



## **Naso elettronico** e tecniche innovative per la diagnosi delle principali malattie della vite

---

**Slavica Matic**

Istituto per la Protezione  
Sostenibile delle Piante (IPSP)-Torino  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

**Pier Paolo Capra**

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica  
(INRiM-Torino)

**CNR-STEMS Vezzolano (Albugnano)**  
**12 aprile 2024**



Accademia  
di Agricoltura  
di Torino



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
**STEMS**  
Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili



**Progressi nella ricerca vitivinicola:  
meccanizzazione e trattamenti del suolo,  
valorizzazione degli scarti e sensoristica avanzata,  
mentre risuona l'allarme per la *Popillia Japonica***

## Naso elettronico e tecniche innovative per la diagnosi delle principali malattie della vite



**L'Istituto nazionale di ricerca metrologica (INRiM)** è un ente pubblico nazionale di ricerca scientifica vigilato dal Ministero dell'università e della ricerca, che svolge per l'Italia le funzioni di istituto metrologico nazionale, costituendo il presidio di gran parte della metrologia, la scienza delle misure.

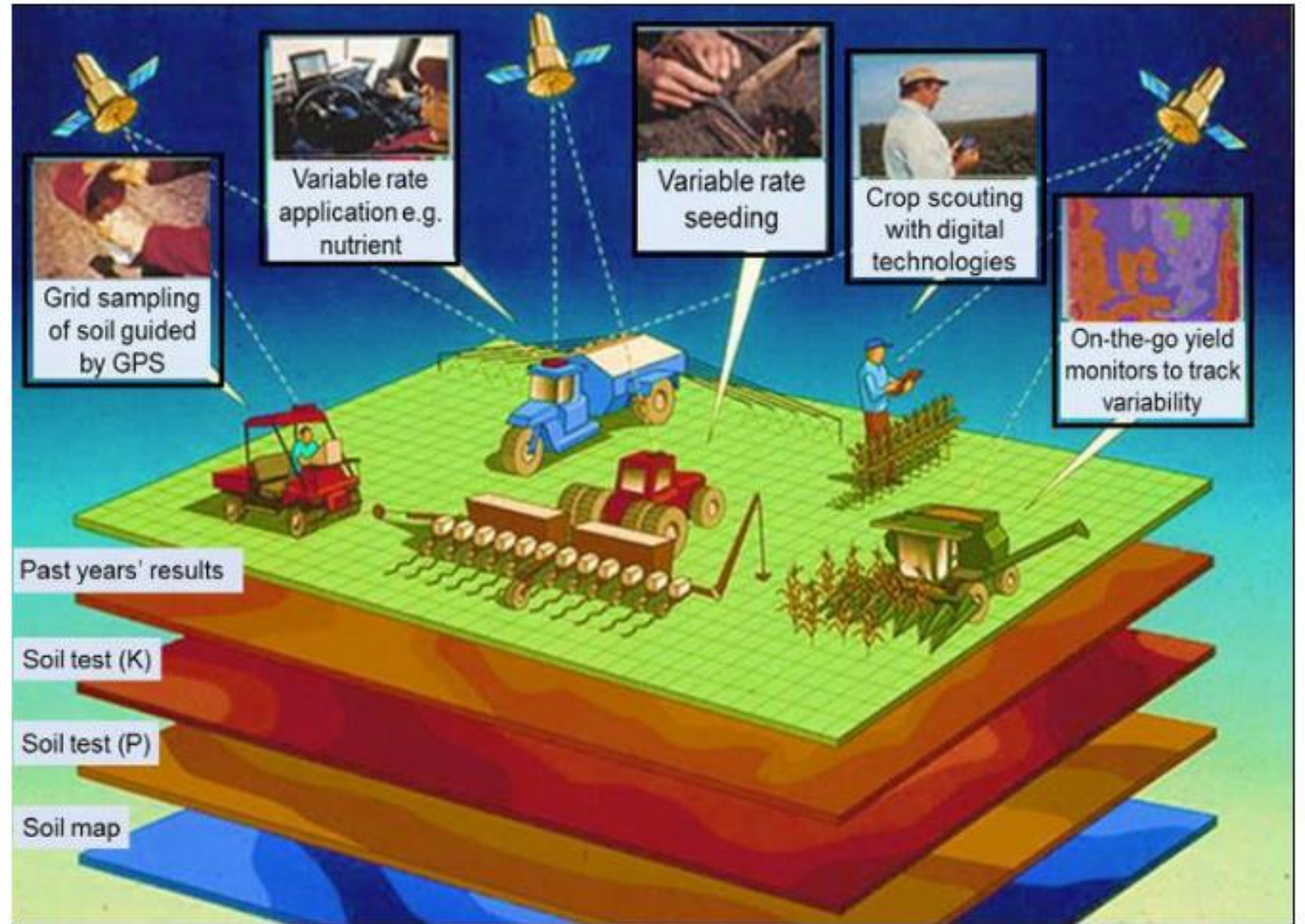


**L'istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP)** è un istituto che ottimizza le attività scientifiche nel campo della protezione delle piante, riunendo le competenze dell'Ente per garantire economia e razionalizzazione delle risorse del CNR. La sua missione è studiare la risposta delle piante agli stress biotici ed abiotici, per individuare meccanismi di resistenza e adattamento per migliorare la qualità delle produzioni agroalimentari e mitigare gli impatti del cambiamento globale.

## Agricoltura di precisione o site-specific farming

### Agricoltura di precisione

- visualizzazione della variabilità spaziale e temporale della produzione agricola
- trattamenti spaziali diversi e tecnologia digitale installati su campi o macchinari agricoli.



Shaheb et al. (2022). Precision Agriculture for Sustainable Soil and Crop Management. IntechOpen



## TECNICHE AGRICOLE INNOVATIVE E NON INVASIVE

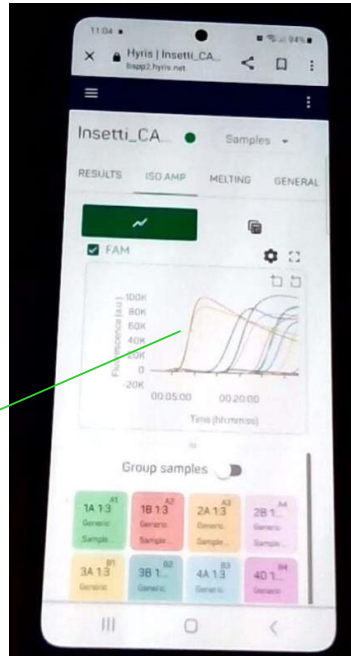
- strumenti on-site o portatili
- monitoraggio in tempo reale delle condizioni dei vigneti e frutteti
- gestione tempestiva dei valori anomali

LAMP

(amplificazione isoterma)



LAMP del fitoplasma della della flavescenza dorata della vite in insetti vettori

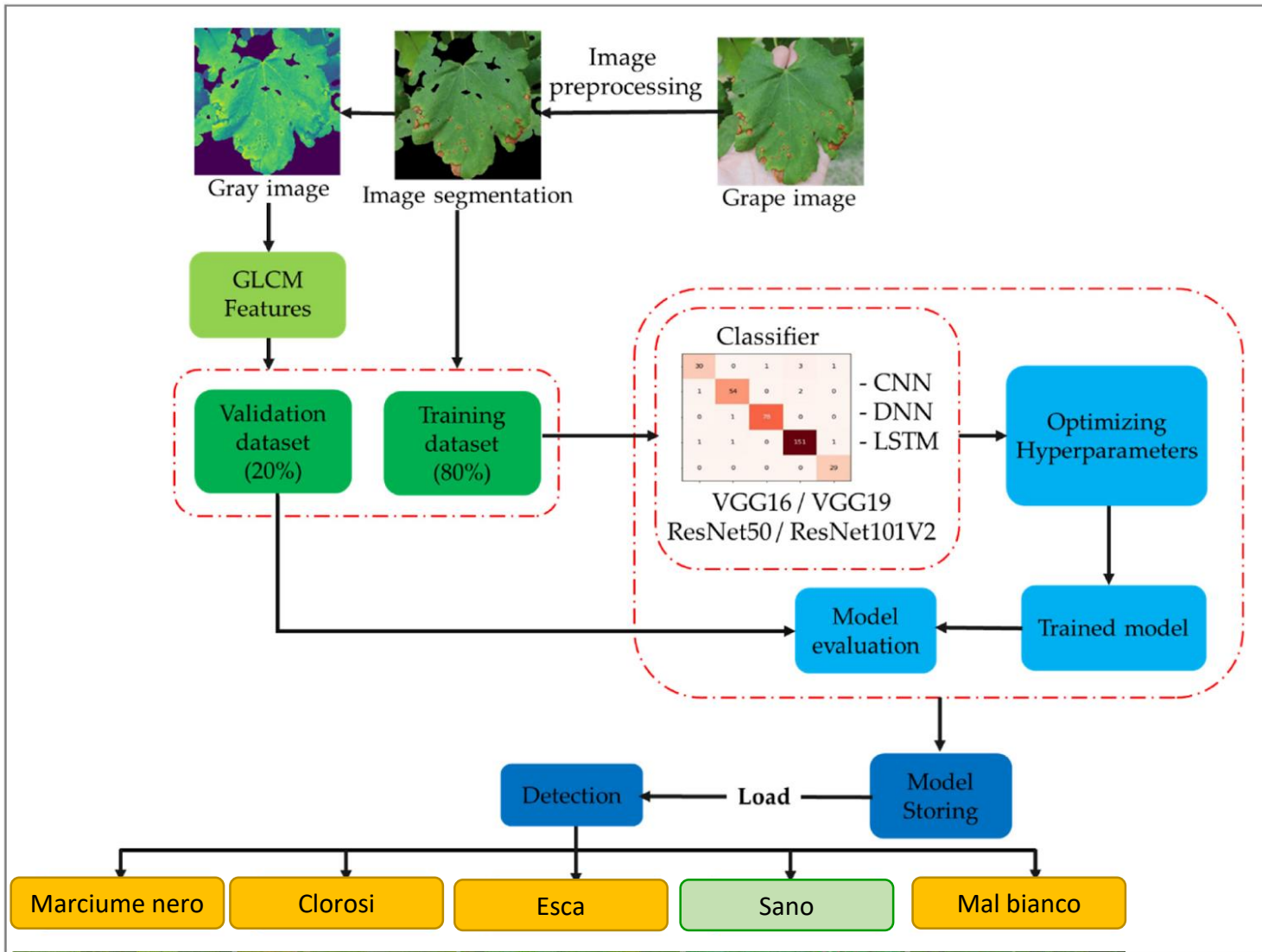


agronomy Matic et al. 2022

Article

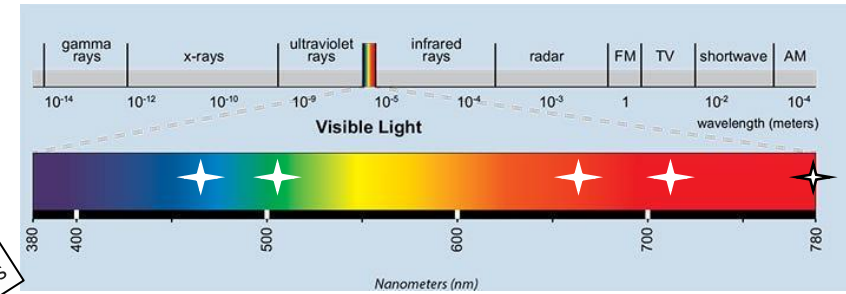
In-Field LAMP Detection of Flavescence Dorée Phytoplasma in Crude Extracts of the *Scaphoideus titanus* Vector

Slavica Matic<sup>1,\*</sup>, Valentina Candian<sup>2</sup>, Chiara D'Errico<sup>1</sup>, Roberto Pierro<sup>1</sup>, Stefano Panno<sup>3</sup>, Salvatore Davino<sup>3</sup>, Emanuela Noris<sup>1</sup> and Rosemarie Tedeschi<sup>2,\*</sup>

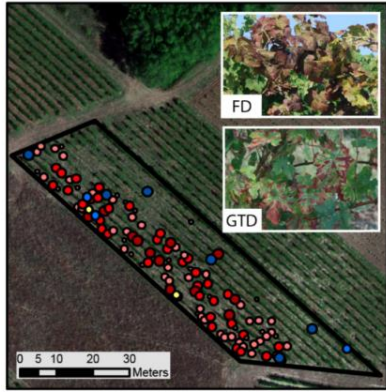


- utilizza l'imaging a colori rosso, verde e blu (RGB)
- esplora l'architettura ottimale di deep learning utilizzando diversi tipi di reti di classificazioni di immagini acquisite e di reti di trasferimento di apprendimento (CNN, LSTM, DNN, VGG16, VGG19, ResNet50 e ResNet101V2)
- un set di dati di immagini reali di foglie di vite provenienti da vigneti potenziati con la tecnica di aumento dei dati
- accuratezza della validazione del metodo diagnostico 97%
- diagnosi in meno di un minuto

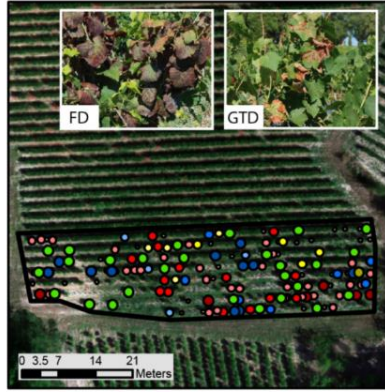
# IMAGING DIGITALE CON DRONI



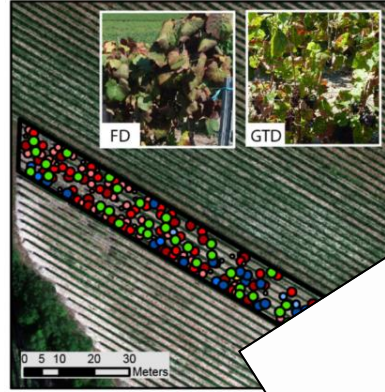
Fer\_Servadou (A)



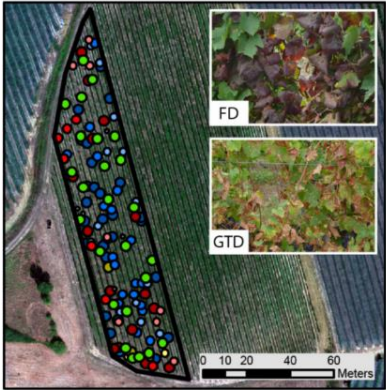
Fer\_Servadou (B)



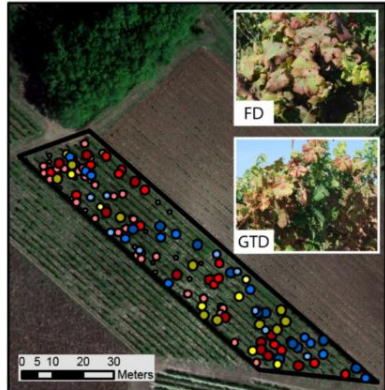
Gamay (A)



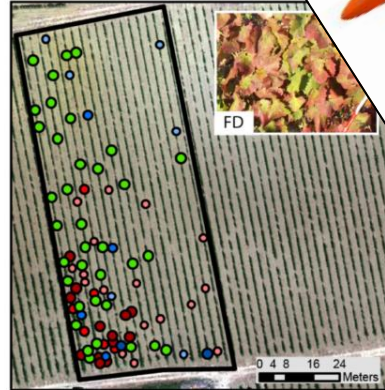
Gamay (B)



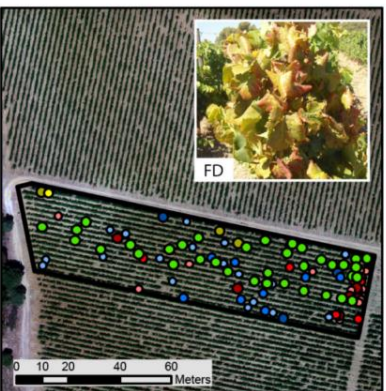
Duras



Mourvèdre



Grenache



GPS points corresponding to symptomatic and asymptomatic vines

Flavescence Dorée	Grapevine Trunk Disease	Other Factor	Asymptomatic
• FD, DS1	• GTD, DS1	• OF, DS1	• AS
• FD, DS2	• GTD, DS2	• OF, DS2	
• FD, DS3	• GTD, DS3	• OF, DS3	
• FD, DS4	• GTD, DS4	• OF, DS4	

Map background corresponds to the UAV multispectral images captured in August and September 2017

- Più efficace nel mappare viti con un livello di infezione superiore al 50%
- A livello del colore degli acini, nessuna variabile è efficace nel discriminare le viti infette da flavescenza dorata e declino da *Botryosphaeria*
- accuratezza della validazione del metodo diagnostico ca. 95%
- Diagnosi veloce, ma non ancora specifica

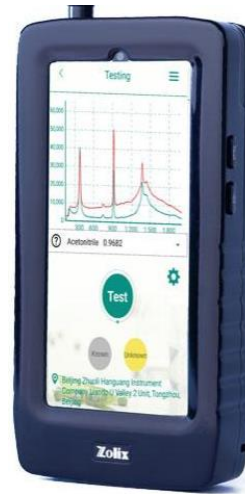
Albetis et al. 2019. On the Potentiality of UAV Multispectral Imagery to Detect Flavescence dorée and Grapevine Trunk Diseases. Remote Sens. 2019, 11, 23

785 nm excitation laser

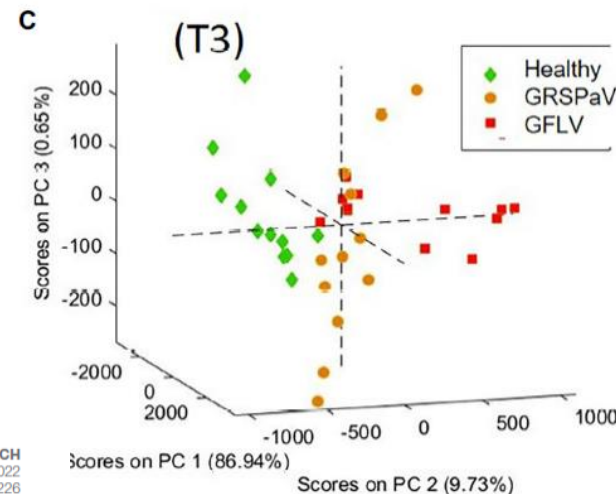
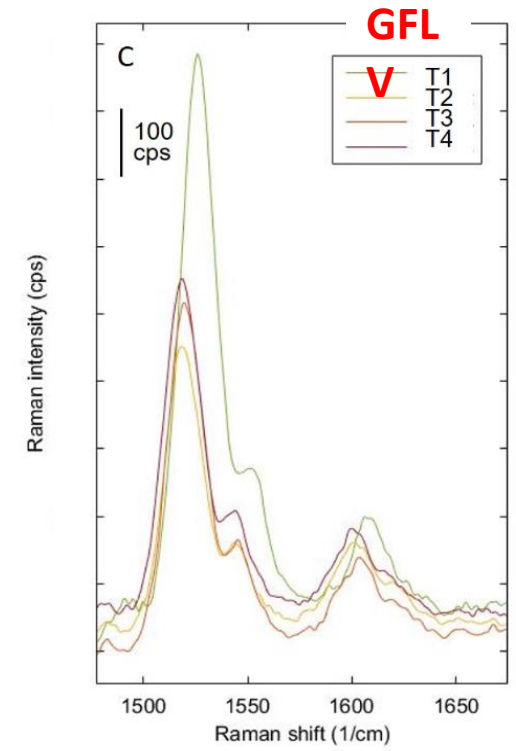
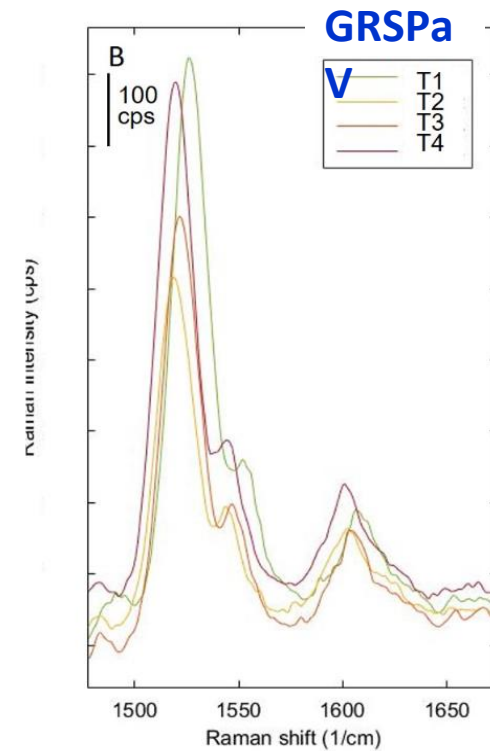
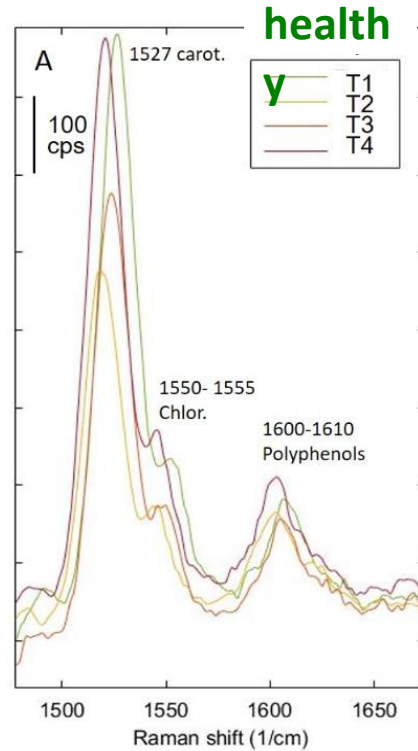


GFLV

GRSPaV



Raman shift (cps)



- accuratezza della validazione del metodo diagnostico >90% in
- diagnosi veloce dei cambiamenti metabolici nelle piante anche in assenza di sintomi visibili

## Raman Spectroscopy Applications in Grapevine: Metabolic Analysis of Plants Infected by Two Different Viruses

Luisa Mandrile<sup>1</sup>, Chiara D'Errico<sup>2</sup>, Floriana Nuzzo<sup>2</sup>, Giulia Barzan<sup>1</sup>, Slavica Matic<sup>2</sup>, Andrea M. Giovannozzi<sup>1</sup>, Andrea M. Rossi<sup>1\*</sup>, Giorgio Gambino<sup>2</sup> and Emanuela Noris<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), Torino, Italy; <sup>2</sup>Institute for Sustainable Plant Protection, National Research Council of Italy (CNR), Torino, Italy



# Analisi chimica strumentale applicata alle piante e al suolo

I moderni laboratori chimici utilizzano strumenti complessi in grado di effettuare, in modo rapido ed estremamente accurato, analisi chimiche sia di tipo qualitativo, sia quantitativo. In ambito agroalimentare, in particolare nello studio di composizioni del terreno e di prodotti metabolici di parassiti due strumenti risultano di particolare importanza:

Il **gas cromatografo** è uno strumento essenziale per l'analisi di miscele gassose. Funziona separando i componenti di una miscela in base alle loro interazioni con una fase stazionaria all'interno di una colonna. Questo processo fornisce un cromatogramma che mostra la composizione e la quantità dei componenti.



Lo **spettrometro di massa** è uno strumento scientifico che analizza e identifica composti chimici attraverso la separazione e la misurazione delle masse delle particelle ionizzate presenti in un campione. Funziona vaporizzando e ionizzando il campione, quindi separando le particelle ionizzate in base al rapporto massa-carica ( $m/z$ ) utilizzando un campo magnetico o elettrico. Le particelle vengono poi rilevate e registrate in un grafico chiamato spettro di massa, che fornisce informazioni sulla composizione e struttura molecolare del campione.



## Analisi chimica: laboratorio o in campo?

**Analisi chimiche strumentali in laboratorio:** Le analisi chimiche eseguite tramite strumenti in laboratorio offrono numerosi vantaggi. La principale è l'accuratezza, poiché gli strumenti sono in grado di eseguire misurazioni precise e ripetibili. Inoltre, l'uso di strumenti specializzati semplifica il processo analitico, riducendo il tempo e lo sforzo necessario per ottenere risultati attendibili. La loro affidabilità è un'altra caratteristica fondamentale, poiché gli strumenti sono calibrati e controllati regolarmente per garantire la correttezza delle analisi.



**Analisi chimiche con sensori e strumenti portatili:** Le analisi chimiche eseguite senza trasportare i campioni, utilizzando sensori e strumenti portatili, offrono vantaggi unici. Innanzitutto, consentono una maggiore flessibilità e mobilità, poiché possono essere impiegati direttamente sul campo o in situazioni in cui il trasporto dei campioni sarebbe problematico. Inoltre, questi strumenti portatili semplificano il processo analitico, riducendo i tempi di preparazione e consentendo una rapida e immediata acquisizione dei dati. Infine, offrono una maggiore rapidità nelle analisi, consentendo una risposta istantanea e la possibilità di prendere decisioni in tempo reale.

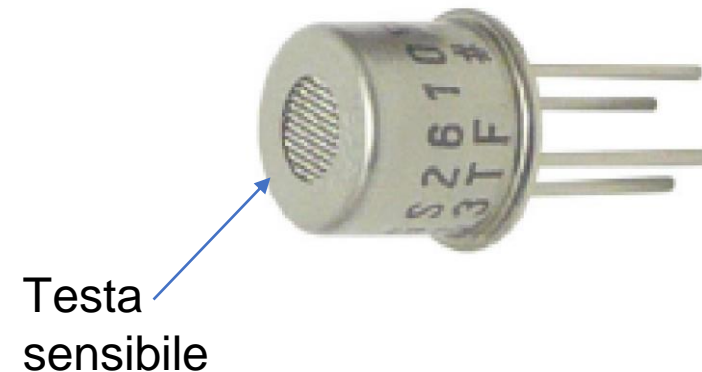
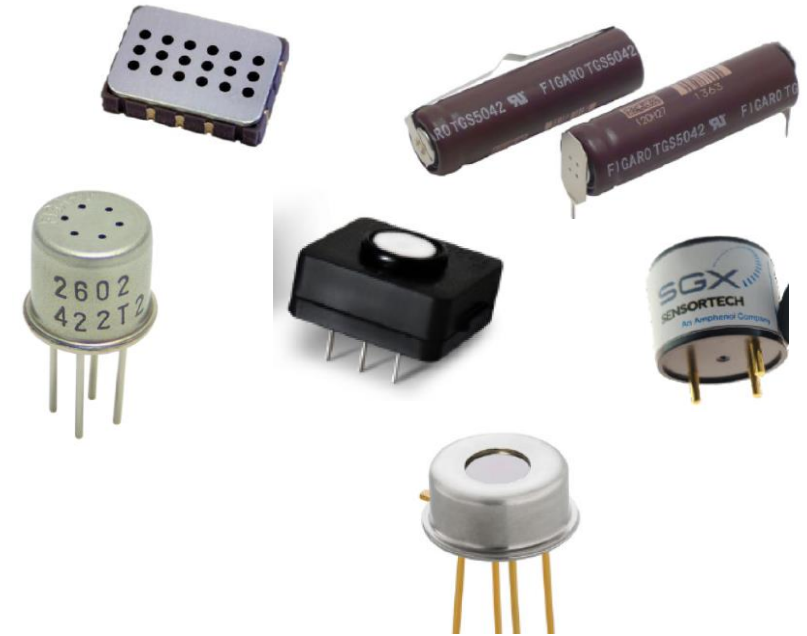
# Progetto di un naso elettronico

Utilizzando dei sensori **di tipo commerciale** è possibile realizzare un naso elettronico (E\_Nose) in grado di rilevare la presenza di molecole chimiche specifiche con interessanti proprietà in termini di **sensibilità** e **discriminazione**. La trasduzione avviene a partire dall'interazione della molecola con la parte sensibile del trasduttore che produce un **segnale elettrico proporzionale alla concentrazione rilevata**.

## 9 Sensori diversi individuati, sensibili

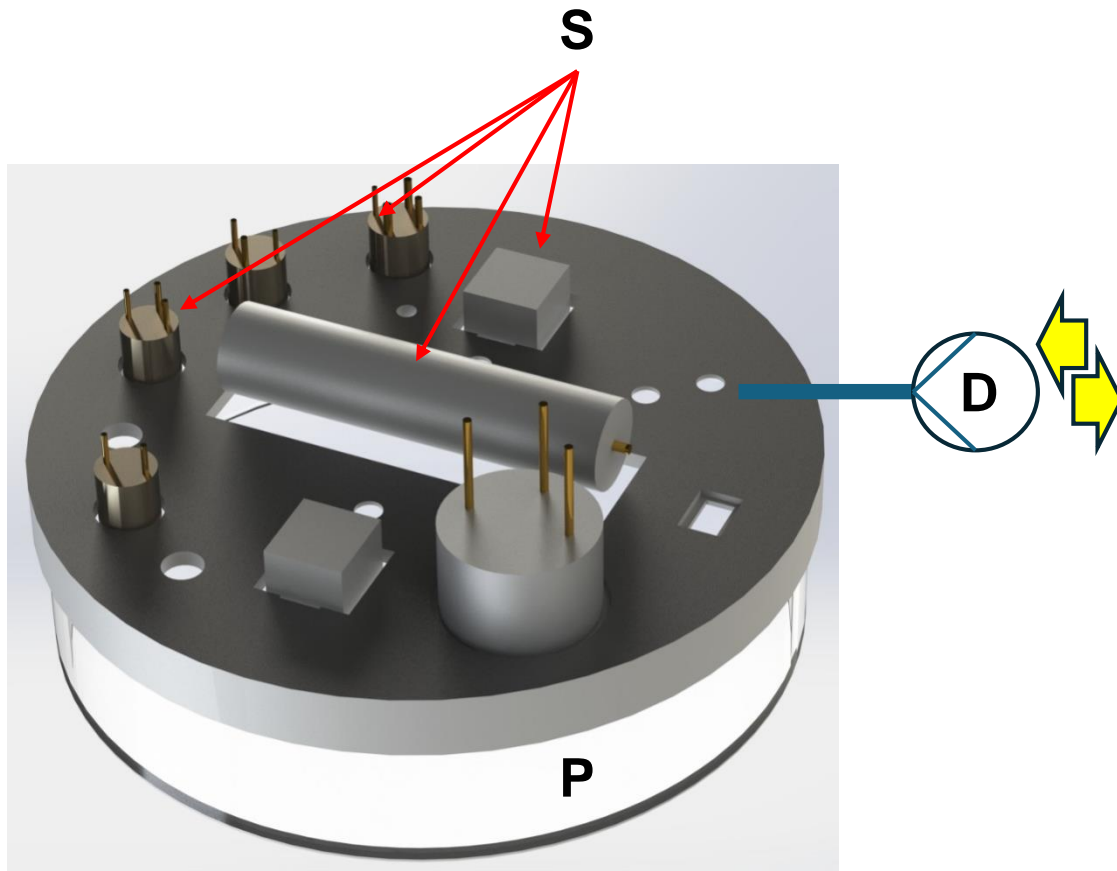
a:

- Butano, Propano
- SO<sub>2</sub>
- NH<sub>3</sub>
- CO
- Formaldeide
- Alcool e solventi organici



Connessioni elettroniche di alimentazione e segnale di uscita

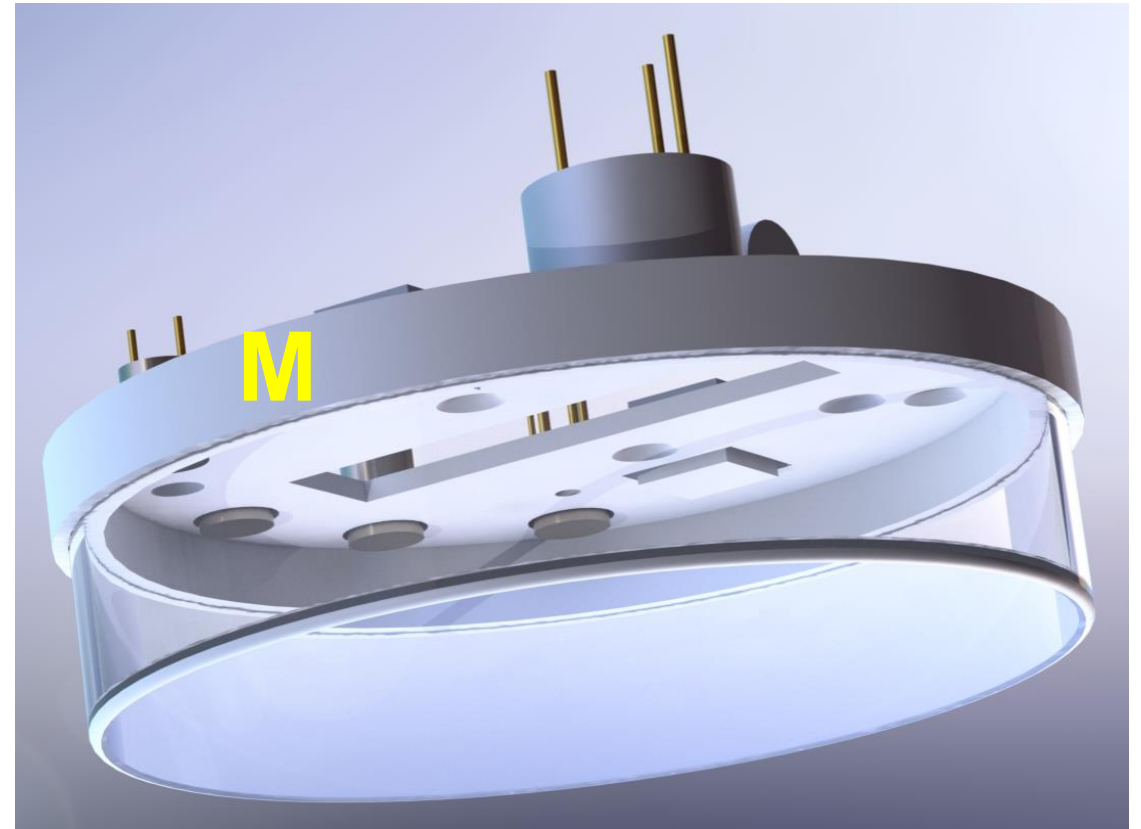
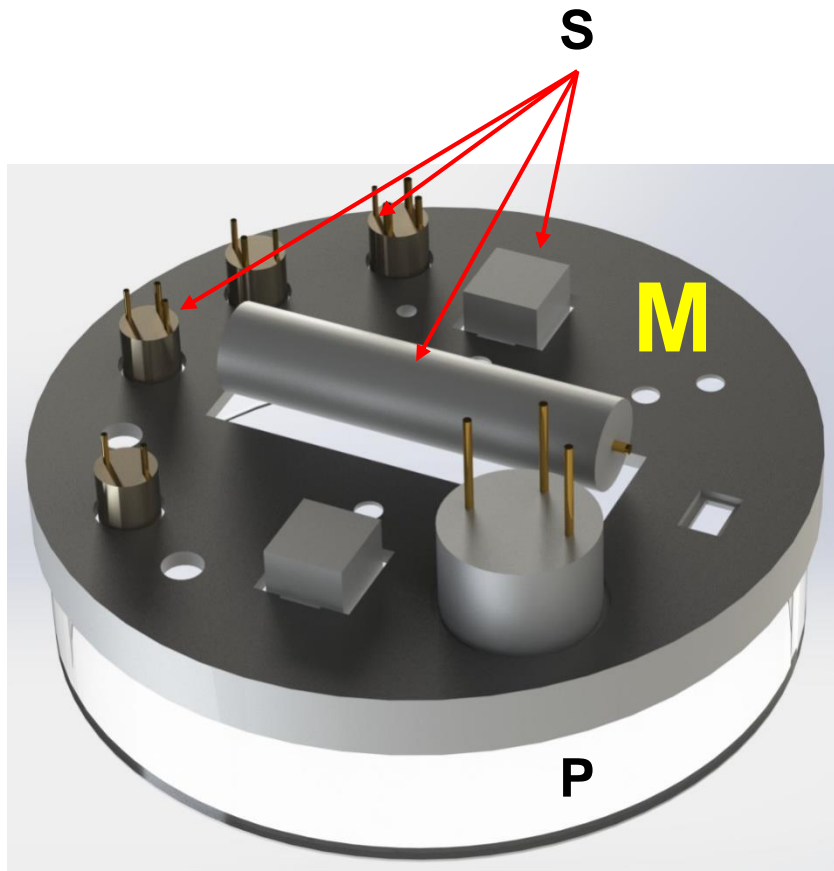
## Progetto E-Nose: primo prototipo



**Primo prototipo di naso elettronico.** La struttura è realizzata con una stampante 3D e si adatta perfettamente alle piastre di Petri commerciali (misura 90 mm). Tutti i sensori sono alloggiati in modo da presentare la parte sensibile verso la piastra di Petri. La versione definitiva è costruita in modo che il materiale da analizzare non sia a contatto con l'atmosfera del laboratorio, in modo da ridurre effetti di contaminazione accidentale. Il prototipo presenta delle prese che consentono l'iniezione calibrata di gas di riferimento per la caratterizzazione e la taratura dei sensori

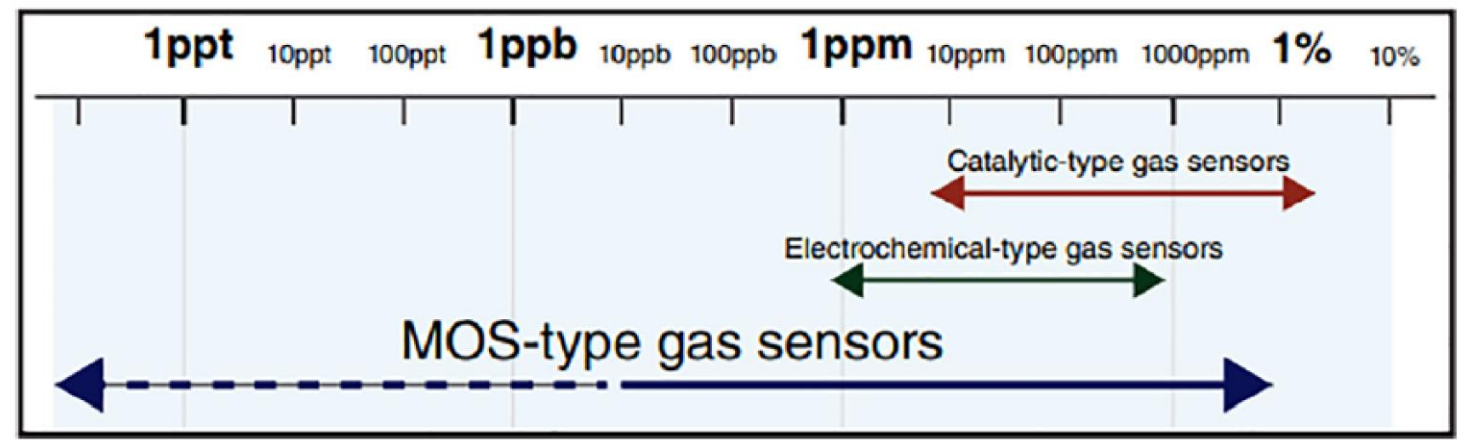
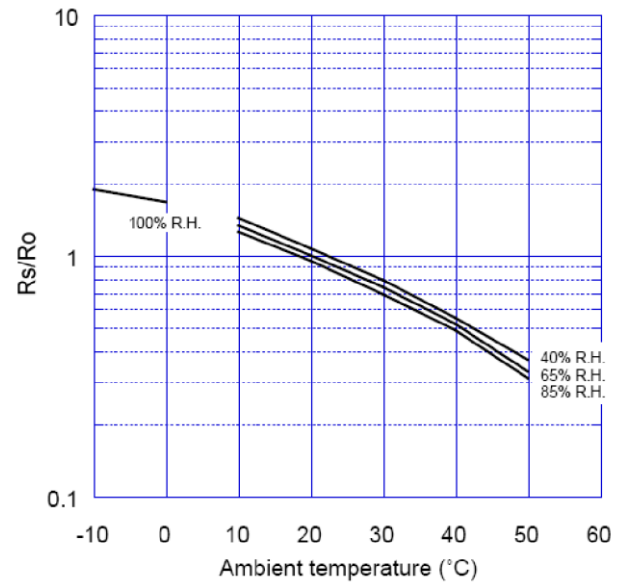
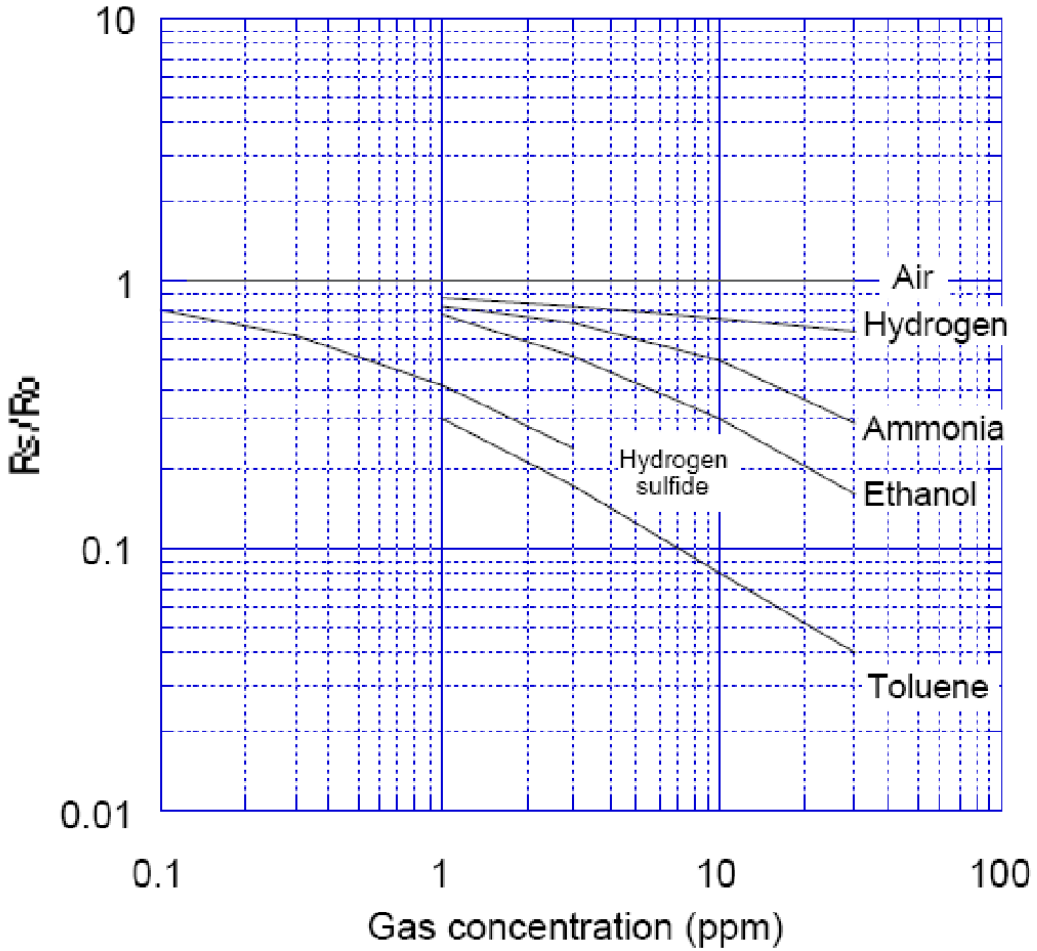
**S** Sensori, **P** piastra di Petri, **D** sistema di pompaggio, **M** materiale da analizzare.

## Progetto E-Nose: primo prototipo



Possibilità di adattare il modulo dei sensori (**M**) alla comune vetreria da laboratorio chimico per disporre di volumi differenti, concentrazioni e tipologia di materiali diversi. Dotato di una pompa peristaltica, il naso elettronico effettua campionamenti di atmosfera in modo continuo.

# MOS Sensor (metal oxide semiconductors)

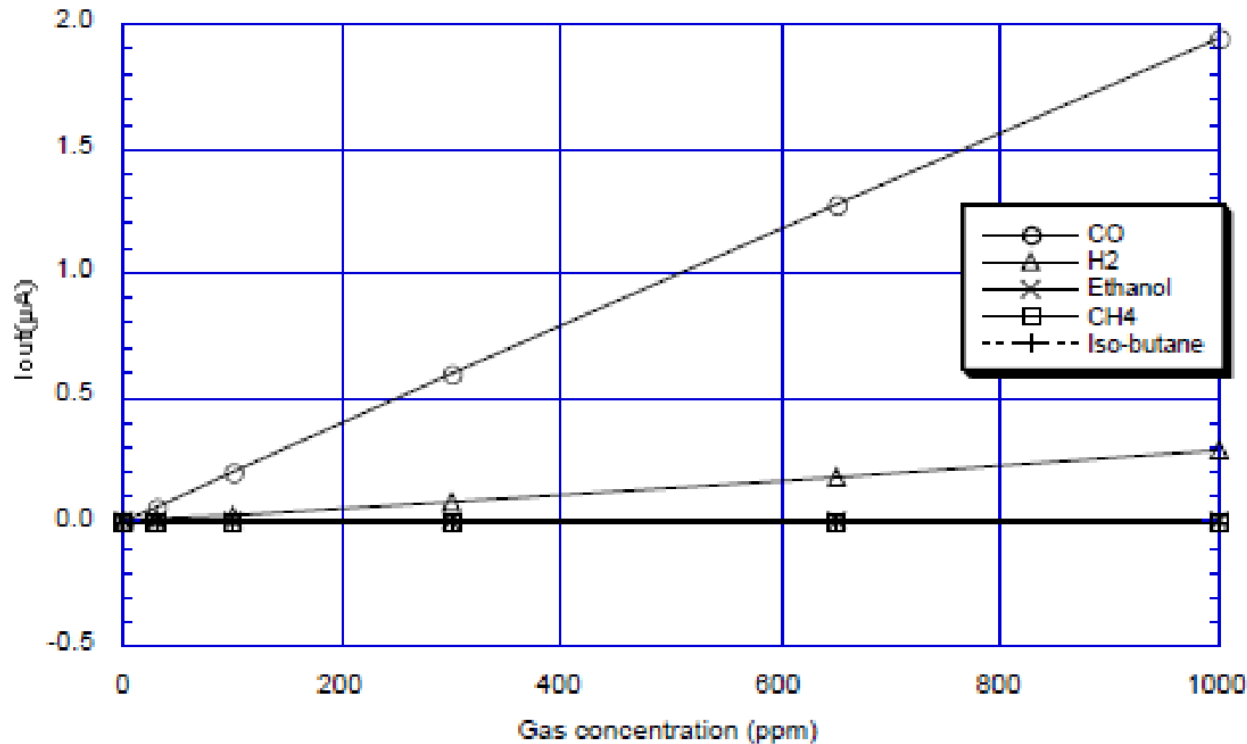


The sensing element is comprised of a metal oxide semiconductor layer formed on the alumina substrate of a sensing chip together with an **integrated heater**.

# Electrochemical Sensor (CO Detector)



## Sensitivity Characteristics:



## Specifications:

Item	Specification
Model number	TGS5042-A00 (pin version) TGS5042-B00 (ribbon version)
Target gases	Carbon monoxide
Typical detection range	0 ~ 10,000ppm
Output current in CO	1.2~2.4nA/ppm
Baseline offset(*1)	<±10ppm equivalent
Operating temperature(*2,*3)	0°C ~ +50°C (continuous) -5°C ~ +55°C (intermittent)
Operating humidity	5 ~ 99%RH (no condensation)
Response time (T90)	within 60 seconds
Storage conditions (*2,*3)	-5°C ~ +55°C
Weight	approx. 12g
Standard test conditions	20±2°C, 40±10%RH





# Conclusioni e prospettive

- Per **adottare strategie agricole sostenibili** al fine di ridurre i danni ambientali e migliorare la crescita e la resa delle colture, gli agricoltori devono **adottare strumenti sostenibili, ecologici, digitali, on-site, non distruttivi e integrati** per prendere decisioni tempestive ed efficienti **sulla gestione delle colture.**
- Per raggiungere questi obiettivi, in futuro sarà possibile utilizzare **eNose** come **tecnica innovativa, non distruttiva, remota, sensibile, in campo ed economica** per la diagnosi dei patogeni delle piante.

# Gruppi di ricerca coinvolti nello studio eNose



**Slavica Matic**



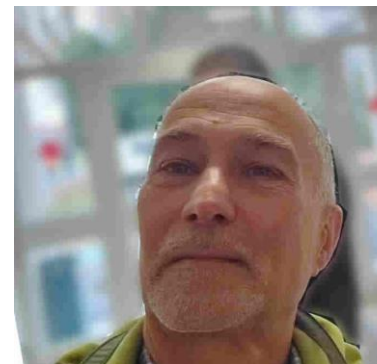
**Chiara D'Errico**



**Pier Paolo CAPRA**



**Giuliana  
Aranzulla**



**Andrea Sosso**