici. In termini generali, i volumi più sostenibili sono vegetati, seguiti da quelli artificiali in superficie ed infine i volumi artificiali nel sottosuolo. Maggiori benefici possono essere generati collegandosi alla priorità di infiltrazione o alla priorità del riuso, fermo restando che per fungere da invaso da laminazione un volume deve essere disponibile e quindi almeno parzialmente svuotato dopo un evento.

Infine, la destinazione meno preferibile per la gestione dei deflussi urbani è lo **scarico diretto** dei deflussi nel corpo ricettore. Questo principio deve essere applicato esclusivamente quando i precedenti non sono compatibili con le condizioni di progetto, e comunque per la minor quantità di deflusso possibile. Lo scarico nei corpi idrici è preferibile allo scarico in fognatura dedicata, mentre lo scarico in fognatura mista resta la destinazione meno preferibile in assoluto.







## I dispositivi e le tecnologie per il drenaggio urbano

La parte terza è dedicata alla presentazione dei dispositivi e delle tecnologie di drenaggio urbano sostenibile. Sono state selezionate alcune delle tecnologie a disposizione. I criteri di scelta hanno privilegiato le seguenti caratteristiche:

1. tecnologie applicabili in contesti densamente costruiti dove lo spazio pubblico a disposizione sia ridotto e/o di geometria lineare (percorsi);
2. tecnologie efficaci nel trattare non solo i problemi idrici in termini di riduzione dei volumi (ritenzione, riduzione dei picchi di portata, rallentamento del conferimento dell'acqua nelle reti di drenaggio), ma anche la qualità dell'acqua (trattamento delle acque di prima pioggia e filtrazione degli inquinanti);
3. tecnologie che producono "altri effetti positivi" quali la riduzione dell'isola di calore e lo sviluppo della bio-diversità urbana;
4. la valorizzazione paesaggistica della città e il valore tecnologico complessivo delle soluzioni da un punto di vista prestazionale ma anche formale, ambientale e sociale.

Pertanto sono state escluse dalla trattazione le tecnologie quali le aree umide, perché scarsamente compatibili in contesti urbani, piuttosto che le semplici vasche di raccolta, ampiamente usate e talvolta abusate.

Nella suddivisione in schede dedicate sono affrontati diversi aspetti delle tecnologie selezionate per il particolare contesto del Comune di Padova descritto nella prima parte di questo documento. Per ogni tecnologia sono riportate sezioni esemplificative, una descrizione generale del dispositivo, le principali proprietà idrauliche, laddove possibile i costi e richiami normativi e delle buone pratiche in cui sono state applicate con successo. Le tecnologie presentate sono le seguenti: coperture a verde, pavimentazioni drenanti, fasce filtranti, alberi, fasce drenanti, canali vegetati e sistemi di bio-ritenzione.

Prima di entrare nel merito delle tecnologie e delle buone pratiche nazionali ed internazionali, è utile prendere in esame una buona pratica che è in corso di realizzazione proprio nello stesso Comune di Padova. L'intervento di Via Savelli è un esempio riuscito di collaborazione tra settori e tra enti che ci permette di ricordare un aspetto fondamentale delle tecnologie di drenaggio urbano sostenibile. Esse, infatti, sono soluzioni che possono funzionare singolarmente, ma hanno un'efficacia maggiore quando sono progettate per funzionare in maniera coordinata e sequenziale. Tra le varie tecnologie adottate nell'intervento di Via Savelli si riesce a dare applicazione a più d'uno dei principi elencati nella parte seconda di questo documento, gestendo il deflusso dal punto di vista della qualità, attraverso il riuso, l'infiltrazione, lo stoccaggio e solo infine lo scarico delle quantità in eccesso.

Nella parte conclusiva di questo documento vi è una tabella di sintesi che esprime in modo sinottico alcuni criteri di scelta delle tecnologie esaminate con la priorità di applicazione nei tessuti urbani, con le funzioni idrologiche corrispondenti e con i co-benefici che possono essere generati attraverso un buon design degli interventi.

## INTERVENTO in Via Savelli, Padova

### DESCRIZIONE

Il progetto mira a ridurre significativamente i **rischi climatici**, sia per gli impatti idraulici che per quanto riguarda l'effetto isola di calore urbana, in un contesto che raggruppa circa 200 aziende direzionali del settore terziario.

Rientra all'interno del bando dal titolo **«Programma sperimentale di interventi per l'adattamento ai cambiamenti climatici in ambito urbano»** emanato Ministero della Transizione Ecologica e tiene in considerazione anche la dimensione sociale di resilienza e sostenibilità dello spazio pubblico.

### PROGETTO



Planimetria di progetto



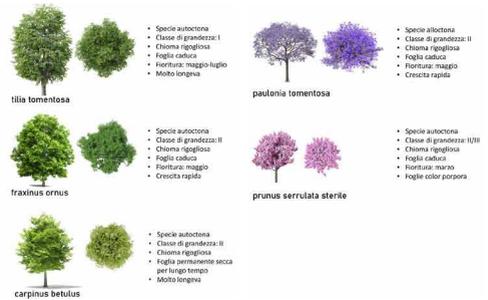
Sistema di drenaggio collettato



Area a verde pubblico + rain garden



Pavimentazione drenante



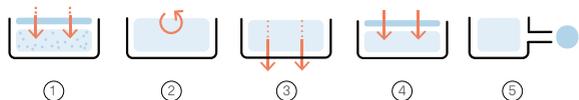
Alberi

## SPECIFICHE

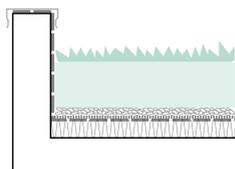
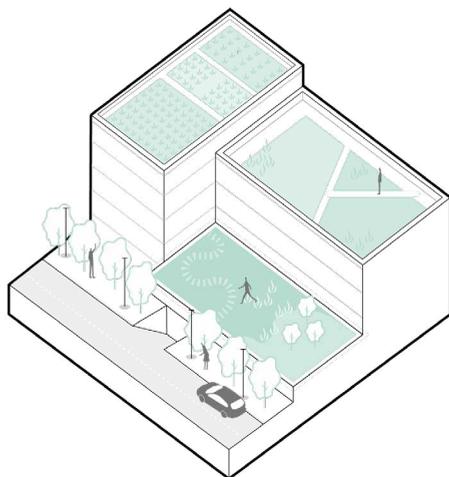
L'intervento prevede l'impiego di sistemi di raccolta e di stoccaggio delle acque meteoriche che riducono il carico idraulico recapitabile alla rete fognaria urbana. In particolare, la conversione a verde di alcune superfici impermeabili e la sostituzione degli asfalti esistenti (su strade e marciapiedi) con altri di tipo drenante supportati da altre tecniche (*rain garden*), migliorano le performance complessive del progetto assicurando un vantaggio dal punto di vista della capacità di gestione e riutilizzo dei volumi d'acqua rispetto la situazione di partenza.

Queste soluzioni rientrano nel filone degli interventi per l'adattamento urbano ai clima nel totale rispetto dei principi di intervento assegnati al precedente capitolo 2:

1. filtraggio;
2. riuso;
3. infiltrazione;
4. stivaggio;
5. scarico.



**TECNOLOGIA** Coperture a verde

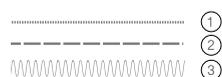


copertura a verde



Sub-sistema a verde:

1. parte viva;
2. componenti umidi;
3. comportamento variabile e dinamico.



Sub-sistema di impermeabilizzazione:

1. parte inerte;
2. componenti protette e asciutte;
3. comportamento stabile.

**Dettaglio copertura a verde:** Il sistema copertura a verde. Fonte: Giacomello E., 2012.

**DESCRIZIONE**

Le coperture a verde sono coperture con elemento di tenuta continuo (membrane impermeabilizzanti) caratterizzate dalla presenza di vegetazione e da una stratigrafia deputata a garantirne lo sviluppo. Il loro impiego è legato a una serie di funzioni, fra cui il valore paesaggistico, il valore ecologico, l'incremento prestazionale dell'elemento tecnico di copertura, la riduzione dell'effetto isola di calore, la capacità di accumulo idrico.

Le coperture a verde si classificano in 2 categorie:

1. **Coperture a verde estensivo:** lo spessore dello strato colturale è ridotto (di conseguenza i carichi strutturali), le esigenze della vegetazione sono contenute, la manutenzione è ridotta. Nella gran parte dei casi non si tratta di coperture accessibili;
2. **Coperture a verde intensivo:** si tratta dei giardini pensili, lo spessore dello strato colturale è più elevato (di conseguenza i carichi strutturali) in relazione alla varietà delle specie vegetali, la manutenzione è più frequente. Normalmente sono coperture accessibili.

Giacomello E., 2012, **Copertura a verde e risorsa idrica. Implicazioni tecnologiche e benefici per l'ambiente urbano**, Franco Angeli, p. 27.



## PROPRIETÀ SPECIFICHE

La tabella sintetizza alcune delle proprietà delle coperture a verde estensivo e intensivo, riportando informazioni tecniche, vantaggi ed eventuali limiti legati al loro utilizzo.

	Verde estensivo	Verde intensivo
<b>Tipo di vegetazione</b>	Tolleranti alla siccità, crescita lenta	In generale esigenze superiori, che rispondono ad una progettazione paesaggistica accurata
<b>Spessore del substrato</b>	8-12 cm	> 15-20 cm e fino a 100 cm
<b>Carico</b>	80-150 kg/m <sup>2</sup>	> 150 kg/m <sup>2</sup>
<b>Manutenzione</b>	Bassa, di controllo	In relazione al progetto paesaggistico, analoga a un giardino su suolo naturale
<b>Irrigazione</b>	In fase di attecchimento necessaria; A regime, non necessaria o di sicurezza	Necessaria
<b>Vantaggi</b>	+ leggerezza + adatto a superfici inclinate + adatto nel recupero edilizio + meno costoso + poca manutenzione + supporto per piante pioniere	+ condizioni favorevoli per le piante + buona prestazione di isolamento termico + buona capacità di accumulo idrico + elevato valore paesaggistico + attrattivo e accessibile
<b>Limiti</b>	- potenziali condizioni di stress per le piante - scarso isolamento termico - scarsa capacità di accumulo idrico - valore paesaggistico limitato	- carico elevato - necessità di acqua ed energia nel complesso - elevati costi di costruzione e manutenzione

## COSTO

Il costo di costruzione e di gestione delle coperture a verde è superiore a quello delle coperture convenzionali. Per contro questo tipo di coperture producono **benefici significativi** alla scala urbana, nel medio e lungo termine.

Per specifiche fare riferimento al "Prezzario AIVEP\* del Verde Pensile 2021"

\*Associazione Italiana del Verde Pensile: [www.aivep.it](http://www.aivep.it)



<https://aivep.it/wp-content/uploads/2021/05/AIVEPprezzario.pdf>

Per i costi di manutenzione fare riferimento alla norma **UNI 11235:2015** "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde", documento dettagliato anche per ciò che concerne le attività manutentive delle coperture a verde.

## PROPRIETÀ IDRICHE

La capacità di accumulo d'acqua della copertura a verde dipende da numerose variabili. L'intercettazione dell'acqua meteorica è determinata dalla superficie della copertura.

La copertura a verde è particolarmente performante in regime estivo.

La capacità di assorbimento dell'acqua è legata alle condizioni di umidità antecedenti l'evento meteorico, per questo è utile assumere una posizione conservativa nella valutazione dei benefici idrici.

Da norma tecnica, le proprietà idriche della copertura a verde si esprimono con 2 coefficienti:

1. il **coefficiente di deflusso  $\Psi$**  = deflusso / acqua intercettata
2. il **coefficiente di afflusso  $\Phi$**  = picco di portata deflusso / massima intensità pioggia

Per le coperture estensive il coefficiente di deflusso è pari a 0,6-0,45, mentre per le coperture intensive è pari a 0,45-0,2.

I coefficienti di deflusso sono indicativi delle prestazioni idriche nel medio-lungo termine, quindi alla scala annuale.

Non è invece possibile definire in modo generale le prestazioni idriche della copertura a verde alla scala dell'evento meteorico, poiché le variabili in gioco non sono – almeno in parte – note. In tal senso incide in modo significativo l'umidità dello strato colturale prima del verificarsi dell'evento.

Ciò nonostante, è noto che le coperture a verde abbiano una capacità di riduzione dei picchi di deflusso in relazione allo spessore complessivo della stratigrafia, vale a dire che le coperture intensive attenuano maggiormente i picchi di deflusso delle coperture estensive.

## NORMATIVA

L'Italia si è dotata di una norma sulle coperture a verde:

- **UNI 11235:2015** "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde".

Una copertura a verde consiste in un sistema tecnologico, articolato in numerosi strati ed elementi, parte dei quali presentano capacità di accumulo idrico. La progettazione dei componenti in relazione alla categoria di inverdimento (estensivo e intensivo) e ai vincoli di progetto e ambientali.

La stratigrafia del sistema di copertura a verde prevede da norma i seguenti strati/elementi: strato di vegetazione, strato colturale, elemento filtrante, elemento drenante e di accumulo idrico, elemento di protezione meccanica, elemento di protezione dall'azione delle radici, elemento di tenuta, elemento portante.

### Pianificazione ordinaria:

- PAT - art. 8.1.2 lett. Q) e art. 19.2.1 lett. g);
- Prescrizione "Q" (V.C.I del PAT).

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, uno estero ed uno nazionale, al fine di suggerire riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di El Equipo Mazzanti

**Progetto:** Bicenenario Park

**Anno:** 2007

**Autore:** El Equipo Mazzanti

**Luogo:** Bogotá, Colombia

**Descrizione:** Il Bicenenario Park nasce come un progetto di rivitalizzazione della città di Bogotá. Si tratta di un ponte in calcestruzzo armato che segue la topografia del terreno e diventa nella sua sommità un grande spazio verde pubblico, esteso per una superficie di 4.600 m<sup>2</sup>. Esso alterna coperture intensive ed estensive dando origine ad otto piccole piazze verdi ognuna delle quali accoglie centinaia di specie vegetali diverse.

**Per approfondimenti:**

<https://www.greenroofs.com/projects/parque-bicentenario-bogota/>

<https://www.archdaily.co/co/898371/parque-bicentenario-un-proyecto-que-ayuda-a-coser-una-herida-urbana-en-bogota>



Foto di Environment Park

**Progetto:** Environment Park

**Anno:** 2016

**Autore:** Emilio Ambasz, Benedetto Camerana e Giovanni Durbiano

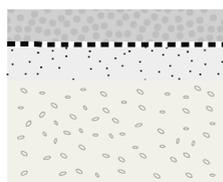
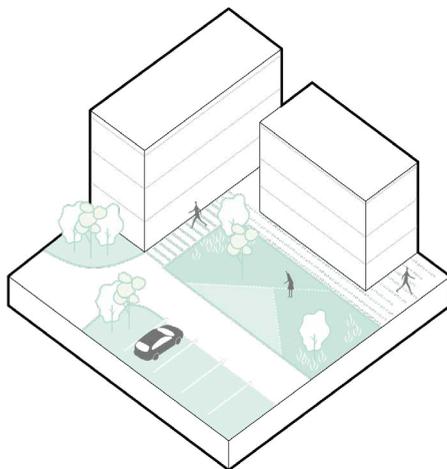
**Luogo:** Torino, Italia

**Descrizione:** L'Environment Park è il parco scientifico e tecnologico per l'ambiente di Torino. Il progetto persegue una forte relazione, tecnica e simbolica, tra verde e nuove architetture. I tetti dei capannoni sono interamente ricoperti da un prato ecologico e raccordati alla strada retrostante con l'inserimento di un piano inclinato; altri elementi caratterizzanti sono la bassa densità insediativa, l'inserimento di natura viva in più parti del complesso edificato e, soprattutto, l'ampio ricorso a tecniche anche sperimentali di risparmio energetico.

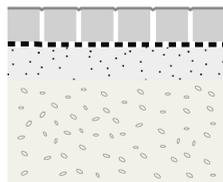
**Per approfondimenti:**

<https://www.envipark.com/en/>

**TECNOLOGIA** Pavimentazioni drenanti



calcestruzzo poroso



masselli impermeabili

Componenti di una pavimentazione drenante:

- 1. pavimentazione impermeabile;
- 2. geotessile;
- 3. strato di supporto permeabile o poroso;
- 4. fondazione permeabile.

**DESCRIZIONE**

Le pavimentazioni drenanti sono superfici ad uso pedonale e per il traffico veicolare che consentono l'infiltrazione dell'acqua meteorica negli strati sottostanti.

L'acqua immagazzinata negli strati sottostanti filtra nel suolo oppure viene scaricata in modo controllato verso le reti drenaggio o in serbatoi.

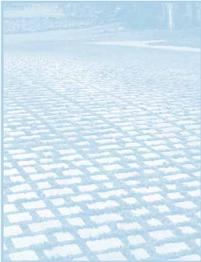
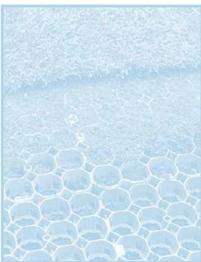
Le pavimentazioni drenanti, unitamente agli strati associati sottostanti, rappresentano efficienti soluzioni di controllo del deflusso superficiale poiché trattano l'acqua meteorica in corrispondenza della sorgente.

Le pavimentazioni permeabili si suddividono in 2 categorie:

1. **pavimentazioni porose:** l'acqua filtra da tutta la superficie del materiale (calcestruzzo/asfalto porosi; superfici ghiaiose; erba armata);
2. **pavimentazioni permeabili:** l'acqua filtra da spazi vuoti o fughe della superficie del materiale, che è impermeabilizzante (blocchi/lastre di calcestruzzo, pietra o altri materiali).

## PROPRIETÀ SPECIFICHE

Nella tabella che segue sono elencate pavimentazioni drenanti classificate in relazione al tipo di superficie impiegata.

	Immagine	Verde estensivo
<b>Asfalto poroso</b>		È un materiale analogo all'asfalto tradizionale, ma privo di inerti fini. Si applica con successo nei parcheggi, nelle strade a traffico leggero, nei terreni di gioco. È utilizzabile anche come strato di supporto per pavimentazioni drenanti a blocchi e ha la caratteristica di ridurre il rumore generato dal traffico veicolare.
<b>Calcestruzzo poroso</b>		Si utilizza sia come materiale superficiale, sia come sottofondo di altre pavimentazioni permeabili. È caratterizzato da parti vuote per una percentuale del 15% circa. È adatto per strade a traffico veicolare leggero e parcheggi.
<b>Ghiaia stabilizzata</b>		Si tratta di ghiaia normalmente legata da resina naturale o sintetica, capace di drenare l'acqua verso gli strati sottostanti. La granulometria della ghiaia è varia, così come il colore della resina. Le applicazioni preferenziali sono pavimentazioni delle aree esterne immediate agli edifici residenziali, strade private e aree di pertinenza degli edifici scolastici.
<b>Pavimentazione permeabile a blocchi</b>		Sono superfici molto comuni realizzate attraverso blocchi di calcestruzzo, pietra naturale, argilla. Fra i blocchi, presentano giunti riempiti di sabbia in cui l'acqua filtra raggiungendo gli strati di allettamento e sottofondo. Queste pavimentazioni sono raccomandabili per le aree pedonali, parcheggi, strade carrabili private. Possono essere impiegate con successo anche per strade a traffico veicolare sostenuto nei centri storici urbani.
<b>Prato rinforzato</b>		Il manto erboso superficiale è rinforzato da moduli plastici forati e auto-bloccanti che garantiscono massima permeabilità. La possibile deformabilità della superficie è uno dei problemi da prevenire, in fase progettuale e realizzativa, attraverso scelte ponderate: è importante utilizzare questo sistema solo in previsioni d'uso di basso traffico veicolare, ad esempio parcheggi in prossimità di aree naturali, attrezzature sportive, scuole, alberghi.

## PROPRIETÀ IDRICHE

Il Coefficiente di permeabilità medio annuo di una pavimentazione ( $C_p$ ) è la percentuale di acqua che infiltra nella pavimentazione e negli strati sottostanti rispetto all'acqua intercettata, a lungo termine (medio annuo). Si può ritenere che una pavimentazione orizzontale o sub-orizzontale, a blocchi, costruita a regola d'arte, abbia un coefficiente di permeabilità del 60-70 %.

Il Coefficiente di deflusso medio annuo di una pavimentazione ( $C_d$ ) è la percentuale di acqua meteorica che defluisce superficialmente dalla pavimentazione, a lungo termine (medio annuo).

$C_p + C_d = 100\%$  acqua meteorica

La permeabilità di una pavimentazione dipende da molti fattori: dalla quantità annua di pioggia, dalla distribuzione degli eventi meteorici, dall'intensità degli eventi meteorici, dalla pendenza della pavimentazione, dalle caratteristiche della pavimentazione e degli strati sottostanti (come la porosità) e dal tipo di suolo naturale (argilloso, limoso o ghiaioso).

Con questi dati è possibile calcolare il Coefficiente  $C_p$ . Quindi è importante ricordare che il calcolo del Coefficiente di permeabilità deve avvenire per via analitica e tenere in considerazione i fattori e gli elementi locali e specifici citati.

### **NB: I prodotti commerciali**

Talvolta i prodotti commerciali vengono caratterizzati con il valore del **Tasso di infiltrazione** (m/s), una velocità. Poiché l'intensità di pioggia è spesso misurata in mm/ora, anche il tasso di infiltrazione viene talvolta espresso in mm/ora dai produttori di pavimentazioni. Anche il **Coefficiente di permeabilità** può essere espresso in mm/ora.

## NORMATIVA

### **Pianificazione ordinaria:**

- PAT - art. 8.1.1, art. 8.1.2 lett. D);
- Prescrizione "D" (V.C.I del PAT);
- PI - art. 21;
- PI - Prescrizione per evitare l'aggravamento del r.i. conseguentemente all'attuazione dei PUA;
- Regolamento Edilizio - art. 62.1;
- PAESC.

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, entrambi dal panorama internazionale, al fine di riportare riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di Adrià Goula

**Progetto:** Saint Joan Boulevard

**Anno:** 2011

**Autore:** Lola Domènech

**Luogo:** Barcellona, Spagna

**Descrizione:** Il Passeig de Sant Joan è stato progettato come la nuova zona verde della città. Per garantire la sostenibilità del progetto si è reso necessario un corretto drenaggio del sottosuolo, che incorpora così un sistema di pavimentazione drenante nella zona alberata. Il trattamento del terreno con pavimentazioni drenante e il sistema di irrigazione automatico che utilizza acqua freatica sono fondamentali per garantire un drenaggio del substrato in grado di garantire la sopravvivenza della vegetazione.

**Per approfondimenti:**

<https://www.metalocus.es/en/news/redevelopment-passeig-de-sant-joan-phase-2>



Foto di Agence TER

**Progetto:** Eco-quartiere di Boulogne-Buillancourt

**Anno:** 2003

**Autore:** Agence TER

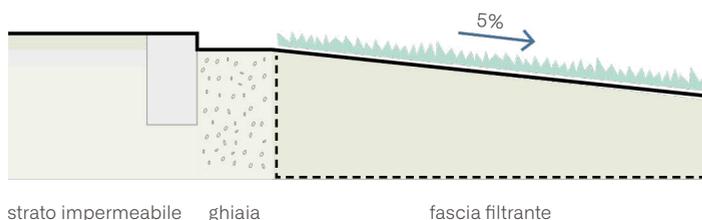
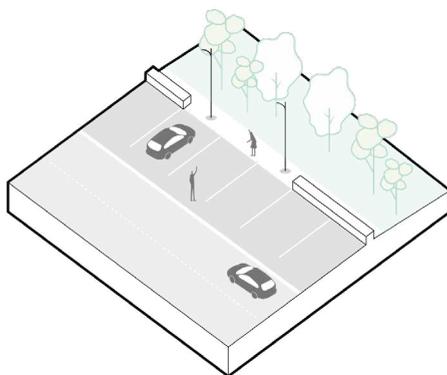
**Luogo:** Parigi, Francia

**Descrizione:** Nel cuore dell'area si trova il parco che si estende per 7 ettari: si tratta di una grande area verde attrezzata, connessa al nuovo abitato attraverso un sistema di linee di pendenza e di quote progressive in cui confluiscono le acque piovane di tutto il quartiere. È proprio l'acqua l'elemento principe che disegna i paesaggi del parco. In esso coesistono spazi umidi, prati rustici e fossati inondabili, piccoli boschetti e grandi prati.

**Per approfondimenti:**

<https://www.ileseguin-rivesdeseine.fr/fr/ecoquartier-les-3-secteurs>

**TECNOLOGIA** Fasce filtranti



Componenti di una fascia filtrante:

- ① 1. strato vegetale;
- ② 2. strato culturale;
- ③ 3. strato drenante in pietrisco;
- ④ 4. strato drenante in ghiaia;
- ⑤ 5. terreno naturale.

**DESCRIZIONE**

Le fasce filtranti sono fasce inerbite e moderatamente inclinate, progettate per il trattamento dell'acqua meteorica che proviene da superfici impermeabili limitrofe.

Sono progettate per ricevere deflusso a velocità sufficientemente moderata e possono essere impiegate sia per il pre-trattamento dell'acqua in associazione a sistemi di bio-ritenzione, trincee infiltranti o altri drenaggi, sia come sistemi di trattamento qualora il percorso del deflusso sia sufficientemente lungo.

Le fasce filtranti sono efficaci nella riduzione di polveri sottili, materiali organici e metalli pesanti delle acque di scolo.

**PROPRIETÀ SPECIFICHE**

Le fasce filtranti sono utilmente integrabili in zone residenziali, commerciali e industriali, in particolare a lato di strade, viali e vialetti, parcheggi e in generale spazi pubblici aperti.

Presentano importanti vantaggi fra cui: costi di costruzione contenuti, capacità di caricare le falde, capacità di pre-trattamento dell'acqua.

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, entrambi dal panorama internazionale, al fine di riportare riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di D.C. Department of Energy and Environment

**Progetto:** Rain garden in Forst Street

**Anno:** 2009

**Autore:** D.C. Department of Energy and Environment

**Luogo:** Washington, USA

**Descrizione:** Il progetto ha visto il rinnovamento in un'ottica sostenibile dell'assetto stradale e pedonale nella zona a nord-ovest della città di Washington. L'obiettivo principale è quello di controllare l'acqua piovana che scorre lungo le strade della città, specie durante eventi di pioggia intensa che colpiscono frequentemente la città.

**Per approfondimenti:**

<http://www.chesapeakequarterly.net/V15N1/main1/>



Foto di Grant Associates

**Progetto:** The Hive Worcester Library landscape

**Anno:** 2013

**Autore:** Grant Associates

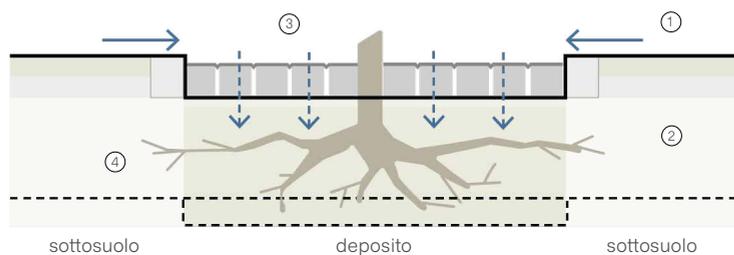
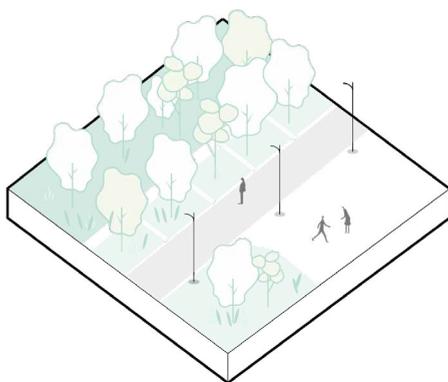
**Luogo:** Worcester, Inghilterra

**Descrizione:** Il paesaggio progettuale mira a essere un esempio virtuoso di progettazione sostenibile, tra cui drenaggio SUDS, attenuazione dell'acqua, giardini urbani produttivi, materiali di provenienza locale e specie vegetali e un'attenta gestione del paesaggio per migliorare la diversità delle specie e la ricchezza ecologica.

**Per approfondimenti:**

<https://worldlandscapearchitect.com/the-hive-worcester-library-landscape-worcester-uk-grant-associates/#.Yir33hDMLfB>

**TECNOLOGIA Alberi**



Impianto di un albero in ambito urbano:

1. strada;
2. substrato strutturale;
3. pavimentazione drenante;
4. membrana geotessile.

Dettaglio albero: Nisbet, 2005.

**DESCRIZIONE**

Gli alberi **proteggono e migliorano l'ambiente urbano** grazie a molte funzioni:

1. generano ombreggiamento negli spazi aperti e quindi moderano le temperature estreme estive;
2. essendo elementi paesaggistici naturali, favoriscono bellezza e vivibilità delle aree urbano, fino a incrementare il valore economico degli edifici;
3. riducono il consumo energetico degli edifici sia in estate che in inverno, moderando il micro-clima locale;
4. contribuiscono a rendere più efficienti le strategie di gestione dell'acqua meteorica;
5. assorbono polveri sottili, fissano il carbonio e migliorano la qualità dell'aria;
6. favoriscono la biodiversità.

## PROPRIETÀ SPECIFICHE

Nel caso specifico del contributo alla gestione dell'acqua meteorica, gli alberi producono i benefici riportati in tabella:

Benefici nella gestione dell'acqua meteorica	
Intercettazione	Le foglie, i rami e i tronchi intercettano acqua - trattenendola e consentendone l'evaporazione - e assorbono pioggia riducendo l'acqua che raggiunge il suolo e ritardando la formazione del deflusso.
Traspirazione	Gli alberi assorbono importanti volumi d'acqua dal suolo per il processo di traspirazione vegetale, restituendo vapore acqueo in atmosfera attraverso gli stomi delle foglie. Questa funzione contribuisce a ridurre i volumi di deflusso.
Aumento dell'infiltrazione	La crescita delle radici nel terreno accresce la capacità di infiltrazione dell'acqua, contribuendo a ridurre i volumi di deflusso.
Fitorisanamento	Estraendo acqua dal suolo, gli alberi trattengono elementi inquinanti, quali metalli, solventi e altri.

## COSTO

Per specifiche fare riferimento a "AssoVerde Prezzi informativi dei principali lavori di manutenzione e costruzione del verde e delle forniture di piante ornamentali - Edizione 2019-2021"



<https://www.assoverde.it/prezzario/acquista-online/>

## PROPRIETÀ IDRICHE

Gli alberi possono essere piantati in associazione ad altri sistemi di drenaggio urbano sostenibile (come i sistemi di bio-ritenzione e i bacini di detenzione) al fine di migliorarne le prestazioni.

Gli alberi possono essere piantati in pieno suolo, oppure in vasche o fioriere: alla capacità di intercettazione dell'acqua meteorica delle chiome degli alberi e all'evaporazione, si aggiunge quindi la capacità di assorbimento dell'acqua del terreno.

La riduzione dei volumi di deflusso è un parametro non standardizzato e difficilmente quantificabile per ovvi motivi legati a un numero di variabili non controllabili. Ciò nonostante, alcune ricerche hanno fornito dati utili a comprendere il contributo degli alberi nella gestione dell'acqua piovana:

1. l'intercettazione della chioma degli alberi si satura dopo 10 minuti di pioggia; la quantità di acqua intercettata dalla chioma degli alberi dipende da: intensità di pioggia, durata della pioggia, radiazione solare, temperatura, umidità, velocità del vento e specie vegetale;
2. le conifere intercettano il 25-45% della pioggia annuale; gli alberi a foglia caduca intercettano il 10-25% della pioggia annuale;
3. i valori di traspirazione degli alberi, sia conifere che a foglia caduca variano di poco e si aggirano attorno a 300-350 mm;
4. considerando intercettazione e traspirazione insieme, assumendo una pioggia media annua di 1000 mm, le conifere utilizzano 550-800 mm, mentre gli alberi a foglia caduca 400-640 mm.

Le seguenti caratteristiche incrementano l'efficacia degli alberi nel ridurre i deflussi:

1. ampia e densa chioma;
2. lunga aspettativa di vita della pianta;
3. rapida velocità di crescita;
4. elevata tolleranza alla siccità estiva;
5. tolleranza ai suoli saturi;
6. resistenza al vento e all'inquinamento in ambiente urbano;
7. apparato radicale esteso;
8. corteccia ruvida;
9. fogliame tomentoso;
10. struttura a ramificazioni verticali.

## NORMATIVA

### **Pianificazione ordinaria:**

- Piano del Verde.

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, entrambi dal panorama internazionale, al fine di suggerire riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di Studio Giorgetta

**Progetto:** Parco Biblioteca degli Alberi

**Anno:** 2017

**Autore:** Studio Giorgetta

**Luogo:** Milano, Italia

**Descrizione:** Il giardino ospita 3 tipologie di alberature (Fraxinus Excelsior, Populus Nigra Italica, Carpinus Betulus), 44 alberi ed è attrezzato con giochi per i bambini e pavimentazione in gomma antitrauma. Le pavimentazioni sono in calcestruzzo per le zone più ampie e in blocchi o lastre di pietra calcarea a spacco naturale per le zone attrezzate.

**Per approfondimenti:**

<https://www.architetti.com/parco-biblioteca-alberi-progetto-giardino-materiali.html>



Foto di Google Earth

**Progetto:** Cuernavaca Ferrocarril Linear Park

**Anno:** 2020

**Autore:** Gaeta Springall Architects

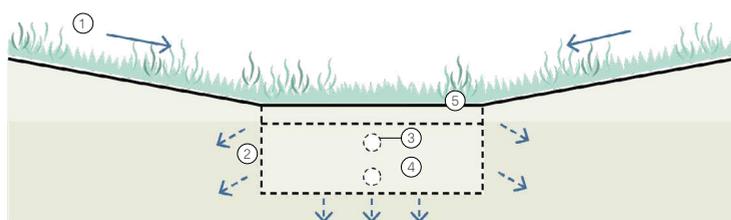
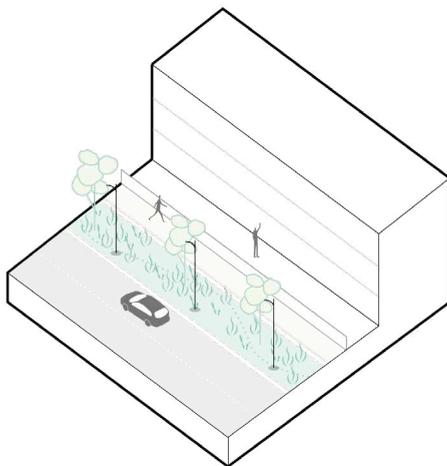
**Luogo:** Città del Messico, Messico

**Descrizione:** Il progetto si trova nel cuore di città del Messico e consiste nello sviluppo di una foresta urbana per una lunghezza di 4,5 km. Si tratta di un sistema che connette in maniera sostenibile 22 distretti, generando nuovi spazi e fungendo da nuovo attrattore sociale.

**Per approfondimenti:**

<https://mooool.com/en/linear-park-ferrocarril-de-cuernavaca-by-gaeta-springall-arquitectos.html>

## TECNOLOGIA Fasce drenanti



Componenti di un sistema di fascia drenante:

1. erba;
2. membrana geotessile;
3. tubo forato;
4. aggregato filtrante;
5. strato di pietra con geotessile.

### DESCRIZIONE

Le fasce drenanti sono drenaggi lineari che consistono in trincee poco profonde riempite di materiali permeabili ossia aggregati di sassi o ghiaia.

Le fasce drenanti hanno la funzione di immagazzinare temporaneamente acqua meteorica a livello sub-superficiale, attenuando e filtrando il deflusso superficiale. Inoltre esse contribuiscono a filtrare metalli, sedimenti fini, idrocarburi ed altri inquinanti.

Gli aggregati possono essere contenuti in trincee foderate da geo-tessile o geo-membrana, oppure in trincee strutturate da canali in calcestruzzo. Idealmente le fasce drenanti ricevono acqua da una superficie impermeabile laterale, possibilmente pre-trattata da fasce filtranti vegetate. Un tubo perforato dovrebbe essere collocato alla base della fascia drenante per raccogliere e trasportare l'acqua a componenti drenanti a valle.

Le fasce filtranti possono sostituire i convenzionali tubi per la raccolta dell'acqua. In accoppiata alle fasce filtranti, possono sostituire cordoli e canali che fiancheggiano strade e autostrade.

## PROPRIETÀ SPECIFICHE

Le fasce filtranti dovrebbero essere profonde idealmente 1-2 metri.

La granulometria e la permeabilità del mezzo filtrante deve essere sufficiente da consentire un'adeguata percolazione dell'acqua.

In caso di predisposizione della funzione di pre-trattamento degli inquinanti e del limo del deflusso sono utili (1) una piccola striscia filtrante a monte (cioè tra il bordo della zona drenata e la trincea) oppure (2) una striscia d'erba larga 0,50 metri.

Specifiche	
Tubi	
Materiale filtrante	
Esempio applicativo	

## PROPRIETÀ IDRICHE

Nella progettazione delle fasce filtranti è necessario considerare:

1. il **materiale filtrante per il controllo del deflusso**: il volume di deflusso dev'essere un compromesso fra rimozione degli inquinanti e riduzione del rischio di allagamento durante gli eventi meteorici intensi;
2. il **materiale filtrante per l'accumulo idrico**: maggiore è la porosità, maggiore è anche la capacità di accumulare acqua;
3. i **tubi per raccogliere l'acqua**.

Le fasce filtranti contribuiscono scarsamente all'intercettazione dell'acqua meteorica, mentre possono contribuire significativamente a ridurre e a ritardare il deflusso dei picchi, in relazione alla dimensione degli aggregati.

Uguualmente, le fasce filtranti contribuiscono al drenaggio di volumi d'acqua, in relazione al tasso di infiltrazione del materiale previsto.

## NORMATIVA

### Pianificazione ordinaria:

- PAT - art. 7.2.2, art. 8.1.2 lett. C);
- Prescrizione "C" (V.C.I del PAT).

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, entrambi dal panorama internazionale, al fine di riportare riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di Atelier Dreiseitl

**Progetto:** Kallang River Bishan Park

**Anno:** 2012

**Autore:** Atelier Dreiseitl

**Luogo:** Singapore

**Descrizione:** Il progetto fa parte del programma ABC water del Public Utilities board di Singapore, che gestisce l'approvvigionamento idrico e il drenaggio del paese, un'iniziativa a lungo termine per trasformare i corpi idrici del paese oltre le loro funzioni di drenaggio e l'approvvigionamento idrico, in nuovi e vivaci spazi per il legame e la ricreazione della comunità. Il parco è attraversato da un canale di drenaggio lungo 2,7 km, concepito come un fiume sinuoso e naturale che si snoda attraverso il parco.

**Per approfondimenti:**

<https://worldlandscapearchitect.com/kallang-river-bishan-park-singapore-atelier-dreiseitl/#.Yir1xDMLfA>



Foto di Luisa Ravello

**Progetto:** Parc du Trapeze

**Anno:** 2003

**Autore:** Agence TER

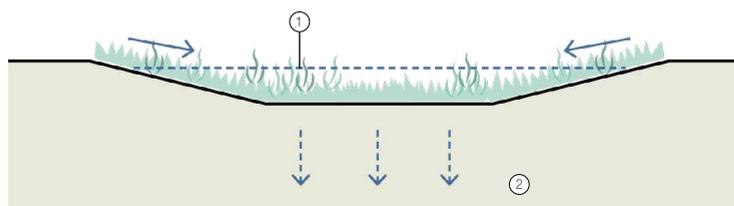
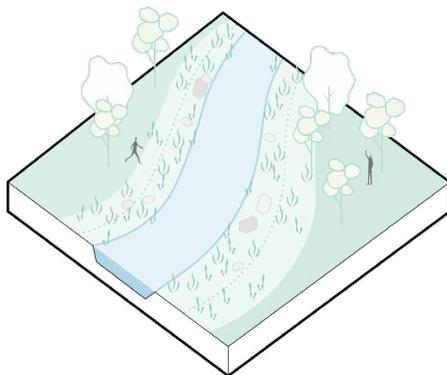
**Luogo:** Boulogne-Billancourt, Francia

**Descrizione:** Il parco è lo spazio principale della rete naturale che disegna il quadro paesaggistico del nuovo quartiere di Val-de-Seine. Il progetto ha la caratteristica di entrare fortemente in contatto con la geografia del sito relazionandosi con il fiume.

**Per approfondimenti:**

<http://www.fmpaysage.fr/en/projets/parc-du-trapeze/>

## TECNOLOGIA Canali vegetati



Impianto di un canale vegetato:

1. flusso sotto l'altezza della vegetazione;
2. infiltrazione.

### DESCRIZIONE

I canali vegetati sono delle depressioni del terreno inerbite che hanno lo scopo di raccogliere e trattare il deflusso.

I canali vegetati sono canali di convogliamento, aperti, poco profondi, generalmente a fondo piatto e con vegetazione progettata per convogliare, trattare e attenuare il deflusso delle acque superficiali.

Se incorporati nella progettazione del sito, possono valorizzare il paesaggio naturale e fornire benefici estetici e di biodiversità. Sono utilmente impiegati per drenare strade, viali e parcheggi.

I canali vegetati sono particolarmente efficaci nella raccolta e nel convogliamento del deflusso della superficie drenata e possono essere progettati per trattenere e anche attenuare il deflusso, in relazione ai vincoli del flusso e alla profondità del canale.

## PROPRIETÀ SPECIFICHE

I canali inerbiti dovrebbero essere progettati con una **larghezza del fondo** di 0,5–2,0 m, sebbene più strette o più larghe possano essere progettate, previa opportuna valutazione. La larghezza consente flussi poco profondi e un adeguato trattamento della qualità dell'acqua.

I canali inerbiti dovrebbero essere progettati con una **sezione trasversale** trapezoidale o parabolica poiché sono più facili da realizzare, costruire e mantenere, offrendo al contempo buone prestazioni idrauliche, impedendo la concentrazione dei flussi ed evitando l'erosione. Per una larghezza maggiore di 2 m va presa in considerazione la necessità di dividere la sezione trasversale con un divisore di flusso.

La **pendenza** longitudinale dovrebbe essere limitata allo 0,5–6%. La pendenza laterale dovrebbe essere quanto più pianeggiante possibile per favorire il pretrattamento dei flussi in entrata e massimizzando la superficie filtrante. Inoltre una pendenza laterale contenuta aumenta la sicurezza nelle attività di manutenzione e sfalcio. Bisogna considerare che pendii laterali più ripidi subiscono facilmente erosione per opera dei flussi laterali in ingresso: è consigliata una pendenza massima del 33%, ma è preferibile una pendenza massima del 25% dove lo spazio lo consenta. Le pendenze laterali possono essere aumentate, a condizione che tutte le implicazioni tecniche e di sicurezza siano state pienamente considerate.

La normale **profondità** è compresa fra 400–600 mm.

I canali vegetati sono adatti a svariati **contesti applicativi**, fra cui le strade, avendo uno sviluppo lineare che si può facilmente inglobare nella sezione stradale, ma anche parcheggi, piazze e altre superfici sia impermeabili che permeabili. Sono ideali nei siti industriali perché qualunque inquinamento risulta visibile prima che sfoci nel corso d'acqua ricevente. Risultano invece difficilmente integrabili in aree densamente costruite, sebbene sia possibile prevedere opportune accortezze tecniche per incrementare le pendenze laterali e occupare quindi meno spazio.

## PROPRIETÀ IDRICHE

Le proprietà idriche dei canali vegetati dipendono molto dal **tipo di terreno**: se l'infiltrazione è possibile, i canali vegetati risultano efficaci nella dispersione dei volumi di deflusso. L'acqua meteorica in ingresso, che penetra nel terreno vegetato del canale e nel terreno sottostante, viene rimossa per evapotraspirazione e infiltrazione (ove consentito).

L'entità della riduzione volumetrica del deflusso dipende dalla velocità di infiltrazione del terreno, dalla capacità dell'eventuale mezzo filtrante sottostante, dal tipo di vegetazione, dal clima e più in generale dalle dimensioni del canale.

Nel caso invece l'infiltrazione non sia possibile, i canali vegetati sono sistemi di accumulo e stoccaggio di acqua che attenuano e ritardano i deflussi superficiali in modo discretamente efficace.

I canali vegetati si progettano analogamente ai canali aperti, di conseguenza i volumi di ritenzione e il controllo dei picchi derivano dalla stessa progettazione.

## NORMATIVA

### **Pianificazione ordinaria:**

- PAT - art. 8.1.1 (16°-17°-18°-19° punto), art. 8.1.2 lett. G), art. 12.2.3, Parere VCI del Corsorzio di Bonifica;
- PI – Prescrizione per evitare l'aggravamento del r.i. conseguentemente all'attuazione dei PUA;
- Regolamento Edilizio – art. 62.1.

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, entrambi dal panorama inglese, al fine di suggerire riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di Susdrain.org

**Progetto:** Queen Caroline Estate

**Anno:** 2015

**Autore:** Groundwork London, Housing e Flood Risk & Planning

**Luogo:** Londra, Inghilterra

**Descrizione:** L'intervento fa parte del progetto LIFE+ Climate proofing Social Housing Landscapes. Esso è stato sviluppato attraverso una serie di interventi di drenaggio urbano sostenibile a basso costo attorno al quartiere residenziale londinese, per una superficie pari a 2340 m<sup>2</sup>.

**Per approfondimenti:**

<https://www.susdrain.org/case-studies/case-studies/queen-caroline-estate-london.html>



Foto di MetroAdapt

**Progetto:** Melton school

**Anno:** 2011

**Autore:** David Singleton

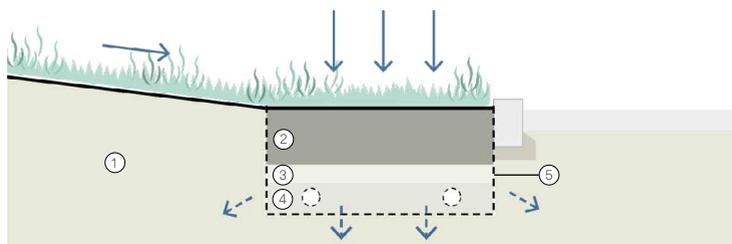
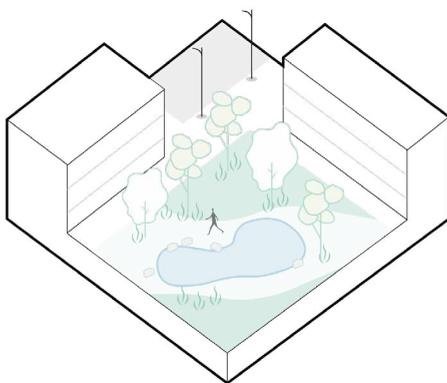
**Luogo:** Mowbray, Inghilterra

**Descrizione:** Il progetto prevede un intervento nei pressi di una scuola, atto a trasportare l'acqua da superfici impermeabili attraverso zone umide che convogliano in un bacino di detenzione. Il disegno del suolo è stato pensato anche per favorire lo sviluppo di differenti specie arbore.

**Per approfondimenti:**

<https://www.susdrain.org/case-studies/case-studies/melton-school-suds-scheme-mowbray.html>

**TECNOLOGIA** Sistemi di bio-ritenzione



Impianto di un sistema di bioritenzione:

1. terreno originario;
2. miscela di terreno e strati filtranti;
3. strato filtrante;
4. strato drenante;
5. filtro geotessile.

**Dettaglio sistema di bio-ritenzione:** Comune di Bologna.

**DESCRIZIONE**

I sistemi di bio-ritenzione sono depressioni poco profonde del suolo utili a ridurre picchi e volumi di deflusso. Inoltre, sono efficaci per l'intercettazione dell'acqua, essendo al contempo elementi paesaggistici di valore e habitat per la biodiversità capaci di contenere l'effetto isola di calore migliorando il micro-clima.

Il funzionamento di questi sistemi prevede che il deflusso raccolto si depositi temporaneamente in superficie per poi filtrare attraverso la vegetazione e il suolo sottostante. Il suolo può essere specificatamente ingegnerizzato per filtrare o trattenere, prevedendo anche zone anaerobiche per l'abbattimento dei nutrienti. L'acqua, una volta attraversata la vegetazione e il suolo sottostante può essere raccolta da un sistema di drenaggio inferiore oppure infiltrata nel terreno circostante.

I principali fattori che limitano l'efficacia dei sistemi di bio-ritenzione sono la dimensione del bacino e lo spazio a disposizione. Tuttavia come principio generale questi sistemi dovrebbero drenare l'acqua il più vicino possibile alla fonte del deflusso, anche in aree relativamente piccole.

## PROPRIETÀ SPECIFICHE

Da un punto di vista progettuale è importante considerare la velocità del deflusso in ingresso al fine di ridurre i rischi di erosione.

Pur essendo possibile integrare i bacini di bio-ritenzione in tante diverse condizioni di terreno, è importante che la superficie del sistema sia in piano per favorire la distribuzione dell'acqua.

La superficie del sistema di bio-ritenzione deve avere un'area pari al 2-4% dell'area complessiva da drenare.

Nella maggior parte dei casi questi sistemi non sono impermeabilizzati ma separati dal terreno circostante da geo-membrane che consentono l'infiltrazione. In taluni casi (ad esempio se il sistema di bio-ritenzione è collocato vicino a una fondazione oppure se la falda acquifera sottostante non è protetta) è opportuno impermeabilizzare l'intero sistema collegandolo al drenaggio principale.

## PROPRIETÀ IDRICHE

I sistemi di bio-ritenzione sono utilmente impiegati per gestire e trattare deflussi generati da piogge frequenti. Il principale vantaggio idraulico fornito è l'intercettazione, tuttavia anche l'accumulo e l'attenuazione rappresentano effetti significativi.

E' importante sottolineare che i sistemi di bio-ritenzione sono molto flessibili e possono essere sviluppati in varie forme e materiali, con diverse specie vegetali, con pendenze dei lati più o meno lievi.

I sistemi di bio-ritenzione sono progettati per non produrre deflusso: l'acqua intercettata viene rimossa per evapotraspirazione o infiltrazione. La riduzione del volume di deflusso dipende dalla superficie e dalla profondità del sistema, dalla vegetazione, dal clima e dal tasso di infiltrazione del suolo circostante.

In fase di progettazione è importante:

1. considerare la durata e i volumi critici di pioggia dell'area con tempi di ritorno annuali, per la rimozione degli inquinanti;
2. calcolare la superficie e la profondità in relazione al volume da trattare e all'intervento (si possono considerare piogge limite di 150-300 mm);
3. valutare un adeguato tempo di permanenza per filtrare l'acqua dagli inquinanti;
4. includere un eventuale volume di accumulo nel drenaggio per l'attenuazione;
5. valutare la permeabilità del mezzo filtrante per il suolo (indicativamente 100-300 mm/ora).

## BUONE PRATICHE

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi virtuosi, uno estero ed uno nazionale, al fine di suggerire riferimenti che possano essere utili in fase progettuale.



Foto di Agence Laure Planchais Paysagiste

**Progetto:** La Vallée verte

**Anno:** 2013

**Autore:** Agence Laure Planchais Paysagiste

**Luogo:** Lannilis, Francia

**Descrizione:** L'intervento, realizzato ai margini del tessuto, urbano sviluppa e ripristina aree umide per scopi ambientali ed educativi. Questi spazi sono integrati al paesaggio con un sistema di passerelle e percorsi, per valorizzare da un lato le zone umide e migliorarne accessibilità, fruibilità e osservazione, e dall'altro per collegare l'intervento alle scuole e ad altre strutture pubbliche.

**Per approfondimenti:**

<https://www.laureplanchais.fr/project/parc-a-lannilis-29-2286/>



Foto di Bios-IS Srl

**Progetto:** Centro ricerche Kerakoll

**Anno:** 2012

**Autore:** Studio Bios

**Luogo:** Sassuolo, Italia

**Descrizione:** Il nuovo avveniristico Centro Ricerche dell'azienda Kerakoll è stato progettato e costruito secondo una logica di basso impatto ambientale, utilizzando esclusivamente materiali naturali sia per la realizzazione dell'edificio, sia per la progettazione degli esterni.

**Per approfondimenti:**

<https://www.proramus.com/it/referenze/centro-ricerche-kerakoll-greenlab-3-145.html>

<https://www.kerakoll.com/en/green-lab/>

# Sintesi tabellare dei dispositivi e delle tecnologie

Descrizione	Tessuto urbano di applicazione				
Dispositivi e tecnologie					
	La città storica	La città consolidata di prima cintura a morfologia compiuta e definita	La città consolidata di prima cintura con ampi cunei verdi	La città consolidata di seconda cintura	La città consolidata policentrica
Coperture a verde					
Pavimentazioni drenanti					
Fasce filtranti					
Alberi					
Fasce drenanti					
Canali vegetati					
Sistemi di bio-ritenzione					

**Priorità**

- alta
- media
- bassa

**Efficacia**

- alta
- media

**Benefici bonus**

- riduzione stress da calore
- habitat per la biodiversità
- miglioramento qualità dell'aria

		Funzioni idrologiche					Co-benefici
La città della produzione	La città della ricerca e dell'innovazione	Filtraggio	Riuso	Infiltrazione	Stivaggio	Scarico	Co-benefici

# Glossario

<b>Acque di lavaggio</b>	Acque, comunque approvigionate, attinte o recuperate, utilizzate per il lavaggio delle superfici scolanti.
<b>Acqua di prima pioggia</b>	I primi 5 mm di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di collettamento.
<b>Acqua di seconda pioggia</b>	Le acque meteoriche di dilavamento che dilavano le superfici scolanti successivamente alle acque di prima pioggia nell'ambito del medesimo evento piovoso.
<b>Acque meteoriche di dilavamento</b>	La frazione delle acque di una precipitazione atmosferica che, non infiltrata nel sottosuolo o evaporata, dilava le superfici scolanti.
<b>Drenaggio urbano sostenibile</b>	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.
<b>Evapo-traspirazione</b>	Processi attraverso i quali l'acqua viene trasferita, in stato di vapore, nell'atmosfera da acque libere e superfici di ghiaccio, terreno nudo e vegetazione. Quando riferita a quest'ultima, consiste nell'effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione dal terreno.
<b>Filtrazione</b>	Si intende il processo di rimozione di sedimenti o altri contaminanti da un fluido, l'acqua, che penetra in un mezzo permeabile, il terreno.
<b>Fitodepurazione</b>	Si intende il processo di depurazione delle acque che riproduce la capacità autodepurativa delle zone umide naturali, basato su processi depurativi di tipo biologico, fisico e chimico-fisico.
<b>Infiltrazione</b>	Con il termine infiltrazione si intende il processo lento di penetrazione di un fluido, nel caso specifico dell'acqua, attraverso un mezzo permeabile, il terreno. La capacità di infiltrazione dell'acqua in un terreno è definita generalmente dal coefficiente di permeabilità.

<b>Invarianza idraulica</b>	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.
<b>Invarianza idrologica</b>	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.
<b>Volume di laminazione</b>	Il volume raccolto nei sistemi di invaso atto a limitare la portata massima rilasciata nei ricettori naturali o artificiali di valle ai fini del rispetto del principio di invarianza idraulica (e idrologica).
<b>Ruscigliamento superficiale</b>	Con il termine ruscigliamento superficiale (dall'inglese <i>runoff</i> ) si intende il flusso d'acqua che scorre sulla superficie verso il sistema di drenaggio. Ciò accade se la superficie è impermeabile, è satura o se le precipitazioni sono particolarmente intense.
<b>Stoccaggio</b>	Con il termine stoccaggio, con riferimento ai volumi d'acqua prodotti da un evento meteorico si intende l'accumulo temporaneo del fluido, all'interno di un mezzo poroso o di un serbatoio, naturale o artificiale, per il successivo riuso delle acque (ad esempio nella gestione delle aree verdi).

Progetto Veneto ADAPT LIFE16 CCA/IT/000090  
[www.venetoadapt.it](http://www.venetoadapt.it) | [info@venetoadapt.it](mailto:info@venetoadapt.it)



Con il contributo dello strumento finanziario  
LIFE della Commissione Europea  
With the contribution of the LIFE financial  
instrument of the European Community



9 788889 405345