

# Cambiamenti climatici e ambiente (SDG13): Le inondazioni e il ruolo dell'Ingegneria delle Acque

Aldo Fiori

# Ingegneria dell'acqua e gestione delle risorse idriche

La gestione delle risorse idriche riguarda la risoluzione dei problemi per garantire l'acqua alle persone e all'ambiente, sulla base di una solida conoscenza scientifica dei processi idrologici e idraulici.

La gestione include:

- La protezione dall'acqua in eccesso (piene)
- La protezione dalla carenza di acqua (siccità)
- La protezione dell'ambiente dall'inquinamento



# Di cosa si occupa l'ingegnere delle acque?

- **Difesa dalla inondazioni e dissesto idrogeologico**
- Magre e siccità
- Drenaggio urbano e fognature
- Gestione / approvvigionamento idrico (acquedotti etc.)
- Sovrasfruttamento dell'acque
- Qualità dell'acqua e risanamento
- Produzione di energia rinnovabile (dighe/traverse, centrali a marea etc.)
- Coste e mari (porti, erosione e ripascimento delle coste, tsunami etc.)
- ....
- ....

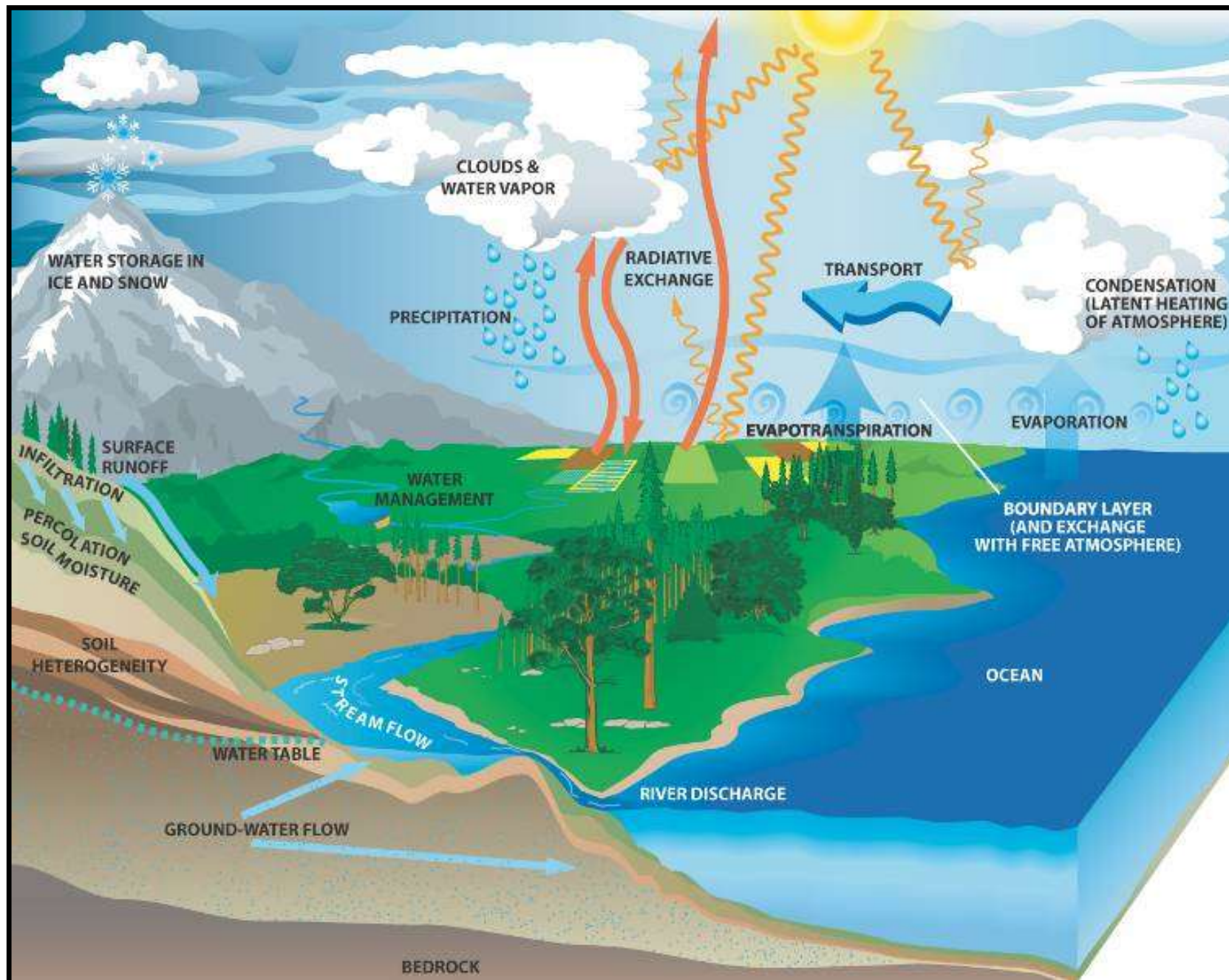


# L'acqua nei Sustainable Development Goals

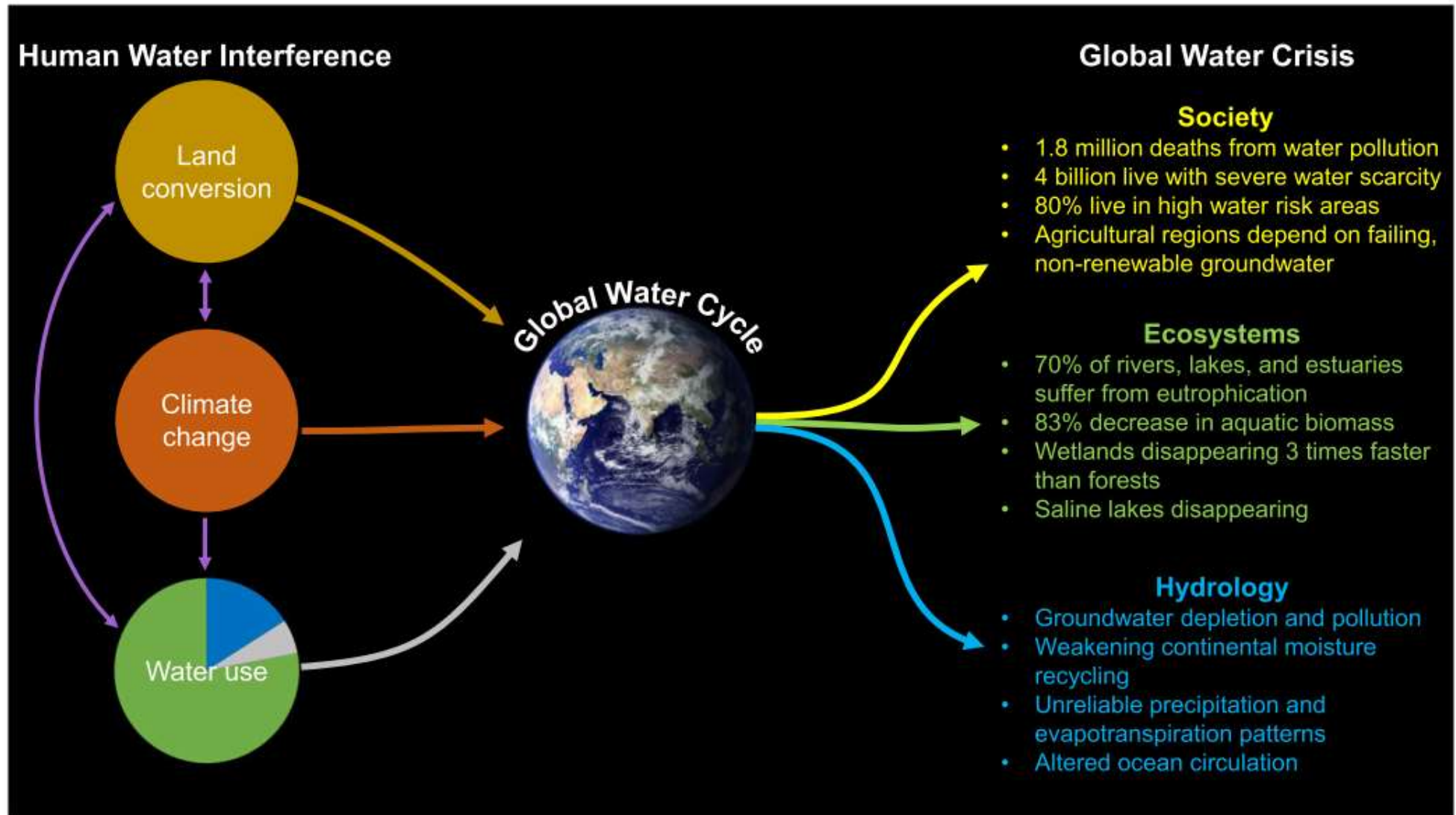
- **The 2030 Agenda: 17 Goals 169 Targets**



# Il ciclo dell'acqua



# Il ciclo dell'acqua e l'antropocene



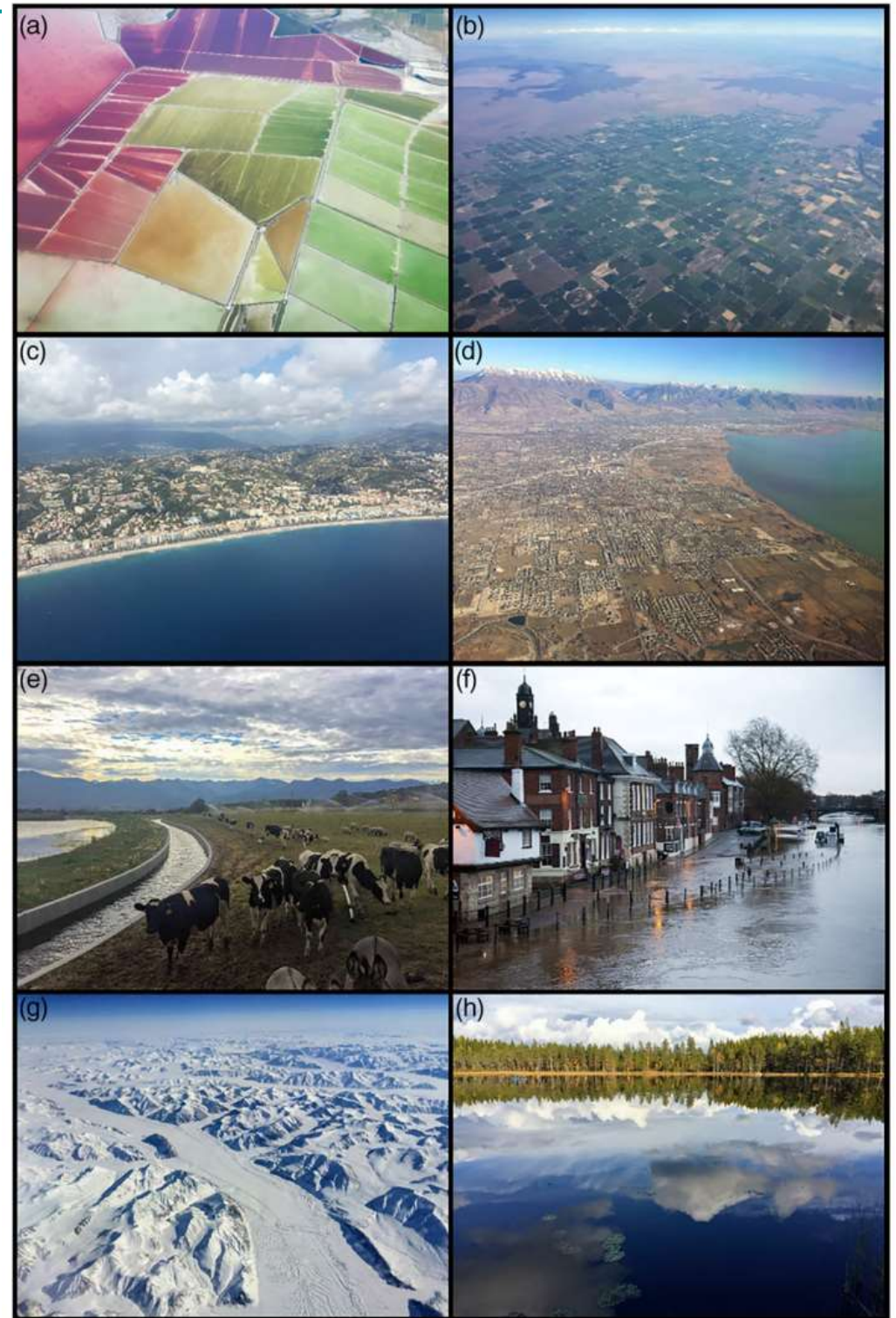
**FIGURE 1** Types of human interference with the global water cycle and dimensions of the global water crisis. Human water use is separated into green (78%), blue (16%), and grey water use (6%) based on a meta-analysis of global water pools and fluxes (Abbott et al., 2019)

# Il ciclo dell'acqua e l'antropocene



# Il ciclo dell'acqua e l'antropocene

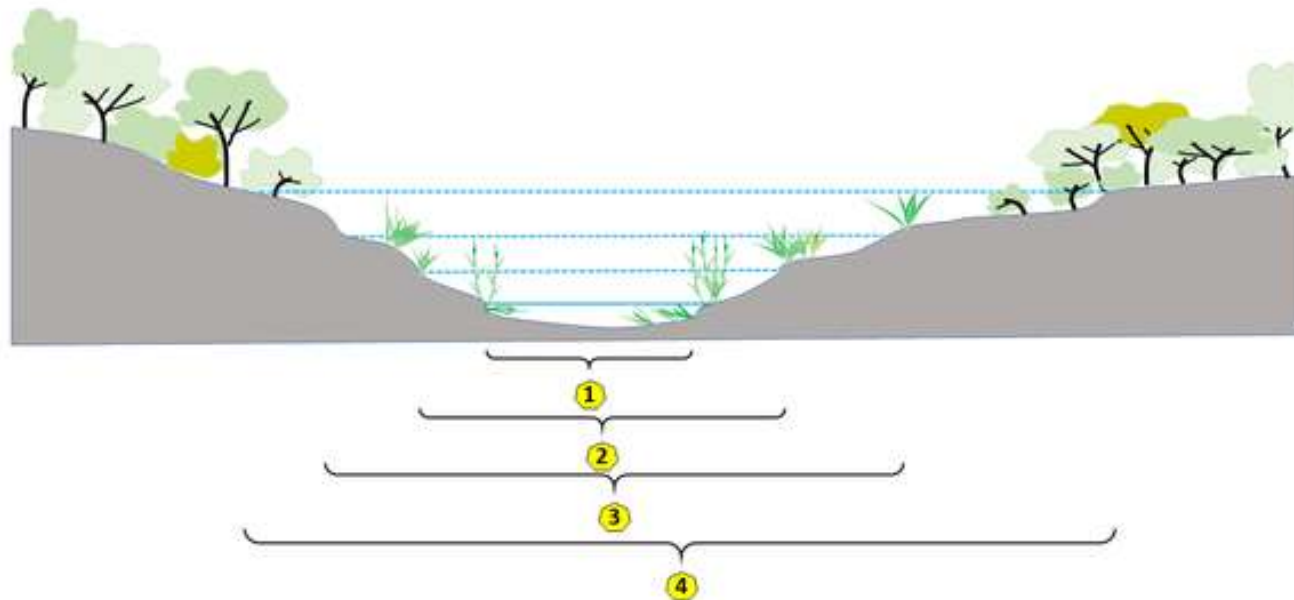
**FIGURE 2** Photos of human interactions with the water cycle in the Anthropocene. (a) Evaporation ponds encroach on the Great Salt Lake, the largest saline lake in the Western Hemisphere, USA; (b) Groundwater-fed agriculture and human-caused wildfire, Washington, USA; (c) Urban development along the coast in Nice, France. (d) Suburban sprawl sustained by inter-basin water transfer around Utah Lake, USA; (e) Livestock, canal, and irrigation in Heber City, USA; (f) Flooding as the River Ouse in York exceeds defensive engineering infrastructure, UK; (g) Accelerating ice discharge from northern Greenland; (h) Boreal lake experiencing thermal and chemical modification from atmospheric deposition and climate change, Västerbotten, Sweden





# Le piene

- Rischio idraulico (flash flood, inondazioni fluviali, inondazioni pluviali, da aree costiere, da acque sotterranee etc.)
- Sommersione temporanea di aree solitamente non ricoperte da acqua (2007/60/EC)
- La frequenza (e severità) si esprime attraverso il Tempo di Ritorno



Alveo fluviale in condizioni di magra (1), morbida (2), piena ordinaria (3) e piena eccezionale (4)

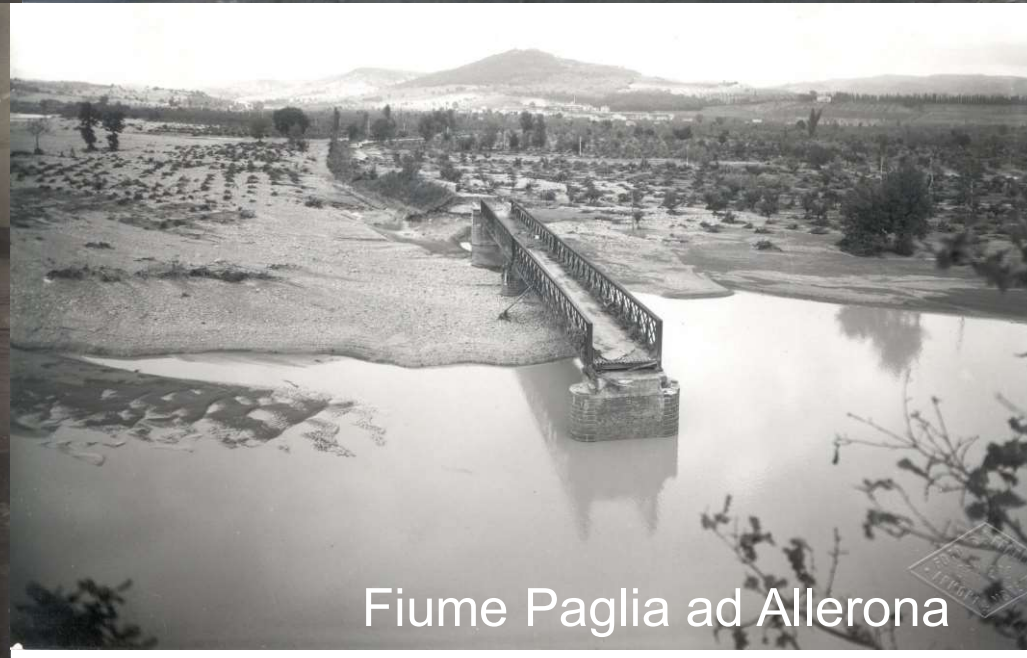
# Inondazione di territori di pianura



Valle del Tevere: inondazione del dicembre 1937



Rotta arginale a Mezzocammino



Fiume Paglia ad Allerona

# Inondazioni in aree urbane



Sarno, 1998



Fiume Po. Piena dell'ottobre 2000 a Arena Po

# Inondazioni in aree urbane



Marina Velca, inondazione del  
Fiume Marta



# Inondazioni in aree urbane



S. Bartolomeo all'Isola

Piena del Tevere a Roma  
dicembre 1900



Lungotevere degli Anguillara

# Flash floods



# Effetti delle piene sui ponti e le infrastrutture viarie



# Le piene e i disastri naturali

- Durante il decennio 2010-2019 le inondazioni hanno rappresentato il 46% (1.298) di tutti i disastri naturali, con 67,3 milioni di persone colpite (World Disaster Report 2020)
- Dal 2009 al 2018, la mortalità media annua dovuta al verificarsi di inondazioni è di 4913 persone e nel 2019 il numero di decessi è stato riportato a 5110 persone (EMDAT 2020)

**Table 2.1 Disasters caused by natural hazards in Europe in 1998–2009 as recorded in EM-DAT**

Hazard type	Recorded events	Number of fatalities	Number of people affected (million people)	Overall losses (billion EUR <sup>(a)</sup> )	Insured losses (billion EUR)
Storm	155	729	3.803	44.338	20.532
Extreme temperature events	101	77 551	0.005	9.962	0.186
Forest fires	35	191	0.163	6.917	0.097
Drought	8	0	0	4.940	0.000
<b>Flood</b>	<b>213</b>	<b>1 126</b>	<b>3.145</b>	<b>52.173</b>	<b>12.331</b>
Snow avalanche	8	130	0.01	0.742	0.198
Landslide	9	212	0.007	0.551	0.206
Earthquake	46	18 864	3.978	29.205	2.189
Volcano	1	0	0	0.004	0.000
Total	576	98 803	11.112	148.831	35.739



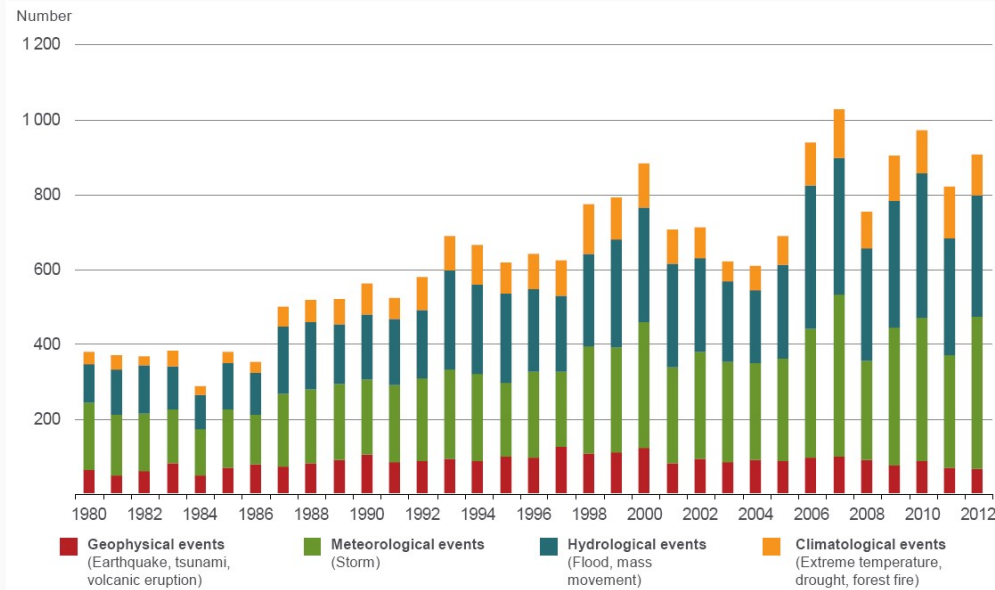
# Evoluzione temporale delle catastrofi dal 1980 al 2012

NatCatSERVICE

Natural catastrophes worldwide 1980 – 2012

Number of events

Munich RE



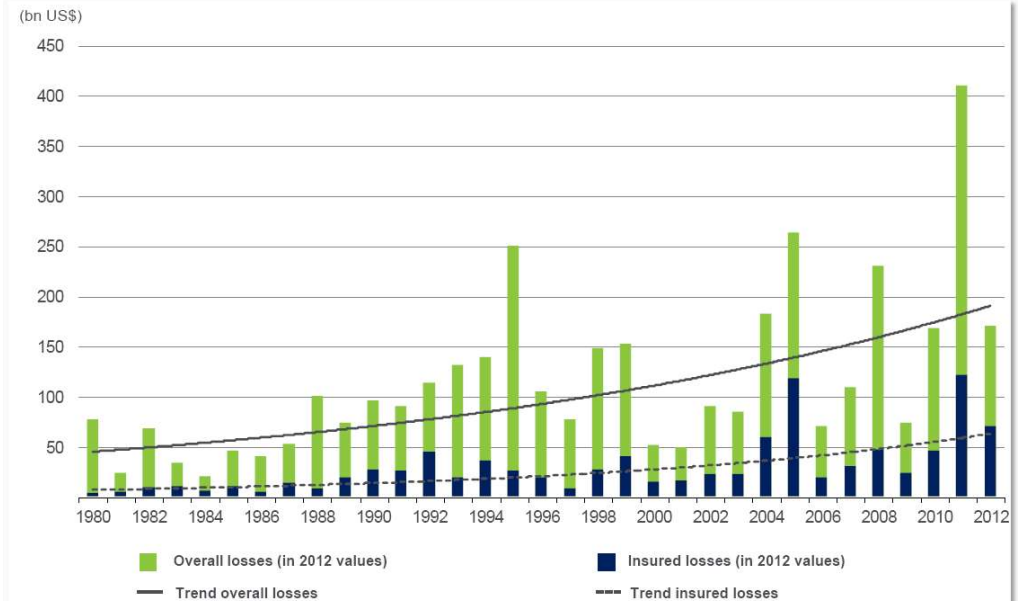
© 2013 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risks Research, NatCatSERVICE – As at January 2013

NatCatSERVICE

Natural catastrophes worldwide 1980 – 2012

Overall and insured losses with trend

Munich RE



© 2013 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risks Research, NatCatSERVICE – As at January 2013

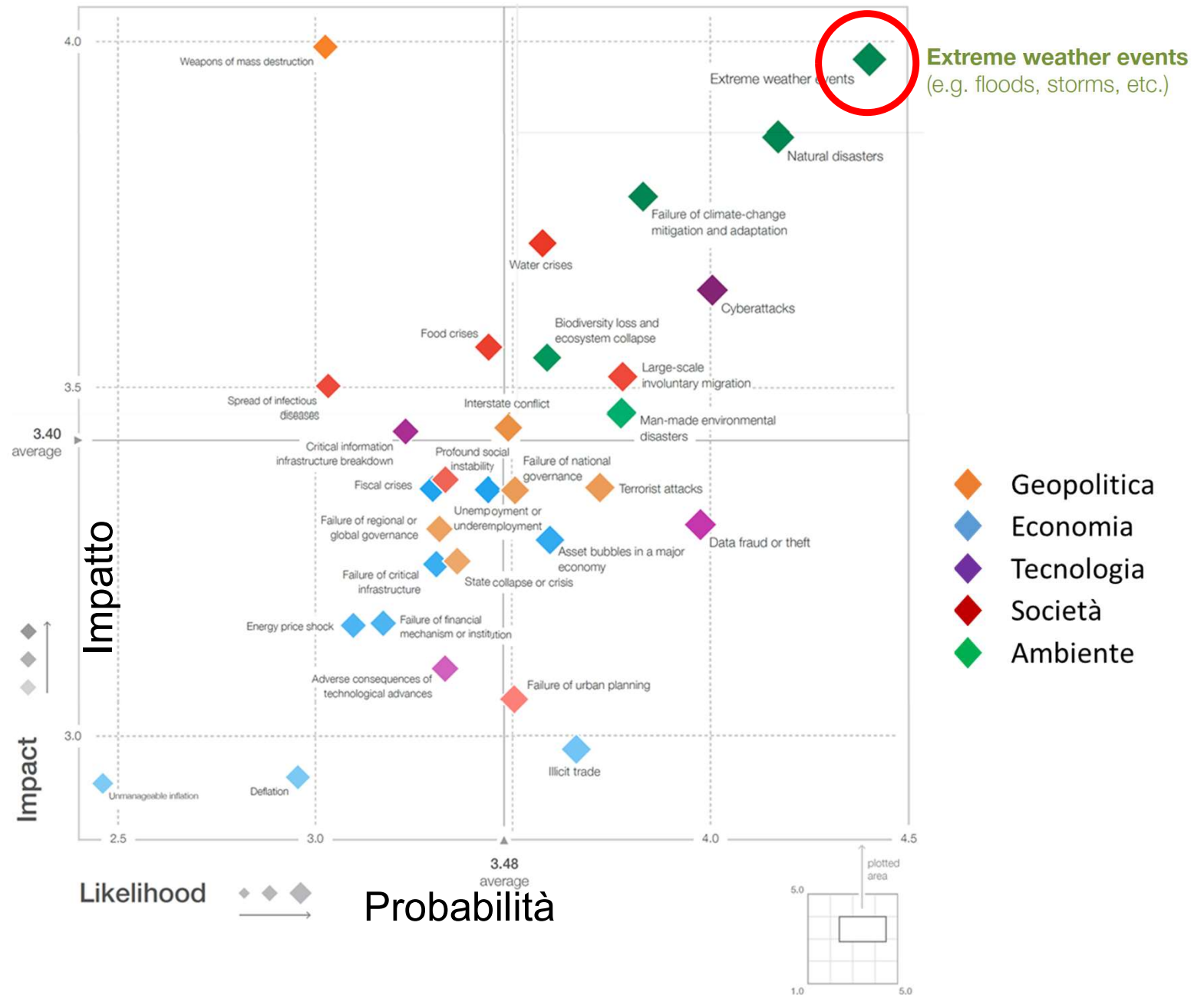
Source: MunichRE, NatCatSERVICE

**Le inondazioni sono la prima causa delle perdite economiche e di vite umane nel mondo tra i disastri naturali**

Munich Re, è una delle maggiori compagnie di riassicurazione al mondo; opera in più di 30 paesi nel mondo.

# World Economic Forum (Davos): Rapporto sui rischi globali

- *Global Risks Report: Il* rapporto si basa su un sondaggio condotto su circa 1000 esperti nel mondo degli affari, di governo e della società civile.



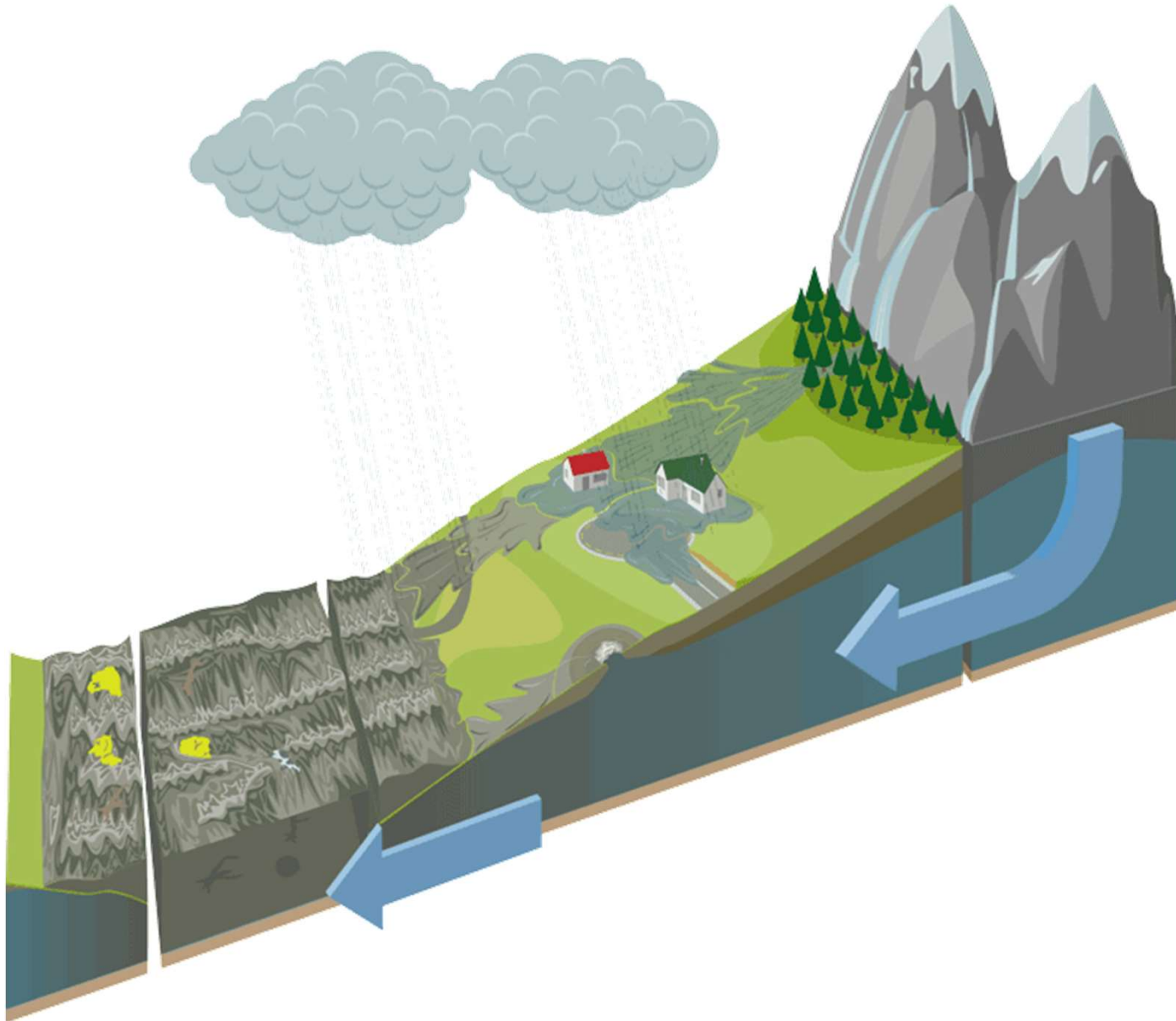
# Come si forma una piena?

## Deflusso in condizioni ordinarie



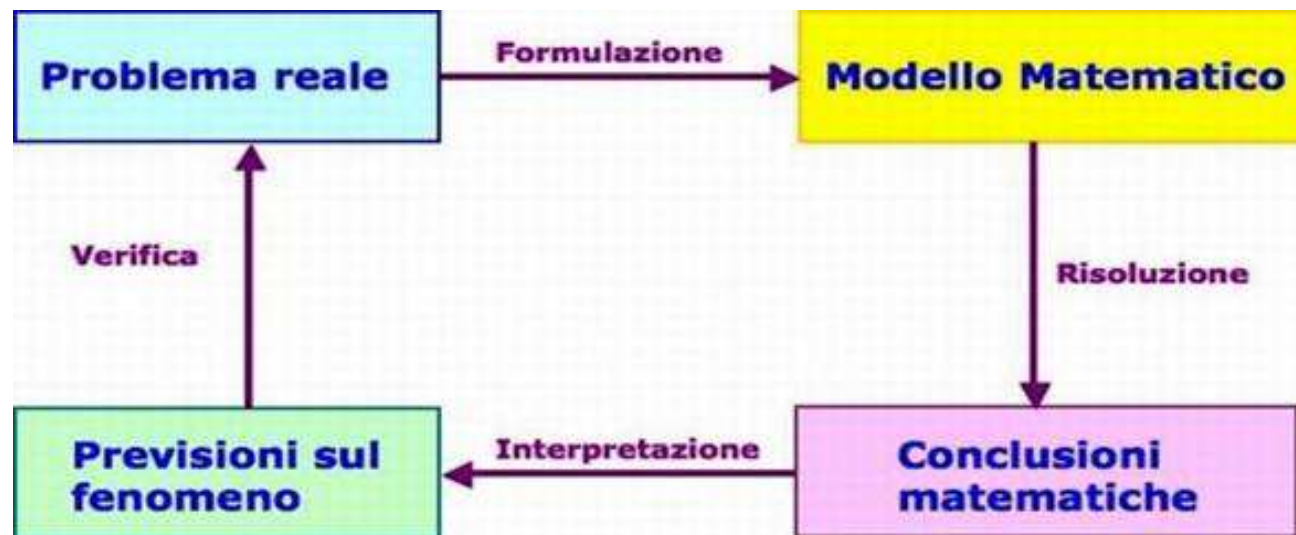
# Come si forma una piena?

## Deflusso di piena



# Il ruolo dei modelli matematici

- Un modello matematico è una rappresentazione quantitativa di un fenomeno naturale. Il modello è una rappresentazione approssimata della realtà, ma idonea all'analisi che si vuole condurre.
- Il modello matematico consente di operare delle previsioni future su un sistema ed è ciò che distingue la scienza quantitativa dalla scienza qualitativa.



# I modelli matematici: Cosa accadrebbe oggi a Roma?

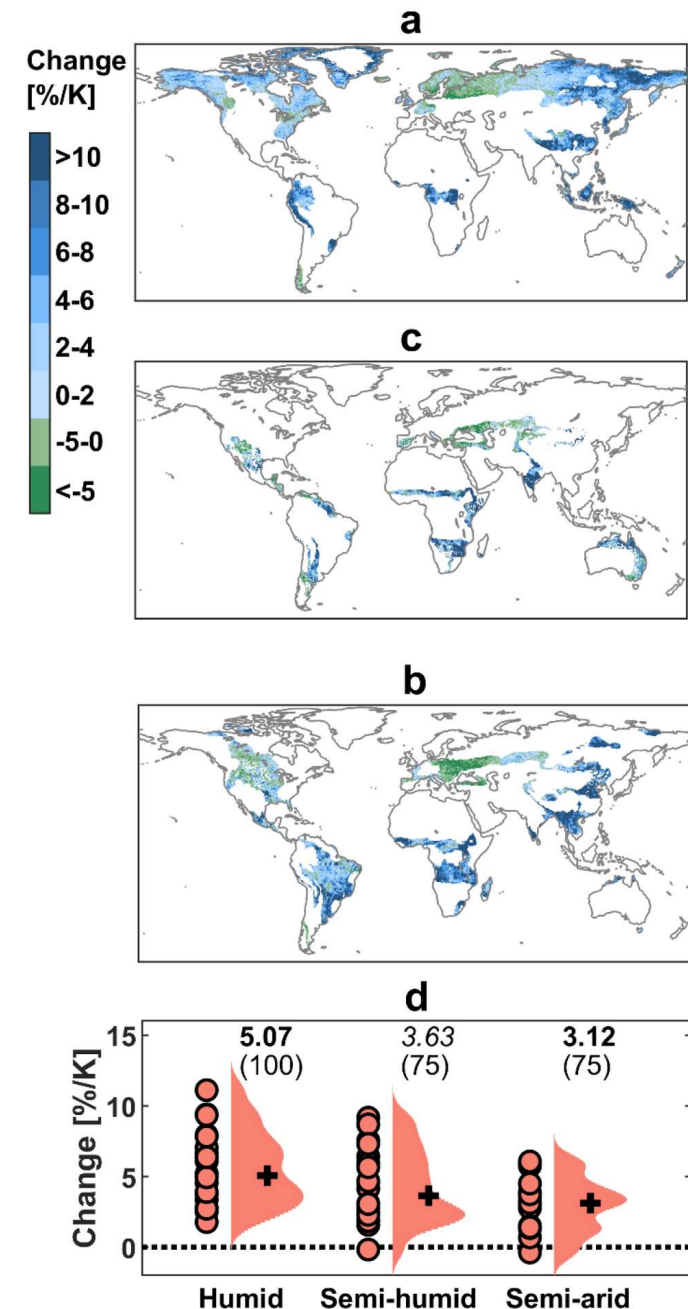


# La quantificazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulle piene

- L'attività antropica è causa di cambiamento climatico.
- Il cambiamento climatico riduce la resilienza nei confronti di calamità di natura idrologica e geologica.
- Detta resilienza deve essere accresciuta con misure di adattamento.

Problemi ingegneristici: previsioni difficili, gli scenari da modello e i dati non sempre convergono

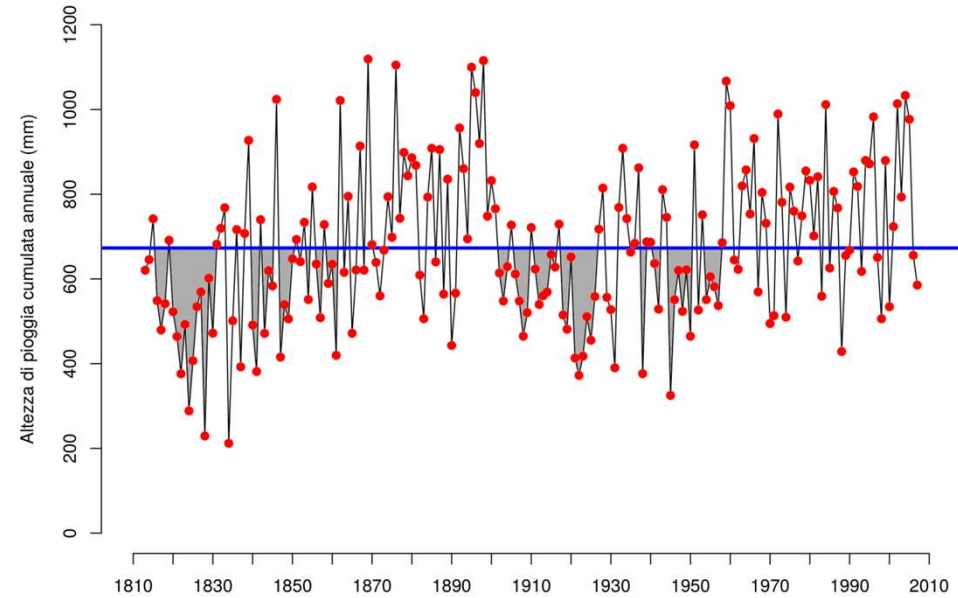
Grande incertezza: si tratta di eventi estremi e molto **rari**, non si dispone di una adeguata serie «storica» di dati



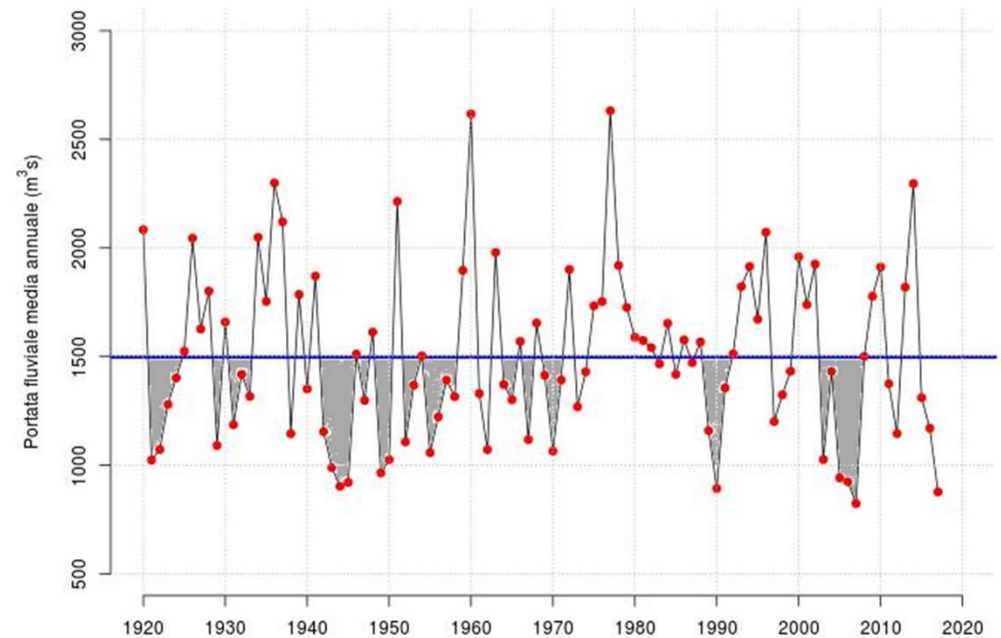
# Incertezze dei dati e dei modelli climatici

- I modelli climatici producono una mole di dati molto estesa su diverse scale spaziali e temporali; le loro prestazioni dipendono strettamente dalla variabile considerata e dalle relative scale, che non sempre coincidono con le scale di interesse
- I dati idrologici a disposizione (piogge, portate) sono generalmente estesi a periodi troppo limitati per l'analisi degli eventi estremi, necessaria per studiare le piene.

Portata fluviale media giornaliera del Fiume Po 1920 - 2017

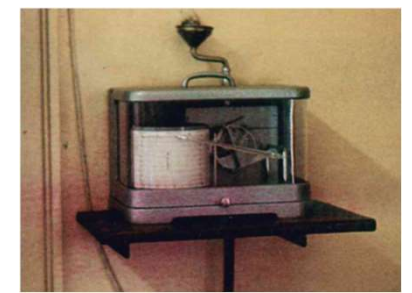
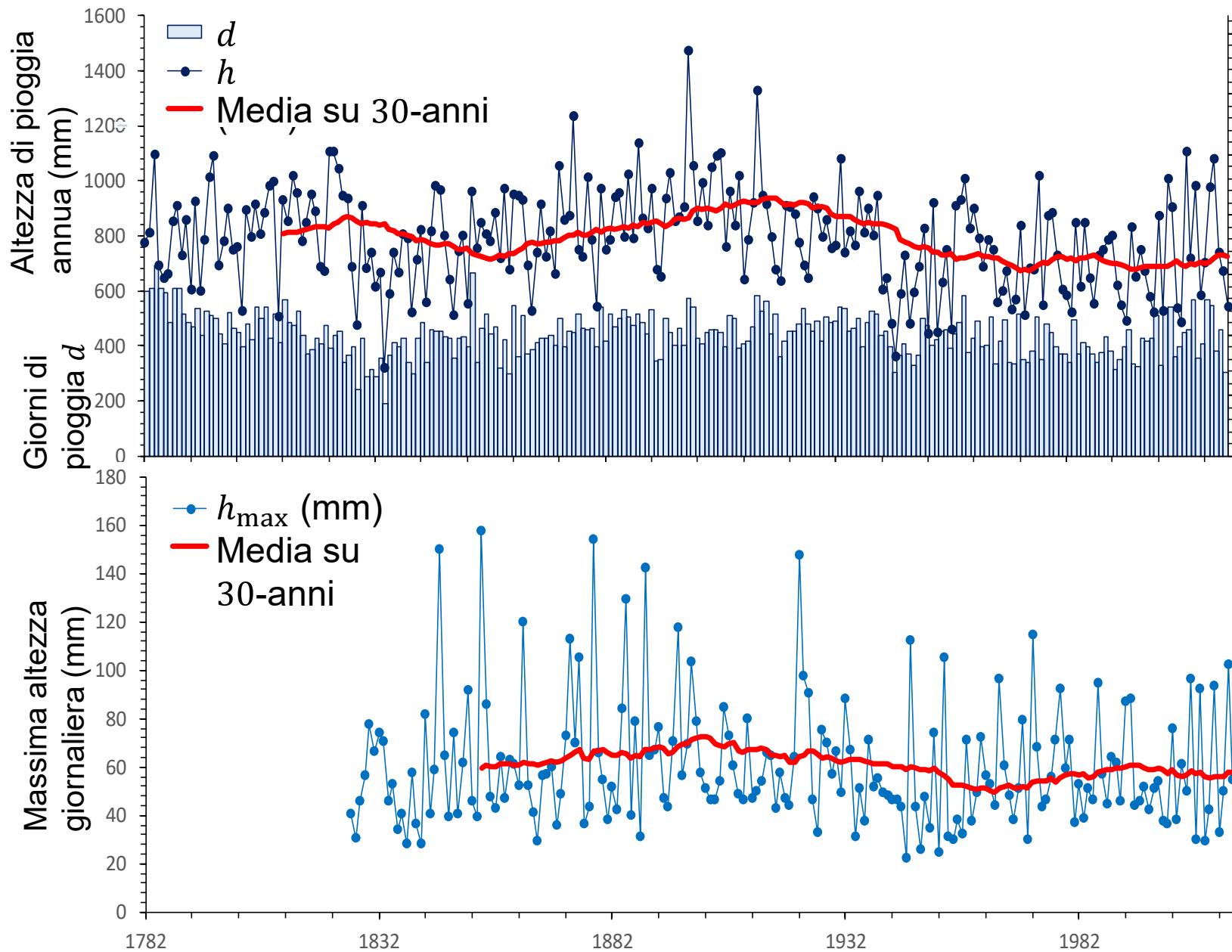


Altezza di pioggia annuale a Bologna 1813-2019 con evidenziate le magre pluriennali



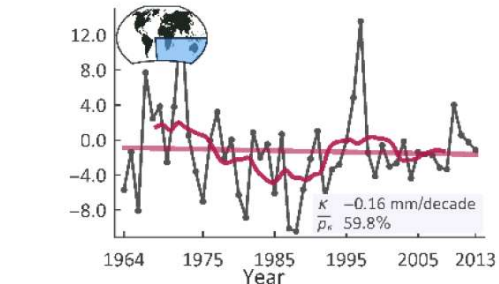
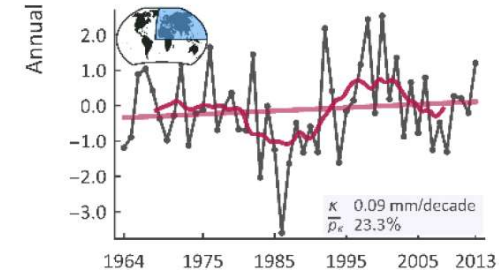
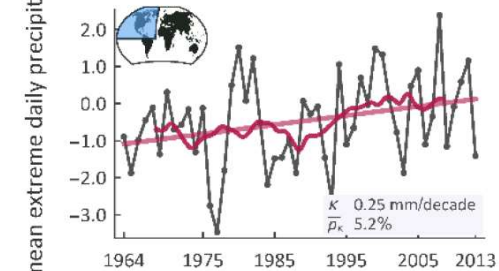
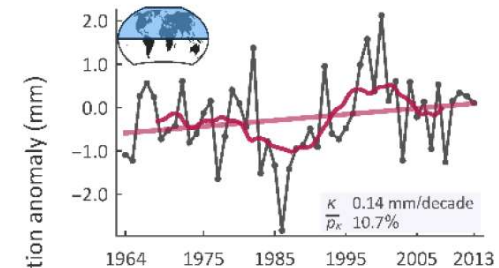
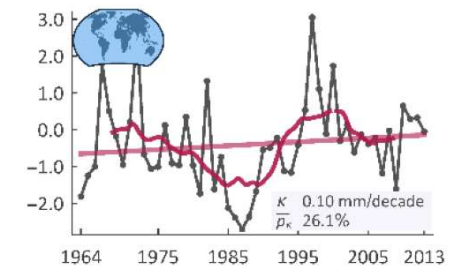
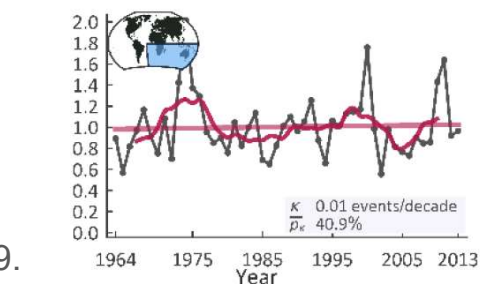
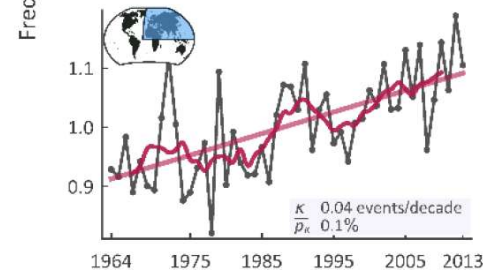
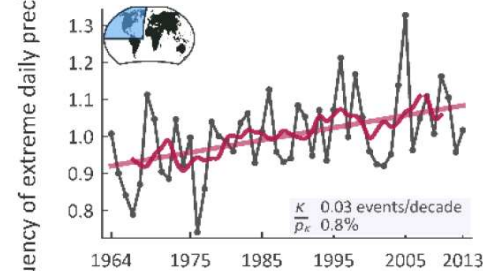
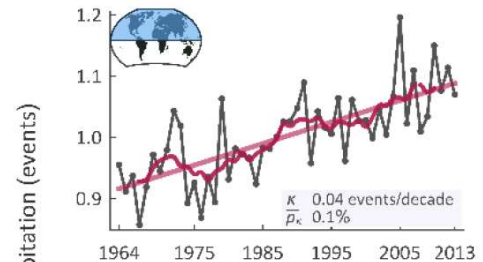
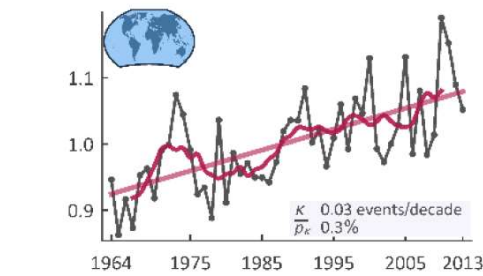


# Misure di pioggia: Collegio Romano, Roma



# Cosa ci dicono i dati a livello globale?

- Analisi globale sulle piogge estreme nel periodo di intensified global warming (1964-2013)
- Non sono visibili tendenze di aumento o diminuzione delle piogge massime giornaliere
- E' riscontrata una debole tendenza all'aumento della frequenza delle piogge estreme



# Tutta colpa dei cambiamenti climatici?

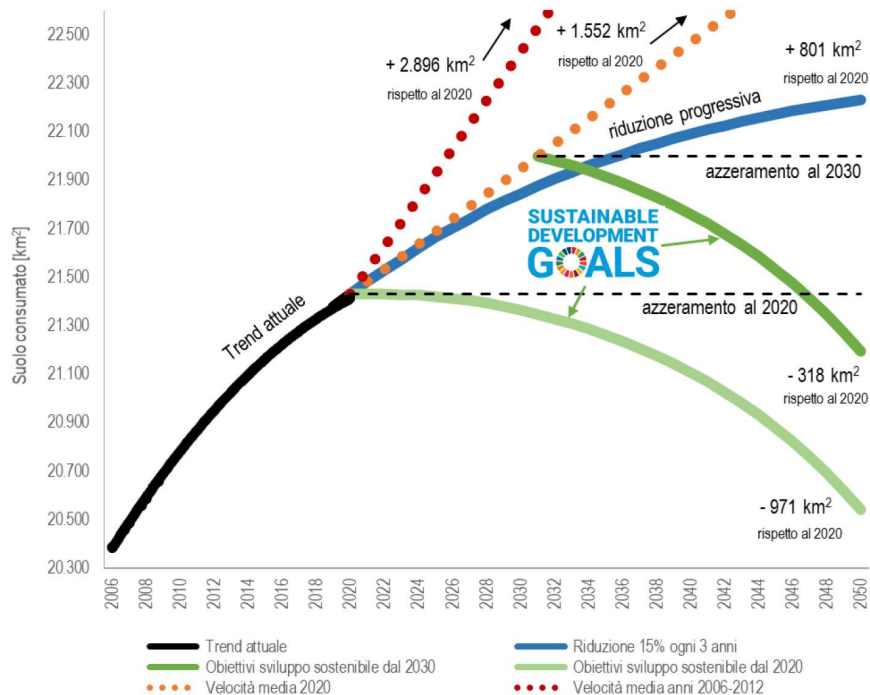
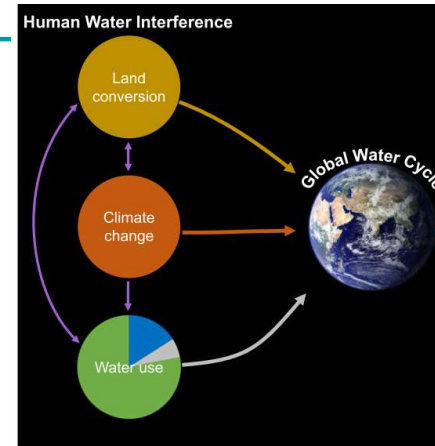
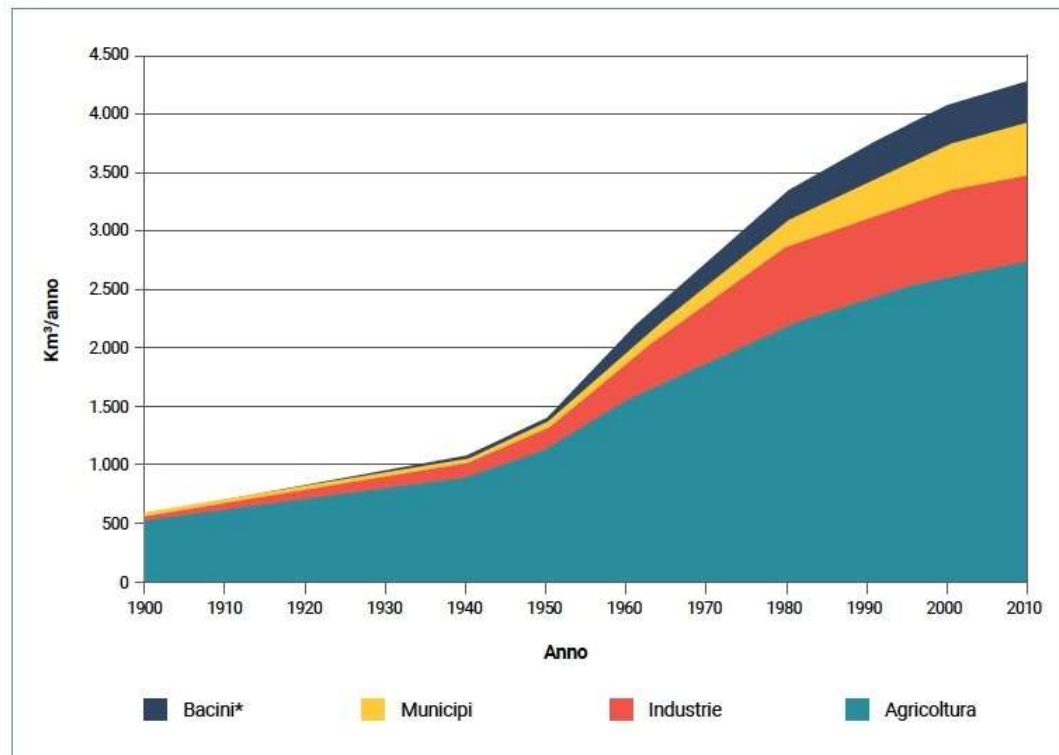


Figura 3. Scenari di consumo di suolo in Italia (km<sup>2</sup> di suolo consumato a livello nazionale al 2050). Fonte: elaborazione ISPRA

- Andamento del consumo di suolo in Italia (ISPRA)



- Prelievi globali di acqua (AQUASTAT): impatto sulla siccità?



# Conclusioni

- L'attività antropica determina i cambiamenti climatici, che reduce la resilienza nei confronti di calamità di natura idrologica e geologica.
- Parole chiave: **resilienza ed adattamento** (anche con l'impiego delle cosiddette «Nature Based Solutions»)
  - Alla grande scala:
    - limitare gli effetti antropici sul territorio e il clima
    - invertire le tendenze attuali sul consumo di suolo e di risorsa idrica e sull'inquinamento



Rain garden

Green roof

Permeable pavement

Infiltration trench

Landscape water body

Grassed swale

Nature Based Solutions



«parco resiliente» Yanweizhou Park, Jinhua (Cina)