



Progetto IDEA

Webinar: I DATI A SERVIZIO DELL'AGRICOLTURA

Come i dati ambientali possono supportare l'agricoltura di precisione e le previsioni di resa



Andrea Magnani

Webinar Progetto IDEA

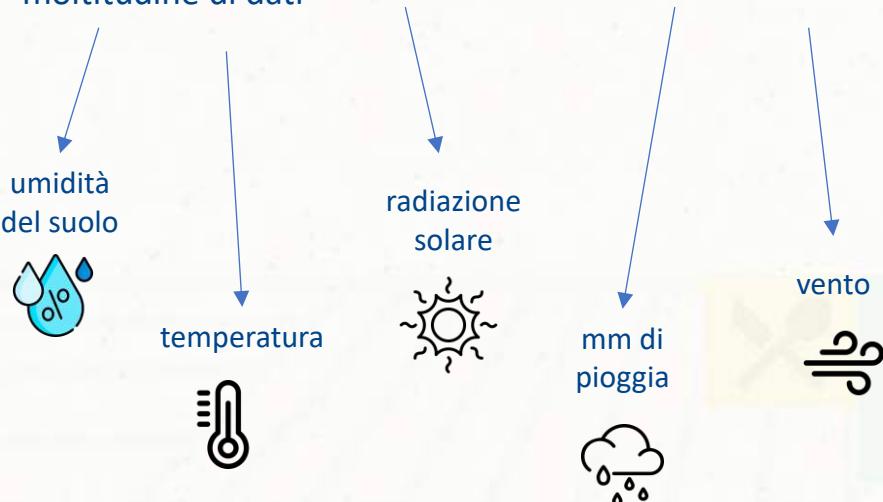
Martedì 25 Novembre 2025, ore 18.00

Introduzione



La cosiddetta «**transizione digitale**» in agricoltura ha portato a un uso ricorrente nelle aziende agricole, e più in generale sul territorio, di diverse tipologie di tecnologie, tra cui **droni, tecnologie digitali di prossimità, immagini aeree e immagini satellitari**.

La digitalizzazione non si limita solo al monitoraggio visivo:
si usano anche sensori IoT per rilevare in tempo reale un
moltitudine di dati

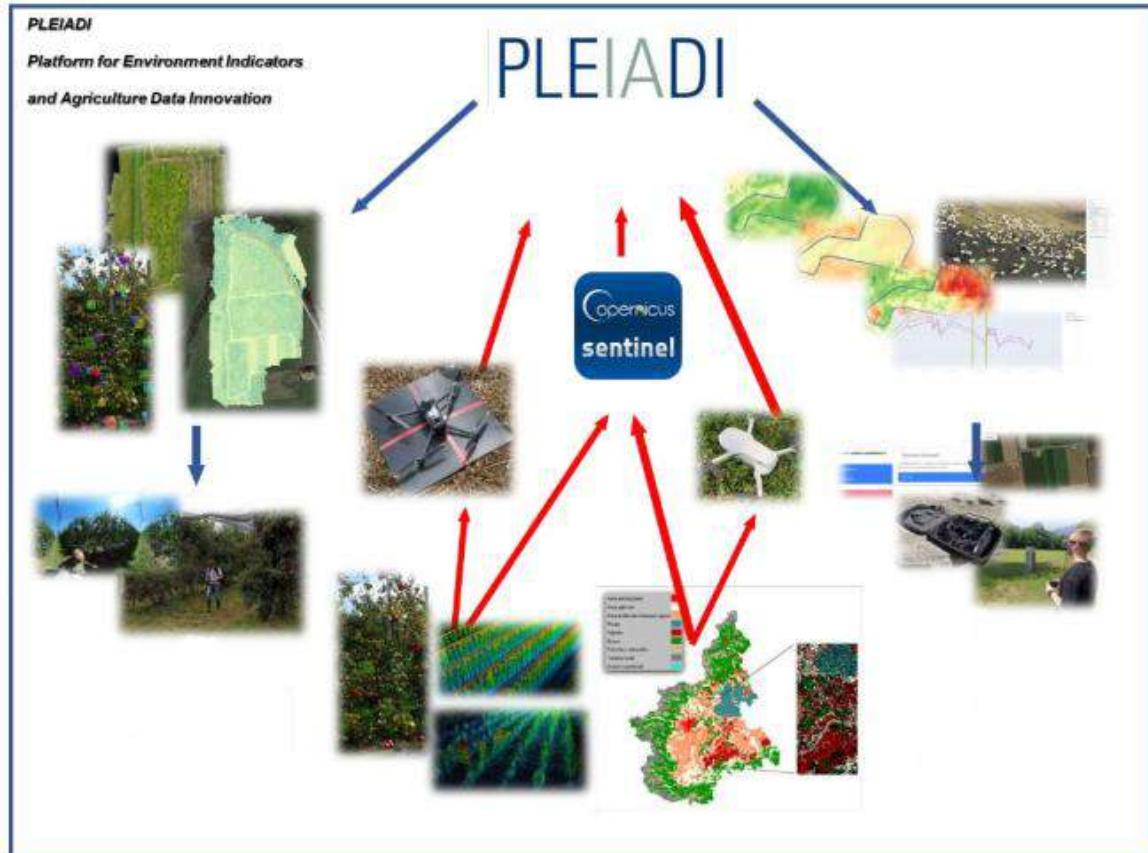


Introduzione



Inoltre, si sfruttano **sistemi di supporto alle decisioni** (DSS) basati, ad esempio, su algoritmi di IA per ottimizzare irrigazione, concimazione e trattamenti fitosanitari.

Queste tecnologie permettono di rendere l'agricoltura non solo più **produttiva**, ma anche più **sostenibile**.



Rilievi digitali in agricoltura



Droni

Nell'ambito del progetto PLEIADI è stato sperimentato l'uso del drone DJI Mini 2 per il conteggio dei capi al pascolo tramite object detection.



Fig. 3.2.3 - Esempio di elaborazione di object detection



Rilievi digitali in agricoltura



Droni

Il drone è stato sperimentato anche su un bambuseto, in particolare per la realizzazione di processi fotogrammetrici finalizzati alla generazione di orto-mosaici con dati RGB e multispettrali.



Fig. 3.2.4 - Drone DJI MAVIC 3
Multispectral RTK



Fig. 3.2.5 - Missione pianificata



Figura 3.2.6 - Orto-mosaico

Rilievi digitali in agricoltura



Droni

La potenzialità degli indici, nello specifico contesto, è stata quella di identificare i settori a più ridotta produttività.



Figura 4.1.8 - Punti di presa su base planimetrica



Figura 4.1.9 - Indice GNDVI

Rilievi digitali in agricoltura



Tecnologie di prossimità

Nel frutteto e nel bambuseto le acquisizioni tramite tecnologie di prossimità sono state realizzate usando principalmente due strumentazioni: (i) il **laser scanner SLAM** e (ii) una **camera 360°**.

La scelta di utilizzare una camera 360° capace di acquisire in modalità continua è stata presa con il fine di sperimentare la **detection** dei frutti nel meleto, a partire da una nuvola di punti ricavata da elaborazione fotogrammetrica.

		
Fig. 3.3.1 – Frame del video acquisito con la camera 360 RICOH THETA S	Fig. 3.3.2 - Acquisizione frutteto mediante laser scanner SLAM installato sul backpack	Fig. 3.3.3 - Acquisizione bambuseto mediante laser scanner SLAM portato a mano

Rilievi digitali in agricoltura



Tecnologie di prossimità

Per stimare la resa di un meleto è stato sperimentato un metodo per identificare e contare i frutti presenti sulle piante con l'uso di immagini RGB e l'analisi (object / fruit detection 3D) di nuvole di punti laser ottenute con laser scanner slam.



Rilievi digitali in agricoltura



Tecnologie di prossimità

I rilievi con le tecnologie di prossimità (ad es. laser scanner) sono parallelamente stati eseguiti anche per acquisire ed elaborare le nuvole di punti di frutteto e bambuseto, con il fine di ottenere il Digital Twin di questi appezzamenti.

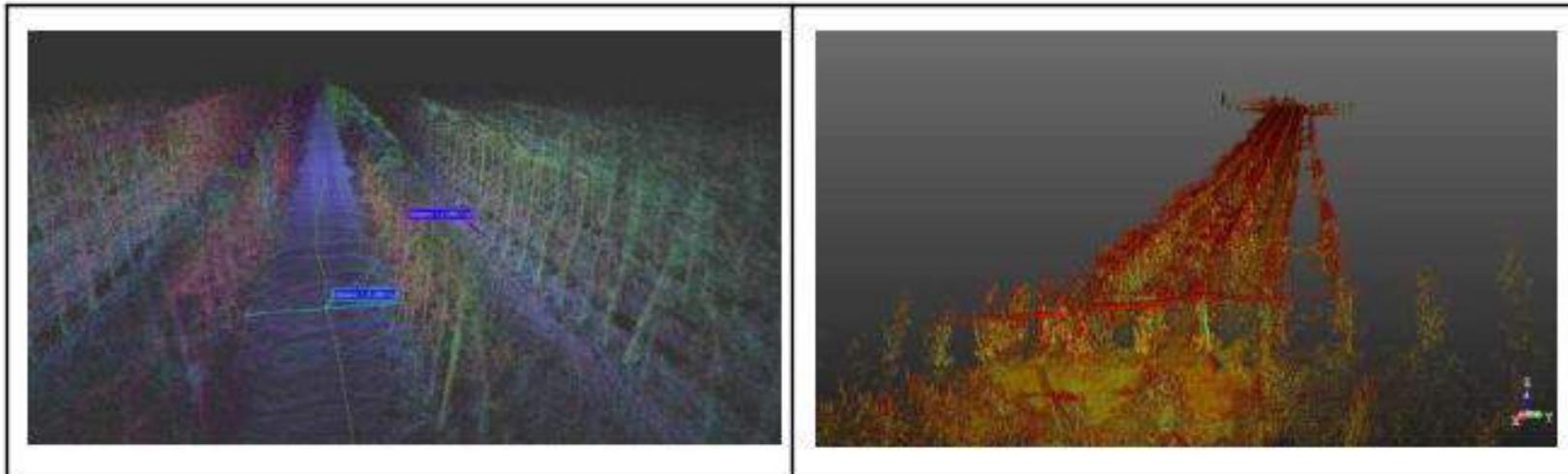


Fig. 4.1.12 – Digitalizzazione del frutteto con Laser Scanner SLAM

Rilievi digitali in agricoltura



Tecnologie di prossimità

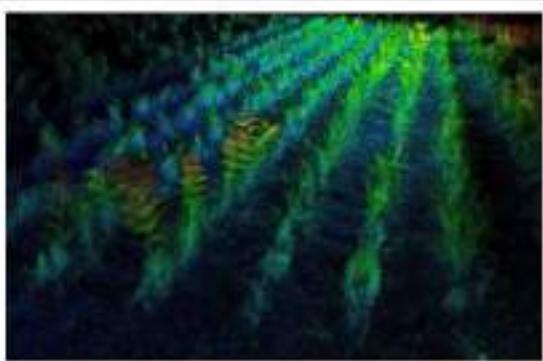
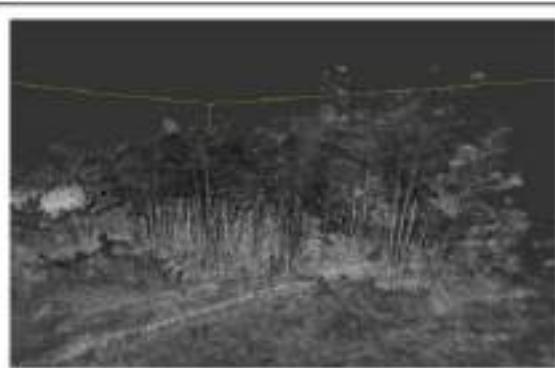


Fig. 4.1.13 – Digitalizzazione del bambuseto con Laser Scanner SLAM



Tecnologia utile per

digital twin e monitoraggio stato coltura,
potatura, interventi, ...

censimenti puntuali georiferiti per biometrie
(altezza, volume chioma, ...)

proiezioni di caduta e aree di pericolosità

Rilievi digitali in agricoltura

Dati satellitari

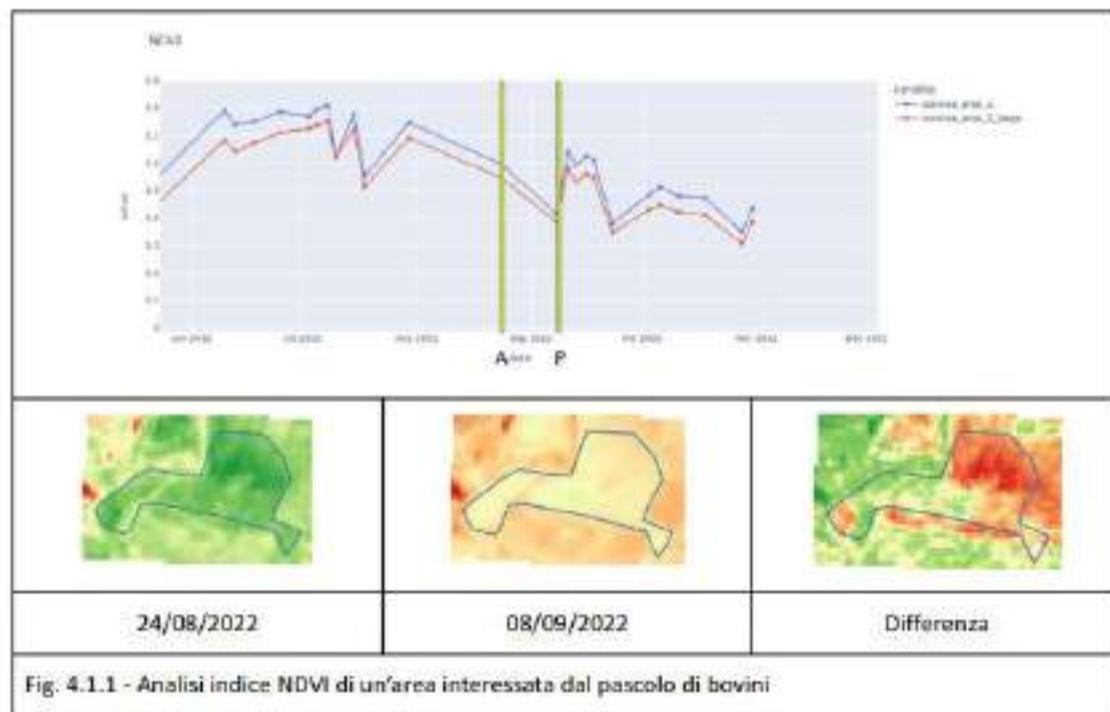
Nel contesto del progetto PLEIADI, è stata identificata una procedura di **analisi del soprassuolo** di alcune aree montuose dedicate al **pascolo degli animali**.

		
Fig. 4.1.2 – Esempio di documentazione preparatoria rilievi di campo	Fig. 4.1.3 - Esempio di documentazione preparatoria rilievi di campo	Fig. 4.1.4 - Esempio di documentazione fotografica rilievi di campo

Rilievi digitali in agricoltura



Dati satellitari



Dal calcolo delle differenze dei valori di NDVI calcolati per le due date riportate in tabella è stato possibile evidenziare **in rosso le zone dove c'è stato un cambiamento in negativo** della cotica erbosa e **in verde le zone in cui c'è stato un cambiamento positivo o prossimo allo zero** della vigoria della vegetazione.

Rilievi digitali in agricoltura

La diffusione delle tecnologie digitali nelle aziende agricole ha portato a un uso ricorrente degli **indici multispettrali** per il controllo dello stato delle colture.

La vegetazione assorbe la radiazione solare in diverse bande, ossia in diversi intervalli di frequenza e lunghezze d'onda, e ne **riemette una percentuale** differente in ciascuna di esse.

Vegetation Reflectance



Rilievi digitali in agricoltura



La vegetazione riflette, assorbe o trasmette la luce in modo diverso a seconda, ad esempio, della quantità di clorofilla, del contenuto d'acqua, dello stato fisiologico (stress, senescenza, ecc.).

Gli **indici di vegetazione** sono una **combinazione della percentuale di radiazione riflessa** in diverse bande.

INTERVALLO (nm)	NOME BANDA
400–500	Blu
500–600	Verde
600–700	Rosso
700–740	Red Edge (bordo rosso)
740–900	NIR (Near Infrared)
1200–1300	SWIR-1 (Short Wave Infrared 1)
1550–1750	SWIR-2 (Short Wave Infrared 2)
2000–2400	SWIR-3
9000–14000	Termico (TIR)

Indici di vegetazione



1 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Indice utilizzato per valutare il livello di vigoria della vegetazione e l'attività fotosintetica (quanta radiazione fotosintetica è stata assorbita dalla pianta), con valori compresi tra -1 e $+1$.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

HEALTHY
VEGETATION REFLECTANCE

50% NIR 8% RED



NDVI = 0.72

STRESSED
VEGETATION REFLECTANCE

40% NIR 30% RED



NDVI = 0.14

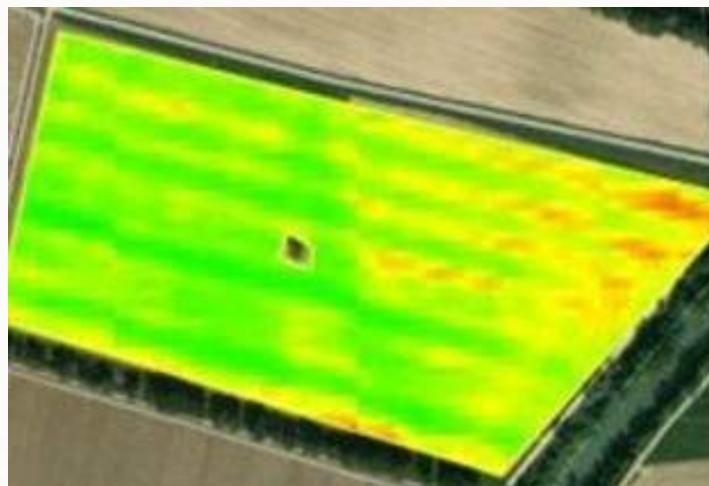
Indici di vegetazione



NDVI	INTERPRETAZIONE
<0.1	Suolo nudo o nuvole
0.1 – 0.2	Copertura vegetale quasi assente
0.2 – 0.3	Copertura vegetale molto bassa
0.3 – 0.4	Copertura vegetale bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.4 – 0.5	Copertura vegetale medio-bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.5 – 0.6	Copertura vegetale media con vigoria bassa o copertura vegetale medio-bassa con vigoria alta
0.6 – 0.7	Copertura vegetale medio-alta con vigoria bassa o copertura vegetale media con vigoria alta
0.7 – 0.8	Copertura vegetale alta con vigoria alta
0.8 – 0.9	Copertura vegetale molto alta con vigoria molto alta
0.9 – 1.0	Copertura vegetale totale con vigoria molto alta

Un valore di **NDVI alto** (vicino a 1) indica una **vegetazione densa** con vigoria alta, mentre un **NDVI molto basso** (vicino a -1) indica **superfici non vegetate** come acqua, neve o suolo nudo.

Indici di vegetazione



L'NDVI medio di un campo varia in base alla varietà e alla fase fenologica della coltura.

Nello stesso campo o in campi vicini, in cui una coltura si trova allo stesso stadio fenologico, le aree in cui il **valore di NDVI** è significativamente più **basso** rispetto alla media presentano **problemi nello sviluppo vegetativo**, che possono essere causati da fattori molto diversi

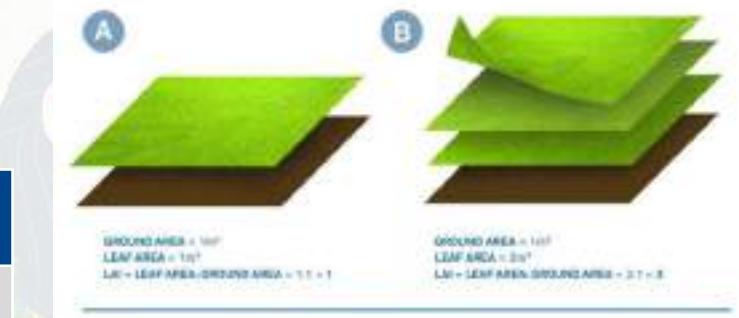
- stress nutrizionali
- attacchi parassitari
- danni (grandine, gelata, ondata di calore, ...)
- scarsa emergenza

Indici di vegetazione



Il limite dell'NDVI è rappresentato dalla **saturazione spettrale**.

COLTURA / FASE	LAI (m^2/m^2)	NDVI
Vegetazione rada (emergenza)	0.5	0.3
Vegetazione in crescita	2.0	0.6
Vegetazione densa	3.5	0.8
Vegetazione molto densa	5.0	0.83



Il LAI rappresenta la quantità di materiale fogliare in una chioma (= rapporto tra l'area fogliare di un lato e l'unità di superficie del terreno).

Indici di vegetazione



2 - NDRE (Normalized Difference Red Edge Index)

Simile all'NDVI ma utilizza la banda del Red-Edge invece della banda del Red, più adatto nelle fasi avanzate della crescita e più sensibile ai cambiamenti nella clorofilla.

$$NDRE = \frac{(NIR - RedEdge)}{(NIR + RedEdge)}$$

Ad esempio, una coltura può avere un NDVI alto a indicare che “c’è molta vegetazione”, ma un NDRE basso a indicare che quella stessa vegetazione sta “perdendo” clorofilla.

NDRE	INTERPRETAZIONE
-1 – 0.2	Indica terreno nudo o una coltura in via di sviluppo
0.2 – 0.6	Può essere interpretato come una pianta malata o un raccolto non ancora maturo
0.6 – 0.1	Sono valori buoni che indicano colture sane, mature e in fase di maturazione.

Indici di vegetazione



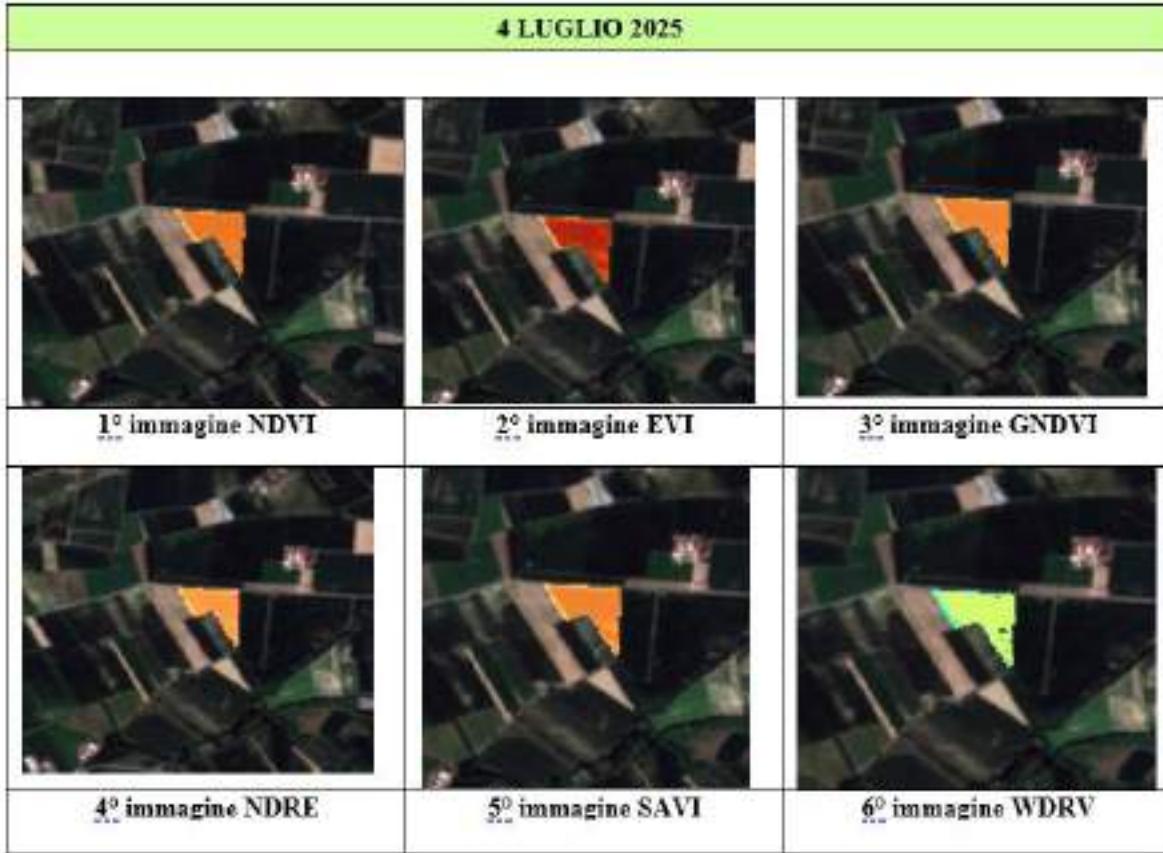
2 - NDRE (Normalized Difference Red Edge Index)

Il momento migliore per applicare l'indice NDRE è quando la coltura è matura o in fase di maturazione, cioè verso la fine della stagione di crescita. Durante la fase intermedia e finale del ciclo culturale, valori inferiori a 0,6 potrebbero indicare qualche forma di danno o stress nella coltura.



L'uso di una mappa NDRE risulta più efficace nelle fasi avanzate per attività come fertilizzazione e trattamenti mirati, irrigazione o fertirrigazione di precisione, e in generale per tutte le operazioni agronomiche di fine ciclo.

Indici di vegetazione



Si riporta il **caso studio della soia** su un appezzamento di circa 6 ha situato in provincia di Cuneo. Sono stati analizzati i **6 indici di vegetazione** descritti in precedenza a partire dalle immagini satellitari Sentinel-2 (risoluzione 10x10 m) per i mesi di maggio, giugno, luglio, agosto, settembre 2025.

Indici di vegetazione



Confronto tra NDVI, EVI, GNDVI, NDRE, SAVI, WDRV

INDICE	FORMULA	BANDE	SENSIBILITÀ PRINCIPALE	VANTAGGI
NDVI	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	850 / 660 nm	Biomassa e vigore generale	Semplice, standardizzato, molti dati storici
EVI	$2.5 * (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + 6 \text{Red} - 7.5 \text{Blue} + 1)$	850 / 450 nm	Biomassa, vigore, LAI	Non satura; preciso in vegetazione densa
GNDVI	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	850 / 550 nm	Contenuto di clorofilla, stress fisiologico, cali di N	Maggiore sensibilità alla clorofilla, utile per stress precoce
NDRE	$(\text{NIR} - \text{RedEdge}) / (\text{NIR} + \text{RedEdge})$	850 / 710 nm	Clorofilla e stress nutrizionale in vegetazione matura	Meno saturazione, rileva stress in fasi avanzate
SAVI	$((\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + \text{L})) \times (1 + \text{L})$	850 / 660 nm	Biomassa in suoli visibili	Correzione effetto suolo
WDRV	$((a \times \text{NIR}) - \text{Red}) / ((a \times \text{NIR}) + \text{Red})$	850 / 660 nm	Biomassa e vigore in chiome mature	Meno saturazione rispetto all'NDVI



Grazie per l'attenzione!

<https://www.corintea.it/>