

Meeting scientifico  
**CENTRO DI RICERCA INGEGNERIA E TRASFORMAZIONI AGROALIMENTARI**

**Sensori per applicazioni in agricoltura digitale,  
analisi di immagine e modellistica avanzata**

*Webinar, 24 gennaio 2024*

# Gruppo di lavoro

Sede di  
Monterotondo (RM)



**Francesca Antonucci**  
Prima Ricercatrice



**Corrado Costa**  
Dirigente di ricerca

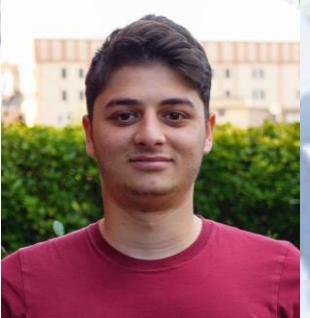


**Federico Pallottino**  
Primo Ricercatore

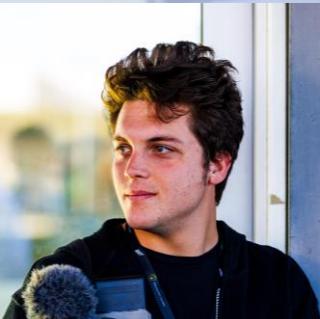


**Simone Figorilli**  
Collaboratore tecnico

Personale TD



**Simone Vasta**  
Collaboratore tecnico



**Francesco Tocci**  
Collaboratore tecnico



**Lavinia Moscovini**  
Collaboratrice tecnica



**Simona Violino**  
Ricercatrice



**Rossella Manganiello**  
Tecnologa



**Luciano Ortenzi**  
Ricercatore associato Tuscia

## Settori della ricerca

Utilizzo delle **tecniche digitali** all'intero processo produttivo (dalla semina alla raccolta, fino alla trasformazione e alla distribuzione dei prodotti agricoli), con l'obiettivo di rendere l'intero sistema agricolo più **efficiente, sostenibile e competitivo**.

Digital  
Agriculture

Digital  
Forestry

Digital  
Farming



### 1) Sensoristica avanzata

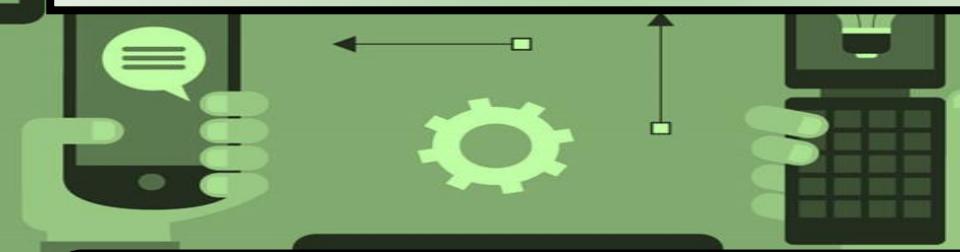


### 3) Realizzazione di app e device open source



### 5) Tracciabilità

### 2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale



### 4) Robotica e meccatronica

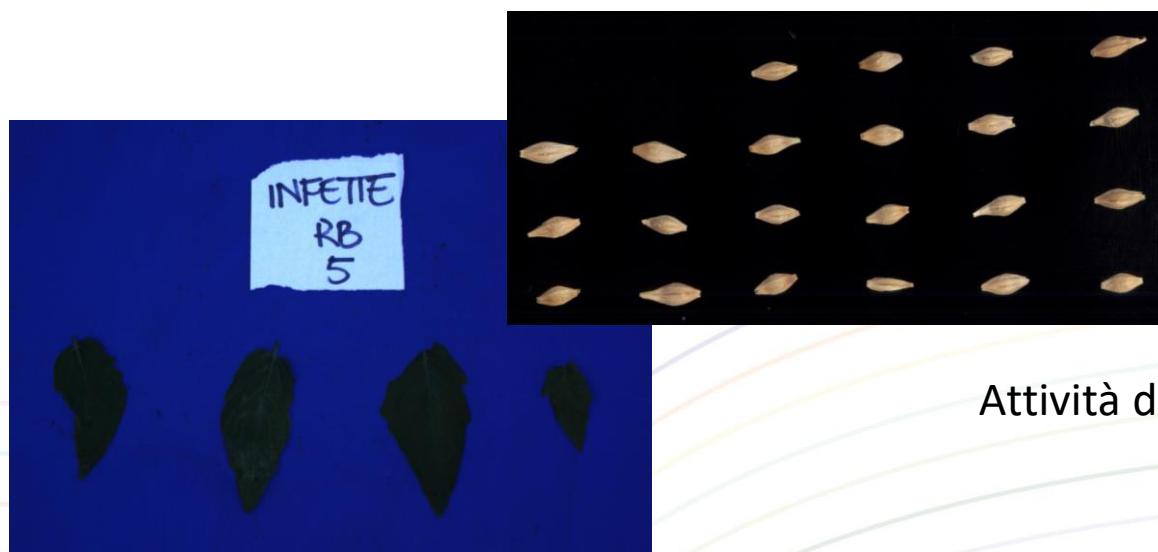
# Laboratori tematici



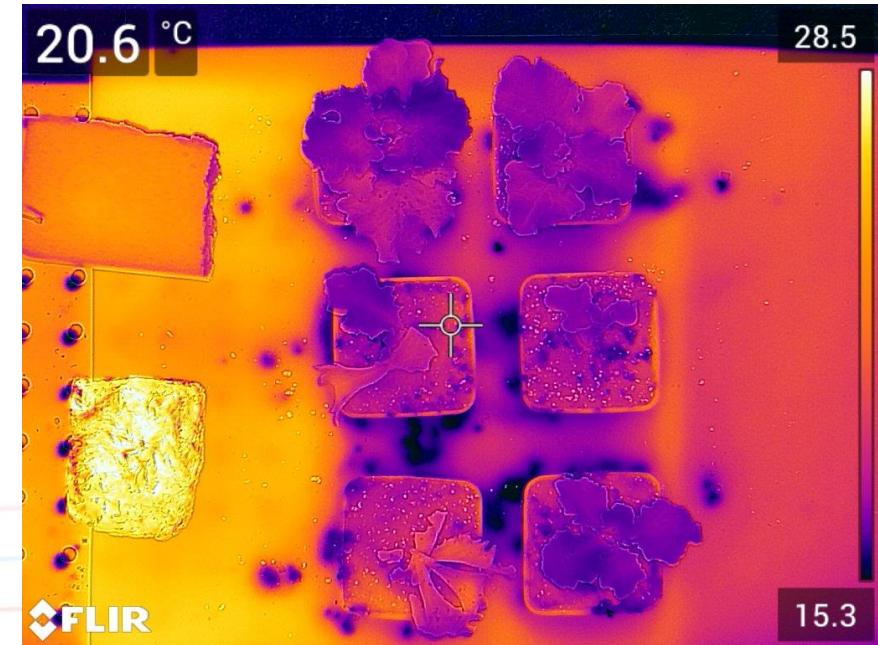
## 1) Sensoristica avanzata

### Digitalizzazione delle operazioni agricole (smart farming)

- valutazione dello stato di salute delle colture
- programmazione di interventi mirati e ottimizzare le attività di monitoraggio

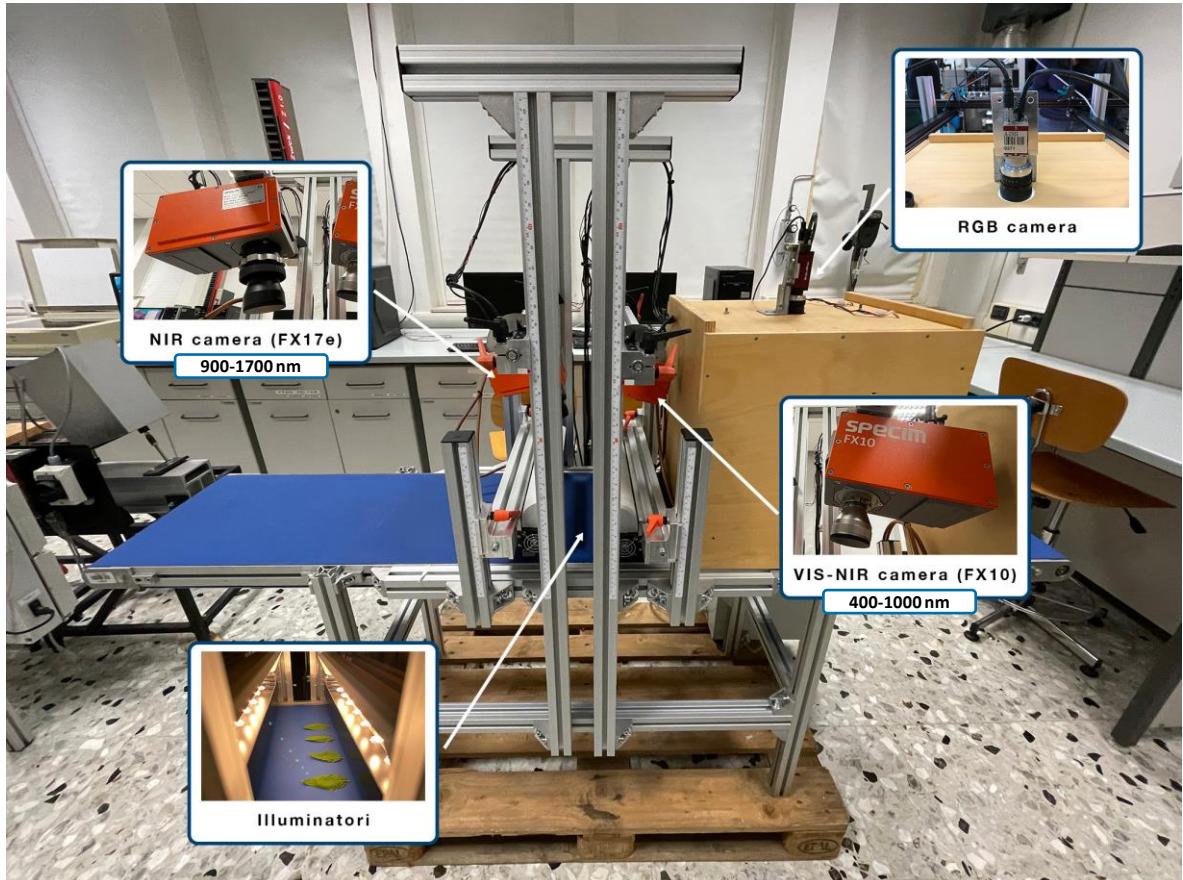


### Termografia



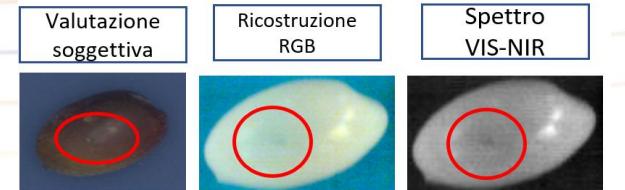
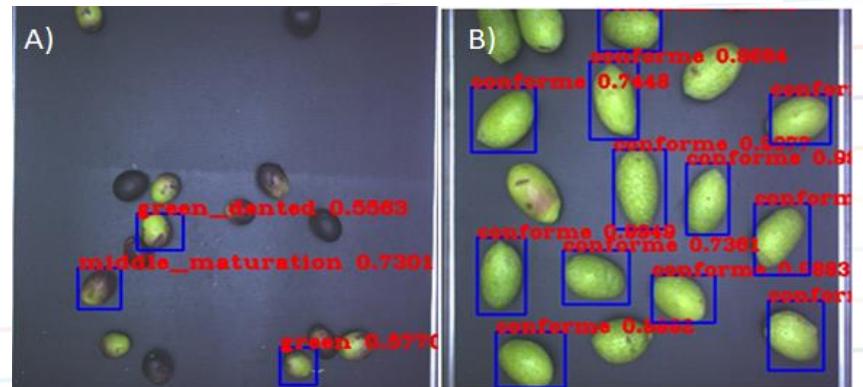
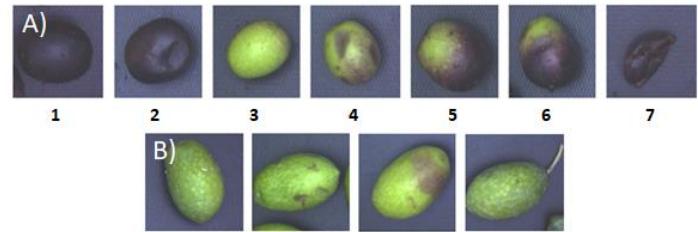
### Sensori prossimali

Attività di monitoraggio a distanza ravvicinata o a contatto con ciò che viene osservato



Applicazioni: riconoscimento difetti esterni ed interni di olive da mensa (es. ammaccato, macchiato, peduncolato).

## 1) Sensoristica avanzata



European Food Research and Technology (2022) 248:1395–1405  
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-03971-7>

ORIGINAL PAPER

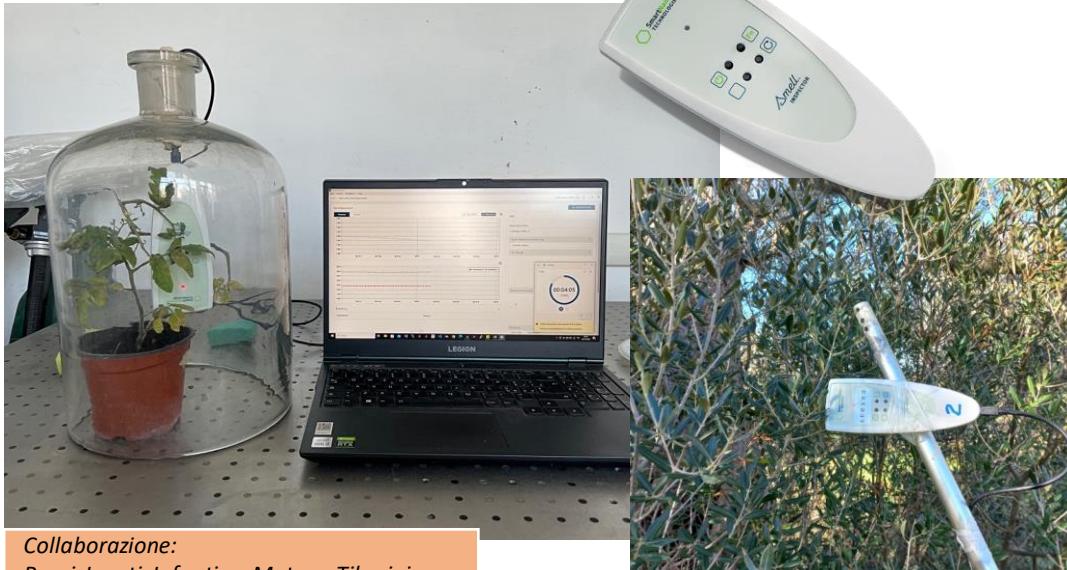


Fast olive quality assessment through RGB images and advanced convolutional neural network modeling

Giorgia Salvucci<sup>1,2</sup> · Federico Pallottino<sup>2</sup> · Leonardo De Laurentiis<sup>1</sup> · Fabio Del Frate<sup>1</sup> · Rossella Manganiello<sup>2</sup> · Francesco Tocci<sup>2</sup> · Simone Vasta<sup>2</sup> · Simone Figorilli<sup>2</sup> · Beatrice Bassotti<sup>2</sup> · Simona Violino<sup>2</sup> · Luciano Ortenzi<sup>2</sup> · Francesca Antonucci<sup>2</sup>

# 1) Sensoristica avanzata

## Sensori portabili IoT



**SCIO<sub>TM</sub>**

- Sensore a basso costo, ready-to-use, con sorgente luminosa incorporata, il cui segnale di riflettanza raccolto copre un intervallo **NIR 740-1070 nm**
- Il dispositivo utilizza la tecnologia wireless **Bluetooth** per comunicare con smartphone e l'applicazione "SCIO Lab"
- Applicazioni: valutazione della qualità della semola della pasta e dell'olio di oliva.

### Naso elettronico digitale (*Smell Inspector*)

- Contiene quattro diversi chip multicanale rilevatori di gas (VOCs) dalla cui interazione si ottiene un'**impronta digitale dell'odore**
- Strumento low-cost, portatile, IoT, trasmette i dati in **Cloud**
- Applicazioni: in combinazione con **algoritmi di intelligenza artificiale** per fornire, per esempio, strumenti decisionali sulla early detection di patogeni (es. virus pomodori, *Xylella fastidiosa* olivo).



# 1) Sensoristica avanzata

## Sensori portabili IoT



European Food Research and Technology (2021) 247:1013–1022  
<https://doi.org/10.1007/s00217-021-03683-4>

ORIGINAL PAPER

AI-based hyperspectral and VOCs assessment approach to identify adulterated extra virgin olive oil

Simona Violino<sup>1</sup> · Cinzia Benincasa<sup>2</sup> · Cosimo Taiti<sup>3</sup> · Luciano Ortenzi<sup>1</sup> · Federico Pallottino<sup>1</sup> · Elettra Marone<sup>4</sup> · Stefano Mancuso<sup>3</sup> · Corrado Costa<sup>1</sup>

 foods

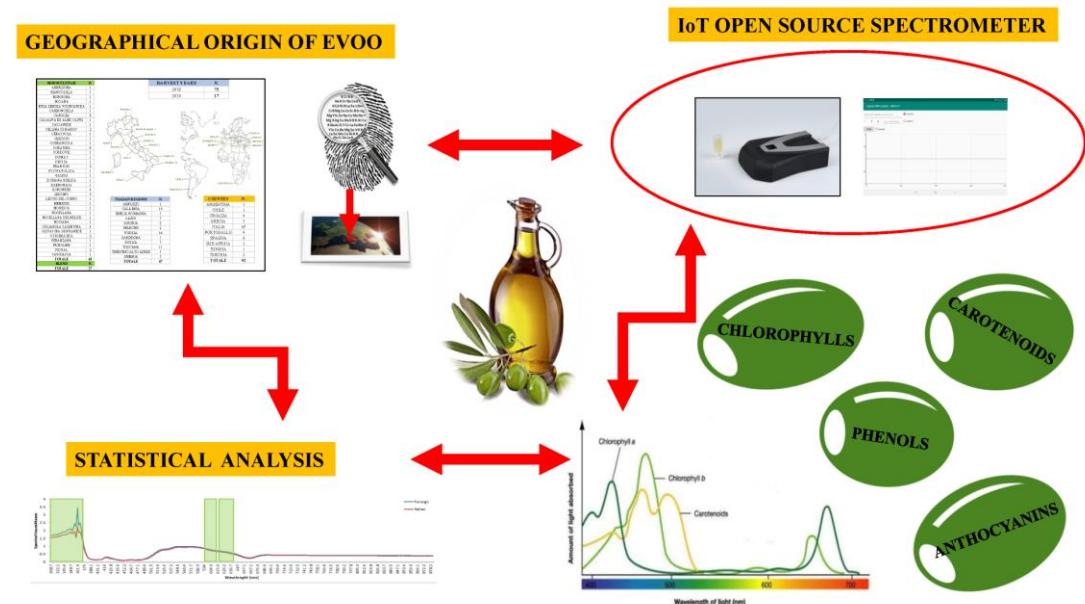
 MDPI

Article  
**An Artificial Intelligence Approach for Italian EVOO Origin Traceability through an Open Source IoT Spectrometer**

Simona Violino<sup>1</sup>, Luciano Ortenzi<sup>1</sup>, Francesca Antonucci<sup>1</sup>, Federico Pallottino<sup>1,\*</sup>,  
 Cinzia Benincasa<sup>2</sup>, Simone Figorilli<sup>1</sup> and Corrado Costa<sup>1</sup>

### My spectral Lumini C

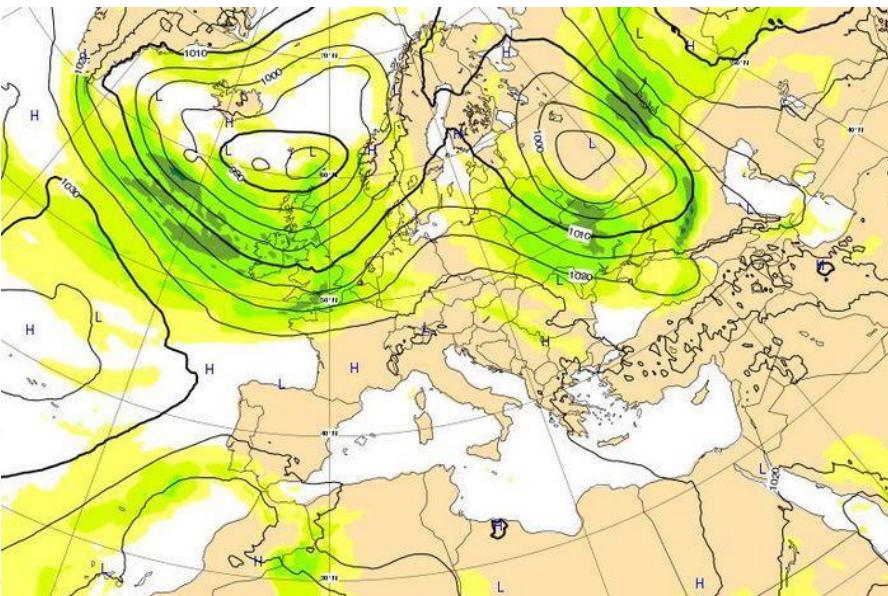
- La tecnologia Lumini C consiste di un sensore puntuale open-source ultra-portatile con funzionalità di misurazione della radianza spettrale (340-890 nm).
- I campioni siano posti all'interno dell'apposito strumento per l'analisi dei liquidi, tramite cuvette di plastica.
- Applicazioni: valutazione qualitativa, tracciabilità e adulterazione dell'EVOO



## 2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

L'**Intelligenza Artificiale** è un sistema capace di eseguire compiti avvalendosi di algoritmi complessi (modelli) che consentono di apprendere, analizzare dati e prendere decisioni.

Si tratta di ambienti dinamici che possono evolvere diventando sempre più precisi ed affidabili.



## 2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

descrive il livello di vigoria della coltura e si calcola come il rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso e nel rosso, ossia come  $(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$

*Stima dell'NDVI pixel per pixel a partire da immagini RGB standard*

Computers and Electronics in Agriculture 216 (2024) 108536



Contents lists available at ScienceDirect

Computers and Electronics in Agriculture

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/compag](http://www.elsevier.com/locate/compag)



Sviluppo di modelli multivariati basati su:

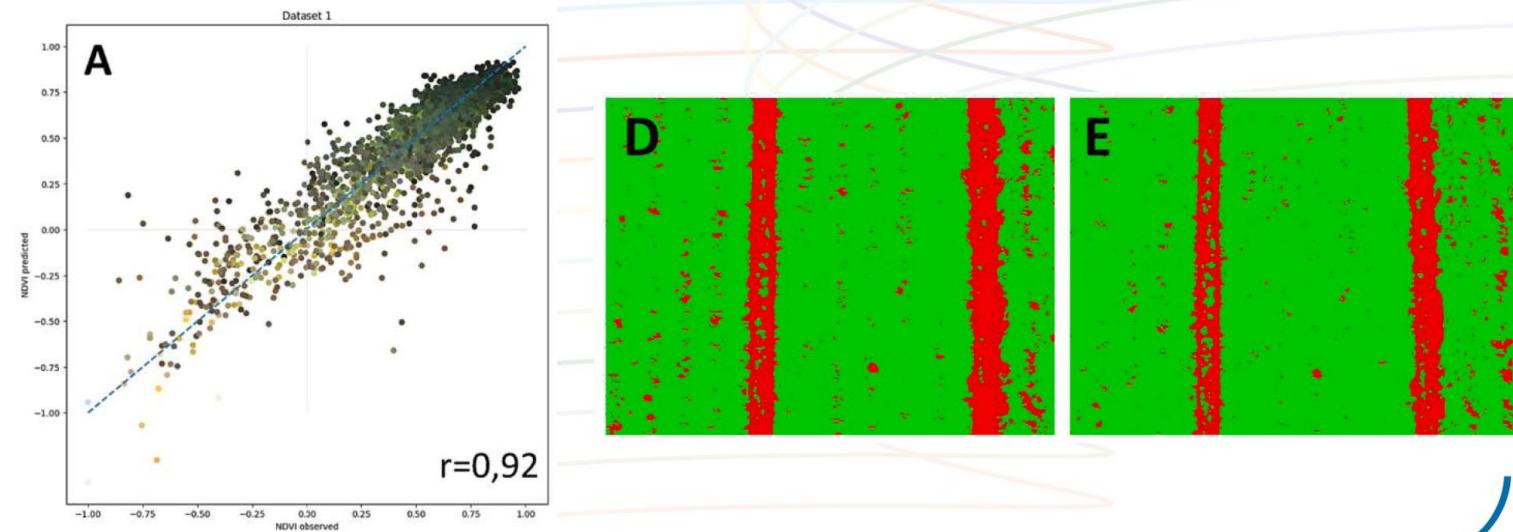
- ✓ Approcci lineari
- ✓ Modelli di Intelligenza Artificiale (Machine Learning, Deep-Learning, Generative AI)
- ✓ Time series analysis

Con applicazioni su:

- ✓ Matrici di dati
- ✓ Immagini (RGB, Multi- e Iper-spettrali)
- ✓ Video

An open-source machine-learning application for predicting pixel-to-pixel NDVI regression from RGB calibrated images

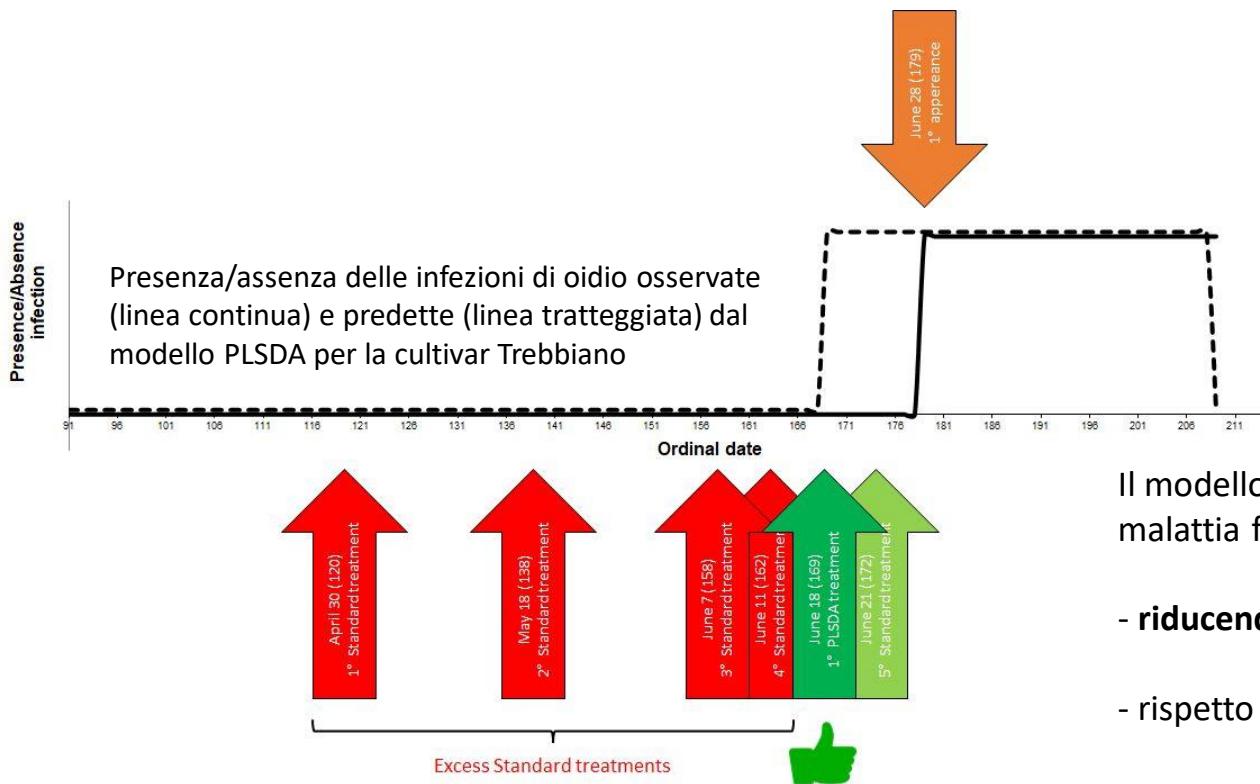
Lavinia Moscovini <sup>a</sup>, Luciano Ortenzi <sup>a,b</sup>, Federico Pallottino <sup>a</sup>, Simone Figorilli <sup>a</sup>,  
Simona Violino <sup>a</sup>, Catello Pane <sup>c</sup>, Valerio Capparella <sup>d</sup>, Simone Vasta <sup>a</sup>, Corrado Costa <sup>a,\*</sup>



## 2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

### Modellistica previsionale (oidio della vite)

Programmazione e applicazione di un **sistema previsionale generalizzabile** per monitorare il primo attacco dell'oidio su vite e **diminuirne** la diffusione a partire da **dati meteoclimatici e rilievi fitopatologici**



Article

**Advanced Forecasting Modeling to Early Predict Powdery Mildew First Appearance in Different Vines Cultivars**

Roberto Valori <sup>1</sup>, Corrado Costa <sup>2</sup>, Simone Figorilli <sup>2</sup>, Luciano Ortenzi <sup>2,3</sup>, Rossella Manganiello <sup>2</sup>, Roberto Ciccoritti <sup>4</sup>, Francesca Cecchini <sup>5</sup>, Massimo Morassut <sup>5</sup>, Noemi Bevilacqua <sup>5</sup>, Giorgio Colatostì <sup>6</sup>, Giovanni Pica <sup>6</sup>, Daniele Cedroni <sup>6</sup> and Francesca Antonucci <sup>2,\*</sup>

Il modello PLSDA ha previsto in anticipo la prima comparsa della malattia fungina:

- riducendo il numero dei trattamenti
- rispetto a quelli convenzionali



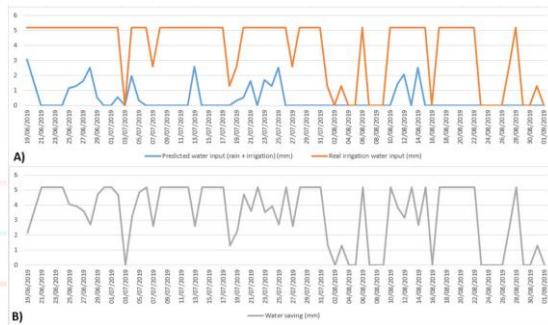
## 2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

### Modellistica previsionale (irrigazione di precisione)

Sviluppo di **modelli previsionali adattativi** e supervisionati per **ottimizzare la gestione delle pratiche di irrigazione di precisione** agricola. Questi approcci sono definiti adattativi perché si calibrano con l'acquisizione di nuovi dati, aggiornando nel tempo il modello.

#### Input idrico campo ( $H_2O$ input)

Pioggia ( $H_2O$  rain) + Acqua irrigata ( $H_2O$  irr)



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



Article

An Open Source Low-Cost Device Coupled with an Adaptive Time-Lag Time-Series Linear Forecasting Modeling for Apple Trentino (Italy) Precision Irrigation

Simone Figorilli<sup>1</sup>, Federico Pallottino<sup>1,\*</sup>, Giacomo Colle<sup>2</sup>, Daniele Spada<sup>2</sup>, Claudio Beni<sup>1</sup>, Francesco Tocci<sup>1</sup>, Simone Vasta<sup>1</sup>, Francesca Antonucci<sup>1</sup>, Mauro Pagano<sup>1</sup>, Marco Fedrizzi<sup>1</sup> and Corrado Costa<sup>1,\*</sup>



Range risparmio idrico  
**197-255mm/m<sup>2</sup>**



Risparmio energetico  
**34000-44000KW**



### 3) Realizzazione di app e device open source

Utilizzo della **tecnologia** per semplificare le attività agricole in un'ottica di sostenibilità



### 3) Realizzazione di app e device open source



#### Network LoRaWAN CREA

Con il network **LoRaWAN (open-source)** si riescono a trasmettere i dati raccolti in campo a grande distanza (15 km).

Il **network** è composto da una rete di **Gateway LoRaWAN** su territorio nazionale ubicati in punti strategici e da sensoristica e centraline progettate nel **Laboratorio prototipale Open-Hardware** di Monterotondo.

Applicazioni: es. rilievo dei parametri ambientali, monitoraggio di macchine agricole, monitoraggio consumi energetici, etc.

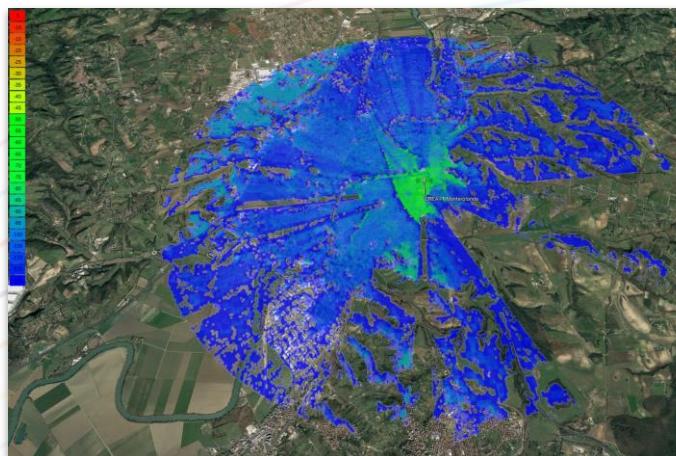
#### Tecnologia LoRaWAN

##### PRO:

- Ottima capacità di roaming
- Ampia copertura (fino a 15 km)
- Bassi consumi
- Basso costo

##### CONTRO:

- Dimensione dati trasmessa ridotta
- Velocità di trasmissione limitata.



## Coltivazione del mais

Collaborazione:  
Pari, Assirelli CREA-IT



# 3) Realizzazione di app e device open source

## Esempi applicazioni Network LoRaWAN CREA

### Consumi energetici in serra e in stalla

Collaborazione:  
Cutini, Fedrizzi CREA-IT



### Oliveti

Collaborazione:  
Biocca CREA-IT



### Temperatura fogliare IR

Collaborazione:  
Santangelo CREA-IT



### Bachicoltura

Collaborazione:  
Cappellozza CREA-AA



### Frutticoltura

Collaborazione:  
Verde, Vendramin CREA-OFA

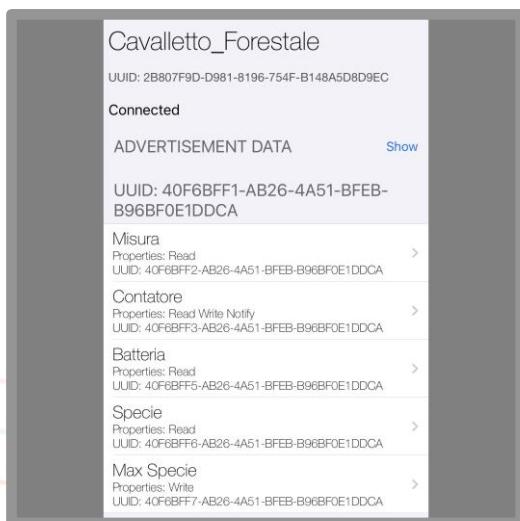


### 3) Realizzazione di app e device open source

#### Device open source (Precision forestry)

Il cavalletto dendrometrico è uno strumento utilizzato per misurare il diametro dei fusti di alberi in piedi, di pali, di legname tagliato, etc.

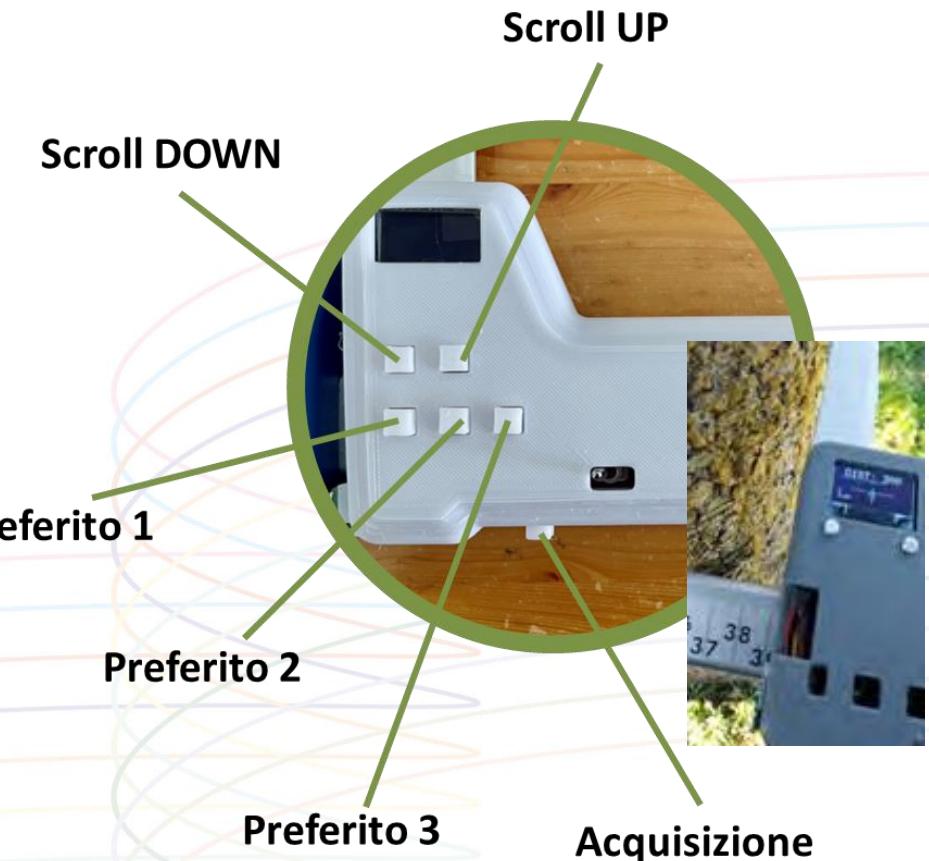
È stato sviluppato un **cavalletto dendrometrico elettronico** retrofit utilizzando la tecnologia **open source Arduino** per permettere lo scambio di dati tra lo strumento e l'app appositamente realizzata su smartphone tramite protocollo di comunicazione basato sulla tecnologia Bluetooth.



DIST: 800  
COUNT: 45  
TYPE: 1  
78 %



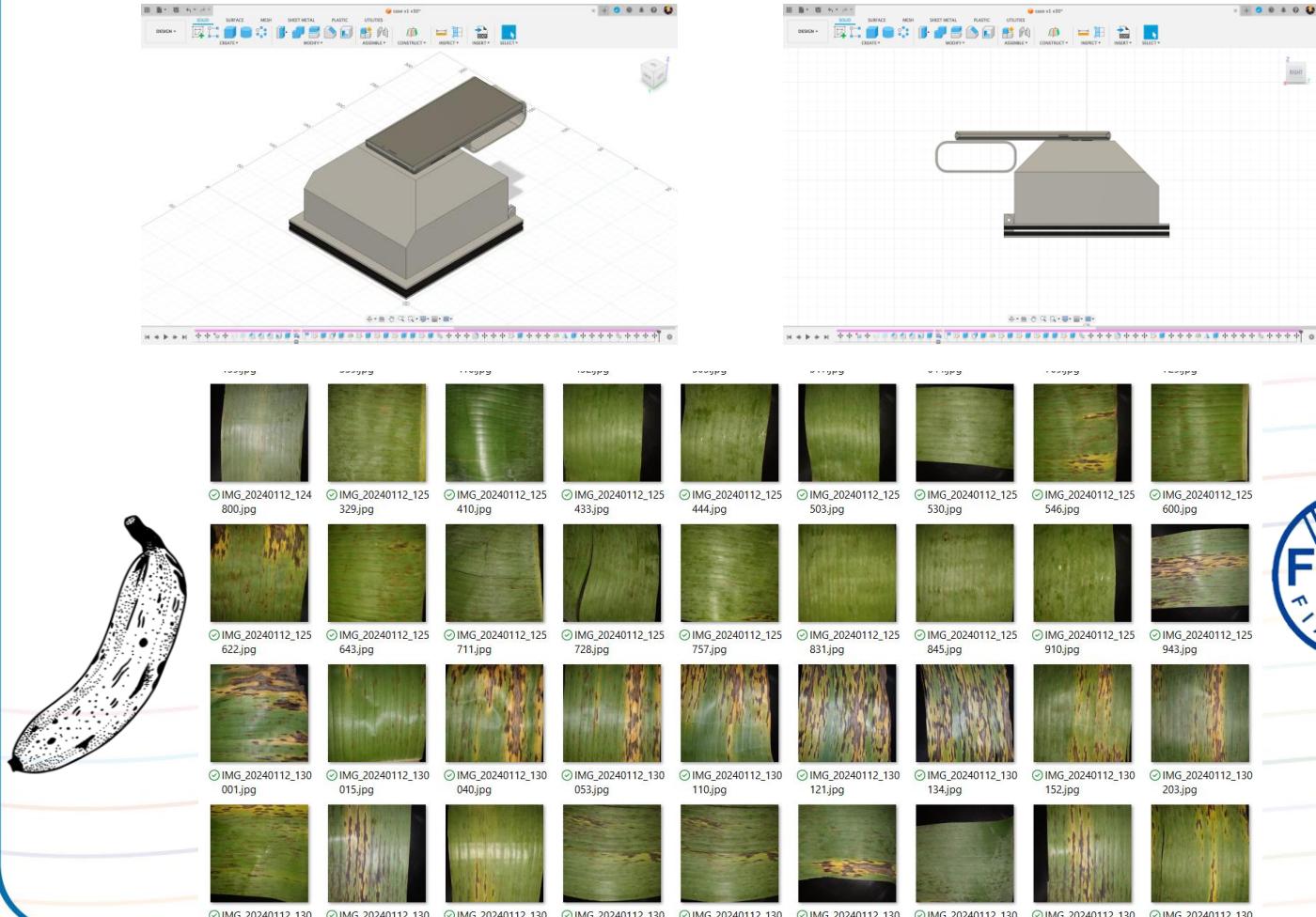
In brevettagione CEDUOMETRO



- I due tasti scroll fanno scorrere tra le specie (selezionate in precedenza nell'app).
- I tre preferiti impostano una tra le prime tre specie presenti nella lista.
- Acquisizione invia la misura e altri dati allo smartphone.

### 3) Realizzazione di app e device open source

#### SMART BSD (*Black Sigatoka Disease*) DEVICE



Collaborazione:  
Scarfone CREA-IT

## 4) Robotica e meccatronica



**Droni**

I droni consentono di osservare da un punto di vista privilegiato e i dati hanno ricadute positive sia sulla precisione con cui i campi vengono coltivati, sia sull'efficientamento delle risorse in un'ottica di sostenibilità.

### Rover a guida autonoma

Permettono il "monitoraggio attivo" del campo riconoscendo le caratteristiche rilevanti (es. stato di salute del campo e di crescita delle coltivazioni) per poter definire le migliori strategie di gestione e adottare soluzioni mirate alle singole piante.

**Leggeri**



**Pesanti**



## 4) Robotica e meccatronica

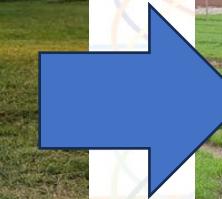
### Rover a guida autonoma

#### Rover UGV

- Utilizzato come **carrier** per azioni real-time in campo;
- Fornisce l'alimentazione e la ricarica autonoma;
- Settings 50 FPS



Implementazione di un **sensore lineare iperspettrale** in combinazione con software open-source e algoritmi



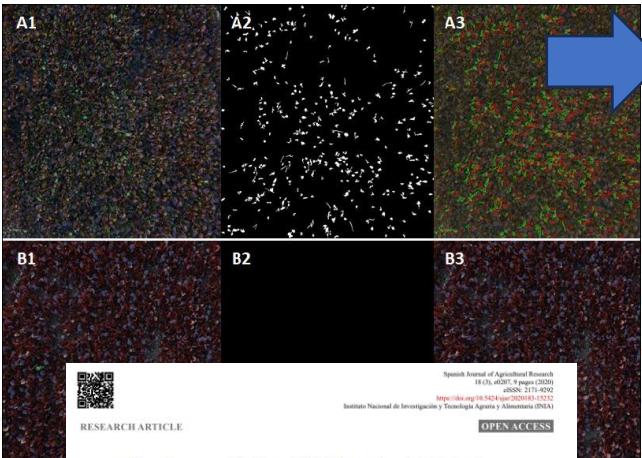
Detection precoce dei focolai d'infezione per migliorare l'efficacia della difesa preventiva

## 4) Robotica e meccatronica

### Droni leggeri



Confronto tra metodi tradizionali (profilometro laser e setacciatura manuale) ed un drone leggero per il rilevamento della rugosità e della zollatura del suolo lavorato con tre tecniche agricole differenti (aratura, erpicatura e lasciato erboso)



Phenotyping di cultivar di frumento duro in campo tramite ricostruzione orto-foto da drone q08



Chapter 18

Light Drones for Basic In-Field Phenotyping and Precision Farming Applications: RGB Tools Based on Image Analysis

Federico Pallottino, Simone Figorilli, Cristina Cecchini, and Corrado Costa

Stima del grado di infestazione da malerbe in colture in serra di lattuga rossa baby-leaf mediante uso di droni leggeri



Article

Light Drone-Based Application to Assess Soil Tillage Quality Parameters

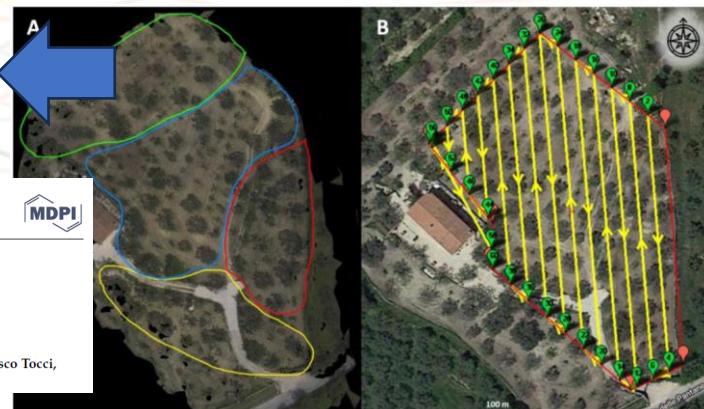
Roberto Fanigliulo , Francesca Antonucci , Simone Figorilli, Daniele Pochi, Federico Pallottino , Laura Formaciari, Renato Grilli and Corrado Costa



Stima precoce della produzione di olive (olio) per singola pianta a partire dalla la mappa aziendale ricostruita da drone.



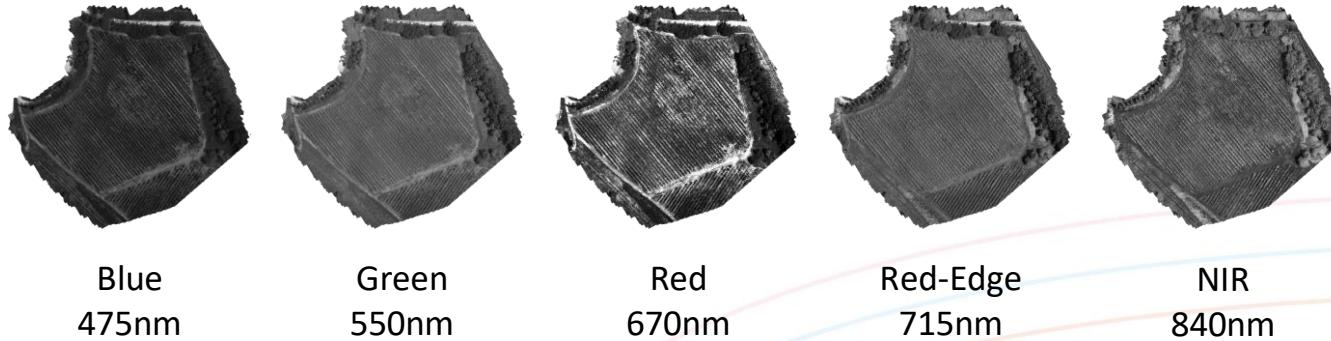
drones



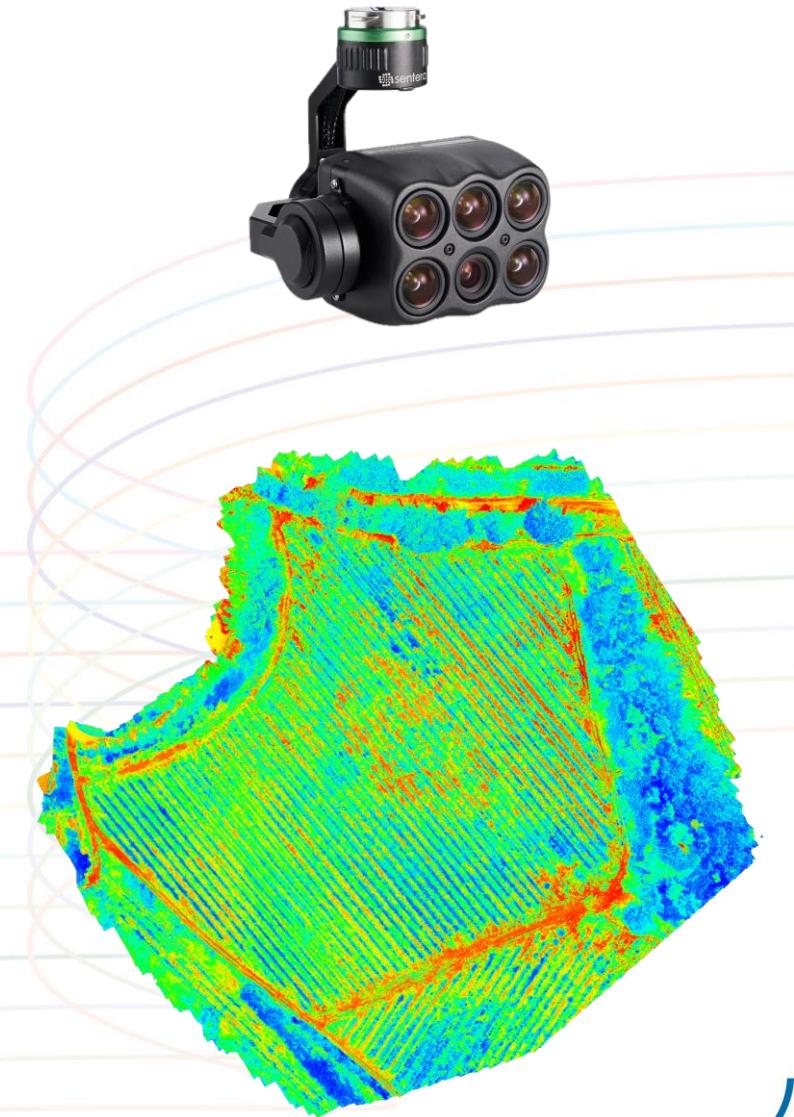
## 4) Robotica e meccatronica

### Droni pesanti

Grazie all'utilizzo di sensori complessi si possono realizzare analisi approfondite del terreno. Un esempio è la camera multispettrale Sentera 6X che con i suoi 6 sensori (5 spettri + 1 RGB) permette la ricostruzione e la successiva analisi di orto-foto su bande spettrali differenti.

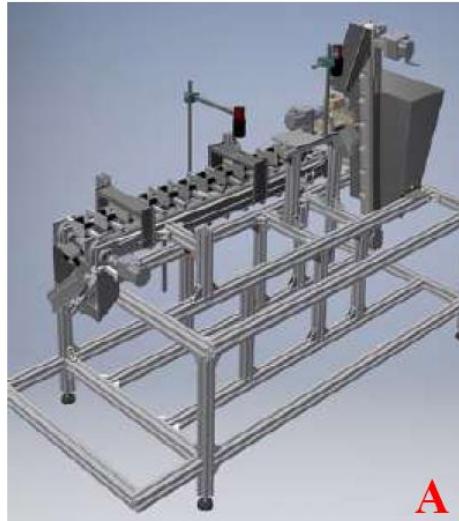


Tra le possibilità di analisi c'è quella di fondere i dati provenienti dai sensori NIR e Red per realizzare orto-foto con indici vegetativi NDVI, consentendo per esempio il riconoscimento delle zone del terreno sotto stress e quindi il conseguente stato vegetativo delle colture.

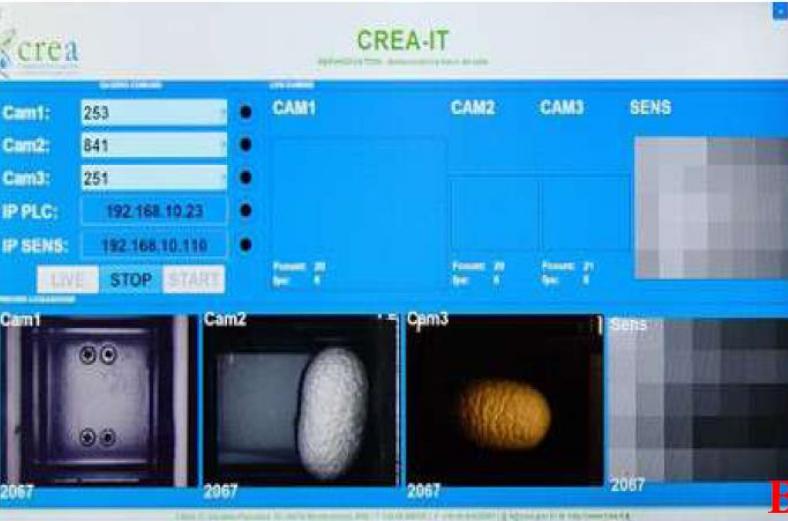


## 4) Robotica e meccatronica

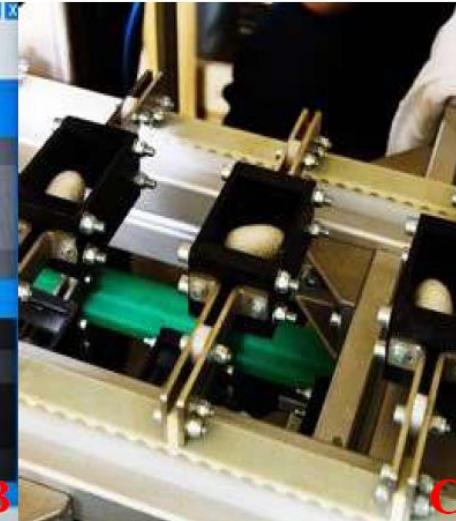
### Prototipo di macchina selezionatrice di bachi da seta



A



B



C

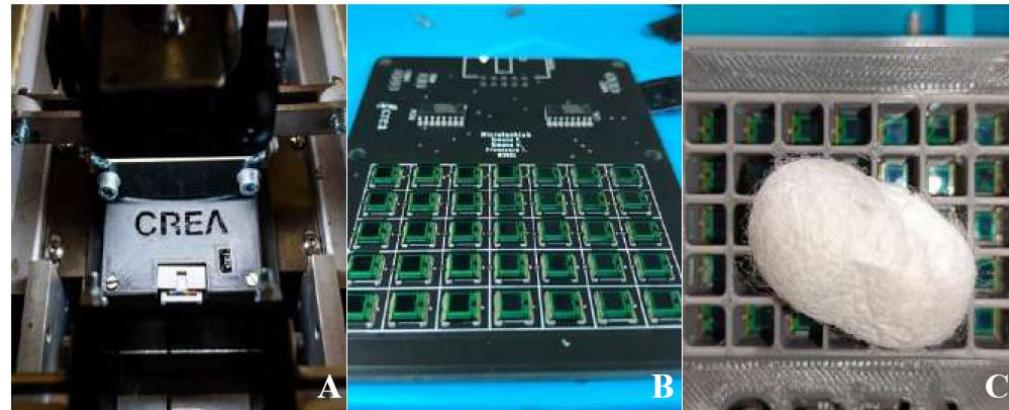
 sensors

MDPI

Article

Automated Prototype for *Bombyx mori* Cocoon Sorting Attempts to Improve Silk Quality and Production Efficiency through Multi-Step Approach and Machine Learning Algorithms

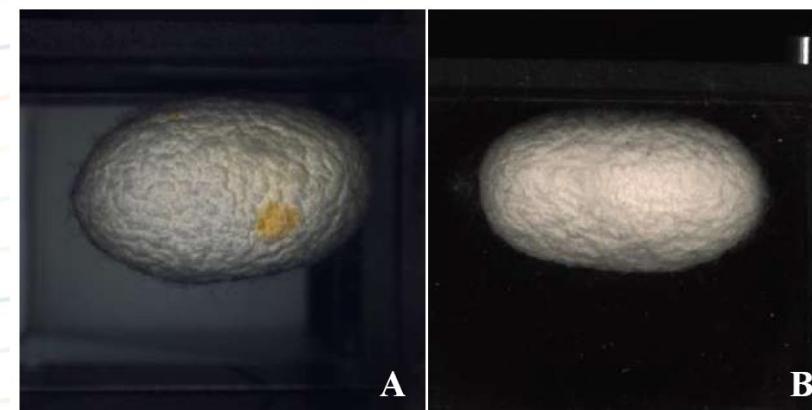
Simone Vasta <sup>1</sup>, Simona Figorilli <sup>1,\*</sup>, Luciano Ortenzi <sup>1,2</sup>, Simona Violino <sup>1</sup>, Corrado Costa <sup>1,\*</sup>, Lavinia Moscovini <sup>1</sup>, Francesco Tocci <sup>1</sup>, Federico Pallottino <sup>1</sup>, Alberto Assirelli <sup>1</sup>, Alessio Saviane <sup>3</sup> and Silvia Cappellozza <sup>3</sup>



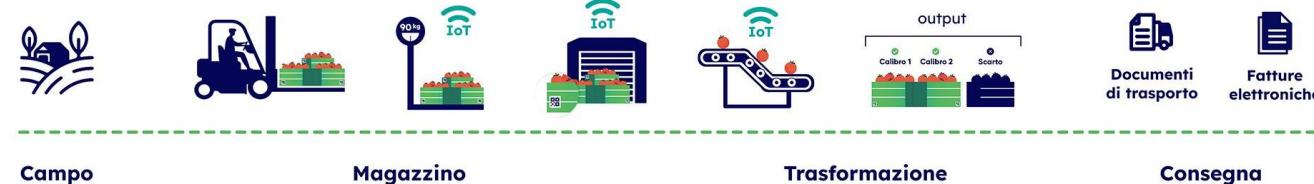
A

B

C



## 5) Tracciabilità



La tracciabilità è la capacità di tracciare un prodotto in tutte le fasi del suo ciclo di vita, dalla produzione, alla trasformazione e alla distribuzione, prendendo in considerazione anche i processi di importazione e arrivando fino alla vendita al dettaglio.

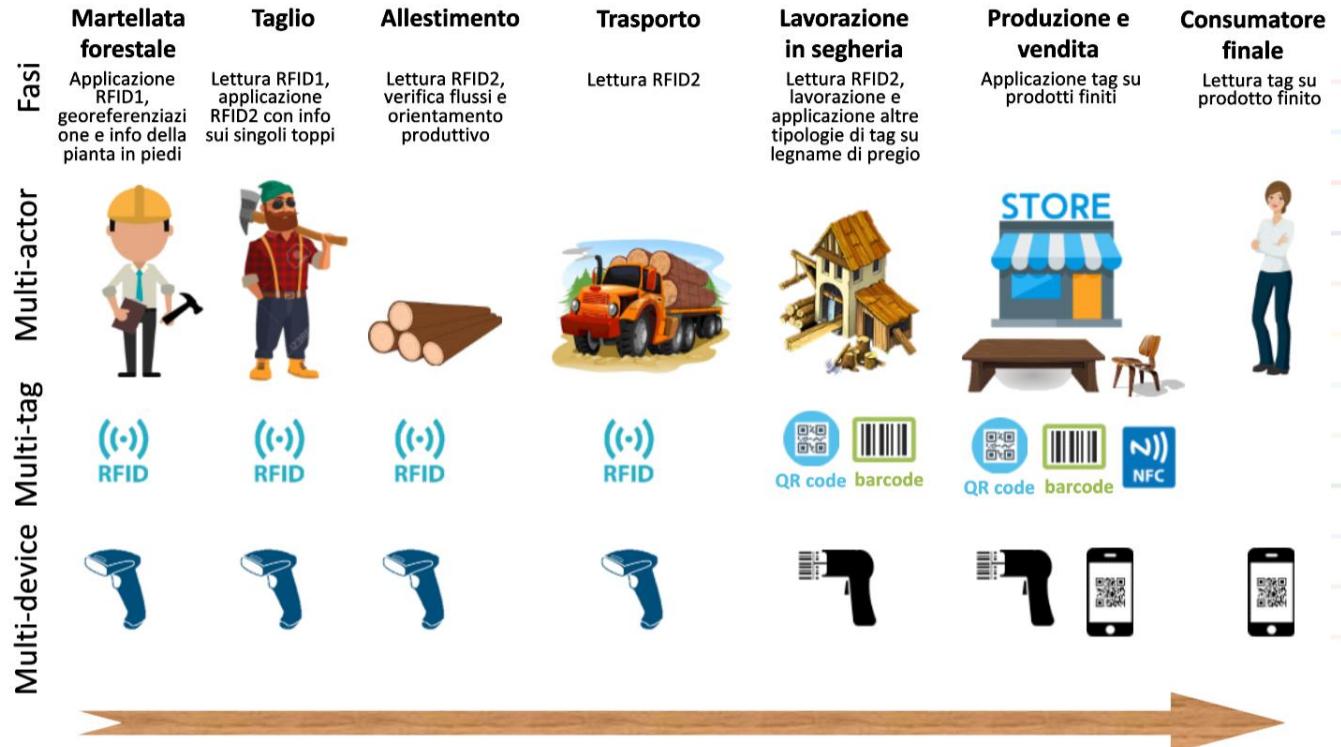
I sistemi di tracciabilità elettronica consentono l'identificazione di oggetti attraverso differenti frequenze e si compongono di tre elementi fondamentali:

- ✓ **tag**: transponder con circuito integrato (chip) con funzioni di controllo, memoria e connesso ad un'antenna
- ✓ **lettore**: ricetrasmettitore controllato da un microprocessore per interrogare e ricevere le informazioni in risposta dai tag
- ✓ **sistema di gestione informativo**: connesso in rete con i lettori che a partire dai codici identificativi provenienti dai tag ricava e gestisce le informazioni



## 5) Tracciabilità

### Filiera di tracciabilità del legno



sensors

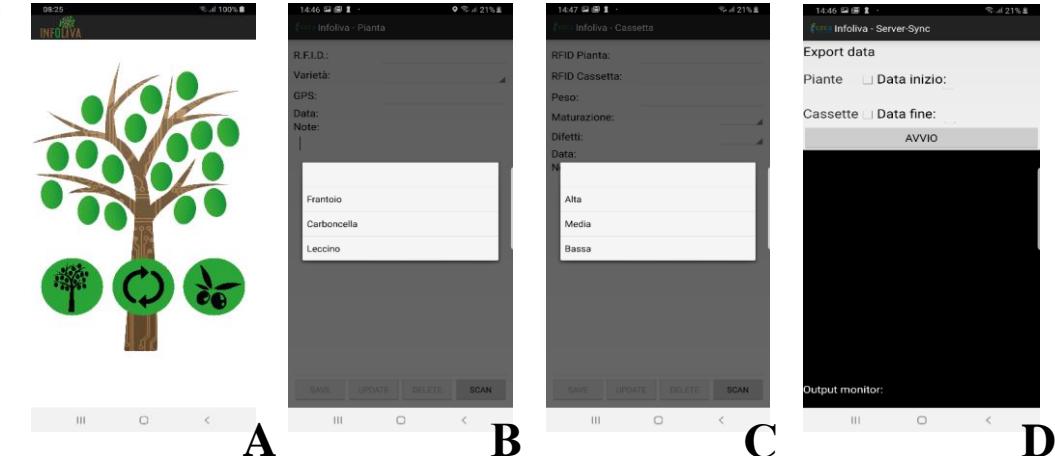
MDPI

Article  
A Blockchain Implementation Prototype for the  
Electronic Open Source Traceability of Wood along  
the Whole Supply Chain

Simone Figorilli<sup>1</sup>, Francesca Antonucci<sup>1</sup>, Corrado Costa<sup>1,\*</sup>, Federico Pallottino<sup>1</sup>,  
Luciano Raso<sup>2</sup>, Marco Castiglione<sup>2</sup>, Edoardo Pinci<sup>2</sup>, Davide Del Vecchio<sup>2</sup>, Giacomo Colle<sup>3</sup>,  
Andrea Rosario Proto<sup>4</sup>, Giulio Sperandio<sup>4</sup> and Paolo Menesatti<sup>1</sup>

## 5) Tracciabilità

### Tracciabilità dell'olio extravergine di oliva



Article

### A Full Technological Traceability System for Extra Virgin Olive Oil

Simona Violino , Federico Pallottino , Giulio Sperandio , Simone Figorilli, Luciano Ortenzi, Francesco Tocci, Simone Vasta, Giancarlo Imperi and Corrado Costa

## 5) Tracciabilità

### Blockchain

È una “catena di blocchi” e viene comunemente definita come un “registro pubblico e decentralizzato” in cui poter non solo registrare ogni tipo di transazione, ma anche salvare qualsiasi documento.

La tecnologia è abbastanza complessa, in quanto principalmente si basa su codici e chiavi crittografiche, ma l’idea è in realtà di facile comprensione: l’utilizzo di Blockchain vuole creare un registro decentralizzato, ovvero esente da qualsiasi attore centrale di controllo, distribuito (nessun server centrale) e pubblico (non esiste un proprietario), in cui le transazioni vengono immediatamente eseguite e registrate su tale registro immutabile e facilmente accessibile in consultazione.



#### Potential blockchain applications in animal production and health sector

Harinder P.S. Makkar<sup>1\*</sup> and Corrado Costa<sup>2</sup>

Address: <sup>1</sup>International Consultant, Sustainable Bioeconomy, Vienna, 1210, Austria.

<sup>2</sup>Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Rome, 00015, Italy.

Journal of the  
**Science of Food and  
Agriculture**

Review

#### A review on blockchain applications in the agri-food sector

Francesca Antonucci, Simone Figorilli, Corrado Costa, Federico Pallottino, Luciano Raso,  
Paolo Menesatti



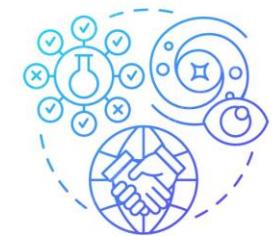
# Risultati della ricerca

Negli ultimi **5 anni** (range 2019-2023) il gruppo ha pubblicato:

- 82 articoli (censiti Scopus – rispetto ad una media dei R/T CREA di 6.6 per lo stesso periodo)
- 1137 citazioni
- h-index=17
- con co-autori nazionali e internazionali (19 differenti paesi) appartenenti a oltre 80 università ed enti di ricerca.
- 5 brevetti
- Progetti:
  - 20 Nazionali
  - 6 Internazionali



...e altre istituzioni  
internazionali



COOPERATION WITH  
OTHER COUNTRIES

Grazie per l'attenzione!