



Regione Umbria



L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLE STRATEGIE DI GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE: IL CASO DI STUDIO DELLA DIGA DI MONTEDOGLIO

G. Falcone, S. Camici, S. Casadei, S. Modanesi, C. Massari, E. Romano, N. Guynnon, S. Barbetta

CNR-IRPI Perugia, CNR-IRSA Roma,

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale Università di Perugia

Azione A.2.1.Abdac

Applicazione su bacini pilota del Distretto di modelli di impatto dei cambiamenti climatici su sistemi di approvvigionamento idrico

Obiettivo

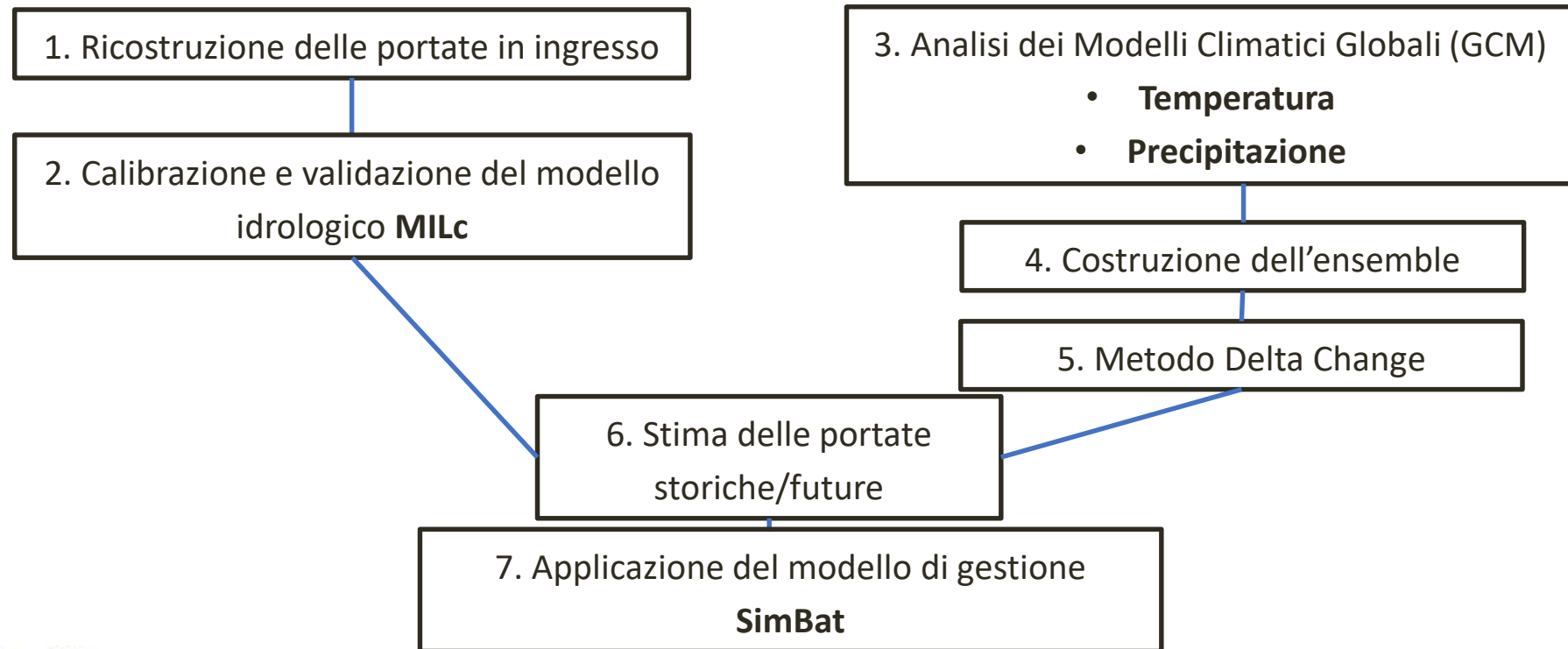
Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla gestione della risorsa idrica

Domande chiave

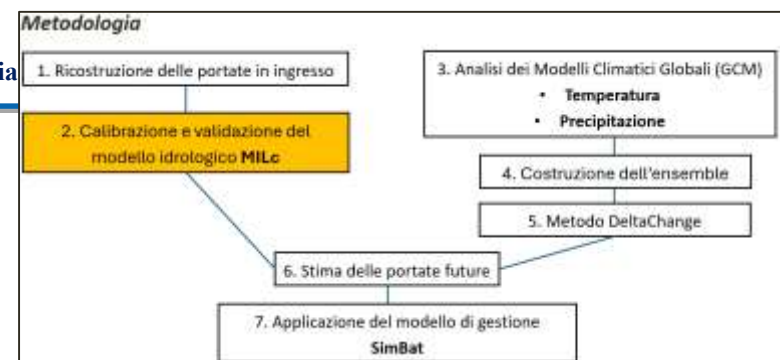
In che modo i cambiamenti climatici influenzano la disponibilità delle risorse idriche superficiali?

Quali saranno le conseguenze per l'irrigazione e l'approvvigionamento idropotabile?

Metodologia



Modello idrologico MILc



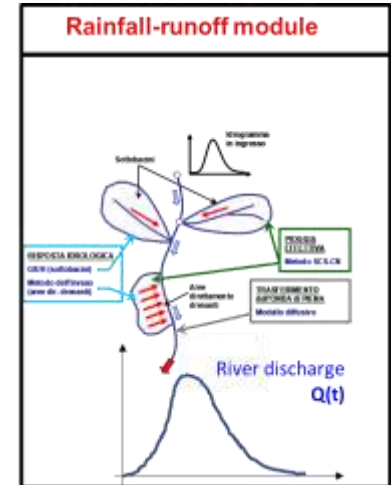
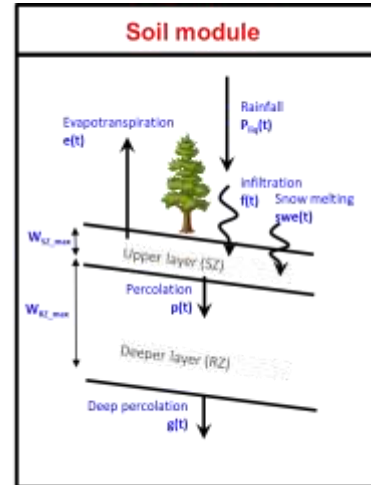
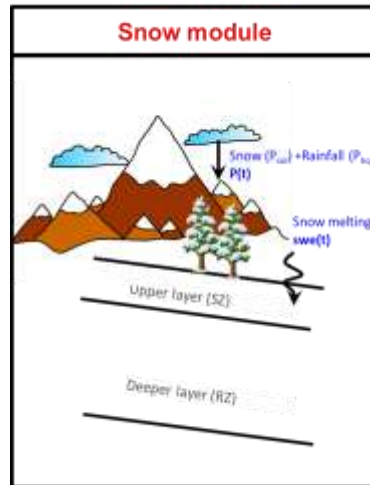
INPUT:

- **PIOGGIA**
- **TEMPERATURA**

OUTPUT:

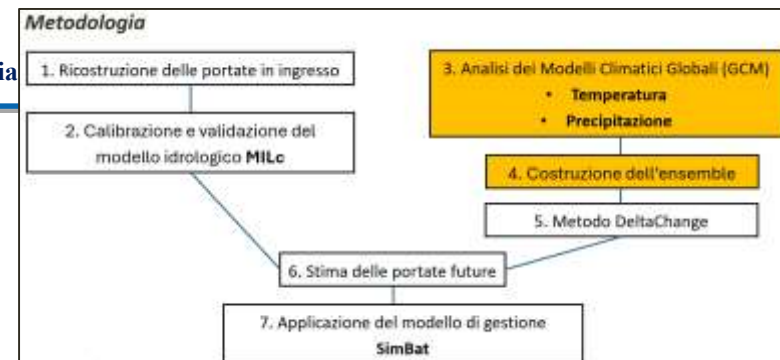
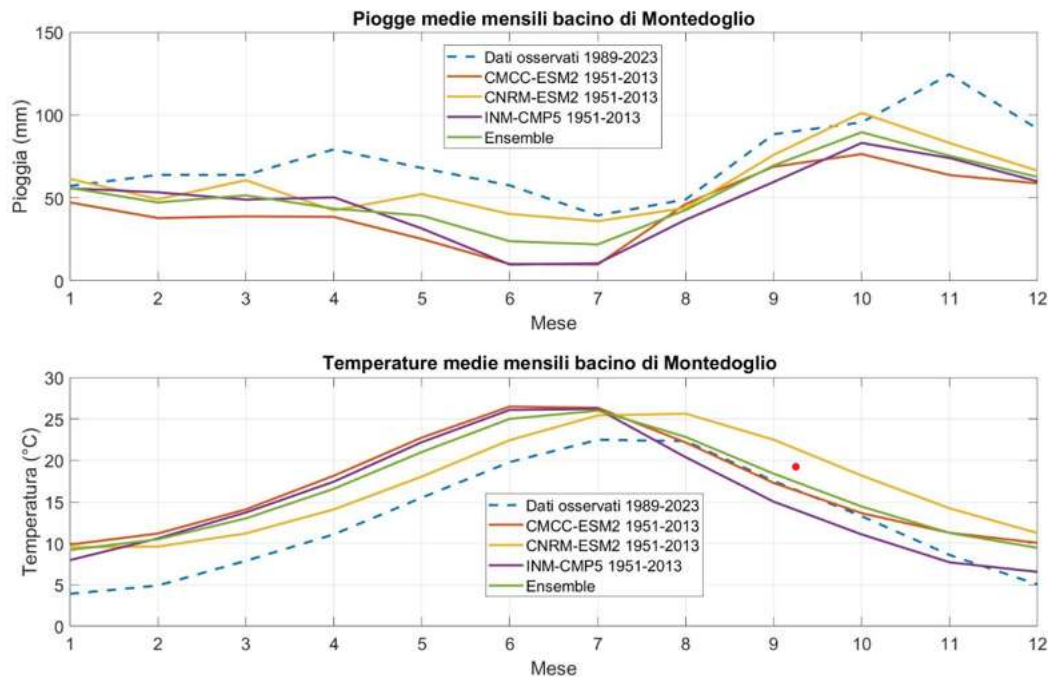
- **CONTENUTO D'ACQUA NEL SUOLO**
- **PORTATA**

12 PARAMETRI



Camici et al., 2022

Analisi dei Modelli Climatici Globali (GCM)



L'analisi ha riguardato tre GCM :

CMCC-ESM2

CNRM-ESM2

INM-CM5

ENSEMBLE

e quattro scenari

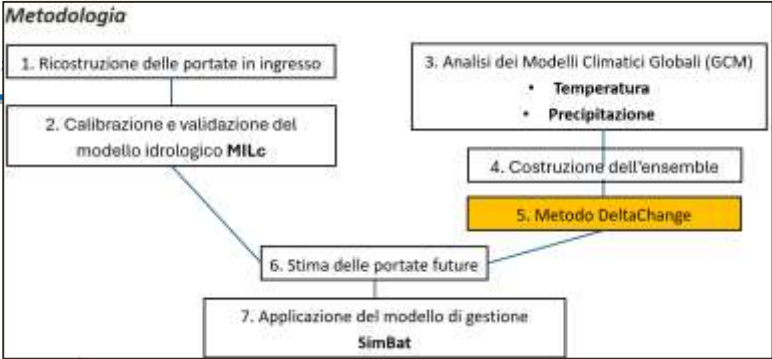
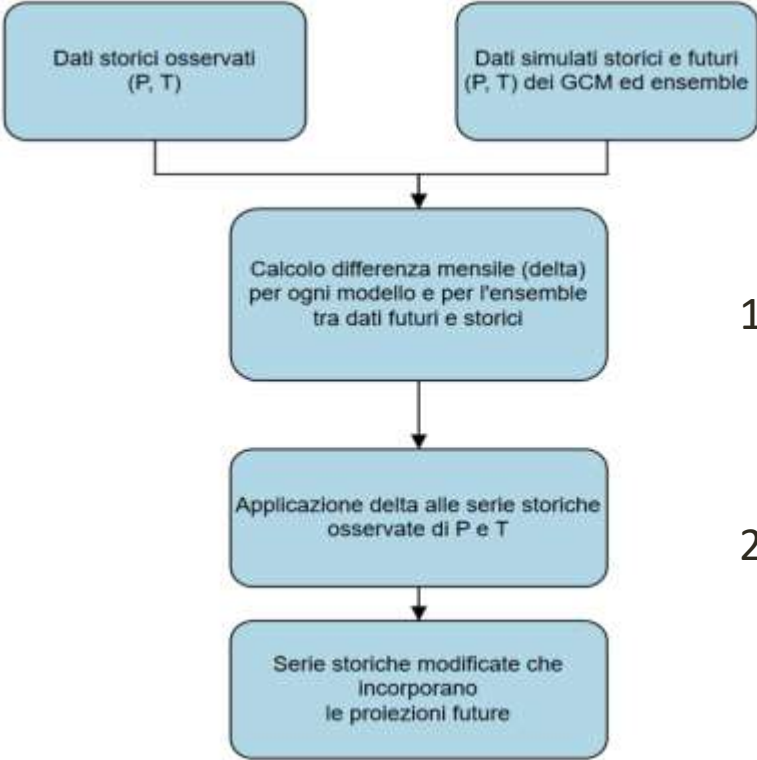
Storico (1951-2013)

Futuro RCP2.6

RCP4.5

RCP8.5

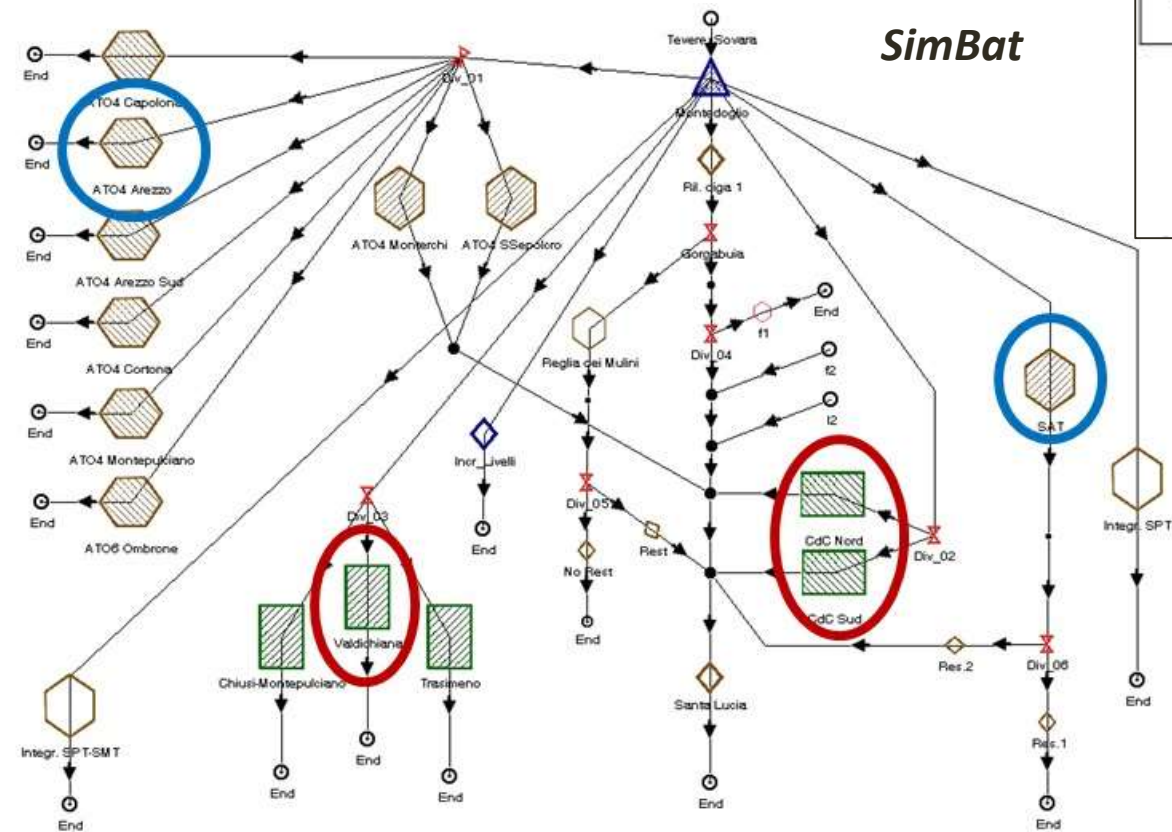
Methodo DeltaChange



1. Il metodo Delta Change applica ai dati storici le variazioni future previste dai modelli climatici, correggendo i bias
2. Le proiezioni future sono ottenute "sommando" ai dati osservati la differenza tra valori storici e futuri dei GCM

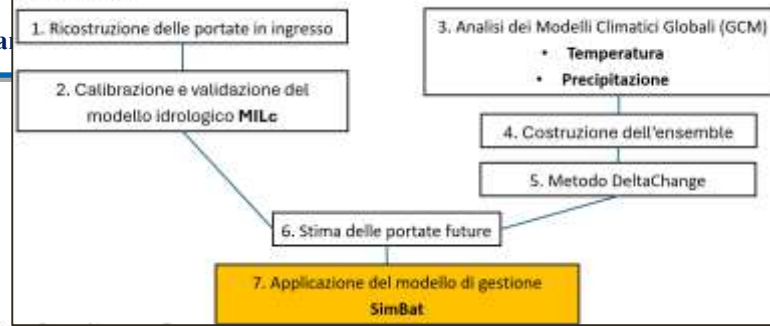
Linea di intervento L 2 – Attività L 2.1 - Azione A.2.1. Abdac

Applicazione su bacini pilota del Distretto dell'Appennino centrale di modelli di impatto dei cambia



SimBat

Metodologia

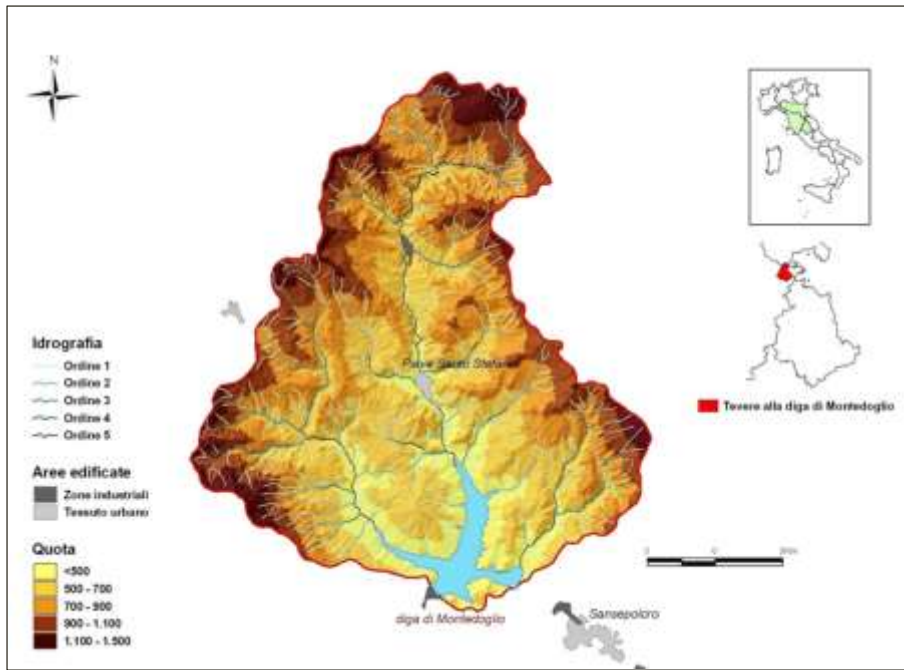


1. Modello matematico basato su nodi e archi, sviluppato per ottimizzare la gestione delle risorse idriche
2. Utilizzato per simulare scenari di severità idrica nel distretto umbro-toscano, supportando la pianificazione regionale

Pierleoni et al., 2007

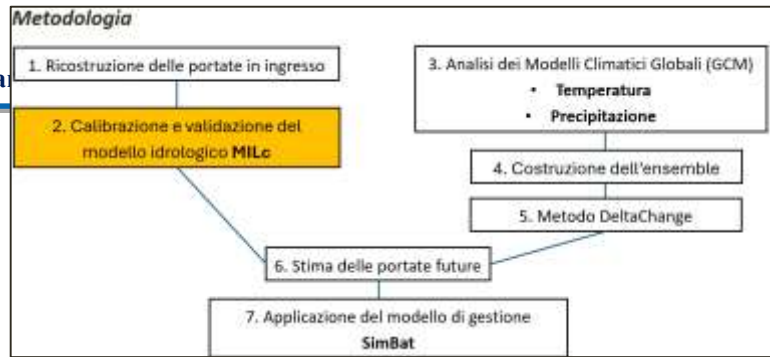
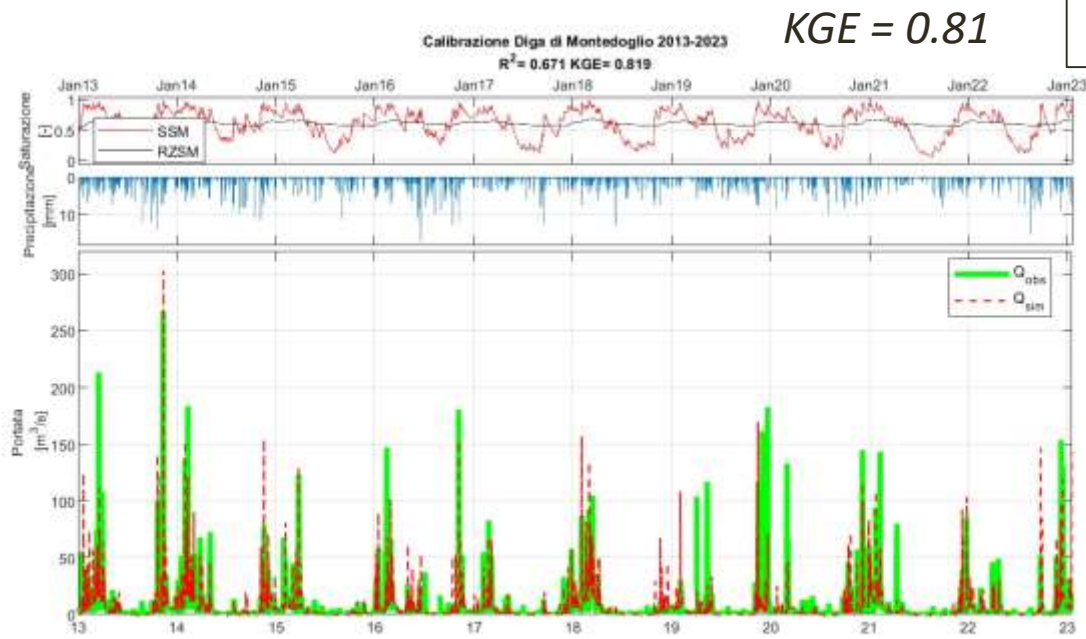


Caso studio: Diga di Montedoglio sul Fiume Tevere

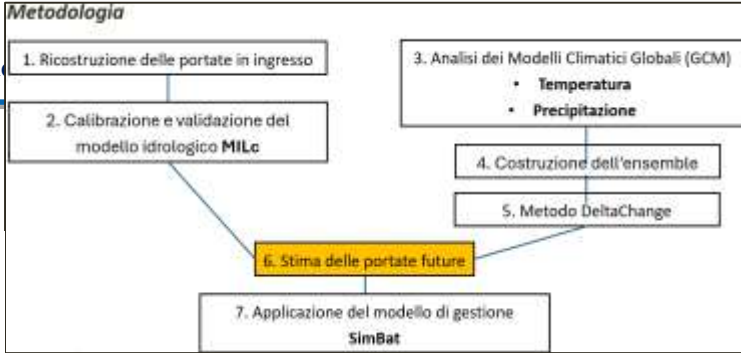
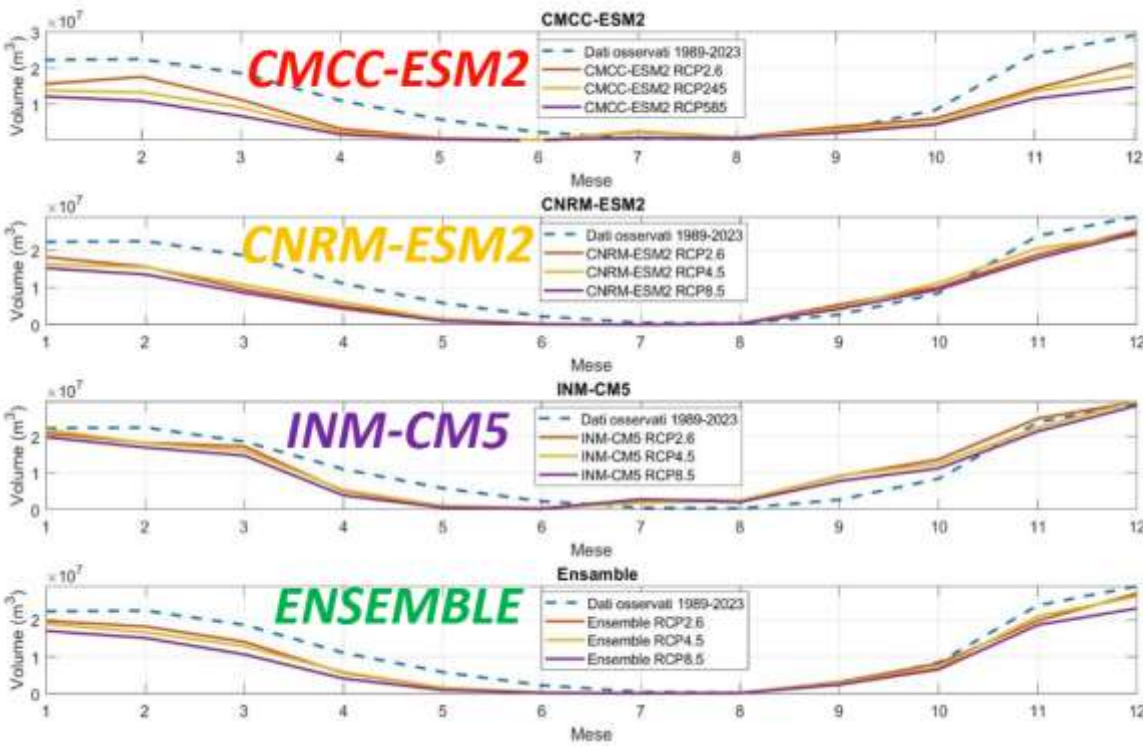


Rapporto tecnico Barbetta et al. (2009)

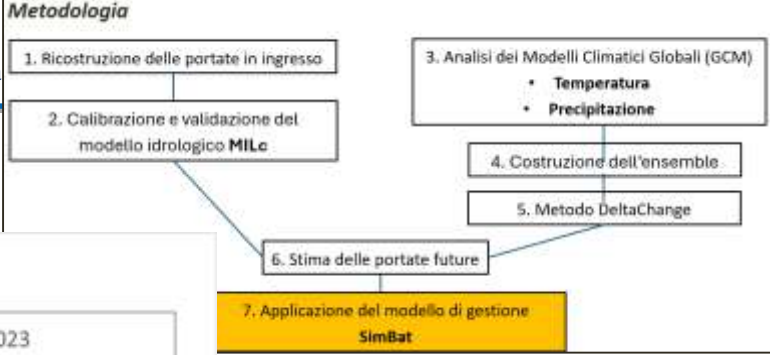
Calibrazione e Validazione del modello MILc



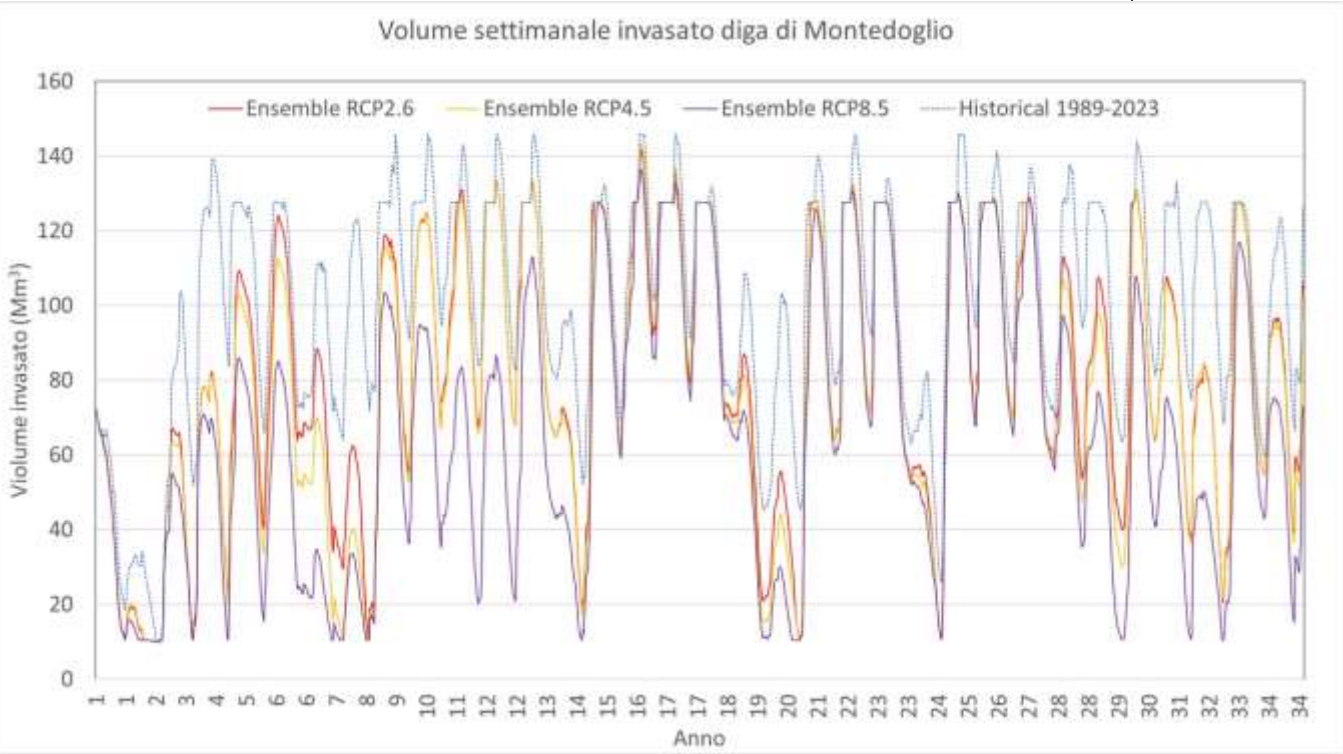
Risultati



I modelli mostrano una diminuzione degli afflussi nei primi mesi dell'anno, seguita da una stabilizzazione o lieve aumento nella seconda parte



Risultati

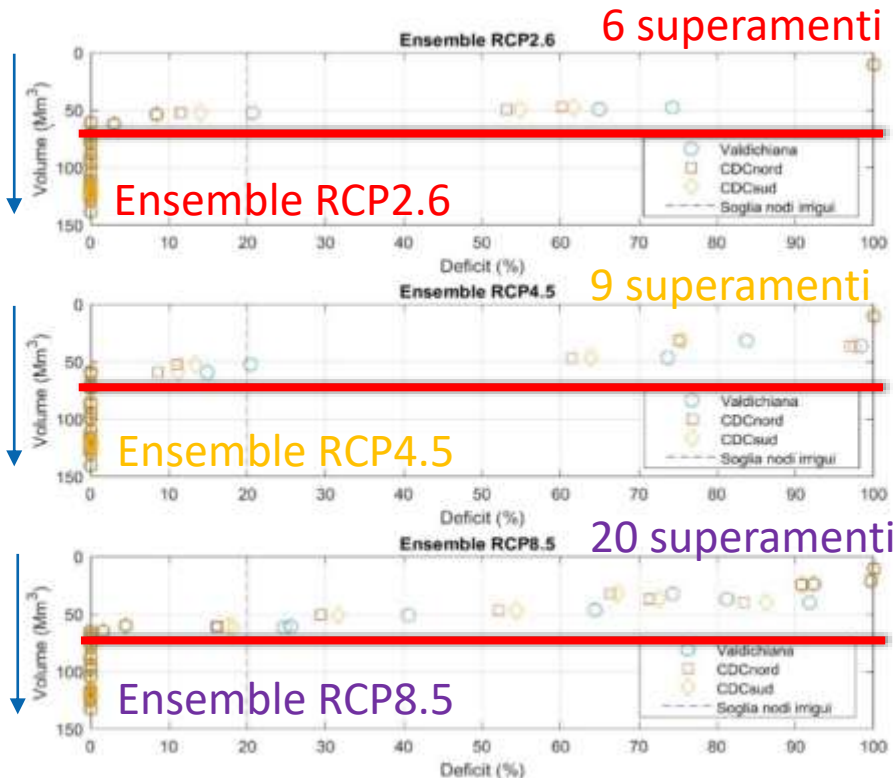


Riduzione media
settimanale volume(%)

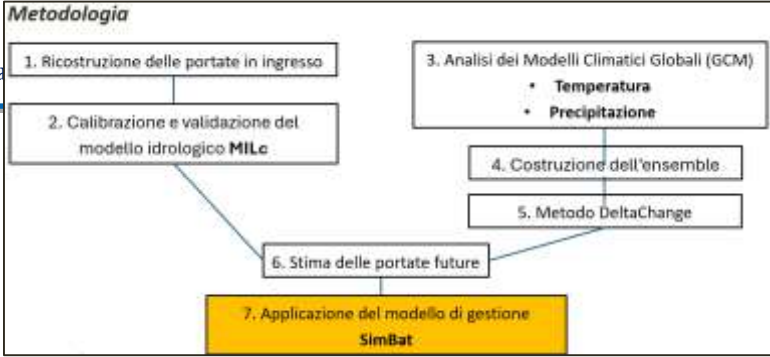
Ensemble RCP2.6 = -19%

Ensemble RCP4.5 = -22%

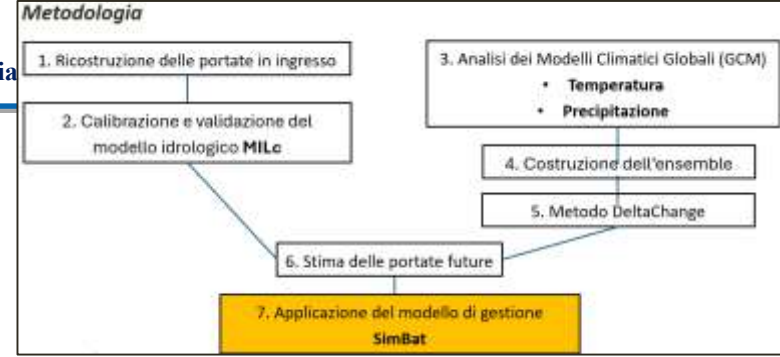
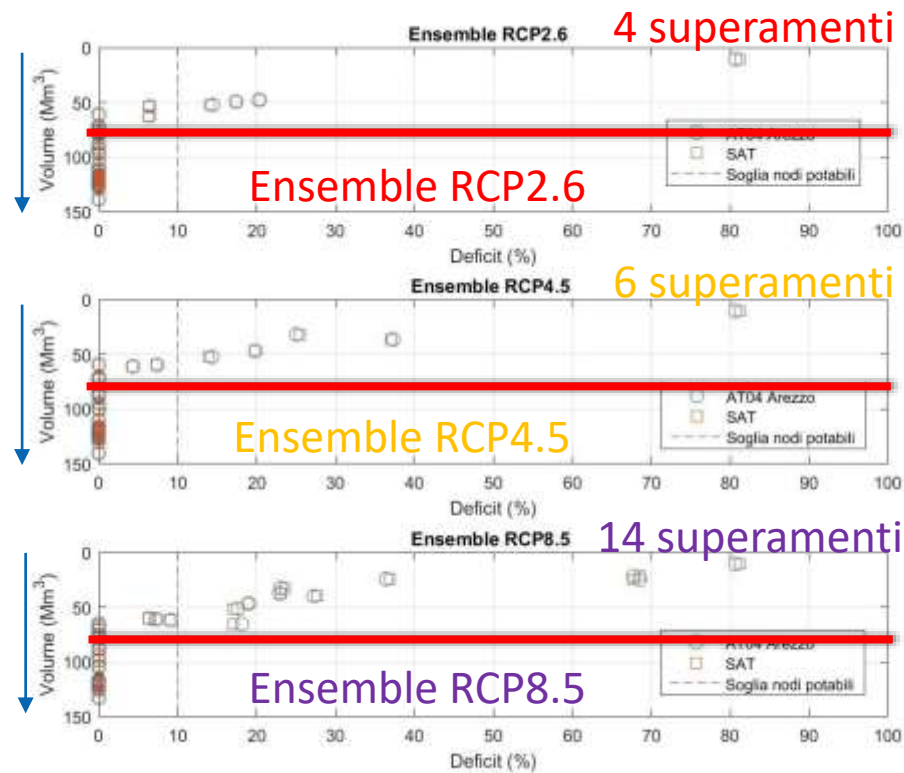
Ensemble RCP8.5 = -36%



Valore del volume di stoccaggio durante la 22a settimana e i deficit di acqua irrigua stimati per il secondo periodo dell'anno (giugno-dicembre)



1. È stata definita una soglia critica del 20% per i nodi irrigui, oltre la quale si considera significativa la riduzione delle risorse idriche
2. Per ogni scenario dell'ensemble di concentrazione di CO₂, è stato analizzato il numero di volte in cui questa soglia è stata superata, al fine di valutare la severità degli impatti idrici



1. La soglia scelta per i nodi potabili è del 10%
2. È stato valutato, per il trentennio dei dati, anche in questo caso il numero di volte nelle quali la soglia è stata superata per le diverse utenze potabili

Conclusioni

1. È stata individuata una soglia critica alla all'inizio della stagione irrigua (Maggio, circa 60Mm³), utilizzabile come indice per la gestione delle situazioni di severità idrica nel bacino di Montedoglio per il resto dell'anno.
2. L'analisi degli ensemble ha evidenziato un aumento delle occorrenze di superamento della soglia critica con l'aumento delle concentrazioni di CO₂, sia nei nodi potabili che irrigui.
3. La metodologia sviluppata per l'invaso di Montedoglio è replicabile in altri casi studio, offrendo uno strumento efficace per identificare indici o quote di gestione in scenari di severità idrica nel distretto.

Stima dei fabbisogni idrici in relazione al cambiamento climatico, con particolare riferimento ai fabbisogni irrigui

STIMA DEI FABBISOGNI IDRICI – METODO FAO56

Obiettivo

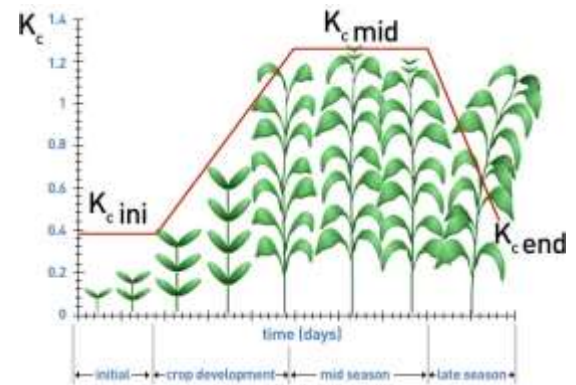
Stima dei fabbisogni irrigui nelle aree afferenti la **Diga di Montedoglio** e analisi in relazione al cambiamento climato

- Periodo storico: 2013-2022

$$ET_0 = Hc * R_e (\bar{T} + 17.8) * \Delta T^{0.5} * 0.408 \quad [mm/1d]$$
$$ET_p = ET_0 * K_c \quad [mm/7d]$$
$$W_{GRO} = \begin{cases} (ET_p - P)/eff & \text{if } ET_p > P \\ 0 & \text{if } ET_p \leq P \end{cases} \quad [mm/7d]$$
$$W_{adj} = W_{GRO} \cdot C_{red} \quad [mm/7d]$$

(Todisco et al., 2025; DOI: [10.1007/978-3-031-84212-2_28](https://doi.org/10.1007/978-3-031-84212-2_28))

Single crop coefficient (K_c).
<https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tobacco/en/>

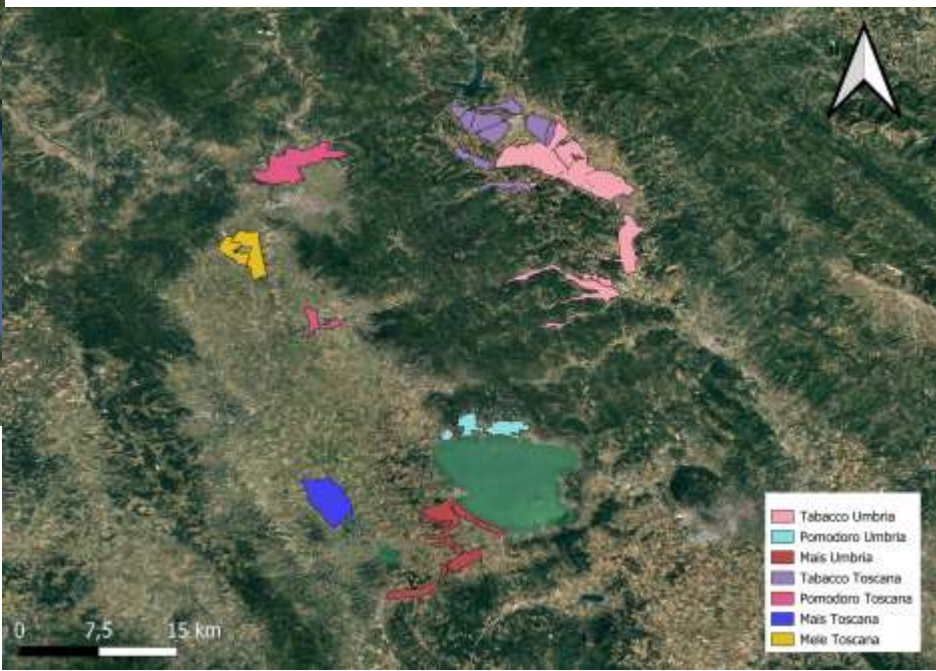


- **T** e **P**: temperatura e pioggia dal dataset EMO (Gomes et al., 2020)
- **R_e**: radiazione solare extraterrestre
- **ET₀**: ET di riferimento dalla formula di Hargreaves-Samani
- **W_{GRO}**: fabbisogno massimo per la coltura
- **ET_p**: evapotraspirazione in condizioni standard
- **K_c**: single crop coefficient per le diverse colture (Allen et al., 1998)
- **W_{adj}**: fabbisogno irriguo ridotto (approccio di deficit irriguo)
- **C_{red}**: coefficiente di riduzione
- **Eff**: efficienza di applicazione (0.9 per irrigazione a goccia – colture arboree; 0.7 per aspersione – altre colture)

Caso Studio: aree irrigate afferenti alla Diga di Montedoglio (Alta Valle del Tevere, Valdichiana toscana)



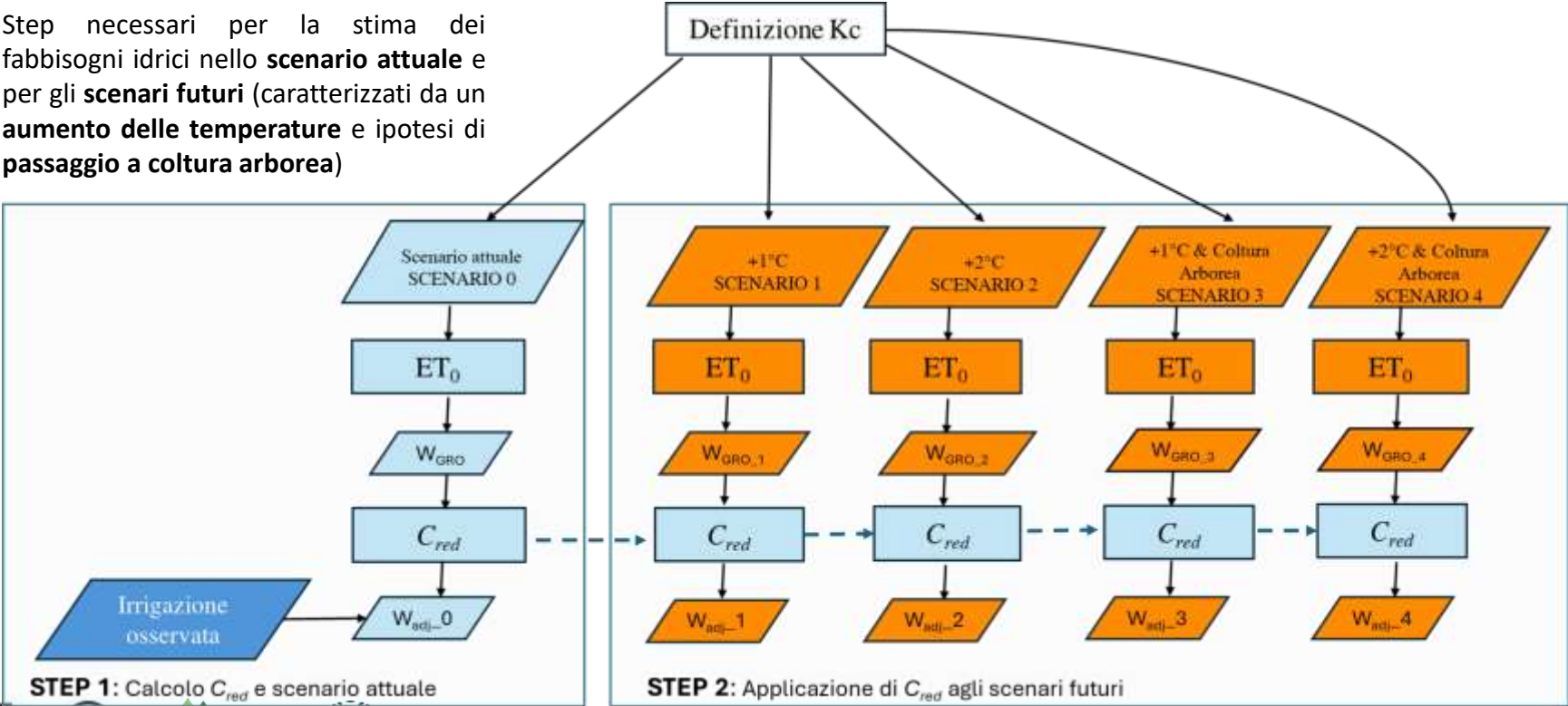
- 1) T e P (EMO, scala giornaliera), 2013-2022
- 2) Dati di irrigazione
 - Umbria tabacco (2013–2016); mais (2017–2022); pomodoro (2017-2022, escluso il 2021)
 - Toscana 2020 per il tabacco; 2023 per le altre colture



- ~5000 ha di aree irrigue
- 7 macro-aree distinte per coltura e per regione

METODO – SCENARIO ATTUALE E SCENARI FUTURI

Step necessari per la stima dei fabbisogni idrici nello **scenario attuale** e per gli **scenari futuri** (caratterizzati da un **aumento delle temperature** e ipotesi di **passaggio a coltura arborea**)



RISULTATI – SCENARIO ATTUALE E CALCOLO DI C_{red}

Tabacco Umbria ~ 3000 ha irrigati



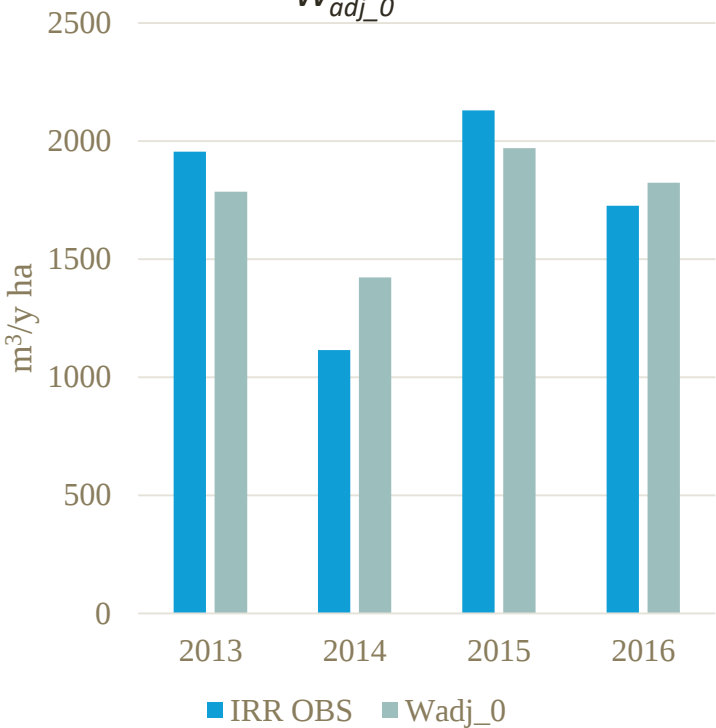
Anno	IRR OBS [mc/y ha]	W_{GRO} [mc/y ha]
2013	1954.85	4005.3
2014	1114.47	3191.4
2015	2129.48	4419.4
2016	1725.87	4092.0

$$C_{red} = \frac{\sum IRR_{obs} \cdot W_{GRO}}{\sum (W_{GRO}^2)}$$

$$C_{red} = 0.446$$



Applicazione di C_{red} per il calcolo di W_{adj_0}



RISULTATI – SCENARIO ATTUALE E CALCOLO DI C_{red}

Mais Umbria ~ 220 ha irrigati



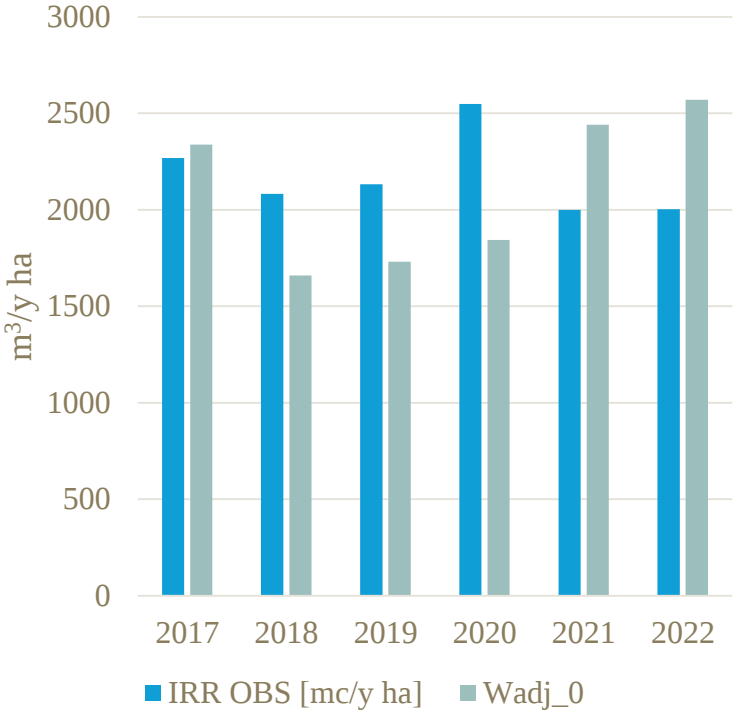
Anno	IRR OBS [mc/y ha]	W_{GRO} [mc/y ha]
2017	2268.7	8184.2
2018	2083.3	5811.0
2019	2132.9	6060.9
2020	2548.3	6456.0
2021	2000	8542.4
2022	2002.9	9000.6

$$C_{red} = \frac{\sum IRR_{obs} \cdot W_{GRO}}{\sum (W_{GRO}^2)}$$

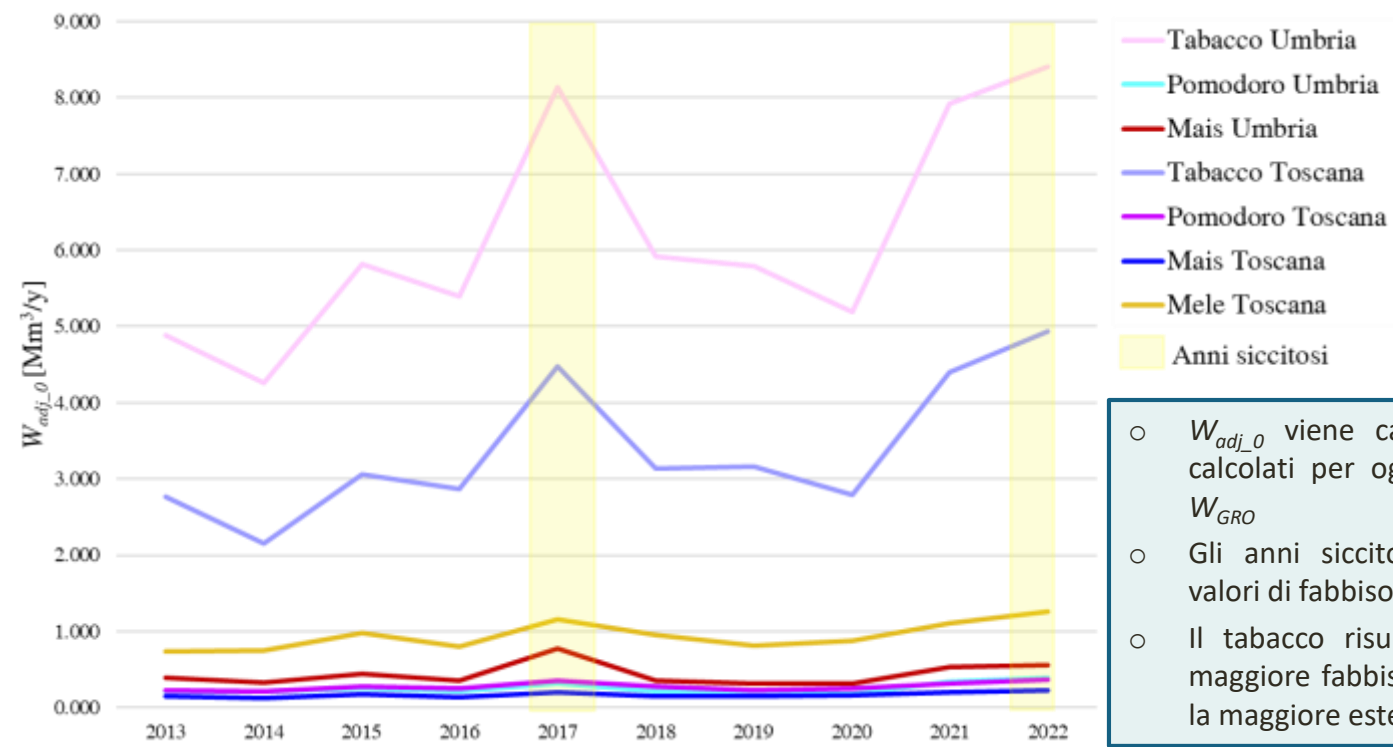
$$C_{red} = 0.286$$



Applicazione di C_{red} per il calcolo di W_{adj_0}

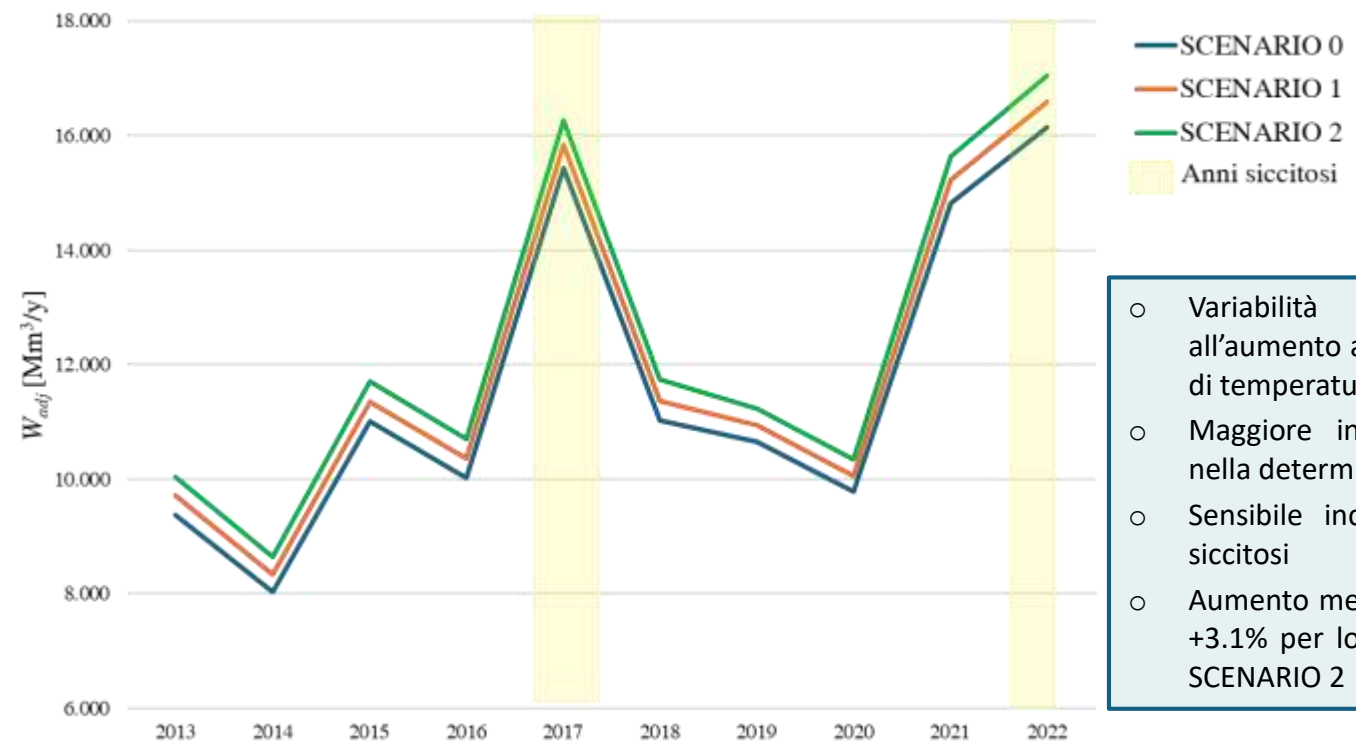


RISULTATI – SCENARIO ATTUALE



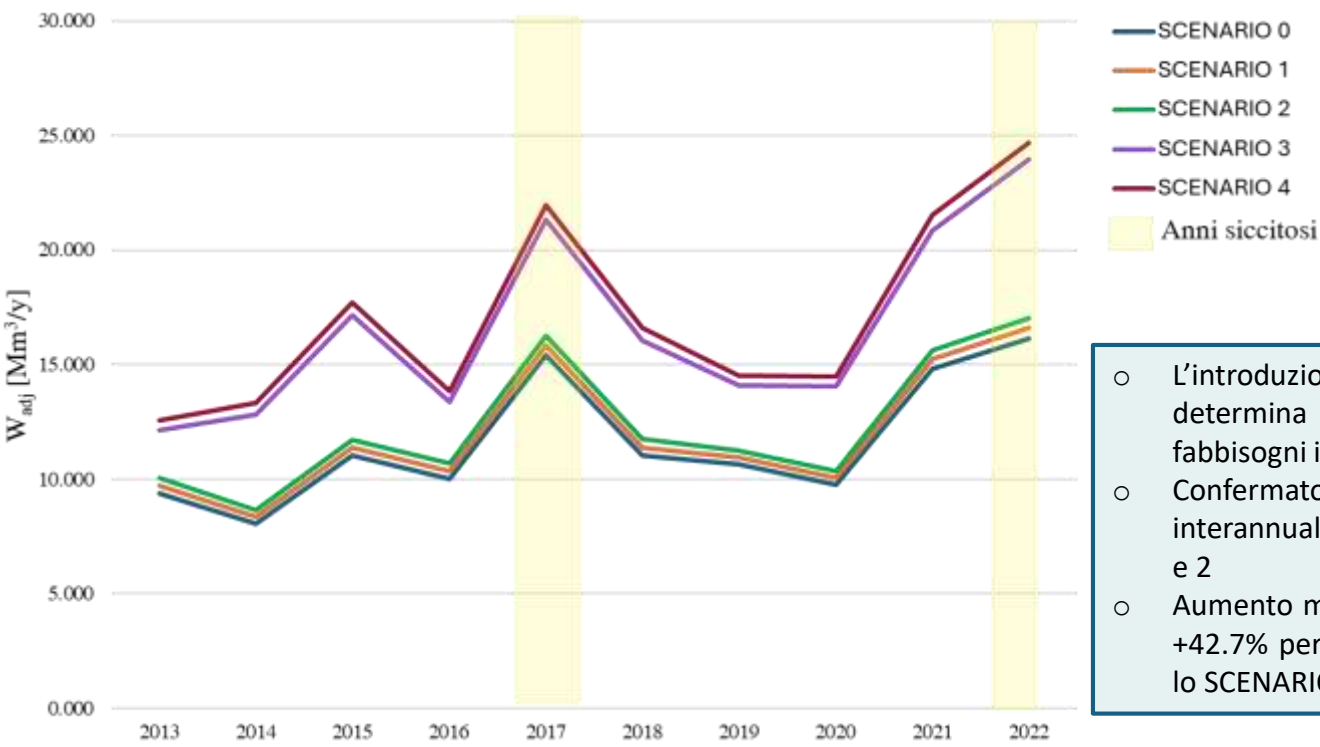
- W_{adj_0} viene calcolato applicando i C_{red} calcolati per ogni macroarea ai valori di W_{GRO}
- Gli anni siccitosi sono caratterizzati da valori di fabbisogno irriguo più elevati
- Il tabacco risulta essere la coltura con maggiore fabbisogno, considerando anche la maggiore estensione areale

RISULTATI – SCENARI FUTURI (+1°C e +2°C)



- Variabilità interannuale superiore all'aumento attribuibile alla sola variazione di temperatura (+1° C e +2° C)
- Maggiore influenza della precipitazione nella determinazione di W_{adj}
- Sensibile incremento di W_{adj} negli anni siccitosi
- Aumento medio percentuale di W_{adj} pari a +3.1% per lo SCENARIO 1 e +6.2% per lo SCENARIO 2

RISULTATI – SCENARI FUTURI (PASSAGGIO A COLTURA ARBOREA)



- L'introduzione di colture arboree determina un incremento significativo dei fabbisogni irrigui complessivi
- Confermato il pattern di variabilità interannuale osservato negli SCENARI 0, 1 e 2
- Aumento medio percentuale di W_{adj} pari a +42.7% per lo SCENARIO 3 e +43.05% per lo SCENARIO 4

Principali risultati

1. **Metodo FAO56:** strumento efficace per la stima dei fabbisogni irrigui nell'area servita dalla diga di Montedoglio, grazie all'impiego di un coefficiente di riduzione calibrato su dati osservati
2. **Scenari climatici futuri con incremento di T:** costruiti ipotizzando un aumento delle temperature a precipitazioni costanti, hanno evidenziato come la variabilità interannuale delle precipitazioni incida in misura maggiore sui fabbisogni irrigui rispetto alla temperatura, soprattutto negli anni caratterizzati da siccità.
3. **Conversione verso colture arboree:** sebbene associata a un'efficienza irrigua superiore, comporta un sensibile incremento del fabbisogno idrico, amplificato dall'aumento termico. La stima di tale incremento è soggetta a incertezze legate alla limitata disponibilità di dati osservati utilizzati per la calibrazione del coefficiente di riduzione specifico per queste colture.