

**Il downstream nazionale  
tra presente e futuro:**  
un percorso condiviso con la comunità degli utenti



# PANDA-WATER: PRISMA Products AND Applications for inland and coastal WATER

Federica Braga CNR-ISMAR





## Acque costiere e interne: complessità fisica ed ecologica



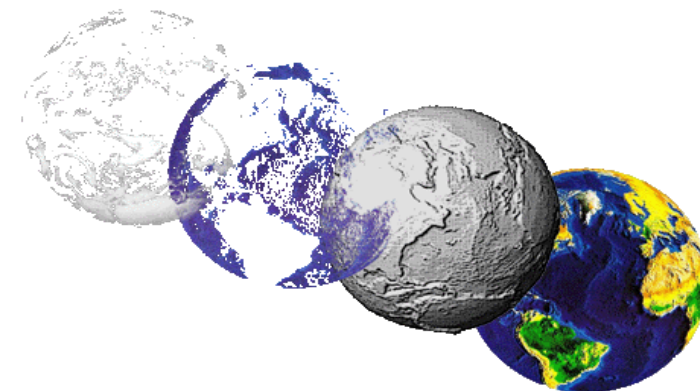
~ 457 laghi



7.750 km di Linea di costa



- *Water Framework Directive*
- *Integrated Coastal Zone Management Directive*
- *Bathing Water Directive*
- *Marine Strategy Framework Directive*
- *Maritime Spatial Planning*







# Contesto del progetto



2011-2015 ASI STUDI SCIENTIFICI  
CLAM-PHYM - Coasts and Lake  
Assessment and Monitoring by  
PRISMA HYperspectral Mission

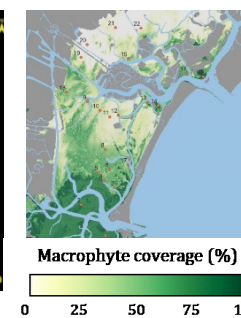
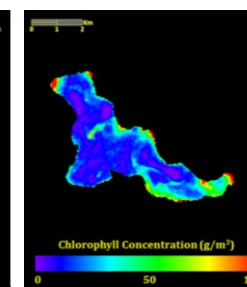
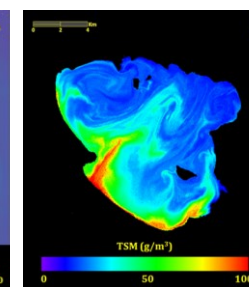
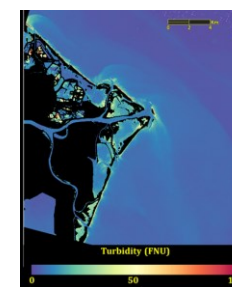
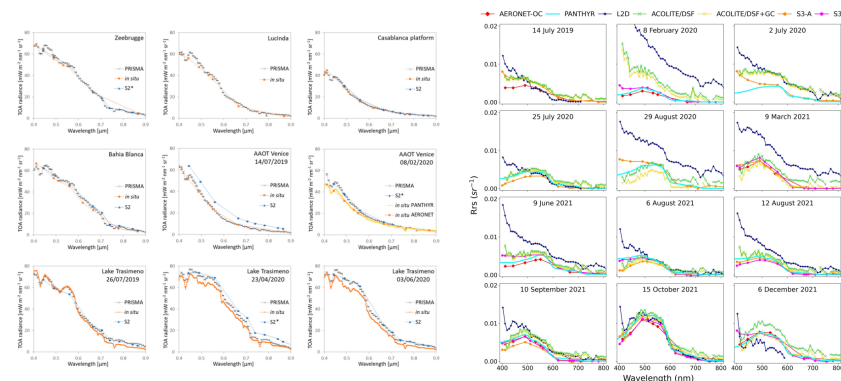
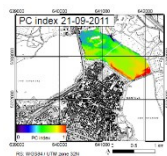
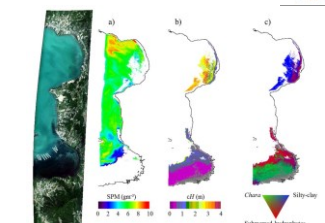
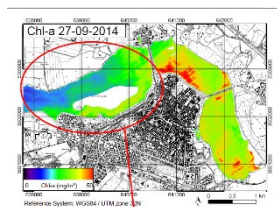
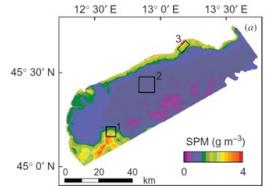
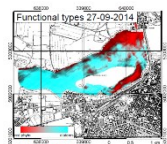
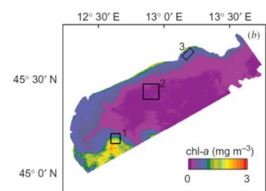
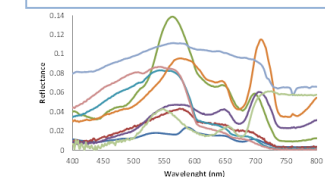


2022-2025 ASI PRISMA SCIENZA  
PANDA-WATER: PRISMA Products  
AND Applications for inland and  
coastal WATER



2019-2024 ASI PRISCAV - Attività  
scientifica di CAL/VAL della  
missione PRISMA

2021-2022 ASI HYP Progetto per Sviluppo di  
Prodotti Iperspettrali Prototipali Evoluti

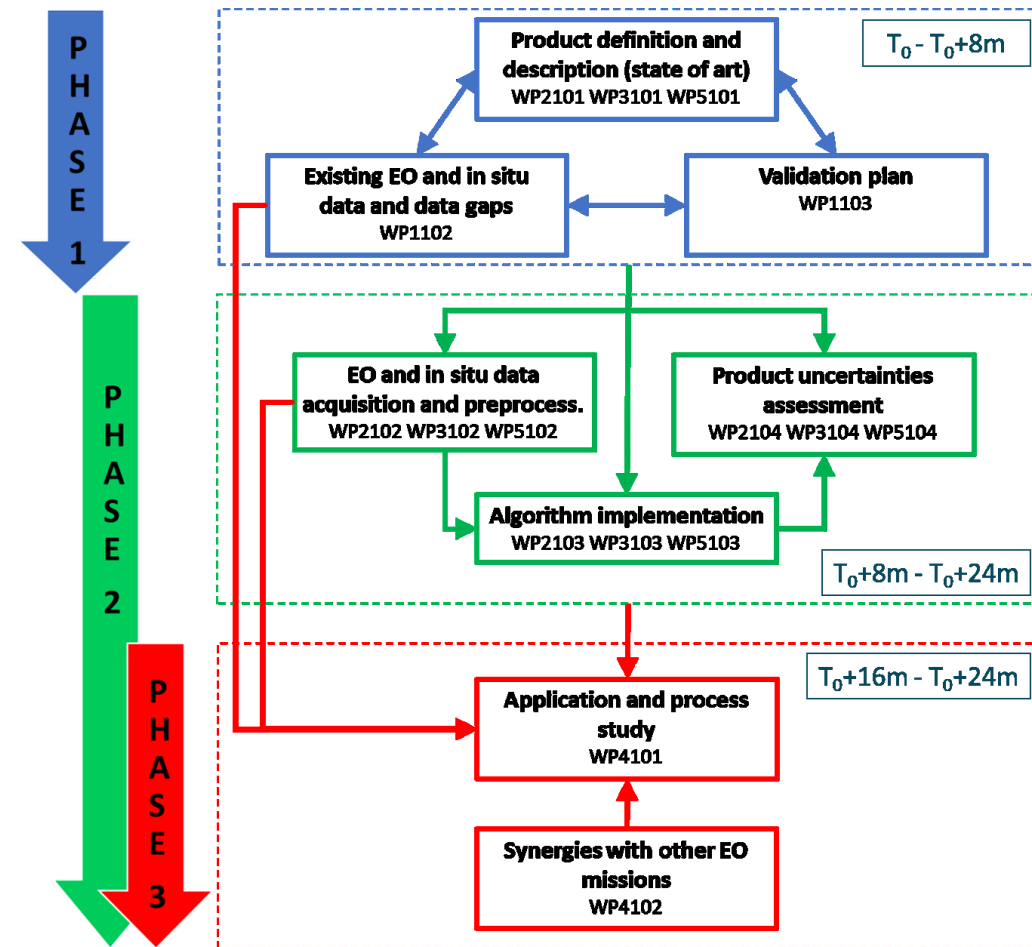




# Obiettivi del progetto

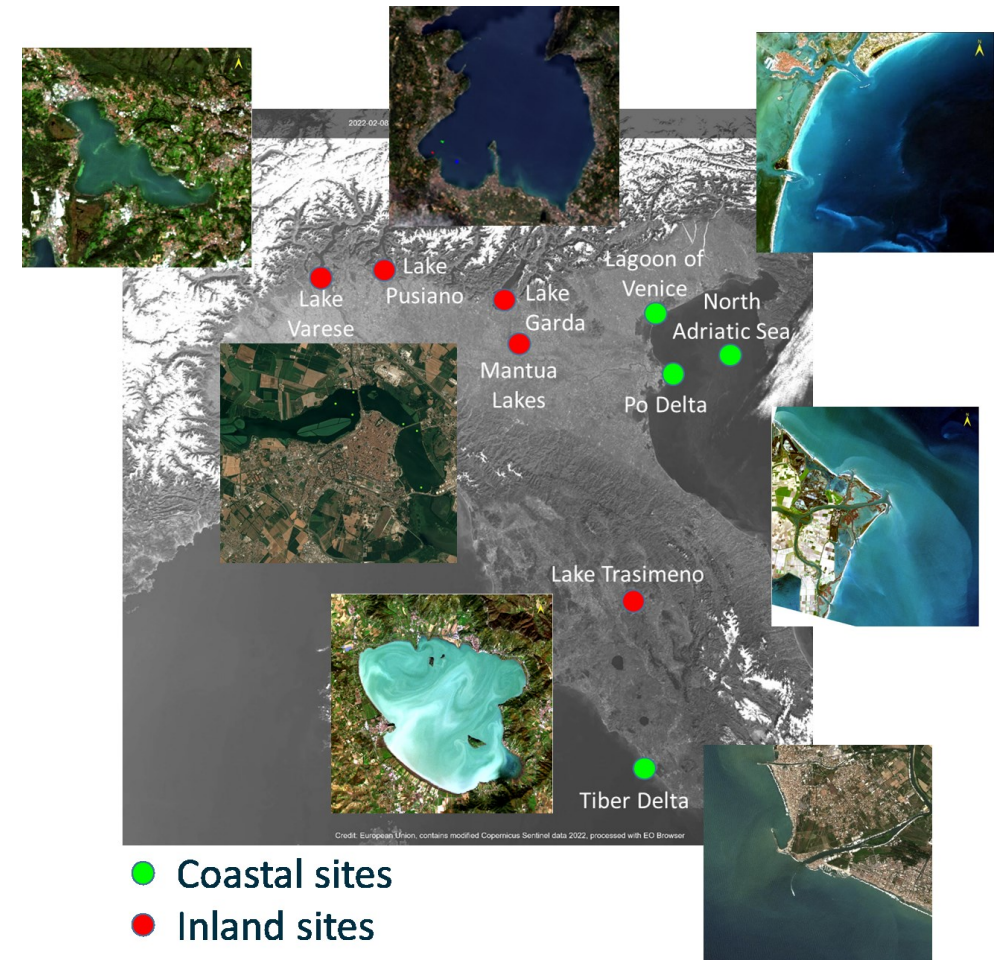


- Fornire una serie di prodotti innovativi e validati, derivati da dati iperspettrali e pancromatici PRISMA L1 e L2D, in modo da ottenere nuove variabili di interesse per le acque interne e costiere:
  - stime più accurate dei parametri otticamente attivi (clorofilla-a, solidi sospesi e sostanza organica disciolta colorata)
  - prodotti più avanzati come la distribuzione granulometrica del sedimento in sospensione, misure di trasparenza e coefficiente di attenuazione, presenza di cianobatteri e fioriture algali tossiche, stima della profondità della colonna d'acqua e della riflettanza del fondale in acque otticamente basse, materiali naturali e artificiali flottanti sulla superficie delle acque.
- Sfruttare la capacità dei dati PRISMA in sinergia con altre missioni satellitari, per applicazioni scientifiche e la gestione degli ecosistemi acquatici interni e costieri





- Selezionati in ambienti rappresentativi della variabilità ottica negli ecosistemi acquatici temperati
- Prodotti innovativi specifici per caratterizzare parametri e processi biogeofisici nei diversi siti
- Dati in situ e PRISMA già disponibili
- Dati acquisiti durante campagne di misura, sincrone a dati PRISMA
- Parametri di qualità dell'acqua misurati in continuo
- Alcuni dei siti selezionati sono inclusi nelle reti AERONET-OC e HYPERNETS (radiometri autonomi e in continuo)
- Altri siti acquatici aggiunti durante il progetto

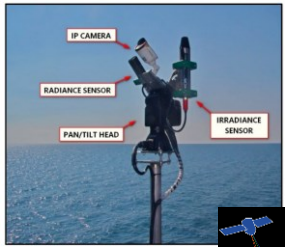
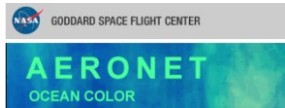




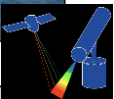
# Dati PRISMA - preprocessing & correzione atmosferica



AAOT - PANTHYR



HYPERNETS



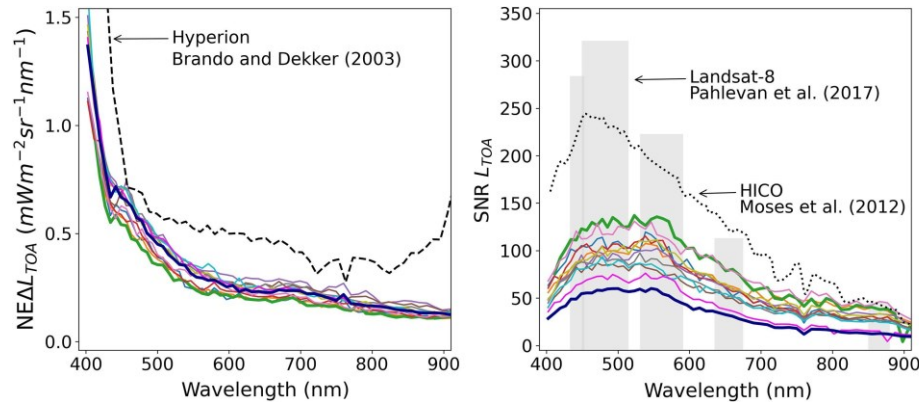
GARDA - HYPSTAR



RESTO WISPStation



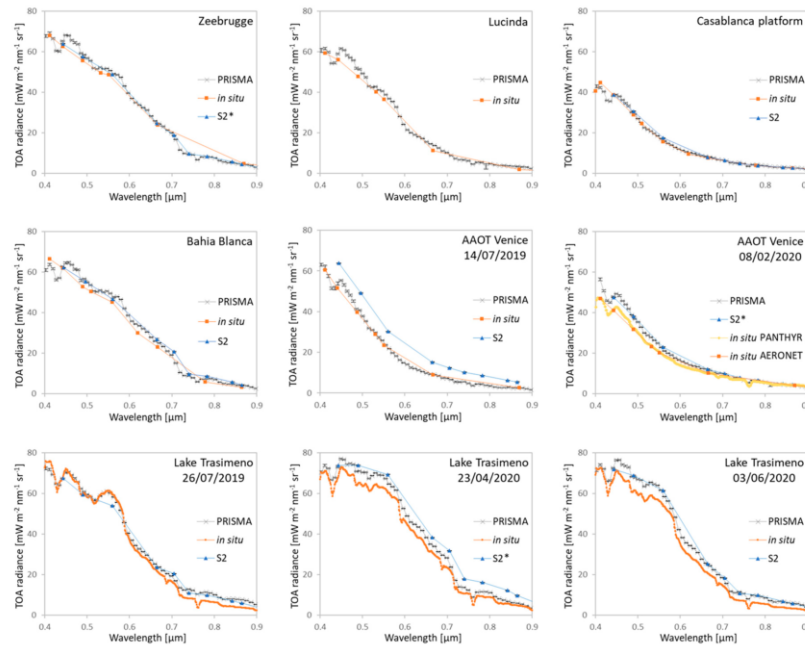
Water Insight



## PRISMA L1 TOA

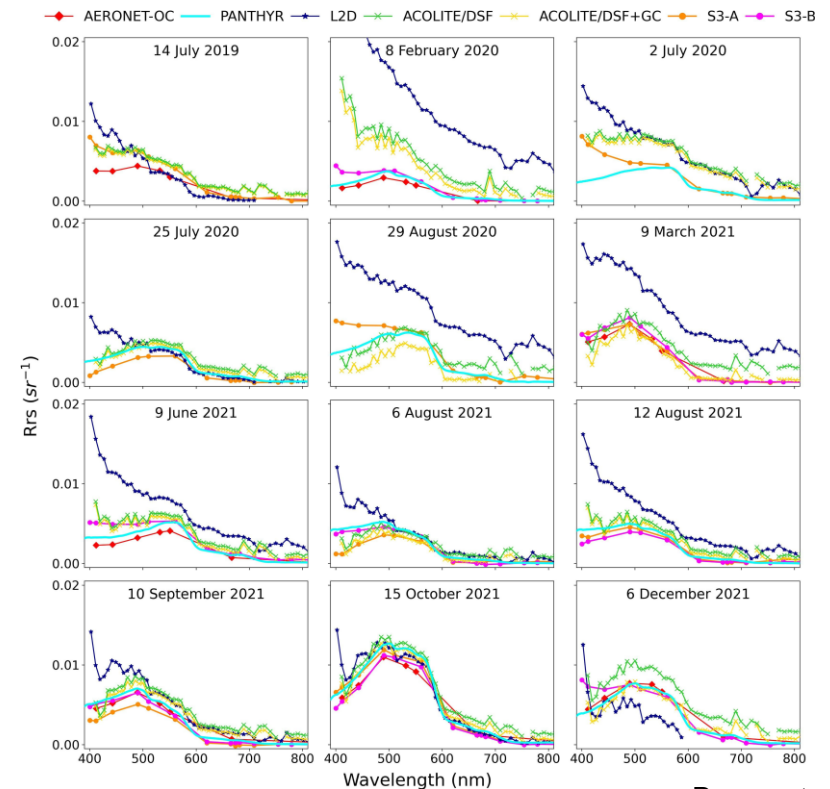
- Noise Equivalent
- Rapporto segnale/rumore

## PRISMA L1 TOA Radianza



Giardino et al., 2020

## PRISMA L2 Riflettanza



Braga et al., 2022



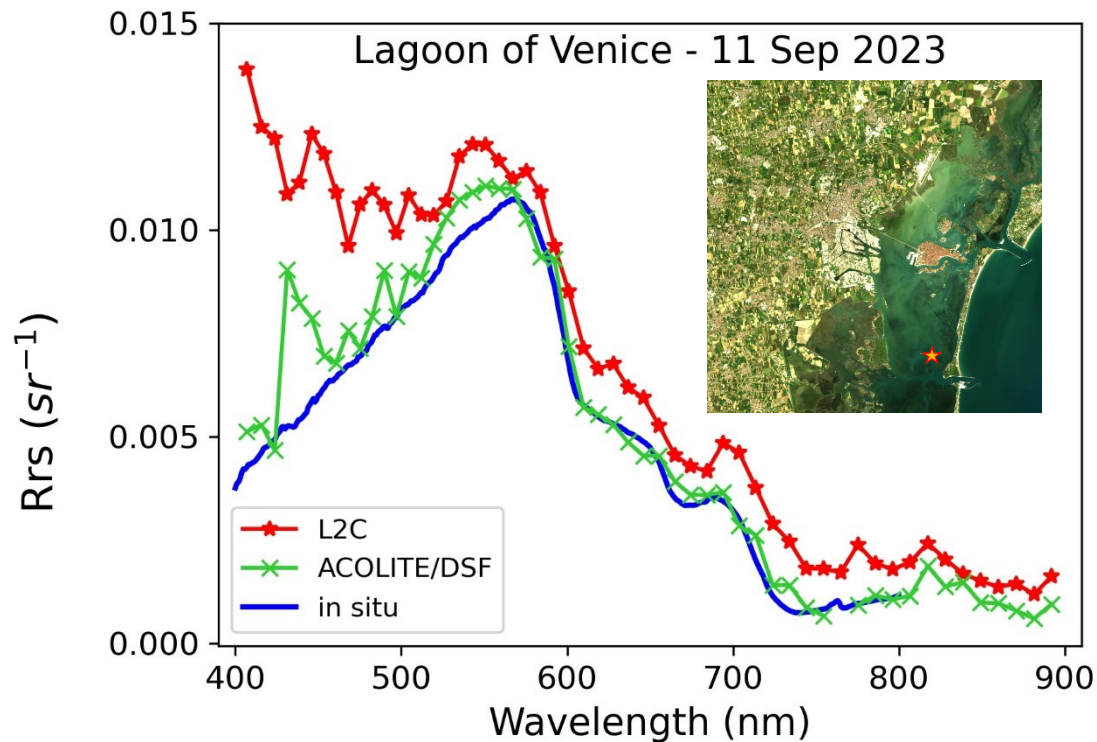
CNR  
ISMAR  
ISTITUTO  
DI SCIENZE  
MARINE



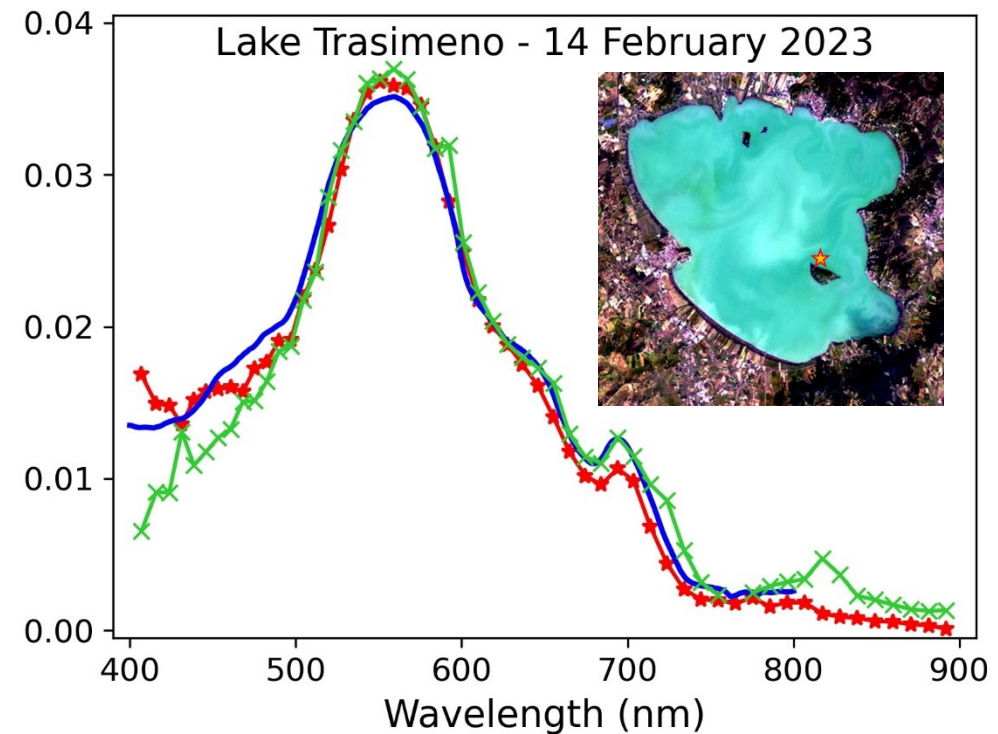
e-geos  
AN ASI / TELESPIAZZO COMPANY



# Dati PRISMA - preprocessing & correzione atmosferica



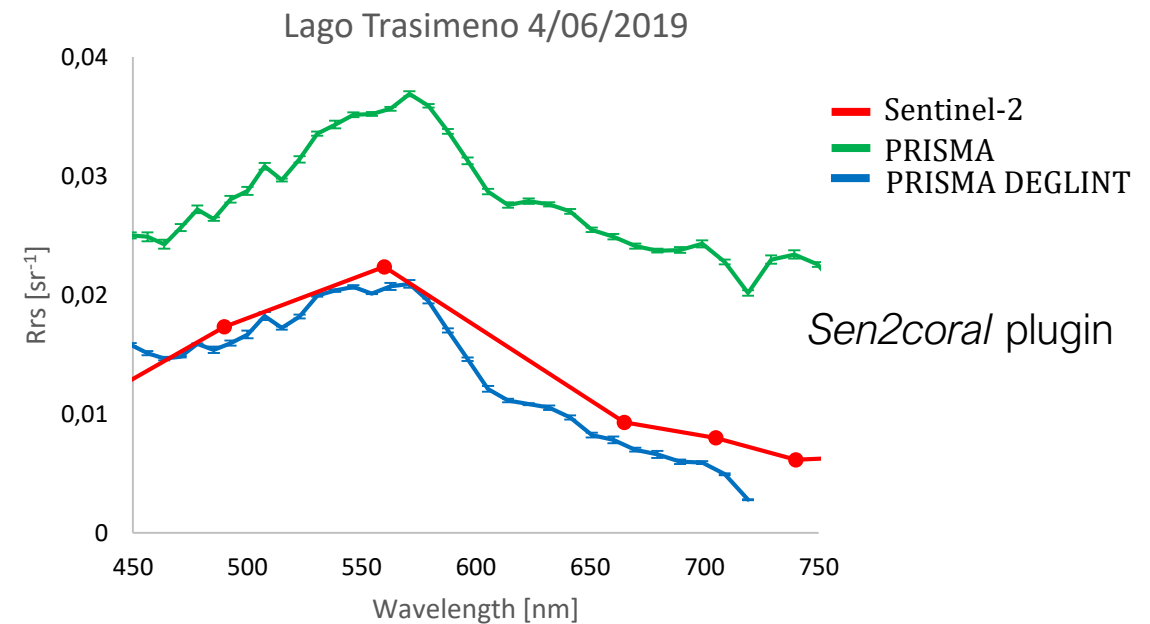
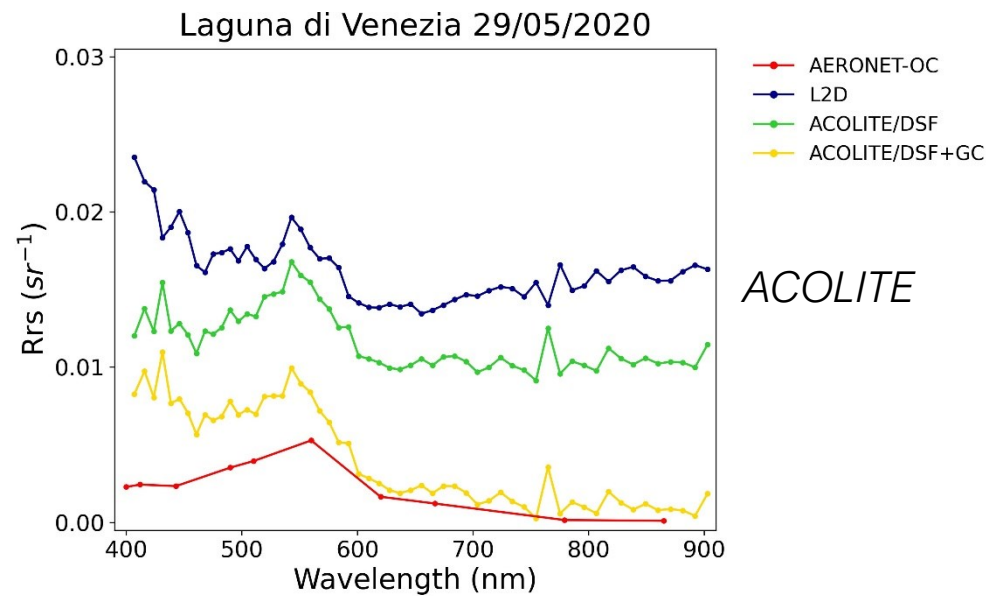
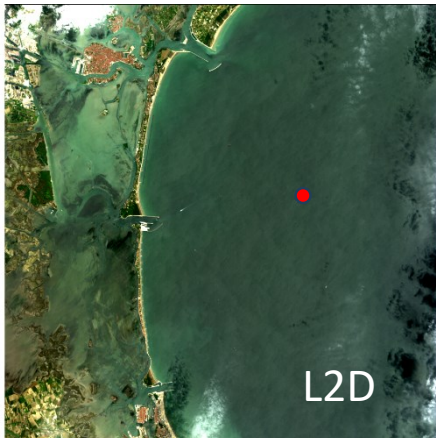
Il dato L2 PRISMA **NON** è utilizzabile per la generazione dei prodotti di qualità delle acque e bisogna effettuare correzioni atmosferiche ad hoc



Il dato L2 PRISMA è di ottima qualità ed è direttamente utilizzabile per la generazione dei prodotti di qualità delle acque



# Dati PRISMA - preprocessing & deglint





# Dati PRISMA - preprocessing & hyperpansharpening

Lo scopo dell'attività è il **miglioramento della risoluzione spaziale** del cubo iperspettrale PRISMA (GSD 30 m) sfruttando il canale pancromatico PAN (GSD 5m), nell'ambito di applicazioni acquatiche.

È di estrema importanza garantire la qualità spettrale del prodotto “*sharpened*”.



Venezia, 09/06/2021. Data generated by e-GEOS S.p.A. under a license from ASI Original PRISMA Product - © Italian Space Agency (ASI) - (2021)

## Materiali & metodi

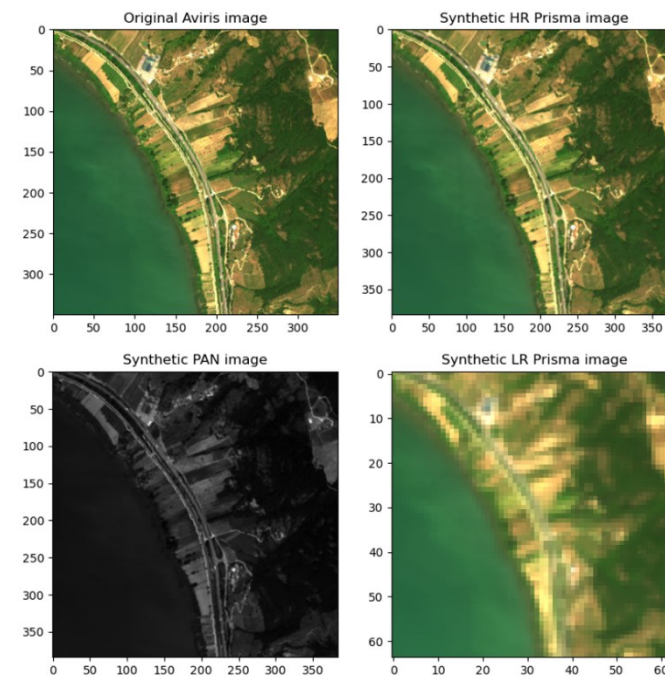
Si è scelto di adottare una metodologia di tipo Deep Learning, combinando un approccio supervisionato con uno non supervisionato.

- **Step supervisionato**

La rete viene addestrata utilizzando un dataset sintetico generato a partire da dati AVIRIS-NG.

- **Step non supervisionato (transfer learning)**

La stessa rete viene addestrata su un dataset PRISMA, a partire dai pesi dello step supervisionato, ottimizzando una loss che combina distorsione spaziale e spettrale.

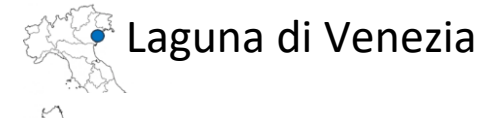


AVIRIS-NG, Lago Trasimeno, 04/06/2021

L'architettura del modello è costituita tre ramificazioni per preservare le informazioni spettrali, fare upscaling ed estrarre le informazioni spaziali dal pancromatico.



## Risultati preliminari



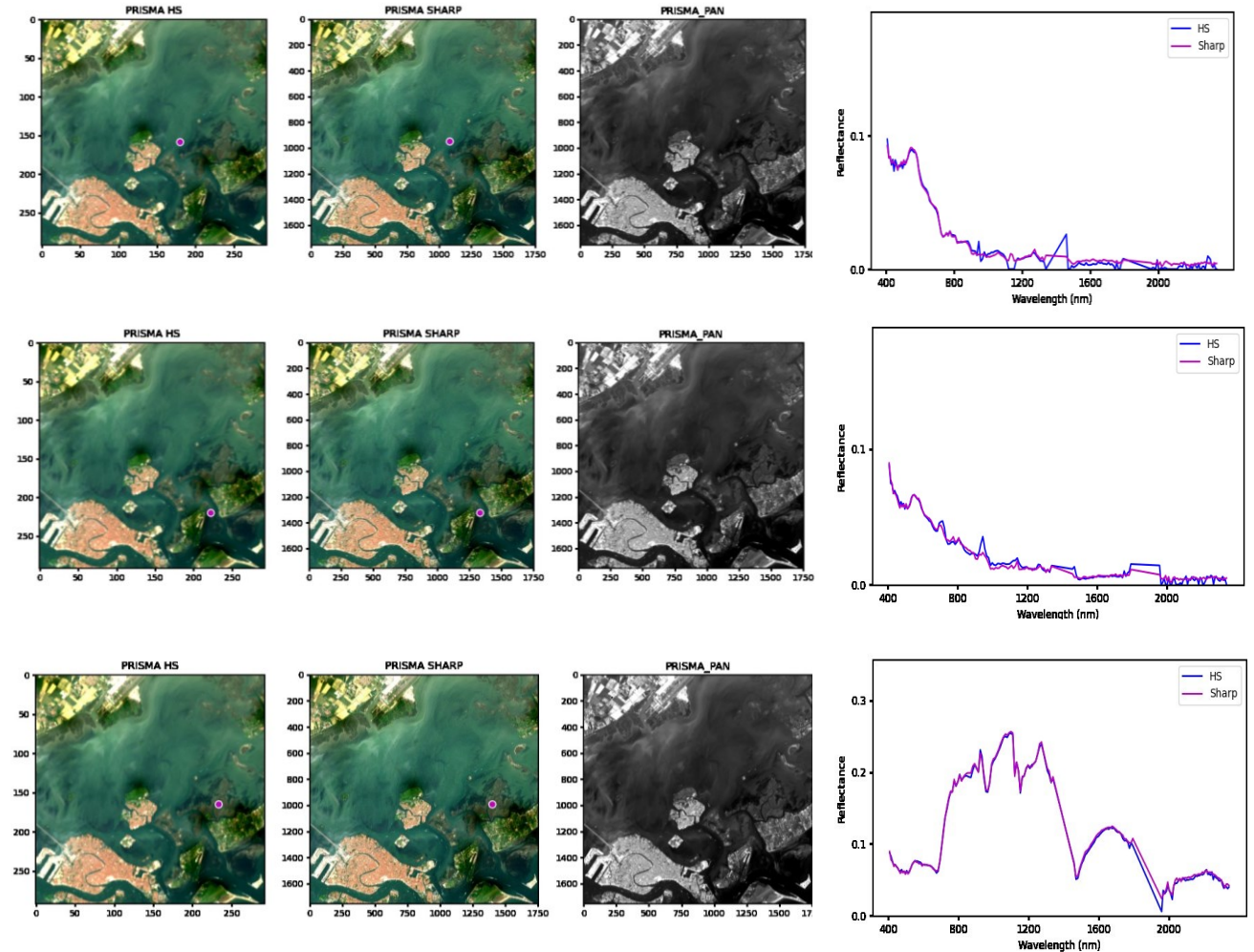
Venezia, 09/06/2021. Data generated by e-GEOS S.p.A. under a license from ASI Original PRISMA Product - © Italian Space Agency (ASI) - (2021)

Le metriche utilizzate misurano sia la distorsione spaziale che quella spettrale.

|                   | $D_s \rightarrow 0$ | $D_\lambda \rightarrow 0$ | HQNR $\rightarrow 1$ |
|-------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
| Supervisionato    | 0,0612              | 0,2194                    | 0,7328               |
| Transfer Learning | 0,0426              | 0,1604                    | 0,8038               |

$$HQNR = \left(1 - D_\lambda^{(K)}\right)^\alpha \cdot \left(1 - D_s\right)^\beta$$

$\alpha = \beta = 1$



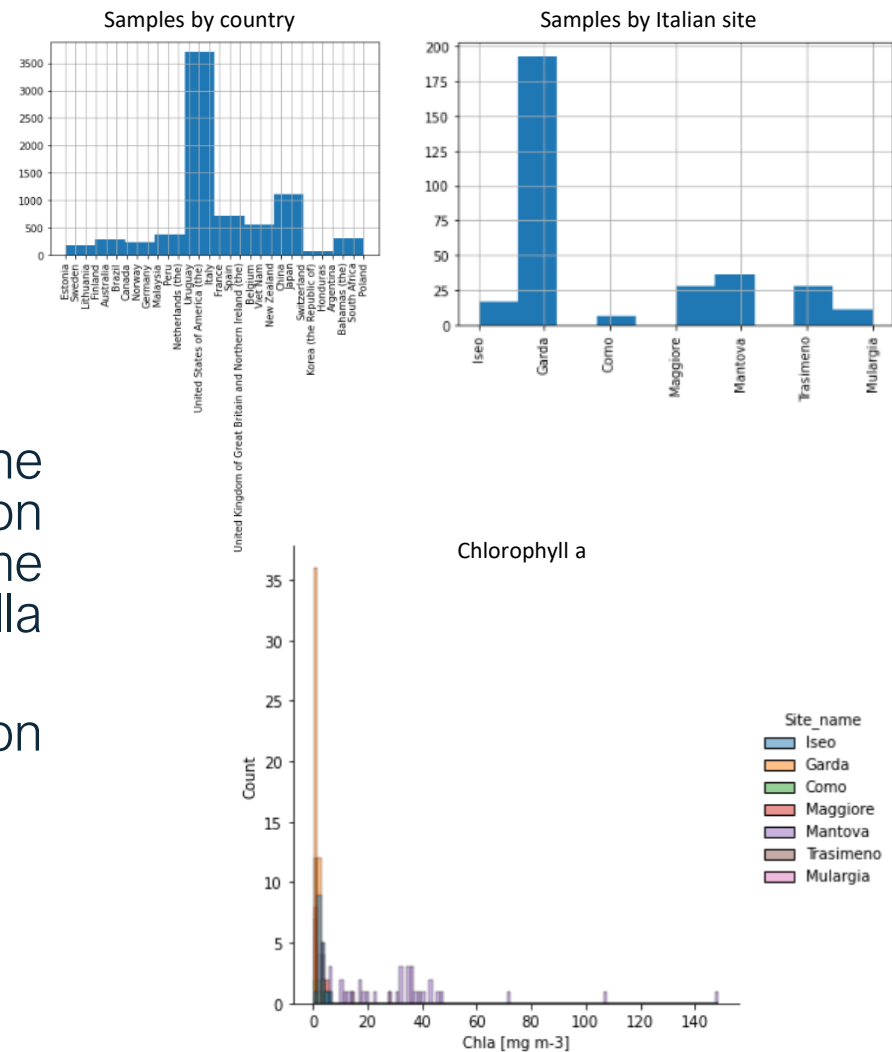


Lo scopo dell'attività è l'applicazioni di metodi di **Machine Learning** per la stima dei costituenti dell'acqua (**Chl-a**, **TSS** (Totale Solidi Sospesi), **CDOM** (Sostanza Organica Disciolta Colorata)).

## Dataset

GLORIA (Lehmann et al., 2022) è un dataset internazionale che comprende 7,572 misure di riflettanze iperspettrali ( $R_{rs}$ ,  $sr^{-1}$ ), con misurazioni co-localizzate di parametri limnologici e bio-ottici, come la clorofilla a, i solidi sospesi totali, l'assorbimento da parte della materia organica disciolta colorata, etc.

Include dati di 450 corpi d'acqua differenti in tutto il mondo con differenti proprietà ottiche.





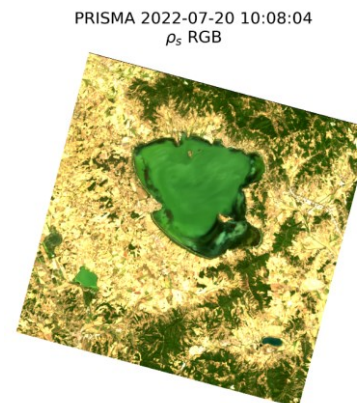
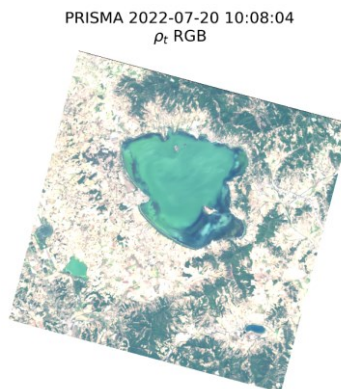
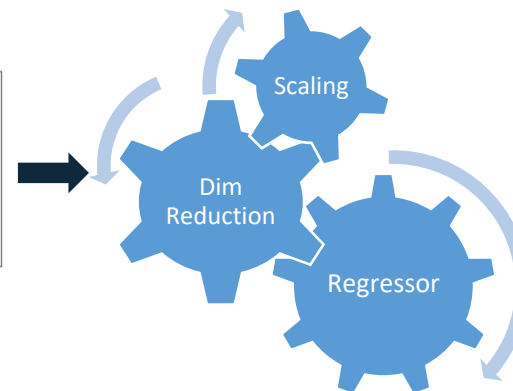
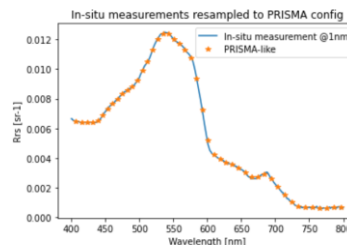
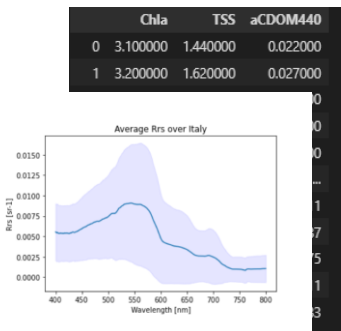


# Prodotti: parametri di qualità dell'acqua

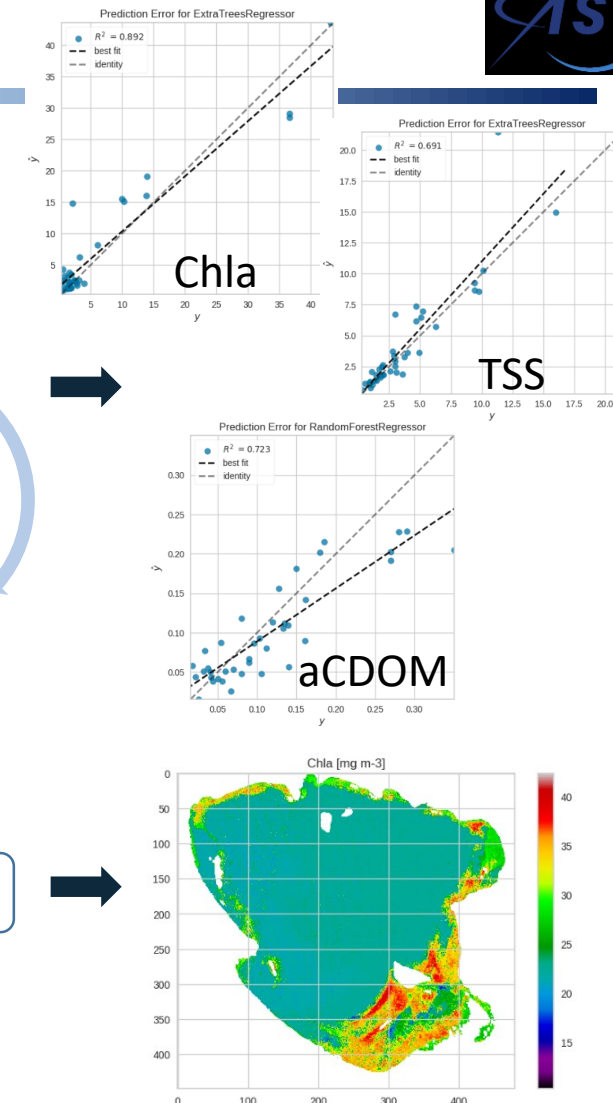


Lago Trasimeno

- ☐ Ricampionamento del dataset di training alla configurazione di bande di PRISMA.
- ☐ Riduzione della dimensionalità (feature extraction/selection).
- ☐ Training del modello.
- ☐ Stima a partire dalle immagini PRISMA.



Trained model



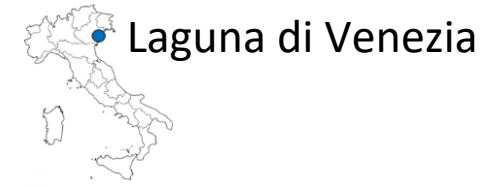
Trasimeno, 20/07/2022. Data generated by e-GEOS S.p.A. under a license from ASI Original PRISMA Product - © Italian Space Agency (ASI) - (2022)



## Materiali & metodi

La procedura di inversione spettrale è stata eseguita utilizzando BOMBER (Giardino et al., 2012), con il quale si ottengono simultaneamente IOP, profondità del fondale (H) e tipologia di substrato.

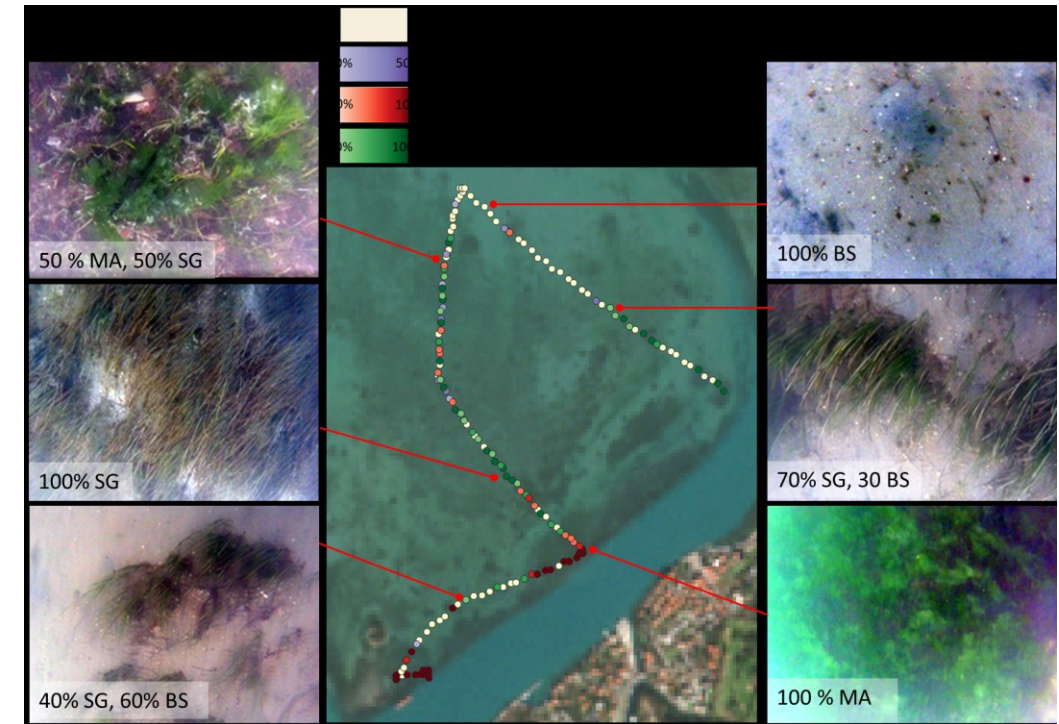
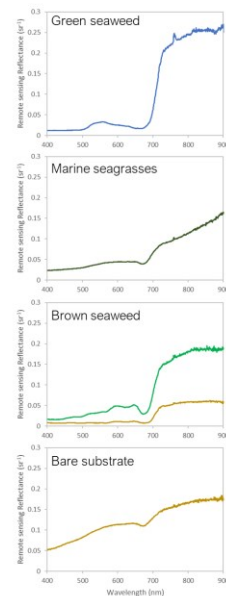
BOMBER è stato parametrizzato con le caratteristiche specifiche dell'area di studio per migliorare le sue prestazioni complessive, soprattutto nelle aree con acque più torbide o produttive.



Laguna di Venezia



7 August 2023



Distribuzione della copertura del fondale ottenuta con BOMBER da dati in situ ricampionati secondo PRISMA. MA: macroalgae, SG: seagrasses, BS: bare substrate.

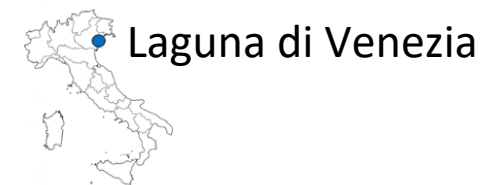




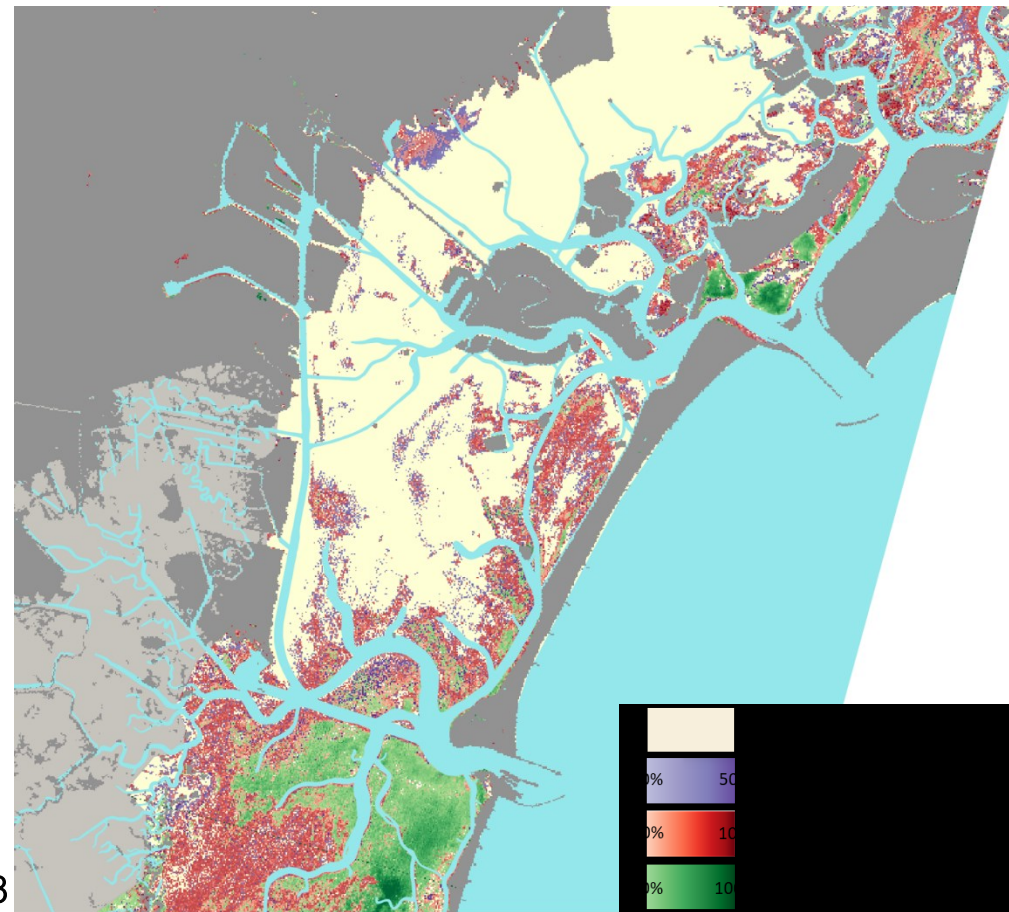
# Prodotti: copertura e profondità del fondale in acque basse



## Risultati: copertura del fondale



11 Settembre 2023







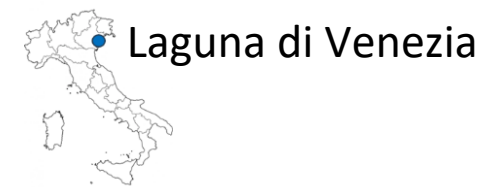
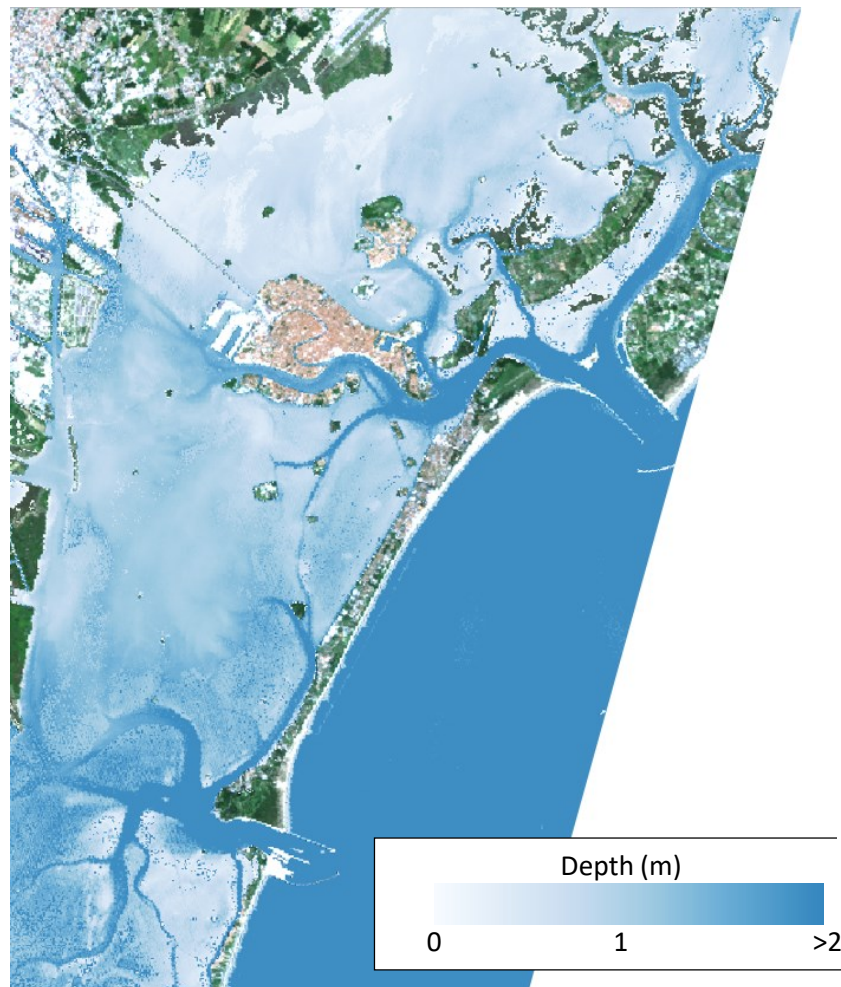
# Prodotti: copertura e profondità del fondale in acque basse



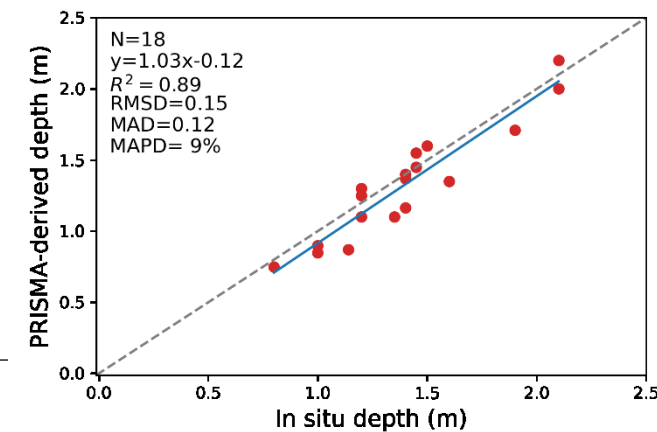
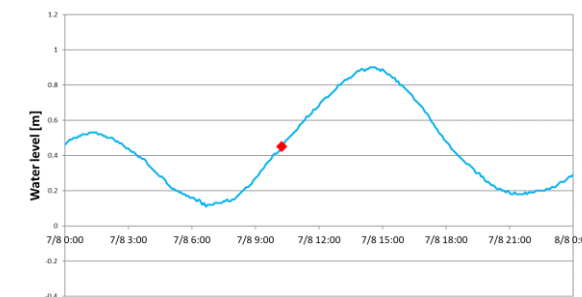
## Risultati: profondità del fondale



7 Agosto 2023



Laguna di Venezia







# Prodotti: copertura e profondità del fondale in acque basse

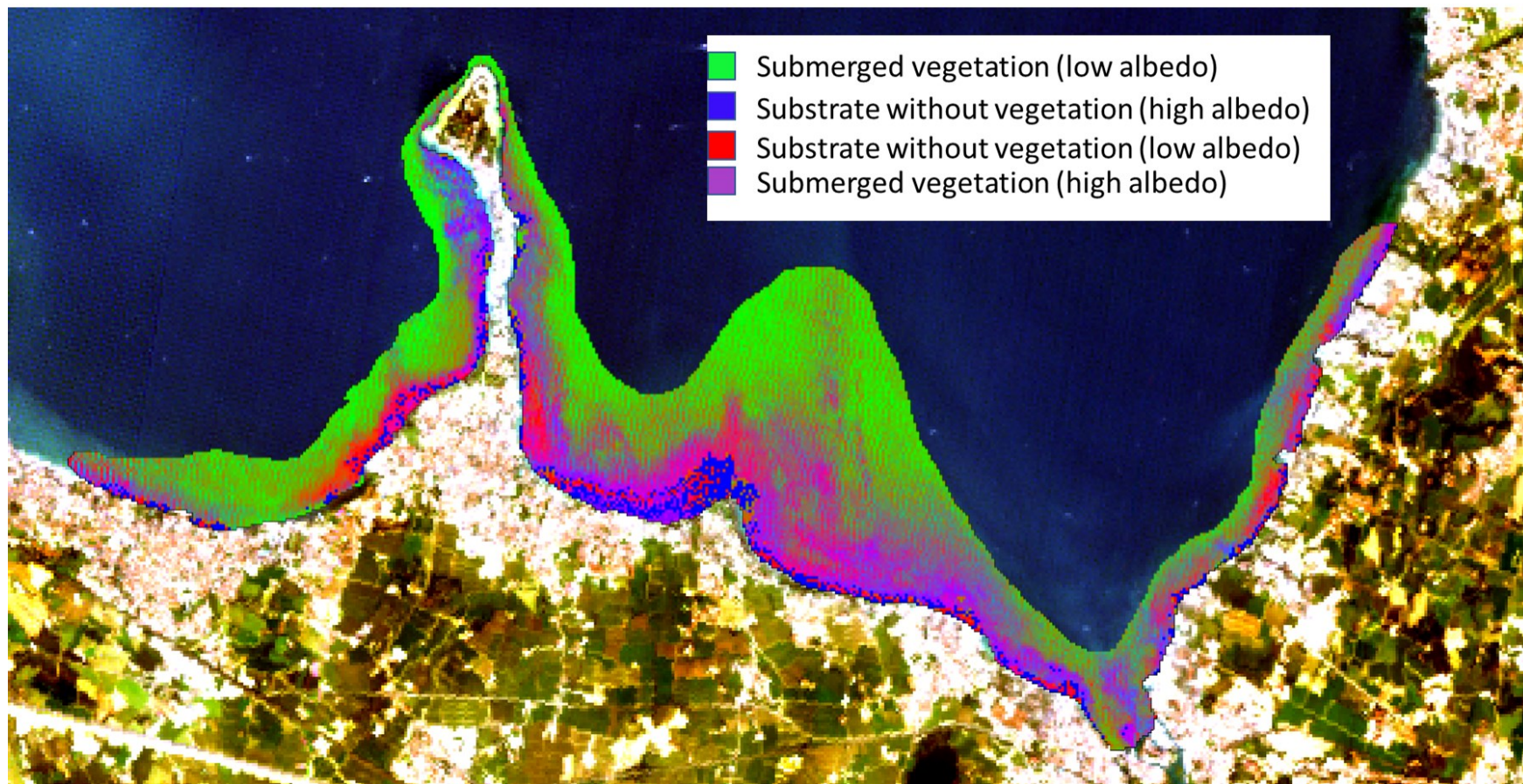


## Risultati: copertura del fondale

19/08/2023



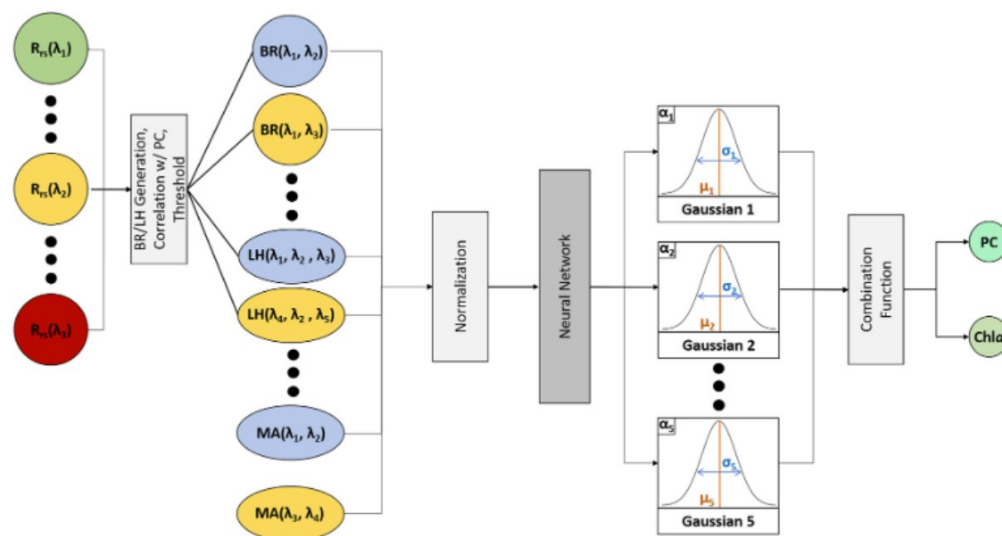
Lago di Garda





## Materiali & metodi

È stato utilizzato un algoritmo di machine learning (Mixture Density Network (MDN)) per ottenere le mappe di concentrazione di ficocianine (PC).



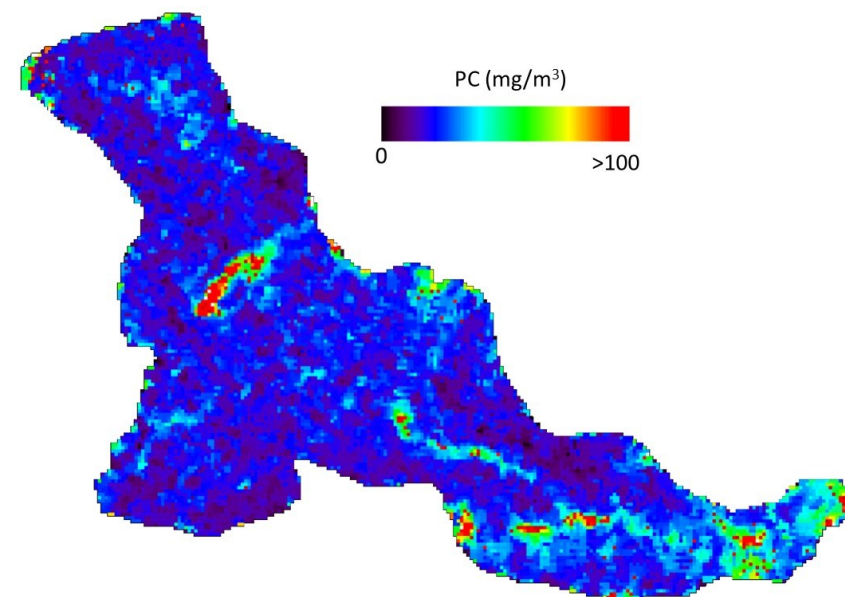
Pahlevan et al. (2021)

O'Shea et al. (2021)

Lima et al. (2023)

<https://github.com/STREAM-RS/STREAM-RS>

16-10-2021  
Lago di Varese



Integrazione del data set PANDA al data set già  
preesistente





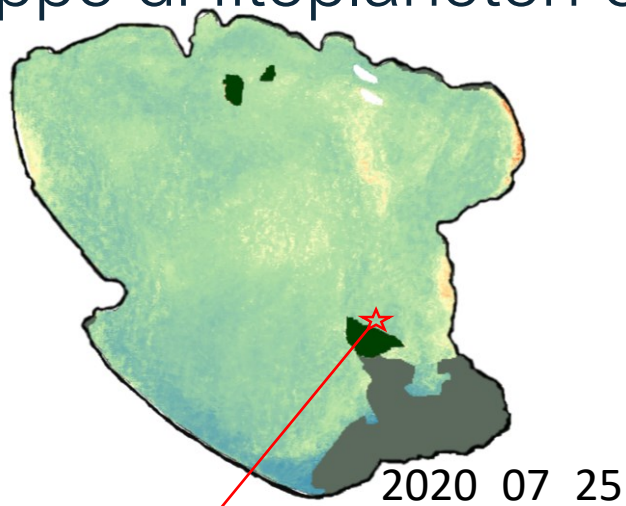
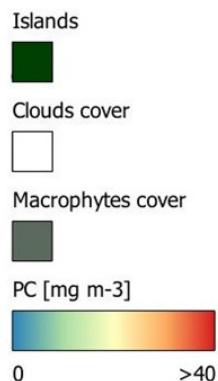
# Prodotti: cianobatteri e bloom algali potenzialmente tossici



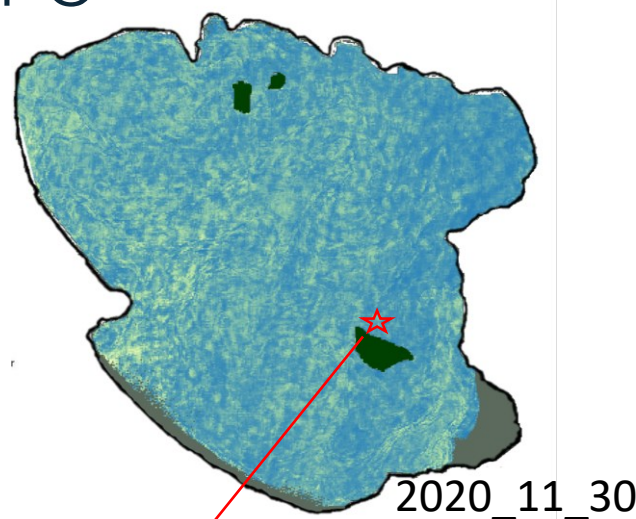
## Risultati: mappe di fitoplancton e PC



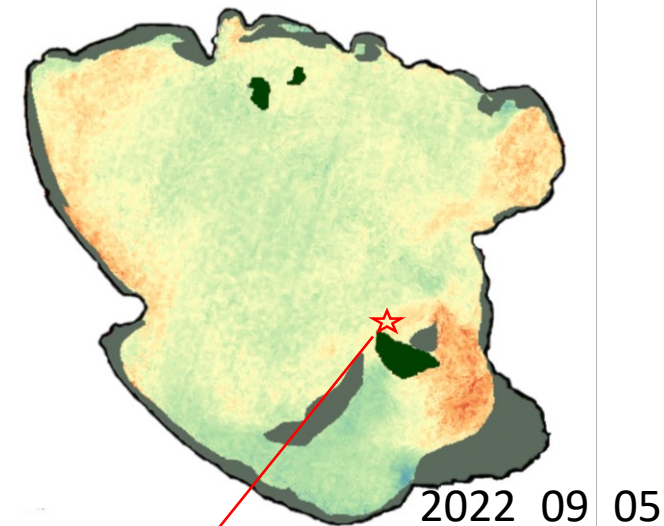
Lago Trasimeno



*In situ* PC = 9.35 mg/m<sup>3</sup>  
PRISMA PC = 9.95 mg/m<sup>3</sup>

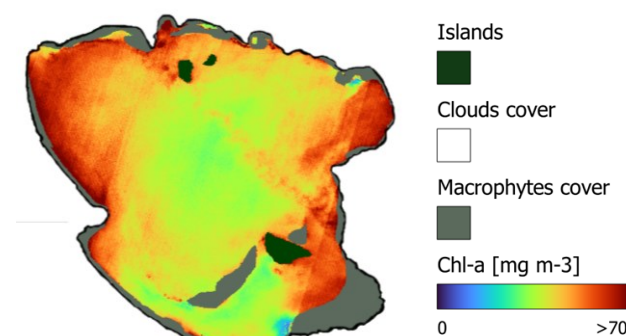
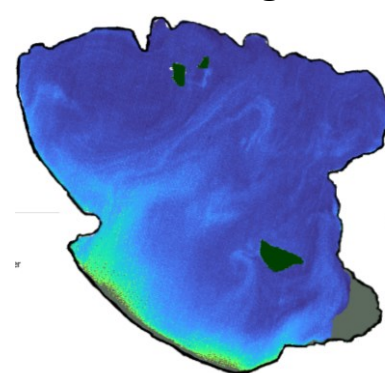
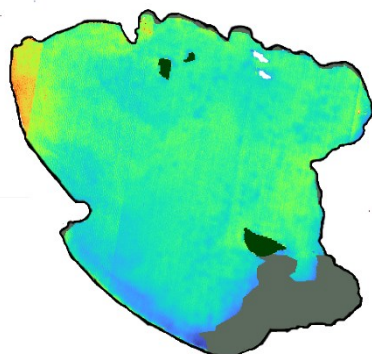


*In situ* PC = 2.0 mg/m<sup>3</sup>  
PRISMA PC = 2.8 mg/m<sup>3</sup>



*In situ* PC = 26.5 mg/m<sup>3</sup>  
PRISMA PC = 23.4 mg/m<sup>3</sup>

|       |                |      |
|-------|----------------|------|
|       | R <sup>2</sup> | 0.95 |
| Chl-a | RMSE           | 4.31 |
|       | MAE            | 3.52 |

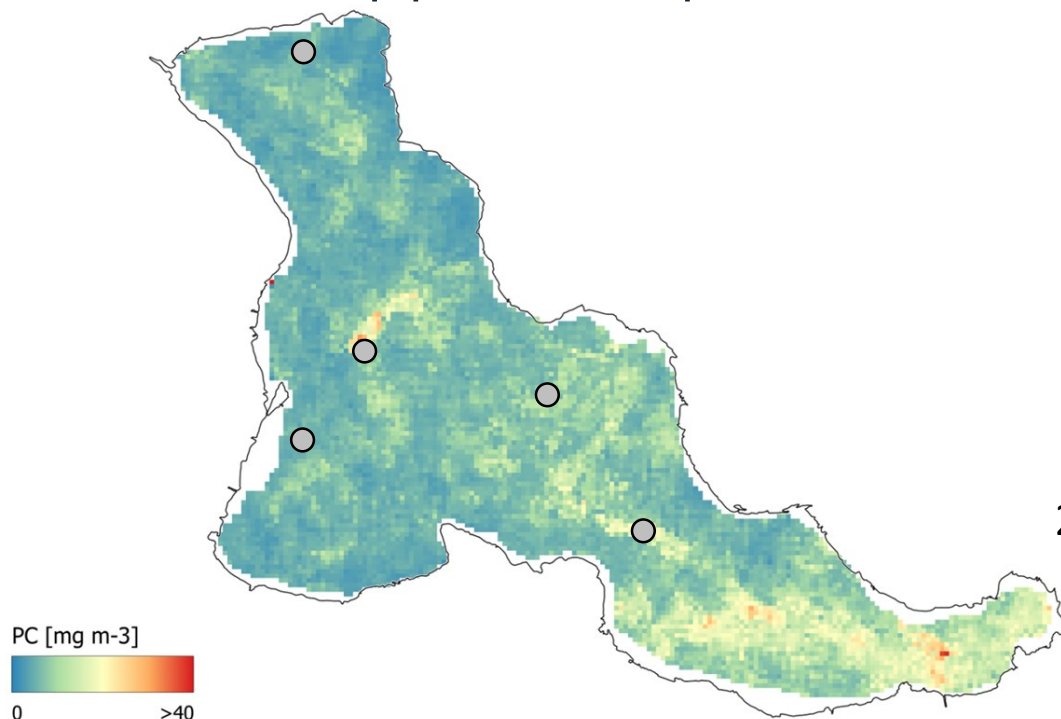




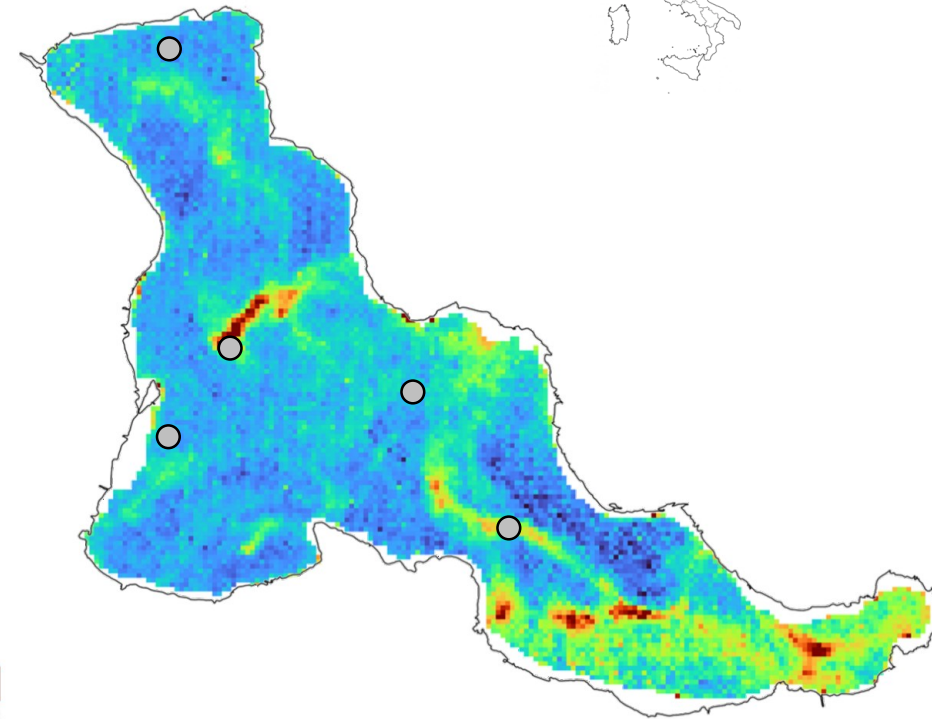
# Prodotti: cianobatteri e bloom algali potenzialmente tossici



## Risultati: mappe di fitoplancton e PC



2021\_10\_16



| PC             | Average<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | Max.<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | r2   | RMSE | MAE  |
|----------------|---------------------------------|------------------------------|------|------|------|
| <i>In situ</i> | 17.0                            | 48.2                         | 0.98 | 0.46 | 0.42 |
| PRISMA         | 17.3                            | 48.7                         |      |      |      |

| Chl-a          | Average<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | Max.<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | r2   | RMSE | MAE  |
|----------------|---------------------------------|------------------------------|------|------|------|
| <i>In situ</i> | 44.1                            | 108.1                        | 0.98 | 3.49 | 2.90 |
| PRISMA         | 45.4                            | 104.2                        |      |      |      |





# Prodotti: cianobatteri e bloom algali potenzialmente tossici



Risultati: rapporto tra le mappe di concentrazione di PC e di Chl-a

Lago di Varese 2020\_07\_25

2020\_11\_30

2022\_09\_05

Lago Trasimeno

Islands



Clouds cover



Macrophytes cover



PC/Chl-a [-]



0

1

2021\_10\_16

Il valore 1 indica che il fitoplancton è dominato dai cianobatteri;  
Il valore 0 indica assenza di cianobatteri;  
Valori intermedi indicano elevata eterogeneità fitoplanctonica (es. cloroficee e diatomee).



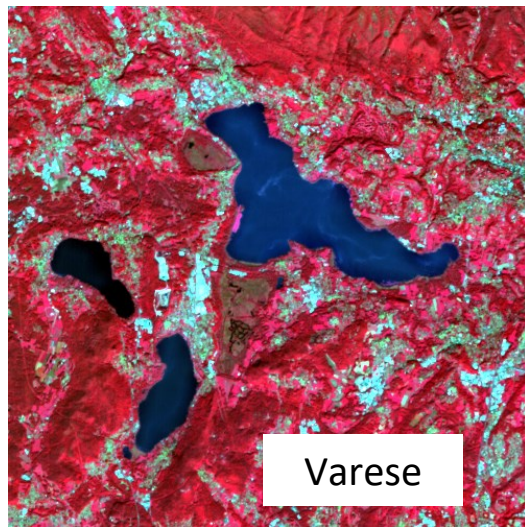
# Prodotti: materiali flottanti naturali e artificiali



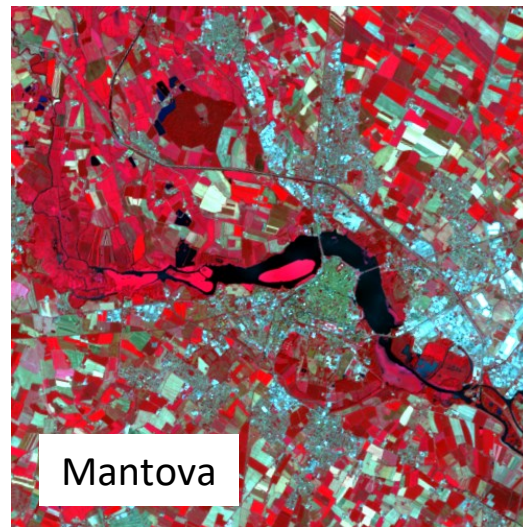
## Materiali & metodi

Prodotti preliminari sono stati realizzati tramite classificazione di immagini PRISMA basate su feature spettrali distintive per macrofite flottanti e scum algale.

In presenza di abbondante copertura di macrofite appartenenti a specie e gruppi funzionali diversi, sono state realizzate mappe di stato delle comunità di vegetazione acquatica tramite proxy spettrali specifici (*spectro-functional traits*; Villa et al., 2021)

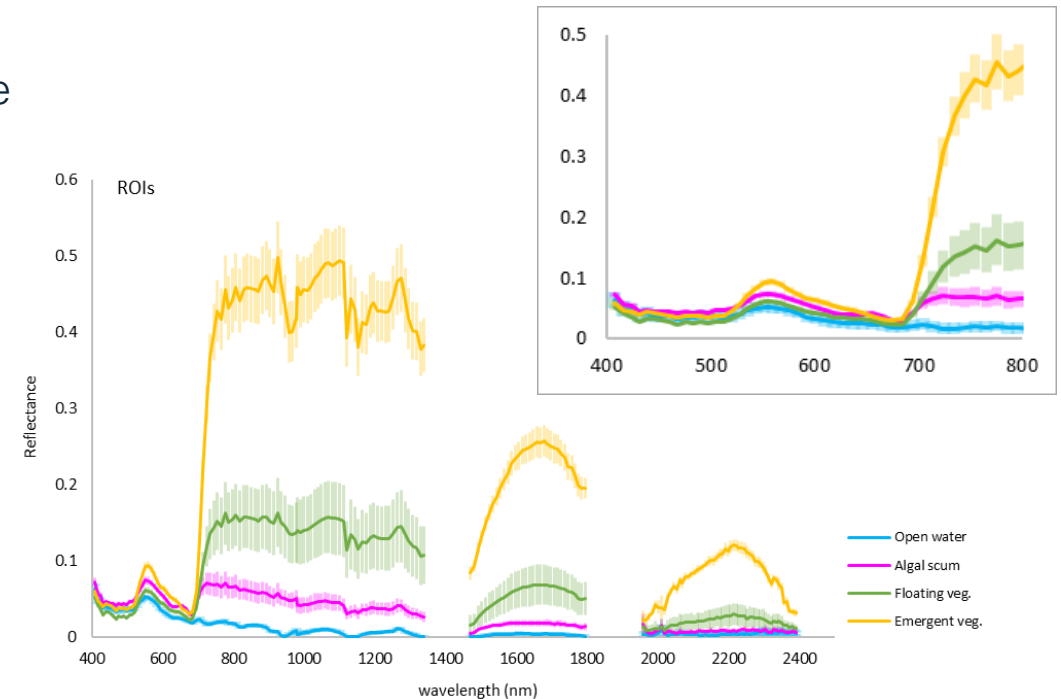


16 Ottobre 2021



25 Agosto 2023

Lago di Varese  
Laghi di Mantova



Risposta spettrale caratteristica dei principali target rilevanti per la mappatura di floating materials (open water, algal scum, floating and emergent macrophytes).





# Prodotti: materiali flottanti naturali e artificiali

Risultati: mappe di floating materials e stato macrofite

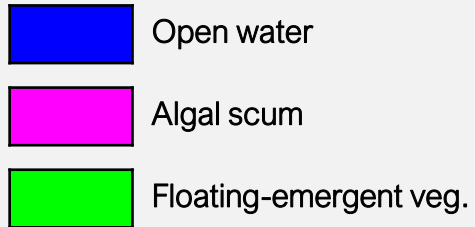
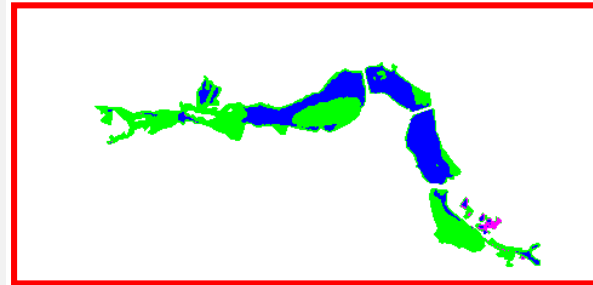
Lago di Varese

Laghi di Mantova



Varese

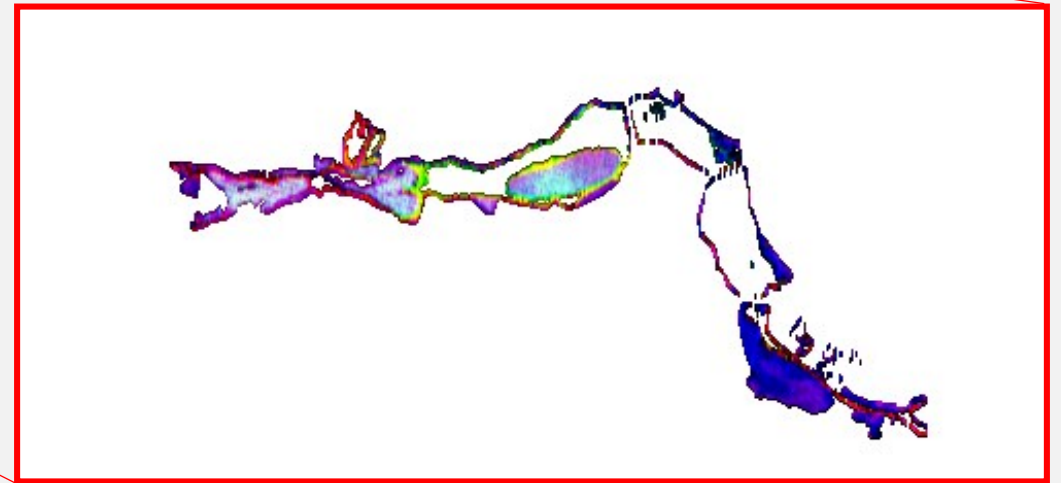
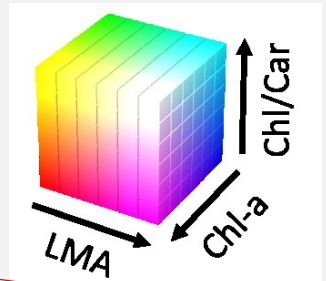
Mantova



**Floating materials**

## **Macrophyte status**

Spectro-functional traits:





Grazie per l'attenzione

