DICAR Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura

Uni ct AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE

CSEI Catania Centro Studi di Economia applicata all'Ingegneria

Associazione Idrotecnica Italiana ETS Sezione Sicilia Orientale

Giornata di studi in memoria dei professori

Emanuele Guggino e Salvatore Indelicato

INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Catania, venerdì 2 dicembre 2022 - Aula magna del Di3A via Santa Sofia 100

Infrastrutture verdi per l'invarianza idraulica e idrologica

Uni ct AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E AMBIENTE

Giuseppe Luigi CIRELLI, Feliciana LICCIARDELLO, Liviana SCIUTO

Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente – Università di Catania

Sempre più spesso le reti di drenaggio tradizionali «**INFRASTRUTTURE GRIGIE**», manifestano la loro insufficienza a gestire le acque meteoriche, e sarebbe necessario un loro adeguamento alle nuove portate ed ai nuovi volumi di deflusso.

Le cause principali dell'incremento così rilevante delle portate e dei volumi di deflusso in ambito urbano e sub-urbano sono:

- l'aumento dell'**intensità degli eventi di pioggia** principalmente dovuto ai fenomeni di cambiamento climatico;
- l'aumento dell'**impermeabilizzazione del suolo** dovuto all'urbanizzazione ed alle grandi infrastrutture [negli ultimi 20 anni l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata in media del 20% - ISPRA, 2020].

"FIUMI come STRADE"

Torrente Lavinaio (Aci Catena)

Torrente Forcile (Catania)

"STRADE come FIUMI"

Catania – 25 Ott 2021

Malta – 25 Nov 2021

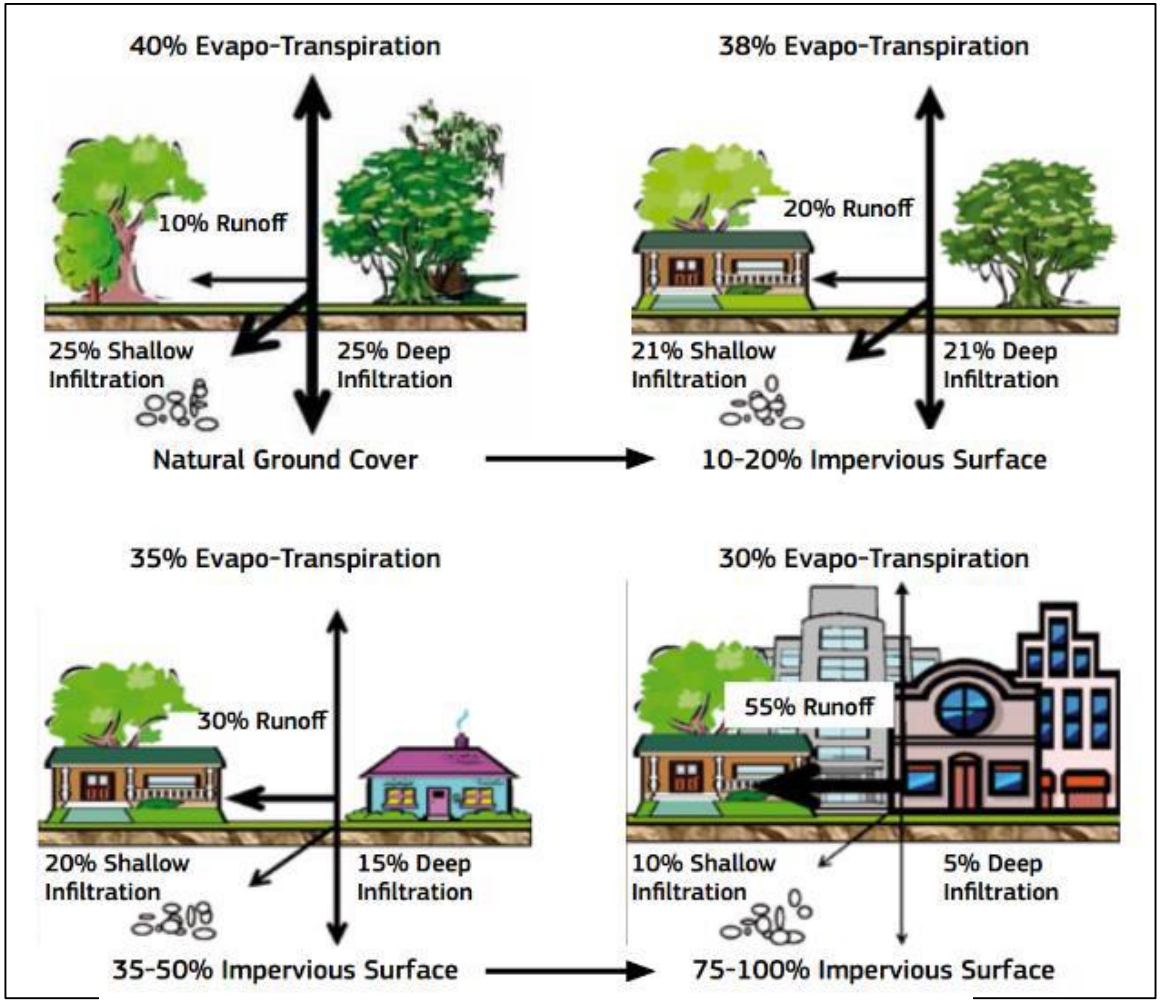
Effetti del consumo di suolo

\+ SUPERFICIE IMPERMEABILE

↓

\+ VOLUMI DI DEFLUSSO

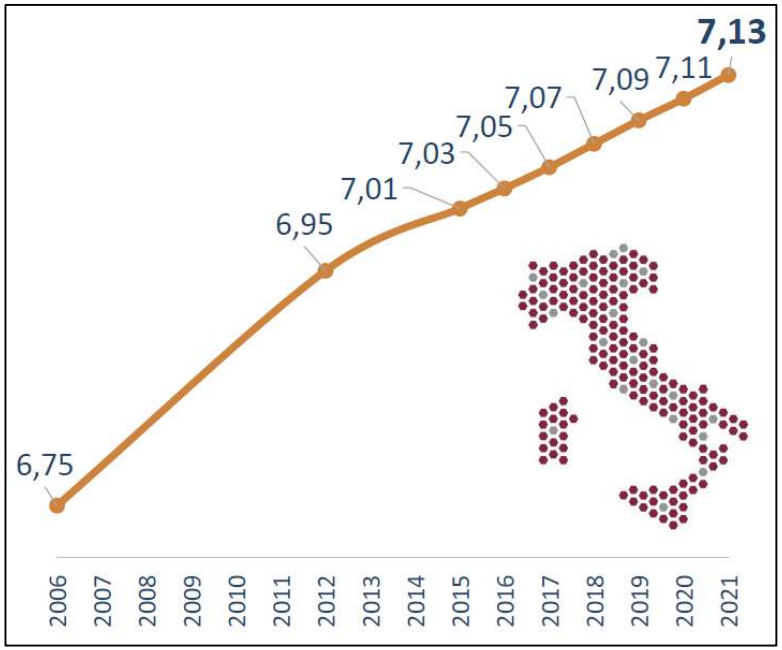
\- CAPACITÀ DI INFILTRAZIONE



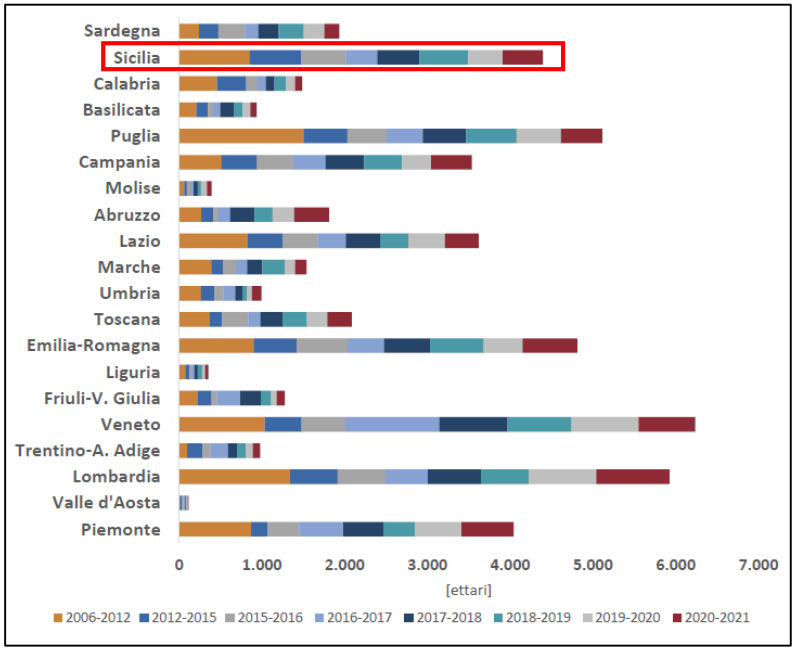
Fonte: ISPRA, 2022

Consumo di suolo in Italia (2006-2021)

Percentuale del consumo di suolo totale annuo In Italia (2006-2021)



Consumo di suolo totale annuo in ettari a scala Regionale (2006-2021)

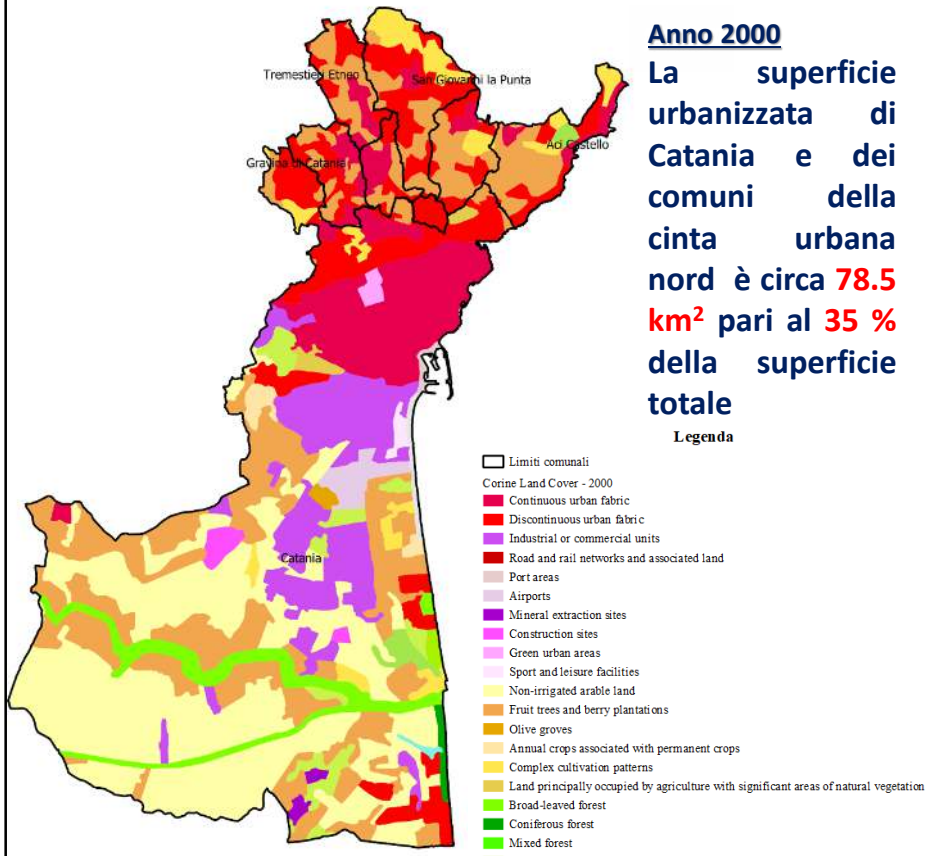


Consumo di suolo totale annuo (**2021**): **69.1 km²** → **19** ettari per giorno
2 metri quadri per secondo

Fonte: ISPRA - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, 2022

Nel periodo 2000-2018 si è avuto un incremento della superficie urbanizzata del 12%

Uso del suolo (fonte: Corine Land Cover – 2000)

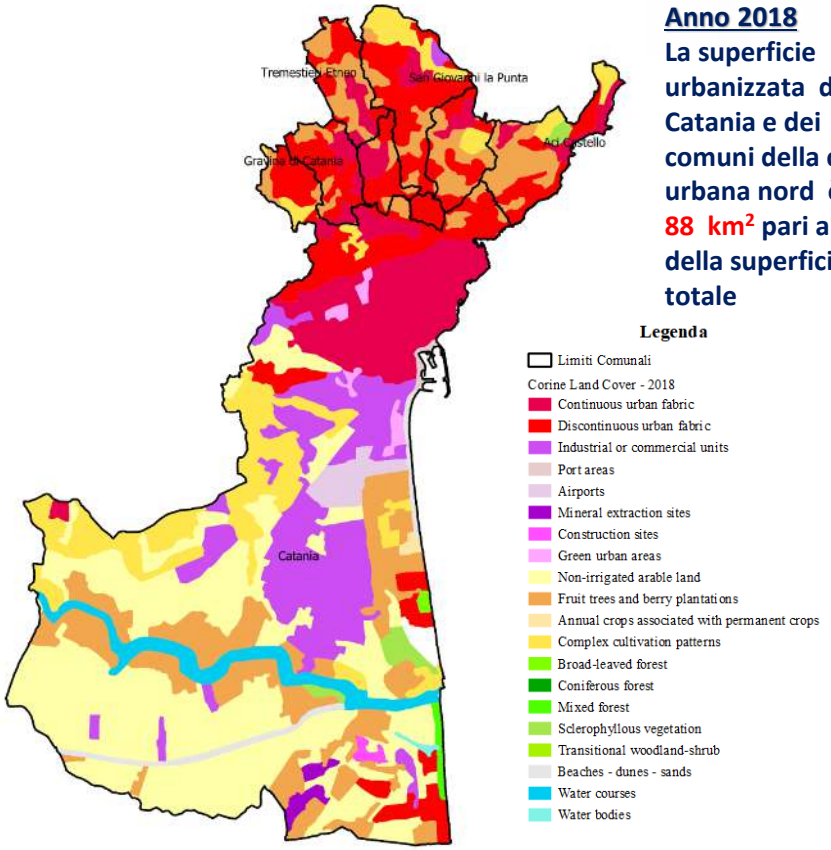


Anno 2000

La superficie urbanizzata di Catania e dei comuni della cinta urbana nord è circa 78.5 km² pari al 35 % della superficie totale

Comuni di Catania, Gravina di Catania, Tremestieri Etneo, S. Agata li Battiati, San Giovanni La Punta, San Gregorio , Aci Castello

Uso del suolo (fonte: Corine Land - 2018)

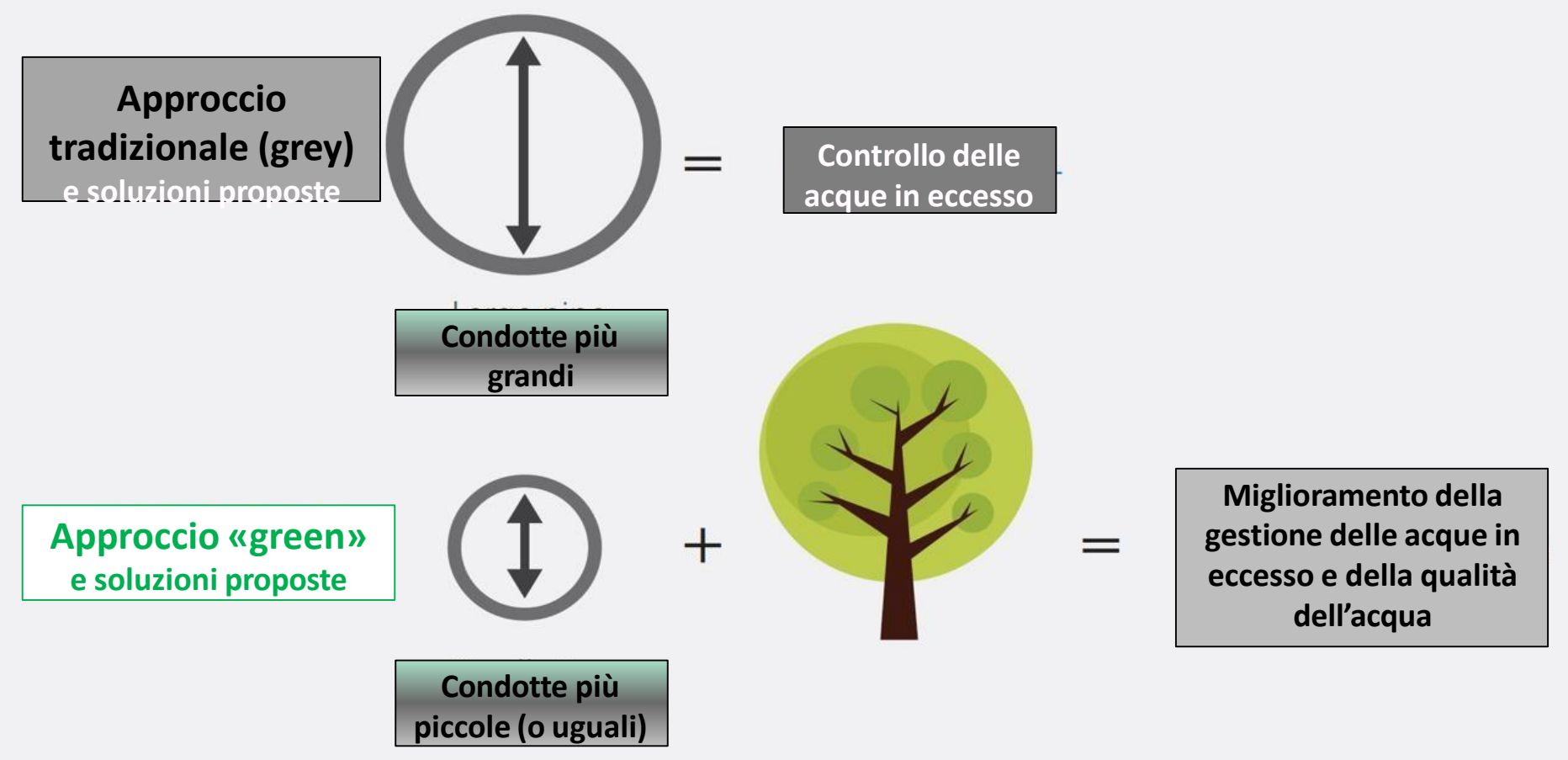


Anno 2018

La superficie urbanizzata di Catania e dei comuni della cinta urbana nord è circa 88 km² pari al 40 % della superficie totale

Comuni di Catania, Gravina di Catania, Tremestieri Etneo, S. Agata li Battiati, San Giovanni La Punta, San Gregorio , Aci Castello

Modifica del paradigma nella gestione delle acque



Disegno adattato da GreenBlue Urban Ltd, Woodstock, ON | Knoxville, TN

GREEN INFRASTRUCTURE (GI)

Green Infrastructure ONTARIO COALITION

Nature-based Solutions (NbS)/Nature-based Climate Solutions

Natural Infrastructure (NI)

Low Impact Development (LID)

NATURAL ASSETS:*
- Wetlands
- Forests
- Parks
- Meadows
- Lawns and gardens
- Soil

ENHANCED ASSETS:*
- Rain gardens
- Green roofs and walls
- Bioswales
- Urban trees
- Naturalized stormwater ponds

ENGINEERED ASSETS:*
- Permeable pavement
- Rain barrels
- Cisterns
- Perforated pipes
- Infiltration trenches

GREY INFRASTRUCTURE:*
- Bridges
- Roads
- Parking lots
- Culverts
- Pipes

*These are some key examples, but this is not a complete list

IL CONCETTO DI SPONGE CITY

Rispetto ad altri sistemi di gestione delle acque di deflusso urbano, la «SPONGE CITY» o «PERMEABLE CITY» copre una gamma più ampia di obiettivi, tra cui la riduzione dei deflussi e dei ristagni idrici, la prevenzione delle inondazioni, il miglioramento della qualità dell'acqua, il ripristino degli ecosistemi naturali e la mitigazione degli impatti delle isole di calore

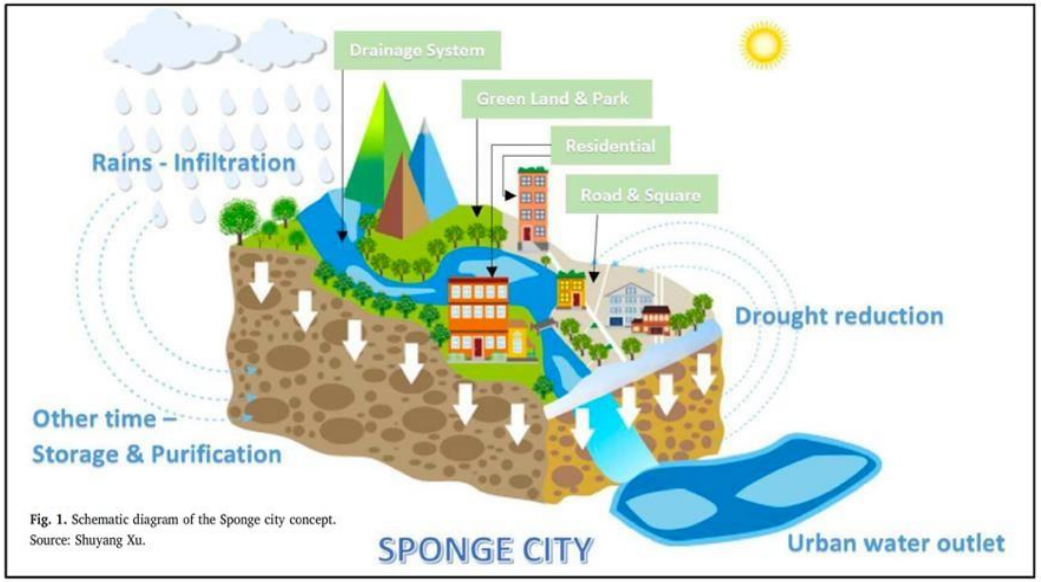
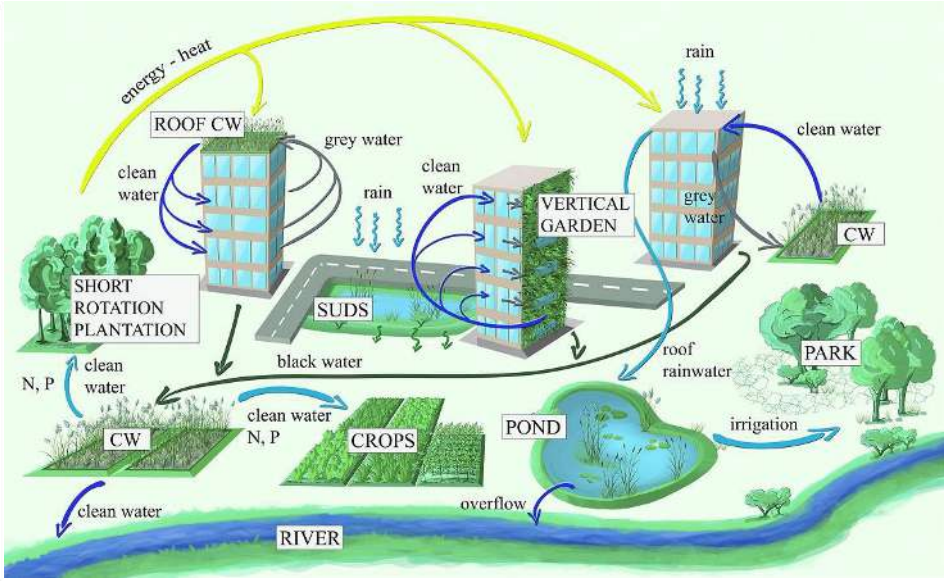
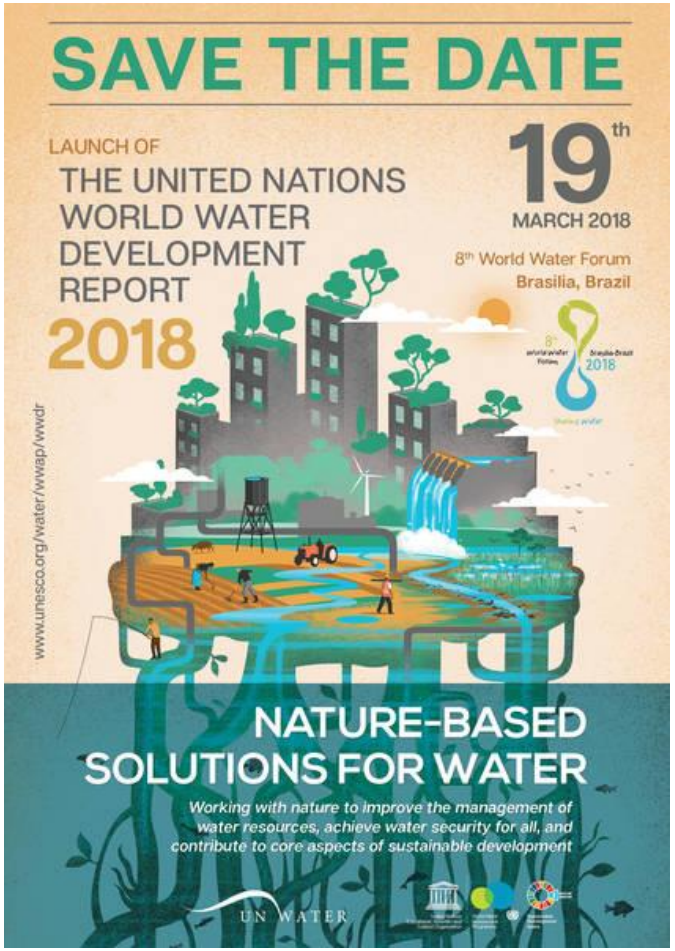


Fig. 1. Schematic diagram of the Sponge city concept.
Source: Shuyang Xu.





Le **Nazioni Unite** con l'edizione 2018 del **World Water Development Report** (WWDR 2018) hanno posto l'attenzione sulle **Soluzioni basate sulla natura** (**NBS**) come strumento cruciale per affrontare molte delle sfide contemporanee della gestione dell'acqua in tutti i settori:

Agricoltura

Qualità delle acque

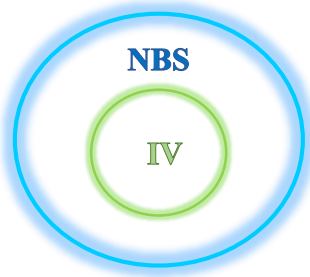
Sostenibilità urbana

Riduzione del rischio idrogeologico

Agenda 2030 → Le **NBS** offrono contestualmente co-benefici sociali, economici e ambientali per il raggiungimento dello **sviluppo sostenibile**

Infrastrutture verdi (IV): NBS per città sostenibili e resilienti

Attualmente la gestione delle risorse idriche è fortemente dominata dalle tradizionali **infrastrutture grigie** e l'enorme potenziale delle **NBS rimane sottoutilizzato**.



GESTIONE RISORSE IDRICHE = IV + INFRASTRUTTURE GRIGIE

OBIETTIVO: trovare la combinazione più appropriata di infrastrutture verdi e grigie per massimizzare i benefici e l'efficienza del sistema, riducendo al minimo costi e compromessi.

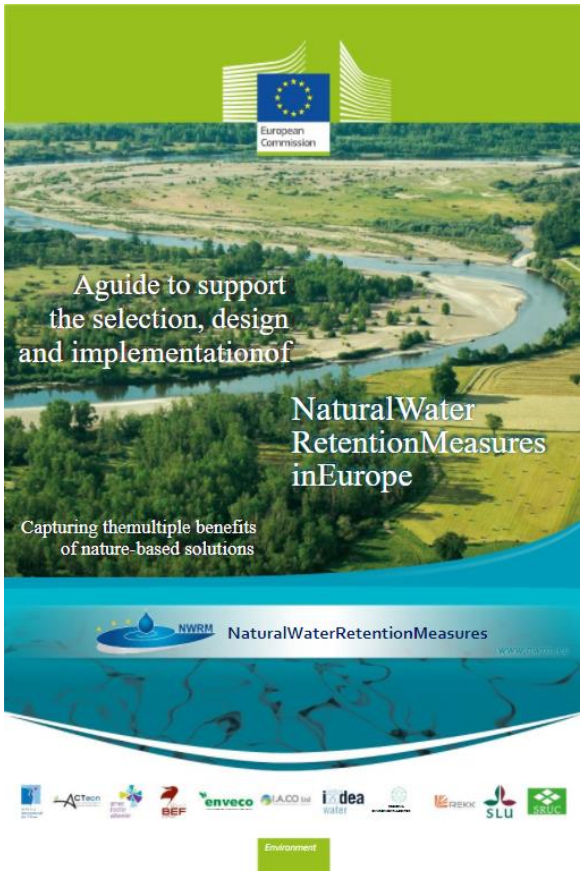
BENEFICI: regolazione e accumulo dei deflussi idro-meteorici, miglioramento della qualità delle acque di deflusso meteorico, protezione delle specie vegetali, valorizzazione della biodiversità, mitigazione dei cambiamenti climatici e riduzione degli eventi alluvionali.

Infrastrutture verdi e *Misure di ritenzione naturale delle acque* (MRNA)

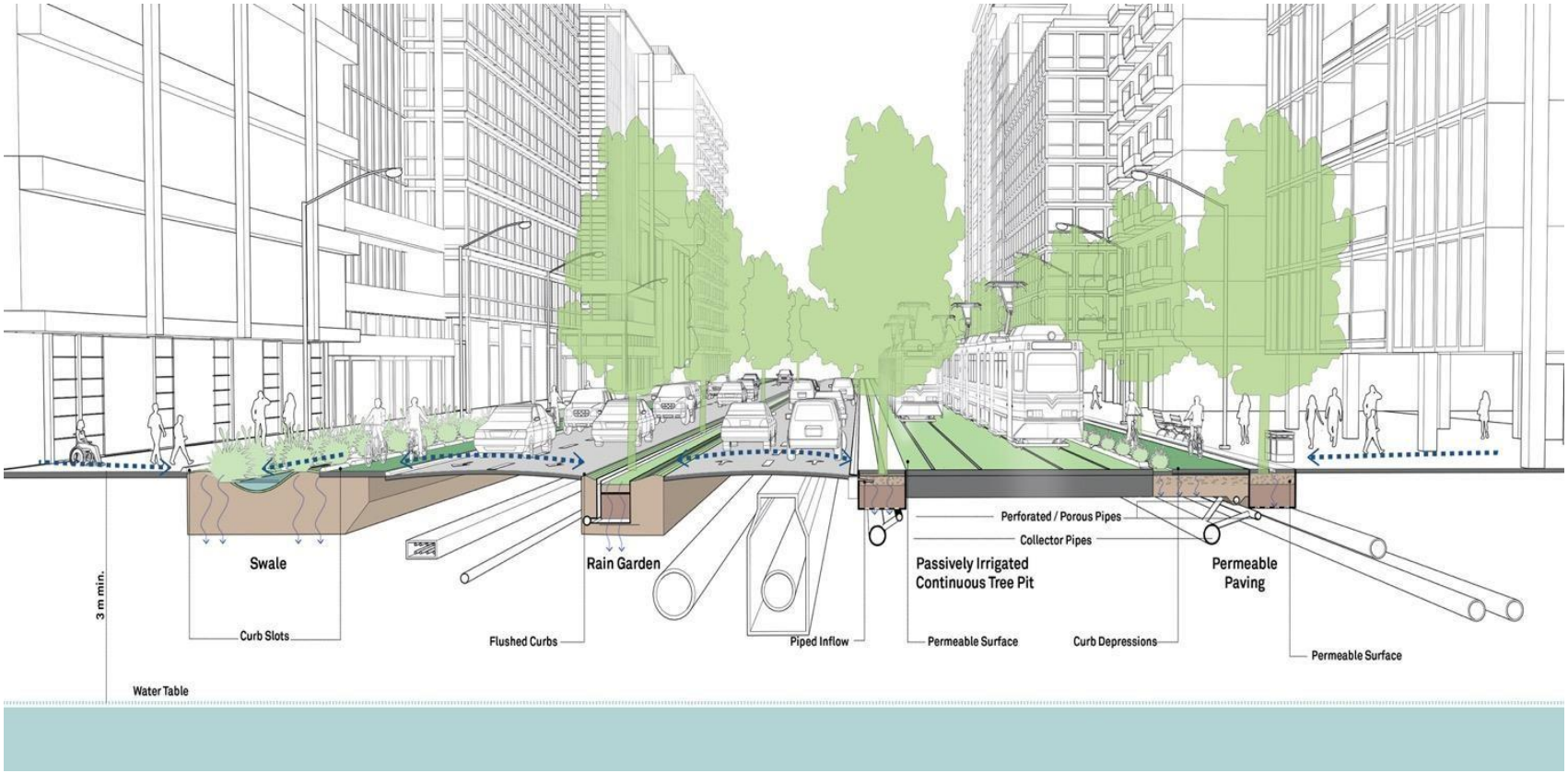
Le MRNA sono definite come «misure **multifunzionali** che mirano a proteggere le risorse idriche e ad affrontare le sfide legate all'acqua ripristinando o mantenendo gli ecosistemi, nonché gli aspetti naturalistici e le caratteristiche dei corsi d'acqua utilizzando mezzi e processi naturali».

Principali caratteristiche e funzioni

1. Hanno la funzione di **ritenere l'acqua di deflusso superficiale o fluviale** e rilasciarla con una portata controllata.
2. Migliorano la capacità di ritenzione idrica dei suoli e degli ecosistemi acquatici, incrementando la qualità dell'acqua e la biodiversità.
3. Applicazione a scala relativamente «piccola» rispetto alle dimensioni del bacino idrico o del territorio nel quale sono implementate.
4. Simulano processi naturali sebbene non siano sempre misure «naturali» di per sé (come ad esempio i tetti verdi).



Gli alberi come infrastrutture urbane
Gli alberi nelle infrastrutture urbane
Gli alberi verso le infrastrutture urbane



https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/utilities-and-infrastructure/green-infrastructure-stormwater-management/

Tipologie e ambiti di applicazione delle MRNA

Le MRNA sono molto diverse in quanto a tipologia e all'ambito territoriale a cui possono essere applicati. In particolare, le MRNA possono:

1. **modificare gli ecosistemi direttamente o indirettamente** (tramite modifiche delle pratiche di gestione del suolo e dell'acqua);
2. **essere specifiche per settori (ad esempio per l'agricoltura) o applicabili su diversi settori e ambienti (rurali e urbani).**

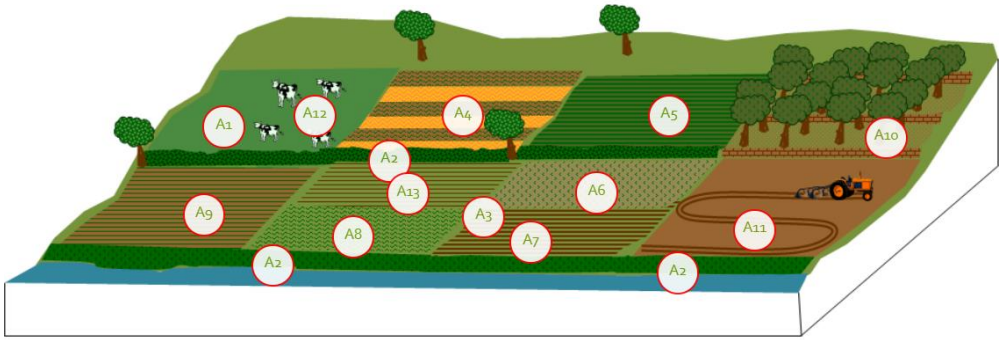
Agricoltura

Silvicoltura

Idro-morfologia

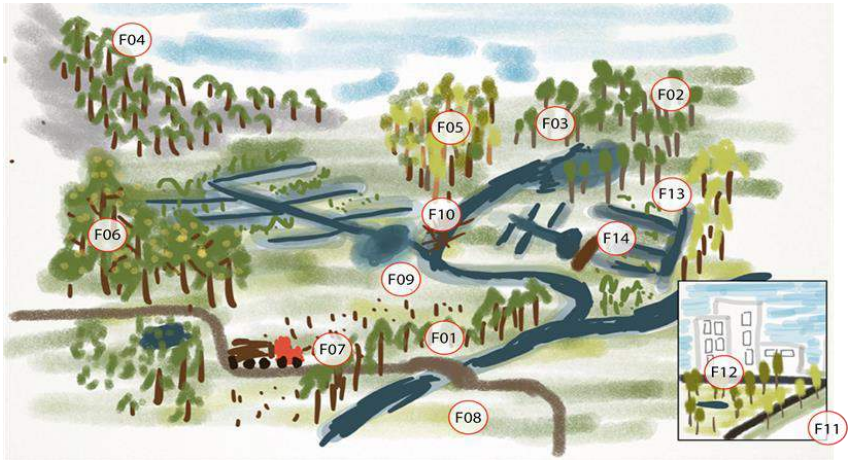
Urbanistica

Agricoltura



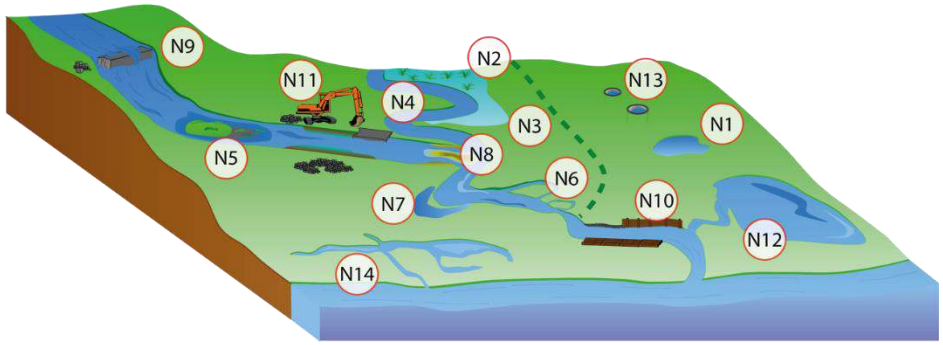
AMBITO AGRICOLO (A)	
A1	Prati e pascoli
A2	Fasce tampone e siepi
A3	Rotazione delle colture
A4	Fasce coltivate lungo le isoipse
A5	Colture miste
A6	Agricoltura «no tillage»
A7	Agricoltura «minimum tillage»
A8	Coperture verdi
A9	Semina precoce
A10	Terrazzamenti tradizionali
A11	Traffico controllato
A12	Carico bestiame ridotto
A13	Pacciamatura

Silvicoltura



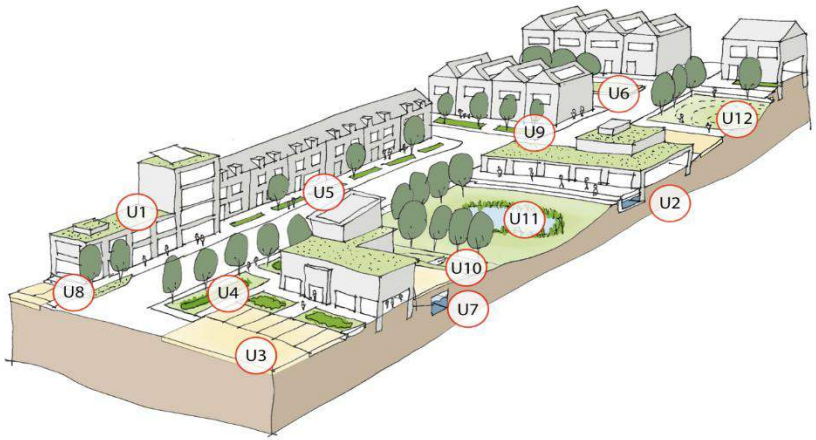
AMBITO FORESTALE (F)	
F1	Fasce tampone riparie arboree
F2	Manutenzione della copertura nelle aree di sorgente
F3	Forestazione di bacini idrografici
F4	Forestazione mirata per la mitigazione dei cambiamenti climatici
F5	Conversione dell'utilizzo dei terreni
F6	Copertura forestale continua
F7	Guida nel rispetto dei percorsi idraulici
F8	Progettazione adeguata di strade e attraversamenti di corsi d'acqua
F9	Stagni per la cattura dei sedimenti
F10	Detriti legnosi grossolani
F11	Parchi forestali urbani
F12	Alberi nelle aree urbane
F13	Strutture per il controllo della portata di piena nelle foreste
F14	Aree di inondazione controllata

Idro-morfologia



AMBITO IDRO-MORFOLOGICO (N)	
N1	Bacini e stagni
N2	Ripristino e gestione delle aree umide
N3	Ripristino e gestione della pianura alluvionale
N4	Ricostituzione dei meandri
N5	Ri-naturalizzazione del letto del torrente
N6	Ripristino e ricollegamento di ruscelli stagionali
N7	Ricollegamento di lanche e strutture simili
N8	Ri-naturalizzazione del torrente
N9	Rimozione di dighe e altre barriere longitudinali
N10	Stabilizzazione delle sponde naturali
N11	Eliminazione dei manufatti di protezione delle sponde fluviali
N12	Ripristino dei laghetti
N13	Ripristino dell'infiltrazione naturale nelle acque di falda
N14	Ri-naturalizzazione di aree di polder

Urbanistica



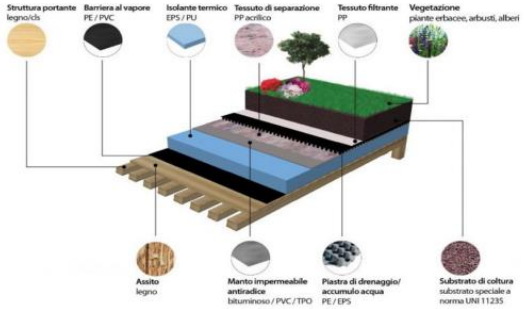
AMBITO URBANO (U)	
U1	Tetti verdi
U2	Raccolta delle acque piovane
U3	Superfici permeabili (pavimentazioni porose)
U4	"Swales"
U5	Canali e rigagnoli
U6	Fasce filtranti
U7	Pozzi perdenti
U8	Trincee drenanti
U9	Giardini della pioggia
U10	Bacini di ritenzione
U11	Stagni di ritenzione
U12	Bacini di infiltrazione

Miglioramento della qualità delle acque e per la riduzione dei deflussi in ambito urbano e periurbano mediante infrastrutture verdi

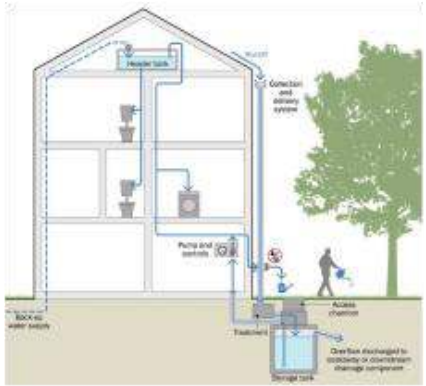
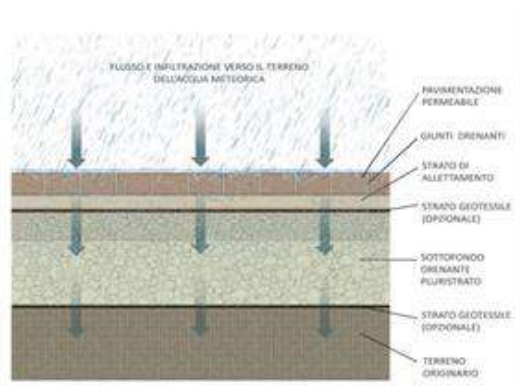
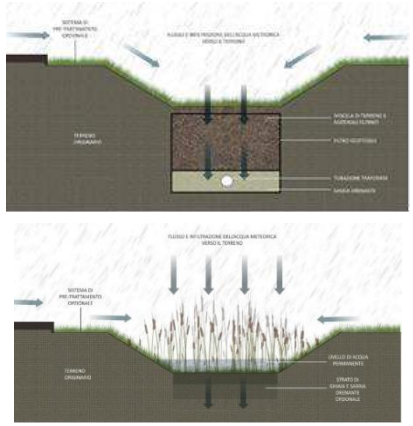
U1 Tetti verdi (Green Roofs)

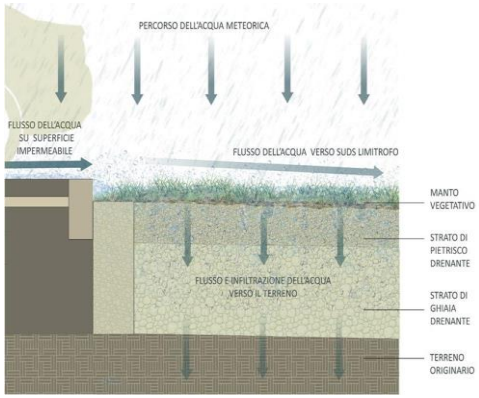
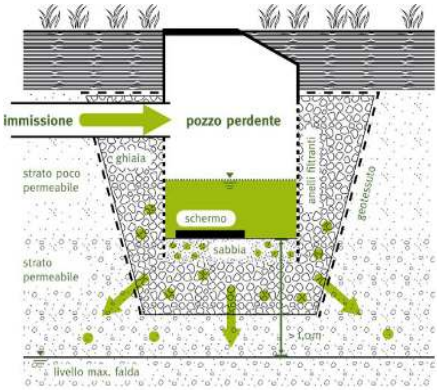
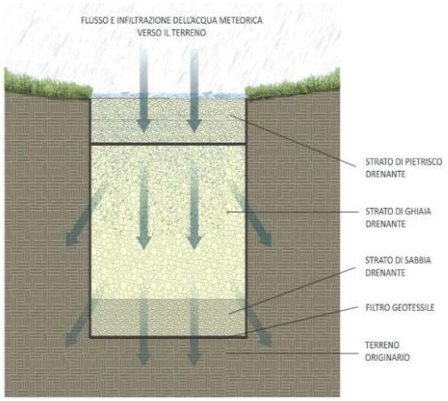
Descrizione

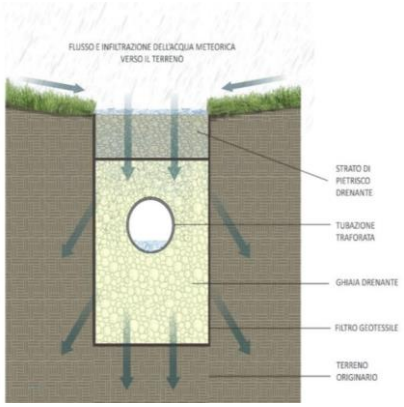
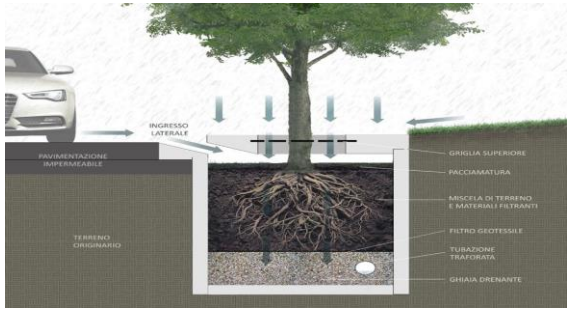
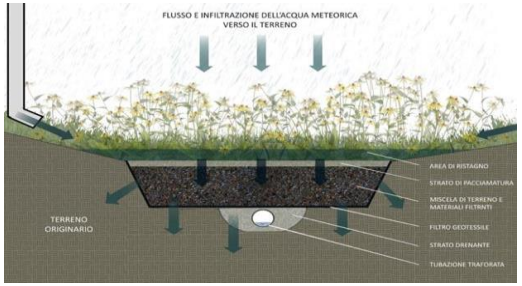
I tetti verdi sono sistemi a più strati che coprono il tetto degli edifici con vegetazione e/o giardini su uno strato di drenaggio. I tetti verdi possono essere di due tipi, intensivi ed estesivi. I tetti verdi estensivi (tetti a sedo, tetti ecologici o tetti viventi) coprono l'intera superficie del tetto con vegetazione leggera, a crescita bassa, autosostenente, che richiede bassa manutenzione. I tetti verdi intensivi (giardini sui tetti) sono ambienti curati con elevati benefici relativi ai servizi ricreativi. I tetti verdi sono progettati per intercettare le precipitazioni che vengono rallentate durante il loro scorrimento lungo la vegetazione e lo strato di drenaggio. L'introduzione della vegetazione su una superficie altrimenti nuda determina una maggiore evaporazione-traspirazione che contribuisce e un minore ruscellamento. I tetti verdi ben progettati sono efficaci nella riduzione delle portate di picco causate da precipitazioni frequenti e non molto intensi, contribuendo pertanto alla gestione del rischio di alluvione. La loro efficacia può variare dal 5 al 95% di riduzione del ruscellamento, a seconda del tipo di substrato e della profondità, delle condizioni antecedenti l'evento, della stagione, dell'intensità e del volume delle precipitazioni. Poiché i tetti verdi possono contribuire a migliorare la qualità dell'acqua di ruscellamento, possono anche contribuire al miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche e dello stato chimico e quindi contribuire ad un sistema di drenaggio sostenibile ed efficace prevenendo il deterioramento dello stato delle acque di superficie. Se diffusi in un'area urbana, i tetti verdi possono contribuire al miglioramento della qualità dell'aria, ad abbassare la temperatura dell'aria e ad aumentare il livello di umidità, aiutando pertanto nella regolazione climatica.

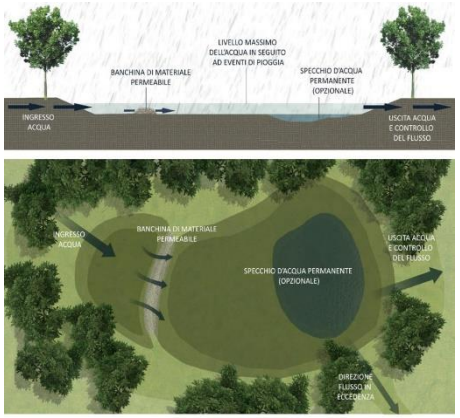
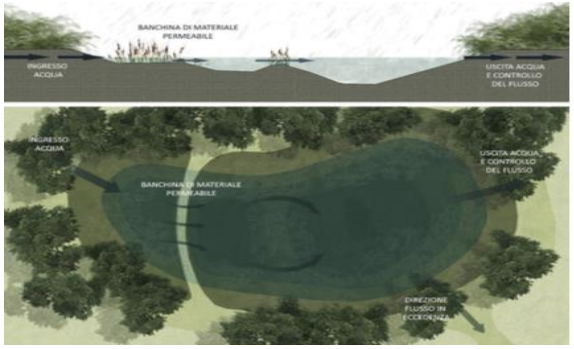
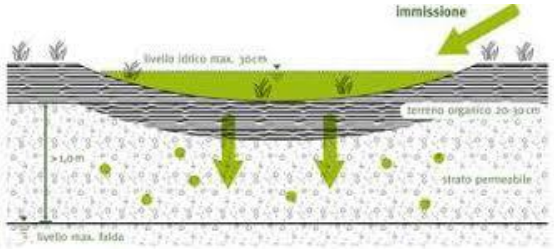


Tipo dell'influente	Acque meteoriche Acque grigie
Componenti principali	1. Strato di vegetazione 2. Strato di coltura 3. Strato filtrante 4. Strato drenante e di accumulo idrico 5. Strato di protezione meccanica 6. Strato impermeabile e antiradici 7. Strato divisorio 8. Strato isolante 9. Elemento portante
Vantaggi	- Miglioramento del microclima - Ritenzione dell'acqua - Filtrazione di polveri e sostanze nocive - Miglioramento dell'isolamento acustico
Svantaggi	- Limitazione della crescita della vegetazione - Difficoltà di ancoraggio - Peso esercitato - Presenza dell'acqua
Costi di costruzione	I costi di costruzione sono generalmente maggiori quando i tetti verdi vengono inseriti in edifici già esistenti rispetto a quando vengono incorporati in un nuovo edificio. I costi di costruzione variano da 25÷130 €/m^2 per design estensivi e 130÷300 €/m^2 per design intensivi. I costi di manutenzione raggiungono i 55 €/m^2 per ciascun intervento di manutenzione su tetti verdi estensivi. Fonte: www.nwrm.eu
Progettazione	Devono essere presenti molteplici scarichi provenienti dal tetto verde, per ridurre i rischi di ostruzione. La resistenza strutturale del tetto deve tenere in considerazione l'intero carico aggiuntivo degli elementi del tetto verde in condizioni sature. La membrana impermeabilizzante deve presentare una buona resistenza alle penetrazioni delle radici e uno spessore del substrato che deve essere compreso fra 10 e 250 mm. La manutenzione (vegetazione, membrana...) è importante per assicurare una continua efficacia.
Esercizio e manutenzione	Il grado di manutenzione richiesto dalle coperture a verde è un altro importante parametro di classificazione. Coperture con funzioni tecniche e di mitigazione ambientale sono associate necessariamente all'esigenza di ridurre i costi di manutenzione poiché rientrano, al pari del fabbisogno idrico, nel bilancio energetico dell'opera. La norma UNI 11235:2007 propone la seguente classificazione: *a. Tipologie di manutenzione* manutenzione delle opere a verde; manutenzione del sistema di drenaggio; manutenzione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e dell'elemento di tenuta all'acqua. *b. Gradi di manutenzione* manutenzione di avviamento per il controllo (collaudo); manutenzione di avviamento a regime (solo per le coperture estensive); manutenzione ordinaria; manutenzione straordinaria.
Pubblicazioni o esempi	Verde estensivo Verde intensivo Bosco verticale – Milano
Bibliografia	www.nwrm.eu ISPRA. 2012. Verde Pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico. Roma.

U2 Raccolta delle acque piovane (Rainwater harvesting)	U3 Superfici permeabili (Pervious pavement)	U4 Canali vegetali (Swales)
		

U6 Fasce filtranti (Filter strips)	U7 Pozzi perdenti (Soakaways)	U8(A) Trincee drenanti (Infiltration trenches)
		

U8(B) Dreni filtranti (Filter drains)	U8(C) Box alberati filtranti (Tree box filters)	U9 Aree di bioritenzione vegetata (Bioretention areas)
		

U10 Bacini di detenzione (Detention basins)	U11 Stagni e zone umide/fitodepurazione (Ponds and Wetlands)	U12 Bacini di infiltrazione (Infiltration basins)
		

Benefici in ambito urbano

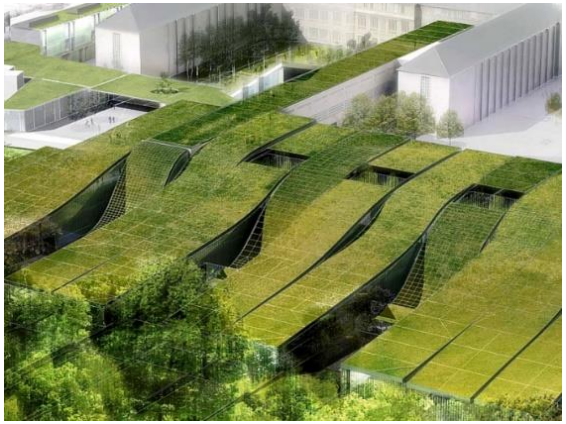
Legenda: Scala Qualitativa Benefici

	H = Alto
	M = Medio
	L = Basso
	Nessuno
	N = Negativo

		Metodi di Accumulo delle Acque							*Impatti Biofisici Derivanti dall'Accumulo delle Acque*									
		Rallentamento e Accumulo Deflussi				**Riduzione Deflussi**			**Riduzione Inquinamento**		**Conservazione del Suolo**		**Creazione di Habitat**			**Cambiamento Climatico**		
		BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	BP7	BP8	BP9	BP10	BP11	BP12	BP13	BP14	BP15	BP16	BP17
		Accumulo deflussi	Rallentamento deflussi	Accumulo acque dei fiumi	Rallentamento acque dei fiumi	Incremento evapotraspirazione	Incremento infiltrazione e/o ricarica falde sotterranee	Incremento ritenzione del suolo	Riduzione fonti inquinamento	Intercettazione di plume d'inquinamento	Riduzione erosione e/o rilascio sedimenti	Miglioramento dei suoli	Creazione di habitat acquatici	Creazione di habitat riparuali	Creazione di habitat terrestri	Aumento precipitazioni	Riduzione dei picchi di temperatura	Assorbimento e/o sequestro CO_2
U1	Tetti verdi	M	M			H			L	L					L		L	L
U2	Raccolta delle acque piovane	L	L															
U3	Superfici permeabili	M	M				M		L	L								
U4	Depressioni	M	H			M	M	L	L	M	M			L	M		L	L
U5	Canali e rigagnoli	L	M			M	L			M	L		L		L		L	L
U6	Fasce filtranti		L				L	L		H	H				M		L	L
U7	Pozzi perdenti	M					H	L	L	L								
U8	Trincee di infiltrazione	M	L				H	L		M	M							
U9	Giardini della pioggia	M	M			H	H	L	L	M	M				H		M	L
U10	Bacini di ritenzione	H	H			M	L	L		M	M				M		L	L
U11	Stagni di ritenzione	H	H			M			L	H	H		H	M	L	L	L	
U12	Bacini di infiltrazione	H	H			L	H	L		H	M				M		L	L

Infrastrutture verdi urbane

- sistemi che riducono il volume di drenaggio intercettando il *runoff* dai tetti per il successivo riuso o stoccaggio o evapotraspirazione (***tetti verdi o green roof***)
- sistemi di pre-trattamento per la rimozione di alcuni inquinanti (***fossati vegetati o swales***);
- sistemi di ritenzione, ritardano la velocità del *runoff* (***giardini pluviali o rain garden)***
- sistemi di infiltrazione (***trincee di infiltrazione***)

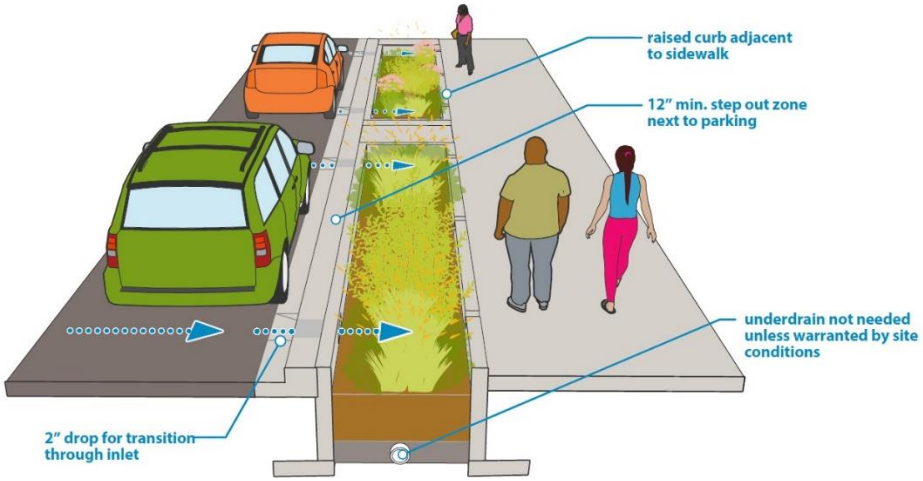


http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/natura_italia/valutazioni_proposte_infrastrutture_verdi.pdf

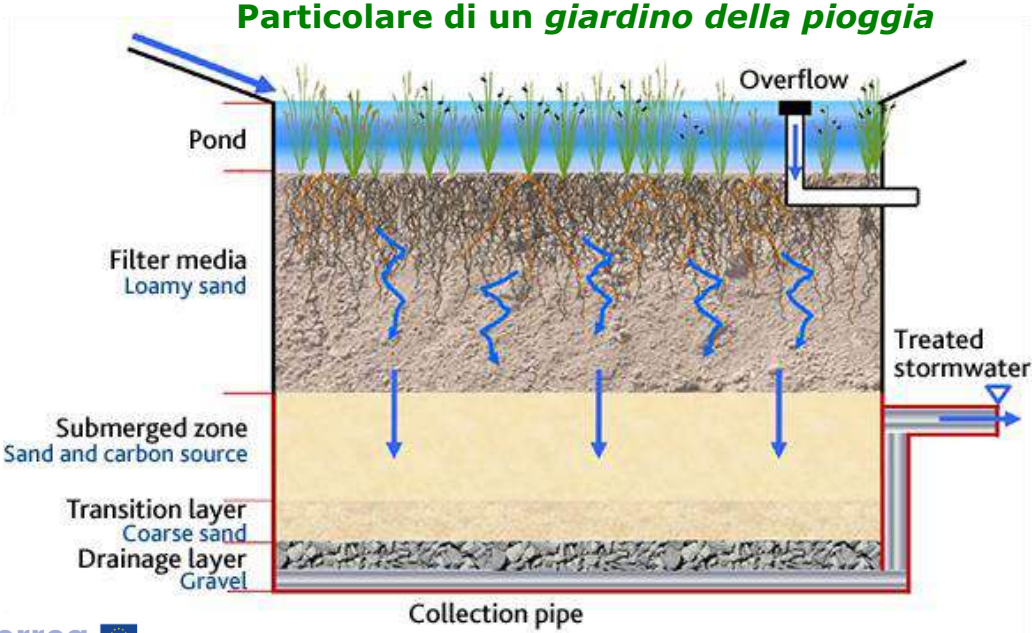
Bacini e vasche d'infiltrazione

Nuova area ospedaliera di Parco della Trucca
a Bergamo (2009- 2011)

Giardino della pioggia (rain garden)



Particolare di un *giardino della pioggia*



Il deflussi si infiltrano nel *giardino della pioggia* e/o possono essere incanalati attraverso apposite tubazioni verso un sistema di drenaggio urbano

Il mezzo poroso effettua l'azione filtrante e di risanamento, ad opera delle piante, dei microorganismi e del suolo.

La granulometria del substrato drenante cresce dall'alto verso il basso.

http://www.melbournewater.com.au/Planning-and-building/Stormwater-management/WSUD_treatments/Pages/Raingardens.aspx

SURFACE COVERED BY PILOT MEASURES IN BOTH CROSS-BORDER TERRITORIES

1000 m^2 + 500 m^2 + 500 m^2

900 m^2 + 900 m^2 + 900 m^2

90 km^2

catchment area included in the GIS-based flood model, in order to evaluate the reduction/mitigation of floods effects due to the implementation of **GUIs** in urban and sub-urban areas in **Sicily** and in **Malta**.

WP 3 – THE USE OF POROUS PAVEMENT AND RAIN GARDEN TO PROMOTE HYDRAULIC BEST MANAGEMENT PRACTICES

Target urban areas in Sicily

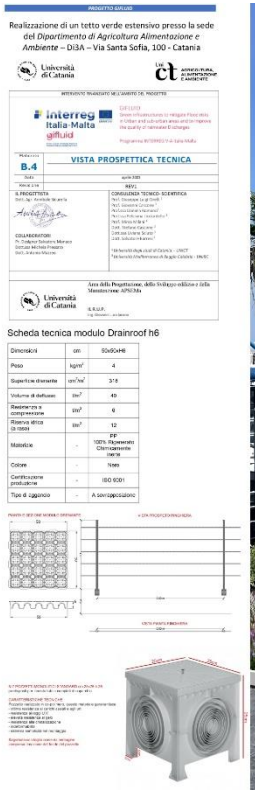
Installation of rain garden (500 m^2) at the **Department of Agriculture, Food and Environment – Di3A (University of Catania)**

Installation of rain garden (400 m^2) and porous pavement (900 m^2) in **Acicastello municipality**

WP 4 – THE ROLE OF GREEN ROOFS TO ATTENUATE STORMWATER RUNOFF AND TO MITIGATE ENVIRONMENTAL POLLUTION

Target urban areas in Sicily

Installation of green roof (900 m^2) at the **Department of Agriculture, Food and Environment – Di3A (University of Catania)**



Green Infrastructures to mitigate flood risks in Urban and sub-urban areas and to improve the quality of rainwater discharges - GIFLUID

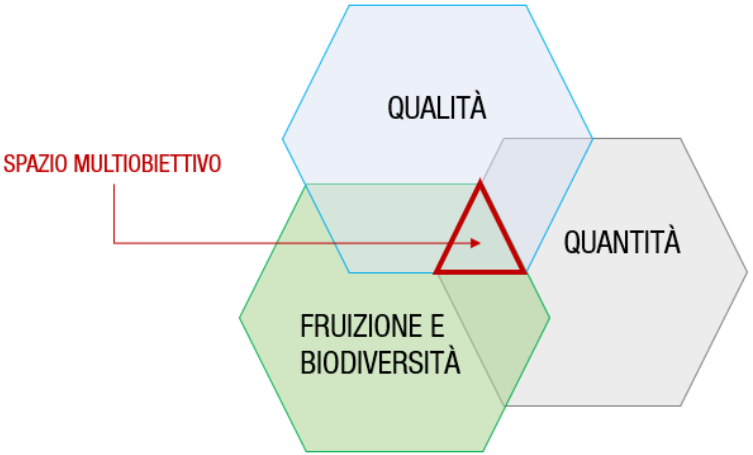
Professor Giuseppe Cirelli

Giardino della pioggia – Via S. Sofia 100

Interreg Italia-Malta
gifluid
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
European Regional Development Fund
UNIONE EUROPEA
EUROPEAN UNION

La pianificazione, programmazione, progettazione, realizzazione, gestione e monitoraggio delle INFRASTUTTURE VERDI PER L'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA richiede un'approccio <u>multi-obiettivo</u> e <u>multi-disciplinare</u>.

In relazione a tale complessità occorrono diverse professionalità (Ingegnere idraulico e ambientale, Agronomo, Architetto / paesaggista, Pianificatore, Geologo,, Biologo, Chimico, ecc..).

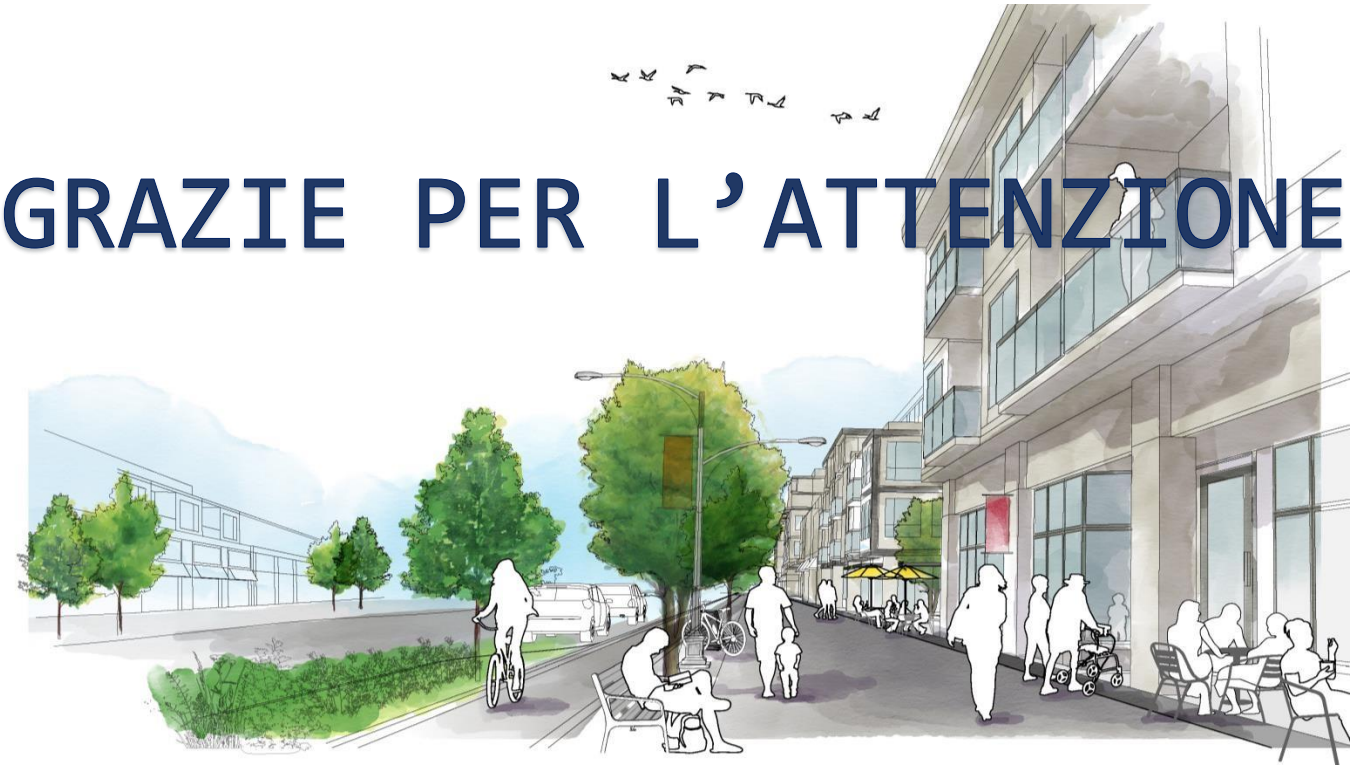


Interreg Italia-Malta
gifluid

Il più grande pericolo in tempo di turbolenza non è la turbolenza, è agire con la logica di ieri

(cit.Peter Drucker).

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



CSEI Catania

Seguiteci su *FACEBOOK*

https://www.facebook.com/cseicatania

Seguiteci sul nostro sito:

http://www.cseicatania.com/

I quaderni CSEI (scaricabili gratuitamente)

http://www.cseicatania.com/index.php?content=pagina&id=27

Il più grande pericolo in tempo di turbolenza non è la turbolenza, è agire con la logica di ieri (cit.Peter Drucker).

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito del progetto di ricerca GIFLUID

Interreg Italia-Malta

UNIONE EUROPEA
EUROPEAN UNION

gifluid

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale
European Regional Development Fund

SEGUITECI su :

https://www.gifluid.eu/

https://www.facebook.com/GiFluid