



ADaptation in Agriculture

ACTION A1

ELABORATION OF CLIMATE SCENARIOS

Deliverable A1.1 - Analysis on the water needs in the agricultural sector in Emilia-Romagna

June 2021

I Partner. Insieme per aumentare la resilienza del settore agricolo | www.lifeada.eu |



ABSTRACT

Emilia-Romagna is a region of Northern Italy mainly devoted to agriculture, characterised by summer water shortages and recurrent drought conditions.

Therefore in order to evaluate the irrigation water needs, ARPAE has developed a forecast system of summer irrigation water demand, iCOLT (Irrigazione delle COLture in atto classificate con il Telerilevamento, i.e. irrigation of crops classified with remote sensing) operating both at regional and Land Reclamation and Irrigation Board level.

The computational scheme of this climate service is based on remote sensing crop detection in combination with a soil water balance model. These instruments are also integrated with operational calibrated probabilistic seasonal forecast products based on Copernicus Climate Services, in order to evaluate summer irrigation water needs in advance in support to decision making of water managers.

This scheme can be used also at the end of irrigation season in order to assess, by using observed weather data, the real water consumption. The outputs have been compared with real irrigation volumes datasets where these were available, in order to test and validate the climate service.

iCOLT has been operational since 2011, so as 10 years of irrigation data on the Emilia-Romagna region are available and, as a consequence, the analysis on the current water needs in the agricultural sector of Emilia-Romagna can be performed.

INDICE

ABSTRACT	2
INTRODUZIONE.....	4
I servizi climatici	4
METODOLOGIA.....	7
Sistema di previsione iCOLT	7
La mappa precoce delle colture	8
Previsioni stagionali e consuntivo a fine stagione	9
Modello di bilancio idrico	10
RISULTATI.....	13
Distribuzione delle colture	13
Fabbisogni irrigui	17
Le stagioni siccitose 2012 e 2017	21
CONCLUSIONI	25
BIBLIOGRAFIA	27

INTRODUZIONE

L'Emilia-Romagna è una regione del nord Italia localizzata a sud della valle del Po. L'area di pianura occupa il 50% circa della superficie totale ed ha una spiccata vocazione agricola, nonostante sia caratterizzata da carenze idriche estive e ricorrenti condizioni di siccità.

In questo contesto, ARPAE ha sviluppato un sistema di previsione del fabbisogno irriguo estivo delle colture, iCOLT (Irrigazione delle COLture in atto classificate con il Telerilevamento) applicato sia a livello regionale che di consorzi di bonifica, i gestori dell'acqua irrigua in agricoltura.

Lo schema computazionale di questo servizio climatico si basa su analisi di dati telerilevati delle colture combinato con un modello di bilancio idrico del suolo. Questi strumenti vengono integrati con previsioni probabilistiche stagionali calibrate operative basate su Copernicus Climate Change Service (C3S), al fine di valutare in anticipo le esigenze di acqua irrigua estiva a supporto del processo decisionale dei gestori della risorsa idrica in agricoltura.

Ai fini del presente documento che si pone come obiettivo l'analisi dei fabbisogni irrigui nel settore agricolo emiliano-romagnolo, lo schema sopra menzionato è stato utilizzato anche alla fine della stagione irrigua per valutare, utilizzando i dati meteorologici osservati, il reale consumo di acqua delle colture a consuntivo. I risultati così ottenuti sono stati confrontati con i dati sui volumi irrigui reali, ove disponibili, al fine di testare e validare il servizio climatico.

Il servizio iCOLT è operativo dal 2011, sono quindi disponibili 10 anni di dati irrigui sulla regione Emilia-Romagna, di conseguenza è possibile utilizzare questi dati per eseguire l'analisi sui fabbisogni idrici attuali nel settore agricolo della regione.

I servizi climatici

I servizi climatici forniscono ed elaborano dati di alta qualità provenienti da banche dati locali, nazionali e internazionali relativi a grandezze meteo-climatiche come temperatura, precipitazione, vento, umidità del suolo ecc., e analisi, valutazioni e proiezioni a lungo termine.

E' necessario che siano adattati alle esigenze degli utenti (enti locali e soggetti privati) e devono essere facilmente accessibili e consultabili; per questo richiedono un notevole impegno in fase di co-sviluppo e co-progettazione.

I servizi climatici stanno progressivamente diventando prodotti abbastanza diffusi, sviluppati dalla comunità scientifica al servizio di specifici utenti (come enti locali e soggetti privati) e della società in senso lato (Commissione Europea, 2015). Esistono molte definizioni di servizi climatici ma il tratto comune ricorrente nelle diverse definizioni è l'attenzione che viene posta nei confronti dell'utilizzatore, poiché il servizio climatico deve supportare il processo decisionale, guidato dai dati climatici, attraverso un'alleanza tra fornitori del servizio e utenti (Lourenço et al., 2016). Pertanto la caratteristica innovativa dei servizi climatici è la connessione tra ricerca & sviluppo e l'effettivo utilizzo dei servizi climatici, che rappresenta ancora oggi un passaggio critico, che ne determina l'efficacia e il successo (Brasseur et al., 2016).

Questo collegamento è stato richiamato nel 2009 anche dalla Terza Conferenza Globale sul Clima (World Climate Conference-3), che ha lanciato il Global Framework for Climate Services (GFCS), che è stato poi creato successivamente nel 2012, al fine di "rafforzare la produzione, la disponibilità, la consegna e l'applicazione di previsioni e servizi climatici basati su dati scientificamente basati" e per coordinare le iniziative esistenti e sviluppare nuove infrastrutture ove necessario per affrontare le sfide della società legate al clima (Hewitt et al., 2012).

Poiché l'aumento della variabilità climatica è uno degli impatti più rilevanti del cambiamento climatico, la missione di GFCS è far fronte ai rischi e sfruttare le opportunità per ridurre gli impatti climatici, con un focus per "coloro che sono più vulnerabili ai rischi legati al clima".

A livello europeo, i servizi climatici sono definiti come l'intelligenza alla base della transizione verso una società resiliente al clima e a basse emissioni di carbonio, priorità perseguite dal Green Deal dell'UE, in quanto forniscono supporto all'aumento della resilienza e migliorano le capacità di adattamento mediante decisioni informate (Commissione Europea, 2015). L'impegno della Commissione Europea per sbloccare il potenziale dei servizi climatici può essere individuato dall'iniziativa Copernicus Climate Change service (C3S), un nuovo sistema per i servizi climatici nell'ambito dell'iniziativa Copernicus (www.copernicus.eu), che da un lato fornisce un insieme set di dati osservativi che possono essere utilizzati per monitorare l'uso del suolo e le condizioni meteo attuali e passate (Noone et al., 2020), e dall'altro fornisce previsioni e proiezioni climatiche, che possono essere utilizzate come input di modelli di impatto affinché possano essere prodotte previsioni probabilistiche e servizi climatici applicati a diversi campi (Hewitt e Lowe, 2018).

Il presente deliverable si pone come obiettivo quello di valutare i fabbisogni irrigui nel settore agricolo emiliano-romagnolo mediante un servizio climatico, concepito come strumento di pianificazione delle risorse idriche dedicato ai gestori dell'acqua in agricoltura.

Se alimentato con previsioni probabilistiche stagionali, tale servizio climatico viene applicato operativamente ed è in grado di prevedere i fabbisogni idrici delle colture a scala regionale; se alimentato con dati meteo osservati, a fine stagione fornisce una valutazione sugli effettivi consumi irrigui.

Poiché l'Emilia-Romagna è caratterizzata da un'agricoltura intensiva e periodi di siccità e valori climatologici fortemente negativi del bilancio idroclimatico (BIC) locale durante l'estate incidono su questo settore, l'agricoltura in Emilia-Romagna si basa in prevalenza sull'irrigazione.

Le attuali tendenze climatiche osservative (Antolini et al., 2016) e le proiezioni sui cambiamenti climatici (Regione Emilia-Romagna, 2019) indicano che nel futuro la carenza idrica estiva potrebbe essere più frequente futuri a causa di un probabile aumento della temperatura e di possibili riduzioni delle precipitazioni estive. Per questi motivi, la gestione dell'acqua diventa un problema cruciale e il servizio climatico iCOLT può svolgere un ruolo di supporto al processo decisionale di approvvigionamento e allocazione dell'acqua, per far fronte alla variabilità climatica durante i periodi più critici per la crescita e lo sviluppo delle colture.

Lo sviluppo di iCOLT è anche inquadrato nel contesto di un approccio più sostenibile alla gestione delle risorse idriche per evitare un uso competitivo dell'acqua da parte dei diversi settori durante la crisi idriche e per soddisfare i requisiti ambientali (Agenzia europea per l'ambiente, 2009).

La struttura del deliverable è la seguente: viene descritta la metodologia utilizzata per effettuare le analisi dei fabbisogni irrigui e vengono forniti dettagli sulla procedura di elaborazione della mappa precoce delle colture ottenuta mediante telerilevamento. Inoltre, vengono date indicazioni sulle previsioni stagionali, con un approfondimento sulla tecnica di regionalizzazione applicata, e sulla metodologia adottata per ottenere il consuntivo a fine stagione.

Si descrive poi nel dettaglio il modello di bilancio idrico utilizzato e vengono illustrati i risultati della validazione della catena modellistica che è stata effettuata sul distretto irriguo di Prada del Consorzio della Bonifica della Romagna. Infine, vengono descritti i risultati relativi alla distribuzione delle colture e alle analisi delle serie storiche dei fabbisogni irrigui con una analisi agrometeorologica

delle siccità 2012 e 2017, due annate particolarmente estreme per la regione Emilia-Romagna. Vengono poi presentate le conclusioni dello studio.

METODOLOGIA

Sistema di previsione iCOLT

Il sistema iCOLT integra dati satellitari, previsioni meteorologiche probabilistiche stagionali regionalizzate, dati meteorologici osservati e un modello di bilancio idrico del suolo affinché venga prodotto, entro la fine di maggio, un ensemble di previsioni irrigue per l'estate, intesa come il trimestre giugno luglio agosto. Il flusso di lavoro della catena operativa (Figura 1) è il seguente: a partire dai mesi invernali e primaverili precedenti alla previsione viene prodotta una mappa precoce delle colture mediante analisi di dati telerilevati.

Nel mese di maggio vengono emesse previsioni probabilistiche stagionali regionalizzate. La mappa precoce delle colture, le previsioni stagionali e i dati meteorologici osservati sono l'input del modello di bilancio idrico del suolo CRITERIA per produrre all'inizio dell'estate le previsioni probabilistiche dell'irrigazione estiva. Nell'autunno successivo, i dati meteorologici giornalieri osservati vengono utilizzati come input del modello di bilancio idrico in modo da validare le previsioni. La prima versione di questo sistema è stata proposta nell'ambito del progetto europeo ENSEMBLES (Tomei et al., 2009).

Di seguito vengono descritti i diversi componenti integrati nel sistema operativo iCOLT.

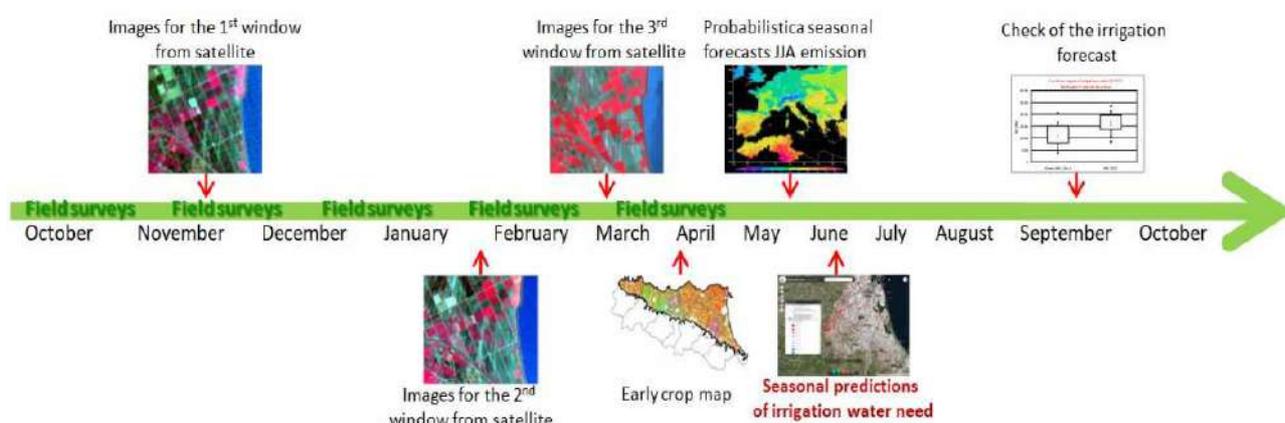


Figura 1 - Il flusso di lavoro del sistema iCOLT.

La mappa precoce delle colture

La mappa precoce delle colture è uno degli input essenziali per iCOLT perché fornisce una classificazione delle colture erbacee all'inizio della stagione irrigua, utile a discriminare le aree potenzialmente non irrigate da quelle irrigate. La classificazione suddivide le superfici agricole in 3 classi, a seconda della stagione colturale: colture erbacee invernali, pluriennali e primaverili-estive. La classificazione delle colture in macroclassi avviene attraverso l'analisi di serie di immagini satellitari ottiche multitemporali, selezionate al fine di massimizzare le differenze fenologiche tra queste classi.

Come mostrato in Figura 1, lo schema di classificazione si basa su 3 finestre di acquisizione dall'autunno all'inizio della primavera e classifica le macroclassi colturali in base alla presenza/assenza della copertura vegetale. Più in dettaglio, le immagini satellitari devono essere acquisite in finestre temporali specifiche in corrispondenza delle fasi fenologiche delle colture. Per l'area studio iCOLT, lo schema della finestra è riportato di seguito:

1. Da fine ottobre a metà novembre: assenza di vegetazione nei campi coltivati invernali ed estivi, presenza di vegetazione nei campi coltivati pluriennali;
2. Da fine gennaio a fine febbraio: assenza di vegetazione nei campi coltivati estivi, presenza di vegetazione nei campi coltivati invernali e pluriennali;
3. Da fine marzo a metà aprile: assenza di vegetazione nei campi coltivati estivi, presenza di vegetazione nei campi coltivati invernali e pluriennali.

Al fine di ottenere i risultati più precisi e ridurre al minimo le classificazioni errate, l'algoritmo di classificazione viene eseguito solo su aree agricole di pianura che coprono terreni potenzialmente irrigati. Questo è fondamentale per ottenere un buon livello di precisione nella classificazione delle mappe delle colture precoci.

A tal fine è stata creata ed aggiornata regolarmente una maschera per distinguere i pixel agricoli dalle altre classi di uso del suolo. Rete di viabilità, rete idrografica e laghi sono caratteristiche abbastanza stabili e quindi non richiedono aggiornamenti annuali, mentre l'espansione urbana viene aggiornata annualmente utilizzando l'ultima mappa SNPA (Sistema nazionale protezione ambiente).

La mappa delle colture precoci viene completata con l'aggiunta delle classi di frutteti e vigneti, considerati copertura stabile del suolo e individuati mediante dati georiferiti e utilizzati per mascherare la mappa; in Emilia-Romagna questi dati sono gestiti da AGREA, l'Agenzia Regionale che raccoglie le dichiarazioni annuali di coltivazione degli agricoltori per i pagamenti FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale).

Il raster finale della classificazione viene vettorializzato per creare l'input per il modello di bilancio idrico del suolo e vengono rimossi i poligoni con un'area inferiore a 1 ha. Questa rappresenta la risoluzione ottimale alla quale è possibile identificare pixel isolati e erroneamente classificati, così da migliorare la qualità finale del prodotto.

Previsioni stagionali e consuntivo a fine stagione

Le previsioni probabilistiche stagionali utilizzate come input del sistema iCOLT sono ottenute calibrando sul clima locale le previsioni stagionali multi-modello operative del sistema EUROSIP eseguite presso ECMWF, i modelli utilizzati sono CMCC, EDZW LFPW, SFEC.

La calibrazione è prodotta applicando lo schema MOS descritto in Pavan e Doblaz Reyes (2013) ai dati operativi EUROSIP, su scala temporale stagionale, in modo da produrre previsioni probabilistiche stagionali calibrate per un insieme di sei indici climatici: precipitazioni totali (PREC), frequenza dei giorni piovosi (WDFQ), frequenza di un giorno piovoso dopo un giorno piovoso (WWFQ), temperatura media stagionale minima (TMIN) e massima (TMAX) e valore medio della differenza di temperatura massima tra giorni asciutti e piovosi (DTDW). I valori osservativi di questi indici, necessari ai fini della calibrazione, sono ottenuti dall'analisi giornaliera Crea, costituita da un set di dati a griglia di interpolazione ottimale dei dati osservativi delle precipitazioni giornaliere e delle temperature minime e massime a livello nazionale (Girolamo e Libertà, 1990) e che coprono l'intero periodo di calibrazione.

Gli indici prodotti vengono utilizzati da un weather generator per produrre un ensemble di serie sintetiche di dati giornalieri di temperature e precipitazioni, serie sintetiche che vengono unite ai dati osservati dal primo gennaio dell'anno precedente sino al primo giorno della previsione. Questo permette al modello di bilancio idrico di avere un periodo di dati osservati sufficiente per il setup e conseguentemente per una corretta stima delle condizioni idrologiche all'inizio del periodo di

previsione.

Alla fine della stagione irrigua (fine di settembre) il sistema iColt viene fatto girare nuovamente, alimentato dai dati meteo osservati (analisi meteo ERG5 su griglia regionale 5x5 km) al posto delle previsioni stagionali, per stimare i fabbisogni idrici reali avvenuti nel corso della stagione (consuntivo). Come si vedrà successivamente, nel paragrafo sulla validazione della catena modellistica, in mancanza di dati osservati questa si può considerare la migliore stima delle irrigazioni reali effettuate sull'area di studio regionale.

Modello di bilancio idrico

La previsione stagionale del fabbisogno idrico delle colture è effettuata dal modello agro-idrologico CRITERIA-1D, nella sua versione geografica, disponibile gratuitamente al seguente link: <https://github.com/ARPA-SIMC/CRITERIA1D>.

Il modello CRITERIA-1D (Marletto et al., 2007) calcola lo sviluppo delle colture e la dinamica dei flussi idrici del suolo nei suoli agricoli. Il modello è guidato da dati meteorologici giornalieri: temperatura minima e massima, precipitazioni e, se disponibili, dati di profondità della falda ipodermica.

CRITERIA-1D presuppone un suolo multistrato e calcola l'evaporazione e la traspirazione effettive giornaliere, i flussi idrici tra gli strati del suolo, il drenaggio profondo, i flussi superficiali e sotterranei. La ritenzione idrica del suolo e la conducibilità idraulica sono descritte da una versione modificata del modello van Genuchten-Mualem (Bittelli et al., 2010).

Lo sviluppo della coltura e la dinamica dei processi correlati, come l'indice di area fogliare (LAI, m² m⁻²) e la profondità radicale (m), sono simulati in Criteria mediante equazioni empiriche basate su gradi giorno (°C).

L'evapotraspirazione potenziale viene calcolata utilizzando l'equazione di Hargreaves e Samani (1985). La ripartizione dell'evapotraspirazione in potenziale evaporazione e traspirazione è guidata dal LAI. La evaporazione potenziale è assegnata allo strato superficiale (se umido) e ai primi strati di terreno, mentre la traspirazione potenziale è assegnata all'apparato radicale, ripartito in base alla densità delle radici. L'evaporazione e la traspirazione effettiva possono essere inferiori al potenziale, a seconda del contenuto di acqua del suolo e dei parametri fisiologici della coltura.

Ogni coltura nel modello ha una propria sensibilità allo stress idrico, definita dalla frazione di acqua prontamente disponibile (fRAW) per l'apparato radicale. Il modello stima il volume e i tempi di irrigazione suggeriti in base a diversi fattori scatenanti: l'effettiva umidità del suolo nel sistema radicale, la frazione di acqua prontamente disponibile, il periodo minimo di turno irriguo e il volume massimo per una singola irrigazione. Inoltre, può essere definita una soglia di stress idrico tollerato (Villani et al., 2011).

Il modello CRITERIA-1D può essere utilizzato in modalità geografica (CRITERIA GEO), definendo una mappa di unità di calcolo, dove una unità di calcolo è un poligono avente gli stessi dati meteorologici, pedologici e colturali. Per il servizio climatico iColt, i dati di input per CRITERIA GEO sono:

- dati meteo: analisi ERG5 su griglia regionale 5x5 km;
- dati pedologici: la carta pedologica della regione Emilia-Romagna (scala 1:250000);
- dati colturali: la mappa precoce delle colture della pianura emiliano-romagnola ottenuta dall'analisi dei dati di telerilevamento come illustrato nel paragrafo precedente. Ogni macroclasse è definita da una coltura di riferimento, in base alle caratteristiche delle aree di studio.

Validazione della catena modellistica: il distretto irriguo di Prada

Dal momento che non sono disponibili dati osservati di irrigazione su tutta la superficie regionale, per validare la catena modellistica per la stima delle necessità irrigue è stata utilizzata un'area campione: il distretto irriguo di Prada (superficie totale di 1271 ha) per il quale è disponibile un dataset di dati osservati d'irrigazione registrati dai contatori dal 2014 al 2019. Questi dati osservati sono stati confrontati con l'irrigazione stimata dal modello, con l'obiettivo di valutare l'affidabilità del modello nella simulazione delle effettive esigenze idriche delle colture.

Nel periodo in esame il distretto irriguo di Prada presenta un consumo medio annuo intorno ai 500 m³/ha, con un range che varia dai 200 m³/ha dell'anno meno idroesigente (il 2014) agli oltre 700 m³/ha di quello più esigente.

Il confronto con la stima modellistica presenta un coefficiente di determinazione R² pari a 0.81 e mostra che il modello irriguo è coerente con i dati osservati sia nella quantità che nella variabilità, come presentato nel grafico temporale di figura 2. La serie comprende un numero limitato di anni

e si riferisce a un'area campione del Consorzio di Bonifica della Romagna, ma mostra l'abilità del modello nella stima dei fabbisogni irrigui e, di conseguenza, la correttezza nella scelta di utilizzo dei suoi output come valori di irrigazione stimata a scala regionale.

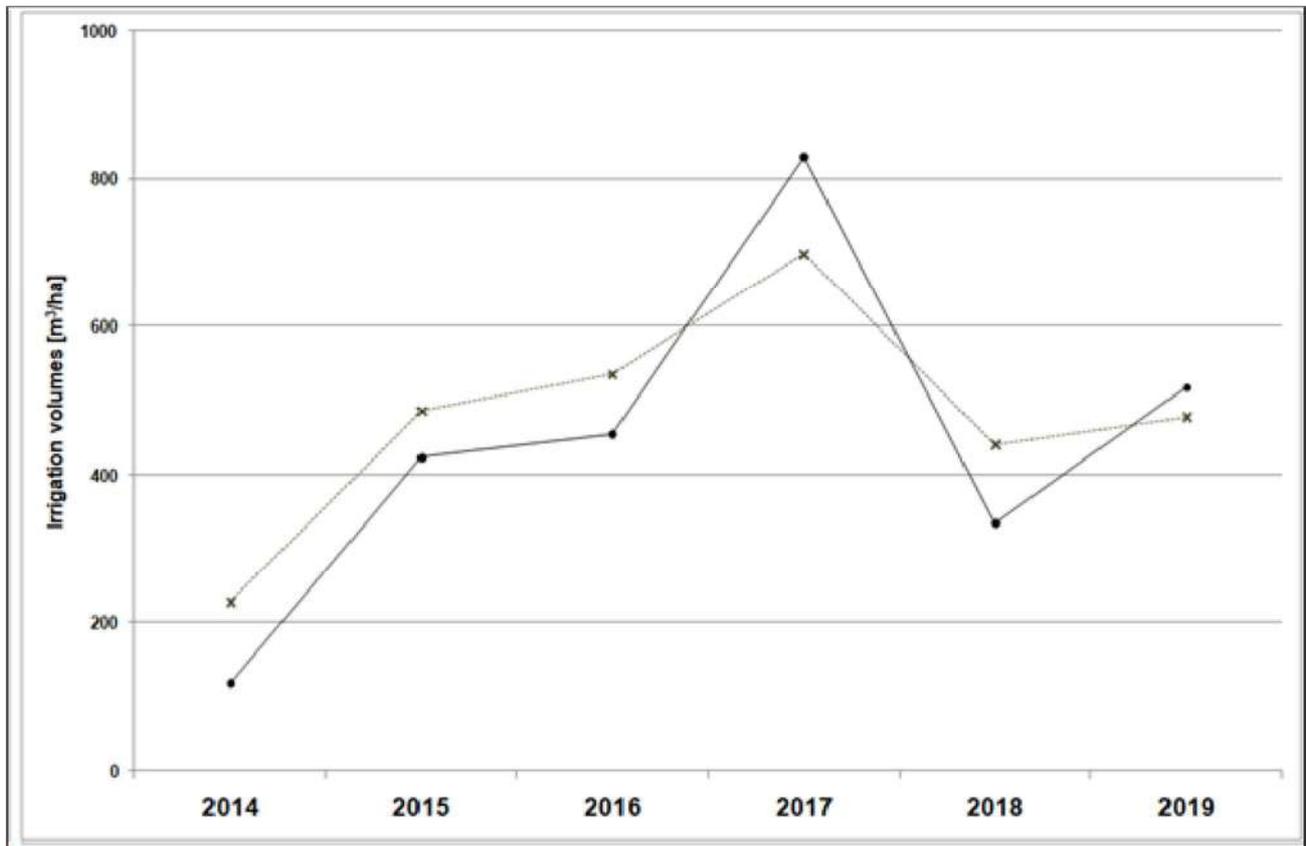


Figura 2 – Analisi tra i volumi irrigui registrati dai contatori d'acqua (m³/ha), rappresentati dalle croci grigie e linea tratteggiata grigia, e l'irrigazione stimata dal modello forzato dai dati meteorologici osservati, rappresentata dai cerchi pieni neri legati dalla linea nera, per il distretto irriguo Prada dal 2014 al 2019.

RISULTATI

Distribuzione delle colture

L'area di studio interessa tutto il territorio di pianura della regione Emilia-Romagna e si estende su una superficie di circa 1160000 ha. Al netto di tutti gli altri usi del suolo, la superficie classificabile come agricola varia negli anni ma ammonta mediamente a circa 800000 ha.

Dalle analisi che vengono svolte annualmente sulla base della mappa precoce delle colture, vengono presentati i dati relativi alla distribuzione delle superfici che le colture occupano sulla pianura regionale per la serie storica dal 2009 al 2021.

La serie storica in figura 3 evidenzia che nei primi anni le aree non classificate hanno percentuali maggiori rispetto agli anni più recenti, questo deriva dal fatto che la procedura di elaborazione della mappa è stata migliorata nel corso del tempo.

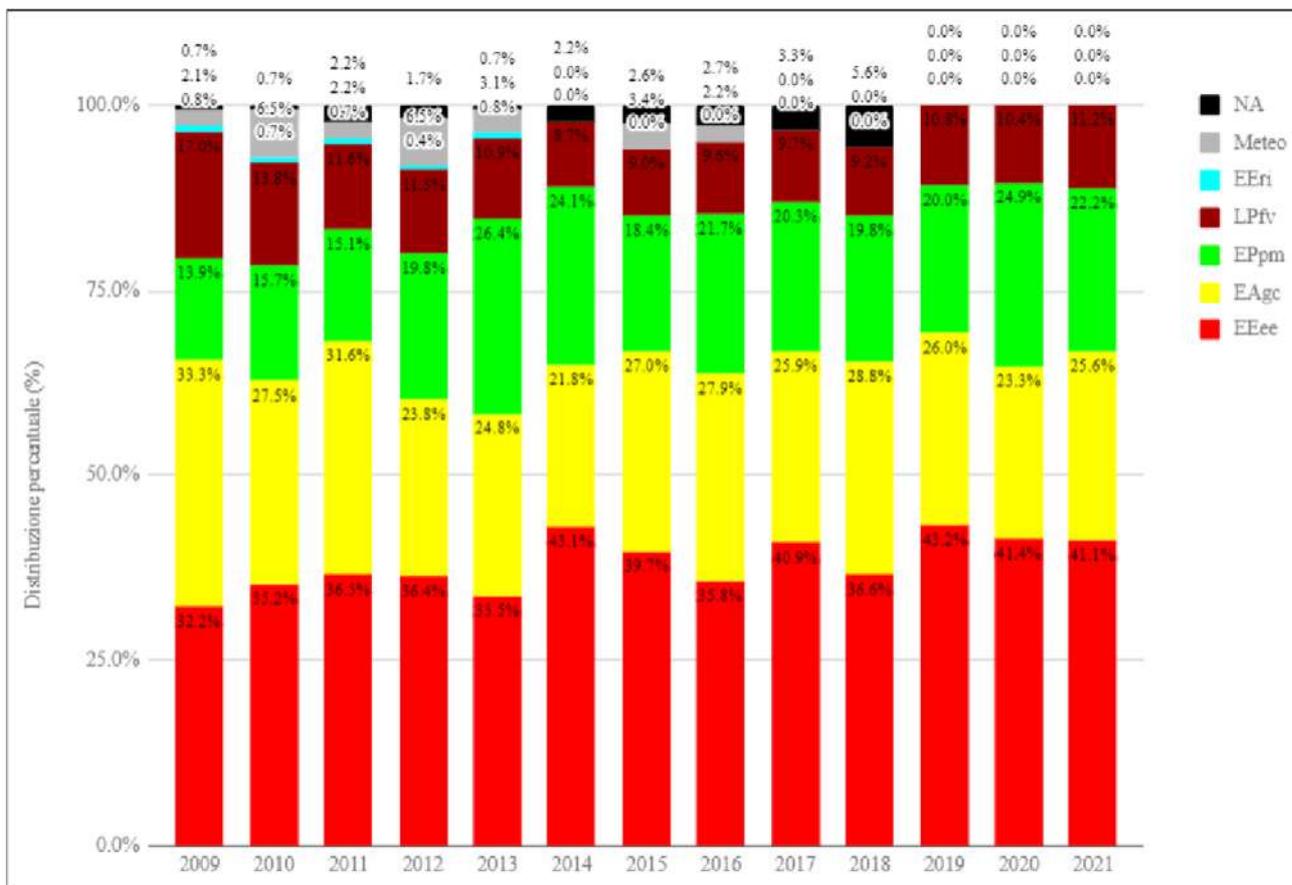


Figura 3 - serie storica della classificazione iColt

Si osserva che la classe colturale delle frutticole e viticole è abbastanza stabile e si attesta, a partire dal 2013, tra il 9 e 10% della superficie totale. Le colture che occupano più superficie sono le erbacee estive seguite da erbacee autunno vernine ed erbacee da pascolo, medica e prati stabili. Si nota che nel tempo vi è un'alternanza fra erbacee estive e erbacee autunno-vernine. Le erbacee estive negli anni 2014 e 2019 hanno i valori più alti della serie.

NA	superfici non analizzate a seguito applicazioni filtri e maschere
METEO	aree coperte da condizioni meteo avverse e/o non acquisite
EEri	bacini di risaia (confluite in colture estive dal 2014)
LPfv	frutteti e vigneti
EPpm	prati e medica
EAgc	colture autunno vernine (cereali e colza)
EEee	colture estive (mais, pomodoro, soia, patata, cipolla, sorgo, girasole, etc.)

Tabella 1) classificazione iColt

In figura 4 e 5 vengono presentate le mappe della classificazione relative al 2014 e al 2017, due annate opposte dal punto di vista delle esigenze irrigue: il 2014 è stato l'anno meno idroesigente della serie in esame mentre il 2017 è stata un'annata estrema nella quale si è verificata una delle più gravi siccità degli ultimi anni in Regione.

Dal punto di vista della distribuzione geografica delle macroclassi si può notare che la zona occidentale della Regione (pianura di Piacenza) è occupata da erbacee estive che sono rappresentate prevalentemente dal pomodoro, produzione tipica dell'area. Nella pianura tra Modena e Reggio Emilia prevalgono invece l'erba medica e i prati stabili, fondamentali per la filiera del Parmigiano Reggiano. L'area del modenese è caratterizzata da colture prative e colture frutticole, in particolare vite (Lambrusco) e pero. Nelle province di Bologna e Ferrara sono largamente diffuse le erbacee estive, rappresentate prevalentemente dal mais. La Romagna infine è caratterizzata da colture frutticole, in particolare il Ravennate, tra cui alcune colture particolarmente idroesigenti, come il kiwi.

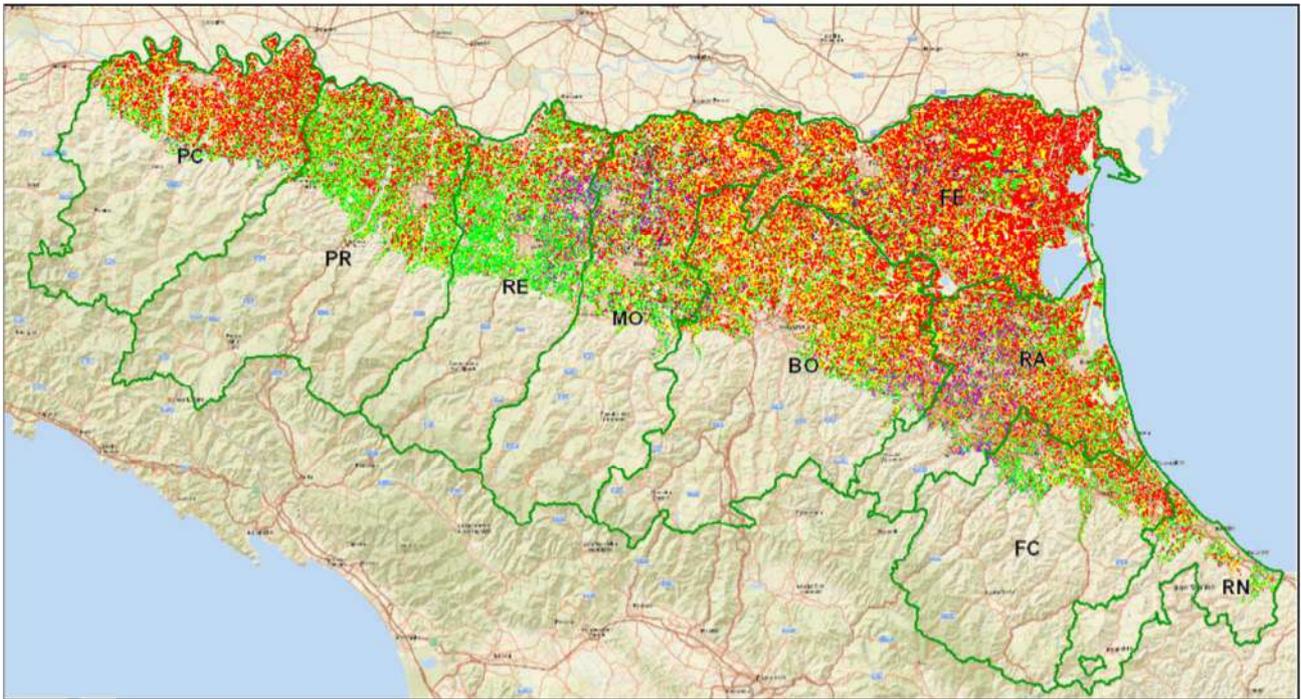


Figura 4 - classificazione iCOLT 2014

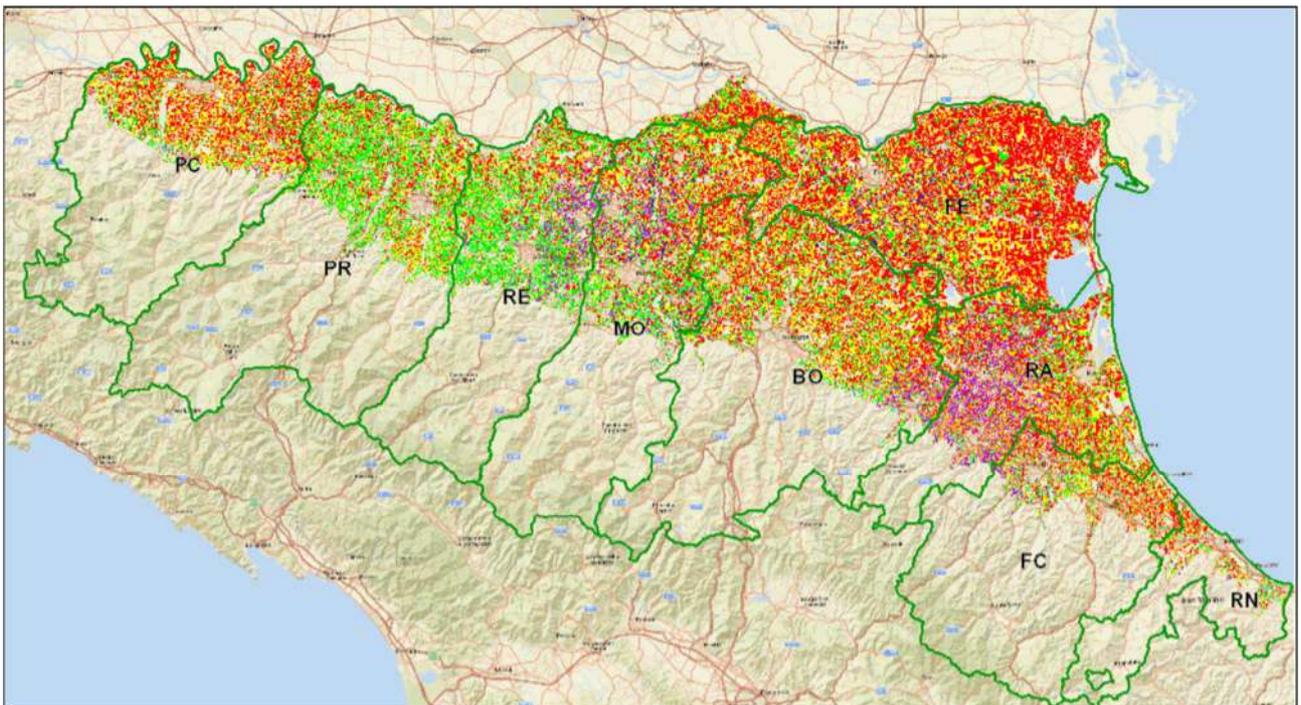


Figura 5 - classificazione iCOLT 2017

La macroclasse delle erbacee estive raggruppa diverse colture che vengono irrigate nel periodo primaverile-estivo. Per quanto riguarda questa macroclasse ogni area della regione ha le sue specificità, come accennato sopra: ad esempio nella zona del piacentino la coltura erbacea estiva prevalente è quella del pomodoro.

In tabella 2 vengono presentate in dettaglio le colture erbacee estive irrigue per il 2021 nel Consorzio della Bonifica Renana (Bologna). Questi dati sono stati ottenuti mediante il progetto Acqua Virtuosa grazie al quale il consorzio ogni anno raccoglie e censisce le dichiarazioni degli agricoltori relative alle colture, alla superficie che occupano e ai metodi irrigui adottati per l'anno in corso. Dalla tabella si evince che la coltura prevalente nel Consorzio, che occupa il 43% circa della superficie è il mais (in particolare mais da biomassa). Per quello che riguarda le colture orticole prevale la patata (che è una DOP della provincia di Bologna).

MAIS CEROSO biomassa	29.93%
MAIS MEDIO	13.12%
PATATA	11.61%
BIETOLA DA SEME	8.36%
COLTURA DA SEME	8.23%
BIETOLA DA ZUCCHERO	7.01%
CIPOLLA primaverile	5.03%
SOIA	4.07%
PISELLO	2.68%
ORTICOLE miste	2.44%
POMODORO	2.33%
GIRASOLE	0.58%
VIVAIO	0.55%
FAGIOLINO	0.47%
RAVANELLO	0.42%
COLTURE OFFICINALI	0.36%
SORGO BIOMASSA	0.31%
ZUCCHINO	0.29%
FAGIOLO	0.27%
ORTICOLA A FOGLIA	0.23%
ZUCCA	0.19%

INSALATA	0.12%
ASPARAGO	0.11%
CETRIOLO	0.11%
ALTRA COLTURA	1.17%
Totale	100.00%

Tabella 2) distribuzione delle erbacee estive irrigue nel Consorzio della Bonifica Renana (2021)

Nella metodologia applicata per la stima dei fabbisogni irrigui per ogni macroclasse viene assegnato un coefficiente (chiamato irri ratio) in funzione delle esigenze irrigue delle colture che appartengono a quella classe e delle specificità dell'area in termini di pratiche irrigue: le erbacee invernali sono considerate non irrigue in tutta la regione (se non per irrigazioni di soccorso), il valore dell'irri ratio sarà dunque pari a zero. Le frutticole sono al contrario tutte irrigue, con esigenze diverse a seconda del tipo di specie. Le prative sono irrigue nella zona del parmigiano (Emilia) ma prevalentemente non irrigue in Romagna. Le erbacee estive, infine, comprendono sia colture irrigue che non irrigue e vengono quindi simulate utilizzando la coltura irrigua prevalente nell'area (pomodoro a Piacenza, mais nelle altre aree) ma le irrigazioni stimate dal modello vengono poi ridotte con un irri ratio variabile tra 0.5 e 0.6 per tenere conto della percentuale di colture non irrigue. L'applicazione di questo coefficiente permette di correggere in modo semplice la distribuzione delle colture, portando a una stima dei fabbisogni irrigui più coerente con la realtà agricola.

Va infine considerato che nella classificazione non vengono valutate le aree umide, che rappresentano una estensione limitata sul territorio regionale ma con un'alta esigenza idrica, sebbene non legata a fini agricoli.

Fabbisogni irrigui

Sulla base della metodologia sopra descritta, la figura 6 mostra l'andamento della richiesta irrigua stimata sulla superficie agricola di pianura della Regione Emilia-Romagna negli ultimi 10 anni, comprensivo della previsione per il 2021. I valori sono espressi come anomalie (differenze rispetto al valore medio climatico 1991-2020) in metri cubi per ettaro. La stima dei fabbisogni irrigui utilizzando il meteo osservato (linea rossa) presenta una grande variabilità, con variazioni nell'ordine da -400 m³/ha sino a +600 m³/ha. Il segno della previsione effettuata a inizio stagione

grazie alla procedura iCOLT risulta nella maggior parte degli anni coerente con il consuntivo. L'errore maggiore nella previsione si è verificato nel triennio 2013-2014-2015.

Le stagioni più esigenti e quelle meno esigenti tendono ad alternarsi a periodi di irrigazioni nella media, con il 2012 e il 2017 che hanno presentato le richieste irrigue maggiori in concomitanza con periodi di siccità particolarmente gravi, mentre il 2014 è stato l'anno con minori richieste irrigue.

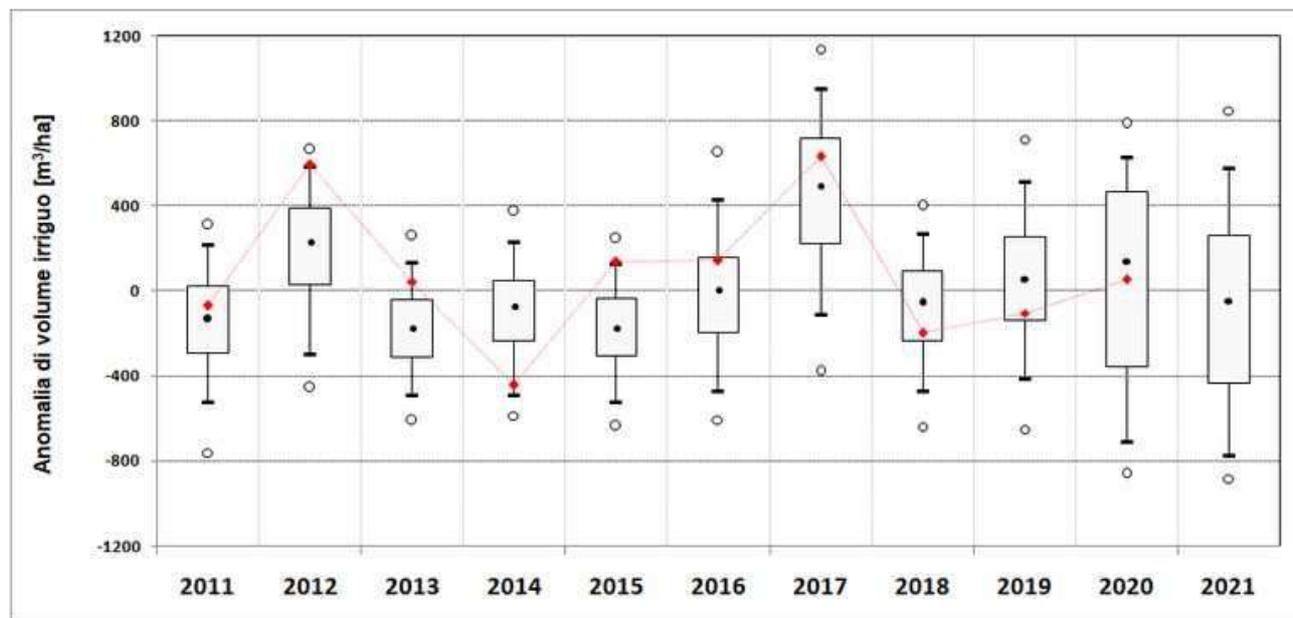


Figura 6 - previsioni stagionali probabilistiche di consumo irriguo estivo medio regionale realizzate dal 2011 al 2021. I valori sono espressi come anomalie (differenze rispetto al valore medio climatico 1991-2020) in metri cubi per ettaro. Il punto nero rappresenta il valore mediano della previsione, ogni box si estende dal 25° al 75° percentile, mentre gli altri simboli rappresentano dal basso il valore minimo e il 5° percentile, dall'alto il massimo valore previsto e il 95° percentile. Il punto e la linea rossa rappresentano il consuntivo calcolato a fine stagione irrigua, utilizzando i dati meteorologici osservati.

Stante la difficoltà a reperire dati reali di irrigazione osservata, salvo qualche area limitata come il distretto in pressione di Prada, i valori di richiesta irrigua nel servizio climatico iColt vengono forniti come anomalia rispetto alla media climatica. Questo tipo di informazione è particolarmente utile ai consorzi di bonifica in fase previsionale perché fornisce indicazioni su cosa devono aspettarsi per la stagione irrigua, se cioè dovranno fornire più o meno acqua rispetto alla media degli anni precedenti.

Grazie al Piano di Tutela delle Acque (Regione Emilia-Romagna, 2005) dell'Emilia-Romagna è però possibile fornire una stima indicativa dei consumi irrigui assoluti sul territorio regionale, che si collocano intorno agli 800 milioni di metri cubi all'anno (comprendendo anche il mantenimento delle aree umide). L'unione delle due informazioni (stima del PTA 2005 e analisi iColt delle anomalie dal 2011 al 2021) permette di stabilire che la richiesta irrigua scende sotto i 500 milioni di metri cubi negli anni meno idroesigenti (quali il 2014) mentre può salire sino a 1200 milioni di metri cubi negli anni più critici, come il 2012 e 2017.

Per un'analisi di maggiore dettaglio, vengono presentati le richieste irrigue per due Consorzi rappresentativi di aree climatiche e usi del suolo diversi: i Consorzi di Bonifica della Romagna (CBR) e della Burana (CBB), la cui localizzazione sul territorio regionale è illustrata in figura 7.

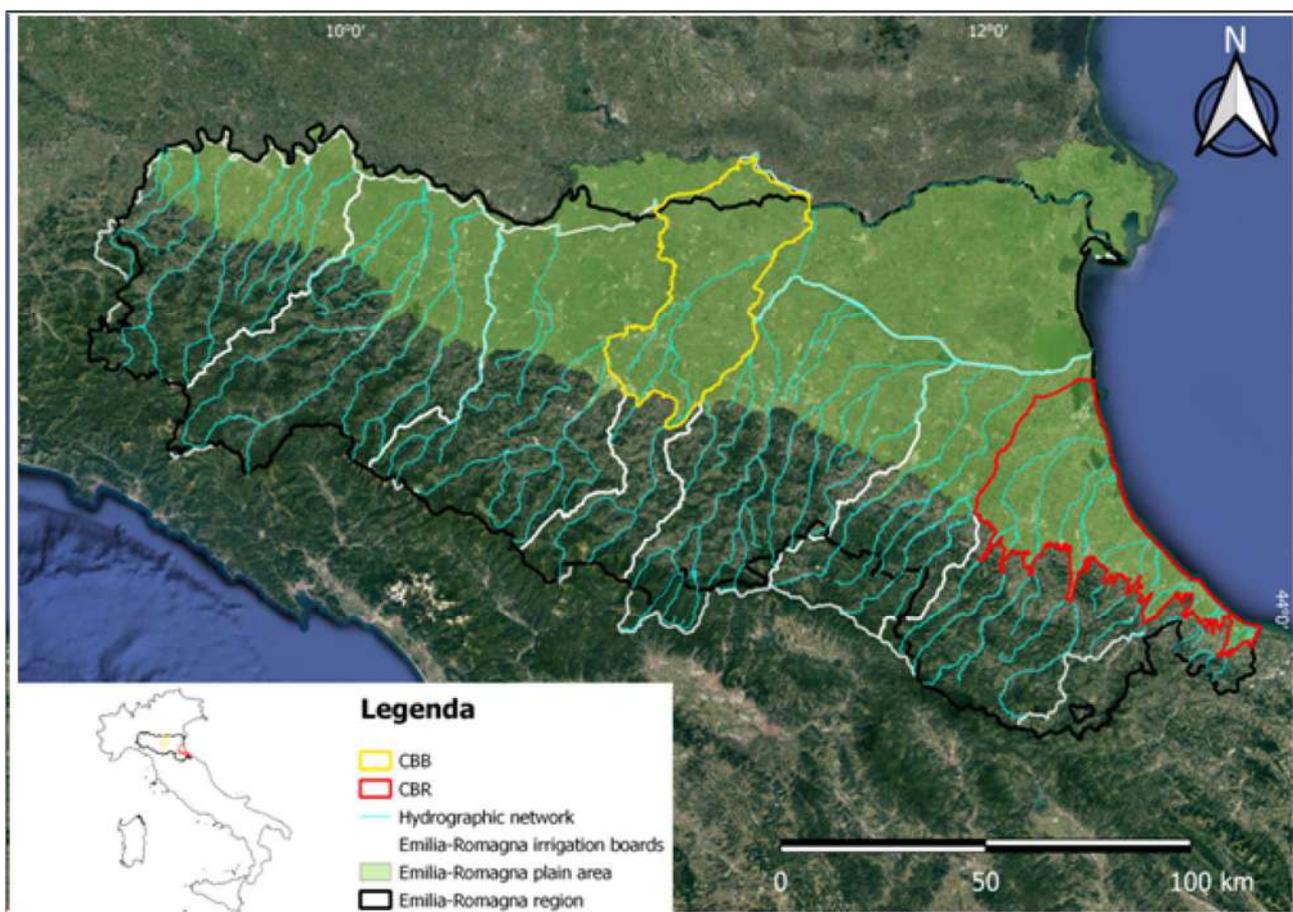


Figura 7 - Localizzazione dei Consorzi di Bonifica della Romagna (rosso) e della Burana (giallo) rispetto al territorio e alla rete idrografica dell'Emilia-Romagna.

Il CBR, come visto precedentemente, è un'area a forte vocazione frutticola e risente della vicinanza al mare, mentre il CBB vede una prevalenza di erbacee estive ed è soggetto ad un clima più continentale (Corinaldesi et al., 2020).

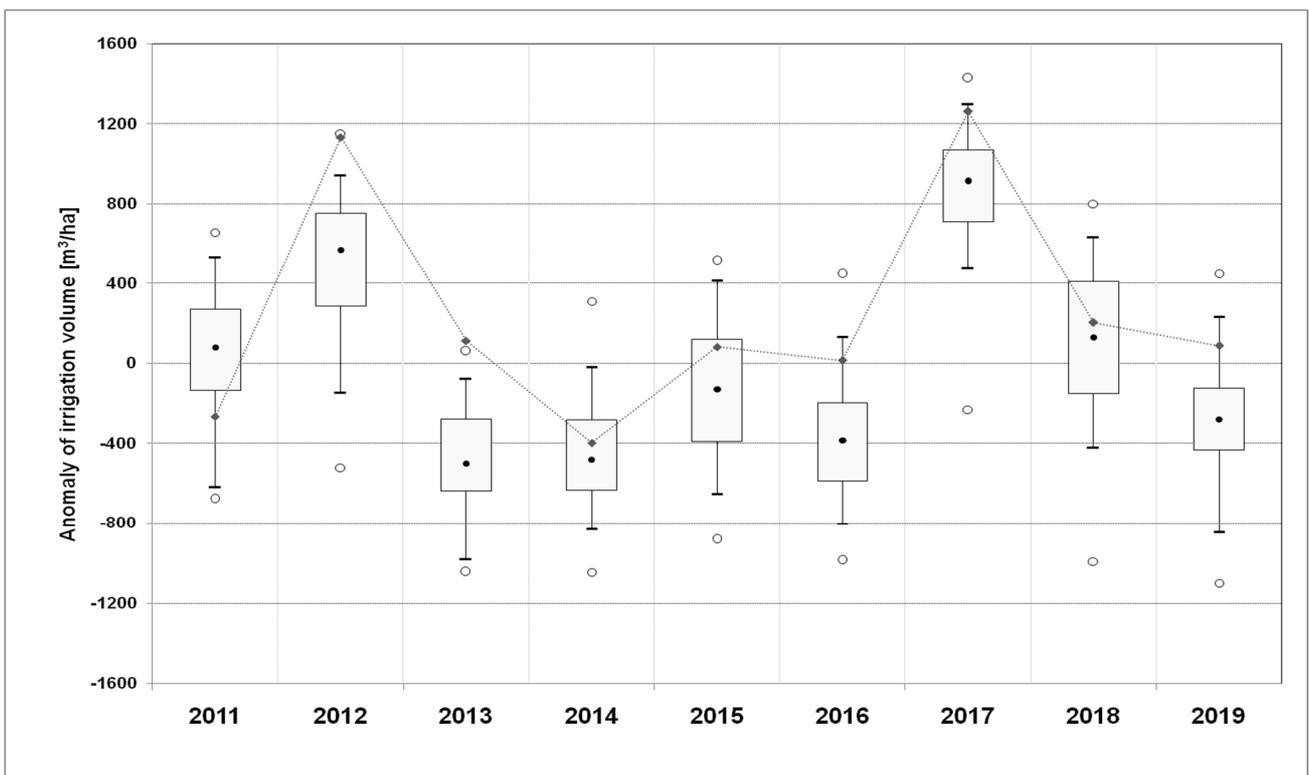
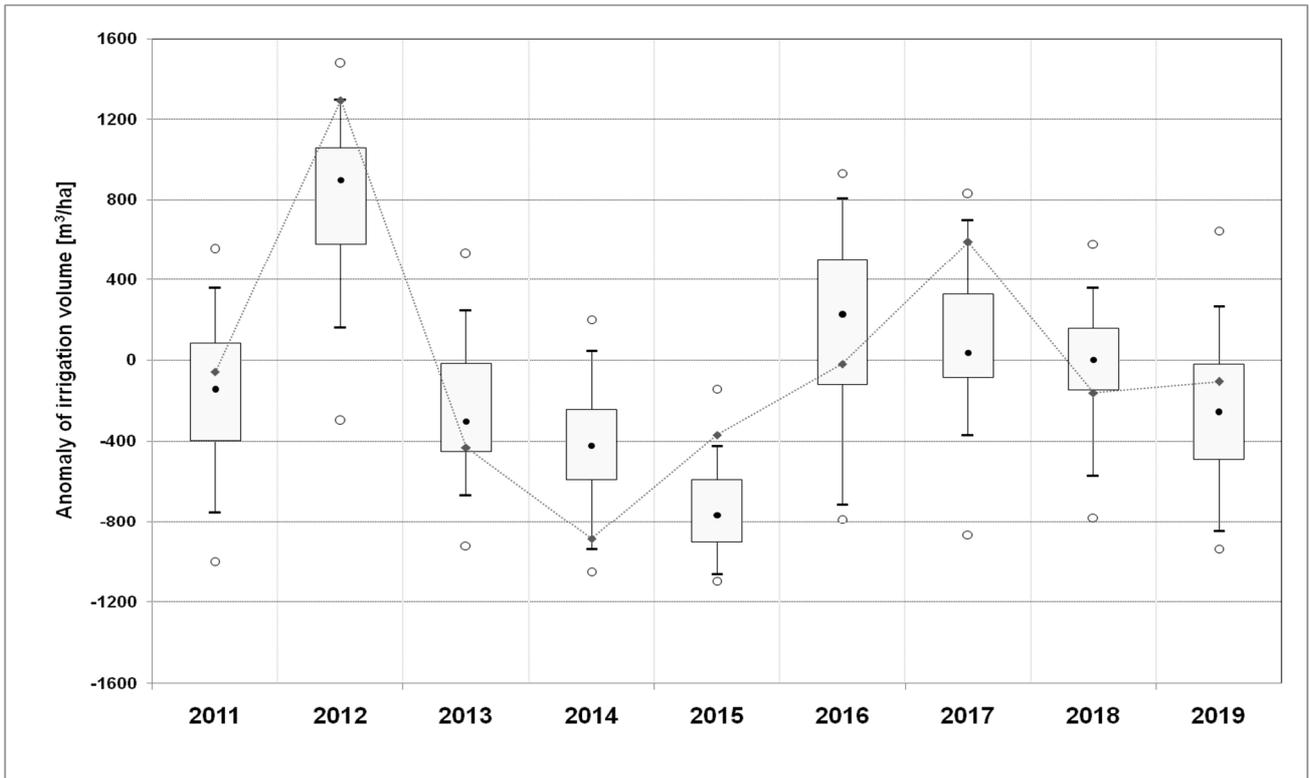


Figura 8 - Previsioni stagionali probabilistiche del consumo irriguo estivo dal 2011 al 2021 per i consorzi CBR (primo grafico) e CBB (secondo grafico). I valori sono espressi come anomalie (differenze rispetto al valore medio climatico 1991-2010) in metri cubi per ettaro. Il punto nero rappresenta il valore mediano della previsione, ogni box si estende dal 25° al 75° percentile, mentre gli altri simboli rappresentano dal basso il valore minimo e il 5° percentile, dall'alto il massimo valore previsto e il 95° percentile. I punti e la linea nera rappresentano il consuntivo calcolato a fine stagione irrigua, utilizzando i dati meteorologici osservati.

La figura 8 mostra l'andamento delle esigenze irrigue per i Consorzi CBR e CBB dal 2011 al 2019. Si evidenzia che la siccità 2017 è stata molto diversa nelle due aree: molto più grave in Emilia (CBB) rispetto alla Romagna (CBR). Mentre il 2012 è stata un'annata fortemente idroesigente in entrambi i consorzi. Nell'area romagnola le stagioni meno esigenti e quelle più esigenti tendono a compensarsi, mentre l'area emiliana mostra anomalie che si attestano sempre sopra o intorno alla media climatica, tranne nel 2014.

Nell'area romagnola, che come sopra accennato è a forte vocazione frutticola, negli ultimi anni è in forte aumento la richiesta irrigua per la difesa dalle gelate tardive. L'irrigazione antibrina è utilizzata infatti da molti agricoltori per mantenere in prossimità dello zero termico la temperatura degli organi vegetali, coprendoli con uno strato di ghiaccio in continua formazione, sino al termine della gelata. L'impianto viene in questi casi lasciato aperto per molte ore e l'irrigazione deve essere di almeno 3 mm/h per garantire una copertura sino a -3°C. Il cambiamento climatico sta provocando con sempre maggior frequenza anticipi nella fioritura delle piante da frutto e conseguente aumento del rischio di gelate tardive, potenzialmente distruttive per il raccolto.

Le stagioni siccitose 2012 e 2017

Come visto nel paragrafo precedente, la richiesta irrigua in regione negli anni più critici può raggiungere i 1200 milioni di metri cubi. Questo dato è particolarmente preoccupante se si tiene conto che il consumo totale di acqua in Emilia-Romagna, al netto delle perdite per approvvigionamento, è stimato dal PTA in 1426 milioni di metri cubi, di cui gli usi irrigui rappresentano mediamente il 56%. Ma negli anni più idroesigenti questa percentuale sale fortemente, entrando in competizione con le risorse idriche per uso industriale e con

l'approvvigionamento idropotabile per uso civile. Nel 2012 in Romagna si è dovuto far ricorso alla potabilizzazione delle acque del Canale Emiliano-Romagnolo (CER), normalmente utilizzate per l'irrigazione, per sopperire alla carenza di acqua potabile nel bacino di Ridracoli. Contemporaneamente, sia nel 2012 che nel 2017 si è assistito a riduzioni dei prelievi dal fiume Po per usi industriali o agricoli.

Come si può vedere nelle figure 9 e 10, ciò che ha accomunato le stagioni 2012 e 2017 è stata una situazione di grave siccità nell'inverno e nella primavera precedente, come accaduto anche nella crisi precedente del 2006-2007, che ha prodotto un bilancio idroclimatico inferiore al 5° percentile in entrambe le annate nella zona emiliana della pianura di Piacenza (macroarea H, primo grafico) e solo nel 2012 per la zona della pianura romagnola (macroarea B, secondo grafico).

Il Bilancio IdroClimatico (BIC) è la cumulata della differenza tra le precipitazioni nell'area e le richieste evapotraspirative delle colture. Il bilancio si calcola nell'anno idrologico (1 ottobre - 30 settembre) per tenere conto della fase di ricarica invernale, che parte tipicamente in ottobre, e della successiva fase di consumo delle risorse, in estate. Nelle aree di pianura, quali le due esaminate nel grafico, il BIC annuale è di norma negativo e viene integrato dagli apporti idrici delle aree appenniniche e dal Po. Nelle due annate in esame il bilancio è stato però estremamente negativo, portando a una carenza generalizzata di risorse idriche a inizio estate sia in superficie (secca del Po e dei fiumi regionali) sia nel suolo radicato e profondo (falda ipodermica).

Bilancio idroclimatico macroarea H

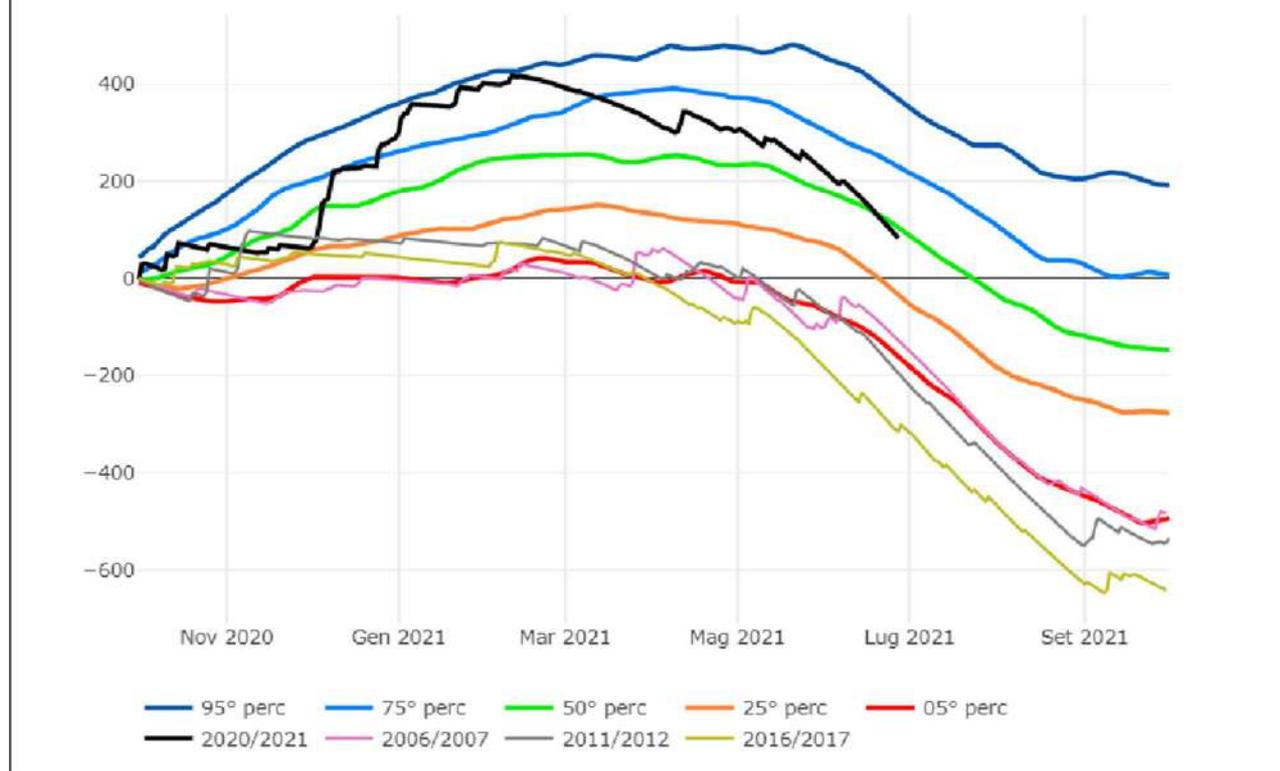


Figura 9 - bilancio idroclimatico sulla macroarea H (pianura di Piacenza). Confronto tra le annate 2006/2007, 2011/2012, 2016/2017 e l'attuale 2020/2021

Come evidenziato nel paragrafo precedente, la siccità del 2017 è stata meno grave nell'area romagnola, grazie a un bilancio idroclimatico meno negativo rispetto a quella emiliana. Il BIC 2016-2017 in Romagna a inizio estate si collocava tra il 5° e il 25° percentile, come illustrato in figura 10 (linea verde scura). E' interessante notare che il BIC attuale del 2021 (linea nera) si colloca esattamente sulla stessa traiettoria di quello del 2017, a differenza di quello emiliano (figura 9) che si trova attualmente nella media climatica. Sembra infatti evidenziarsi anche quest'anno una situazione differenziata in Regione, con l'area emiliana che non presenta particolari esigenze irrigue e l'area romagnola che registra già forti richieste idriche.

Bilancio idroclimatico macroarea B

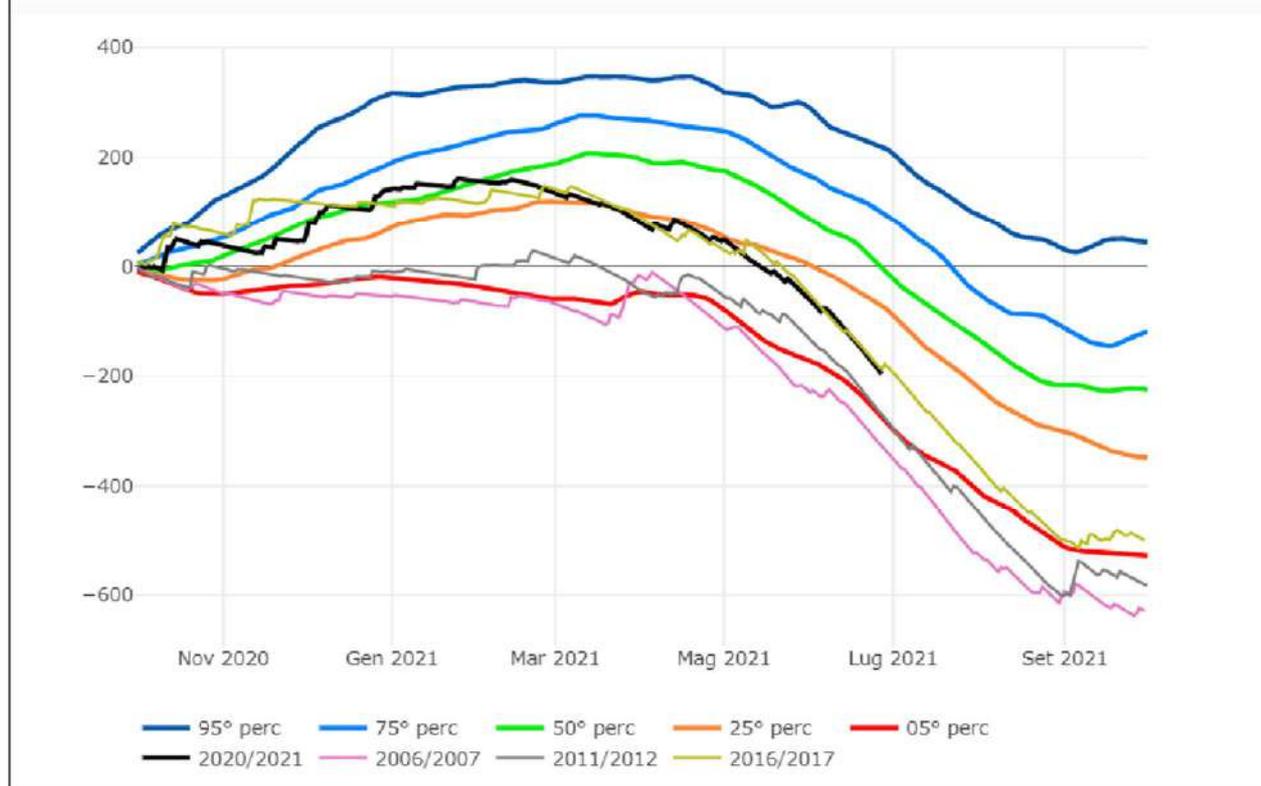


Figura 10 - bilancio idroclimatico sulla macroarea B (pianura romagnola). Confronto tra le annate 2006/2007, 2011/2012, 2016/2017 e l'attuale 2020/2021

CONCLUSIONI

L'area di pianura della regione Emilia-Romagna si estende su una superficie di circa 1160000 ha e presenta una forte vocazione agricola. Al netto di tutti gli altri usi del suolo, la superficie classificabile come agricola dalle analisi iColt ammonta mediamente a circa 800000 ha. Le colture che occupano porzioni maggiori di superficie sono le erbacee estive seguite dalle erbacee autunno vernine ed erbacee da pascolo, medica e prati stabili. La classe colturale delle frutticole e viticole è abbastanza stabile negli anni e si attesta tra il 9% e 10% della superficie totale.

La distribuzione delle colture sul territorio è fortemente differenziata e alcune di queste sono fortemente idroesigenti, quali le frutticole nell'area romagnola, il pomodoro nel piacentino, i prati stabili per la filiera del parmigiano tra Modena e Reggio Emilia, il mais a Bologna e Ferrara.

A queste esigenze irrigue tipicamente estive si aggiungono altre richieste che i vari consorzi di bonifica devono poter soddisfare, anche in altre fasi dell'anno: il mantenimento delle zone umide, la difesa dalle gelate tardive (in particolare nell'area romagnola), le irrigazioni per le colture primaverili precoci o in serra.

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna stima i consumi irrigui complessivi sul territorio regionale intorno agli 800 milioni di metri cubi l'anno, pari al 56% del consumo totale di acqua in regione. L'analisi iColt degli andamenti delle ultime dieci stagioni irrigue (dal 2011 al 2020) mostra però che vi è una forte variabilità nella richiesta interannuale, che può variare da -400 a +600 metri cubi per ettaro, portando quindi i valori assoluti a scendere sotto i 500 milioni di metri cubi negli anni meno idroesigenti (quali il 2014) o salire sino a 1200 milioni negli anni più critici, come il 2012 e 2017. In questi casi la richiesta irrigua entra fortemente in competizione con le risorse idriche per uso industriale e con l'approvvigionamento idropotabile per uso civile, come avvenuto nel 2012.

Il cambiamento climatico sta incrementando la frequenza delle annate siccitose nel periodo invernale e primaverile, che portano il bilancio idroclimatico ad essere fortemente negativo ad inizio estate, quando maggiore è la richiesta di risorse idriche da parte del settore agricolo: negli ultimi anni è avvenuto negli inverni 2006/2007, 2011/2012 e 2016/2017. In alcuni casi gli eventi siccitosi non sono uniformi sul territorio ma presentano caratteri differenziati, come nel caso del 2017 che è stato più grave in Emilia e meno in Romagna. Contemporaneamente, incrementano le frequenze

delle ondate di calore estive, che aumentano le necessità irrigue, così come gli anticipi nella fioritura dei frutteti, che aumentano il rischio di gelate tardive, con conseguente aumento della richiesta irrigua per la difesa antibrina.

Tutti questi elementi mostrano come la corretta gestione dell'acqua ad uso irriguo, la riduzione delle perdite in approvvigionamento, la scelta di colture meno idroesigenti o più adatte a resistere al cambiamento climatico, la disponibilità di servizi climatici per la previsione delle richieste irrigue, sono e saranno elementi fondamentali negli anni a venire.

BIBLIOGRAFIA

Agenzia Europea per l'Ambiente (2009). Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought. EEA Report No 2/2009.

Antolini, G, Auteri, L., Pavan, V., Tomei, F., Tomozeiu R., Marletto, V. (2016). A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961–2010. *Int J Climatol* 36(4): 1970–1986.

Antolini G., Pavan V., Tomozeiu R., & Marletto V. (2017). Atlante climatico dell'Emilia-Romagna 1961-2015. ARPA.

Bittelli M., Tomei F., Pistocchi A., Flury M., Boll J., Brooks E.S., Antolini G. (2010). Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. *Adv. Wat. Resour.*, 33, 106-122.

Brasseur, G. P., Gallardo, L. (2016) Climate services: Lessons learned and future prospects. *Earth's Future*, 4(3), 79-89.

Chitu, Z., Tomei, F., Villani, G., Di Felice, A., Zampelli, G., Paltineanu, I. C., ... & Costache, R. (2020). Improving Irrigation Scheduling Using MOSES Short-Term Irrigation Forecasts and In Situ Water Resources Measurements on Alluvial Soils of Lower Danube Floodplain, Romania. *Water*, 12(2), 520.

Commissione Europea, Directorate-General for Research and Innovation (2015). A European Research and Innovation Roadmap for Climate Services, available at: <http://bookshop.europa.eu/en/a-european-research-and-innovation-roadmap-for-climate-services-pbKI0614177/> [Ultimo accesso 15 giugno 2021].

Corinaldesi, E., Pavan, V., Andreozzi, L., Fabi, M., Selvini, A., Frabboni, I., Lanzoni, P., Paccagnella, T., Lanari, M. (2020). Environmental Factors and Kawasaki Disease Onset in Emilia-Romagna, Italy. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1529.

Girolamo, A., Libertà, A. (1990) A national climatic database: the Italian experience. Internal Technical Report, Ed AGRISIEL SpA.

Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1(2), 96-99.

Hewitt, C., Mason, S., Walland, D. (2012). The global framework for climate services. *Nature Climate Change*, 2(12), 831-832.

Hewitt, C.D., Lowe, J.A. (2018). Toward a European climate prediction system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(10), 1997-2001.

Lourenço, T. C., Swart, R., Goosen, H., Street, R. (2016). The rise of demand-driven climate services. *Nature Climate Change*, 6(1), 13-14.

Marletto V., Ventura F., Fontana G., Tomei F. (2007). Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and a numerical model. *Agric. For. Meteorol.* 147:71-79.

Noone, S., Atkinson, C., Berry, D.I., Dunn, R.J., Freeman, E., Perez Gonzalez, I., Kennedy, J.J, C. Kent, E.C., Kettle, A., McNeill, S., Menne, M., Stephens, Ag., Thorne, P.W., Tucker, W., Voces, C., Willett, K.M. (2020). Progress towards a holistic land and marine surface meteorological database and a call for additional contributions. *Geoscience Data Journal*.

Regione Emilia-Romagna, Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua (2005). Piano di tutela delle acque, disponibile a:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/acque/approfondimenti/documenti/piano-di-tutela-delle-acque/relazione-generale> [Ultimo accesso 20 giugno 2021]

Regione Emilia-Romagna, Direzione generale Cura del Territorio e dell’Ambiente (2019). La strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna, disponibile al:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/cambiamenti-climatici/temi/la-regione-per-il-clima/strategia-regionale-per-i-cambiamenti-climatici/la-regione-per-il-clima-la-strategia-di-mitigazione-e-adattamento-per-i-cambiamenti-climatici> [Ultimo accesso 20 giugno 2021].

Strati, V., Albéri, M., Anconelli, S., Baldoncini, M., Bittelli, M., Bottardi, C., Solimando, D., Tomei, F., Villani, G., & Mantovani, F. (2018). Modelling soil water content in a tomato field: proximal gamma ray spectroscopy and soil–crop system models. *Agriculture*, 8(4), 60.

Tomei, F., Villani, G., Pavan, V., Pratizzoli, W., Marletto, V. (2009). Report on the quality of seasonal predictions of wheat yield and irrigation needs in Northern Italy, Ensembles Project, 6th EU Framework Programme, Research Theme 6, Assessments of Impacts and Climate Change.

Villani G., Botarelli L., Marletto V., Spisni A., Pavan V., Pratizzoli W. & Tomei F. (2014). iCOLT – Seasonal forecasts of crop irrigation needs at ARPA-SIMC. ECMWF Newsletter, 138: 30-33.

Villani, G., Tomei, F., Tomozeiu, R., Marletto V. (2011). Climatic scenarios and their impacts on irrigated agriculture in Emilia-Romagna, Italy. Italian Journal of Agrometeorology, volume 1, pp. 5-17.



I Partner. Insieme per aumentare la resilienza del settore agricolo | www.lifeada.eu |

