

Supporto tecnico alle attività di redazione del Piano di
Classifica

Analisi dei fabbisogni irrigui delle colture nei Colli Morenici del Garda

1 luglio 2024
Rapporto Digital Drop



Analisi dei fabbisogni irrigui delle colture nei Colli
Morenici del Garda

Sommario

1 PREMESSA1

2 MODELLO AGRO-IDROLOGICO IDRAGRA1

2.1 DATI UTILIZZATI.....2

2.1.1 AGROMETEOROLOGIA2

2.1.2 PORTATE IRRIGUE.....2

2.1.3 CONSUMI CULTURALI4

2.1.4 PEDOLOGIA E PARAMETRI IDRAULICI DEI SUOLI4

2.1.5 USO DEL SUOLO E PARAMETRI CULTURALI.....4

2.1.6 METODI IRRIGUI.....6

2.1.7 RETE DI ADDUZIONE E DISTRIBUZIONE.....6

3 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO.....6

3.1 CALIBRAZIONE DEL MODELLO6

3.2 RISULTATI.....9

4 EFFETTI DEL PASSAGGIO A DISTRIBUZIONE A DOMANDA13

4.1 METODOLOGIA UTILIZZATA13

4.2 RISULTATI.....14

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....18

1 Premessa

La presente relazione è redatta nell'ambito dell'incarico - Codice CIG ZA23A96240 Capitolo 131501/RP - per il supporto tecnologico alle attività di redazione del Piano di classificazione degli immobili ricadenti nel comprensorio consortile ai sensi art. 90 l.r.l n. 31/2008 e s.m.i., conferito dal Consorzio Garda Chiese (Consorzio nel seguito) a Digital Drop s.r.l, spinoff dell'Università degli Studi di Milano.

In particolare, la relazione illustra la metodologia adottata per:

- ❖ la stima dei fabbisogni irrigui delle colture presenti in tre distretti irrigui del territorio dei Colli Morenici del Garda, e in particolare per i distretti Colombarola, Foresto e Paradiso.
- ❖ lo studio sui possibili benefici, in termini di riduzione della domanda d'acqua irrigua, derivanti dal passaggio alla distribuzione a domanda dall'attuale distribuzione turnata.

2 Modello agro-idrologico IdrAgra

Per le attività presentate in questa relazione ci si è serviti del modello agro-idrologico IdrAgra. Il modello è stato sviluppato dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Milano (DiSAA-UniMI nel seguito) ed è riconosciuto da CREA per gli adempimenti previsti dalla D.g.r. 19 dicembre 2016 - n. X/6035 in materia di criteri e modalità di quantificazione dei volumi derivati ed utilizzati ad uso irriguo, delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea (si veda D.d.s. 27 marzo 2018 - n. 4346). IdrAgra è utilizzato da Regione Lombardia per questi adempimenti. Il codice di IdrAgra è aperto (Open Source) e il modello è dotato di un'interfaccia in ambiente QGis che ne facilita l'utilizzo. Il modello e la relativa documentazione sono liberamente accessibili al sito <https://idragra.unimi.it>.

IdrAgra consente la simulazione di tutte le fasi dell'utilizzo irriguo delle acque, dalle derivazioni all'applicazione sui singoli campi, comprendendo la stima dei rilasci in falda e delle restituzioni a corpi idrici superficiali. Il modello applica una discretizzazione spaziale dell'area di studio sulla base di una griglia regolare a maglie quadrate e calcola il bilancio idrologico in ogni maglia su base giornaliera.

IdrAgra è composto da quattro moduli:

- il primo si occupa di stimare l'andamento temporale dei parametri colturali a partire dai dati agro-meteorologici e dai parametri che definiscono le specificità delle colture nelle loro diverse fasi fenologiche (coefficiente colturale, LAI, profondità delle radici), utilizzando alla base il modello delle somme termiche di Stockle e Nelson¹.
- il secondo modulo effettua il bilancio idrologico del sistema suolo-coltura tenendo conto della variabilità spaziale dei suoli, delle colture, delle variabili agro-meteorologiche e degli apporti irrigui, assumendo che questi siano omogenei all'interno di una stessa unità di calcolo ma che varino tra le diverse unità. Per la stima del fabbisogno irriguo colturale il modello utilizza il metodo FAO-56², ampiamente riconosciuto a livello mondiale.
- il terzo modulo è volto a determinare l'attivazione degli interventi irrigui. Il modello infatti può essere utilizzato in due modalità: fabbisogni e consumi. In modalità fabbisogni le tempistiche di irrigazione dipendono unicamente dal bilancio idrico: una volta che nella cella viene raggiunta una soglia di contenuto idrico definita dall'utente, viene simulato un intervento irriguo con caratteristiche predefinite (altezza irrigua, perdite). I fabbisogni irrigui delle singole celle possono quindi essere aggregati alla fonte, tenendo conto delle perdite di adduzione e distribuzione della rete. In modalità consumi il procedimento è opposto: una volta forniti la portata giornaliera disponibile alla fonte e i coefficienti di perdita lungo la rete, il modello esplora in successione le celle di calcolo e ne effettua il bilancio idrico. Nel caso in cui il contenuto idrico risulti inferiore alla soglia di intervento e vi sia disponibilità di acqua, si ha attivazione dell'irrigazione.
- il quarto e ultimo modulo effettua una stima delle rese delle colture.

Per le specifiche del modello si rimanda al già citato sito di IdrAgra³.

¹ Stöckle, C. O., Donatelli, M., & Nelson, R. (2003). CropSyst, a cropping systems simulation model. *European journal of agronomy*, 18(3-4), 289-307.

² Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300(9), D05109.

³ Il manuale tecnico del modello è reperibile al sito <https://idragra.unimi.it/resources/>.

2.1 Dati utilizzati

2.1.1 Agrometeorologia

Nel territorio oggetto di studio è presente un'unica stazione ARPA che registra la totalità dei dati agro-meteorologici necessari all'implementazione del modello ed è ritenuta affidabile a partire dal 2022. I dati registrati in questa stazione sono quindi stati utilizzati unicamente per simulare il 2022, mentre per gli anni 2012-2021 abbiamo utilizzato le stazioni meteo ARPA di Brescia, Gamba (BS) e Mantova che risultavano essere le stazioni più vicine complete di tutti i sensori agro-meteorologici. Per riprodurre il più possibile le condizioni meteorologiche locali, il Consorzio ha fornito le serie di altezze giornaliere di precipitazione [mm] per gli anni 2017-2022, registrate dalla stazione pluviometrica consortile sita nel Comune di Volta Mantovana. I dati delle due stazioni sono stati quindi uniti alle serie di precipitazione misurate dal Consorzio. Nella FIGURA 1 vengono riportate la posizione e il codice delle stazioni meteo ARPA utilizzate e la posizione del pluviometro consortile.

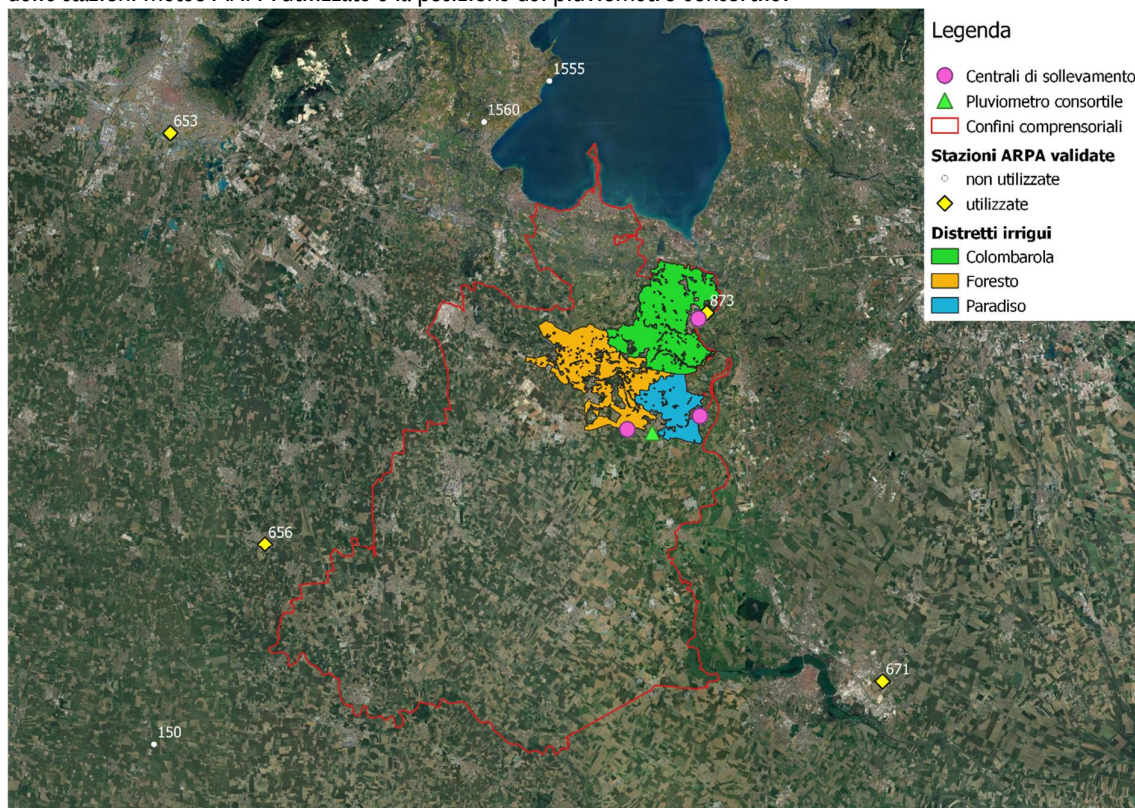


FIGURA 1. POSIZIONE E CODICE DELLE STAZIONI METEO ARPA UTILIZZATE PER I DATI AGRO-METEOLOGICI (ROMBI GIALLI) E POSIZIONE DEL PLUVIOMETRO CONSORTILE (TRIANGOLO VERDE). LE STAZIONI 653 (BRESCIA), 656 (GAMBARA – BS) E 671 (MANTOVA) SONO STATE UTILIZZATE PER GLI ANNI 2012-2021. A PARTIRE DAL 2022 SONO STATI UTILIZZATI I DATI DELLA STAZIONE 873 (PONTI SUL MINCIO – MN). NELLA FIGURA VENGONO ANCHE EVIDENZIATI I DISTRETTI COLOMBAROLA (VERDE), FORESTO (ARANCIONE) E PARADISO (BLU), I RISPETTIVI IMPIANTI DI POMPAGGIO, INDICATI CON UN SIMBOLO VIOLA E I CONFINI (LINEA ROSSA).

2.1.2 Portate irrigue

Il Consorzio ha reso disponibili le serie di valori di portata media giornaliera in ingresso ai distretti Colombarola, Foresto, Paradiso per gli anni 2018-2022. Le portate sono misurate nelle centrali di sollevamento site rispettivamente a Monzambano, in località Foresto (Volta Mantovana) e in località Paradiso (Volta Mantovana), le quali prelevano le acque del canale Virgilio. In aggiunta alle portate degli impianti, il distretto Foresto si serve di 5 pozzi consortili e il distretto Colombarola di altri 4, necessari ad integrare i flussi in ingresso nei distretti. L'insieme dei pozzi di ciascun distretto può erogare una portata massima prossima a 250 l s^{-1} . La posizione delle stazioni di pompaggio è rappresentata in FIGURA 1, mentre gli andamenti dei volumi mensili di pompaggio di ognuna delle tre stazioni sono riportati in FIGURA 2.

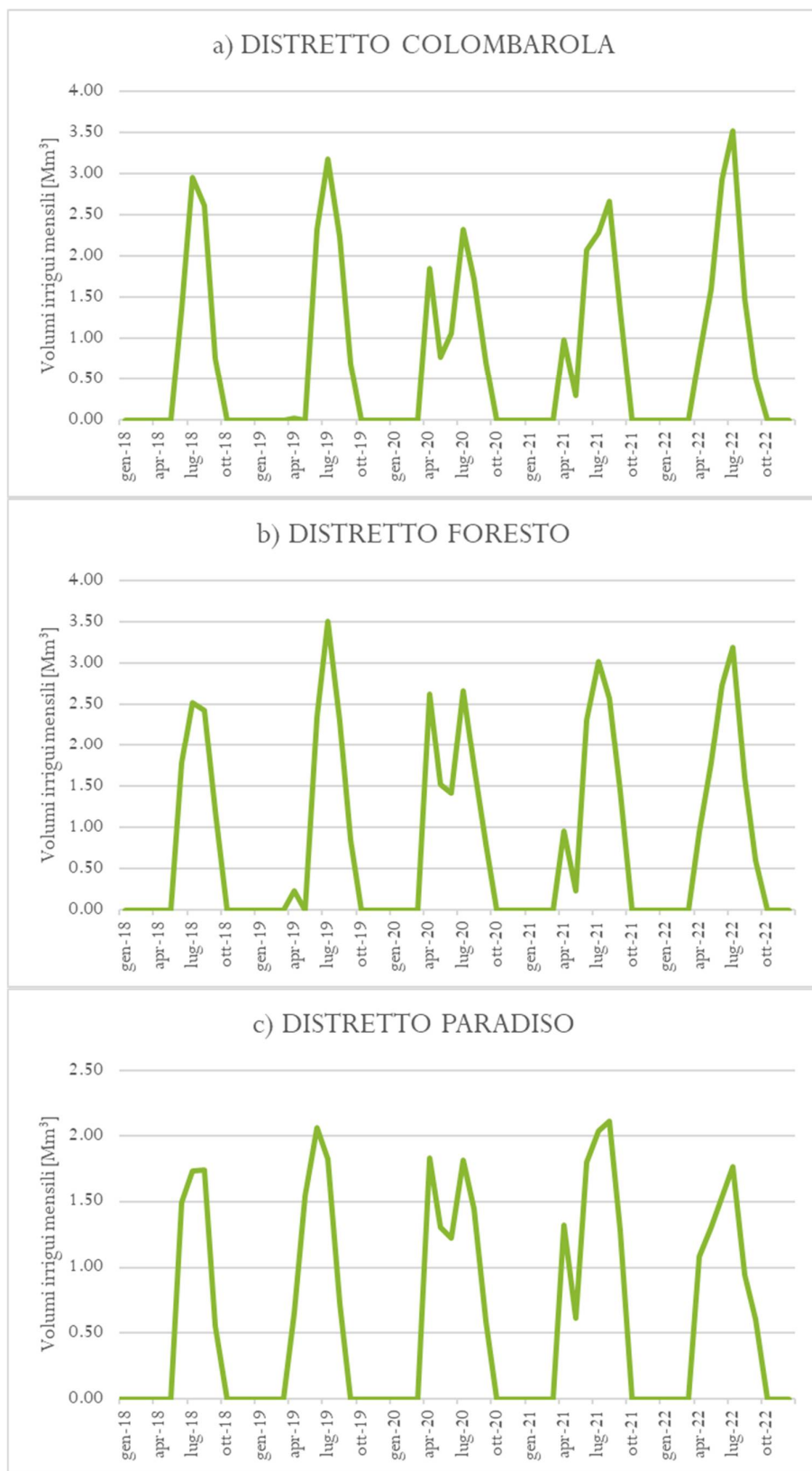


FIGURA 2. ANDAMENTO DEI VOLUMI IRRIGUI MENSILI [Mm³] PRELEVATI ALLE CENTRALI DI POMPAGGIO PER I DISTRETTI COLOMBAROLA (A), FORESTO (B) E PARADISO (C) NEGLI ANNI 2018-2022. I VOLUMI RIPORTATI PER IL DISTRETTO FORESTO COMPRENDONO EVENTUALI INTEGRAZIONI DA POZZI CONSORTILI.

2.1.3 Consumi colturali

Il Consorzio ha fornito i valori dei consumi annui delle colture più diffuse, misurati in alcuni settori monocolturali presenti nel territorio dei Colli Morenici del Garda. Le misure, riportate in TABELLA 1, sono riferite ai consumi di mais, foraggiere, vite, kiwi e melo e coprono gli anni dal 2017 al 2022.

TABELLA 1. VALORI DEI CONSUMI SPECIFICI REGIONALI (m³/ha) MISURATI IN ALCUNI SETTORI MONOCOLTURALI ALL'INTERNO DEI COLLI MORENICI DEL GARDA EFFETTUATE DAL CONSORZIO A PARTIRE DAL 2017 E LORO VALORE MEDIO.

Distretto	Settore	Coltura	2017	2018	2019	2020	2021	2022	MEDIA
Foresto	C 158**	Kiwi	4328	3461	5631	4440	6159	5562	4930
	C 163	Soia/mais	3747	-	-	2098	4155	3825	3456
	C 140	Mele	1367	1927	2461	1985	2509	3229	2246
	B 91	Vite	1518	709	912	358	719	1393	935
	B 53	Granoturco	5603	5477	4518	4275	4987	3958	4803
Colombarola	79	Vite	1726	1110	1313	443	1145	2251	1331
	81	Vite	2087	1345	2063	362	1326	2958	1690
	189	Kiwi	7291	5343	4554	7729	6288	4767	5995
	216	Granoturco	4449	2496	4012	2883	2797	3646	3381
	80	Prato	3861	3769	3220	5444	4791	5259	4391
	201	Granoturco	3871	3607	2756	3075	3628	5950	3814
Paradiso	Settore 1	Kiwi	2665	2131	7501	8946	10050	9733	6838
	Settore 1	Prato	3849	4017	4352	5081	4953	4837	4515

2.1.4 Pedologia e parametri idraulici dei suoli

Per le simulazioni è necessario fornire al modello informazioni riguardo alla divisione in orizzonti dei suoli presenti nell'area di studio e alle caratteristiche pedologiche ed idrauliche di ciascun orizzonte, così da determinarne le capacità ritenitive e conduttrici dei terreni. La pedologia è stata estratta dalla Carta Pedologica 1:50.000 creata dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF)⁴ in quanto la banca dati ad essa correlata risulta essere la più completa per quanto riguarda le principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli di pianura e di collina del territorio regionale. I parametri idraulici dei suoli sono stati derivati dalle caratteristiche granulometriche degli stessi, grazie all'applicazione delle funzioni di pedotrasferimento di Rawls e Brakensiek (1989)⁵, utilizzate nella valutazione degli utilizzi e dei fabbisogni irrigui annui in Regione Lombardia ai fini degli adempimenti previsti dalla D.g.r. 19 dicembre 2016 - n. X/6035⁶ e in altri studi effettuati nel territorio regionale⁷.

2.1.5 Uso del suolo e parametri colturali

L'uso del suolo determina l'estensione della superficie irrigua all'interno dei distretti e risulta quindi essere un dato fondamentale. Le simulazioni sono state fatte utilizzando per gli anni 2012-2020 i dati SIARL, disponibili con una maglia 20 m x 20 m, e per il 2021-22 i dati del Piano Culturale Grafico (PCG), disponibili in formato vettoriale e poi rielaborati in formato raster. Negli anni la distribuzione spaziale delle colture varia ma le percentuali destinate a ciascuna di esse risultano essere paragonabili. Nella TABELLA 2 si riporta la superficie destinata a ciascuna coltura irrigua estratta dal Piano Culturale Grafico del 2022 e la percentuale sul totale della superficie irrigua simulata per i distretti Colombarola, Foresto e Paradiso.

4

⁴ La carta pedologica 1 : 50 000 di ERSAF Lombardia è reperibile all'interno del Geoportale di Regione Lombardia, al sito <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>. Al sito <https://losan.ersaf Lombardia.it/> è invece reperibile la banca dati LOSAN, nella quale vengono descritti i profili associati alla carta pedologica.

⁵ Rawls, W. J., & Brakensiek, D. L. (1989). Estimation of soil water retention and hydraulic properties. In *Unsaturated flow in hydrologic modeling: Theory and practice* (pp. 275-300). Dordrecht: Springer Netherlands.

⁶ si veda ANBI Lombardia (2024). Report sulla stagione irrigua 2024. Il documento è reperibile al link <https://cedater.anbi.lombardia.it/report/>

⁷ Masseroni, D., Gangi, F., Castagna, A., & Gandolfi, C. (2021, April). Comparing different FAO approaches for assessing irrigation needs and scheduling: application on a maize field in Mediterranean area. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU21-10992).

TABELLA 2. SUPERFICIE ASSOLUTA [ha] E RELATIVA [%] OCCUPATA DALLE COLTURE IRRIGUE SIMULATE NEI DISTRETTI DI COLOMBAROLA, FORESTO E PARADISO NELL'ANNO 2022.

Coltura	Superficie [ha]	% superficie sul totale
Mais	1794	35.3%
Foraggiere	1808	35.6%
Vite	641	12.6%
Actinidia (kiwi)	182	3.6%
Altre frutticole	173	3.4%
Soia e altri legumi	313	6.2%
Coltivazioni orticole estive	148	2.9%
Coltivazioni florovivaistiche	12	0.2%
Piante industriali	5	0.2%
Totale superficie irrigua	5076	100%

Come introdotto all'inizio del Par. 2, il primo modulo di IdrAgra permette di stimare l'andamento temporale dei parametri culturali a partire dai dati agro-metereologici e dei parametri che definiscono le specificità delle colture nelle diverse fasi fenologiche. I parametri culturali dati in input che più condizionano il tasso di traspirazione e la disponibilità idrica per le diverse colture sono:

- il coefficiente culturale basale ($K_{cb\ max}$); questo coefficiente adimensionale esprime il rapporto tra la traspirazione della coltura in esame e l'evapotraspirazione potenziale, ovvero il fabbisogno idrico di una coltura di riferimento stabilito in funzione delle variabili agro-metereologiche secondo il metodo Penman Monteith modificato dalla FAO⁸;
- il LAI (Leaf Area Index), ovvero il rapporto tra la superficie fogliare e l'area del terreno [$m^2\ m^{-2}$];
- la profondità delle radici (z_r) espressa in metri;
- il parametro p , un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1 necessario per determinare la RAW (Ready Available Water), ovvero la frazione di acqua presente all'interno del suolo che può essere estratta dalla pianta prima che incorra uno stress idrico. Quando il contenuto idrico del suolo scende al di sotto di questa soglia, la capacità di assorbimento idrico radicale subisce una limitazione e non è sufficiente per soddisfare completamente la domanda di traspirazione e la coltura inizia a subire uno stress.

I primi tre parametri variano nel corso della stagione in funzione delle temperature, le quali determinano il passaggio da una fase fenologica alla successiva secondo il modello delle somme termiche.

Nella TABELLA 3 vengono riportati i valori massimi dei parametri per le colture irrigue simulate.

TABELLA 3. COEFFICIENTE CULTURALE BASALE $K_{cb\ max}$ [-], INDICE DI AREA FOGLIARE MASSIMO LAI_{max} [$m^2\ m^{-2}$], PROFONDITÀ RADICALE – z_r [m] E PARAMETRO p [-] UTILIZZATI PER MODELLIZZARE LE COLTURE IRRIGUE DEI DISTRETTI DEI COLLI MORENICI DEL GARDA.

Coltura	$K_{cb\ max}$ [-]	LAI_{max} [$m^2\ m^{-2}$]	z_r [m]	p [-]
Mais	1.05	5.2	0.85	0.5
Foraggiere	1.05	2.5	0.75	0.65
Vite*	0.8	4	1	0.5
Actinidia (kiwi)	0.9	4	0.45	0.30
Altre frutticole	0.75	5	0.45	0.5
Melo	0.65	4.5	0.45	0.5
Coltivazioni orticole estive	0.95	2.5	0.45	0.3
Soia e altri legumi	1.1	5	1	0.5

⁸ Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300(9), D05109.

Molti dei parametri utilizzati sono quelli già presenti nel modello, estratti dal già citato quaderno FAO56 e dal modello CRITERIA⁹ e adattati per la Regione Lombardia. Sono stati modificati:

- il valore di $K_{cb\ max}$ del mais, ipotizzando che nei distretti indagati vengano coltivate delle varietà meno idro esigenti rispetto a quelle parametrizzate nel FAO56 e in accordo con studi precedenti¹⁰;
- il valore di p per l'Actinidia, in modo da riuscire ad ottenere dei fabbisogni paragonabili a quelli misurati.
- i parametri relativi alla vite; i parametri reperibili in letteratura fanno generalmente riferimento al complesso filare-interfilare¹¹; per ottenere una migliore stima dei fabbisogni irrigui della coltura sono stati modificati i parametri per simulare separatamente le due superfici e tener conto che l'irrigazione interessa solo il filare.

Il parametro z_r delle colture arboree da frutto è stato estratto dal database del modello CRITERIA.

2.1.6 Metodi irrigui

I metodi utilizzati per l'applicazione dell'acqua sui campi sono prevalentemente metodi in pressione: aspersione e micro-irrigazione. Fa eccezione unicamente il comizio Scorrimento Gatti, un territorio di circa 200 ha nei confini del distretto Paradiso, irrigato con il metodo dello scorrimento superficiale.

Le altezze irrigue sono state inizialmente determinate a partire da un valore medio fornito dal Consorzio, pari a 32 mm/ha. Considerando le richieste idriche delle diverse colture, si è deciso di fornire 50 mm a intervento per le colture irrigate ad aspersione e 20 mm per le colture irrigate con micro-irrigazione. Per il settore Scorrimento Gatti si è fatto riferimento agli apporti adottati nell'analisi degli utilizzi e dei fabbisogni irrigui regionali, svolta annualmente da ANBI Lombardia per conto di Regione, ai fini di popolare il sistema informativo nazionale SIGRIAN¹².

2.1.7 Rete di adduzione e distribuzione

La rete di adduzione e distribuzione nei tre distretti è completamente tubata e in buono stato di manutenzione. Nell'implementazione del modello si è adottato un valore dell'efficienza di adduzione e distribuzione pari a 0.95 per tutti i distretti, secondo la valutazione fornita dal Consorzio. Fa eccezione, ancora una volta, il settore a scorrimento, dove il trasporto avviene tramite canali in calcestruzzo, per il quale è stata considerata un'efficienza pari a 0.9. La distribuzione nei tre distretti avviene con ruota di 196 ore.

3 Implementazione del modello

Il modello è stato implementato adottando una discretizzazione spaziale con maglie di 250 m x 250 m, per un totale di 1056 maglie attive, in cui è stato calcolato il bilancio idrologico con passo giornaliero per l'intero periodo di simulazione, dal 2012 al 2022, per un totale di 11 anni. Sono stati indagati i fabbisogni irrigui delle colture più diffuse nei tre distretti dei Colli Morenici: mais, foraggiere, vite, actinidia e altre fruttifere (TABELLA 2).

Il modello è stato implementato in modo da riprodurre il turno irriguo di 196 ore, approssimato a 8 giorni. Fanno eccezione le aree coltivate ad Actinidia dove si è considerata una fornitura irrigua a domanda, d'accordo con il Consorzio.

3.1 Calibrazione del modello

Il modello dei tre distretti dei Colli Morenici, come tutti i modelli spazialmente distribuiti, ha un elevatissimo numero di parametri ($\propto 10^4$), dal momento che ogni cella ha una propria parametrizzazione del suolo e del metodo irriguo. Non essendo possibile una calibrazione di tutti i parametri, si è scelto di operare solo su un insieme molto ristretto di quelli legati ai metodi irrigui. I valori dei parametri idraulici dei suoli sono invece stati mantenuti invariati

⁹ <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/scopri-di-piu/strumenti-di-modellistica/criteria>

¹⁰ Facchi, A., Gharsallah, O., Corbari, C., Masseroni, D., Mancini, M., & Gandolfi, C. (2013). Determination of maize crop coefficients in humid climate regime using the eddy covariance technique. *Agricultural water management*, 130, 131-141.

¹¹ Rallo, G., Paço, T. A., Paredes, P., Puig-Sirera, À., Massai, R., Provenzano, G., & Pereira, L. S. (2021). Updated single and dual crop coefficients for tree and vine fruit crops. *Agricultural Water Management*, 250, 106645.

¹² ANBI Lombardia (2024), Report sulla stagione irrigua 2024. Il documento è reperibile al link <https://cedater.anbilombardia.it/report/>

rispetto a quelli ottenuti dalle PTF a partire dai profili di suolo e dalle unità pedologiche cartografate (cfr. Par.2.1.4).

I parametri operativi dei metodi irrigui (altezza di adacquamento e criterio di attivazione degli interventi irrigui) sono stati definiti con riferimento alle tipologie di metodi irrigui utilizzati nell'area senza distinzioni all'interno di ogni tipologia (ad esempio, tra aspersione con irrigatori a lunga gittata su carrello mobile e aspersione con sistemi di maggior precisione montati su pivot o rainger).

Come criterio di attivazione dell'intervento irriguo si è utilizzato un valore soglia percentuale di esaurimento della cosiddetta acqua prontamente disponibile, RAW, calcolata come differenza tra il contenuto idrico dello strato di suolo interessato dall'attingimento radicale corrispondente alla capacità di campo lungo l'intero profilo e il contenuto idrico dello stesso strato che determina l'inizio dell'insorgenza di fenomeni di stress idrico per la coltura. All'altezza d'adacquamento è stato attribuito un unico valore per ogni tipologia di metodo irriguo.

I valori dei parametri operativi dei metodi irrigui sono stati inizializzati sulla base di confronti con i tecnici consortili, di studi svolti da ANBI Lombardia in collaborazione con DiSAA-UnIMI ai fini dell'applicazione del decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali del 31 luglio 2015 "Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo" (si veda: Allegato alla D.G.R. 6035/2016; <https://cedater.anbilombardia.it/report/>) e da alcune sperimentazioni in ambito lombardo¹³.

La calibrazione è stata effettuata esplorando un range di valori abbastanza ristretto intorno a quello iniziale valutando il risultato sulla base di tre elementi (in ordine d'importanza):

- accordo tra i fabbisogni irrigui alle derivazioni stimati e i volumi effettivamente sollevati alle stazioni di pompaggio;
- accordo tra i fabbisogni irrigui stagionali delle singole colture e i corrispondenti consumi misurati;
- numero e periodicità degli interventi irrigui coerenti con il turno irriguo e con i dati empirici resi disponibili dal Consorzio.

La TABELLA 4 riporta i valori dei parametri dei metodi irrigui risultanti dalla calibrazione. Per soglia d'intervento si intende il contenuto idrico del suolo al di sotto del quale, quando l'acqua è disponibile, si ha l'intervento irriguo. Nel modello la soglia di intervento viene espressa come percentuale della RAW, determinata moltiplicando l'acqua disponibile totale per il parametro p precedentemente descritto (2.1.5).

TABELLA 4. METODO IRRIGUO ASSOCIATO ALLE COLTURE SIMULATE E RELATIVI PARAMETRI OPERATIVI: ALTEZZA IRRIGUA (mm ha^{-1}) E SOGLIA DI INTERVENTO, ESPRESSA COME % DELL'ACQUA FACILMENTE DISPONIBILE PER LE PIANTE (RAW).

Coltura	Metodo irriguo	Altezza adacquamento [mm ha^{-1}]	Soglia di intervento [% della RAW]
mais, foraggiere, soia	aspersione	50	100%
coltivazioni orticole, fruttiferi (Drupacee)	micro-irrigazione	20	50%
vite	micro-irrigazione	20	50%
actinidia	micro-irrigazione	10	30%
melo	micro-irrigazione	15	50%
mais, foraggiere	scorrimento	180	70%

Per riuscire ad avvicinare le stime ai consumi culturali misurati e ai volumi prelevati alle stazioni di pompaggio è stato necessario simulare per le superfici ad Actinidia una fornitura a domanda, applicando una soglia di intervento molto cautelativa (30% della RAW) in considerazione dell'elevata sensibilità allo stress idrico della coltura e applicare per le colture irrigate ad aspersione, che occupano il 77% della superficie dell'area di studio, soglie di intervento più elevate di quelle riscontrate generalmente nei distretti irrigui della pianura lombarda. Così facendo

¹³ Masseroni D., Gangi F., Ghilardelli F., Gallo A., Kisekka I., Gandolfi C. (2023), Assessing the water conservation potential of optimized surface irrigation management in Northern Italy. *Irrigation Science*, DOI: 10.1007/s00271-023-00876-5

Mayer A., Ortuani B., Facchi A. (2023). Assessing Potential Water Savings Implementing Variable Rate Sprinkler Irrigation in a Maize Farm in Northern Italy. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 337 LNCE, pp. 133 – 141. DOI: 10.1007/978-3-031-30329-6_14

si ottengono delle stime in linea con le misure, sebbene il modello evidenzi un deficit di fornitura per le colture erbacee, come indicato da valori del rapporto tra evapotraspirazione effettiva e potenziale minori di uno (0,85 per il mais, 0,8 per le foraggere).

Nella FIGURA 3 viene riportato un esempio dell'andamento del contenuto idrico in una cella simulata a mais per l'anno 2019 nel distretto Colombarola. Nella figura è possibile osservare l'andamento giornaliero del contenuto idrico del suolo (area in azzurro) rispetto ai contenuti idrici critici (alla capacità di campo – linea verde - e al punto di appassimento – linea rossa) e alla soglia di intervento impostata (linea blu), che in questo caso è pari al 100% della RAW (TABELLA 4). I pannelli superiori riportano le precipitazioni (barre blu) e gli apporti irrigui (barre rosse). Le irrigazioni scattano ogni qual volta il contenuto idrico raggiunge la soglia di intervento. L'iniziale aumento del volume idrico contenuto nel suolo è legato all'accrescimento radicale.

Una soglia di intervento pari al 100% della RAW implica che gli interventi irrigui avvengono all'esaurimento dell'acqua prontamente disponibile per le colture. Pertanto, se il contenuto idrico si trova al di sotto di tale soglia, la pianta non è in grado di estrarre dal suolo l'acqua necessaria a soddisfare completamente il proprio fabbisogno evapotraspirativo potenziale e risulta quindi in una condizione di stress idrico, di intensità crescente al diminuire del contenuto idrico. Nell'immagine è possibile osservare come questo avvenga in varie fasi durante la stagione vegetativa, seppure con intensità non particolarmente elevata (come indicato dal margine comunque ampio rispetto al cosiddetto punto di appassimento).

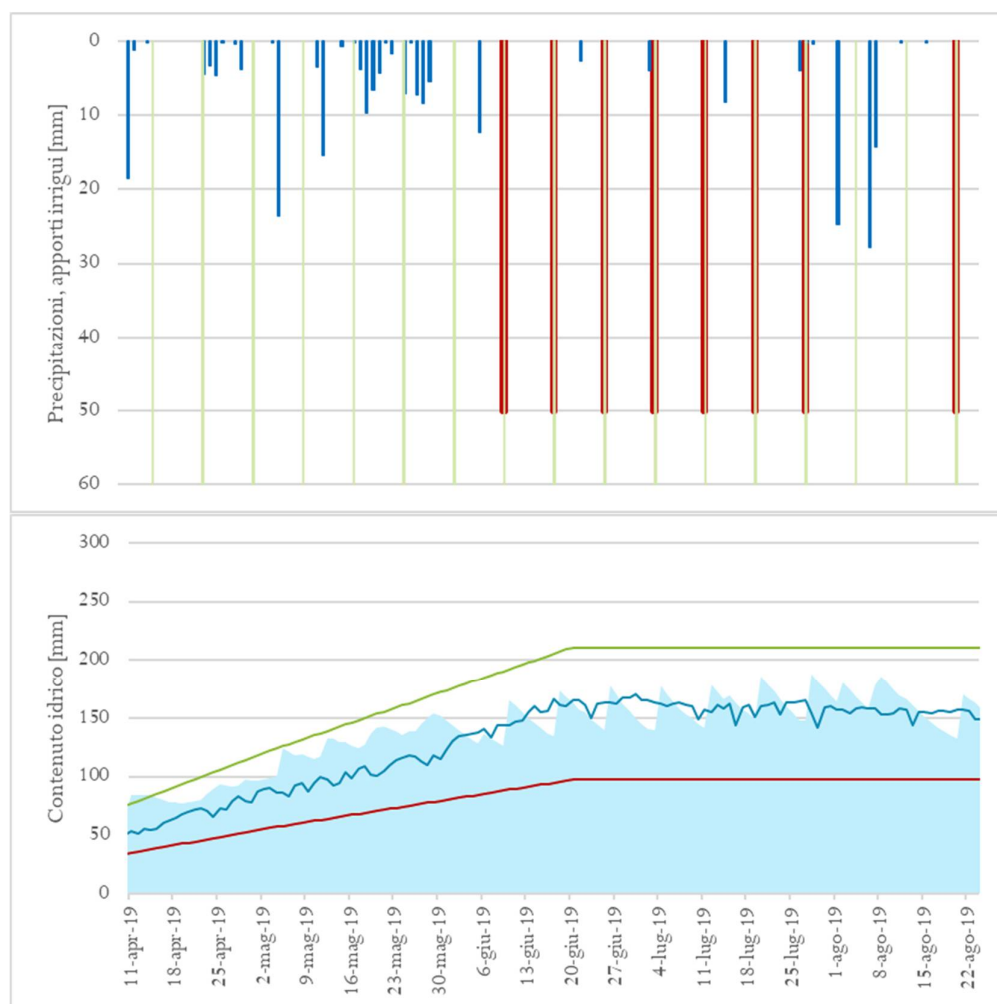


FIGURA 3. ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO DURANTE L'ANNO 2019 PER UNA CELLA SIMULATA A MAIS. NEL PANNELLO SUPERIORE SONO RIPORTATI GLI INTERVENTI IRRIGUI (BARRE ROSSE) E LE PRECIPITAZIONI (BARRE BLU) DURANTE LA STAGIONE IRRIGUA; NEL GRAFICO SOTTOSTANTE È POSSIBILE OSSERVARE L'ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO GIORNALIERO DEL SUOLO (AREA AZZURRO), LA SOGLIA DI INTERVENTO IMPOSTATA (LINEA BLU) E I CONTENUTI IDRICI ALLA CAPACITÀ DI CAMPO (LINEA VERDE) E AL PUNTO DI APPASSIMENTO (LINEA ROSSA).

Il modello stima uno stress limitato anche per la vite, che però coerente con le caratteristiche delle produzioni vinicole in zona, che sono molto orientate al miglior risultato qualitativo conseguibile anche attraverso fasi di stress idrico controllato, come evidenziato da alcuni studi^{14,15}.

Per quanto riguarda le altre frutticole secondo il PCG del 2022 nell'area dei Colli Morenici, escludendo l'Actinidia, sono presenti principalmente melo (ca. 65 ha) e Drupacee, ovvero ciliegio, susino, pesco, albicocco (ca. 60 ha). Il melo è caratterizzato da richieste irrigue generalmente inferiori rispetto alle Drupacee e per questo in IdrAgra è stata utilizzata la parametrizzazione fornita dal modello CRITERIA per un frutteto misto, i cui parametri portano a stimare un fabbisogno irriguo che media quelli di queste due tipologie di piante da frutto. Per il melo disponiamo delle misure dei consumi effettuate in un settore del distretto Foresto (TABELLA 1) ma per ottenere dei valori paragonabili è stato necessario calibrare i parametri del metodo irriguo, arrivando ad impostare un'altezza di adacquamento pari a 15 mm. I fabbisogni così ottenuti portano ad avere uno stress che in media supera il 30% e in questo caso, dato che l'obiettivo dei frutticoltori è una produzione abbondante, uno stress così elevato risulta poco realistico. Le altezze sono quindi state riportate a 20 mm, ottenendo una stima dei consumi medi per le frutticole superiore rispetto a quella misurata per il settore a melo dal Consorzio (TABELLA 5). Il risultato della calibrazione, in termini di aderenza dei fabbisogni irrigui aggregati a livello di distretto alle misure di portata sollevata dalle stazioni di pompaggio, è illustrato nel paragrafo seguente.

3.2 Risultati

A seguito delle simulazioni con il modello calibrato, è stato determinato un intervallo di fabbisogno irriguo annuo per le principali colture presenti nei distretti dei Colli Morenici. La TABELLA 5 riporta i valori minimo, massimo e medio di fabbisogno irriguo annuo stimati per gli anni 2012-2022, mentre nella FIGURA 4 sono illustrati i fabbisogni irrigui colturali stimati per ciascuno degli anni simulati.

TABELLA 5. FABBISOGNO IRRIGUO ANNUO MINIMO, MASSIMO E MEDIO PER GLI ANNI 2012-2022 PER ACTINIDIA, MAIS, FORAGGERE, VITE, MELO E ALTRE FRUTTIFERE STIMATO PER I DISTRETTI DEI COLLI MORENICI DEL GARDA.

FABBISOGNI IRRIGUI ANNUI 2012-2022			
	MINIMO	MASSIMO	MEDIA
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
ACTINIDIA	5595	6973	6203
MAIS	3671	5320	4247
FORAGGERE	3710	6146	4874
VITE	1254	1544	1445
MELO	1736	2781	2241
ALTRE FRUTTIFERE	2607	3595	3361

I grafici seguenti (FIGURA 5) riportano invece il confronto tra l'andamento mensile medio delle misure e delle stime dei volumi irrigui per gli anni 2018-2022 rispettivamente a Colombarola (a), Foresto (b) e Paradiso (c). Si può notare una sottostima da parte del modello nel mese di aprile, probabilmente dovuta alla messa in funzione dell'impianto e a pratiche irrigue non strettamente legate ai fabbisogni idrici delle colture. Sulla base di alcuni indici di valutazione è però possibile dire che il modello riesce a riprodurre con una buona approssimazione quelli che sono i volumi mensili utilizzati, soprattutto per i distretti di Colombarola e Foresto. Come indici sono stati utilizzati il coefficiente di correlazione (ρ) e l'indice di Nash-Sutcliffe (NSE), i cui valori ottenuti per i distretti in esame vengono riportati nella TABELLA 6. Questi indici sono stati utilizzati per confrontare le serie temporali di volumi irrigui mensili misurati e stimati e quindi dare una valutazione delle prestazioni del modello IdrAgra applicato ai distretti dei Colli Morenici. L'indice proposto da Nash e Sutcliffe è calcolato tramite l'Eq.1:

¹⁴ Progetto Sos-Ap: gestire al meglio gli input con irrigazione e concimazione di precisione [Sos-Ap Agronotizie](#)

¹⁵ Si veda il progetto ADAM www.adam-disaa.eu

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2} \quad \text{Eq. 1}$$

dove S_i è l'i-esimo valore stimato, M_i l'i-esimo valore misurato e $\bar{M}$ è la media dei valori misurati. L'intervallo di valori di E è compreso tra 1, corrispondente ad un adattamento perfetto del modello, e $-\infty$. Valori negativi dell'indice indicano che la media dei valori misurati consente di avere una stima più accurata rispetto a quella fornita dal modello.

Il coefficiente di correlazione ρ è un coefficiente adimensionale utilizzato per quantificare la forza della relazione tra due variabili. Può assumere valori compresi tra -1 e 1: un valore di 1 indica una correlazione positiva perfetta, un valore di -1 indica una correlazione negativa perfetta e un valore di 0 indica nessuna correlazione lineare. Maggiore è il valore assoluto, più forte è la correlazione. La formula per calcolarlo è la seguente (Eq.2):

$$\rho = \frac{\sum [(M_i - \bar{M})(S_i - \bar{S})]}{\sqrt{\sum (M_i - \bar{M})^2 \sum (S_i - \bar{S})^2}} \quad \text{Eq. 2}$$

Nella TABELLA 7 vengono riportati la media dei volumi irrigui annui misurati e stimati per gli anni 2018-2022, la differenza tra le misure e le stime nell'arco dell'intera stagione irrigua e la differenza nei soli mesi estivi (giugno-agosto). Si può notare come per i mesi di maggio richiesta le stime risultino più vicine ai valori misurati.

Nella FIGURA 6 invece viene mostrato il confronto tra i volumi irrigui misurati e i stimati nei singoli anni per il periodo compreso tra il 2018 e il 2022. È possibile notare un buon accordo tra volumi stimati e misurati, salvo per il 2020 e soprattutto per i distretti di Foresto e Paradiso; probabilmente ciò è dovuto alle abbondanti piogge che hanno caratterizzato i mesi di giugno e agosto di quell'anno, che hanno portato il modello a calcolare volumi inferiori agli altri anni.

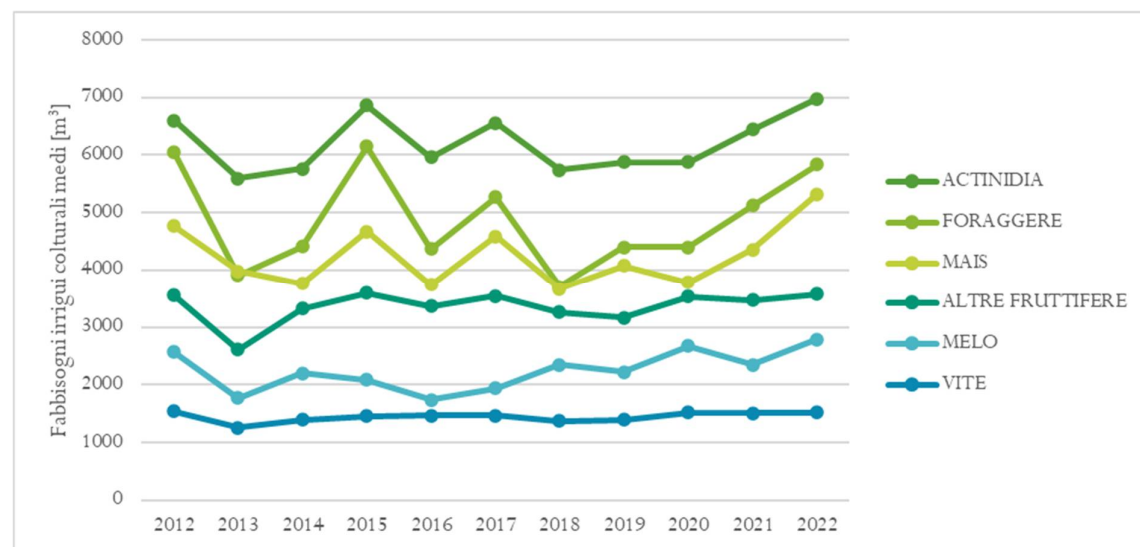


FIGURA 4. FABBISOGNI IRRIGUI CULTURALI MEDI [m^3] PER GLI ANNI 2012-2022 NEI DISTRETTI COLOMBAROLA, FORESTO E PARADISO PER ACTINIDIA, MAIS, FORAGGERE, VITE E MELO.



FIGURA 5. CONFRONTO TRA LA MEDIA PER GLI ANNI 2018-2022 DEI VOLUMI IRRIGUI MENSILI [m3] MISURATI (LINEA VERDE SCURO) E STIMATI CON IDRAGRA (LINEA VERDE CHIARO) PER I DISTRETTI COLOMBAROLA (A), FORESTO (B) E PARADISO (C).

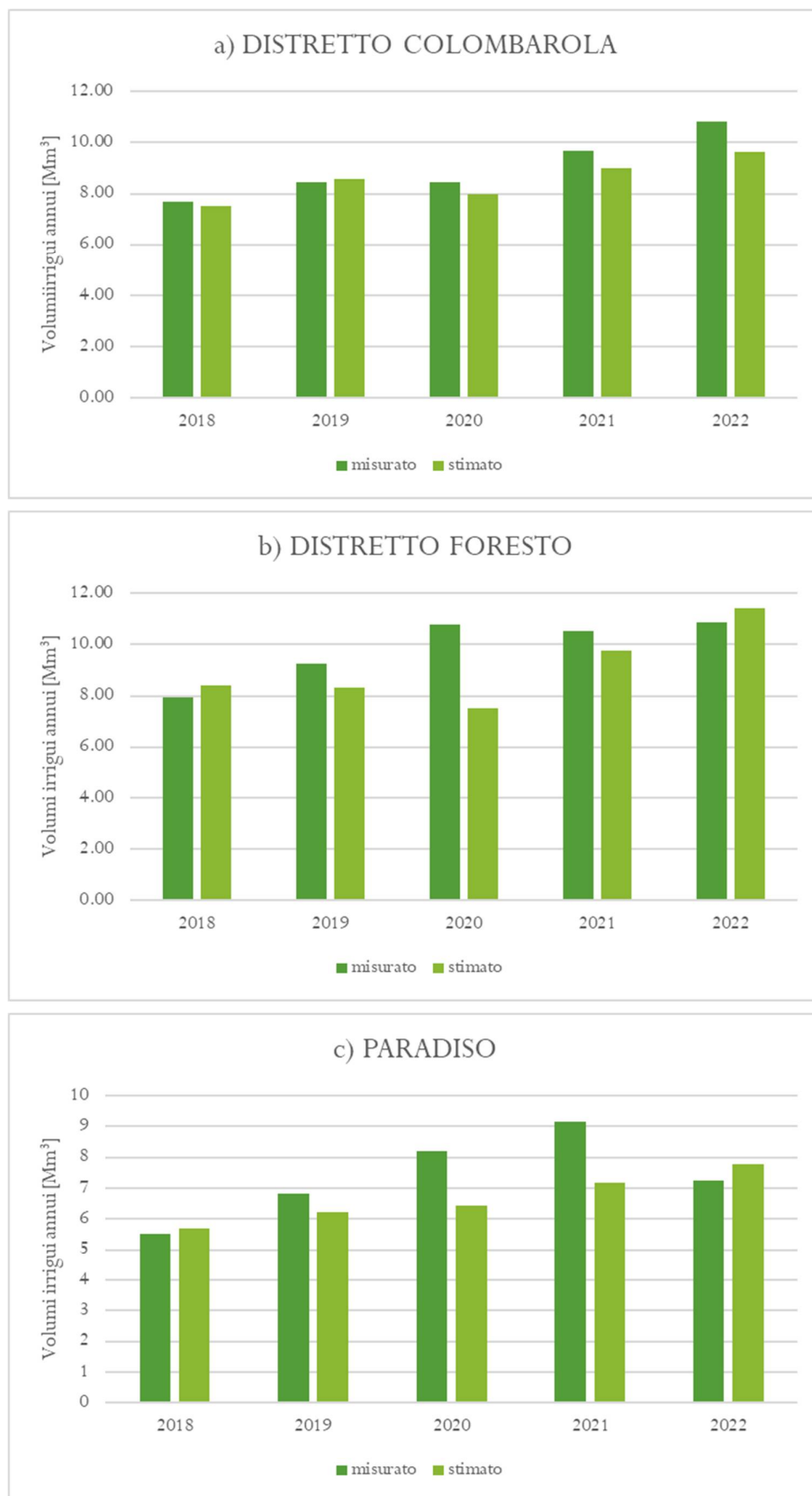


FIGURA 6. CONFRONTO TRA I VOLUMI IRRIGUI ANNUI [Mm³] MISURATI (VERDE SCURO) E STIMATI (VERDE CHIARO) NEGLI ANNI 2018-2022 PER I DISTRETTI COLOMBAROLA (A), FORESTO (B) E PARADISO (C).

TABELLA 6. INDICI DI ACCORDO TRA FABBISOGNI STIMATI E PORTATE ALLE STAZIONI DI POMPAGGIO: COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE – ρ – E INDICE DI NASH-SUTCLIFFE – NSE.

INDICI DI VALUTAZIONE		
Distretto	ρ	NSE
Colombarola	0.95	0.90
Foresto	0.95	0.89
Paradiso	0.88	0.76

TABELLA 7. DISTRETTI COLOMBAROLA, FORESTO E PARADISO. CONFRONTO DELLE MEDIE DEI VOLUMI IRRIGUI ANNUALI MISURATI DAL CONSORZI E STIMATI CON IDRAGRA PER GLI ANNI 2018-2022 E DIFFERENZA PERCENTUALE PER L'INTERA STAGIONE E PER I MESI DI MAGGIORE RICHIESTA (GIUGNO-AGOSTO).

VOLUMI IRRIGUI ANNUALI MEDIE 2018-2021				
	misura [Mm ³]	stima [Mm ³]	differenza sull'intera stagione irrigua (%)	differenza giugno-agosto (%)
Colombarola	9.01	8.54	5%	-0.8%
Foresto	9.87	9.09	7%	-0.8%
Paradiso	7.39	6.67	8%	1.8%

4 Effetti del passaggio a distribuzione a domanda

Per valutare gli eventuali vantaggi derivanti dal passaggio dalla attuale modalità di distribuzione turnata a quella a domanda sono stati confrontati i volumi necessari per soddisfare interamente il fabbisogno irriguo delle colture nei due casi. In entrambi i casi le stime dei volumi sono state ottenute con il modello IdrAgra seguendo la metodologia illustrata nel paragrafo seguente.

4.1 Metodologia utilizzata

La TABELLA 8 riporta i parametri utilizzati per stimare i fabbisogni nel caso della distribuzione a domanda. In pratica si è ipotizzata l'attivazione automatica dell'intervento irriguo per contenuti idrico del suolo inferiori ad una soglia prefissata, variabile a seconda del metodo irriguo (ultima colonna della tabella). Anche l'altezza di adacquamento è stata fissata in modo specifico per ogni combinazione coltura-metodo irriguo. Le soglie di intervento sono più basse, in termini di contenuto idrico del suolo, di quelle utilizzate per la distribuzione turnata in virtù del fatto della maggiore flessibilità della fornitura irrigua garantita dalla distribuzione a domanda. Si presume infatti che gli agricoltori sfruttino maggiormente le capacità di ritenzione del suolo, irrigando solo quando effettivamente necessario.

La TABELLA 9 riporta i parametri dei metodi irrigui utilizzati per simulare una situazione di piena soddisfazione dei fabbisogni irrigui nel caso di distribuzione con turnazione di 8 giorni. Si noti che per garantire la soddisfazione del fabbisogno è stato necessario utilizzare per il mais ad aspersione e per le colture arboree altezze irrigue incrementate rispetto a quelle utilizzate nelle simulazioni presentate nel paragrafo precedente (TABELLA 4). Per kiwi, mais e foraggiere a scorrimento i valori utilizzati in precedenza erano già adeguati e sono stati mantenuti inalterati. Le soglie di intervento sono state mantenute invariate, salvo per le colture erbacee irrigate ad aspersione per cui la soglia è stata abbassata, attribuendole un valore più tipico per la distribuzione turnata. In questo modo si sono create le condizioni per ottenere risultati confrontabili con quelli ottenuti con la simulazione della distribuzione a domanda descritta sopra, in cui anche si prevede che i fabbisogni siano completamente soddisfatti.

TABELLA 8. METODO IRRIGUO ASSOCIATO ALLE COLTURE SIMULATE CON DISTRIBUZIONE A DOMANDA, RELATIVI PARAMETRI OPERATIVI (ALTEZZA IRRIGUA [$mm\ ha^{-1}$] E SOGLIA DI INTERVENTO, ESPRESSA COME % DELL'ACQUA FACILMENTE DISPONIBILE PER LE PIANTE – RAW).

Coltura	Metodo irriguo	Altezza irrigua [$mm\ ha^{-1}$]	Soglia di intervento [% della RAW]
mais, foraggiere, soia	aspersione	40	100%
coltivazioni orticole, fruttiferi (Drupacee)	micro-irrigazione	10	80%
vite	micro-irrigazione	10	80%
kiwi (sempre a domanda)	micro-irrigazione	10	30%
melo	micro-irrigazione	10	80%
mais, foraggiere	scorrimento	178	90%

TABELLA 9. METODO IRRIGUO ASSOCIATO ALLE COLTURE SIMULATE CON DISTRIBUZIONE TURNATA, RELATIVI PARAMETRI OPERATIVI (ALTEZZA IRRIGUA [$mm\ ha^{-1}$] E SOGLIA DI INTERVENTO, ESPRESSA COME % DELL'ACQUA FACILMENTE DISPONIBILE PER LE PIANTE – RAW).

Coltura	Metodo irriguo	Altezza irrigua [$mm\ ha^{-1}$]	Soglia di intervento [% della RAW]
mais, foraggiere, soia	aspersione	70	60%
altre fruttifere	micro-irrigazione	40	50%
vite	micro-irrigazione	40	50%
kiwi	micro-irrigazione	10	30%
melo	micro-irrigazione	40	50%
mais, foraggiere	scorrimento	178	70%

4.2 Risultati

I grafici seguenti riportano la media per gli anni 2012-2022 dei volumi irrigui mensili stimati, in caso di distribuzione a domanda e di distribuzione turnata, per i tre distretti oggetto di studio.

I risultati ottenuti mostrano come il passaggio da distribuzione turnata a quella a domanda per i distretti di Colombarola, Foresto e Paradiso porti ad un abbassamento dei volumi irrigui utilizzati (FIGURA 7), seppure relativamente più ridotto nei mesi di maggior fabbisogno delle colture (TABELLA 10). Riduzioni maggiori si verificano quando le piogge sono abbondanti e ben distribuite, mentre negli anni siccitosi la modalità di distribuzione influisce meno sui volumi irrigui utilizzati. Si riportano come esempio il confronto tra i volumi irrigui stimati simulando una distribuzione a domanda e turnata per gli anni 2017, 2020 e 2021 (FIGURA 9), rispettivamente caratterizzati da una precipitazione cumulata durante i mesi estivi scarsa, abbondante e nella media (FIGURA 8), per il distretto di Foresto.

TABELLA 10. RIDUZIONE % DEI FABBISOGNI IRRIGUI NEI MESI DI MAGGIORE RICHIESTA (GIUGNO-LUGLIO-AGOSTO) CORRELATA AL PASSAGGIO AD UNA DISTRIBUZIONE A DOMANDA E CALCOLATA SULLA MEDIA DEI FABBISOGNI IRRIGUI STIMATI NEL CASO DI DISTRIBUZIONE TURNATA E DISTRIBUZIONE A DOMANDA.

Distretto	riduzione % media dei consumi durante la stagione irrigua	riduzione % dei consumi nel trimestre giugno - agosto
Colombarola	14%	5%
Foresto	18%	12%
Paradiso	16%	10%



FIGURA 7. MEDIE PER GLI ANNI 2012-2022 DEI FABBISOGNI IRRIGUI MENSILI [Mm³] STIMATI SIMULANDO UNA DISTRIBUZIONE A DOMANDA (LINEA VERDE SCURO) E UNA DISTRIBUZIONE TURNATA (LINEA VERDE CHIARO) PER I DISTRETTI COLOMBAROLA (A), FORESTO (B) E PARADISO (C).

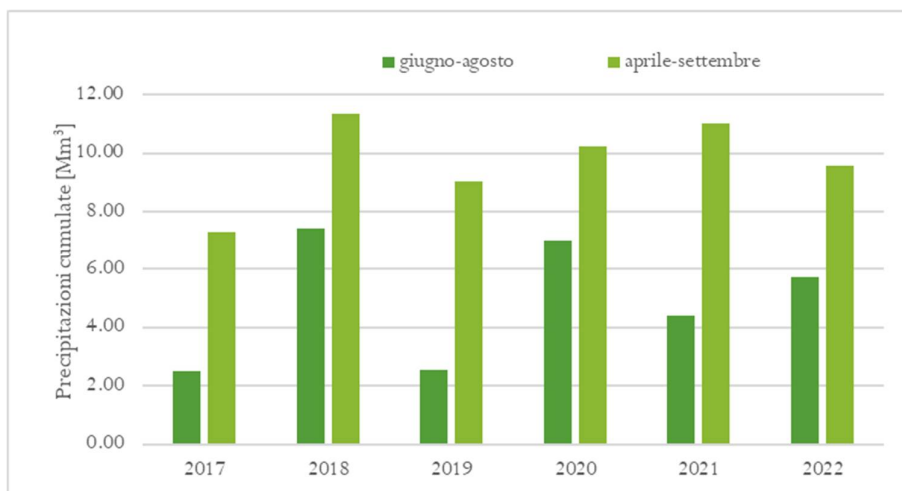


FIGURA 8. APPORTI IDRICI DA PRECIPITAZIONI [Mm³] PER IL DISTRETTO DI FORESTO NEI MESI DI GIUGNO, LUGLIO E AGOSTO E DURANTE L'INTERA STAGIONE IRRIGUA (APRILE-SETTEMBRE) PER GLI ANNI 2017-2022.



FIGURA 9. CONFRONTO TRA I VOLUMI IRRIGUI UTILIZZATI DURANTE L'INTERA STAGIONE (A) E DURANTE I MESI DI MAGGIORE RICHIESTA (B) [Mm³] STIMATI NEL CASO DI DISTRIBUZIONE TURNATA E A DOMANDA PER GLI ANNI 2017, 2020 E 2021, RISPETTIVAMENTE CARATTERIZZATI DA PRECIPITAZIONI SCARSE, ABBONDANTI E NELLA MEDIA.

È interessante esaminare gli andamenti delle grandezze del bilancio idrologico a scala di singola cella, confrontando distribuzione a domanda e turnata. Nella FIGURA 10 e nella FIGURA 11 si riportano a titolo esemplificativo le grandezze del bilancio idrologico giornaliero calcolate da IdrAgra per una cella coltivata a mais nella stagione 2020.

Il pannello superiore di entrambe le figure riporta le precipitazioni (barre blu), uguali ovviamente nei due casi, e gli apporti irrigui (barre rosse), che invece si differenziano passando dalla distribuzione a domanda a quella turnata. Ne primo caso si attivano 9 interventi irrigui di 40 mm ognuno (1 a maggio, 3 a giugno, 4 a luglio ed 1 ad agosto), con un intervallo di giorni tra un intervento e il successivo che varia tra un minimo di 5 giorni ad un massimo di 20.

Nel caso della distribuzione turnata gli interventi sono 8, ma da 70 mm ognuno e, nonostante i maggiori apporti stagionali rispetto al caso precedente (560 contro 360 mm), si crea una lieve condizione di stress idrico intorno alla fine di giugno. Il vantaggio rimane significativo anche considerando che nelle prime fasi della stagione la soglia di attivazione dell'intervento irriguo appare eccessivamente cautelativa e quindi i primi due interventi irrigui in FIGURA 11 potrebbero essere limitati in quantità, o addirittura evitati: infatti le irrigazioni stagionali ammonterebbero a 420-490 mm contro 360 per l'irrigazione a domanda.

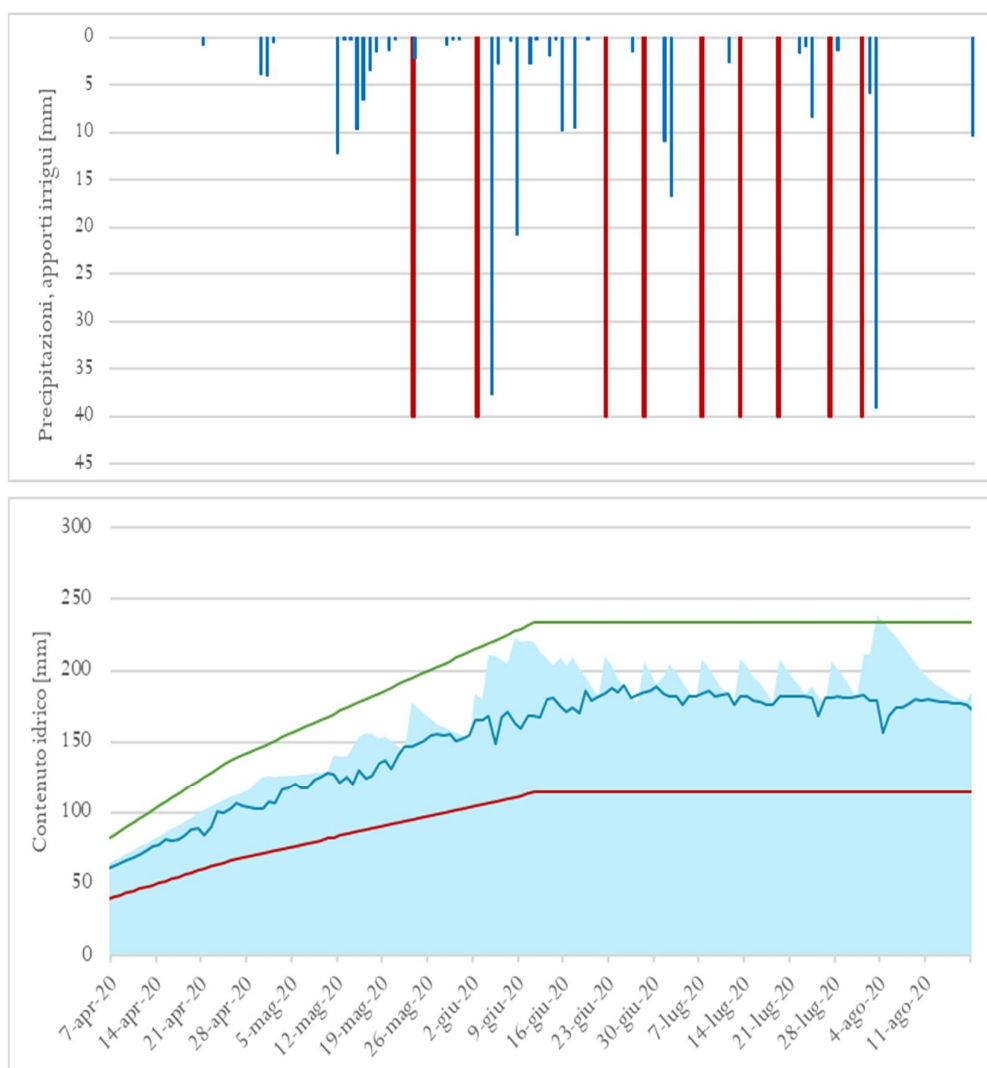


FIGURA 10. ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO DURANTE L'ANNO 2020 PER UNA CELLA A MAIS CON DISTRIBUZIONE A DOMANDA. NEL PANNELLO SUPERIORE SONO RIPORTATI GLI INTERVENTI IRRIGUI (BARRE ROSSE) E LE PRECIPITAZIONI (BARRE BLU); NEL PANNELLO SOTTOSTANTE L'ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO GIORNALIERO DEL SUOLO (AREA IN AZZURRO), LA SOGLIA DI INTERVENTO IMPOSTATA, CHE IN QUESTO CASO COINCIDE CON LA RAW (LINEA BLU), E I CONTENUTI IDRICI ALLA CAPACITÀ DI CAMPO (LINEA VERDE) E AL PUNTO DI APPASSIMENTO (LINEA ROSSA).

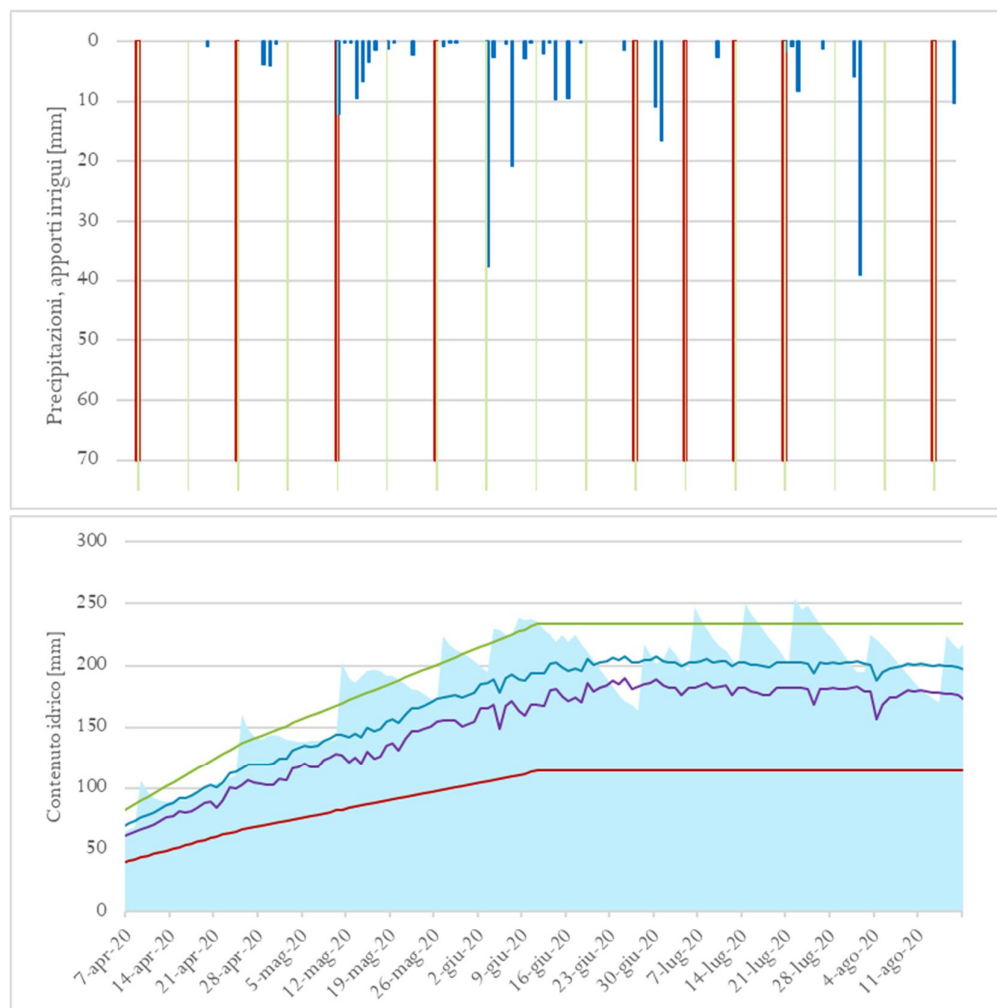


FIGURA 11. ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO DURANTE L'ANNO 2020 PER UNA CELLA SIMULATA A MAIS CON DISTRIBUZIONE TURNATA. NEL PANNELLO SUPERIORE SONO RIPORTATI I GIORNI IN CUI VI È DISPONIBILITÀ IDRICA (TURNI, BARRE VERDI), GLI INTERVENTI IRRIGUI (BARRE ROSSE) E LE PRECIPITAZIONI (BARRE BLU) DURANTE LA STAGIONE IRRIGUA; NEL GRAFICO SOTTOSTANTE È POSSIBILE OSSERVARE L'ANDAMENTO DEL CONTENUTO IDRICO GIORNALIERO DEL SUOLO (AREA IN AZZURRO), LA SOGLIA DI INTERVENTO IMPOSTATA (LINEA BLU), I CONTENUTI IDRICI ALLA CAPACITÀ DI CAMPO (LINEA VERDE) E AL PUNTO DI APPASSIMENTO (LINEA ROSSA) E IL CONTENUTO IDRICO CORRISPONDENTE ALL'ESAURIMENTO DELL'ACQUA PRONTAMENTE DISPONIBILE RAW (LINEA VIOLA).

5 Considerazioni conclusive

L'applicazione del modello IdrAgra per la stima dei fabbisogni e l'analisi degli utilizzi irrigui nei tre distretti dei Colli Morenici del Garda ha evidenziato la buona capacità del modello di riprodurre i processi che determinano gli attuali utilizzi irrigui distrettuali, con riferimento sia ai volumi complessivamente utilizzati in ogni distretto, sia a quelli applicati per l'irrigazione delle singole colture, rilevati dal Consorzio.

I risultati mostrano che, calibrando i parametri del modello di simulazione relativi ai metodi irrigui applicati per le singole colture (altezza di adacquamento e soglia di contenuto idrico del suolo per l'attivazione dell'apporto irriguo) sulla base delle misure disponibili dei volumi utilizzati in alcuni settori irrigui monocolturali, si ottengono stime dei volumi mensili complessivi utilizzati per gli interi distretti molto vicini ai valori misurati alle stazioni di pompaggio. Risulta che, secondo le stime del modello, le portate disponibili non consentono di assicurare la piena soddisfazione dei fabbisogni irrigui, in particolare per il mais irrigato ad aspersione, sebbene l'entità e la durata degli stress idrici si mantenga sempre piuttosto contenuta. Si ritiene comunque che gli intervalli di valori del fabbisogno irriguo di ognuna delle colture più diffuse nei tre distretti Colombarola, Foresto e Paradiso, ottenuti sulla base delle simulazioni effettuate per gli anni dal 2012 al 2022, siano rappresentativi delle condizioni attuali degli utilizzi irrigui.

Per quanto riguarda l'analisi degli effetti di un'eventuale transizione dalla distribuzione turnata a quella a domanda, sono state stimate riduzioni medie dei volumi irrigui stagionali di circa il 15%. È bene sottolineare che la stima è stata effettuata ipotizzando una programmazione corretta degli interventi irrigui nel caso della distribuzione a domanda. Infatti, se da un lato la maggiore flessibilità della distribuzione a domanda consente di superare il vincolo di poter irrigare solo in giorni prefissati, dall'altra essa impone di scegliere quando irrigare. Il pieno conseguimento dei vantaggi offerti dalla distribuzione a domanda richiede quindi una fase di familiarizzazione con le nuove modalità di fornitura, in cui i vantaggi potrebbero essere più ridotti.

D'altra parte, la distribuzione a domanda si presta meglio di quella turnata all'utilizzo di sistemi di consiglio irriguo, che potrebbero consentire di ridurre ulteriormente i volumi stagionali di fabbisogno irriguo. Dalle analisi preliminari effettuate si evidenzia però che, affinché il sistema di consiglio irriguo sia efficace, esso debba disporre di previsioni meteorologiche affidabili su intervalli relativamente estesi (48 ore o più), così da consentire di evitare interventi che a posteriori risulterebbero non necessari, e sfruttare al massimo gli apporti meteorici.

Ovviamente la distribuzione a domanda richiede anche una contabilizzazione degli utilizzi effettivi più puntuale rispetto alla turnata, ottenibile con l'installazione di gruppi di consegna automatizzati all'interno dei distretti, e comporta una revisione delle modalità di gestione della distribuzione da parte del Consorzio.

In sostanza, è necessario integrare l'analisi dei fabbisogni irrigui con un'analisi economica per valutare l'effettivo beneficio derivante dalla transizione dalla distribuzione turnata a quella a domanda.