

# PROGETTARE PER LA SOSTENIBILITÀ / Manualistica per la resilienza e l'adattamento

*Guida pratica per la progettazione degli spazi pubblici  
tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*

**Luisa Ravanello** - Regione Emilia-Romagna - Servizio  
Pianificazione Territoriale e Urbanistica dei Trasporti e del  
Paesaggio

*Rigenerare la città con la natura: casi studio del  
laboratorio REBUS e buone pratiche europee*

**Elena Farnè** - architetto, consulente REBUS®

Ciclo di incontri promosso da CCIAA Milano e INU Lombardia  
Sala Conferenze CCIAA | Via Meravigli 9B Milano | Martedì 30 maggio 2017

# REBUS®

LABORATORIO SULLA RIGENERAZIONE URBANA  
E LO SPAZIO PUBBLICO PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO  
AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

---

ideato e promosso da



in collaborazione con



**POLITECNICO**  
MILANO 1863  
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA  
E STUDI URBANI



**Ibimet**  
ISTITUTO DI BIOMETEOROLOGIA

Consiglio Nazionale delle Ricerche

# REBUS<sup>2</sup>®

REnovation of public Buildings  
and Urban Spaces

## 1° MODULO SEMINARIO



29.10.2015  
ore 9-13

BOLOGNA  
Aula Magna  
Regione Emilia-Romagna

## 2° MODULO SOPRALLUOGHI



3.11.2015 PARMA  
4.11.2015 RIMINI  
5.11.2015 MODENA  
ore 9-13

## 3° MODULO SEMINARIO



13.11.2015  
ore 9-13

BOLOGNA  
Aula Magna  
Regione Emilia-Romagna

## 4° MODULO WORKSHOP



25-26-27.11.2015  
ore 9-18

BOLOGNA  
Sala Poggioli  
Regione Emilia-Romagna

 Regione Emilia-Romagna

**republic  
med**  
REPUBLIC-MED  
RETROFITTING PUBLIC SPACES  
IN INTELLIGENT MEDITERRANEAN CITIES

 REPUBLIC  
MED

**Formez**.PA

## REBUS® SQUADRE / TEAMS

architetto  
architect



5

paesaggista  
landscape designer



2

agronomo  
agronomist



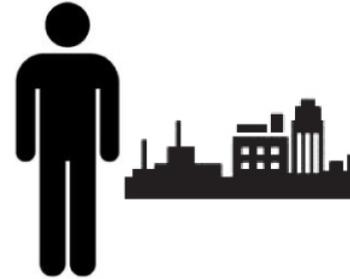
2

ingegnere  
engineer



3

pianificatore  
urban planner



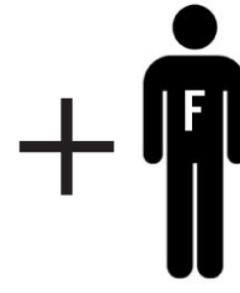
1

funzionario  
public servant



3

facilitatore  
facilitator



1

## REBUS® GIURIA / JURY

architetto  
architect



1

pianificatore  
urban planner



1

bioclimatologo  
bioclimate expert



1

segretario  
secretary



1

## REBUS® ESPERTI / EXPERTS

esperto  
expert



9

tutor  
tutor



3



# REBUS® WEB

Tutti i documenti e le presentazioni alle conferenze e ai seminari del **percorso formativo REBUS®** si possono scaricare liberamente da questo sito

**<http://bit.ly/REBUS>**

Tutte le pubblicazioni di REBUS® possono essere consultate anche su issuu a questo indirizzo

**[issuu.com/laboratoriorebus](http://issuu.com/laboratoriorebus)**

# EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

## GLI EVENTI METEORICI ESTREMI AUMENTANO FREQUENZA E DURATA: TROPPO ACQUA E TROPPO CALDO

# 1

**UN'ONDATA DI CALORE** si ha quando si verificano almeno 6 giorni consecutivi in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile di quel determinato giorno rispetto al periodo climatologico di riferimento. Temperature che sfiorano i 40 gradi, alto tasso di umidità, siccità, incendi e blackout per sovraccarichi energetici. Questi gli effetti che sempre più spesso soffocano le nostre città

durante le estati degli ultimi dieci anni: nell'agosto 2003, in Europa, in particolare in Francia e Italia, per il caldo morirono 35 mila persone, soprattutto anziani.

**LE PIOGGE INTENSE** - comunemente chiamate bombe d'acqua - sono **PRECIPITAZIONI RINFORZATE** (dall'inglese Enhanced Precipitatos) e rientrano tra i fenomeni a grande scala generati per effetto dei

**cambiamenti climatici globali**. Gli effetti consistono in una variazione imponente nel regime delle precipitazioni d'acqua, attraverso un minor numero di eventi, ma di sempre maggiore intensità per singolo caso. L'impatto risulta di particolare pericolosità per gli imponenti flussi d'acqua che si possono scaricare in aree già intrinsecamente vulnerabili, in particolare le aree urbane intensamente impermeabilizzate.

**Nuovo anticiclone e caldo super nunte da 39 gradi con "Lucifero"**

**ALLERTA** - Previsto molto caldo almeno fino a sabato. Controesodo bollente: nelle città tra 35 e 40 gradi, l'afa non molla

**Caronte ha "bruciato" tutti i record**

Ora impazza "Lucifero". Le massime vicine ai 40°

**Il settembre più caldo degli ultimi 50 anni**

Dal 1951 ad oggi eguagliato il record del 1987.

**Nemmeno una goccia d'acqua nel mese di agosto**

Non accadeva dal 2005 ed è da record

**In arrivo il caldo africano allarme della Protezione civile**

Afa e temperature elevate per una settimana

«Arriva Caronte». «Impossibile»

Duello tra meteorologi sui 40 gradi

Allarmi o prudenza, le previsioni opposte degli esperti

**Arriva la "bolla africana", allarme per 78 ore**

**Caldo record, il termometro si ferma a 36.1**

Ora il caldo fa sul serio la città diventa rovente

Agosto bollente e l'ozono sale alle stelle

**Mareggiata, fango e vento: è alluvione a Cesenatico**

L'acqua ha invaso tutta la città raggiungendo il mezzo metro di altezza. In Riviera si contano i danni

**Alluvione nel Modenese, relazione preliminare inviata a Gabrielli**

Il tratto di argine del fiume Secchia che ha ceduto aveva avuto un intervento di manutenzione in dicembre

**Alluvione a Parma, un anno dopo: un convegno e una camminata per ricordare**

**Alluvione in Valnure e Valtrebbia A Bettola un'auto travolta dal fiume**

I vigili del fuoco stanno cercando le persone a bordo. Inghiottito un tratto della strada provinciale

**Parma 2014, l'alluvione di ottobre**

**Bomba d'acqua su Rimini: negozi del centro allagati e liquami fognari in mare**

Problemi in via Castellazzo con i negozianti impegnati a liberare i negozi dall'acqua. Fino a tutti per 10 ore

**Bomba d'acqua nel Modenese, soccorsi in azione**

A San Felice sul Panaro e Finale Emilia, già colpite dal sisma



**RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA**  
L'esperienza dei laboratori REBUS® tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

Mostra promossa da  
REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Ideata nell'ambito di  
Laboratori REBUS®

Mostra a cura di  
Elena Farnè, Francesca Poli,  
Luca Ravanello,

Grafica  
Elena Farnè, Francesca Poli  
...

# MORFOLOGIA URBANA E MATERIALI DELLA CITTÀ INFLUENZE ED EFFETTI SUL MICROCLIMA

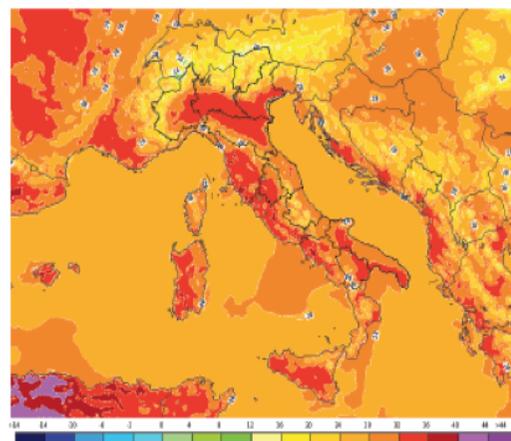
# 3

**I MATERIALI MINERALI E VEGETALI DELL'AMBIENTE URBANO** hanno comportamenti diversi a seconda dell'assorbimento e della riflessione della radiazione solare incidente, rendendo così più o meno elevata la quota di radiazione disponibile (assorbita od utilizzata). La scelta dei materiali minerali più adatti e l'uso degli alberi e della vegetazione può dunque migliorare molto il microclima urbano.

**L'INERZIA TERMICA** è la capacità dei materiali, minerali e vegetali, di modulare il rilascio nel tempo dell'energia radiante assorbita quale flusso di calore, un processo ciclico che segue l'andamento giornaliero e che nell'ambiente urbano va ad influenzare le condizioni di benessere percepite delle persone, in particolare per le fasce deboli della popolazione.

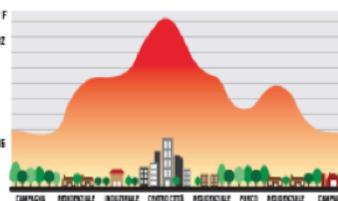
**L'ALBEDO** è la quantità di energia riflessa rispetto alla radiazione incidente. Maggiore è l'albedo minore la quantità di energia immagazzinata dal corpo, quindi minore la sua temperatura superficiale. **L'EMISSIVITÀ** è la capacità di emettere energia per radiazione (relativa a un corpo nero). Maggiore è l'emissività maggiore la quantità di energia che il corpo è in grado di rilasciare sotto forma di calore.

PICCO ONDATA DI CALORE ESTIVA - SABATO 18 AGOSTO 2012 www.aria.gov.it



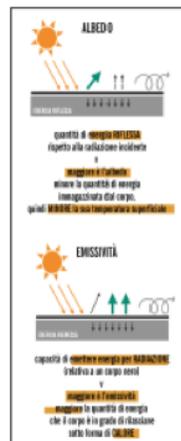
Come si evince dalla mappa, le temperature nella pianura padana arrivano a 36 °C, ad eccezione delle zone verso il mare o l'Appennino che hanno temperature mitigate dal mare e dall'altimetria, ma comunque tra i 29° e i 32° C.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELL'ISOLA DI CALORE URBANO www.aria.gov.it



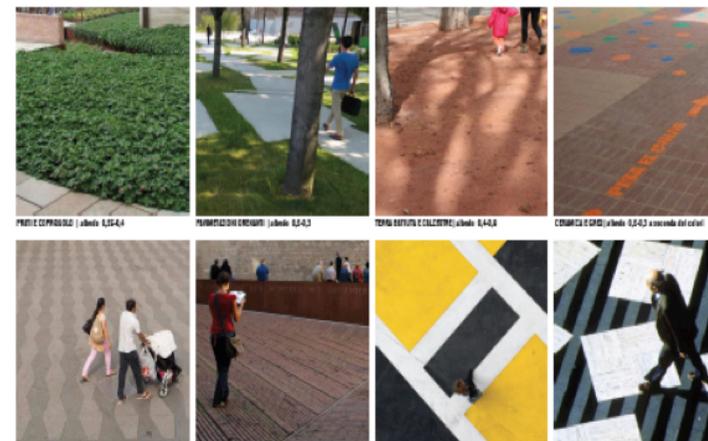
Ogni materiale, minerale e vegetale, ha caratteristiche di assorbimento, riflessione, emissione e calore specifico che influenzano il comfort outdoor dello spazio pubblico. La migliore mitigazione si ha con il verde urbano e gli alberi.

ALBEDO / EMISSIVITÀ www.aria.gov.it



Per una corretta progettazione è importante una analisi climatica del contesto e la scelta dei materiali con caratteristiche di albedo e permeabilità più adatte.

ALBEDO DI ALCUNI DEI PRINCIPALI MATERIALI UTILIZZABILI PER I SPAZI DEGLI SPAZI PUBBLICI www.aria.gov.it



I materiali che funzionano meglio sono quelli chiari e lisci o quelli naturali e permeabili. I materiali minerali della città storica, come le piastre, funzionano meglio dell'asfalto.

## AREE URBANE E CALORE

Le aree urbane hanno generalmente superfici scure e poca vegetazione, perciò tendono ad assorbire molto la radiazione solare, trasformandola in calore, molto più delle aree agricole limitrofe.

Il calore generato, grazie al vento, viene rilasciato nell'aria. Ma nelle aree in cui il vento è modesto o assente - come la pianura padana - il calore si dissipa meno e, accumulandosi, porta ad un incremento delle temperature delle superfici e dell'aria, generando malessere e inabitabilità, nelle ore diurne e notturne.

Fonte: F. Deo, Progettazione Urbanistica, pagina 41, ISBN, 98101

## CALORE E MATERIALI MINERALI E VEGETALI

L'eccessivo calore e le alte temperature fanno aumentare, anche di molto, i consumi di energia per il riscaldamento. L'impiego di materiali scuri e rugosi nella costruzione di spazi pubblici ed edifici, e la scarsa presenza in città di alberi e verde urbano, fanno aumentare i fenomeni legati all'eccesso di calore, contribuendo ulteriormente al peggioramento del microclima urbano.

Per progettare spazi urbani in grado di garantire un buon comfort outdoor, soprattutto in estate, è necessario valutare le proprietà dei materiali, quali albedo, emissività e calore specifico.

Fonte: F. Deo, Progettazione Urbanistica, pagina 41, ISBN, 98101

## CALORE E VEGETAZIONE

La presenza di aree verdi e superfici vegetate contribuisce al miglioramento del comfort microclimatico grazie a:

- il fenomeno dell'evapotraspirazione, ovvero l'effetto combinato dell'evaporazione di acqua dal suolo combinato alla traspirazione delle piante (fotosintesi);
- lo stoccaggio di acqua nel terreno che prolunga l'effetto di raffreddamento dovuto all'evaporazione;
- l'ombreggiamento e la protezione delle superfici dall'irraggiamento diretto.

La riduzione di aree verdi e alberi e la presenza di più superfici impermeabili favorisce l'aumento di calore.

Fonte: F. Deo, Progettazione Urbanistica, pagina 41, ISBN, 98101

## MATERIALI E ALBEDO

L'albedo è il coefficiente di riflessione della radiazione solare, va da 0 ad 1 ed è legato al colore e alla rugosità di un elemento. Con l'albedo si determina la quantità di radiazione solare incidente che viene intercettata dal materiale, assorbita e successivamente rimessa sotto forma di radiazione termica, cioè calore. Un elemento chiaro e liscio, come il marmo bianco, garantisce una riflessione quasi totale della radiazione solare, e dunque fa sì che il materiale rimanga relativamente fresco; al contrario, l'asfalto nero e rugoso ha una bassissima riflessione e dunque il materiale si scalda. Dunque sono da preferire materiali con alta albedo.

Fonte: Deo, Progettazione Urbanistica, pagina 41, ISBN, 98101

## MATERIALI ED EMISSIVITÀ

L'emissività è definita dal rapporto tra la radiazione emessa dalla superficie e quella emessa da un corpo nero alla stessa temperatura. Si indica con  $\epsilon$ , va da 0-1 e rappresenta la misura di quanto una superficie reale approssima un corpo nero per il quale l'emissività è 1. Materiali con una elevata emissività rilasciano velocemente l'energia termica. Generalmente i metalli presentano bassi valori di emissività, fino a 0,02 per superfici lucide, mentre i materiali più diffusi nelle costruzioni hanno valori molto più alti, intorno a 0,9. Dunque i materiali con emissività alta (terreno, acqua, laterizio, calcestruzzo) sono da preferire perché fanno crescere la temperatura superficiale meno di altri.

Fonte: Deo, Progettazione Urbanistica, pagina 41, ISBN, 98101

# PIOGGE INTENSE SISTEMI URBANI VULNERABILI

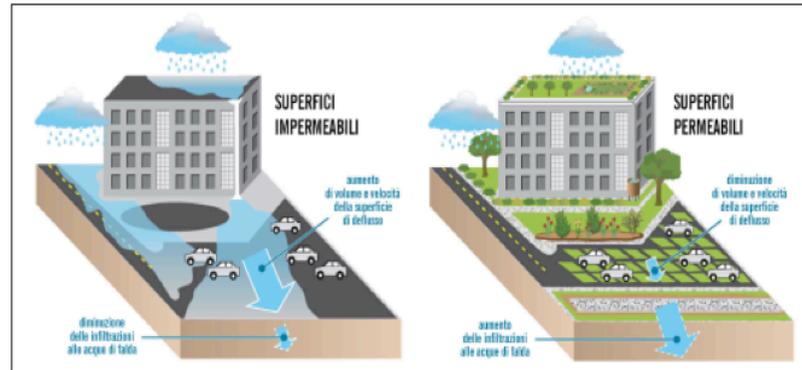
# 4

Molteplici fattori di stress agiscono nel rendere l'AMBIENTE URBANO FORTEMENTE VULNERABILE RISPETTO ALLE PIOGGE INTENSE. Il sistema idrico urbano all'interno di una città è complesso e il ciclo di utilizzo di acqua può essere messo fortemente sotto pressione dalle condizioni climatiche. L'aumento di intensità di precipitazione su superfici impermeabili può infatti superare la capacità dei sistemi di drenaggio.

La qualità e la quantità di acqua degli ambienti urbani risulta infatti sempre più compromessa per via dell'aumento della siccità e delle inondazioni dovute a precipitazioni rinforzate. Questi due fenomeni combinati richiedono interventi di innovazione sui sistemi di gestione dell'acqua a diverse scale di intervento: a livello intercomunale ed interregionale, sostenendo l'adozione di accordi per la gestione delle

risorse e delle reti e il finanziamento di piani di adattamento al clima; a livello locale, sviluppando nuove forme di progettazione che favoriscano in modo particolare nella città esistente la creazione di aree permeabili, aree verdi e vegetate, azioni di depavimentazione e la creazione di sistemi di captazione idrica, come vasche di laminazione, bacini di ritenzione, piazze e bacini inondabili, giardini della pioggia, parcheggi vegetati.

SUPERFICI IMPERMEABILI E PERMEABILI (SOURCE: UNIVERSITY OF NANTANG/NO CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE)

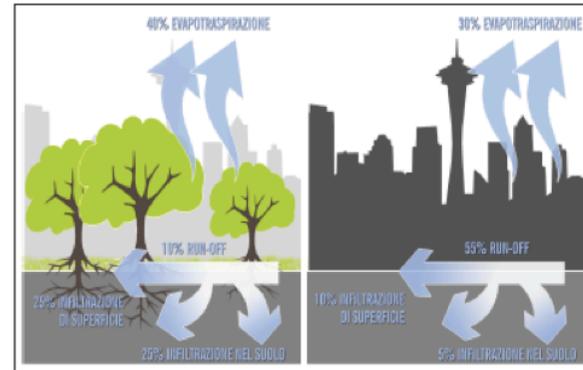


Una gestione sostenibile delle acque meteoriche prevede l'attuazione in toto del principio di invarianza idraulica, attraverso: la conservazione e il ripristino di aree permeabili (de-pavimenti); il cambiamento dei deflussi superficiali per limitare il rischio di inondazione; il ripristino della funzione di filtraggio naturale dei suoli per ridurre l'inquinamento delle acque e favorire la ricarica della falda acquifera per infiltrazione.

Tutti questi obiettivi devono essere contemperati con aspetti quali:

- la tipologia delle aree da trattare;
- l'eventuale presenza di inquinanti;
- la presenza o meno di sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia per le aree produttive e i parcheggi;
- le caratteristiche dei suoli e la vulnerabilità degli acquiferi (zone di protezione delle aree di ricarica).

EFFETTO RUN-OFF CON SUOLI PERMEABILI E IMPERMEABILI (source)

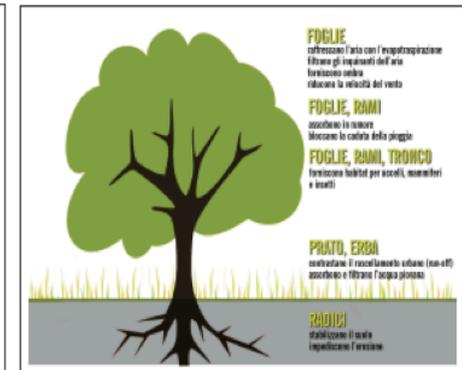


Il run-off urbano (lo scarricamento superficiale) è quella porzione di acque pluviali (fino al 90%) che scorre sulle superfici impermeabili della città (tetti, strade, parcheggi, ecc.) e raggiunge molto rapidamente le reti di scarico senza essere filtrata e trattata dal suolo. Anche per effetto dei cambiamenti climatici, la gestione dei deflussi superficiali in ambito urbano è un problema che comporta severe conseguenze sotto i profili economica, ambientale e della sicurezza dei cittadini.

A partire dagli anni '90 si è iniziato a promuovere un insieme di pratiche riferibili ai sistemi di gestione sostenibile del drenaggio urbano (SUDS, Sustainable Urban Drainage Systems) che propongono soluzioni per gestire in situ le acque meteoriche. Le soluzioni sono riconducibili a due strategie fondamentali:

- rallentare lo scarricamento dell'acqua;
- attaccare temporaneamente attraverso sistemi come bacini, vasche, e aree inondabili, per restituirla in maniera controllata alle reti.

VANTAGGI DELLE SUPERFICI VEGETATE E ALBERATE (source)



L'innervamento delle superfici è un ottimo metodo per ridurre il runoff urbano. Il substrato di cultura della vegetazione e la vegetazione stessa sono in grado di accantunare i deflussi meteorici degli eventi piovosi, filtrandoli dagli inquinanti e rilasciandoli lentamente ai sistemi fognari ma soprattutto consentendo il loro naturale ritorno all'atmosfera.

DE-PAVIMENTAZIONE DI ASFALTO



DE-PAVIMENTAZIONE DI ASFALTO



GIARDINO DELLA PIOGGIA IN UN PARCHEGGIO



GIARDINO DELLA PIOGGIA A BORDO STRADA



GIARDINI DELLA PIOGGIA IN UNA PIAZZA



# RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA

Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici  
tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici

Valentina Dessì, Elena Farnè, Luisa Ravanello, Maria Teresa Salomoni

GUIDE INTERDISCIPLINARI

REBUS® RENOVATION OF PUBLIC BUILDINGS  
AND URBAN SPACES

  
MAGGIOLI  
EDITORE

# INDICE

## MATERIALI VEGETALI/MINERALI

- 1 PRATI
- 2 TERRENO
- 3 TERRA BATTUTA - CALCESTRE
- 4 LEGNO
- 5 PAVIMENTAZIONI DRENANTI
- 6 VERDE PENSILE
- 7 VERDE VERTICALE
- 8 ASFALTO
- 9 ASFALTO COLORATO
- 10 ASFALTO LUMINOSO
- 11 COOL MATERIALS
- 12 CLS IN OPERA
- 13 CLS PIASTRELLE
- 14 PAVIMENTAZIONI FOTOCATALITICHE
- 15 CERAMICA - GRÈS
- 16 LATERIZI
- 17 MATERIALI LAPIDEI
- 18 PAVIMENTAZIONI ANTI-TRAUMA

## ACQUA

- 19 CASCATE / VASCHE / FONTANE D'ACQUA
- 20 NEBULIZZAZIONE D'ACQUA
- 21 ACQUA LUNGO I PERCORSI
- 22 LAME D'ACQUA

## ALBERI INFRASTRUTTURA VERDE

- 23 OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE
- 24 CRESCITA E PORTAMENTO
- 25 VENTO / INFLUENZARE LO STATO TERMICO
- 26 SPECIE AUTOCTONE / SPECIE ALIENE
- 27 FITORIMEDIO / RECUPERO SUOLI INQUINATI
- 28 COV / ASSORBIMENTO INQUINANTI
- 29 PIANTAGIONE PREVENTIVA
- 30 INFRASTRUTTURA VERDE
- 31 GIARDINI TASCABILI
- 32 GIARDINI CONDIVISI - ORTI URBANI
- 33 STRADA ALBERATA MULTIFUNZIONALE
- 34 PARCHEGGI ALBERATI

## REGIMAZIONE ACQUE

- 35 GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE PLUVIALI
- 36 RESTITUIRE SPAZI PERMEABILI
- 37 GIARDINI DELLA PIOGGIA / RAIN GARDEN
- 38 FOSSATI INONDABILI
- 39 BACINI INONDABILI
- 40 PIAZZE DELLA PIOGGIA

## ATTRATTIVITÀ SPAZI PUBBLICI

- 41 SPAZI PUBBLICI MULTIFUNZIONALI
- 42 SPAZI PUBBLICI ALBERATI
- 43 SEDUTE PRIMARIE
- 44 SEDUTE SECONDARIE
- 45 PERGOLE
- 46 COPERTURE REMOVIBILI
- 47 COPERTURE RIGIDE

# ALBERI E INFRASTRUTTURA VERDE/ ALBERI

Influenzare lo stato termico

- > ombra ed evapotraspirazione
- > vento

Crescita e portamento

Specie autoctone vs specie alloctone

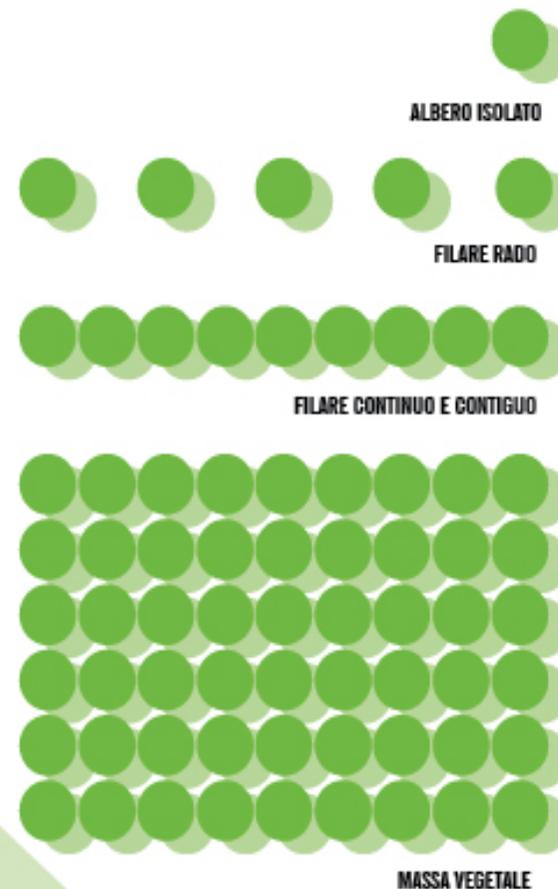
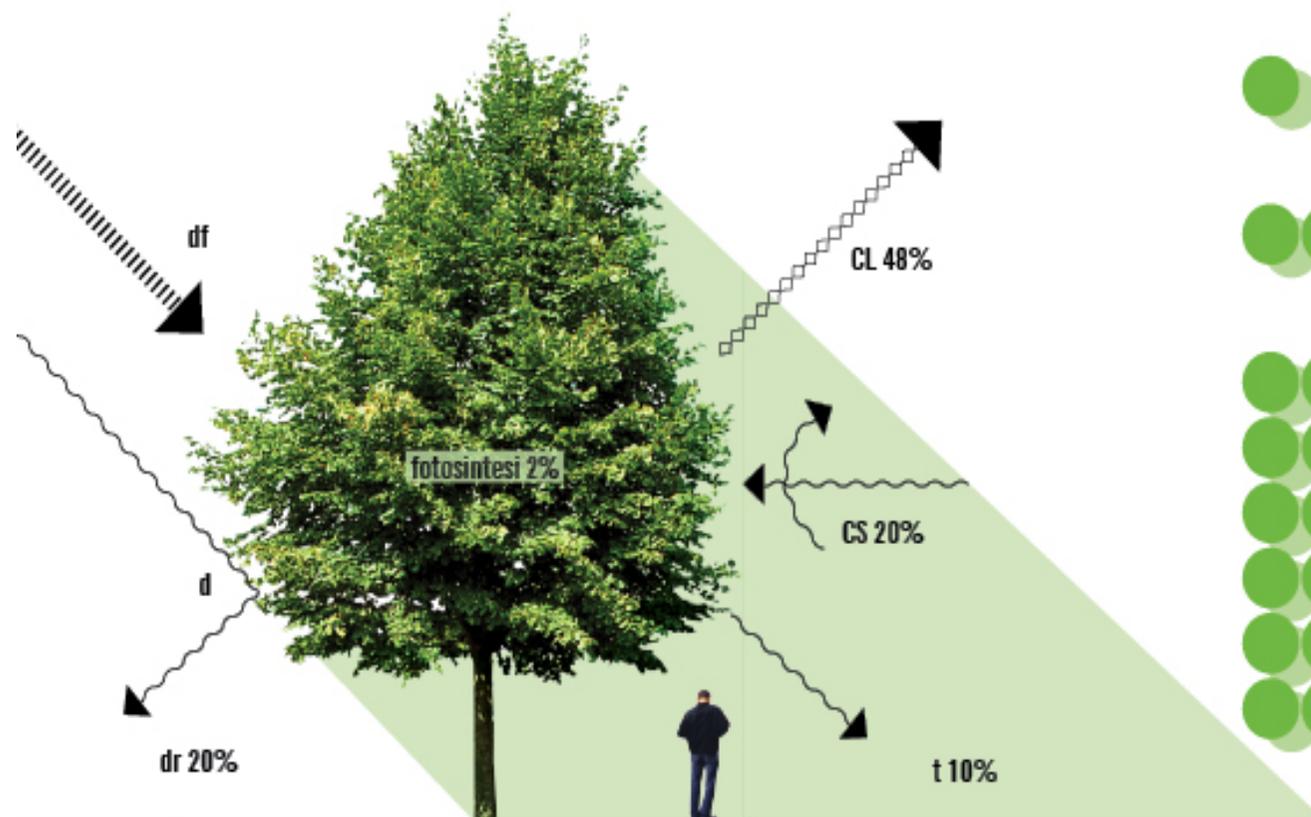
Fitorimedia / fitodepurazione

Emissione di COV

# ALBERI 23

Le piante utilizzano una minima parte della radiazione solare (RS) per la fotosintesi (2%), ne riflettono circa il 20% (dr) e il 10% (t) la trasmettono al terreno riemettendone il 20% sotto forma di 'calore sensibile' (CS) e il 48% in 'calore latente' (CL) attraverso un meccanismo naturale che abbassa la temperatura dell'aria: l'evapotraspirazione, cioè l'emissione di vapore acqueo.

## OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE INFLUENZARE LO STATO TERMICO



© REBUS®

ORNAMENTALITÀ

COMFORT

MITIGAZIONE

OMBRA

## OMBRA COMFORT MITIGAZIONE ORNAMENTALITÀ ALBERI, OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE

### PERCHÈ L'ALBERO ABBASSA LA TEMPERATURA DELL'ARIA?

Gli alberi creano una 'bolla di penombra', più o meno ampia e intensa a seconda dell'altezza e della forma dell'esemplare arboreo e della forma e densità delle foglie, nella quale il **livello di comfort termico è maggiore**. Le chiome vegetali inoltre intercettano la radiazione solare determinando una temperatura radiante delle superfici costruite ombreggiate inferiore a quella delle superfici esposte alla radiazione diretta.

**Sono 10 le persone che vivono grazie all'ossigeno rilasciato da una pianta e il beneficio che tra un individuo che cammina protetto dagli alberi è molteplice**: l'ombra diretta, l'abbassamento della temperatura dell'aria e il fatto che la persona 'scambia' calore con un elemento che ha una temperatura più bassa (la chioma dell'albero ed eventualmente le pareti degli edifici ombreggiate).

**Un albero adulto può traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno** (1000 MJ) e per ogni grammo di H<sub>2</sub>O evaporata occorrono 633 calorie, che sono sottratte all'ambiente, **producendo un abbassamento di temperatura equivalente alla capacità di cinque condizionatori di aria di piccola potenza operanti 20 ore al giorno**. Inoltre, **più la vegetazione è densa e più energia viene assorbita** in quanto la massa verde si comporta come un corpo scuro.

### COME USARE GLI ALBERI PER LA MITIGAZIONE TERMICA?

L'efficacia di raffrescamento di una massa vegetativa è generata dalla somma dell'effetto di evapotraspirazione e ombreggiamento ed è **proporzionale alla continuità del primo e alla contiguità del secondo**. Lo stesso numero di alberi possiede una maggiore efficienza termoregolatrice quanto minori sono le loro distanze, compatibilmente con le esigenze di crescita, dipendenti dalla specie e varietà di appartenenza. **Perciò, a seconda della morfologia dello spazio urbano, gli alberi possono essere presenti come unico individuo, organizzati in filari (singoli, doppi, a gruppo o misti) o come massa vegetata.** 24 25 26 27 28 29

Lungo i percorsi generalmente si utilizza il filare, mentre nelle piazze, nei giardini e nei parcheggi 31 32 33 34 37 42 sia i filari (anche doppi) sia le masse vegetate che generano un *effetto bosco*. L'impiego complessivo e la messa a dimora degli alberi nelle diverse forme conferisce continuità all'infrastruttura verde della città. 30

Nella disposizione si deve tener conto della dimensione del raggio della chioma dell'albero che sarà la metà del sesto di impianto per impedire che l'accrescimento della chioma di un albero interferisca con la chioma di quello vicino.



albedo  
calore assorbito

0,2  
fino a 280 milioni di calorie sottratte all'ambiente da un albero adulto al giorno in fase vegetativa



assimilazione CO<sub>2</sub>

5-10 kg/anno per un albero di nuovo impianto  
30 kg/anno per un albero del diametro di 23-30 cm di tronco  
70-250 kg/anno per un albero adulto secondo la specie  
20 alberi assimilano la CO<sub>2</sub> prodotta in 1 anno da un'auto (10 mila km)

# ALBERI 24

CRESCITA E PORTAMENTO



ORNAMENTALITÀ

COMFORT

MITIGAZIONE

OMBRA

# ALBERI 25

VENTO

INFLUENZARE LO STATO TERMICO



PROTEZIONE

COMFORT

MITIGAZIONE

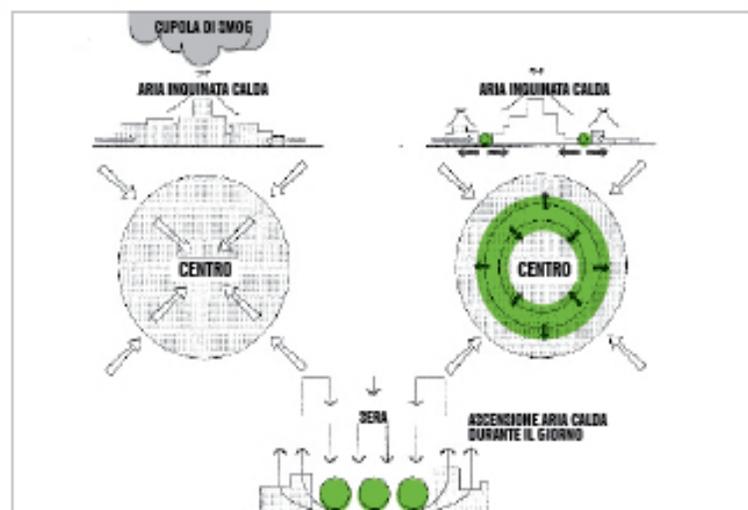
OMBRA

## OMBRA MITIGAZIONE COMFORT PROTEZIONE ALBERI, VENTO

### QUALI SONO LE RELAZIONI TRA GLI ALBERI E IL VENTO?

Nelle **strutture urbane edificate**, in condizioni meteorologiche di assenza di vento, l'isola di calore determina una brezza esterno-interno che concentra l'inquinamento e non permette la dissipazione di calore.

Le **strutture urbane verdi** (in particolare quelle concentriche e diffuse), invece, abbassano la temperatura dell'aria innescando brezze urbane che vanno dal verde al costruito. L'effetto generale che deriva dagli scambi energetici è la moderazione del microclima grazie alla formazione di venti termici generati dalla presenza massiva di alberi.



© RIELABORATO DA GIUDIO G. DE LA TORRE JOSÉ M.

### COME REALIZZARE BARRIERE PER RISCALDARE E PER RAFFRESCARE?

#### La vegetazione diminuisce la velocità del vento:

- se posta in **barriera perpendicolare alla direzione del vento** influenza il carico termico degli edifici ed è benefica in inverno riducendo la velocità dei venti freddi, che nel nostro clima sono provenienti soprattutto da NE/NO. Le barriere devono essere formate da sempreverdi alternati ad arbusti a foglie caduche.
- se posta in **barriera parallela alla direzione del vento**, 'conduce' le brezze verso obiettivi sensibili, quali possono essere i centri storici, tipicamente molto edificati e quasi privi di strutture a verde e di flussi d'aria rinfrescanti. L'obiettivo è di incanalare i venti estivi provenienti da SE/SO (ma è indispensabile verificare le condizioni localmente, poiché gli edifici modificano i flussi atmosferici). Al fine di raffrescare è inoltre opportuno impiegare alberi spoglianti a elevata evapotraspirazione al fine di ottenere l'abbassamento della temperatura dell'aria nelle celle di brezza.

L'efficacia delle alberature nella termoregolazione è strettamente dipendente dalle relazioni spaziali esistenti tra pianta e pianta. 23 25 26 27 28 28 29 30 31 32 33 34



**struttura verde a livello urbano** le città beneficiano di una rete efficiente se fitta, diffusa e capillare e formata da esemplari arborei sani e integri  
**funzione microclimatica degli alberi rispetto al vento** gli alberi modificano l'azione delle correnti e possono migliorare le condizioni microclimatiche di una determinata area in differenti modi: ostruendo il passaggio del vento (albero isolato, massa vegetata o filare) per proteggere un'area nella stagione invernale; filtrando le correnti per ridurre l'intensità (filare); incanalando e deviando le correnti per mitigare il caldo d'estate

## OMBRA COMFORT MITIGAZIONE ORNAMENTALITÀ ALBERI, SPECIE AUTOCTONE E ALIENE

### COSA SONO LE SPECIE AUTOCTONE E LE SPECIE ALIENE?

Le specie autoctone sono le piante originarie di un luogo al contrario delle alloctone o aliene. Nelle città, che sono luoghi artificiali, per scegliere le specie vegetali occorre operare secondo i dettami dell'Ecologia Urbana, scienza che studia gli organismi viventi in ambito urbano.

Il 'modello' attuale di scelta degli alberi predilige specie autoctone che crescono bene. Tuttavia la varietà di specie è assai ridotta rispetto ai tipi di piante utilizzabili tanto da produrre l'effetto di 'oligocoltura' (presenza di poche specie), compresa l'emissione contemporanea di grandi quantitativi di polline. Quindi, oggi, per piantare l'albero giusto nel posto giusto è possibile ampliare il concetto di 'autoctono' in senso stretto adottando anche alcune di quelle specie che in città vivono a lungo e rigogliosamente senza necessitare di potature o di agrofarmaci. Tale opzione va sempre comunque effettuata con personale qualificato in materia agro/forestale.

### COME E QUALI SPECIE SCEGLIERE?

Nella scelta delle specie per il verde urbano e per le alberate stradali è utile scegliere specie *cultivar* differenti, sia autoctone sia alloctone adatte ai nostri climi, avendo cura in questi casi di utilizzare *cultivar* sterili al fine di non determinare un inquinamento floristico. 29 30 31 32 33 34 42

Di seguito un breve elenco di arboree in parte autoctone e in parte alloctone adatte al nostro clima e all'ambiente urbano, la cui selezione va effettuata caso per caso con personale qualificato.



#### specie I° grandezza per alberate stradali / verde urbano

*Acer campestre* - Queen Elizabeth (crescita medio-lenta); *Acer Opalus* (crescita media); *Acer cappadocium* (crescita media, produce succhioni); *Aesculus indica* *A. glabra* (crescita media); *Brachychiton populneus* (crescita veloce); *Corylus columa* (crescita media) *Gleditsia triacanthos* (crescita veloce) *Ginkgo biloba* (crescita medio-lenta); *Gymnocladus dioicus* (crescita medi) *Koelreuteria paniculata* (crescita medio-veloce); *Juglans nigra* (crescita medio-veloce) *Melia azedarach* (crescita veloce)



#### specie II° grandezza per alberate stradali / verde urbano

*Nyssa sylvatica* (crescita lenta); *Phellodendrom amurense* (crescita media) *Pistacia chinensis* (crescita veloce) *Pyrus calleryana* (crescita medio-veloce); *Quercus frainetto* (crescita lenta); *Quercus suber* (crescita lenta); *Robinia pseudoacacia* (crescita veloce) *Styphnolobium japonicum* (crescita medio-veloce); *Tipuana tipu* (crescita veloce); *Ulmus parvifolia* (crescita veloce); *Zelkova serrata* (crescita medio-veloce)

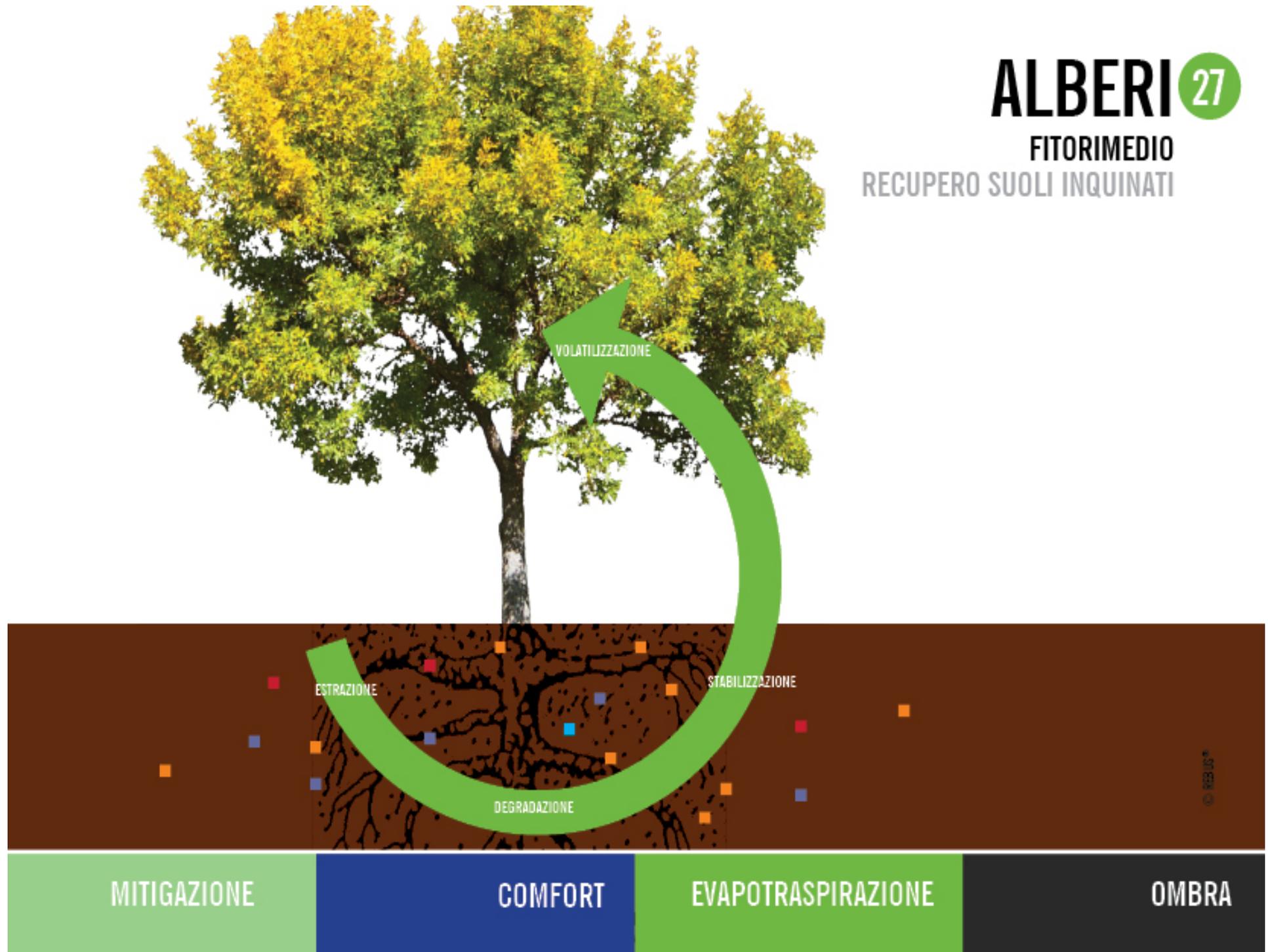


#### specie III° grandezza per verde urbano

*Carpinus orientalis*; *Cercis siliquastrum*; *Fraxinus ornus*; *Hippophae rhamnoides*; *Koelreuteria paniculata*; *Laurus nobilis*; *Magnolia spp*; *Malus spp*; *Morus alba* e *M. nigra*; *Prunus padus*; *Sambucus nigra*.

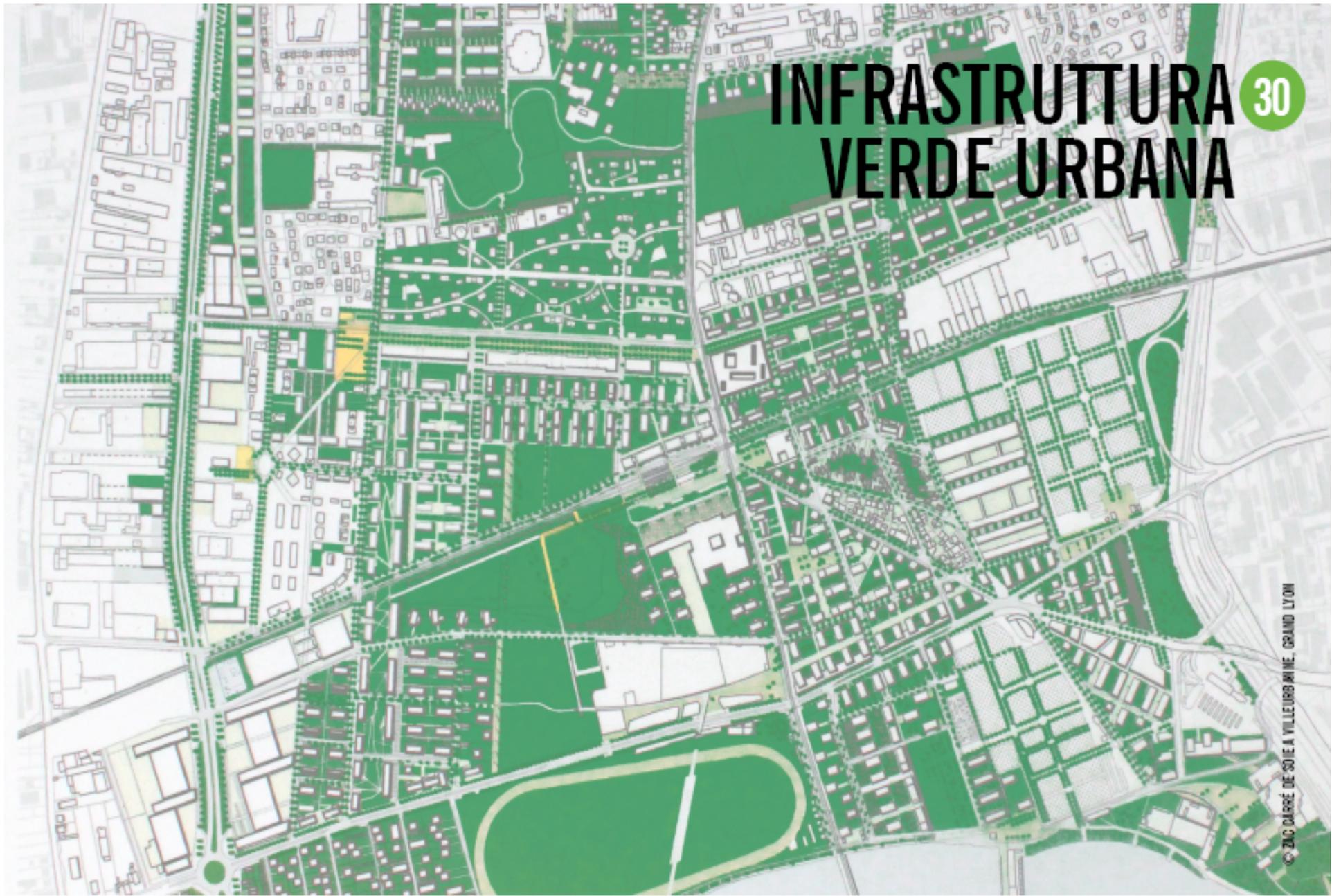
# ALBERI 27

FITORIMEDIO  
RECUPERO SUOLI INQUINATI



# INFRASTRUTTURA VERDE URBANA

30



© ZUC CARRÉ DE SOIE A VILLEURBANNE. GRAND LYON

MITIGAZIONE

EVAPOTRASPIRAZIONE

COMFORT

OMBRA

# INFRASTRUTTURA VERDE URBANA

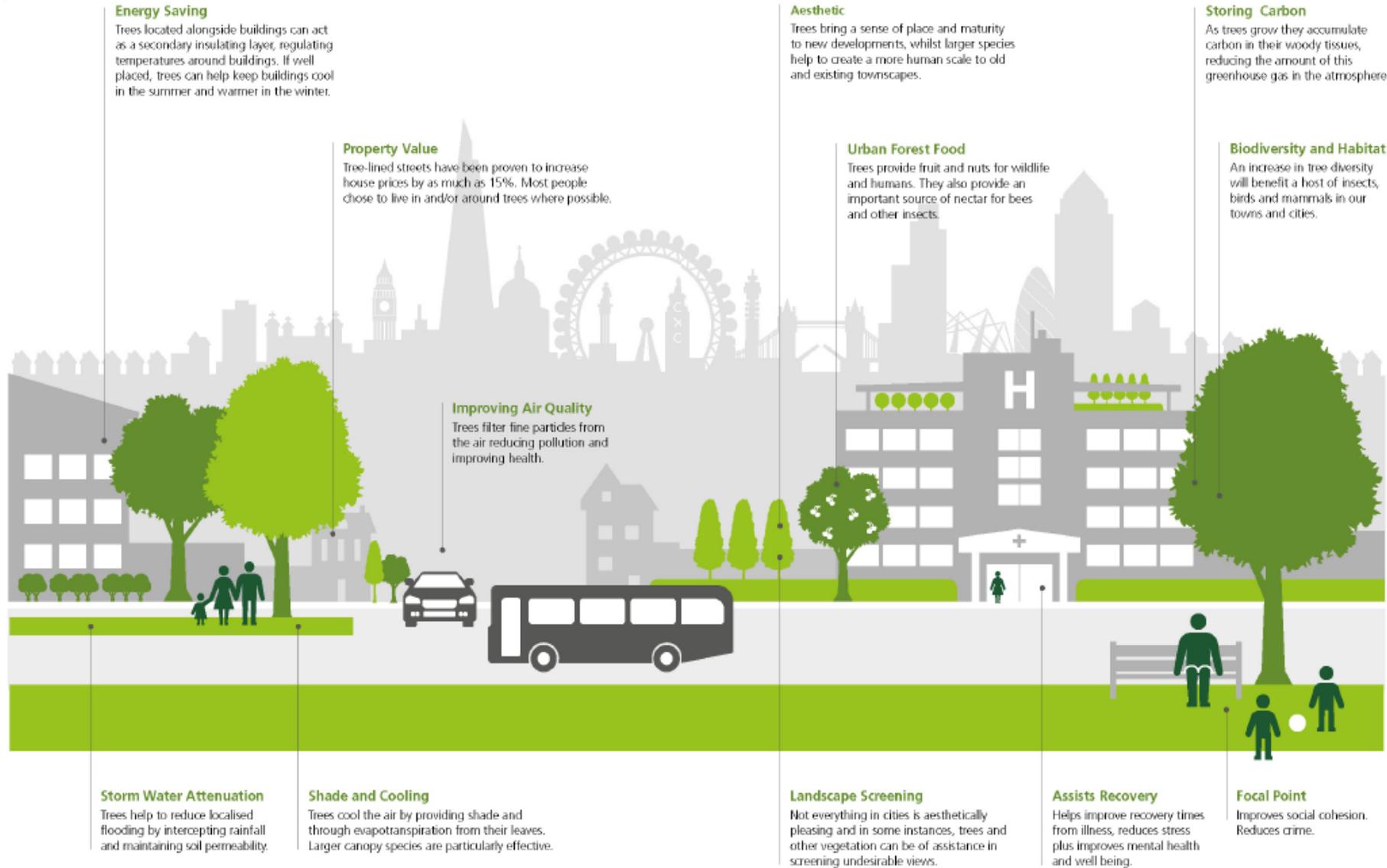
BENEFICI AMBIENTALI, SOCIALI ED ECONOMICI

[SERVIZI ECOSISTEMICI]

- > **Mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici**
- > **Mitigazione del microclima urbano attraverso ombra ed evapotraspirazione**
- > **Biodiversità**
- > **Qualità, attrattività e vivibilità di strade, piazze, parchi**
- > **Salute, benessere psico-fisico e comfort termo-igrometrico**
- > **Supporto alla mobilità ciclo-pedonale e per lo sport**
- > **Riduzione degli inquinanti (gas serra, polveri sottili, ozono)**
- > **Riduzione dei consumi energetici con ricadute positive sull'UHI**
- > **Maggior valore degli immobili**
- > **Connessione con gli spazi periurbani e con la IV di rango territoriale**

# The Benefits of Trees

Fig1.



# GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE PLUVIALI URBANE

S.U.D.S. | SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS |  
GESTION PAYSAGERE DES EAUX PLUVIALES URBAINES  
[invarianza idraulica *in situ*]

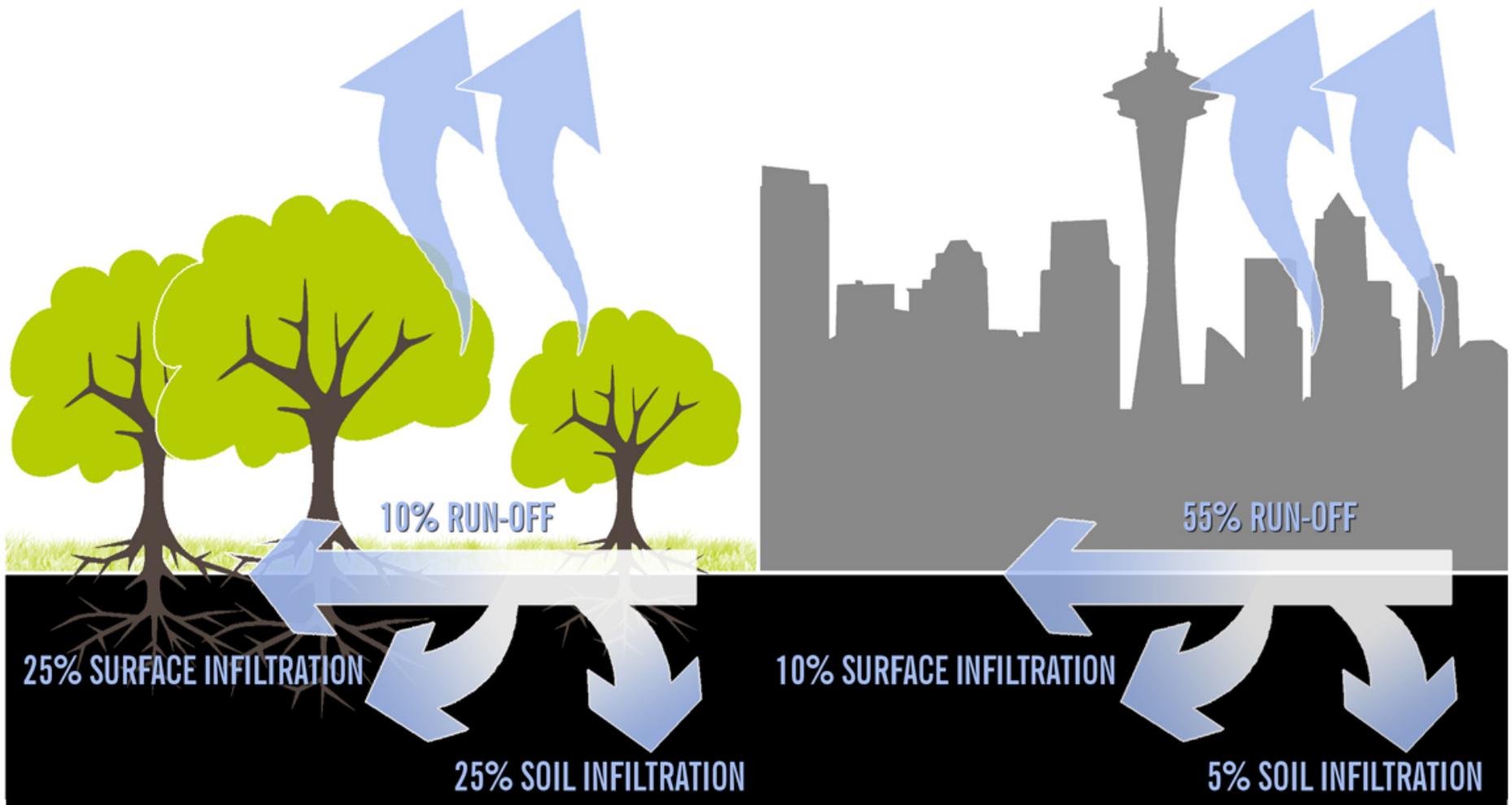
Si tratta di soluzioni che coniugano la riduzione del *runoff* con la creazione di **spazi verdi multifunzionali**

## VANTAGGI:

- conservazione o ripristino della permeabilità dei suoli urbani
- miglioramento del ciclo dell'acqua in ambito urbano
- risparmio idrico (stoccaggio e riutilizzo per usi non idropotabili)
- filtrazione e riduzione degli inquinanti
- miglioramento del microclima

40% EVAPOTRASPIRAZIONE

30% EVAPOTRASPIRAZIONE



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)  
Project cofinanced by the European Regional Development Fund (ERDF)



REPUBLIC MED  
REPUBLIC-MED  
RETROFITTING PUBLIC SPACES  
IN INTELLIGENT MEDITERRANEAN CITIES



# GESTIONE ACQUE PLUVIALI URBANE

35



© IMAGE COURTESY OF THE INTEGRATION AND APPLICATION NETWORK  
UNIVERSITY OF MARYLAND CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE (IAN.UMBCS.EDU/SYMBOLS/)

PERMEABILITÀ

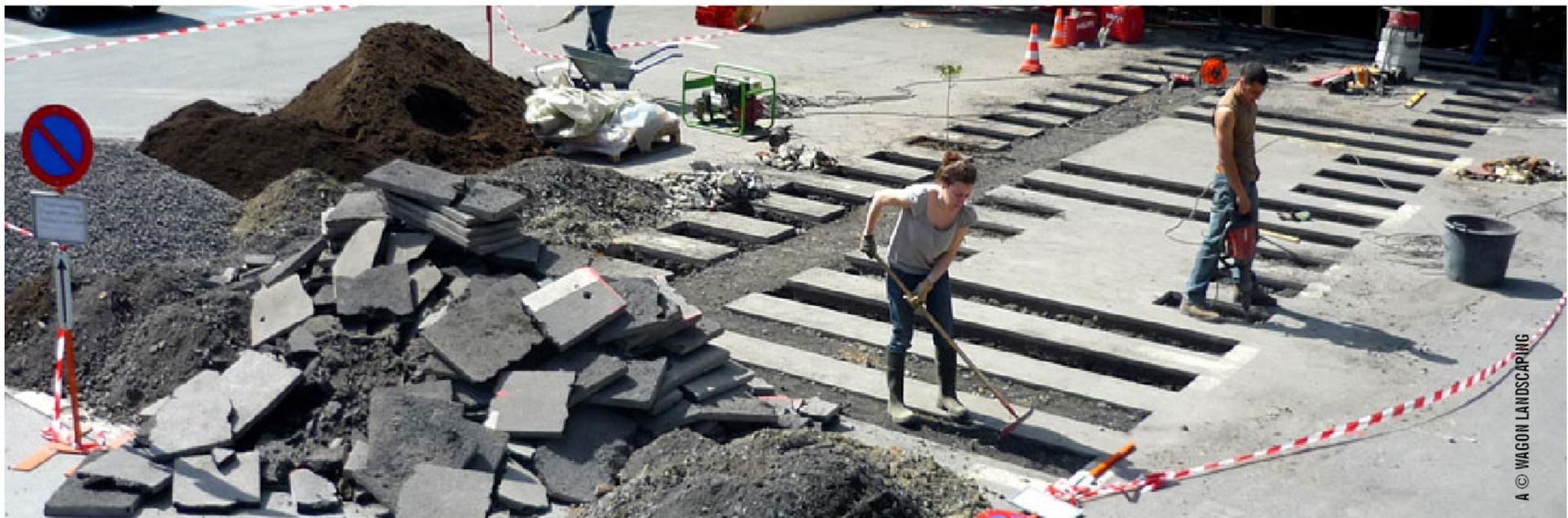
SICUREZZA IDRAULICA

COMFORT

RESILIENZA

# RESTITUIRE 36 SPAZI PERMEABILI

B © WAGON LANDSCAPING



A © WAGON LANDSCAPING

OMBRA

COMFORT

PERMEABILITÀ

DEASFALTARE



ECONOMICITÀ

SICUREZZA IDRAULICA

PERMEABILITÀ

RESILIENZA



© ATELIER JAQUELINE OSTY

**RESILIENZA**

**ECONOMICITÀ**

**PERMEABILITÀ**

**COMFORT**



A © LOLA DOMÉNECH



# PAVIMENTAZIONI DRENANTI

5

C © LAGOS - INUNEZ



B © LUMIX



D © KLOSTERMANN-BETON

ECONOMICITÀ

SICUREZZA IDRAULICA

PERMEABILITÀ

COMFORT

# VERDE PENSILE 6



MITIGAZIONE

RALLENTAMENTO DEFLUSSO ACQUA

COMFORT



PERMEABILITÀ

MITIGAZIONE

OMBRA

COMFORT

# GIARDINI DELLA PIOGGIA 37

© AGENCE GILLOU PÉE - LANDSCAPE ARCHITECTS



© CITY OF PORTLAND



© CITY OF PORTLAND

PERMEABILITÀ

DEASFALTARE

OMBRA

COMFORT

# FOSSATI INONDABILI 38



OMBRA

COMFORT

PERMEABILITÀ

DEASFALTARE

## COMFORT OMBRA PERMEABILITÀ DEASFALTARE FOSSATI INONDABILI

### COSA SONO I FOSSATI E LE *NOUE PAYSAGÈRE* ?

La denominazione *noue* deriva dalla scuola paesaggistica francese. Così come i bacini di ritenzione a cielo aperto, i fossati inondabili (o *noues*) fanno parte delle 'zone inondabili controllate', che in ambito urbano hanno lo scopo di sostituirsi alla natura nel rallentare il ruscellamento superficiale e aumentare l'infiltrazione delle acque piovane. L'acqua diviene elemento di progetto e la fruizione di questi spazi pubblici può essere modulata in funzione della presenza e della quantità degli apporti meteorici. 35 36

Molto simile a una fossato, ma con una sezione più ampia e poco profonda (da 20 a 30 cm su 10 m di lunghezza), delle rive che presentano una pendenza dolce e la presenza di vegetazione, la *noue* raccoglie ed immagazzina l'acqua piovana che riceve, sia per ruscellamento diretto, sia per canalizzazione. L'acqua è successivamente smaltita per infiltrazione o canalizzazione con flusso regolamentato, verso un collettore finale (pozzo, bacino, rete idrica superficiale, rete fognaria).

### COME E DOVE REALIZZARLI?

La *noue* urbana (fossato inondabile) può integrarsi al profilo stradale, alle aree di parcheggio o agli spazi verdi. Può essere progettata in diversi modi ed accompagnare un percorso pedonale, un marciapiede, una pista ciclabile, un percorso *fitness*, ecc. A seconda del contesto può quindi avere una sezione più naturale o più strutturata con opere interrato che intercettano separatamente, attraverso collettori dedicati, le acque provenienti dalla strada e dalla rete di drenaggio e le indirizzano verso un pre-bacino e poi al collettore pubblico principale.

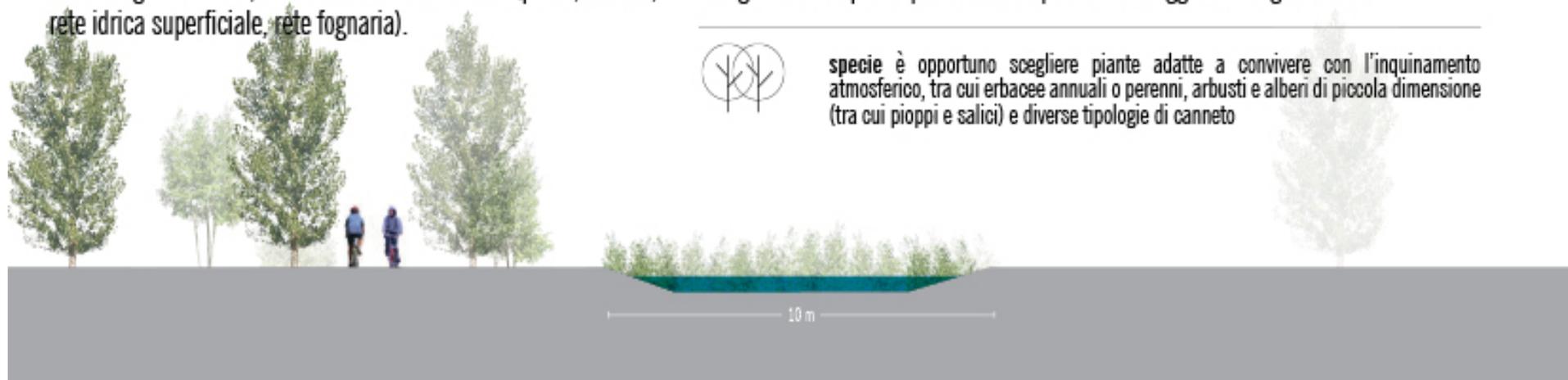
Nel caso di un profilo longitudinale inclinato è opportuno creare delle divisioni per ottimizzare i volumi di stoccaggio dell'acqua.

Se lo scorrimento superficiale interessa aree inquinate da idrocarburi e ci si trova in una zona a rischio per la falda acquifera, bisognerà prevedere dispositivi per la raccolta separata delle acque di prima pioggia da inviare al depuratore.

I vantaggi delle soluzioni più semplici sono rappresentati dai bassi costi di realizzazione e manutenzione. Basteranno infatti due interventi di manutenzione l'anno per la vegetazione e per la pulizia delle opere di drenaggio e di regolazione.

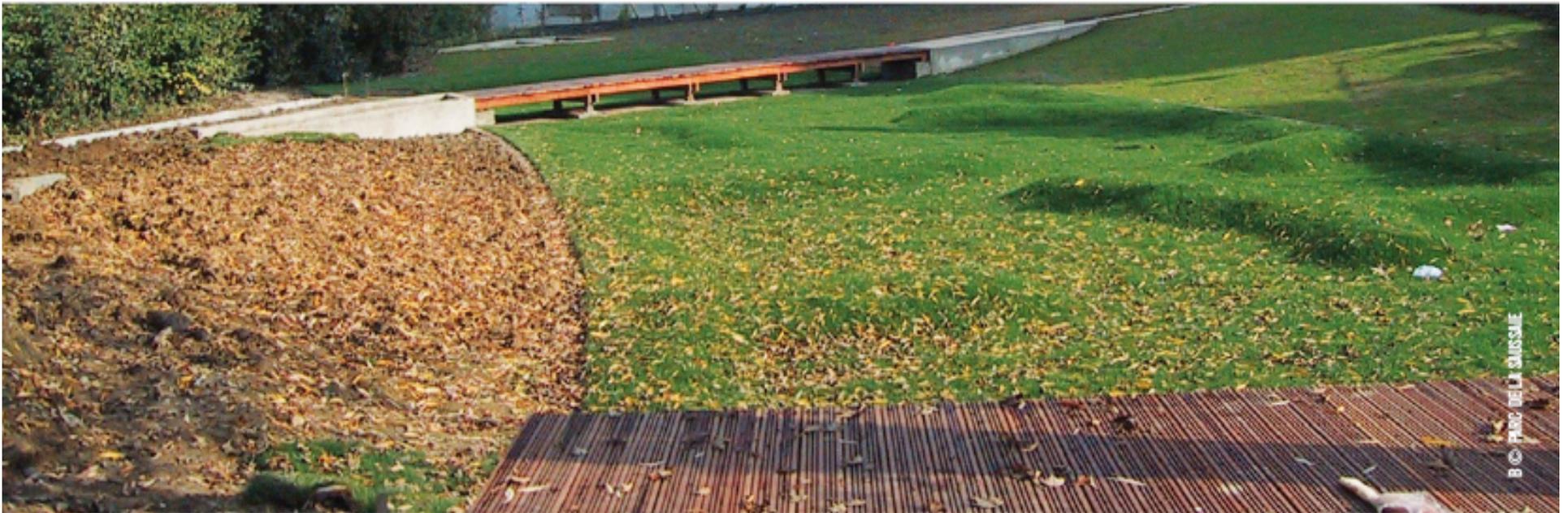


**specie** è opportuno scegliere piante adatte a convivere con l'inquinamento atmosferico, tra cui erbacee annuali o perenni, arbusti e alberi di piccola dimensione (tra cui pioppi e salici) e diverse tipologie di canneto



# BACINI INONDABILI 39

A © PARC DE LA SAUSSAIE



B © PARC DE LA SAUSSAIE

PERMEABILITÀ

SICUREZZA IDRAULICA

COMFORT

RESILIENZA

## COMFORT SICUREZZA IDRAULICA PERMEABILITÀ RESILIENZA BACINI INONDABILI

### COSA SONO I BACINI INFILTRANTI E DI RITENZIONE?

Sono opere per lo stoccaggio, la decantazione e/o l'infiltrazione delle acque meteoriche. Sono spazi vegetati poco profondi, diversi per dimensione e configurazione:

- bacini interrati o bacini a cielo aperto naturali o artificiali;
- bacini inondati permanentemente o asciutti o inondati parzialmente in funzione della pioggia.

I bacini a cielo aperto sono spazi vegetati multifunzionali, che si integrano al paesaggio e all'infrastruttura verde urbana svolgendo un importante ruolo idraulico e ambientale:

- sono alimentati direttamente dalla rete idraulica oppure per traboccamento in caso di saturazione della rete stessa;
- restituiscono gradualmente le acque dopo la pioggia convogliandole verso la rete principale, il suolo (per infiltrazione) o l'ambiente naturale;
- quando associano la funzione idraulica a quella di fitodepurazione (bacini di bioritenzione) prevedono la presenza di specie capaci di assorbire gli inquinanti.

### COME E DOVE REALIZZARLI?

Le modalità di realizzazione variano a seconda del tipo di bacino (asciutto o inondato, a cielo aperto o confinato) della funzione idraulica che deve svolgere e del contesto urbano di inserimento. Essi associano la funzione di filtro svolta dal suolo a quella biodepurazione svolta dalla vegetazione di cui vengono dotati. [25](#) [35](#) [36](#)

In città sono generalmente sconsigliabili i bacini permanentemente inondati a causa delle sgradevoli conseguenze dovute allo sviluppo di odori e zanzare.

I bacini infiltranti possono trovare in città diverse collocazioni: all'interno delle dotazioni verdi esistenti o anche all'interno di aree a carattere più marginale come ad esempio le rotatorie del traffico. Funzionano come dei piccoli invasi, la cui profondità varia da 30 a 60 cm, nei quali le acque meteoriche vengono temporaneamente stoccate per un periodo che non deve eccedere le 48-72 ore.

La presenza della vegetazione consente di combinare la funzione di rallentamento dello scorrimento superficiale delle acque e quella di mitigazione microclimatica.



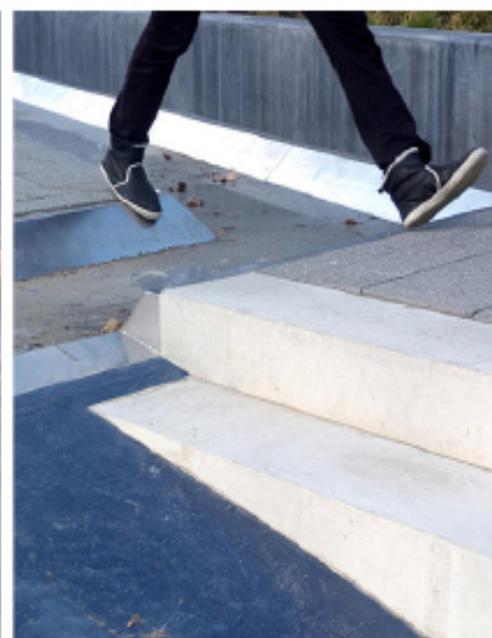
specie è opportuno scegliere piante adatte a convivere con l'inquinamento atmosferico, tra cui erbacee annuali o perenni, arbusti e alberi di piccola dimensione (tra cui pioppi e salici) e diverse tipologie di canneto.





# PIAZZE 40 DELLA PIOGGIA

© FLOMM BOER, STUDIO DE HBBANISTEN



**SOCIALITÀ**

**SICUREZZA IDRAULICA**

**COMFORT**

**RESILIENZA**

## COMFORT SICUREZZA IDRAULICA PERMEABILITÀ RESILIENZA PIAZZE INONDABILI

### COSA SI INTENDE PER PIAZZE INONDABILI?

Una risposta innovativa per la gestione del rischio idraulico nelle città è rappresentata dalle piazze inondabili. Si tratta di spazi urbani concepiti come aree per il gioco ed il relax, caratterizzati da una modalità di fruizione variabile in base delle condizioni meteorologiche. In pratica, le *water squares* sono luoghi asciutti per la maggior parte dell'anno, mentre in caso di precipitazioni intense si trasformano in vere e proprie piazze d'acqua, allagate in maniera controllata per un periodo che per motivi ingegneristici non deve superare le 32 ore. Analogamente agli altri spazi pubblici inondabili, come fossati e bacini di infiltrazione e ritenzione, la piazza inondabile svolge la funzione idraulica di temporaneo stoccaggio e successiva restituzione controllata e graduale delle acque pluviali, contribuendo così al buon funzionamento delle reti fognaria evitando il sovraccarico delle reti ed inondazioni. <sup>35</sup>

L'aspetto peculiare è rappresentato dal fatto che, anche in fase di allagamento, queste piazze mantengono una loro particolare fruibilità, sfruttando questa condizione per giochi d'acqua pensati soprattutto per i bambini e le famiglie.

### COME E DOVE REALIZZARLE?

Il tema delle *water square* si rifà ad esperienze molto recenti: i primi progetti sono stati realizzati a Rotterdam nel 2012 e 2013, rispettivamente per *Bellamyplein water plaza* (area allagabile: 300 mq; capacità di raccolta d'acqua: 750 mc) e *Benthemplein water square* (capacità di raccolta d'acqua: 1.700 mc.)

Il progetto del 2013 su media-grande scala ha beneficiato della sperimentazione su piccola scala del progetto precedente. È stato realizzato in una delle aree a maggior rischio di allagamento della città. Il **dimensionamento dei bacini risponde al criterio della sicurezza idraulica alla scala di quartiere**. Sono stati realizzati tre distinti bacini che, normalmente sono adibiti ad attività quali lo sport, il teatro all'aperto ed il relax.

Durante le piogge lievi, l'acqua viene stoccata in bacini nascosti in funzione di usi futuri, mentre durante le precipitazioni intense la piazza si comporta come un bacino di raccolta e decantazione delle acque. In queste condizioni vengono comunque garantiti sempre i percorsi. Le *water square* raccolgono le acque che provengono dai fabbricati limitrofi e dagli spazi pubblici attraverso un sistema di canalette che coinvolgono le acque dei tetti e delle aree pavimentate e che diviene esso stesso elemento di progetto. L'acqua viene preventivamente inviata ad un impianto di filtraggio e trattamento (*water chamber*) nascosto.



PIAZZA INONDABILE A SEZIONE VARIABILE IN CONDIZIONI NORMALI



SUBITO DOPO UNA FORTE PIOGGIA



SUBITO DOPO UN INTENSO ACQUAZZONE

# ACQUA

acqua per l'attrattività degli spazi pubblici ed il comfort delle persone

acqua lungo i percorsi / cascate / vasche /  
fontane / lame d'acqua / nebulizzazione /



**SOCIALITÀ**

**MITIGAZIONE**

**RAFFRESCAMENTO**

**COMFORT**



A © MICHEL CORRAU UD

# NEBULIZZAZIONE 20



C © MICHEL CORRAU UD



B © PÉNA PUYGÈRES

SOCIALITÀ

MITIGAZIONE

RAFFRESCAMENTO

COMFORT



SOCIALITÀ

MITIGAZIONE

RAFFRESCAMENTO

COMFORT

Grazie per l'attenzione 😊 😊 😊

DIREZIONE CURA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE | SERVIZIO  
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED URBANISTICA, DEI TRASPORTI  
E DEL PAESAGGIO |

LUISA RAVANELLO | RESPONSABILE PROGRAMMA FORMATIVO  
REBUS® |

@ [luisa.ravanello@regione.emilia-romagna.it](mailto:luisa.ravanello@regione.emilia-romagna.it)

@ [rebus@regione.emilia-romagna.it](mailto:rebus@regione.emilia-romagna.it)