



Interreg



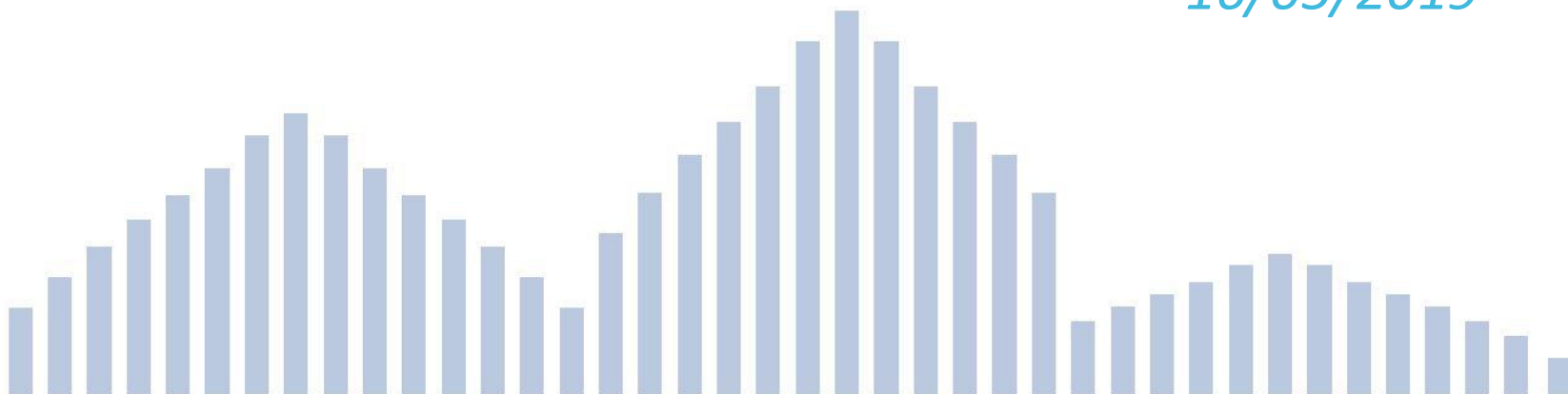
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

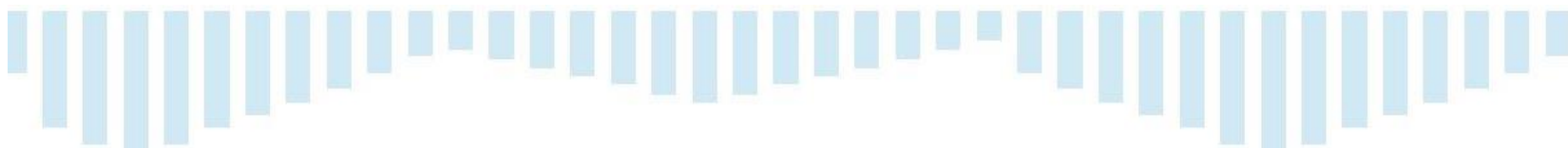


16/05/2019



SOLUZIONI GREY

per l'adattamento al cambiamento climatico



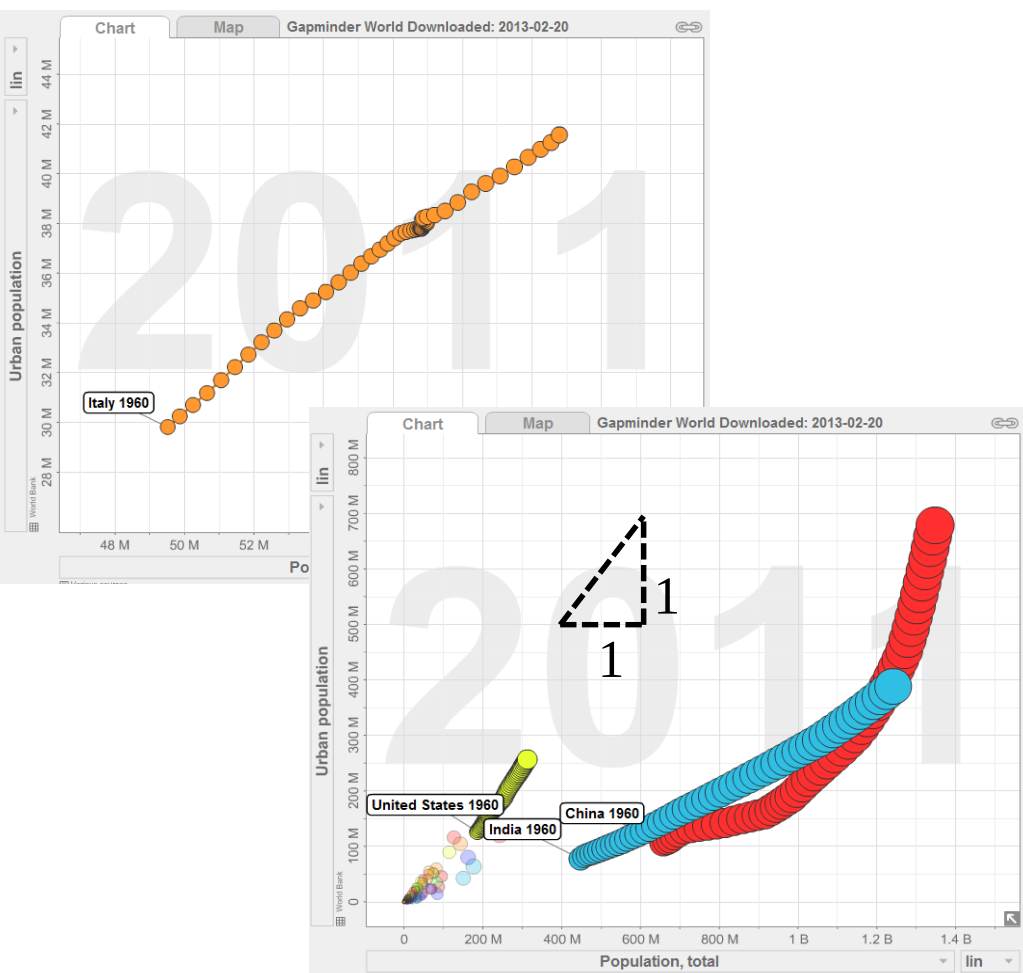
Roberta Padulano, Guido Rianna, Alfredo Reder, Fabio Ciervo, Paola Mercogliano

E-mail: roberta.padulano@cmcc.it

Fondazione CMCC – Divisione REMHI (Regional Models and geo-Hydrological Impacts)

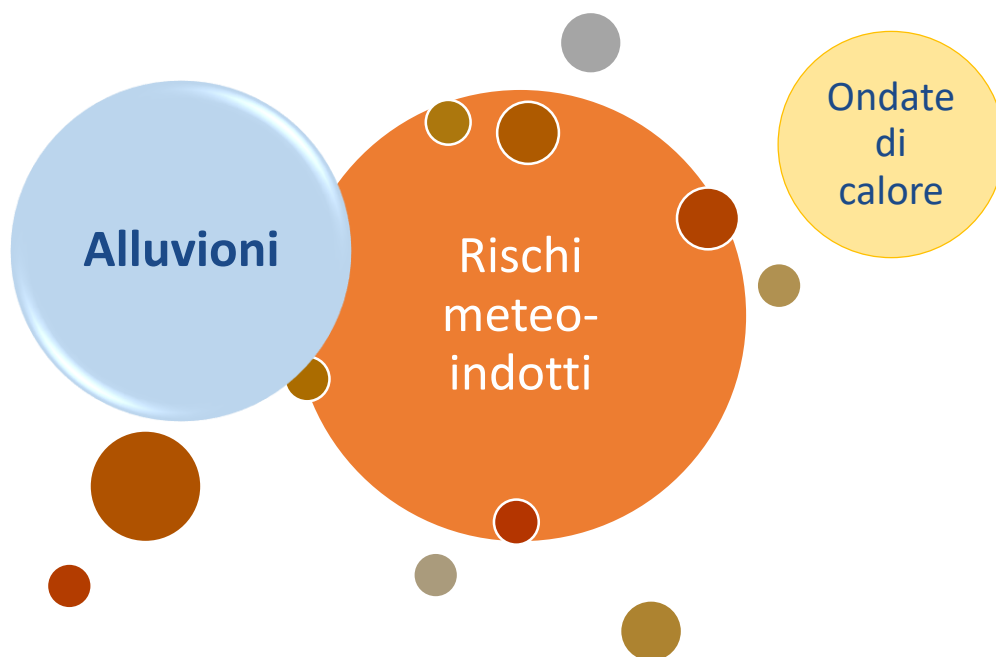
Via Maiorise, Capua (CE)

Adattamento: Variazione dei sistemi naturali o umani in risposta ad un attuale o atteso cambiamento del clima o di un conseguente effetto, finalizzato a contenere eventuali conseguenze negative o a implementare opportunità vantaggiose (IPCC 4AR, 2007).



L'aumento costante della popolazione residente in aree urbane aggrava i potenziali impatti del cambiamento climatico. A causa della concentrazione di persone e di assetti economici, **le città sono ambienti particolarmente a rischio** dal punto di vista del cambiamento climatico (EEA Urban Adaptation, 2016)

Adattamento: Variazione dei sistemi naturali o umani in risposta ad un attuale o atteso cambiamento del clima o di un conseguente effetto, finalizzato a contenere eventuali conseguenze negative o a implementare opportunità vantaggiose (IPCC 4AR, 2007).



L'aumento costante della popolazione residente in aree urbane aggrava i potenziali impatti del cambiamento climatico. A causa della concentrazione di persone e di assetti economici, **le città sono ambienti particolarmente a rischio** dal punto di vista del cambiamento climatico (EEA Urban Adaptation, 2016)

Alluvione: Temporaneo accumulo di acqua su superfici che in condizioni normali sono asciutte (Direttiva Europea 60/2007 – “Direttiva Alluvioni”).



Soluzioni soft

Pianificazione,
regolamentazione,
definizione di
politiche



Soluzioni grey

Soluzioni tradizionali
per la gestione della
risorsa idrica



Soluzioni green

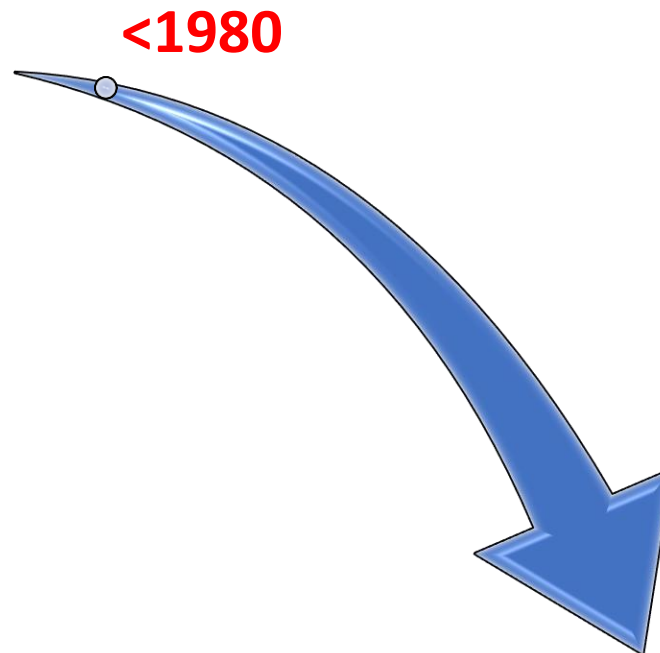
Utilizzo del capitale
naturale



Opere di drenaggio

EVOLUZIONE DELLE OPERE DI DRENAGGIO

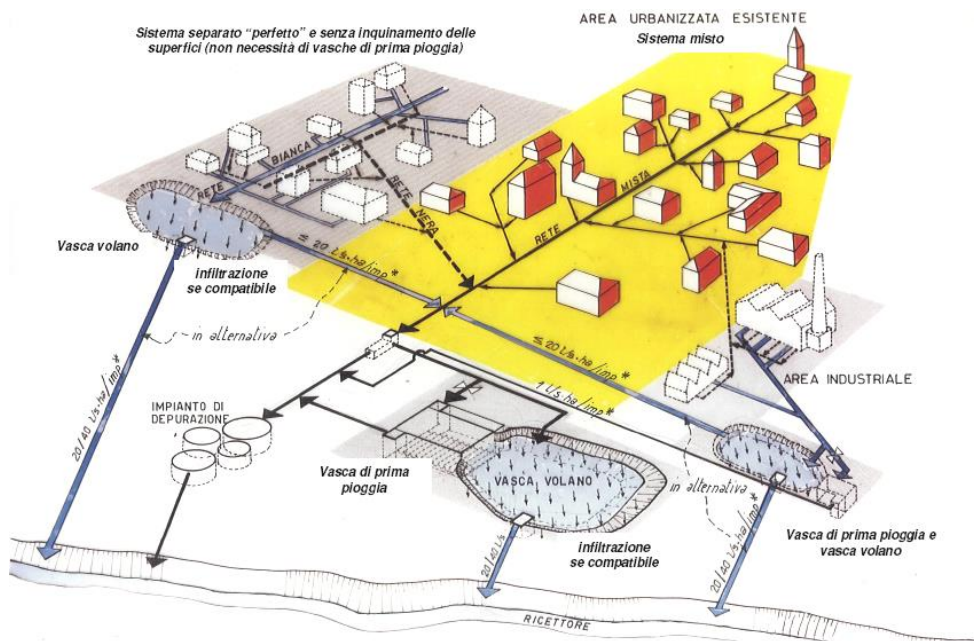
Fonte: *Personal Communication*



Approccio tradizionale: raccolta, rapido allontanamento e smaltimento

Opere tipiche: cunette, caditoie, tubazioni, scarichi (soluzioni grey)

EVOLUZIONE DELLE OPERE DI DRENAGGIO



<1980

>1980

Fonte: Regione Veneto (2009) Linee guida per gli interventi di prevenzione dagli allagamenti e mitigazione degli effetti.

Approccio conservativo: Si prevede una gestione **centralizzata** delle piene per controllare portate volume di piena e per migliorare la qualità delle acque meteoriche.

Opere tipiche: vasche di laminazione, vasche di prima pioggia, più in generale opere di convogliamento e temporaneo immagazzinamento dei deflussi (soluzioni grey).

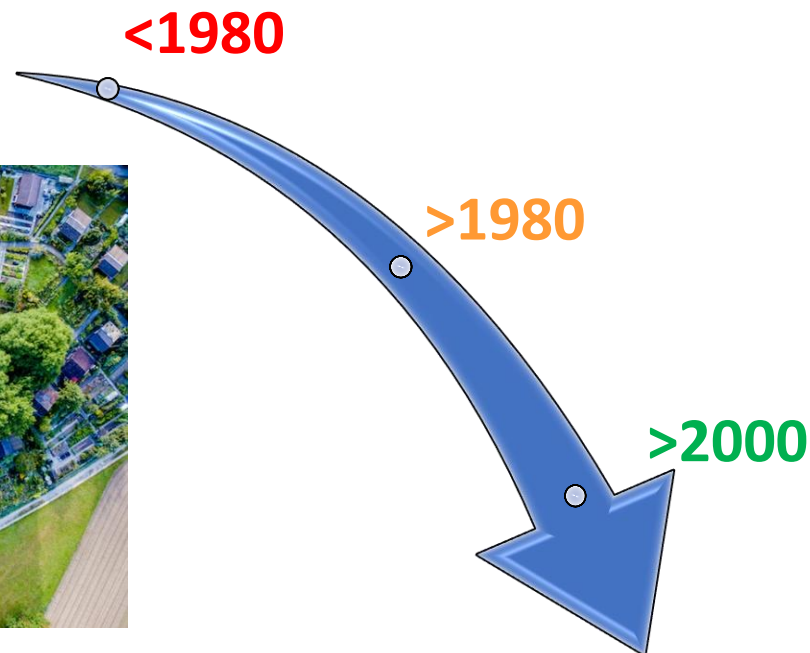
Attuale filosofia di progetto e gestione, spesso riconosciuta insufficiente

EVOLUZIONE DELLE OPERE DI DRENAGGIO



Fonte: www.envi.info

Fonte: www.edilportale.com



Approccio sostenibile: Si prevede una gestione **diffusa** delle piene per controllare e gestire la formazione dei deflussi superficiali con invasi e trattamenti delle acque meteoriche atti a ridurre la formazione e il degrado qualitativo delle piene.

Opere tipiche: sistemi di ritenzione, laminazione e infiltrazione (*Sustainable Urban Drainage, Low Impact Development, Best Management Practices*) (soluzioni grey e green).

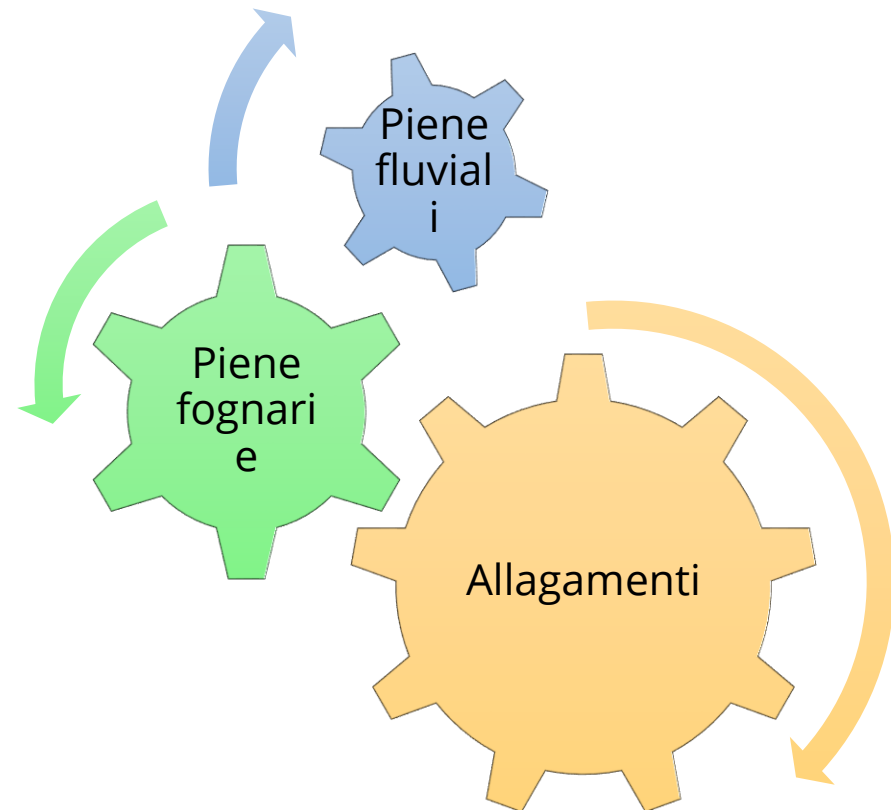
Nuova filosofia di progetto e gestione

Multifunzionalità per il Climate Sensitive Urban Design

Adattamento
rispetto ai
fenomeni
estremi
alluvionali

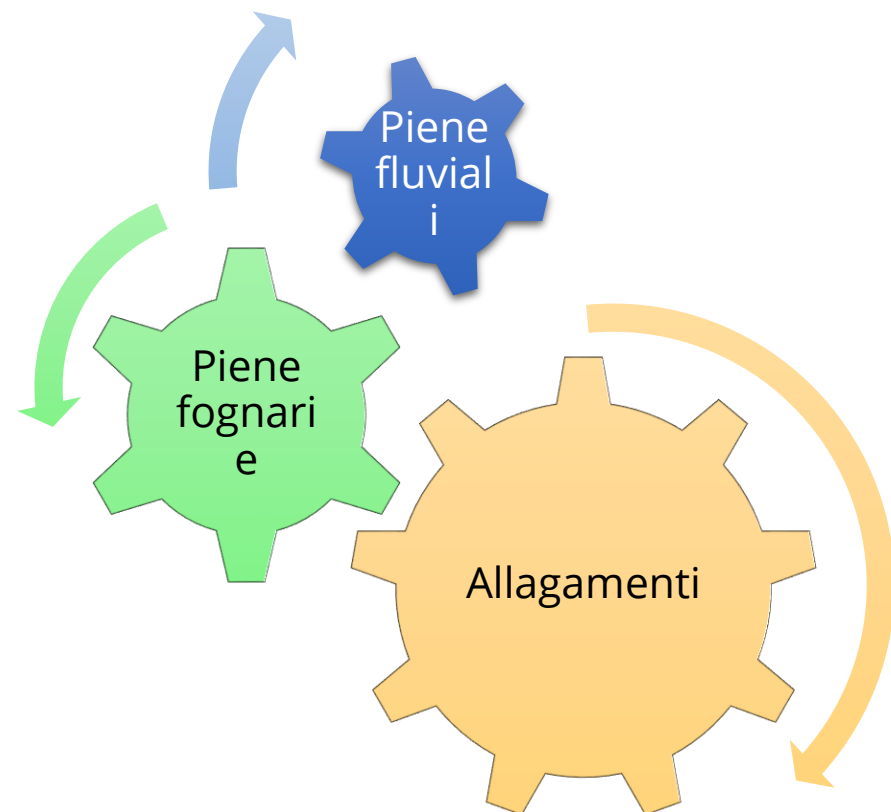
Adattamento
rispetto ai
fenomeni
estremi di
ondata di
calore

Riduzione della
concentrazione
di
contaminanti
nell'acqua



Il fenomeno delle alluvioni urbane si declina su tre diversi livelli:

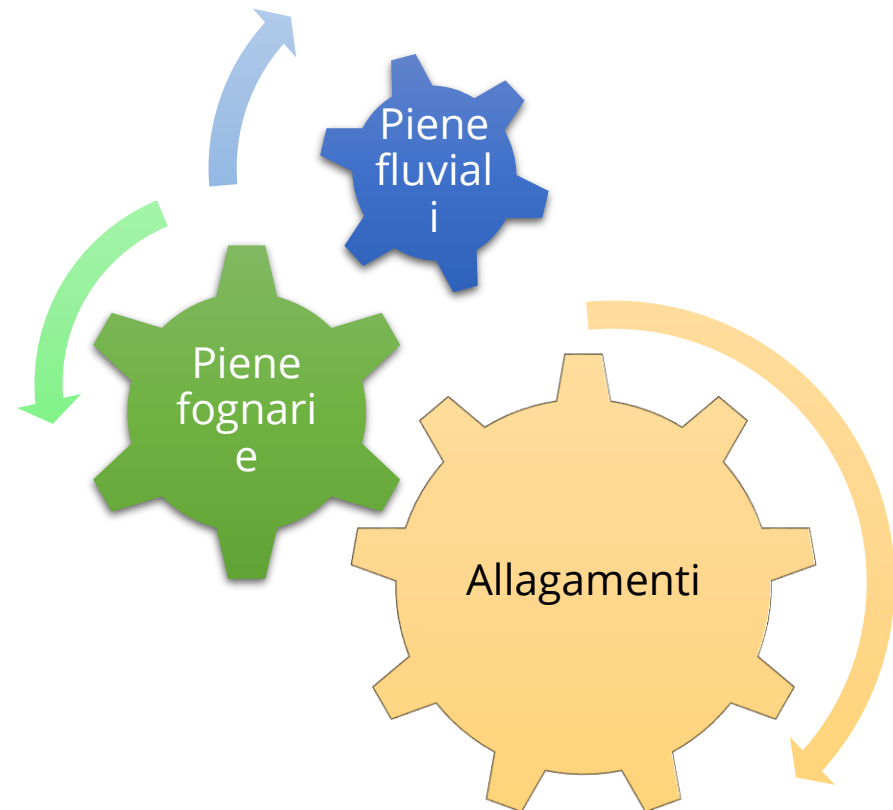
- ❖ Piene di corsi d'acqua;
- ❖ Crisi del sistema fognario;
- ❖ Allagamento delle superfici.



Fonte: https://www.ilmessaggero.it/roma/cronaca/tevere_esondazioni-3235967.html

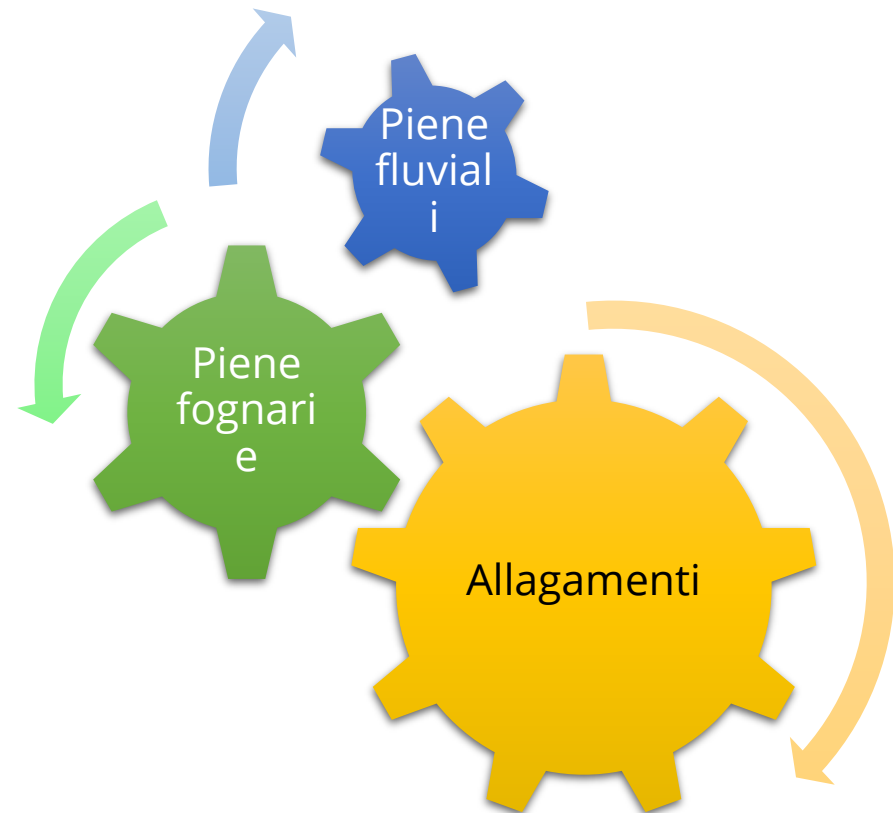
Le piene fluviali pongono rischi legati all'innalzamento del livello e all'eventuale esondazione del corso d'acqua dal suo letto prestabilito. Tali rischi **insistono sulle aree immediatamente a ridosso del corso d'acqua.**

Le piene fluviali non sono necessariamente dovute ad eventi meteorici che hanno avuto luogo nel contesto urbano, bensì sono il **risultato delle perturbazioni** che hanno avuto luogo in **tutto il bacino a monte.**



Fonte: *Personal Communication*

Le «piene fognarie» pongono rischi legati al raggiungimento del grado di riempimento massimo dei collettori e alla fuoriuscita delle acque grigie dai chiusini. Tali rischi **insistono sulle direttrici lungo cui si sviluppa la rete fognaria.**



Fonte: *Personal Communication*

Gli allagamenti sono un fenomeno **diffuso** e incontrollato, legato alla difficoltà, da parte delle acque meteoriche, di essere convogliate all'interno della rete di drenaggio. La relativa pericolosità è legata soprattutto al livello idrico, anche in presenza di basse velocità di deflusso.

APPROCCI E METODOLOGIE PER L'IMPLEMENTAZIONE DELLE IG

Piene nei corsi
d'acqua

Piene in fognatura

Allagamenti

Evento estremo di
pioggia → Modello
idrologico/
idraulico → Deflussi
estremi

Evento estremo di
pioggia
↓
Modelli semplificati
↓
Deflussi estremi

Portate, livelli idrici,
velocità, aree inondate

Portate, velocità, gradi di
riempimento, punti di crisi

Aree allagate, battenti,
velocità

Approcci consolidati

Approcci innovativi

APPROCCI E METODOLOGIE PER L'IMPLEMENTAZIONE DELLE IG

La **formula razionale** è un metodo concettuale che fornisce una stima speditiva della portata al colmo di piena come prodotto di tre fattori. Ci consente quindi di capire quali sono i **parametri fondamentali che governano l'evento di piena e su quali possiamo agire** per modificare i valori di partenza, quando questi non sono compatibili.

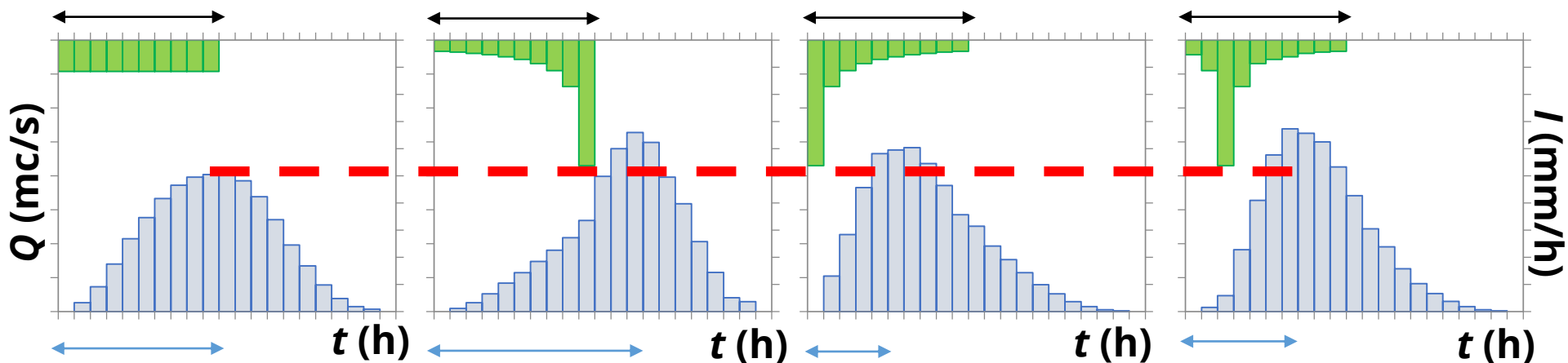
φ (è il **coefficiente di afflusso**, quantifica il ruolo della copertura superficiale);

I (è l'**intensità di pioggia**, quantifica l'entità dell'evento meteorico);

S (è la **superficie** sottesa alla sezione di chiusura del bacino di riferimento).

$$Q = \varphi \cdot I \cdot S$$

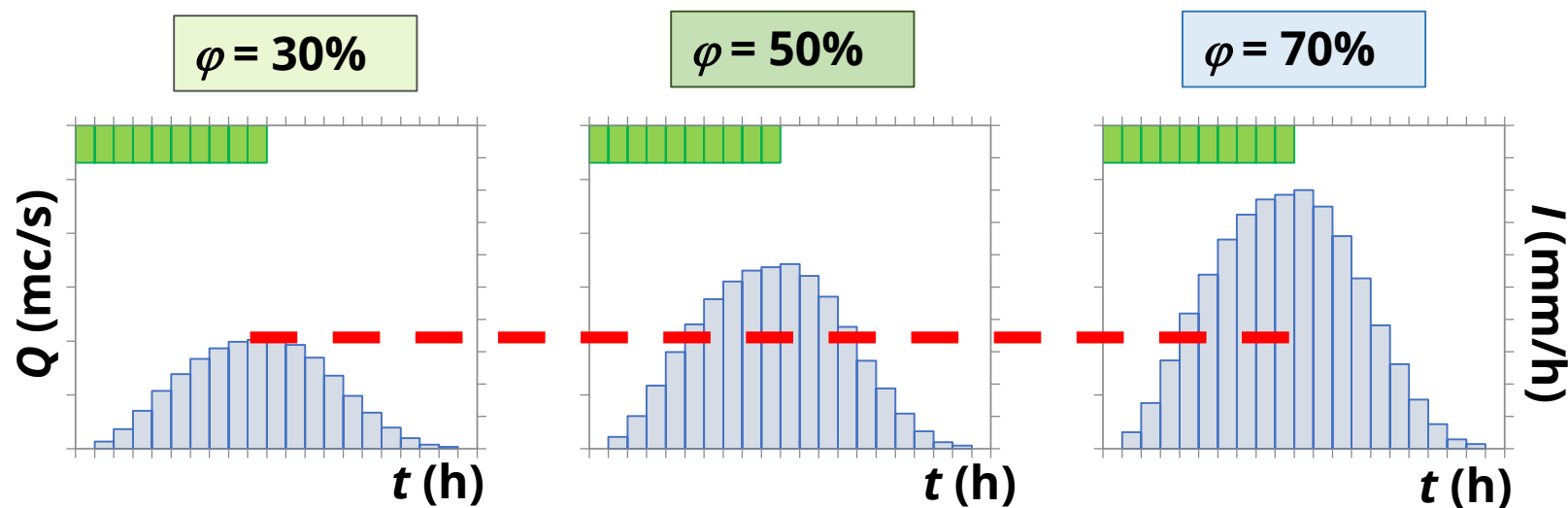
La **pioggia** gioca un ruolo nella formazione dei deflussi superficiali non soltanto con riferimento alla sua **entità**, ma anche ad altre caratteristiche (**durata**, **forma** del pluviogramma). Ciò influisce sulla forma, sull'estensione e sui massimi valori dell'idrogramma di piena.



A parità di durata della pioggia, volume cumulato totale di pioggia, metodo di risoluzione, solo la sola forma del pluviogramma presenta un notevole effetto sul valore della portata al colmo di piena, sulla forma dell'idrogramma e sul timing del colmo. Ciò accade tanto nei **bacini naturali** quanto in quelli **urbani**.

IL RUOLO DELLA COPERTURA SUPERFICIALE

La **copertura superficiale** gioca un ruolo essenziale nella formazione dei deflussi, poiché regola non soltanto la capacità, da parte della pioggia, di infiltrarsi nel sottosuolo (quindi non partecipando al ruscellamento superficiale), ma anche la velocità con cui le acque meteoriche riescono a defluire e ad incanalarsi lungo le line di massima pendenza.



Infatti, se il coefficiente di afflusso aumenta di una data percentuale, aumentano egualmente sia la portata al colmo di piena che il volume totale di deflusso.

DRENAGGIO URBANO E CAMBIAMENTI FUTURI

Fonte: *Georges River*. Image courtesy of *Waterwatch Queensland*.



Fonte: www.rainews.it



Il **cambiamento idrologico** è indotto da urbanizzazione e cambio di destinazione d'uso del suolo in genere; esso è un fenomeno che si verifica alla scala spaziale locale ma produce effetti a lungo termine:

Minore infiltrazione

Minore evapotraspirazione

Maggiori deflussi

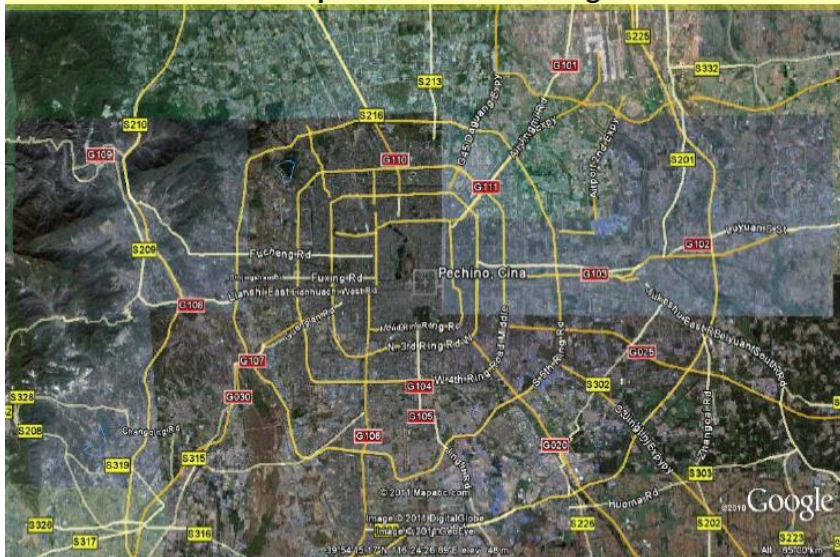
Il **cambiamento climatico** è indotto dall'aumento di concentrazione dei gas serra nell'atmosfera, ed ha effetti sia sulle temperature (un comprovato surriscaldamento globale) sia sulle precipitazioni, dove gli effetti sono più variabili, locali e difficili da prevedere:

Maggior frequenza delle precipitazioni estreme

CAMBIAMENTI ATTESI DELLA COPERTURA SUPERFICIALE

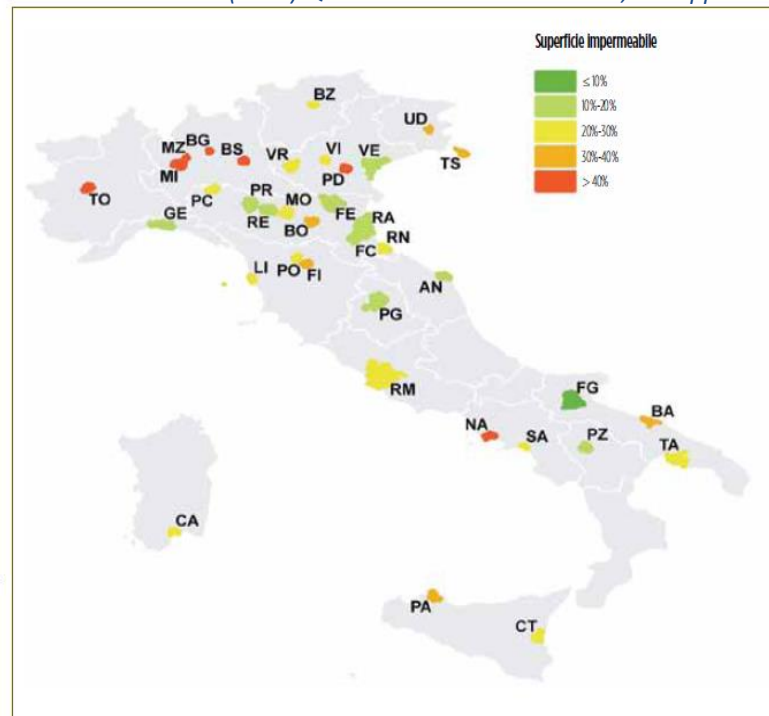
L'aumento progressivo del **consumo di suolo** è una realtà sia alla scala mondiale sia a quella locale.

Pechino: l'intera municipalità ha un'estensione che è più di metà della superficie totale del Belgio



Fonte: Google Maps

Fonte: ISPRA (2011) *Qualità dell'ambiente urbano, VI Rapporto*



CAMBIAMENTI ATTESI DELLA COPERTURA SUPERFICIALE

L'aumento progressivo del **consumo di suolo** è una realtà sia alla scala mondiale sia a quella locale.

Arcella (Padova) 1945-2000



(da V. Bixio, in STADIUM 2010, CSDU – Politecnico Milano)

CAMBIAMENTI ATTESI DELLA COPERTURA SUPERFICIALE

L'aumento progressivo del **consumo di suolo** è una realtà sia alla scala mondiale sia a quella locale.

Fonte: ISPRA (2010) *Annuario dei dati ambientali*

Ripartizioni geografiche	Superficie [ha]	Percentuale di impermeabilizzazione			
		1956	1994	1999	2006
Italia nord-occidentale	5.792.023	3.19%	6.42%	6.72%	7.33%
Italia nord-orientale	6.2000.906	2.55%	5.59%	6.08%	6.68%
Italia centrale	5.840.863	2.20%	5.22%	5.26%	6.25%
Italia meridionale	7.379.536	2.04%	4.79%	4.86%	6.00%
Italia insulare	4.991.924	1.91%	4.44%	4.55%	5.37%
Italia	30.205.252	2.38%	5.30%	5.50%	6.34%

Negli ultimi 50 anni in Italia la superficie impermeabile è **più che raddoppiata**, passando da circa 7.200 km² a quasi 20.000 km².

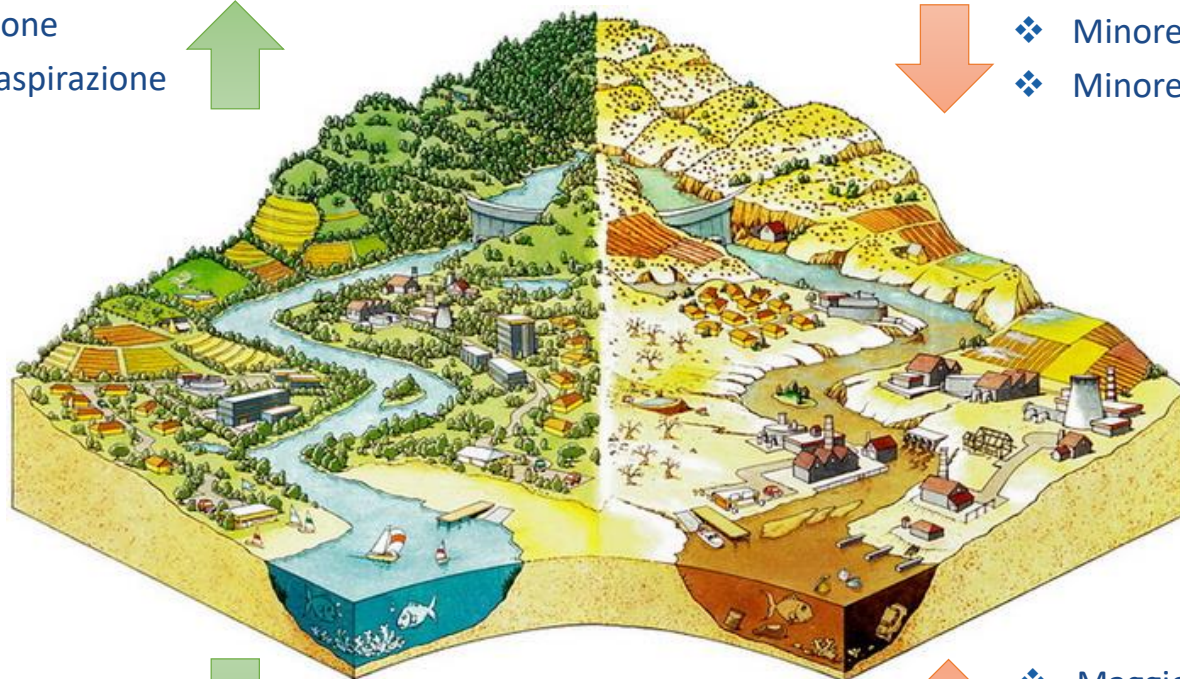
CAMBIAMENTI ATTESI DELLA COPERTURA SUPERFICIALE

Il **cambiamento idrologico**, che è indotto da urbanizzazione, cambio di destinazione d'uso del suolo in genere, occupazione di aree fluviali, sfruttamento della risorsa idrica, regolazione fluviale, gioca un ruolo estremamente importante nell'ambito dei rischi geo-idrologici.

- ❖ Maggiore infiltrazione
- ❖ Maggiore evapotraspirazione



- ❖ Minore infiltrazione
- ❖ Minore evapotraspirazione



- ❖ Minore superficie impermeabile
- ❖ Minore deflusso superficiale



- ❖ Maggiore superficie impermeabile
- ❖ Maggiore deflusso superficiale



IL RUOLO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il **cambiamento climatico** gioca un ruolo altrettanto importante nell'ambito dei rischi geo-idrologici; sebbene i suoi effetti in termini di riscaldamento globale siano comprovati, l'influenza dei CC sul regime pluviometrico è meno prevedibile e di più difficile valutazione, poiché **dipende da fattori locali**.

Come valutare tali effetti?

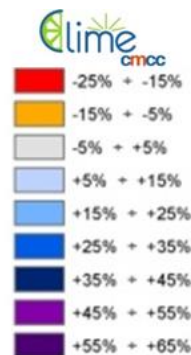
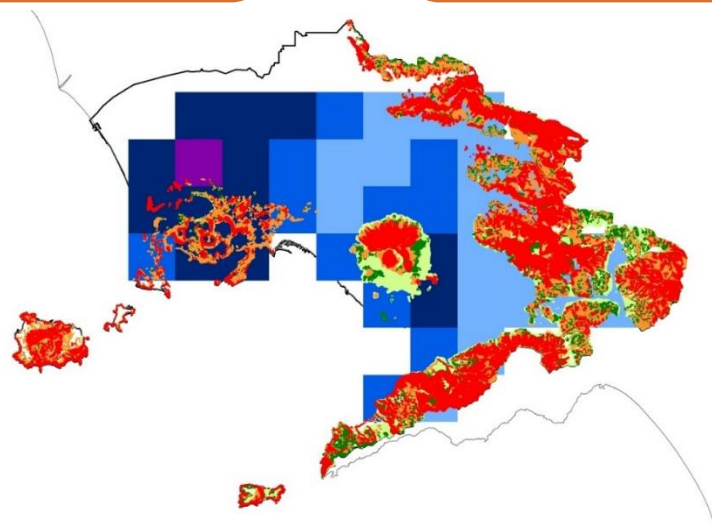
Livello minimo di approfondimento

Livello medio di approfondimento

Livello massimo di approfondimento

Livello minimo di approfondimento

Utilizzo di valutazioni semplificate basate sulle variazioni attese per effetto dei cambiamenti climatici in indicatori atmosferici assunti come *proxy* dei fenomeni alluvionali



Livello medio di approfondimento

Valutazione di nuove leggi di pioggia o “curve IDF” (Intensità-Durata-Frequenza) che quantifichino l’influenza del cambiamento climatico sul regime pluviometrico estremo dell’area oggetto di interesse

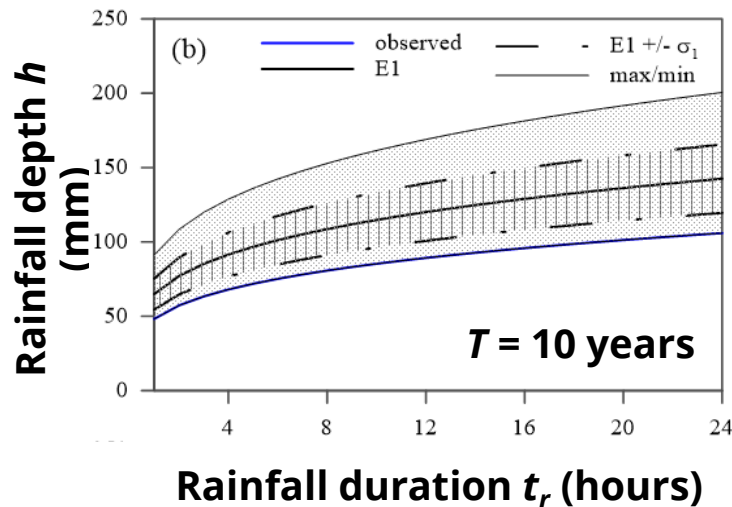
Regime pluviometrico o estremo corrente



Analisi dell’anomalia



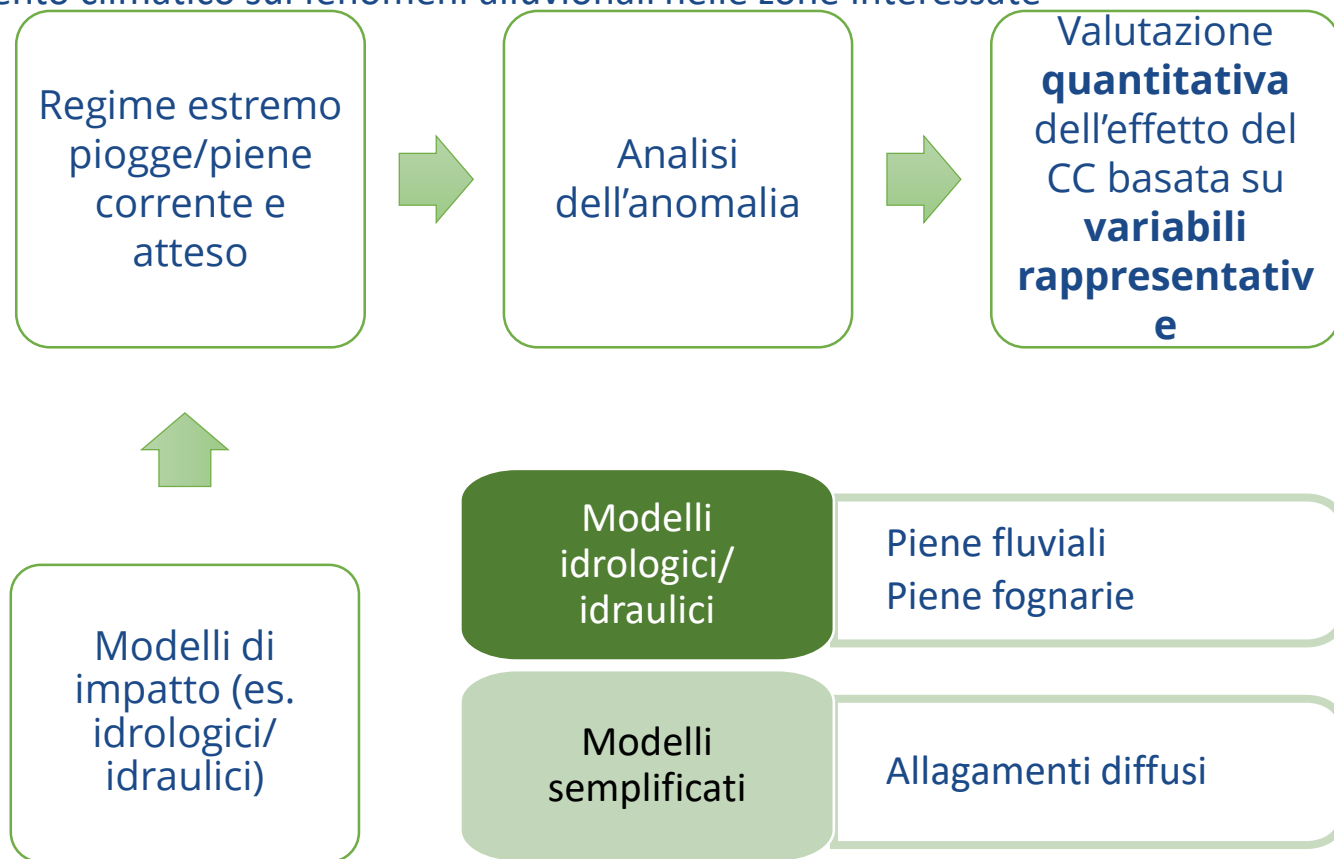
Valutazione **quantitativa** dell’effetto del CC basata su *proxy*

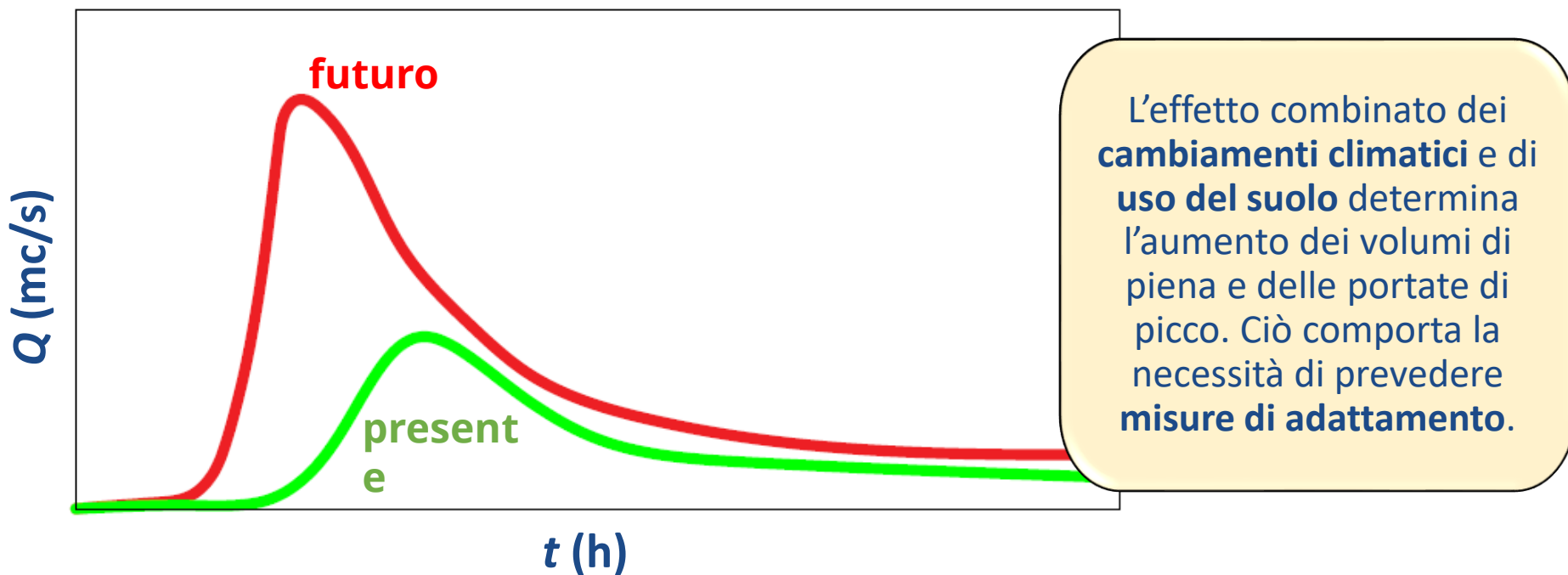


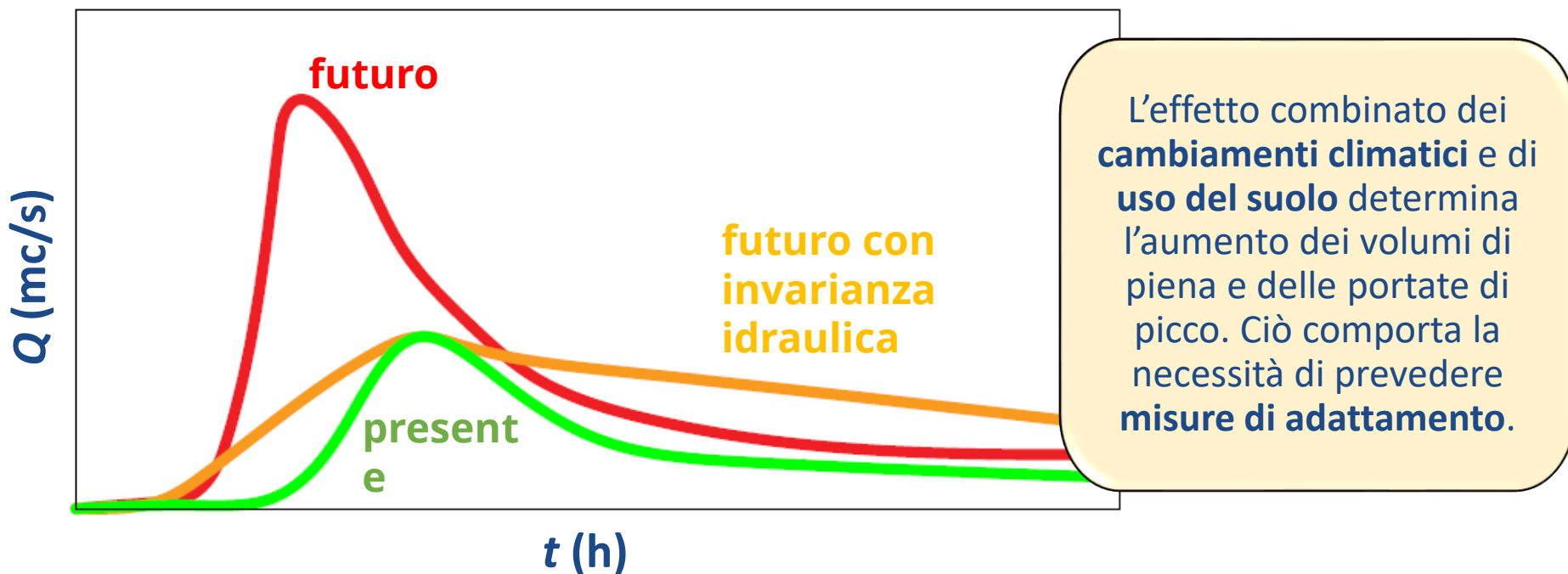
 $\pm$ Variance band
 Envelope

Livello massimo di approfondimento

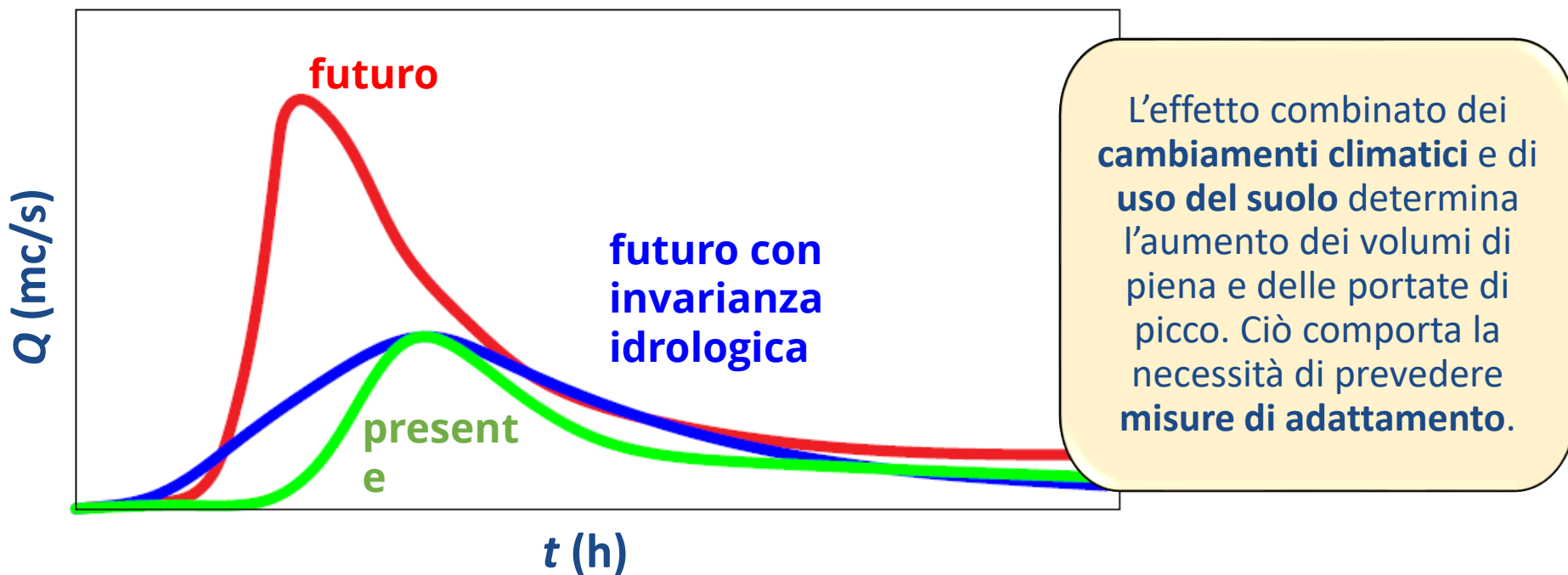
Utilizzo di modelli fisicamente basati, che riescano a riprodurre la propagazione degli effetti del cambiamento climatico sui fenomeni alluvionali nelle zone interessate



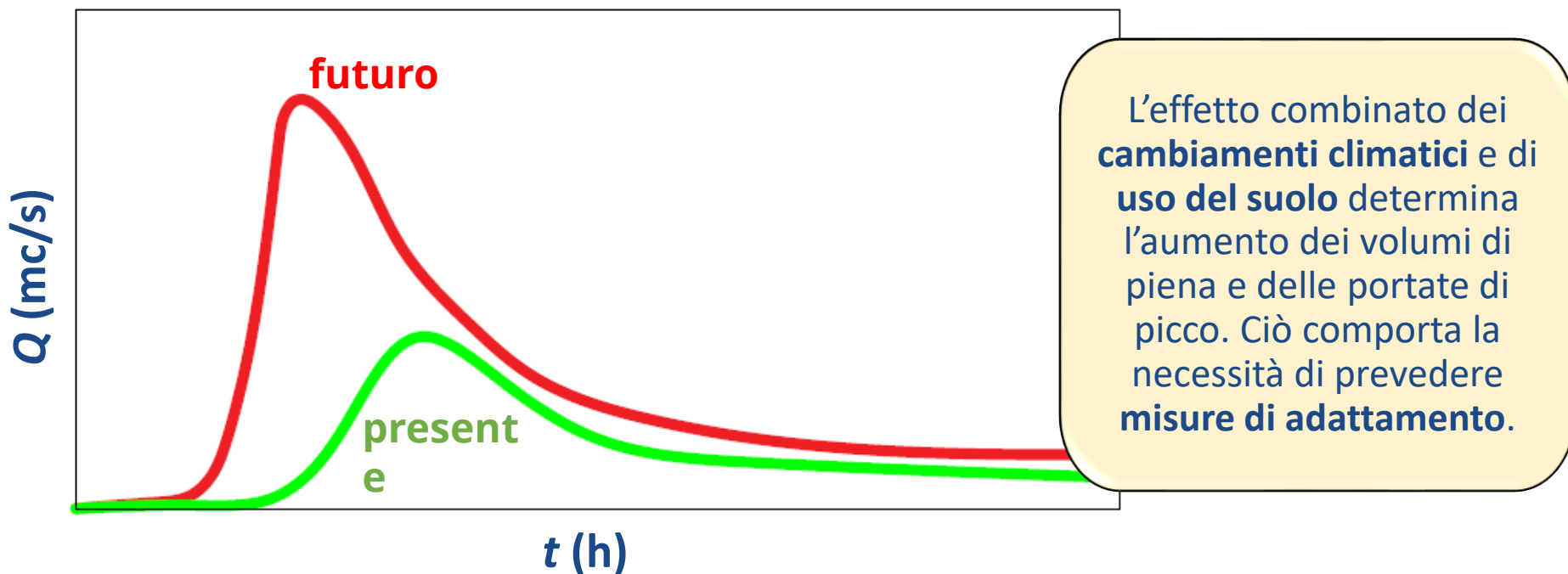




Invarianza Idraulica: conservazione della portata al colmo di piena



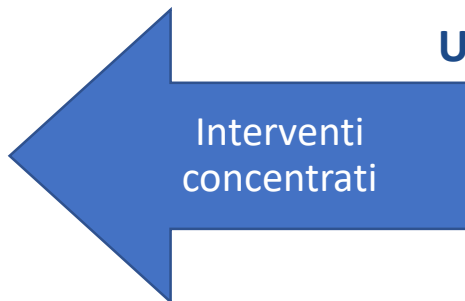
Invarianza Idrologica: conservazione del volume e del colmo di piena



LAMINAZIONE

INFILTRAZIONE

UBICAZIONE

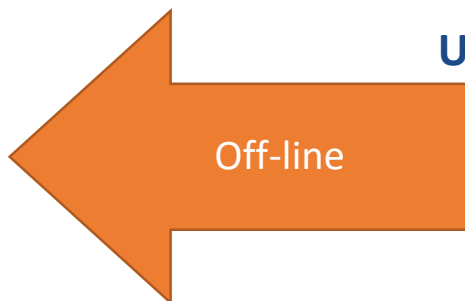


I deflussi vengono gestiti all'interno del sistema drenante (anche a notevole distanza dal loro punto d'origine) riducendo così il numero delle strutture di controllo disposte nel bacino.

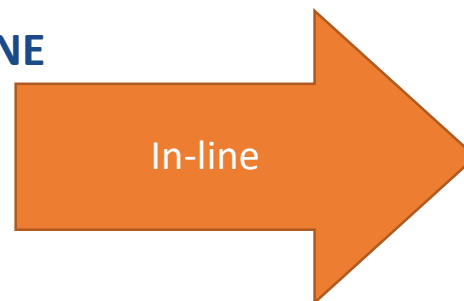


I deflussi vengono immagazzinati, trattati o dispersi in prossimità delle superfici su cui si sono generate, prima del loro ingresso nella rete drenante.

UBICAZIONE



Intercettano parte dei deflussi, escludendola dal sistema di drenaggio; durante il tempo secco la struttura non è attraversata da portate.



Sono dimensionati per intercettare tutti i deflussi corrispondenti all'evento di progetto; in tempo secco la struttura è attraversata da portate.

FUNZIONE



Si tratta per lo più di misure concentrate, cioè puntuali, che richiedono notevoli spazi, in quanto il loro principale scopo è di immagazzinare i volumi di piena attraverso vasche e bacini artificiali.

Se i deflussi vengono temporaneamente invasati e poi gradualmente rilasciati nel sistema di drenaggio si parla di **detenzione**, se invece i deflussi vengono accumulati per lungo tempo per essere usati a scopo ricreativo, di riuso o dispersi nel sottosuolo si parla di **ritenzione**.



Si tratta di interventi che hanno il principale scopo di sottrarre acqua al ruscellamento favorendo la componente di **infiltrazione**. Sono per lo più opere diffuse e di estensione variabile.



FUNZIONE



Si tratta per lo più di misure concentrate, cioè puntuali, che richiedono notevoli spazi, in quanto il loro principale scopo è di immagazzinare i volumi di piena attraverso vasche e bacini artificiali.

Se i deflussi vengono temporaneamente invasati e poi gradualmente rilasciati nel sistema di drenaggio si parla di **detenzione**, se invece i deflussi vengono accumulati per lungo tempo per essere usati a scopo ricreativo, di riuso o dispersi nel sottosuolo si parla di **ritenzione**.



Si tratta di interventi che hanno il principale scopo di sottrarre acqua al ruscellamento favorendo la componente di **infiltrazione**. Sono per lo più opere diffuse e di estensione variabile.

- ☐ Vasche di detenzione superficiale;
- ☐ Vasche interrato di detenzione;
- ☐ Bacini di ritenzione;
- ☐ Pavimentazioni drenanti.

BACINI DI DETENZIONE SUPERFICIALE



Fonte: <http://www.ilnuovocantiere.it/il-caso-pilota-del-progetto-seveso/>

Fonte: *The CIRIA SuDS Manual, 2015.*
Courtesy Abertay University



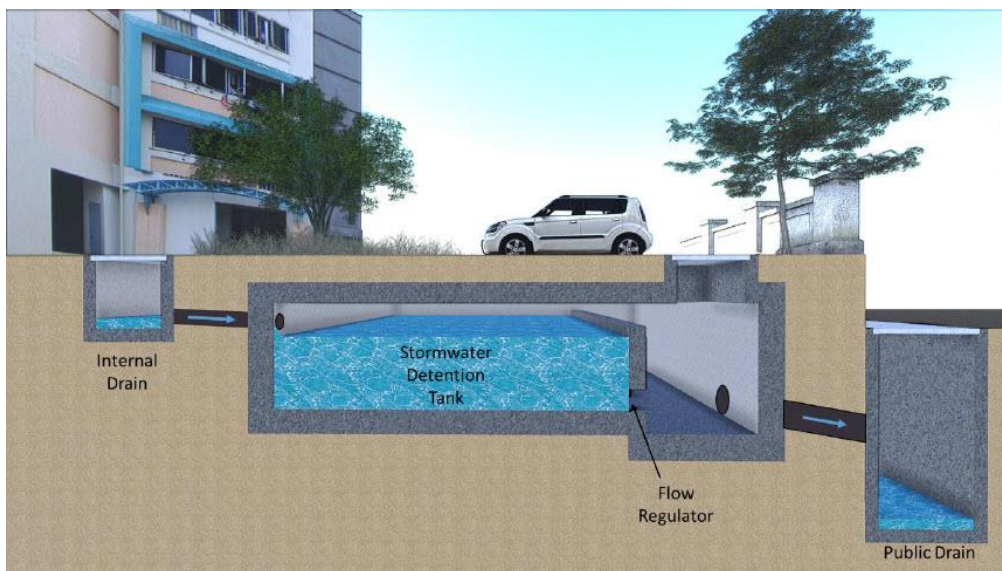
BACINI DI DETENZIONE SUPERFICIALE



Fonte: <https://www.lemoniteur.fr/article/rotterdam-watersquare-benthemplein-un-parc-urbain-qui-se-joue-de-la-pluie.1405184>

BACINI DI DETENZIONE SOTTERRANEA

- ❑ In genere, sono pensati per la sola funzione di flood control dato che un'eventuale sedimentazione comporterebbe elevati oneri per la pulizia della vasca (difficoltà di accesso);
- ❑ Se correttamente progettati, questi sistemi possono essere realizzati anche al di sotto di strade o spazi aperti soggetti ad un importante livello di traffico veicolare.



Fonte: <http://pearl-kb.hydro.ntua.gr/>



Sono bacini ricavati da una **depressione, naturale o artificiale del terreno** e sono strutture progettate per intercettare le acque di prima pioggia, contenerle per tempi prolungati e per poi rilasciarle lentamente tramite infiltrazione ed evaporazione.

Sebbene in un'ottica di sostenibilità tali opere siano in genere realizzate come **infrastrutture green**, la componente grey può comunque essere importante per la realizzazione del bacino, purché sia garantita la possibilità da parte delle acque raccolte di disperdersi nel terreno.

In combinazione con il capitale naturale, i bacini di ritenzione sono tra gli interventi più efficaci per la **rimozione dei contaminanti dalle acque** invase attraverso processi di fitodepurazione e sedimentazione.



Fonte: <https://www.foth.com/second-street-detention-basin/>

Sono di solito limitate alle strade a uso pedonale e/o ai marciapiedi, a causa della minore robustezza da esse offerte nei confronti del traffico pesante.

- ❖ **Pavimentazioni porose:** sono realizzate mediante materiali, generalmente asfalto e/o calcestruzzo, che consentono il passaggio dell'acqua grazie alla presenza di materiale inerte grossolano.

Calcestruzzo poroso

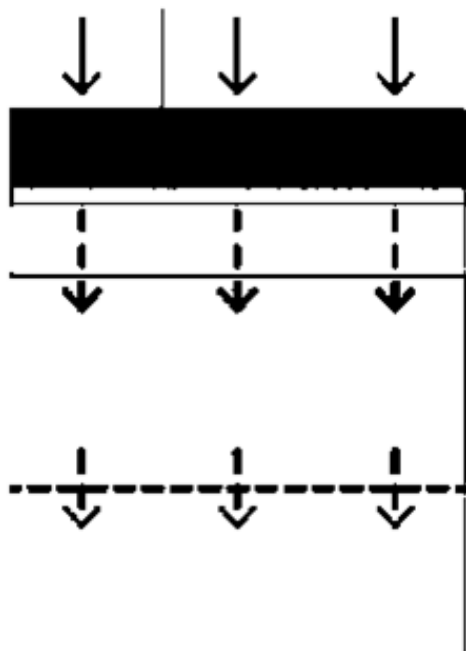


Fonte: www.ingenio-web.it

Asfalto poroso

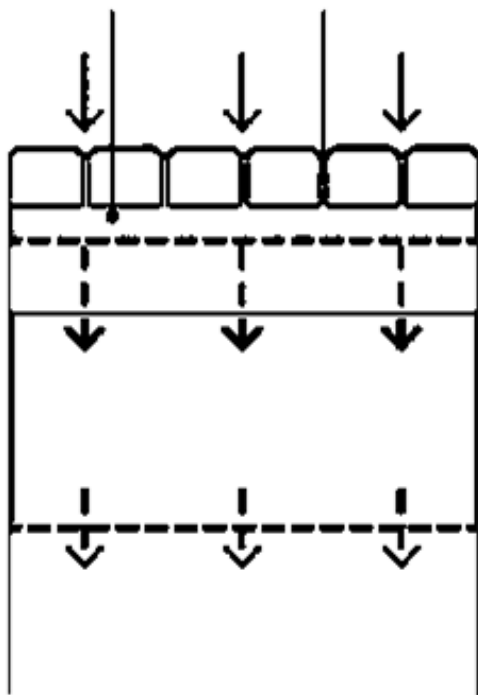


Fonte: <https://bit.ly/2Y9kUz7>



Sono di solito limitate alle strade a uso pedonale e/o ai marciapiedi, a causa della minore robustezza da esse offerte nei confronti del traffico pesante.

- ❖ **Pavimentazioni permeabili:** sono realizzate mediante elementi prefabbricati dotati di aperture per il passaggio dell'acqua o accostati con giunti non sigillati .



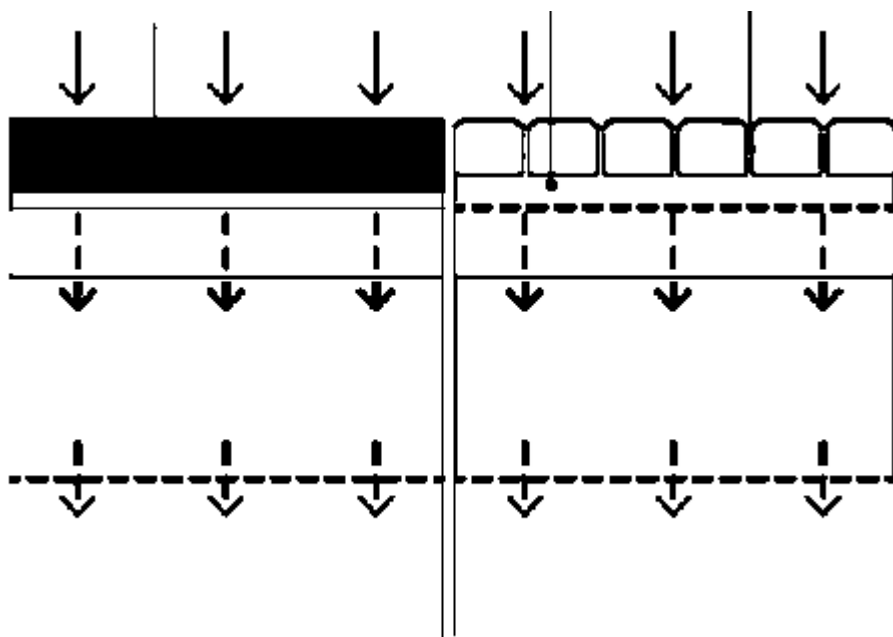
Fonte: *Nassau County Soil & Water Conservation District*

Fonte: *EPA, University of Connecticut*

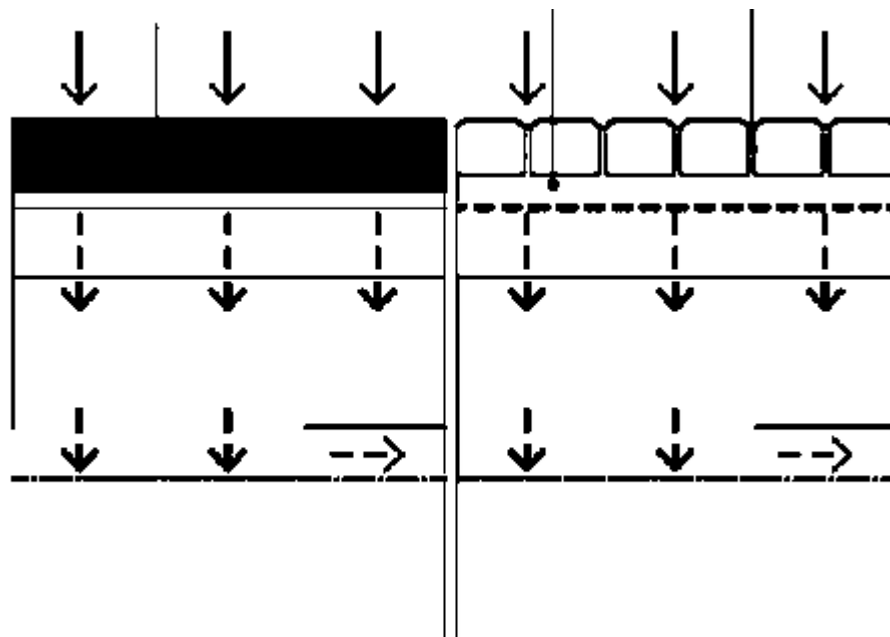


La funzione dell'infrastruttura e l'articolazione del pacchetto dipendono dalle caratteristiche del terreno sottostante:

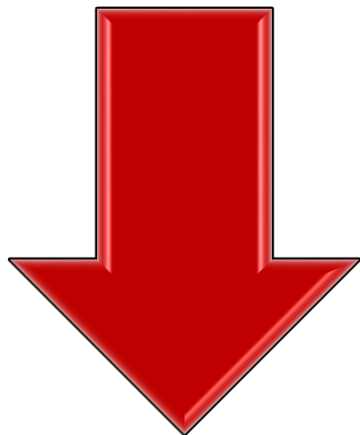
- ❖ **Terreni permeabili:** la pavimentazione ha la funzione di vettore delle portate infiltrate e di filtro nei confronti degli inquinanti.



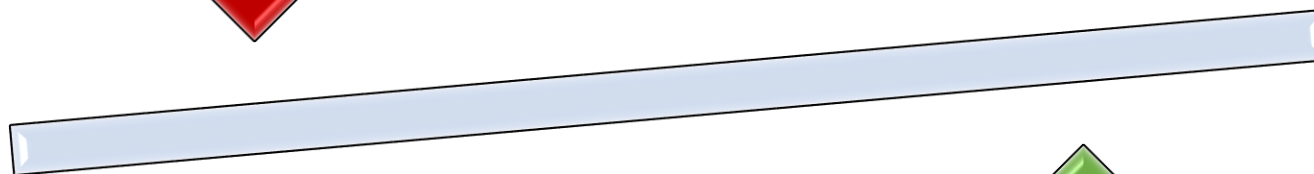
- ❖ **Terreni poco permeabili:** la pavimentazione ha la funzione di accumulo temporaneo delle acque infiltrate, in seguito restituite al sistema drenante direttamente collegato alla rete fognaria o al corpo riceettore.



INFRASTRUTTURE GREY: VANTAGGI VS. SVANTAGGI



Riduzione del volume di deflusso
Riduzione della portata di picco
Miglioramento della qualità delle acque immesse
nel sistema drenante
Aumento dell'albedo dell'area
Possibilità di associare una funzione ricreativa e di
riqualificazione urbana



Elevati costi di impianto
Tendenza all'intasamento
Possibile inquinamento delle acque di falda
Necessità di recupero e trattamento dei sedimenti
raccolti



INFRASTRUTTURE GREY: VANTAGGI VS. SVANTAGGI

Riduzione del volume di deflusso

Riduzione della portata di picco

Miglioramento della qualità delle acque immesse

Vincoli alla realizzazione:

- ❖ Qualità delle acque meteoriche non compatibile con la protezione delle falde acquifere (acque provenienti dal dilavamento stradale);
- ❖ Suoli con bassa capacità di infiltrazione (se con fondo disperdente);
 - ❖ Alti livelli della falda freatica;
- ❖ Pericolo di instabilizzazione delle fondazioni di edifici e opere.

Elevati costi di impianto

Tendenza all'intasamento

Possibile inquinamento delle acque di falda

Necessità di recupero e trattamento dei sedimenti
raccolti

Grazie per l'attenzione
Merci pour l'attention



www.interreg-maritime.eu/adapt