

## LA RISORSA IDRICA IN PIEMONTE

LE STRATEGIE DI GESTIONE IDRICA IN AGRICOLTURA

*Scenari, deficit idrici, politiche pubbliche e progetti innovativi:  
confronto tra Piemonte e Israele*

Mercoledì 1 marzo 2023

International Training Centre of the ILO

# ***Telerilevamento (satellitare) e gestione dell'irrigazione***

***Enrico, Borgogno Mondino***

# MENU

- **QUALE TELERILEVAMENTO e PERCHÉ IL TELERILEVAMENTO SATELLITARE**
- **RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO** per **STRATEGIE DI AREA VASTA**
  - MONITORAGGIO DELLE COLTURE** → indici spettrali (ottico)
  - STIMA DEI FABBISOGNI IDRICI DELLE COLTURE** → evapotraspirazione + bilanci (Termico + ottico)
  - STIMA DELL'UMIDITÀ DEI SUOLI** (radar + ottico)
- **SCENARI E LIMITI DI MONITORABILITÀ**
- **DA DOVE INZIARE** rimandi a esperienze regionali (a me note)

## QUALE TELERILEVAMENTO ?

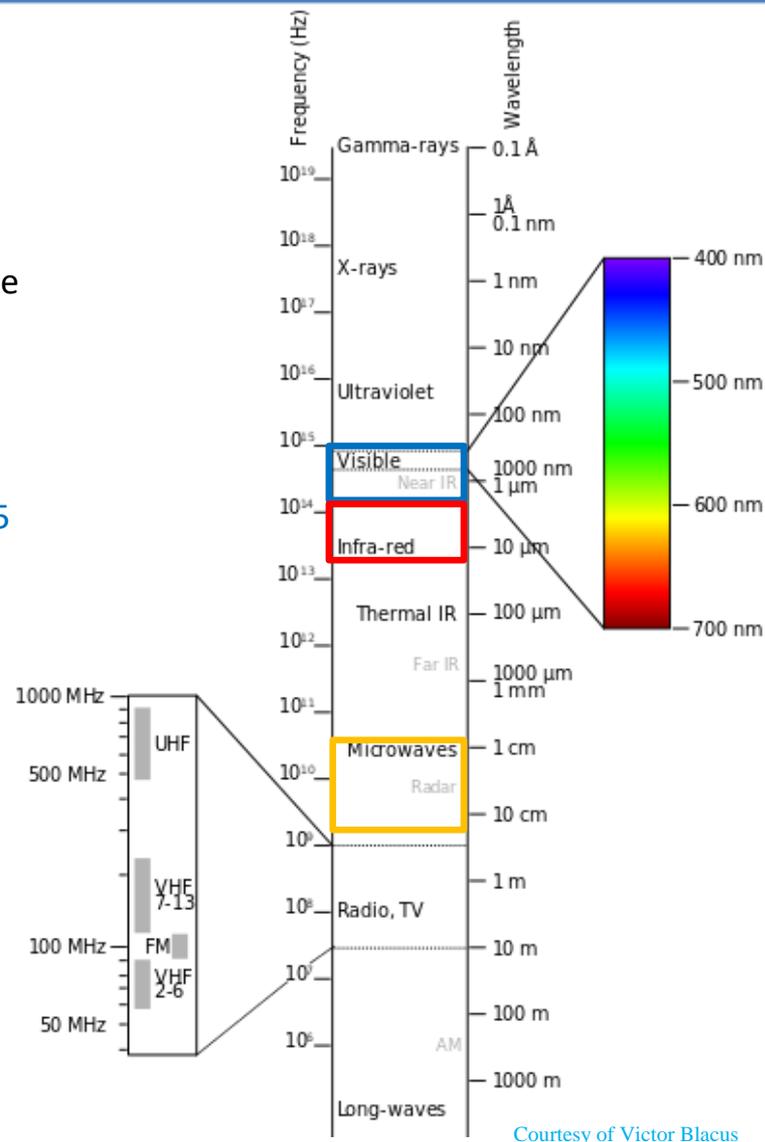
Tecniche di rilievo remoto basate su strumenti di IMAGING (si processano immagini digitali) in grado di registrare il segnale elettromagnetico riflesso o emesso dalle superfici osservate in specifiche regioni dello spettro.

## QUALI BANDE DELLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO?

- TELERILEVAMENTO OTTICO PASSIVO** → VISIBILE+NIR+SWIR (0.4-2.5 micron)
- TELERILEVAMENTO TERMICO PASSIVO** → TIR (3-30 micron)
- TELERILEVAMENTO ATTIVO RADAR** → Microonde (centimetriche)

## BANDE E TIPO DI INFORMAZIONE (PER PROBLEMI DI IRRIGAZIONE)

- Ottico** → stato/fenologia della coltura, coefficiente colturale  $k_c$ , caratterizzazione suoli
- Termico** → stress idrico, fabbisogno irriguo (ET)
- Radar** → umidità dei suoli, struttura della vegetazione



## CARATTERISTICHE DEL TELERILEVAMENTO SATELLITARE E SUA IDONEITA' in RAGIONAMENTI STRATEGICI

- COPERTURA GLOBALE : immagini ricorrenti di qualunque area del globo (e quindi anche del Piemonte)
- RIPETITIVITA' DELLE OSSERVAZIONI (MONITORAGGIO): frequenze di acquisizione compatibili con le dinamiche osservate
- COERENZA DELLE OSSERVAZIONI NEL TEMPO: è auspicabile una catena di pre-processamento che fornisca dati pronti all'uso allineati a standard certificati e ripetuti
- Numero e tipo di bande spettrali adatte alle applicazioni previste
- Adeguata risoluzione geometrica (però ....)

### QUALI SATELLITI

	MISSIONI SCIENTIFICHE (ottico)	MISSIONI COMMERCIALI (costellazioni simil-PLANET.)	MISSIONI COMMERCIALI ORDINARIE (IKONOS, WORLDVIEW, QUICKBIRD, etc.)
<b>COPERTURA</b>	GLOBALE	GLOBALE	GLOBALE
<b>RISOLUZIONE TEMPORALE</b>	1gg (MODIS) - 16gg (Landsat) – 5 gg (Sentinel 2)	1 gg	ON DEMAND (SPOT)
<b>PRE-PROCESSAMENTO</b>	<b>STANDARD replicati certificati da soggetti titolati (ESA/NASA)</b>	STANDARD replicati ma non certificati da soggetti titolati	DIPENDE
<b>BANDE</b>	VIS+RE+NIR+ <b>SWIR (+TIR)</b>	VIS+RE+NIR	VIS+RE+NIR
<b>GSD [m]</b>	Min. 10 m	3.7 m	Min. 0.3 m
<b>Policy</b>	<b>Gratuiti</b>	Pagamento	Pagamento
<b>Prodotti</b>	Molteplici	Servizi	N/A

## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Monitoraggio delle colture

COSA E' POSSIBILE MONITORARE?

### ❖ L'ATTIVITA' VEGETATIVA ISTANTANEA (BIOMASSA + AZIONE FOTOSINTETICA) → INDICI SPETTRALI (es. NDVI)

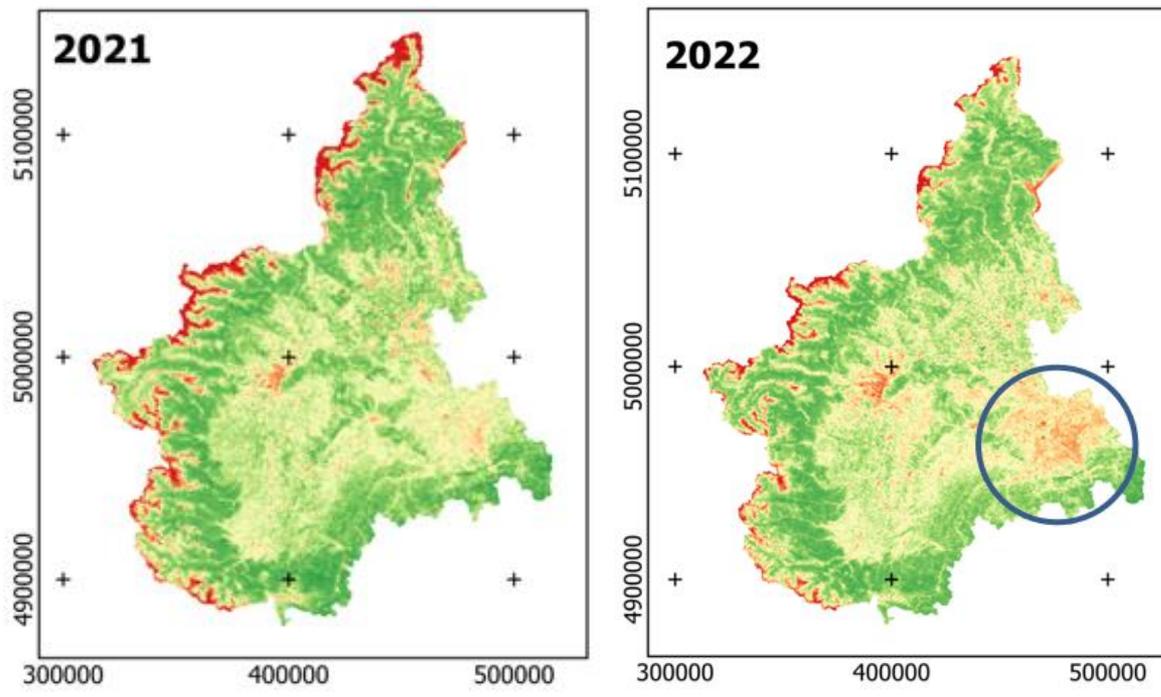
Nell'ambito della gestione delle risorse irrigue poter verificare (e mappare) la condizione delle colture permette:

- PRIORITIZZAZIONE DEI RILASCI
- DECISIONI DI ABBANDONO/SOSTITUZIONE COLTURALE

TEMPO REALE? → NO, qualche giorno è necessario tra l'acquisizione e il rilascio del dato calibrato

Il dato di riferimento attuale è Copernicus Sentinel 2 → GSD = 10/20 m, copertura globale.

Potenziale utilizzo **alla scala di appezzamento** se questa soddisfa alcuni requisiti dimensionali (FORMA E DIMENSIONE).

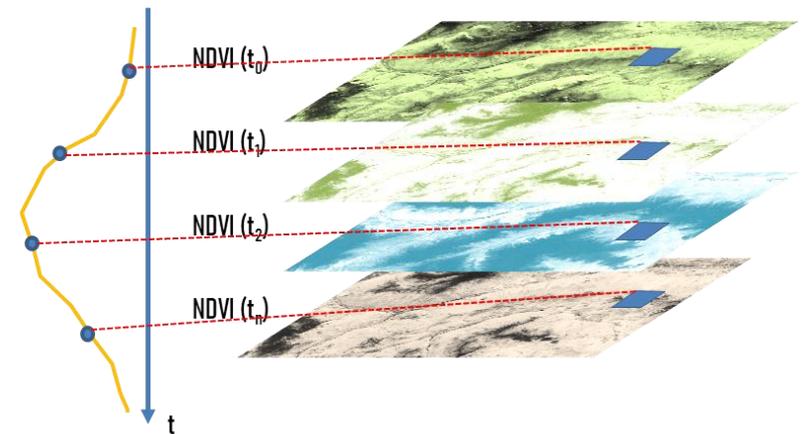


## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Monitoraggio delle colture

### COSA È POSSIBILE MONITORARE?

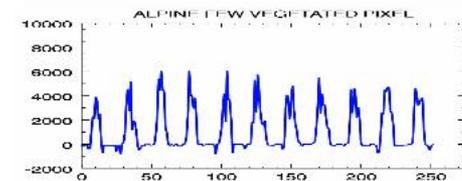
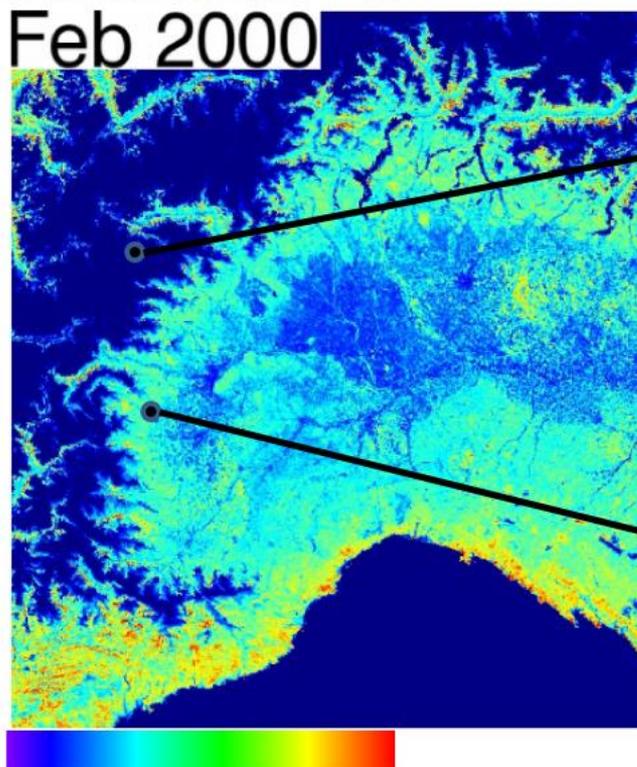
#### ❖ LE DINAMICHE VEGETATIVE ANNUALI → SERIE MULTITEMPORALI di INDICI SPETTRALI

Nell'ambito della gestione delle risorse irrigue **il confronto** inter-annuale ha carattere previsionale → tracciamento di traiettorie di sviluppo/declino, ANTICIPATI/RTARDI, etc.



## Profili di NDVI nel tempo per 2 pixel

### Serie multitemporale di NDVI

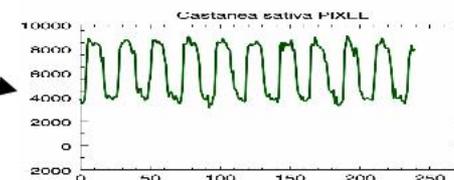


Pascolo alpino

Asse X: giorno  
dell'anno (DOY)

Asse Y: NDVI(t)

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



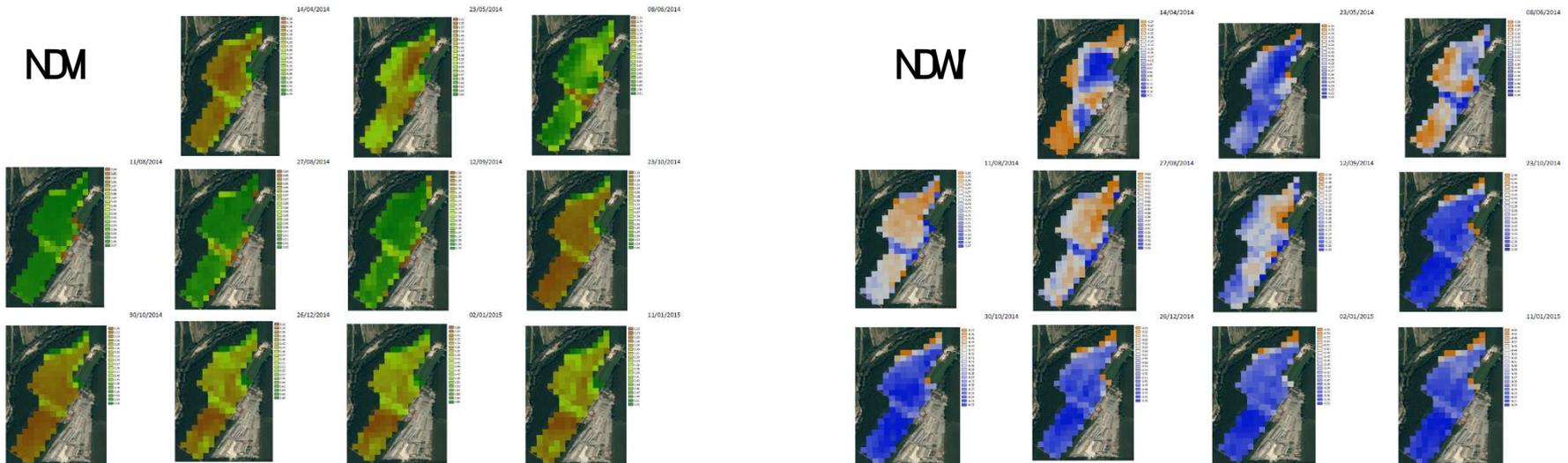
Bosco di castagno

## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Monitoraggio delle colture

### COSA È POSSIBILE MONITORARE?

❖ **CONTENUTO (RELATIVO) DI ACQUA DELLE COLTURE** → INDICI SPETTRALI (ES. NDVI, NDSI, etc.) che richiedono la disponibilità delle bande SWIR (medio infrarosso). Tali indici funzionano:

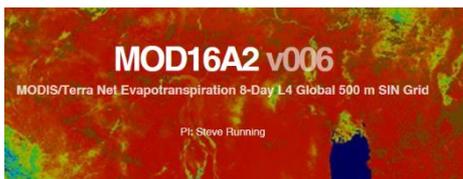
- Nel **dominio dello spazio** solo se i valori confrontati riguardano lo stesso campo;
- Nel **dominio del tempo** (variazioni di contenuto idrico della coltura alla stessa posizione) solo se la coltura non cambia il suo stato vegetativo/fenologia



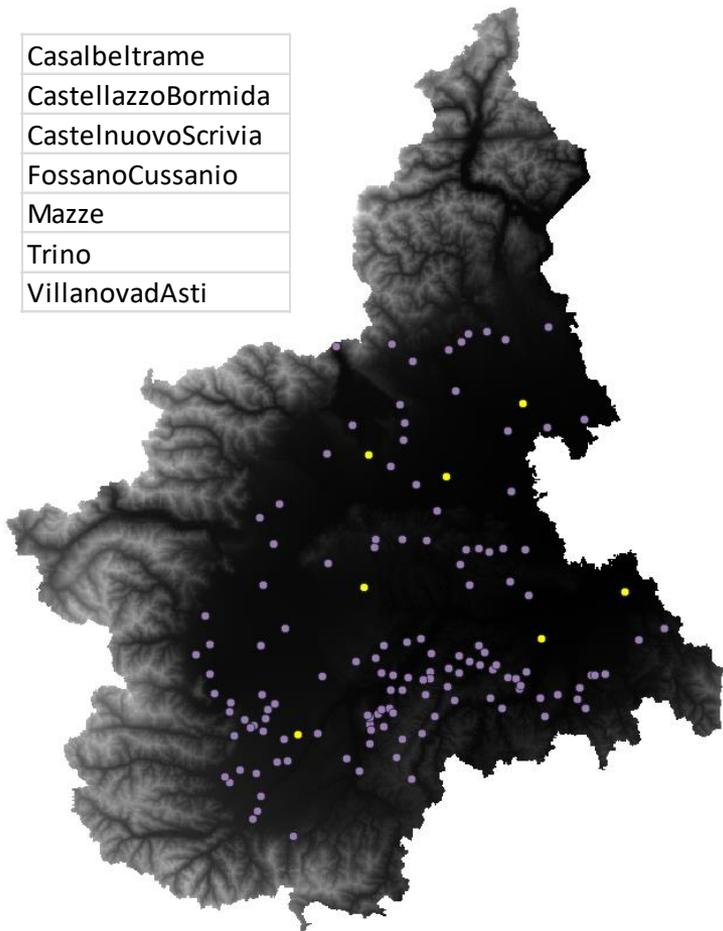
## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Stima dei fabbisogni idrici

### COSE POSSIBILI DA MONITORARE?

- ❖ **L'EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE E REALE ed il SUO SVILUPPO NEL TEMPO** → SERIE MULTITEMPORALI di  $ET_0$  E  $ET_R$ 
  - ❑ Esistono PRODOTTI derivati da dati satellitari con granularità (risoluzione geometrica) ridotta (> 500 m) che mappano  $ET_0$  e  $ET_R$  con continuità sul territorio → MODIS (missione MODIS operativa dal 2000)
  - ❑ Esistono modelli in grado di mappare il coefficiente colturale (o una sua stima) da dati satellitari e utilizzare le mappe di  $k_c$  per trasformare le stime  $ET_0$  da dati meteo delle centraline in  $ET_R$  consentendo una specificazione locale. Tale approccio, meno standardizzato perché delega all'utente la stima di  $k_c$  da dati satellitari ottici permette un significativo miglioramento della risoluzione spaziale (fino ai 10 m di Sentinel 2).
  - ❑ Modelli ibridi possono essere utilizzati (es.  $ET_0$  da MODIS a 500 m specificati localmente tramite un  $k_c$  dedotto da dati Sentinel 2 a 10 m)
- ❖ **MAPPE DI INDICI DI STRESS IDRICO** (es. CWSI, Crop Water Stress Index) possono essere prodotte se si dispone di acquisizioni termografiche (non applicabile con continuità da satellite e certamente non alla scala del campo) e di dati di temperatura dell'aria. Altri possono derivare dagli indici ottici precedentemente mostrati.

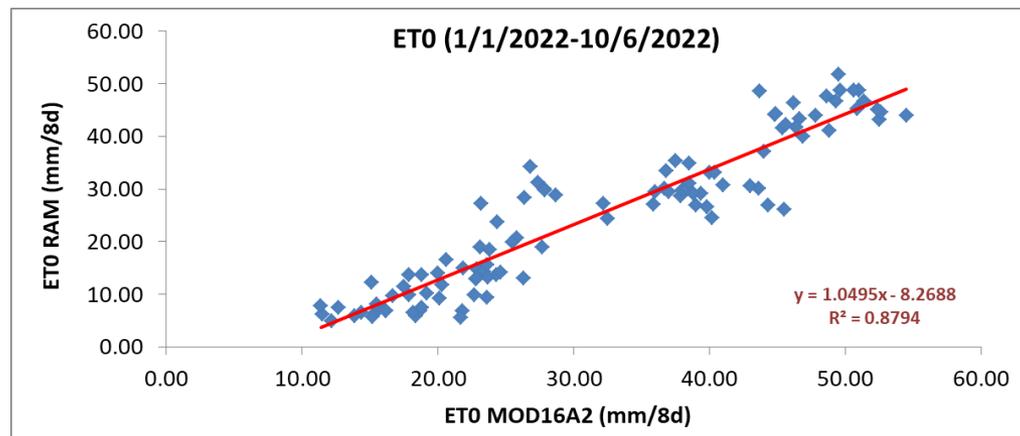


Casalbeltrame
CastellazzoBormida
CastelnuovoScivia
FossanoCussanio
Mazze
Trino
VillanovadAsti

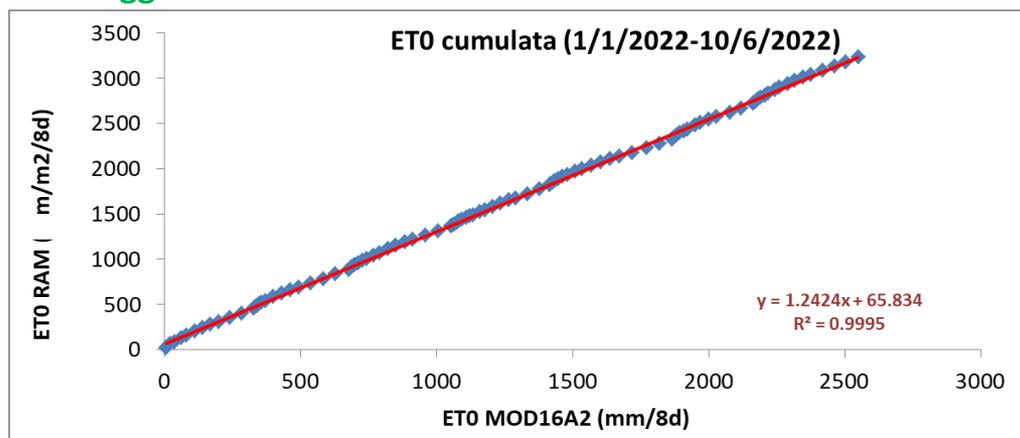


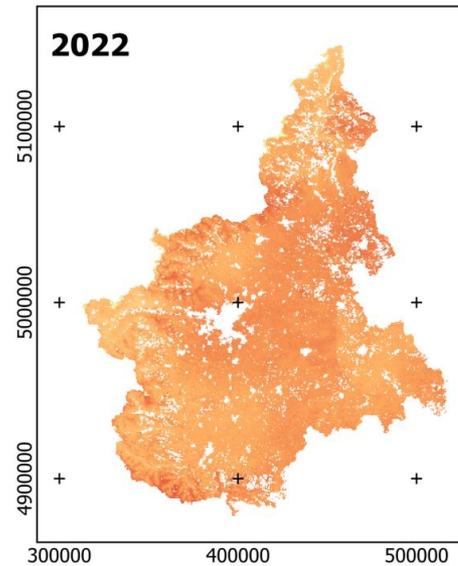
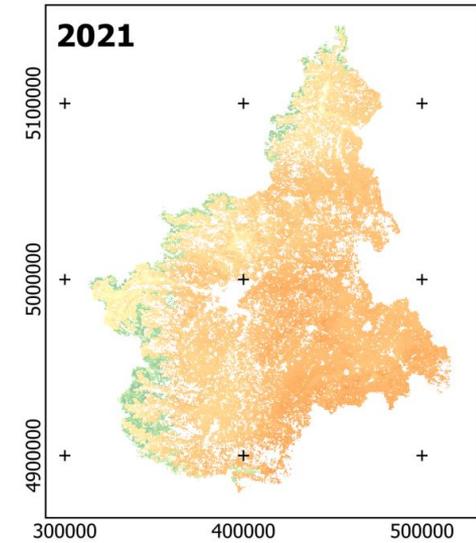
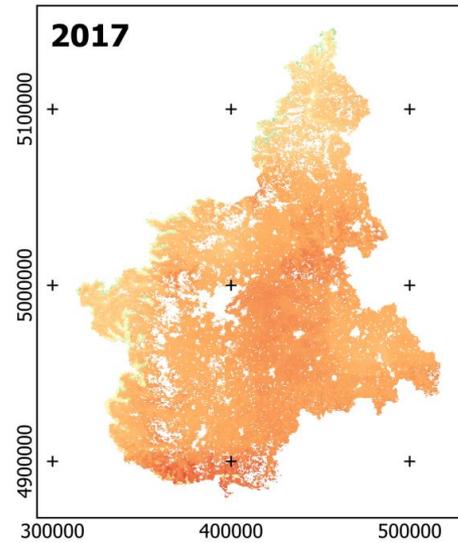
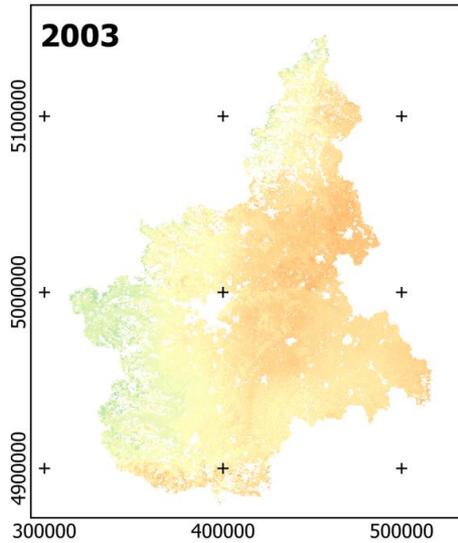
## VERIFICA DI COERENZA STIME ET0 da satellite – MOD16A2

ET0 8 gg (nMAE = 21.06 %)



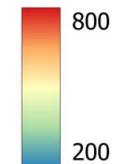
ET0 8 gg cumulata

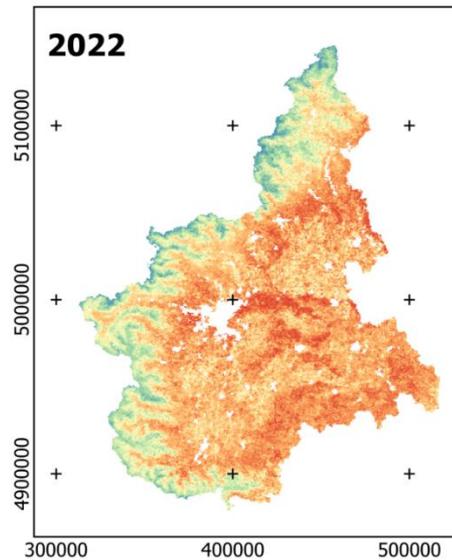
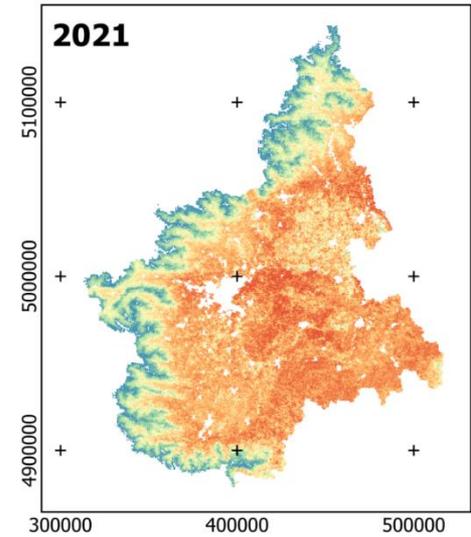
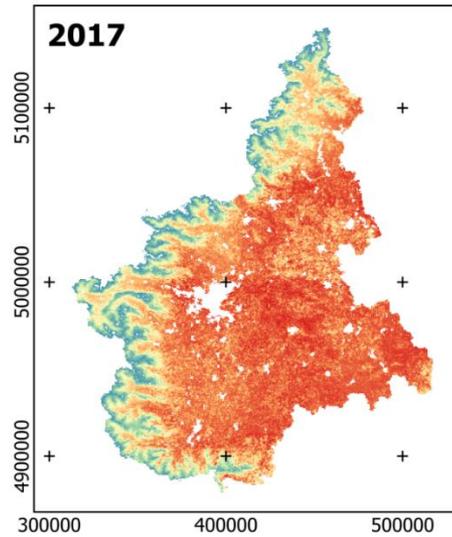
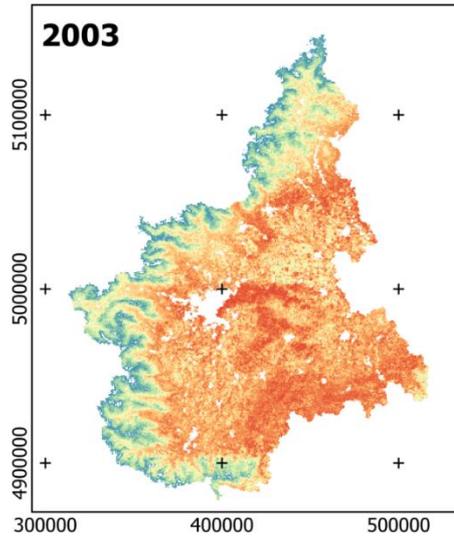




## ET0 al 10 giugno

PET (mm/m<sup>2</sup>/8dd) × 10  
Band 986

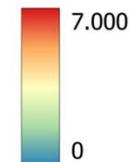


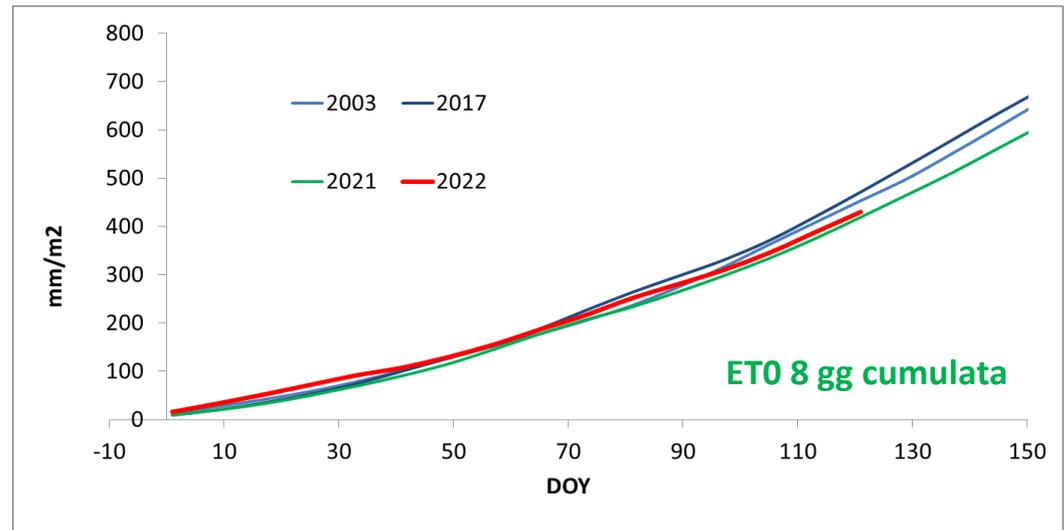
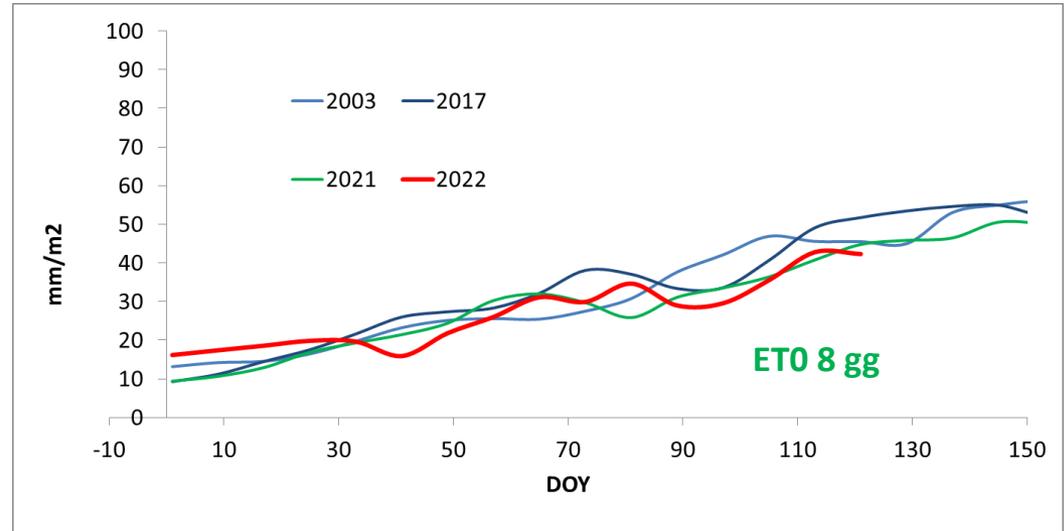
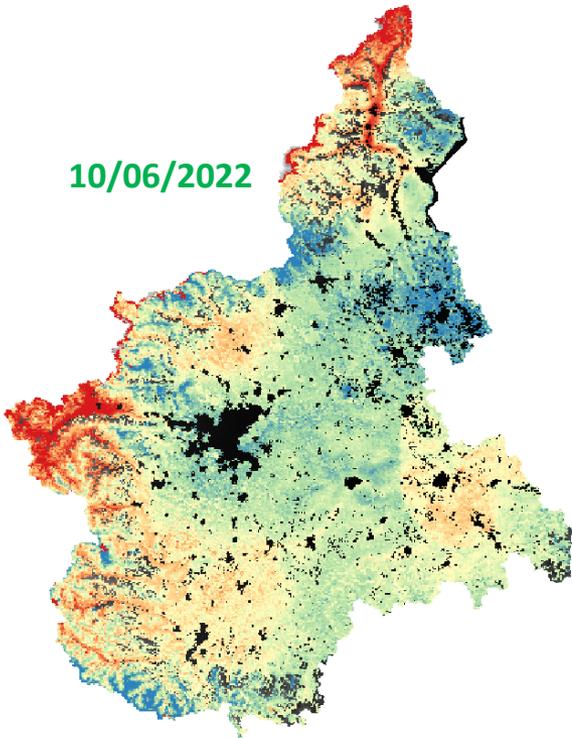
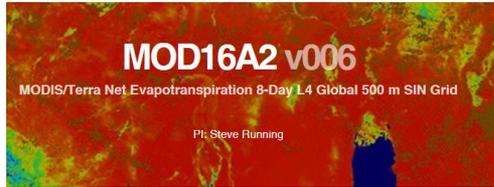


## Somma ET0 al 10 giugno

PET\_cumulata (gen-giu) (mm/m<sup>2</sup> × 10)

Band 4

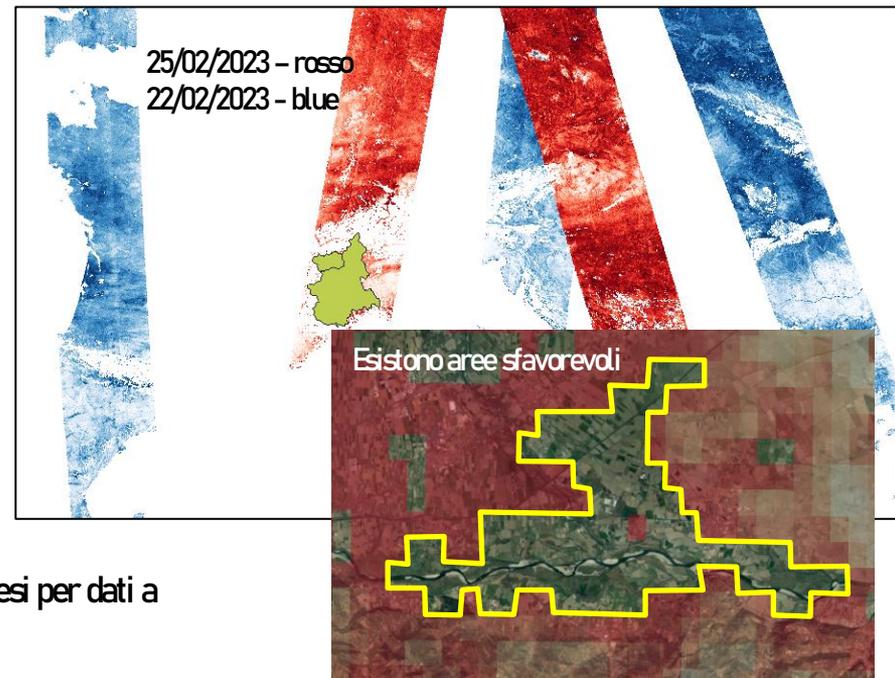
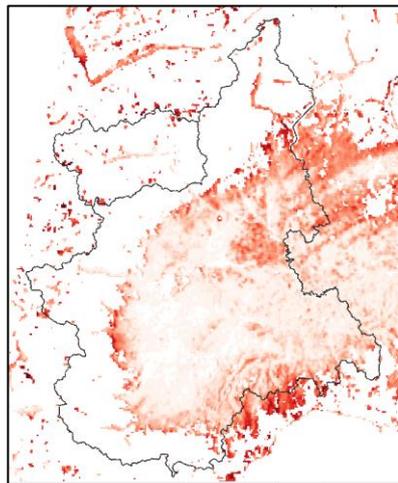
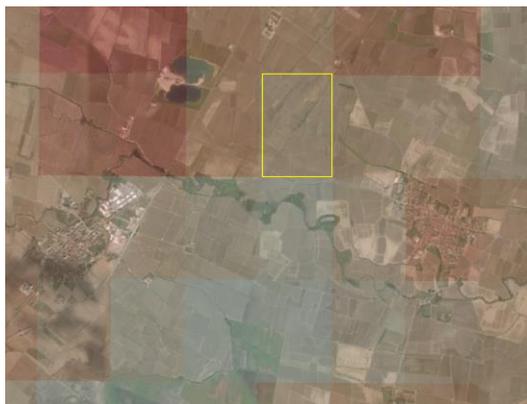




## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Stima dell'umidità dei suoli

Attualmente le missioni di riferimento per mappatura e stima umidità dei suoli sono:

- ❑ **SMAP** (JPL-NASA) che fornisce diversi prodotti con una granularità che sembrerebbe inadeguata per applicazioni agronomiche (GSD=9 e 3 km).
- ❑ Il prodotto **SURFACE SOIL MOISTURE (SSM)** e derivati (**Soil Water Index**) da Copernicus Sentinel-1 (GSD=1 km)



E' possibile pensare:

- a) Ad un ricampionamento guidato da dati ottici a più alta risoluzione?
- b) Ad un allineamento a dati di campo per la rimozione di BIAS sempre attesi per dati a copertura globale?

## RUOLI ATTESI DEL TELERILEVAMENTO – Stima dell'umidità dei suoli (e loro caratterizzazione)

- ❖ L'alternativa percorribile sarebbe l'utilizzo diretto (anche SMAP li usa) di sensori SAR (radar) attivi con alta capacità di penetrazione della copertura colturale (banda **L** e banda **P**) tale da registrare un segnale dalla componente di suolo sottostante. Nota la stretta correlazione del data SAR con costante dielettrica (quindi acqua) delle superfici.

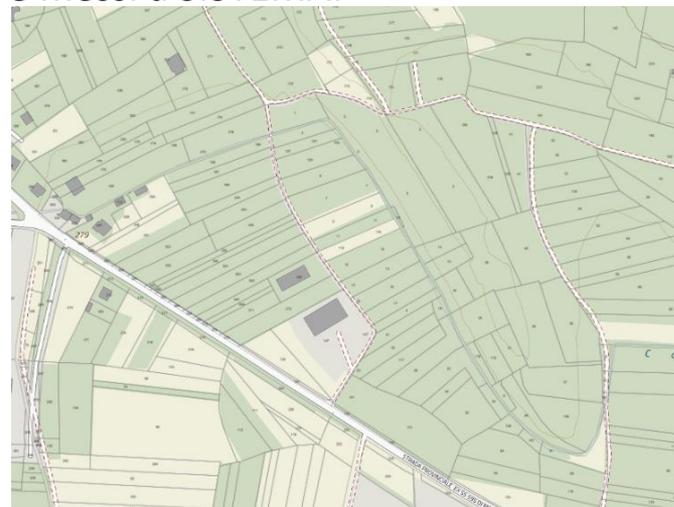
Designazione	Intervallo di frequenza in Gigahertz	Intervallo di lunghezza d'onda in centimetri
Banda P	0.225 - 0.390	140.0 - 76.9
Banda L	0.390 - 1.550	76.9 - 19.3
Banda S	1.550 - 3.900	19.3 - 7.69
Banda C	3.900 - 5.750	7.69 - 5.20
Banda X	5.75 - 10.90	5.20 - 2.75
Banda K	10.90 - 36	2.75 - 0.834
Banda Q	36 - 46	0.834 - 0.652
Banda V	46 - 56	0.652 - 0.536
Banda W	56 - 100	0.536 - 0.300

- ❖ Sensori ottici che dispongano di bande nella regione SWIR consentono una macro-caratterizzazione dei suoli in assenza della coltura (fase pre-semina) attraverso l'analisi delle firme spettrali o di indici specifici. **NO MONITORAGGIO.**

## SCENARI E LIMITI DI MONITORABILITA'

Qualunque dato o prodotto derivato da telerilevamento richiede l'integrazione con dati geografici ausiliari e di CAMPO che, in una strategia regionale, devono essere messi a SISTEMA:

- ❑ La trasferibilità delle deduzioni alla scala del campo (azienda) richiede la preventiva verifica di MONITORABILITA' da remoto (DIMENSIONE e FORMA). Ad oggi la mappa di campi «MONITORABILI» passa attraverso la perimetrazione CATASTALE. Il concetto di PARTICELLA AGRICOLA (da DOMANDA GRAFICA PAC) supera la definizione CATASTALE e deve poter essere messa a disposizione del sistema per definire l'UNITA' COLTURALE con cui il SATELLITE SI CONFRONTA
- ❑ Ad oggi NON TUTTE LE PARTICELLE SONO MONITORABILI DA SATELLITE (se usiamo dati APERTI ufficiali)
- ❑ I DATI AGRO-METEO da centraline fisiche devono poter dialogare con i dati remoti. Hanno ancora l'esclusiva di poter produrre stime di ET in tempo reale (o quasi) e dunque supportare i modelli previsionali. Sarebbe importante l'integrazione delle reti regionali con le reti «private» ad aumentare la densità delle centraline. SERVONO PIATTAFORME DI COLLETTAMENTO E PROCESSAMENTO DATI
- ❑ I dati agronomici di campo devono pervenire sulla stessa piattaforma per fornire le corrette chiavi di lettura dei processi in atto.
- ❑ Tutti i dati quantitativi di campo consentono di modellizzare eventuali BIAS insiti nei *dataset* GLOBALI da dati satellitari



## DA DOVE INIZIARE

### DA DO CHECE

- PROGETTO TELERILEVAMENTO** della REGIONE (<https://sentinel.territorio.csi.it/viewer/igo2/>)  
per familiarizzare con I dati telerilevati SENTINEL 2
  
- Esistono PIATTAFORME PILOTA** di collettamento dati **METEO + SATELLITE + DRONE + AGRONOMICI**  
(soprattutto da progetti PSR/FEASR in corso)
  - SISAV
  - TELE CER
  - SERIA
  - .....
  
- Esiste l'anagrafe AGRICOLA REGIONALE** utile alla mappatura delle colture (dove c'è, cosa) per  
ragionamenti aggregati su cluster colturali

# CONCLUSIONI

---

---

---

---

---

---

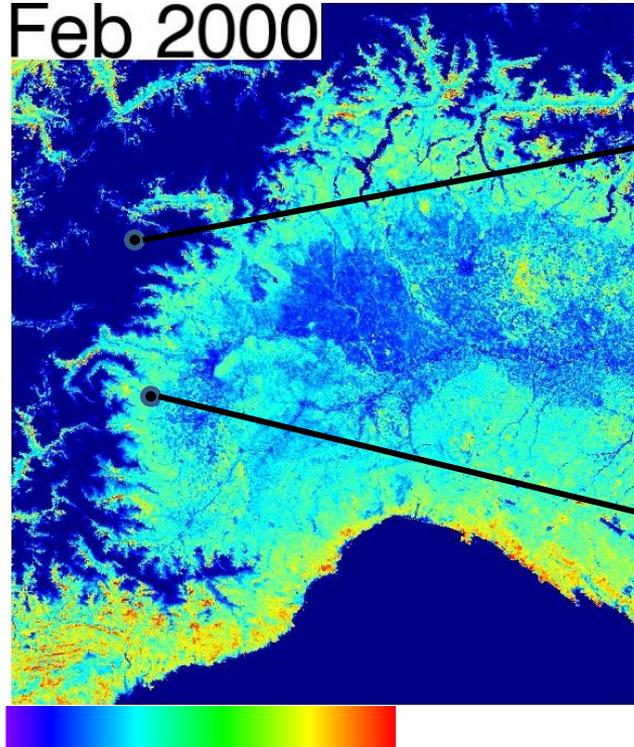
---

---

## Profili di NDM nel tempo per 2 pixel

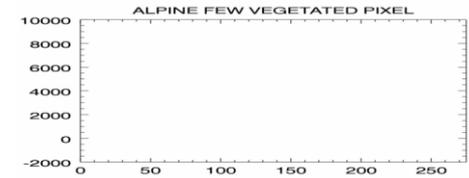
### Serie multitemporale di NDM

Feb 2000



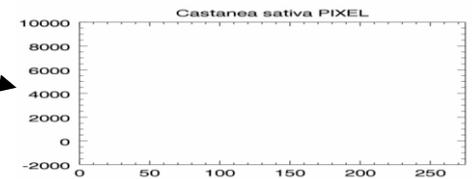
Asse X: giorno  
dell'anno (DOY)

Asse Y: NDM(t)



Pascolo alpino

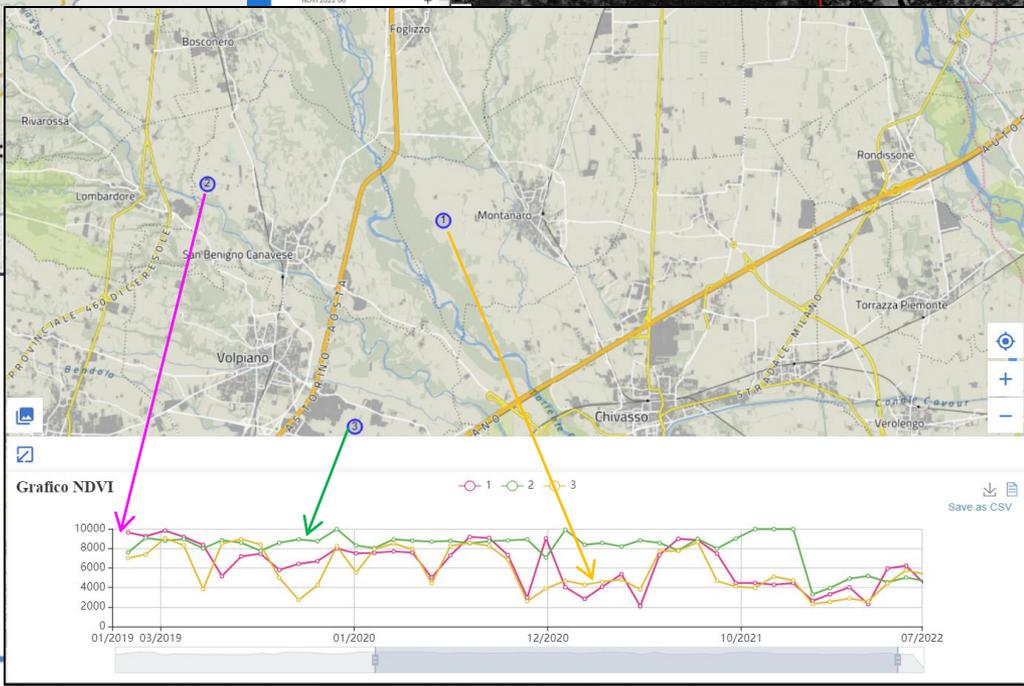
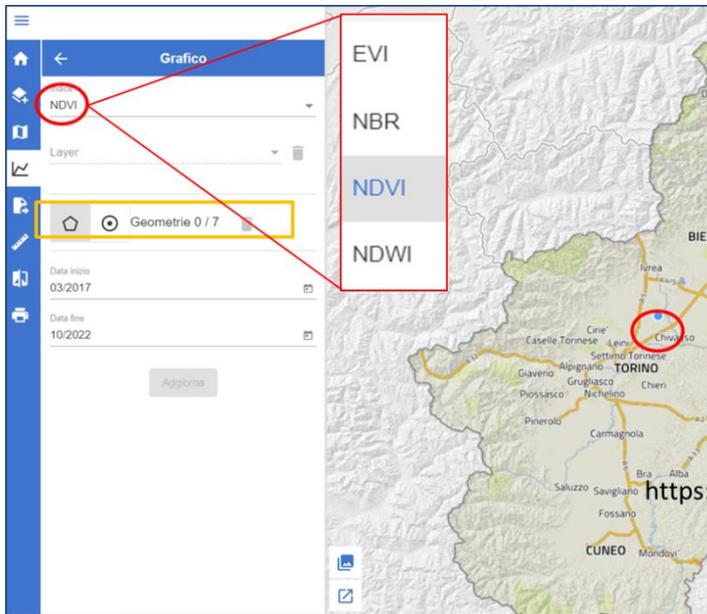
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



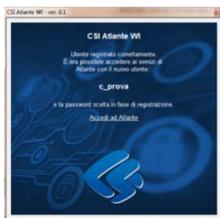
Bosco di castagno

## Esperienze di servizi EO "istituzionali" della Regione Piemonte: Progetto TELERILEVAMENTO

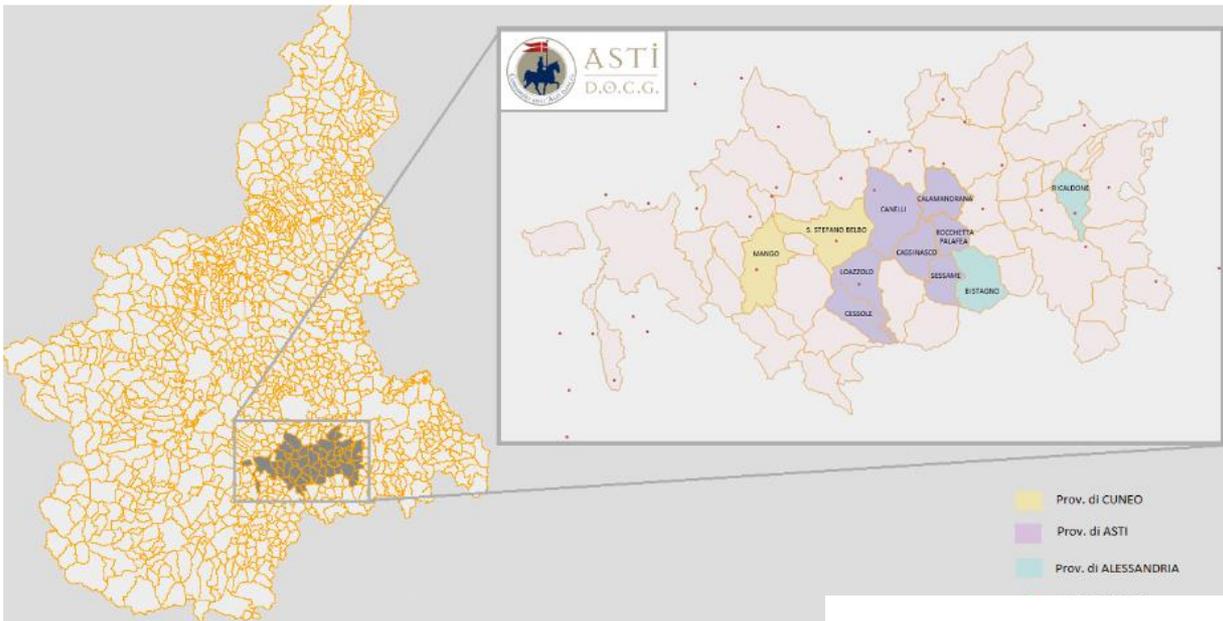
<https://sentinel.territorio.csi.it/viewer/igo2/>



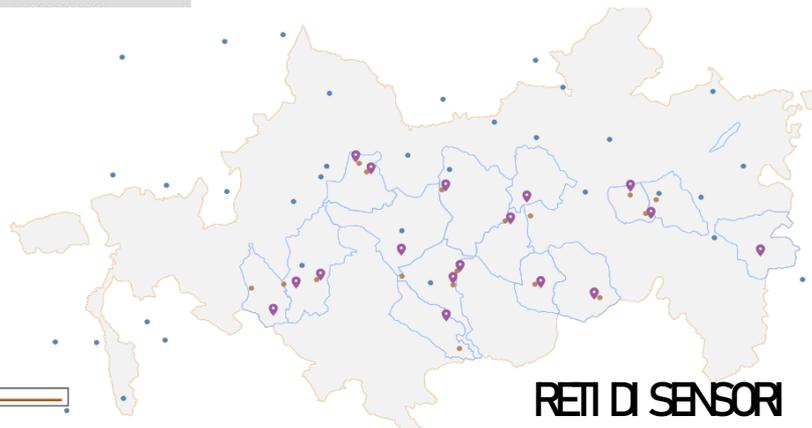
Fruibile anche tramite PLUG-IN  
QGIS ATLANTE



## Esperienze di servizi in Regione Piemonte Piattaforma SISAV - PSR misura 16.1



- 3 consorzi
- 17 aziende agricole
- 39 stazioni meteo
- 17 sensori in campo



**RETI DI SENSORI**

*Esperienze di servizi in Regione Piemonte*  
*Piattaforma SISAV - PSR misura 16.1*  
*Integrazione dati agro-meteo*



*Esperienze di servizi della Regione Piemonte*  
*Piattaforma SISAV - PSR misura 16.1*  
*Quaderno di campagna: operazioni colturali*

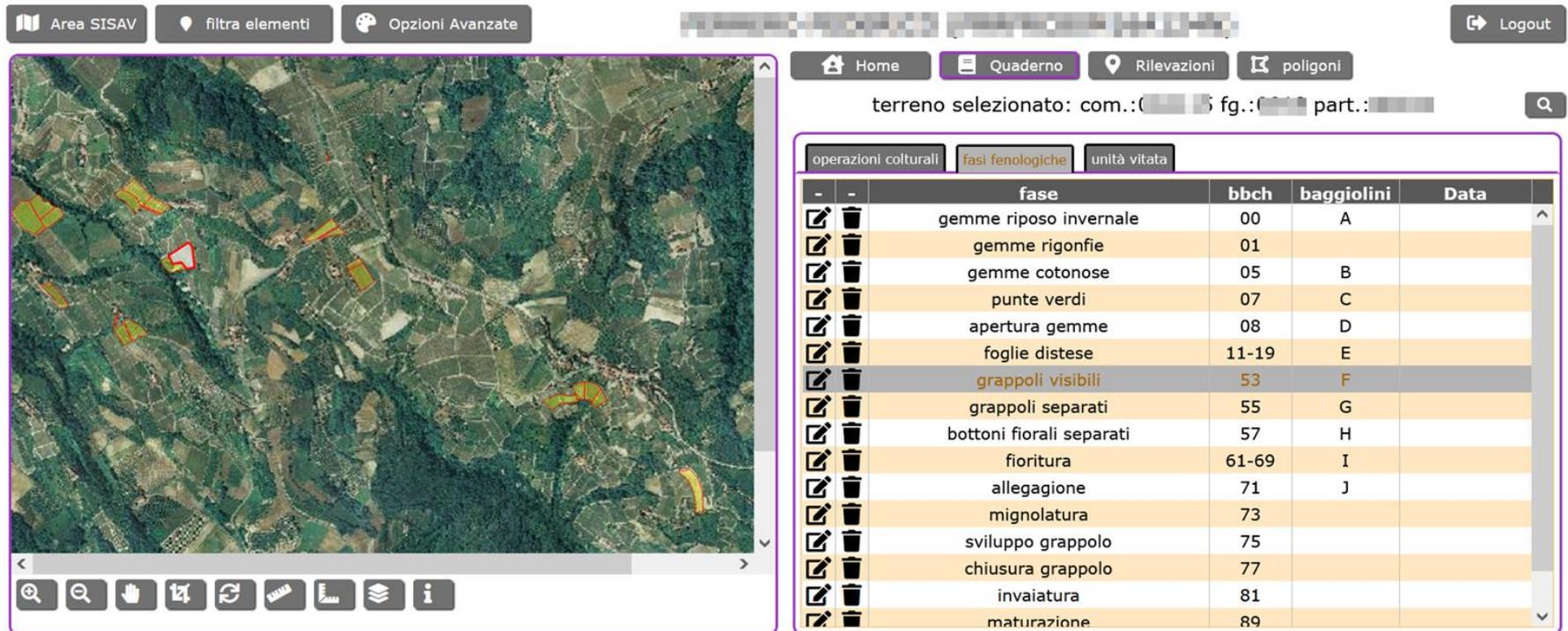
Area SISAV   filtra elementi   Opzioni Avanzate   Home   **Quaderno**   Rilevazioni   poligoni   Logout

terreno selezionato: com.:004115 fg.:0018 part.:00153

operazioni colturali   fasi fenologiche   unità vitata   elimina elementi

-	-	Data	terreno	intervento	dati
		2021-08-30	com.:004115 fg.:0018 part.:00153	OP	lavorazioni terreno = sfalci
		2021-08-18	com.:004115 fg.:0018 part.:00153	OP	potatura = verde
		2021-08-06	com.:004115 fg.:0018 part.:00153	TR	tipo1 = insetticida nomeprodotto = sivanto prime dose = 0,331 avversita = flavescenza
		2021-08-06	com.:004115 fg.:0018 part.:00153	TR	tipo1 = funghicida nomeprodotto = kocide opti dose = 1,506 avversita = nerospora

*Esperienze di servizi della Regione Piemonte*  
*Piattaforma SISAV - PSR misura 16.1*  
*Quaderno di campagna: fasi fenologiche*



The screenshot shows the SISAV platform interface. On the left is a satellite map of a rural area with several yellow and red polygons overlaid on the fields. The top navigation bar includes buttons for 'Area SISAV', 'filtra elementi', and 'Opzioni Avanzate'. The main navigation bar has 'Home', 'Quaderno', 'Rilevazioni', and 'poligoni'. Below the navigation bar, there is a search bar for 'terreno selezionato: com.: ( ) fg.: ( ) part.: ( )'. The right side of the interface features a table with phenological phases, and a 'Logout' button in the top right corner.

operazioni colturali		fasi fenologiche	unità vitata		
-	-	fase	bbch	baggiolini	Data
		gemme riposo invernale	00	A	
		gemme rigonfie	01		
		gemme cotonose	05	B	
		punte verdi	07	C	
		apertura gemme	08	D	
		foglie distese	11-19	E	
		<b>grappoli visibili</b>	<b>53</b>	<b>F</b>	
		grappoli separati	55	G	
		bottoni fiorali separati	57	H	
		fioritura	61-69	I	
		allegagione	71	J	
		mignolatura	73		
		sviluppo grappolo	75		
		chiusura grappolo	77		
		invaiaura	81		
		maturazione	89		

Nella sua configurazione finale la piattaforma ospiterà PRODOTTI (mappe di indice da dati EO Copernicus Sentinel 2) e mappe da SAPR interrogabili nei domini del tempo (serie multitemporali) e dello spazio.