



INDAGINI PERTUSILLO

30 dicembre 2022 – 19 gennaio 2023

A CURA DI

Dott.ssa Teresa Trabace

Responsabile di Area
Biologia Ambientale ed Ecotossicologia
ARPAB

HANNO COLLABORATO

Dott.ssa Annunziata Marraudino

Dott.ssa Giovanna Filippo

Dott. Antonio Oscar Lillo

Dott. Gianvito D'Orlando

Dott.ssa Antonella D'Amore

Tecnici

Salvatore Longo

Alessandro Pipino

Nicola Baldassarre

Lorena Di Giuseppe

Andrea Serrao

Il Direttore Tecnico Scientifico

dott. Achille Palma

Sintesi

In data **28 dicembre 2022** personale tecnico di ARPAB si è recato in ispezione sull'invaso del Pertusillo finalizzato all'accertamento delle anomalie segnalate. Dall'analisi dell'ispezione visiva non si evidenziavano presenze di macchie di colorazione scura sullo specchio d'acqua dell'invaso.

In data **30 dicembre** il personale tecnico di ARPAB, si è nuovamente recato sull'Invaso del Pertusillo ed in particolare allo **sbarramento (VL2) e presso Masseria Crisci (VL5)** per effettuare campionamenti. Allo **sbarramento dell'invaso (VL2)** la colorazione dell'acqua appariva verde scuro e di conseguenza sono stati avviati rilievi dei parametri chimici e chimico-fisici mediante l'ausilio di una sonda multiparametrica fino alla profondità di 30 metri (profondità massima consentita). Sono stati rilevati il pH, la conducibilità, la temperatura, la clorofilla, ossigeno disciolto e potenziale redox. Contestualmente sono stati prelevati campioni di acqua superficiale, a 3 metri di profondità mediante l'ausilio di una bottiglia di Niskin destinati ai laboratori di Biologia Ambientale ed Ecotossicologia e ai laboratori Chimici. I campioni prelevati sono stati trattati, stabilizzati e trasferiti ai laboratori che hanno avviato le **analisi chimiche, chimico-fisiche, ecotossicologiche, microbiologiche e tassonomiche**. Le stesse operazioni di campionamento sono state effettuate sulle sponde dell'invaso presso **Masseria Crisci (VL5)**.

I campioni di acqua tal quale, delle stazioni sopra riportate, sono stati esaminati al microscopio **già in serata del 30 dicembre** . Da una prima analisi del 30 dicembre era emerso che era in atto un fenomeno di proliferazione algale e non una fioritura algale tale da rilevare la dominanza di un'unica specie. Contestualmente si è proceduto all'invio dei campioni ai laboratori chimici per la ricerca degli idrocarburi e altri contaminanti.

In data **2 gennaio 2023** i tecnici hanno proseguito le stesse indagini presso la diga del Pertusillo e nello specifico sulle stazioni **VL4 della diga in prossimità di Grumento** all'ingresso del fiume Agri e **VL3 diga in prossimità di Spinoso**.

Il **3 gennaio 2023** sono stati ripetuti i prelievi sulle stazioni **VL2 sbarramento** e **VL5 masseria Crisci** per le analisi di caratterizzazione e studio della comunità fitoplanctonica.

Il **10 gennaio 2023** sono stati effettuati nuovamente i prelievi sulle **stazioni VL2, VL3 e VL4** per proseguire *lo studio della comunità fitoplanctonica*.

Dalle indagini condotte fino al 12 gennaio, il fenomeno di **proliferazione algale** aveva iniziato ad evolversi verso una probabile fioritura algale. Altresì sono stati condotti test di ecotossicologia che non rilevano presenza di tossicità nel lago. **I campioni analizzati non hanno evidenziato presenza di idrocarburi di origine petrogenica.**

A tutt'oggi il fenomeno viene monitorato e studiato anche mediante l'analisi di **immagini satellitari di SENTINEL-2** con elaborazioni di indici.

Il **giorno 13 gennaio** è stato condotto un campionamento superficiale e lungo la colonna d'acqua, mediante l'ausilio di imbarcazione, per effettuare indagini e prelievi lungo un transetto che segue la lunghezza dell'invaso, dall'ingresso del fiume Agri allo sbarramento e nelle sue insenature finalizzato a confermare o escludere mediante successiva analisi microscopica l'ipotesi di **fioritura algale**.

TALE IPOTESI È STATA CONFERMATA E IL FENOMENO È A TUTT'OGGI IN AUMENTO. LA BIOMASSA ALGALE DA NOI REGISTRATA HA COLONIZZATO LA DIGA DALL' INGRESSO DEL FIUME AGRI IN DIREZIONE DELLO SBARRAMENTO FINO ALL'ALTEZZA DEL COMUNE DI MONTEMURRO

IL FENOMENO DI FIORITURA ALGALE CHE STA INTERESSANDO L'INVASO DEL PERTUSILLO E' DOVUTO A UN UNA DINOFIGEA GENERE *Gymnodinium* cf *Biecheleria pseudopalustris*.

E' STATO ATTIVATO UN MONITORAGGIO DI INDAGINE FINO A CONCLUSIONE DEL FENOMENO.

I report che seguiranno per dare evidenza dell'evoluzione della situazione riporteranno anche le risultanze delle analisi eseguite presso tutti i nostri laboratori sia chimici che biologici.

Premessa

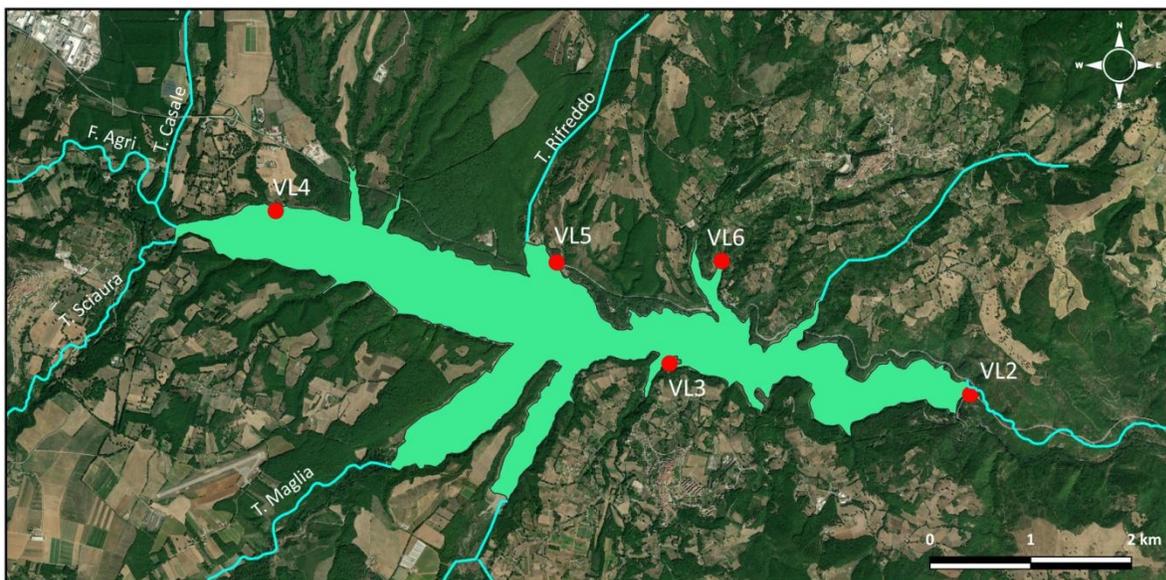
D.Lgs 152/06 definisce come "lago" un corpo idrico naturale lentico, superficiale, interno, fermo, di acqua dolce e dotato di significativo bacino scolante. Non sono considerati ambienti lacustri tutti gli specchi d'acqua derivanti da attività estrattive, gli ambienti di transizione, quali sbarramenti fluviali di tratti di corsi d'acqua in cui la corrente rallenta fino ad un tempo di ricambio inferiore ad una settimana e gli ambienti che mostrano processi di interrimento avanzati che si possono definire come zone umide.

Vengono invece definiti "invasi" i corpo idrici fortemente modificati, naturali-ampliati o artificiali. Un invaso è un sistema disomogeneo, che mostra una elevata variabilità spazio-temporale ed è soggetto spesso ad eventi di disturbo.

E' noto che per effetto di attività antropiche le acque superficiali vanno spesso incontro a fenomeni di arricchimento in nutrienti che potrebbe determinare, nei sistemi stagnanti o a basso idrodinamismo, il fenomeno dell'eutrofizzazione la cui risposta biologica è l'aumento della biomassa algale.

AREA DI INDAGINE

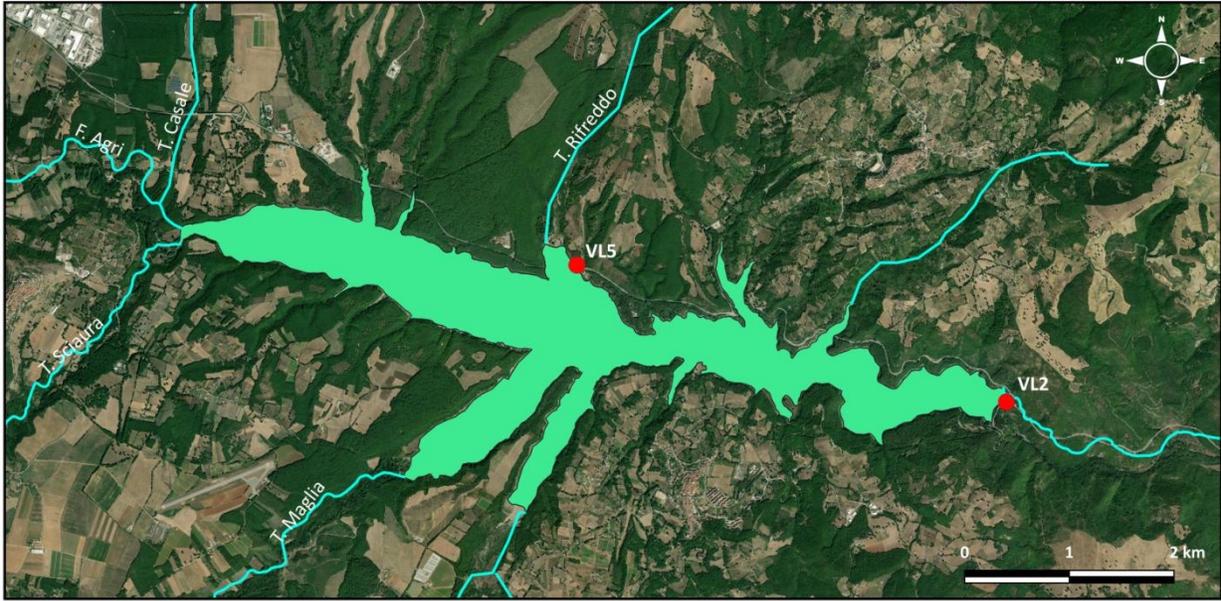
Di seguito sono state riportate l'ubicazione delle stazioni di indagini condotte **dal 30 gennaio fino all'11 gennaio 2023** e la campagna di indagine del **13 gennaio 2023** mediante l'ausilio dell'imbarcazione.



**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO**

Legenda	
● VL2 - Sbarramento Diga	● VL5 - Diga prossimità Masseria Crisci
● VL3 - Diga prossimità Spinoso	● VL6 - Diga prossimità Montemurro
● VL4 - Diga prossimità Grumento	— Corpi idrici fluviali

Stazione	Descrizione	Data	Descrizione prelievo campioni	
VL2	Sbarramento Diga	30/12/2022	Superficiale	-3 metri
		03/01/2023	Superficiale	-3 metri
		10/01/2023	Superficiale	-3 metri
VL3	Diga prossimità Spinoso	02/01/2023	Superficiale	
		10/01/2023	Superficiale	
VL4	Diga prossimità Grumento	02/01/2023	Superficiale	
VL4_1		10/01/2023	Superficiale	
VL4_2		10/01/2023	Superficiale	
		10/01/2023	Superficiale	
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	30/12/2022	Superficiale	
		03/01/2023	Superficiale	
		11/01/2023	Superficiale	
VL6	Diga prossimità Montemurro	11/01/2023	Superficiale	
VL7	Diga prossimità torrente Maglia	11/01/2023	Superficiale	
VL7_1		11/01/2023	Superficiale	
VL7_2		11/01/2023	Superficiale	



**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO
30/12/2022**

Campionamento a -3 metri (VL2); Campionamento superficiale (VL5)

Legenda

- VL2 - Sbarramento Diga
- VL5 - Diga prossimità Masseria Crisci
- Corpi idrici fluviali





**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO
02/01/2023**

Campionamento Superficiale per tutte le stazioni

Legenda

- VL3 - Diga prossimità Spinoso
- VL4 - Diga prossimità Grumento
- Corpi idrici fluviali



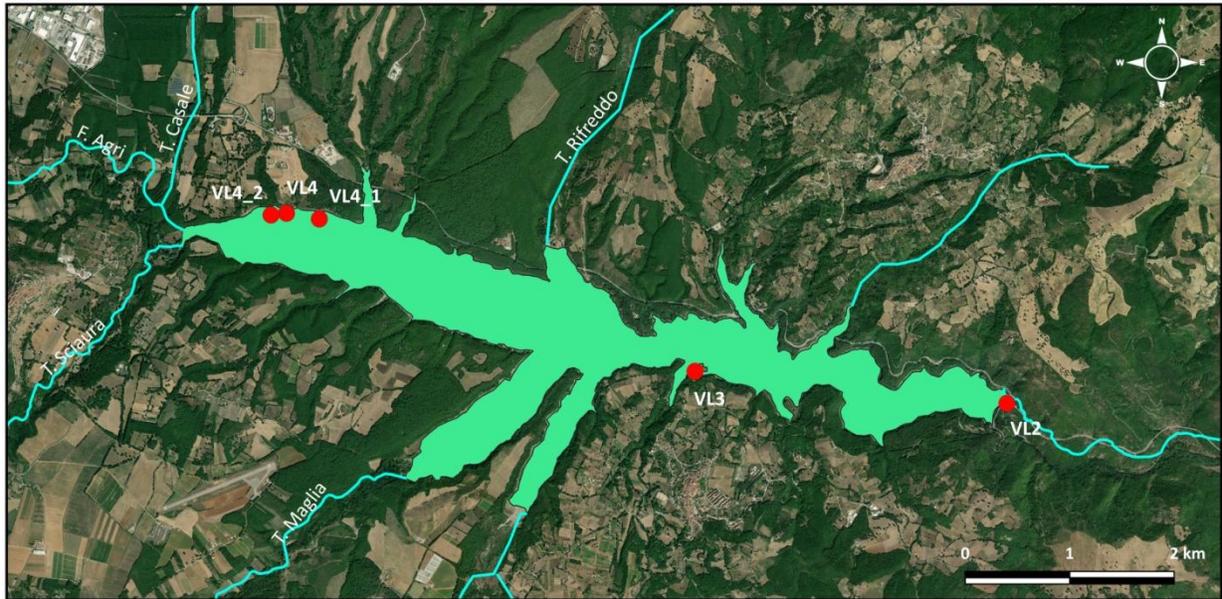
VL3 – Diga prossimità Spinoso



VL4 Diga prossimità Grumento



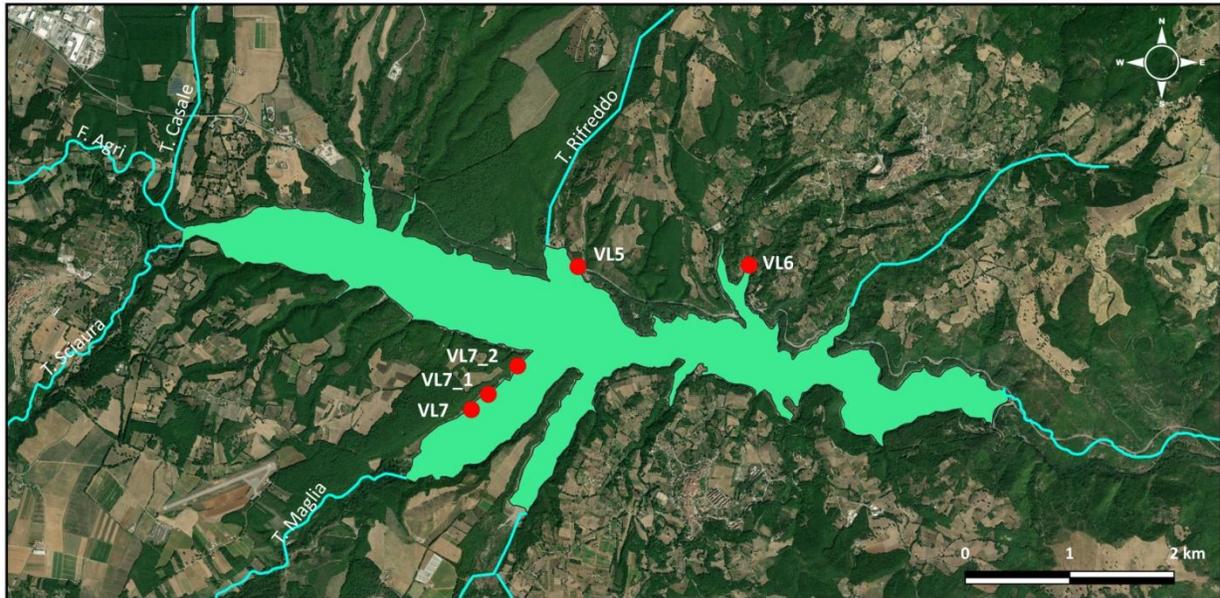
VL4_Diga prossimità Grumento



**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO
10/01/2023**

Campionamento a -3 metri (VL2); Campionamento superficiale (VL3,VL4,VL4_1,VL4_2)	
Legenda	
● VL2 - Sbarramento Diga	● VL4_1 - Diga prossimità Grumento
● VL3_Diga prossimità Spinoso	● VL4_2 - Diga prossimità Grumento
● VL4_Diga prossimità Grumento	— Corpi idrici fluviali





Campionamento Superficiale per tutte le stazioni



**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO
11/01/2023**

Legenda

- VL5 - Diga prossimità Masseria Crisci
- VL6 - Diga prossimità Montemurro
- VL7 - Diga prossimità torrente Maglia
- VL7_1 - Diga prossimità torrente Maglia
- VL7_2 - Diga prossimità torrente Maglia
- Corpi idrici fluviali



Sin dalle prime analisi condotte sui campioni del **30 dicembre** era stato rilevato un **fenomeno di proliferazione algale**.

Il Fitoplancton è un *indicatore dello stato di qualità delle acque* secondo quanto previsto dalla **DIRETTIVA QUADRO ACQUE, D.M. 260/2010 Paragrafo A.4.2.1** in quanto è un elemento chiave della rete trofica nell'ecosistema lacustre essendo correlato alla trofia.

La diversificazione delle forme, nel caso del fitoplancton, è strettamente correlata alla necessità di sfruttare nel modo migliore le diverse nicchie ecologiche offerte dalla eterogeneità dell'ambiente lacustre:

- Temperatura e densità dell'acqua
- Radiazione luminosa
- Nutrienti

Le alghe fitoplanctoniche, visibili solo al microscopio ottico sono le alghe che rivestono maggiore interesse per la valutazione della qualità delle acque destinate alla produzione di acqua potabile. Sono organismi vegetali fotoautotrofi e comprendono specie unicellulari, pluricellulari e coloniali.

Particolare rilievo assume la determinazione numerica e tassonomica delle alghe appartenenti a specie potenzialmente tossiche e a specie capaci di produrre sostanze odorigene. Infatti, con adeguate condizioni ambientali, le alghe possono produrre spessi strati di cellule nei corpi idrici superficiali. Le fioriture o blooms algali sono comunemente costituite da Cianobatteri, molte specie dei quali sono in grado di produrre diverse categorie di tossine. Altri taxa producono sostanze che conferiscono odori o sapori particolari all'acqua: Crisoficee, Criptoficee, alcune specie di Dinoficee pigmentate, di Cloroficee e di Diatomee.

Il fitoplancton rappresenta la componente vegetale del plancton dei laghi e costituisce il principale produttore primario in questo tipo di ecosistemi, svolgendo un ruolo chiave nei cicli biogeochimici.

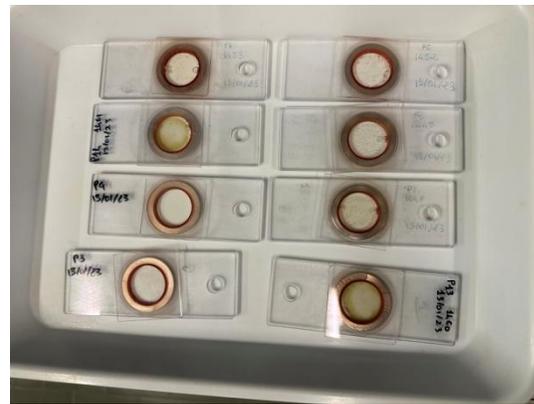
Nelle acque interne i principali gruppi sono rappresentati da (Tonolli, 1964) :

- **Cianoficee:** specie frequentemente eterotrofe; alcune di esse (es. *Anabaena*, *Aphanizomenon*) hanno capacità azoto-fissatrice.
- **Diatomee:** sono caratterizzate da un corpo cellulare racchiuso tra due teche silicee, o frustuli.
- **Dinoflagellati:** sono alghe per lo più unicellulari dotati di una corazza, più o meno spessa ed ornata, di natura cellulosica.
- **Cloroficee:** dette anche alghe verdi, hanno un colore verde brillante e comprendono organismi unicellulari, forme coloniali,(specie pluricellulari, filamentose, non ramificate).
- **Criptoficee:**alghe unicellulari, prive di membrana e con due flagelli lunghi all'incirca come la cellula stessa.
- **Crisoficee:** hanno una tipica colorazione bruna-dorata, possono essere provviste di flagelli e si ritrovano preferibilmente in acque correnti fredde, in sorgenti, e nei laghi durante la primavera e l'autunno. Sono prive di parete cellulare o protette da una membrana sottile ricoperta da delicate piastre silicee; sono per lo più solitarie o coloniali.

Si tratta di organismi con un ciclo vitale breve e tasso di metabolismo delle sostanze molto elevato, hanno tempi di ricambio molto ridotti, anche di poche ore; ciò comporta che le comunità si modificano velocemente in risposta ai diversi fattori di alterazione. Le variazioni nella composizione dei popolamenti fitoplanctonici e quelle dimensionali delle singole specie risultano essere strettamente correlate alle alterazioni dello stato trofico conseguenza dell'arricchimento in nutrienti dovuto a immissioni antropogeniche (es. scarichi) o alla riduzione del regime idrologico per ragioni naturali o antropiche oltre che alle variazioni stagionali di fattori abiotici quali temperatura, irraggiamento, torbidità delle acque.

Fattori di pressione di questo tipo possono sfociare in un disequilibrio nella struttura della comunità con incremento di biomassa, della produzione primaria e della frequenza di blooms algali (fioriture) con dominanza di uno o pochi taxa tolleranti.

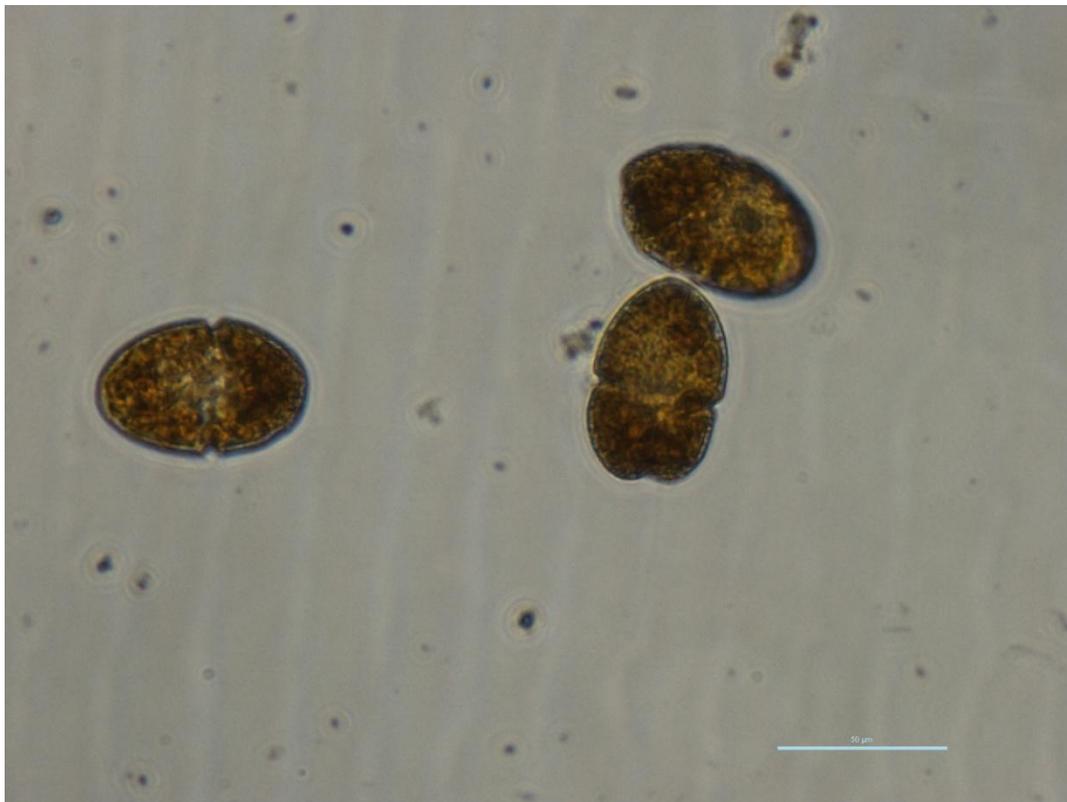
Il metodo da noi utilizzato prevede l'osservazione diretta al microscopio ottico invertito Nikon ECLIPSE Ti2 con obiettivi 10x, 20x, 40x, 60x e 100x e al microscopio diritto Nikon ECLIPSE Ni con ingrandimenti 60x e 100x, dopo sedimentazione del campione di acqua in apposite camere (Utermohl). In questo modo viene assicurata l'osservazione di un campione inalterato, poiché il materiale particolato in esso contenuto viene osservato direttamente dopo un solo passaggio di sedimentazione spontanea; viene contestualmente consentita la valutazione microscopica e macroscopica delle caratteristiche morfologiche degli individui presenti e di stabilire il numero delle cellule algali.

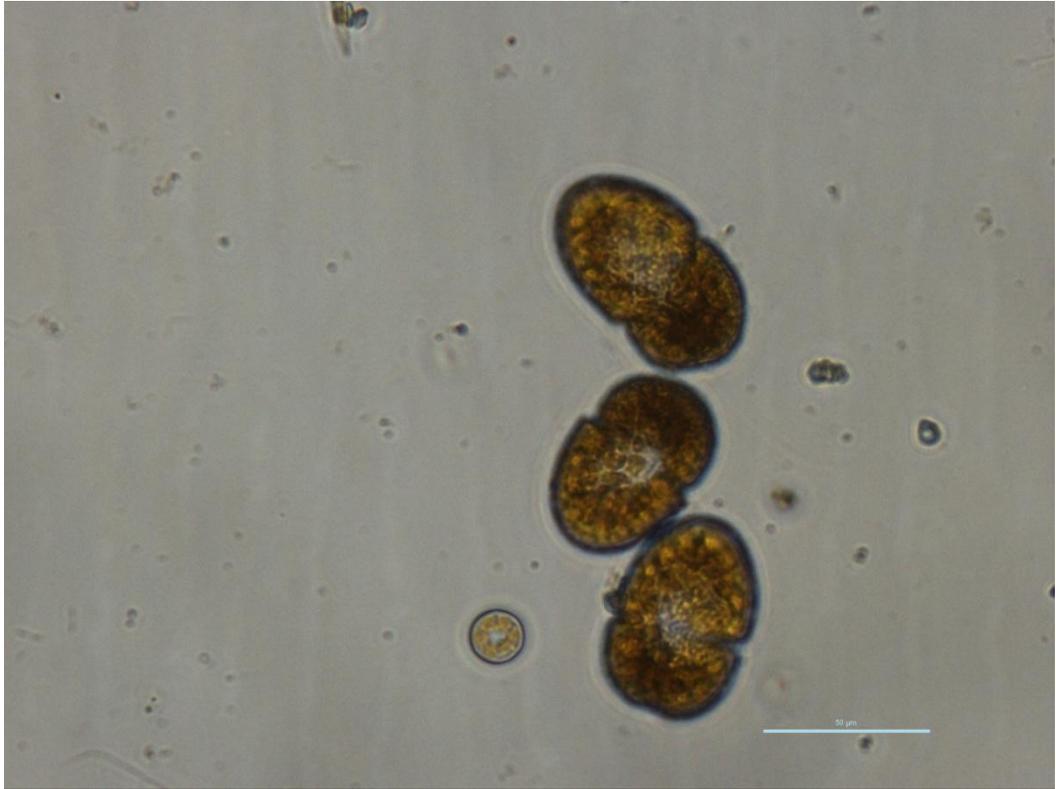


Dai primi risultati ottenuti, mediante il campionamento da terra lungo il perimetro della diga e dallo sbarramento è emerso che la **proliferazione algale** è dovuta alla presenza della **Dinoficea** appartenente al PHYLUM PYRROPHYTA, ORDINE dei GYMNODINIALES, GENERE *Gymnodinium cf Biecheleria pseudopalustris*.

Il phylum dei Pyrrophyta è una divisione che comprende alghe microscopiche facenti parte della comunità planctonica sia marina, sia d'acqua dolce e aventi una colorazione che varia dal giallo-verde al marrone-oro. Sono unicellulari, autotrofi, generalmente bi-flagellate e comprende la classe dei dinoflagellati e dei criptomonadi (<https://www.merriam-webster.com/dictionary/Pyrrophyta>). In particolare, i dinoflagellati presentano il nucleo ben definito e proporzionato, posto in maniera centrale alla cellula, identificato per la presenza quasi permanente di DNA condensato in cromosomi. Quest'ultimi appaiono di forma bastonecellare quando visualizzati al microscopio elettronico (Lewis, J.M. & Dodge, J.D., 2011). Nella parte più esterna della parete, questa microalga appare di forma ovoidale, con una scissura chiamata cingulum che percorre l'intera cellula; possiede due flagelli di dimensioni differenti: caratteristica fondamentale dei dinoflagellati (Lewis, J.M. & Dodge, J.D., 2011). Generalmente questo gruppo, comprende specie con rivestimento esterno (corazza) più spesso e altre con un rivestimento più sottile che vengono definite come 'non corazzate' (Lewis, J.M. & Dodge, J.D., 2011). All'interno del phylum Pyrrophyta si ritrova l'ordine dei Gymnodinales, distinto, oltre che dalle caratteristiche generali sopracitate, dall'aver una cellula appiattita dorso-ventralmente priva di piastre tecali e la presenza, nel suo citoplasma, di numerosissime vescicole tecali, di forma poligonale, situate nella zona periferica (Lewis, J.M. & Dodge, J.D., 2011; Hansen G. & Flaim G., 2007). Tra le varie specie appartenenti al suddetto ordine, si ritrova *Gymnodinium cf pseudopalustre* (Wołoszyńska) A. J. Sciller 1933, una microalga ovoidale, con apex arrotondato e antapex scavato. Le dimensioni variano dai 21 ai 34 µm, per quanto riguarda la larghezza, e dai 24 ai 42 per la lunghezza (Lewis, J.M. & Dodge, J.D., 2011). Possiedono un epicono (parte superiore della cellula) semisferico, mentre l'ipocono (parte inferiore) si presenta conico con una scissura profonda al termine del solco trasversale. La caratteristica principale della specie è rappresentata dal *cingulum*

pressoché in posizione mediana con il margine posteriore più pronunciato (Lindberg, Karin & Daugbjerg, Niels., 2009). La disposizione dei cloroplasti rispecchia quella generale dell'ordine Gymnodinales e, in prossimità del nucleo, si manifestano due corpi di color arancio. La riproduzione è sessuata e avviene per divisione trasversale (Stosch, H.A. von., 1973). Durante i periodi non favorevoli allo stadio vegetativo, *G. pseudopalustre* è capace di formare cisti che restano in quiescenza fino a condizioni climatiche più ottimali (Stosch, H.A. von, 1973) che si aggirano attorno ai 15°C (Lindberg, Karin & Daugbjerg, Niels, 2009) . Come ben risaputo, la tassonomia delle specie sia animali che vegetali, è in continuo cambiamento a causa delle diverse scuole di pensiero degli studiosi. A tal proposito, spesso, *Gymnodinium pseudopalustre* è stata sinonimizzata al genere *Woloszynskia* - diventando *Woloszynskia pseudopalustris*. Successivamente è stata assimilata come ***Biecheleria pseudopalustris*** (Lindberg, Karin & Daugbjerg, Niels, 2009). Da studi condotti da alcuni ricercatori della Danimarca si può affermare che la specie sia presente, ad intervalli regolari in diverse zone della nazione (Lindberg, Karin & Daugbjerg, Niels., 2009).





La tabella seguente riporta solamente il numero delle cellule litro di *Gymnodinium sp.* e non tutta la comunità fitoplanctonica, in quanto il numero di campioni finalizzato alla descrizione dell'intero fenomeno, risulta molto elevato e le analisi tassonomiche sono tutt'ora in corso.

STAZIONI DI INDAGINI	DESCRIZIONE STAZIONI DI INDAGINI	N° cellule/Litro di <i>Gymnodinium cf Biecheleria pseudopalustris</i>	Data campionamento
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	284.094	30/12/2022
VL2	Sbarramento diga	3.621	30/12/2022
VL4	Diga prossimità Grumento	19.422	02/01/2023
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	1.317	03/01/2023
VL2	Sbarramento diga	1.975	03/01/2023
VL3	Diga prossimità Spinoso	4.280	02/01/2023
VL4	Diga prossimità Grumento	217.268	10/01/2023
VL2	Sbarramento diga	2.963	10/01/2023
VL3	Diga prossimità Spinoso	0	10/01/2023
VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	840.102	11/01/2023
VL6	Diga prossimità Montemurro	95.795	11/01/2023
VL7	Diga prossimità torrente Maglia	493.790	11/01/2023

Nel grafico sottostante è stata rappresentata la concentrazione algale del genere *Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris*.

In data **30/12/2022** la concentrazione di *Gymnodinium sp.* rispetto alla comunità fitoplanctonica determinata nel punto di prelievo nei pressi della **Masseria Crisci (Stazione VL5)** è risultata pari a **284.094 cell/L** , di molto superiore a quella rilevata allo **sbarramento della diga (Stazione VL2)**, pari a **3.621 cell/L** .

I campioni prelevati nei giorni **02 e 03/01/2023** hanno evidenziato una concentrazione di ***Gymnodinium sp.*** in diminuzione., tranne nella stazione **VL4** in prossimità di **Grumento** pari a **19.422 cell/L**.

Il **10/01/2023** sempre nella stazione **VL4** in prossimità di **Grumento** la concentrazione ***Gymnodinium sp.*** è in aumento fino a **217.268 cell/L**.

L'**11/01/2023** i prelievi effettuati hanno rilevato concentrazioni di ***Gymnodinium sp.*** fino a **840.102 cell/L** nella **Stazione VL5**, di **95.795 cell/L** nella **Stazione VL6** in prossimità di **Montemurro** e **493.790 cell/L** nella **Stazione VL7** in prossimità del torrente **Maglia**.

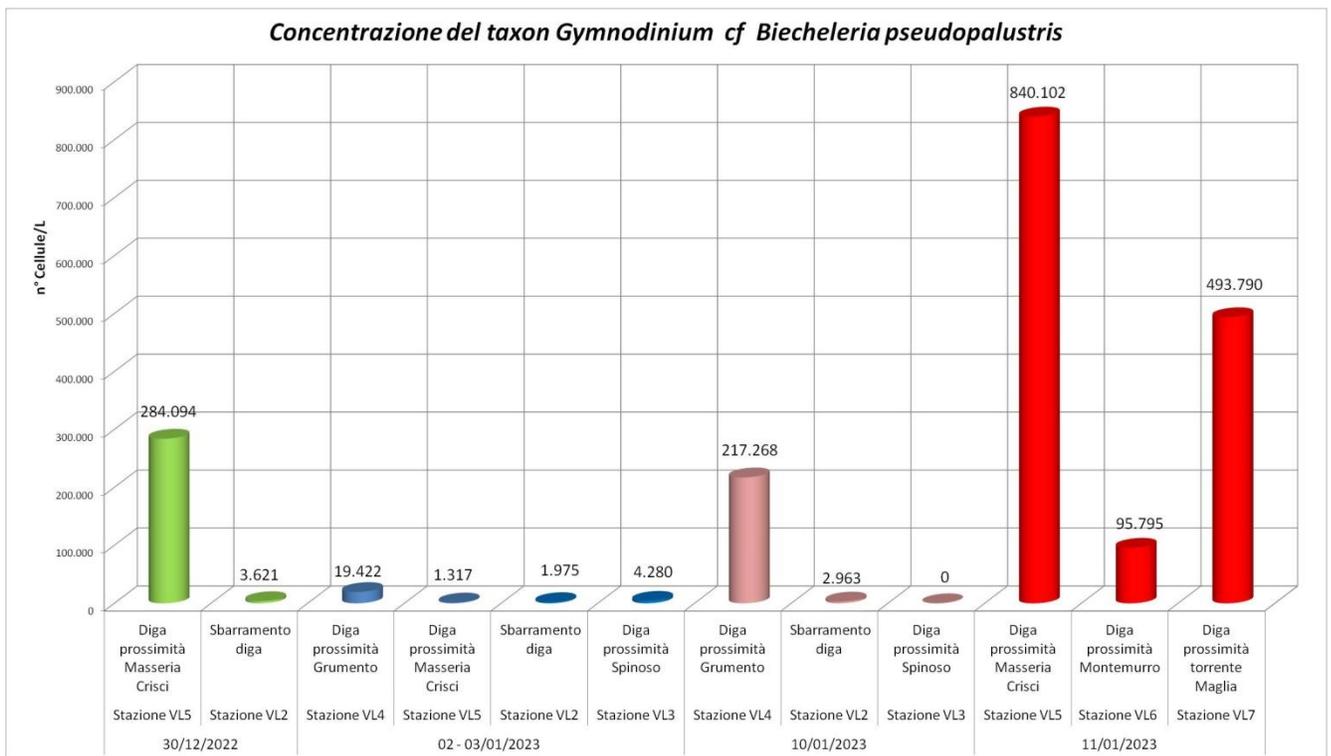
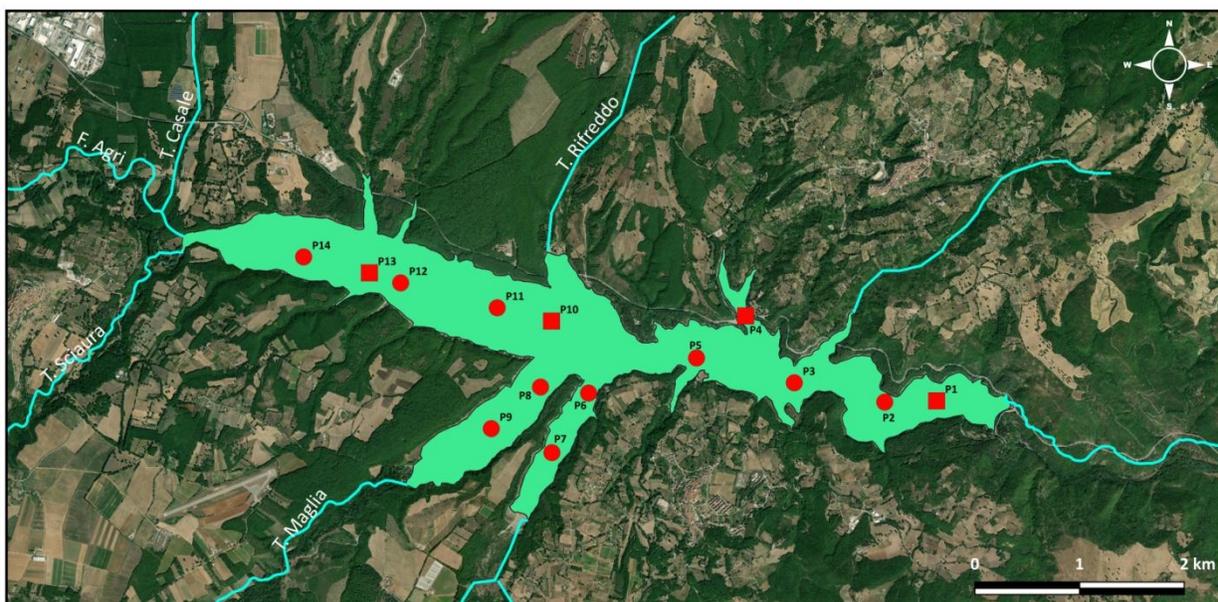


Figura 1

Dalle analisi condotte sui campioni prelevati l'11 gennaio 2023 si è ritenuto che la proliferazione algale aveva iniziato ad evolversi verso una probabile fioritura algale. Si è ritenuto necessario ed urgente effettuare prelievi lungo tutto l'asse dall' ingresso del fiume Agri fino allo sbarramento mediante l'ausilio dell'imbarcazione.

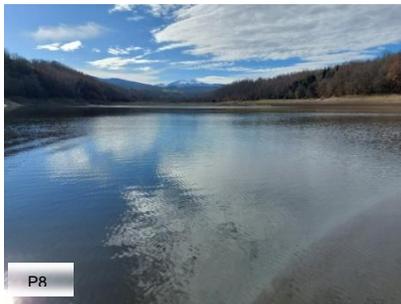
La mappa seguente mostra lo schema sperimentale di posizionamento dei punti di indagine , in particolare anche in direzione degli immissari.

Il **13/01/2023** i prelievi sono stati effettuati con imbarcazione per le indagini della comunità fitoplanctonica e dei parametri chimico-fisici a supporto nelle Stazioni da P14 a P1 e nelle Stazioni P13, P10, P4, P1 per le indagini chimiche di acque e sedimenti.



**STAZIONI DI INDAGINE
DIGA DEL PERTUSILLO
13/01/2023**

Legenda	
Punto di prelievo con imbarcazione	Corpi idrici fluviali
Punto di prelievo Fitoplancton	
Punto di prelievo Fitoplancton, Parametri Chimici e Sedimento	





Nelle immagini sottostanti vengono mostrate le fotografie all'invertomicroscopio NiKON ECLIPSE T2 dove viene documentata la concentrazione elevata di cellule algali del genere *Gymnodinium* sp. cf. *Biecheleria pseudopalustris*.

foto ingrandimento 40x

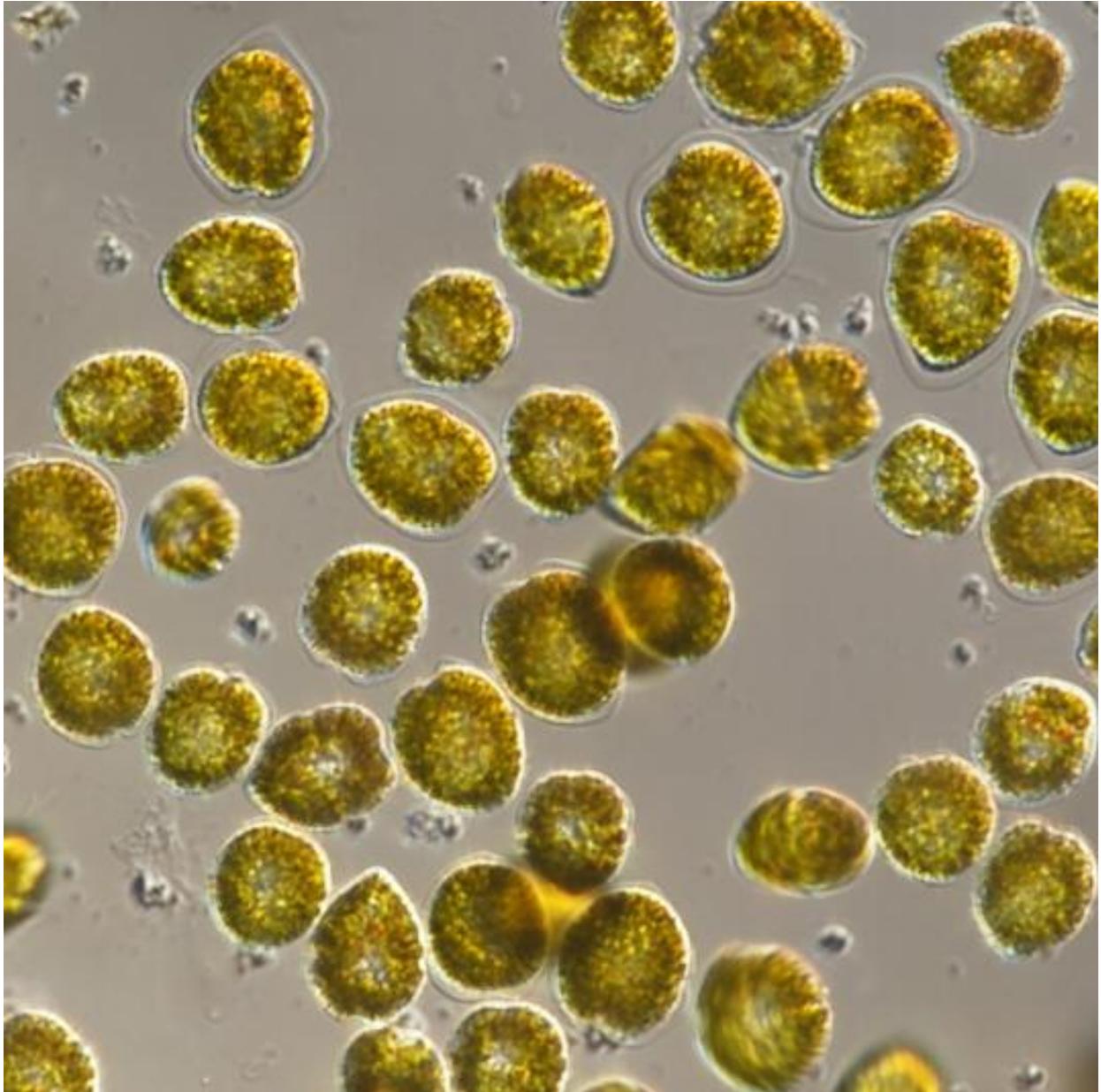
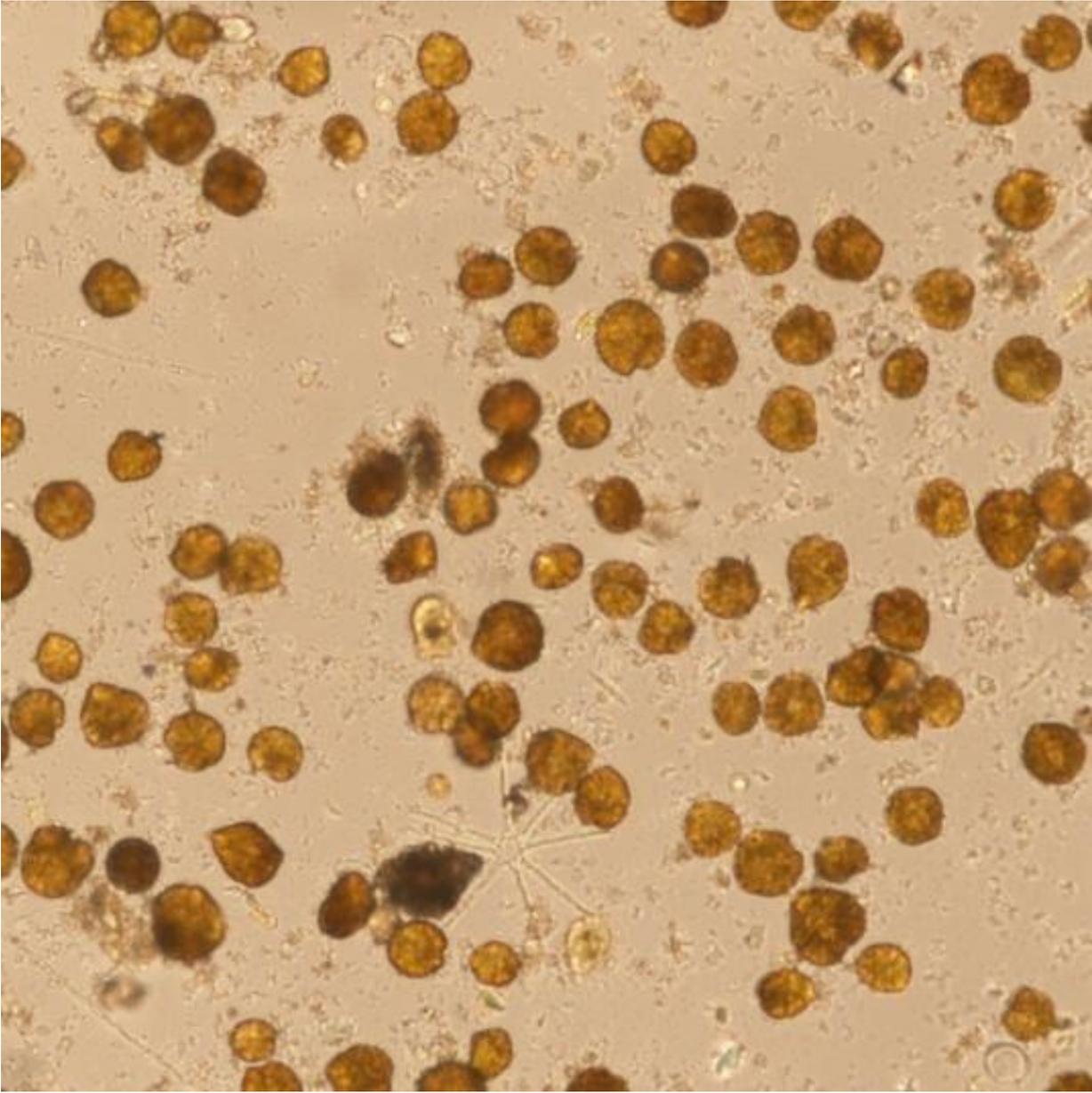


foto ingrandimento 20x



In Figura 2 sono state riportate le concentrazioni di *Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris* dalla confluenza del Fiume Agri in diga allo sbarramento; le Stazioni P8, P9, P6 e P7 sono situate in due anse nell'area centrale della diga. Dal grafico si evince chiaramente che la fioritura è concentrata nella prima metà della diga a partire dalla confluenza del F. Agri, con picchi di concentrazione nella Stazioni P14, P13 e P12 pari a **1.483.017**, **1.718.061** e **1.938.950 cell/L** rispettivamente.

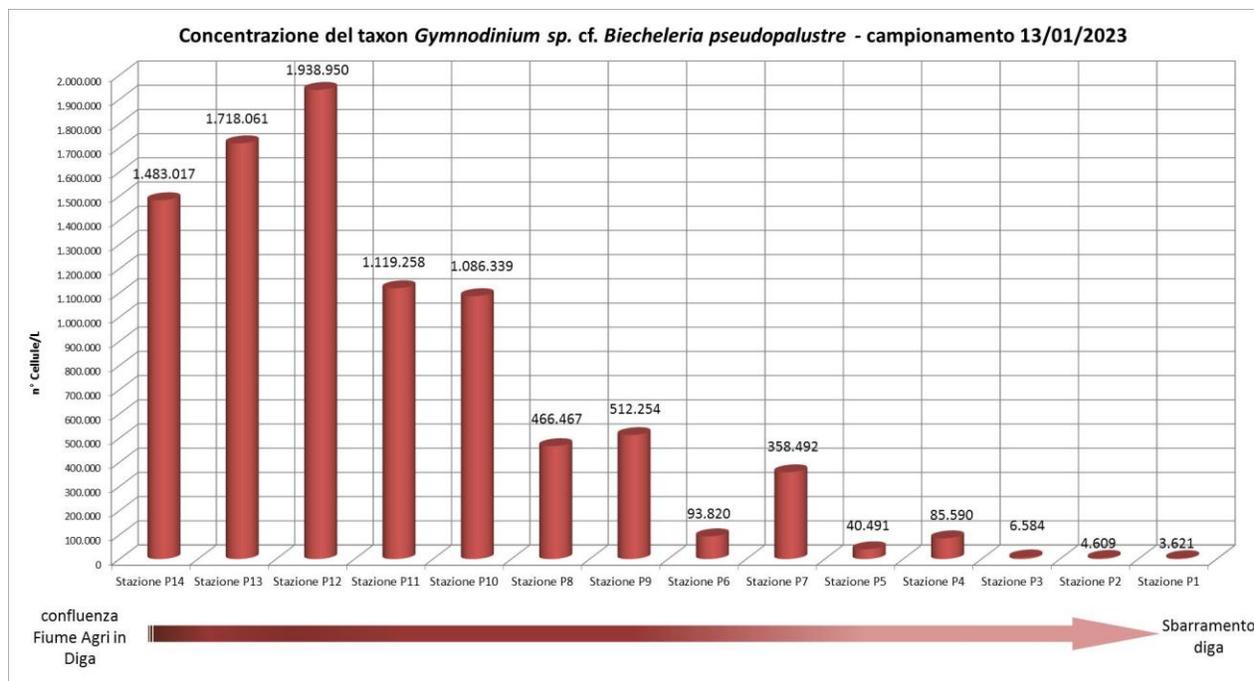
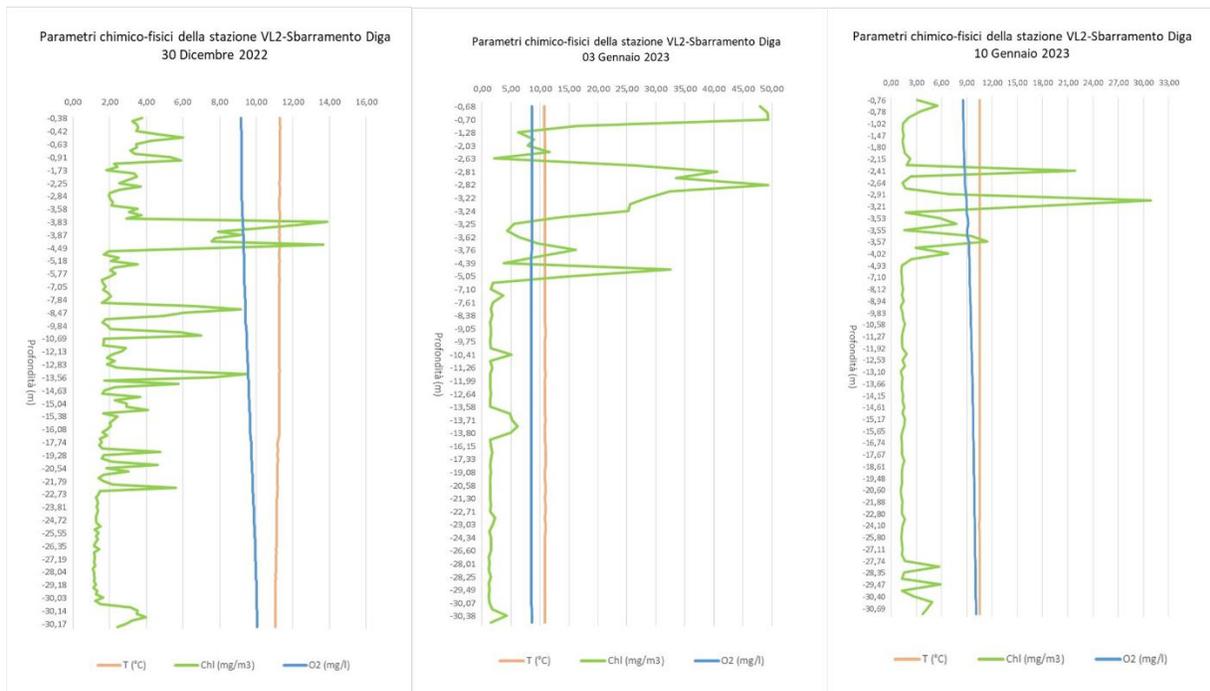
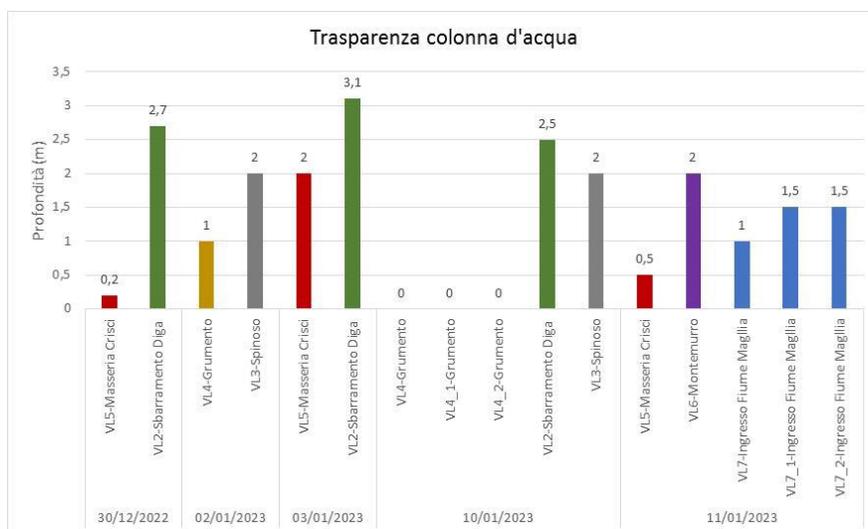
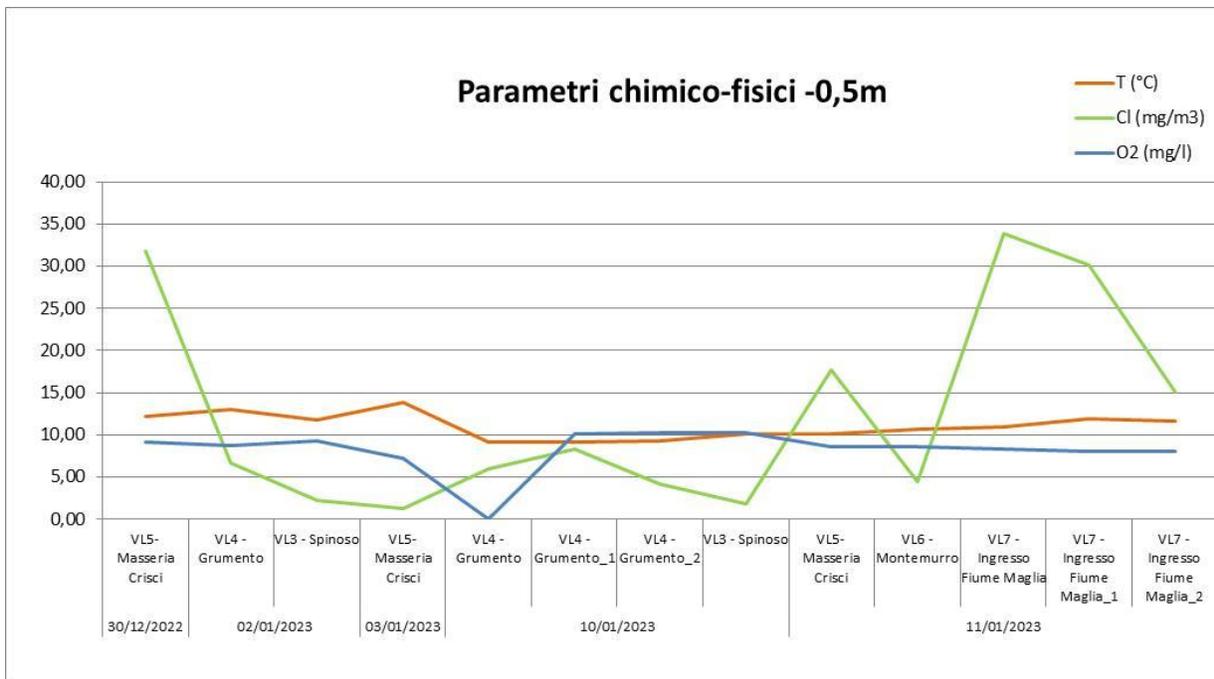


Figura 2





TEST DI ECOTOSSICOLOGIA

I campioni di acqua della diga Pertusillo sono stati sottoposti a saggi ecotossicologici con gli organismi *Vibrio fischeri* (batterio) e *Lepidium sativum* (semi). **Le analisi condotte sui campioni di acqua prelevati il tra il 30 Dicembre 2022 e il 3 gennaio 2023 non hanno evidenziato presenza di tossicità.** In nessuno dei campioni analizzati, infatti, la percentuale di effetto è stata tale da calcolare un valore di Unità Tossica.

Test con <i>Vibrio fischeri</i>				
METODO UNI EN ISO 11348-3:2009-Parte 3-batteri liofilizzati				
STAZIONE	CODICE STAZIONE	DATA PRELIEVO	EC50	Unità Tossiche
Sbarramento Diga	VL2	30/12/2022	NON CALCOLABILE	0
Spinoso	VL3	02/01/2023	NON CALCOLABILE	0
Grumento	VL4	02/01/2023	NON CALCOLABILE	0
Masseria Crisci	VL5	03/01/2023	NON CALCOLABILE	0

Risultati test di tossicità *Lepidium sativum*

CODICE STAZIONI	Profondità di prelievo (m)	DATA PRELIEVO	Test con <i>Lepidium sativum</i>	
			METODO UNI - 11357 2010*	
			EC50	Unità Tossiche
VL2	0,5	30/12/2022	NON CALCOLABILE	0
	-3	30/12/2022	NON CALCOLABILE	0
	0,5	03/01/2022	NON CALCOLABILE	0
	-3	03/01/2022	NON CALCOLABILE	0
VL3	0,5	02/01/2023	NON CALCOLABILE	0
VL5	0,5	30/12/2022	NON CALCOLABILE	0

ANALISI MICROBIOLOGICHE

Nei campioni della diga sono stati determinati i seguenti parametri microbiologici:

Analisi microbiologiche		Metodiche di analisi e risultati				
		APAT CNR-IRSA 7030 Manuali e linee guida 29/2003	APAT CNR-IRSA 7010C Manuali e linee guida 29/2003	APAT CNR-IRSA 7020B Manuali e linee guida 29/2003	APAT CNR-IRSA 7040C Manuali e linee guida 29/2003	APAT CNR-IRSA 7050 Manuali e linee guida 29/2003
Stazione di indagine	Data campionamento	Escherichia coli - (UFC/100ml)	Coliformi totali - (UFC/100ml)	Coliformi fecali - (UFC/100ml)	Streptococchi fecali - (UFC/100ml)	Carica Batterica Totale a 37°C (UFC/100ml)
VL2	30-dic-22	500	2700	0	6	200
VL3	2-gen-23	1300	2050	0	3	800
VL4	2-gen-23	620	3200	0	111	215
VL5	3-gen-23	30	140	0	0	1180
P1	13-gen-23	6	200	0	1	30
P4	13-gen-23	100	160	0	10	600
P10	13-gen-23	60	190	2	25	100
P13	13-gen-23	80	300	80	436	200

Descrizione delle immagini satellitari e dell'indice NDCI dell'area di indagine

La missione “*Copernicus*” è un programma di osservazione della Terra da parte dell’ESA (Agenzia Spaziale Europea) attraverso immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione in grado di fornire informazioni accurate, tempestive e facilmente accessibili per il miglioramento della gestione ambientale, comprensione e mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici. L’osservazione viene effettuata attraverso l’utilizzo di alcuni satelliti denominati “SENTINEL”, ognuno con caratteristiche strutturali, compiti e programmi ben precisi. Per il monitoraggio del suolo, della vegetazione terrestre, delle variazioni di clorofilla in ambienti acquatici e dell’inquinamento dei laghi viene utilizzato il satellite “Sentinel-2”

(https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2).

Le immagini satellitari di Sentinel-2 (S2-A e S2-B) utilizzate durante il monitoraggio dell’invaso del Pertusillo sono state scaricate da fonti ufficiali dell’ESA (Agenzia Spaziale Europea): <https://sentinel-hub.com/> e dal sito <https://creodias.eu/nel> nel periodo dal 30 dicembre al 14 gennaio 2023. Le immagini sono state corrette, analizzate ed elaborate attraverso i seguenti software: QGIS 3.24, ARCGIS 10.3 e SNAP (Software dell’ESA). La scelta dei seguenti software è legata ad un ampio set di strumenti, un gran numero di materiali metodologici, raffinatezza scientifica e bassissima percentuale di errore. Dopo la correzione, per ogni singola immagine analizzata è stata eseguita una prima analisi di conversione dell’immagine in RGB (Red, Green and Blue). L’RGB utilizza bande di luce visibile (B04, B03 e B02) nei

corrispondenti canali di colore rosso, verde e blu, per ottenere un'immagine di colore naturale.

(<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2/msi/resolutions/radiometric>).

La scelta, tra gli indici di vegetazione calcolabili dalle immagini satellitari di Sentinel-2, è ricaduta sull'indice di Clorofilla-a NDCI (Normalized Difference Chlorophyll Index) utilizzabile in acque interne quali i laghi e gli invasi. L'indice NDCI è stato sviluppato da (Mishra & Mishra, 2012) per valutare la dinamica di eventuale biomassa fitoplanctonica o eventuale eutrofizzazione dell'area e presenta una stimata accuratezza della concentrazione di Clorofilla-a in acque interne (Bruma & Lee, 2020). L'indice utilizza come bande, Rrs a 665 nm, Rrs (665) e 708 nm, Rrs(708), (Mishra & Mishra, 2012), per ottenere nella differenza spettrale tra 708 nm e 665 nm una massima sensibilità alle variazioni di concentrazioni di Clorofilla-a in acqua che si verificano nel picco massimo posizionato a circa 700 nm. L'indice NDCI si serve di una combinazione di canali spettrali al fine di ottenere valori di banda convertibili in range di valori di Clorofilla-a della superficie acquifera indagata. I valori di banda sono associati ad un numero di classi di colore per definire le categorie dei dati di output. È stata scelta un'interpolazione lineare e continua dei colori assegnati ai valori di banda tale da consentire una visualizzazione ottimale dell'immagine analizzata. L'alta concentrazione di verde e rosso inquadra un range medio-alto di Clorofilla-a ed eventuale processo di eutrofizzazione, mentre l'alta concentrazione di azzurro dimostra un basso range di Clorofilla-a. La sua gamma di valori varia tra -1 e +1 assegnata alla variazione di concentrazione di Clorofilla-a nell'acquifero. Valori dell'indice NDCI nei corpi idrici con

biomassa algale da moderata a elevata ricadono nell'intervallo tra -0,3 e valori prossimi a 1. In caso di fioriture algali elevate o blooms algali i valori variano in un intervallo tra 0,5 e 1 (Mishra & Mishra, 2012):

Tabella NDCI e Chl-a range (Mishra & Mishra, 2012)

NDCI range	Chl-a range (mg m⁻³)
< -0.1	< 7.5
-0.1 to 0	7.5-16
0 to 0.1	16-25
0.1 to 0.2	25-33
0.2 to 0.4	33-50
0.4 to 0.5	> 50
0.5 to 1	Blooms elevato

Di seguito la descrizione delle immagini in RGB e dell'indice NDCI del periodo analizzato.

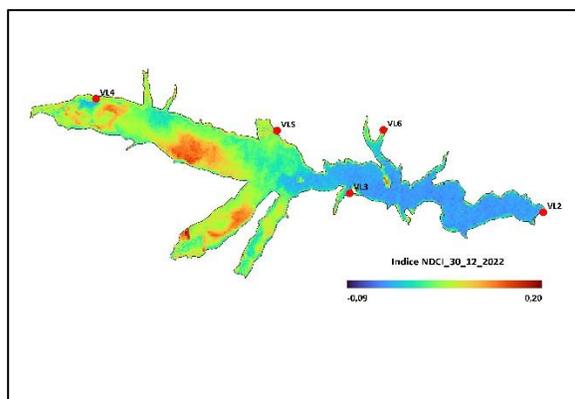
30 dicembre 2022

Ora: 09:43

1% Copertura Nuvolosa



Sentinel-2 (S2B) - RGB immagine



Indice NDCI

In data 30 dicembre 2022 il satellite Sentinel-2 (S2B) è transitato sull'area di indagine alle ore 09:43 del mattino. L'immagine satellitare presenta una copertura nuvolosa totale pari all'1%, ma il disturbo non comprendeva l'area di indagine. La foto satellitare, elaborata in RGB tramite il software SNAP, mostra chiazze di colore scuro alternate a chiazze di colore più chiaro nella parte sinistra dell'immagine rappresentante l'invaso. Nella parte destra, procedendo verso lo sbarramento, l'invaso presenta colore chiaro e naturale. Estrapolando l'indice NDCI si notano sfumature di verde alternate a chiazze rosse ed arancioni nella parte sinistra dell'invaso. Sulla base delle proprietà di assorbimento e struttura delle bande spettrali utilizzate dall'indice NDCI, i pixel di colore azzurro mantengono valori negativi, al contrario quelli che vanno dal verde al rosso presentano valori prossimi o superiori allo zero. Confrontando i valori della banda dell'indice con la tabella di conversione sono stati registrati da satellite valori di Clorofilla-a con valori al di sotto di $7,5 \text{ mg m}^{-3}$ e valori massimi compresi tra 33 mg m^{-3} e 50 mg m^{-3} .

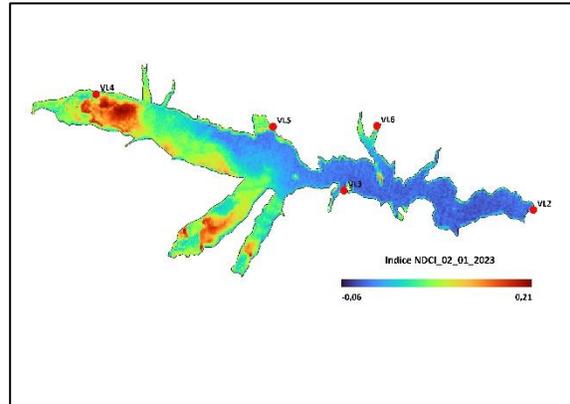
2 gennaio 2023

Ora: 09:53

7% Copertura Nuvolosa



Sentinel-2 (S2-B) - RGB immagine



Indice NDCI

In data 2 gennaio 2023 il satellite Sentinel-2 (S2-B) ha effettuato il suo passaggio sull'invaso del Pertusillo alle ore 09:53. L'immagine satellitare presenta una copertura nuvolosa totale pari al 7% seppur l'invaso presenta soltanto una leggerissima foschia nella parte centrale che non influisce sul calcolo dell'indice NDCI. Il calcolo dell'indice mostra zone con colorazione che va dal verde al rosso testimoniando picchi di Clorofilla-a con valori tra i 33 mg m^{-3} e 50 mg m^{-3} .

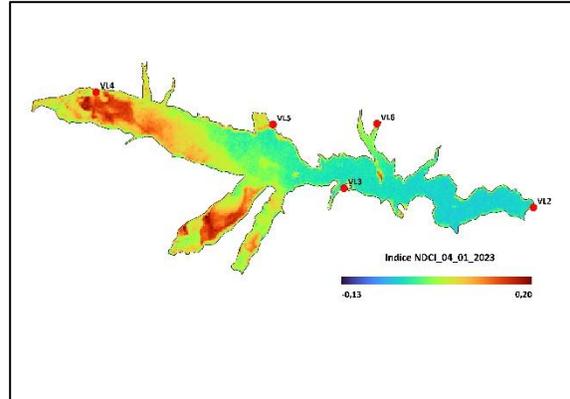
4 gennaio 2023

Ora: 09:44

8% Copertura Nuvolosa



Sentinel-2 (S2-A) - RGB immagine



Indice NDCI

In data 4 gennaio 2023 il satellite Sentinel-2 (S2-A) alle ore 09:44 ha effettuato il suo transito sull'area di indagine. La copertura nuvolosa totale dell'immagine è pari all'8%. Sull'invaso del Pertusillo non risulta un'alta copertura nuvolosa tale da impedire il calcolo dell'indice NDCI. L'indice mostra un aumento delle colorazioni dei pixel dal verde al rosso testimoniando un aumento dei valori di Clorofilla-a sull'intero invasivo. Da notare come anche la zona in prossimità dello sbarramento registra un innalzamento dei valori di Clorofilla-a in quanto l'immagine derivante dall'analisi dell'indice risulta avere una variazione del colore azzurro che tende al verde.

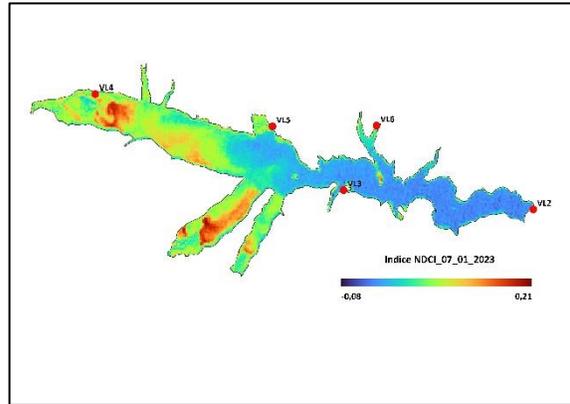
7 gennaio 2023

Ora: 09:54

0% Copertura Nuvolosa



Sentinel-2 (S2-A) - RGB immagine



Indice NDCI

In data 7 gennaio 2023 alle ore 09:54 il satellite Sentinel-2 (2A) è transitato sull'invaso del Pertusillo con una copertura nuvolosa pari allo 0%. L'immagine in RGB si presenta nitida e molto chiara. Le chiazze di colore scuro continuano a persistere nella stessa area delle immagini precedenti. L'indice NDCI continua a mostrare aree di colore verde, arancio e rosse per circa metà superficie idrica dell'invaso. Questo testimonia valori di Clorofilla-a altalenanti tra valori al di sotto del $7,5 \text{ mg m}^{-3}$ a valori massimi del 50 mg m^{-3}

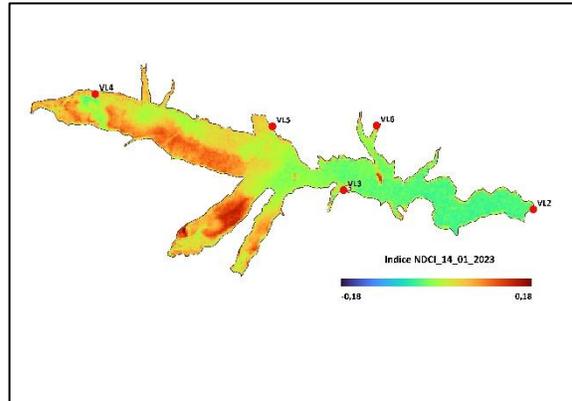
14 gennaio 2023

Ora: 09:43

10% Copertura Nuvolosa



Sentinel-2 (S2-A) - RGB immagine



Indice NDCI

In data 14 gennaio 2023 alle ore 09:43 il satellite Sentinel-2 (2A) è transitato sull'invaso del Pertusillo con una copertura nuvolosa pari al 10%. L'immagine in RGB presenta una leggera copertura nuvolosa nella parte superiore-centrale; la restante superficie idrica dell'invaso si presenta libera da nuvole. L'indice NDCI mostra un continuo aumento di aree con colorazione dal verde al rosso confermando l'incremento di Clorofilla-a anche nella parte destra dell'invaso.

Le immagini satellitari di Sentinel-2 analizzate per l'area di indagine presentano i seguenti criteri: bassa copertura nuvolosa (massima del 10% il giorno 14 gennaio 2023), copertura spaziale completa dell'intero invaso, assenza di errori spaziali e una frequenza temporale purtroppo non continua. Quest'ultima è dovuta alla presenza di alcune immagini satellitari con alta variabilità di distorsioni atmosferiche (copertura nuvolosa elevata) o poca accuratezza in alcuni punti dovuta a distorsioni dei pixel. L'indice NDCI è specifico per lo studio da satellite della dinamica della biomassa fitoplanctonica e la valutazione in maniera indiretta dell'eventuale presenza di eutrofizzazione nell'area. Le immagini satellitari RGB mostrano la presenza di macchie scure paragonabili a fioriture algali e biomassa fitoplanctonica. Ciò viene confermato dall'osservazione continua in serie temporale dell'indice analizzato dove si nota una stabile presenza e un relativo spostamento dell'esplosione ciclica del fenomeno. In effetti, le aree colorate con i colori massimi della scala (arancio e rosso) mostrano un range con alti valori di Clorofilla-a. Tale indice è in grado di evidenziare gli alti valori di Clorofilla-a per via del massimo picco di riflettanza posto a 700 nm, massima sensibilità alle variazioni di concentrazione di clorofilla in acqua.

Considerazioni

Dalle indagini condotte sino ad oggi è stata esclusa la presenza di idrocarburi nelle acque dell'invaso del Pertusillo.

Il fenomeno di colorazione anomalo delle acque è dovuto ad una fioritura algale che risulta tutt'ora in corso del genere *Gymnodinium* cf *Biecheleria pseudopalustris*. Le indagini sull'invaso continueranno con prelievi sia da terra che con l'ausilio dell'imbarcazione fino alla conclusione e/o modificazione del fenomeno.

Dall'analisi dei risultati ad oggi ottenuti mediante tecniche di telerilevamento è stata osservata la presenza e l'aumento di una biomassa fitoplanctonica in corrispondenza dell'immissione del fiume Agri e in direzione sbarramento. Da precisare che dopo alcune verifiche effettuate calcolando altri indici di vegetazione (NDVI) non si esclude che alcuni pixel, siano dovuti alla presenza di suolo nudo al di fuori della copertura idrica o alla presenza di vegetazione terrestre o acquatica. L'utilizzo delle immagini satellitari permette non solo una visione globale spaziale e temporale del fenomeno ma da supporto alle analisi e dati biologici di laboratorio.

Bibliografia

Buma, W. G., & Lee, S. I. (2020). Evaluation of sentinel-2 and landsat 8 images for estimating chlorophyll-a concentrations in lake Chad, Africa. *Remote Sensing*, 12(15), 2437

Daugbjerg, Niels & Hansen, Gert & Larsen, Jacob. (2000). Phylogeny of some of the major genera of dinoflagellates based on ultrastructure and partial LSU rDNA sequence data, including the erection of three new genera of unarmored dinoflagellates.. *Phycologia*. 39. 302-317. 10.2216/i0031-8884-39-4-302.1.

Hansen G. & Flaim G. (2007). Dinoflagellates of the Trentino Province, Italy. *Journal of Limnology*. 66. 107. 10.4081/jlimnol.2007.107.

Lewis, J.M. & Dodge, J.D. (2011). Dinophyta (Dinoflagellates). In: *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Second edition.* (John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. Eds), pp. 250-274. Cambridge: Cambridge University Press.

Lindberg, Karin & Daugbjerg, Niels. (2009). Studies on woloszynskioid dinoflagellates IV: The genus *Biecheleria* gen. nov.. *Phycological Research*. 57. 203 - 220. 10.1111/j.1440-1835.2009.00540.x.

Mishra, S., & Mishra, D. R. (2012). Normalized difference chlorophyll index: A novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. *Remote Sensing of Environment*, 117, 394-406.

Stosch, H.A. von (1973). Observations on vegetative reproduction and sexual cycles of two freshwater dinoflagellates *Gynmodinium pseudopalustre* Schiller and *Woloszynskia apiculata* sp. nov. *British Phycological Journal* 8(2): 105-134

Sitografia

<https://www.algaebase.org/>

<https://www.merriam-webster.com/dictionary/Pyrrophyta>

ESA Web Page. Available online:

-https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2 (Accessed on 30 December 2022)

-Creodias. Available online: <https://creodias.eu/> (accessed on 30 December 2022)

- Sentinel-Hub, E. O. Browser. Elektronnyy resurs. Rezhym dostupu: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>.

- ([https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2 msi/resolutions/radiometric](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/radiometric)) (Accessed on 30 December 2022)