

# IL BILANCIO IDROLOGICO NAZIONALE E IL MONITORAGGIO DELLE PORTATE

Giovanni Braca & Stefano Mariani

ISPRA - Dipartimento Monitoraggio e Tutela dell'Ambiente e Conservazione della Biodiversità  
Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli  
ecosistemi delle acque interne superficiali



## CReIAMO PA

Per un cambiamento sostenibile

# Definizione bilancio idrologico

*(Decreto Ministeriale 28 luglio 2004)*

**Bilancio idrologico** : comparazione, nel periodo di tempo considerato e con riferimento ad un determinato bacino o sottobacino, superficiale o sotterraneo, tra afflussi e deflussi naturali, ovvero deflussi che si avrebbero in **assenza di pressione antropica**

**Bilancio idrico**: comparazione, nel periodo di tempo considerato, fra le risorse idriche (disponibili o reperibili) in un determinato bacino o sottobacino, superficiale o sotterraneo, al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici ed i fabbisogni per i diversi usi (esistenti o previsti)



# Il modello BIGBANG

L'ISPRA, nell'ambito delle sue attività istituzionali relative all'idrologia operativa, ha sviluppato una procedura automatica per la stima delle componenti del bilancio idrologico, denominata:

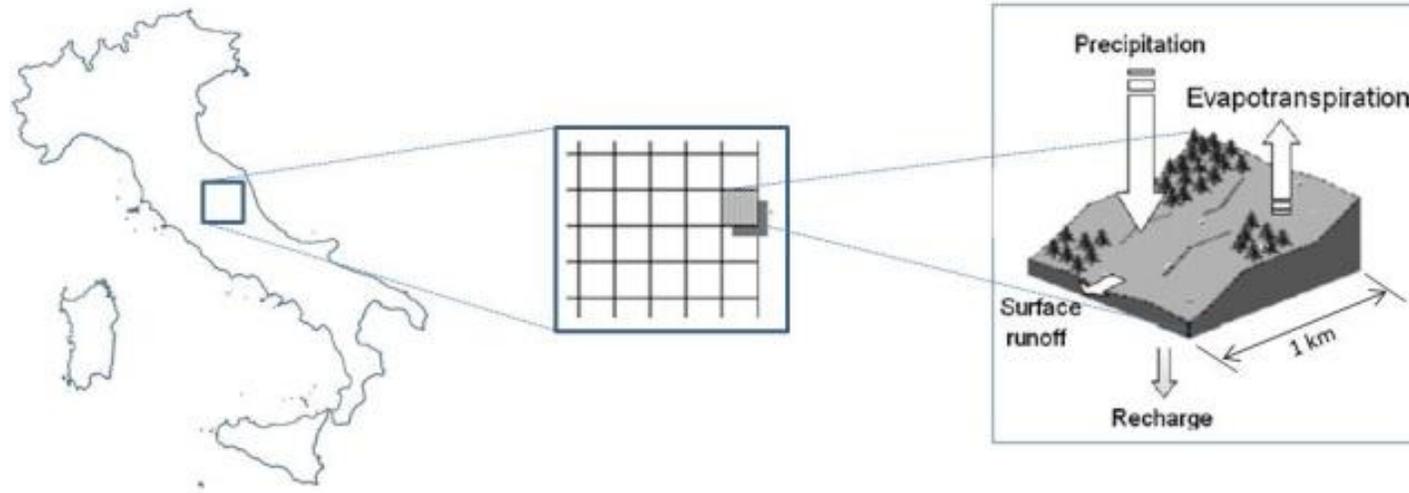
## Bilancio Idrologico Gis Based a scala Nazionale su Griglia regolare - BIGBANG

La procedura è stata sviluppata secondo i seguenti criteri informativi:

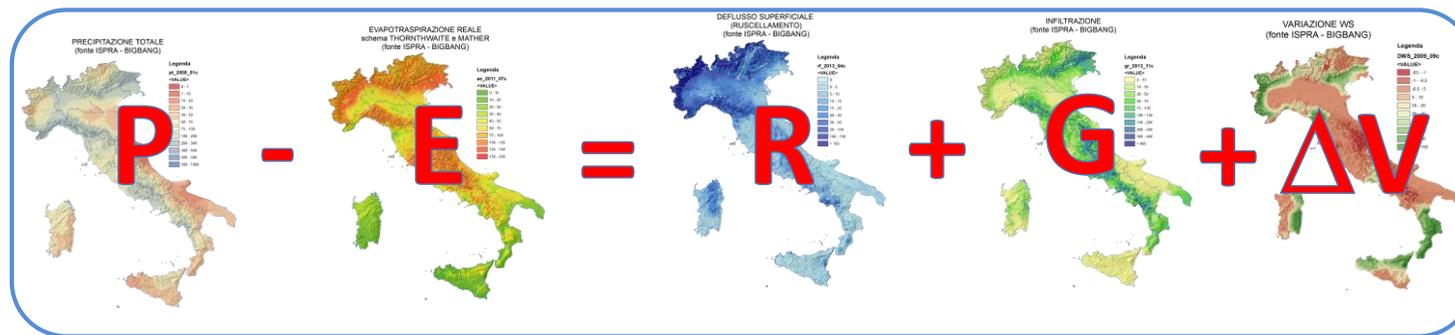
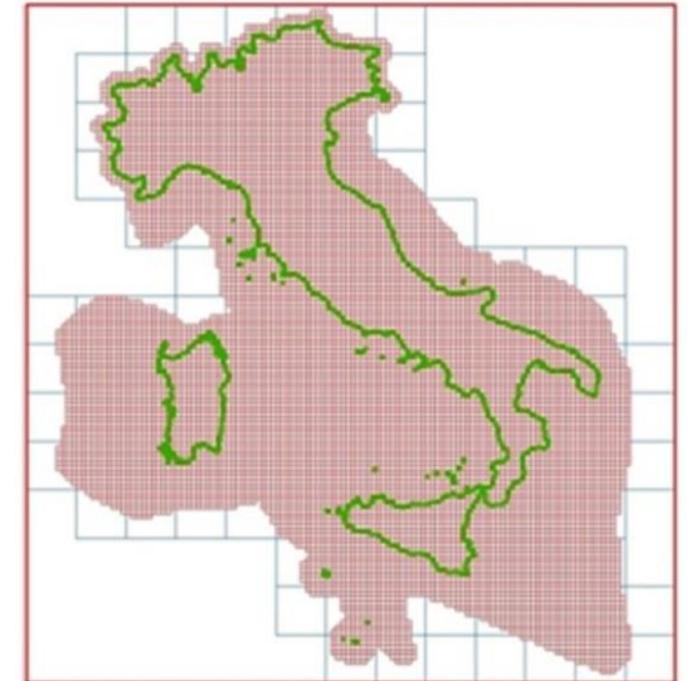
- automazione in **ambiente GIS** per sfruttarne le potenzialità grafiche e di analisi;
- valutazione distribuita dei termini del bilancio idrologico su **griglia di 1 km** e alla **scala temporale minima di un mese**;
- utilizzo di **dati disponibili e facilmente reperibili**, anche tramite il WEB, che abbiano una copertura nazionale omogenea;
- implementazione di **modelli e schemi consolidati** nella letteratura tecnico-scientifica **che possono utilizzare i dati disponibili** e che siano **«parsimoniosi»** nei parametri;
- **aggiornamento facile e continuo** in funzione della disponibilità di nuovi dati o di dati aggiornati e del miglioramento delle tecniche di stima;
- **possibilità di “ritagliare”** su qualunque ambito territoriale (> 100 km<sup>2</sup>) di riferimento o “unità di bilancio” e **“aggregare”** a qualunque scala temporale multipla del mese (trimestrale, stagionale, semestrale, annuale, LTAA).



# Caratteristiche del BIGBANG



Le variabili idrologiche **precipitazione totale (P)**, **evapotraspirazione reale (E)**, **ruscellamento (R)**, **ricarica degli acquiferi (G)** e **immagazzinamento di volumi idrici ( $\Delta V$ )** sono valutate su ciascuna cella del grigliato definito dall'EEA di passo **1 km** (DATUM ETRS89, proiezione *Lambert Azimuthal Equal Area LAEA*).

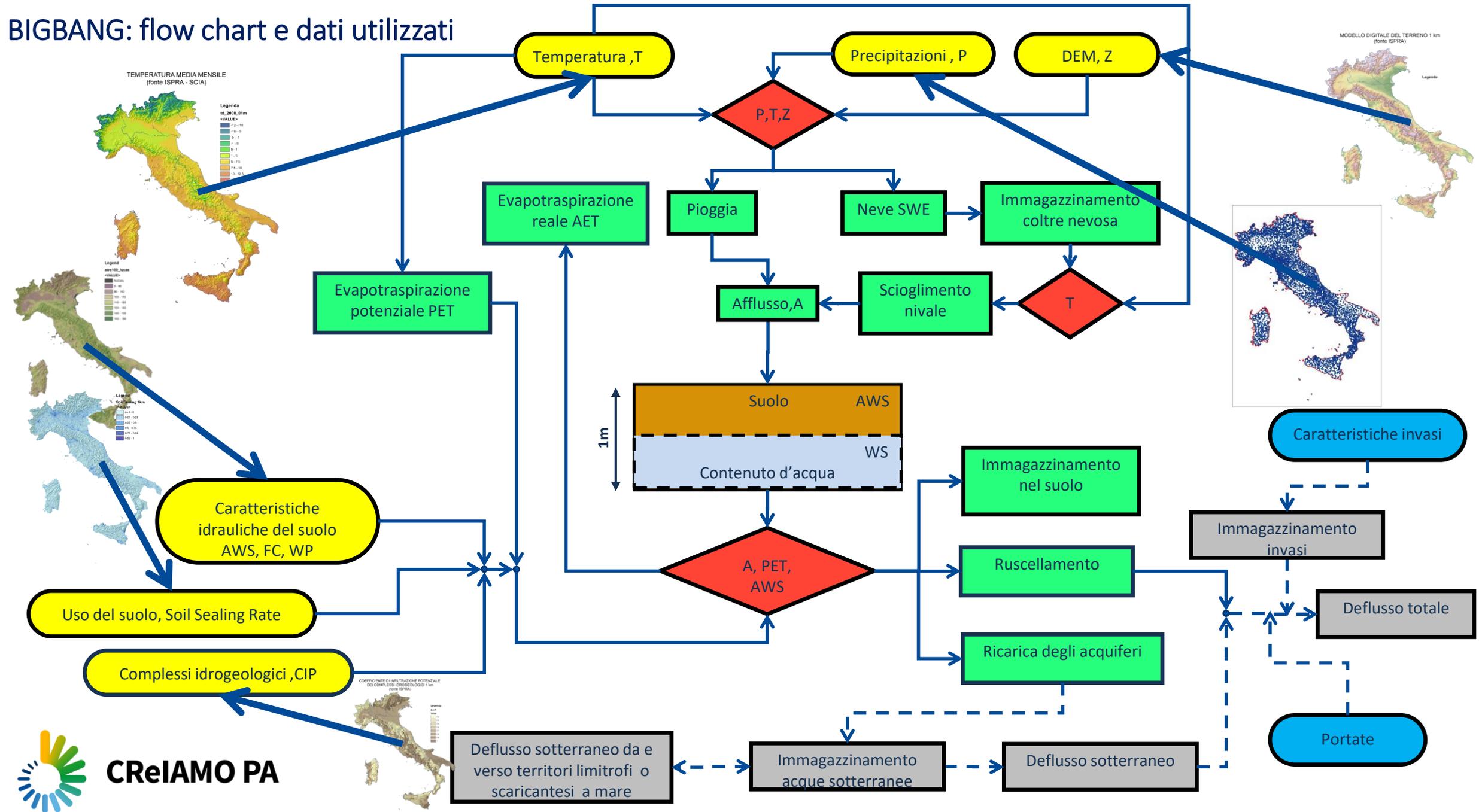


**BIGBANG** è implementato in ambiente ESRI ArcGIS 10.1, utilizzando il linguaggio Python



**CREIAMO PA**

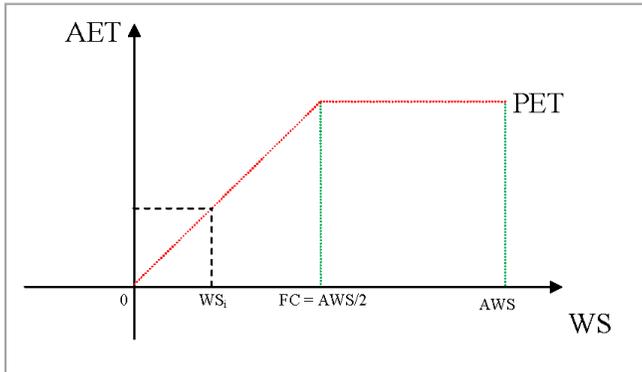
# BIGBANG: flow chart e dati utilizzati



# Bilancio del suolo secondo lo schema Thornthwaite e Mather

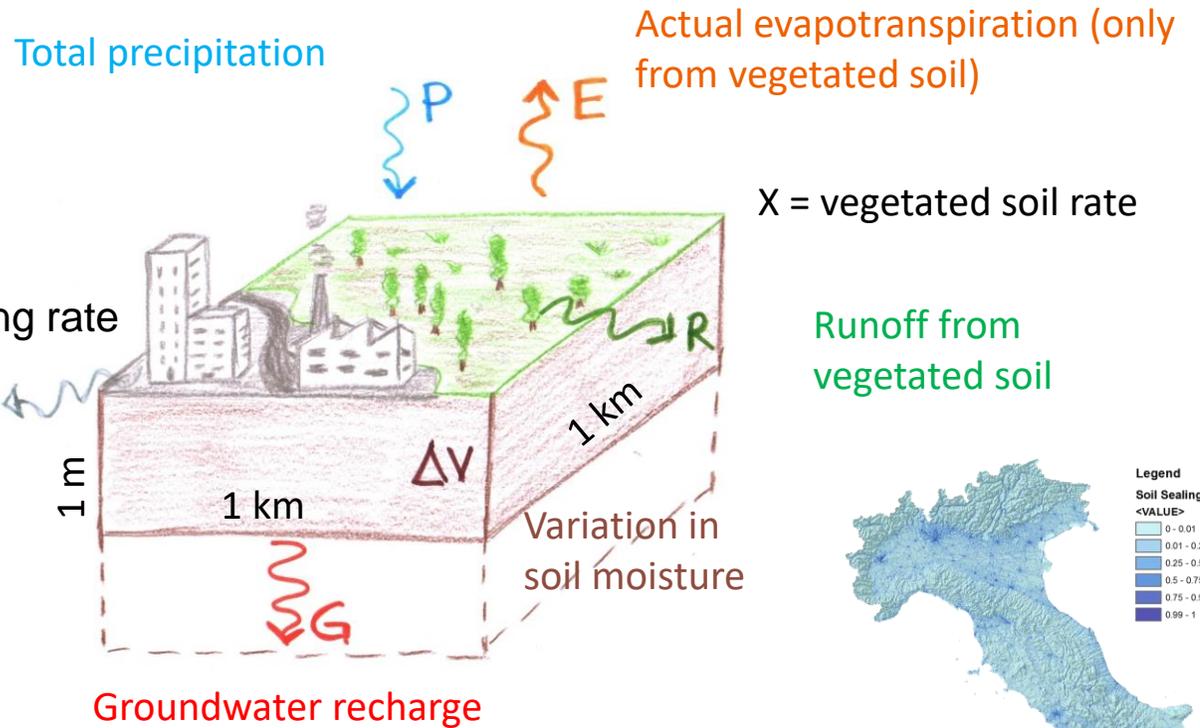
$$\frac{dWS}{dt} = P - AET$$

$$AET = \begin{cases} PET \times \frac{WS}{FC} & \text{se } 0 \leq WS \leq FC \\ PET & \text{se } FC \leq WS \leq AWS \end{cases}$$



$1 - X =$  soil sealing rate

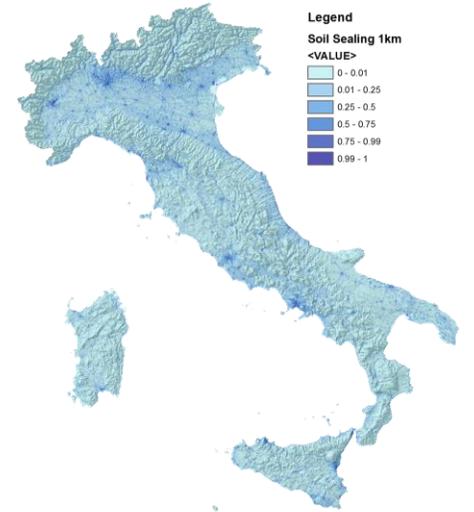
Runoff from impervious soil



Actual evapotranspiration (only from vegetated soil)

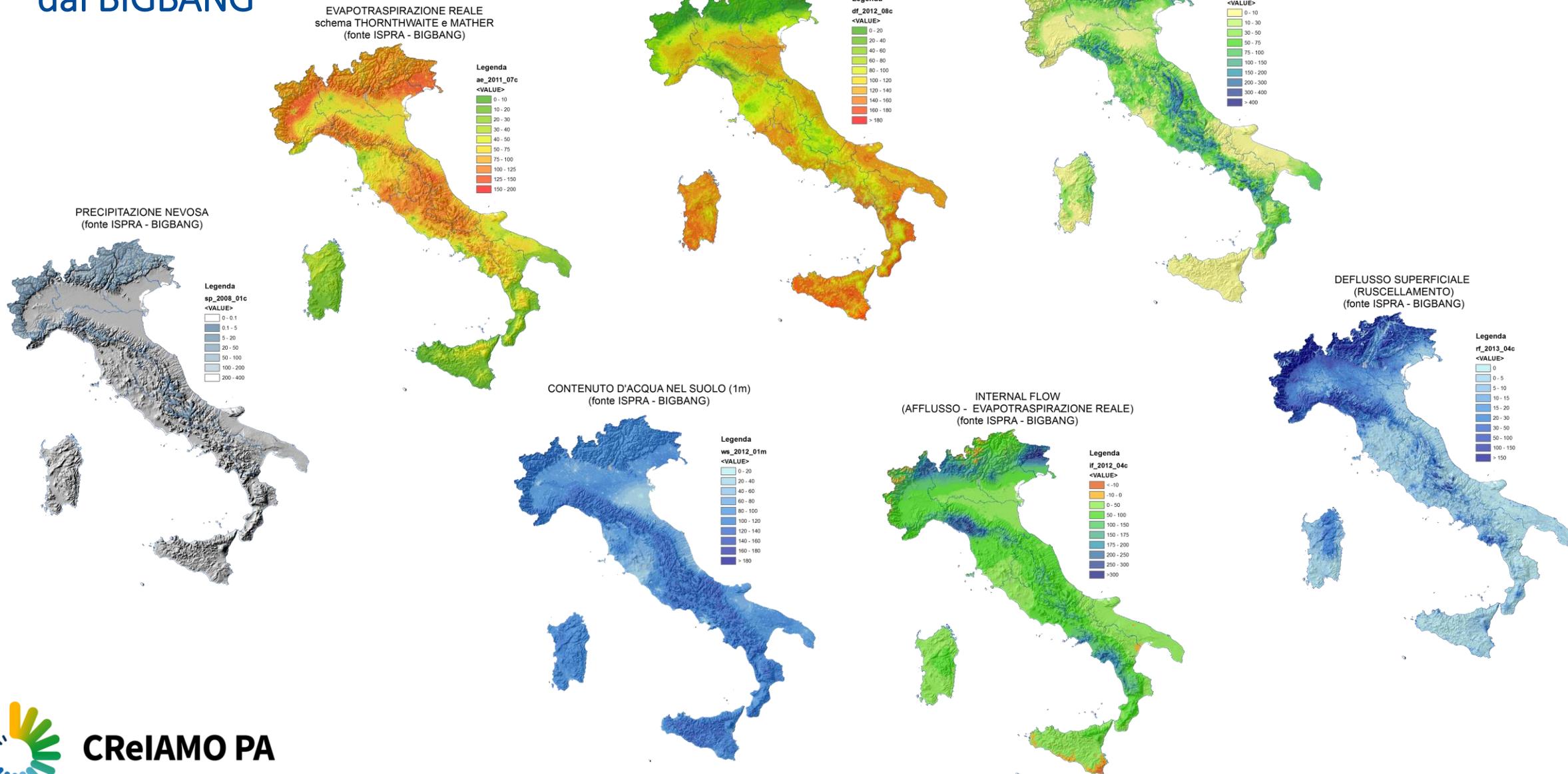
$X =$  vegetated soil rate

Runoff from vegetated soil



BIGBANG tiene in considerazione l'impermeabilità del suolo consumato con la mappa HR di **Soil sealing rate** (→ aggr. a 1 km) realizzata da ISPRA a partire dal prodotto del **Copernicus Land Monitoring Service**.

# Esempio di mappe prodotte dal BIGBANG





# BIGBANG history

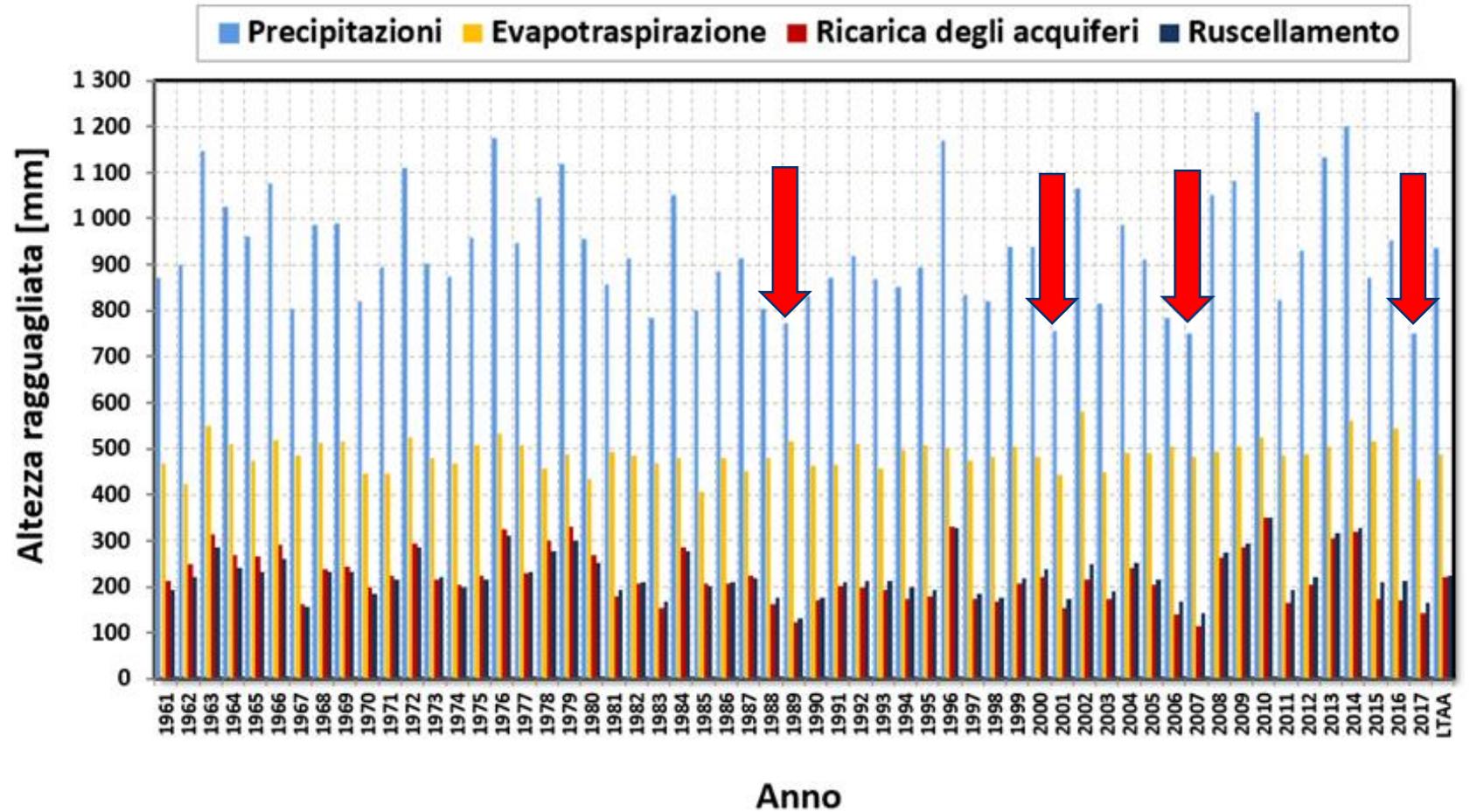
versione	rilascio	periodo	Note – variazioni rispetto alla versione precedente
0.0	2015-2016	-----	sviluppo codice Python in ambiente arcGIS, costruzione DB dati pluvio mensili 1996-2015, ...
1.0	marzo 2017	1996-2015	metodo interpolazione arcGIS 10.1 Inverse Distance Weighted, ...
2.0	ottobre 2018	1961-2016	metodo interpolazione arcGIS 10.1 Natural Neighbor (2 steps procedure), acquisizioni e correzioni alla base dati pluvio, lieve modifica alla formula dell'evapotraspirazione potenziale, lievi modifiche alla carta del AWC, ...
3.0	ottobre 2019	1961-2017	metodo interpolazione arcGIS 10.1 Natural Neighbor (2 steps procedure) con lievi modifiche, correzioni alla base dati pluvio, carta aggiornata del soil sealing, ...
4.0	giugno 2020	1961-2018	utilizzo di una descrizione in più classi dell'uso del suolo, .....
....	....	....	....
X.0	2021/2022	1951-?	progetto POA



# Alcuni risultati del BIGBANG 3.0



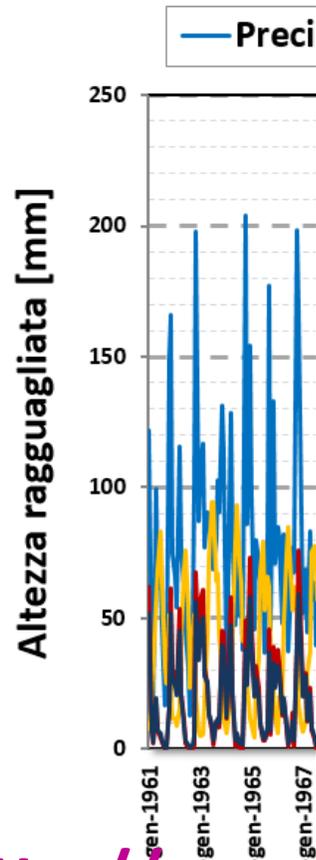
## BIGBANG 3.0 - Bilancio idrologico annuale (schema Thornthwaite e Mather) ITALIA 1961-2017



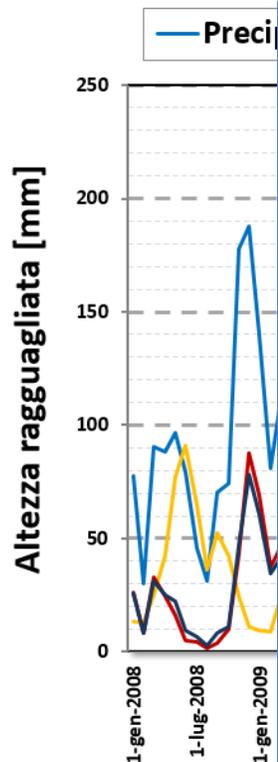
# Alcuni risultati del BIGBANG 3.0



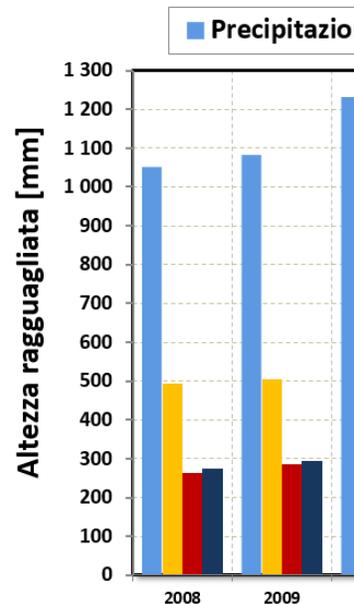
**BIGBANG 3.0 - Bilancio idrologico mensile**  
(schema Thornthwaite e Mather)



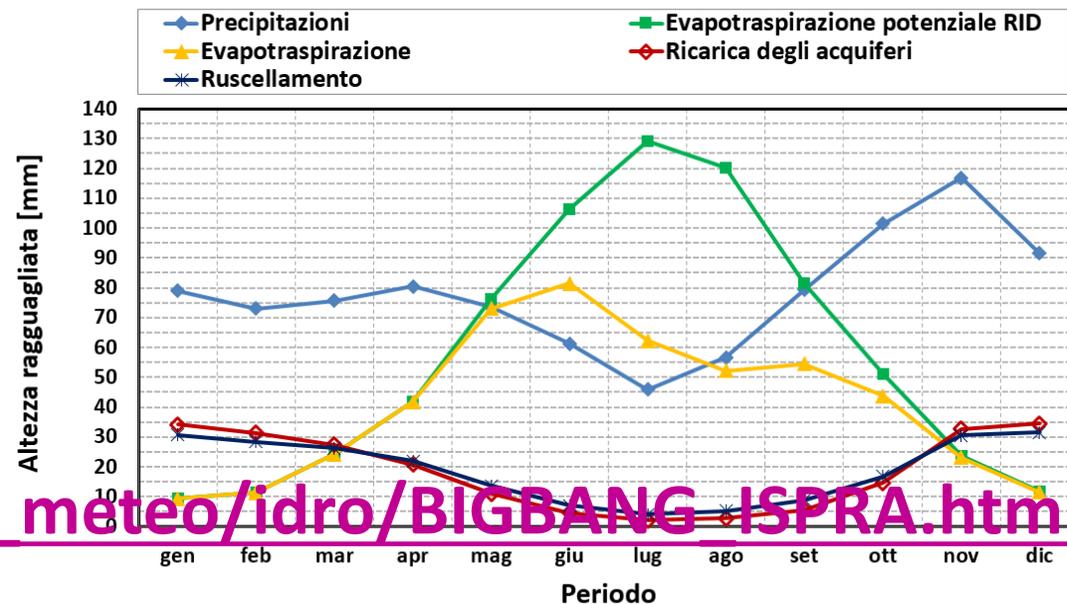
**BIGBANG 3.0 - Bilancio idrologico mensile**  
(schema Thornthwaite e Mather)  
**ITALIA 2008-2017**



**BIGBANG 3.0 - Bilancio idrologico annuale**  
(schema Thornthwaite e Mather)  
**ITALIA 2008-2017**



**BIGBANG 3.0 - Bilancio idrologico mensile medio**  
(schema Thornthwaite e Mather)  
**ITALIA 1961-2017**



[http://www.isprambiente.gov.it/pre\\_meteo/idro/BIGBANG\\_ISPRA.html](http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/BIGBANG_ISPRA.html)

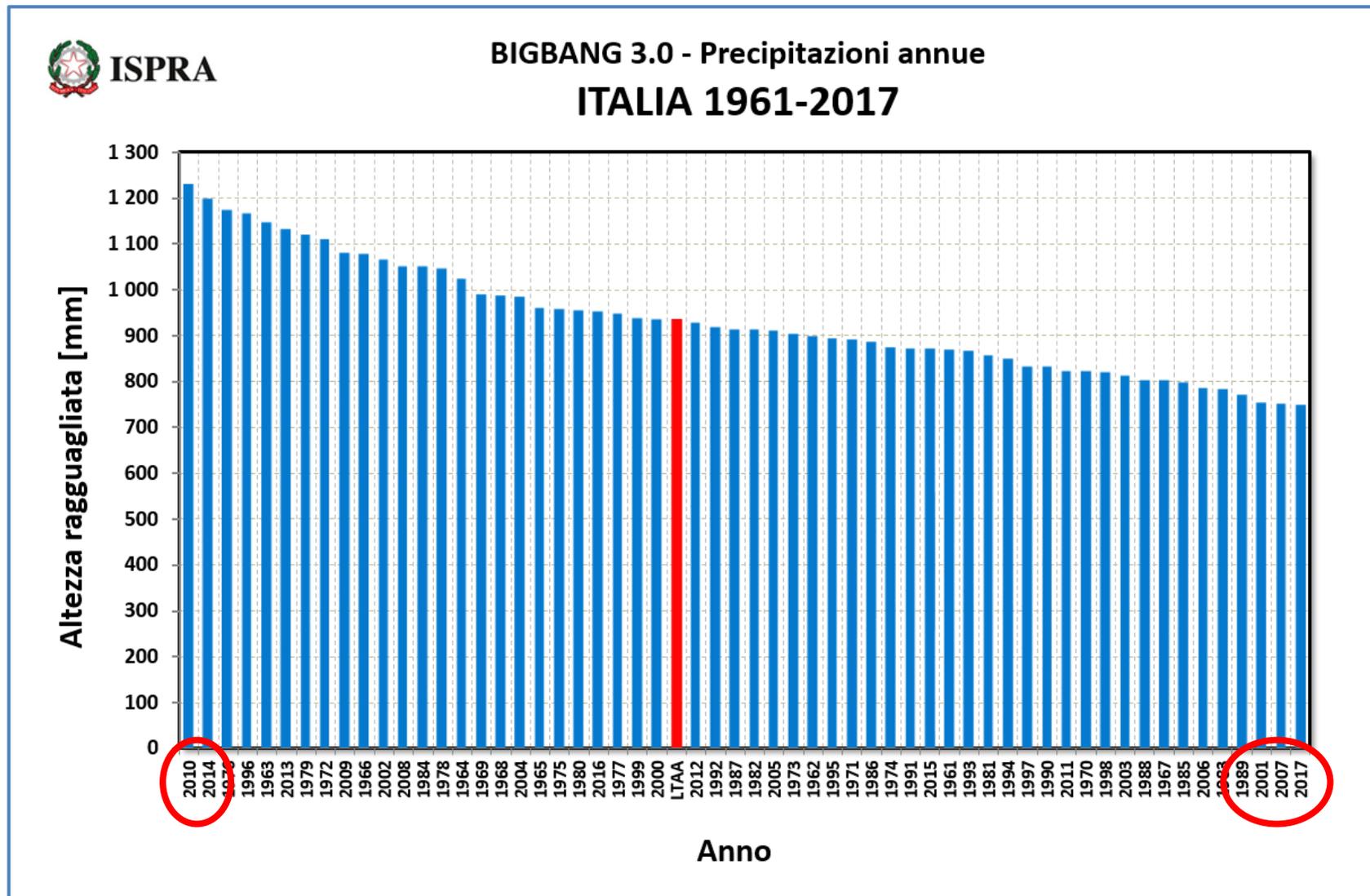
# Prodotti collaterali

La disponibilità di serie temporali mensili (o plurimensili) di grandezze idrologiche in forma di mappa o tabellare consente valutazioni e analisi ulteriori

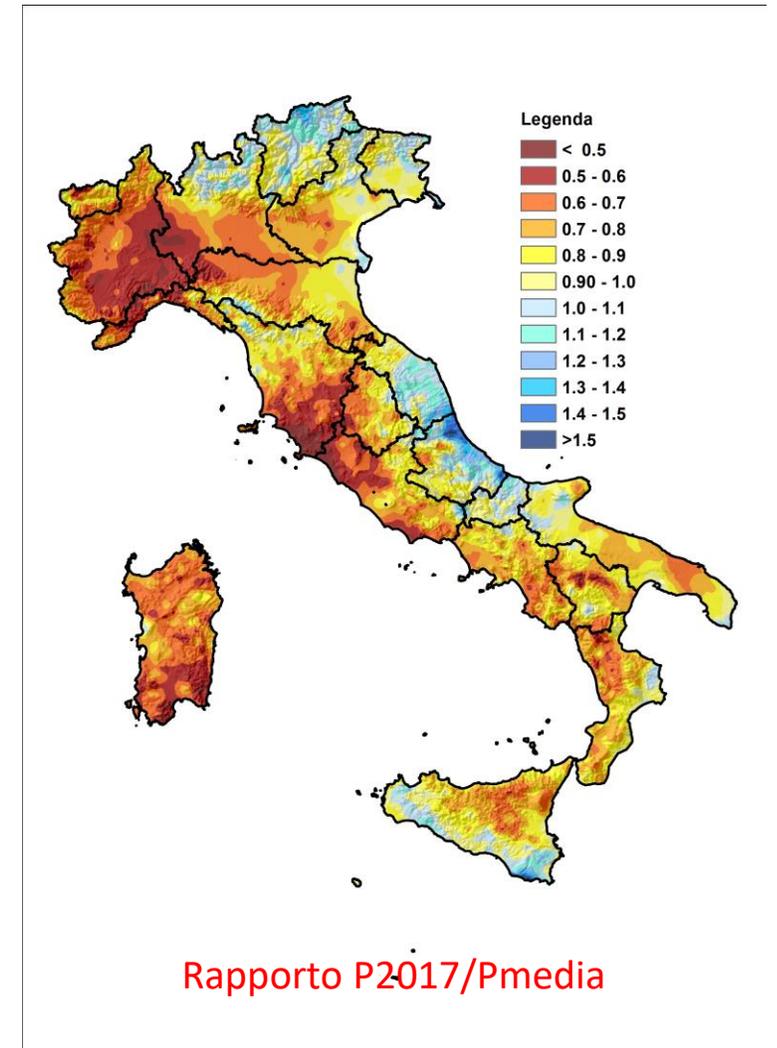
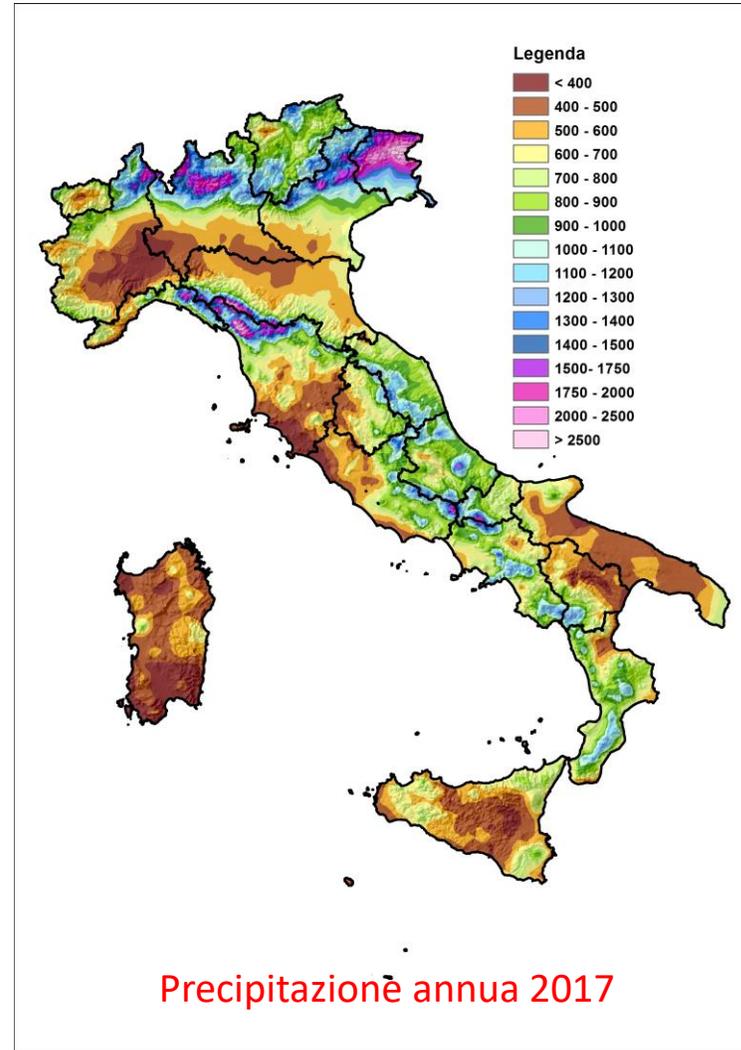
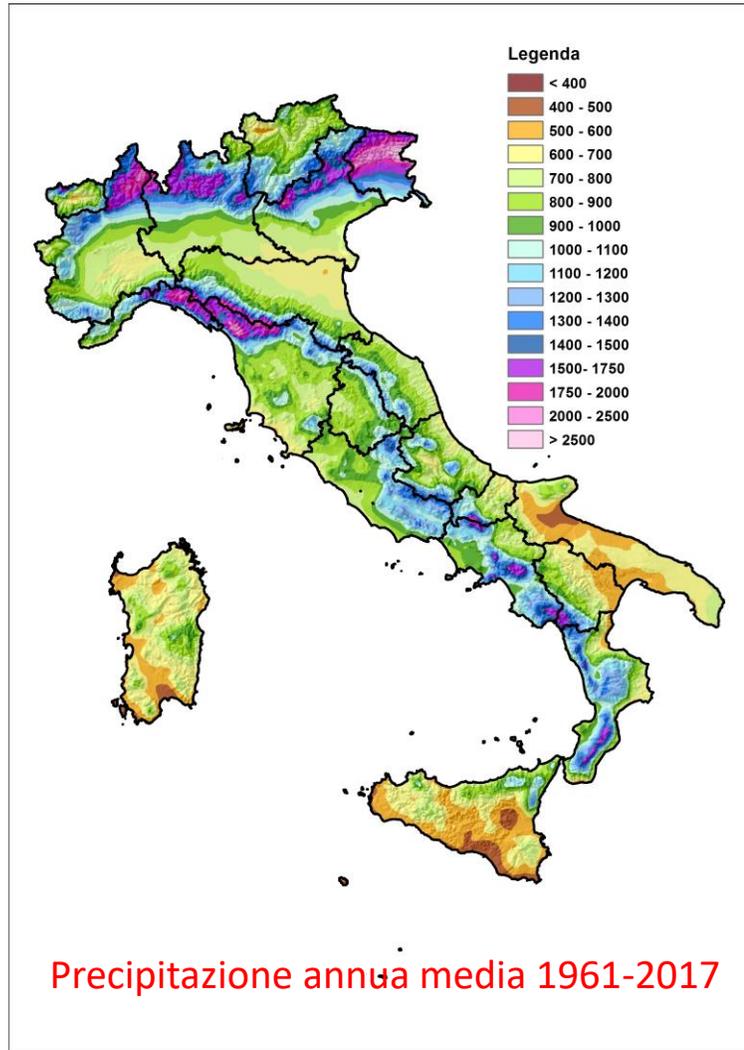
- **Statistiche sulle grandezze idrologiche**
- **Proiezioni delle componenti del bilancio sugli scenari di CC**
- **BIC-Bilancio Idro Climatico**
- **Indice di aridità**
- **SPI – SPEI: tabelle-grafici e mappe (in fase di implementazione)**
- ....



# Statistiche precipitazioni areali



# Statistiche spaziali delle precipitazioni



# Indice di aridità FAO-UNEP

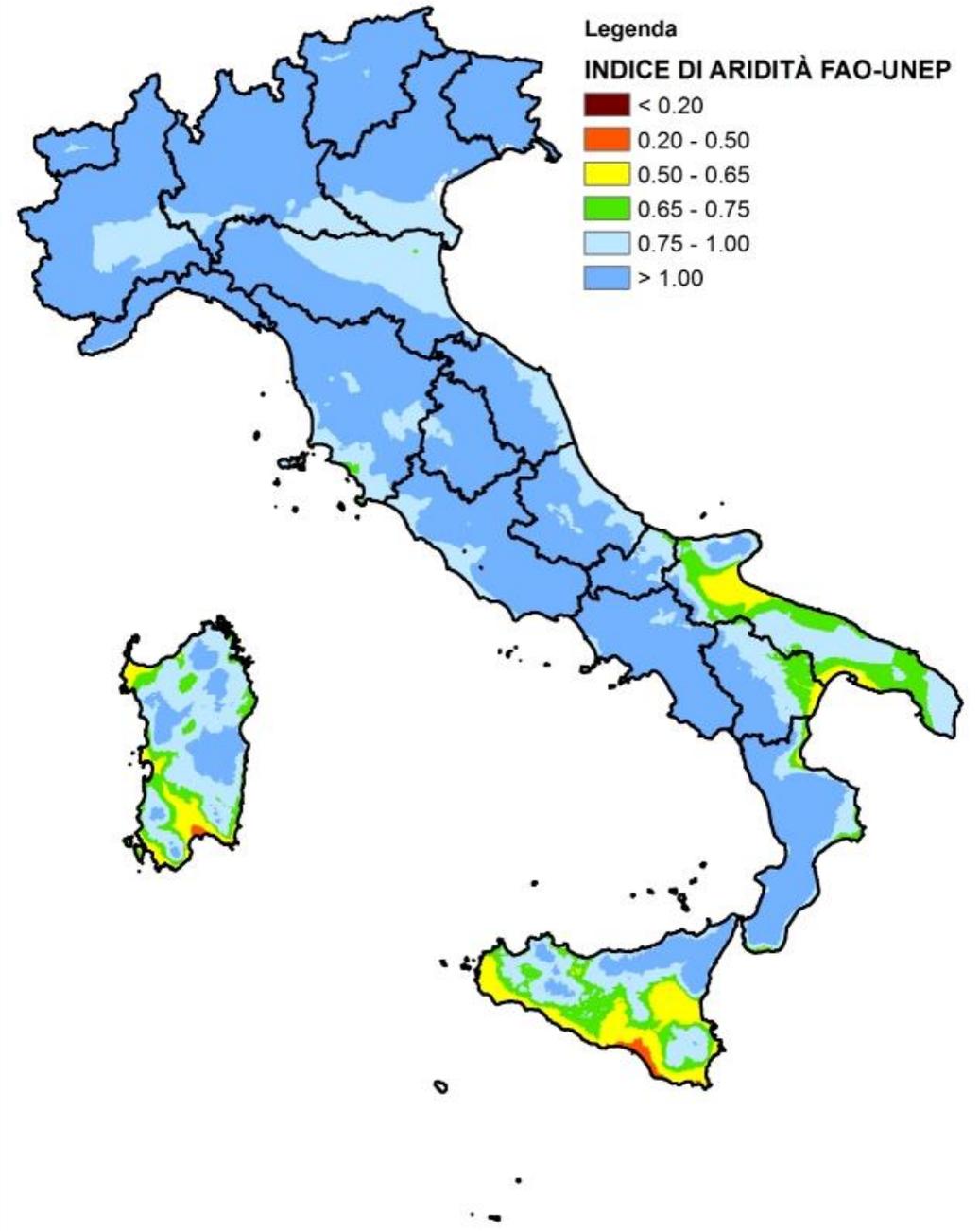
Adottato come indice ufficiale nell'ambito della convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla siccità e alla desertificazione

$$IA = \frac{P_{LTAA}}{PET_{LTAA}}$$

Iper arido	$IA \leq 0,05$
Arido	$0,05 < IA \leq 0,2$
Semi arido	$0,2 < IA \leq 0,5$
Sub umido secco	$0,5 < IA \leq 0,65$
Umido	$0,65 < IA$

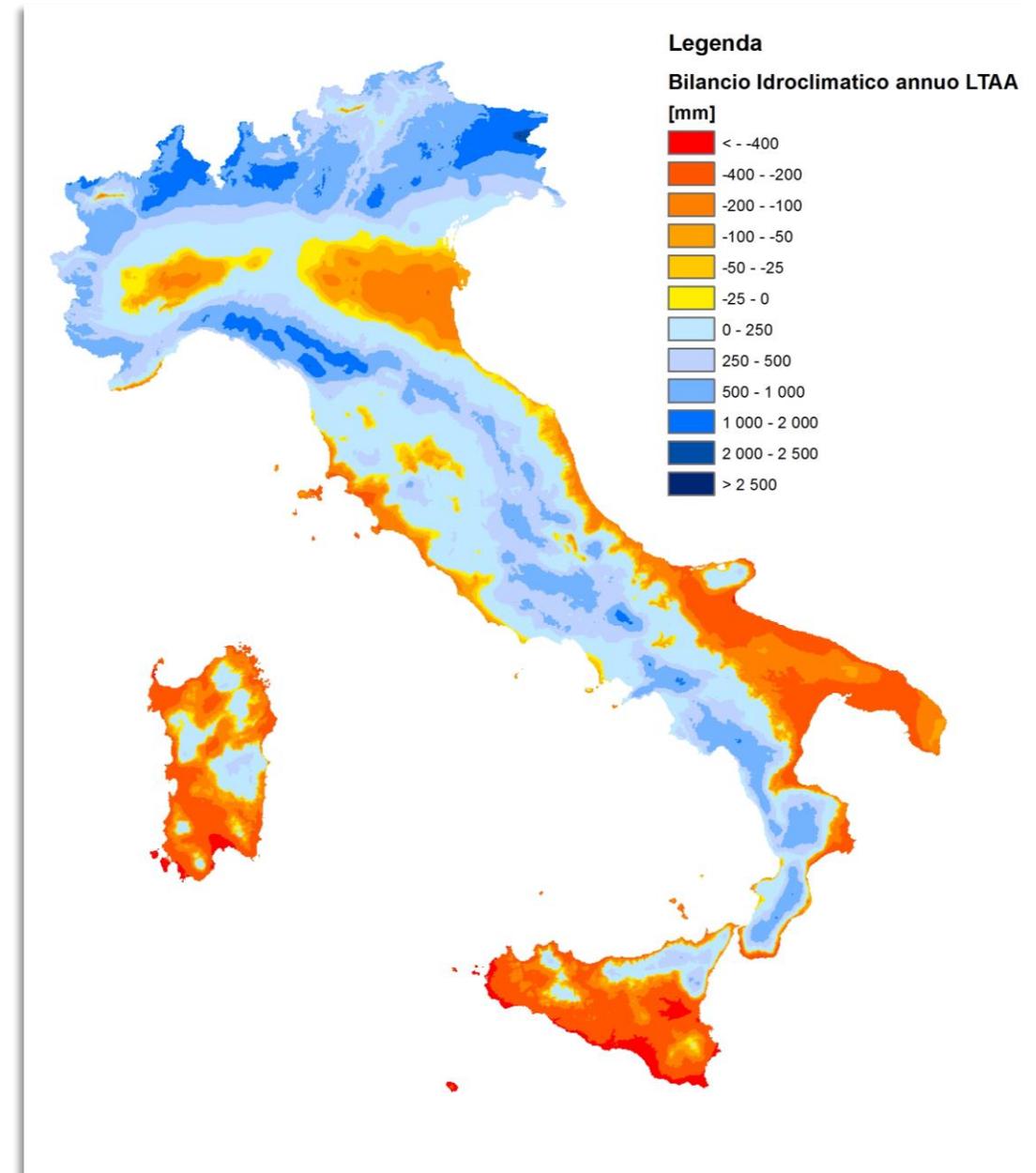


CReIAMO PA



# Bilancio Idro-Climatico BIC

$$BIC = P - PET$$



# Proiezioni del bilancio sugli scenari di cambiamento climatico

Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali  
<https://doi.org/10.1007/s12210-018-00757-6>

FORESEEING GROUNDWATER RESOURCES

## Evaluation of national and regional groundwater resources under climate change scenarios using a GIS-based procedure

G. Braca<sup>1</sup> · M. Bussetini<sup>1</sup> · D. Ducci<sup>2</sup> · B. Lastoria<sup>1</sup> · S. Mariani<sup>1</sup>

Received: 30 July 2018 / Accepted: 22 December 2018  
© Accademia Nazionale dei Lincei 2019

Dalle soluzioni dei modelli di circolazione globale (GCMs) riferite a scenari di cambiamento climatico definiti dall'IPCC (RCPs) e mediante tecniche di downscaling

Le valutazioni sono effettuate sulla media ventennale dei valori annuali

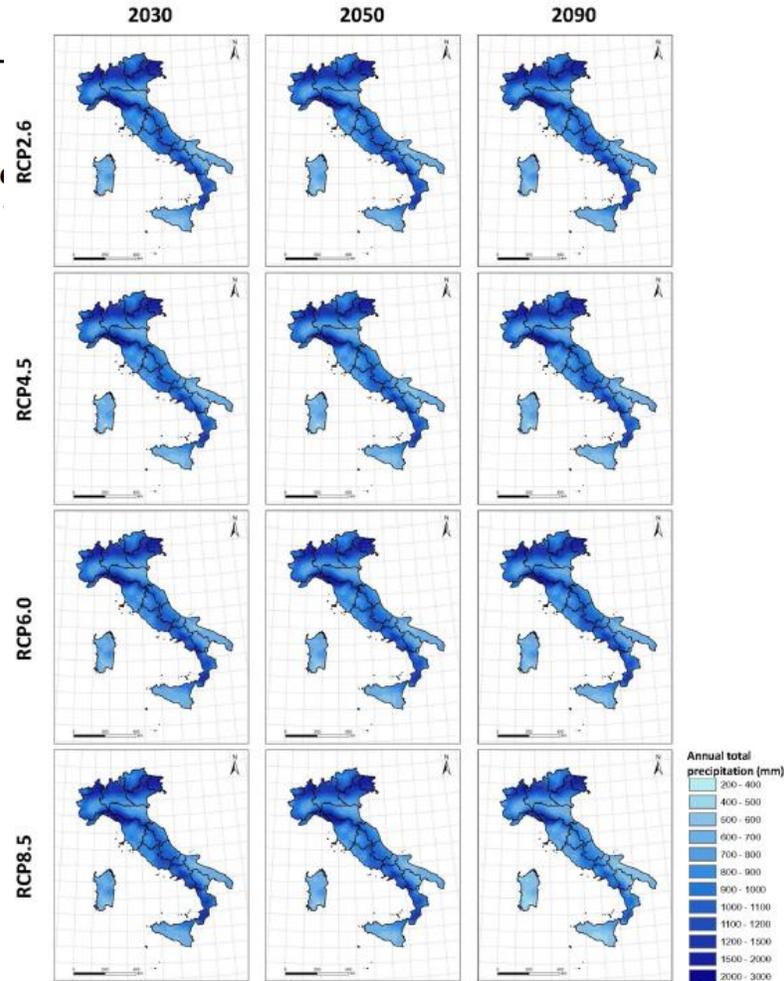


Fig. 6 Projections of 20-year average of annual total precipitation (mm) for four emission scenarios (rows) and three time horizons (columns)

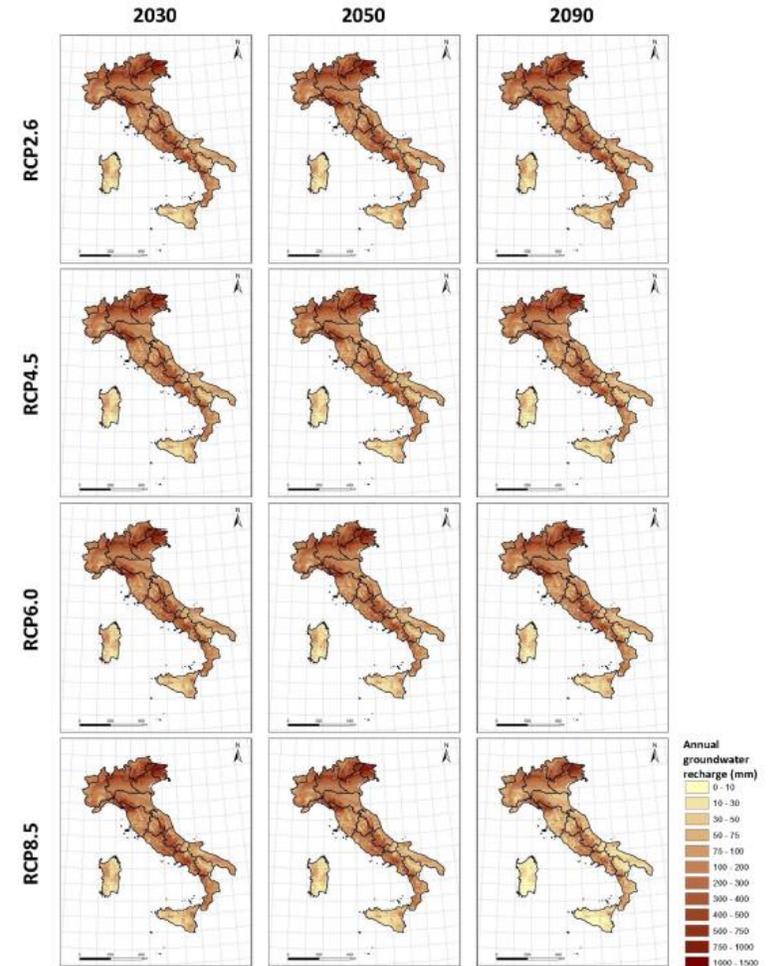


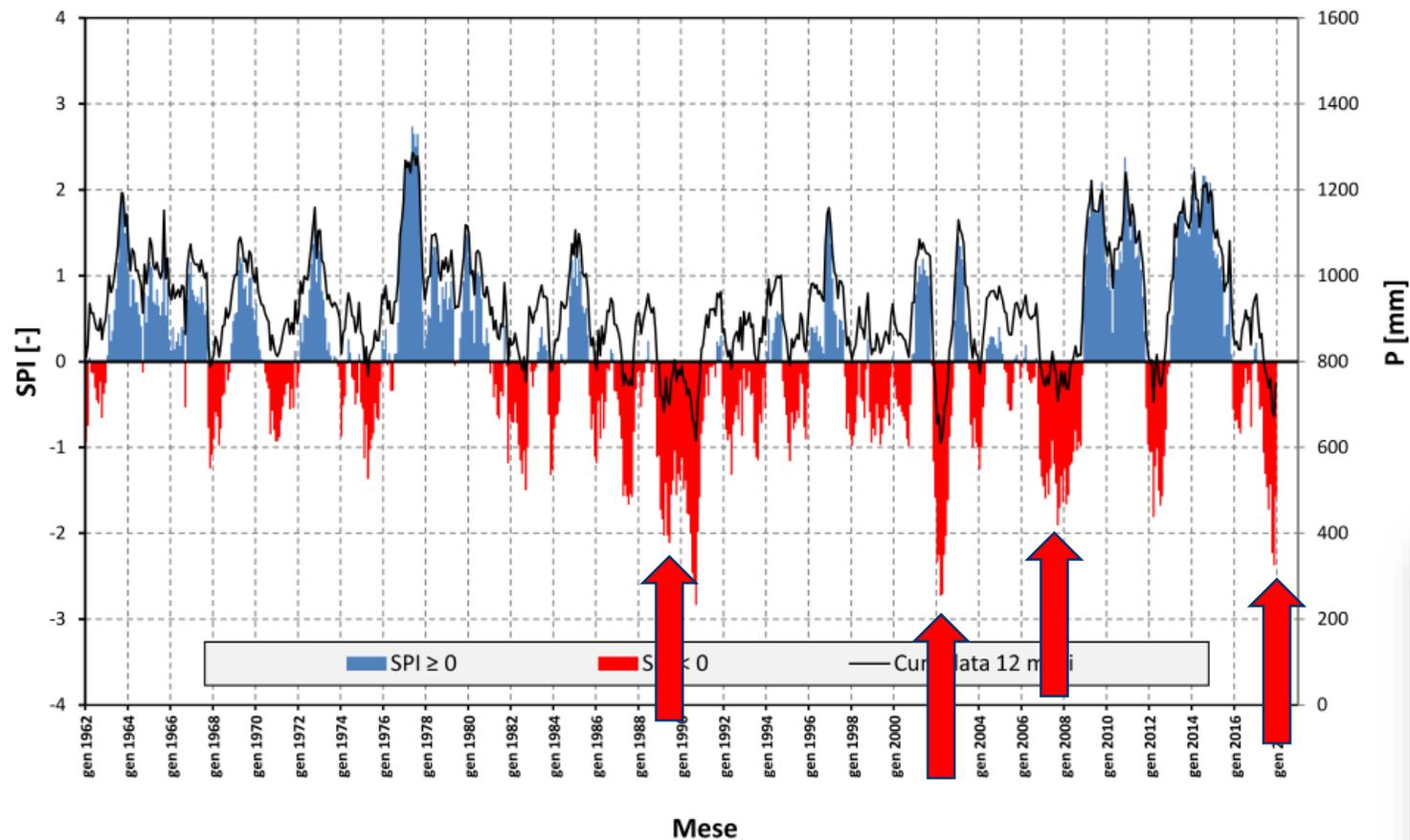
Fig. 8 Projections of 20-year average of annual groundwater recharge (mm) for four emission scenarios (rows) and three time horizons (columns)



CREIAMO PA

# SPI Standardized Precipitation Index

Standardized Precipitation Index a 12 mesi - ITALIA



Valori mensili dell'SPI nel 2017 calcolati per l'Italia alle aggregazioni temporali di 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 48 mesi, rispetto al periodo 1961 - 2017.

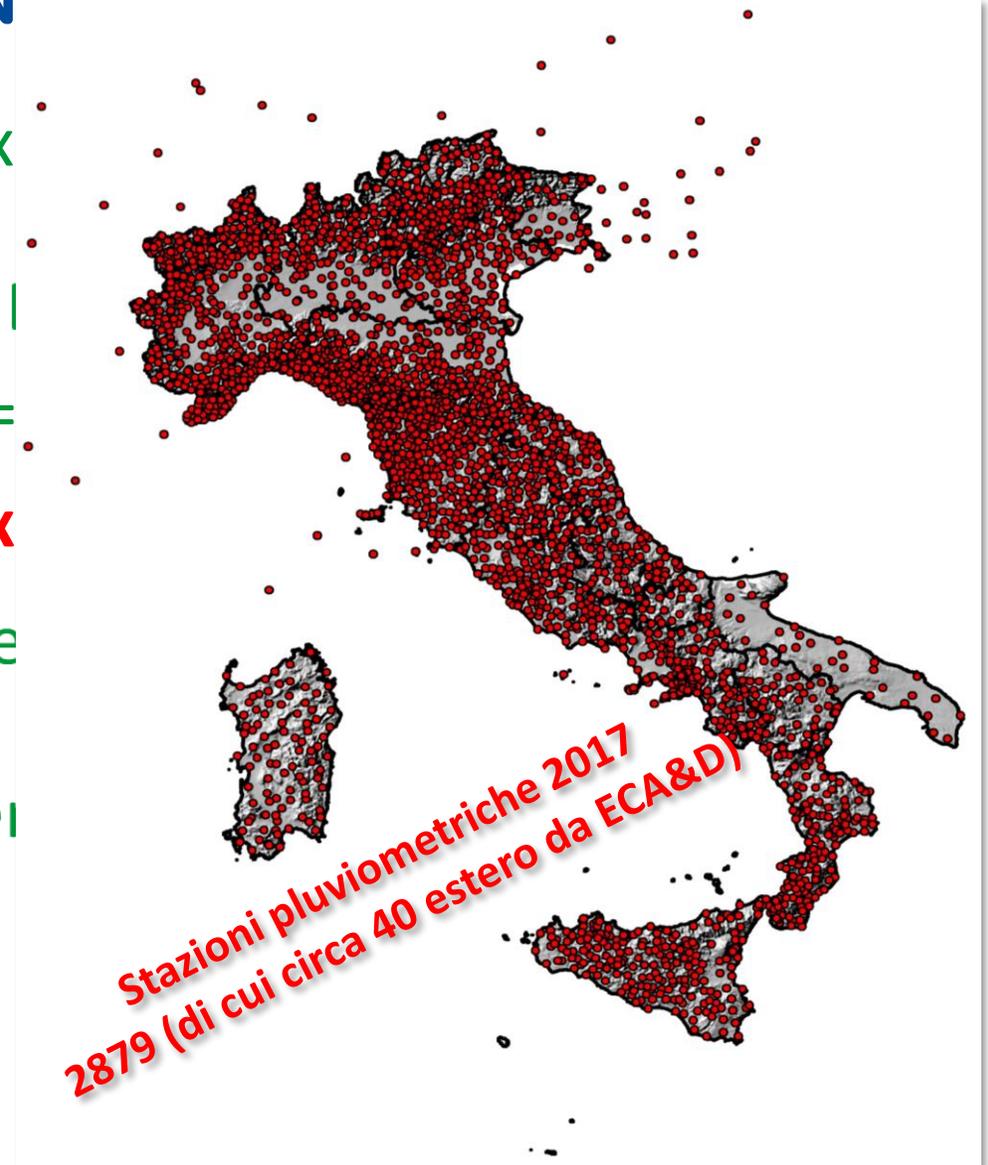
MESE 2017	AGGREGAZIONE (MESI)							
	1	2	3	6	9	12	24	48
GENNAIO	0,05	-1,25	-0,58	-0,58	-0,06	0,22	-0,37	1,32
FEBBRAIO	0,12	0,02	-0,98	-0,56	-0,38	-0,23	-0,65	1,21
MARZO	-0,78	-0,49	-0,40	-0,77	-0,74	-0,56	-1,00	0,83
APRILE	-0,91	-1,61	-1,04	-1,09	-1,06	-0,52	-0,98	0,74
MAGGIO	-0,71	-1,37	-1,74	-1,78	-1,26	-1,06	-1,06	0,47
GIUGNO	-0,67	-1,08	-1,59	-1,12	-1,32	-1,31	-1,11	0,49
LUGLIO	-0,71	-0,94	-1,35	-1,51	-1,49	-1,46	-1,05	0,45
AGOSTO	-1,55	-1,65	-1,63	-2,49	-2,26	-1,73	-1,31	0,33
SETTEMBRE	0,76	-0,11	-0,37	-1,28	-1,19	-1,43	-1,15	0,47
OTTOBRE	-2,30	-1,14	-1,66	-2,11	-2,22	-2,23	-1,94	0,17
NOVEMBRE	0,14	-1,13	-0,78	-1,47	-2,22	-2,37	-1,59	-0,01
DICEMBRE	0,44	0,29	-0,75	-0,92	-1,41	-1,57	-0,98	0,04

VALORI SPI	LEGENDA
$SPI > 2,0$	umidità estrema
$1,5 < SPI < 2,0$	umidità severa
$1,0 < SPI < 1,5$	umidità moderata
$-1,0 < SPI < 1,0$	nella norma
$-1,5 < SPI < -1,0$	siccità moderata
$-2,0 < SPI < -1,5$	siccità severa
$SPI < -2,0$	siccità estrema



## ... qualche statistica su BIGBAN

- Mappe prodotte: **12.818** = (57 anni+ LTAA) x variabili idrologiche
- Spazio memoria  $\approx$  **100 GB** (formato mappe l
- Numero celle 1km x 1km su cui è calcolato =
- Numero record DBpluvio3.0: **157.985 anni x**
- Numero di stazioni pluviometriche mediameridionali: **2750 stazioni/anno**
- Densità di stazioni pluviometriche mediameridionali: **stazione /110 km<sup>2</sup>**





# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

## Stato del monitoraggio delle portate

**2014:** «*Valutazione tecnico-economica sul Programma nazionale di misure di portata in corsi d'acqua finalizzate alla definizione della scala di deflusso*», GdL Portate (coord. da ISPRA) nell'ambito del **Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa**

**SCOPO:** fornire una prima **quantificazione** delle **risorse economiche** necessarie per supportare un **Programma nazionale di misure di portata**

ISPRA ha poi condotto condotti **due censimenti** presso gli uffici regionali e delle provincie autonome responsabili del monitoraggio idrologico (*affidenti al Tavolo Idrologia*)

**2016:** al fine di valutare la consistenza della rete di monitoraggio delle acque superficiali (agg. valutazione 2014)

**2018:** al fine di stimare i costi di gestione/manutenzione attualmente sostenuti per il monitoraggio idrometrico, e quelli necessari in uno scenario minimale di potenziamento indicato dagli stessi uffici interpellati



# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

Informazioni richieste nei censimenti:

- nome stazione
- nome fiume
- coordinate stazione (lon, lat)
- vengono effettuate misure di livello h?
- vengono effettuate misure di portata q?
- esiste una scala di deflusso?
- qual è l'anno dell'ultimo aggiornamento della scala di deflusso?
- qual è l'anno di inizio serie delle portate?
- qual è il numero medio di misure effettuate per anno?
- qual è il numero medio di misure per anno necessarie?
- costi annuali di manutenzione
- costo singola misura di portata

Segnalazioni costi straordinari, nuove stazioni da attivare, criticità

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	NOME STAZIONE	NOME FIUME	LONG	LAT	MISURE DI	MISURE DI	ESISTENZA DI UNA SCALA DI DEFLUSSO	ANNO ULTIMO AGGIORNAMENTO SCALA	NUM. MEDIO DI MISURE PER ANNO	NUM. MEDIO DI MISURE PER ANNO	ANNO INIZIO SERIE DELLE PORTATE	COSTI ANNUALI DI MANUTENZIONE	COSTO DI UNA SINGOLA MISURA DI	NOTE
1	VALDISOTTO CEPINA	ADDA	10.3550932	46.42424	SI	SI	SI	2014	1.4	4	2010	11,700.00	1450.00	
2	SONDALO	ADDA	10.3548201	46.3501763	SI	NO	NO					11,700.00		
3	TEGLIO S. GIACOMO	ADDA	10.0384789	46.1582766	SI	SI	SI	2015	2	4	2012	13,600.00	1450.00	
4	GERALARIO FUENTES	ADDA	9.41227503	46.1503324	SI	SI	SI	2015	2.6	4	1998	13,600.00	1450.00	
5	OLGINATE S. MARIA LAVELLO	ADDA	9.43014467	45.7894438	SI	SI	SI	2016	2.2	4	1998	13,600.00	1450.00	



# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

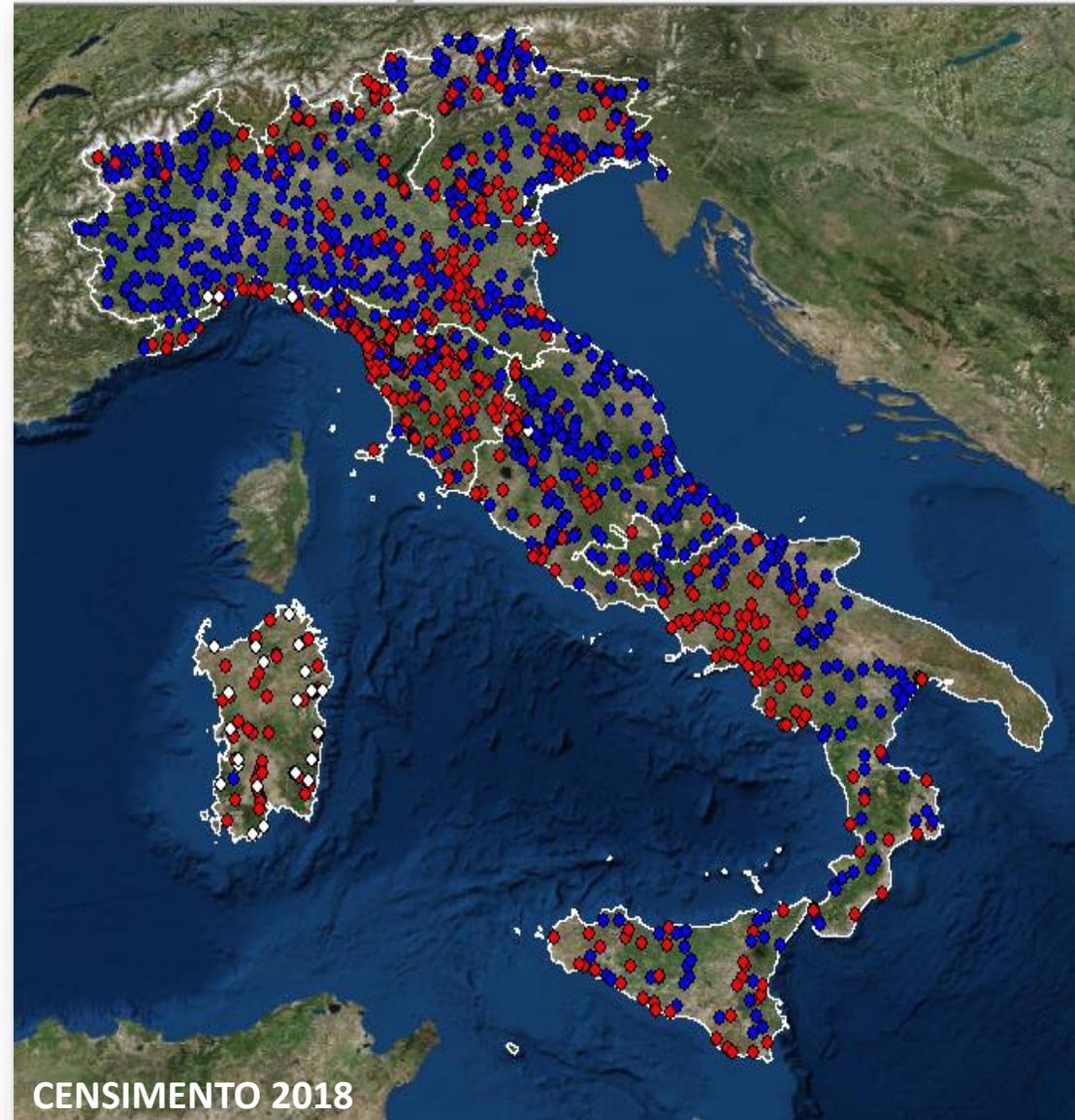
N. Stazioni censite: **1276**  
N. Stazioni con misure di Q: **747**

Mis.H, Mis.Q

● SI, NO

● SI, SI

○ Da realizzare



**CReIAMO PA**

# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

N. Stazioni censite: **1276**  
N. Stazioni con misure di Q: **747**  
di cui con scala di deflusso: **621**

Mis.H, Mis.Q, scala deflusso

- SI, SI, FORSE
- SI, SI, NO
- SI, SI, SI

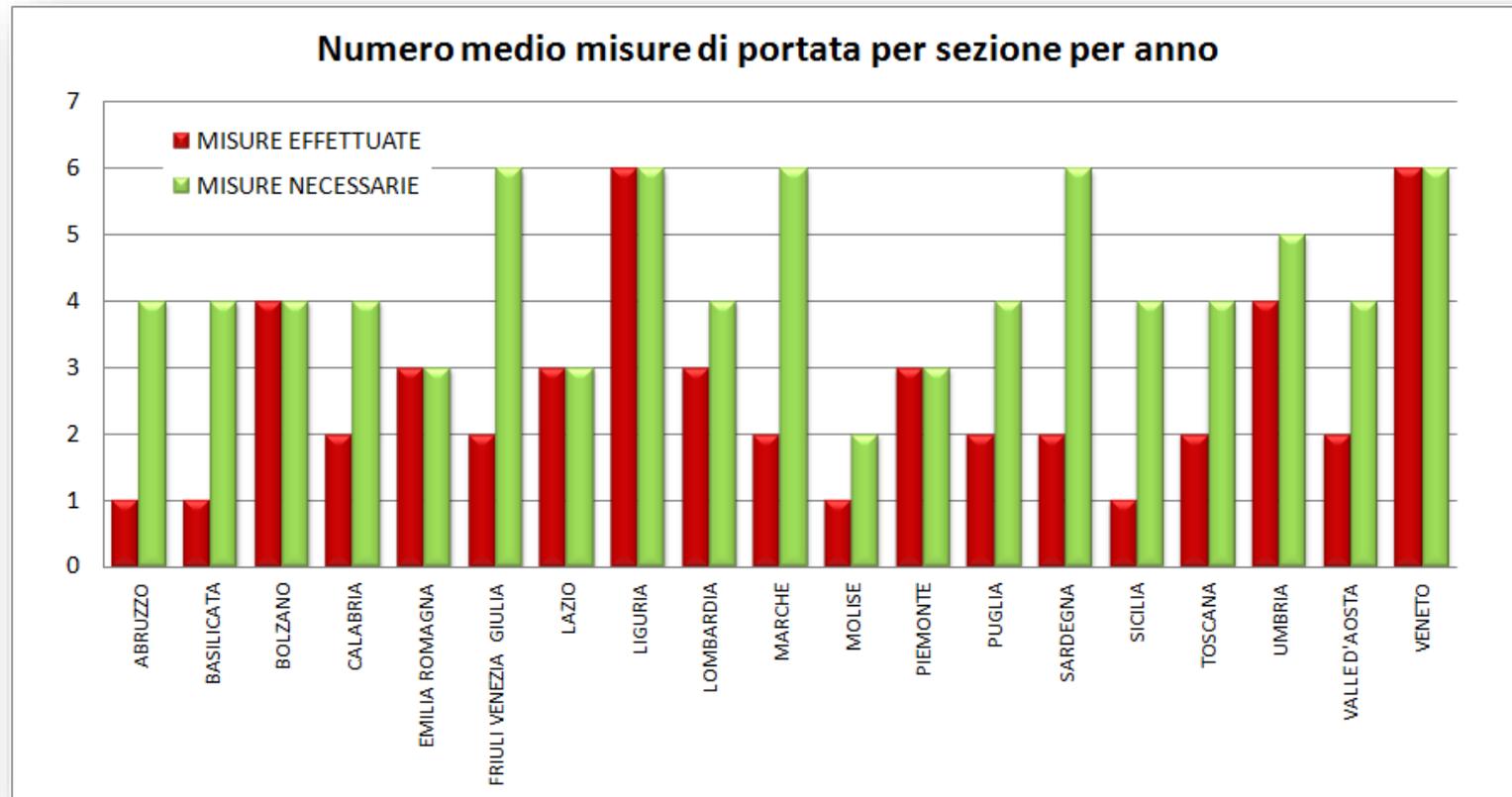


**CReIAMO PA**

# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

MISURE DI PORTATA Q SI

SERVIZI IDROLOGICI	VALORI	
	MEDIA MISURE EFFETTUATE	MEDIA MISURE NECESSARIE
ABRUZZO	1	4
BASILICATA	1	4
BOLZANO	4	4
CALABRIA	2	4
EMILIA ROMAGNA	3	3
FRIULI VENEZIA GIULIA	2	6
LAZIO	3	3
LIGURIA	6	6
LOMBARDIA	3	4
MARCHE	2	6
MOLISE	1	2
PIEMONTE	3	3
PUGLIA	2	4
SARDEGNA	2	6
SICILIA	1	4
TOSCANA	2	4
UMBRIA	4	5
VALLE D'AOSTA	2	4
VENETO	6	6

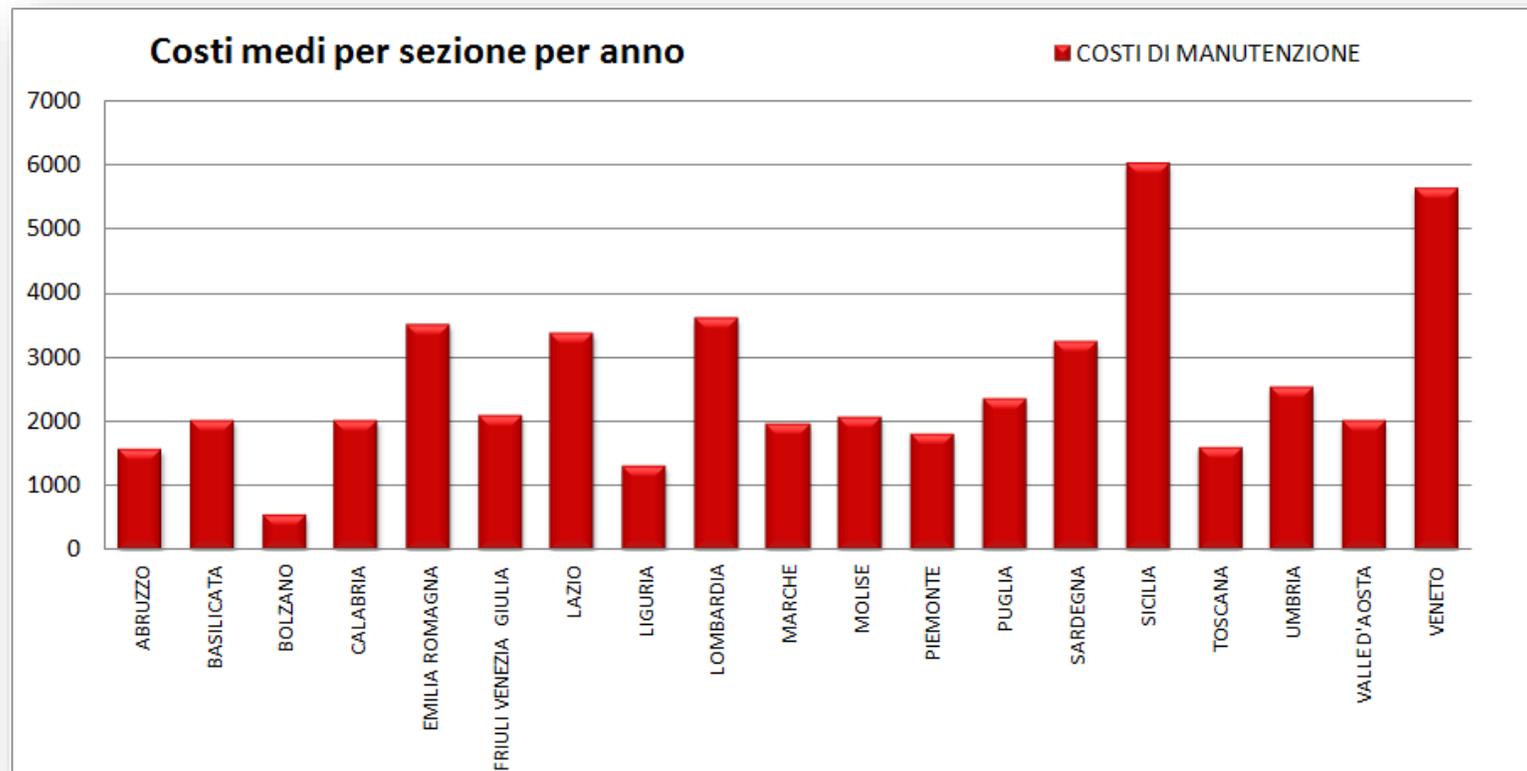


# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

MISURE DI PORTATA Q SI

SERVIZI IDROLOGICI VALORI MEDIA COSTI ANNUALI DI MANUTENZIONE PER STAZIONE

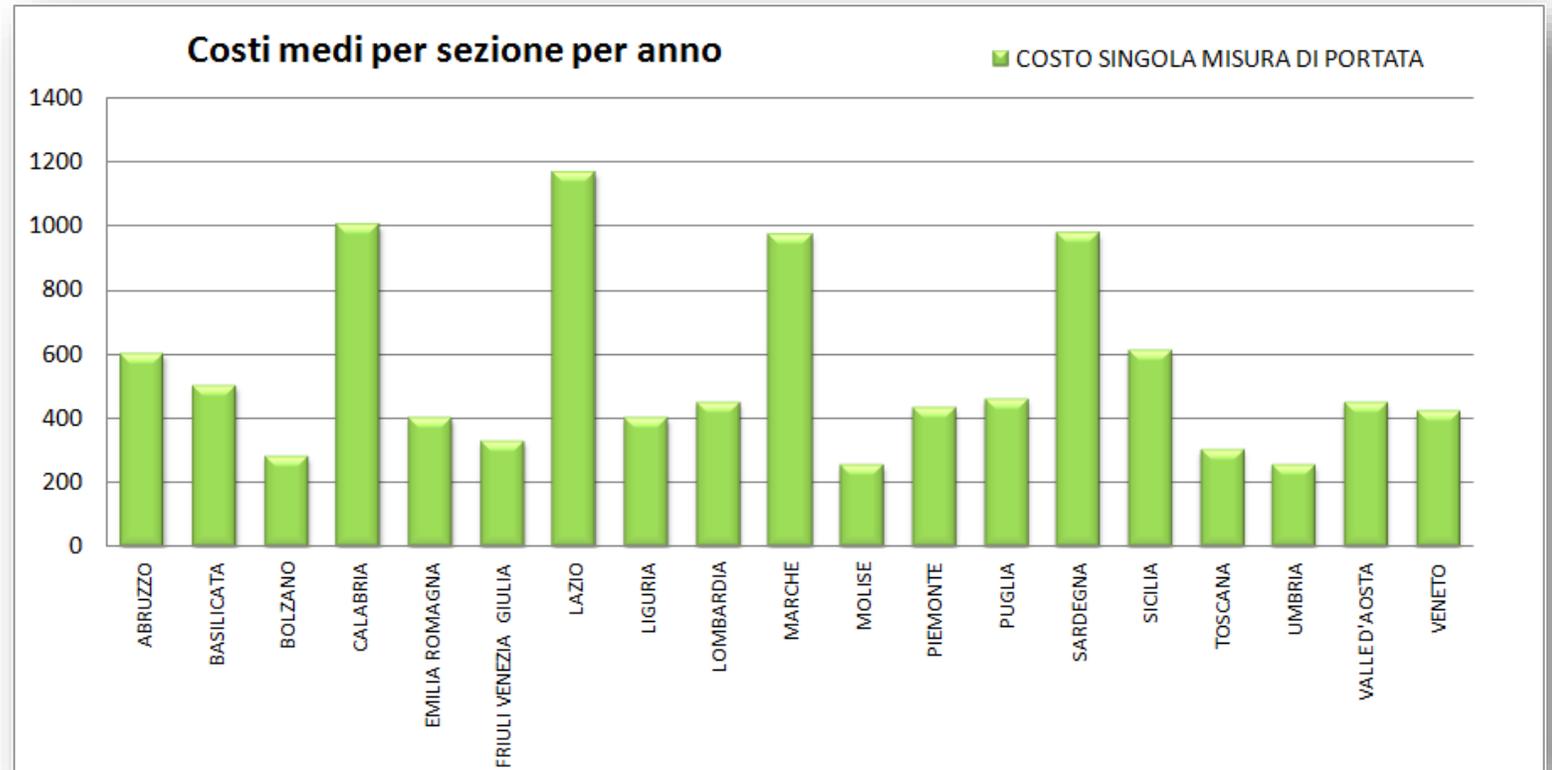
ABRUZZO	1'555.00 €
BASILICATA	2'000.00 €
BOLZANO	530.00 €
CALABRIA	2'000.00 €
EMILIA ROMAGNA	3'500.00 €
FRIULI VENEZIA GIULIA	2'086.00 €
LAZIO	3'364.00 €
LIGURIA	1'300.00 €
LOMBARDIA	3'596.00 €
MARCHE	1'941.00 €
MOLISE	2'060.00 €
PIEMONTE	1'800.00 €
PUGLIA	2'353.00 €
SARDEGNA	3'233.00 €
SICILIA	6'000.00 €
TOSCANA	1'595.00 €
UMBRIA	2'523.00 €
VALLE D'AOSTA	2'000.00 €
VENETO	5'617.00 €



# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

## MISURE DI PORTATA Q

SERVIZI IDROLOGICI	COSTO MEDIO DI UNA SINGOLA MISURA DI PORTATA
ABRUZZO	600.00 €
BASILICATA	500.00 €
BOLZANO	280.00 €
CALABRIA	1'000.00 €
EMILIA ROMAGNA	400.00 €
FRIULI VENEZIA GIULIA	329.00 €
LAZIO	1'167.00 €
LIGURIA	400.00 €
LOMBARDIA	450.00 €
MARCHE	971.00 €
MOLISE	254.00 €
PIEMONTE	433.00 €
PUGLIA	460.00 €
SARDEGNA	976.00 €
SICILIA	610.00 €
TOSCANA	300.00 €
UMBRIA	254.00 €
VALLE D'AOSTA	450.00 €
VENETO	420.00 €



# Il monitoraggio delle portate: stato e criticità

## Criticità

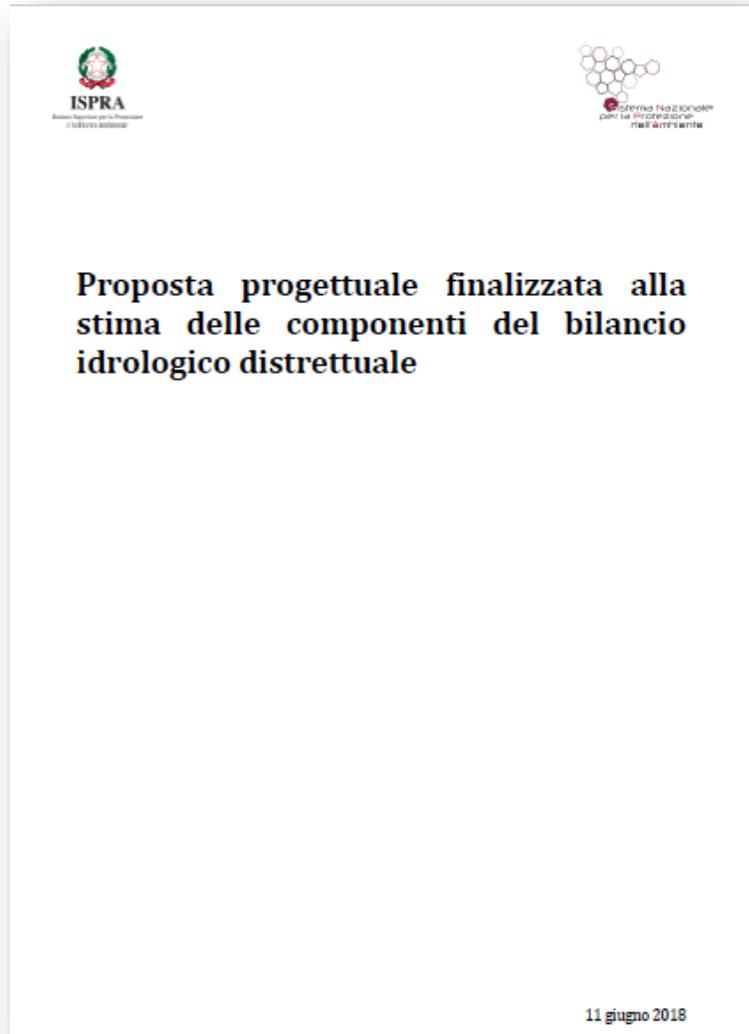
- Il monitoraggio delle portate negli anni è diventata procedura **tutt'altro che ordinaria**, con la conseguenza che i **dati** di portata sono piuttosto **scarsi**, se non addirittura **indisponibili** per intere regioni a partire dall'inizio degli anni 2000.
- Ciò che si è continuato a misurare nel corso degli anni, e per lo più per scopi di **protezione civile**, sono i **livelli idrometrici necessari ma non sufficienti** alla valutazione delle portate.
- Lunghi periodi di assenza/interruzione misure di portata.
- Riduzione progressiva di fondi e di personale interno specializzato.
- Utilizzo di fondi di progetto “straordinari” per svolgere attività “ordinarie”.

## Considerazioni

- Effettuare le misure di portata *in house* permetterebbe di ottimizzare costi e tempi (*conoscenza del territorio e delle stazioni, organizzazione tempestiva delle uscite su campo in funzione delle condizioni meteo-idro*).
- La collocazione delle stazioni idrometriche deve essere concepita per fornire un quadro esaustivo dello stato quantitativo della risorsa idrica nel tempo e nello spazio.
- Necessità di fondi sistematici per il rilancio delle attività di monitoraggio.



# La proposta progettuale

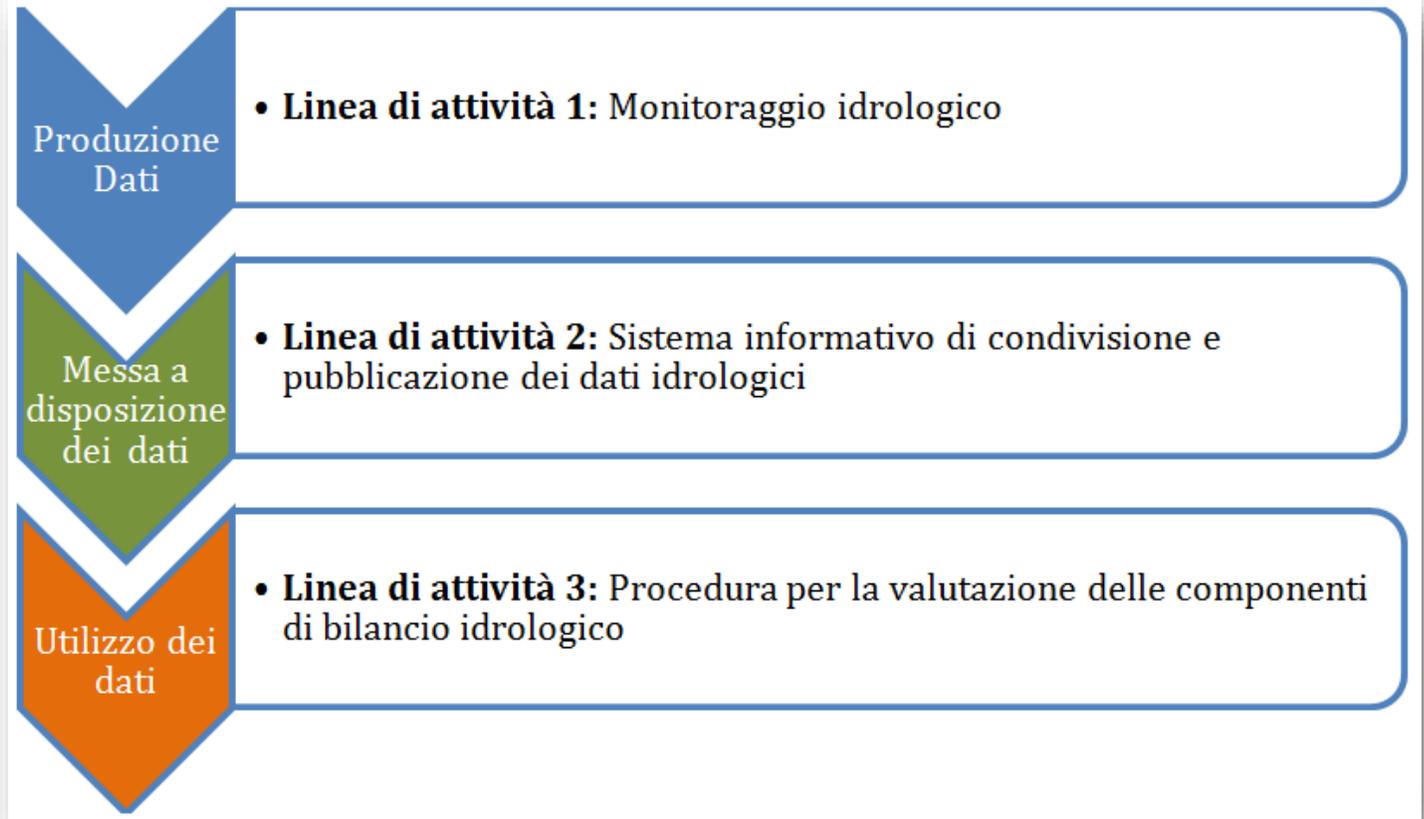
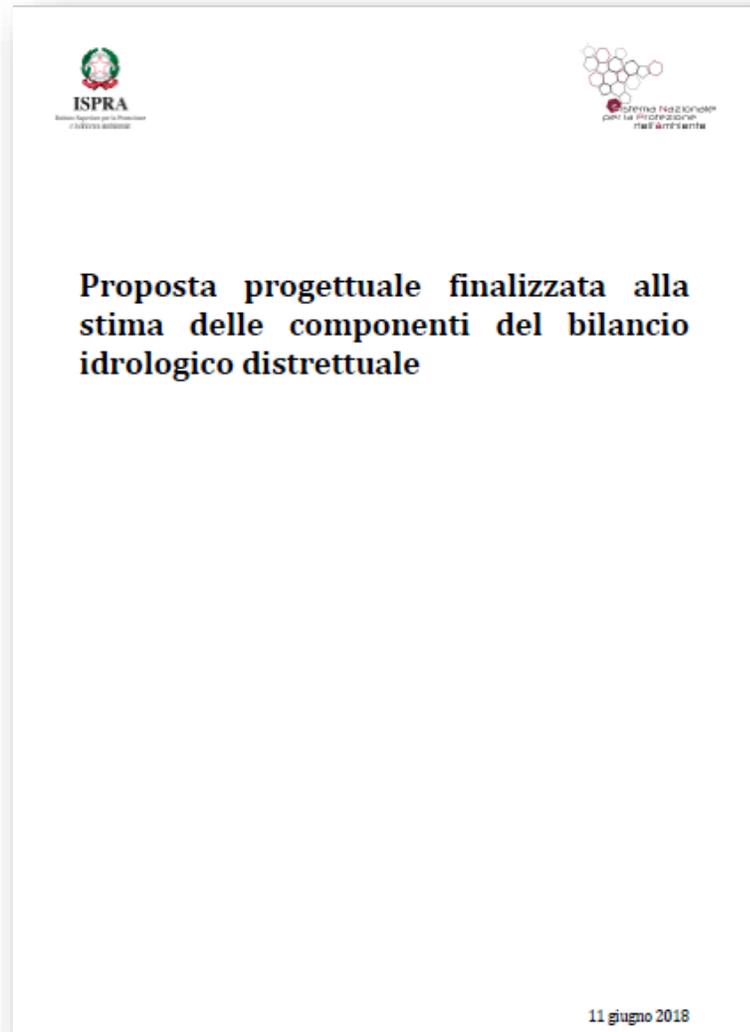


## Su richiesta del MATTM a ISPRA, aprile–maggio 2018

- ❑ Definizione di una **proposta progettuale** per il **finanziamento del monitoraggio delle portate** dei corsi d'acqua per una «**rete minima di stazioni**» individuate attraverso il Tavolo Nazionale per i Servizi dell'Idrologia Operativa (*2 censimenti*).
  - ❑ **Tale attività di monitoraggio** è finalizzata al supporto alle Autorità di Distretto per la **stima delle componenti del bilancio idrologico**.
  - ❑ Prevede, altresì, l'operatività di un **sistema nazionale di condivisione dei dati idrologici**.
- **Workshop MATTM-ISPRA di presentazione della proposta, 31 luglio 2018.**



# La proposta progettuale



# La proposta progettuale

## Finalità linea di attività 1

Avviare una **campagna straordinaria di misure di portata**

- ❑ **Attività triennale**, comprendendo anche la “**manutenzione**” (almeno un anno) delle stazioni, in cui includere, ad esempio, i costi associati alla **verifica e ripristino** degli **strumenti** già in dotazione e la **pulizia** delle sezioni di misura.
  - **Convenzioni MATTM-Autorità di Distretto** nell’ambito della Linea di azione “Interventi per il miglioramento della qualità dei corpi idrici, del **PIANO OPERATIVO AMBIENTE “Interventi per la tutela del territorio e delle acque”** (FSC 2014–2020).
- ❑ Attivare **corsi di formazione – a livello nazionale e di distretto idrografico** – del personale interno ai servizi regionali e delle province autonome responsabili del monitoraggio sulle **tecniche** di monitoraggio delle portate più appropriate **nei vari contesti fluviali**.
  - **Convenzioni MATTM-ISPRA**, del suddetto **PIANO OPERATIVO AMBIENTE**.
- ❑ Utilizzare il triennio anche per **valutare** con maggiore contezza gli **importi** delle attività ordinarie relativi agli anni successivi.



# La proposta progettuale

## Finalità linea di attività 2

Predisposizione e messa in modalità operativa del **sistema informativo di condivisione e pubblicazione dei dati idrologici – HIS Central**

- ❑ Attività volta alla realizzazione di un **sistema** che renda i dati del monitoraggio idrologico disponibili, secondo un **flusso sistematico, continuativo e standardizzato**.
  - **Convenzioni MATTM-ISPRA**, del suddetto **PIANO OPERATIVO AMBIENTE**.
- ❑ Il prototipo sperimentale di tale sistema è stato realizzato nell’ambito del Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa (GdL coord. Da ARPAE Emilia Romagna).
- ❑ Il sistema si compone di tre elementi fondamentali:
  - ❖ un “Client”, web o desktop, che permette di accedere ai dati;
  - ❖ un “Hydroserver” per ogni produttore dati in cui gli stessi sono fisicamente allocati;
  - ❖ un “Catalog” che contiene i metadati delle informazioni pubblicate.
- ❑ L’interoperabilità dei sistemi concorrenti alla condivisione dei dati sarà possibile attraverso un sistema di brokeraggio (*broker*), che consente di condividere dati provenienti da fonti diverse con specifiche e formati dati diversi. **Ciò garantirà, tra l’altro, l’accesso in continuo ai dati idrologici alle Autorità di Distretto per le loro attività di competenza.**



# La proposta progettuale

## Finalità linea di attività 3

Automazione del processo di input, calcolo e diffusione delle componenti del **bilancio idrologico nazionale** e sviluppo di più robusti schemi concettuali per la modellazione delle componenti di bilancio presenti nel **BIGBANG**

- ❑ Attività volta alla creazione e automatizzazione di un **flusso permanente e continuo di dati meteo-idrologici** in formato omogeneo e tale da poter essere utilizzato in input alla procedura di calcolo.
- ❑ **Miglioramento della tempistica di produzione** delle stime delle componenti del bilancio idrologico, e quindi per l'operatività e fruibilità delle stesse da parte delle Autorità di Distretto e degli altri Enti nazionali (MATTM, DPC, ISTAT, Regioni, Province autonome, ecc.).
- ❑ **Sviluppo e implementazione operativa di più robusti schemi** concettuali nella modellazione dei fenomeni naturali.
- ❑ **Sviluppo e implementazione operativa di una procedura automatizzata per la pubblicazione e la diffusione delle componenti di bilancio a scala nazionale e di distretto.**
  - **Convenzioni MATTM-ISPRA, del suddetto PIANO OPERATIVO AMBIENTE.**



*Grazie per l'attenzione!*

*giovanni.braca@disprambiente.it*

*stefano.mariani@disprambiente.it*



**CReIAMO PA**