Progetto cofinanziato dal PR FESR Emilia-Romagna 2021–2027
Azione 1.1.2

Sensoristica IoT avanzata per un'IRRIgazione 4.0 e una MIsurA smart della sostenibilità ambientale

Sandro Cornali[1], Ilaria Mazzoli[2], Jad B. Novi[2], Luca Corelli Grappadelli[3], Cristiano Franceschini[3], Salvatore Luca Gentile[4], Michela Janni[5], Filippo Graziosi[6]

[1] Azienda Agraria Sperimentale Stuard, Parma [2] Open Fields Srl, Parma [3] CIRI Agroalimentare, Università di Bologna
[4] Canale Emiliano Romagnolo (CER), Acqua Campus, Budrio [5] CNR-IMEM, Parma [6] RI.NOVA, Cesena

IL PROGETTO

IRRI-MIA integra i dati dei sensori installati sulle piante con il DSS IRRIFRAME per rendere il consiglio irriguo più preciso e personalizzato. Le prove su pero, vite, pomodoro, patata e barbabietola collegano il monitoraggio fisiologico alla gestione dell'acqua, sostenendo la resilienza delle produzioni e delle filiere agroalimentari dell'Emilia-Romagna.



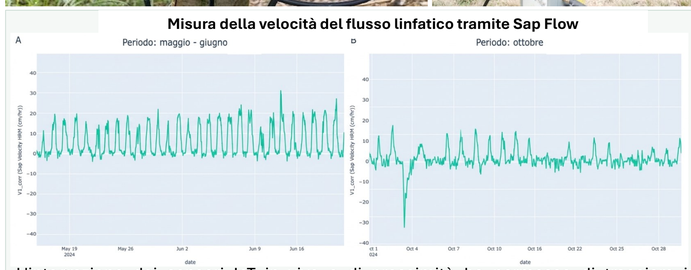
WP1 TreeTalker e WineTalker

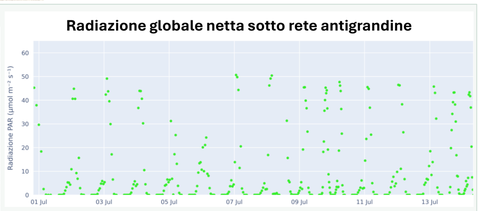
MONITORAGGIO DELLE COLTURE ARBOREE

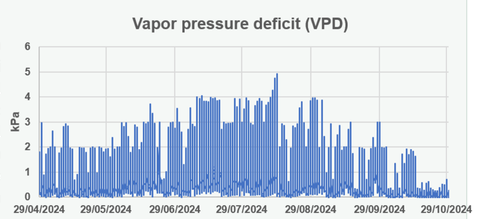




Sperimentazione su **pero** e **vite:**
Suite di sensori IoT integrata in vivo e in prossimità della chioma per il monitoraggio continuo del flusso xilematico, del microclima e dello stato fisiologico e biometrico della pianta.







L'integrazione dei sensori IoT in vivo e di prossimità ha permesso di tracciare in continuo la dinamica fisiologica e le risposte delle colture (pero e vite) alle variabili ambientali. Le sonde xilematiche hanno registrato con accuratezza la velocità del flusso che, rapportata alla specifica sezione e densità dei vasi, ha permesso di ottenere una misura diretta dell'evapotraspirazione effettiva (Ete). Il monitoraggio combinato del deficit di pressione di vapore (VPD) e della radiazione netta sotto rete antigrandine ha fornito i dati fisici essenziali per il calcolo della domanda evapotraspirativa ambientale (ET0) tramite l'equazione di Penman-Monteith, permettendo di quantificare l'esigenza evapotraspirativa ambientale.

WP3 Bioristor

SEGNALI DELLA LINFA E STRESS IDRICO



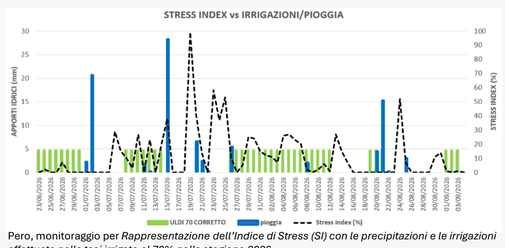




Monitoraggio in vivo

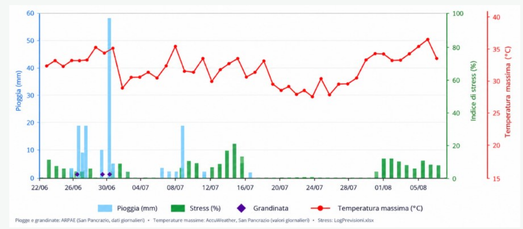
Lettura continua delle variazioni ioniche della linfa per individuare precocemente lo stress idrico e irrigare sulle reali necessità della pianta

MONITORAGGIO CON BIORISTOR IN PERO E POMODORO



Pero, monitoraggio per *Rappresentazione dell'Indice di Stress (SI) con le precipitazioni e le irrigazioni effettuate nella tesi irrigata al 70% nella stagione 2026.*

Il monitoraggio ha confermato l'efficacia del Bioristor nel rilevare in continuo le variazioni dello stato idrico e delle risposte fisiologiche del pero, evidenziando una correlazione tra il segnale R, l'indice di stress, la disponibilità idrica del suolo e le condizioni microclimatiche, nonché la capacità delle piante irrigate al 70% del fabbisogno di mantenere un livello di stress generalmente contenuto.



Plot dell'indice di stress (verde), piogge registrate (azzurro) e temperature massime (rosso).

Il Bioristor ha monitorato le piante di pomodoro per **46 giorni**, rilevando in tempo reale le variazioni dello stato fisiologico e dello stress idrico, supportando l'ottimizzazione degli apporti irrigui. Il sistema ha consentito di seguire le esigenze idriche della coltura anche durante il ricaccio vegetativo successivo alla grandinata del 2 luglio. La valutazione degli effetti sulla produzione resta tuttavia condizionata dai danni causati dall'evento meteorico e dalla successiva ripresa vegetativa.

WP2 CropTalker

MONITORAGGIO DELLE COLTURE ERBACEE



Prove a Budrio e Parma

Monitoraggio delle colture erbacee ad Acqua Campus e del pomodoro presso Stuard, attraverso dati ambientali e colturali

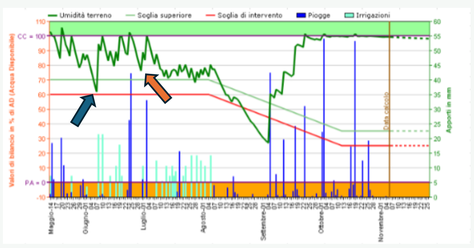
WP4 Integrazione in IRRIFRAME

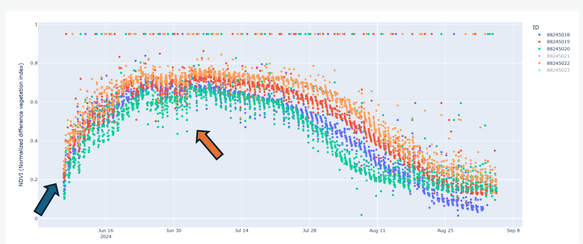
DATI DI CAMPO E SUPPORTO ALLE DECISIONI

Le misure dei sensori affinano il modello di bilancio idrico per personalizzare il momento e il volume dell'intervento irriguo.

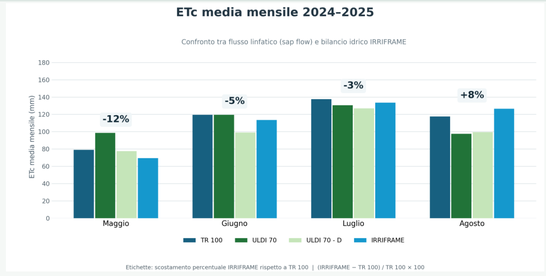
Dati in vivo → **Bilancio idrico** → **Consiglio**

L'attività sperimentale ha previsto l'utilizzo della strumentazione su diverse colture agrarie, al fine di valutarne l'applicabilità in differenti contesti colturali.
Nella prima località, lo strumento è stato utilizzato su barbabietola da zucchero, patata, bietola e pomodoro, mentre nella seconda il monitoraggio ha riguardato esclusivamente la coltura del pomodoro.





A sinistra l'output prodotto da IRRIFRAME durante la stagione vegetativa. Le frecce indicano cali di umidità nel suolo. A destra l'NDVI rilevata da CropTalker su pomodoro nello stesso periodo.



Affinamento della stima dell'ET_0			
Mese	**TreeTalker Penman-Monteith (mm)**	**IRRIFRAME Hargreaves (mm)**	**Sovrastima IRRIFRAME rispetto a TreeTalker (%)**
Maggio	95,9	114,1	+19%
Giugno	138,5	153,1	+11%
Luglio	163,0	166,9	+2%
Agosto	126,4	140,4	+11%
Settembre	72,5	81,3	+12%
TOTALE STAGIONALE	**596,3**	**655,8**	**+10%**

L'integrazione dei dati acquisiti in campo dai sensori IoT ha permesso di potenziare il motore di calcolo del DSS IRRIFRAME su due fronti fondamentali. Da un lato, l'affinamento della domanda evapotraspirativa ambientale (ET0), tramite l'equazione di FAO Penman-Monteith (alimentata dai sensori di temperatura, umidità, VPD e radiazione) ha corretto le sovrastime della formula empirica standard di Hargreaves (fino al 19% a inizio stagione). Dall'altro, la misura in vivo del flusso xilematico ha permesso di rilevare direttamente l'evapotraspirazione effettiva (ETe), integrandola nel modello di consiglio irriguo; il confronto continuo ETe/ET0 ha consentito di determinare il coefficiente colturale (Kc) in tempo reale, affinando e personalizzando i modelli di bilancio idrico sulle reali esigenze della coltura e massimizzando il risparmio di risorsa idrica. L'acquisizione automatizzata di queste informazioni tramite Web API garantisce un bilancio idrico costantemente aggiornato in tempo reale, capace di rilevare tempestivamente le fasi di stress fisiologico e supportare l'adattamento della coltura a condizioni climatiche estreme.

Risultati e discussione

I risultati ottenuti nell'ambito del progetto IRRI-MIA evidenziano interessanti potenzialità nell'impiego della sensoristica avanzata per una gestione più efficiente delle risorse idriche e per il monitoraggio dello stato fisiologico delle colture. Le prime stime indicano un possibile risparmio idrico fino a circa il 20%, riscontrabile su diverse colture, grazie all'ottimizzazione degli interventi irrigui attraverso l'integrazione dei dati dei sensori con il sistema DSS IRRIFRAME.
Parallelamente, il monitoraggio continuo delle colture ha consentito di individuare con precisione le variazioni dello stato di salute delle piante, identificando i momenti in cui iniziano a manifestarsi condizioni di deterioramento fisiologico, processi di senescenza o possibili alterazioni associate ad attacchi patogeni. Queste informazioni rappresentano una base importante per lo sviluppo di sistemi di monitoraggio sempre più precisi e tempestivi che, combinando i dati di campo con i dati rilevati dai sensori, riusciranno a migliorare la capacità di identificare e distinguere precocemente le diverse condizioni di stress della coltura, consentendo una diagnosi più accurata, favorendo interventi agronomici sempre più mirati e tempestivi.

Il progetto online

PARTNER DI RICERCA E TRASFERIMENTO

IMPRESE COINVOLTE NEL PROGETTO