

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 03/09/2022

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 03/09/2022, 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 24/07/2022 (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: 29/08/2022, 03/09/2022, 08/09/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 03/09).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 03/09).

Z-Score - 03/09/2022

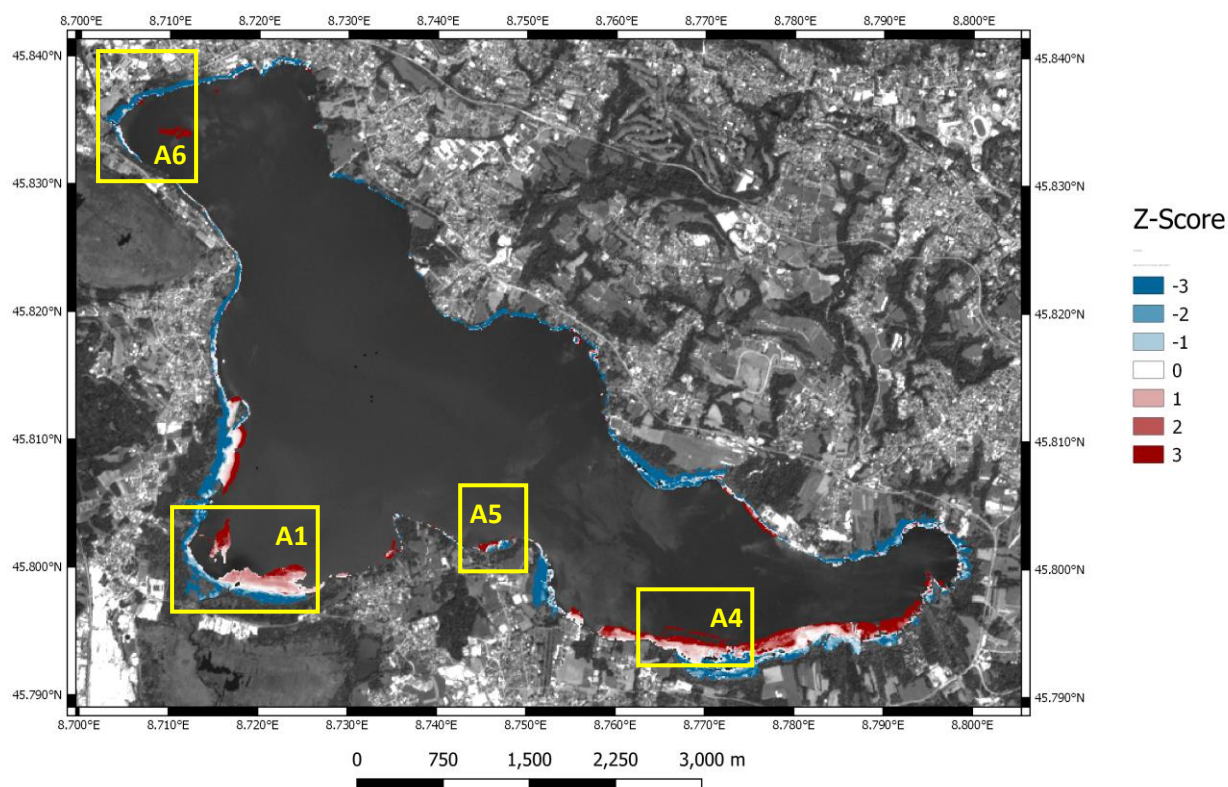


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 03/09/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Rispetto alla situazione delle comunità di piante acquatiche rappresentata nel precedente bollettino, si riportano nel seguito note su alcune significative evoluzioni, per lo più collegate all'inizio della fase di senescenza per alcune delle specie di interesse:

- Nell'area **A1**, il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) mostra un decremento dello Z-score rispetto al quinquennio precedente nelle aree più vicine a riva, indice di una situazione di lieve anticipo nella fase di senescenza.
- Nell'area **A4**, sulla sponda meridionale a Nord del comune di Galliate (verso Buguggiate), il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) mostra un comportamento omologo a quello dell'area A1 (anticipo della senescenza per la parte vicina a riva), mentre verso il lago la mappa mostra la persistenza di una formazione sub-affiorante parallela al fronte del lamineto, che è stata verificata essere composta da *Najas major*, specie sommersa che nella seconda metà di Agosto ha avuto una grossa espansione sul gran parte della sponda sud.
- Nell'area **A5**, sulla sponda meridionale (Cazzago Brabbia), il localizzato incremento di Z-Score, causato dall'abbassamento del livello del lago, ha permesso l'emersione di macrofite sommerse subaffioranti, che sono state verificate appartenere a diverse specie (*N. major*, *Najas minor*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *Stuckenia pectinata*).
- L'anomalia positiva di Z-score presente nell'area **A6** (Gavirate-Bardello) è dovuta a incompleta mascheratura della copertura nuvolosa della scena Sentinel-2 del 3 Settembre, con conseguente distorsione dei valori di WAVI.

Per quanto riguarda la situazione del canneto ripario, la situazione rispetto al bollettino precedente sembra essere stabile in tutte le aree litoranee.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 08/09/2022

Mariano Bresciano, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 del periodo 1-8 settembre 2022 sono state processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

La maggior parte delle immagini non sono state processate perché con copertura nuvolosa superiore al 75% (1 e 3/09) oppure perché interessate da foschia sulla maggior parte della superficie de lago (es. 08/09).

Per l'immagine del 6 settembre, l'analisi ha permesso di valutare come la concentrazione media di Clorofilla-a in tutto il lago risulti pari a $16,1 (\pm 8,4) \text{ mg m}^{-3}$ (Figura 2).

Non sono stati rilevati pixel con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

In figura 3 sono riportate le mappe di anomalia che evidenziano valori inferiori a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente (settembre 2021) per la data del 6 Settembre (media anomalia di Chl-a pari a $-21,7 \text{ mg m}^{-3}$).

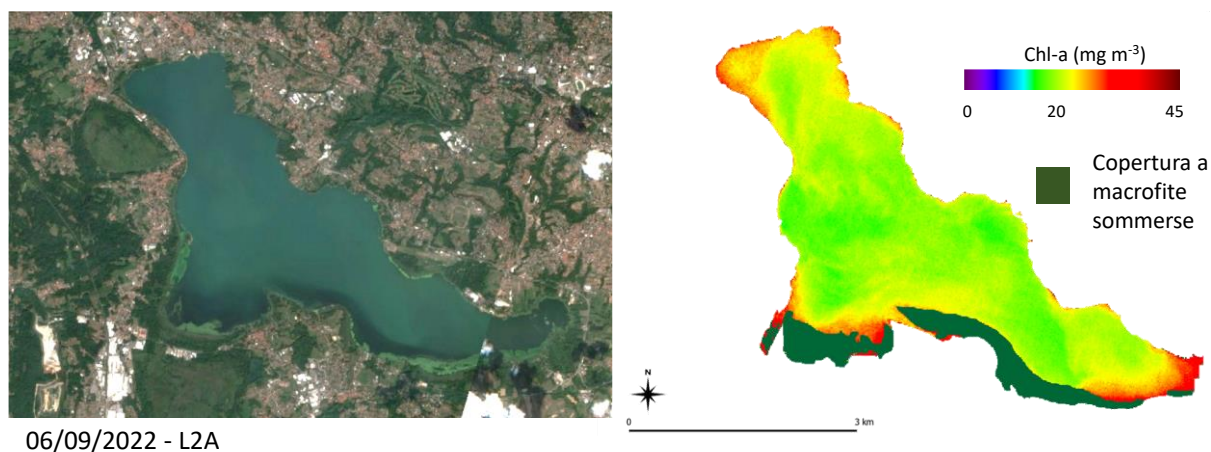


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 del 6 settembre 2022 in RGB, a destra la mappa di concentrazione di Clorofilla-a e di copertura a macrofite sommerse (area verde scuro) nella porzione meridionale del lago.

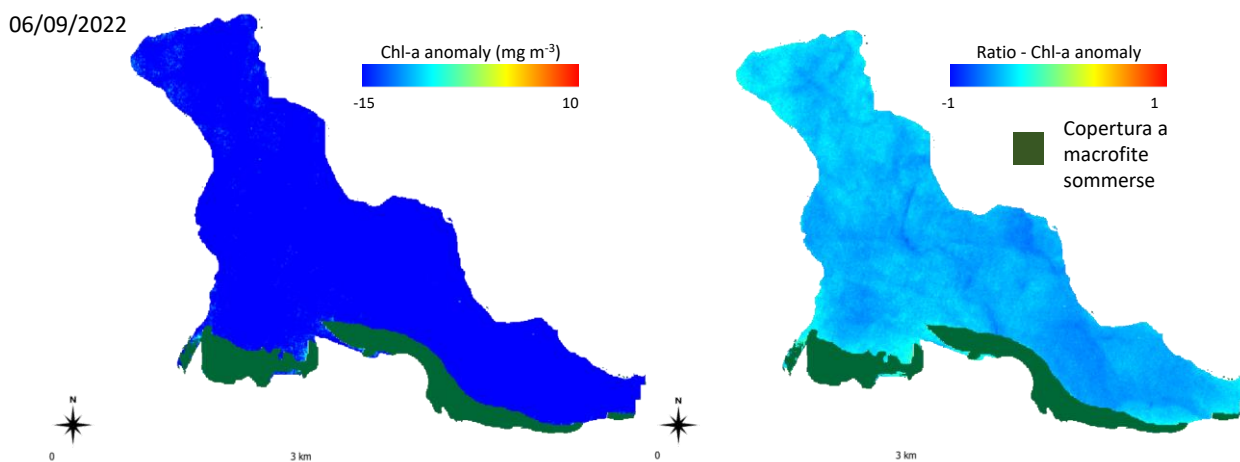


Figura 3. Mappe di anomalia di Clorofilla-a in valori assoluti (a sinistra) e in rapporto (a destra), ottenute confrontando la mappa del 06/09 con la mappa dei valori medi stagionali di chl-a misurati nel 2021.

Campagna di raccolta dati in situ e acquisizione satellitare VHR (06/09/2022)

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa, Mariano Bresciani
CNR - IREA, Milano

Il 6 settembre 2022 è stato realizzato un campionamento *in situ* (da barca e a terra) finalizzato a raccogliere dati ottici su target di interesse (acqua, macrofite flottanti e subaffioranti, superfici artificiali invarianti), in contemporanea con l'acquisizione di una scena multispettrale ad alta risoluzione spaziale (pixel al suolo di 2 m) del satellite WorldView-2, programmata *ad hoc* per le attività di progetto (**attività 1.1.3 e 1.1.5**).

In figura 4 sono rappresentati i punti in cui sono stati effettuati campionamenti sia in relazione alla caratterizzazione ottica di acqua (W1 e W2), vegetazione acquatica (TN1, NA1, NM1) e target artificiali invarianti (I1-I4), che al rilievo delle specie di macrofite presenti in alcuni punti del lago (poligoni verdi).

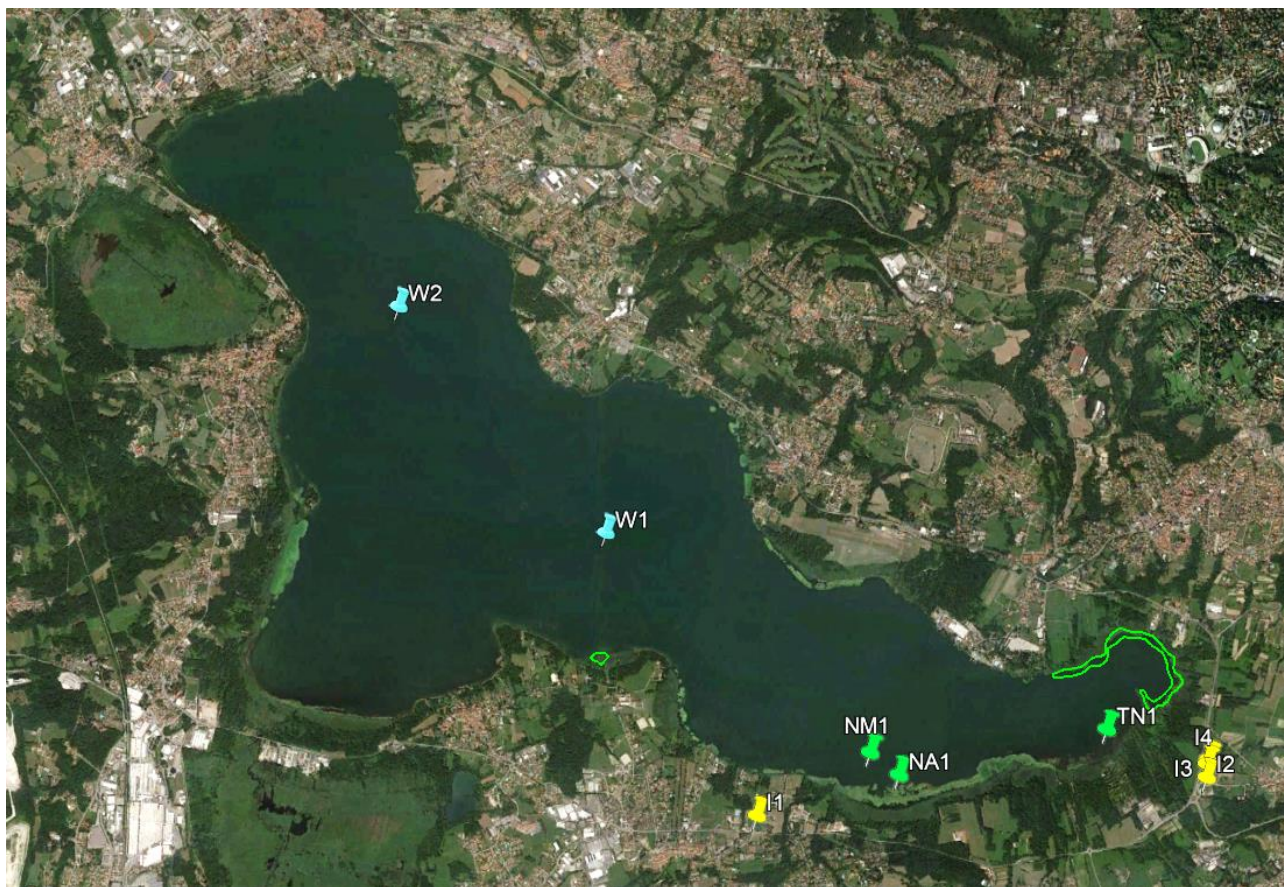


Figura 4. Localizzazione delle differenti stazioni di misure spettroradiometriche e limno-ecologiche effettuate in data 6 Settembre 2022.

Analogamente con quanto effettuato nella precedente campagna del 18 Ottobre 2021, le misure spettroradiometriche sono state effettuate con lo spettroradiometro ROX del CNR-IREA.

In corrispondenza delle stazioni di misura su acqua (W1 e W2) sono stati prelevati campioni di acqua sui quali verranno effettuate misure del contenuto di clorofilla e di carotenoidi algali sia tramite misure spettrofotometriche che con tecniche cromatografiche.

La scena satellitare WorldView-2 (8 bande spettrali nel range del visibile e infrarosso vicino: 420-920 nm) è stata elaborata con il software ATCOR® (ReSe applications LLC, Germany) con il quale è stata applicata la correzione delle distorsioni spettrali dovute all'atmosfera per derivare un'immagine multispettrale di riflettanza alla superficie (Figura 5).

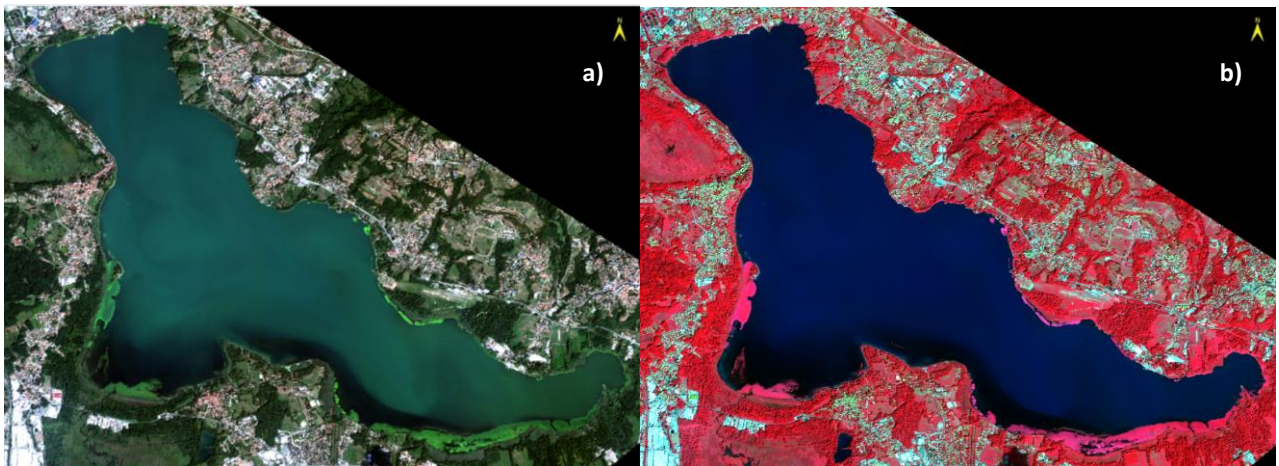


Figura 5. Scena satellitare ad alta risoluzione WorldView-2 acquisita il 6 Settembre 2022: a) visualizzazione in colori naturali; b) visualizzazione in infrarosso falso colore (che evidenzia la presenza e il vigore della vegetazione nei toni del rosso).

Il confronto tra le firme spettrali di riflettanza (Refl) ricavate dall'immagine WorldView-2 del 6 Settembre 2022 e quelle misurate con lo spettroradiometro ROX in situ, usate come riferimento, mostra una lieve sottostima della riflettanza per alcuni target più complessi (vegetazione acquatica) (Figura 6); tale sottostima, collocata entro il limite di errore radiometrico assoluto del 5%, non inficia la possibilità di utilizzo del dato WorldView-2 per le successive mappature di parametri acquatici e vegetazionali.

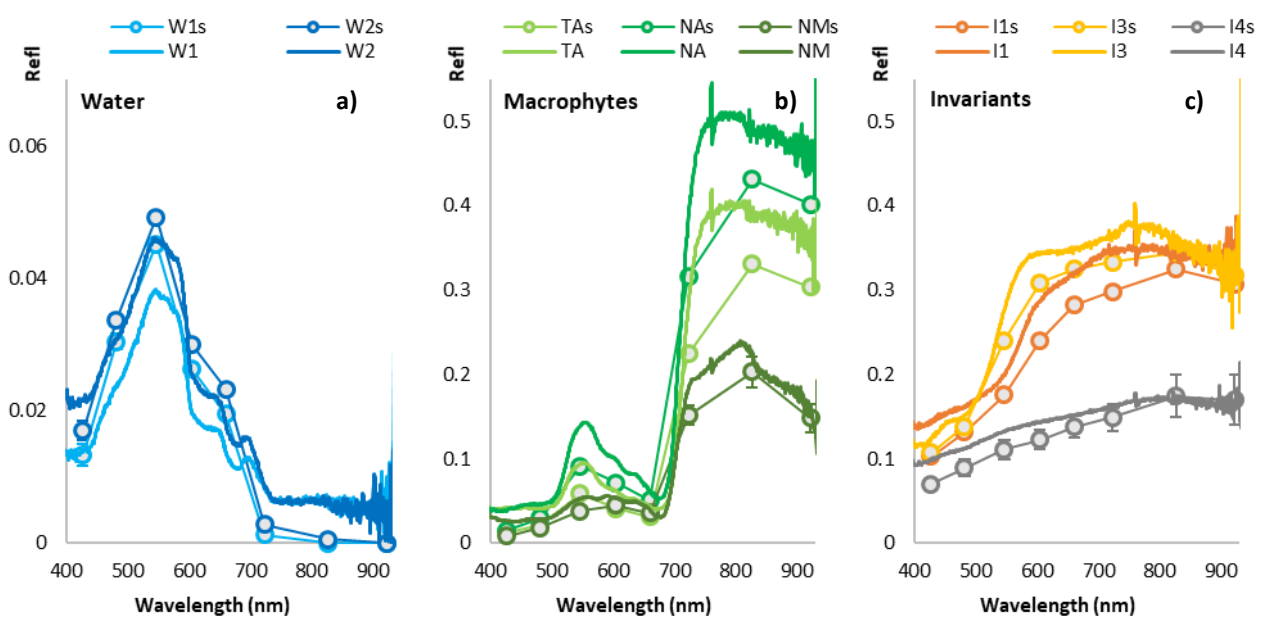


Figura 6. Confronto tra le firme spettrali acquisite in situ (linee continue) e derivate dalla scena WorldView-2 (linee a segmenti con pallini) del 6 Settembre 2022: a) campioni superficiali di acqua; b) campioni di vegetazione acquatica (flottante e subaffiorante); c) target artificiali invarianti.

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 13/09/2022

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 13/09/2022, 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 13/09/2022 (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: 08/09/2022, 13/09/2022, 18/09/2022).
- **μ**: il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 13/09).
- **σ**: il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 13/09).

Z-Score - 13/09/2022

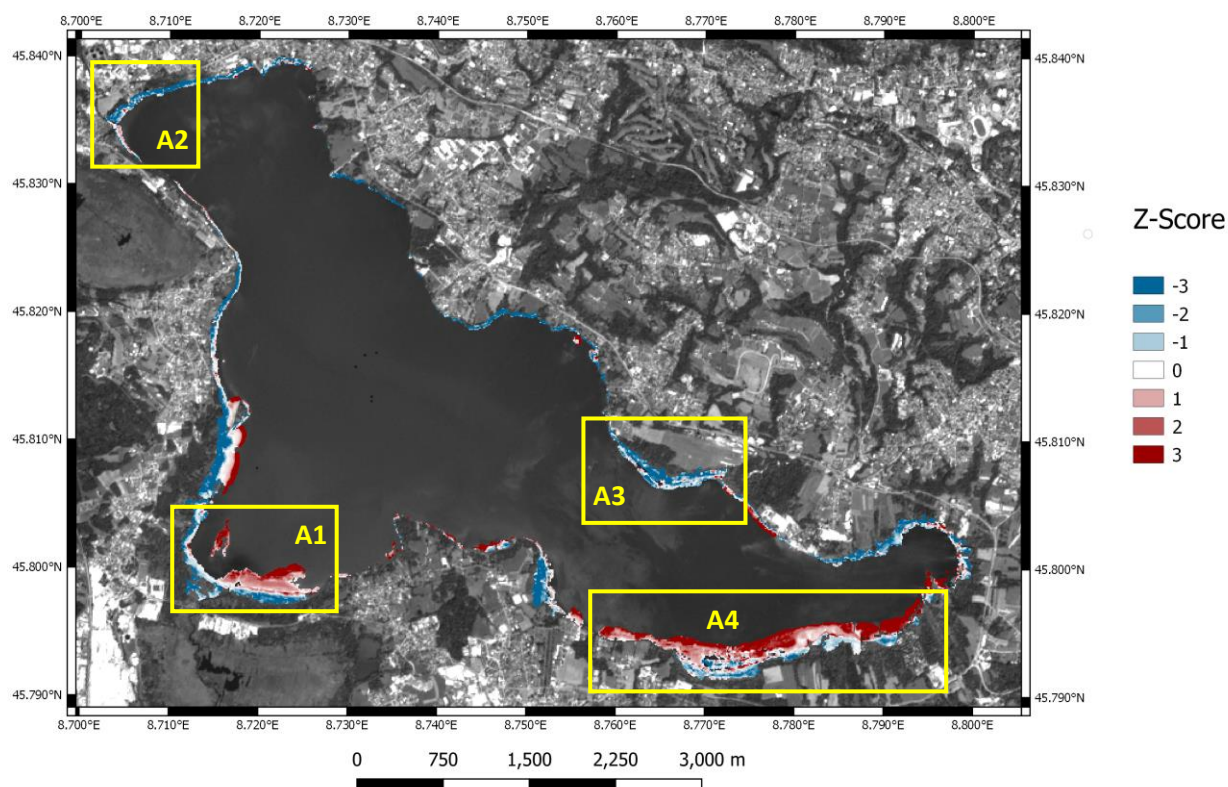


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 13/09/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

Rispetto alla situazione delle comunità di piante acquatiche rappresentata nel precedente bollettino, si riportano nel seguito note sull'ulteriore evoluzione di alcune situazioni localizzate, collegate principalmente alla fase di senescenza in atto per alcune delle specie di interesse:

- Nell'area **A1**, la situazione dello Z-score rispetto al quinquennio precedente per il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) dell'ansa a Sud-Ovest sembra indicare una stabilizzazione nella fase di senescenza.
- Le aree **A2** e **A3** mostrano uno Z-Score in lieve incremento rispetto ai precedenti, fino ad arrivare intorno a 0 (raggiungendo lo standard del quinquennio precedente), rispettivamente per il canneto (*Phragmites australis*) della sponda a sud dell'uscita del Bardello e per il nannufero (*Nuphar lutea*) prospiciente il campo di volo di Calcinato del Pesce, che può essere indice di condizioni locali meno sfavorevoli – pur nel contesto di un 2022 molto critico per le specie riparie - rispetto alle popolazioni di queste specie nelle altre zone del Lago.
- Nell'area **A4**, sulla sponda meridionale a Nord del comune di Galliate, il lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*), che ha raggiunto estensioni eccezionali in questa annata, mostra un comportamento omologo a quello dell'area A1 (stabilizzazione della fase di senescenza, soprattutto nella parte più vicina a riva). Inoltre, non è più evidente la formazione distaccata di *Najas major* parallela al fronte del lamineto, che pare indicare una fine della stagione vegetativa di questa specie che è stata molto vigorosa nel 2022, in particolare a partire da Agosto.

Per quanto riguarda la situazione del canneto ripario, la situazione rispetto al bollettino precedente sembra essere stabile in tutte le aree litoranee, fatta eccezione per l'area **A2**.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 18/09/2022

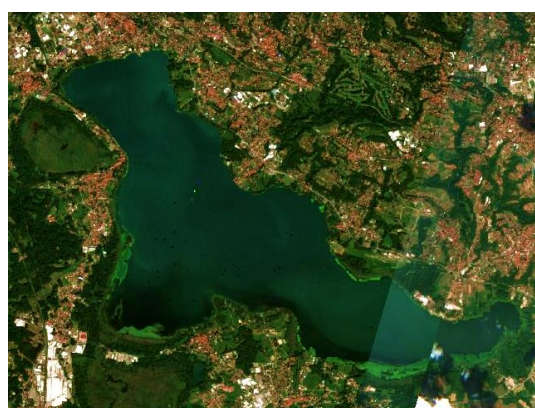
Mariano Bresciano, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 dell'11, 13, 16 e 18 settembre 2022 sono state scaricate e processate al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

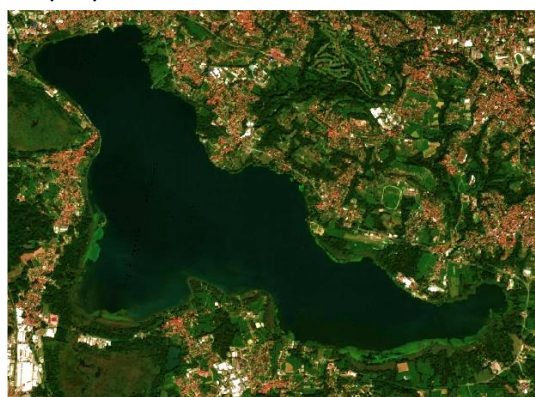
L'immagine del 13 settembre essendo interessata da copertura nuvolosa non è stata processata. Si riportano le immagini e le mappe relative alle date dell'11 e del 18 settembre, in quanto quella del 16/09 deriva dall'orbita che non include l'intero lago ed essendo molto prossima all'ultima immagine e con concentrazioni simili di Chl-a si è ritenuto di mostrare direttamente l'immagine più recente.

Le concentrazioni medie di Chl-a per le due date riportate in figura 2 sono comparabili e pari a $21,8 (\pm 1,2)$ mg m^{-3} l'11/09 e a $24,6 (\pm 0,7)$ mg m^{-3} il 18/09. A livello spaziale il lago risulta piuttosto omogeneo in termini di abbondanza di fitoplancton come mostrato dalle mappe e dalla bassa deviazione riportata in precedenza. Anche per questo periodo, non sono stati rilevati pixel con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

In figura 3 è riportata la mappa di sintesi di anomalia rispetto allo stesso periodo tardo estivo dello scorso anno: i valori medi di Chl-a attualmente sono inferiori di circa il 30% rispetto a settembre 2021.



11/09/2022 - L2A



18/09/2022 - L2A

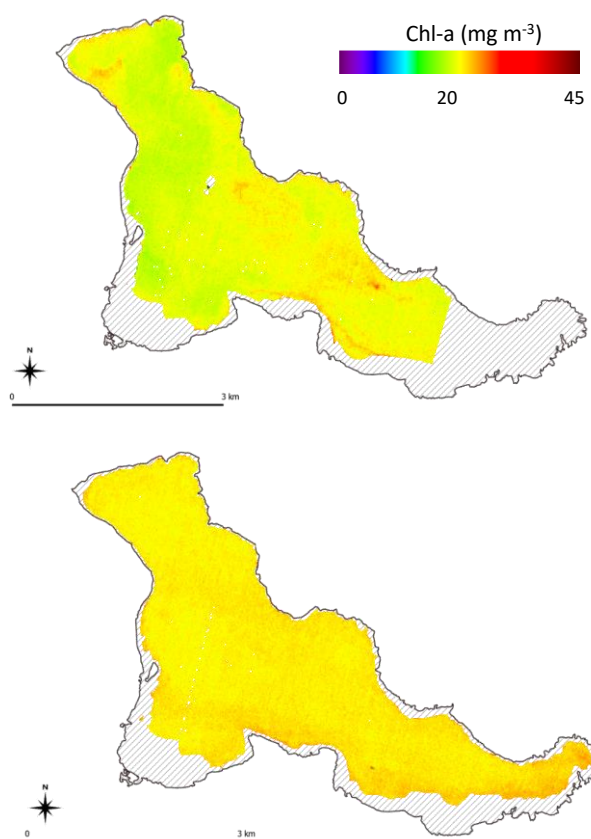


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 dell'11 e del 18 settembre 2022 in RGB, a destra le mappe di concentrazione di Clorofilla-a.

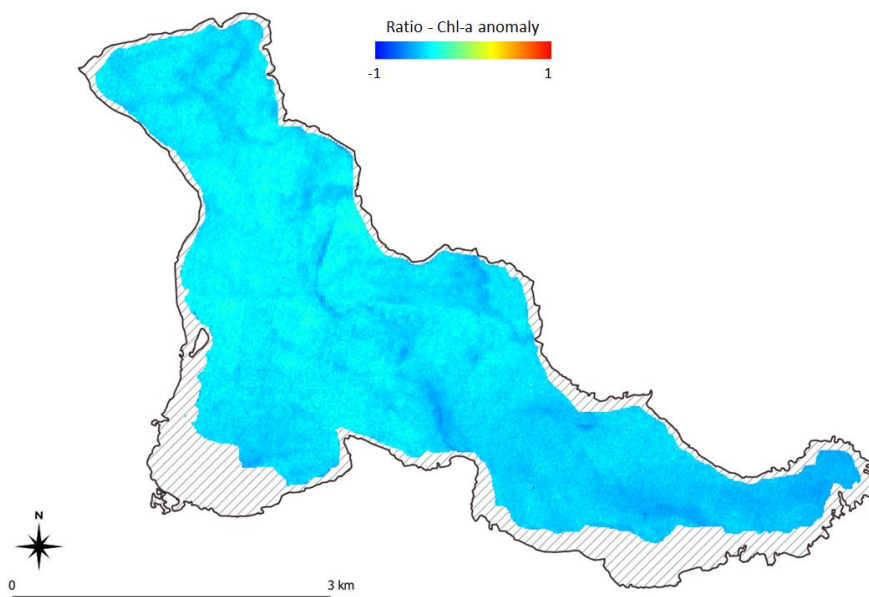


Figura 3. Mappe di anomalia di Clorofilla-a espressa in rapporto, ottenuta confrontando la mappa del 18/09 con la mappa dei valori medi stagionali (tarda estate) di chl-a misurati nel 2021.

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 23/09/2022

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 23/09/2022, 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 23/09/2022 (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: 18/09/2022, 23/09/2022, 28/09/2022).
- **μ** : il valore della media quinquennale (2017-2022) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 23/09).
- **σ** : il valore di deviazione standard quinquennale (2017-2021) dei valori di WAVI associati al timestep centrale tra i tre (in questo bollettino: 23/09).

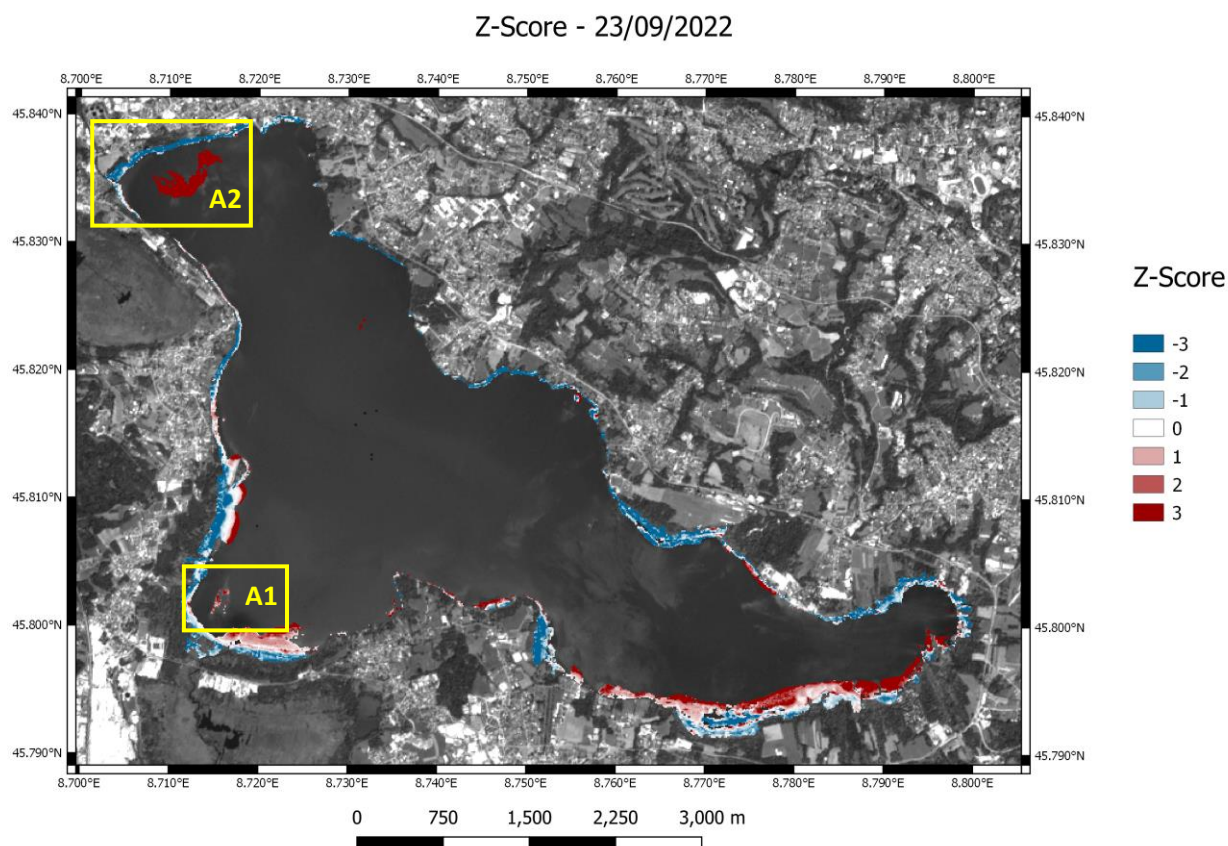


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI per la vegetazione acquatica del Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 23/09/2022, espresse come Z-Score rispetto al quinquennio precedente (2017-2022).

La situazione delle comunità di piante acquatiche aggiornata è in linea generale stabile rispetto a quella rappresentata nel precedente bollettino (si noti comunque che questo bollettino si basa su un andamento esclusivamente predittivo delle evoluzioni stesse, in quanto le immagini in date 23/09 e 28/09 presentano copertura nuvolosa pressoché totale sull'area di studio).

A seguire, si forniscono alcune note su localizzate evoluzioni delle condizioni di anomalia di densità rappresentata dall'indice WAVI, per lo più collegate all'avanzamento della fase di senescenza per alcune delle specie di interesse:

- Nell'area **A1**, l'area distaccata da riva del lamineto di castagna d'acqua (*Trapa natans*) risulta essere in recessione sia in termini di superficie occupata (al di sotto del valore minimo di WAVI preso come soglia per la vegetazione) sia per valore di Z-Score.
- Nell'area **A2** è presente un artefatto generato probabilmente dall'assenza di immagini Sentinel-2 prive di copertura per le date 23/09 e 28/09.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 26/09/2022

Mariano Bresciani, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Le immagini Sentinel-2 del 21 e 23 settembre 2022 non sono state processate perché coperte da nuvole con percentuali superiori al 90%. L'immagine del 26 settembre rimane l'unica utilizzabile dopo l'ultimo bollettino ed è stata processata al fine di ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a dello stato eufotico delle acque.

In figura 2 si riporta la mappa di concentrazione di Chl-a relativa al 26/09. Le acque del lago hanno un valore medio di Clorofilla-a pari a $16,8 (\pm 8,8)$ mg m^{-3} con una mediana pari a $20,2$ mg Chl-a m^{-3} , in linea con le precedenti mappe ottenute dalle immagini acquisite tra l'11 e il 18 settembre scorso. A livello spaziale il lago risulta piuttosto omogeneo in termini di abbondanza di fitoplancton con alcune porzioni al centro e a sud del lago con valori leggermente più alti che spiegano la deviazione standard di circa 9 mg m^{-3} rispetto al valore medio. Anche per questo periodo, non sono stati rilevati pixel con firme spettrali tipiche di aggregazioni superficiali di cianobatteri.

In figura 3 è riportata la mappa di sintesi di anomalia rispetto allo stesso periodo tardo estivo dello scorso anno: i valori medi di Chl-a attualmente sono inferiori di oltre il 40% rispetto a settembre 2021.

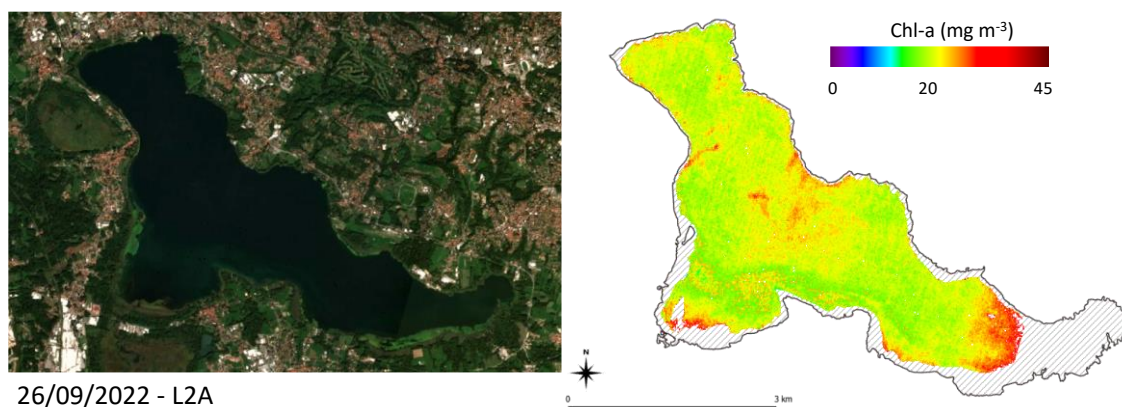


Figura 2. A sinistra immagini Sentinel-2 del 26/09/2022 in RGB, a destra la mappa di concentrazione di Clorofilla-a.

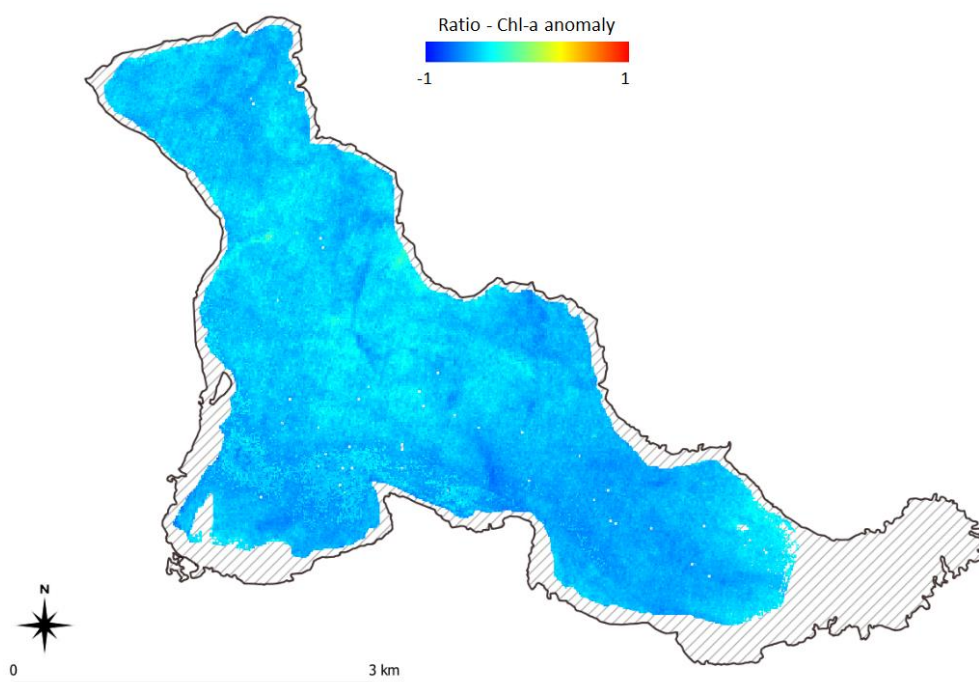


Figura 3. Mappa di anomalia di Clorofilla-a espressa in rapporto, ottenuta confrontando la mappa del 26/09 con la mappa dei valori medi stagionali (tarda estate) di Chl-a misurati nel 2021.