



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania



FONDAZIONE  
ORDINE ARCHITETTI  
PIANIFICATORI  
PAESAGGISTI  
CONSERVATORI  
PROVINCIA DI  
CATANIA



ORDINE  
ARCHITETTI  
PIANIFICATORI  
PAESAGGISTI  
CONSERVATORI  
PROVINCIA DI  
CATANIA



Ordine Regionale  
Geologi Sicilia



Collegio Geometri e  
Geometri Laureati  
della provincia di Catania



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA



Urban adaptation and community learning  
for a resilient imeto Valley



LIFE 17/CCA/IT/000115  
Con il contributo LIFE,  
uno strumento finanziario  
dell'Unione Europea



Invarianza Idraulica e Idrologica in un contesto di cambiamento climatico

Ragalna, 18 ottobre

# CRITERI ED ESEMPI DI PROGETTAZIONE DI OPERE PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

David J. Peres

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Università di Catania



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA



# INTRODUZIONE

I concetti **di invarianza idraulica e idrologica** stanno pian piano entrando negli strumenti di pianificazione urbana e quindi nella pratica professionale

Interesse pratico legato anche alla necessità di rilascio della **certificazione idraulica**, nella quale si deve dimostrare che viene rispettato il principio di invarianza idraulica

Sebbene i concetti vengano chiaramente definiti in vari dispositivi legislativi nazionali, regionali e locali, e siano conosciuti da molti professionisti, la **disponibilità di linee guida per la progettazione** è relativamente **scarsa**

Alcuni regolamenti locali (e.g. Catania) danno criteri di massima da seguire nella realizzazione di nuovi interventi

# INTRODUZIONE

## PRG Ragalna – relazione invarianza idraulica

Ciascun **nuovo insediamento** è attuabile a condizione che **il rispetto del principio di invarianza idraulica** venga asseverato tramite **“certificazione idraulica”** redatta da un tecnico abilitato, competente ai sensi di legge.

Tale certificazione dovrà comprendere come contenuti minimi: la valutazione dei volumi e delle portate di piena generate dagli ambiti di trasformazione; l'elenco ed il progetto di massima delle opere di laminazione, ferma restando la facoltà, per i soggetti attuatori, di scegliere le tecnologie più convenienti per garantire il raggiungimento della prestazione prescritta; la dimostrazione del rispetto del principio di invarianza idraulica tramite valutazione comparativa tra lo scenario di post-urbanizzazione e lo scenario di pre-urbanizzazione; il progetto degli impianti di scarico ed eventuale depurazione e/o riuso delle acque.

# INTRODUZIONE

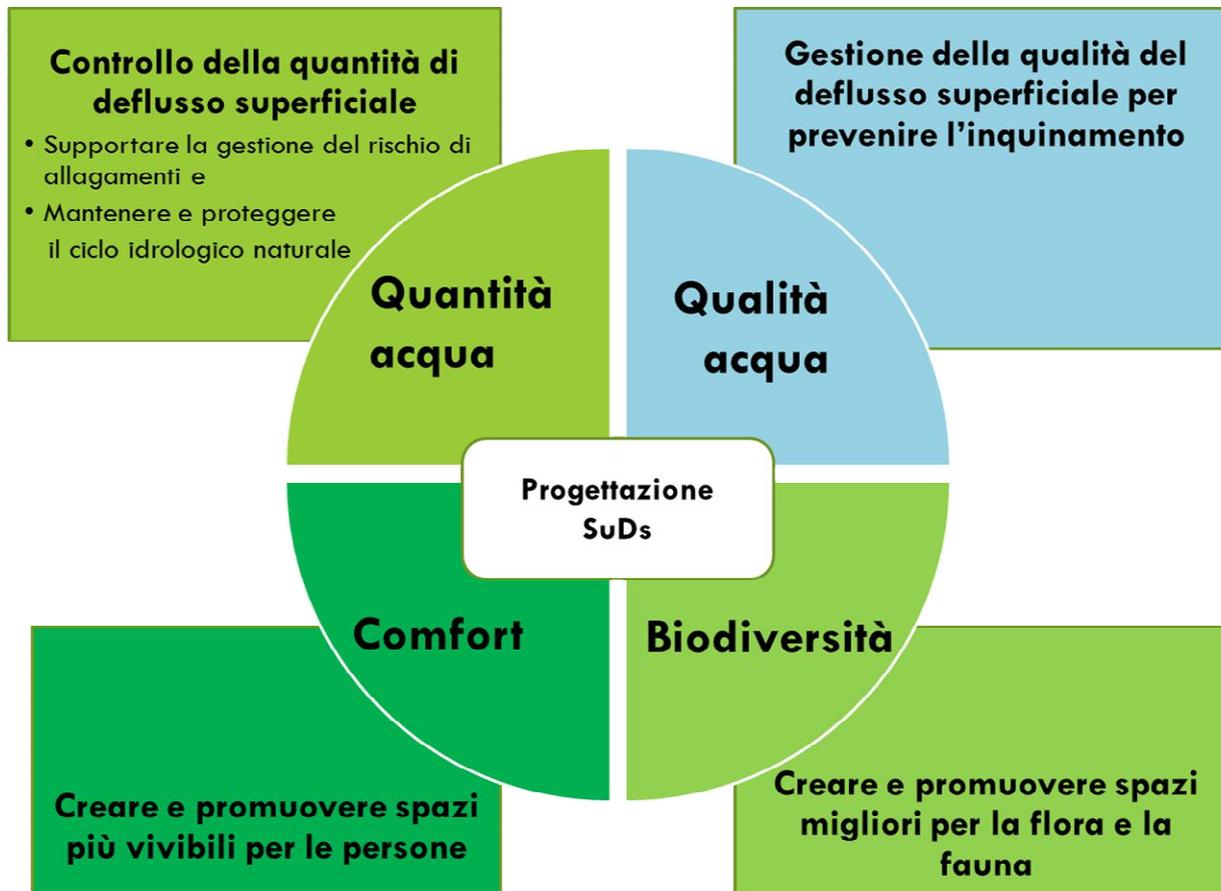
L'invarianza idraulica si può raggiungere anche con opere idrauliche tradizionali inserite a monte della fognatura: e.g. Vasche di laminazione

L'invarianza idrologica (e idraulica) si può raggiungere con opere di drenaggio sostenibile (**SuDs, Sustainable Drainage Systems**) di cui sono stati forniti vari esempi negli interventi precedenti



# CRITERI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE

## I 4 PILASTRI DELLA PROGETTAZIONE DEI SUDS



# CRITERI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE

Obiettivo	Criteri
<b>Quantità acqua (criterio idraulico)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Uso del ruscellamento superficiale come una risorsa</li> <li>2 Supportare la gestione del rischio di piena nel bacino ricettore</li> <li>3 Proteggere la morfologia e l'ecologia dei corpi idrici ricettori</li> <li>4 Preservare e proteggere i sistemi idrologici naturali nel sito</li> <li>5 Drenare il sito efficacemente</li> <li>6 Gestire il rischio di allagamento nel sito</li> <li>7 Progettare la flessibilità/adattabilità per fronte al cambiamento futuro (clima)</li> </ol>
<b>Qualità acqua (criterio ambientale)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Supportare la gestione della qualità dell'acqua</li> <li>2 Progettare la resilienza del sistema per far fronte al cambiamento futuro (clima)</li> </ol>
<b>Comfort/Amenity</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Massimizzare la multifunzionalità</li> <li>2 Migliorare l'aspetto visivo/estetico/paesaggistico</li> <li>3 Fornire sistemi sicuri di gestione delle acque superficiali</li> <li>4 Supportare lo sviluppo di resilienza/adaptability al cambiamento climatico futuro</li> <li>5 Massimizzare la "comprensibilità" del paesaggio e dei suoi elementi (legibility)</li> <li>6 Supportare l'apprendimento di comunità riguardo all'ambiente</li> </ol>
<b>Biodiversità</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Supportare e proteggere gli habitat e le specie locali</li> <li>2 Contribuire al raggiungimento di obiettivi locali di biodiversità</li> <li>3 Contribuire alla "connettività" degli habitat</li> <li>4 Creare ecosistemi variegati, autosufficienti e resilienti</li> </ol>

# CRITERI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE

Obiettivo	Criteri
<b>Quantità acqua (criterio idrologico)</b>	1 Uso del ruscellamento superficiale come una risorsa 2 Supportare la gestione del rischio di piena nel bacino ricettore 3 Proteggere la morfologia e l'ecologia dei corpi idrici ricettori 4 Preservare e proteggere i sistemi idrologici naturali nel sito <b>5 Drenare il sito efficacemente</b> <b>6 Gestire il rischio di allagamento nel sito</b> <b>7 Progettare la flessibilità/adattabilità per fronte al cambiamento futuro (clima)</b>
<b>Qualità acqua (criterio ambientale)</b>	<b>1 Supportare la gestione della qualità dell'acqua</b> <b>2 Progettare la resilienza del sistema per far fronte al cambiamento futuro (clima)</b>
<b>Comfort/Amenity</b>	1 Massimizzare la multifunzionalità 2 Migliorare l'aspetto visivo/estetico/paesaggistico 3 Fornire sistemi sicuri di gestione delle acque superficiali <b>4 Supportare lo sviluppo di resilienza/adaptability al cambiamento climatico futuro</b> 5 Massimizzare la "comprensibilità" del paesaggio e dei suoi elementi (legibility) <b>6 Supportare l'apprendimento di comunità riguardo all'ambiente</b>
<b>Biodiversità</b>	1 Supportare e proteggere gli habitat e le specie locali 2 Contribuire al raggiungimento di obiettivi locali di biodiversità 3 Contribuire alla "connettività" degli habitat 4 Creare ecosistemi variegati, autosufficienti e resilienti

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI AMBIENTALI

## Obiettivi di progettazione

- Evitare che i corpi idrici ricevano il ruscellamento superficiale degli eventi piccoli o nelle fasi iniziali di eventi intensità (acque di prima pioggia)
- Trattare l'acqua di prima pioggia per evitare impatti negativi sul corpo idrico riceettore

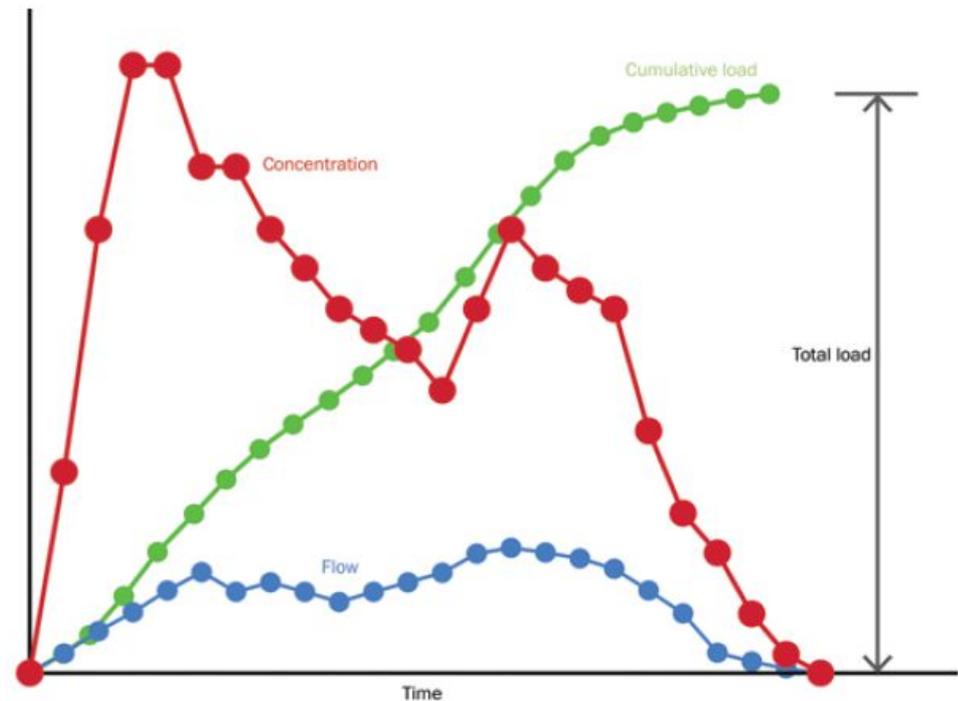


Figure 4.1 Example of flow, pollutant concentration and pollutant load build-up during a rainfall event

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI AMBIENTALI

<b>Criterio</b>	<b>Indicatori</b>
<b>1 Supportare la gestione della qualità nel corpo idrico ricettore (fiume o falda)</b>	<p>L'ampiezza delle attività di prevenzione dell'inquinamento nel bacino</p> <p>L'ampiezza di appropriate misure di gestione del rischio di dispersione di inquinanti</p> <p>La proporzione di superfici permeabili, tetti verdi, e/o superfici che drenano in un sistema di raccolta delle acque piovane o nel suolo</p> <p>Il grado di attenzione dedicato all'inserimenti di elementi che favoriscano la ritenzione dei sedimenti, come serbatoi o separatori idrodinamici</p>
<b>2 Progettare la resilienza del sistema per far fronte al cambiamento climatico futuro</b>	<p>La progettazione del sistema comprende per il cambiamento climatico e l'urban creep</p>

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI COMFORT

Il **comfort (amenity)** va inteso come proprietà di una struttura o di un servizio di essere **utile** e al tempo stesso **piacevole**. Ciò comprende il **tangibile** (qualcosa che può essere misurato in termini di utilizzo) e il **meno tangibile** (qualcosa che può essere vissuto come piacevole, anche da un punto di vista estetico).

Questa definizione è particolarmente rilevante per la descrizione delle opportunità multifunzionali associate ai SuDS e fornisce un collegamento al concetto di «place-making», ora comunemente usato per descrivere la qualità di uno spazio nella progettazione urbana.



Figure 5.5 Rain garden, Ribblesdale Road, Nottingham (courtesy Environment Agency)



Figure 5.6 Community planting event for rain garden, Derbyshire Street, Bethnal Green, London (courtesy Greysmith Associates)

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI COMFORT

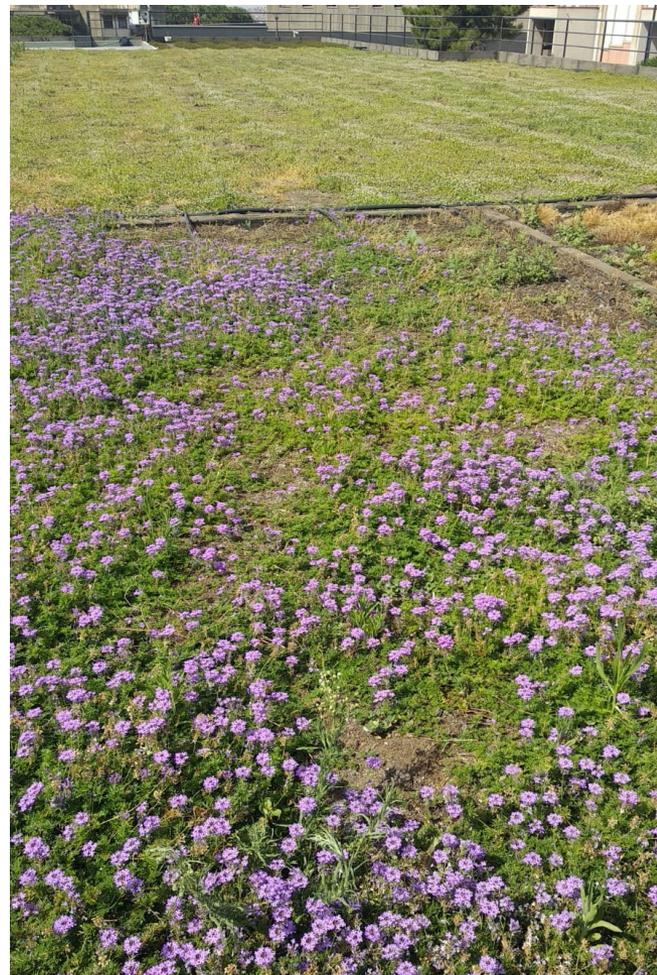
<b>Criterio</b>	<b>Indicatori</b>
<b>1 Massimizzare la multifunzionalità</b>	Il numero, la varietà e la qualità di usi addizionali e multipli dell'infrastruttura: aree ricreative, aree di parcheggio o gestione del traffico
<b>2 Migliorare l'aspetto visivo/estetico/paesaggistico</b>	La proporzione del sistema di drenaggio che è progettata per essere visivamente attraente, che aggiunge un valore visivo allo sviluppo, che supporta il patrimonio culturale urbano locale, e che si integra con lo spazio circostante
<b>3 Fornire sistemi sicuri di gestione delle acque superficiali</b>	Si tiene conto della sicurezza pubblica nell'ambito della progettazione di ogni elemento dell'infrastruttura (inteso rispetto all'uso per finalità di comfort)

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI COMFORT

Critério	Indicatori
<b>4 Supportare lo sviluppo di resilienza/adattability al cambiamento climatico futuro</b>	<p>La proporzione del sistema di drenaggio che è progettata con una tolleranza per eventuali incrementi nella frequenza e magnitudo degli eventi estremi legati al <i>climate change</i></p> <p>La proporzione del sistema di drenaggio che contribuirà allo sviluppo di una resilienza ai <i>climate change</i>, come ad esempio la riduzione dei consumi energetici degli edifici (condizionamento estivo e invernale).</p>
<b>5 Massimizzare la “comprensibilità” del paesaggio e dei suoi elementi (legibility)</b>	<p>La proporzione del sistema di drenaggio che è visibile</p>
<b>6 Supportare l'apprendimento di comunità riguardo all'ambiente</b>	<p>L'ampiezza delle strategie di sensibilizzazione, coinvolgimento delle scuole, educazione della comunità, organizzazione di visite (e.g. tecniche)</p>

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI BIODIVERSITÀ

La biodiversità comprende il numero, l'abbondanza e la distribuzione di tutte le singole specie, la diversità genetica all'interno di ciascuna specie e la gamma di habitat da cui questi sono supportati. Localmente, la biodiversità riflette la tipologia della flora e della fauna che condividono lo spazio dove le persone vivono, lavorano e giocano

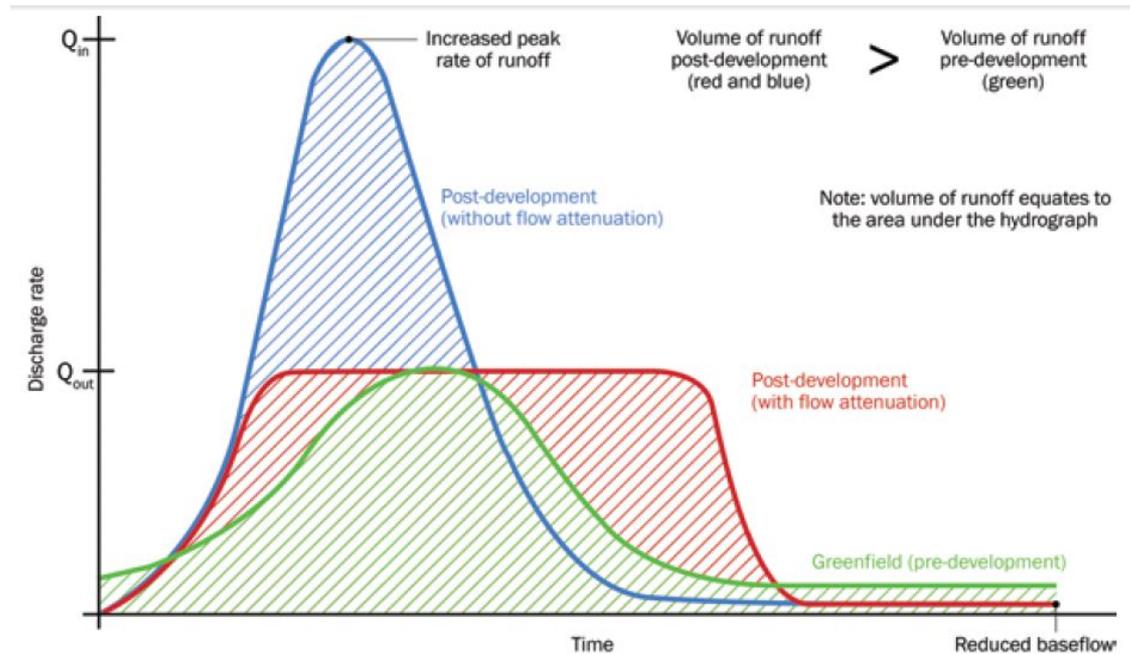


# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI BIODIVERSITÀ

<b>Criterio biodiversità</b>	<b>Indicatori</b>
<b>1 Supportare e proteggere gli habitat e le specie locali</b>	Il grado, la qualità e la significatività di habitat locali supportati e migliorati dalla progettazione del sistema di drenaggio sostenibile
<b>2 Contribuire al raggiungimento di obiettivi locali di biodiversità</b>	Gli habitat creati dal SUD che raggiungono gli obiettivi stabiliti nelle strategie locali di promozione della biodiversità
<b>3 Contribuire alla “connettività” degli habitat</b>	Il grado in cui lo schema dei SuDs è integrato con strategie di realizzazione infrastrutture verdi più ampie, o il grado in cui aiuta a supportare la connessione tra diversi habitat
<b>4 Creare ecosistemi variegati, autosufficienti e resilienti</b>	La gamma e la diversità di tipi di habitat creati o supportati dai SUDS, è la possibile resilienza di tali habitat e gli ecosistemi che vengono supportati rispetto ai potenziali cambiamenti futuri (climatici)

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI MITIGAZIONE DEGLI ALLAGAMENTI

E' questo il criterio chiave: consiste nel raggiungere l'invarianza idraulica o idrologica



# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI MITIGAZIONE DEGLI ALLAGAMENTI

<b>Criterio idrologico</b>	<b>Indicatori</b>
<b>1 Uso del ruscellamento superficiale come una risorsa</b>	Una parte del ruscellamento in superficie è raccolto per essere riutilizzato o per ricarica delle falde
<b>2 Supportare la gestione del rischio di piena nel bacino ricettore</b>	Viene data priorità allo scarico delle acque pluviali sul terreno anziché in fognatura. Le portate e i volumi di deflusso per tempi di ritorno elevati sono gestiti in accordo a normative/linee guida/standard in materia (e.g. piano gestione rischio alluvioni)
<b>3 Proteggere la morfologia e l'ecologia dei corpi idrici ricettori</b>	Le portate e i volumi di deflusso per tempi di ritorno bassi sono gestiti in accordo a normative/linee guida/standard in materia
<b>4 Preservare e proteggere i sistemi idrologici naturali nel sito</b>	I sistemi di drenaggio naturale nel sito sono preservati o migliorati come parte del paesaggio o del sistema di gestione delle acque superficiali

# CRITERI CHE PERSEGUONO OBIETTIVI DI MITIGAZIONE DEGLI ALLAGAMENTI

<b>Criterio idraulico</b>	<b>Indicatori</b>
<b>5 Drenare il sito efficacemente</b>	Il ruscellamento conseguente degli eventi pluviometrici
<b>6 Gestire il rischio di allagamento nel sito</b>	Il deflusso conseguente agli eventi pluviometrici che eccede la capacità dei SUDS è gestito in modo appropriato (seguendo percorsi ben definiti)
<b>7 Progettare la flessibilità/adattabilità per fronte al cambiamento futuro (clima)</b>	La progettazione dei SUDS comprende tolleranze rispetto ai cambiamenti climatici, o tiene conto dei criteri di flessibilità per essere facilmente adattati durante la vita utile

# MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA ALLAGAMENTI: ANALISI IDROLOGICA

## Analisi delle piogge

Curve di probabilità pluviometrica:

- Durate superiori all'ora
- Durate inferiori all'ora

## Calcolo delle portate

Analisi degli eventi pluviometrici (volumi)



Nubifragio a Catania: via Etna



Nubifragio a Catania: piazza Duomo

# MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA ALLAGAMENTI: ANALISI IDROLOGICA

## **Obiettivi:**

1. Determinazione delle piogge di progetto (input per la stima indiretta delle piene di progetto)
2. Analisi della eccezionalità di eventi storici
  - Tempo di ritorno: intervallo di tempo medio tra due superamenti successivi di un fissato valore della variabile d'interesse (altezza di pioggia)
  - In ambito urbano i tempi di ritorno usuali sono dell'ordine di 5 – 20 anni

# ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE

Sono disponibili varie fonti di dati

- La fonte principale è rappresentata dagli annali idrologici ([http://www.osservatorioacque.it/?cmd=page&id=dati\\_annali\\_cons&tpl=default](http://www.osservatorioacque.it/?cmd=page&id=dati_annali_cons&tpl=default))
- Altre fonti di dati: SIAS (<http://www.sias.regione.sicilia.it/>)



ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA  
E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ  
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI  
OSSERVATORIO DELLE ACQUE

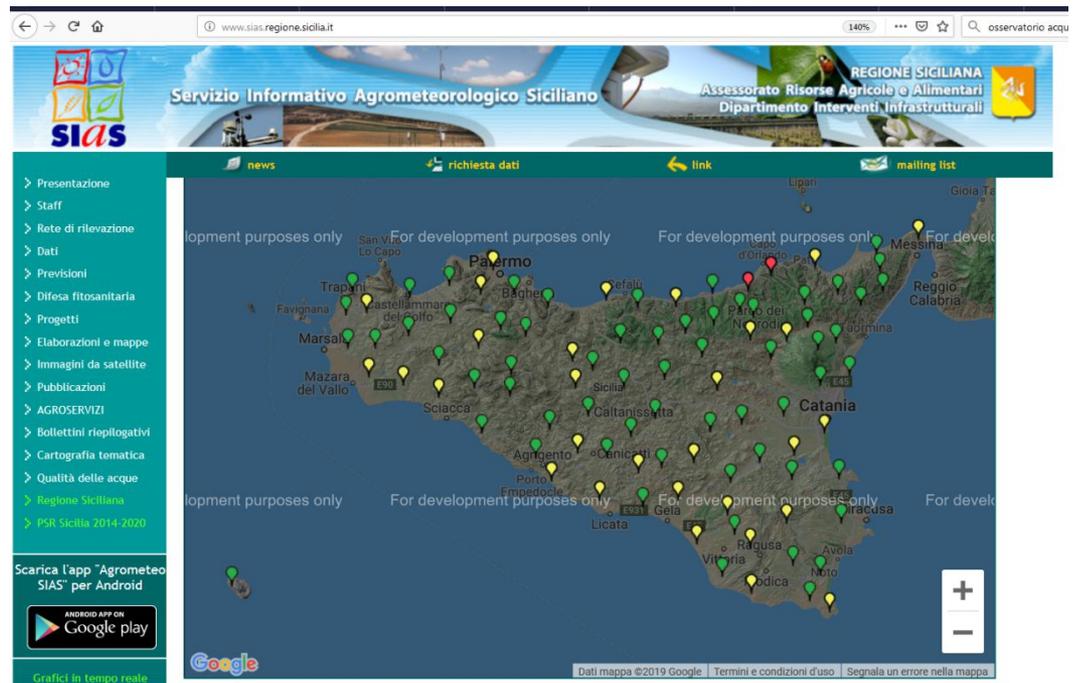
BACINI CON FOCE AL LITORALE DELLA SICILIA  
Il Dirigente del Servizio: Dott. Ing. Antonino Grassano  
Il Dirigente della UO S2.1: Dott. Agr. Luigi Pasotti

**ANNALI IDROLOGICI**

2015

PARTE PRIMA

PALERMO



www.sias.regione.sicilia.it

REGIONE SICILIANA  
Assessorato Risorse Agricole e Alimentari  
Dipartimento Interventi Infrastrutturali

Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano

news richiesta dati link mailing list

- > Presentazione
- > Staff
- > Rete di rilevazione
- > Dati
- > Previsioni
- > Difesa fitosanitaria
- > Progetti
- > Elaborazioni e mappe
- > Immagini da satellite
- > Pubblicazioni
- > AGROSERVIZI
- > Bollettini riepilogativi
- > Cartografia tematica
- > Qualità delle acque
- > Regione Siciliana
- > PSR Sicilia 2014-2020

Scarica l'app "Agrometeo SIAS" per Android

ANDROID APP ON Google play

Grafici in tempo reale

Dati mappa ©2019 Google Termini e condizioni d'uso Segnala un errore nella mappa

# ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE

## Annali idrologici – Parte prima

Tabella III — Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi

Anno 2015

BACINO E STAZIONE	INTERVALLO DI ORE														
	1			3			6			12			24		
	mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio		mm	Inizio	
		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese
<b>Bacini minori fra MULINELLO e LENTINI</b>															
AUGUSTA	90,0	9	Set.	127,0	9	Set.	130,0	9	Set.	130,6	9	Set.	148,6	9	Set.
<b>LENTINI</b>															
LENTINI (Città)	35,6	24	Lug.	48,0	1	Ott.	95,0	1	Ott.	115,0	1	Ott.	133,8	1	Ott.
<b>SIMETO</b>															
CESARO'	21,6	28	Set.	24,4	28	Set.	30,4	21	Feb.	50,4	21	Feb.	84,4	21	Feb.
TROINA BIS	22,8	7	Ago.	41,8	31	Ott.	56,0	17	Mar.	58,2	17	Mar.	72,6	21	Feb.
CICERA	39,2	22	Lug.	41,8	22	Lug.	49,0	28	Set.	49,4	28	Set.	82,2	21	Feb.
NICOSIA	36,8	7	Ago.	42,4	29	Set.	51,2	22	Gen.	60,6	21	Feb.	88,2	21	Feb.
AGIRA TLM	22,0	17	Mar.	38,8	17	Mar.	50,2	17	Mar.	50,6	17	Mar.	72,6	16	Mar.
DIGA NICOLETTI	51,2	26	Ago.	51,8	26	Ago.	51,8	26	Ago.	51,8	26	Ago.	71,0	31	Ott.
CALTAGIRONE	34,0	9	Set.	69,6	9	Set.	72,8	9	Set.	73,8	9	Set.	89,2	8	Set.
MINEO	32,6	25	Nov.	33,0	25	Nov.	41,0	22	Gen.	52,0	18	Feb.	66,4	17	Feb.
OASI SIMETO TLM	39,6	9	Set.	53,4	9	Set.	54,0	9	Set.	56,4	1	Nov.	99,2	8	Set.

Tabella III - Massimi annuali per fissate durate (1, 3, 6, 12, 24 ore)

Tabella V - Precipitazioni di notevole intensità e breve durata (< 1 ora)

# ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE

Raccolta delle serie storiche di fissate durate (1-24 h)

Analisi statistica e probabilistica delle serie, per ciascuna durata (adattamento e test distribuzione di probabilità)

Determinazione delle altezze di pioggia per fissate durate e fissato tempo di ritorno

Determinazione delle curve di probabilità pluviometrica



# ANALISI DELLE PIOGGE INTENSE

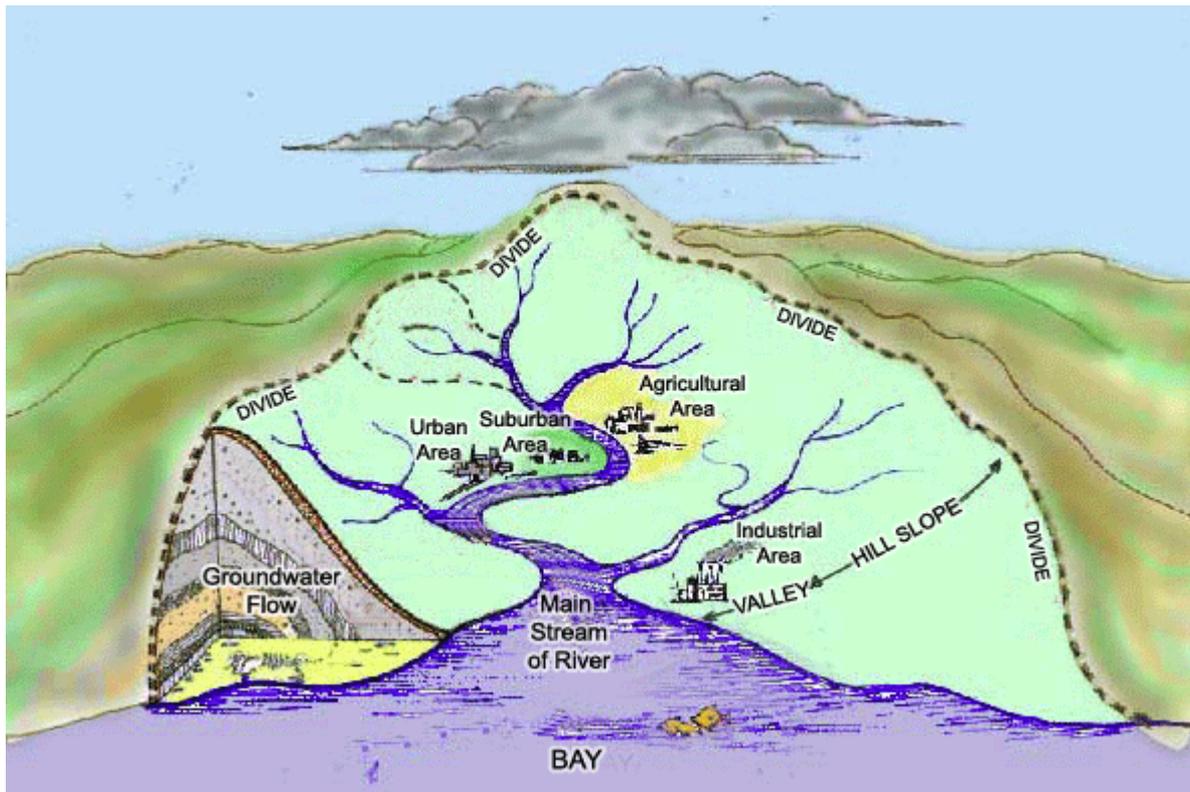
## Curve di probabilità pluviometrica per brevissime durate (<1 ora)

Le curve di probabilità pluviometrica determinate con massimi annuali > 1 ora danno intensità eccessivamente cautelative per durate più brevi.

Nel caso di durate critiche significativamente più brevi all'ora, occorre utilizzare curve diverse

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50$$

# DALLE PIOGGE ALLA PORTATA



Tre grandezze fondamentali:

Area del bacino

Tempo di corrivazione

Coefficiente di deflusso

# DALLE PIOGGE ALLA PORTATA

## Formula razionale

Portata di piena al  
colmo per fissato  
tempo di ritorno  $T$

**Coefficiente di deflusso:** quota  
parte di precipitazione totale che  
si trasforma in deflusso di piena

**Curva di probabilità  
pluviometrica**

$$Q_{p,T} = c h_T(t_c) A/t_c = c a_T t_c^n A/t_c$$

**Area del bacino drenante**

Durata critica della pioggia = **tempo  
di corrivazione**

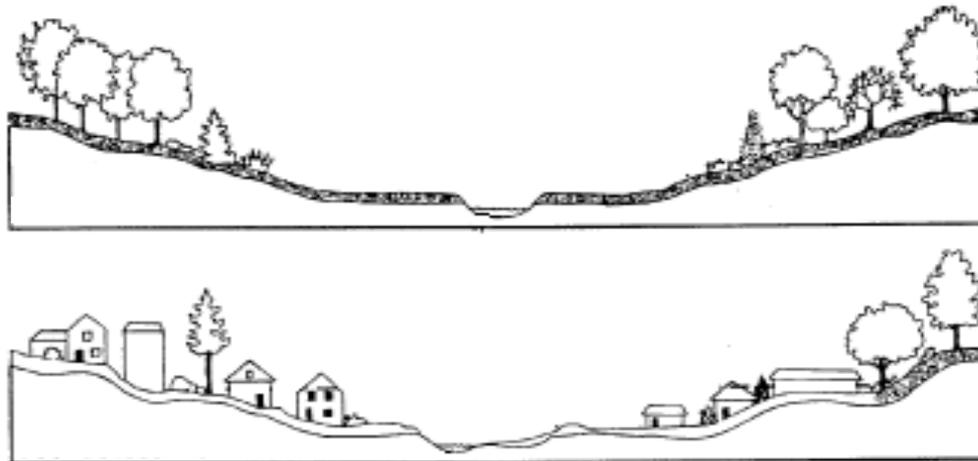
**Altezza di pioggia** per fissato  
tempo di ritorno

# CONSEGUENZE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE SUL SISTEMA FOGNARIO

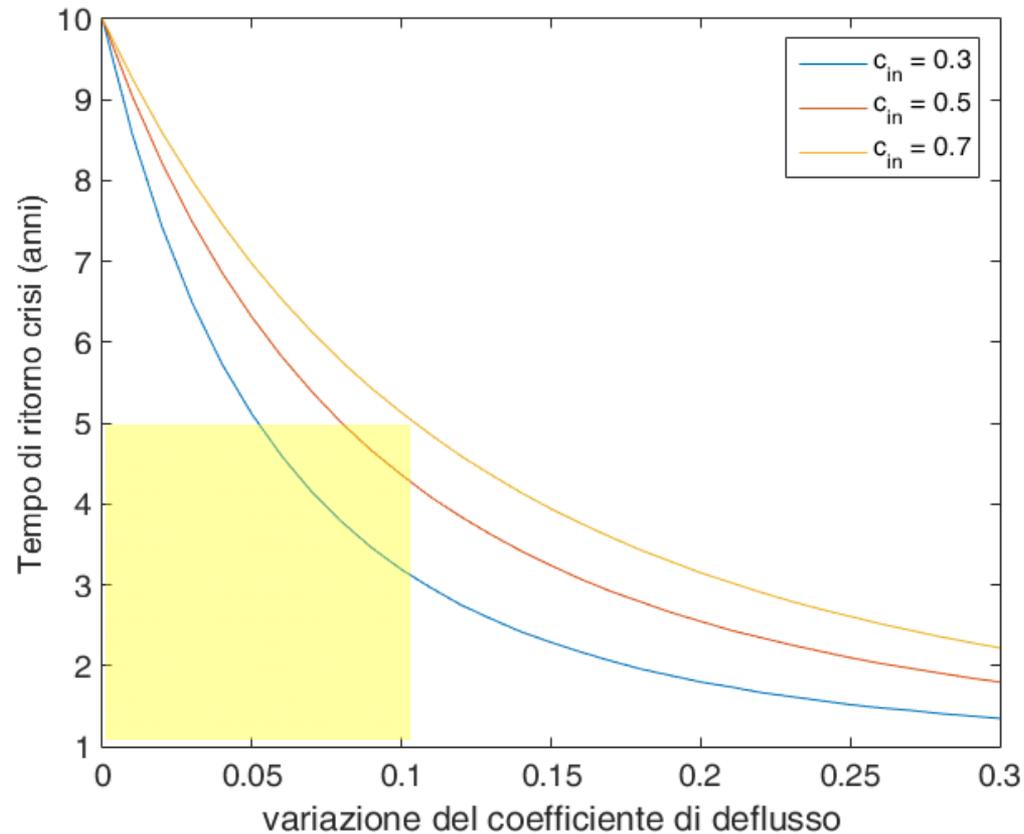
Se progetto le fognature per un  $T = 10$  anni, quale sarà il nuovo tempo di ritorno per cui esse vanno in crisi dopo degli interventi che comportano **un incremento delle aree impermeabili?**

aumenta il coefficiente di deflusso

diminuisce il tempo di corrivazione



# CONSEGUENZE DELL'IMPERMEABILIZZAZIONE SUL SISTEMA FOGNARIO



\*Ipotizzando una diminuzione del tempo di corrivazione di 3 minuti per un incremento di 0.10 del coefficiente di deflusso

# DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE INFRASTRUTTURE

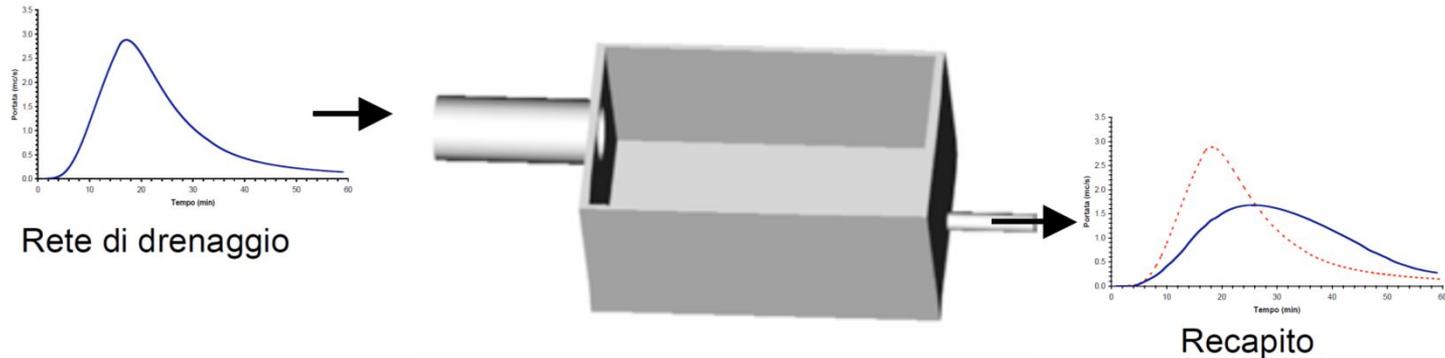
L'**analisi delle piogge** è indispensabile per dimensionare infrastrutture per l'invarianza idraulica e idrologica

In linea generale, trattandosi nella maggior parte dei casi di opere che prevedono una certa capacità di immagazzinamento dell'acqua, il dimensionamento idraulico delle opere per l'invarianza idraulica è basato sull'applicazione **dell'equazione** di continuità (principio di conservazione della massa) specificata per un **serbatoio**, la quale può scriversi come segue:

$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

dove  $W(t)$  è il volume immagazzinato nel serbatoio al tempo  $t$ ,  $Q_e(t)$  è l'andamento nel tempo della portata in entrata al serbatoio e  $Q_u(t)$  è la portata uscente.

# DIMENSIONAMENTO DI UNA VASCA DI LAMINAZIONE



[https://www.ater.cz/ke-stazeni/38973590/vasche\\_di\\_prima\\_pioggia.pdf](https://www.ater.cz/ke-stazeni/38973590/vasche_di_prima_pioggia.pdf)

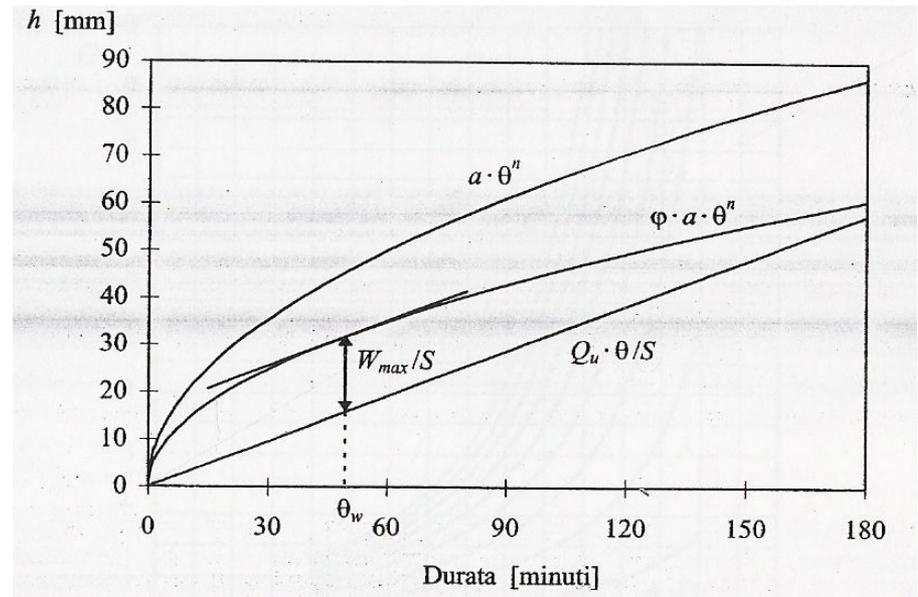
$$\frac{dW(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_u(t)$$

Nella pratica vengono utilizzati metodi semplificati per specificare sia la portata in ingresso che quella in uscita

# DIMENSIONAMENTO DI UNA VASCA DI LAMINAZIONE

## Dimensionamento sulla base delle sole piogge

Il metodo fornisce una valutazione del volume d'invaso della vasca sulla base della **sola curva di possibilità pluviometrica** e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dalla medesima (portata di taglio  $Q_u$ ).



Quindi, con il metodo si trascura completamente, ad eccezione delle sole perdite idrologiche, la trasformazione afflussi–deflussi che si realizza nel bacino a monte della vasca.

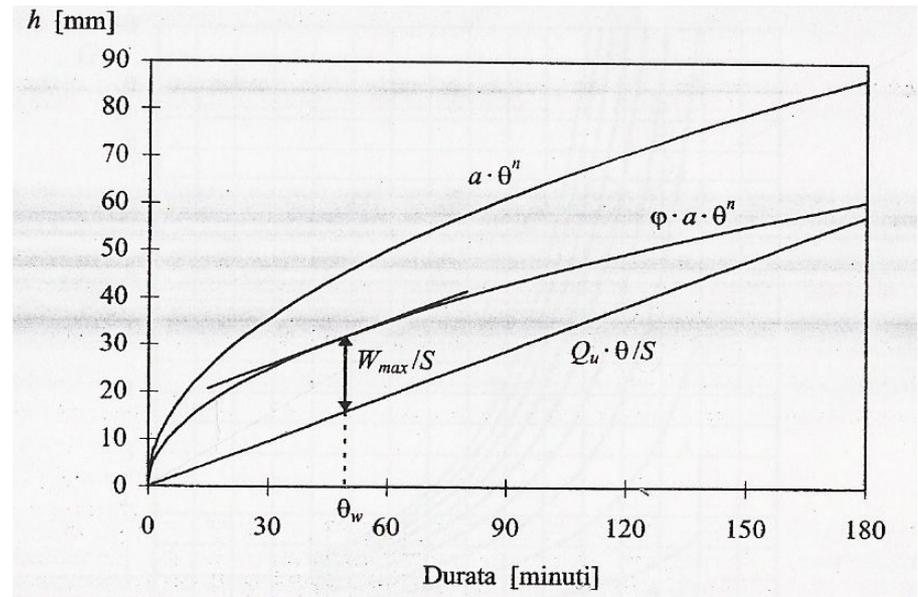
# DIMENSIONAMENTO DI UNA VASCA DI LAMINAZIONE

## Dimensionamento sulla base delle sole piogge

La **durata critica** della pioggia  $\theta_w$  (quella per cui, a parità di periodo di ritorno e di portata di taglio, si ha l'idrogramma entrante che richiede il massimo il volume d'invaso), è data dall'espressione che segue:

$$\theta_w = \left( \frac{Q_u}{S \cdot a \cdot \varphi \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

in cui  $S$  e  $\varphi$  sono rispettivamente l'area della superficie e il coefficiente di afflusso del bacino sotteso dalla vasca,  $a$  ed  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica del periodo di ritorno fissato.

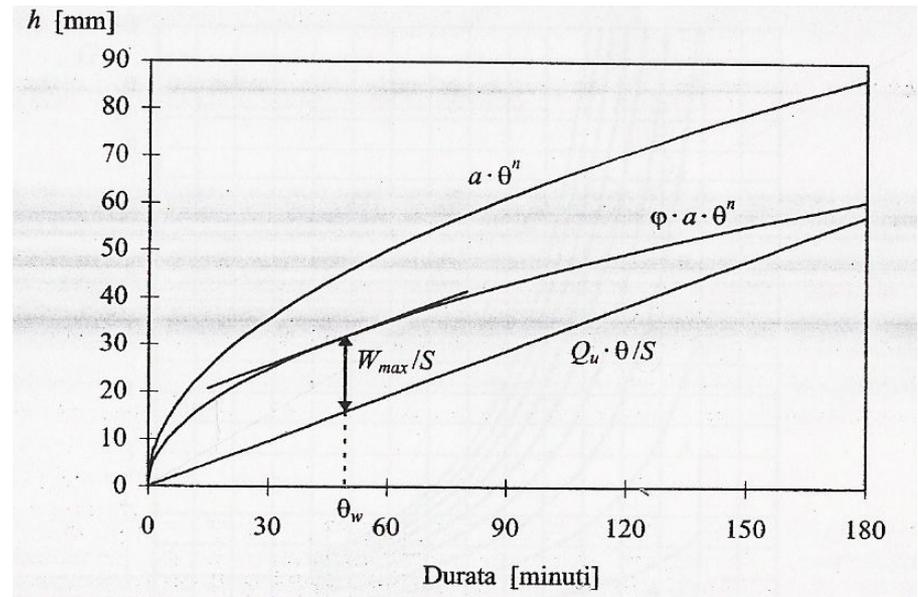


# DIMENSIONAMENTO DI UNA VASCA DI LAMINAZIONE

## Dimensionamento sulla base delle sole piogge

Il volume utile minimo  $W_m$  da assegnare alla vasca è

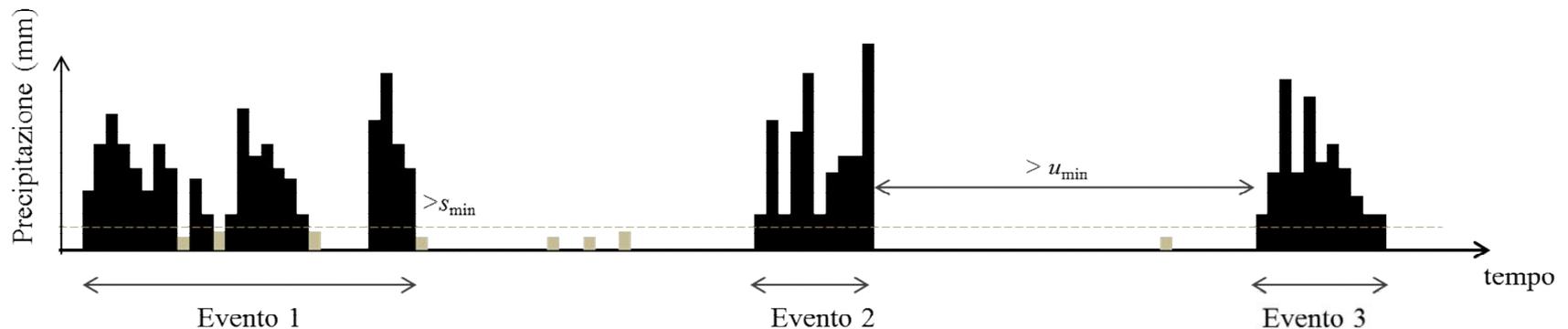
$$\begin{aligned} W_m &= S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w - Q_u \cdot \theta_w \\ &= Q_u \theta_w \left( \frac{1}{n} - 1 \right) \end{aligned}$$



# ANALISI DEGLI EVENTI DI PIOGGIA (VOLUMI)

## Definizione di evento pluviometrico

Data una serie di precipitazioni di fissata risoluzione temporale (e.g. 1 ora), un **evento pluviometrico** è un gruppo di intervalli di pioggia isolato da altri gruppi per un intervallo di tempo minimo prefissato ( $u_{\min}$ ). Ai fini della definizione dell'intervallo di tempo minimo si trascurano gli intervalli con pioggia inferiore ad un minimo prefissato ( $s_{\min}$ ).



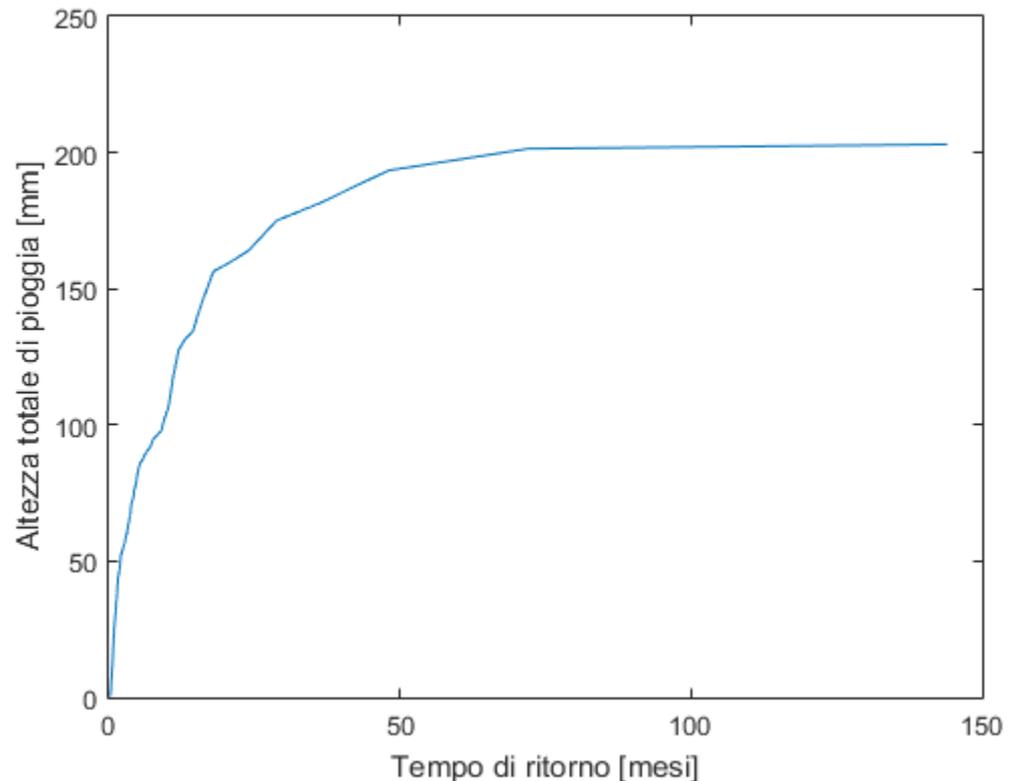
# ANALISI DEGLI EVENTI DI PIOGGIA (VOLUMI)

Ad esempio, con riferimento ad  
una stazione nel Messinese  
(Fiumedinisi)

Utilizzo dei dati orari del SIAS

$s_{min} = 0.2$  mm (sensibilità  
strumentale)

$u_{min} = 24$  ore (ipotizzando che la  
vasca venga svuotata entro le 24  
ore dalla fine di ogni evento)

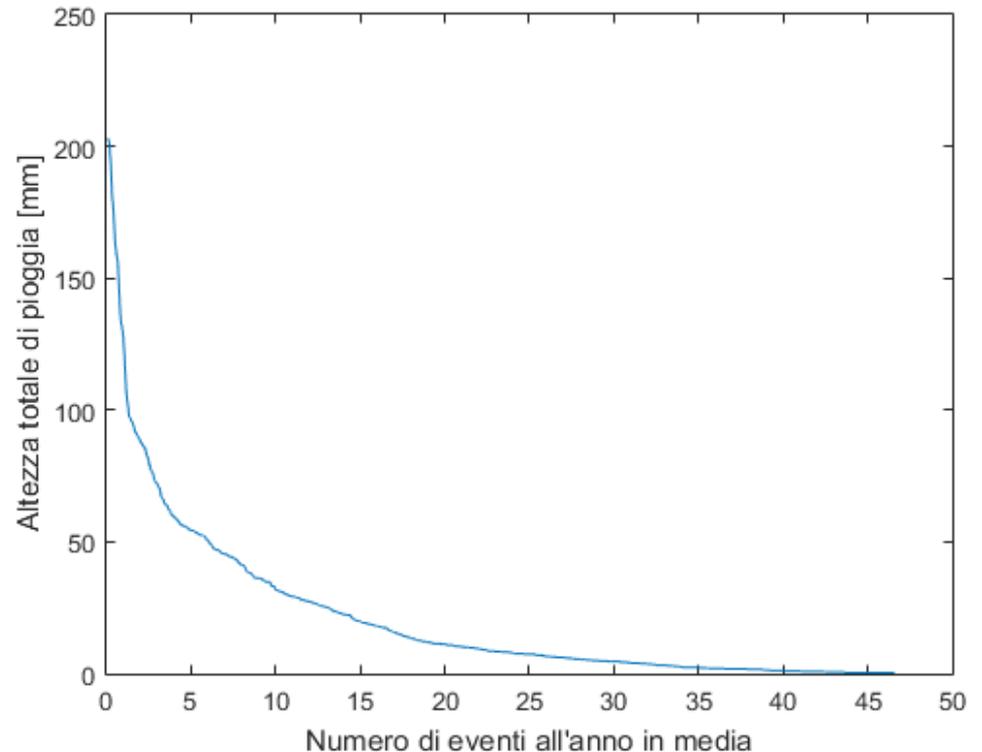


Ad un tempo di ritorno di 10 anni, corrisponde un'altezza complessiva di circa 202 mm

# ANALISI DEGLI EVENTI DI PIOGGIA (VOLUMI)

La curva può essere utilizzata per capire la **frequenza di riempimento di un tetto verde**.

Ad esempio, per il tetto verde della Cittadella Universitaria, che ha uno spessore della vegetazione di 150 mm e una porosità di circa il 40 %, il volume che può essere immagazzinato può stimarsi in **60 mm**.



Ciò significa che dal tetto verde si avranno **portate significative in uscita solo per 3 eventi l'anno** (in media) contro i circa 40 eventi complessivi

# CRITERI DI MASSIMA PER L'INVARIANZA IDRAULICA

## Regolamento edilizio del comune di Catania - Art. 80 INVARIANZA IDRAULICA

Sono vietate tutte le modificazioni della superficie del suolo che abbiano l'effetto, anche indiretto, di determinare un incremento della portata defluente dalla superficie del suolo verso la rete fognaria, la rete idrografica naturale o artificiale o le sedi stradali.

I criteri di progettazione, le modalità di realizzazione, collaudo, esercizio e manutenzione delle opere di cui ai precedenti commi [per l'invarianza idraulica] saranno stabiliti in apposite "**Linee Guida**" che saranno predisposte dal Comune.

Nelle more si applicano le seguenti **norme transitorie**:

Volume delle vasche pari ad almeno  $0,03 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  di superficie coperta o pavimentata

# CRITERI DI MASSIMA PER L'INVARIANZA IDRAULICA

## Regolamento edilizio del comune di Catania - Art. 80 INVARIANZA IDRAULICA

Sono vietate tutte le modificazioni della superficie del suolo che abbiano l'effetto, anche indiretto, di determinare un incremento della portata defluente dalla superficie del suolo verso la rete fognaria, la rete idrografica naturale o artificiale o le sedi stradali.

I criteri di progettazione, le modalità di realizzazione, collaudo, esercizio e manutenzione delle opere di cui ai precedenti commi [per l'invarianza idraulica] saranno stabiliti in apposite "**Linee Guida**" che saranno predisposte dal Comune.

Nelle more si applicano le seguenti norme transitorie:

Volume delle vasche pari ad almeno  $0,03 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  di superficie coperta o pavimentata

**Saranno sufficienti?**

# CRITERI DI MASSIMA PER L'INVARIANZA IDRAULICA

Supponiamo di avere un lotto di  $S = 1$  ha,  $c_{pre} = 0.50$  che impermeabilizziamo per il 60%

$$c_{post} = (1-0.60)c_{pre} + 1*0.6 = 0.80$$

$$t_c = 10 \text{ minuti}, \alpha = 45, n = 0.50 (T = 20 \text{ anni})$$

$$Q_{pre} = c_{pre} \alpha t_c^{n-1} S = 0.153 \text{ m}^3/\text{s}$$

## Dimensionamento vasca secondo metodo delle sole piogge

Portata di taglio  $Q_u = Q_{pre}$

$$D_w = \left( \frac{Q_u}{S \cdot a \cdot \varphi \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} = 384 \text{ s}$$

$$W_m = Q_u D_w \left( \frac{1}{n} - 1 \right) = 58,78 \text{ m}^3$$

Circa 0.01 S

$$W_{reg} = 0.03 S = 180 \text{ m}^3$$

**Il criterio del regolamento sembra essere (molto) cautelativo**

Negli interventi di nuova costruzione, ove non diversamente indicato dalle norme di zona dello strumento urbanistico e compatibilmente con le stesse norme, almeno il 40% della superficie del lotto deve essere permeabile alle acque piovane e adibita a verde privato o altra destinazione compatibile.

# E I CAMBIAMENTI CLIMATICI?

I **cambiamenti climatici** vengono solitamente analizzati seguendo due approcci:

- **analisi dei trend** in lunghe serie storiche osservate
- **analisi delle proiezioni dei modelli** di cambiamento climatico

Le proiezioni sono ottenute attraverso sofisticati modelli che simulano il clima del pianeta terra.

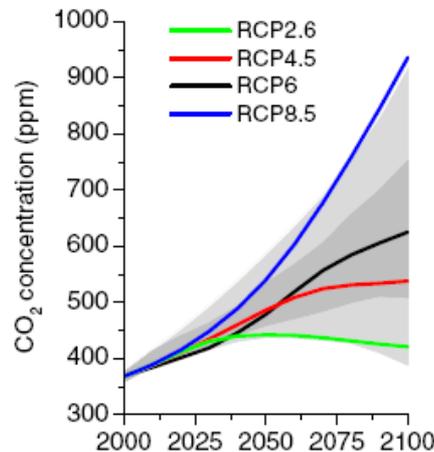
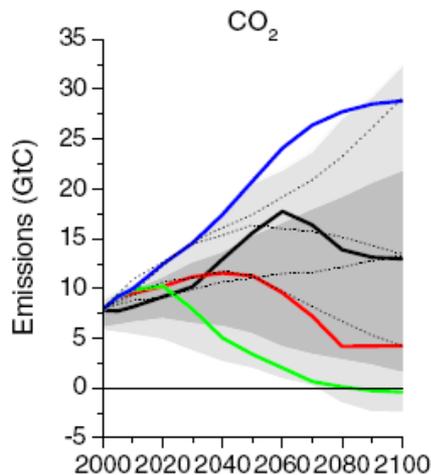
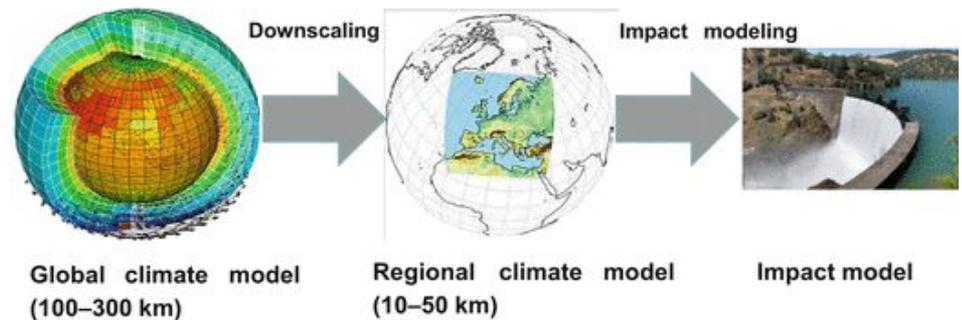
A partire da una certa data (2005) vengono introdotti degli scenari di emissione di gas serra.



# E I CAMBIAMENTI CLIMATICI?

Gli scenari di emissione, noti meglio come **Representative Concentration Pathways**, rappresentano di fatto le conseguenze di scelte di politica ambientale internazionali e nazionali

## Regional climate projections



RCP 4.5



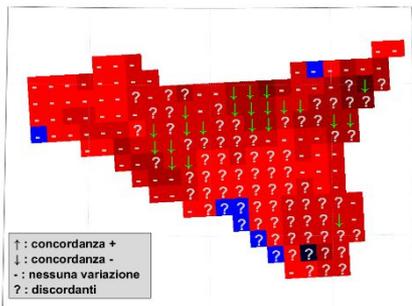
RCP 8.5

# PROIEZIONI CLIMATICHE PER LA SICILIA

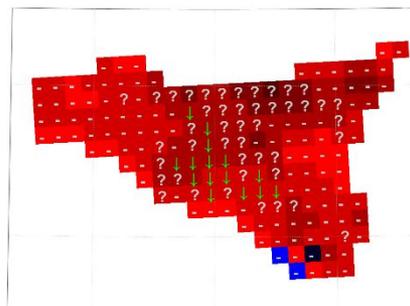
## Precipitazione totale annua (P)

RCP4.5

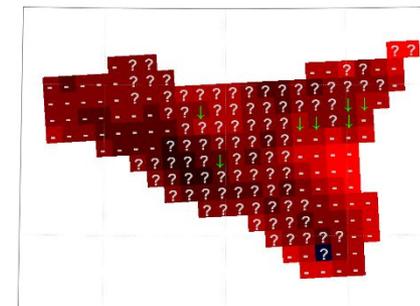
2021-2050



2041-2070

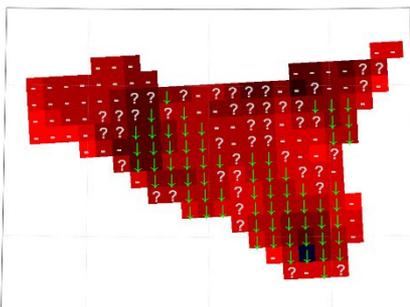


2061-2090

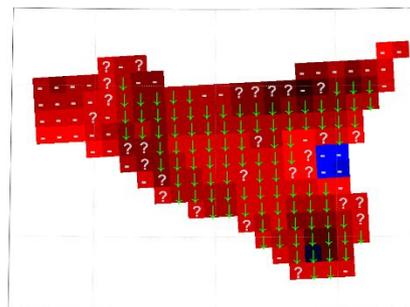


RCP8.5

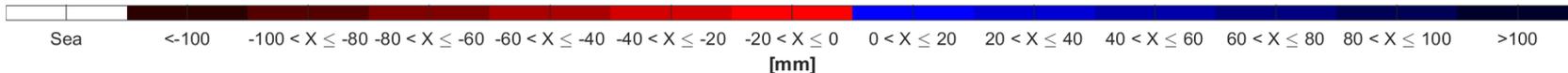
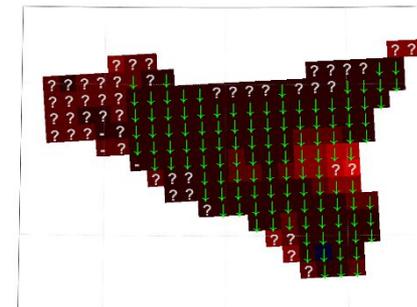
2021-2050



2041-2070



2061-2090

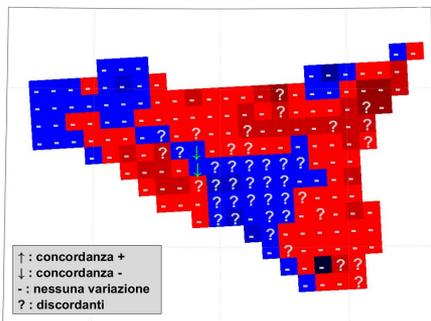


# PROIEZIONI CLIMATICHE PER LA SICILIA

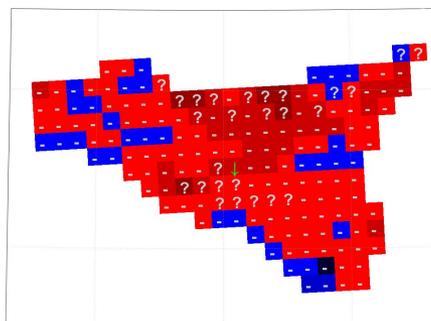
## Numero di giorni con precipitazione intensa (R95p)

RCP4.5

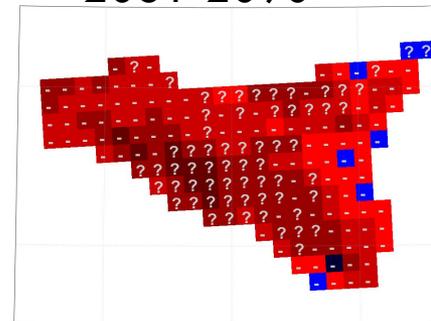
2021-2050



2041-2070

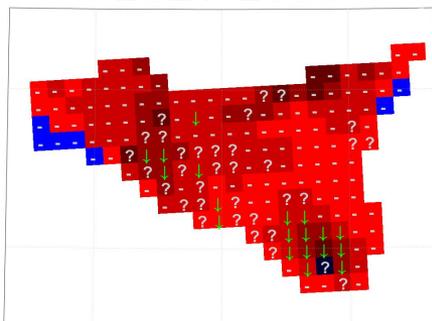


2061-2090

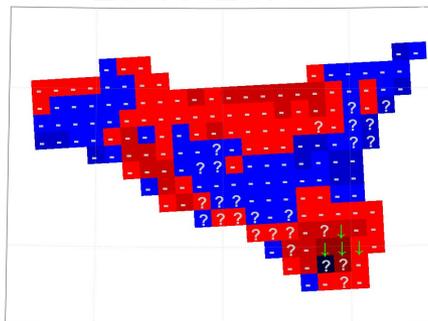


RCP8.5

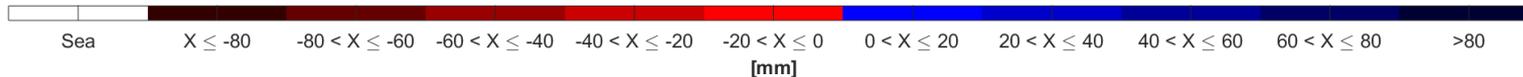
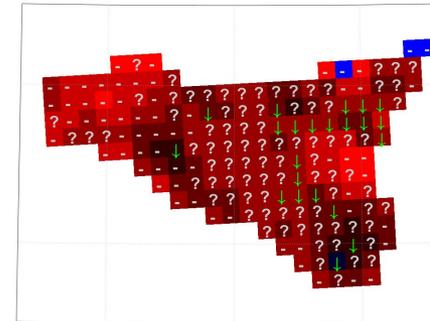
2021-2050



2041-2070



2061-2090



# CONCLUSIONI

**L'invarianza idraulica e idrologica** sono concetti richiamati a **livello nazionale, regionale e comunale**

Sebbene il concetto di base sia e conosciuto dai professionisti in modo molto chiaro, **meno chiare sono le modalità** con cui ottenere l'invarianza idraulica e come **progettare le opere**

Sono stati presentati i **criteri generali** di progettazione (non solo di tipo tecnico)

E' stato fatto un cenno alle **analisi di tipo idrologico** più comuni

Le **proiezioni climatiche** consentono di avere un'idea su come il clima potrà cambiare in futuro, tuttavia non forniscono attualmente uno strumento chiaramente applicabile alla progettazione