



**OSSERVATORIO PERMANENTE
SUGLI UTILIZZI DELLE RISORSE
IDRICHE**

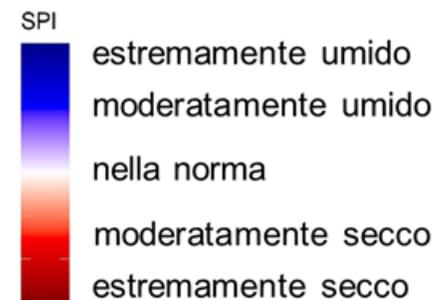
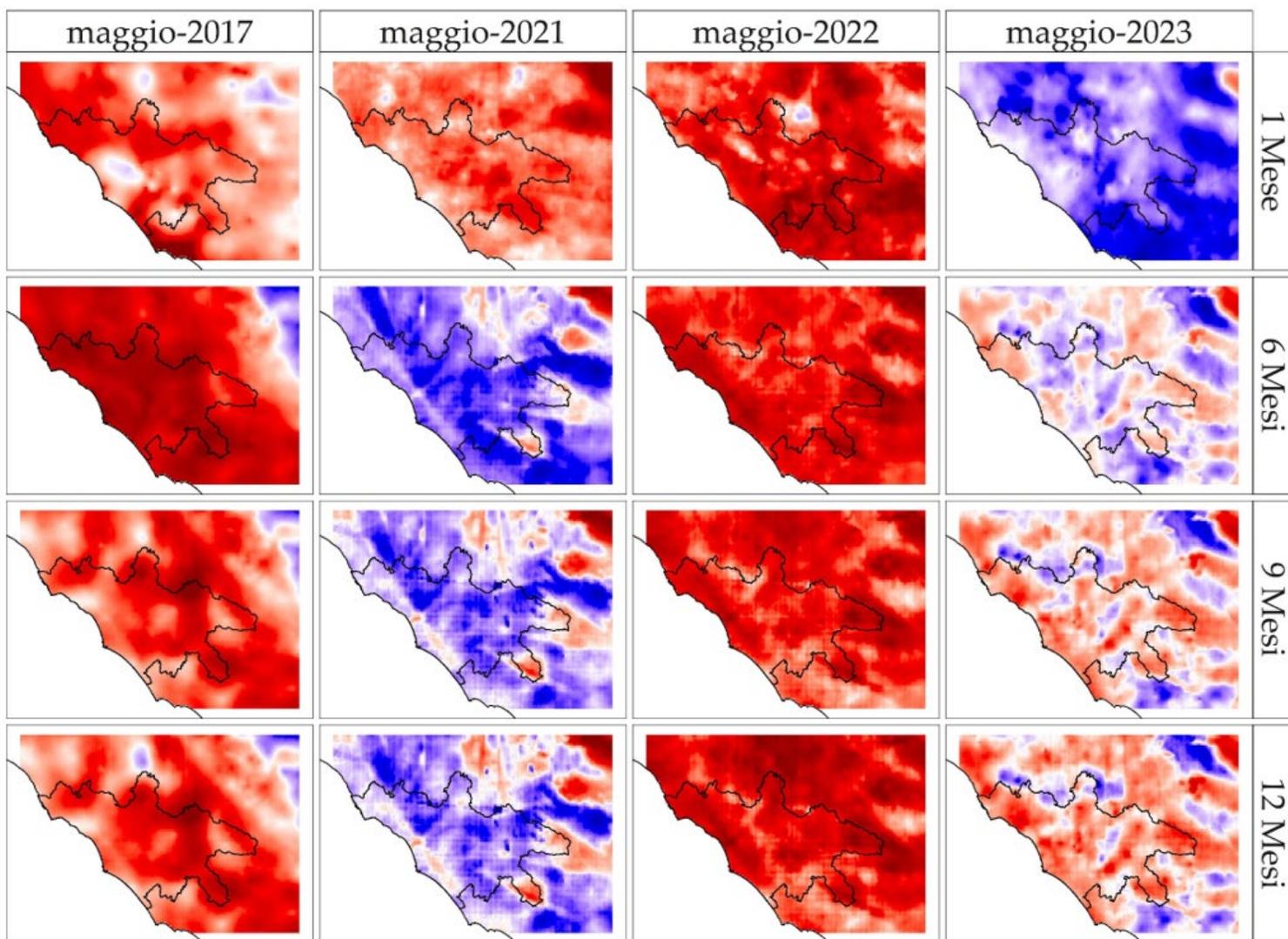
**Aggiornamento disponibilità idrica
Maggio 2023**

ACEA ATO2 S.p.A.



Aggiornamento disponibilità idrica – Maggio 2023

Valutazione quantitativa delle variabili meteoroclimatiche sull'intero territorio di Acea ATO2



Per il mese di maggio 2023 i valori calcolati di SPI 1 mostrano condizioni pluviometriche **moderatamente umide** per l'intero territorio in gestione di Acea Ato2. Facendo riferimento alle condizioni di medio e di lungo termine (tra i 6 e i 24 mesi) permangono condizioni di *deficit* pluviometrico per le aree di ricarica sia degli acquiferi principali sia di quelli minori in gestione di Acea ATO2.

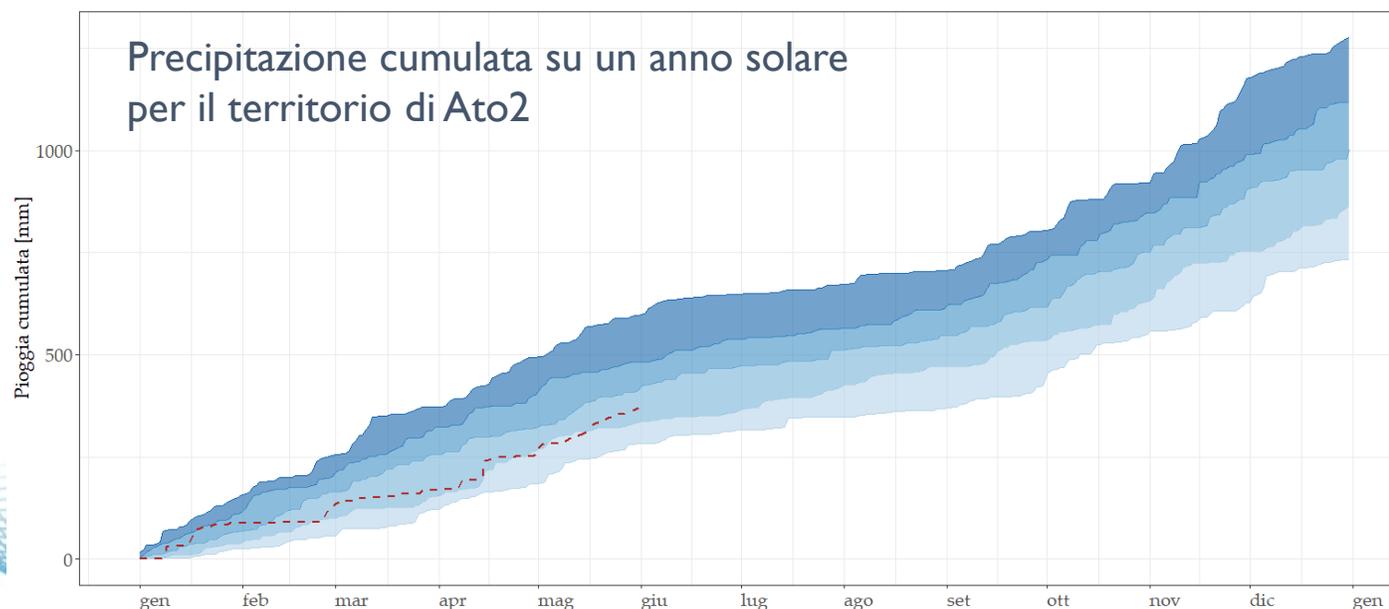
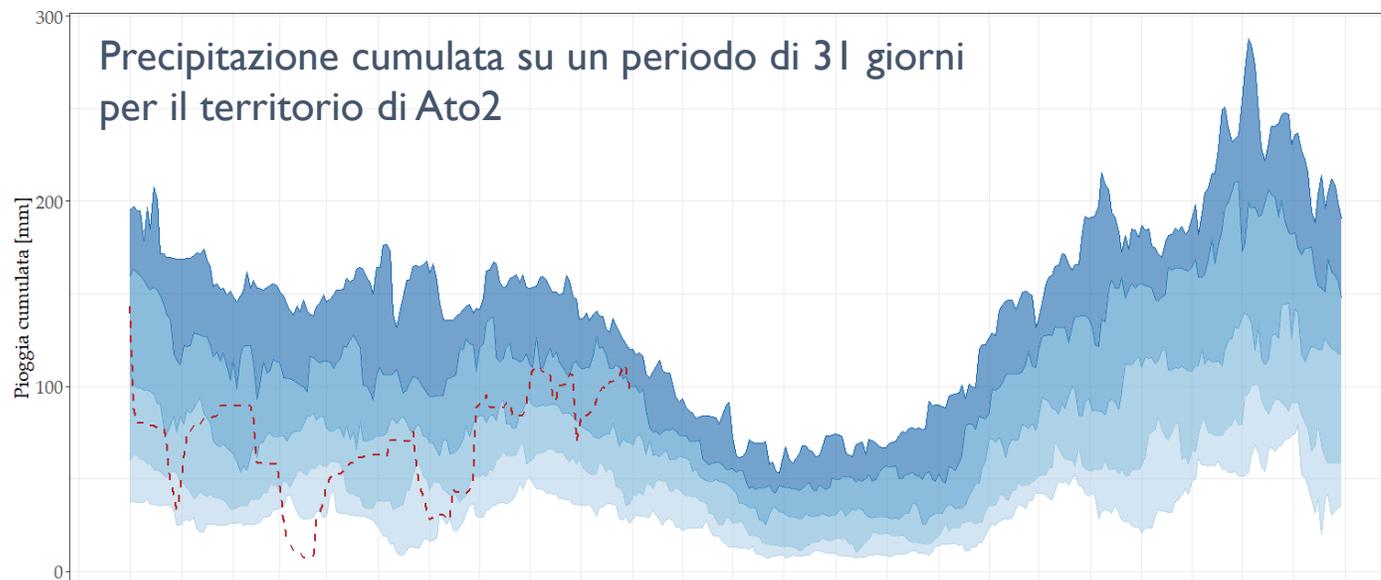
Il perdurare di queste condizioni non solo determina un ridotto apporto in falda disponibile per la ricarica degli acquiferi minori, ma riduce anche la resilienza degli acquiferi più stabili.

Analisi delle variabili meteoclimatiche- Maggio 2023

Per l'areale in gestione di Acea Ato2, così come per le principali sorgenti gestite, il valore di precipitazione cumulata media mensile registrato nel passato mese di maggio risulta essere prossimo al 75° percentile del periodo di riferimento.

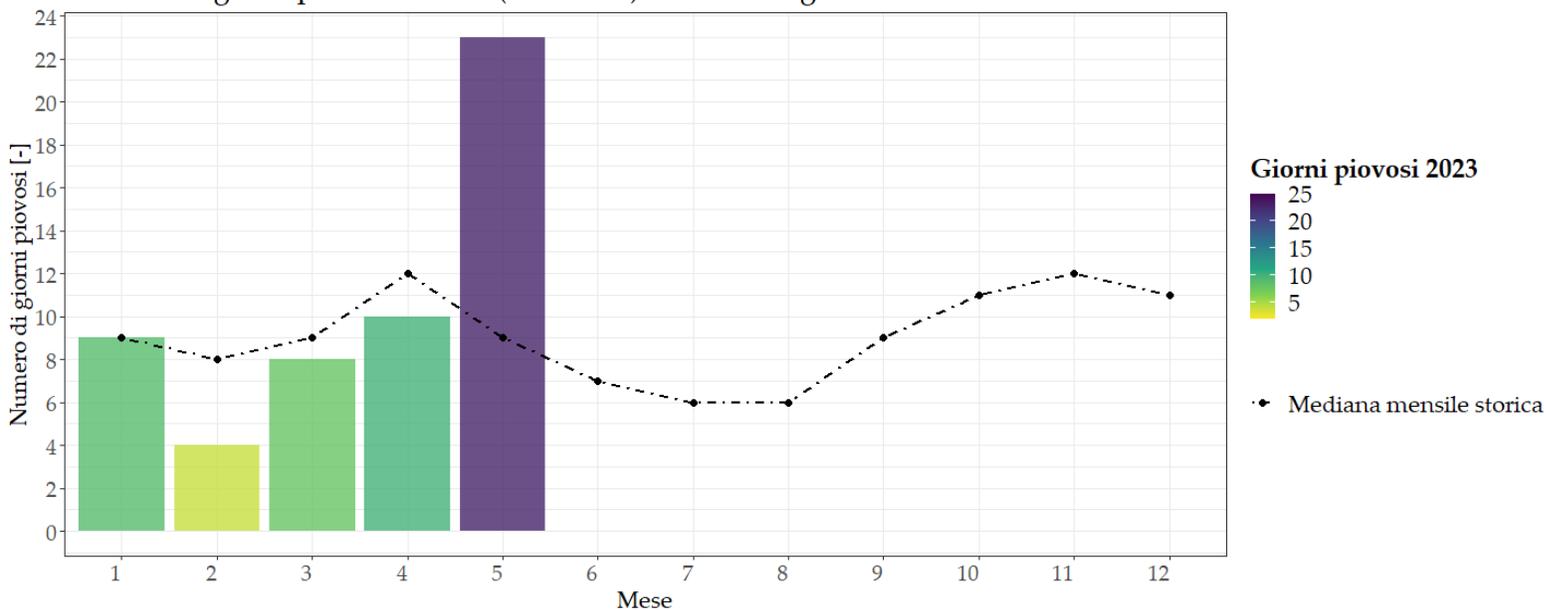
Tuttavia considerando le precipitazioni cumulate nell'anno solare, attualmente il valore di pioggia cumulata nel 2023 risulta essere inferiore al 50° percentile della serie storica di riferimento.

Anni - - 2023 Legenda 10°-25° Percentile 25°-50° Percentile 50°-75° Percentile 75°-90° Percentile

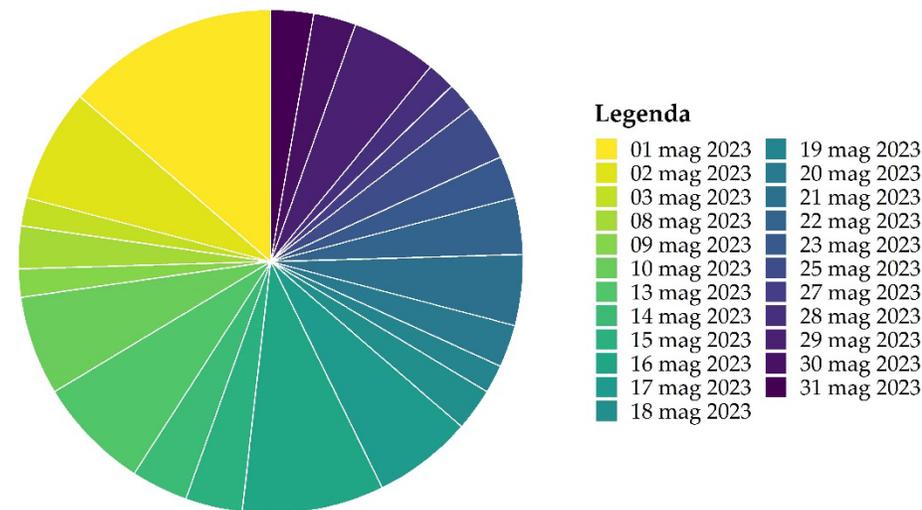


Analisi delle variabili meteoclimatiche- Maggio 2023

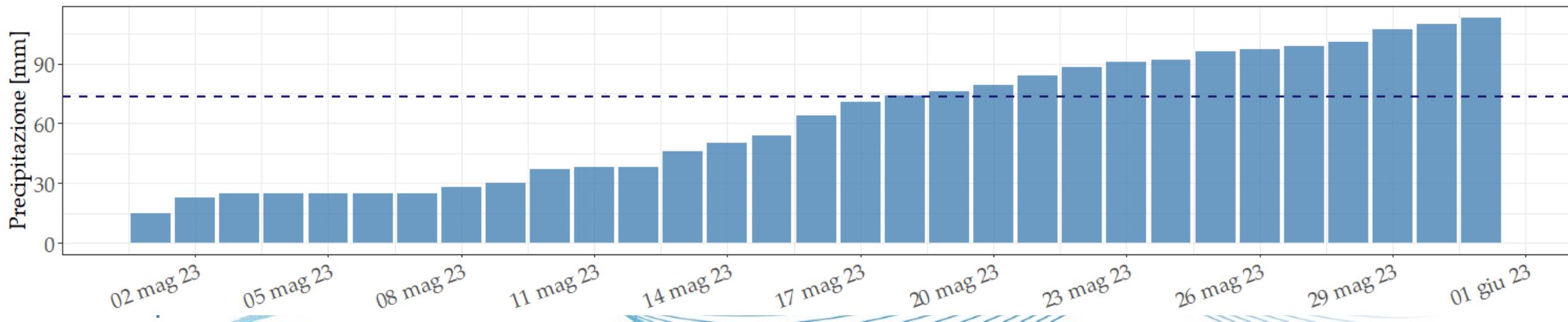
Numero di giorni piovosi mensili (P > 2 mm) - ATO2 Mag2023



Distribuzione percentuale del cumulato mensile di precipitazione - ATO2 Mag2023



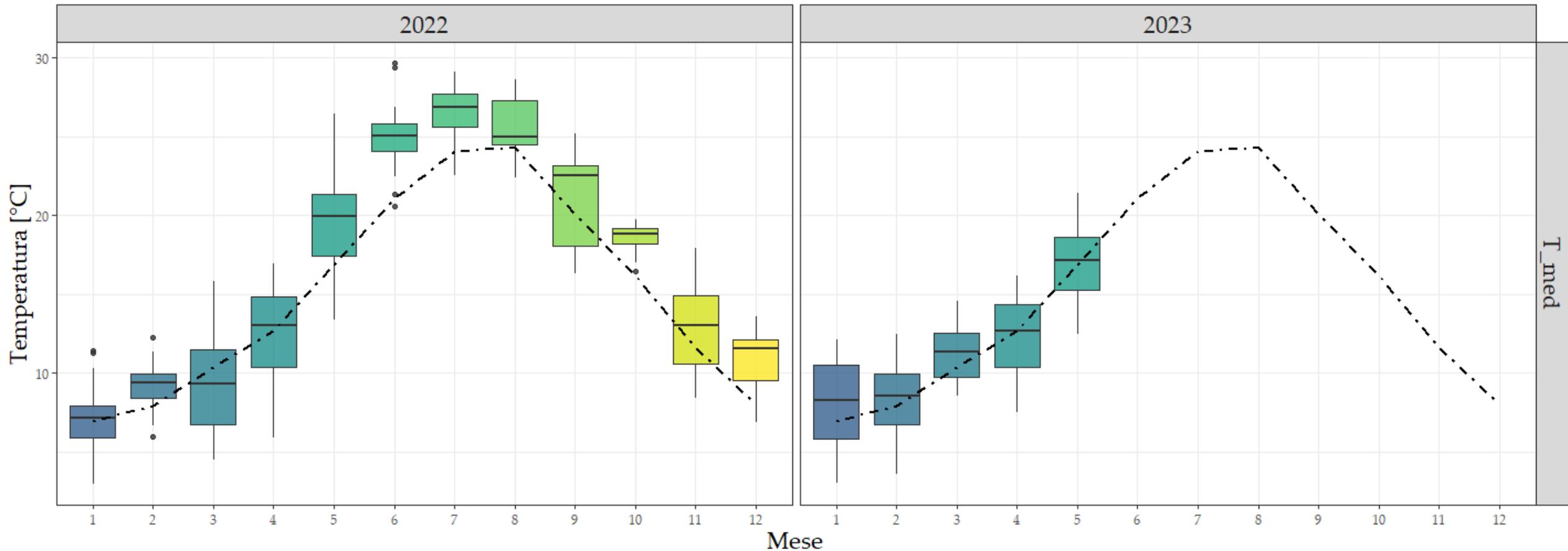
Legenda ■ Precipitazione cumulata giornaliera - - Precipitazione media mensile



Analisi delle variabili meteoroclimatiche – Maggio 2023

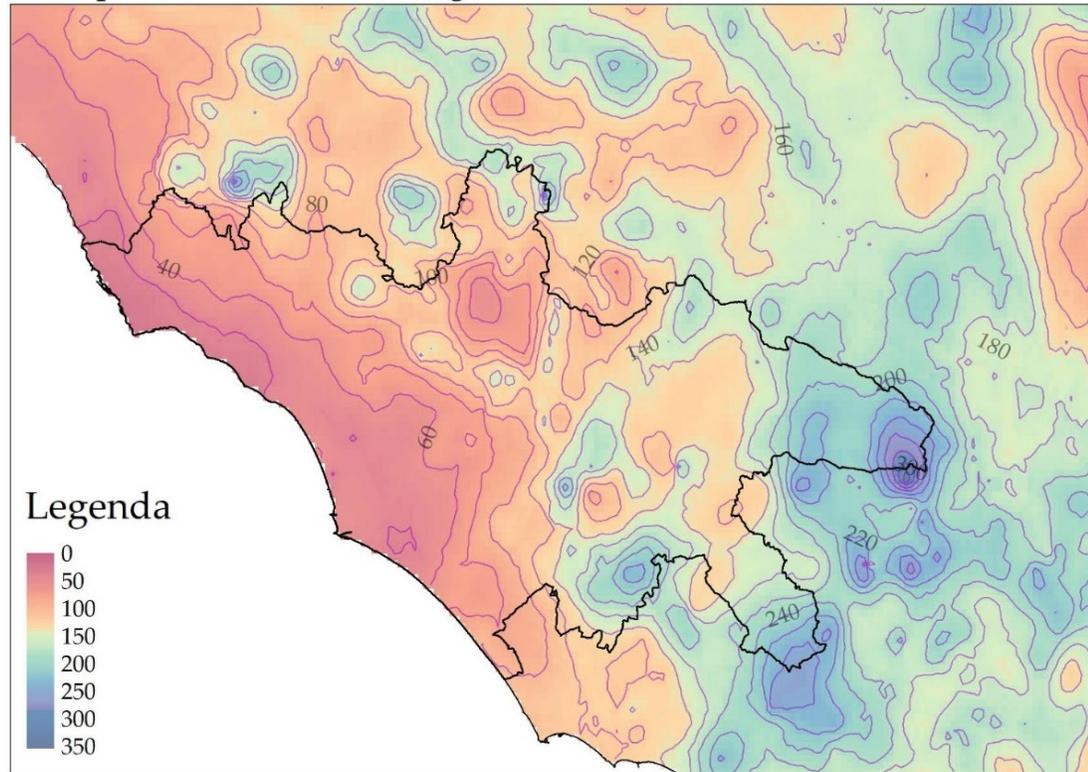
Temperature giornaliere [°C] - ATO2

Mese 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 - - Mediana mensile storica

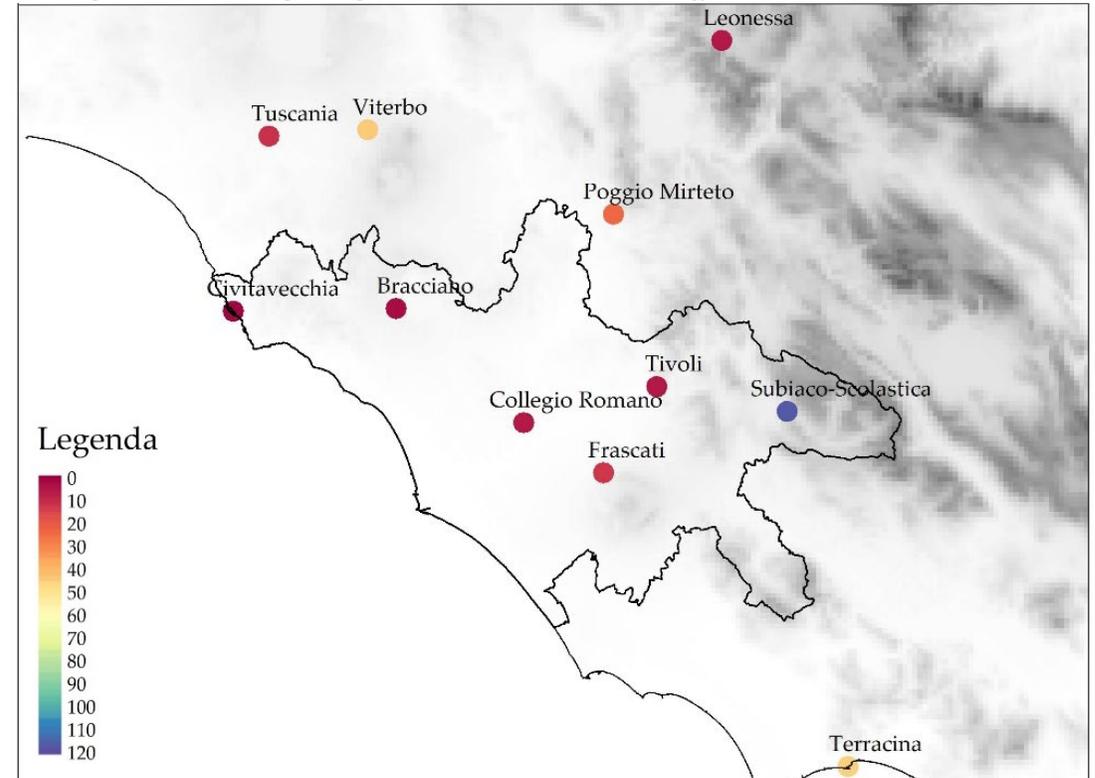


Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Precipitazione cumulata Mag2023 [mm]



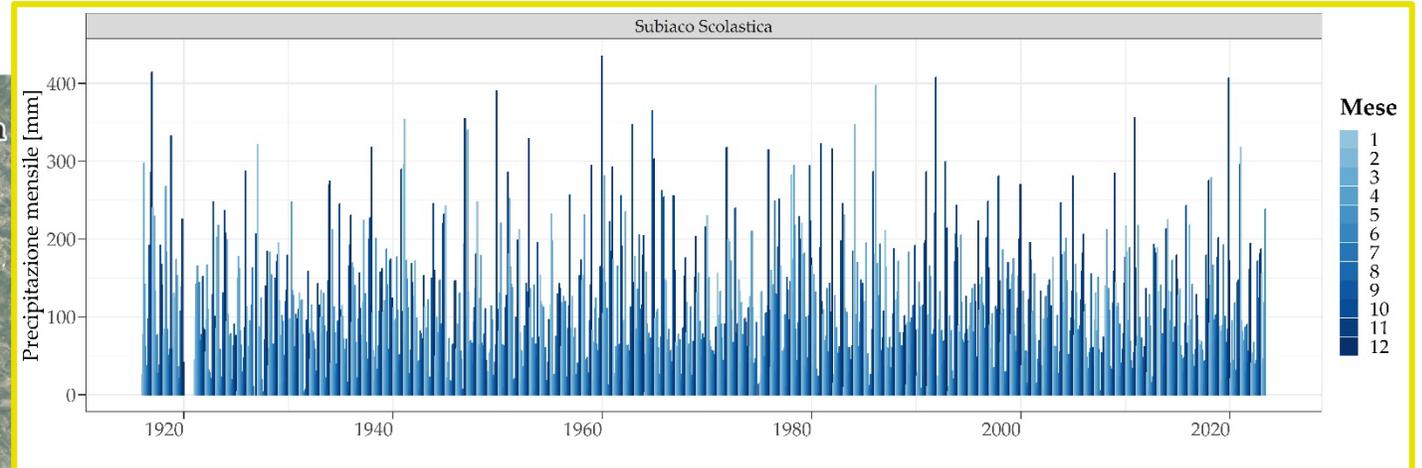
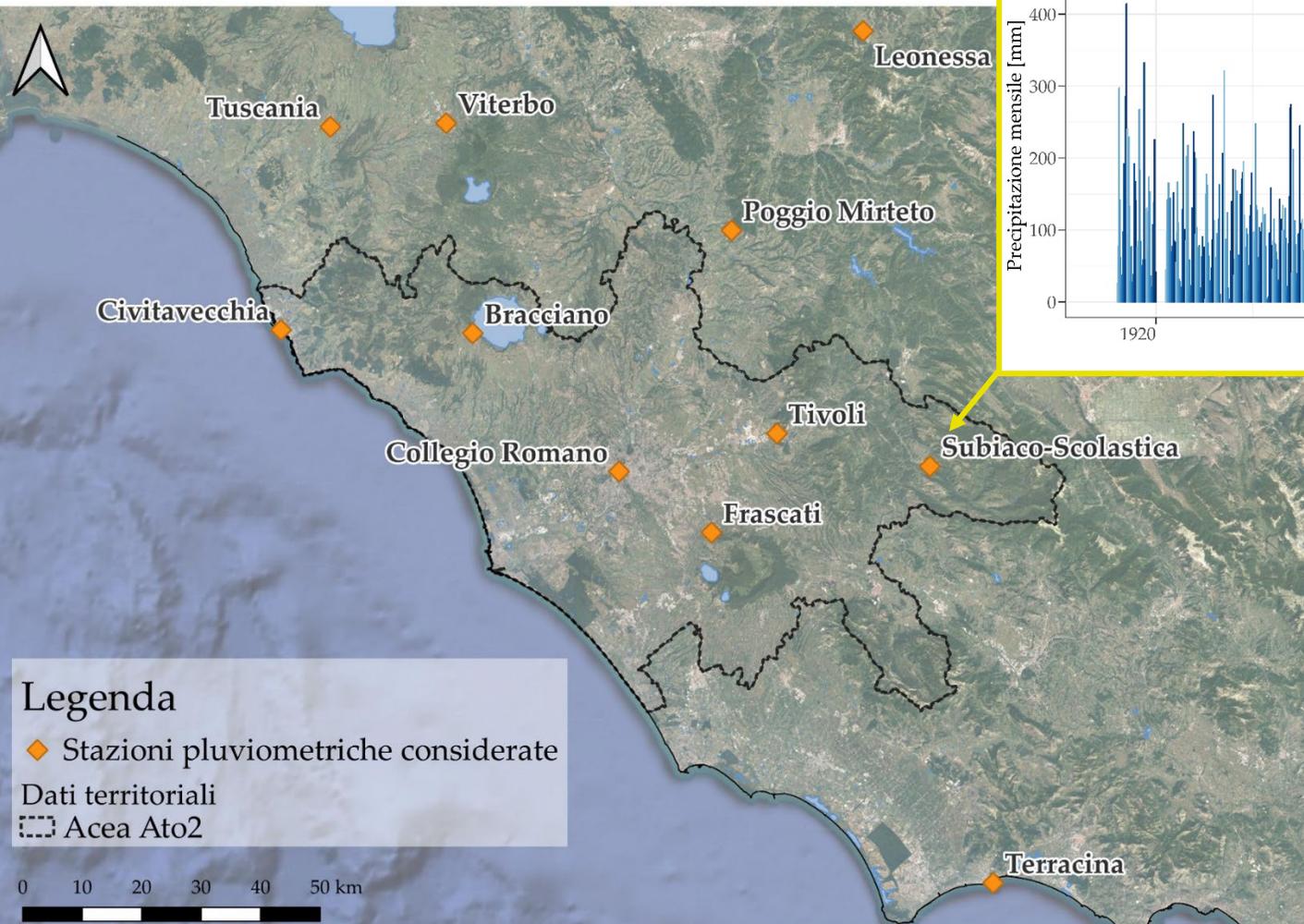
Tempo di ritorno precipitazione cumulata Mag2023 [anni]



Le precipitazioni di maggio 2023 hanno presentato una distribuzione spaziale molto eterogenea. Al fine di valutarne la magnitudo in termini ingegneristici, è stato calcolato il tempo di ritorno delle precipitazioni mensili di alcune delle stazioni pluviometriche situate nell'intorno dell'areale in gestione, le cui serie storiche fossero dotate di sufficiente robustezza.

Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Stazioni pluviometriche di riferimento

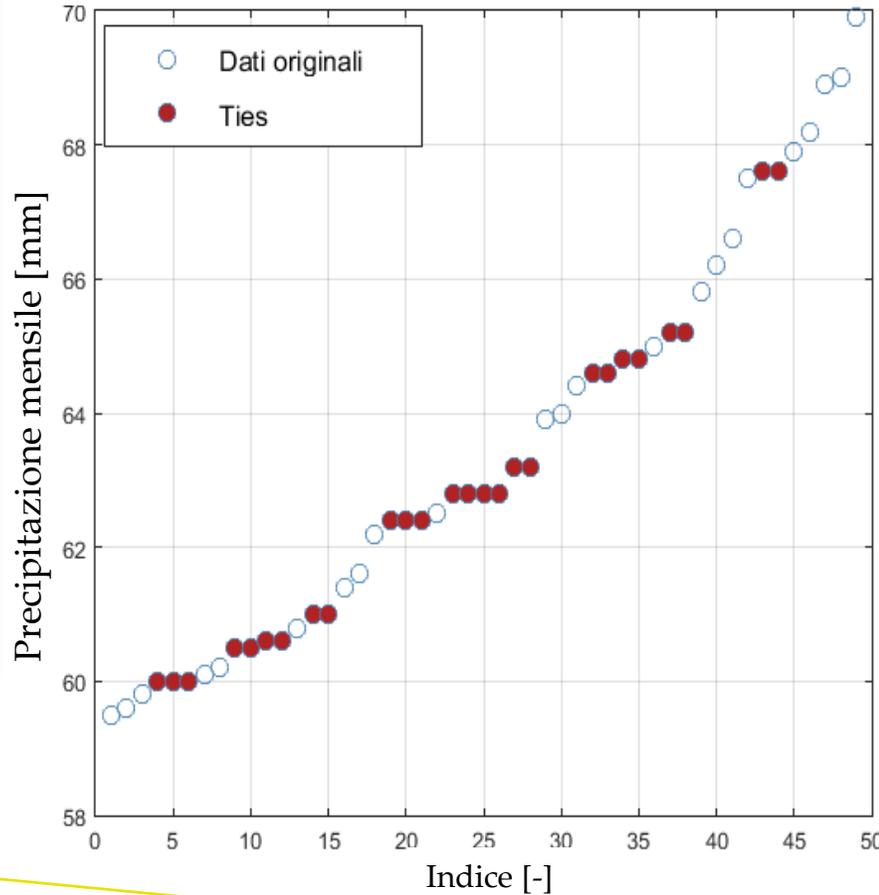


Il parametro di interesse principale dello studio effettuato è il tempo di ritorno (*i.e.* probabilità di non superamento). Questo, in termini ingegneristici, fornisce una valutazione della magnitudo di un evento di pioggia. Per la sua determinazione è necessario utilizzare la distribuzione di probabilità teorica più adatta alla descrizione del campione di dati analizzato. Oggetto dello studio sono le serie mensili di precipitazione di stazioni pluviometriche con almeno 90 anni di registrazioni.

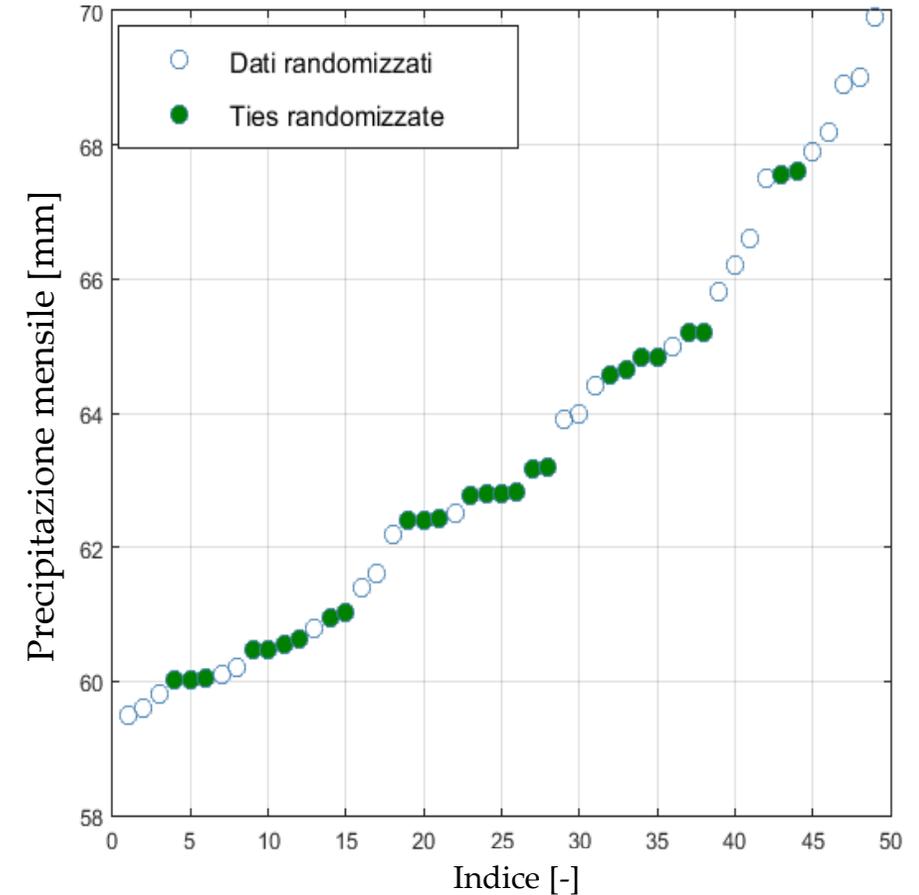
Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Trattamento delle ties

Distribuzione originaria



Distribuzione randomizzata



Con il termine *ties* in letteratura si identificano le osservazioni di un campione che riportano il medesimo valore.

Al fine di assegnare un univoco valore di frequenza empirica per ogni osservazione, è necessario introdurre per tali valori un'impercettibile (dal punto di vista fisico) perturbazione del valore osservato.

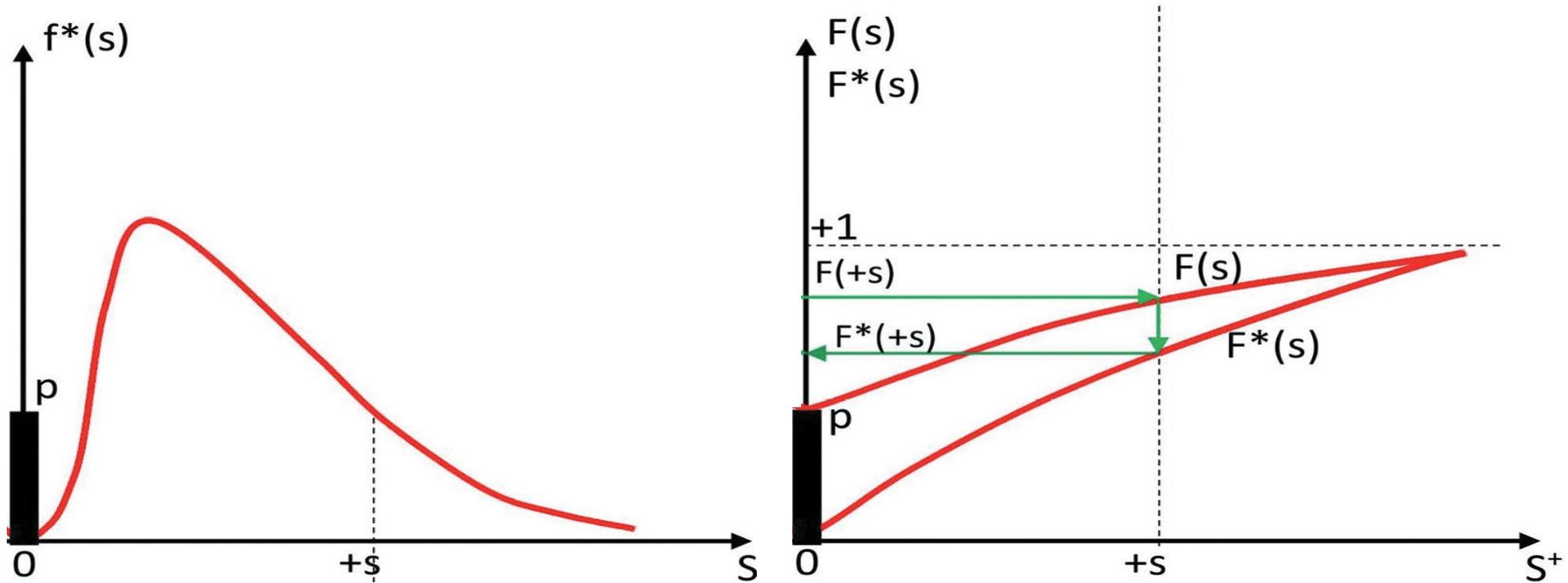
$$\tilde{P}_i = P_i + \varphi \Delta P_i$$

Variable
randomica, (0;1)

Risoluzione dello
strumento di misura

Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Applicazione del teorema delle probabilità composte



Poiché alcuni anni potrebbero aver portato ad un valore di precipitazione cumulata mensile nulla, ai fini della corretta definizione della probabilità di non superamento di un evento (e di conseguenza del tempo di ritorno ad esso associato) è necessario considerare separatamente la parte discreta della distribuzione (ovvero la probabilità p che possa accadere un evento nullo) da quella continua (sulla quale applicare l'adattamento delle distribuzioni di probabilità $F^*(s)$). Successivamente, tramite l'applicazione del teorema delle probabilità composte, è possibile ricavare la distribuzione composta $F(s)$.

Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Definizione della metrica di adattamento delle distribuzioni di probabilità

$$RMSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{F_N(x_i) - F(x_i)}{1 - F_N(x_i)} \right)^2$$

Numero di anni di registrazione

Funzione cumulata di distribuzione di probabilità empirica di non superamento

$$F_N(x_i) = \frac{r(x_i)}{n + 1}$$

Funzione cumulata di distribuzione di probabilità teorica di non superamento (CDF)

La parte continua della distribuzione viene sottoposta ad un procedimento statistico per l'individuazione della distribuzione di probabilità con migliore adattamento. Si utilizza il metodo della minimizzazione della norma RMSE, il quale permette contemporaneamente sia di stimare i parametri delle distribuzioni considerate sia di compararne l'adattamento ai dati empirici.

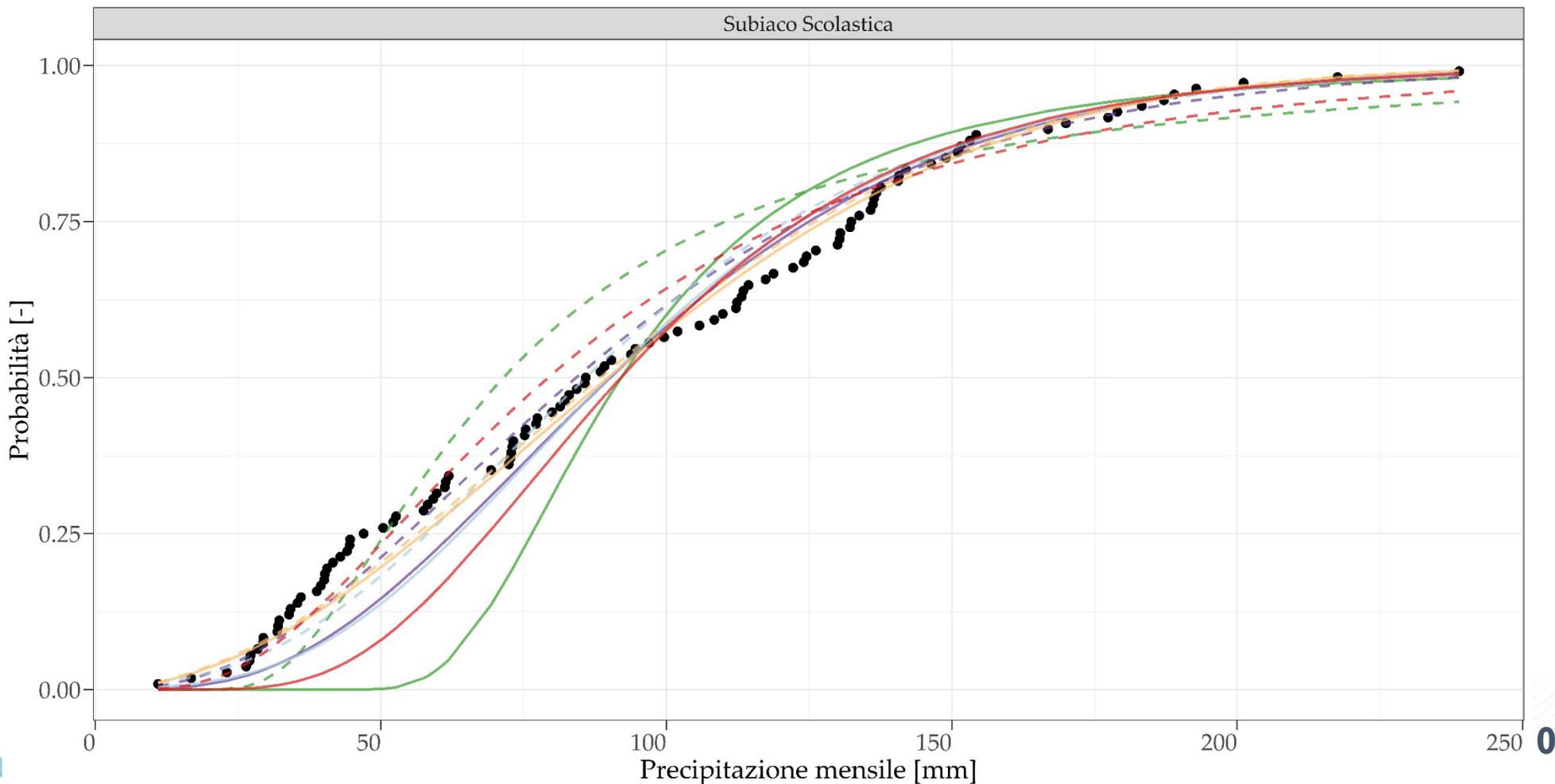
*B.Moccia et al., Probability distributions of daily rainfall extremes in Lazio and Sicily, Italy, and design rainfall inferences, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 33, 2021, 100771, ISSN 2214-5818, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100771>.

Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Adattamento delle distribuzioni prima e dopo l'ottimizzazione dei parametri

Adattamento distribuzioni di probabilità per le precipitazioni cumulate del mese di maggio

- Distribuzione**
- Frechet massima verosimiglianza
 - Frechet ottimizzata
 - Gamma massima verosimiglianza
 - Gamma ottimizzata
 - Gumbel massima verosimiglianza
 - Gumbel ottimizzata
 - Lognormale massima verosimiglianza
 - Lognormale ottimizzata
 - Weibull massima verosimiglianza
 - Weibull ottimizzata



$F(x, \gamma, \beta)$

Pesantezza della coda

Weibull
($\gamma > 1$)

Gamma

Gumbel

Weibull
($\gamma < 1$)

Lognormale

Fréchet

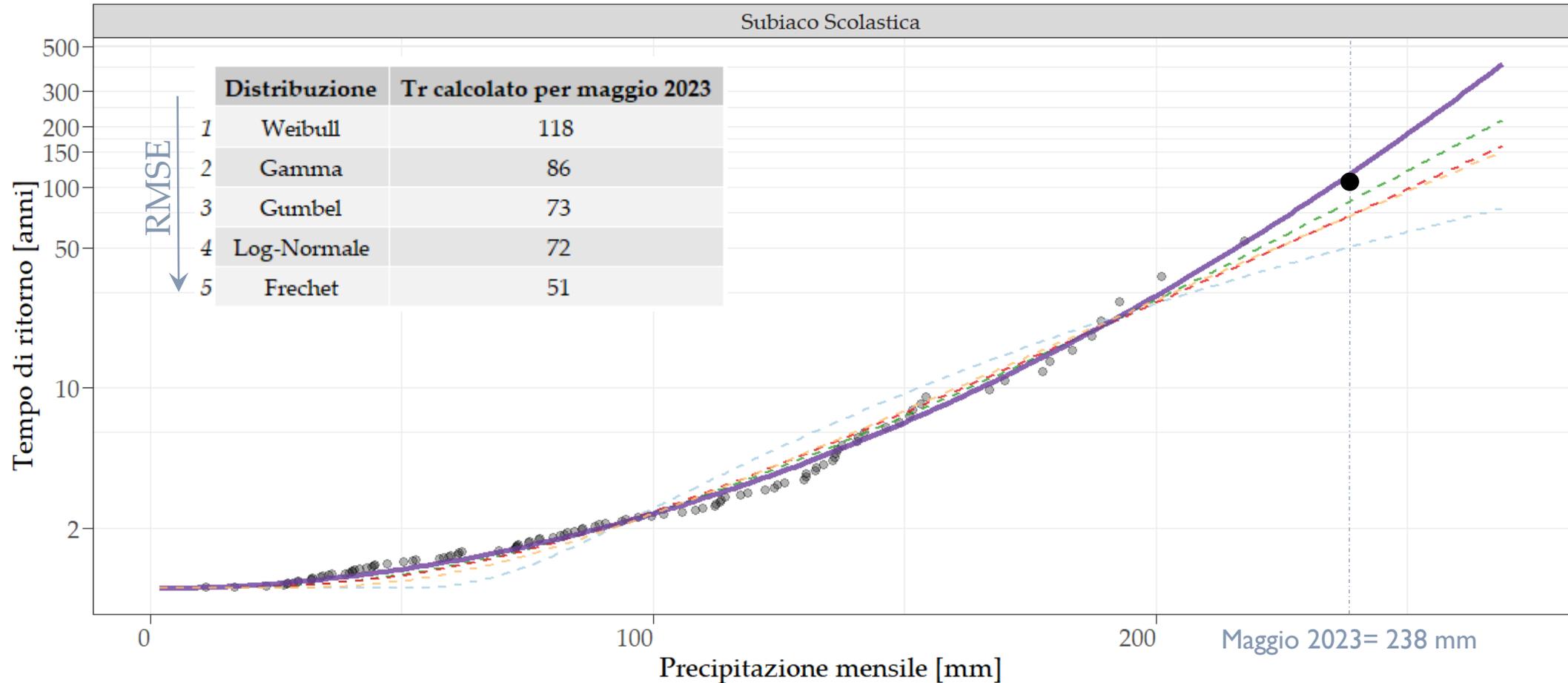
Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Definizione del tempo di ritorno

Tempo di ritorno per le precipitazioni del mese di maggio

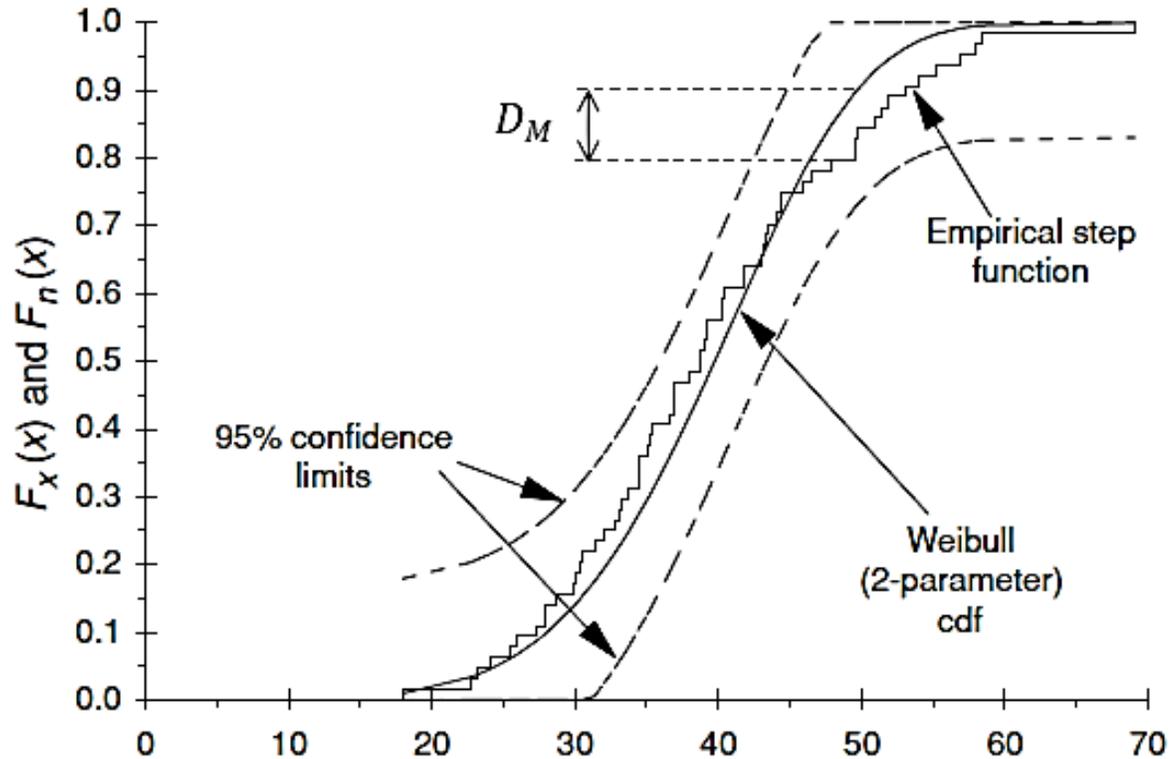
Lunghezza della serie storica di 107 anni

Legenda ● 2023 — Frechet — Gamma — Gumbel — Lnorm — Weibull



Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Goodness of fit: Test di Kolmogorov-Smirnov



$$D_M = \max_i |F(x_i) - F_N(x_i)| < \Delta_M(\alpha)$$

con $i = 1, \dots, M$ e $M =$ lunghezza del campione

Al fine di verificare l'adeguatezza della scelta di una distribuzione per l'analisi delle frequenze di accadimento di un campione esistono numerosi test statistici, tra i quali il test di Kolmogorov-Smirnov. Questo test non parametrico si basa sulla determinazione della massima distanza D_M tra la funzione di ripartizione empirica $F_N(x)$ e quella teorica della distribuzione di riferimento $F(x)$. Qualora tale statistica risulti essere inferiore ad un valore critico di riferimento $\Delta_M(\alpha)$ per il livello di affidabilità α scelto, allora il test risulta verificato.

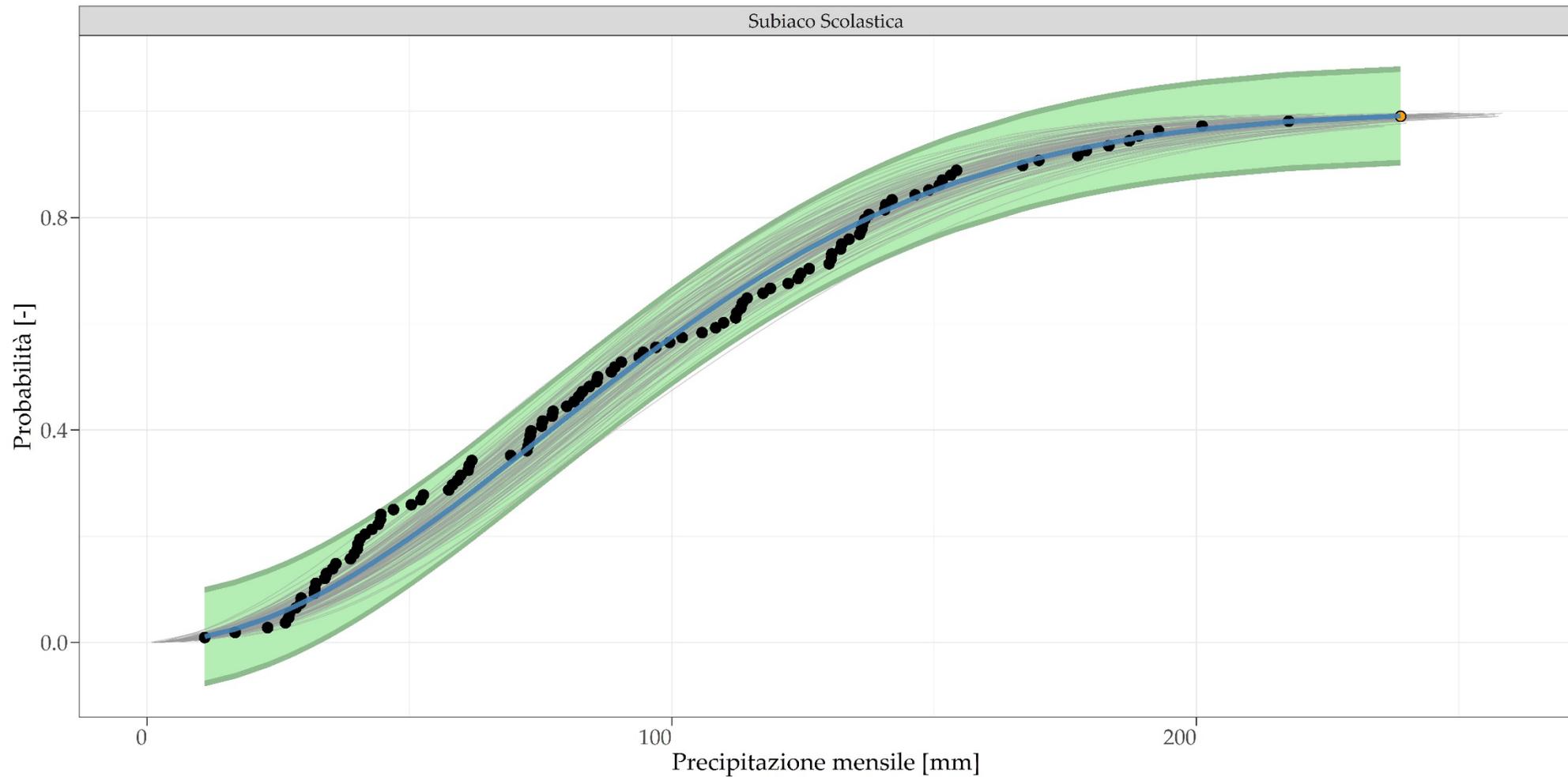
Nel caso in cui i parametri della distribuzione considerata vengano calcolati a partire dallo stesso campione testato è necessario determinare il valore di soglia tramite una simulazione di tipo Monte Carlo. Pertanto a partire dalla distribuzione considerata e dai relativi parametri, vengono simulati numerosi campioni sintetici che successivamente vengono adattati alla distribuzione tramite minimizzazione della norma RMSE. La soglia $\Delta_M(\alpha)$ viene identificata come α -quantile degli scarti tra distribuzione empirica e teorica dei campioni sintetici.

Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Es. Accettazione della distribuzione Weibull

Applicazione test Kolmogorov-Smirnov tramite simulazione Monte Carlo - mese di maggio

Livello di affidabilità 95% 99% **Legenda** 2023 Campioni sintetici Frequenza empirica Weibull

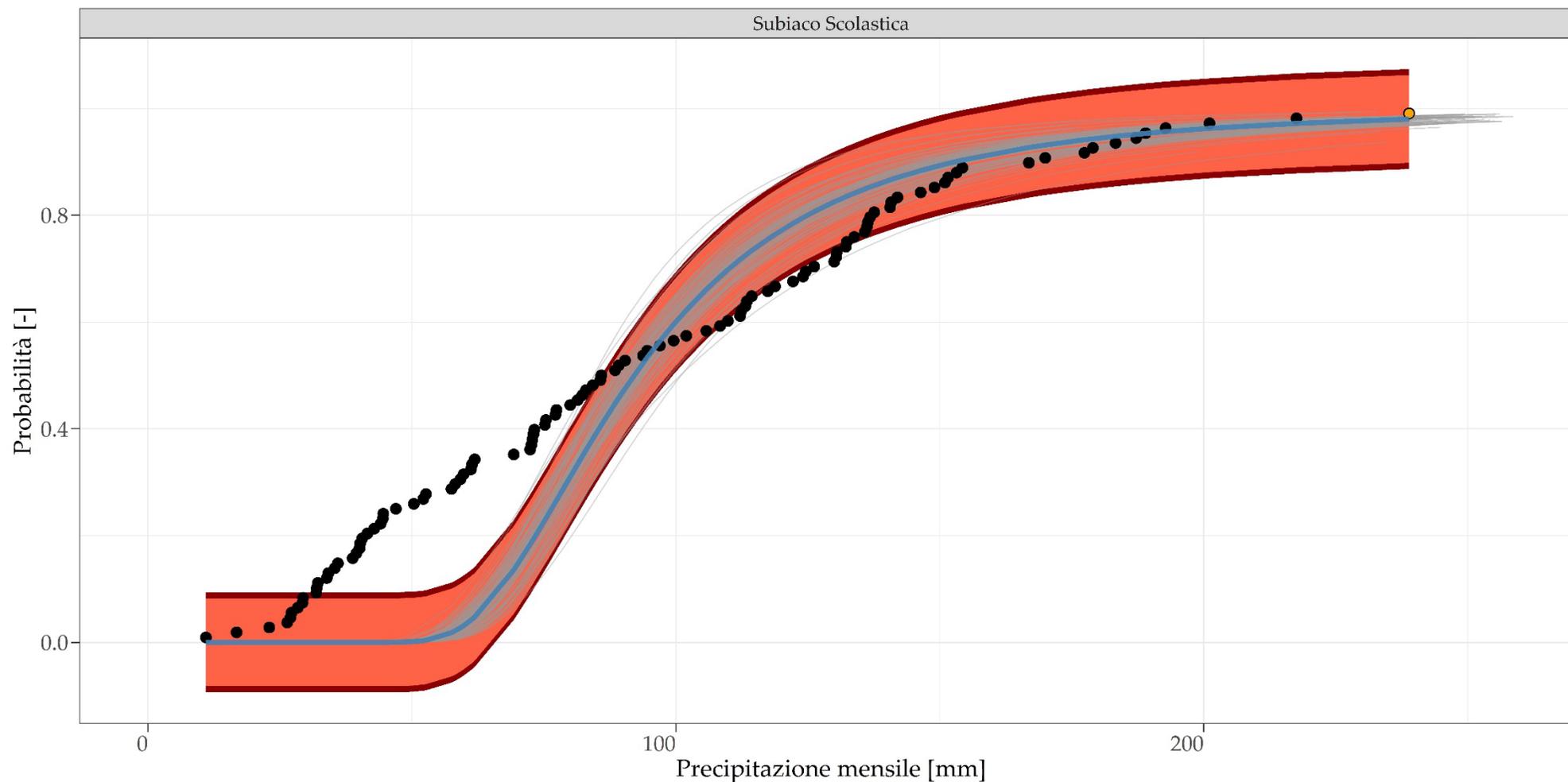


Analisi delle precipitazioni mensili – Maggio 2023

Es. Rifiuto della distribuzione Frechet

Applicazione test Kolmogorov-Smirnov tramite simulazione Monte Carlo - mese di maggio

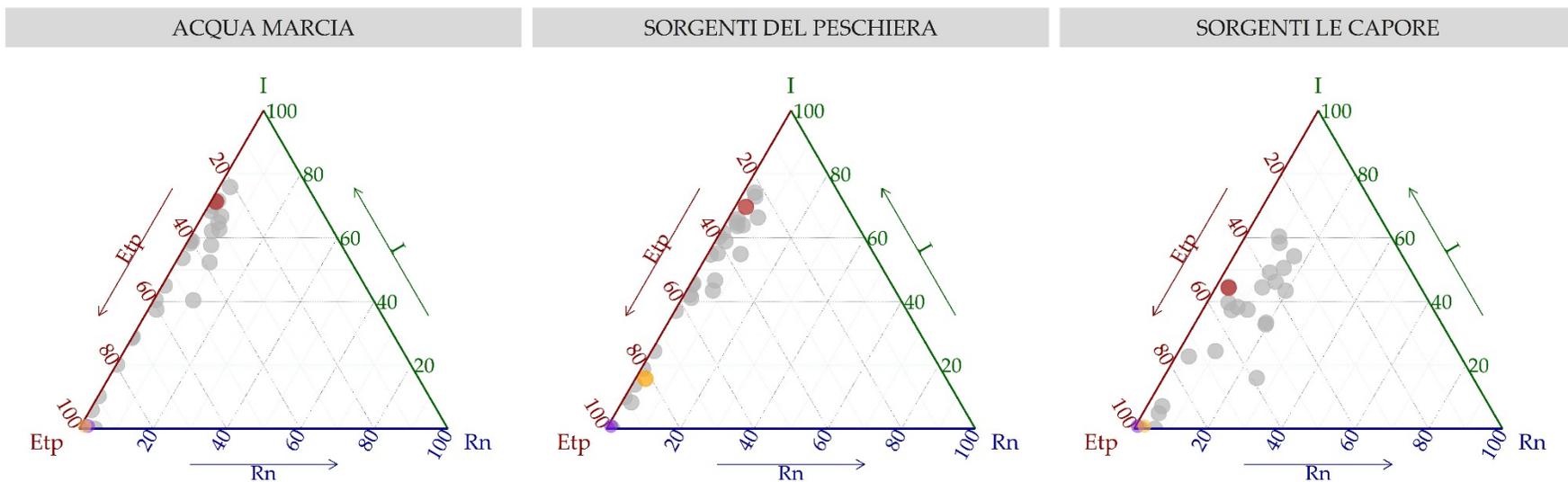
Livello di affidabilità ■ 95% ■ 99% **Legenda** ● 2023 ● Campioni sintetici ● Frechet ● Frequenza empirica



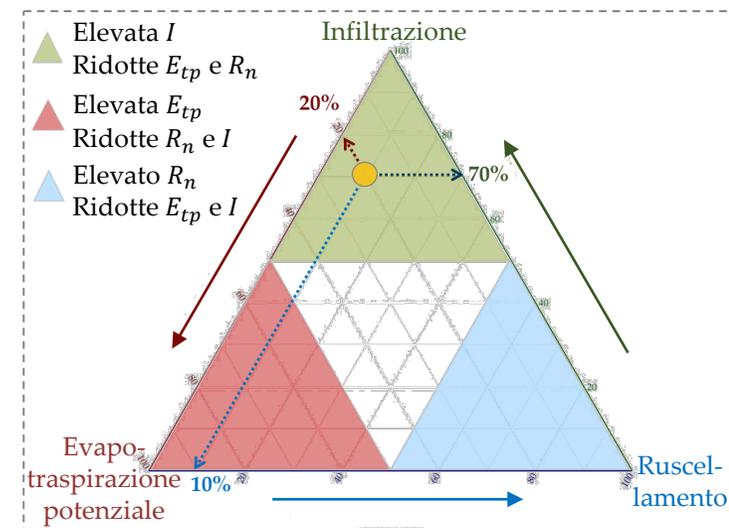
Applicazione del bilancio idrologico – Maggio 2023

Diagramma ternario per bilancio idrologico a scala mensile - mese di maggio

Anni ● 2017 ● 2022 ● 2023 ● Serie storica



$$P_e = I + E_{tp} + R_n$$



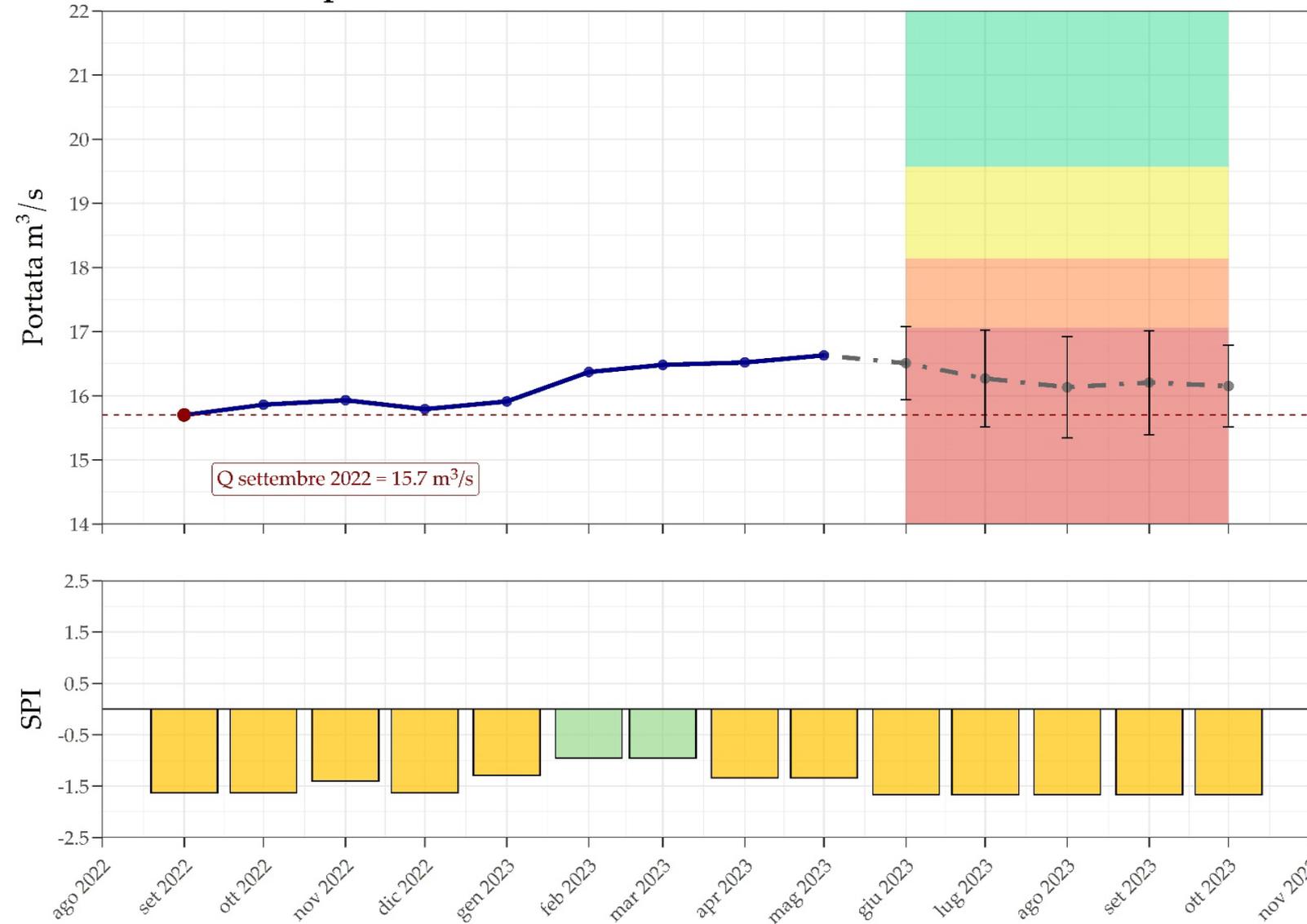
Tramite l'applicazione del modello di bilancio idrologico* è possibile apprezzare come per i principali acquiferi in gestione la componente di infiltrazione mensile potenziale abbia assunto un contributo preponderante. Tuttavia, si nota come anche l'evapotraspirazione mensile potenziale sia stata significativa, arrivando a costituire per sorgenti le Capore circa il 60% del cumulo mensile della precipitazione efficace.

*Passaretti S, Mineo C, Varriale A, Cosentino C. A Technical Note on the Application of a Water Budget Model at Regional Scale: A Water Manager's Approach towards a Sustainable Water Resources Management. Water. 2022; 14(5):712. <https://doi.org/10.3390/w14050712>

Aggiornamento disponibilità idrica – Maggio 2023

Focus sorgenti del Peschiera

Previsione disponibilità idrica: SORGENTI DEL PESCHIERA



Legenda

- Affidabilità previsione
- Portata minima osservata 2022
- Portata osservata
- Portata predetta
- Portata ≤ 25esimo percentile
- 25esimo percentile < Portata ≤ 50esimo percentile
- 50esimo percentile < Portata ≤ 75esimo percentile
- Portata > 75esimo percentile

Tramite l'applicazione di un modello statisticamente basato volto alla previsione delle portate medie mensili, per le sorgenti del Peschiera risulta che il futuro periodo estivo presenta valori di portata che si mantengono al di sotto del 25° percentile della serie storica di riferimento.

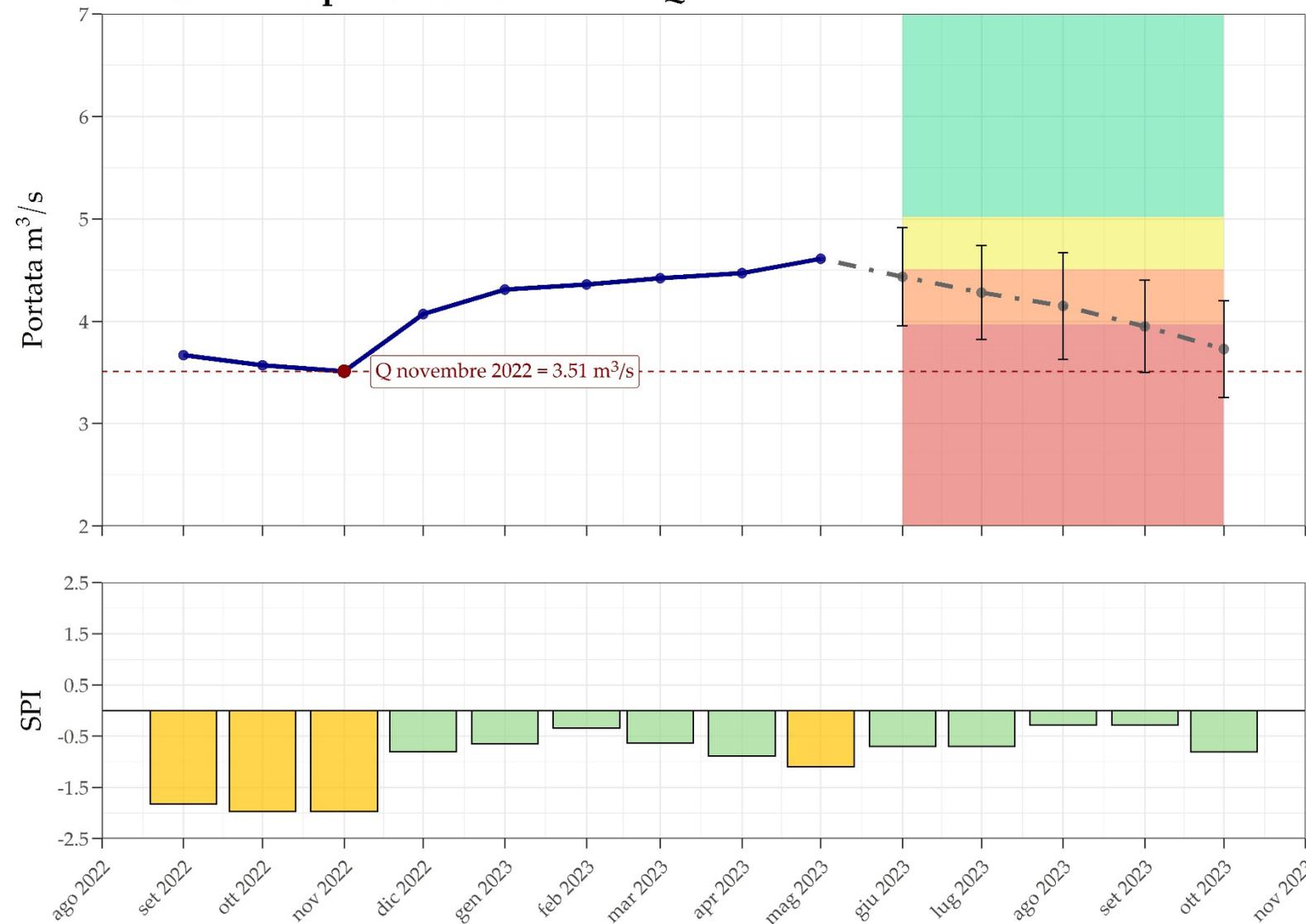
SPI caratteristici del modello previsionale

- Condizioni pluviometriche estremamente siccitose
- Condizioni pluviometriche siccitose
- Condizioni pluviometriche nella norma
- Condizioni pluviometriche umide
- Condizioni pluviometriche estremamente umide

Aggiornamento disponibilità idrica – Maggio 2023

Focus sorgenti Acqua Marcia

Previsione disponibilità idrica: ACQUA MARCIA



Legenda

- Affidabilità previsione
- Portata minima osservata 2022
- Portata osservata
- Portata predetta
- Portata ≤ 25esimo percentile
- 25esimo percentile < Portata ≤ 50esimo percentile
- 50esimo percentile < Portata ≤ 75esimo percentile
- Portata > 75esimo percentile

Tramite l'applicazione di un modello statisticamente basato volto alla previsione delle portate medie mensili, per le sorgenti dell'Acqua Marcia risulta che il futuro periodo estivo presenta valori di portata che si mantengono al di sotto del 50° percentile della serie storica di riferimento.

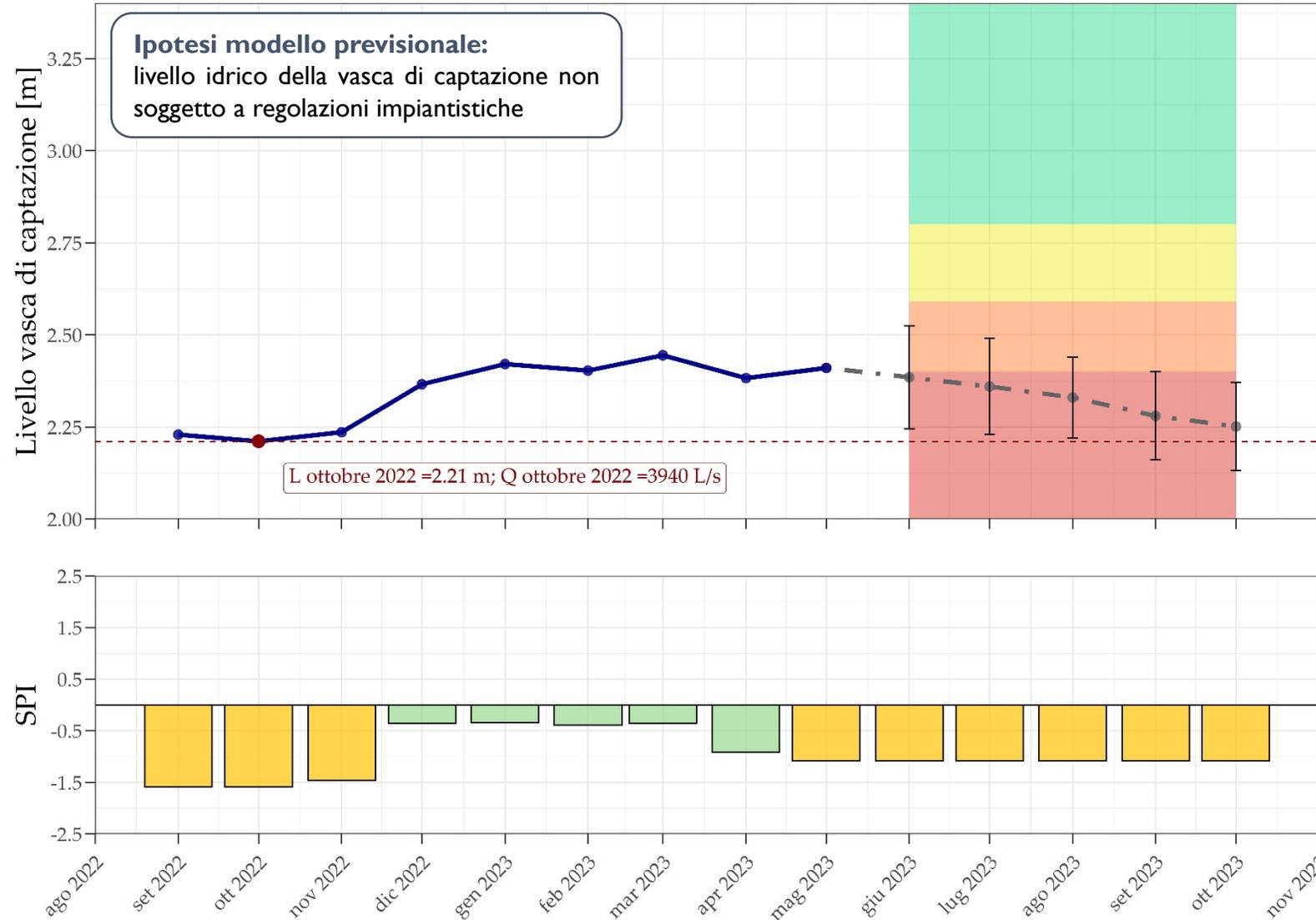
SPI caratteristici del modello previsionale

- Condizioni pluviometriche estremamente siccitose
- Condizioni pluviometriche siccitose
- Condizioni pluviometriche nella norma
- Condizioni pluviometriche umide
- Condizioni pluviometriche estremamente umide

Aggiornamento disponibilità idrica – Maggio 2023

Focus sorgenti Le Capore

Previsione disponibilità idrica: SORGENTI LE CAPORE



Legenda

- Affidabilità previsione
- Livello minimo osservato 2022
- Livello osservato
- Livello predetto
- Livello ≤ 25esimo percentile
- 25esimo percentile < Livello ≤ 50esimo percentile
- 50esimo percentile < Livello ≤ 75esimo percentile
- Livello > 75esimo percentile

A seguito dell'applicazione di un modello statisticamente basato volto alla previsione dei livelli medi mensili della vasca di captazione delle sorgenti Le Capore, i livelli simulati mostrano valori prossimi al 25° percentile della serie storica di riferimento.

SPI caratteristici del modello previsionale

- Condizioni pluviometriche estremamente siccitose
- Condizioni pluviometriche siccitose
- Condizioni pluviometriche nella norma
- Condizioni pluviometriche umide
- Condizioni pluviometriche estremamente umide

Aggiornamento disponibilità idrica – Maggio 2023

Conclusioni

- Il passato mese di maggio ha portato a precipitazioni cumulate medie per il territorio in gestione superiori al 75° percentile del periodo di riferimento.
- Tuttavia queste non consentono di mitigare l'attuale stato di ridotta disponibilità idrica, in quanto rispetto alle condizioni medie di lungo termine (le quali influenzano i tempi e le dinamiche di ricarica dei grandi acquiferi gestiti) persiste un significativo deficit pluviometrico.
- Le principali fonti di approvvigionamento attualmente riportano valori di totali sorgivi inferiori o al più prossimi alle medie stagionali.
- Secondo i modelli previsionali adottati, per i principali acquiferi gestiti da Acea Ato2 si osservano nel futuro periodo estivo curve di esaurimento che portano a valori minimi di portata comunque superiori a quelli osservati nel passato anno idrologico.
- L'andamento delle portate sorgive previste è tale da produrre una carenza idrica diffusa soprattutto nell'area alimentata dagli acquedotti del Simbrivio e della Doganella (per larga parte corrispondente al distretto territoriale dei Castelli Romani).
- Pertanto è stata avanzata la richiesta di aumento temporaneo della portata derivabile dalla Sorgente del Pertuso fino ad un massimo di 150 L/s, quale misura emergenziale a cui fare ricorso per il periodo strettamente necessario al fine di limitare le riduzioni della fornitura idrico potabile nei suddetti territori.

