

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

An integrated platform for indicators and models application to agrometeorological data

*Original*

An integrated platform for indicators and models application to agrometeorological data / Battilani, Paola; Trincherò, Daniele. - STAMPA. - 1:(2024). (Intervento presentato al convegno XXVI Convegno Nazionale di Agrometeorologia tenutosi a L'Aquila (Italia) nel 05-07 giugno 2024).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2988985 since: 2024-05-24T16:39:53Z

*Publisher:*

Società Italiana di Agrometeorologia

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# AN INTEGRATED PLATFORM FOR INDICATORS AND MODELS APPLICATION TO AGROMETEOROLOGICAL DATA *UNA PIATTAFORMA INTEGRATA PER L'APPLICAZIONE DI INDICATORI E MODELLI A DATI AGROMETEOROLOGICI*

Paola Battilani<sup>1</sup>, Daniele Trincherò<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università Cattolica del Sacro Cuore – Dipartimento di Scienze delle produzioni vegetali sostenibili, Via E. Parmense 84, 29122, Piacenza (PC)

<sup>2</sup> Politecnico di Torino – Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – iXem Labs, corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino (TO)

[paola.battilani@unicatt.it](mailto:paola.battilani@unicatt.it); [daniele.trincherò@polito.it](mailto:daniele.trincherò@polito.it)

## Abstract

The Spoke 6 of Agritech aims to introduce management models supported by digital tools for the acquisition, transmission, management, and storage of data, to trigger sustainability and resilience in agriculture. Six units, scattered in Italy, are developing a platform aimed to calculate agronomical indicators, starting from data collected through field observations, laboratory tests, punctual sensors and remote investigations by drone and satellite. Among these sources, meteorological data are paramount input. These parameters are primarily available through public regional meteorological networks, but good opportunities are offered also by weather stations deployed by companies and private individuals. To harmonize data collection, a network to retrieve data from private stations, usable by all operational units, in some cases with coverage extended to a full province or region, is being realized. An automatic procedure to acquire regional meteorological data is being constructed.

## Parole chiave

Piattaforme agronomiche, Centraline Agrometeorologiche, Internet delle Cose, Sistemi di Supporto alle Decisioni

## Keywords

Agronomical Platforms, Agrometeorological Stations, Internet of Things, Decision Support Systems

## Introduzione

Lo Spoke 6 del National Research Centre for Agricultural Technologies (Agritech) ha come obiettivo l'introduzione di modelli gestionali a favore di sostenibilità e resilienza nelle aziende agricole. Allo Spoke contribuiscono sei unità di ricerca, l'Università Cattolica del Sacro Cuore, il Politecnico di Torino, l'Università degli Studi di Torino, l'Università Politecnica delle Marche, l'Università di Genova, l'Università di Foggia. Per raggiungere lo scopo istituzionale dello Spoke, le sei unità stanno sviluppando una piattaforma che offrirà la possibilità di calcolare indicatori, applicare modelli di predizione e algoritmi di supporto alle decisioni, a partire da dati raccolti mediante osservazioni in campo, prove di laboratorio, sensori puntuali e monitoraggi da remoto con drone e satellite. Fra tutti i dati potenzialmente utilizzabili, particolare rilevanza rivestono quelli agrometeorologici, misurabili per tramite di stazioni meteo o di singoli sensori, e per i quali la letteratura offre un ampio panorama di indicatori e modelli applicabili (Fioravanti et al., 2013).

La principale fonte di parametri agrometeorologici è rappresentata dalla Rete Agrometeorologica Nazionale e dalle Reti Agrometeorologiche Regionali, che insieme forniscono una mappatura delle zone a principale vocazione agricola, realizzata mediante centraline meteo automatizzate. Le grandezze agrometeorologiche rilevate dalle centraline sono varie: temperatura, precipitazione, umidità relativa,

bagnatura fogliare, vento, irraggiamento solare, ecc., e consentono il monitoraggio della stagione agraria con campionamento su una scala compresa tra i 10 e i 20 km. I dati rilevati sono acquisiti con cadenza oraria e sottoposti a sistematici controlli di correttezza e consistenza fisica e meteorologica prima di essere archiviati nelle rispettive banche dati, per essere successivamente utilizzati per il monitoraggio agrometeorologico. Le stesse stazioni sono verificate e sottoposte a taratura periodica, in modo da garantire la congruità e affidabilità del dato.

Recentemente, grazie ai progressi della tecnologia elettronica e delle telecomunicazioni, si è assistito a una crescita del numero di stazioni meteo posizionate da enti consortili, associazioni di categoria, soggetti privati. Questo ha permesso di ottenere dati agrometeorologici localizzati, in alcuni casi con passo di campionamento a scala di singolo appezzamento. In questo caso, la gestione del dato acquisito è destrutturata, le piattaforme di consultazione non sono pubbliche e la riferibilità del dato non è garantita.

Di conseguenza, i dati ottenuti con le Reti Agrometeorologiche Nazionale e Regionali e quelli ottenuti mediante installazioni private non sono armonizzati e non è possibile calcolare indicatori agronomici o applicare modelli predittivi, a meno di procedere in modo indipendente, duplicando le risorse e il tempo di consultazione e inibendo possibili utili confronti incrociati.

Per questo motivo, si è deciso di costruire una piattaforma di raccolta, consultazione e analisi unificata, capace sia di

collegarsi con le reti pubbliche, sia di raccogliere dati dalle stazioni private, abbinandoli al calcolo di indicatori e all'applicazione di modelli. La piattaforma implementa una dashboard di indicatori agronomici, dove la componente agrometeorologica è importante ma non esclusiva.

## Materiali e Metodi

### *Gestione dei dati agrometeorologici*

Per quanto riguarda la gestione dei dati agrometeorologici, la realizzazione della piattaforma unificata passa attraverso tre implementazioni. La prima è rappresentata dalla costruzione di un sistema di interfacciamento con i database nazionale e regionali dei dati misurati dalle stazioni inserite nelle rispettive reti. La seconda si è basata sull'individuazione e successiva implementazione di un sistema di raccolta dati da sensori privati, aperto, ridondato e applicabile in ogni zona del territorio rurale, anche quelle affette da divario digitale. La terza passa attraverso la realizzazione della citata dashboard per la consultazione e analisi dei dati raccolti.

L'integrazione dell'applicazione Agritech con il sistema di monitoraggio delle stazioni meteo delle reti regionali consiste nell'eseguire le richieste ad uno specifico server che contiene tutti i dati memorizzati da una specifica rete. Si tratta, pertanto, di una estrazione di dati con un classico paradigma client/server. L'esempio attualmente disponibile riguarda la regione Piemonte che espone un servizio web di tipo SOAP (Simple Object Access Protocol), che può essere interrogato da un relativo client (che risiede tipicamente su una macchina remota). Questo sistema può operare per mezzo di diversi protocolli, ma in questo specifico caso viene sfruttato il protocollo HTTP. Una specifica API può essere richiamata per estrarre i dati istantanei, ogni 10 minuti, di una specifica stazione in un dato lasso di tempo. A questo scopo, si è implementata la seguente strategia: è stato programmato uno scheduler che esegue periodicamente l'estrazione e la memorizzazione dei dati sul database remoto dell'applicazione che si sta integrando.

Per quanto riguarda la raccolta dalle stazioni private, sono state valutate diverse soluzioni disponibili sul mercato: Narrow Band IoT (Nb-IoT), Bluetooth Low Energy (BLE), UltraNarrowBand (UNB) e LoRaWAN. La scelta è ricaduta su quest'ultima, in considerazione dei seguenti fattori:

1. formato di rete di tipo LP-WAN e quindi possibilità di ricezione cooperativa e quindi ridondata;
2. copertura di aree di grandi dimensioni, con possibilità di raggiungere i 100 km in linea di vista e quindi soluzione ideale contro il divario digitale;
3. configurazioni di rete semplici, del tipo a stella e quindi possibilità di gestire aree grandi senza necessità di ripetitori;
4. gestione intrinseca dell'integrità del dato e della crittografia;

5. accesso al canale radio con conferma del dato ricevuto;
6. capacità di trasmettere pacchetti di dati di dimensione adeguata alla rilevazione agrometeorologica;
7. consumi energetici molto bassi;
8. costi di esercizio contenuti, in considerazione del fatto che LoRa utilizza frequenze non licenziate ad accesso libero;
9. formato di rete aperto e quindi scalabile senza necessità di ricorrere ad un operatore esterno.

Tutti gli altri sistemi presi in considerazione presentavano limitazioni su almeno due dei punti precedentemente elencati: Nb-IoT sui punti 8 e 9, BLE sui punti 1, 2 e 3, UNB sui punti 4, 5, 6 e 9. Eventuali ulteriori sistemi presenterebbero criticità maggiori rispetto a quelli considerati in questo confronto.

Le stazioni private sono state quindi configurate in modo uniforme su tutto il territorio oggetto di indagine, coinvolgendo le seguenti Regioni: Piemonte, Liguria, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Marche, Toscana, Sardegna, Puglia. Le stazioni sono state realizzate con una scheda che integra il chip Murata modello CMWX1ZZABZ-093, che comprende un microcontrollore STM32L e una radio LoRa SX1276. Il chip è interfacciabile con diversi sensori agro-meteo, individuati nel modo seguente:

- sensore di temperatura e umidità dell'aria prodotto da Sensirion modello SHT31, sensibilità 0.1°C, 1%;
- sensore di temperatura e umidità del terreno prodotto da DeltaOhm, modello HD3910.1.A.5, a due o tre elettrodi, sensibilità 0.1°C, 1%;
- sensore di vento prodotto da Navis, modello WSS 100/REED, sensibilità 1 m/s;
- sensore di pioggia prodotto da Pronamic, modello Professional 500.320, sensibilità 0.2 mm;
- piranometro passivo prodotto da Apogee, modello SP-110, sensibilità 1 W/mq;
- sensore di bagnatura fogliare capacitivo a doppia faccia, realizzato dal Politecnico di Torino per gli scopi di progetto (Filipescu et al, 2023), sensibilità 1%.

### *Dashboard*

L'attività dello Spoke 6 prevede lo sviluppo di una dashboard che offrirà la possibilità di raccogliere tutti i dati ottenuti dal progetto, o comunque resi disponibili dai partners, uniformarli, conservarli in modo ordinato, visualizzarli nelle modalità più appropriate. Inoltre, attraverso la dashboard sarà possibile elaborare i dati con diverse finalità, quali il calcolo di indicatori, o l'applicazione di modelli di predizione e sistemi di supporto alle decisioni (DSS). Gli indicatori e i modelli previsionali, integrati nei

DSS, sono gli strumenti fondamentali per la realizzazione degli obiettivi del progetto.

La raccolta dati, nell'ambito del progetto, riguarda sia le fonti bibliografiche che lo svolgimento di prove *ad hoc* in laboratorio, in celle climatiche, in serra e in pieno campo e ovviamente i dati agrometeorologici. In ciascuno dei contesti citati, sono stati individuati fattori di interesse, declinati in diversi livelli, e i risultati saranno valutati sulla base degli indicatori definiti.

I dati possono essere raccolti mediante osservazioni o misurazioni dirette, impiego di sensori puntuali e monitoraggi da remoto con drone e satellite. Fra tutti i dati potenzialmente utilizzabili, particolare rilevanza rivestono comunque quelli agrometeorologici.

Al fine di coprire tutte le finalità del progetto e le diverse tipologie e modalità di raccolta dei dati, sono state definite otto categorie di indicatori che comprendono: misure ambientali e del suolo, quantità e qualità della produzione, indici di vegetazione, impatto di insetti e malattie, efficienza degli input e impatto ambientale. In totale, sono stati definiti più di cento indicatori e diversi di questi coinvolgono dati meteorologici. Alcuni indicatori si riferiscono semplicemente ai dati raccolti, mentre altri sono ottenuti dalla combinazione di più indicatori attraverso una apposita formula. Tra tutti gli indicatori raccolti saranno individuati quelli più adatti nella definizione delle performance dei sistemi studiati (*key performance indicators-KPI*).

Nell'ambito del progetto sono state considerate diverse colture, in particolare cereali (frumento, mais, riso), colture industriali (pomodoro, girasole), colture arboree (melo, vite, olivo), ma anche basilico, lattuga, cece e fragola.

Le prove in corso riguardano sia specifiche colture, ma anche colture in rotazione, con successioni differenti a seconda dell'area geografica, essendo la partnership rappresentativa di un gradiente territoriale nazionale.

Riguardo ai modelli previsionali, questi sono rivolti all'ottimizzazione e automazione dell'irrigazione, alla previsione della fenologia delle colture, della produzione e delle malattie, in termini di comparsa dei sintomi, incidenza e gravità, definizione delle soglie di intervento di difesa, come pure di eventuali contaminazioni da micotossine.

## Risultati e discussione

### Rete LP-WAN

La rete LP-WAN è stata realizzata utilizzando i server di rete di The-Things-Network e i gateways prodotti da Mikrotik, modello LtAP LR8 LTE. La Fig. 1 mostra la mappa dei gateways operativi al 28 aprile 2024, con una situazione in progressiva e costante crescita.

I segnaposto di colore rosso scuro corrispondono a gateways installati specificatamente per il progetto (37 in totale), mentre i segnaposto blu corrispondono a gateways esistenti (80 in totale), installati precedentemente all'esecuzione del progetto e acquisiti per completare la copertura di rete.



Fig.1 – Mappa dei 37 Gateways LoRaWAN implementati per gli scopi di progetto (in rosso scuro) e degli 80 esistenti e inseriti nel progetto (in blu).

Fig.1 – Map of the 37 LoRaWAN Gateways installed for the project (dark red) and the 80 ones already existing and inserted in the project (blue).

### Stazioni meteo puntuali

La Fig. 2 mostra due esempi di stazioni meteo realizzate per gli scopi di progetto, installate in vigneti di Settimo Vittone (TO, Piemonte), zona di produzione delle uve nebbiolo. Nel primo caso è stata adottata una soluzione a due radio in filare su supporto plastico, nel secondo si è scelto di abbinare tutti i sensori ad una singola radio fuori filare su palo di legno.

### Dashboard

La dashboard è in fase di realizzazione e sfrutta l'ambiente di sviluppo Apache Superset, che permette di elaborare i dati raccolti, ad esempio calcolando indicatori, e di generare vari tipi di grafici. Sono stati preferiti grafici lineari e istogrammi. La dashboard permette di visualizzare indicatori calcolati a partire da dati raccolti in campo, con drone, da satellite e di tipo agrometeorologico. Per quanto riguarda quest'ultima specifica componente, la dashboard permette di consultare sia i dati grezzi, sia diversi indicatori, tra i quali quelli meteorologici (Fioravanti et al., 2013), a partire dai flussi originati dalle stazioni RAM, e dalle stazioni private.

### Modelli previsionali

Le unità di ricerca stanno contribuendo in diversi modi. In particolare, con l'individuazione di modelli utili per le finalità e le tematiche di interesse per lo spoke, sia disponibili in letteratura che sviluppati in precedenza dai diversi gruppi, ma anche producendo nuovi dati che consentiranno lo



*Fig.2 – Esempio di stazione meteo contenente un sensore di temperatura e umidità del terreno, vento e radiazione solare (sul palo in primo piano), pioggia, temperatura e umidità dell'aria e bagnatura fogliare sul palo in secondo piano a destra.*

*Fig.2 – Example of meteo station containing a sensor of soil temperature/humidity, wind and a pyranometer (foreground), rain gauge, sensor of air temperature /humidity, sensor of leaf wetness (background, right).*

sviluppo di nuovi modelli, o la calibrazione e il miglioramento di modelli esistenti con la scadenza temporale di fine del progetto (2025). Inoltre, è stato fatto un censimento dei modelli previsionali messi a disposizione dai siti delle diverse regioni italiane.

Le varie attività di modellistica riguardano: i) le risorse idriche, sia in termini di razionalizzazione dell'irrigazione in diversi ambienti di coltivazione (serre, coltivazioni fuori suolo e pieno campo) che di stima dell'utilizzo delle risorse idriche da parte dell'agricoltura italiana su scala di campo (Battilani et al., 2004); la previsione della dinamica di crescita della pianta e della resa; la previsione della comparsa e dell'epidemiologia delle malattie, incluse le indicazioni di razionalizzazione degli interventi di difesa.

In tutti i casi, l'input imprescindibile per tutti i modelli è costituito dall'acquisizione di dati meteorologici, aspetto che spesso rappresenta un limite per la loro applicazione.

## Conclusioni

L'attività svolta dallo spoke 6 nell'ambito del Centro Nazionale Agritech rappresenta una grande opportunità per il sistema agricolo italiano. Il coinvolgimento di varie unità di ricerca con competenze differenziate, non solo agronomiche ma anche ingegneristiche, distribuite sul territorio nazionale, è di stimolo ad una visione più ampia dei sistemi agricoli e della loro ottimizzazione. Tutte le attività in corso ruotano intorno all'ottenimento di una base di dati meteorologici con varie scale e modalità di raccolta, ma standardizzate in termini di acquisizione, gestione, elaborazione e utilizzo. Quanto più questa visione ambiziosa

sarà condivisa da enti pubblici e privati a favore di un obiettivo comune, tanto più si potrà considerare lo Spoke 6 un progetto di successo a reale supporto del sistema Italia.

## Ringraziamenti

Studio condotto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU (PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032 17/06/2022, CN00000022). I punti di vista e le opinioni espresse sono tuttavia solo quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi.

## Bibliografia

- Fioravanti G., Piervitali E., Desiato F., Perconti W., Frascchetti P., 2013. Variazione e Tendenze degli Estremi di Temperatura e Precipitazioni in Italia, ISPRA, Stato dell'Ambiente 37/2013.
- Filipescu, E., Colucci G.P., Trincherò D., 2023. "Advances in Design and Construction of Leaf Wetness Sensors." In 2023 IEEE Conference on AgriFood Electronics (CAFE), 128–131. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10291759/>.
- Saito K., Johnson J.M., Hauser S., Corbeels M., Devkota M., Casimero M. 2023. Guideline for measuring agronomic gain key performance indicators in on-farm trials, v. 1. Excellence in Agronomy for Sustainable Intensification and Climate Change Adaptation Initiative. <https://hdl.handle.net/10568/134668>
- Battilani P., Elia A., Ledda L., Ridolfi L., Sacile R., Trincherò D. (2024) Soluzioni innovative per l'ottimizzazione della gestione irrigua. Atti del XXVI Convegno Nazionale di Agrometeorologia, L'Aquila, 5–7 giugno 2024.