

## Approccio integrato all'agricoltura di precisione nella moderna azienda cerealicola pugliese

### Acronimo: AdP4Durum

Modulo 2 – Lettura delle informazioni dai satelliti  
Incontro 3 - Piattaforme a controllo remoto e robotiche per il monitoraggio e la gestione



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



<https://www.lgsdroni.it/journal/2017/7/31/disco-il-drone-per-lagricoltura>



<https://www.egm96.it/servizi-con-droni/agricoltura-precisione/>



<http://www.naio-technologies.com/?lang=fr>

### Piattaforme a controllo remoto e robotiche per il monitoraggio e la gestione



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2018 "Avviso pubblico per la presentazione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



## Sviluppo di droni e robotica

Punti cardine dello sviluppo di piattaforme a controllo remoto e robot per l'agricoltura

1. Sviluppo di sensoristica avanzata
2. Ruolo delle piattaforme esistenti e loro versatilità
3. **Necessità di sviluppo di indici di vegetazione**

MONITORAGGIO DELLE COLTURE AGRARIE



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

Nel dominio ottico, la gran parte della luce blu e rossa è assorbita dalla clorofilla (470 e 650 nm)

La percentuale di clorofilla è correlata alla concentrazione di azoto fogliare.

Lo stato di nutrizione delle colture è, in AdP, riferito alla **canopy** (manto vegetale), oggettivato sulla base della copertura fogliare **LAI** (Leaf Area Index)



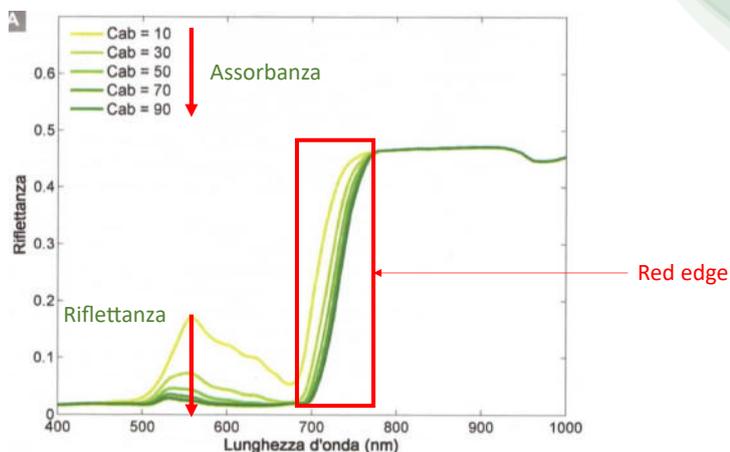
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico



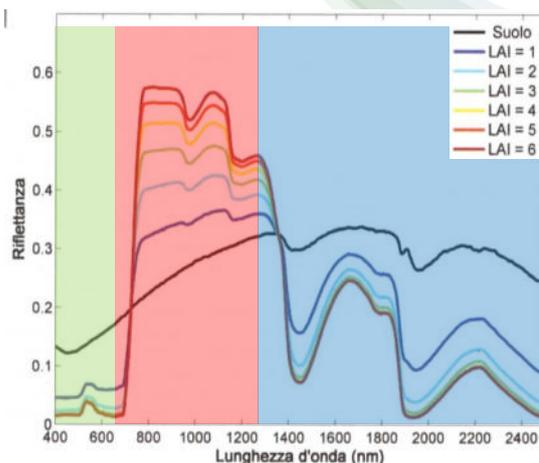
## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

In definitiva, la riflettanza NIR, essendo molto alta in questo campo di lunghezze d'onda, è utile per definire le caratteristiche strutturali delle colture (LAI, biomassa verde).

Man mano che il suolo è sostituito dalla vegetazione, la *firma spettrale* cambia.

Al crescere del valore del LAI, la crescita della riflettanza nel NIR è associata alla riduzione di riflettanza nel visibile (assorbimento di radiazione da parte della clorofilla)

Nella banda SWIR (1.300-2.500nm) la riflessione della vegetazione è influenzata dall'acqua contenuta nelle foglie



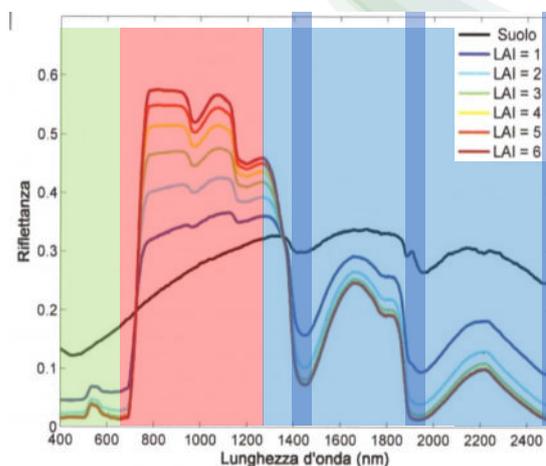
## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

Il vapor d'acqua atmosferico assorbe la radiazione elettromagnetica a 1.450, 1.950 e 2.500 nm

Nelle altre lunghezze d'onda, diverse dalle tre indicate, la riflettanza, a parità di biomassa verde (LAI), aumenta al diminuire del contenuto d'acqua nella vegetazione.

La banda SWIR, insieme all'Infrarosso Termico (TIR), è una zona dello spettro utile alla determinazione del contenuto d'acqua della canopy.

Oltre all'acqua, anche proteine, cellulosa, amido e lignina assorbono radiazione nella regione SWIR.



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE

Sono indici derivati grazie a relazioni matematiche esistenti tra le bande di riflessione dell'energia elettromagnetica, prevalentemente nella banda VIS-NIR.

Le riflettanze alle varie lunghezze d'onda possono essere determinate con larghezze di banda differenti:

- Per larghezze di banda comprese tra 15 e 60 nm si parla di valori BROAD BAND
- Per larghezze di banda inferiori a 10 nm si parla di valori NARROW BAND

La determinazione degli indici di vegetazione punta all'utilizzo dei valori NARROW BAND, soprattutto per il fatto che le nuove tecnologie (su satellite, aeromobile o drone) tendono a migliorare le acquisizioni in termini di risoluzione spettrale.

Le bande VIS-NIR principali, utilizzate per gli indici di vegetazione sono indicati come:

*r800, r670, r550, rNIR* per le BROAD BAND;

*ρ800, ρ670, ρ550, ρNIR* per le NARROW BAND.



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE

#### SR (Simple Ratio) e NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$SR = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{RED}} \quad NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \begin{array}{l} \rho_{NIR} \approx 800 \text{ nm} \\ \rho_{RED} \approx 670 \text{ nm} \end{array}$$

SR indica il semplice rapporto tra riflettanza della vegetazione nel NIR rispetto a quella nel ROSSO. Maggiore è il valore di SR, più alto è il vigore vegetativo della coltura.

NDVI indica il valore normalizzato del rapporto tra le riflettanze NIR-RED. NDVI ha valori compresi tra -1 e 1. Valori vicini a +1 indica vegetazione in pieno stato fotosintetico; valori vicini a 0 indicano terreno nudo. Valori negativi indicano zone non coltivate (es. corsi d'acqua).



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE

#### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

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

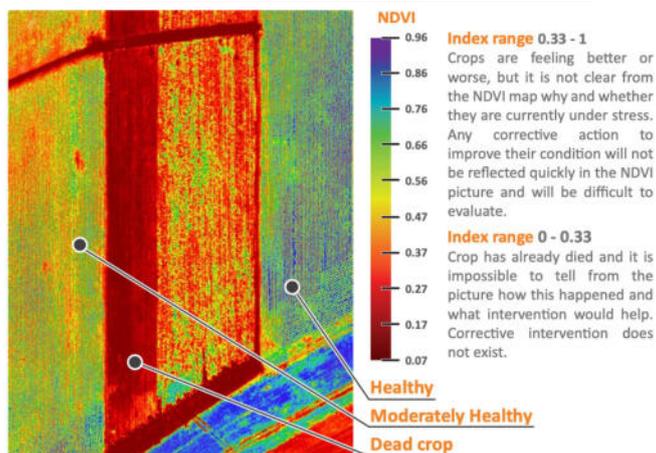
NDVI è influenzato dal LAI. Valori di LAI maggiori di 2 tendono a saturare l'NDVI, ovvero esso non cresce sempre meno in maniera proporzionale all'attività fotosintetica della coltura.



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE

### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 5/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi piloni per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



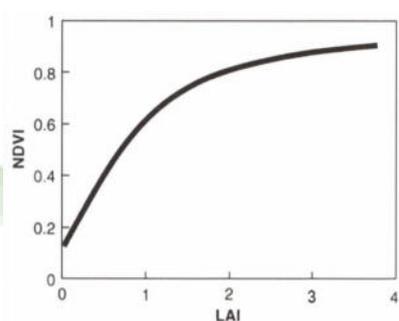
Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE

### NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)



L'indice NDVI (come l'SR) è influenzato, oltre che dal LAI, dalla riflettanza del suolo, dall'effetto atmosferico e dall'illuminazione al momento della misurazione (posizione del sole e angolo di vista del sensore).

A partire da NDVI e SR sono state sviluppate famiglie di indici al fine di superare i problemi di variabilità della misura.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 5/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi piloni per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE [soil adjusted]

Utilizzati in presenza di scarsa copertura vegetale. Sfruttano il principio della «linea del suolo» ovvero la retta sulla quale è descrivibile la relazione tra riflettanza nel ROSSO e nel NIR, per un determinato suolo con un definito grado di umidità.

#### 1. PVI (Perpendicular Vegetation Index)

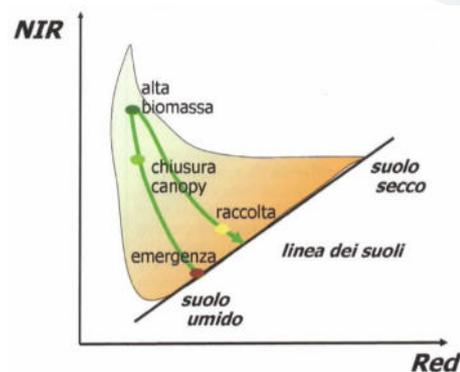
$$PVI = \frac{\rho_{NIR} - a \cdot \rho_{RED} - b}{\sqrt{a^2 + 1}}$$



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE [soil adjusted]

#### 2. SAVI (Soil adjusted Vegetation Index)

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L} \cdot (1 + L)$$

Per L=0, SAVI = NDVI

Per L=1, SAVI ≈ PVI

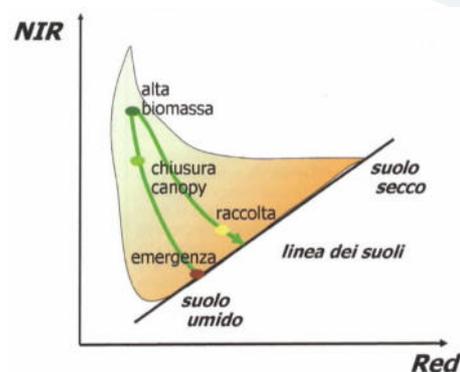
IL SAVI rappresenta meglio il sistema suolo-vegetazione



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

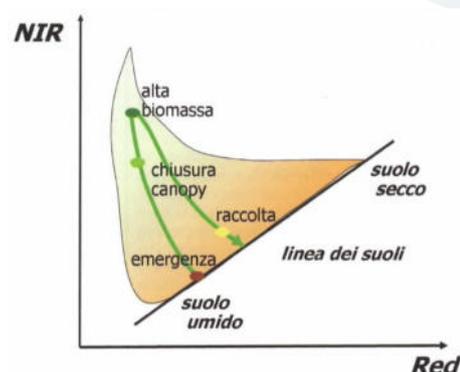
### INDICI DI VEGETAZIONE [soil adjusted]

#### 3. TSAVI (Transformed SAVI)

$$TSAVI = \frac{\alpha(\rho_{NIR} - a \cdot \rho_{RED} - b)}{\rho_{RED} + a \cdot \rho_{NIR} - a \cdot b + 0.08 \cdot (1 + a^2)}$$

Per  $a=1$  e  $b=0$ ,  $TSAVI \approx NDVI$

I fattori correttivi nell'equazione, rispetto ad NDVI, servono a determinare in maniera accurata la linea del suolo, per bassi valori di LAI



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Strumento operativo per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

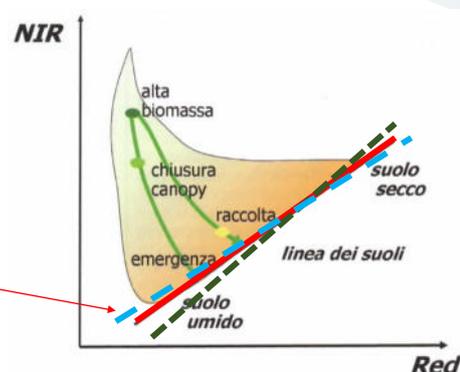
### INDICI DI VEGETAZIONE [soil adjusted]

$$PVI = \frac{\rho_{NIR} - a \cdot \rho_{RED} - b}{\sqrt{a^2 + 1}}$$

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L} \cdot (1 + L)$$

$$TSAVI = \frac{\alpha(\rho_{NIR} - a \cdot \rho_{RED} - b)}{\rho_{RED} + a \cdot \rho_{NIR} - a \cdot b + 0.08 \cdot (1 + a^2)}$$

Richiedono una determinazione preventiva di immagini iperspettrali di vegetazione e suolo nudo (particolare tipo di suolo) per determinare la retta dei suoli (pendenza  $a$  e intercetta  $b$ )



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Strumento operativo per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE [soil adjusted]

Parametri che non richiedono la determinazione preventiva della linea del suolo

$$MSAVI = 0.5 \cdot 2\rho_{NIR} \left[ \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{RED})} \right]$$

$$OSAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + 0.16}$$

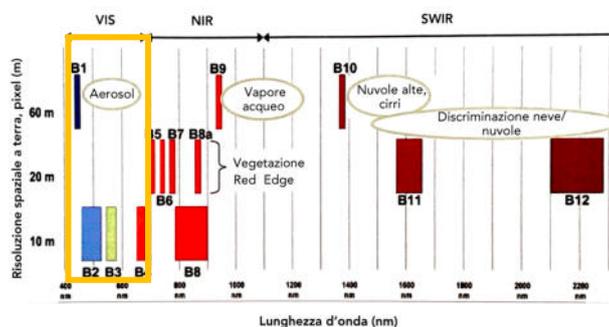
Maggior potere di discriminazione del suolo nudo



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

### INDICI DI VEGETAZIONE [per la minimizzazione dell'influenza atmosferica]

Questi indici proposti, sono sempre modificazioni del NDVI, con particolari accorgimenti tali da epurare il dato dalle interferenze atmosferiche (considerano le informazioni spettrali delle bande del BLU e del ROSSO, indicative della presenza di aerosol)



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

INDICI DI VEGETAZIONE [per la minimizzazione dell'influenza atmosferica]

### 1. ARVI (Athmospherically Resistant Vegetation Index)

$$ARVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RB}}{\rho_{NIR} + \rho_{RB}}$$

$$\rho_{RB} = \rho_{RED} - \gamma(\rho_{BLU} - \rho_{RED})$$

$\gamma$  = fattore correttivo. Di norma è uguale a 1. In caso di rilevazioni in tempe reale delle condizioni atmosferiche può essere inserito il preciso valore, in modo da attuare una correzione parziale.

Se  $\gamma = 0$ , la correzione atmosferica è nulla.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Misure puntuali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nel dominio ottico

INDICI DI VEGETAZIONE [per la minimizzazione dell'influenza atmosferica]

### 2a. SARVI (Soli and Athmospherically Resistant Vegetation Index)

$$SARVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RB}}{\rho_{NIR} + \rho_{RB} + L} \cdot (1 + L)$$

Dupliche effetto correttivo: suolo ed atmosfera. Tengono conto anche del valore L (LAI e colore del suolo).

### 2b. EVI (Enhanced Vegetation Index)

$$EVI = \frac{2.5 \cdot (\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{\rho_{NIR} + C_1 \cdot \rho_{RED} + C_2 \cdot \rho_{RED} + L}$$

$C_1$  e  $C_2$  sono fattori di correzione atmosferica nel rosso e nel blu. L, come sopra.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Misure puntuali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso medio

### INDICI NELLA BANDA SWIR PER LA STIMA DELLO STATO IDRICO

Mediante rapporti tra radiazione SWIR e NIR è possibile definire indici in grado di stimare la quantità di acqua totale presente nelle colture.

#### MSI (Moisture Stress Index)

$$MSI = \frac{\rho_{SWIR}}{\rho_{NIR}}$$

#### NDWI (Normalized Difference Water Index)

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

Sebbene semplici da calcolare ed utilizzare, questi indici hanno valenza per particolari situazioni di acquisizione, stato fenologico della coltura e LAI. **NON SONO INDICI UNIVERSALI.**



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Finanziaria pubblica per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso termico

### INDICI NELLA BANDA TIR: INTERAZIONE TEMPERATURA-STRESS IDRICO

La temperatura fogliare è legata indirettamente allo stress idrico.

Stress idrico = chiusura degli stomi = ridotta evapotraspirazione = riduzione del calore necessario all'evaporazione dell'acqua = temperatura della foglia maggiore rispetto a quella ben idratata.

La misurazione della temperatura della coltura ha una serie di problematiche: emissività variabile; angolo di misurazione; rugosità della coltura.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Finanziaria pubblica per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso termico

INDICI NELLA BANDA TIR: INTERAZIONE TEMPERATURA-STRESS IDRICO

### 1. CWSI (Crop Water Stress Index)

$$CWSI = \frac{\Delta T_{COLTURA} - \Delta T_{NWSB}}{\Delta T_{NT} - \Delta T_{NWSB}}$$

$$\Delta T_{COLTURA} = T_{coltura} - T_{aria}$$

$$\Delta T_{NWSB} = T_{coltura\ ben\ irrigata} - T_{aria}$$

$$\Delta T_{NT} = T_{coltura\ non\ traspirante} - T_{aria}$$



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Misure straordinarie per la promozione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



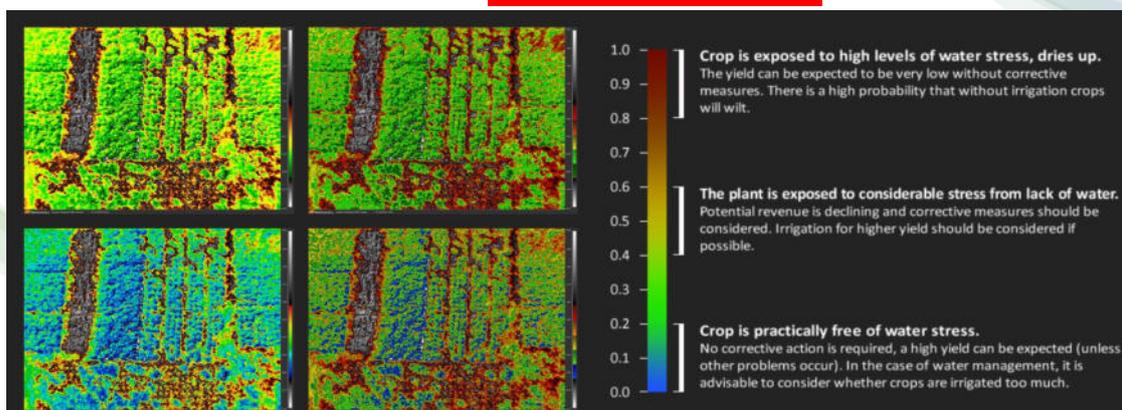
Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso termico

INDICI NELLA BANDA TIR: INTERAZIONE TEMPERATURA-STRESS IDRICO

### CWSI (Crop Water Stress Index)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Misure straordinarie per la promozione di Progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



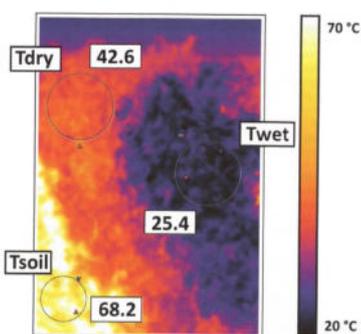
Partner di progetto



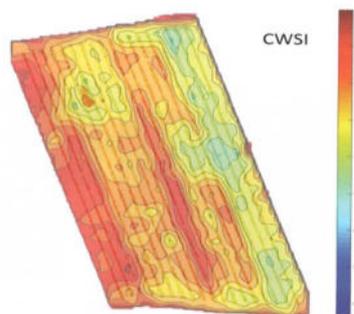
## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso termico

INDICI NELLA BANDA TIR: INTERAZIONE TEMPERATURA-STRESS IDRICO

CWSI (Crop Water Stress Index)



Schema di impostazione misure termografiche.  
Twet=vegetazione bagnata; Tdry=vegetazione secca



Dati CWSI calcolati sulla base della calibrazione eseguita



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio delle colture nell'infrarosso termico

2.  $SI_{gs}$  (Normalized Difference Water Index)

$$SI_{gs} = \frac{T_{dry} - T_{leaf}}{T_{leaf} + T_{wet}}$$

$T_{dry}$  = Temperatura di un materiale di riferimento che simula la temperatura di una vegetazione non traspirante

$T_{wet}$  = Temperatura di un materiale di riferimento che simula la temperatura di una vegetazione perfettamente traspirante

$T_{leaf}$  = Temperatura attuale della vegetazione



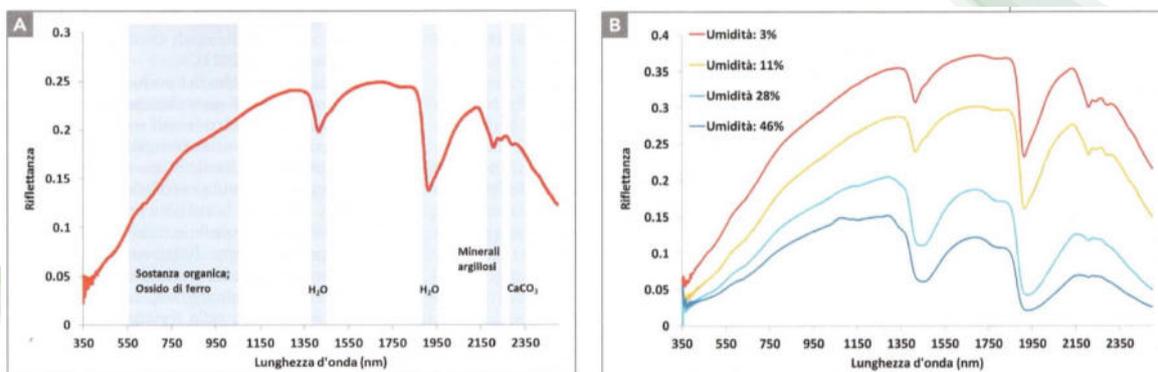
Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Monitoraggio e caratterizzazione del terreno



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 52/2019 "Incentivi pubblici per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Piattaforme a controllo remoto

## SAPR e ROBOTICI TERRESTRI



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 52/2019 "Incentivi pubblici per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SAPR: sistema complesso di acquisizione dati, composto da:

- PIATTAFORMA impiegata per il controllo remoto;
- SENSORI per l'acquisizione dati;
- CONTROLLO A TERRA



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 55/2019 "Norme per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

### CLASSIFICAZIONE DEI SAPR

AD ALA BATTENTE



AD ELICA



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 55/2019 "Norme per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SAPR AD ELICA



VTOL (vertical Takeoff and Landong)



Droni ad ala fissa



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

I sistemi ad elica utilizzati per l'agricoltura di precisione sono sostanzialmente del tipo ad elica ad asse verticale e a multi-rotore



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

Altre classificazioni riguardano la quota e la durata del volo:

**LASE** : Low Altitude – Short Endurance

Quota  $\leq$  1.500 m  
Durata  $\leq$  2 h

Sistemi leggeri (2-5 kg)  
**VTOL**

**LALE** : Low Altitude – Long Endurance

Quota  $\leq$  1.500 m  
Durata  $\geq$  2 h

Sistemi ad ala fissa con  
quote di volo = 5.000m

**HALE** : High Altitude – Long Endurance

Quota  $\geq$  1.500 m  
Durata  $\geq$  2 h

Sistemi ad ala fissa con  
quote di volo = 20.000m



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

### COMPONENTI E FUNZIONI DI UN SISTEMA SAPR

- Unità centrale che gestisce il volo (**flight control**);
- sistema **IMU (Inertial Measurement Unit)**. Modulo per la misurazione diretta di accelerazioni e velocità angolari rispetto a tre assi nello spazio, comprendente accelerometri giroscopi, bussola magnetica, ed altimetro barometrico;
- il sistema **Navi Control**, un elemento che esegue l'algoritmo di inseguimento dei punti predefiniti.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

### COMPONENTI E FUNZIONI DI UN SISTEMA SAPR

- il modulo **GPS (Global Positioning System)** che in modalità volo automatico invia la posizione del drone alla Navi Control che a sua volta tramite l'algoritmo di inseguimento comanda la Flight Control, in modalità volo manuale il GPS comanda direttamente la Flight Control;
- il sistema di **controllo radio**, ossia un ricevitore che si interfaccia con un telecomando;
- il sistema **ECS (Electronic Speed Control)**, che interfaccia l'unità flight control con ciascuno dei motori presenti sul drone, e consente di comandare individualmente la velocità di rotazione di ciascuno di essi;



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

### COMPONENTI E FUNZIONI DI UN SISTEMA SAPR

- il **camera mount**, anche detta **gimbal**, ossia una culla stabilizzata basculante su 3 assi, in grado di supportare i sensori ed allo stesso tempo garantirne il corretto orientamento durante gli spostamenti del drone



- il telaio o frame, generalmente realizzato in fibra di carbonio.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilati per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SENSORI INSTALLABILI SUI DRONI LASE



CAMERA RGB (visibile)



SENSORE MULTISPETTRALE



SENSORE IPERSPETTRALE



SENSORE IPERSPETTRALE



TERMOCAMERA



SENSORE LIDAR



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Misure straordinarie per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



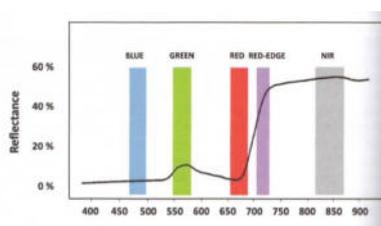
Partner di progetto



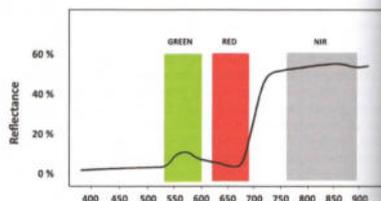
## Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

CARATTERISTICHE SPETTRALI DELLE CAMERE TIPICAMENTE UTILIZZATE SU SAPR

Multi-imager camera



Single-imager camera



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 5/2019 "Misure straordinarie per la promozione di Programmi pillole per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



# Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO DA SAPR

## 1. PIANIFICAZIONE DEL VOLO

Eseguita mediante l'analisi del suolo da indagare sulla base dell'esigenza del telerilevamento.

In funzione delle caratteristiche della camera, si determina il FOV, e il GSD (Ground Sampling Distance), ovvero la dimensione di un pixel dell'immagine a terra per definire la risoluzione spaziale (cm/pixel)

definizione della QUOTA DI VOLO:

$$Quota\ volo = \frac{GSD \cdot LUNGHEZZA\ FOCALE}{dimensione\ pixel}$$



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi piloni per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto

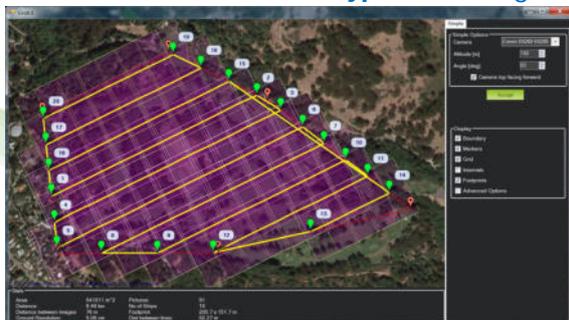


# Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

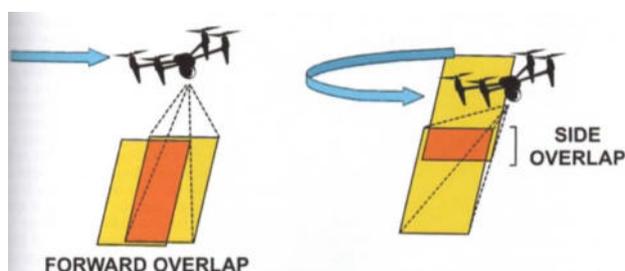
SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO DA SAPR

## 1. PIANIFICAZIONE DEL VOLO

Definizione della rotta di **waypoints** da seguire



Definizione della frequenza di acquisizione della **overlap** (sovrapposizione delle immagini)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme pubbliche per la promozione di Programmi piloni per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto



# Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO DA SAPR

## 2. ESECUZIONE DEL VOLO

In modalità manuale (volo a vista) o automatica mediante l'impostazione dei waypoints (migliore mosaicatura delle immagini acquisite).

Il volo automatico richiede ricevitori GPS installati a bordo (maggiore carico del drone).

L'utilizzo di sistemi di stabilizzazione automatica minimizza gli effetti del vento.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



# Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

SEQUENZA DELLE OPERAZIONI DI RILIEVO DA SAPR

## 3. CALIBRAZIONE RADIOMETRICA, CORREZIONE

## 4. MOSAICATURA E GEOREFERENZIAZIONE

Azione che permette la «cucitura» delle varie immagini acquisite in quota e l'assegnazione delle coordinate spaziali. Eseguite mediante software dedicati

## 5. ELABORAZIONE IMMAGINI

Estrazione di contenuto informativo dalle immagini acquisite (Indici di vegetazione)



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Norme regionali per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



# Sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR)

PRESCRIZIONI NORMATIVE

Operatori UAS (Droni)

[www.enac.gov.it](http://www.enac.gov.it)



Ai sensi del Regolamento 2019/947 per "operatore UAS" si intende: "ogni persona fisica o giuridica che utilizzi o intenda utilizzare uno o più UAS".

La figura dell'operatore può coincidere con quella del pilota ( ad esempio un pilota remoto che opera il proprio UAS). In questo caso sul pilota remoto ricadono anche gli obblighi di legge dell'operatore.

L'operatore UAS ha la responsabilità di utilizzare o far utilizzare il drone a scopo ricreativo, professionale, ricerca, etc. nel rispetto delle leggi attuali in termini di sicurezza (manutenzione, buona conservazione, etc.), privacy e obblighi assicurativi.

L'operatore UAS ha l'obbligo di far pilotare il drone a un pilota in possesso di adeguate competenze (rif. pagina Come si diventa pilota UAS - Drone)

Per essere riconosciuto operatore UAS è necessario:

- effettuare, con esito positivo, la registrazione sul portale d-flight

e

- acquisire il proprio codice identificativo europeo, in formato QR code, da apporre su ciascuno degli UAS (drone) con cui si opera.

## Quando è necessaria la registrazione dell'operatore UAS

La registrazione è obbligatoria:

- per tutti gli operatori che usano droni di peso uguale o maggiore a 250 gr a meno che non siano classificati come giocattoli e rispondano alla Direttiva europea 2009/48/CE sulla sicurezza dei giocattoli;
- per gli operatori di droni di peso inferiore a 250 g con caratteristiche di alta velocità (in caso di impatto possono trasferire al corpo umano un'energia cinetica superiore a 80 Joule) e/o che installano una telecamera.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Fondo regionale per la promozione di Programmi pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



# Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri

Sono sistemi ad oggi in via di sviluppo, con poche tipologie già allo stadio finale e operativo

I sistemi più avanzati si basano su tecnologia UGV (Unmanned Ground Vehicles)

Utilizzati sostanzialmente per funzioni di SCOUTING e AZIONE MIRATA sulle colture



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Fondo regionale per la promozione di Programmi pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



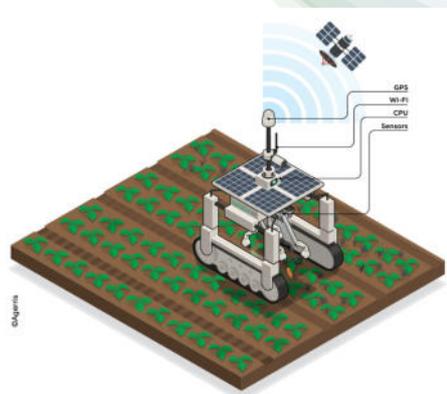
Partner di progetto



## Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri



RoniBob – Bosh GmbH



## Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri

### VANTAGGI

**ELEVATI TEMPI DI ESERCIZIO** (non richiedono pause)

**PRECISIONE:** l'utilizzo della georeferenziazione e di sensori ottici installati garantisce l'esecuzione del lavoro con estrema precisione

**SICUREZZA:** eliminano totalmente il rischio di infortuni soprattutto su terreni particolarmente difficili (forti pendenze ad esempio).



## Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri

### ANALISI ON-BOARD

Rilevamento prossimale di indici colturali, grazie all'equipaggiamento di sistemi di visione e sensori.

I dati rilevati dalla macchina sono elaborati direttamente o trasferiti in tempo reale a calcolatori dotati di sistemi di deep-learning (es. sistemi a reti neurali) e di computer vision per l'elaborazione matematica delle immagini acquisite



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Misure straordinarie per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto



## Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri

### UNO SGUARDO AL FUTURO



Cantiere di raccolta del grano, completamente automatizzato.

L'obiettivo delle attuali ricerche riguarda l'adozione di sistemi automatizzati per le operazioni colturali più presenti.



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge regionale n. 55/2019 "Misure straordinarie per la promozione di progetti pilota per la promozione e lo sviluppo dell'agricoltura di precisione"



Partner di progetto



# Sistemi a controllo remoto e robotici terrestri

UNO SGUARDO AL FUTURO



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 52/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto



Progetto realizzato con finanziamento della Regione Puglia - Legge Regionale n. 52/2019 "Norme regionali per la promozione di Programmi pilota per la promozione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione"



Partner di progetto

