

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

Macroazione B “Monitoraggio dello stato delle acque del lago e del suo emissario e loro evoluzione”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 02/10/2025

A cura di:
CNR - IREA, Milano

Il presente bollettino è basato su una serie di immagini satellitari Sentinel-2 acquisite nell’ultimo mese in condizioni di completa o parziale copertura nuvolosa sulle aree di interesse. Per questo motivo, la mappa di anomalie delle macrofite e i commenti che ne derivano potrebbero essere affetti da un certo grado di incertezza. La situazione verrà aggiornata nel prossimo bollettino alla luce delle nuove acquisizioni satellitari che avverranno nelle prossime settimane.

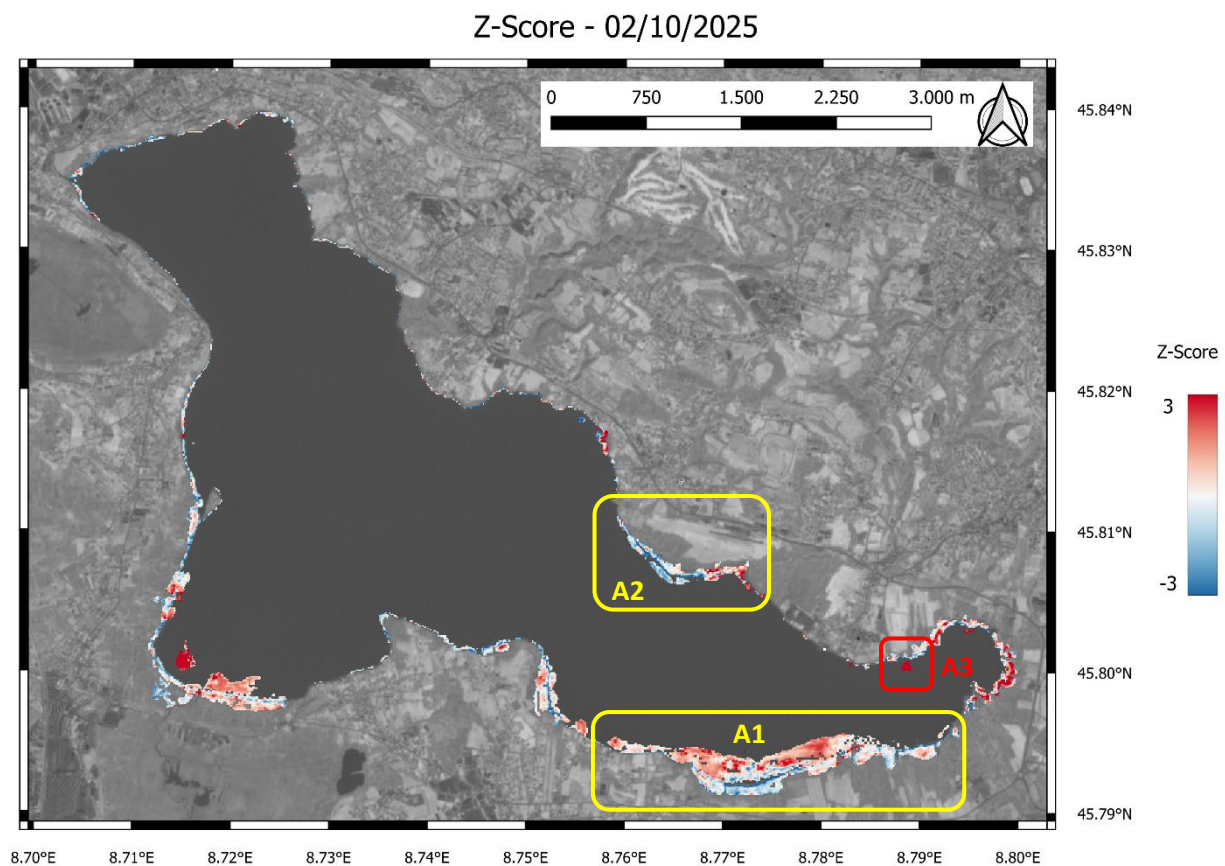


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI (proxy spettrale della densità di vegetazione acquatica) per il Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 02/10/2025, espresse come Z-Score, cioè il multiplo di deviazioni standard del valore di WAVI corrente rispetto alla situazione di riferimento (media stagionale 2017-2024).

La situazione delle comunità di piante acquatiche del Lago Varese rappresenta i primi segni dell’arrivo della fase di senescenza per la stagione 2025 per alcune comunità di macrofite, in particolare i lamineti a ninfeidi, mentre quelli dominati da castagna d’acqua continuano a mostrare valori di anomalia positivi rispetto alla situazione di riferimento, seppur in calo rispetto allo scorso mese. Per quanto riguarda i canneti ripariali,

persiste la situazione di ritardo vegetativo per i canneti sulla sponda Ovest e nei pressi della foce del Bardello mostrata nei precedenti bollettini.

Di seguito, un raffronto delle situazioni localizzate evidenziate in questa mappa:

- Nell'area **A1**, il lamineto che si sviluppa dal Porticciolo di Azzate verso Ovest presenta una generale tendenza a valori più bassi di Z-Score (media di 0.41 rispetto a 1.45 per il 02/09). L'area presenta comunque valori più alti positivi nelle zone più distaccate dalla riva, dominate da castagna d'acqua (*Trapa natans*), mentre per quelle dominate da ninfeidi (*Nuphar lutea* e *Nymphaea alba*) la fase di senescenza sembra più veloce delle stagioni precedenti.
- Nell'area **A2**, sulla sponda Nord-Est del lago in corrispondenza del campo volo di Calcinante, le comunità di nannufero (*Nuphar lutea*) presentano segni di avanzata senescenza, con un valore di Z-Score generalmente negativo (media di -0.37 rispetto a 0.76 per il 02/09) mentre quelle coperte da *Ludwigia hexapetala* mantengono valori ancora positivi di Z-score.
- L'area **A3** del lago presenta un'anomalia fortemente positiva per i valori di Z-score in zone senza la presenza di macrofite superficiali, probabilmente prodotto di distorsioni radiometriche locali (copertura nuvolosa e/o sunglint).

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 07/10/2025

A cura di:

CNR - IREA, Milano

Sono state processate 4 immagini Sentinel-2 dal precedente bollettino aggiornato al 10/09/2025, escludendo le immagini con copertura nuvolosa e mascherando parzialmente le immagini in presenza di altri disturbi (es. *sunglint*) o di macrofite, per ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a) dello strato eufotico delle acque.

Le mappe del 15 e 20/09 mostrano valori medi di Chl-a pari a $5 (\pm 2) \text{ mg m}^{-3}$ con valori maggiori registrati nella porzione sud-ovest del lago. Tali valori medi scendono sotto 2 mg m^{-3} in data 02/10, per poi risalire a $4.9 (\pm 5.5) \text{ mg m}^{-3}$ il 07/10, che presenta un'ampia variabilità spaziale nelle acque del Lago di Varese.

I valori medi misurati nel periodo 15/09 – 10/10/2025 sono decisamente inferiori rispetto a quelli misurati nello stesso periodo degli anni precedenti. Infatti, nel 2021, 2022 e 2023 nella seconda metà di settembre si sono registrati valori medi delle acque del lago di circa $15\text{-}20 \text{ mg m}^{-3}$, mentre nel 2024 nello stesso periodo i valori erano tra $10 \text{ e } 15 \text{ mg m}^{-3}$.

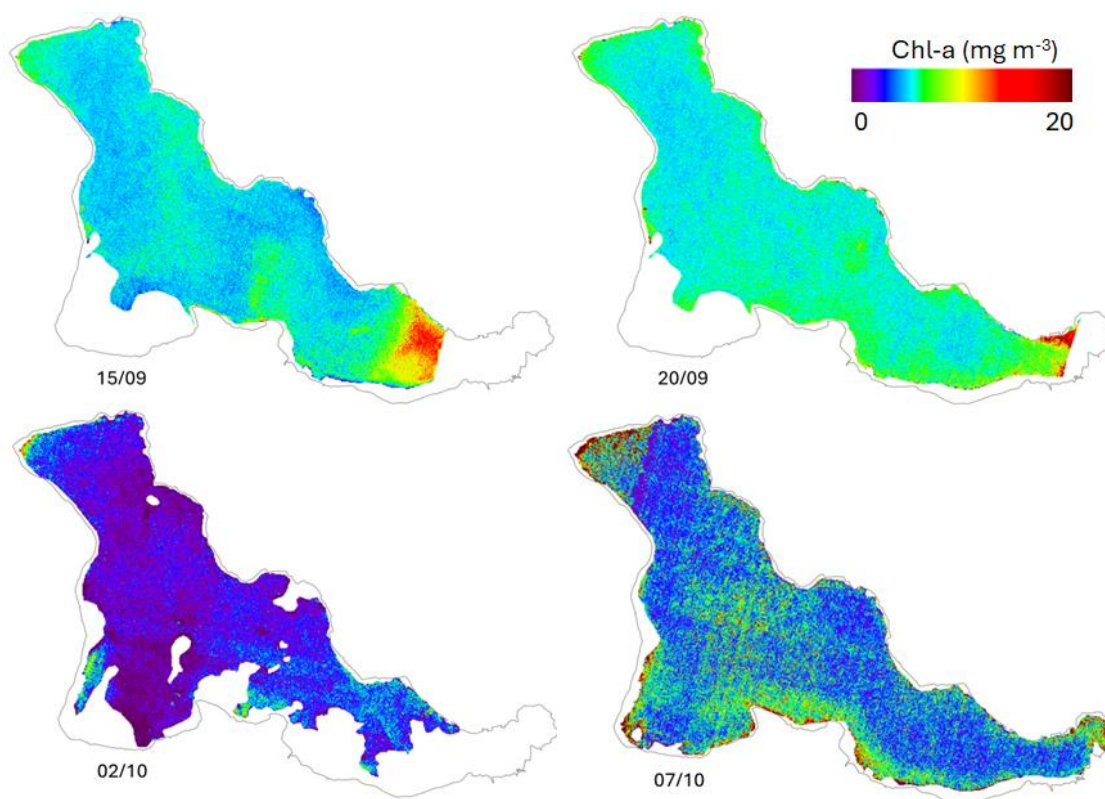


Figura 2. Mappe di concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a) del 15/09, 20/09/, 02/10 e 07/10/2025 per il Lago di Varese.

Sono stati estratti i valori medi nei cinque siti balneabili del lago dalle mappe prodotte tra il 15/09 e il 07/10 (Tabella 1). Lido di Bodio e Lido di Schiranna presentano le concentrazioni medie maggiori rispetto agli altri siti disponibili nelle date di settembre. I valori diminuiscono in tutti i siti nella data del 02/10 ed aumentano nella data del 07/10 la quale mostra le concentrazioni più elevate presso il sito Lido di Bodio seguito dal Lido di Gavirate.

Tabella 1. Concentrazioni medie (\pm dev.st) in mg m^{-3} in data 15/09, 20/09/, 02/10 e 07/10/2025 nei siti balneabili del Lago di Varese.

Sito	15/09/2025		20/09/2025		02/10/2025		07/10/2025	
	Media	dev.st	Media	dev.st	Media	dev.st	Media	dev.st
Lido di Gavirate	5.25	0.45	5.43	0.49	2.58	1.06	5.71	5.89
Ponte Isolino	4.85	0.45	5.37	0.45	1.47	0.85	3.97	1.92
Darsena	-	-	-	-	0.93	1.06	5.41	2.66
Lido di Bodio	5.54	0.97	6.37	0.88	-	-	7.32	2.32
Lido di Schiranna	12.70	1.15	5.93	0.65	2.06	1.86	4.82	2.13

Per il mese di settembre e i primi giorni di ottobre non sono state registrate fioriture abbondanti di cianobatteri (*scum*).

Dal precedente bollettino sono disponibili due immagini Landsat 8 per la temperatura, per le date 03/09 e 19/09/2025, da cui sono state ottenute due mappe di temperatura superficiale delle acque del lago di Varese (Figura 3). La media del lago è risultata essere di $24.5(\pm 0.7)^\circ\text{C}$ e $25.1(\pm 0.6)^\circ\text{C}$ in data 03/09 e 19/09/2025, rispettivamente, con valori più alti nelle zone litoranee.

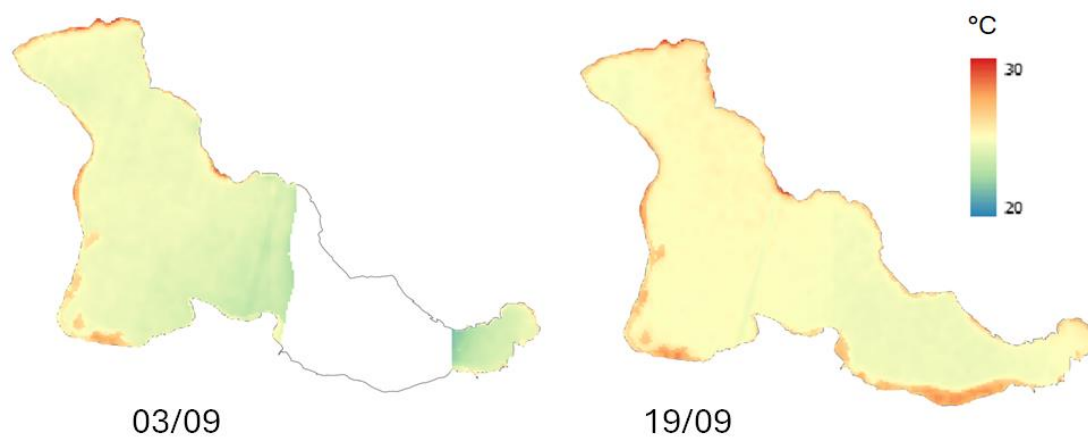


Figura 3. Mappe di temperatura per il Lago di Varese (con macrofite affioranti e zone costiere) ottenute da immagine Landsat 8 del 03 e 19 settembre 2025.

AQST “SALVAGUARDIA E RISANAMENTO DEL LAGO DI VARESE”

Macroazione B “Monitoraggio dello stato delle acque del lago e del suo emissario e loro evoluzione”.

Monitoraggio stato vegetazione acquatica – Aggiornamento al 27/10/2025

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Il presente bollettino è basato su una serie di immagini satellitari Sentinel-2 acquisite nell’ultimo mese in condizioni di completa o parziale copertura nuvolosa sulle aree di interesse. Per questo motivo, la mappa di anomalie delle macrofite e i commenti che ne derivano potrebbero essere affetti da un certo grado di incertezza.

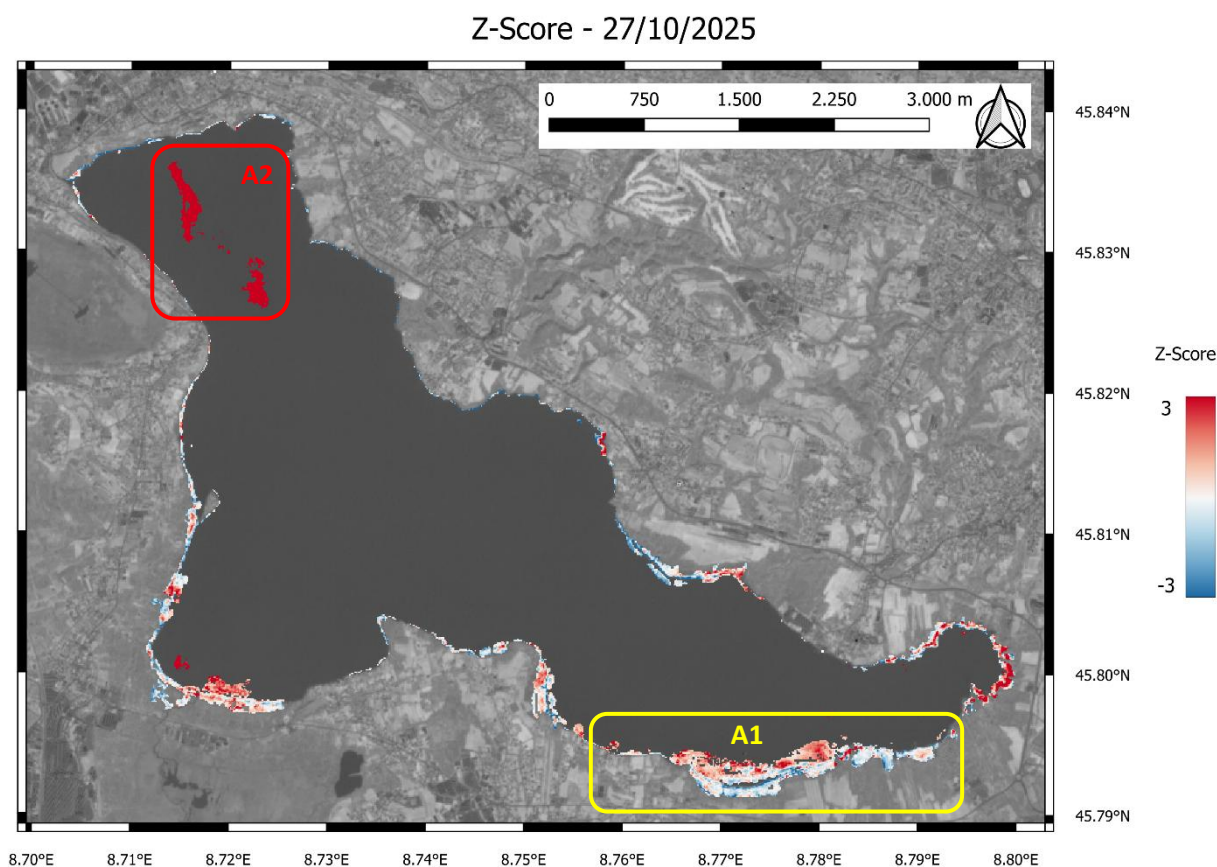


Figura 1. Mappa delle anomalie di WAVI (proxy spettrale della densità di vegetazione acquatica) per il Lago di Varese derivate da dati Sentinel-2 aggiornate alla situazione del 27/10/2025, espresse come Z-Score, cioè il multiplo di deviazioni standard del valore di WAVI corrente rispetto alla situazione di riferimento (media stagionale 2017-2024).

La situazione delle comunità di piante acquatiche del Lago Varese continua a rappresentare la fase di senescenza per la stagione 2025 per alcune comunità di macrofite, in particolare i lamineti a ninfeidi, mentre quelli dominati da castagna d'acqua continuano a mostrare valori di anomalia positivi rispetto alla situazione di riferimento, seppur in calo rispetto allo scorso mese. Per quanto riguarda i canneti ripariali, persiste la situazione di ritardo vegetativo per i canneti sulla sponda Ovest e nei pressi della foce del Bardello mostrata nei precedenti bollettini.

Di seguito, un raffronto delle situazioni localizzate evidenziate in questa mappa:

- Nell'area **A1**, il lamineto che si sviluppa dal Porticciolo di Azzate verso Ovest presenta una generale tendenza a valori più bassi di Z-Score (media di 0.28 rispetto a 0.41 per il 02/10), in riallineamento con la situazione di riferimento (media 2017-2024). L'area presenta comunque alcuni patch con valori più alti e positivi nelle zone più distaccate dalla riva, dominate da castagna d'acqua (*Trapa natans*), che vanno via via restringendosi per il termine della fase vegetativa della specie. Al contrario, le porzioni di lamineto dominate da ninfeidi (*Nuphar lutea* e *Nymphaea alba*) continuano a mostrare segni di una fase di senescenza accelerata rispetto alle stagioni precedenti (Z-score negativo).
- L'area **A2** del lago presenta un'anomalia fortemente positiva per i valori di Z-score in zone senza la presenza di macrofite superficiali, che corrispondono a porzioni di lago dove è in corso una fioritura molto intensa di fitoplancton (cianobatteri, vedi sezione seguente) con accumulo superficiale di materiale fotosintetico che può essere spettralmente confuso con vegetazione flottante.

Monitoraggio stato fitoplancton – aggiornamento al 04/11/2025

Mariano Bresciani, Monica Pinardi
CNR - IREA, Milano

Sono state processate 3 immagini Sentinel-2 dal precedente bollettino aggiornato al 07/10/2025, escludendo le immagini con copertura nuvolosa e mascherando parzialmente le immagini in presenza di altri disturbi (es. *sun glint*) o di macrofite, per ottenere informazioni relative alla concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a) dello strato eufotico delle acque.

Le mappe del 24 e 27/10 mostrano valori medi di Chl-a pari a $43.8 (\pm 12.5) \text{ mg m}^{-3}$ e $31.6 (\pm 13.0) \text{ mg m}^{-3}$, rispettivamente (Figura 2). L'ultima data disponibile (3/11) mostra però una consistente diminuzione della fioritura algale con valori medi per il lago pari a $2.10 (\pm 2.5)$. Le concentrazioni maggiori si sono registrate nella porzione sud e sud-est del lago.

Le mappe prodotte evidenziano un'intensa fioritura algale nell'ultima decade di ottobre, che ricalca quanto avvenuto a fine ottobre 2024, quando sono state osservate fioriture algali dello stesso ordine di grandezza (valore medio del lago pari a 53.0 e 40.3 mg m^{-3} il 30/10 e il 01/11/2024, rispettivamente).

I valori osservati negli ultimi dieci giorni di ottobre 2025 se confrontati con i valori medi del lago di Varese del periodo autunnale secondo la WFD, risultano in linea con quanto osservato negli anni precedenti dal 2021 al 2024, ad eccezione del 2022 che mostrava valori medi del periodo decisamente inferiori (9 mg m^{-3}).

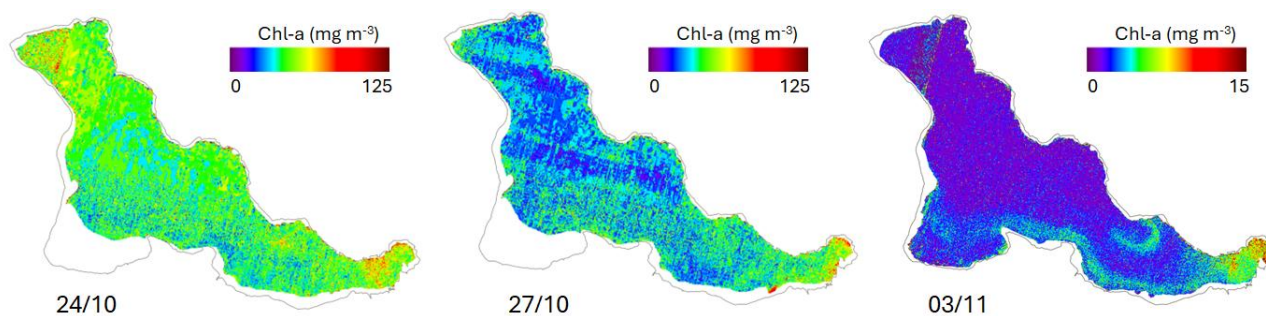


Figura 2. Mappe di concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a) del 24/10, 27/10 e 03/11/2025 per il Lago di Varese.

Campagna di raccolta dati in situ (04/09/2025) e acquisizione satellitare VHR (05/09/2025)

Alessandro Quirino Scotti, Paolo Villa
CNR - IREA, Milano

Il 4 settembre 2025 è stato realizzato un campionamento *in situ* (da barca e a terra) finalizzato a raccogliere dati ottici su target di interesse (acqua, macrofite flottanti ed emergenti, superfici artificiali invarianti), preliminare all'acquisizione di una scena multispettrale ad alta risoluzione spaziale (pixel al suolo di 2 m) del satellite Legion-2, programmata *ad hoc* per le attività di progetto.

In figura 3 sono rappresentati i punti in cui sono stati effettuati campionamenti sia in relazione alla caratterizzazione ottica di acqua (W1-W5), vegetazione acquatica (LH, NL, PA, TN) e target artificiali invarianti (I1-I4).

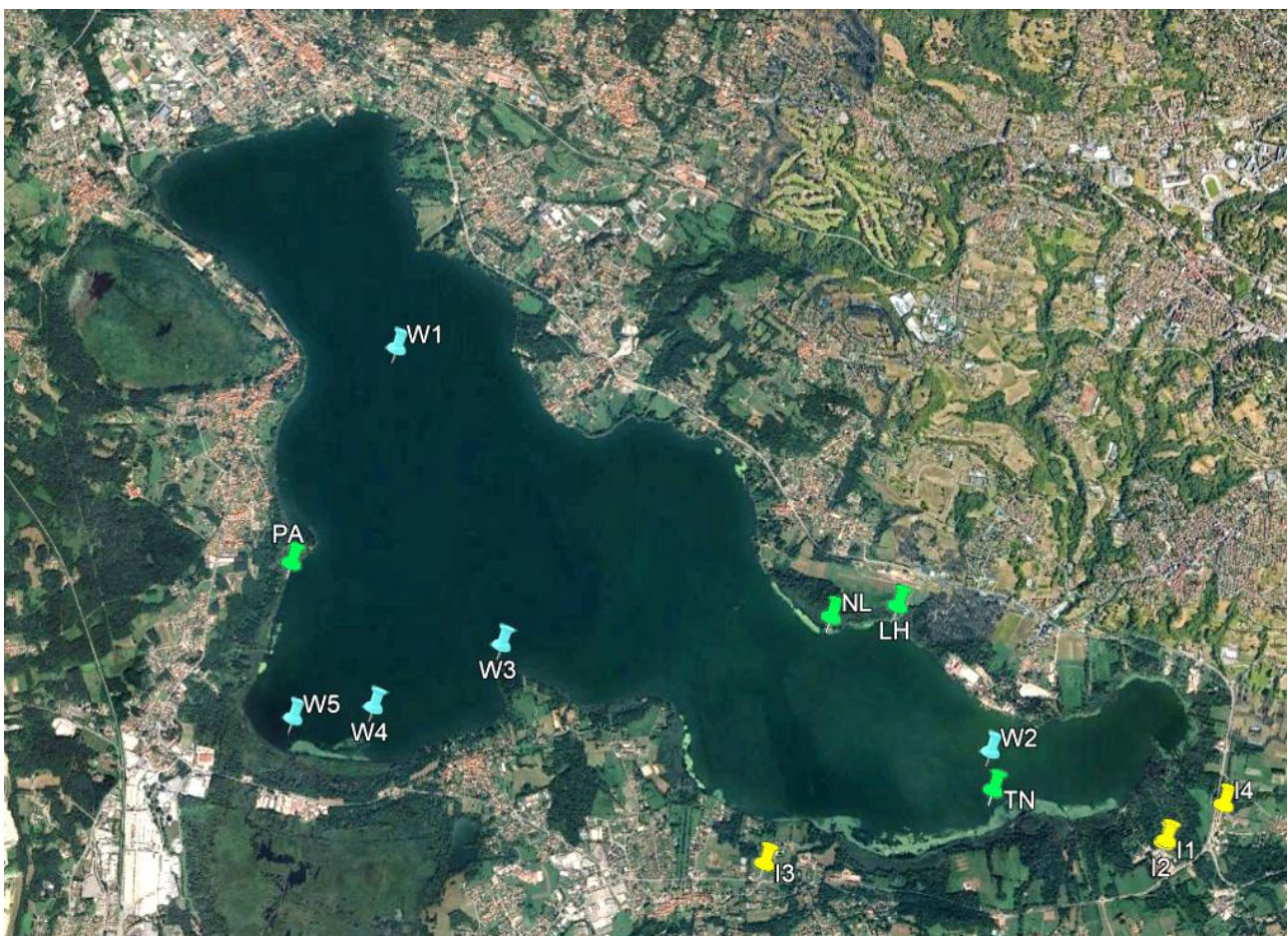


Figura 3. Localizzazione delle differenti stazioni di misure spettroradiometriche e limno-ecologiche effettuate in data 4 Settembre 2025.

Le misure spettroradiometriche sono state effettuate con lo spettroradiometro Spectral Evolution SR-3500 del CNR-IREA.

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

La scena satellitare Legion-2 (8 bande spettrali nel range del visibile e infrarosso vicino: 420-840 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 4).

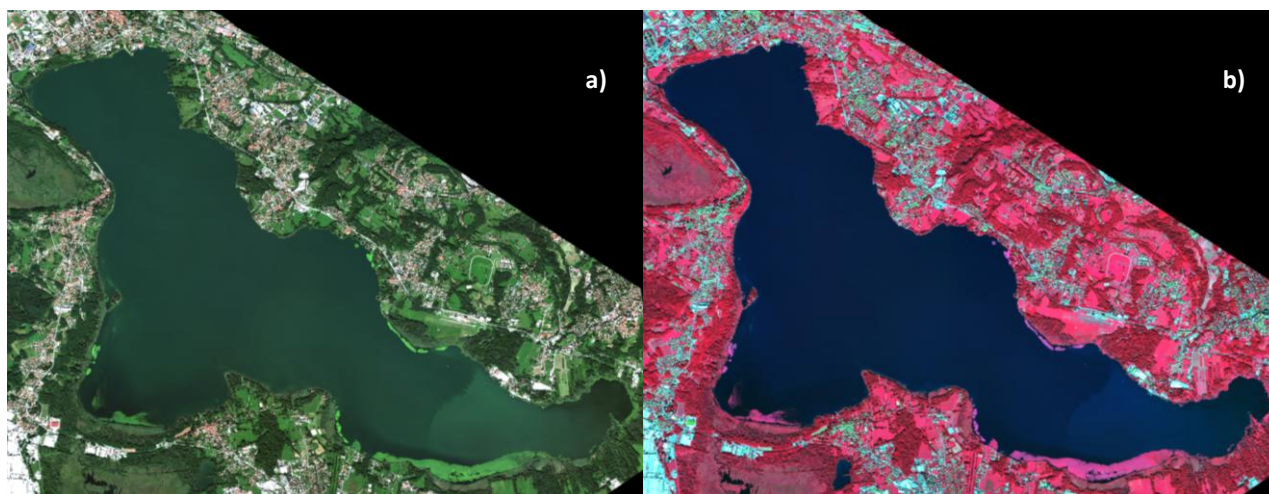


Figura 4. Scena satellitare ad alta risoluzione Legion-2 acquisita il 5 Settembre 2025: a) visualizzazione in colori naturali; b) visualizzazione in infrarosso falso colore (che evidenzia la presenza e il vigore della vegetazione nei toni del rosso).

Il confronto tra le firme spettrali di riflettanza (Refl) ricavate dall'immagine Legion-2 del 5 Settembre 2025 e quelle misurate con lo spettrometro SR-3500 in situ il 4 Settembre 2025, usate come riferimento, mostra una lieve sottostima della riflettanza per alcuni target più complessi (vegetazione acquatica e invariante scuro I2) (Figura 5); tale sottostima, collocata entro il limite di errore radiometrico assoluto del 5%, non inficia la possibilità di utilizzo del dato Legion-2 per le successive mappature di parametri vegetazionali. Per quanto riguarda il confronto tra gli spettri estratti dall'immagine Legion-2 e quelli misurati in situ va considerata la differenza di un giorno, che può incidere molto per i target acquatici, vista la dinamica veloce che li caratterizza. In ogni caso, nonostante le differenze assolute in riflettanza tra gli spettri di riferimento e quelli estratti da satellite – mediamente più alti di qualche punto percentuale in riflettanza (2-3%) – si nota che il gradiente spettrale tra le cinque stazioni di acqua è lo stesso per entrambe le tipologie di dato.

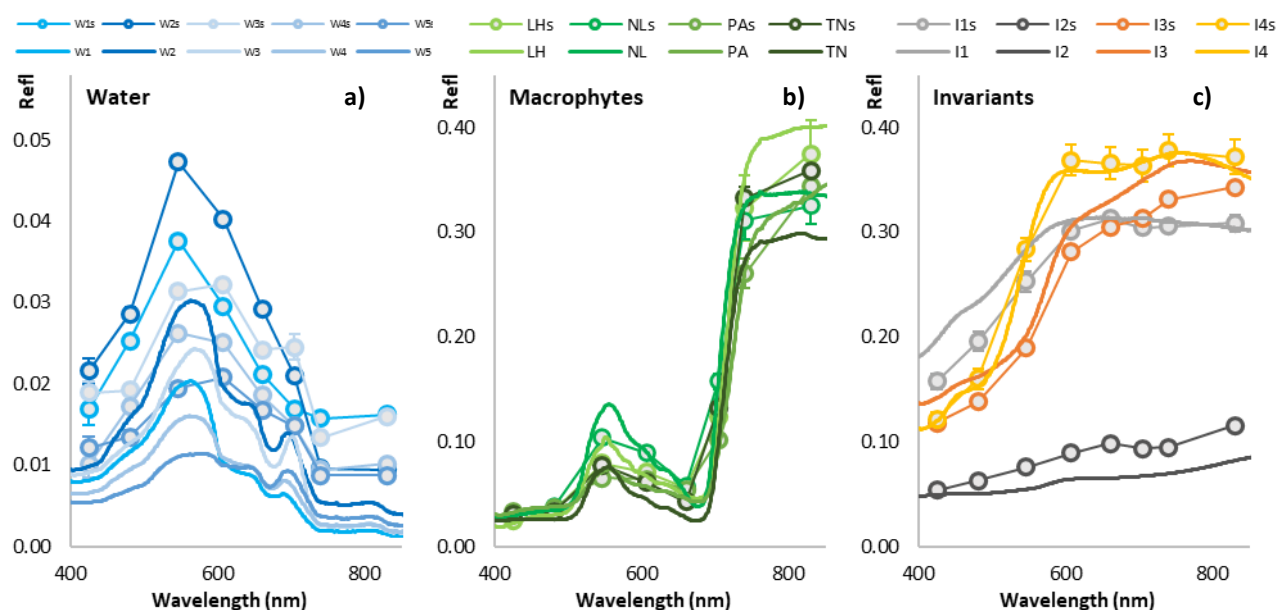


Figura 5. Confronto tra le firme spettrali acquisite in situ (linee continue) e derivate dalla scena Legion-2 (linee a segmenti con pallini) del 4 Settembre 2025: a) campioni superficiali di acqua; b) campioni di vegetazione acquatica (flottante ed emergente); c) target artificiali invarianti.