

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – aggiornamento al 05/06/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 05/06/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 05/06/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 31/05/2022, 05/06/2022, 10/06/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 05/06).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 05/06).

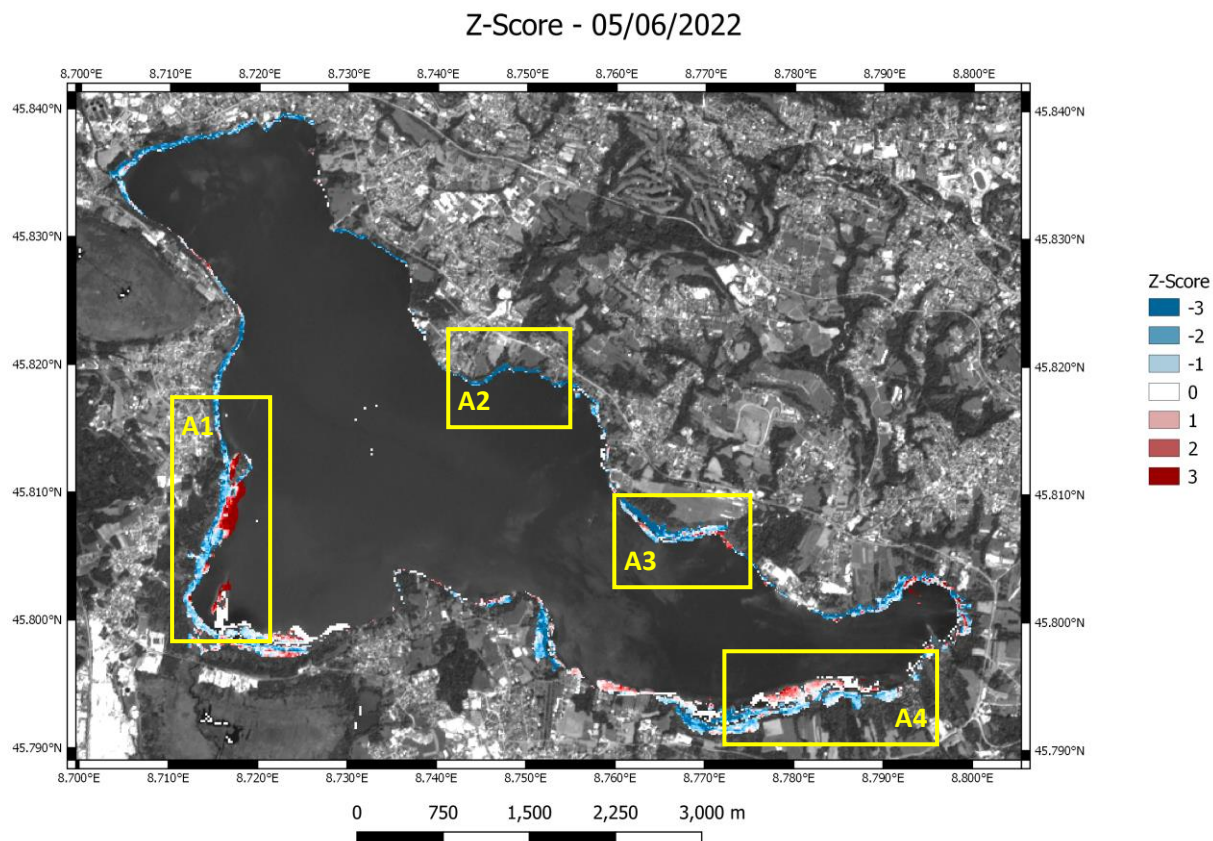


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 05/06/2022, espresse come Z-score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Le aree in cui si osservano le anomalie più evidenti – che potrebbero indicare la necessità di un controllo *in situ* anche ai fini di eventuali interventi - sono le seguenti:

- L'area **A1**, in cui sono la popolazione di fior di loto (*Nelumbo nucifera*) nei dintorni di Isolino Virginia è molto in anticipo (Z-score > 3) rispetto alle condizioni standard (2017-2021), mentre nella parte più a Sud spicca la presenza di un lamineto (probabilmente composto da piante subaffioranti o flottanti rade) anch'esso caratterizzato da valori del proxy di biomassa significativamente maggiori rispetto agli anni precedenti.
- L'area **A2**, dove nell'ansa è presente una distesa di macrofite flottanti (probabilmente un lamineto a ninfeidi) che al momento appare significativamente in ritardo di sviluppo rispetto agli anni precedenti (Z-score < -3).
- L'area **A3**, sulla sponda Nord-Est e posizionata sotto il campo di volo di Calcinate, che è caratterizzata da distese alternate di nannufero (*Nuphar lutea*) e dell'invasiva *Ludwigia hexapetala*. In particolare, la zona più ad Est dell'area A3, probabilmente occupata da *Ludwigia*, mostra valori di Z-score alti (> 2), che indicano una situazione di espansione per questa specie aliena in questo tratto di sponda.
- L'area **A4**, che si sviluppa dal Porticciolo di Azzate verso Ovest, mostra che il lamineto dominato da ninfeidi che solitamente occupa questa parte di lago è in anticipo (mostra un proxy di biomassa della comunità più alto) rispetto alle stagioni precedenti (Z-Score intorno a 2, nelle zone più lontane dalla riva).

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – aggiornamento al 15/06/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 15/06/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 15/06/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 10/06/2022, 15/06/2022, 20/06/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 15/06).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 15/06).

Z-Score - 15/06/2022

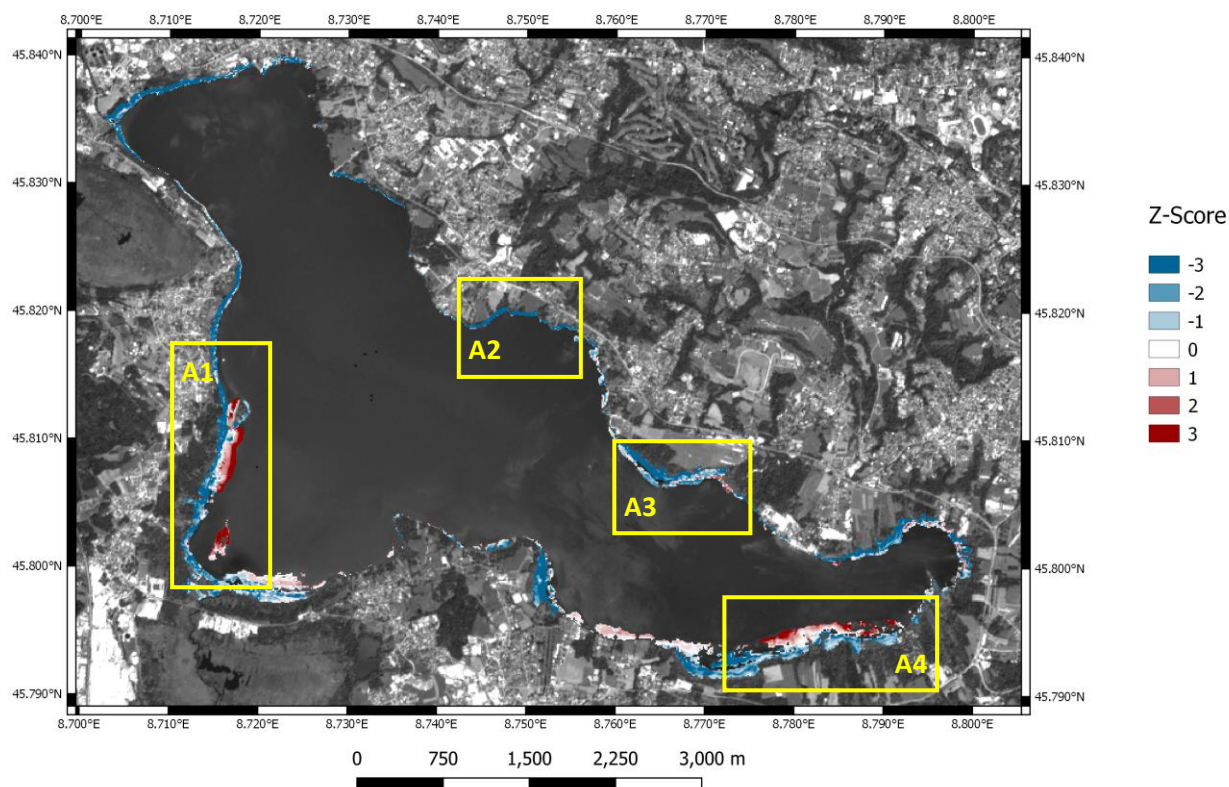


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 15/06/2022, espresse come Z-score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Le aree in cui si osservano le anomalie più evidenti – che potrebbero indicare la necessità di un controllo *in situ* anche ai fini di eventuali interventi – sono le seguenti:

- Nell'area **A1**, le popolazioni di fior di loto (*Nelumbo nucifera*) nei dintorni di Isolino Virginia continuano a mostrare un rilevante anticipo rispetto alle condizioni standard (2017-2021), che è ora concentrato nelle zone più lontane dalla riva (Z-score > 3), mentre l'entità dell'anomalia è ora più ridotta ($1 < \text{Z-score} < 2$) per la parte più vicina alla riva. Il lamineto presente più a sud continua ad essere caratterizzato da densità di biomassa significativamente maggiori rispetto agli anni precedenti. Sebbene l'area coperta da questo lamineto sembri essere leggermente più grande rispetto alla situazione del 05/06, questo effetto è principalmente dovuto alla mascheratura di alcuni pixel contaminati da disturbi di tipo atmosferico in questa zona del lago nei dati Sentinel-2 alla base dello scorso bollettino.
- Nell'area **A2** permane una situazione di significativamente minore densità della distesa di macrofite flottanti (Z-score < -3), la cui stabilità con il progredire della stagione sembra suggerire un disturbo localizzato alle comunità vegetali di questa zona.
- Nell'area **A3**, posizionata sotto il campo di volo di Calcinate, continuano a mostrarsi segnali chiari di espansione (Z-score > 2) delle aree occupate da *Ludwigia hexapetala* in questo tratto di sponda.
- Nell'area **A4**, tra il Lido di Bodio e il Porticciolo di Azzate, il lamineto dominato da ninfeidi e castagna d'acqua (*Trapa natans*) che solitamente occupa questa parte di lago assume valori di densità di biomassa maggiori del quinquennio precedente, in espansione specialmente nelle zone più lontane da riva (Z-Score intorno a 3), più probabilmente occupate da *T. natans*.

Inoltre, si evidenzia che la situazione della vegetazione riparia, composta principalmente da canneto dominato da *Phragmites australis*, mostra una sempre più significativa anomalia negativa nello sviluppo della biomassa in questa fase della stagione (Z-score < -2) praticamente lungo tutta la riva del Lago dove queste comunità sono presenti, dovuta probabilmente a un ritardo nella fase vegetativa connesso a condizioni di stress idrico (scarsità di precipitazioni, livello di umidità del terreno basso).

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 20/06/2022

Le immagini Sentinel-2 del periodo 10-20 giugno 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

Sfortunatamente le immagini presentano alcuni problemi dovuti agli angoli di acquisizione del sensore rispetto agli angoli solari che hanno determinate per molti pixel delle immagini dei problemi di sun-glint rendendo i pixel soggetti al disturbo (chiaramente visibile nella figura 3 nell'immagine Sentinel-2 in RGB,) non utilizzabili per la determinazione della qualità delle acque. In aggiunta in alcune immagini è presente una leggera foschia (visibile a nord nella figura 4) che ha comportato un'ulteriore mascheratura dell'immagine.

Per i pixel non soggetti da disturbo, l'analisi ha permesso di valutare come le concentrazioni di Clorofilla-a risultino contenute con valori sempre di molto inferiori ai 20 mg/m³.

Nessun pixel presenta firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

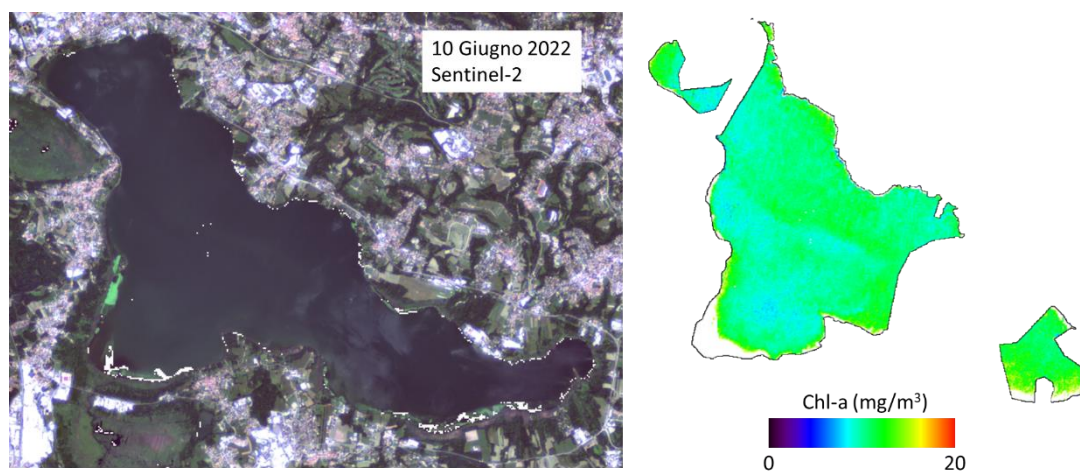


Figura 2. A sinistra l'immagine Sentinel-2 del 10/06/2022 in RGB, a destra la mappa della concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dall'immagine per i pixel non disturbati da glint.

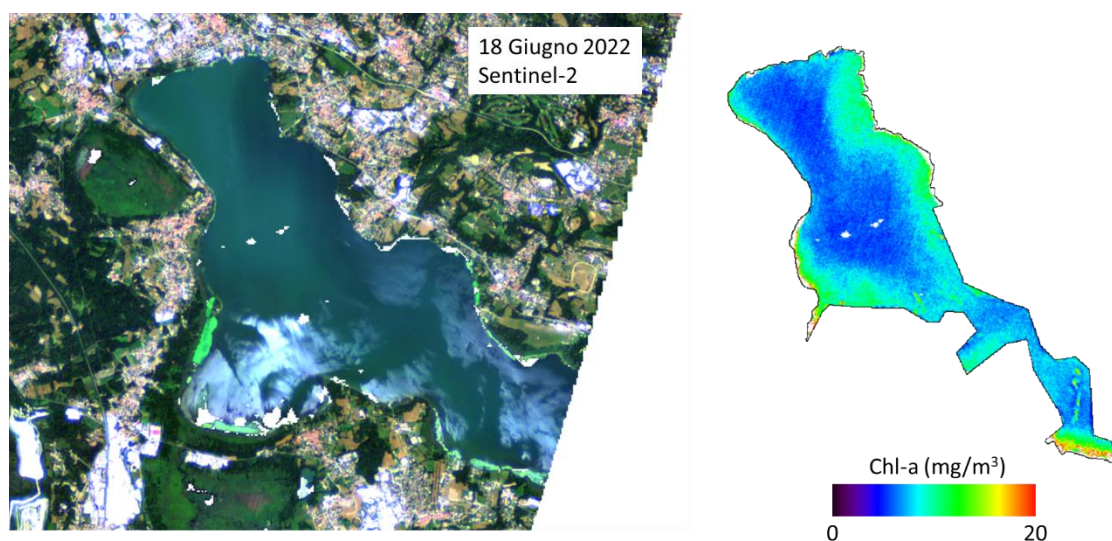


Figura 3. A sinistra l'immagine Sentinel-2 del 18/06/2022 in RGB, a destra la mappa della concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dall'immagine per i pixel non disturbati da glint.

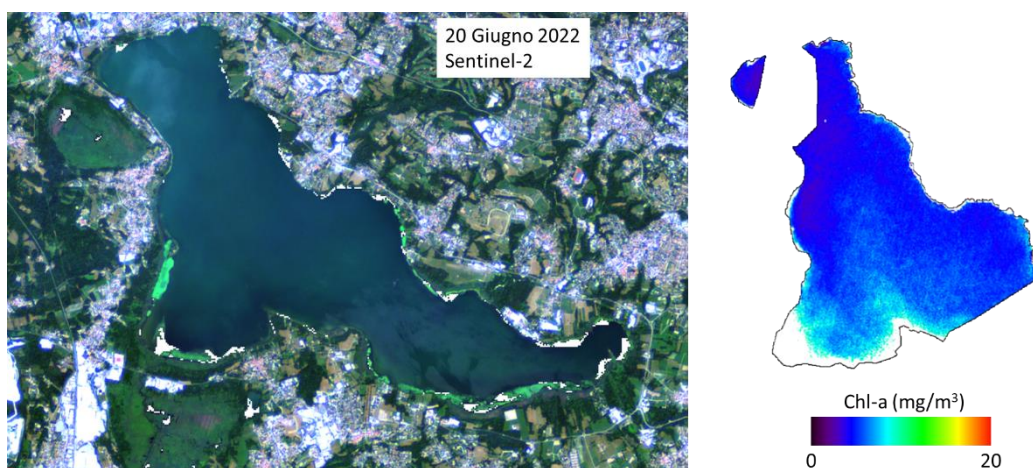


Figura 4. A sinistra l'immagine Sentinel-2 del 20/06/2022 in RGB, a destra la mappa della concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dall'immagine per i pixel non disturbati da glint.

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

ATTIVITA’ DI STUDIO E MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE A MACROFITE, PREVISTE ALL’INTERNO DELL’AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – aggiornamento al 25/06/2022

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Per questo bollettino periodico sullo stato della vegetazione acquatica nel lago di Varese, aggiornato alla situazione del 25/06/2022, sono state prodotte mappe di anomalia rispetto alle medie dei 5 anni precedenti per le aree occupate da idrofite flottanti o subaffioranti e elofite ripariali (principalmente canneto). Le mappe sono state realizzate tramite l’elaborazione di immagini satellitari Sentinel-2 con risoluzione spaziale (dimensione del pixel) pari a 10 metri e basate sull’indice **WAVI** (*Water Adjusted Vegetation Index*), che rappresenta un proxy spettrale della densità (e indirettamente anche della biomassa) delle comunità di vegetazione acquatica presenti in un pixel.

L’anomalia rappresentata nella mappa è espressa in termini di **Z-Score**, cioè il numero di deviazioni standard di un valore rispetto alla media di un set di dati, ed è stato scelto in quanto funzionale al monitoraggio periodico del tasso di crescita della biomassa nella stagione in corso rispetto alla situazione pregressa osservata nei cinque anni precedenti (2017-2021).

La formula usata per il calcolo dello Z-Score è $z=(x-\mu)/\sigma$ ed i valori presi in considerazione per la produzione di questo bollettino, relativo allo stato per il 25/06/2022 (Fig. 1), sono:

- **x**: il valore medio di WAVI calcolato sulle ultime tre acquisizioni (timestep) Sentinel-2 disponibili per l’anno 2022 (in questo bollettino: 20/06/2022, 25/06/2022, 30/06/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 25/06).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 25/06).

Z-Score - 25/06/2022

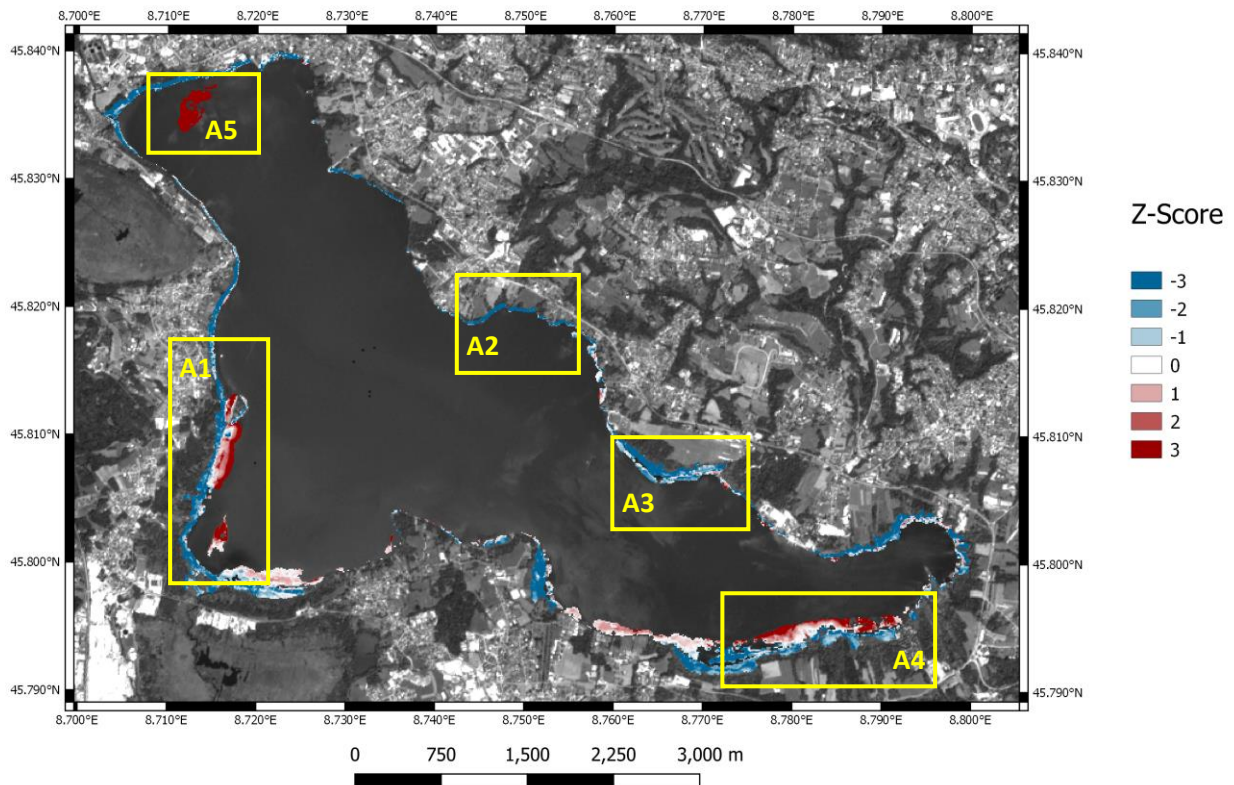


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 25/06/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Le aree in cui si osservano le anomalie più evidenti – che potrebbero indicare la necessità di un controllo *in situ* anche ai fini di eventuali interventi – sono le seguenti:

- Nell'area **A1**, le popolazioni di fior di loto (*Nelumbo nucifera*) nei dintorni di Isolino Virginia continuano a mostrare un rilevante anticipo rispetto alle condizioni standard (2017-2021), che è ora concentrato nelle zone più lontane dalla riva (Z-Score > 3), mentre l'entità dell'anomalia è ora più ridotta ($1 < \text{Z-Score} < 2$) per la parte più vicina alla riva. Il lamineto presente più a sud è stato confermato essere una distesa di castagna d'acqua (*Trapa natans*) e continua ad essere caratterizzato da densità di biomassa significativamente maggiori rispetto agli anni precedenti.
- Nell'area **A2** permane una situazione di significativamente minore densità della distesa di macrofite flottanti (Z-Score < -3), la cui stabilità con il progredire della stagione indica la non comparsa del lamineto per il 2022 e sembra suggerire un disturbo localizzato alle comunità vegetali di questa zona.
- Nell'area **A3**, posizionata sotto il campo di volo di Calcinate, continuano a mostrarsi segnali maggior vigore (Z-Score > 2) delle aree occupate da *Ludwigia hexapetala* in questo tratto di sponda.
- Nell'area **A4**, tra il Lido di Bodio e il Porticciolo di Azzate, il lamineto dominato da castagna d'acqua (*T. natans*) – con alcune intrusioni di *Nuphar lutea* - che solitamente occupa questa parte di lago assume valori di densità di biomassa maggiori del quinquennio precedente, in espansione specialmente nelle zone più lontane da riva (Z-Score intorno a 3).

Altre condizioni di interesse sono le seguenti:

- Per quanto riguarda la situazione della vegetazione riparia (canneto dominato da *Phragmites australis*), permane la significativa anomalia negativa nello sviluppo della biomassa in questa fase della stagione (Z-Score < -2) praticamente lungo tutta la riva del Lago dove queste comunità sono presenti, dovuta probabilmente a un ritardo nella fase vegetativa connesso a condizioni di stress idrico (scarsità di precipitazioni, livello di umidità del terreno basso).

- Nell'area A5 si evidenzia un'anomalia del segnale spettrale dovuta alla presenza di parziale copertura nuvolosa nell'immagine del 30/06/2022 (non perfettamente corretta dagli algoritmi di processamento standard), che tuttavia non corrisponde a effettiva presenza di macrofite.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 30/06/2022

Le immagini Sentinel-2 del periodo 21-30 giugno 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

Come per il precedente bollettino, persistono i problemi dovuti agli angoli di acquisizione del sensore rispetto agli angoli solari che hanno determinato per molti pixel delle immagini dei problemi di sun-glint rendendo i pixel soggetti al disturbo non utilizzabili per la produzione di mappe di qualità delle acque (es. 23/06/2022). In aggiunta in alcune immagini è presente una copertura nuvolosa, che risulta quasi totale il 28/06 e parziale il 30/06/2022 (visibile nella figura 2) che ha comportato un'ulteriore mascheratura dell'immagine.

Per i pixel non soggetti a disturbo, l'analisi ha permesso di valutare come le concentrazioni di Clorofilla-a risultino contenute con valori sempre di molto inferiori ai 20 mg m^{-3} in data 30/06 (figura 2), in diminuzione rispetto ai valori medi di Chl-a osservati in data 25/06/2022 (figura 1).

Nessun pixel presenta firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

In figura 4 sono riportate le mappe di anomalia che evidenziano valori non superiori a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente. La prima mappa in valori assoluti di Chl-a è stata ottenuta sottraendo i valori della mappa del 30/06 a quella media stagionale del 2021. L'anomalia espressa in rapporto è stata ottenuta facendo il rapporto tra la mappa in valori assoluti e la mappa stagionale del 2021, presa come riferimento.

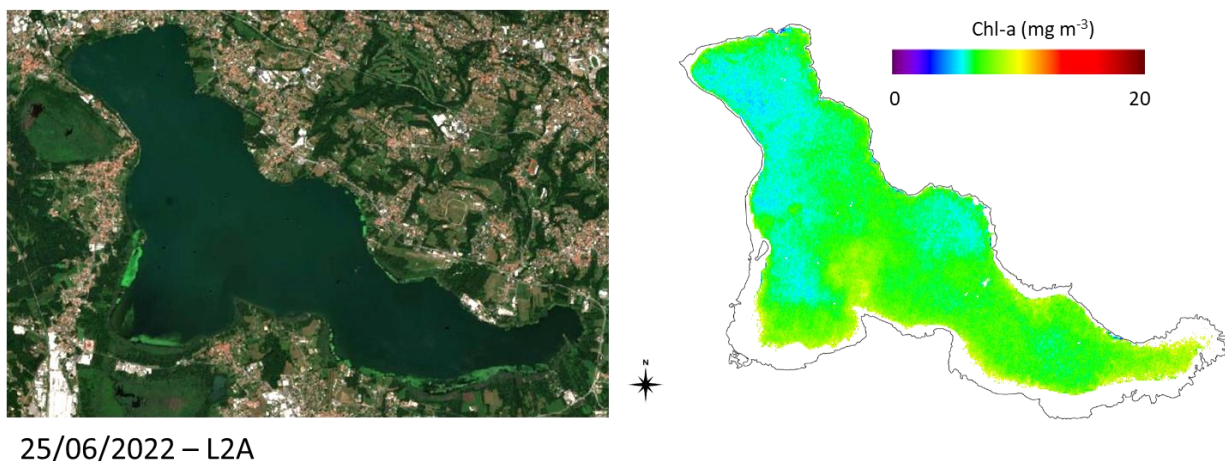


Figura 2. A sinistra l'immagine Sentinel-2 del 25/06/2022 in RGB, a destra la mappa della concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dall'immagine per i pixel non disturbati da glint.

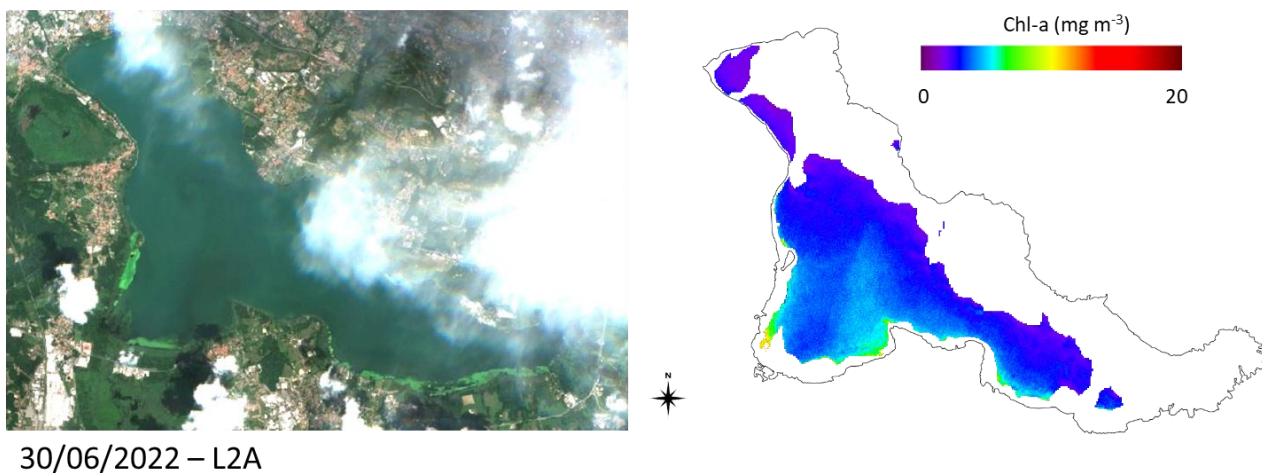


Figura 3. A sinistra l'immagine Sentinel-2 del 30/06/2022 in RGB, a destra la mappa della concentrazione di Clorofilla-a ottenuta dall'immagine per i pixel non disturbati da glint.

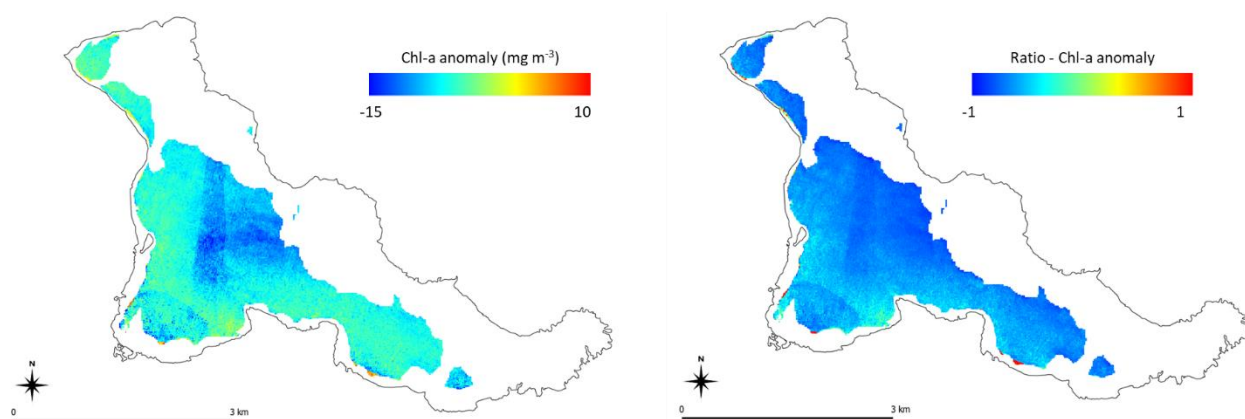


Figura 4. Mappe di anomalia di Clorofilla-a in valori assoluti (a sinistra) e in rapporto (a destra), ottenute confrontando la mappa del 30/06/2022 con una mappa dei valori medi stagionali di chl-a misurati nel 2021.