

Gli indicatori per il monitoraggio della siccità e della scarsità idrica nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici

Dr. Stefano Mariani, ISPRA

Dip. Monitoraggio e Tutela dell'Ambiente e Conservazione della Biodiversità

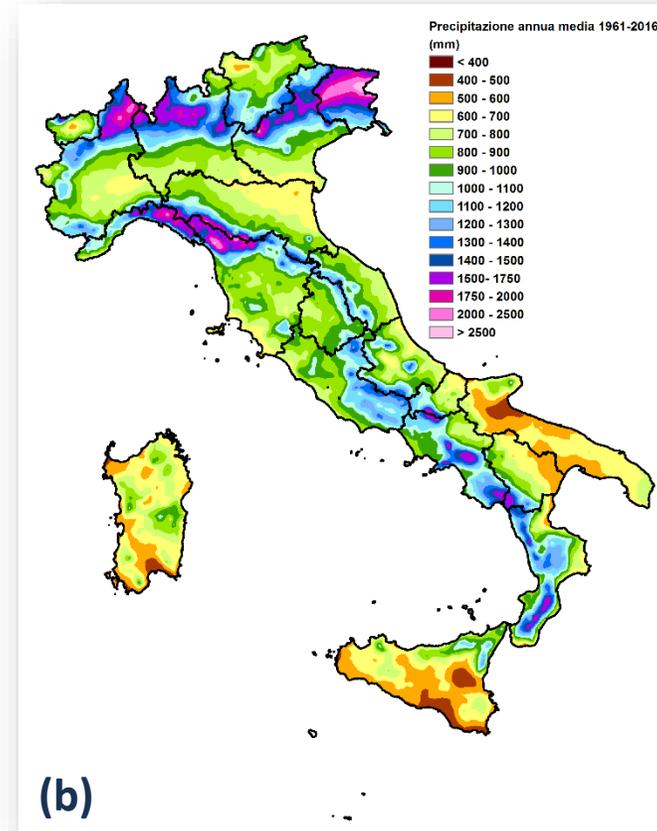
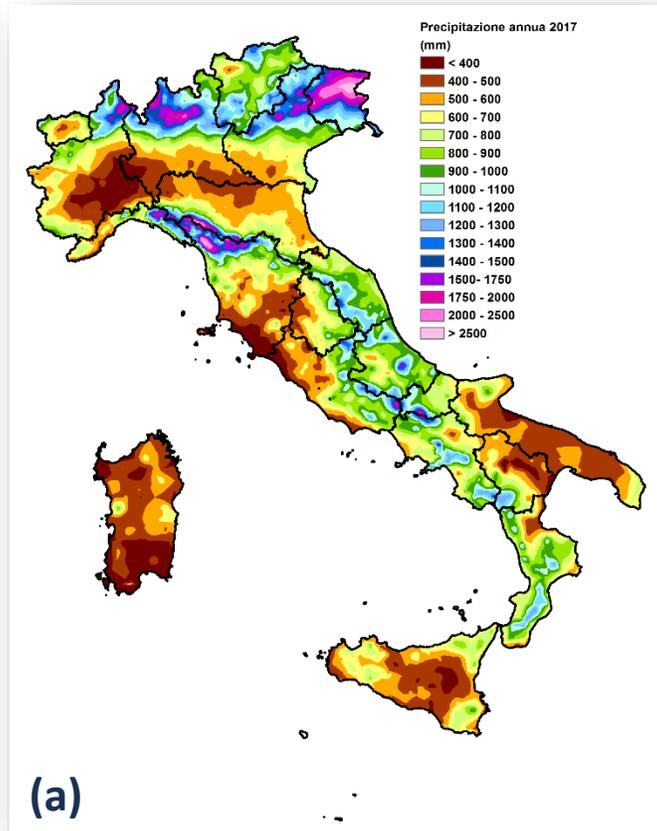
Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali



CReIAMO PA

Per un cambiamento sostenibile

La situazione idro-meteorologica del 2017 vs. media storica



Precipitazione annua nel 2017 (a) e media 1961–2016 (b) calcolate sulla base delle elaborazioni del modello BIGBANG 2.0.

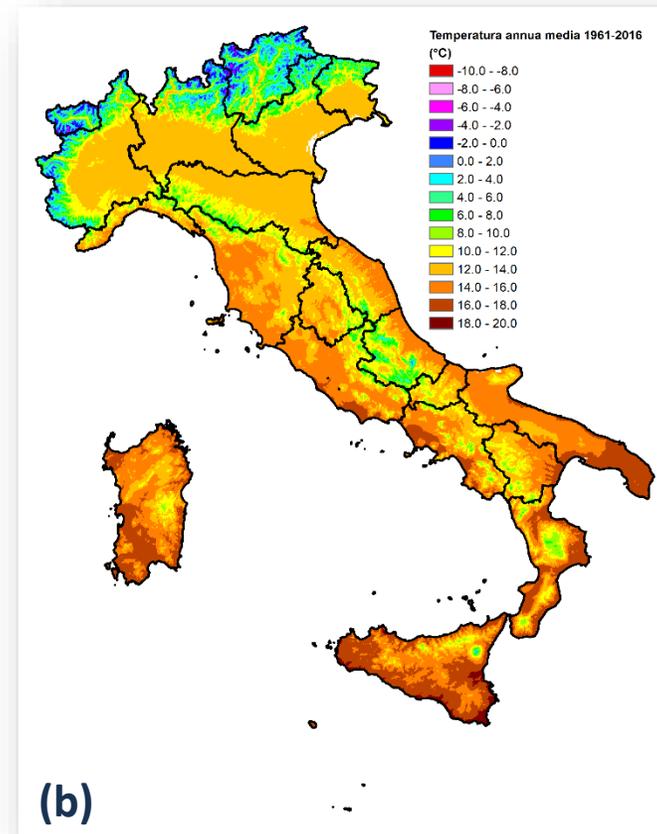
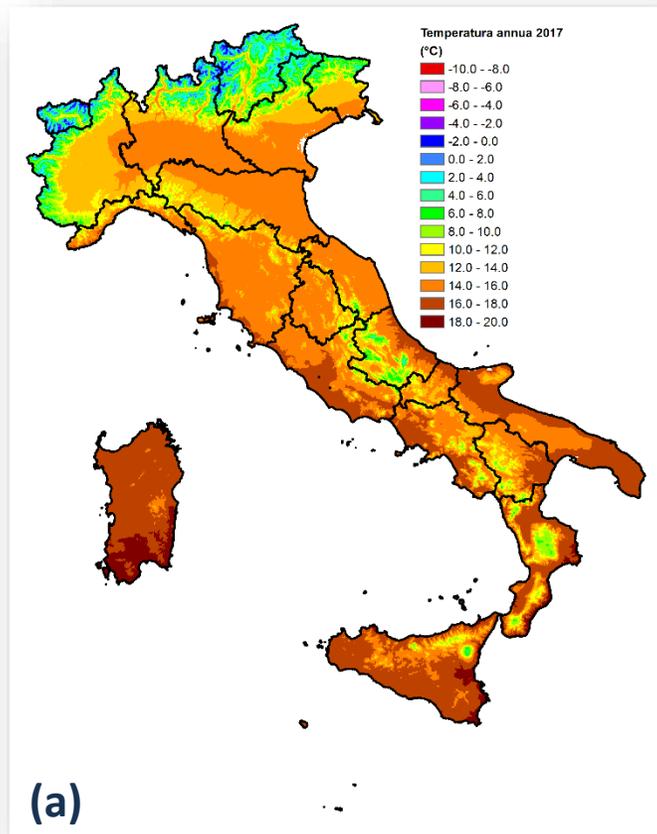
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati degli Annali del Servizio Idrografico Nazionale e dei servizi idrologici regionali e delle provincie autonome.

Immagini tratte da: «Note tecniche su crisi idriche, siccità e servizio idrico integrato» – Manuele UTILITALIA, 2019.



CReIAMO PA

La situazione idro-meteorologica del 2017 vs. media storica



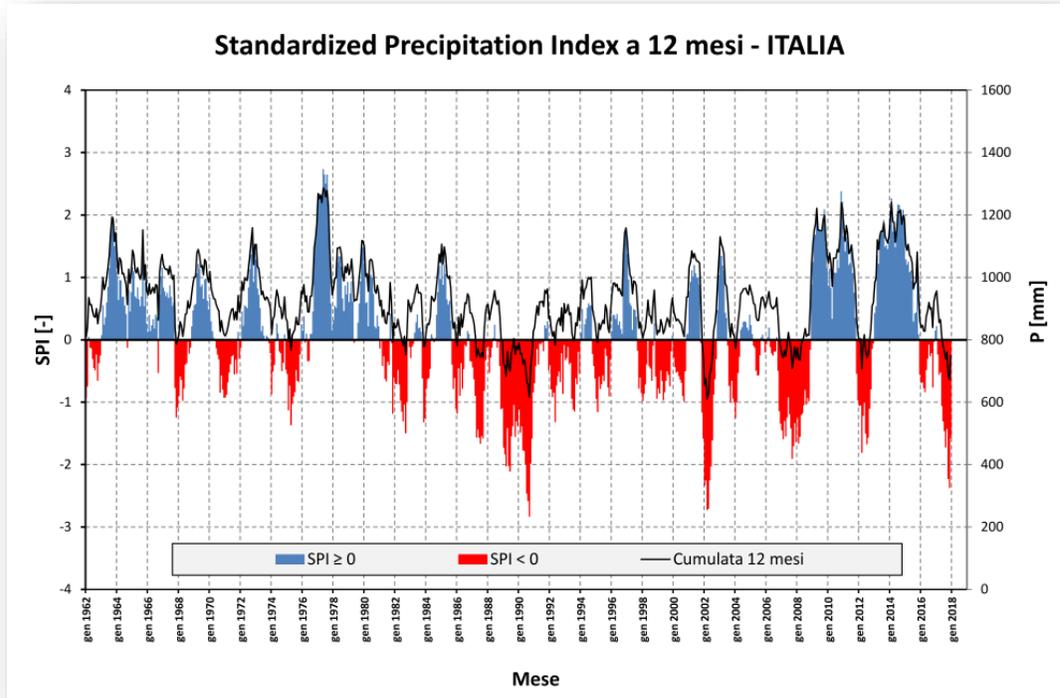
Temperatura annua nel 2017 (a) e media 1961–2016 (b) calcolata sulla base dei grigliati del sistema SCIA di ISPRA.



CReIAMO PA

Fonte: Elaborazione ISPRA.
Immagini tratte da: «Note tecniche su crisi idriche, siccità e servizio idrico integrato» – Manuele UTILITALIA, 2019.

Gli eventi di siccità in Italia



SPI12 per l'Italia riferito al periodo 1962–2017:
in blu SPI > 0 e in rosso SPI < 0.

La precipitazione cumulata a 12 mesi è
riportata come linea continua nera.

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

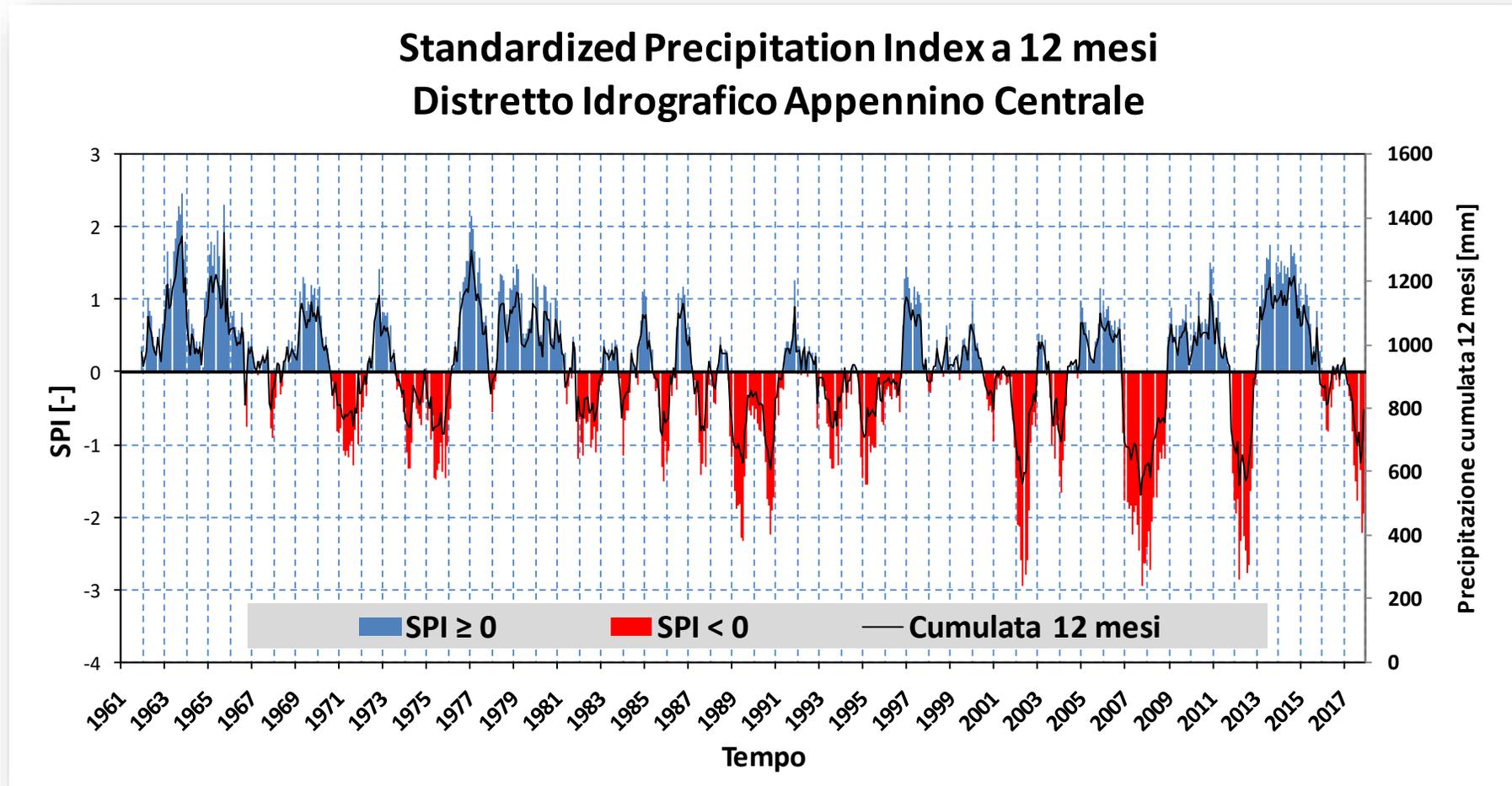
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati degli Annali del Servizio Idrografico Nazionale e dei servizi idrologici regionali e delle province autonome.

Immagini tratte da: «Note tecniche su crisi idriche, siccità e servizio idrico integrato» – Manuale UTILITALIA, 2019.



CREIAMO PA

Gli eventi di siccità nell'Appennino Centrale



CReIAMO PA

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati degli Annali del Servizio Idrografico Nazionale e dei servizi idrologici regionali afferenti al Distretto idrografico dell'Appennino Centrale.

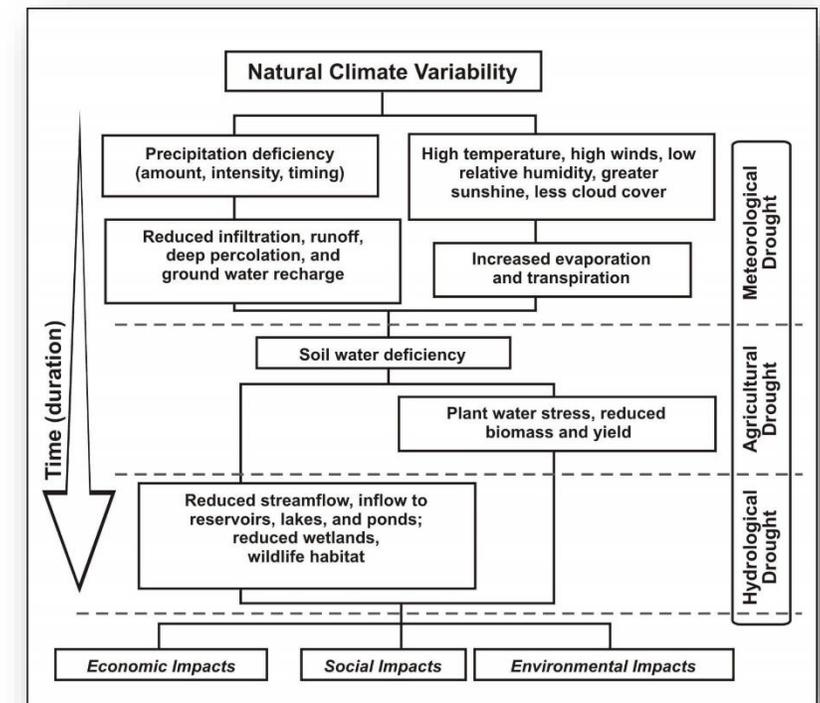
La siccità

La **siccità** è una **condizione meteorologica naturale e temporanea in cui si manifesta una sensibile riduzione delle precipitazioni** rispetto alle condizioni medie climatiche del luogo in esame (e.g., Rossi et al., 1992; WMO, 2006; Schmidt et al., 2012; Mariani et al., 2018).

Non esiste però un'unica definizione di siccità, in quanto occorre specificare a quale ambito di fenomeni si stia facendo riferimento, siano essi naturali, sociali o economici.

Si parla di:

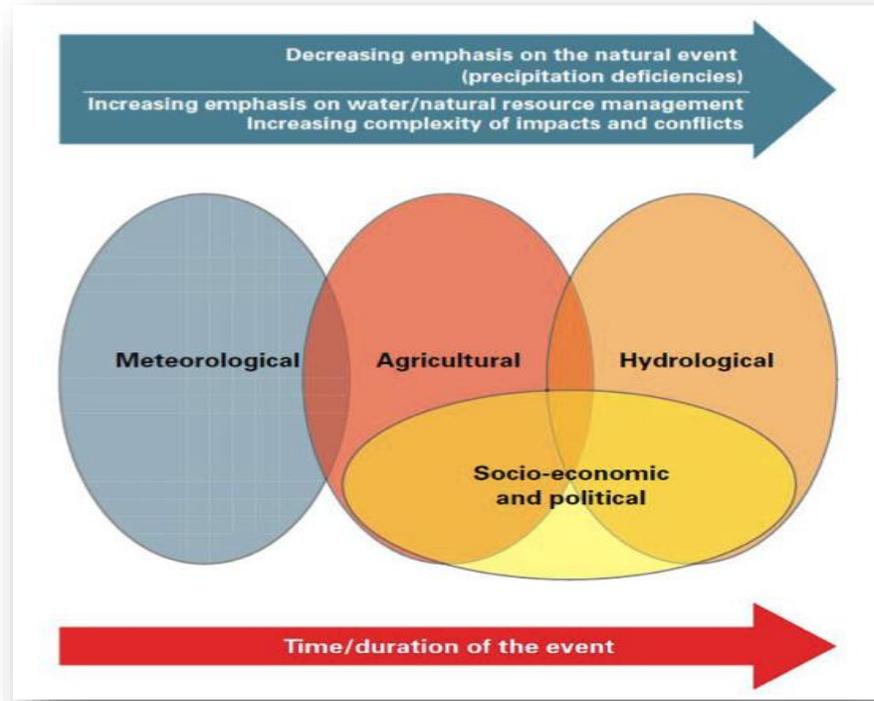
- ❑ **siccità meteorologica** a seguito, ad es., di una relativa diminuzione delle precipitazioni e/o aumento delle temperature;
- ❑ **siccità idrologica** in presenza di un apporto idrico relativamente scarso nel suolo, nei corsi d'acqua, o nelle falde acquifere;
- ❑ **siccità agricola** in caso di deficit del contenuto idrico al suolo che determina condizioni di stress nella crescita delle colture;
- ❑ **siccità socio-economica e ambientale** intesa come l'insieme degli impatti che si manifestano come squilibrio tra la disponibilità della risorsa e la domanda per gli aspetti sociali, la conservazione degli ecosistemi terrestri e acquatici, e le attività economiche.



Tipologie di siccità dovuta alla naturale variabilità climatica
(Fonte: *National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln, USA*).



La siccità



Interrelazione tra i diversi tipi di siccità rispetto alla durata dell'evento (Fonte: World Meteorological Organization, 2006).

Non esiste un'unica definizione di siccità, sebbene tutte si trovino in accordo sul fatto che la siccità sia un fenomeno (naturale) temporaneo ma frequente.

La siccità può essere percepita in modo differente in relazione alla collocazione nel tempo (e.g., la stagione in cui si presenta, il ritardo rispetto all'inizio del periodo delle piogge, e/o alle principali fasi di crescita delle coltivazioni) e all'efficacia delle piogge (e.g., intensità delle piogge, numero degli eventi meteorici).

Gli **effetti / impatti** della siccità sono poi **connessi al livello della domanda idrica**, necessaria per gli aspetti sociali (alimentazione, igiene, attività ricreative, ecc.), per le attività economiche (agricoltura, industria, turismo, ecc.) e per la conservazione degli ecosistemi, **rispetto alla disponibilità media delle risorse**.



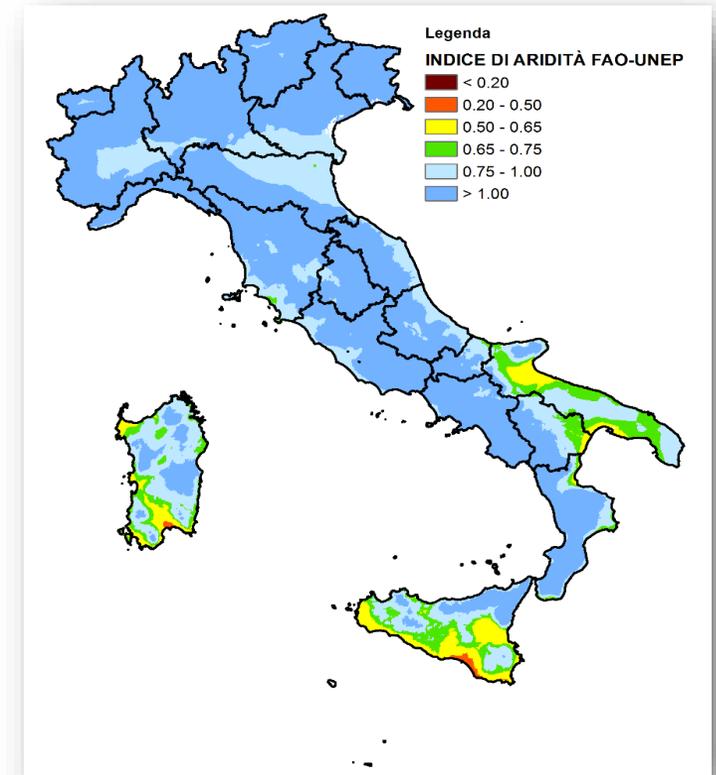
La siccità

Il concetto di siccità differisce da quello di:

- ❑ **aridità**, che costituisce una **condizione climatica naturale permanente** in cui la scarsa quantità di precipitazioni annue associata a elevate temperature non fornisce al terreno il necessario grado di umidità da promuovere lo sviluppo della vita;
- ❑ **desertificazione**, che indica un **processo a lungo termine e irreversibile** di riduzione o distruzione del potenziale biologico del suolo in regioni sub-umide/secche, semi-aride e aride, provocato da numerosi fattori, incluse le variazioni climatiche e le attività umane [*l'Indice di aridità (AI) della FAO-UNEP evidenzia alcune aree nel meridione caratterizzate da un clima sub umido-secco e anche piccole aree classificabili come semiaride*].

Classificazione dei climi in base all'indice di aridità (AI) della FAO-UNEP

Clima	Indice AI
umido	AI > 0,65
sub umido-secco	0,50 < AI ≤ 0,65
semiarido	0,20 < AI ≤ 0,50
arido	AI < 0,20



Fonte: Elaborazioni del modello BIGBANG 2.0 di ISPRA, relative al periodo 1961–2016.

Immagine tratte da: «Note tecniche su crisi idriche, siccità e servizio idrico integrato» – Manuale UTILITALIA, 2019.



CReIAMO PA

La scarsità idrica

Il termine **scarsità idrica** definisce quella **condizione – determinata da fattori antropici – in cui la domanda di risorsa eccede la naturale disponibilità di risorsa rinnovabile** (*sovra-sfruttamento della risorsa*; Schmitd et al., 2012).

Tale condizione può essere aggravata da ulteriori fattori antropici (sistemi infrastrutturali insufficienti, inquinamento della risorsa, ecc.) e da periodi di riduzione di precipitazioni o di siccità e/o da periodi di temperature elevate.



Tuttavia, questa definizione non è univocamente accettata, soprattutto per quanto riguarda le cause scatenanti, ossia dovute a un **complesso di concause naturali e antropiche** (Pereira et al., 2002).

La scarsità idrica può essere definita anche come la condizione, circoscritta nello spazio e nel tempo, caratterizzata da un'insufficienza della disponibilità di risorse idriche rispetto ai fabbisogni a esse connessi.



La scarsità idrica

Talvolta i termini **carezza idrica** e **deficienza idrica** sono utilizzati come sinonimo di scarsità idrica, sebbene tali termini dovrebbero essere utilizzati per **indicare meramente l'effetto della siccità sui sistemi di approvvigionamento idrico**.

Si parla di **crisi idrica** quando la scarsità idrica, causata e/o esacerbata da fenomeni di siccità, raggiunge nei vari comparti d'uso livelli di severità tali che gli enti preposti (ad es., le *“Cabine di regia” degli Osservatori permanenti distrettuali*) avviano una serie di procedure di gestione adattiva atte a mitigare gli impatti.

Al perdurare e/o all'intensificarsi dei livelli di severità, tale da determinare sensibili effetti economici e sociali (in part. per il settore d'uso civile), si arriva alle situazioni di **emergenza per deficit idrico** dove sono necessari interventi esterni di carattere operativo e normativo, decretati da provvedimenti delle autorità preposte (Prefetture, Protezione Civile, ecc.).

Queste situazioni possono condurre alle deliberazioni dello **stato di emergenza** del CdM (art. 24, del D.Lgs. 2 gennaio 2018, n.1 – “Codice della protezione civile”).

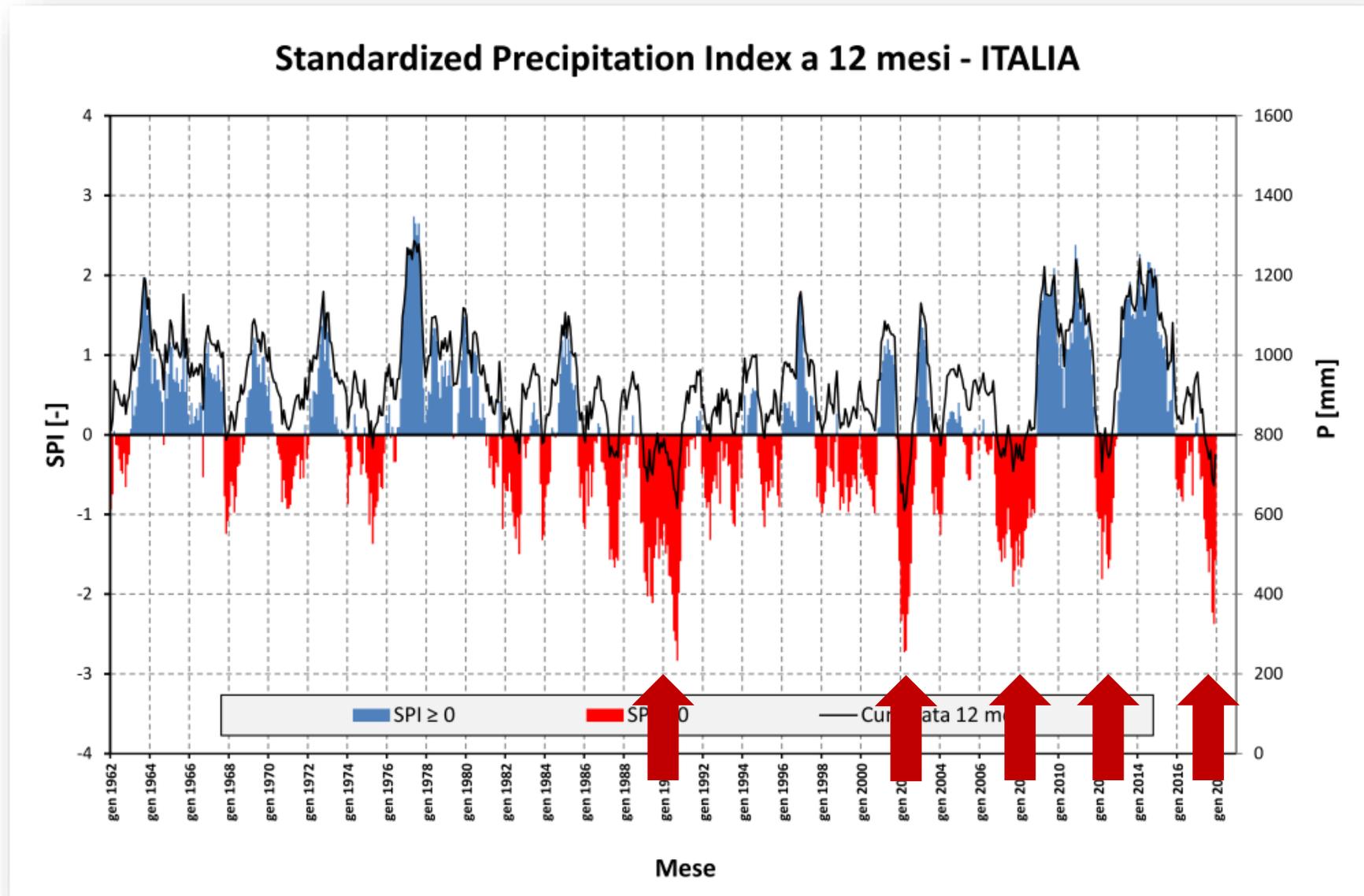
Tabella 8.1: Ordinanze del Capo Dipartimento della Protezione civile emanate a seguito di crisi idriche.
Fonte: Dipartimento della protezione civile.

Territorio	Ordinanza	Importo stanziato	Importo richiesto
Regione Umbria	O.C.D.P.C. 26/07/2012, n. 14	€ 41.210.990,73*	non disponibile
Regione Toscana	O.C.D.P.C. 31/08/2012, n. 17	€ 71.982.419*	non disponibile
Regione Siciliana	O.C.D.P.C. 07/11/2015, n. 295	€ 2.000.000,00	€ 8.000.000,00
Province di Parma e di Piacenza	O.C.D.P.C. 21/07/2017, n. 468	€ 8.650.000,00	€ 8.802.092,00
Regione Lazio	O.C.D.P.C. 14/08/2017, n. 474	€ 19.000.000,00	€ 548.811.785,00
Regione Umbria	O.C.D.P.C. 19/10/2017, n. 486	€ 6.000.000,00	€ 13.432.048,00
Provincia Pesaro e Urbino	O.C.D.P.C. 30/11/2017, n. 493	€ 4.800.000,00	€ 55.043.298,45
Province di Bologna, di Ferrara, di Forlì-Cesena, di Modena, di Ravenna, di Reggio Emilia e di Rimini	O.C.D.P.C. 19/01/2018, n. 497	€ 4.800.000,00	€ 17.649.194,00
Città metropolitana di Palermo	O.C.D.P.C. 09/03/2018, n. 514	€ 500.000,00	non disponibile
Città metropolitana di Torino e delle province di Alessandria, di Asti, di Biella, di Cuneo e di Vercelli i cui Comuni appartengono agli ATO 2, 3, 4 e 6	O.C.D.P.C. 11/06/2018, n. 526	€ 9.600.000,00	non disponibile

Note: * importo non a carico del DPC



Trend eventi di siccità a scala nazionale



Trend e cambiamenti climatici

Nel 2007 è stato stimato che l'11% della popolazione europea e il 17% del suo territorio sono stati affetti da eventi di scarsità idrica; i danni causati dalla siccità in Europa tra il 1976 e il 2006 hanno avuto un **impatto economico di 100 miliardi di euro** (Vogt et al., 2011).

Studi sugli eventi di siccità del periodo 1951–2015 hanno evidenziato per il sud dell'Europa, specie nel periodo estivo, un aumento della frequenza e della severità di tali eventi, in particolare nell'area Mediterranea (Poljanšek et al., 2017). Il trend sembra essere confermato dagli scenari climatologici per il periodo 2041–2100.

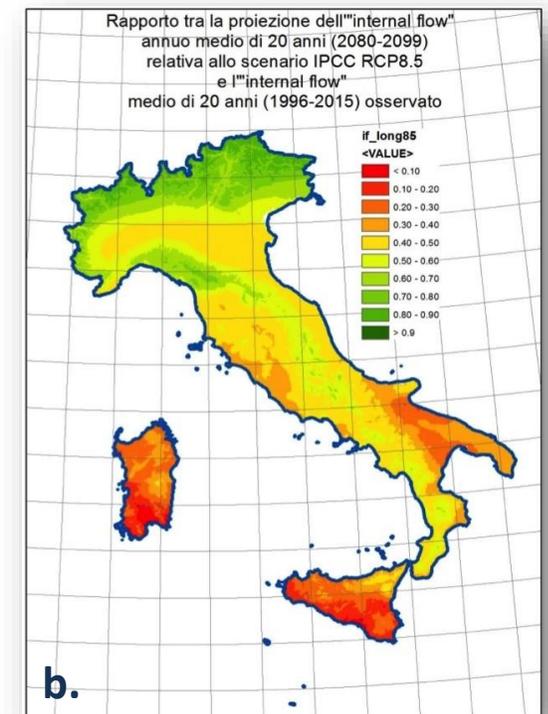
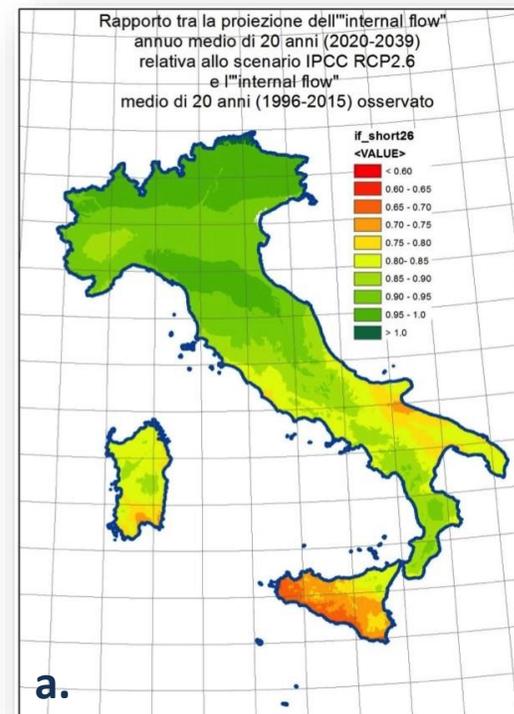
❖ *Quale potrebbe essere in Italia l'impatto dei CC sulla disponibilità di risorsa idrica?*

Valutazioni con il **modello BIGBANG** mostrano una possibile **significativa riduzione della risorsa**:

- dell'ordine del 10% nella proiezione a breve termine, nonostante si assumesse un approccio di mitigazione aggressivo (scenario IPCC RCP2.6)
- dell'ordine del 40% (> 90% per il sud Italia) nella proiezione a lungo termine, mantenendo la situazione attuale di emissione di gas serra (scenario IPCC R8.5 più gravoso in termini di emissioni).



CReIAMO PA



Trend e cambiamenti climatici

- ❑ La riduzione del rischio di siccità (così come quella del rischio di inondazione) è un obiettivo specifico della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, e il suo raggiungimento dipende anche dalla capacità degli Stati Membri di attuare quelle indicazioni (*policy option*) contenute nella Comunicazione 2007 «**Affrontare il problema della carenza idrica e della siccità nell'Unione Europea**» della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio (*COM(2007)414 Final*).
- ❑ Il documento della CE del 2009 «**CIS Guidance N° 24 – River Basin Management in a changing climate**» ha fornito indicazioni agli Stati Membri per individuare misure di adattamento ai cambiamenti climatici da inserire nei Piani di gestione delle acque previsti dalla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, nei Piani di gestione del rischio di inondazione previsti dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, nonché nei (possibili) Piani di gestione della siccità e della scarsità idrica menzionati nella specifica comunicazione della CE del 2007.
- ❑ La ciclicità di questi Piani doveva poi permettere la messa in opera graduale di **misure e strumenti innovativi**, provando nel tempo l'efficacia di risposta ai mutamenti in atto.
- ❑ L'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA), sempre nel 2009, aveva specificatamente trattato l'impatto dei cambiamenti climatici in ambito urbano (Report «**Urban adaptation to climate change in Europe**») dando ampio spazio all'analisi delle sfide poste dai nuovi trend climatici e particolare attenzione alle inondazioni e ai ricorrenti fenomeni di siccità e scarsità idrica, risultatini sempre più impattanti per i territori interessati da tali fenomeni.



EU Communication on WS & D [COM(2007)414 Final]

7 policy options:

- Putting the right price tag on water*
- Improving drought risk management***
- Fostering water efficient technologies and practices*
- Fostering the emergence of a water-saving culture*
- Allocating water & water-related funding efficiently*
- Considering additional water supply infrastructures*
- Improve knowledge and data collection***

→ Osservatorio sulla siccità (JRC EDO), indicatori concordati (CIS Expert WG on WS & D) e dati forniti da SM e soggetti interessati, e sfruttamento dati satellitari (Programma EU Copernicus)



Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici

- Istituiti nel luglio 2016 presso ogni ABD, dopo una iniziativa di promozione promossa dal MATTM e dal DPC.
- Costituisco una specifica **misura** per l'implementazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE – fanno parte del «Programma di misure» dei Piani di gestione delle acque, adottati a Marzo 2016 e approvati a Ottobre 2016.
- Le attività sono guidate dalle **policy option** proposte nella **EU Communication on WS & D**.

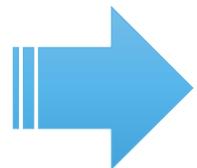
SCOPO

- Supportare la **gestione integrata delle risorse idriche** a livello di distretto idrografico, in particolare durante gli **eventi di siccità e scarsità idrica**.
- Monitorare e prevedere le situazioni di siccità e scarsità idrica, nonché gestire le conseguenze di tali eventi e ridurre il loro impatto sull'uso e la qualità della risorsa.
- Includere tutti i soggetti locali e nazionali (**key player**) che, a livello di distretto idrografico, sono rilevanti nella **governance** e l'**uso sostenibile della risorsa idrica**.
- Utilizzare **dati e indicatori consolidati**, inclusi quelli proposti dal **WFD CIS** «Expert group on Water Scarcity and Drought».



Comitato tecnico di coordinamento nazionale

- Istituito a ottobre 2016 dal **MATTM** con la partecipazione di: **ABD, DPC, ISPRA, ISTAT, CREA, ANBI e CNR.**
- Il Comitato promuove l'**armonizzazione sul territorio nazionale dei criteri** per:
 - **determinare i livelli di severità dei fenomeni di scarsità;**
 - **identificare i parametri di riferimento per il monitoraggio e la valutazione delle condizioni ambientali e degli effetti delle misure adottate;**
 - **definire le procedure di trasmissione e validazione dei dati.**
- **Primarie attività:**
 - **individuazione dati necessari alla gestione delle risorse idriche** (prelievi e usi) e loro modalità di trasferimento agli Osservatori. Attività **coordinata da ISTAT**, in collaborazione con ABD, ISPRA, CREA e ANBI → **Censimento ISTAT 2019 (acque per uso civile)**
 - **individuazione indicatori per il monitoraggio eventi di siccità e scarsità idrica**, per la definizione a livello nazionale di un **protocollo/set di indicatori comuni**. Attività **coordinata da ISPRA**, in collaborazione con DPC, CREA, ANBI e IRSA-CNR e le Autorità di Distretto → **Linee guida ISPRA & CNR-IRSA + Com. Tecnico**
 - ...
 - **identificazione base dati e modalità di calcolo del WEI+**, nonché **definizione livelli di criticità**. Attività **coordinata da ISPRA** in collaborazione con ABD, DPC, IRSA-CNR, e ISTAT.



Attività necessarie nella fase di monitoraggio, previsione e gestione della risorsa che permettano di avere valutazioni omogenee a livello nazionale, da fornire anche agli organismi sovranazionali.

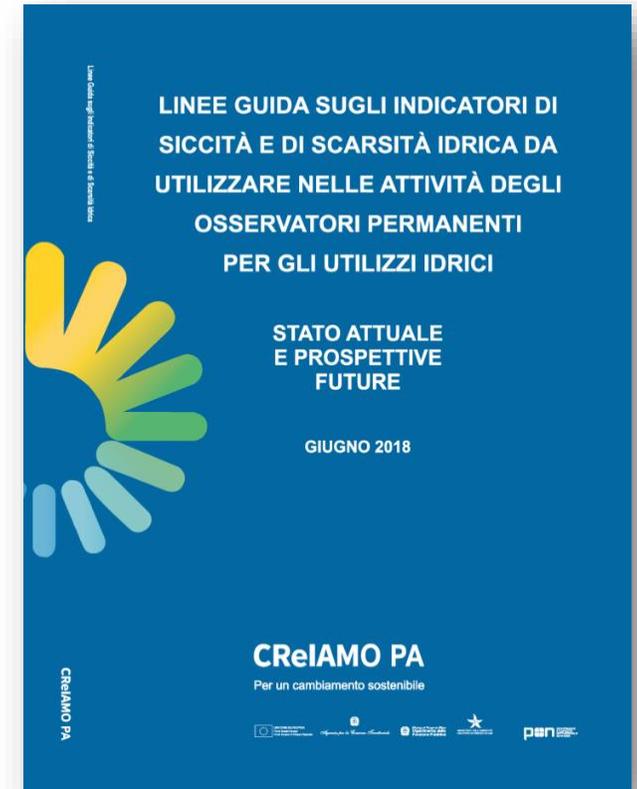


CReIAMO PA

Linee guida indicatori di siccità e scarsità idrica

CONTENUTO LG

- Premessa: Quadro di riferimento
- Monitoraggio siccità e scarsità idrica a livello europeo
 - ❑ EU Communication on WS & D
 - ❑ CIS Expert WG on WS & D
 - ❑ Testing indicatori, incl. WEI+, su bacini europei tra cui 5 italiani (Arno, Po, Serchio, Liri-Garigliano e Volturno)
- Attività nazionali e strumenti finalizzati al monitoraggio
- Attività a livello di distretto idrografico
- Proposta di indicatori comuni a livello nazionale per gli Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici
- ➔ a integrazione degli indicatori e degli strumenti operativi già utilizzati in ambito di Distretto idrografico

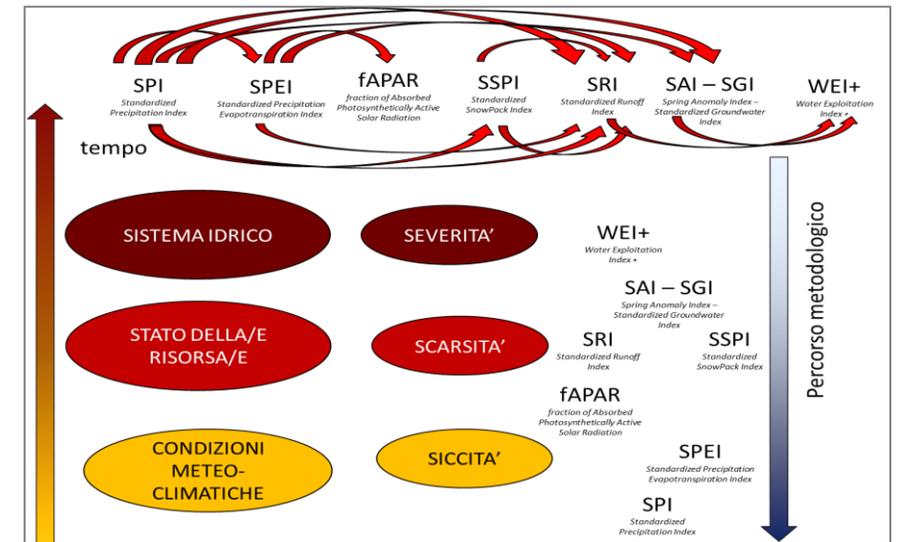


Linee guida (Mariani et al., 2018) sono state realizzate nell'ambito del Progetto del MATTM **CReIAMO PA**, finanziato dal **PON Governace e Capacità Istituzionale 2014-2020**, e sono disponibili sul sito web di ISPRA all'indirizzo: http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/idro.html.



Gli indicatori di siccità e scarsità idrica

- **Standardized Precipitation Index (SPI) ***
- **Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)**
- **Standardized Runoff Index (SRI)**
- **Standardized SnowPack Index (SSPI), 2 metodologie**
 - ❑ Problematica: stima dell'equivalente in acqua della neve (SWE)
- **Spring Anomaly Index (SAI)**
- **fraction of Absorbed Photosynthetically Active Solar Radiation (fAPAR) ***
 - ❑ prodotto EU Copernicus + anomalia di fAPAR
- **Water Explotation Index Plus (WEI+) ***



Schema concettuale di riferimento per lo sviluppo di sistemi di preannuncio di condizioni di carenza idrica (Fonte: CNR-IRSA).



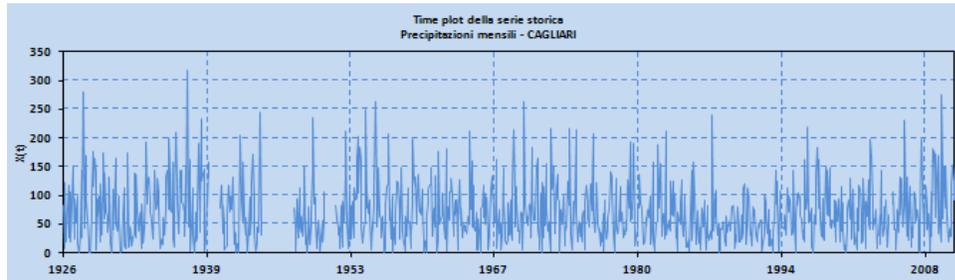
Contenuto sezioni indicatori

- Informazioni su:
 - modalità di calcolo;
 - scale temporali;
 - dati e stime idro-meteorologiche necessarie.
- Nessuna specifica su scelta e numero punti/stazioni, lasciata a ciascun Osservatorio, in quanto dipendente dalle caratteristiche dei bacini e sotto-bacini considerati nelle analisi.
- Necessità di serie idro-meteorologiche di adeguata lunghezza.
- Classificazioni dei livelli di criticità associati agli indicatori.
 - a eccezione del WEI+ → *ad hoc GdL del Comitato su WEI+*



SPI – Standardized Precipitation Index

Serie precipitazioni mensili



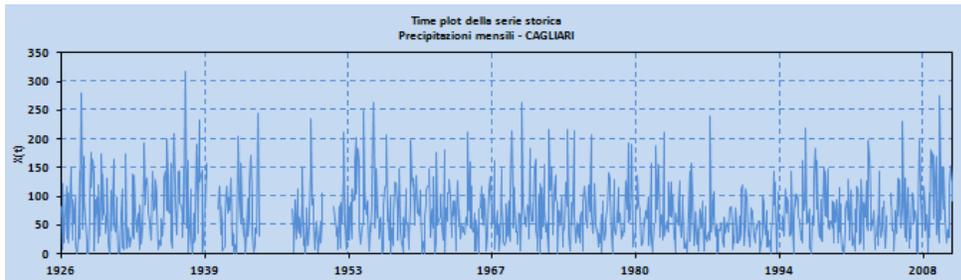
Calcolo delle serie cumulate mensili per durate $d = 1, 3, 6, 9, 12, 24$ mesi

- ❑ SPI riferito a periodi brevi di aggregazione temporale (da 1 a 3 mesi) fornisce indicazioni sugli impatti immediati, quali quelli relativi alla riduzione di umidità del suolo, del manto nevoso e della portata nei piccoli torrenti;
 - ❑ SPI riferito a periodi medi di aggregazione temporale (da 3 a 12 mesi) fornisce indicazioni sulla riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi;
 - ❑ SPI riferito a più lunghi periodi di aggregazione temporale (oltre i 12 mesi) fornisce indicazioni sulla ridotta ricarica degli invasi e sulla disponibilità di acqua nelle falde
- Il calcolo dello SPI richiede serie temporali molto lunghe: *una climatologia più robusta porta difatti a una maggiore robustezza statistica dell'indicatore e, quindi, a una minore incertezza nella valutazione della siccità. Secondo il WMO (2012), è necessario considerare serie temporali con almeno 30 anni continui di precipitazioni mensili. Oltre i 24 mesi può essere statisticamente poco significativo, a meno che non si abbiano a disposizione serie molto lunghe di dati dell'ordine degli 80–100 anni (WMO, 2012).*



SPI – Standardized Precipitation Index

Serie precipitazioni mensili

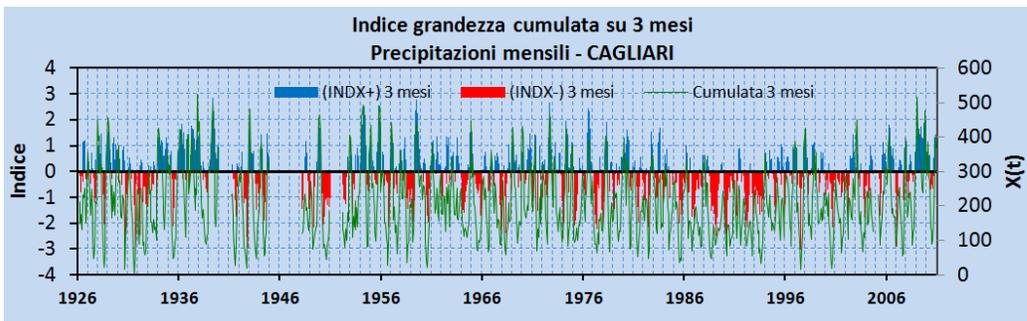


Calcolo delle serie cumulate mensili per durate $d = 1, 3, 6, 9, 12, 24$ mesi



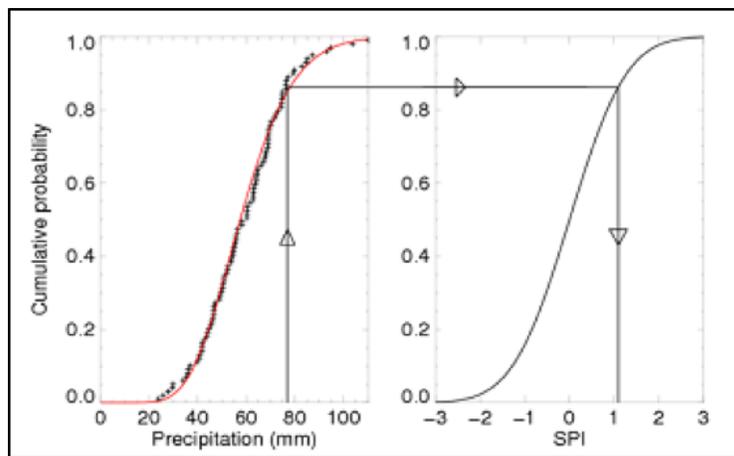
Per ciascun mese m e per ciascuna durata d si interpolano i dati con una distribuzione Gamma mista (stima parametri con il metodo ML)

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)_{m,d}$$



Valori SPI	Classe
$SPI \geq 2$	umidità estrema
$1.5 \leq SPI < 2.0$	umidità severa
$1.0 \leq SPI < 1.5$	umidità moderata
$-1.0 < SPI < 1.0$	nella norma
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	siccità moderata
$-2.0 < SPI \leq -1.5$	siccità severa
$SPI \leq -2.0$	siccità estrema

Serie mensile dello SPI di durata d



$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx$$

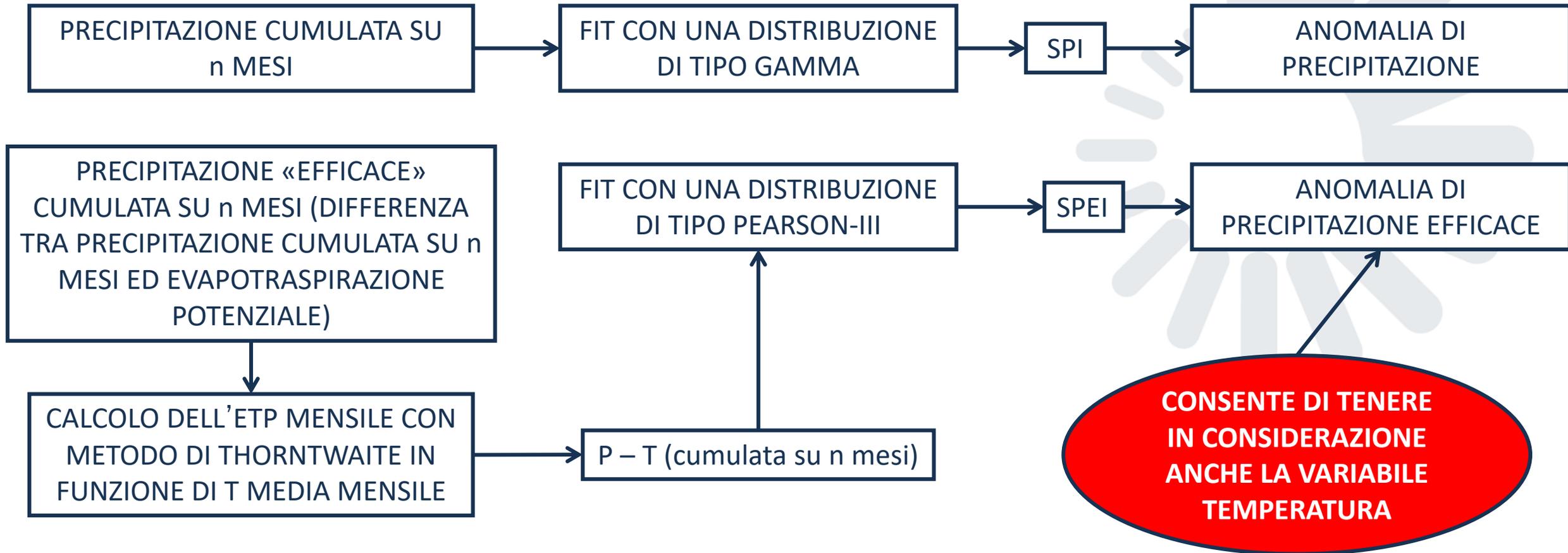


Trasformazione della Gamma mista in una $N(0,1)$



CReIAMO PA

SPEI – Standardized Precipitation Evapotranspiration Index



SRI – Standardized Runoff Index

- ❑ Lo SRI è un indicatore per la siccità idrologica a diverse scale temporali, basato sulla valutazione della probabilità di osservare una portata media mensile su una determinata scala temporale.
- ❑ Scale temporali di breve durata (SRI1 e SRI3) sono utili nei piccoli bacini e in quelli non artificiali, mentre scale temporali maggiori (SRI12, SRI18, SRI24, ...) sono, ad esempio, più adatte ai grandi bacini caratterizzati da un ciclo idrologico più complesso.
- ❑ Nel calcolo dello SRI, la cumulata su diverse scale temporali delle portate, a meno del fattore moltiplicativo del numero di secondi in un mese, corrisponde al volume idrico che ha attraversato la sezione di riferimento
- ❑ SRI e SPI simili e fortemente correlati su scale temporali dell'ordine dell'anno o superiori, differenti su scale temporali più brevi (1, 3 e 6 mesi) e su bacini di grandi dimensioni. Lo SRI incorpora nella sua valutazione quei processi idrologici che determinano uno sfasamento stagionale nell'influenza del clima sulle portate (Shukla e Wood, 2008). Pertanto, lo SRI è complementare allo SPI per grandi bacini e durate brevi.

→ **Serie stazionarie (assenza di trend, salti, ecc.)**

Classificazione della severità	Probabilità dell'evento [%]	Probabilità cumulata	Valore dello SRI
Estremamente umido	5%	0 – 5	$SRI \geq 1.65$
Molto umido	10%	5 – 10	$1.65 > SRI \geq 1.28$
Moderatamente umido	20%	10 – 20	$1.28 > SRI \geq 0.84$
Vicino alla norma	50%	20 – 80	$0.84 > SRI > -0.84$
Siccità moderata	20%	80 – 90	$-0.84 \geq SRI > -1.28$
Siccità severa	10%	90 – 95	$-1.28 \geq SRI > -1.65$
Siccità estrema	5%	95 – 100	$SRI \leq -1.65$



SSPI – Standardized Snowpack Index

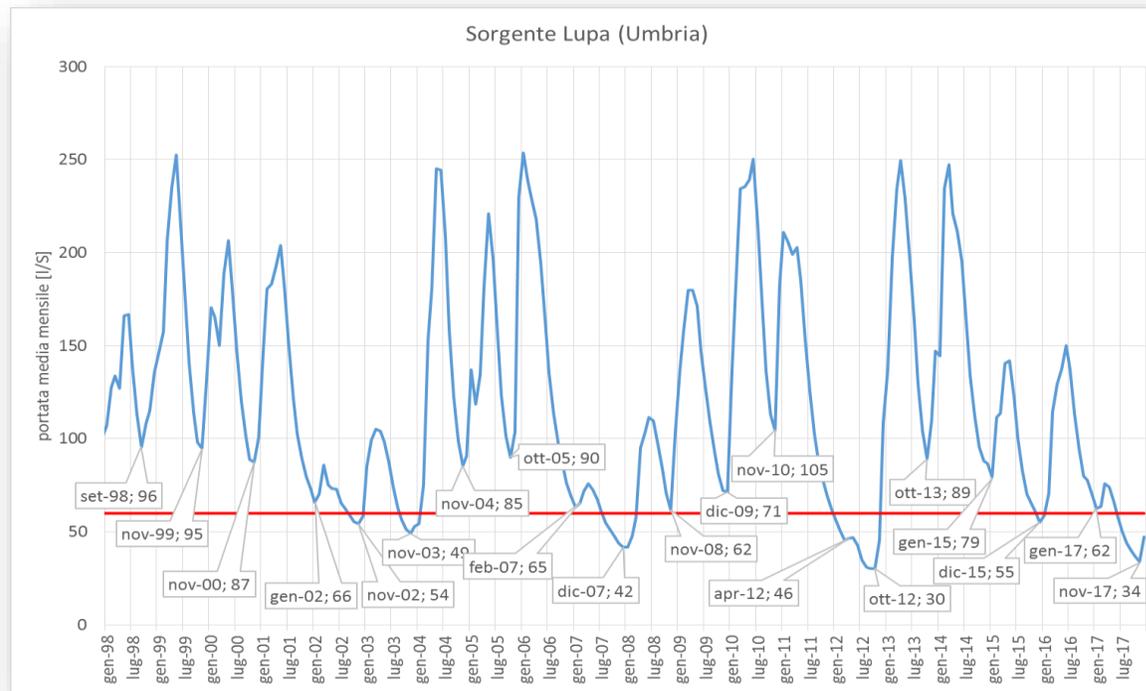
- ❑ Analogo allo SPI, ma in cui sono utilizzati valori dell'equivalente in acqua della neve (*SWE–snow water equivalent*; in kg m^{-2}) anziché quelli di pioggia.
- ❑ Lo SSPI può essere calcolato come l'anomalia (normalizzata) delle condizioni correnti di SWE valutata rispetto alla media climatologica su lungo periodo delle condizioni di SWE (*procedura FMI su stime del SWE basate sul prodotto ESA "GlobSnow"*).
- ❑ La stima di SWE dipende dalla scelta della funzione di densità del manto nevoso ρ_b che, in generale, è funzione dell'altezza della neve al suolo H_s , della stagione e del territorio considerato (*LG riportano esperienze nel Distretto delle Alpi Orientali*).

Classificazione della severità	Probabilità dell'evento [%]	Probabilità cumulata	Valore dello SSPI
Notevolmente superiore alla norma	2.3%	0.977 – 1	SSPI \geq 2.00
Molto superiore alla norma	4.4%	0.933 – 0.977	1.50 \leq SSPI < 2.00
Superiore alla norma	9.2%	0.841 – 0.933	1.00 \leq SSPI < 1.50
Vicino alla norma	68.2%	0.159 – 0.841	-1.00 < SSPI < 1.00
Inferiore alla norma	9.2%	0.067 – 0.159	-1.50 < SSPI \leq -1.00
Molto inferiore alla norma	4.4%	0.023 – 0.067	-2.00 < SSPI \leq -1.50
Notevolmente inferiore alla norma	2.3%	0 – 0.023	SSPI \leq -2.00



SAI – Spring Anomaly Index

- ❑ Indicatore fisico rappresentativo dello stato della risorsa → PORTATE MINIME ANNUALI.
- ❑ Il SAI classifica il livello di severità idrica puntuale in funzione della capacità prevedibile di soddisfacimento della domanda

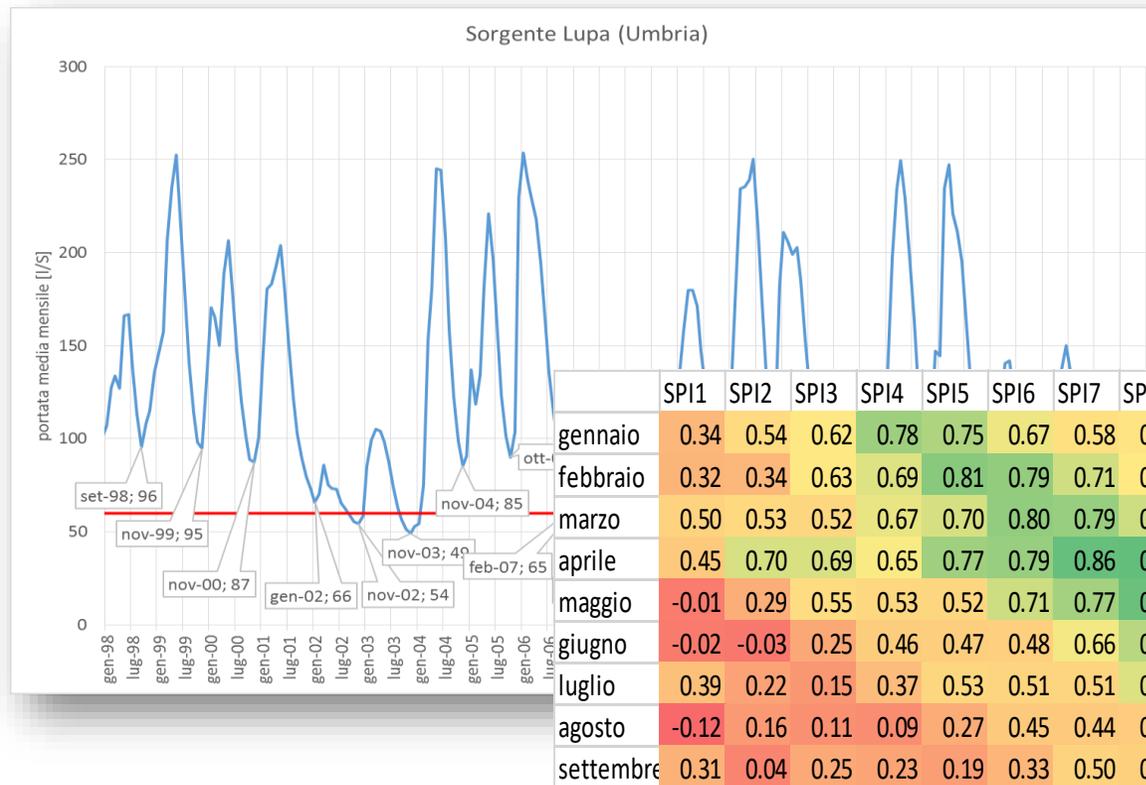


Quale scala di aggregazione delle precipitazioni e di quale mese “spiega” meglio la variabilità inter-annuale osservata della portata minima della sorgente in esame?



SAI – Spring Anomaly Index

- Indicatore fisico rappresentativo dello stato della risorsa → PORTATE MINIME ANNUALI.
- Il SAI classifica il livello di severità idrica puntuale in funzione della capacità prevedibile di soddisfacimento della domanda



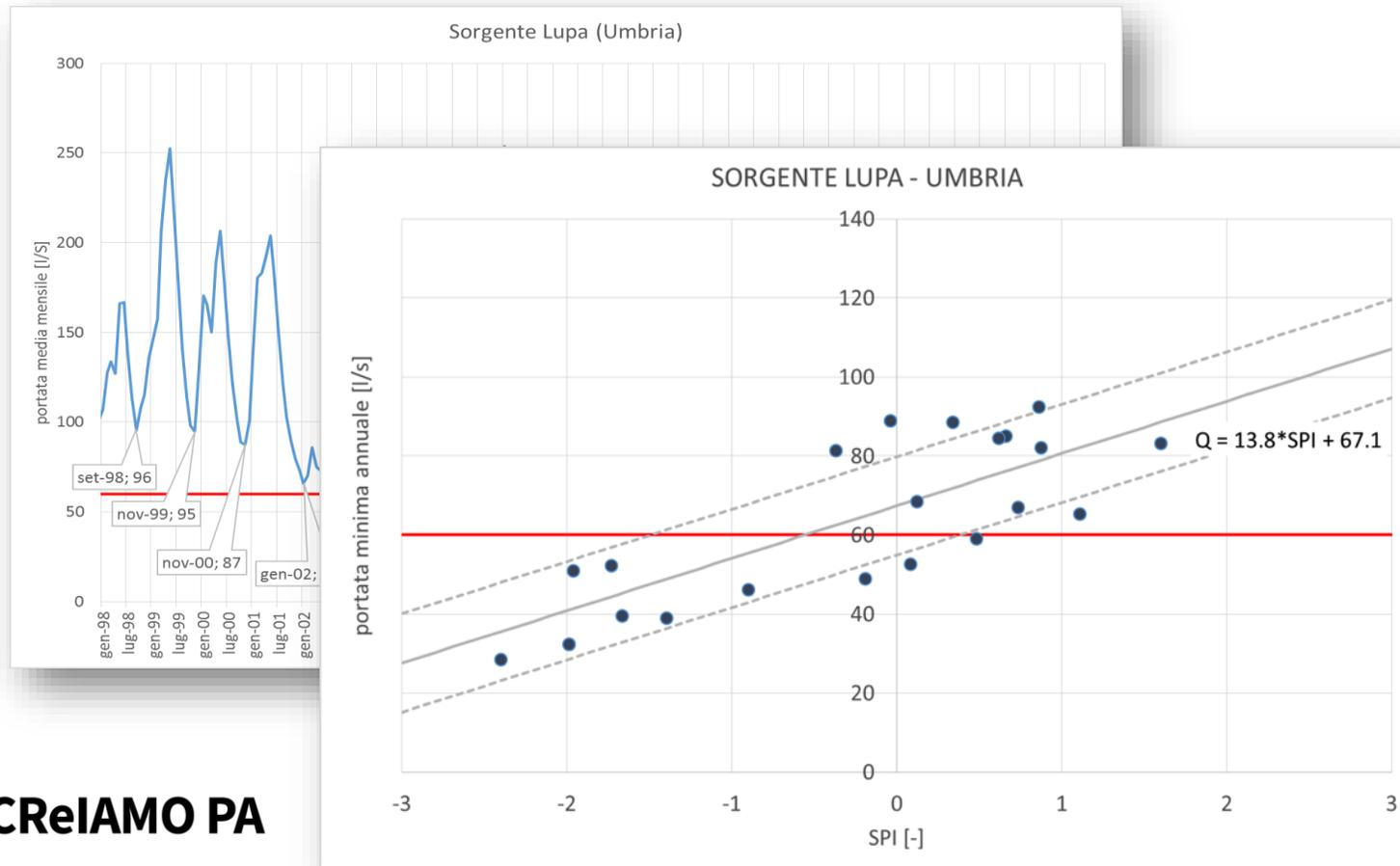
→ Ricerca della massima correlazione tra SPI_n e portate minime annuali

	SPI1	SPI2	SPI3	SPI4	SPI5	SPI6	SPI7	SPI8	SPI9	SPI10	SPI11	SPI12	SPI13	SPI14	SPI15	SPI16	SPI17	SPI18	SPI19	SPI20	SPI21	SPI22	SPI23	SPI24
gennaio	0.34	0.54	0.62	0.78	0.75	0.67	0.58	0.60	0.60	0.61	0.61	0.57	0.55	0.60	0.49	0.48	0.45	0.47	0.49	0.52	0.50	0.46	0.42	0.39
febbraio	0.32	0.34	0.63	0.69	0.81	0.79	0.71	0.63	0.65	0.65	0.66	0.66	0.61	0.59	0.63	0.52	0.51	0.49	0.50	0.52	0.54	0.52	0.49	0.45
marzo	0.50	0.53	0.52	0.67	0.70	0.80	0.79	0.71	0.65	0.67	0.66	0.68	0.68	0.64	0.61	0.66	0.57	0.56	0.54	0.56	0.57	0.59	0.57	0.54
aprile	0.45	0.70	0.69	0.65	0.77	0.79	0.86	0.86	0.80	0.74	0.74	0.73	0.74	0.75	0.71	0.68	0.73	0.64	0.62	0.60	0.61	0.62	0.64	0.61
maggio	-0.01	0.29	0.55	0.53	0.52	0.71	0.77	0.85	0.86	0.80	0.75	0.75	0.75	0.76	0.77	0.73	0.70	0.74	0.65	0.63	0.61	0.62	0.63	0.65
giugno	-0.02	-0.03	0.25	0.46	0.47	0.48	0.66	0.74	0.82	0.83	0.78	0.72	0.73	0.72	0.74	0.75	0.70	0.67	0.72	0.64	0.63	0.61	0.62	0.62
luglio	0.39	0.22	0.15	0.37	0.53	0.51	0.51	0.69	0.75	0.82	0.83	0.78	0.74	0.74	0.73	0.75	0.75	0.71	0.67	0.72	0.64	0.63	0.61	0.62
agosto	-0.12	0.16	0.11	0.09	0.27	0.45	0.44	0.46	0.65	0.72	0.81	0.80	0.76	0.72	0.73	0.72	0.73	0.73	0.69	0.65	0.70	0.61	0.60	0.59
settembre	0.31	0.04	0.25	0.23	0.19	0.33	0.50	0.48	0.50	0.68	0.74	0.81	0.81	0.77	0.74	0.75	0.74	0.75	0.75	0.71	0.68	0.72	0.63	0.62



SAI – Spring Anomaly Index

- Indicatore fisico rappresentativo dello stato della risorsa → PORTATE MINIME ANNUALI.
- Il SAI classifica il livello di severità idrica puntuale in funzione della capacità prevedibile di soddisfacimento della domanda



$SAI = D/Q_{forecast}^{min}$	Classificazione di severità
$SAI \leq 1$	assenza condizioni severità puntuale
$1 < SAI \leq 1.25$	Bassa
$1.25 < SAI \leq 1.66$	Media
$SAI > 1.66$	Elevata



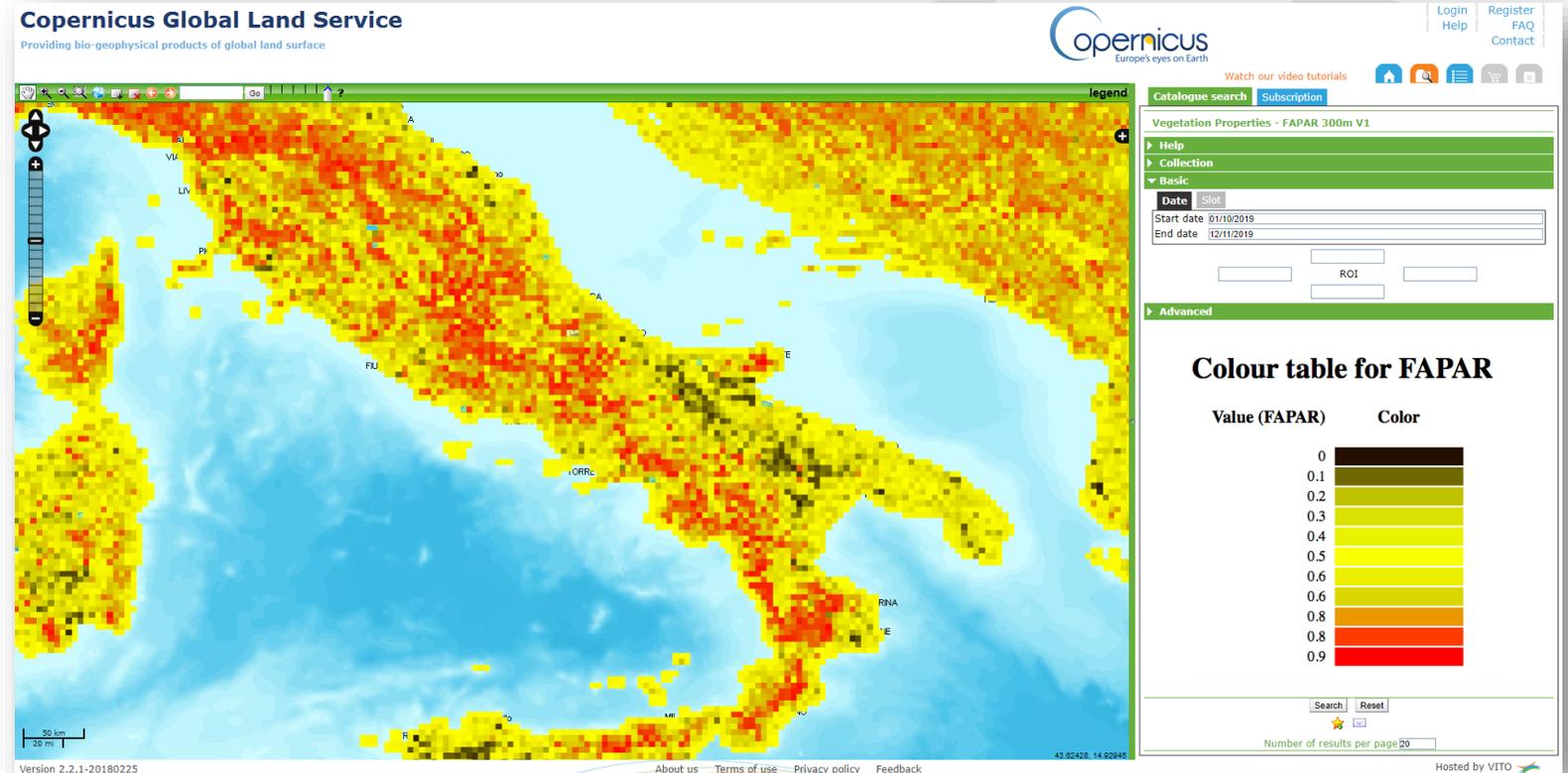
fAPAR e anomalia di fAPAR

- ❑ Stima della frazione della radiazione solare assorbita dalle piante, per valutare lo stress della vegetazione a eventi di siccità (Gobron et al., 2005, 2007).
- ❑ La variazione della salute e della copertura della vegetazione non è necessariamente imputabile alla siccità, pertanto il fAPAR e il fAPAR_{anomaly} devono essere valutati congiuntamente con altri indicatori di siccità.

→ Prodotti dell'EU Copernicus Global Land Service (su griglia a 1 km dal 1999 e su griglia a 300 m dal 2014).

$$fAPAR_{anomaly}$$
$$A_t = \frac{X_t - \bar{X}}{\delta}, \text{ con } A_t \in [-4, 4]$$

X_t il valore decennale di fAPAR al tempo t
 \bar{X} la media su lungo periodo
 δ la deviazione standard rispetto alla decade t



WEI+ – Water Exploitation Index Plus

- ❑ Indicatore del livello di pressione o di stress idrico che le attività umane esercitano sulla risorsa idrica naturale in un determinato territorio (e.g., bacino) e in un determinato intervallo temporale Δt (**intervalli temporali sub-annuali**).
- ❑ Il WEI+ è definito come il rapporto tra il consumo effettivo delle risorsa idrica (**tiene pertanto conto di quegli usi che prevedono la restituzione**) e la risorsa idrica rinnovabile.
- ❑ Indicatore derivato dall'indice WEI (Faergemann, 2012), che prevede invece il rapporto tra il prelievo idrico totale annuo e la media di lungo periodo (LTAA–long term annual average) della risorsa idrica rinnovabile disponibile annua.

$$\text{WEI+} = \frac{\text{Consumo della risorsa idrica}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile}} = \frac{\text{Prelievo} - \text{Restituzione}}{\text{Risorsa idrica rinnovabile}} \times 100 \text{ [\%]}$$



GdL WEI+: Elementi/informazioni da definire

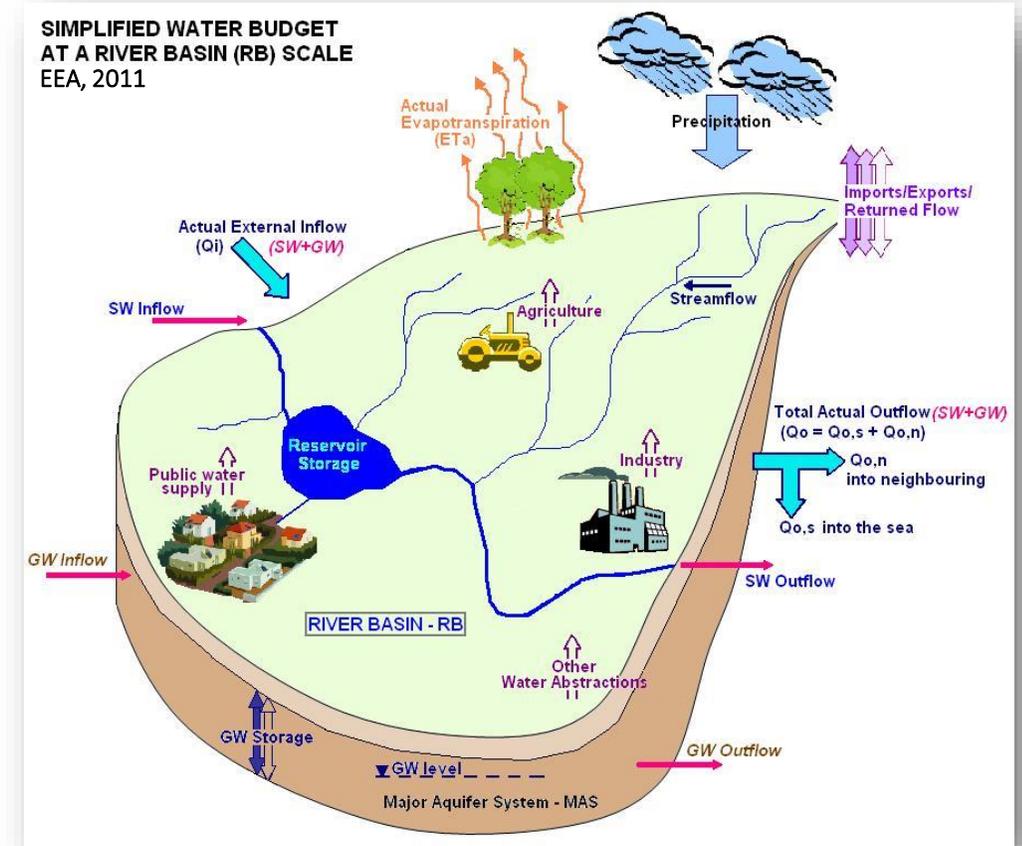
$$WEI_+ = \frac{(Abstraction - Return)_{\Delta t}}{RWR_{\Delta t}} \times 100 \text{ [%]}$$

Rapporto tra il consumo della risorsa idrica e risorsa idrica rinnovabile

$$RWR_{\Delta t} = P_{\Delta t} - Eta_{\Delta t} + ExIn_{\Delta t} - \Delta S_{\Delta t}$$

- ❑ Valutazione nell'ambito degli Osservatori vs. *reporting EU WFD*
- ❑ Scala spaziale: distretto, sotto-bacini, etc.
- ❑ Scala temporale (mensile, stagionale, annuale, media quinquennale, etc.) e aggiornamento
- ❑ Modalità di valutazione dei singoli termini del WEI+
- ❑ Disponibilità del dato (per valutazioni Osservatori vs. per *reporting*)
- ❑ Stima dei dati (e.g., prelievi, restituzioni e variazioni dell'immagazzinamento a scala mensile o pluri-mensile)
- ❑ *E-flow* e altri vincoli nazionali/trans-nazionali

→ Definire opportune soglie WEI+



Grazie per l'attenzione

Per info:

Dr. Stefano Mariani, ISPRA

stefano.mariani@isprambiente.it

http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/idro.html



CReIAMO PA

