



PALAVERDI / FIERA DI PARMA
VENERDÌ 17 OTTOBRE 2025 / 10.00 - 12.30
SALA QUERCIA

INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE

Giulio Senes

*Professore Dottore Agronomo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali,
Università degli Studi di Milano*

Con il patrocinio di

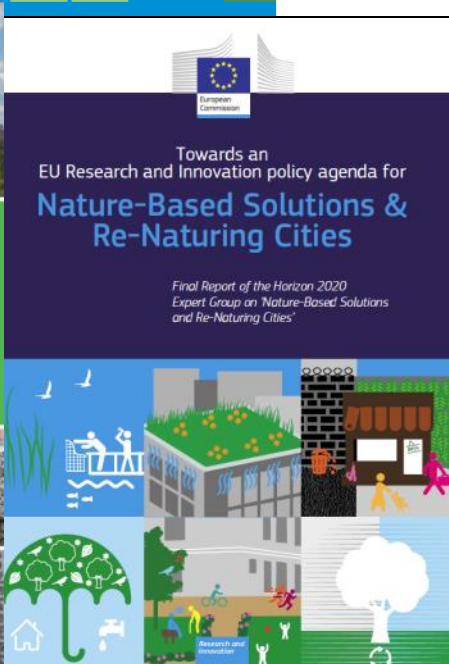
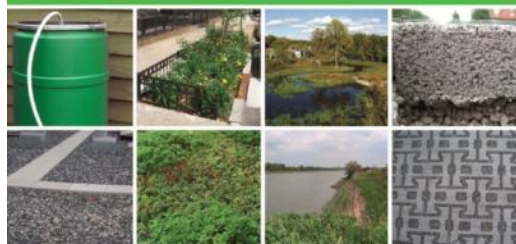
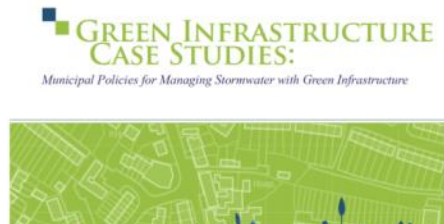
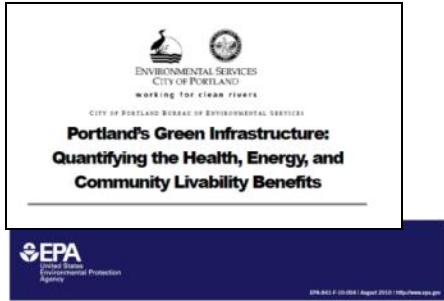
Media partner

ACER

Sommario

- Non solo drenaggio 03-29
- Tipi di SUDS 30-51
- Il drenaggio urbano sostenibile nella pianificazione 52-75
- SUDS e Green Streets 76-87

Green Infrastructure



Green Infrastructure - Perché e per chi?

[nature.com](#) [about npg](#) [news@nature.com](#) [naturejobs](#) [natureevents](#) [help](#) [site index](#)

nature

[my account](#) [e-alerts](#) [subscribe](#) [register](#)

SEARCH JOURNAL 15 May 1997 Vol 387 No 6630 pp215-315

The value of the world's ecosystem services and natural capital

Robert Costanza^{*†}, Ralph d'Arge[‡], Rudolf de Groot[§], Stephen Farber^{||}, Monica Grasso[†], Bruce Hannon[¶], Karin Limburg^{#☆}, Shahid Naeem^{}, Robert V. O'Neill^{††}, Jose Paruelo^{‡‡}, Robert G. Raskin^{§§}, Paul Sutton^{|||} & Marjan van den Belt^{¶¶}**

^{*} Center for Environmental and Estuarine Studies, Zoology Department, and [†] Insitute for Ecological Economics, University of Maryland, Box 38, Solomons, Maryland 20688, USA
[‡] Economics Department (emeritus), University of Wyoming, Laramie, Wyoming 82070, USA
[§] Center for Environment and Climate Studies, Wageningen Agricultural University, PO Box 9101, 6700 HB Wageninengen, The Netherlands
^{||} Graduate School of Public and International Affairs, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania 15260, USA
[¶] Geography Department and NCSA, University of Illinois, Urbana, Illinois 61801, USA
[#] Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, USA
^{**} Department of Ecology, Evolution and Behavior, University of Minnesota, St Paul, Minnesota 55108, USA
^{††} Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37831, USA
^{‡‡} Department of Ecology, Faculty of Agronomy, University of Buenos Aires, Av. San Martin 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina
^{§§} Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California 91109, USA
^{|||} National Center for Geographic Information and Analysis, Department of Geography, University of California at Santa Barbara, Santa Barbara, California 93106, USA
^{¶¶} Ecological Economics Research and Applications Inc., PO Box 1589, Solomons, Maryland 20688, USA



Green Infrastructure - Perché e per chi?

Servizi ecosistemici: l'insieme dei benefici, diretti ed indiretti che l'uomo trae dagli ecosistemi. (*Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. "Ecosystem and Human Well being: A Framework for Assessment". Island Press, 2005*)

Servizi di approvvigionamento

Prodotti ottenuti dagli ecosistemi

- Cibo
- Acqua
- Biomassa per energia
- Fibre
- Sostanze biochimiche
- Risorse genetiche

Servizi di regolazione

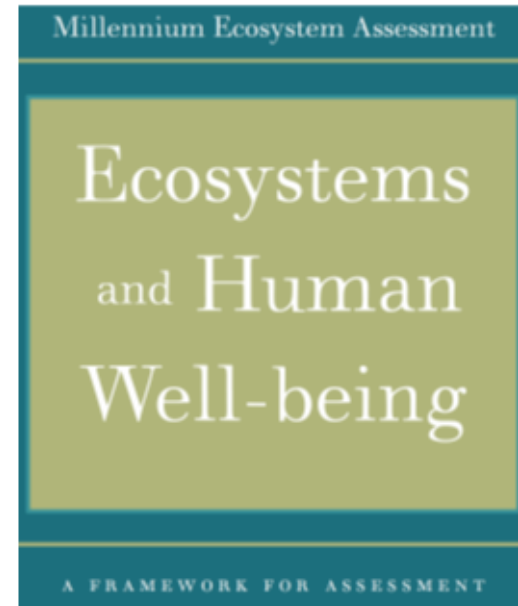
Benefici ottenuti dalla regolazione dei processi ecosistemici

- Regolazione climatica
- Regolazione delle malattie
- Regolazione dell'acqua
- Purificazione dell'acqua
- Impollinazione

Servizi culturali

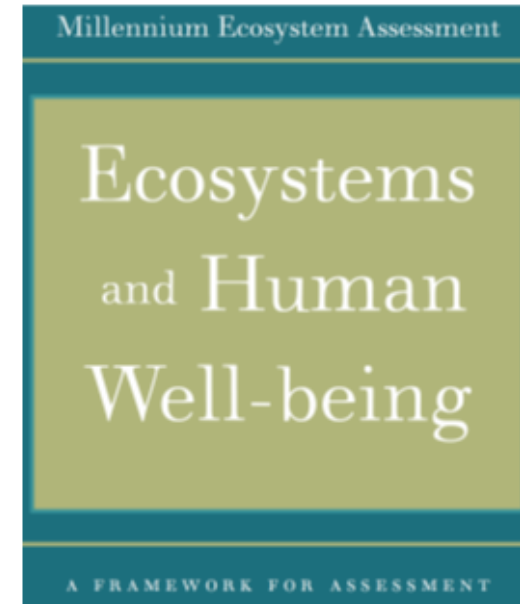
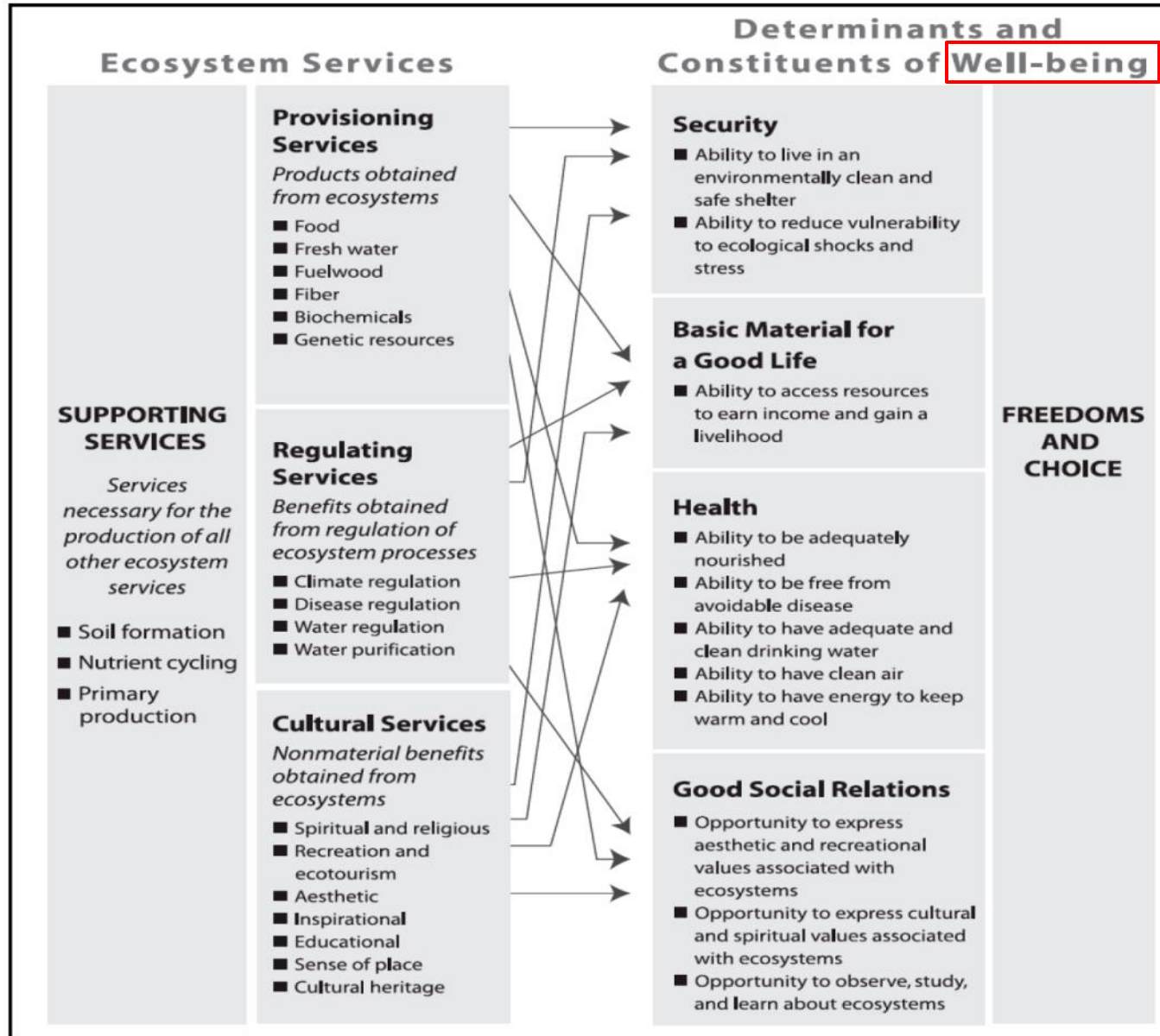
Benefici immateriali ottenuti dagli ecosistemi

- Spiritualità e religione
- Turismo e ricreazione
- Paesaggio e bellezza
- Istruzione ed educazione
- Senso del luogo
- Risorse culturali



Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment

Green Infrastructure - Perché e per chi?



Millennium Ecosystem Assessment (MA), 2003. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment

Benessere

Determinants and Constituents of Well-being

● Security

- Ability to live in an environmentally clean and safe shelter
- Ability to reduce vulnerability to ecological shocks and stress

● Basic Material for a Good Life

- Ability to access resources to earn income and gain a livelihood

● Health

- Ability to be adequately nourished
- Ability to be free from avoidable disease
- Ability to have adequate and clean drinking water
- Ability to have clean air
- Ability to have energy to keep warm and cool

● Good Social Relations

- Opportunity to express aesthetic and recreational values associated with ecosystems
- Opportunity to express cultural and spiritual values associated with ecosystems
- Opportunity to observe, study, and learn about ecosystems

**FREEDOMS
AND
CHOICE**

Benessere



Determinants and Constituents of Well-being

● Security

- Ability to live in an environmentally clean and safe shelter
- Ability to reduce vulnerability to ecological shocks and stress

● Basic Material for a Good Life

- Ability to access resources to earn income and gain a livelihood

● Health

- Ability to be adequately nourished
- Ability to be free from avoidable disease
- Ability to have adequate and clean drinking water
- Ability to have clean air
- Ability to have energy to keep warm and cool

● Good Social Relations

- Opportunity to express aesthetic and recreational values associated with ecosystems
- Opportunity to express cultural and spiritual values associated with ecosystems
- Opportunity to observe, study, and learn about ecosystems

FREEDOMS AND CHOICE

benessere equo sostenibile



12

LE DIMENSIONI DEL BENESSERE

- 1. Salute
- 2. Istruzione e formazione
- 3. Lavoro e conciliazione tempi di vita
- 4. Benessere economico
- 5. Relazioni sociali
- 6. Politica e istituzioni
- 7. Sicurezza
- 8. Benessere soggettivo
- 9. Paesaggio e patrimonio culturale
- 10. Ambiente
- 11. Ricerca e innovazione
- 12. Qualità dei servizi

Benessere



Determinants and Constituents of Well-being

● Security

- Ability to live in an environmentally clean and safe shelter
- Ability to reduce vulnerability to ecological shocks and stress

● Basic Material for a Good Life

- Ability to access resources to earn income and gain a livelihood

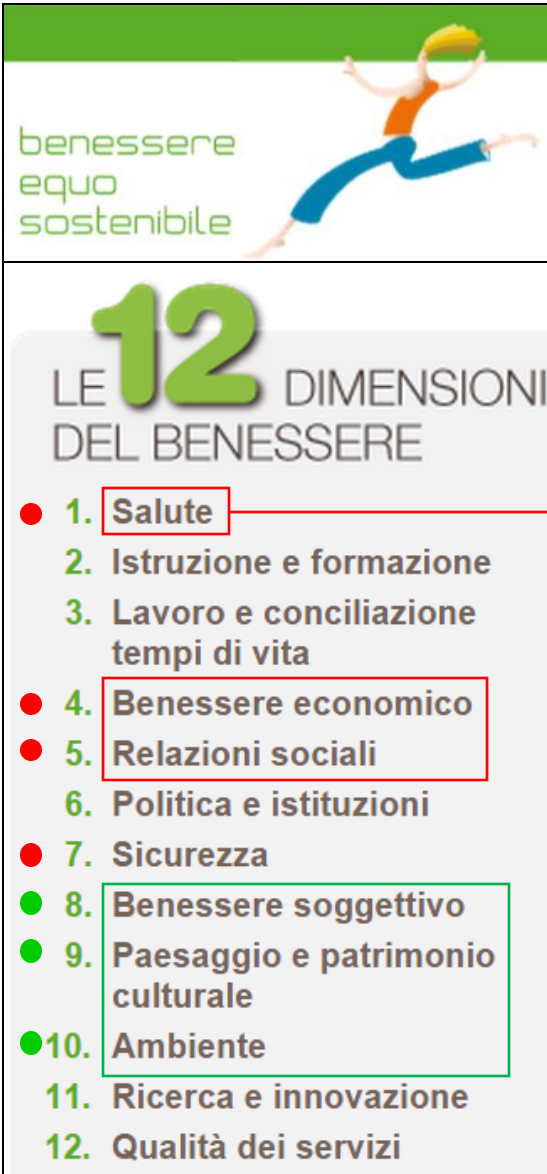
● Health

- Ability to be adequately nourished
- Ability to be free from avoidable disease
- Ability to have adequate and clean drinking water
- Ability to have clean air
- Ability to have energy to keep warm and cool

● Good Social Relations

- Opportunity to express aesthetic and recreational values associated with ecosystems
- Opportunity to express cultural and spiritual values associated with ecosystems
- Opportunity to observe, study, and learn about ecosystems

FREEDOMS AND CHOICE



Uno stato *dinamico** di complessivo **benessere** fisico, mentale, spirituale e sociale e non solo assenza di malattia o infermità (WHO, 1948).

* Aggettivo proposto nel 1998, ma non approvato

“Factors such as where we live, the state of our environment, genetics, our income and education level, and our relationships with friends and family all have considerable impacts on health”

(WHO - The determinants of health)



Benessere & ambiente di vita

Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?

Benessere & ambiente di vita

Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?

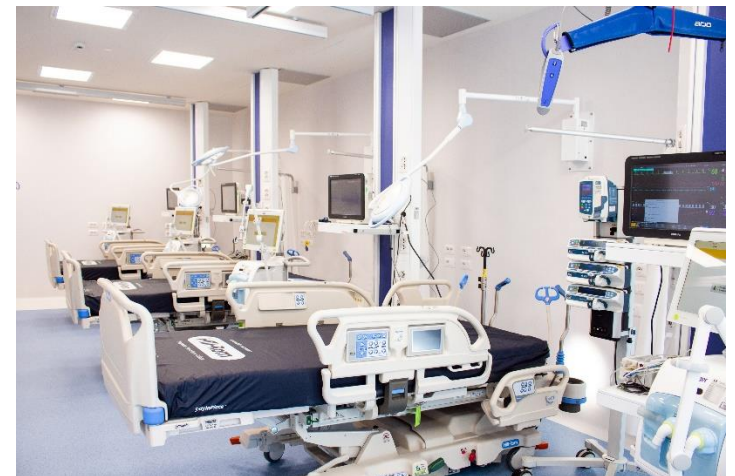
Non certo luoghi di questo tipo



Benessere & ambiente di vita

Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?

Non certo luoghi di questo tipo



Benessere & ambiente di vita

Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?

Non certo luoghi di questo tipo



Benessere & ambiente di vita

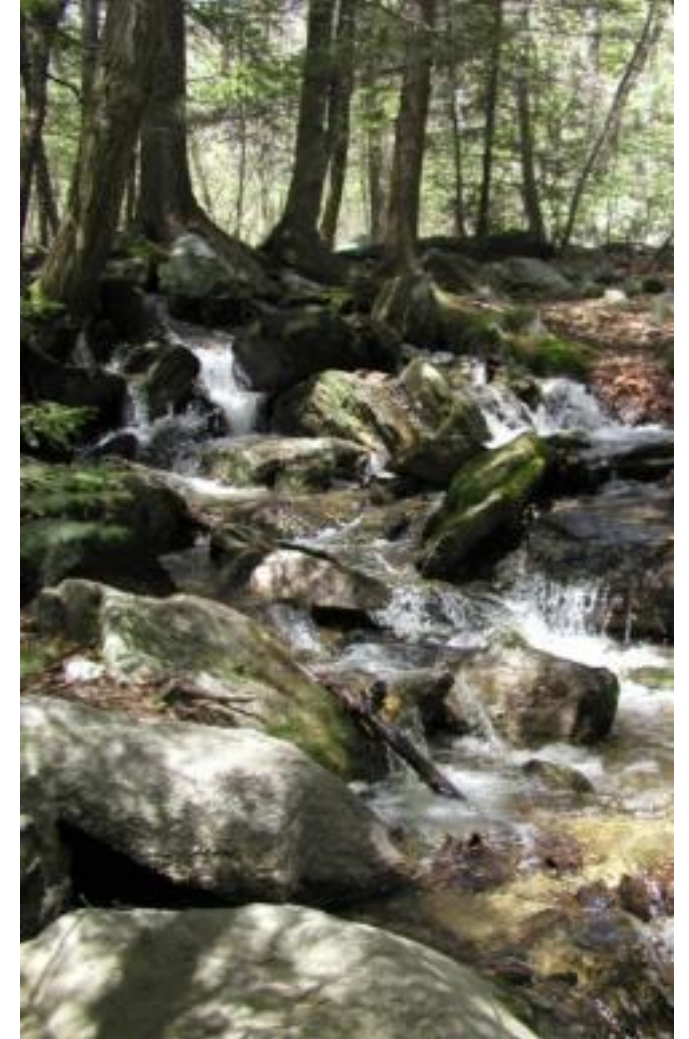
Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?

Non certo luoghi di questo tipo

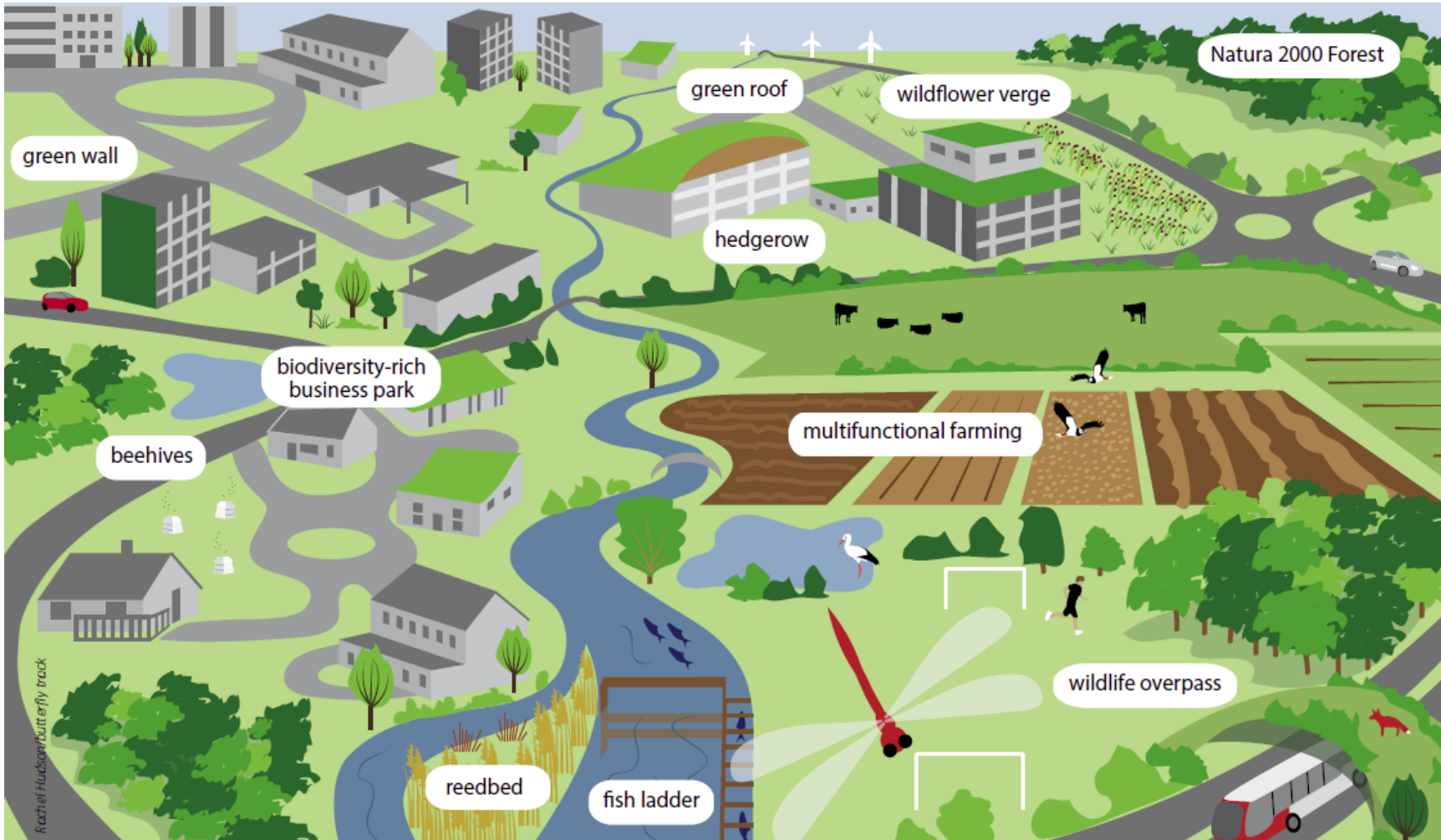


Benessere & ambiente di vita

Provate ad immaginare un ambiente dove si sta bene Cosa immaginate?



Green Infrastructure – Definizione



Una rete di **aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico** con altri elementi ambientali, **progettata e gestita** in maniera da fornire un ampio **spettro di servizi ecosistemici**.

Ne fanno parte gli **spazi verdi** (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un **contesto rurale e urbano**.

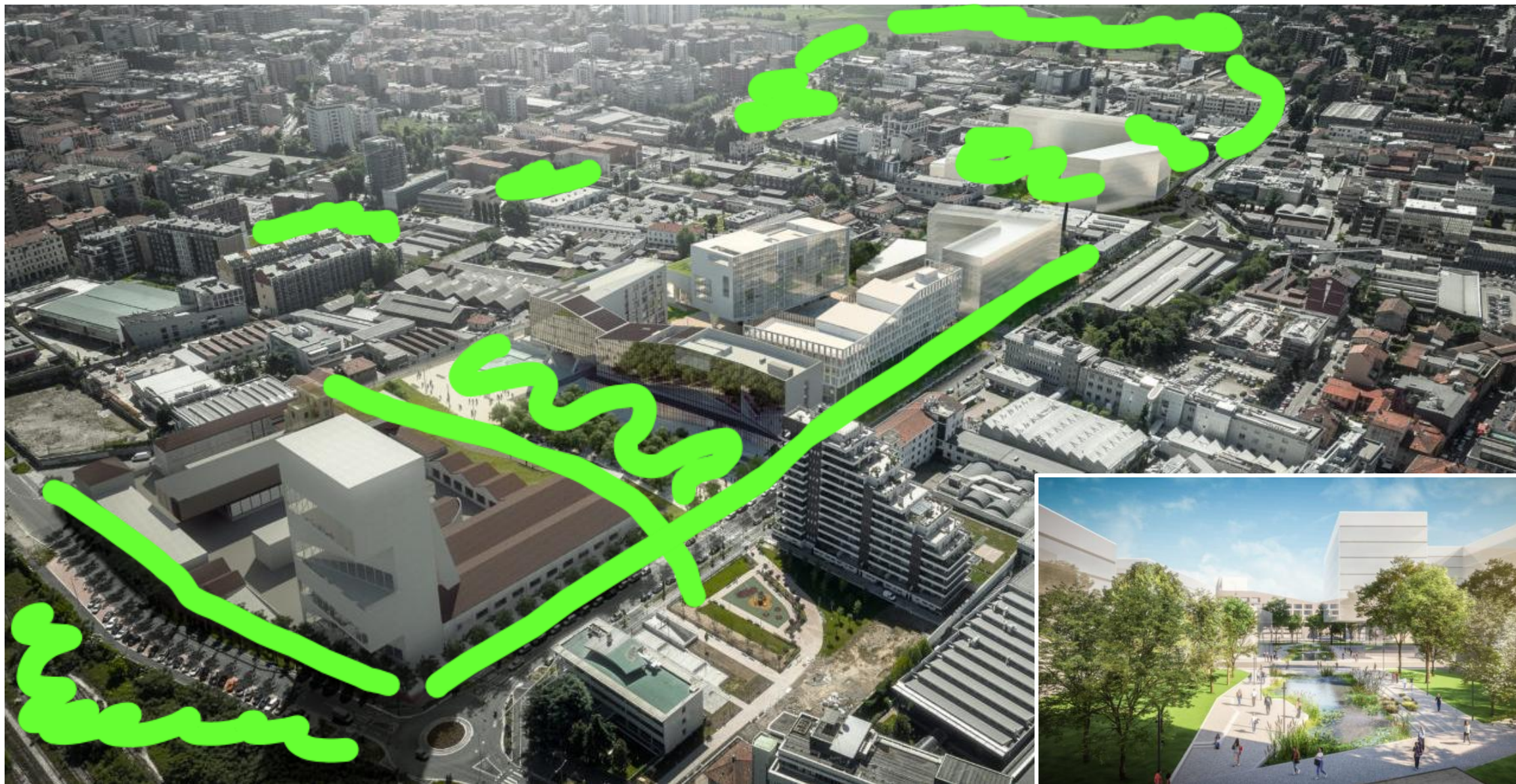
(Commissione Europea, 2013)

Green Infrastructure e Grey Infrastructure

GREY ↔ GREEN



Green Infrastructure – City Vision



Green Infrastructure and Nature Based Solutions



Le infrastrutture verdi sono uno **strumento** di comprovata efficacia per ottenere **benefici ecologici, economici e sociali** ricorrendo a **soluzioni “naturali” (Nature Based Solutions)**.

Rispetto alle infrastrutture tradizionali (dette anche **infrastrutture grigie**), concepite con un unico scopo, le **infrastrutture verdi presentano molteplici vantaggi**. A volte possono rappresentare un’alternativa o una componente complementare rispetto alle tradizionali soluzioni “grigie”.

(Commissione Europea, 2013)

NBSs range in scale, from individual street trees, green roofs and private gardens through to parks, rivers and woodlands, transport corridors.

Green Infrastructure – Benefici

Divisione/Gruppo	
Servizi di approvvigionamento	Biomassa per alimentazione, materiali o energia da piante e animali selvatici
	Acqua, superficiale e/o sotterranea, per alimentazione, materiali o energia
	Materiale genetico
	Biomassa per alimentazione, materiali o energia da coltivazione e/o allevamento
	Altre sostanze abiotiche (esclusa l'acqua) per alimentazione, materiali o energia
Servizi di regolazione	Regolazione e protezione dagli eventi estremi (suolo, acqua, vento, fuoco)
	Inquinamento (decomposizione rifiuti, riduzione rumore e odore)
	Qualità del suolo
	Qualità dell'acqua
	Regolazione e protezione degli habitat
	Controllo delle malattie
	Qualità dell'aria
Serv. Cult.	Servizi Culturali

Le infrastrutture verdi sono uno **strumento** di comprovata efficacia per ottenere **benefici ecologici, economici e sociali** ricorrendo a **soluzioni “naturali” (Nature Based Solutions)**.

Rispetto alle infrastrutture tradizionali (dette anche **infrastrutture grigie**), concepite con un unico scopo, le **infrastrutture verdi presentano molteplici vantaggi**. A volte possono rappresentare un’alternativa o una componente complementare rispetto alle tradizionali soluzioni “grigie”.
(Commissione Europea, 2013)

NBSs **range in scale**, from individual street **trees, green roofs** and **private gardens** through to **parks, rivers** and **woodlands, transport corridors**.

Green Infrastructure – Benefici

Multi-funzione



Connected spaces for people and nature



"La **green infrastructure** è in grado di svolgere **diverse funzioni** nella stessa area, a differenza della maggior parte delle infrastrutture "grigie", che di solito hanno un solo obiettivo".

Building a Green Infrastructure for Europe. European Commission, 2013



Green Infrastructure – Benefici

Multi-funzione
Multi-scala



The building



Street level



Neighbourhood level

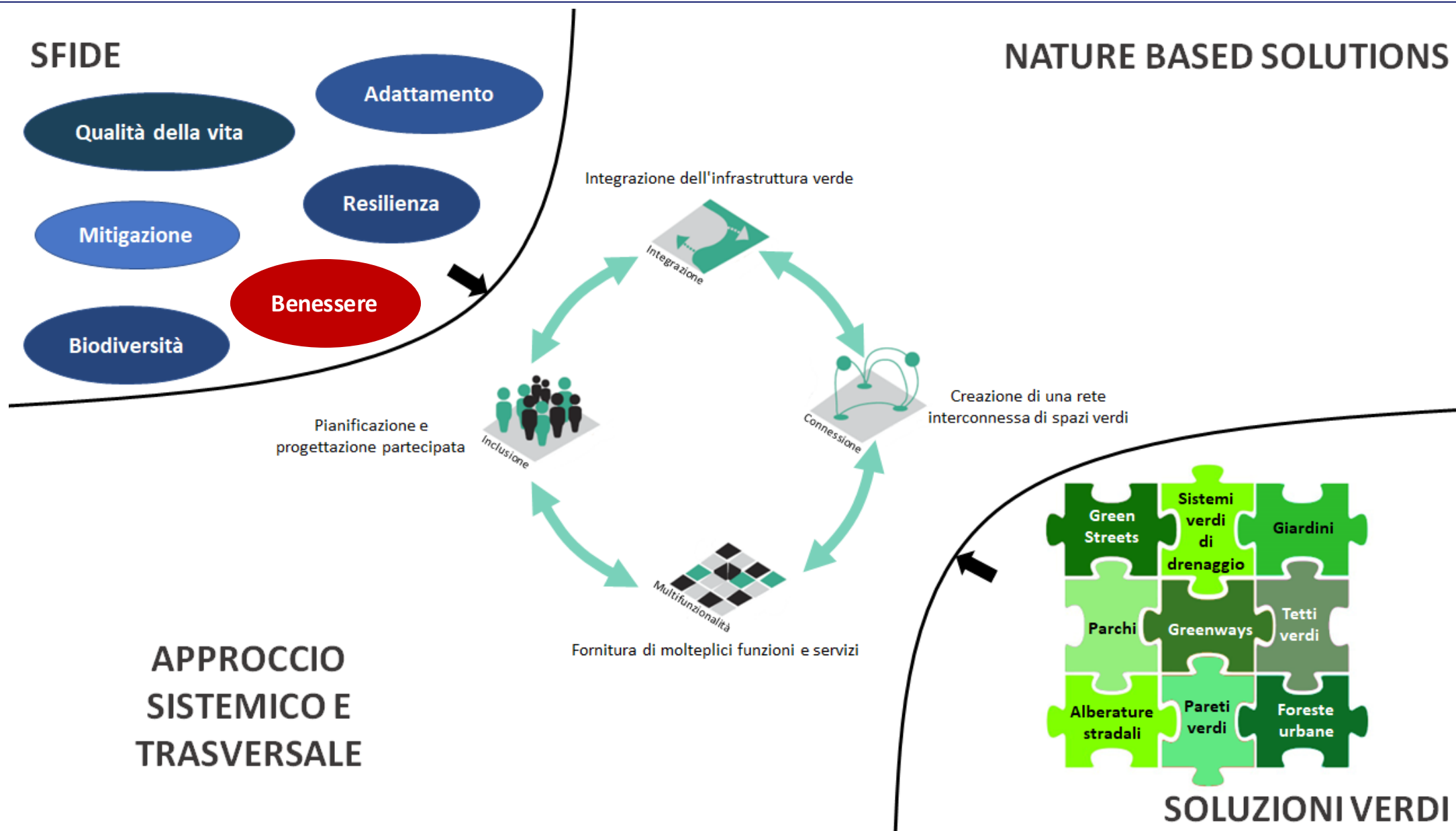


Strategic level

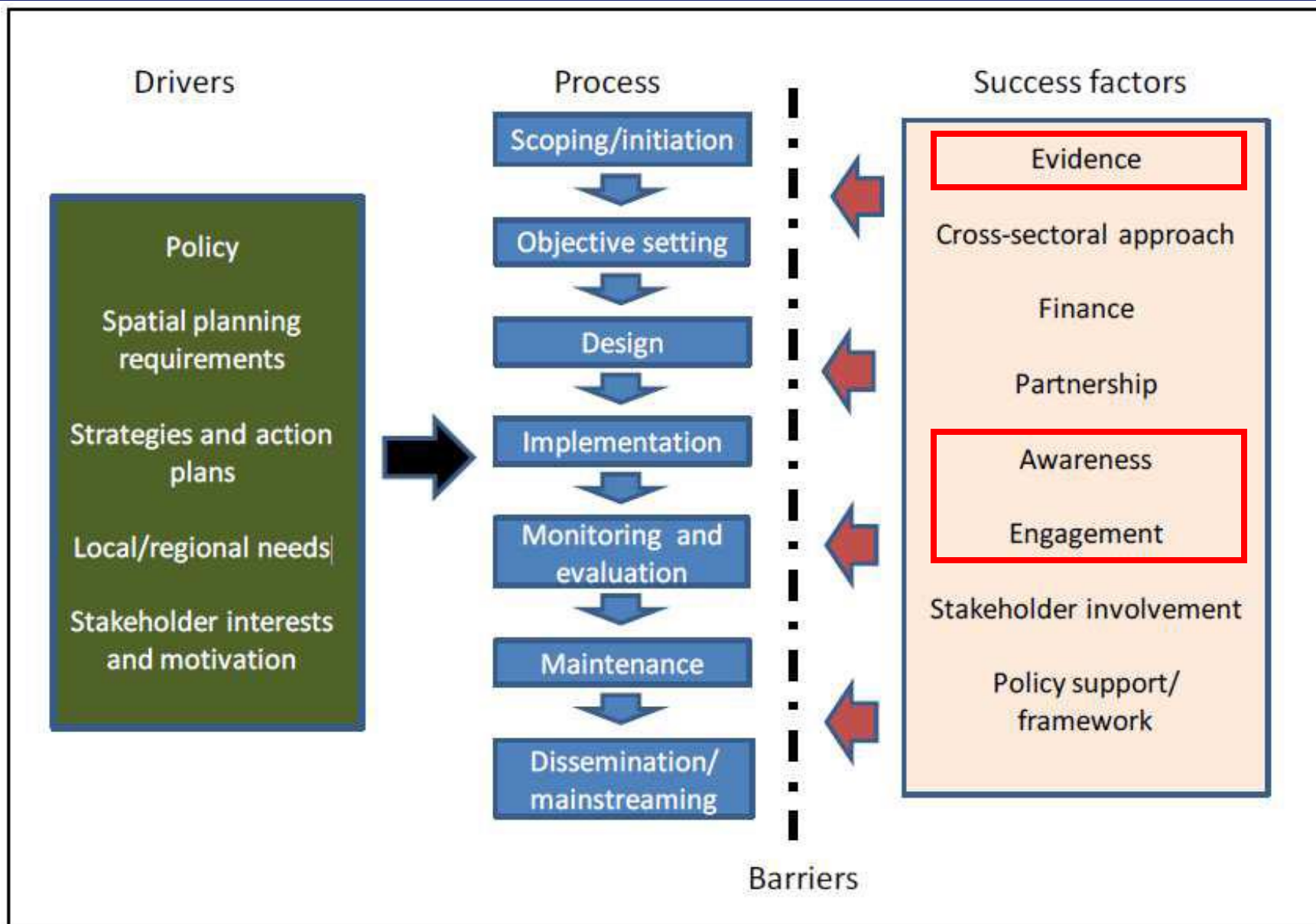


The building – home, garden or workspace	Connections	The street	Connections	Neighbourhood	Connections	Strategic places
 - Green roofs - Living walls - Gardens or grounds - Rainwater harvesting systems - Driveways (permeable)	 - Pedestrian paths and rights of way - Cycling routes - Green Links and corridors	 - Boundary features eg hedges - Street trees - Verges - Swales - Porous paving - Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)	 - Pedestrian paths and rights of way - Cycling routes - Green Links and corridors	 - Amenity greenspace - Informal recreation spaces - Playspaces - Allotments, community growing spaces - Playing fields - Sports areas - Urban parks - Burial grounds, cemeteries - Swales - Urban woodlands - Ponds - Water courses	 - Pedestrian paths and rights of way - Cycling routes - Green Links and corridors - River and canal corridors including their banks	 - Civic scale spaces - Public parks and gardens - Green Networks - Country & Regional Parks - Natural/semi-natural greenspaces - Forests and Woodlands - Grasslands - Designed landscapes - Formal gardens - City farms - Blue Networks - Rivers, lochs and Wetlands

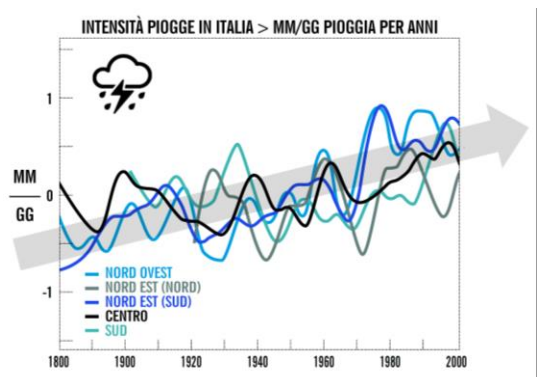
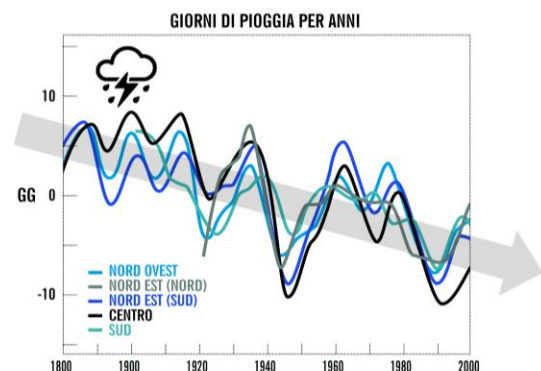
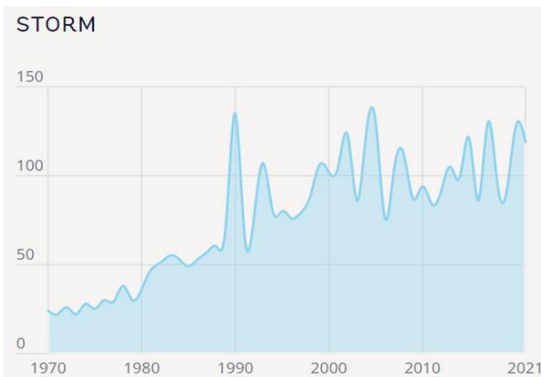
Green Infrastructure – Approccio sistemico



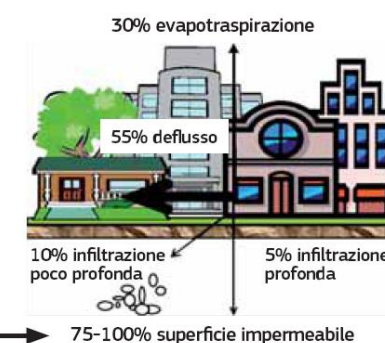
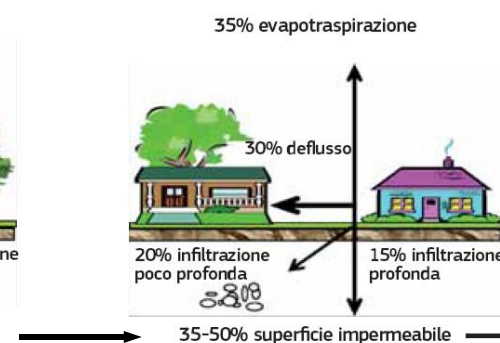
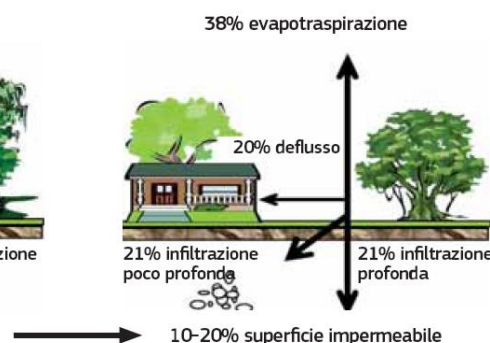
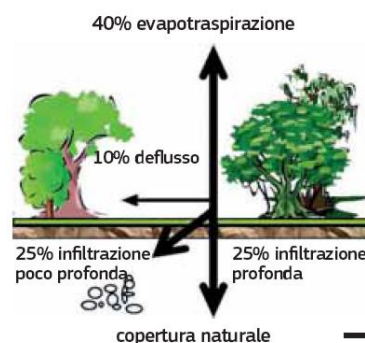
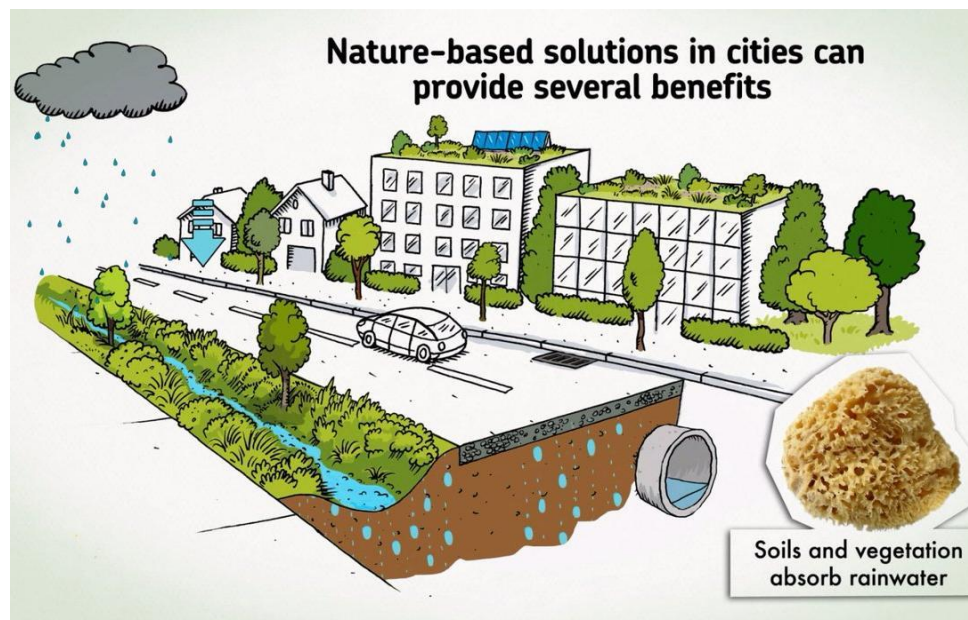
Green Infrastructure – Implementazione



Green Infrastructure e cambiamenti climatici



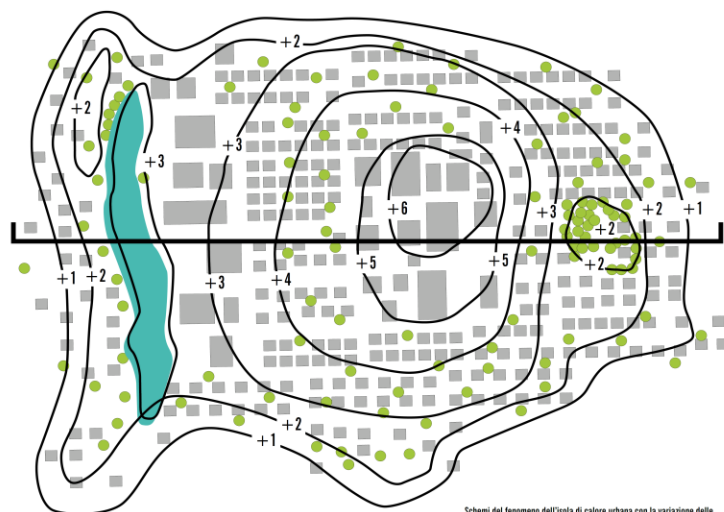
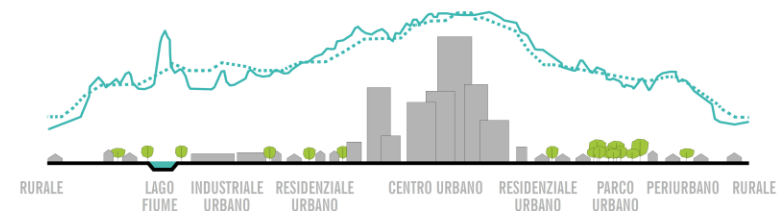
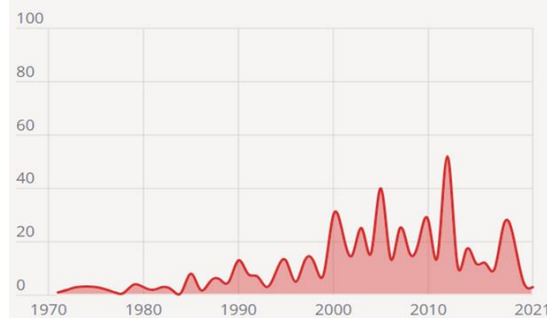
Green Infrastructure e Città-Spugna



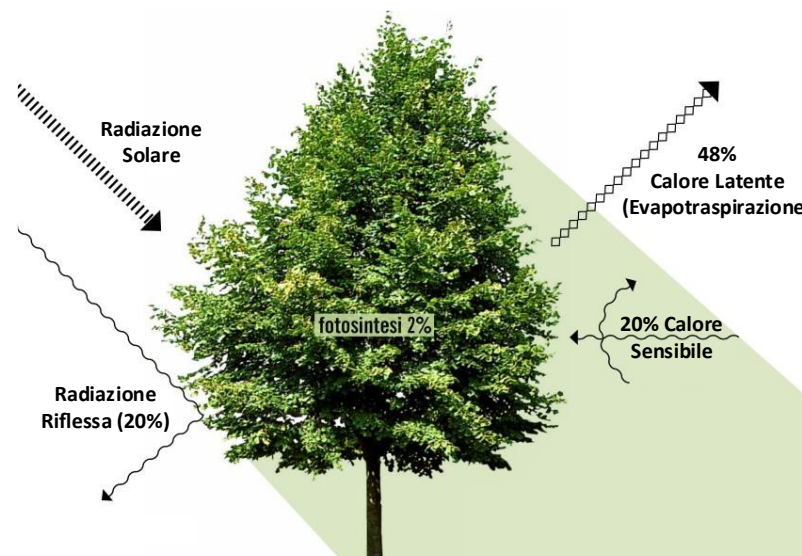
Green Infrastructure e cambiamenti climatici

Giulio Senes

EXTREME TEMPERATURE



Schemi del fenomeno dell'isola di calore urbana con la variazione delle



TEMPERATURA ARIA ORE 14.00
30°

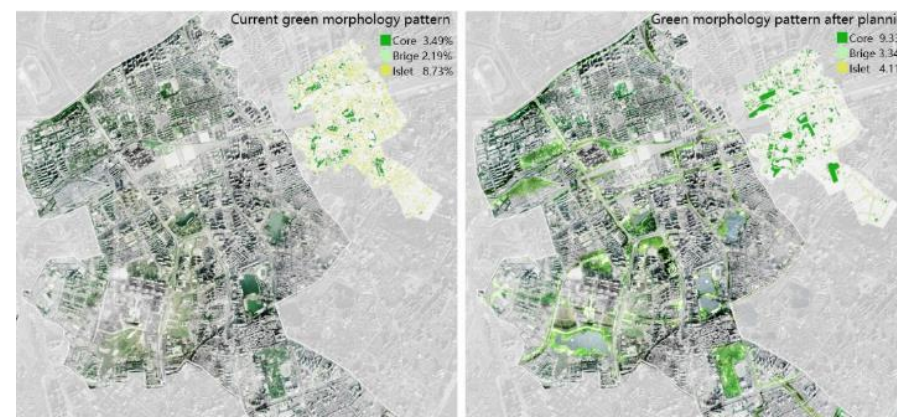
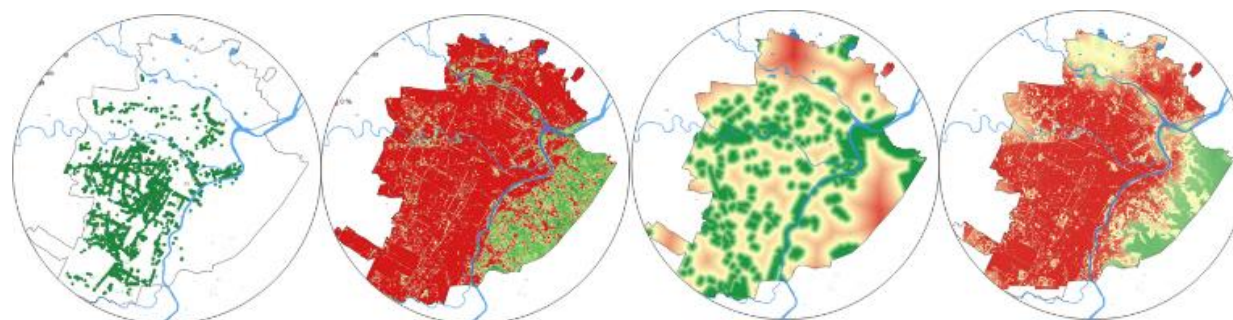


Green Infrastructure – City Vision

1) Il verde è dove dovrebbe essere?



Infrastrutture verdi come strategia di pianificazione: dove realizzare e/o implementare NBS

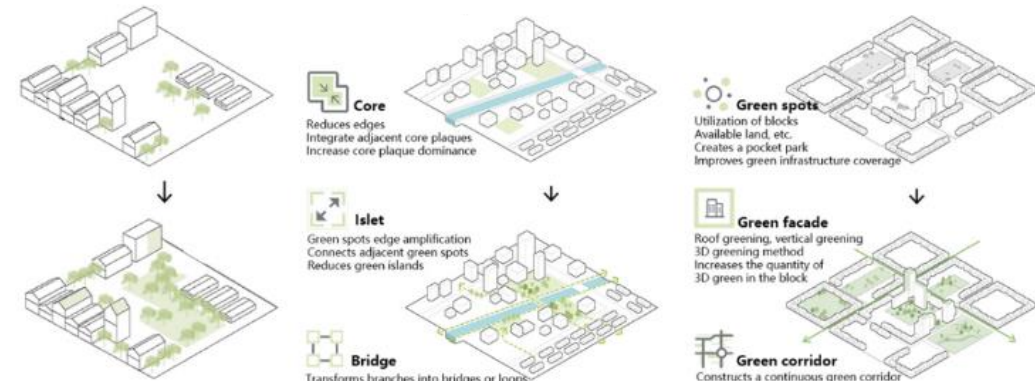
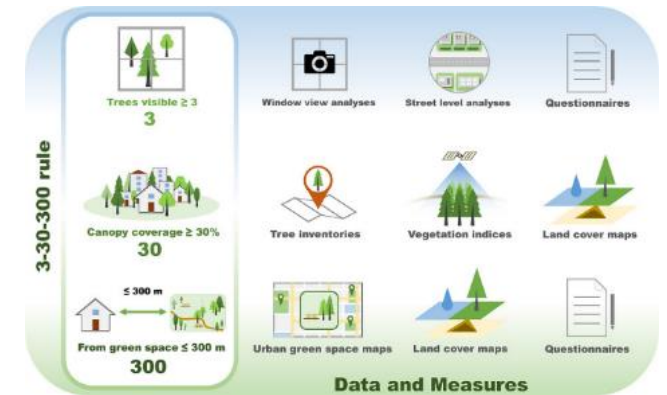
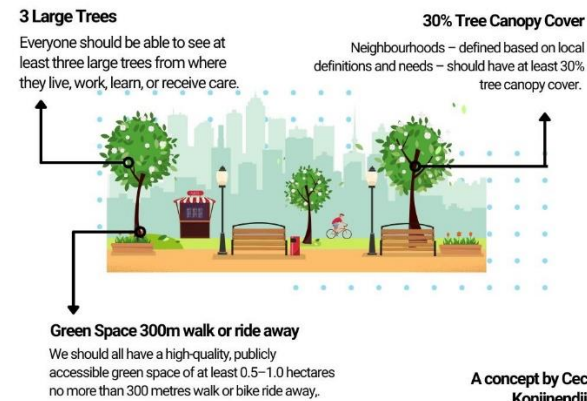


Green Infrastructure – City Vision

2) Il verde è nella giusta quantità? E' della giusta tipologia?



Infrastrutture verdi come strategia di costruzione della città: composizione tipologica del verde da implementare in relazione ai diversi servizi ecosistemici da fornire



Green Infrastructure – City Vision

2) Il verde è nella giusta quantità?
E' della giusta tipologia?

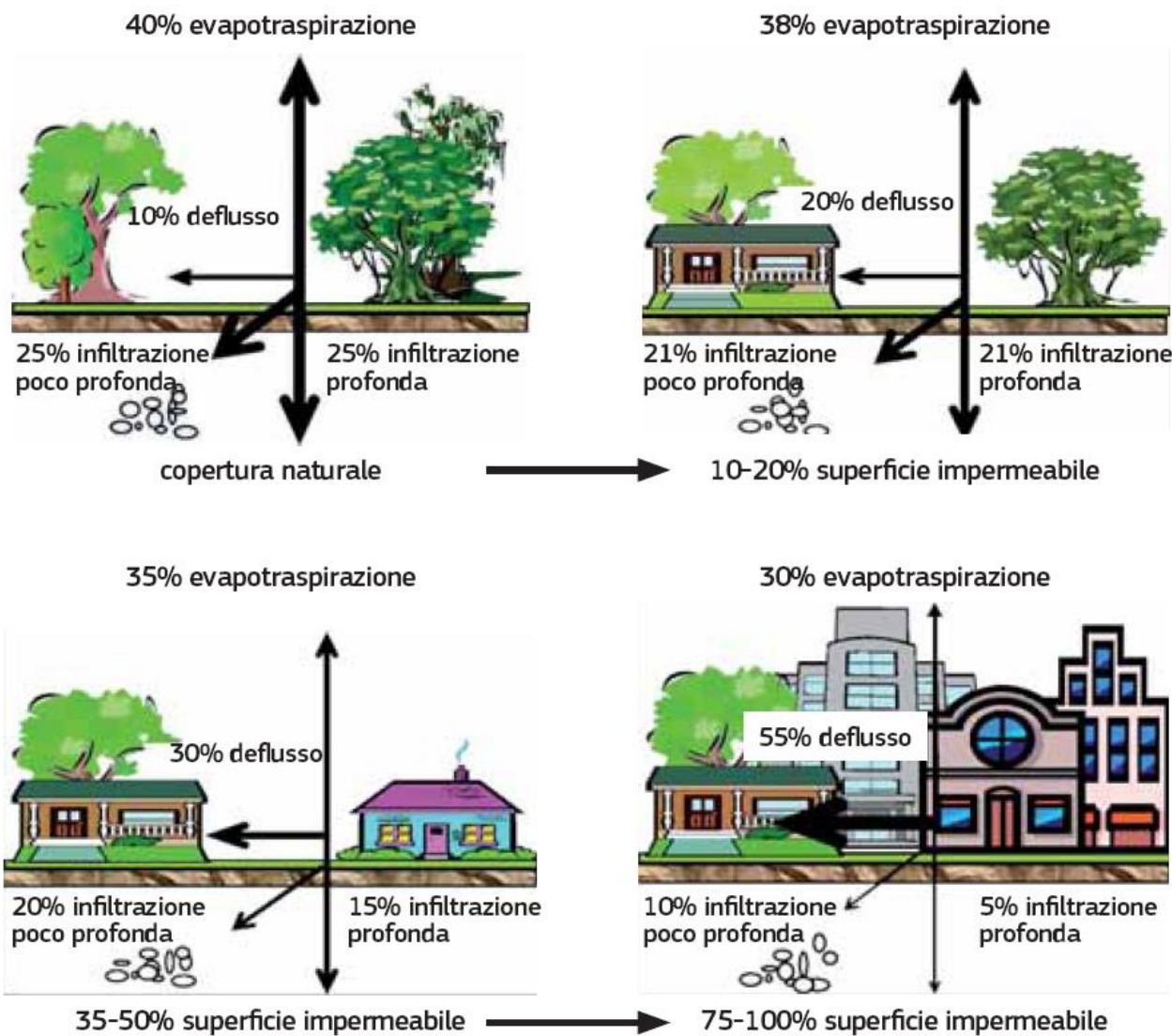
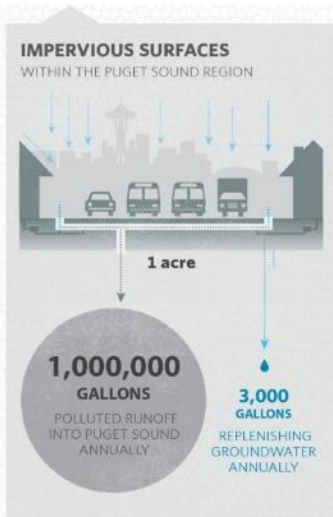


Infrastrutture verdi come strategia di costruzione della città: composizione tipologica del verde da implementare in relazione ai diversi servizi ecosistemici da fornire



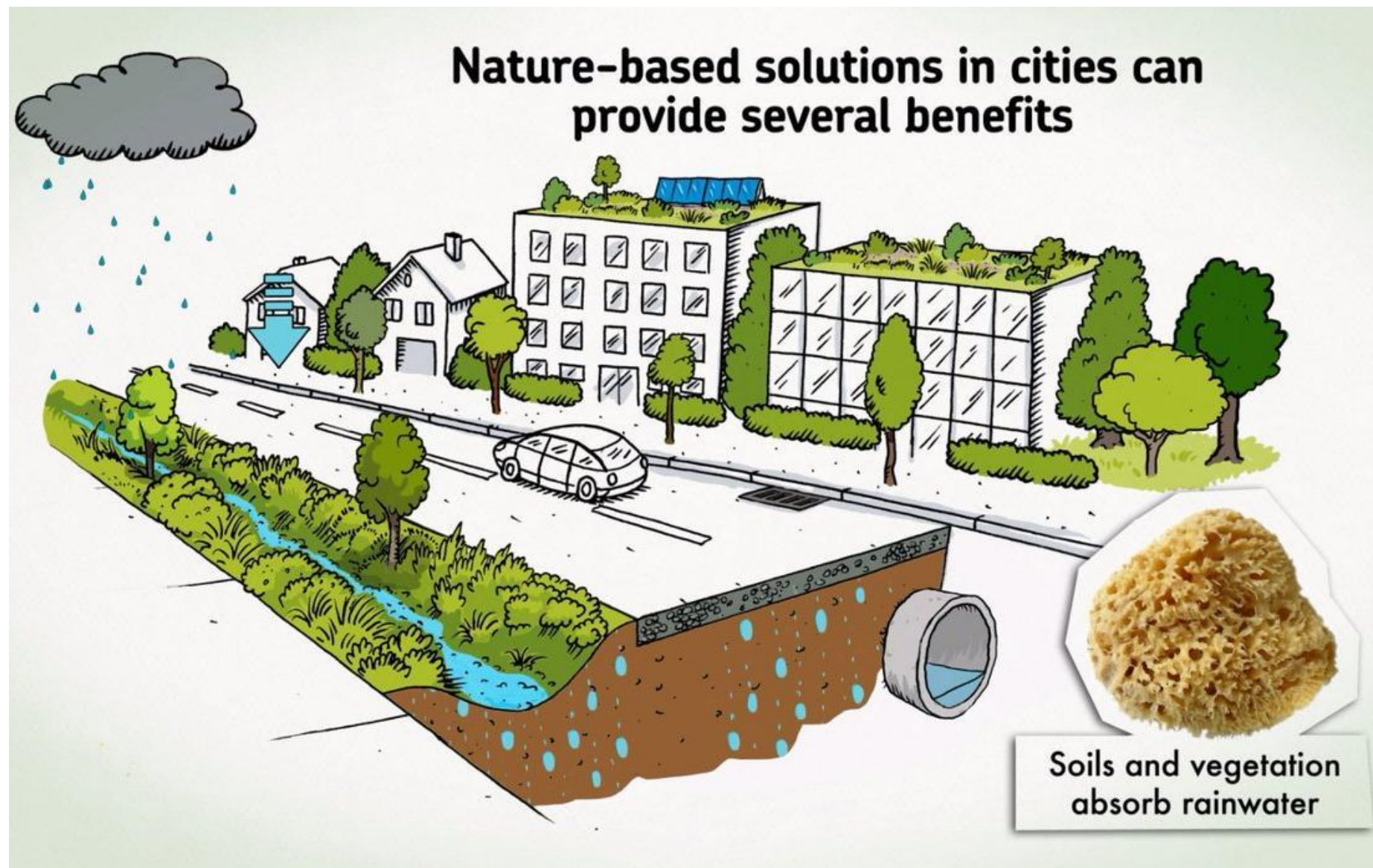
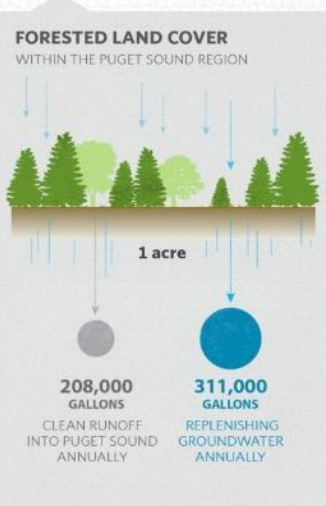
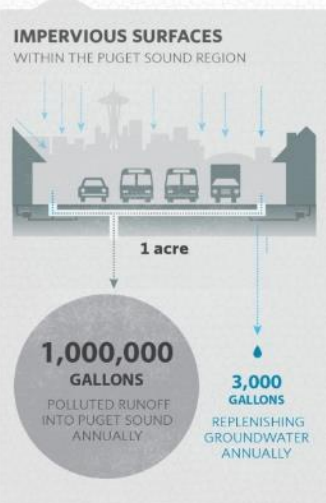
Green Infrastructure – Gestione delle acque meteoriche

Il problema



Green Infrastructure – Gestione delle acque meteoriche

Il problema



Green Infrastructure – Gestione delle acque meteoriche

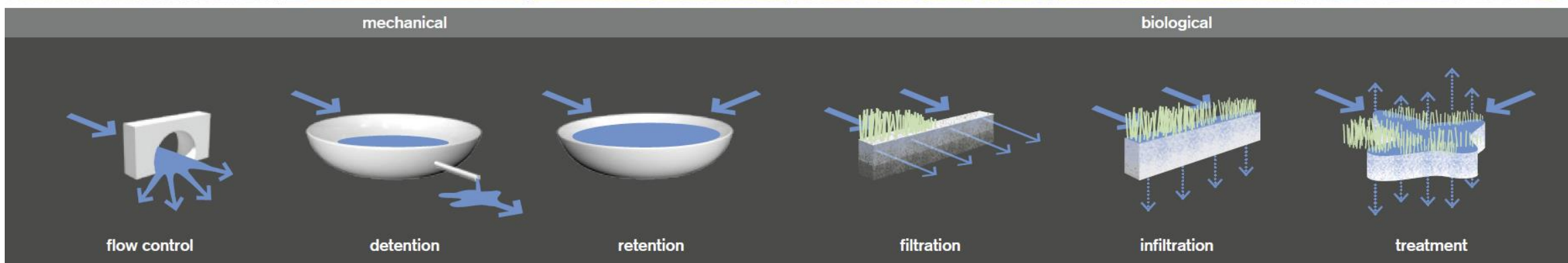
Table 1 Green Infrastructure solutions for water resources management

Water management issue (Primary service to be provided)		Green Infrastructure solution	Location				Corresponding Grey Infrastructure solution (at the primary service level)
			Watershed	Floodplain	Urban	Coastal	
Water supply regulation (incl. drought mitigation)		Re/afforestation and forest conservation					Dams and groundwater pumping Water distribution systems
		Reconnecting rivers to floodplains					
		Wetlands restoration/conservation					
		Constructing wetlands					
		Water harvesting*					
		Green spaces (bioretention and infiltration)					
Water quality regulation	Water purification	Permeable pavements*					Water treatment plant
		Re/afforestation and forest conservation					
		Riparian buffers					
		Reconnecting rivers to floodplains					
		Wetlands restoration/conservation					
		Constructing wetlands					
	Erosion control	Green spaces (bioretention and infiltration)					Reinforcement of slopes
		Permeable pavements*					
		Re/afforestation and forest conservation					
	Biological control	Riparian buffers					Water treatment plant
		Reconnecting rivers to floodplains					
		Wetlands restoration/conservation					
		Constructing wetlands					
	Water temperature control	Re/afforestation and forest conservation					Dams
		Riparian buffers					
		Reconnecting rivers to floodplains					
		Wetlands restoration/conservation					
		Constructing wetlands					
Moderation of extreme events (floods)	Riverine flood control	Green spaces (shading of water ways)					Dams and levees
		Re/afforestation and forest conservation					
		Riparian buffers					
		Reconnecting rivers to floodplains					
		Wetlands restoration/conservation					
	Urban stormwater runoff	Constructing wetlands					Urban stormwater infrastructure
		Establishing flood bypasses					
		Green roofs					
		Green spaces (bioretention and infiltration)					
		Water harvesting*					
Coastal flood (storm) control		Permeable pavements*					Sea walls
		Protecting/restoring mangroves, coastal marshes and dunes					
		Protecting/restoring reefs (coral/oyster)					

Table 3 Ecosystem services provided by GI solutions. Blue cells mark services directly related to water management issues while light blue mark co-benefits. Icon design: Jan Sasse for TEEB.

	Ecosystem services (TEEB classification)															
	Provisional				Regulating					Supporting	Cultural					
	Water supply	Food production	Raw materials	Medicinal resources	Temperature control	Carbon Sequestration + storage	Moderation of extreme events	Water purification	Erosion control (incl. shoreline)	Pollination	Biological control	Habitats for species	Maintenance of genetic diversity	Recreation	Tourism	Aesthetic/cultural value
GI solution																
Re/afforestation and forest conservation																
Riparian buffers																
Wetlands restoration/conservation																
Constructing wetlands																
Reconnecting rivers to floodplains																
Establishing flood bypasses																
Water harvesting																
Green roofs																
Green spaces (Bioretention and infiltration)																
Permeable pavements																
Protecting/restoring mangroves, marshes and dunes																
Protecting/restoring reefs (coral/oyster)																

Green Infrastructure – Gestione delle acque meteoriche



slow —————> spread —————> soak

flow control: The regulation of stormwater runoff flow rates.

detention: The temporary storage of stormwater runoff in underground vaults, ponds, or depressed areas to allow for metered discharge that reduce peak flow rates.

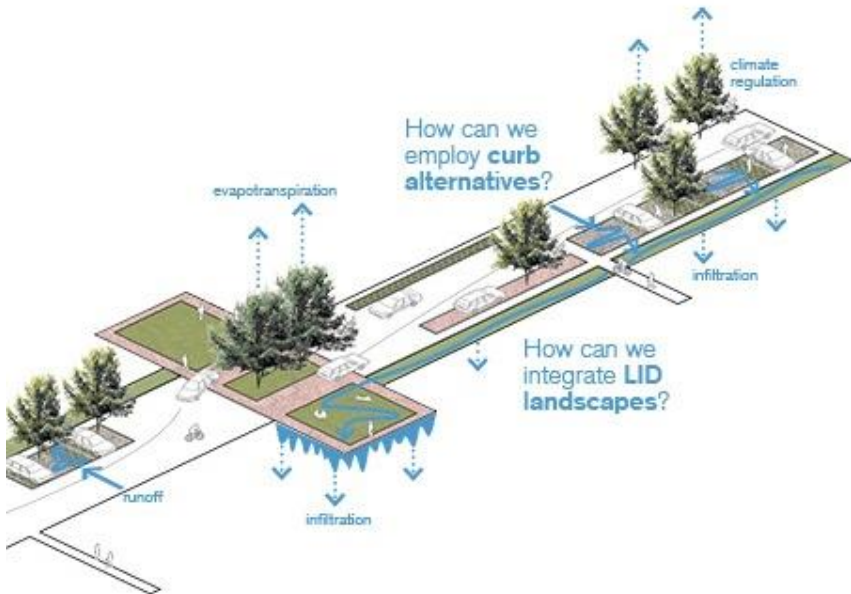
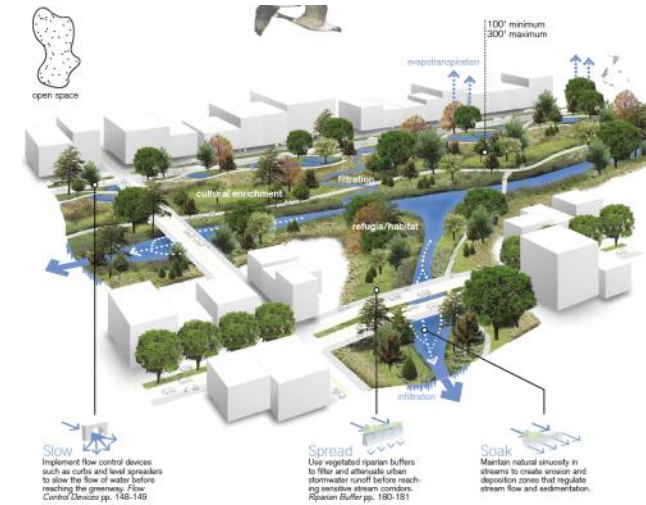
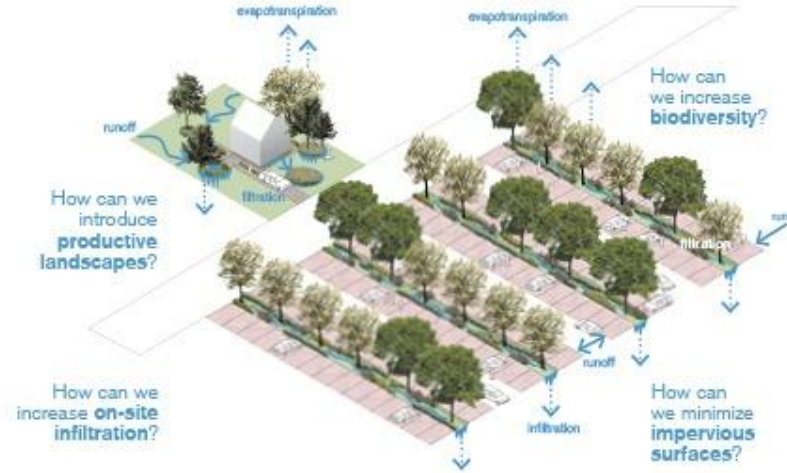
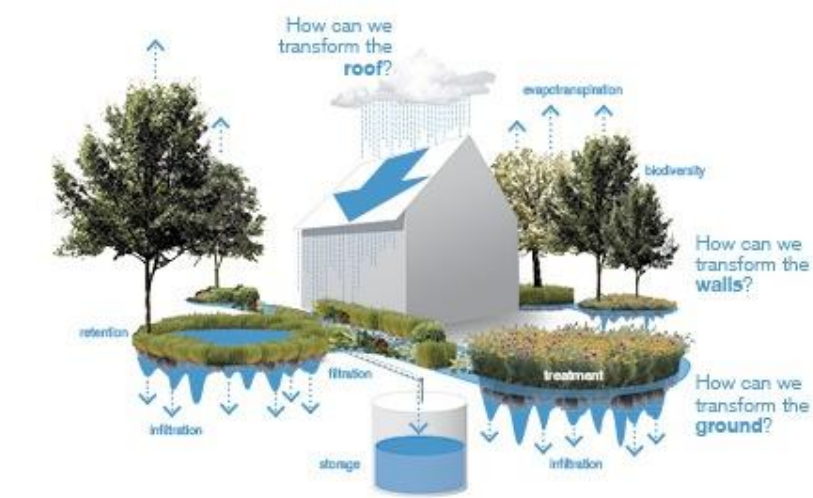
retention: The storage of stormwater runoff on site to allow for sedimentation of suspended solids.

filtration: The sequestration of sediment from stormwater runoff through a porous media such as sand, a fibrous root system, or a man-made filter.

infiltration: The vertical movement of stormwater runoff through soil, recharging groundwater.

treatment: Processes that utilize phytoremediation or bacterial colonies to metabolize contaminants in stormwater runoff.

Green Infrastructure – Gestione delle acque meteoriche



Green Infrastructure – SUDS Classification

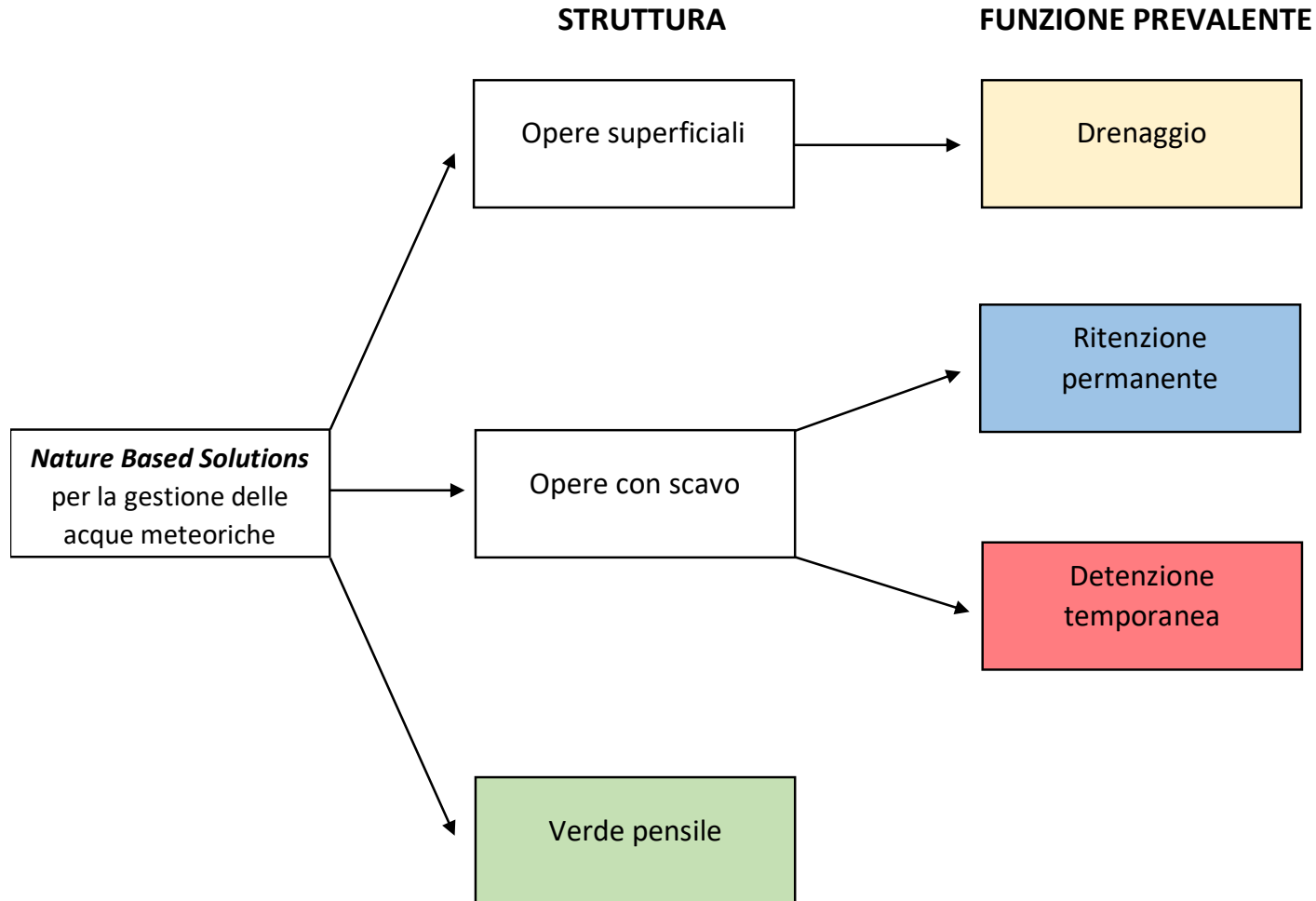
53 criteri di analisi delle opere riportate

Manuale	Acqua ferma
Riferimento pagine	Acqua in movimento
Macrocategoria NBS	Acqua temporanea
Tipologia NBS	Acqua permanente
Naturale	Soluzione in associazione ad altre infrastrutture: on-line
Artificiale	Soluzione indipendente da altre infrastrutture: off-line
Opera in piena terra	Detention (detenzione temporanea)
Tipo di opera in piena terra	Retention (ritenzione permanente)
Opera fuori suolo	Flow control
Tipo di opera fuori suolo	Filtration
Opera con verde pensile	Capacità abbattimento inquinanti
Opera superficiale	Favorisce evapotraspirazione
Tipo di superficie	Realizzabile in strutture già esistenti
Opera con scavo	Necessità controllo flusso d'acqua in entrata
Tipologia scavo: canale	Necessità controllo flusso d'acqua in uscita
Tipologia scavo: trincea	Necessità filtraggio/sedimentazione acqua prima di NBS
Tipologia scavo: bacino	Accessibile a persone
Tipologia scavo: buca di impianto	Accessibile a traffico veicolare
Profondità scavo	Possibilità di utilizzo piante erbacee
Fondo opera in piano	Possibilità di utilizzo piante arbustive
Fondo opera in pendenza	Possibilità di utilizzo piante arboree
Possibilità infiltrazione nel sottosuolo	Sistemi di protezione alla NBS
Tipo di fondo	Richiesta manutenzione
Utilizzo substrati ingegnerizzati	Incremento biodiversità
Acqua a pelo libero	Benefici sociali/estetici (amenity)
Acqua sotterranea	Caratteristiche specifiche
Acqua fuori suolo	

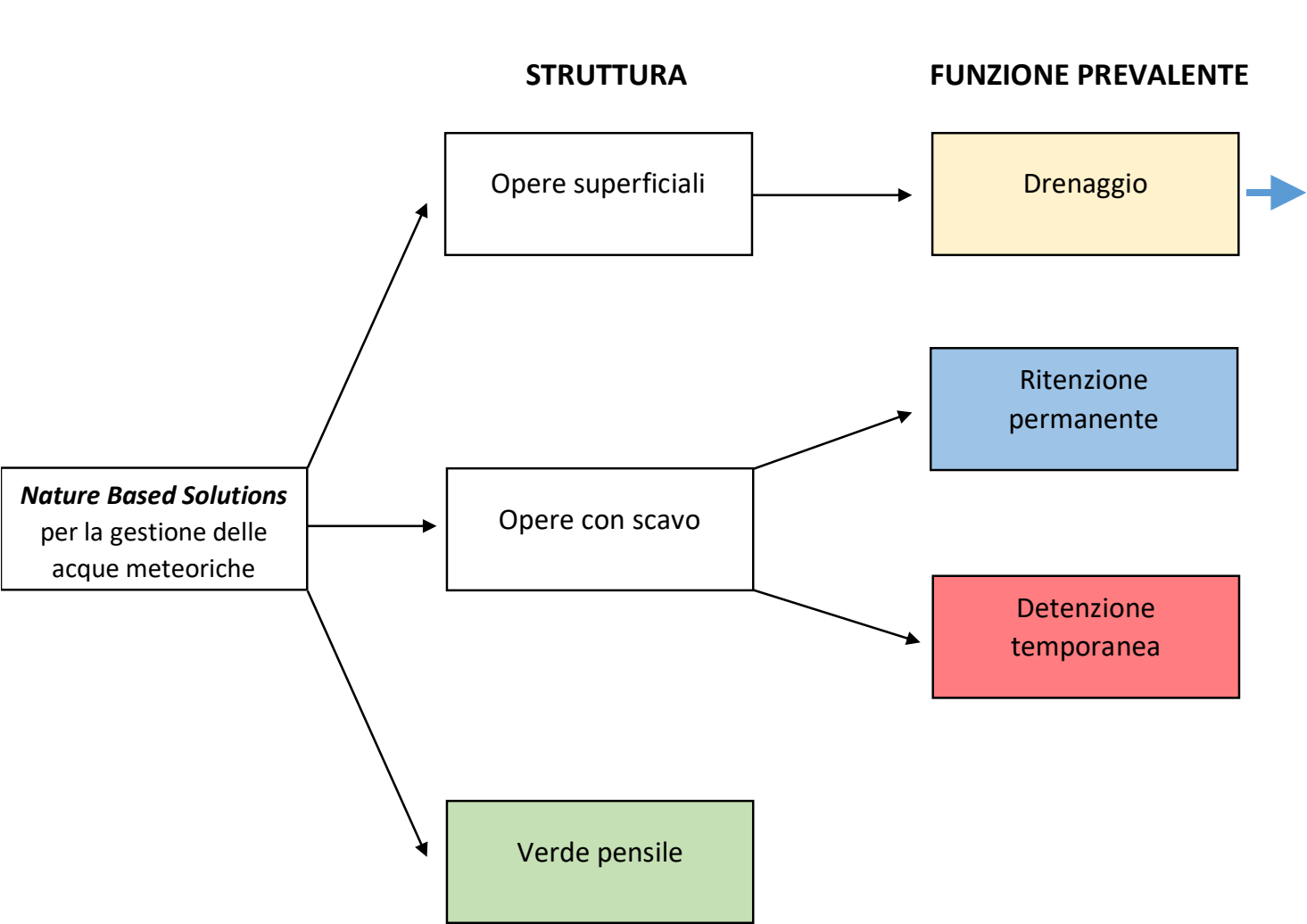
Manuali selezionati per l'analisi delle opere

<i>High Performance Infrastructure Guidelines: Best Practices for the Public Right-of-Way</i>	Brown H., Caputo Jr. S. A., Carnahan K., Nielsen S.,	DDC, New York, USA, 2005
<i>Low Impact Development: a design manual for urban areas</i>		UACDC, Fayetteville, Arkansas, USA, 2010
<i>Low Impact Development - Best Management Practices Design Guide</i>		City of Edmonton, Alberta, Canada, 2014
<i>The SuDS Manual</i>	Ashley R., Illman S., Kellagher R., Scott T., Udale-Clarke H., Wilson S., Woods Ballard B.	CIRIA, London, UK, 2015

Green Infrastructure – SUDS Classification



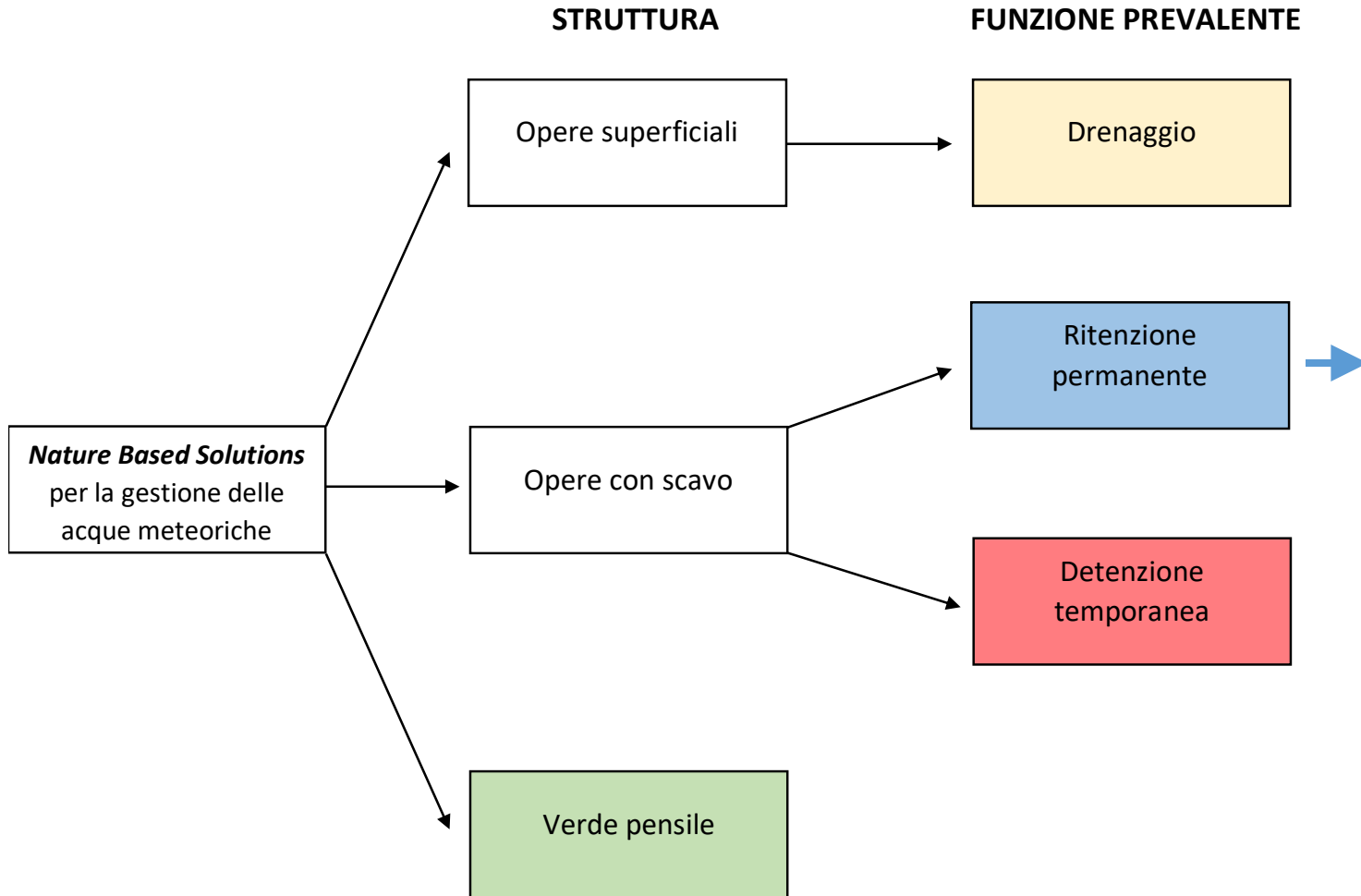
Green Infrastructure – SUDS Classification



Macrocategoria NBS	Tipologie NBS	Tipologie NBS Italiano
Pavimentazioni drenanti, Fasce filtro/tampone e Trincee filtranti	(Vegetated) filter strips	Fasce filtro (vegetate)
	Riparian buffer	Fasce tampone
	Filter trenches	Trincee filtranti
	Underground sand filter	Filtri a sabbia sotterranei
	Surface sand filter or filtration basin	Filtri a sabbia superficiali o bacini filtranti
	Permeable pavements	Pavimentazioni permeabili
	Porous pavements	Pavimentazioni porose
	Naturalized drainage ways	Sistemi di drenaggio naturalizzati
	Raised planter	Fioriere rialzate



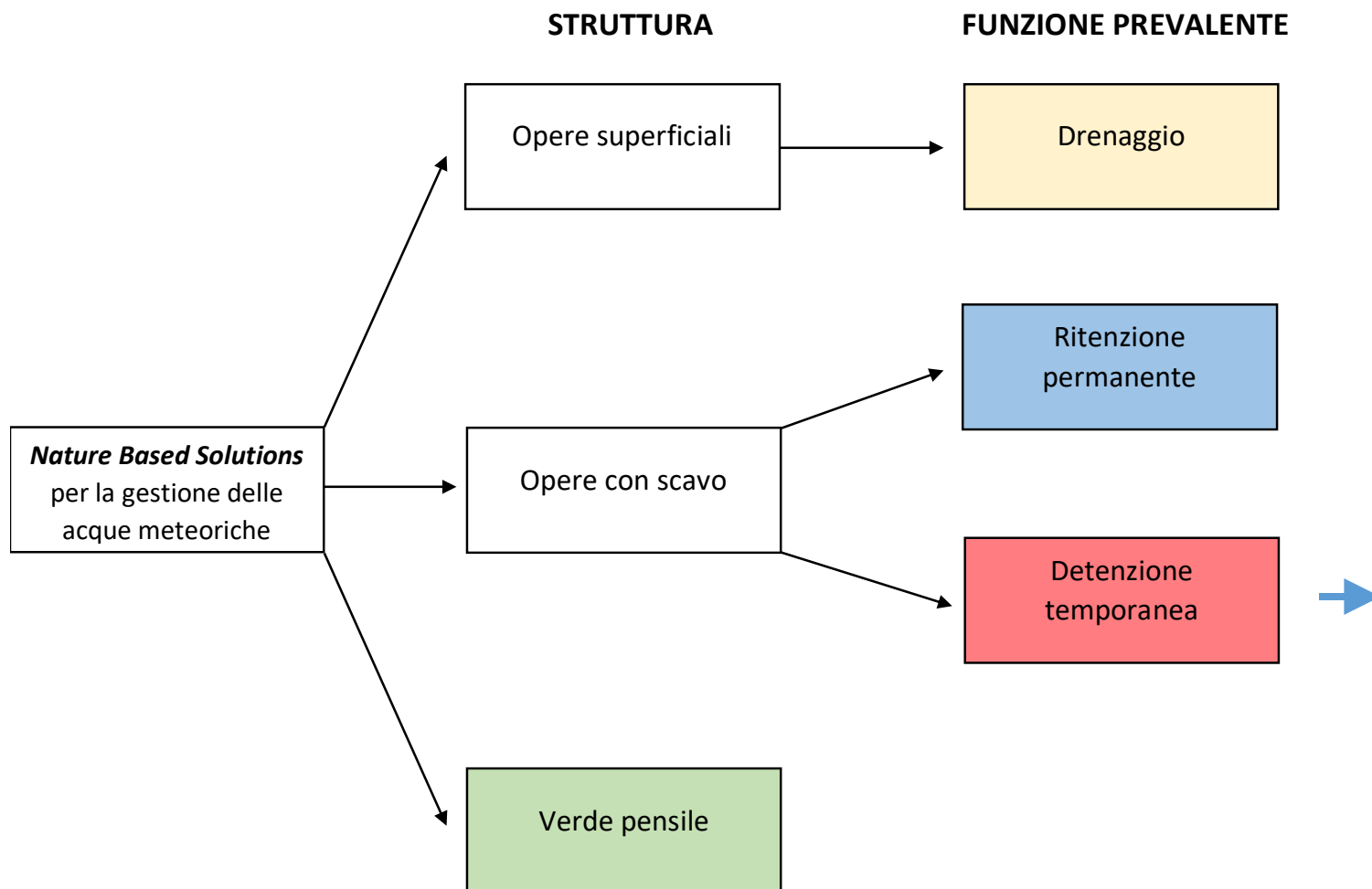
Green Infrastructure – SUDS Classification



Macrocategoria NBS	Tipologie NBS	Tipologie NBS Italiano
Lagheti, Aree umide e Canali	Retention pond or Wet pool or Wet pond or (Constructed) wetland	Lagheti o aree umide
	Wet swale	Depressioni umide



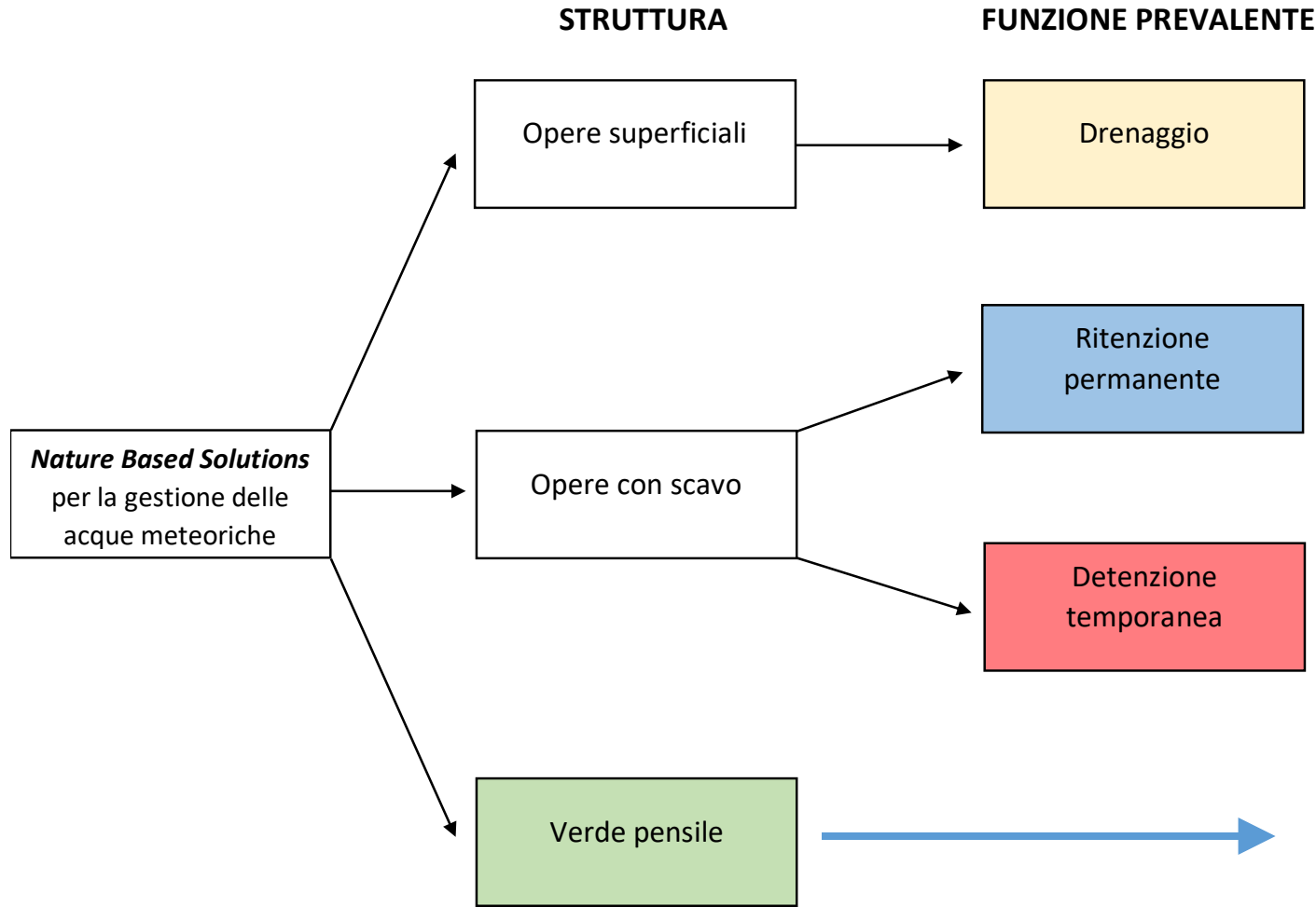
Green Infrastructure – SUDS Classification



Macrocategoria NBS	Tipologie NBS	Tipologie NBS Italiano
Bacini di infiltrazione o laminazione, Trincee o canali infiltranti, Sistemi di bioritenzione, Canali vegetati e Buche di impianto	Detention basins or Dry ponds	Bacini di infiltrazione o laminazione
	Soakaways	Pozzi perdenti
	Infiltration trenches	Trincee infiltranti
	Bioretention systems or Rain gardens or Bioswales	Sistemi di bioritenzione o Giardini della pioggia o Canali di bioritenzione
	Tree pit Box planter	Buche di impianto
	Conveyance and Dry swales	Canali vegetati
	Tree mound	Piccolo movimento di terra vegetato creante una depressione

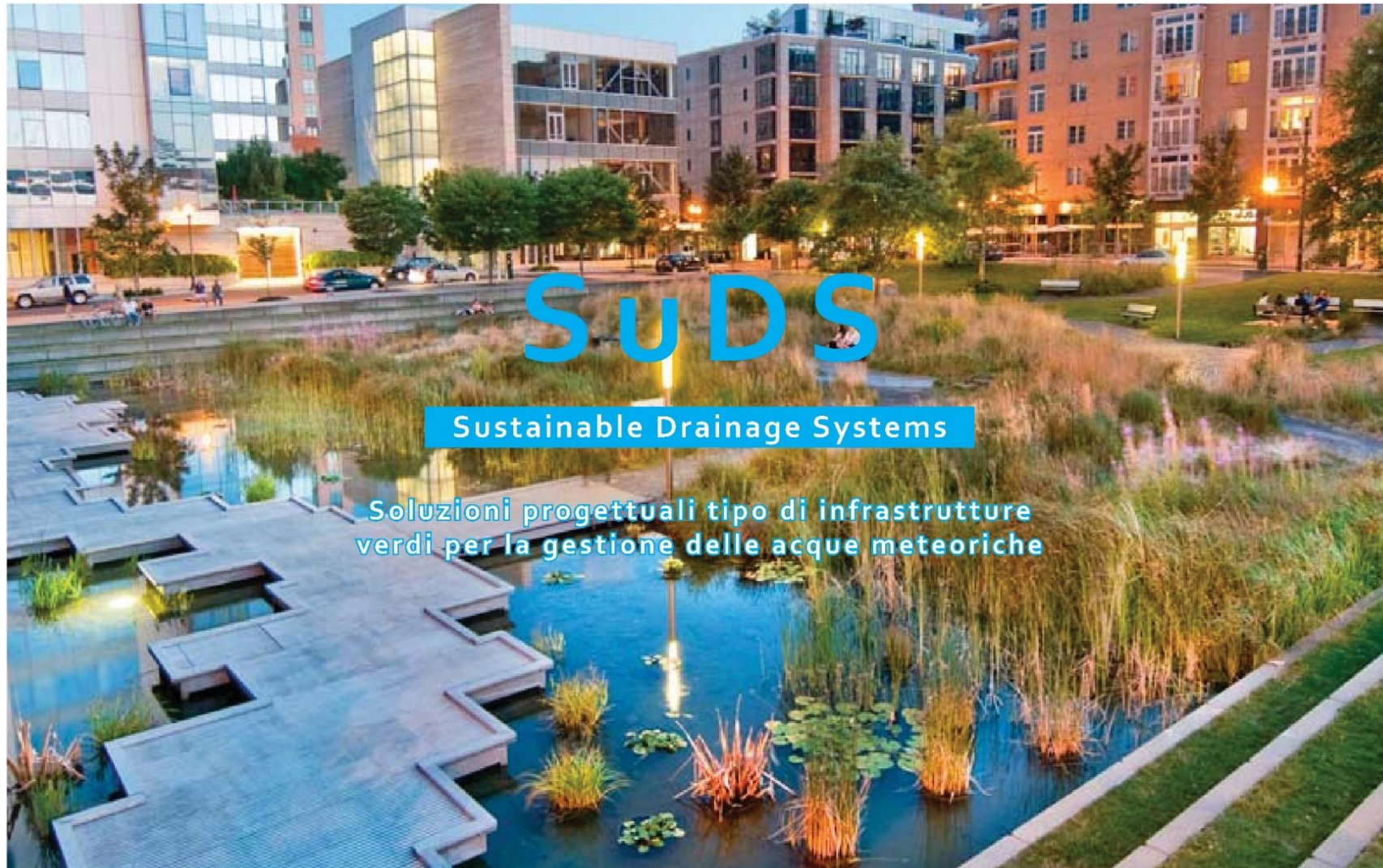


Green Infrastructure – SUDS Classification



Macrocategoria NBS	Tipologie NBS	Tipologie NBS Italiano
Tetti e Pareti verdi	Green roofs or Vegetated roofs	Tetti verdi
	Vegetated/living/green wall or vertical garden	Pareti verdi

Green Infrastructure – SUDS Classification



SuDS

Sustainable Drainage Systems

Soluzioni progettuali tipo di infrastrutture verdi per la gestione delle acque meteoriche

Scaricabile

<https://www.ilverdeeditoriale.com/PubFree/SuDS/SuDS.pdf>



Green Infrastructure – SUDS Classification

SOMMARIO

In foto: bacino di infiltrazione e laminazione a Middleton, WI, USA.

Fonte: <https://www.usgs.gov>



SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE
VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE
VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

1	RAIN GARDENS	85	CANALI VEGETATI
19	AIUOLE DI BIORITENZIONE	97	FASCE FILTRO VEGETATE
37	AIUOLE ALBERATE	105	TRINCEE FILTRANTI
49	LAGHETTI	115	PRATI ARMATI
61	AREE UMIDE	123	TETTI VERDI
73	BACINI DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE		

Green Infrastructure – SUDS Classification



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE
VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONGIORNI, GIULIO SENES

Definizione

Un rain garden (Fig. 1.1) è un'area verde concava, progettata per raccogliere e trattenere temporaneamente le acque meteoriche intercettate dalle superfici impermeabili circostanti, riducendo il volume e la portata di run-off. L'acqua viene quindi fatta infiltrare nel suolo e depurata attraverso l'azione di piante, suolo e microrganismi. Il tempo di svuotamento massimo, in letteratura indicato in un range di 24-72 ore (CIRIA, 2015; CVC, 2010; DDC, 2005; City of Edmonton, 2014; University of Tennessee, 2013; City of Vancouver, 2016; Carlson, et al., 2013), è, da normativa regionale lombarda, pari a 48 ore.

[PAGINA A FIANCO] Fig. 1.1: rain garden.

Fonte: <https://seagrant.uconn.edu/>

Riduzione del volume e della portata di run-off
Trattenimento temporaneo (*detention*)
Infiltrazione
Miglioramento della qualità del run-off

Funzioni

Green Infrastructure – SUDS Classification

1

Scala e posizionamento

I rain gardens sono adatti a soluzioni su piccola scala (UACDC, 2010; Houston-Galveston Area Council, 2016; Carlson, et al., 2013) e si usano generalmente per raccogliere il run-off delle aree immediatamente adiacenti (City of Edmonton, 2014; CIRIA, 2015; CVC, 2010). Non sono efficaci nel drenare grandi aree che scaricano in un'unica posizione; in tali casi è utile prevedere un sistema di rain gardens a cascata (CIRIA, 2015).

È preferibile collocarli dove possono ricevere almeno sei ore di radiazione solare diretta al giorno per favorire la crescita della vegetazione e la perdita per evapotraspirazione dell'acqua raccolta (DDC, 2005; UACDC, 2010).

Sottosuolo/pendenza

Si possono utilizzare sulla maggior parte dei suoli (CIRIA, 2015; DDC, 2005; CVC, 2010), ma non sono consigliati per aree con pendenza superiore al 20% per via del rischio di erosione (City of Edmonton, 2014).

Il livello massimo della falda deve essere ad almeno 0,6 - 1 m di profondità dal fondo del rain garden (CIRIA, 2015; City of Edmonton, 2014; Pelletier, et al., 2011; CVC, 2010; Carlson, et al., 2013).

Distanze da altri elementi

È consigliabile collocare il rain garden a debita distanza da eventuali edifici per prevenire eventuali problemi da infiltrazione¹ (CIRIA, 2015; CVC, 2010). Una volta verificate le norme e le indicazioni locali², si possono considerare le seguenti distanze di sicurezza: 15 m da aree con pendenza superiore al 20%; 30 m da aree con rilevante contaminazione del suolo, discariche chiuse o in attività, pozzi e sorgenti di acqua potabile (Carlson, et al., 2013; City of Vancouver, 2016).

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Principio di funzionamento

Lo scopo principale del rain garden è catturare l'acqua di ruscellamento proveniente dalle superfici impermeabili circostanti riducendo il volume e la portata di run-off. L'acqua raccolta viene fatta infiltrare nel substrato del rain garden stesso verso il sottosuolo e/o un sistema di drenaggio sotterraneo. Durante il processo di infiltrazione, gli inquinanti presenti in soluzione vengono rimossi tramite processi di adsorbimento da parte delle diverse componenti del suolo, in particolare sostanze umiche e argille, e assorbimento radicale (fitodepurazione). (CIRIA, 2015; UACDC, 2010; City of Edmonton, 2014).

A seconda della capacità di infiltrazione del suolo e delle condizioni del sito, i rain gardens possono essere progettati senza un sistema di drenaggio sotterraneo (infiltrazione completa), con un sistema di drenaggio sotterraneo (infiltrazione parziale) o con un rivestimento impermeabile (solo filtrazione) (CVC, 2010).

Infatti, laddove l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo può favorire il dissesto idro-geologico o dove sussiste il rischio di contaminare la falda (con falda superficiale), l'infiltrazione nel sottosuolo è da evitare. In tali situazioni si può impermeabilizzare il fondo del rain garden con geomembrane impermeabili,

connettendolo con il sistema di drenaggio (CIRIA, 2015; CVC, 2010; DDC, 2005).

La quantità di acqua infiltrabile nel sottosuolo dipende dalla permeabilità dello stesso:

- con tassi di infiltrazione > 30 mm/h, di norma non si hanno problemi ad infiltrare nel sottosuolo tutta l'acqua raccolta, avendo comunque cura di inserire un troppopieno collegato alla rete di drenaggio principale (City of Vancouver, 2016);
- con un tasso di infiltrazione tra i 15 e i 30 mm/h, al fine di poter infiltrare tutta l'acqua nel sottosuolo, occorre aggiungere uno strato drenante al di sotto del substrato (City of Vancouver, 2016);

- con un tasso di infiltrazione < 15 mm/h, di norma si riesce ad infiltrare solo una parte dell'acqua e occorre inserire tubi di drenaggio nella parte superiore dello strato drenante. In caso di infiltrazione molto bassa (< 5 mm/h), è opportuno inserire un riduttore di flusso (Fig. 1.2) che possa regolare l'afflusso di acqua al rain garden (City of Vancouver, 2016; CVC, 2010).

Superficie impermeabile servita

L'area impermeabile servita arriva generalmente a circa 1.000 m² (City of Edmonton, 2014), fino a un massimo di 4.000 m² (Pelletier, et al., 2011) o 8.000 mq [Davis, 2008 da (CIRIA, 2015; CVC, 2010)]

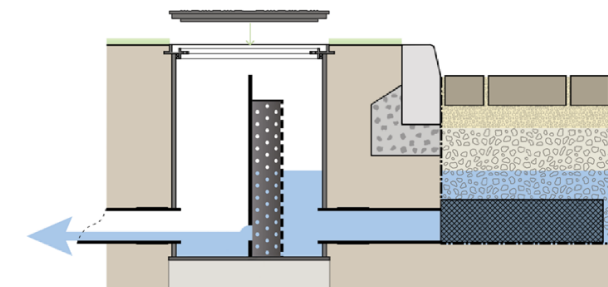


Fig. 1.2: schema di riduttore di flusso.

Fonte: www.sudsstore.com

[AL CENTRO, IN BASSO] Fig. 1.4: copertura del substrato con ciottoli in corrispondenza

2

1

3

Green Infrastructure – SUDS Classification

1

$$A_f = \frac{V_t L}{k(h + L)t}$$

dove:

- A_f : superficie del rain garden (m^2)
- V_t : volume d'acqua da raccogliere (m^3)
- L : profondità dello strato filtrante (m)
- k : coefficiente di permeabilità dello strato filtrante (m/s)
- h : altezza media dello strato d'acqua accumulato sopra lo strato filtrante (m)
- t : tempo necessario per l'infiltrazione dell'acqua attraverso lo strato filtrante (s)

4

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



Dimensionamento

Di norma, il rapporto tra l'area impermeabile servita e la superficie del rain garden si attesta tra 5:1 (Pelletier, et al., 2011) (CVC, 2010) e 15:1 (CVC, 2010), (City of Edmonton, 2014).

Per il dimensionamento del rain garden si può fare riferimento alla formula riportata a lato (CIRIA, 2015).

Ad esempio, supponendo di realizzare un rain garden a servizio di una superficie di 1.000 m^2 per raccogliere le acque meteoriche di un evento piovoso con intensità di 15 mm/h, si assumono i seguenti valori:

- $V_t = 15 m^3$;
- $L = 0,5 m$;
- $K = 4,17 \cdot 10^{-6} m/s$
- $h = 0,1 m$
- $t = 1,728 \cdot 10^5 s$

Utilizzando la suddetta equazione si ottiene un valore di A_f pari a 17,4 m^2 .

Per quanto riguarda le dimensioni dei rain gardens, si consiglia una superficie massima di circa a 800 m^2 . (CIRIA, 2015), con una larghezza minima di 60 cm (CIRIA, 2015; City of Vancouver, 2016) e massima di 20 m, con una lunghezza massima di 40 m; ciò al fine di evitare una distribuzione non uniforme dell'acqua.

Inoltre, è preferibile un rapporto di 2:1 tra lunghezza e larghezza (City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Struttura e componenti

I rain gardens più semplici presentano un substrato costituito da un unico strato, alto 20-50 cm, di suolo locale ammendato con compost e sabbia o di mix appositamente studiati. (CIRIA, 2015). Per avere performances migliori è, però, consigliabile prevedere un substrato con strati di drenaggio, come illustrato di seguito.

Punti di ingresso dell'acqua

L'acqua deve essere convogliata nel rain garden in modo da essere distribuita il più uniformemente possibile, prevenendo l'erosione del substrato (CIRIA, 2015): per questo motivo, la velocità d'ingresso del fluido dev'essere inferiore a 0,3 m/s (Carlson, et al., 2013; City of Edmonton, 2014) – 0,5 m/s (CIRIA, 2015) (o 1,5 m/s per eventi meteorici eccezionali) (CIRIA, 2015).

L'ingresso all'interno del bacino del rain garden può avvenire in modo diffuso (Fig. 1.3), cioè lungo tutto (o in parte) il perimetro dello stesso, o puntiforme, tramite aperture nel cordolo perimetrale o tubi. Nel primo caso, la fascia perimetrale del rain garden può essere inerbata per una larghezza di 0,5-3 m (City of Edmonton, 2014; DDC, 2005; Carlson, et al., 2013), consentendo una riduzione della velocità del flusso

e un primo trattamento del run-off (Carlson, et al., 2013).

Nel secondo caso, più frequentemente utilizzato in spazi ristretti o dove si rende obbligatorio l'utilizzo di cordoli, il run-off entra nel bacino del rain garden con velocità maggiore, per cui è consigliato installare massetti anti-erosione o coprire il substrato con ciottoli in corrispondenza dei punti di ingresso dell'acqua (Fig. 1.4); una larghezza minima di 50 cm delle aperture nel cordolo consente una distribuzione più uniforme dell'acqua e riduce il rischio di intasamento (CIRIA, 2015; Carlson, et al., 2013; City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016).



[IN ALTO] Fig. 1.3: rain garden con ingresso dell'acqua diffuso lungo tutto il perimetro. Fonte: <https://seagrant.uconn.edu/>

[AL CENTRO, IN BASSO] Fig. 1.4: copertura del substrato con ciottoli in corrispondenza dei punti di ingresso dell'acqua. Fonte: (CVC, 2010)

1

5

Green Infrastructure – SUDS Classification



Fig. 1.5: area di pretrattamento con copertura del terreno con sassi.

Fonte: <https://webpages.uidaho.edu>

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

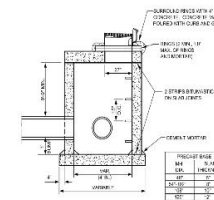
SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELLE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Aree di pretrattamento

Qualora il rain garden sia situato in un'area il cui runoff abbia un alto carico di sedimenti è consigliabile inserire delle aree di pretrattamento adiacenti ai punti di ingresso dell'acqua, utili a prevenire l'intasamento prematuro del substrato del rain garden in quanto catturano le particelle di sedimenti grossolane prima che raggiungano il letto filtrante (DDC, 2005; CIRIA, 2015; CVC, 2010; Carlson, et al., 2013).

Queste aree raccolgono e trattengono temporaneamente il run-off prima dell'immissione nel bacino principale, dal quale possono essere separate tramite sbarramenti in materiale poroso o griglie, al fine di ridurre la quantità di detriti e sedimenti convogliata in quest'ultimo e conseguentemente il rischio di intasamento della superficie. Il fondo dell'area di trattamento può essere in sassi (Fig. 1.5), ciottoli o fatto di calcestruzzo con un gradino di massimo 30 cm (CVC, 2010; Carlson, et al., 2013).

Alternativamente si possono utilizzare, per rain gardens con ingresso dell'acqua puntiforme, pozzetti con griglie di protezione (Fig. 1.6) nei quali avvengono processi di sedimentazione prima dell'immissione dell'acqua nel bacino principale (Carlson, et al., 2013). Per rain gardens con ingresso dell'acqua diffuso, si possono utilizzare come aree di pretrattamento fasce inerbite (Fig. 1.7), di larghezza minima consigliata di



3 m, che rimuovono detriti e sedimenti grossolani (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). In alternativa, laddove non vi sia spazio sufficiente, si possono inserire delle trincee riempite con ghiaia che possono anche aiutare a distribuire uniformemente il run-off; per queste ultime, un dislivello di 5-15 cm rispetto alla pavimentazione da cui proviene il run-off promuove la sedimentazione e il rallentamento del flusso d'acqua. (DDC, 2005; CVC, 2010; Ecology, 2013).



Per rain gardens che raccolgono il run-off proveniente da tetti, l'uso di filtri (che trattengono foglie e materiale grossolano) per le grondaie può essere efficace per ridurre la quantità di detriti presenti nel run-off (DDC, 2005; CVC, 2010; Carlson, et al., 2013).

[A LATO] Fig. 1.6: pozzetto di sedimentazione. Schema (sopra) e fotografia (sotto). Fonti: (CVC, 2010); <https://acfenvironmental.com>

[SOTTO] Fig. 1.7: fascia inerbita per il pretrattamento in rain garden con ingresso dell'acqua diffuso. Fonte: <https://countyofsb.org/>



Green Infrastructure – SUDS Classification

1

Bacino

Il "bacino di raccolta" del rain garden è una depressione di forma trapezoidale e profondità variabile tra 15 e 30 cm (CIRIA, 2015; City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016; Carlson, et al., 2013). Profondità maggiori, generalmente fino a 45-50 cm, sono possibili laddove non ci siano rischi per la sicurezza (CIRIA, 2015; Pelletier, et al., 2011). Il fondo in piano consente una distribuzione uniforme dell'acqua e, per questo motivo, è consigliabile inserire piccole dighe di controllo in aree in pendenza (DDC, 2005; City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). Le sponde hanno generalmente pendenza del 25%, aumentabile fino al 50% in caso di spazi ristretti, (City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016). Il bacino si può suddividere in tre porzioni:

- parte bassa (low zone; shoreline fringe): inondata durante eventi meteorici e ben drenata nei rimanenti periodi;
- parte mediana (mid zone; floodfringe): inondata meno frequentemente, solo durante gli eventi meteorici più intensi, presenta una elevata umidità del substrato solo periodicamente; ecologicamente simile a un'area di prato paludoso (meadow marsh);
- parte alta (upland area): più asciutta, ecologicamente simile a un prato stabile (CVC, 2010).

Pacciamatura

Lo strato di pacciamatura può essere aggiunto per trattenere maggiormente l'umidità nel substrato, ridurre l'erosione, regolare la temperatura e inibire la crescita di specie infestanti (CIRIA, 2015; CVC, 2010; DDC, 2005; DNREC, 2016); contribuisce inoltre alla rimozione di inquinanti e sedimenti dall'acqua (Davis, et al., 2003; Davis, et al., 2003; Davis, et al., 2006; Dietz, et al., 2005; Hunt, 2003; Hsieh, et al., 2005) e riduce il rischio di intasamento del substrato (CVC, 2010; DDC, 2005; City of Vancouver, 2016; Carlson, et al., 2013). Uno spessore di circa 5-8 cm di materiale organico può contribuire al controllo delle infestanti senza diminuire la capacità infiltrante (City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016). Le migliori performance contro l'erosione, tuttavia, si ottengono tramite l'utilizzo di piante tappezzanti anziché di uno strato di pacciamatura (CIRIA, 2015). La rimozione degli inquinanti, in caso di pacciamante organico, avviene specialmente a carico dei metalli pesanti quali cadmio, zinco e idrocarburi e nei primi 5 cm dello strato pacciamante (Carlson, et al., 2013). (Specifiche tecniche nella sezione Materiali)

Strato filtrante/substrato

Filtra gli inquinanti, regola la velocità di infiltrazione dell'acqua e supporta la crescita della vegetazione (CIRIA, 2015). Normalmente è profondo 60-120 cm, ma si possono prevedere anche spessori inferiori (30-40 cm) per rain garden progettati per raccogliere piccoli volumi d'acqua (CIRIA, 2015; City of Edmonton, 2014; CVC, 2010; DDC, 2005; City of Vancouver, 2016). Anche in prossimità delle sponde, si devono prevedere almeno 20 cm di substrato (CIRIA, 2015). (Specifiche tecniche nella sezione Materiali)

Strato di transizione

Può essere presente al fine di limitare il lavaggio e la migrazione di particelle fini dal substrato allo strato di drenaggio; ha uno spessore di circa 10 cm (CIRIA, 2015; City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). (Specifiche tecniche nella sezione Materiali)

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Strato di drenaggio e infiltrazione

Spesso 30-100 cm e in ghiaia di granulometria maggiore rispetto allo strato di transizione, raccoglie l'acqua percolata dagli strati superiori, ne consente l'infiltrazione nel sottosuolo e la convoglia ai tubi di drenaggio, quando presenti (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). Tutto lo strato di drenaggio e infiltrazione è rivestito con geotessuto. Questo strato deve essere sufficientemente spesso da consentire un flusso d'acqua verso il sottosuolo, o i tubi di drenaggio se presenti, più rapido rispetto a quello nello strato soprastante (CIRIA, 2015; DDC, 2005). Si può evitare in suoli con permeabilità sufficiente all'allontanamento dell'acqua raccolta nel rain garden (City of Vancouver, 2016; UACDC, 2010). Il fondo dello strato di drenaggio può essere piatto, per favorire l'infiltrazione nel sottosuolo, o concavo e con i tubi di drenaggio all'estremità inferiore, qualora si intenda favorire, parzialmente o totalmente, l'allontanamento dell'acqua tramite di essi (CIRIA, 2015; CVC, 2010).

I dreni raccolgono l'acqua proveniente dagli strati superiori e la convogliano fuori dal rain garden (in un canale di scolo o verso altri SUDS, connessi tra loro in un sistema a cascata, oppure nella rete di drenaggio

principale), sono consigliati in caso di suoli con velocità di infiltrazione inferiore a 15 mm/h, oppure quando non sia possibile infiltrare tutta l'acqua nel sottosuolo o quando l'infiltrazione non sia prevista del tutto (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). Devono essere posizionati all'interno dello strato di drenaggio, ad almeno 5 cm di profondità (preferibilmente 10 cm), al fine di consentire una maggiore protezione degli stessi dall'ingresso di eventuali particelle fini provenienti dagli strati soprastanti (CIRIA, 2015), e ad almeno 10 cm dal fondo (CVC, 2010). Qualora, invece, il rain garden non sia progettato per infiltrare l'acqua nel sottosuolo e questa debba essere allontanata interamente utilizzando i tubi di drenaggio, questi vanno posti sul fondo dello strato di drenaggio (CIRIA, 2015). Hanno

pendenza minima dello 0,5% (Carlson, et al., 2013) ed è consigliabile la presenza di uno o più pozzetti di ispezione per il monitoraggio e la pulizia degli stessi (CIRIA, 2015; DDC, 2005; CVC, 2010). (Specifiche tecniche nella sezione Materiali)

Troppopieno

Il troppopieno (Fig. 1.8) consente all'acqua in eccesso di uscire dal rain garden. Si può realizzare con tubi verticali, stramazzi o canalette (CIRIA, 2015; City of Vancouver, 2016) e deve essere il più possibile vicino al punto di ingresso dell'acqua per deviare le acque eccedenti la capacità del rain garden senza che queste lo attraversino (CIRIA, 2015).

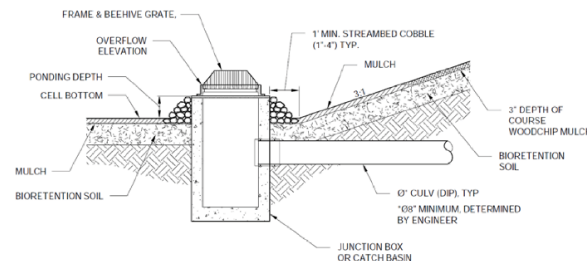


Fig. 1.8: schema di troppopieno.
Fonte: Carlson, et al., 2013

8

9

Green Infrastructure – SUDS Classification

1

Fig. 1.9: mix di erbacee perenni che conferisce grande attrattiva al rain garden.
Fonte: <https://www.thisoldhouse.com/>



Rivestimenti

L'inserimento di teli impermeabili lungo le pareti oblique del fondo trapezoidale può servire a separare il rain garden dal terreno circostante in modo da ridurre l'infiltrazione nelle pareti a favore dell'infiltrazione sul fondo. Questo accorgimento è consigliabile quando il rain garden è inserito in aree pavimentate, per evitare l'infiltrazione di acqua nel sottofondo

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



delle pavimentazioni (DDC, 2005; City of Edmonton, 2014).

L'utilizzo di tali teli impermeabili anche sul fondo è opportuna solo laddove sia necessario evitare l'infiltrazione profonda dell'acqua, come vicino ad edifici o per protezione della falda dal rischio di contaminazione (CIRIA, 2015; CVC, 2010; DDC, 2005). In tal caso il massimo livello di innalzamento della falda non deve superare lo strato impermeabile (CIRIA, 2015).

L'utilizzo di geotessuto permeabile al di sopra dello strato di drenaggio, consigliato da alcuni (Vancouver, 2016), è da valutare con attenzione in quanto può causare problemi di intasamento dei pori e quindi limitazione della capacità drenante (CVC, 2010).

Vegetazione

La vegetazione influenza le prestazioni del rain garden attraverso processi fisico-chimici di rimozione degli inquinanti, previene l'erosione del suolo e aiuta a mantenerne la permeabilità. Dà inoltre un contributo fondamentale all'aspetto del rain garden (Fig. 1.9) e al supporto alla biodiversità (CIRIA, 2015).

(Specifiche tecniche nella sezione Materiali)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Materiali

Pacciamatura

La pacciamatura può essere realizzata con materiale organico, come la corteccia (CIRIA, 2015; CVC, 2010; City of Vancouver, 2016), o inorganico, come la ghiaia (CIRIA, 2015). La pacciamatura organica viene più facilmente spostata dal flusso dell'acqua e può intasare i fori di troppopieno, mentre la ghiaia è più stabile, ma riduce l'espansione laterale delle piante (CIRIA, 2015). L'uso di tessuto non tessuto è sconsigliato, per via della tendenza di questo materiale a intasarsi (CVC, 2010).

Strato filtrante/substrato

Lo strato filtrante/substrato deve essere sufficientemente permeabile in modo da non causare ristagni nell'area di ritenzione: è generalmente sabbioso, molto drenante, e con buona presenza di sostanza organica per favorire la crescita delle piante (CIRIA, 2015; CVC, 2010; City of Edmonton, 2014). Si può utilizzare il suolo del sito, ammendandolo opportunamente con sabbia e compost (costituendo un mix di 55% sabbia, 30% suolo locale e 15% compost (CIRIA, 2015)) ottenendo un substrato con velocità d'infiltrazione di 25-50 mm/h (City of Edmonton, 2014; City of Vancouver, 2016; CVC, 2010).

Specifiche tecniche del substrato:

- Permeabilità: 25-50 mm/h (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010), fino a 100-300 mm/h (CIRIA, 2015)
- Porosità (percentuale di vuoti in volume): > 30% (CIRIA, 2015)
- Sostanza organica: 3-5% (CIRIA, 2015; CVC, 2010) fino a un massimo del 10% (City of Edmonton, 2014)
- Argilla e limo < 5-10% (CIRIA, 2015; CVC, 2010) fino ad un massimo del 20% (City of Edmonton, 2014)
- Sabbia 60-85% (City of Edmonton, 2014; CIRIA, 2015; CVC, 2010)
- Scheletro (2-6 mm) < 10% (CIRIA, 2015).
- pH: 5.5-7.5 (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010)
- Conduttività elettrica/salinità: < 3300 µS/CaSO₄ (CIRIA, 2015)
- CSC: > 5-10 meq/100 g (CVC, 2010; City of Edmonton, 2014)
- N totale: 0,10-0,30% (CIRIA, 2015)
- P estraibile: 10-30 mg/l (CVC, 2010; City of Edmonton, 2014), fino a 100 mg/l (CIRIA, 2015)
- K estraibile: 120-900 mg/l (CIRIA, 2015)

Green Infrastructure – SUDS Classification

1

Strato di transizione

Lo strato di transizione è costituito, generalmente, da ghiaia lavata di granulometria 3-10 mm e con contenuto di particelle fini inferiore allo 0,1% (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010). Al suo posto, è possibile prevedere l'inserimento di un layer di geotessuto. In questo caso, è necessario porre particolare attenzione alla scelta del telo in funzione della dimensione dei pori e della permeabilità, onde non avere problemi di intasamento, che possano rallentare il passaggio dell'acqua nello strato sottostante (CIRIA, 2015).

Strato di drenaggio

È fondamentale che il materiale utilizzato per questo strato abbia una permeabilità maggiore rispetto a quelli costituenti gli strati soprastanti (CIRIA, 2015). Generalmente è composto da ghiaia lavata di granulometria fino a 40-50 mm (City of Edmonton, 2014; CVC, 2010) e con contenuto di particelle fini inferiore alle 0,1% (City of Edmonton, 2014), ma si possono utilizzare anche calcestruzzo frammentato (privo di particelle fini e sostanze inquinanti) o sistemi geocellulari di accumulo (Fig. 1.10), che hanno un maggiore volume di stoccaggio (CIRIA, 2015).

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Vegetazione

Nella selezione delle specie si devono considerare le caratteristiche del sito e delle aree circostanti, cercando se possibile di utilizzare piante autoctone, con buona resistenza alla siccità prolungata, buona adattabilità a suoli ben drenanti e sabbiosi e all'alternanza di periodi di allagamento e siccità, nonché buona tolleranza agli inquinanti. In generale la capacità filtrante aumenta con la densità e l'altezza della vegetazione ed è consigliabile la scelta di specie con apparato radicale fascicolato e denso e vegetazione fitta per via della migliore capacità di filtrare gli inquinanti e rallentare la velocità dell'acqua. Apparati radicali densi, inoltre, aiutano a preservare la permeabilità del substrato (CIRIA, 2015; CVC, 2010). Nelle parti allagate più frequentemente (di solito il fondo) è preferibile mettere a dimora erbe perenni o arbusti tolleranti alle alte umidità e concentrazioni di inquinanti (es. *Carex* spp., *Juncus* spp., *Amelanchier* spp., *Cornus* spp., *Viburnum* spp. ecc.) (CIRIA, 2015; CVC, 2010). Nelle porzioni superiori, più asciutte, è necessario scegliere specie vegetali resistenti alla siccità e con apparati radicali profondi, inserendo eventualmente anche specie arboree (es. *Celtis* spp., *Fraxinus* spp., *Populus* spp., *Quercus* spp.) (DDC, 2005; CVC, 2010), evitando di collocarle in prossimità dei punti

d'ingresso dell'acqua (Carlson, et al., 2013).

Le specie autoctone sono in linea generale più adatte alle condizioni climatiche locali (UACDC, 2020; University of Tennessee, 2013).

Nella scelta delle piante e del sesto d'impianto si deve considerare che la massa fogliare dovrebbe arrivare a coprire tutta la superficie alla fine del secondo anno di crescita. Per le perenni tappezzanti, si consiglia di utilizzare almeno 3-4 specie diverse, con radici fascicolate, crescita rapida e alta efficienza nella rimozione degli inquinanti (CIRIA, 2015). Per quanto riguarda gli arbusti, si consiglia la scelta di almeno 3 specie differenti (per aumentare la biodiversità), con apparati radicali fascicolati ed estesi. L'utilizzo di arbusti consente anche di realizzare una barriera efficace contro l'ingresso di persone nel rain garden e limitare la crescita di infestanti.

È possibile anche realizzare dei prati fioriti che, pur richiedendo meno manutenzione, forniscono soluzioni progettuali abbastanza limitate (CIRIA, 2015).

I tappeti erbosi sono sconsigliati per via della scarsa tolleranza a periodi siccitosi (CIRIA, 2015), ma qualora sia previsto un basso regime di manutenzione e ci sia un possibile problema di accumulo di rifiuti possa essere un problema, è consigliabile utilizzare prevalentemente tappeti erbosi e alberi (CVC, 2010).

Irrigazione

L'irrigazione del rain garden potrebbe rendersi necessaria nel primo anno di impianto, per favorire la crescita della vegetazione messa a dimora (DDC, 2005) (DNREC, 2016). Potrebbe, inoltre, rappresentare un utile rimedio, in alcuni periodi dell'anno, contro la siccità (CVC, 2010) e contro gli effetti dannosi per le piante dello spargimento di sale antighiaccio (City of Edmonton, 2014).

1

Fig. 1.10: installazione di sistemi geocellulari.
Fonte: <https://hydro-int.com/>



12

13

Green Infrastructure – SUDS Classification

1

Manutenzione

Una volta attecchita la vegetazione, la manutenzione dei rain garden è quella tipica di un'area verde. È bene prevedere alcuni controlli periodici per accertarsi del mantenimento di una fitta copertura vegetale e della permeabilità del suolo, nonché rimuovere rifiuti e detriti (UACDC, 2010; DDC, 2005; Pelletier, et al., 2011; University of Tennessee, 2013). Rispetto ad un tappeto erboso, il rain garden è esteticamente più gradevole e richiede meno manutenzione (UACDC, 2010).

In una sperimentazione fatta in Australia su 15 rain gardens, di età compresa tra 3 e 11 anni, i costi di manutenzione non sono risultati superiori a quelli di altre aree verdi; inoltre, le condizioni rilevate sembrano indicare che i rain gardens possono garantire un trattamento efficace delle acque piovane per un periodo ben più lungo di quello di 10 a 15 anni, inizialmente ipotizzato (Dalrymple, 2012).

La causa maggiore di inefficienza dei rain gardens è l'intasamento del substrato, con conseguente riduzione della velocità d'infiltrazione dell'acqua nello strato drenante sottostante. Tali malfunzionamenti, spesso non rilevabili direttamente, si manifestano attraverso fenomeni di ristagno superficiale (CIRIA, 2015).

Si consiglia di effettuare il controllo del rain garden con cadenza trimestrale nei primi due anni e poi semestrale. Dopo eventi meteorici particolarmente intensi, è comunque consigliabile effettuare un ulteriore controllo per individuare eventuali problematiche di erosione e/o costipazione (CIRIA, 2015; DDC, 2005; City of Edmonton, 2014).

La manutenzione deve essere effettuata solo quando il rain garden è asciutto (DDC, 2005).

La pulizia frequente dell'area di pertinenza del rain garden aiuta a ridurre la quantità di rifiuti e sedimenti convogliata dalle acque (CIRIA, 2015).

È sconsigliabile l'utilizzo di prodotti fitosanitari (CIRIA, 2015; City of Edmonton, 2014; University of Tennessee, 2013; DDC, 2005).

Siti particolarmente inquinati possono richiedere attività di manutenzione e sostituzione del substrato più frequenti (City of Edmonton, 2014).

Potrebbe essere necessaria un'irrigazione al bisogno (DDC, 2005; CVC, 2010; DNREC, 2016).

Le operazioni di manutenzione periodica includono:

- controlli su sedimentazione e ristagno, calcolo del tempo di svuotamento e controllo dei tubi di drenaggio, ogni tre mesi per i primi due anni dopo l'impianto, in seguito ogni sei mesi o annualmente (DDC, 2005; City of Edmonton, 2014; CIRIA, 2015);
- controllo dello stato fitosanitario e della crescita

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES



delle piante, rimozione delle infestanti indesiderate e reintegrazione delle fallanze (CIRIA, 2015);

- reintegrazione della pacciamatura (University of Tennessee, 2013; City of Edmonton, 2014) (CIRIA, 2015);

- ispezione e pulizia dell'area/foro d'ingresso dell'acqua e del troppopieno quando presente (CIRIA, 2015; DDC, 2005; City of Vancouver, 2016);

- rimozione dei rifiuti (CIRIA, 2015; DDC, 2005);

- in primavera può rendersi necessaria una lavorazione leggera dei primi 25 cm di suolo tra le piante per evitare la formazione di croste superficiali (City of Vancouver, 2016) (CIRIA, 2015).

Durata di vita

20-50 anni (AAVV, 2013; CVC, 2010; City of Edmonton, 2014).

Dopo un periodo di circa 20 anni dall'impianto, è consigliabile prevedere l'eventuale rimozione e sostituzione del substrato e della vegetazione, nonché di ogni altra componente eccessivamente deteriorata (CIRIA, 2015).

Secondo il Regolamento Regionale, è consigliabile rinnovare periodicamente lo strato filtrante, all'incirca una volta ogni 10 anni, per minimizzare il rischio di ri-mobilizzazione degli inquinanti trattenuti dal substrato.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Riciclabilità

Il materiale di trasporto accumulato nel rain garden derivato da aree residenziali, strade comuni e tetti è generalmente sicuro e può essere riutilizzato per altri scopi. Per il run-off di siti industriali è essenziale condurre test sui sedimenti (CIRIA, 2015).

[SOTTO] Fig. 1.11: cartello informativo installato sulla recinzione di un rain garden nella città di New York.

Fonte: www.nyc.gov/



Fruibilità è sicurezza

Percezione da parte della popolazione

I rain gardens sono gradevoli dal punto di vista estetico, creano habitat, aumentano la biodiversità urbana e raffrescano il luogo in cui sono inseriti grazie all'evapotraspirazione (CIRIA, 2015). Sono estremamente versatili dal punto di vista estetico e rappresentano un elemento di arredo urbano (CIRIA, 2015). Offrono un'opportunità di sensibilizzazione ed educazione della popolazione e a tale scopo può essere utile inserire opportuni cartelli informativi (Fig. 1.11) (DDC, 2005).

Sicurezza

Gli eventuali gradini, come quelli usati nei sistemi in pendenza, devono avere altezza limitata (simile a quelle dei marciapiedi), in modo da minimizzare i problemi di sicurezza. Se si utilizzano cordoli più alti, può essere opportuno aggiungere un muretto, una recinzione o una siepe intorno al rain garden (CIRIA, 2015). L'uso di recinzioni, tuttavia, riduce il valore estetico del rain garden e ne rende più difficoltosa la manutenzione (CIRIA, 2015).

Costi

I costi di realizzazione dei rain gardens variano a seconda dell'ampiezza, della tipologia, del contesto, delle soluzioni tecniche utilizzate. Mediamente, come ordine di grandezza, si può stimare un costo di realizzazione pari a 90-150 €/m² (Pelletier, et al., 2011; City of Edmonton, 2014).

In alcuni casi, può risultare utile avere un ordine di grandezza dei costi di realizzazione legato al volume di acqua da gestire. In tal senso, il costo di 50-100 €/m³ riportato dal Regolamento regionale⁵ sembra essere un po' basso rispetto ai costi che si trovano in letteratura (ad esempio, gli 850 €/m³ indicati in AAVV, 2013).

I costi annuali di manutenzione possono essere stimati pari a circa 8-10% del costo di realizzazione (AAVV, 2013; City of Edmonton, 2014).

Green Infrastructure – SUDS Classification



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

SUDS - SOLUZIONI PROGETTUALI TIPO DI INFRASTRUTTURE
VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE
RAFFAELE BONSIGNORI, GIULIO SENES

Note

1: "[...] per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato alla lettera e) non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato secondo quanto indicato alla lettera e)". (Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7. BURL Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019, pag. 8).

2: "Anche con riferimento alle strutture (edifici) esistenti o in progetto, è bene collocare il bacino a distanza di sicurezza (indicativamente almeno pari ad un rapporto pari 1:1 tra la distanza dal piano seminterrato o interrato dell'edificio più vicino e il dislivello tra fondo vasca e quota dello stesso piano), per evitare problemi di infiltrazioni e conseguenti danni ai materiali." (Testo coordinato del regolamento

regionale 23 novembre 2017, n. 7. BURL Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019, pag. 92).

3: "Se le acque di pioggia contengono elevate quantità di inquinanti, per esempio acque provenienti da siti industriali o da altre superfici suscettibili di inquinamento, i bacini d'infiltrazione non dovrebbero essere utilizzati, oppure dovrebbero essere preceduti da opportuni pre-trattamenti (come filtri o disoleatori). In ogni caso, è opportuno collocare il fondo del bacino a distanza di sicurezza dal livello massimo della falda. Devono, inoltre, essere rispettati i vincoli di rispetto delle aree di salvaguardia (pozzi, aree di ricarica della falda, ecc.) indicati nella normativa." (Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7. BURL Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019, pag. 91).

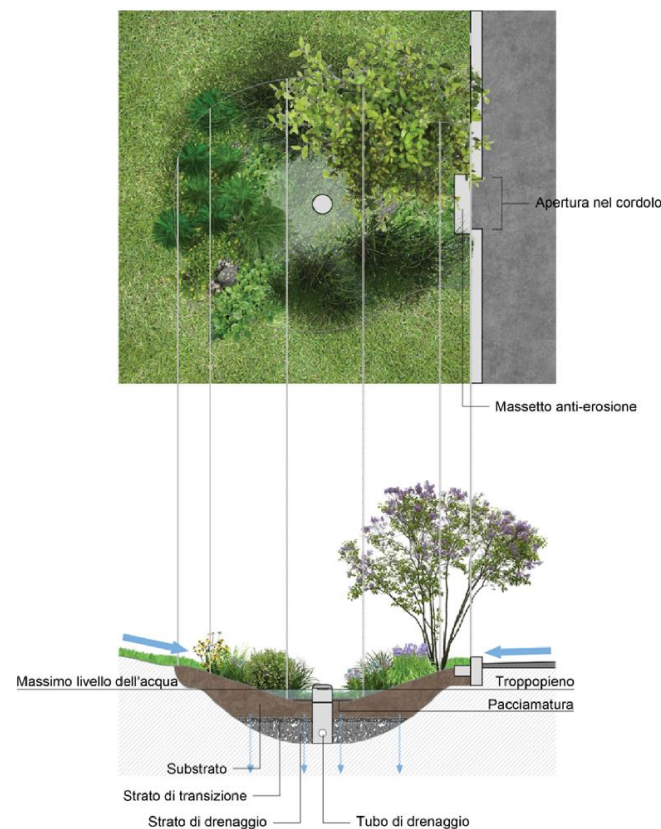
4: "È bene osservare che lo strato filtrante della struttura adibita all'infiltrazione, così come anche lo strato superficiale di terreno in caso di aree verdi filtranti, è in grado di trattenere una quantità significativa di inquinanti per adsorbimento. È quindi importante che da un lato si esalti al massimo questo fenomeno modificando opportunamente le caratteristiche dello strato filtrante, dall'altro si

deve rinnovare periodicamente (indicativamente almeno una volta ogni 10 anni) lo strato filtrante per minimizzare il rischio che gli inquinanti trattenuti siano rimobilizzati e quindi rilasciati in falda." (Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7. BURL Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019, pag. 99).

5: "[...] un invaso realizzato modellando opportunamente un'area verde (Figura 46 a) presenta un costo di costruzione dell'ordine massimo di 50 - 100 euro/mc, ma in molti casi anche sensibilmente inferiore e al limite nullo, qualora esso sia attentamente considerato nell'insieme della progettazione multidisciplinare dell'intervento". (Testo coordinato del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7. BURL Serie Ordinaria n. 51 - Sabato 21 dicembre 2019, pag. 102).

1

Schema costruttivo di rain garden.
Elaborazione propria.
Autore: Raffaele Bonsignori.



1

Lo studio – G.I. Suitability Map



sustainability

an Open Access Journal by MDPI

Nature-Based Solutions for Storm Water Management—Creation of a Green Infrastructure Suitability Map as a Tool for Land-Use Planning at the Municipal Level in the Province of Monza-Brianza (Italy)

Giulio Senes; Paolo Stefano Ferrario; Gianpaolo Cirone; Natalia Fumagalli; Paolo Frattini; Giovanna Sacchi; Giorgio Valè

Sustainability **2021**, Volume 13, Issue 11, 6124



sustainability



Article

Nature-Based Solutions for Storm Water Management—Creation of a Green Infrastructure Suitability Map as a Tool for Land-Use Planning at the Municipal Level in the Province of Monza-Brianza (Italy)

Giulio Senes ^{1,*}, Paolo Stefano Ferrario ¹, Gianpaolo Cirone ¹, Natalia Fumagalli ¹, Paolo Frattini ², Giovanna Sacchi ³ and Giorgio Valè ⁴

¹ Department of Agricultural and Environmental Sciences, University of Milano, 20133 Milan, Italy; paolo.ferrario@unimi.it (P.S.F.); gianpaolo.cirone@unimi.it (G.C.); natalia.fumagalli@unimi.it (N.F.)

² Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano Bicocca, 20126 Milan, Italy; paolo.frattini@unimib.it

³ Studio Geologia Sacchi, 24121 Bergamo, Italy; studio.gioannasacchi@gmail.com

⁴ BrianzAcque s.r.l, 20900 Monza, Italy; giorgio.vale@brianzacque.it

* Correspondence: giulio.senes@unimi.it; Tel.: +39-02-50316885

Citation: Senes, G.; Ferrario, P.S.; Cirone, G.; Fumagalli, N.; Frattini, P.; Sacchi, G.; Valè, G. Nature-Based Solutions for Storm Water Management—Creation of a Green Infrastructure Suitability Map as a Tool for Land-Use Planning at the Municipal Level in the Province of Monza-Brianza (Italy). *Sustainability* **2021**, *13*, 6124. <https://doi.org/10.3390/su13116124>

Academic Editors: Israa H. Mahmoud, Eugenio Morello, Giuseppe Salvia and Emma Puerari

Received: 15 February 2021

Accepted: 24 May 2021

Published: 28 May 2021

Abstract: Growing and uncontrolled urbanization and climate change (with an associated increase in the frequency of intense meteoric events) have led to a rising number of flooding events in urban areas due to the insufficient capacity of conventional drainage systems. Nature-Based Solutions represent a contribution to addressing these problems through the creation of a multifunctional green infrastructure, both in urban areas and in the countryside. The aim of this work was to develop a methodology to define Green Infrastructure for stormwater management at the municipal level. The methodology is defined on the basis of three phases: the definition of the territorial information needed, the production of base maps, and the production of a Suitability Map. In the first phase, we define the information needed for the identification of non-urbanized areas where rainwater can potentially infiltrate, as well as areas with soil characteristics that can exclude or limit rainwater infiltration. In the second phase, we constructed the following base maps: a “map of green areas”, a “map of natural surface infiltration potential” and a “map of exclusion areas”. In phase 3, starting from the base maps created in phase 2 and using Geographical Information Systems’ (GIS) geoprocessing procedures, the “Green area compatibility map to realize Green Infrastructure”, the “map of areas not suitable for infiltration” and the final “Green Infrastructure Suitability Map” are created. This methodology should help municipal authorities to set up Green Infrastructure Suitability Maps as a tool for land-use planning.

Keywords: spatial planning; nature-based solutions; green infrastructure; rainwater management

Lo studio – G.I. Suitability Map

مركز محمد بن راشد
للابتكار الحكومي
MOHAMMED BIN RASHID CENTRE
FOR GOVERNMENT INNOVATION

UNITED ARAB EMIRATES
MINISTRY OF CLIMATE CHANGE
& ENVIRONMENT

GREEN GOVERNMENT & CLIMATE TECHNOLOGY REPORT

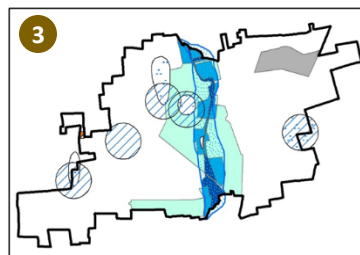
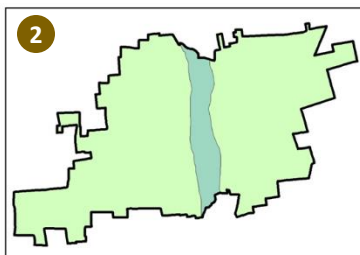
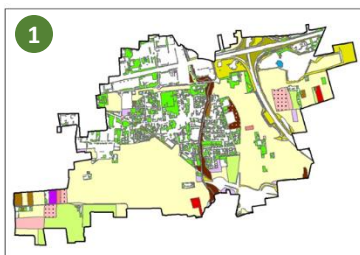
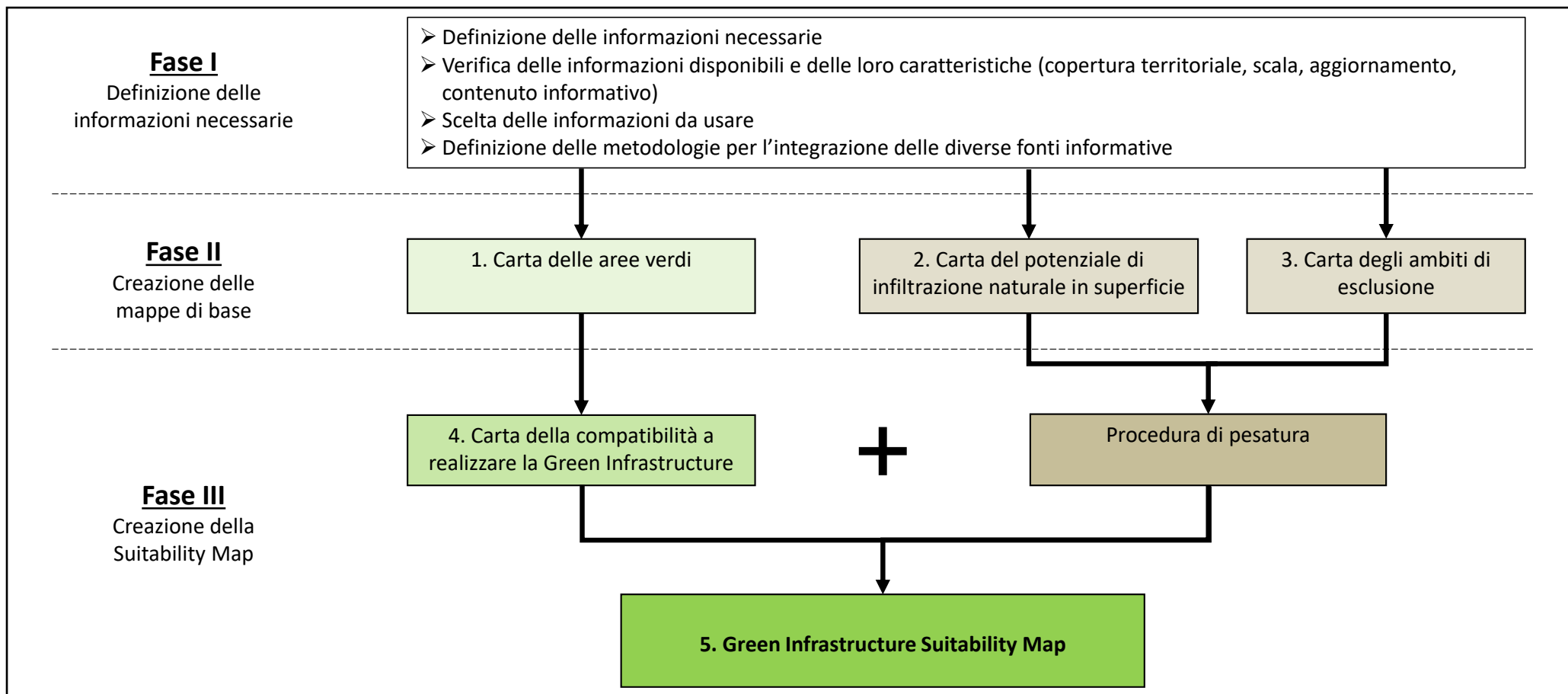
Table of Content

PART 1 GREEN GOVERNMENT

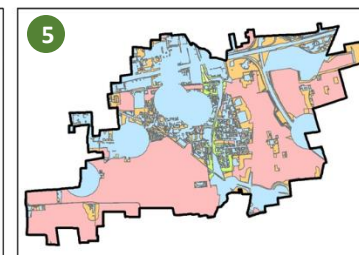
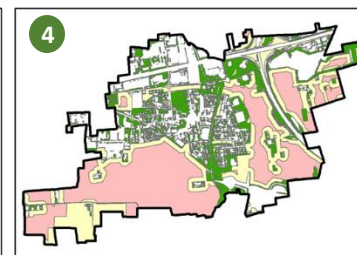
10 1-Singapore's GreenGov. SG Initiative Singapore	16 2-Portland Oregon's Sustainable City Principles Dashboard United States of America	20 3-Egypt's Green Roof Initiative Egypt
24 4-Japan Ties Green and Digital investments to Government Cost Cutting Japan	28 5-Balikpapan Indonesia's Landfill Gas Plant Indonesia	32 6-Peterborough New Hampshire – USA Renewable Energy Leadership: United States of America
36 7-Monza Italy's Nature- Based Solution for Stormwater Management Italy	44 8-USA and Canada Combine Forces and Introduce International Forum to Collaborate on Greening Government Initiatives United States of America	48 9-Dubai Statistics Center's Sustainable Procurement Policy - UAE United Arab Emirates
52 10-UAE Ministry of Climate Change and Environment - Green Barjeel Project United Arab Emirates		



Lo studio – Fasi



Weights assigned to potential infiltration and exclusion areas		
Potential Infiltration [PI]	saturated hydraulic conductivity (m/s)	Weight [WPI]
High	$10^{-1} - 10^{-3}$	1.0
Medium	$10^{-3} - 10^{-4}$	0.7
Low	$10^{-4} - 10^{-5}$	0.5
Very low	$<10^{-5}$	0.1
Exclusion Areas [EA]		Weight [WEA]
Absolute protection area of wells, buffer zone of wells, flooded area, contaminated area, quarry, frequently flooded areas (return period 20-50 years)		0.0
Not frequently flooded areas (return period 100-200 years), rarely flooded areas (return period > 200 years), groundwater vulnerability to pollution		1



Lo studio – Carta delle Aree Verdi

Municipality of Caponago
Map of green areas

Urban green areas

- garden
- flowerbed
- trees
- other green area

Green areas connected to transport network

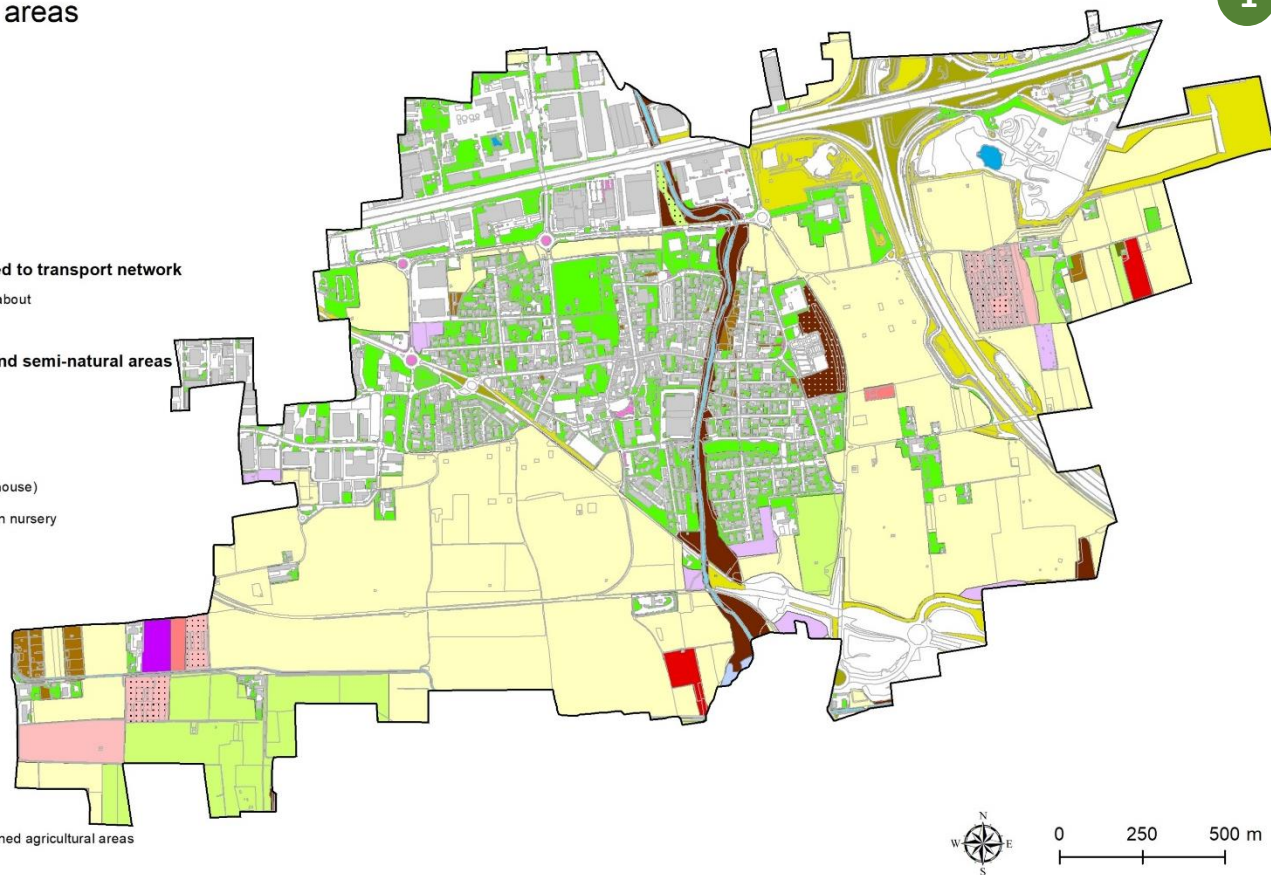
- traffic island-roundabout
- parking stip

Agricultural, woods and semi-natural areas

- crop
- crop with trees
- horticulture
- horticulture (greenhouse)
- floricultural and plan nursery
- vineyard
- grass
- grass with trees
- orchards
- vegetable garden
- wood
- reforestation
- riparian wood
- bushes
- bushes in abandoned agricultural areas

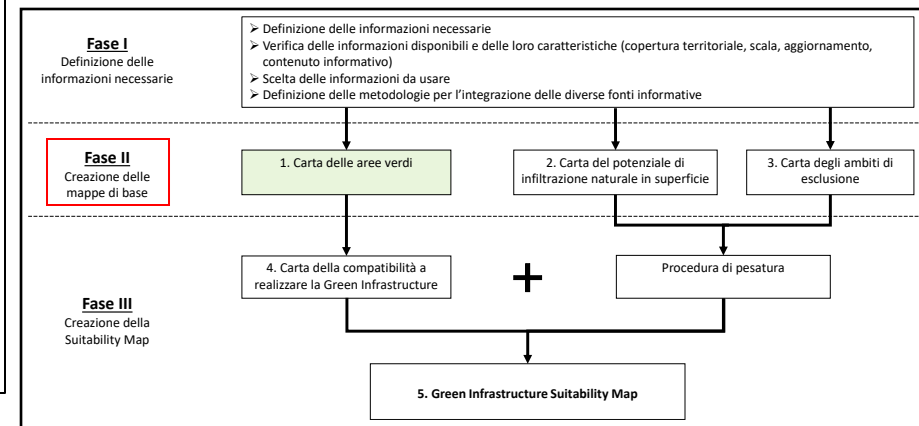
Water zones

- water course
- artificial lake



1

Classe	Tipologia
Aree verdi urbane	giardino
	aiuola
	alberi
	area verde - altro
Aree verdi di pertinenza della rete viabilistica	spartitraffico
	fascia di sosta laterale con verde
Aree agricole, boscate e seminaturali	seminativi semplici
	seminativi arborati
	colture orticole a pieno campo
	colture orticole protette
	colture floro-vivaistiche a pieno campo
	vigneti
	prati permanenti
	prati permanenti con specie arboree
	frutteti e frutti minori
	orti familiari
	boschi di latifoglie a densità bassa
	rimboschimenti recenti
	formazioni ripariali
	cespuglieti
	cespuglieti in aree agricole abbandonate

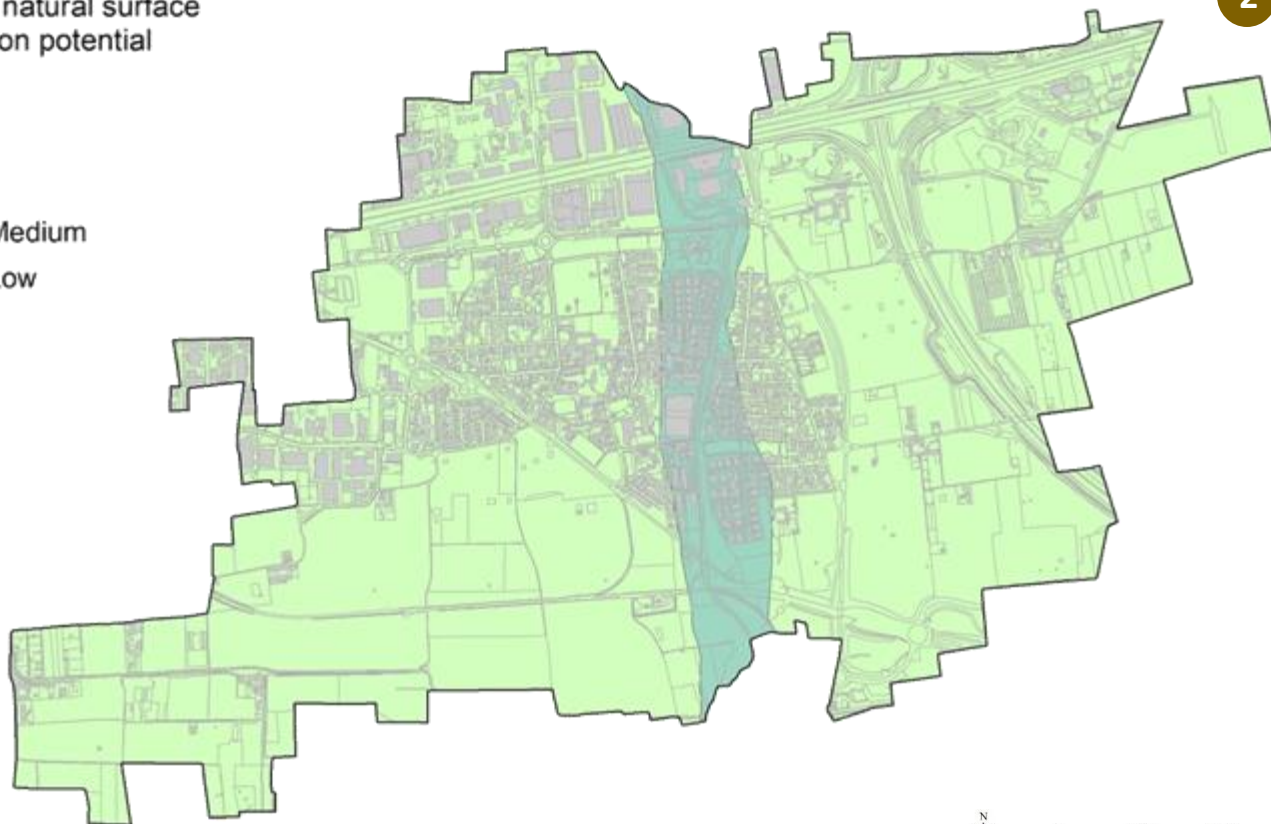


Lo studio – Carta del potenziale di infiltrazione in superficie

Municipality of Caponago
Map of natural surface
infiltration potential

class

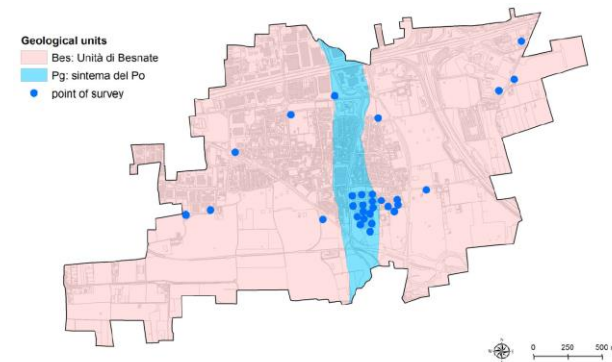
- Medium
- Low



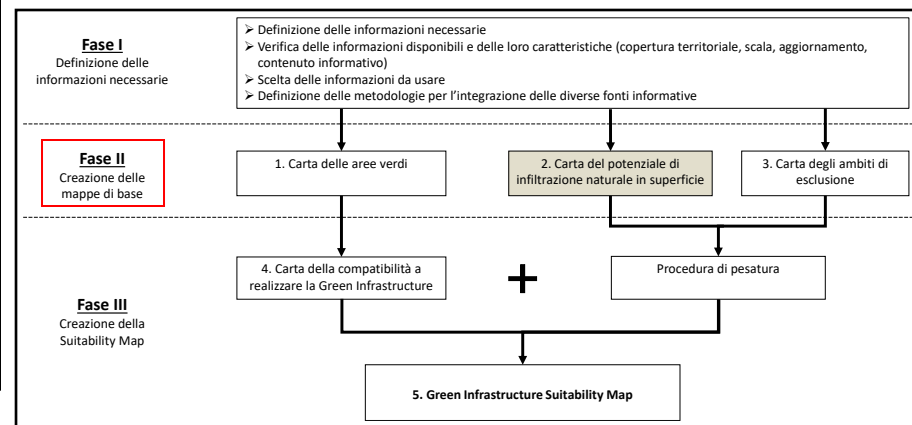
2

La carta del
potenziale di
infiltrazione
naturale in
superficie

si basa sulla carta geologica e su test di
infiltrazione



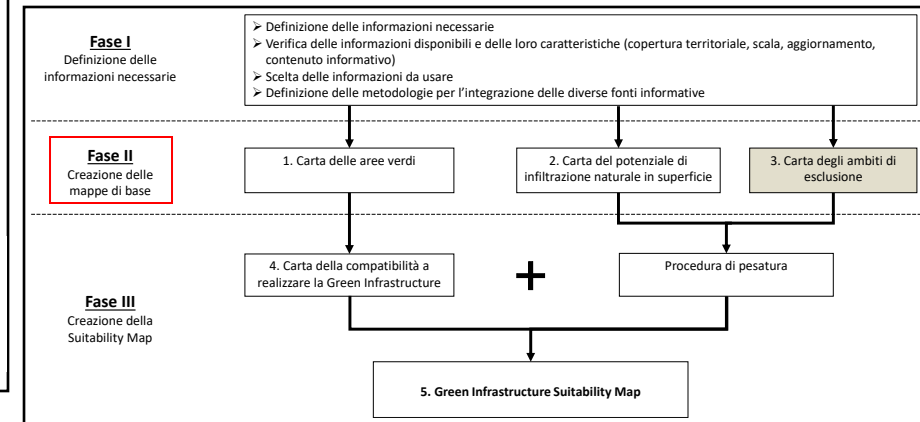
Classi di potenziale di infiltrazione naturale	Valori di riferimento della conducibilità idraulica satura (m/s)
Molto alto	$> 10^{-2}$
Alto	$10^{-2} - 10^{-3}$
Medio	$10^{-3} - 10^{-4}$
Basso	$10^{-4} - 10^{-5}$
Molto basso	$< 10^{-5}$



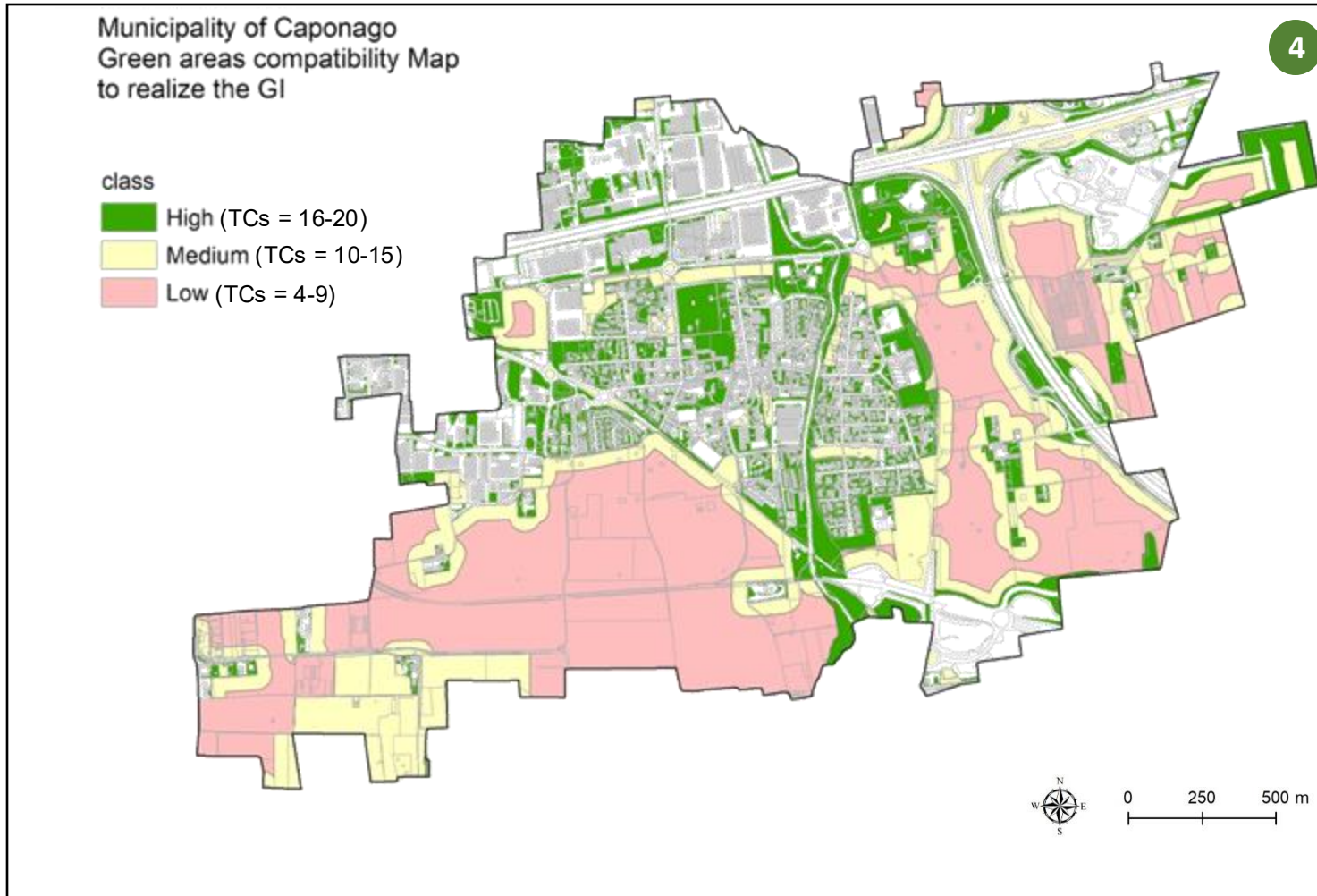
Lo studio – Carta degli Ambiti di Esclusione



- Aree dove l'infiltrazione dell'acqua rappresenta un rischio per la popolazione (a causa delle caratteristiche idrogeologiche del sito).
- Aree dove l'infiltrazione è esclusa per legge:
 - Piano di Gestione del Rischio Idraulico (PGRA) ai sensi della Direttiva Alluvioni (60/2007/EC);
 - Piano di Assetto idrogeologico del fiume Po (PAI);
 - Componente geologica del PGT



Lo studio – Carta della compatibilità a realizzare la GI



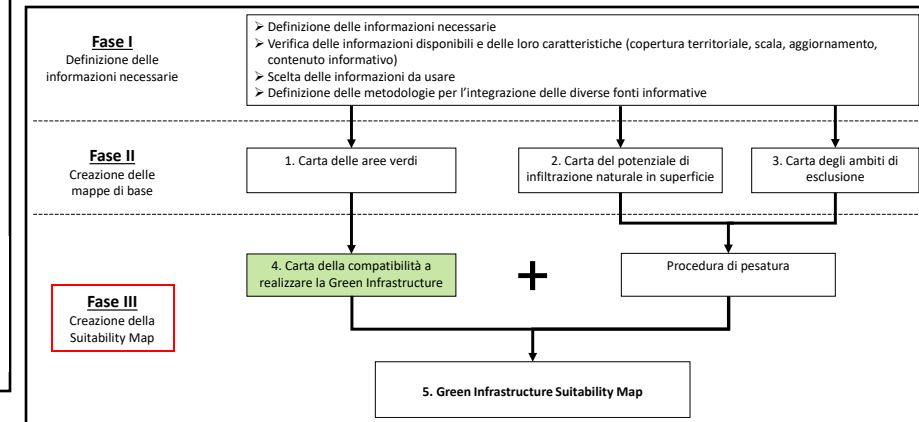
Il punteggio di compatibilità deriva dall'aggregazione di diverse caratteristiche:

Naturalità [N], Contesto Urbano [U], Presenza antropica [A] and Valore produttivo [P].

$$[PCT_{(4-20)}] = [PN] + [PU] + [PA] + [PP]$$

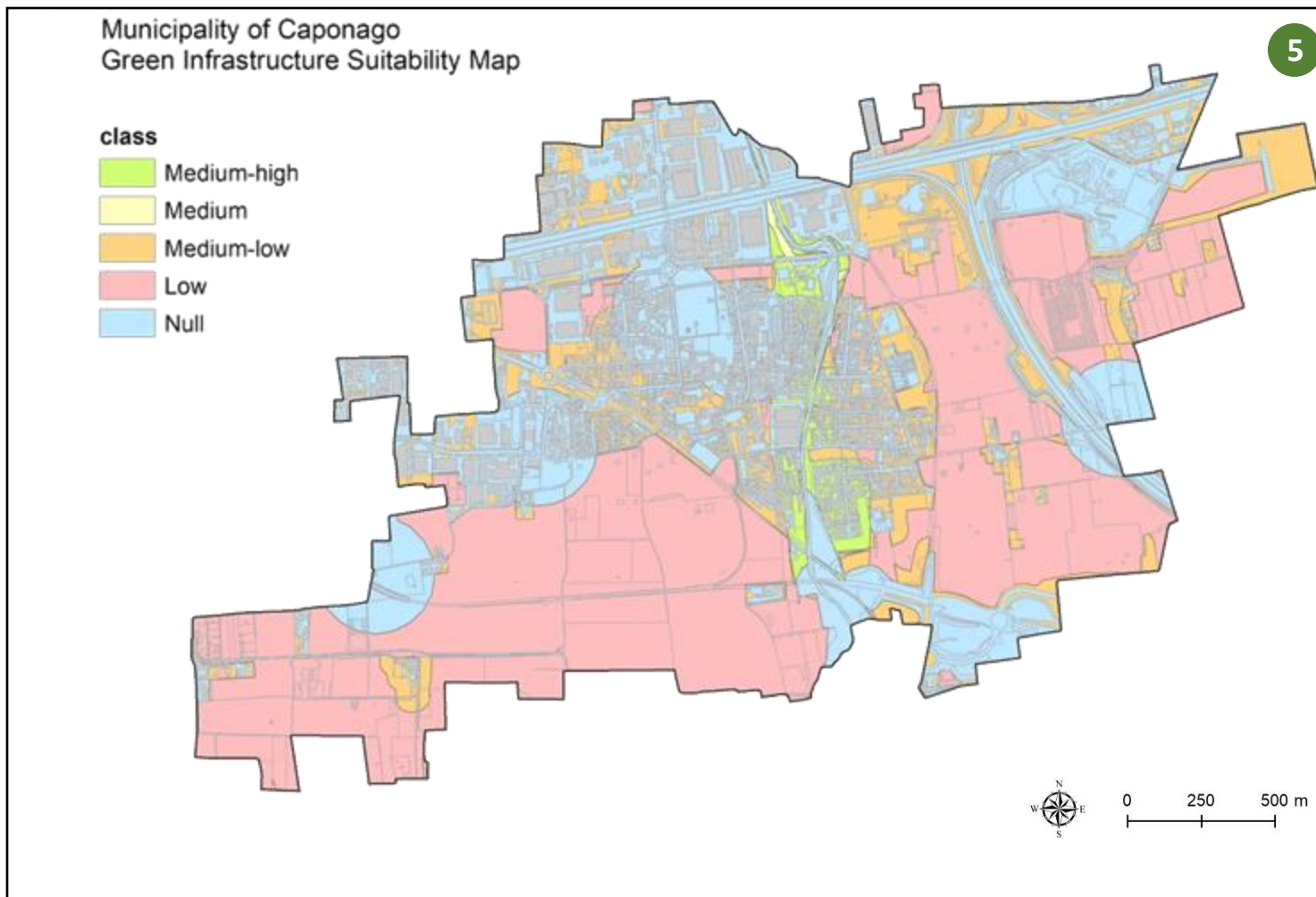
dove

- Punteggio Naturalità **[PN] = [N₍₁₋₅₎]**
- Punteggio Contesto Urbano **[PU] = [U₍₁₋₅₎]**
- Punteggio Presenza Antropica **[PA] = 5-[A₍₁₋₅₎]+1**
- Punteggio Valore produttivo **[PP] = 5-[P₍₁₋₅₎]+1**



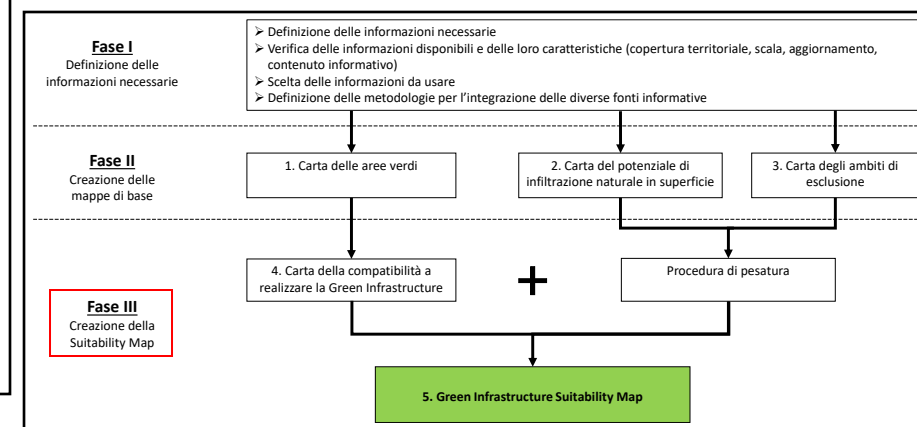


Lo studio – GI Suitability Map



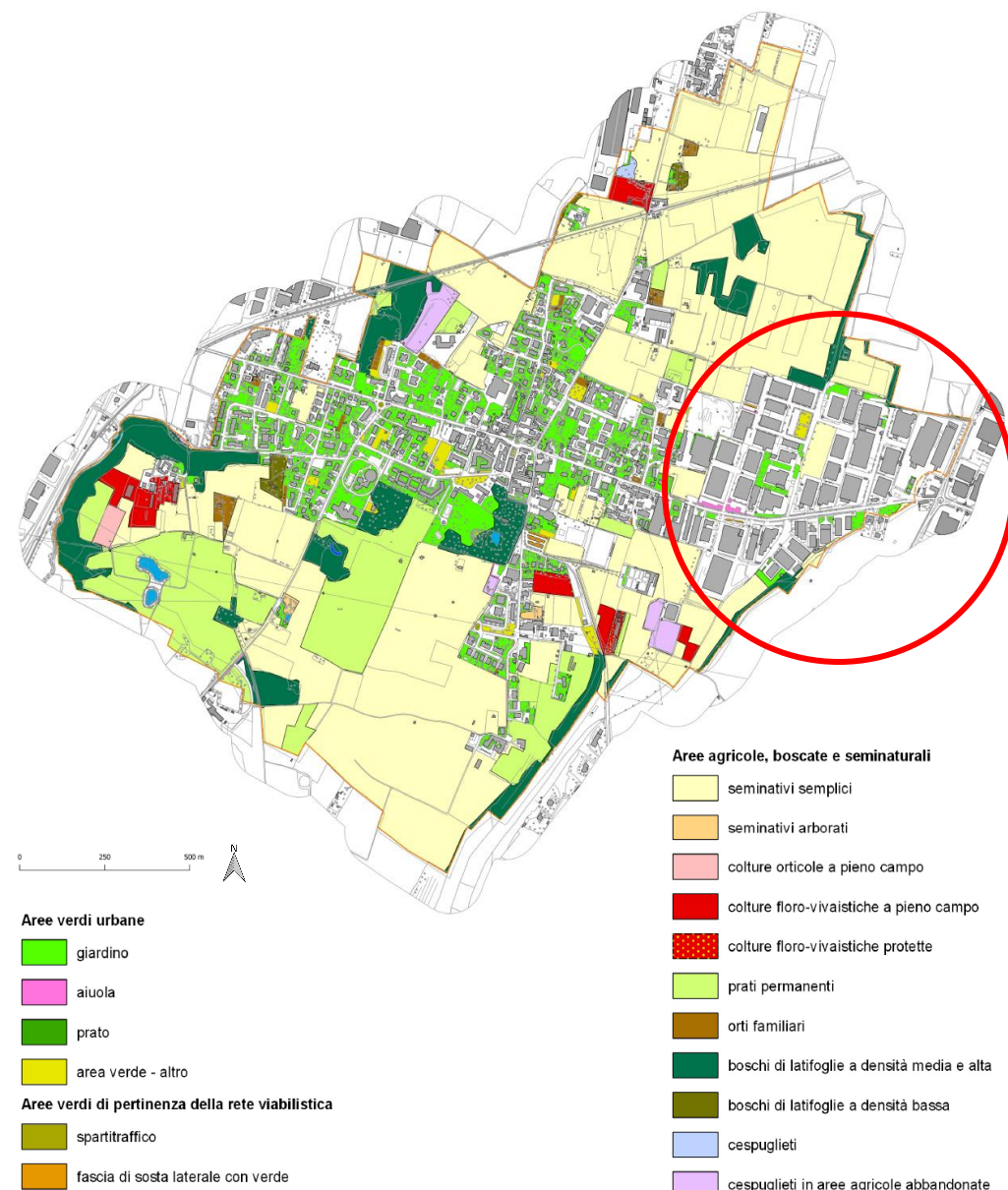
E' stato calcolato un punteggio totale di Green Infrastructure Suitability [GI-Suit], come prodotto del **Punteggio di Compatibilità [PCT]** e i **pesi [PPI] e [PAE]**

Punteggio di "Green Infrastructure Suitability" [GI-Suit]	Classe di "Green Infrastructure Suitability"
0	Nulla
1-7	Bassa
7-10	Medio-Bassa
10-13	Media
13-15	Medio-Alta
16-20	Alta



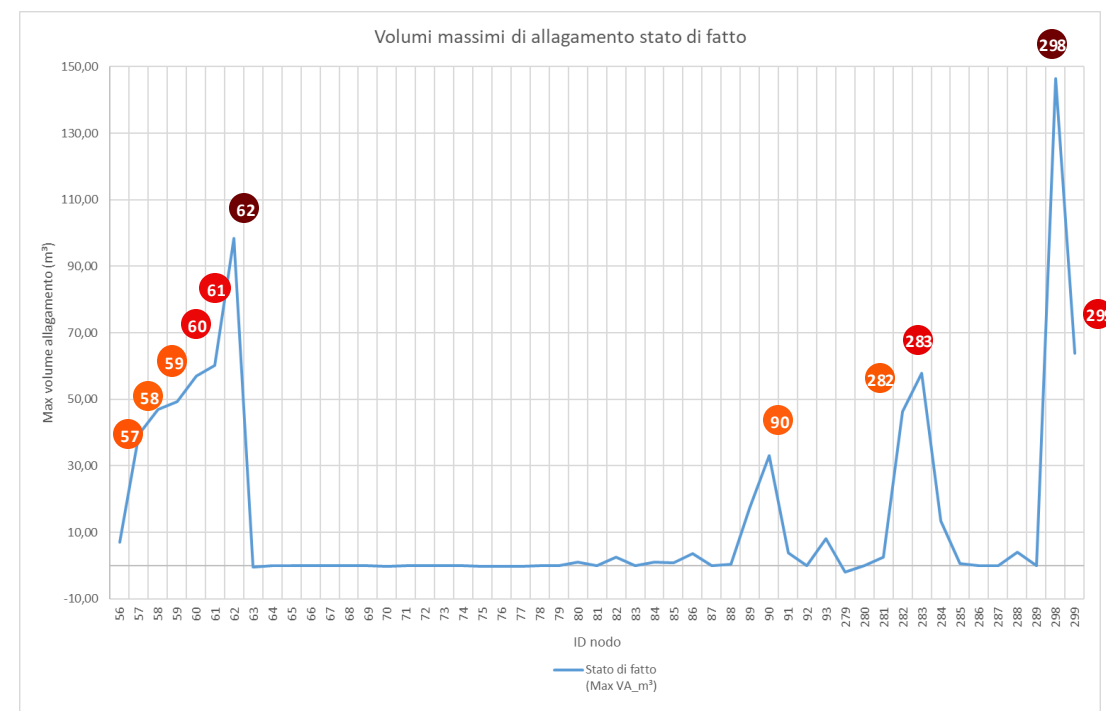
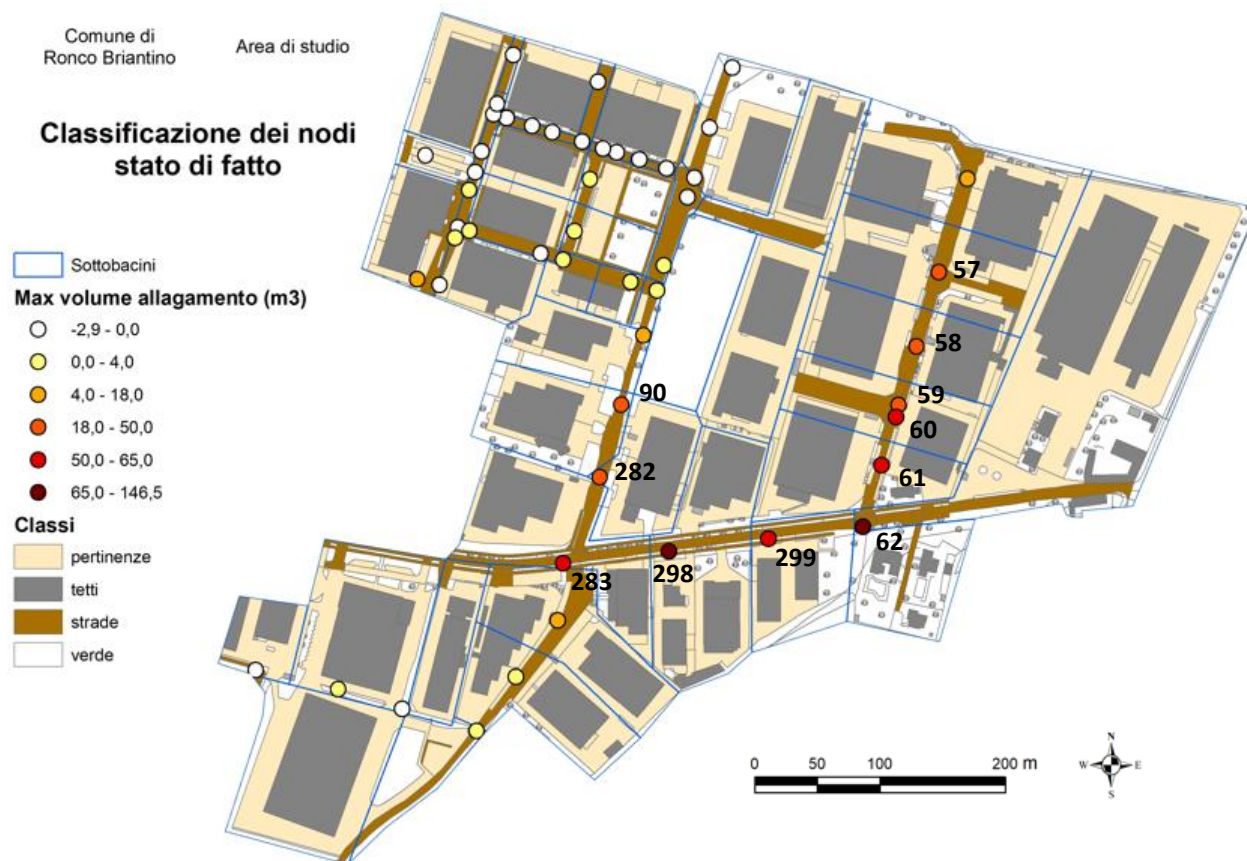


Lo studio – Ulteriori sviluppi

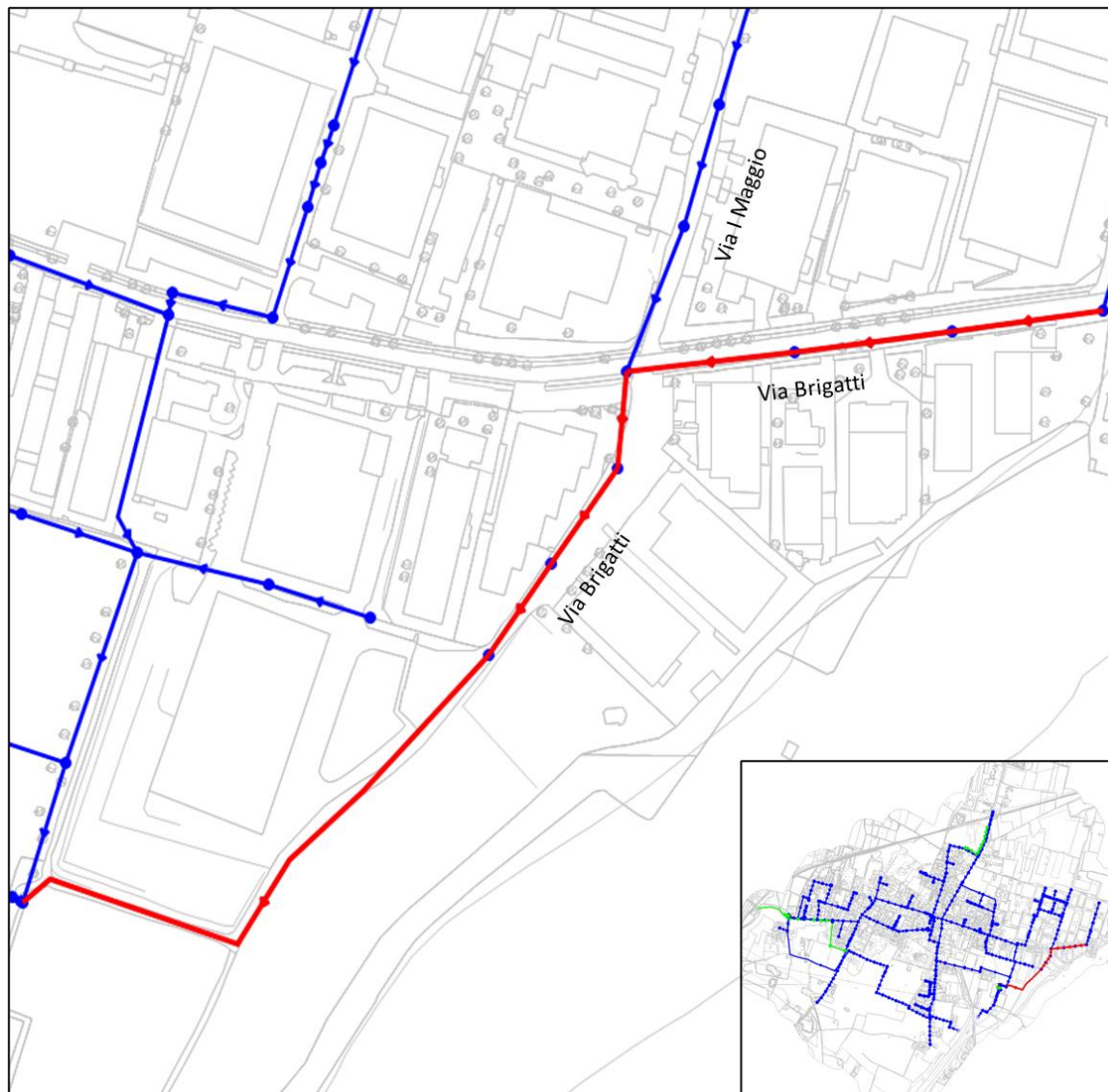


Lo studio – Ulteriori sviluppi

Stato di fatto – Nodi della rete di drenaggio e volumi in eccesso

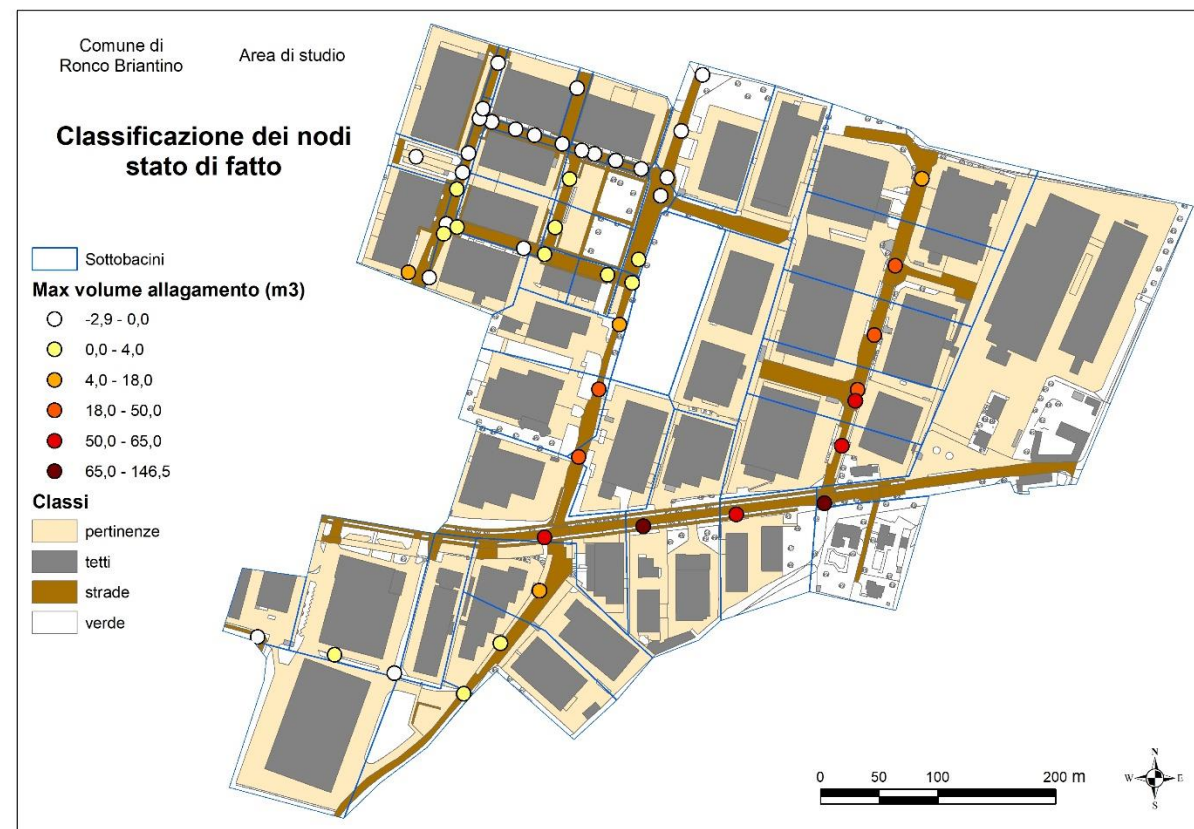


Lo studio – Ulteriori sviluppi

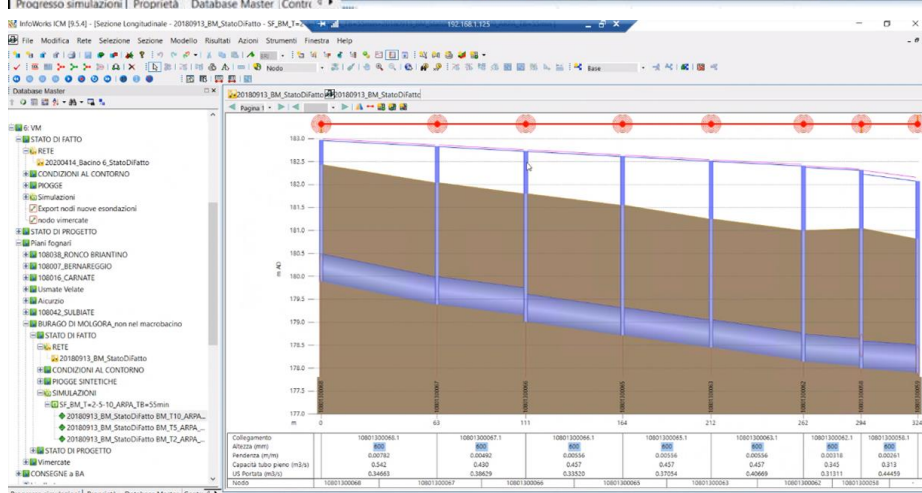
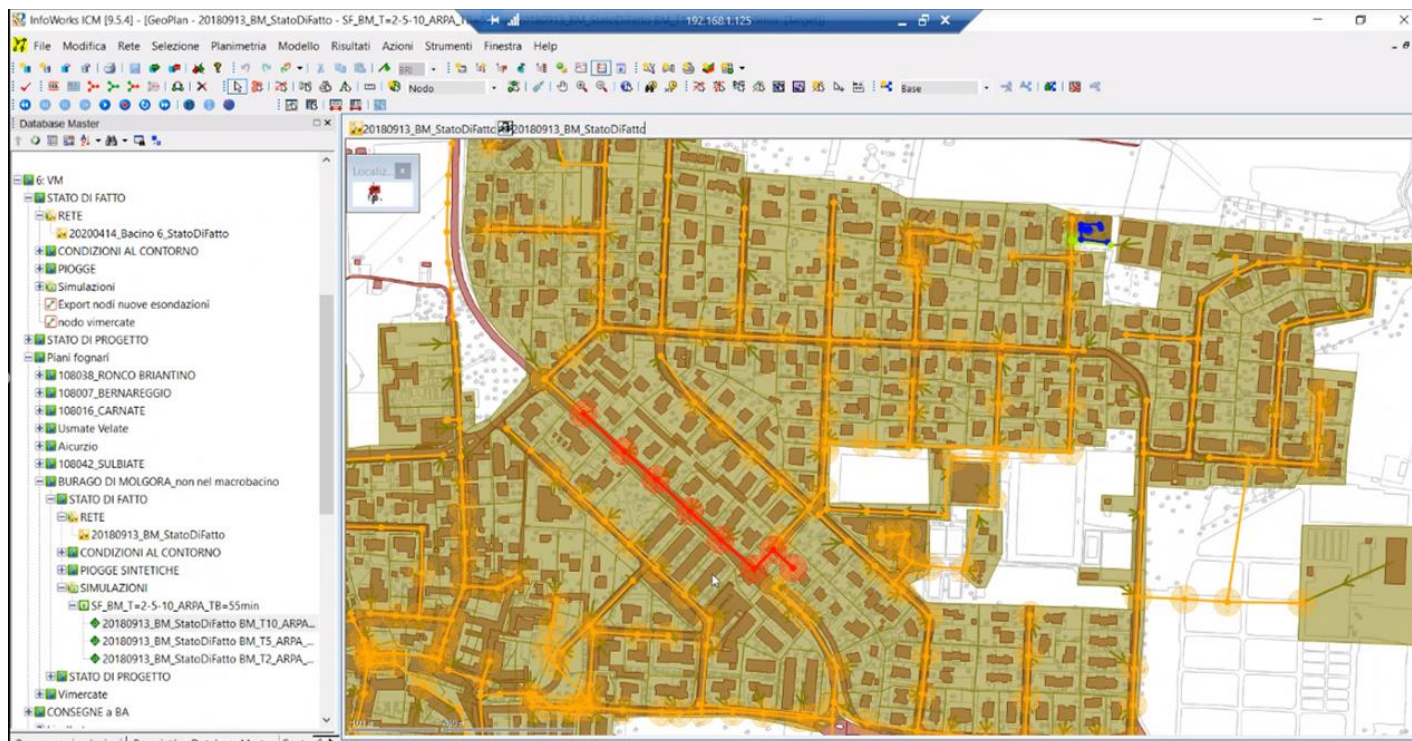


Intervento previsto

Rifacimento di un tratto di rete fognaria (circa 700 m), con posa di nuova tubazione in calcestruzzo (diametro 1000 mm).



Lo studio – Ulteriori sviluppi



Modellazione con InfoWorks

Lo studio – Ulteriori sviluppi



Lo studio – Ulteriori sviluppi

Comune di
Ronco Briantino

Area di studio

PROPOSTA 1

- Aiuola di bioritenzione
- Bacino di infiltrazione
- Canale vegetato
- Prato armato
- Trincea filtrante



Tipologia SUDS	Area (m ²)
Aiuola di bioritenzione	4.704
Bacino di infiltrazione	4.341
Canale vegetato	1.607
Prato armato	4.619
Trincea filtrante	2.149



Lo studio – Ulteriori sviluppi



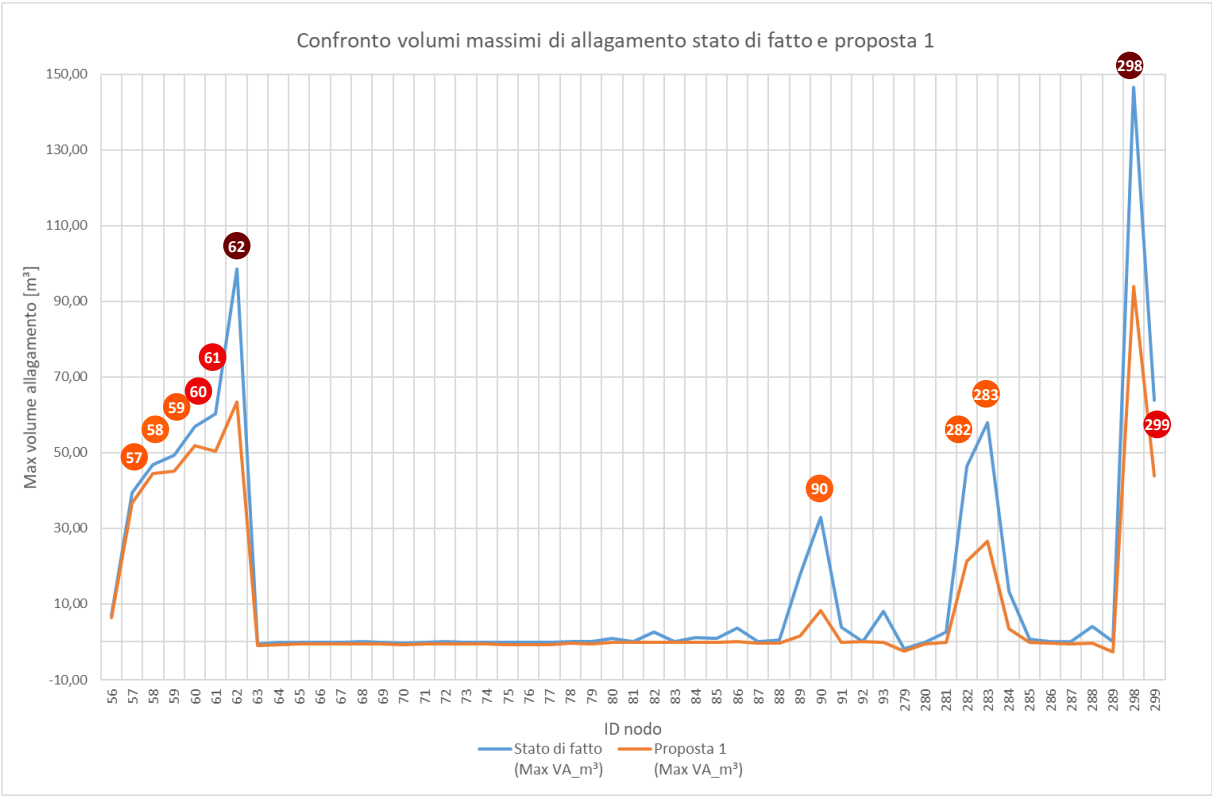
ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m ³)	Proposta 1 (Max VA_m ³)	Diff PR1-SDF (Max VA_m ³)	ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m ³)	Proposta 1 (Max VA_m ³)	Diff PR1-SDF (Max VA_m ³)
56	7,00	6,40	-0,60	83	0,00	-0,20	-0,20
57	39,50	36,70	-2,80	84	1,10	-0,20	-1,30
58	46,90	44,40	-2,50	85	0,90	-0,20	-1,10
59	49,40	45,20	-4,20	86	3,60	0,20	-3,40
60	57,00	51,90	-5,10	87	0,10	-0,40	-0,50
61	60,20	50,40	-9,80	88	0,50	-0,30	-0,80
62	98,50	63,40	-35,10	89	17,70	1,60	-16,10
63	-0,50	-1,00	-0,50	90	33,00	8,40	-24,60
64	-0,10	-0,70	-0,60	91	3,80	-0,20	-4,00
65	-0,10	-0,50	-0,40	92	0,00	0,00	0,00
66	-0,10	-0,50	-0,40	93	8,10	-0,10	-8,20
67	-0,10	-0,50	-0,40	279	-1,90	-2,50	-0,60
68	0,00	-0,50	-0,50	280	-0,10	-0,60	-0,50
69	-0,10	-0,50	-0,40	281	2,60	-0,10	-2,70
70	-0,30	-0,70	-0,40	282	46,40	21,40	-25,00
71	-0,10	-0,60	-0,50	283	57,90	26,60	-31,30
72	0,00	-0,50	-0,50	284	13,40	3,50	-9,90
73	-0,10	-0,60	-0,50	285	0,70	-0,10	-0,80
74	-0,10	-0,50	-0,40	286	0,10	-0,30	-0,40
75	-0,20	-0,70	-0,50	287	0,00	-0,50	-0,50
76	-0,20	-0,70	-0,50	288	4,00	-0,40	-4,40
77	-0,20	-0,70	-0,50	289	0,00	-2,60	-2,60
78	0,00	-0,40	-0,40	298	146,50	93,90	-52,60
79	0,00	-0,50	-0,50	299	63,80	43,90	-19,90
80	1,00	-0,20	-1,20				
81	0,00	-0,20	-0,20				
82	2,60	-0,20	-2,80	tot	762,10	478,50	-283,60

- 37%



Lo studio – Ulteriori sviluppi

PROPOSTA 1



ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 1 (Max VA_m³)	Diff PR1-SDF (Max VA_m³)
56	7,00	6,40	-0,60
57	39,50	36,70	-2,80
58	46,90	44,40	-2,50
59	49,40	45,20	-4,20
60	57,00	51,90	-5,10
61	60,20	50,40	-9,80
62	98,50	63,40	-35,10
63	-0,50	-1,00	-0,50
64	-0,10	-0,70	-0,60
65	-0,10	-0,50	-0,40
66	-0,10	-0,50	-0,40
67	-0,10	-0,50	-0,40
68	0,00	-0,50	-0,50
69	-0,10	-0,50	-0,40
70	-0,30	-0,70	-0,40
71	-0,10	-0,60	-0,50
72	0,00	-0,50	-0,50
73	-0,10	-0,60	-0,50
74	-0,10	-0,50	-0,40
75	-0,20	-0,70	-0,50
76	-0,20	-0,70	-0,50
77	-0,20	-0,70	-0,50
78	0,00	-0,40	-0,40
79	0,00	-0,50	-0,50
80	1,00	-0,20	-1,20
81	0,00	-0,20	-0,20
82	2,60	-0,20	-2,80
83	0,00	-0,20	-0,20
84	1,10	-0,20	-1,30
85	0,90	-0,20	-1,10
86	3,60	0,20	-3,40
87	0,10	-0,40	-0,50
88	0,50	-0,30	-0,80
89	17,70	1,60	-16,10
90	33,00	8,40	-24,60
91	3,80	-0,20	-4,00
92	0,00	0,00	0,00
93	8,10	-0,10	-8,20
279	-1,90	-2,50	-0,60
280	-0,10	-0,60	-0,50
281	2,60	-0,10	-2,70
282	46,40	21,40	-25,00
283	57,90	26,60	-31,30
284	13,40	3,50	-9,90
285	0,70	-0,10	-0,80
286	0,10	-0,30	-0,40
287	0,00	-0,50	-0,50
288	4,00	-0,40	-4,40
289	0,00	-2,60	-2,60
298	146,50	93,90	-52,60
299	63,80	43,90	-19,90
tot	762,10	478,50	-283,60

- 37%

Lo studio – Ulteriori sviluppi

Comune di
Ronco Briantino

Area di studio

PROPOSTA 2

Interventi prima proposta

- Aiuola di bioritenzione
- Bacino di infiltrazione
- Canale vegetato
- Prato armato
- Trincea filtrante

Interventi seconda proposta

- Aiuola di bioritenzione
- Bacino di infiltrazione
- Zona collettata



Tipologia SUDS	Area (m ²)
Aiuola di bioritenzione	4.704
Bacino di infiltrazione	4.341
Canale vegetato	1.607
Prato armato	4.619
Trincea filtrante	2.149

Aiuola di bioritenzione	1.212
Bacino di infiltrazione	9.735





Lo studio – Ulteriori sviluppi

Comune di Ronco Briantino Area di studio

Coefficienti di deflusso
Proposta 2

Max volume allagamento (m3)

- -2,9 - 0,0
- 0,0 - 4,0
- 4,0 - 18,0
- 18,0 - 50,0
- 50,0 - 65,0
- 65,0 - 146,5



ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 2 (Max VA_m³)	Diff PR2-PR1 (Max VA_m³)
56	7,00	0,40	-6,00
57	39,50	13,30	-23,40
58	46,90	18,80	-25,60
59	49,40	20,90	-24,30
60	57,00	27,30	-24,60
61	60,20	29,80	-20,60
62	98,50	41,10	-22,30
63	-0,50	-1,20	-0,20
64	-0,10	-0,80	-0,10
65	-0,10	-0,70	-0,20
66	-0,10	-0,70	-0,20
67	-0,10	-0,70	-0,20
68	0,00	-0,70	-0,20
69	-0,10	-0,70	-0,20
70	-0,30	-0,80	-0,10
71	-0,10	-0,70	-0,10
72	0,00	-0,70	-0,20
73	-0,10	-0,70	-0,10
74	-0,10	-0,60	-0,10
75	-0,20	-0,80	-0,10
76	-0,20	-0,80	-0,10
77	-0,20	-0,80	-0,10
78	0,00	-0,60	-0,20
79	0,00	-0,70	-0,20
80	1,00	-0,30	-0,10
81	0,00	-0,30	-0,10
82	2,60	-0,30	-0,10

ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 2 (Max VA_m³)	Diff PR2-PR1 (Max VA_m³)
83	0,00	-0,40	-0,20
84	1,10	-0,40	-0,20
85	0,90	-0,30	-0,10
86	3,60	0,00	-0,20
87	0,10	-0,60	-0,20
88	0,50	-0,50	-0,20
89	17,70	0,40	-1,20
90	33,00	4,60	-3,80
91	3,80	-0,30	-0,10
92	0,00	-0,10	-0,10
93	8,10	-0,20	-0,10
279	-1,90	-2,60	-0,10
280	-0,10	-0,80	-0,20
281	2,60	-0,30	-0,20
282	46,40	15,50	-5,90
283	57,90	19,90	-6,70
284	13,40	2,30	-1,20
285	0,70	-0,20	-0,10
286	0,10	-0,30	0,00
287	0,00	-0,50	0,00
288	4,00	-0,40	0,00
289	0,00	-2,60	0,00
298	146,50	76,10	-17,80
299	63,80	34,70	-9,20
tot	762,10	281,00	-197,50

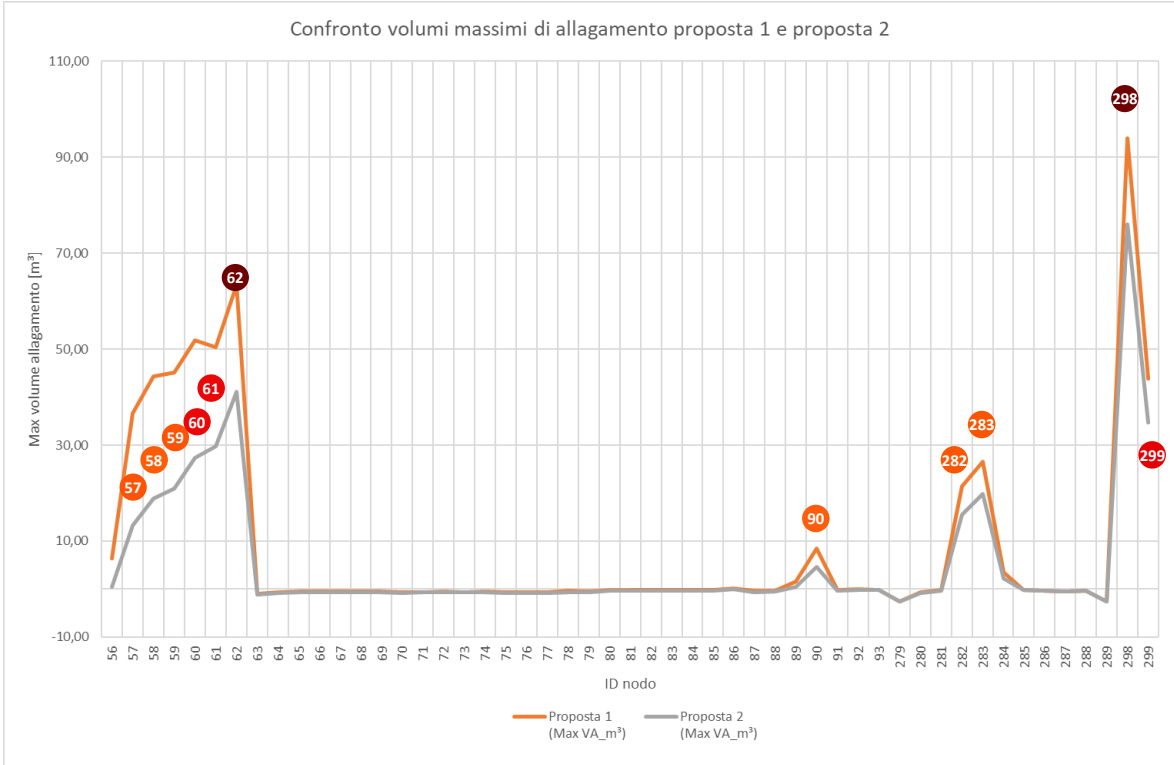
- 63%

- 41%



Lo studio – Ulteriori sviluppi

PROPOSTA 2



ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 2 (Max VA_m³)	Diff PR2-PR1 (Max VA_m³)
56	7,00	0,40	-6,00
57	39,50	13,30	-23,40
58	46,90	18,80	-25,60
59	49,40	20,90	-24,30
60	57,00	27,30	-24,60
61	60,20	29,80	-20,60
62	98,50	41,10	-22,30
63	-0,50	-1,20	-0,20
64	-0,10	-0,80	-0,10
65	-0,10	-0,70	-0,20
66	-0,10	-0,70	-0,20
67	-0,10	-0,70	-0,20
68	0,00	-0,70	-0,20
69	-0,10	-0,70	-0,20
70	-0,30	-0,80	-0,10
71	-0,10	-0,70	-0,10
72	0,00	-0,70	-0,20
73	-0,10	-0,70	-0,10
74	-0,10	-0,60	-0,10
75	-0,20	-0,80	-0,10
76	-0,20	-0,80	-0,10
77	-0,20	-0,80	-0,10
78	0,00	-0,60	-0,20
79	0,00	-0,70	-0,20
80	1,00	-0,30	-0,10
81	0,00	-0,30	-0,10
82	2,60	-0,30	-0,10

ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 2 (Max VA_m³)	Diff PR2-PR1 (Max VA_m³)
83	0,00	-0,40	-0,20
84	1,10	-0,40	-0,20
85	0,90	-0,30	-0,10
86	3,60	0,00	-0,20
87	0,10	-0,60	-0,20
88	0,50	-0,50	-0,20
89	17,70	0,40	-1,20
90	33,00	4,60	-3,80
91	3,80	-0,30	-0,10
92	0,00	-0,10	-0,10
93	8,10	-0,20	-0,10
279	-1,90	-2,60	-0,10
280	-0,10	-0,80	-0,20
281	2,60	-0,30	-0,20
282	46,40	15,50	-5,90
283	57,90	19,90	-6,70
284	13,40	2,30	-1,20
285	0,70	-0,20	-0,10
286	0,10	-0,30	0,00
287	0,00	-0,50	0,00
288	4,00	-0,40	0,00
289	0,00	-2,60	0,00
298	146,50	76,10	-17,80
299	63,80	34,70	-9,20
tot	762,10	281,00	-197,50

- 63%

- 41%

Lo studio – Ulteriori sviluppi

Comune di
Ronco Briantino

Area di studio

PROPOSTA 3

Interventi prima proposta

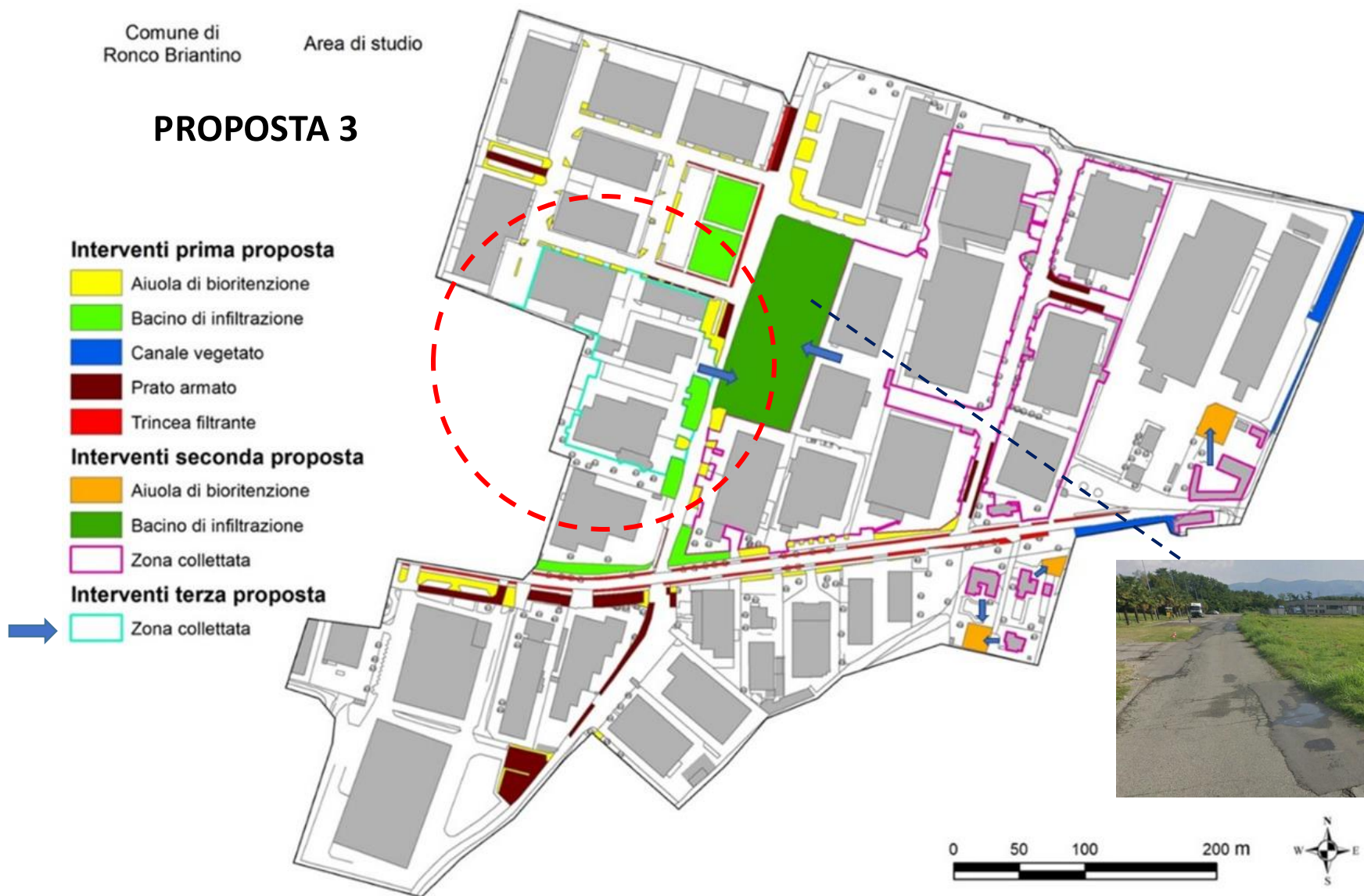
- Aiuela di bioritenzione
- Bacino di infiltrazione
- Canale vegetato
- Prato armato
- Trincea filtrante

Interventi seconda proposta

- Aiuela di bioritenzione
- Bacino di infiltrazione
- Zona collettata

Interventi terza proposta

- Zona collettata



Tipologia SUDS	Area (m ²)
Aiuela di bioritenzione	4.704
Bacino di infiltrazione	4.341
Canale vegetato	1.607
Prato armato	4.619
Trincea filtrante	2.149
-----	-----
Aiuela di bioritenzione	1.212
Bacino di infiltrazione	9.735



Lo studio – Ulteriori sviluppi

Comune di
Ronco Briantino

Area di studio

Coefficienti di
deflusso
Proposta 3

Max volume allagamento (m3)

- -2,9 - 0,0
- 0,0 - 4,0
- 4,0 - 18,0
- 18,0 - 50,0
- 50,0 - 65,0
- 65,0 - 146,5



ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 3 (Max VA_m³)	Diff PR3-PR2 (Max VA_m³)
56	7,00	0,40	0,00
57	39,50	13,10	-0,20
58	46,90	18,50	-0,30
59	49,40	20,50	-0,40
60	57,00	26,80	-0,50
61	60,20	29,00	-0,80
62	98,50	38,60	-2,50
63	-0,50	-1,40	-0,20
64	-0,10	-1,10	-0,30
65	-0,10	-0,90	-0,20
66	-0,10	-0,90	-0,20
67	-0,10	-0,90	-0,20
68	0,00	-0,90	-0,20
69	-0,10	-0,90	-0,20
70	-0,30	-1,00	-0,20
71	-0,10	-0,90	-0,20
72	0,00	-0,90	-0,20
73	-0,10	-0,90	-0,20
74	-0,10	-0,70	-0,10
75	-0,20	-1,00	-0,20
76	-0,20	-1,10	-0,30
77	-0,20	-1,10	-0,30
78	0,00	-0,80	-0,20
79	0,00	-0,90	-0,20
80	1,00	-0,50	-0,20
81	0,00	-0,60	-0,30
82	2,60	-0,60	-0,30

ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 3 (Max VA_m³)	Diff PR3-PR2 (Max VA_m³)
83	0,00	-0,60	-0,20
84	1,10	-0,60	-0,20
85	0,90	-0,50	-0,20
86	3,60	-0,20	-0,20
87	0,10	-0,80	-0,20
88	0,50	-0,70	-0,20
89	17,70	-0,10	-0,50
90	33,00	1,30	-3,30
91	3,80	-0,50	-0,20
92	0,00	-0,30	-0,20
93	8,10	-0,50	-0,30
279	-1,90	-2,90	-0,30
280	-0,10	-1,00	-0,20
281	2,60	-0,50	-0,20
282	46,40	10,80	-4,70
283	57,90	15,60	-4,30
284	13,40	1,70	-0,60
285	0,70	-0,20	0,00
286	0,10	-0,40	-0,10
287	0,00	-0,50	0,00
288	4,00	-0,40	0,00
289	0,00	-2,60	0,00
298	146,50	68,00	-8,10
299	63,80	32,10	-2,60
tot	762,10	245,10	-35,90

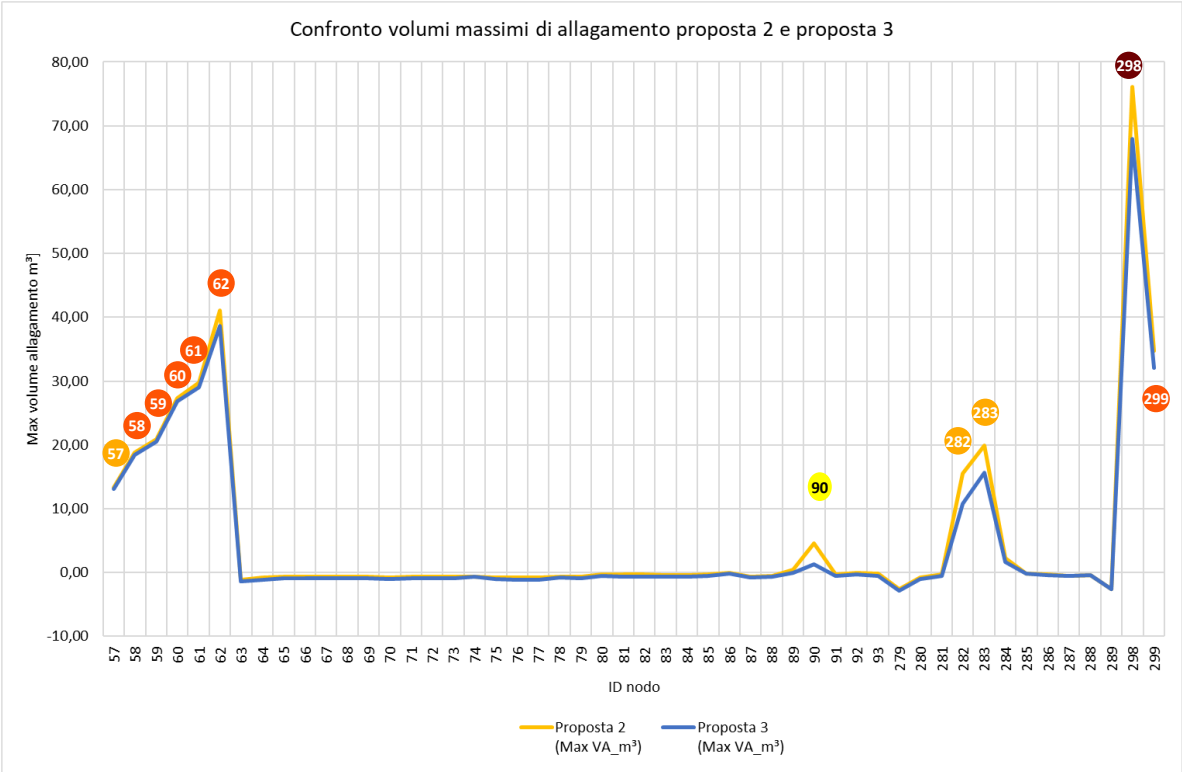
- 68%

- 13%



Lo studio – Ulteriori sviluppi

PROPOSTA 3



ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 3 (Max VA_m³)	Diff PR3-PR2 (Max VA_m³)
56	7,00	0,40	0,00
57	39,50	13,10	-0,20
58	46,90	18,50	-0,30
59	49,40	20,50	-0,40
60	57,00	26,80	-0,50
61	60,20	29,00	-0,80
62	98,50	38,60	-2,50
63	-0,50	-1,40	-0,20
64	-0,10	-1,10	-0,30
65	-0,10	-0,90	-0,20
66	-0,10	-0,90	-0,20
67	-0,10	-0,90	-0,20
68	0,00	-0,90	-0,20
69	-0,10	-0,90	-0,20
70	-0,30	-1,00	-0,20
71	-0,10	-0,90	-0,20
72	0,00	-0,90	-0,20
73	-0,10	-0,90	-0,20
74	-0,10	-0,70	-0,10
75	-0,20	-1,00	-0,20
76	-0,20	-1,10	-0,30
77	-0,20	-1,10	-0,30
78	0,00	-0,80	-0,20
79	0,00	-0,90	-0,20
80	1,00	-0,50	-0,20
81	0,00	-0,60	-0,30
82	2,60	-0,60	-0,30

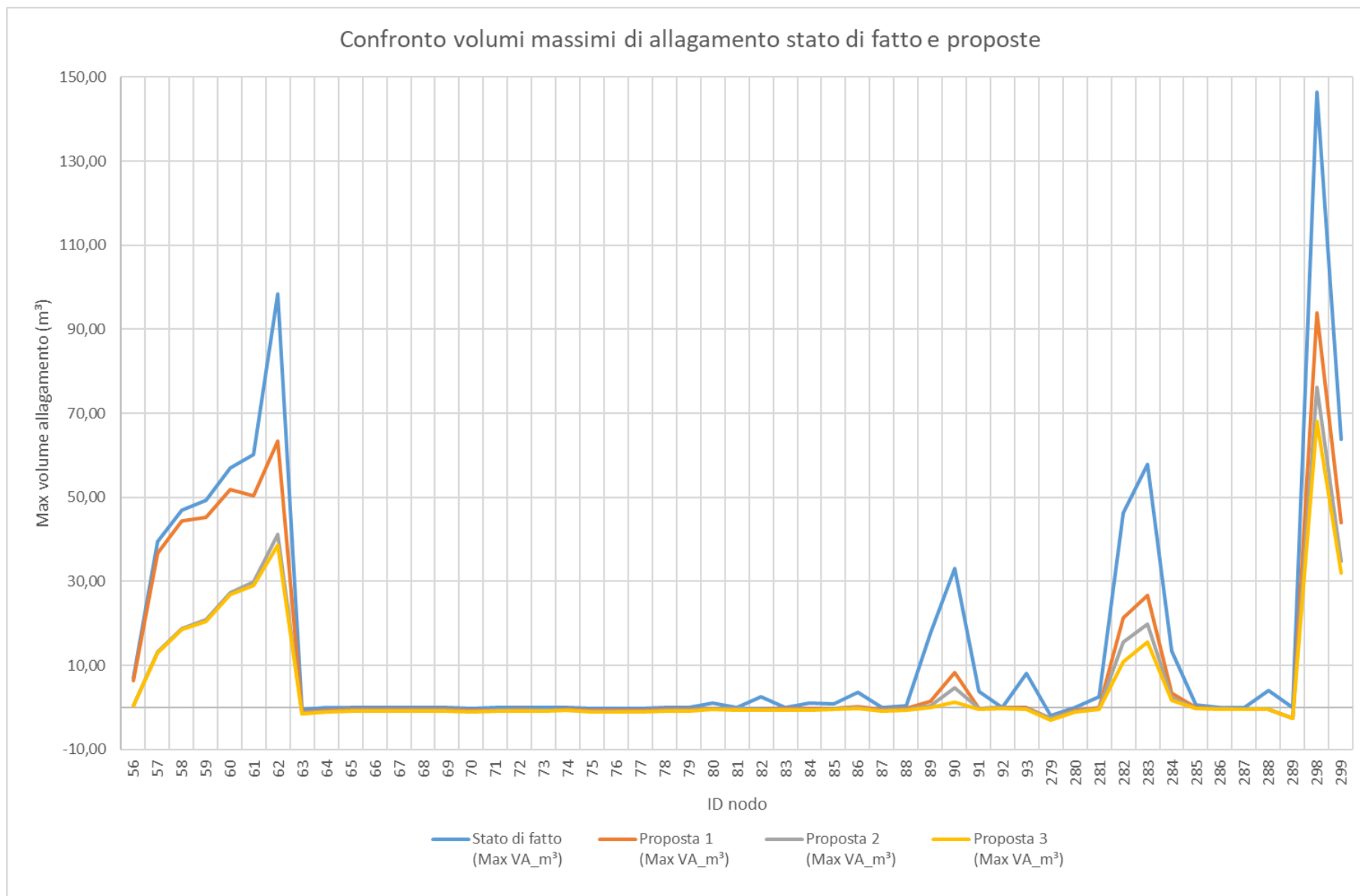
ID Nodo	Stato di fatto (Max VA_m³)	Proposta 3 (Max VA_m³)	Diff PR3-PR2 (Max VA_m³)
83	0,00	-0,60	-0,20
84	1,10	-0,60	-0,20
85	0,90	-0,50	-0,20
86	3,60	-0,20	-0,20
87	0,10	-0,80	-0,20
88	0,50	-0,70	-0,20
89	17,70	-0,10	-0,50
90	33,00	1,30	-3,30
91	3,80	-0,50	-0,20
92	0,00	-0,30	-0,20
93	8,10	-0,50	-0,30
279	-1,90	-2,90	-0,30
280	-0,10	-1,00	-0,20
281	2,60	-0,50	-0,20
282	46,40	10,80	-4,70
283	57,90	15,60	-4,30
284	13,40	1,70	-0,60
285	0,70	-0,20	0,00
286	0,10	-0,40	-0,10
287	0,00	-0,50	0,00
288	4,00	-0,40	0,00
289	0,00	-2,60	0,00
298	146,50	68,00	-8,10
299	63,80	32,10	-2,60
tot	762,10	245,10	-35,90

- 68%

- 13%



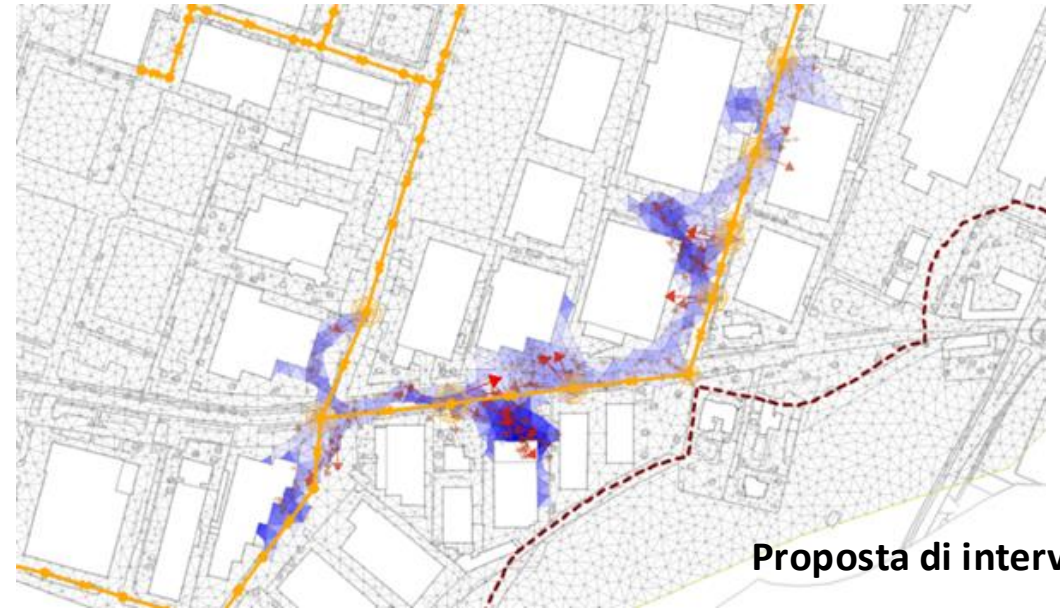
Lo studio – Ulteriori sviluppi



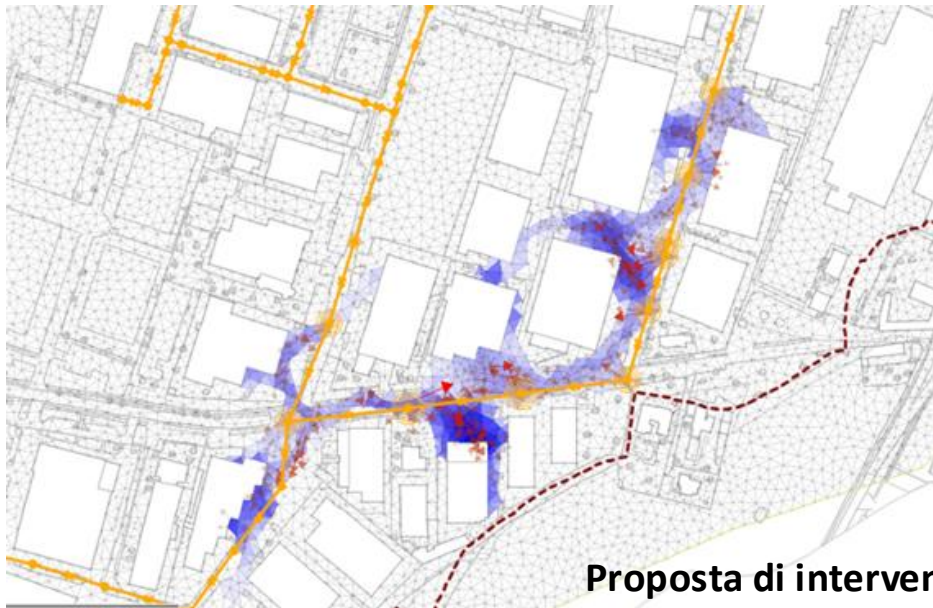
Lo studio – Ulteriori sviluppi



Stato di fatto



Proposta di intervento 2



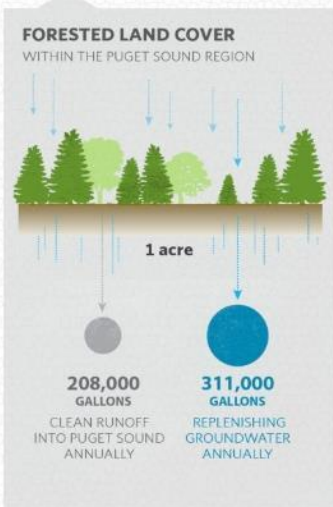
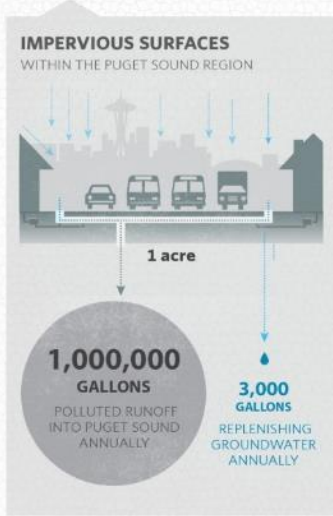
Proposta di intervento 1



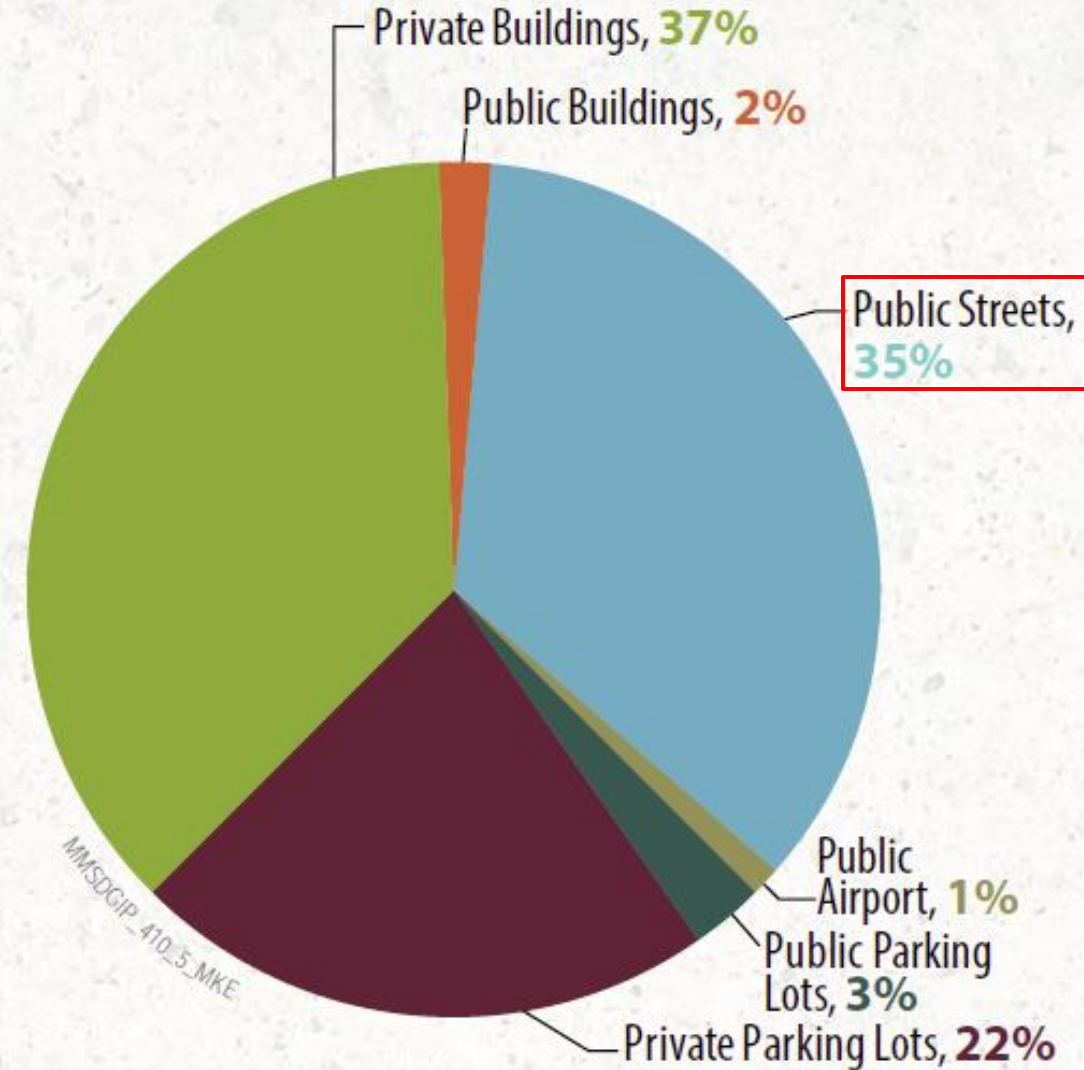
Proposta di intervento 3

Green Infrastructure e Strade

Il problema



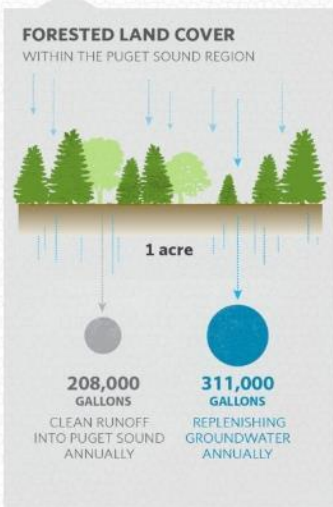
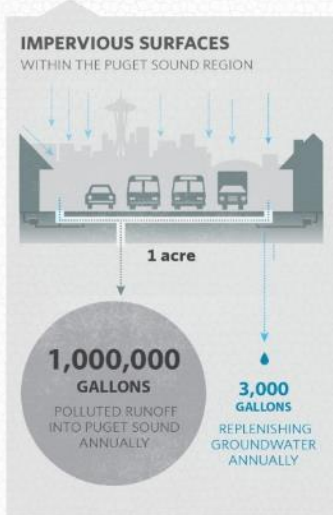
Impervious Area by Type and Ownership in the MMSD Planning Area



Milwaukee Metropolitan District

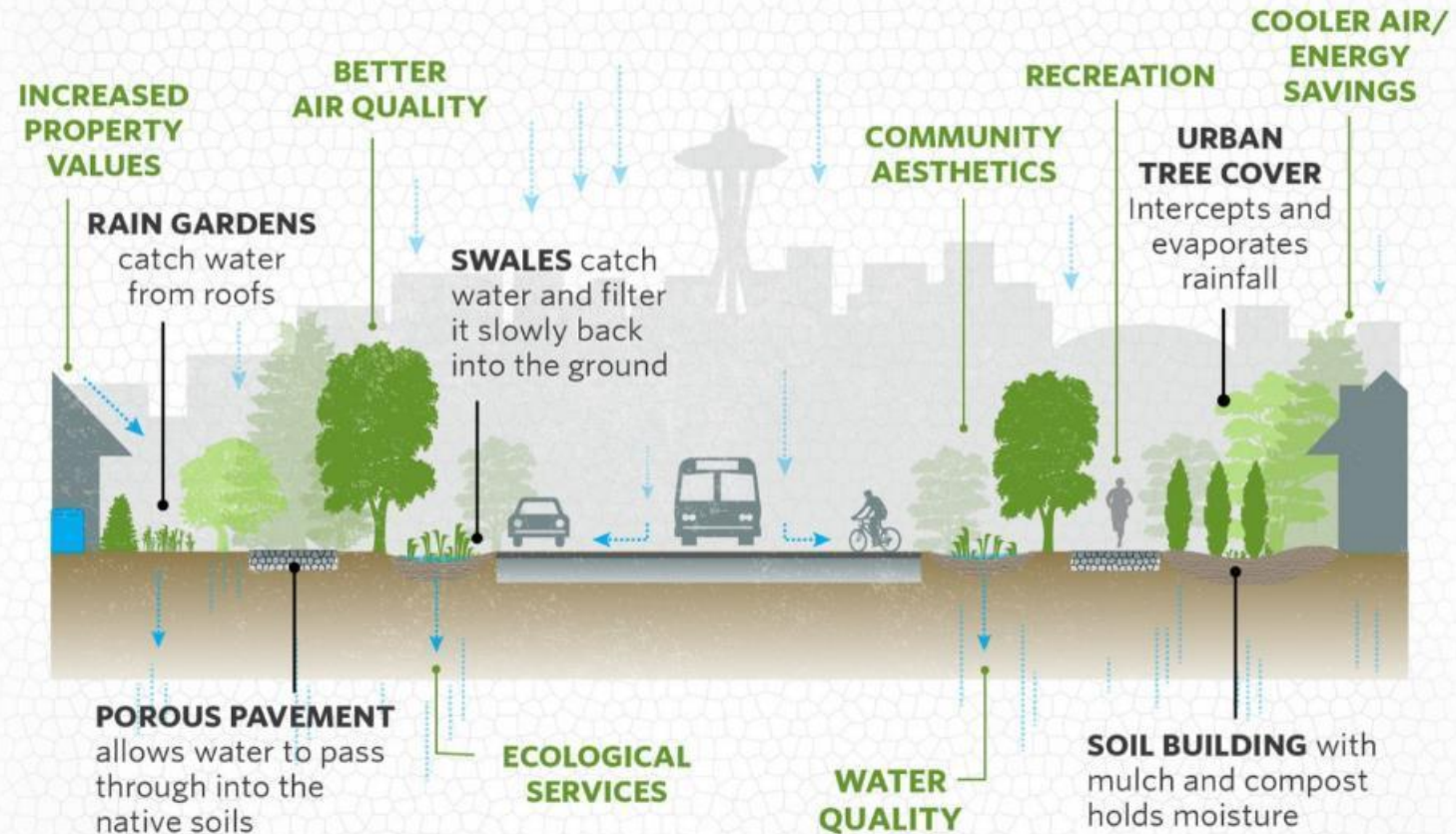
Green Infrastructure e Strade

Il problema



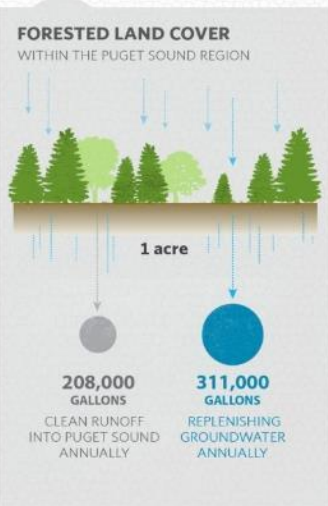
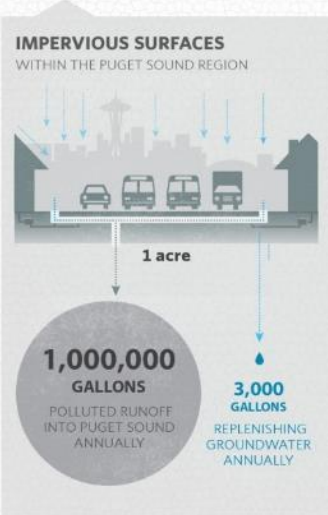
HOW ARE WE RETHINKING THE PROBLEM?

Re-envisioning and re-designing cities to function more like forests so water is absorbed back into the ground, in addition to treating stormwater through traditional means, will solve our region-wide stormwater problem.



Green Infrastructure e Strade

Il problema



Plazas - Rain Gardens



Source: www.annarbor.com



Source: www.sfbetterstreets.org

Planter Strips – Swales, Rain Gardens, Trees



Source: sfbetterstreets2.szfplanning.org



Curb Extensions – Rain Gardens



Source: www.myballard.org



Source: www.blogspot.com on 3.7.2012

Linked Tree Wells/Curbed Planters



Source: blog.g8-life.com



Parking Lane – Permeable Paving, Rain Gardens



Source: www.cityofberkeley.info on 04.12.13



Source: www.extension.org



Green Infrastructure e Strade



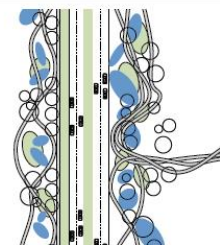
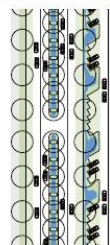
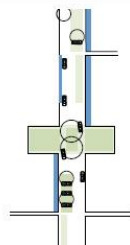
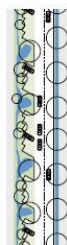
skinny streets

green streets

shared streets

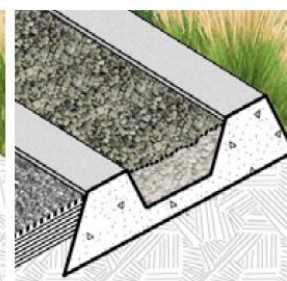
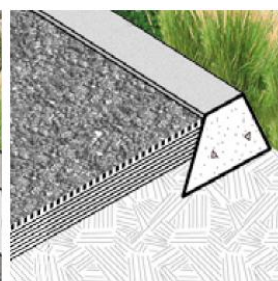
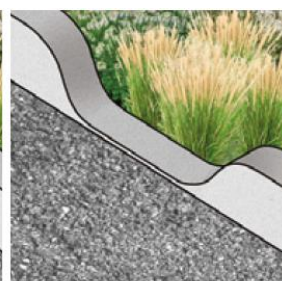
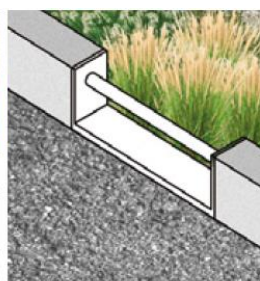
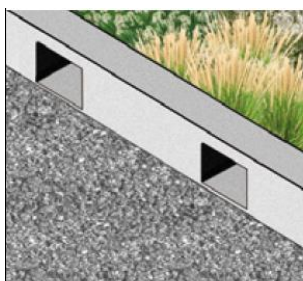
eco-boulevards

parkways



from local streets

to arterial streets



perforated pre-cast curbs

Perforated pre-cast curbs can be installed in new developments to allow water flow.

- Sediment Capture: Low
- Traffic Level: Moderate/High
- Maintenance: High

pre-fabricated curb inserts

These inserts can be used in a retrofit of an existing curb or new construction, while maintaining the curb's structural integrity. Water energy-dissipating measures are not necessary to prevent erosion if the inlets are close together.

- Sediment Capture: Low
- Traffic Level: Moderate/High
- Maintenance: High

curb cut

Curbs can be cut in a retrofit or new construction. Curb cuts can vary in length, allowing for greater flow control.

- Sediment Capture: Low
- Traffic Level: Moderate
- Maintenance: Moderate

flush curb

A flush curb maximizes uniform distribution of water from the street to the treatment facility. When used with a shallow, half inch lip, water can pond, allowing sediment to settle for eventual removal by street sweepers.

- Sediment Capture: Low
- Traffic Level: Moderate/Low
- Maintenance: Low

paving strip with sediment trench

Pervious pavers can filter sediment from street runoff, and serve as a tactile warning for straying automobiles.

- Sediment Capture: Moderate
- Traffic Level: Moderate/Low
- Maintenance: Low

double flush curb with sediment trench

An aggregate trench between flush curbs captures sediment, keeping it out of the treatment facility.

- Sediment Capture: High
- Traffic Level: Low
- Maintenance: High

*All information on these two pages from Metro Portland's *Green Streets: Innovative Solutions for Stormwater and Stream Crossings*

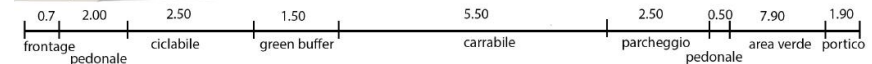
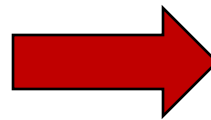
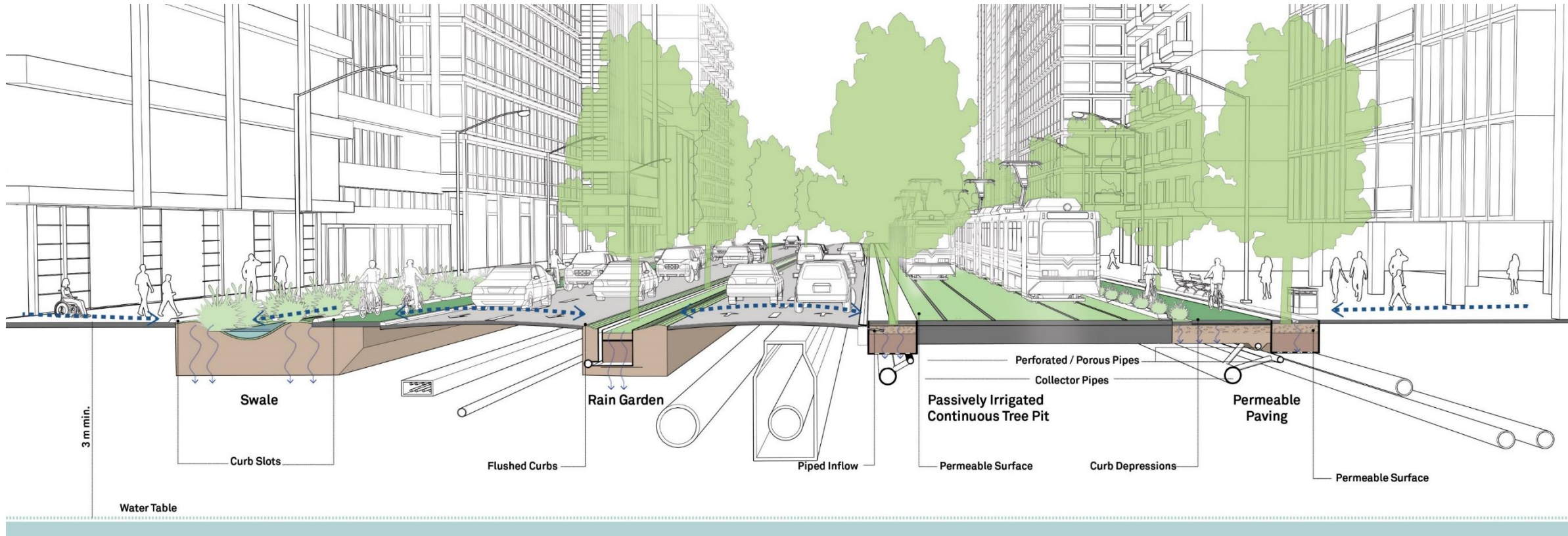
from point source flow

to distributed sheet flow

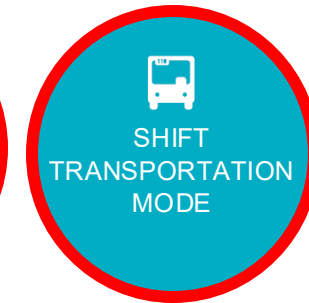
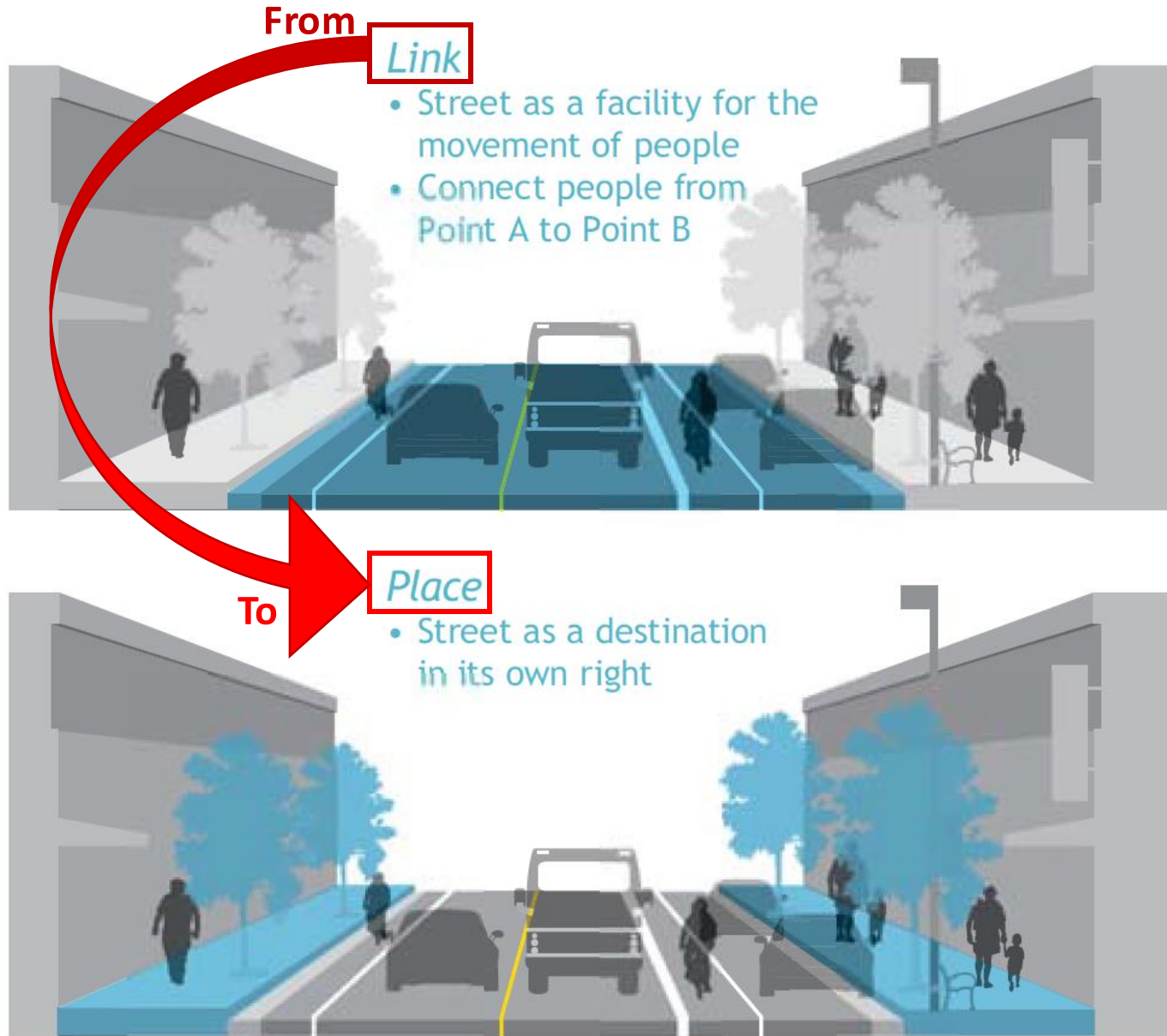


GREY TO GREEN

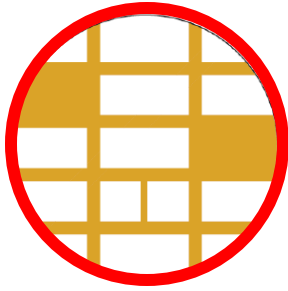
Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



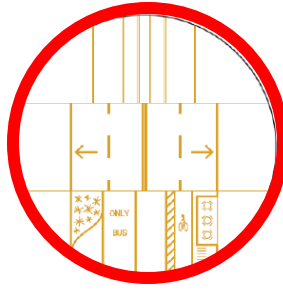
Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



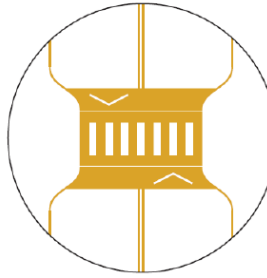
Streets Are
Public Spaces



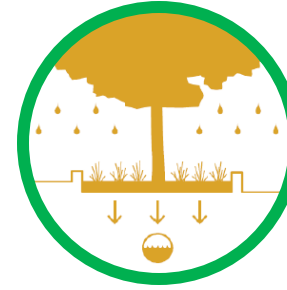
Great Streets are
Great for Businesses



Streets Can
Be Changed



Design for
Safety



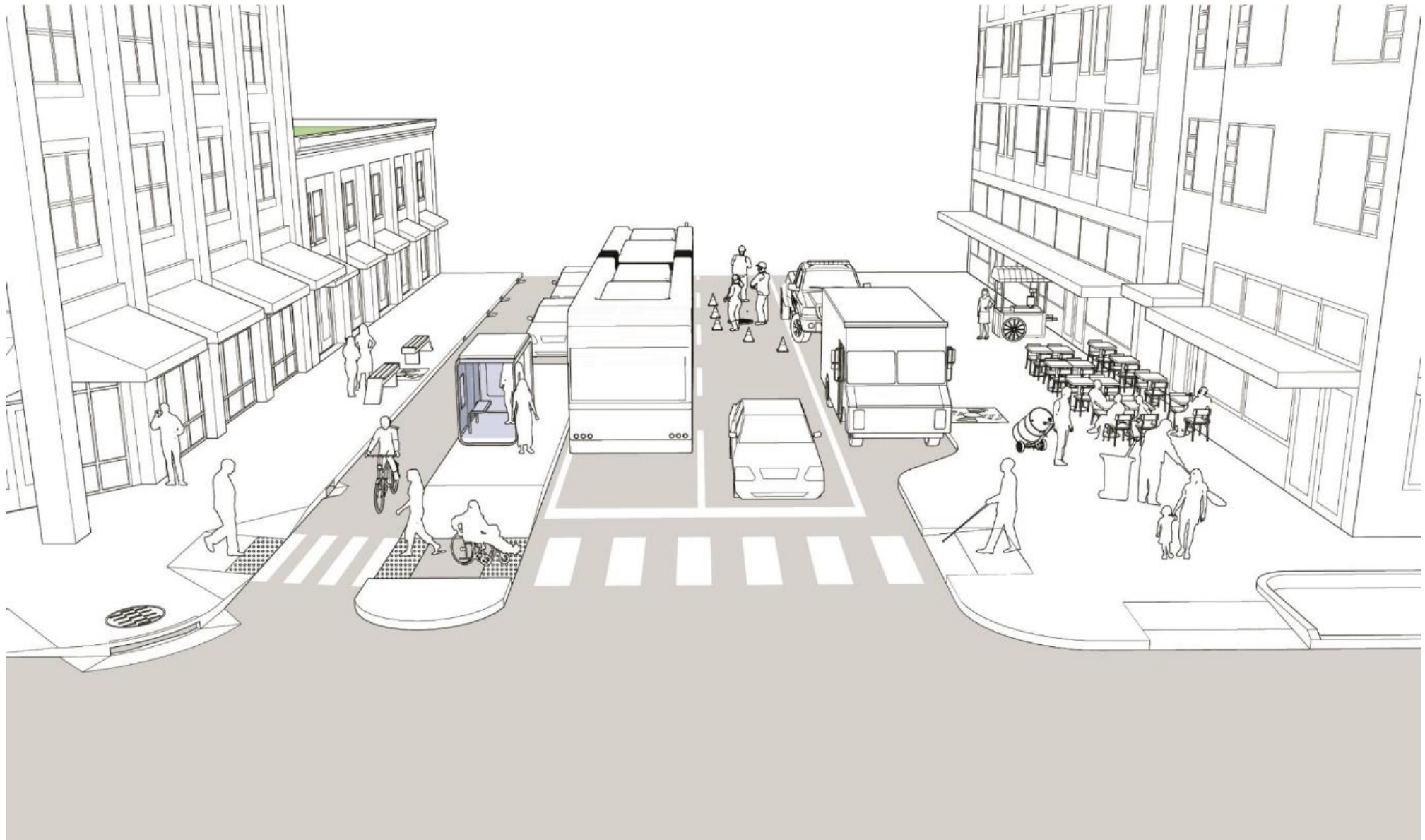
Streets are
Ecosystems



Act Now!



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design



Green Infrastructure e Strade - Complete Streets Design





PALAUVERDI / FIERA DI PARMA
VENERDÌ 17 OTTOBRE 2025 / 10.00 - 12.30
SALA QUERCIA

INFRASTRUTTURE VERDI PER LA GESTIONE DELLE ACQUE

Giulio Senes

*Professore Dottore Agronomo, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali,
Università degli Studi di Milano*

Con il patrocinio di

Media partner

ACER