



INDAGINI PERTUSILLO
19 Gennaio – 7 Aprile 2023

A CURA DI

Dott.ssa Teresa Trabace

Responsabile di Area
Biologia Ambientale ed Ecotossicologia
ARPAB

Signed by: TRABACE TERESA
Issuer: Namirial CA Firma Qualificata
Signing time: 07-04-2023 13:24 UTC +02

Dott. Achille Palma

Direttore Tecnico Scientifico



Indice

Sommario

Sintesi.....	4
Premessa.....	7
1 AREA DI INDAGINE	8
1.1 Campionamento 24/01/2023	12
1.2 Campionamento 08/02/2023	12
1.3 Campionamento 22/02/2023	13
1.4 Campionamento 25/03/2023	13
1.5 Campionamento 30/03/2023	14
2 LE INDAGINI BIOLOGICHE: IL FITOPLANCTON.....	15
3 RISULTATI	18
3.1 Rilievi lungo il perimetro della Diga	20
3.2 Rilievi in colonna d’acqua da imbarcazione	25
3.3 Analisi chimiche	27
3.4 Descrizione delle immagini satellitari e dell’indice NDCI dell’area di indagine	27
4. CONSIDERAZIONI	35
5 BIBLIOGRAFIA.....	36

Sintesi

Il presente REPORT 19 Gennaio-7 Aprile 2023 DESCRIVE IL FENOMENO DI FIORITURA ALGALE DINOFICEA GENERE Gymnodinium cf Biecheleria pseudopalustris CHE STA INTERESSANDO L'INVASO DEL PERTUSILLO in prosecuzione al " I REPORT - INDAGINI PERTUSILLO 30 DICEMBRE 2022 – 19 GENNAIO 2023" .

[http://www.arpab.it/acqua/public/INDAGINI PERTUSILLO 30 dicembre 2022 19 gennaio 2023.pdf](http://www.arpab.it/acqua/public/INDAGINI_PERTUSILLO_30_dicembre_2022_19_gennaio_2023.pdf)

In data **28 dicembre 2022** il personale tecnico di ARPAB si è recato in ispezione sull'invaso del Pertusillo per l'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, l'ossigeno disciolto e il 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 di ARPAB. 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**. Tali prime osservazioni evidenziavano che era in atto un fenomeno di proliferazione algale. Contestualmente si è proceduto all'invio dei campioni ai laboratori chimici per la ricerca degli idrocarburi.

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. Sono stati condotti test di ecotossicologia che non rilevano presenza di tossicità nel lago. I campioni analizzati non hanno evidenziato presenza di idrocarburi.

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**. **Le indagini condotte confermano che trattasi di fioritura algale ed 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.**

Gli studi e le osservazioni di laboratorio evidenziano che il fenomeno di fioritura algale che sta interessando l'invaso del e' dovuto a un una dinoficea genere *Gymnodinium* cf

Biecheleria pseudopalustris.

Il 24 gennaio e 8 febbraio 2023 2023 sono stati effettuati prelievi su **VL2 sbarramento** e **VL5 masseria Crisci** da riva. Invece il **22 febbraio 2023** è stato condotto un **secondo campionamento mediante l'ausilio di imbarcazione per effettuare indagini e prelievi in colonna d'acqua e in superficie** , lungo un transetto che **segue la lunghezza dell'invaso**, dall'ingresso del fiume Agri allo sbarramento.

Il 25 marzo 2023 sono stati effettuati prelievi su **VL2 sbarramento** e **VL5 masseria Crisci**.

Il 30 marzo 2023 sono stati effettuati **prelievi superficiali lungo tutto il perimetro della diga, dalla confluenza del fiume Agri fino allo sbarramento**. In particolare allo sbarramento i prelievi vengono effettuati sempre lungo la profondità e in colonna d'acqua.

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

RESTA TUTT'ORA ATTIVATO IL MONITORAGGIO DI INDAGINE FINO A CONCLUSIONE DEL FENOMENO.

Premessa

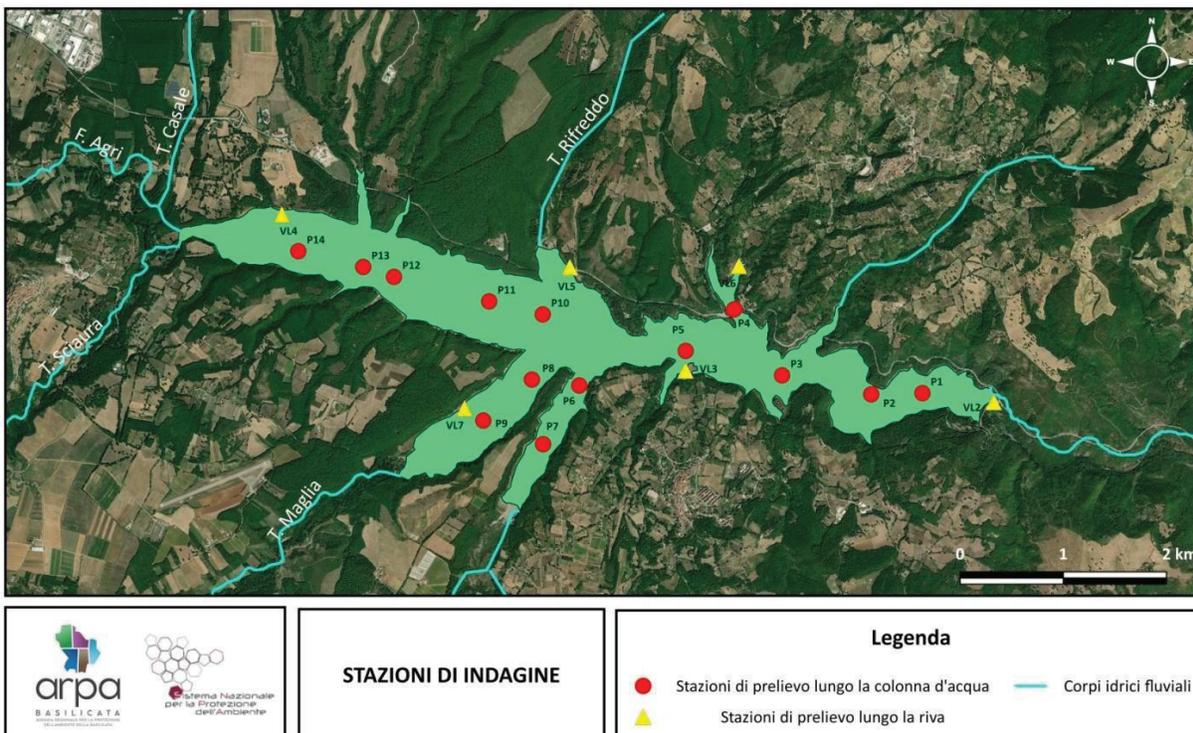
D.Lgs 152/06 definisce come "lago" un corpo idrico naturale lentico, superficiale, interno, fermo, di acqua dolce e dotato di significativo bacino scolante. Non sono considerati ambienti lacustri tutti gli specchi d'acqua derivanti da attività estrattive, gli ambienti di transizione, quali sbarramenti 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 corpi 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.

È 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.

1 AREA DI INDAGINE

Di seguito sono state riportate le stazioni di indagini monitorate e la mappa seguente mostra lo schema sperimentale di posizionamento dei punti di prelievo lungo la colonna d'acqua e lungo la riva.

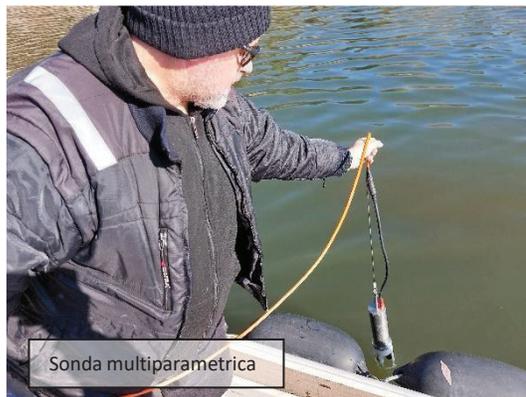


Nella tabella seguente sono state riportate tutte le date di campionamento .

Stazione	Profondità di campionamento (metri)	Data di campionamento	Descrizione attività di campionamento
VL2 - Sbarramento	0,5 - 3	30/12/2022	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	30/12/2022	da riva
VL4 - Grumento	0,5	02/01/2023	da riva
VL3 - Spinoso	0,5	02/01/2023	da riva
VL2 - Sbarramento	0,5 - 3	03/01/2023	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	03/01/2023	da riva
VL2 - Sbarramento	0,5 - 3	10/01/2023	da riva
VL3 - Spinoso	0,5	10/01/2023	da riva
VL4 - Grumento	0,5	10/01/2023	da riva
VL4_1 - Grumento	0,5	10/01/2023	da riva
VL4_2 - Grumento	0,5	10/01/2023	da riva
VL6 - Montemurro	0,5	11/01/2023	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	11/01/2023	da riva
VL7 - Ingresso F. Maglia	0,5	11/01/2023	da riva
VL7_1 - Ingresso F. Maglia	0,5	11/01/2023	da riva
VL7_2 - Ingresso F. Maglia	0,5	11/01/2023	da riva
P1 - Centro lago	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P2	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P3	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P4 - Direzione Montemurro	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P5	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P6	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P7	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P8	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P9	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P10 - Direzione Masseria Crisci	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P11	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P12	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P13 - Direzione ponte Aspro e ponte Spartifave	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P14	0,5	13/01/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
VL2 - Sbarramento	0,5 - 3 - 5	24/01/2023	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	24/01/2023	da riva
VL2 - Sbarramento	0,5 - 4 - 5 - 6 - 7	08/02/2023	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	08/02/2023	da riva
P1 - Centro lago	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione

P2	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P3	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P4 - Direzione Montemurro	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P5	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P6	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P7	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P8	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P9	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P10 - Direzione Masseria Crisci	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P11	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P12	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P13 - Direzione ponte Aspro e ponte Spartifave	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
P14	0,5 - 3	22/02/2023	lungo la colonna d'acqua-da imbarcazione
VL2 - Sbarramento	0,5 – 3 – 5 – 15 - 30	30/03/2023	da riva
VL3 - Spinoso	0,5	30/03/2023	da riva
VL6 - Montemurro	0,5	30/03/2023	da riva
VL5 - Masseria Crisci	0,5	30/03/2023	da riva
VL4 - Grumento	0,5	30/03/2023	da riva
VL7 - Ingresso F. Maglia	0,5	30/03/2023	da riva

Le foto seguenti mostrano alcune fasi di campionamento.



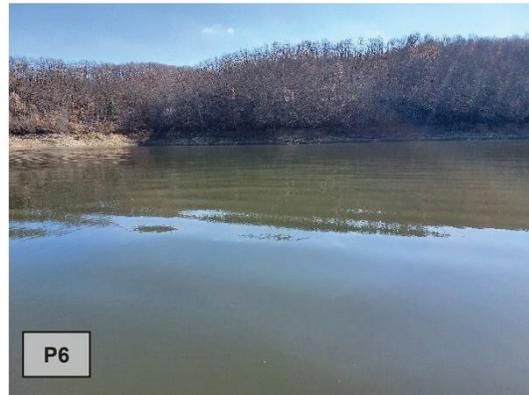
1.1 Campionamento 24/01/2023



1.2 Campionamento 08/02/2023



1.3 Campionamento 22/02/2023



1.4 Campionamento 25/03/2023



1.5 Campionamento 30/03/2023



2 LE INDAGINI BIOLOGICHE: IL FITOPLANCTON

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.

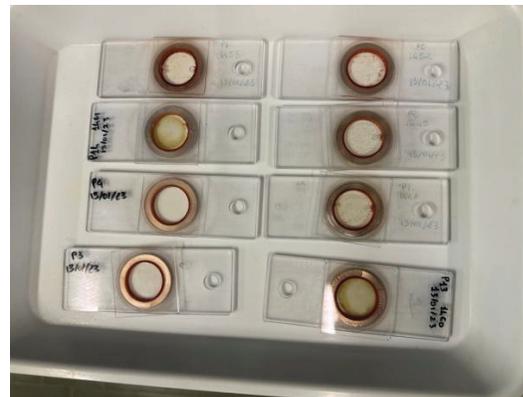
Nelle acque interne i principali gruppi sono rappresentati da (Tonolli, 1964) :

- **Cianoficce:** 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.
- **Cloroficce:** dette anche alghe verdi, hanno un colore verde brillante e comprendono organismi unicellulari, forme coloniali, (specie pluricellulari, filamentose, non ramificate).
- **Criptoficce:** alghe unicellulari, prive di membrana e con due flagelli lunghi all'incirca come la cellula stessa.
- **Crisoficce:** 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.

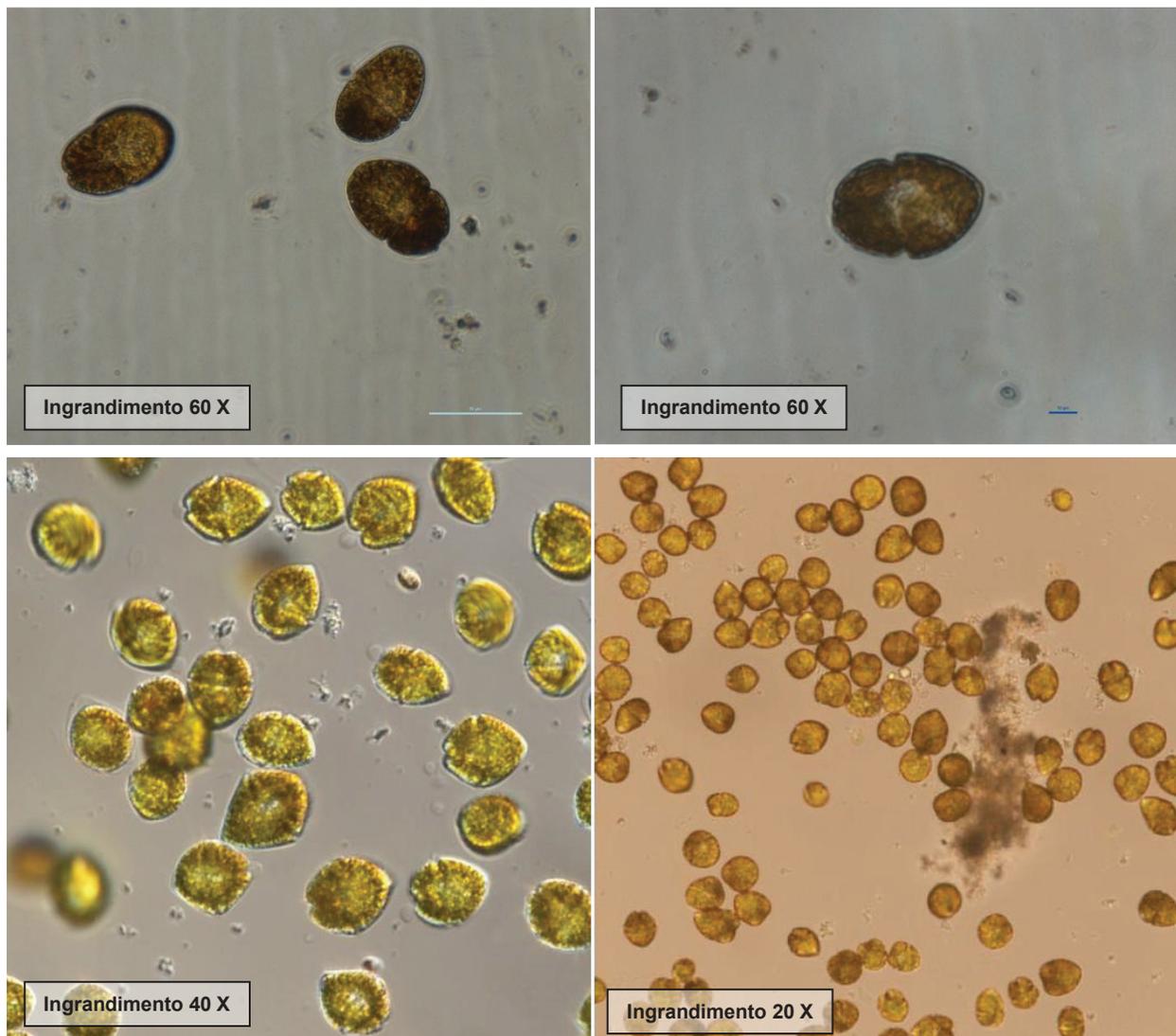


3 RISULTATI

Dai 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>). All'interno del phylum Pyrrophyta si ritrova l'ordine dei Gymnodinales, distinto, oltre che dalle caratteristiche generali sopracitate, dall'avere 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). 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***.



3.1 Rilievi lungo il perimetro della Diga

In figura 1 è stata rappresentata la concentrazione algale del genere ***Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris*** rilevata lungo il perimetro della diga con prelievi superficiali nel periodo 30/12/2022 - 30/03/2023 (tabella 1):

- ✓ 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 e 11 /01/2023** nella **Stazione VL5** sono stati determinati valori massimi fino a **840.102 cell/L**
- ✓ Nel periodo tra il **24/01/2023 – 25/03/2023** sono stati effettuati prelievi a **Masseria Crisci (Stazione VL5)** e allo sbarramento VL2. In data 25 marzo i valori hanno raggiunto concentrazione di **2.403.113 cell/L**.
- ✓ **IL 30/03/2023 SONO STATI EFFETTUATI RILIEVI LUNGO TUTTO IL PERIMETRO DELLA DIGA E ALLO SBARRAMENTO VL2 I VALORI HANNO RAGGIUNTO UNA CONCENTRAZIONE DI *Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris* PARI A 6.600.000 cell/L.**

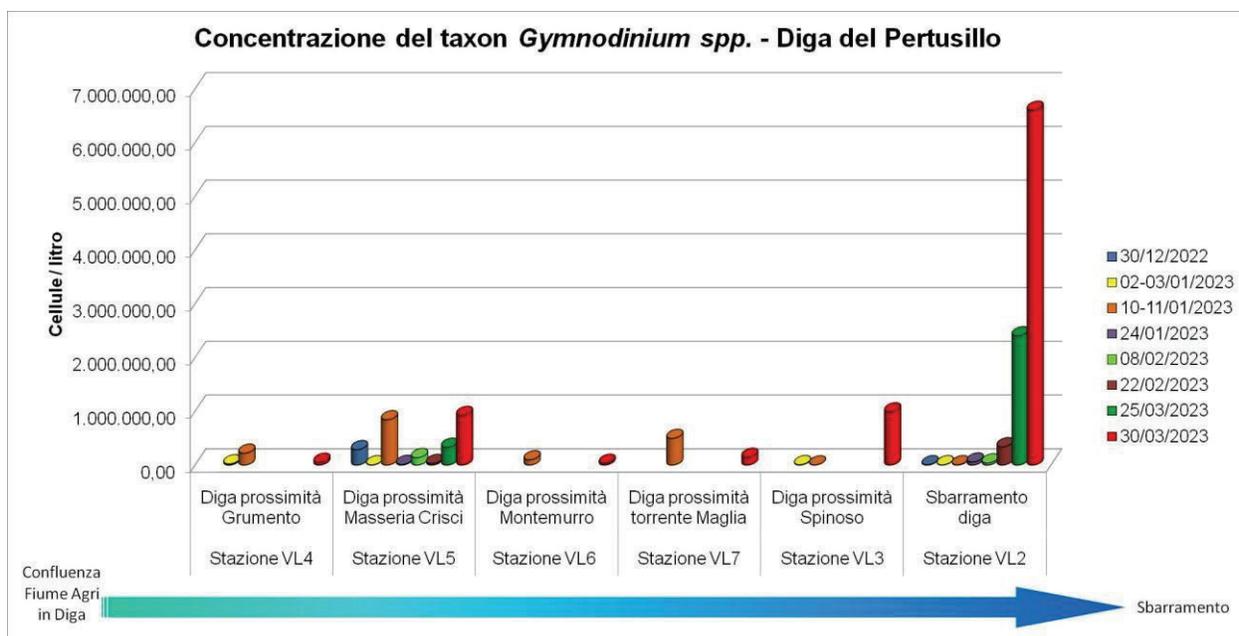


Figura 1 Concentrazione algale del genere *Gymnodinium* sp. cf. *Biecheleria pseudopalustris* rilevata lungo il perimetro della diga

Concentrazione del taxon <i>Gymnodinium</i> spp. - Diga del Pertusillo									
Stazione	Descrizione	Data di prelievo							
		30/12/2022	02-03/01/2023	10-11/01/2023	24/01/2023	08/02/2023	22/02/2023	25/03/2023	30/03/2023
Stazione VL4	Diga prossimità Grumento		19.422 cell/L	217.267 cell/L					49.379 cell/L
Stazione VL5	Diga prossimità Masseria Crisci	284.094 cell/L	1317 cell/L	840.101 cell/L	9.876 cell/L	135.299 cell/L	26.665 cell/L	328.206 cell/L	921.742 cell/L
Stazione VL6	Diga prossimità Montemurro			95.795 cell/L					29.627 cell/L
Stazione VL7	Diga prossimità torrente Maglia			493790 cell/L					141.553 cell/L
Stazione VL3	Diga prossimità Spinoso		4280 cell/L						987.581 cell/L
Stazione VL2	Sbarramento diga	3.621 cell/L	1.975 cell/L	2.962 cell/L	53.988 cell/L	36.211 cell/L	337.753 cell/L	2.403.113 cell/L	6.600.000 cell/L

Tabella 1 Concentrazione algale del genere *Gymnodinium* sp. cf. *Biecheleria pseudopalustris* rilevata lungo il perimetro della diga

Confrontando le concentrazioni di clorofilla con quelle di *Gymnodinium sp.* rilevate nei campioni superficiali prelevati il **30/03/2023**, si nota come all'aumento della clorofilla, corrisponde un aumento delle cellule algali.

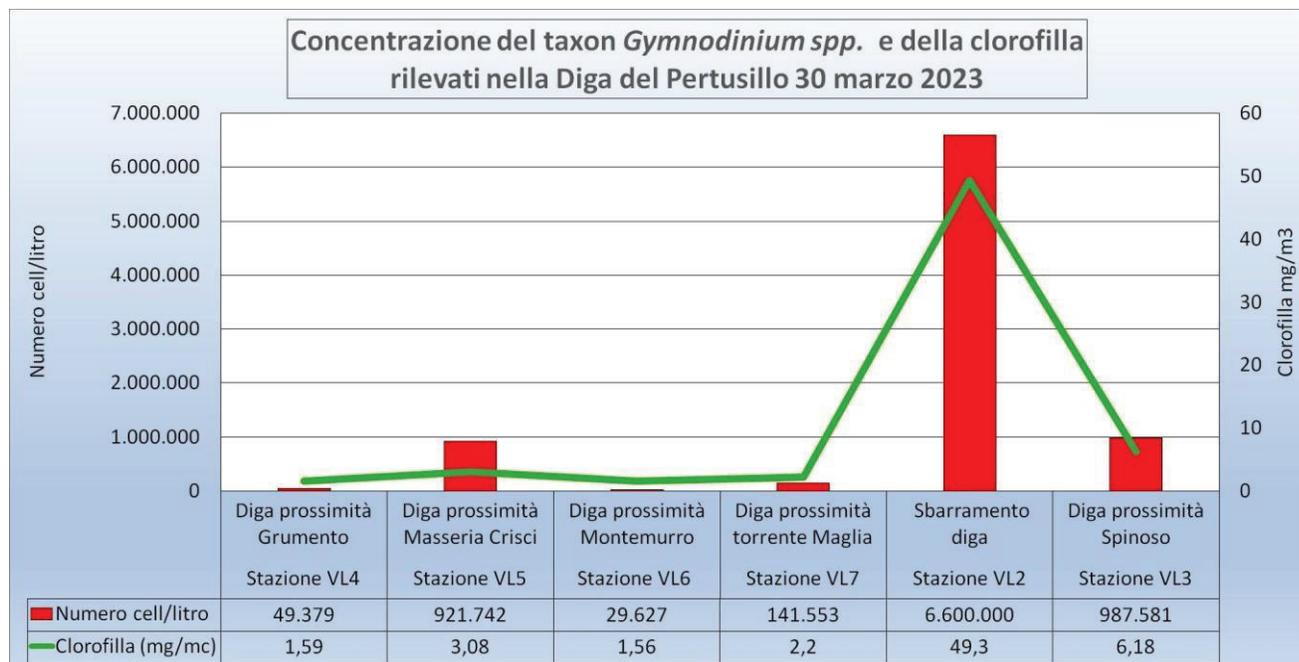


Figura 2 Concentrazioni di clorofilla e di *Gymnodinium sp* – 30/03/2023

Il grafico seguente mostra la distribuzione della concentrazione di *Gymnodinium sp.* in colonna d'acqua in data **30 marzo 2023**. Dall'analisi è emerso che: fino a 5 metri di profondità la concentrazione si mantiene pressoché costante (circa 6.000.000 cell/L); dai 15 ai 30 metri di profondità diminuisce gradualmente mantenendosi comunque molto alta (a – 30 m è pari a 2.500.000 cell/L(figura 3).



Figura 3 Concentrazione del taxon *Gymnodinium sp. Cf. Biecheleria pseudopalustre* lungo la colonna d'acqua – Sbarramento – 30/03/2023

La concentrazione della clorofilla (figura 4) subisce invece, come si evince in figura 3, una rilevante diminuzione a 13 m di profondità (da 49 mg/m³ a 18 mg/m³). L'ossigeno rilevato nei campioni segue lo stesso andamento della clorofilla, anche se la differenza di concentrazione è meno evidente: a -12 m è pari a 7,8 mg/L, a -13 8.16 mg/L.

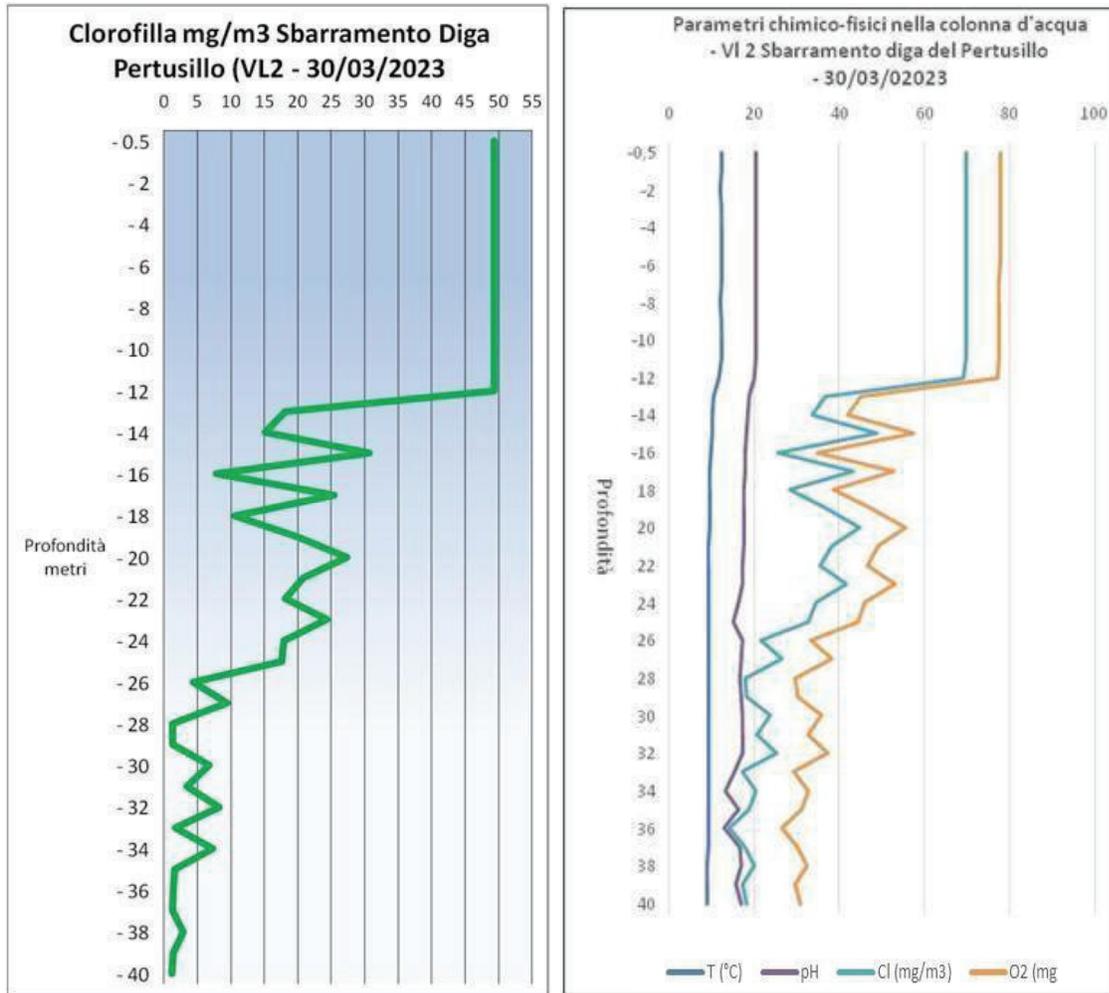


Figura 4 Concentrazioni di clorofilla e dei parametri chimico-fisici lungo la colonna d'acqua – 30/03/2023

In figura 5 sono state rappresentate le concentrazioni di *Gymnodinium sp.* rilevate nei campioni di acqua superficiale dello sbarramento (VL 2) nel periodo 30/12/2022 – 30 marzo 2023 con una concentrazione massima di 6.600.000 cell/L .

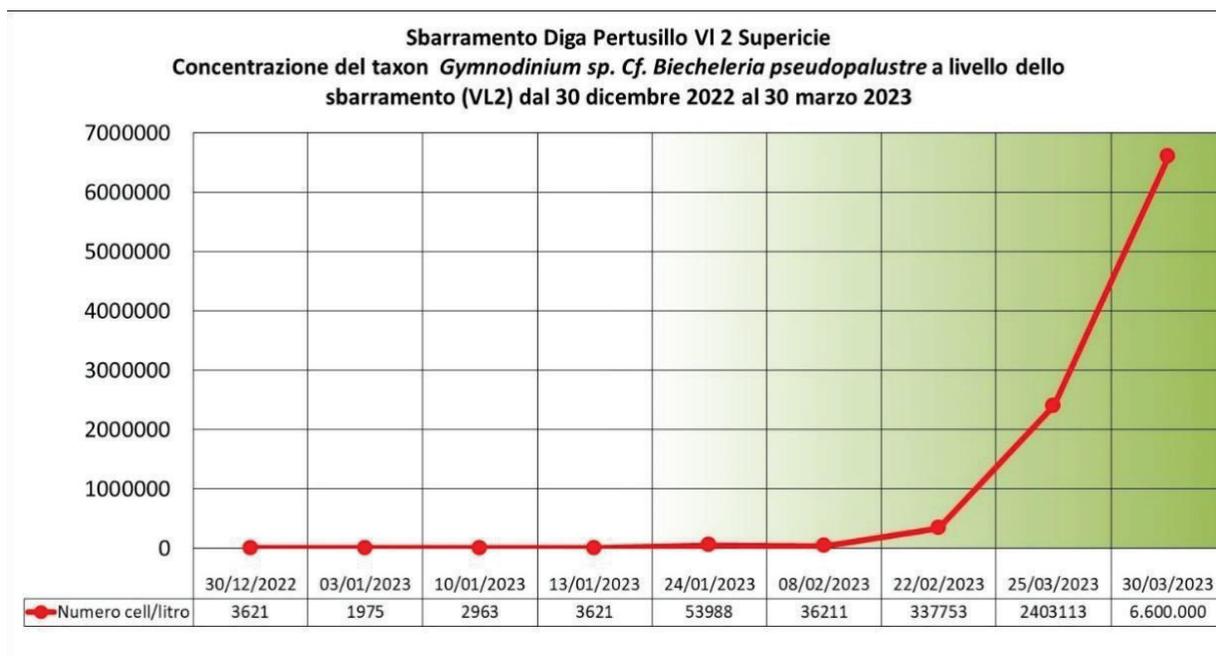


Figura 3 Concentrazione del taxon *Gymnodinium sp. Cf. Biecheleria pseudopalustre* a livello dello sbarramento (VL2) dal 30 dicembre 2022 al 30 marzo 2023

3.2 Rilievi in colonna d’acqua da imbarcazione

Il 13/01/2023 e il 22/02/2023 i prelievi sono stati effettuati con imbarcazione per le indagini in colonna d’acqua sull’intero invaso. 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. In Figura 7 sono riportate le concentrazioni di *Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris* dalla confluenza del Fiume Agri in diga fino allo sbarramento.

Le indagini effettuate sui campioni del **13/01/2023** hanno evidenziato una **concentrazione di *Gymnodinium sp. cf. Biechleria pseudopalustris*** pari a un massimo di 1.938.950 cell/L che diminuisce dalla confluenza del fiume Agri fino allo sbarramento. In data 22 febbraio 2023 il fenomeno ha assunto un andamento opposto, raggiunto la concentrazione massima di 790.064 cell/L.

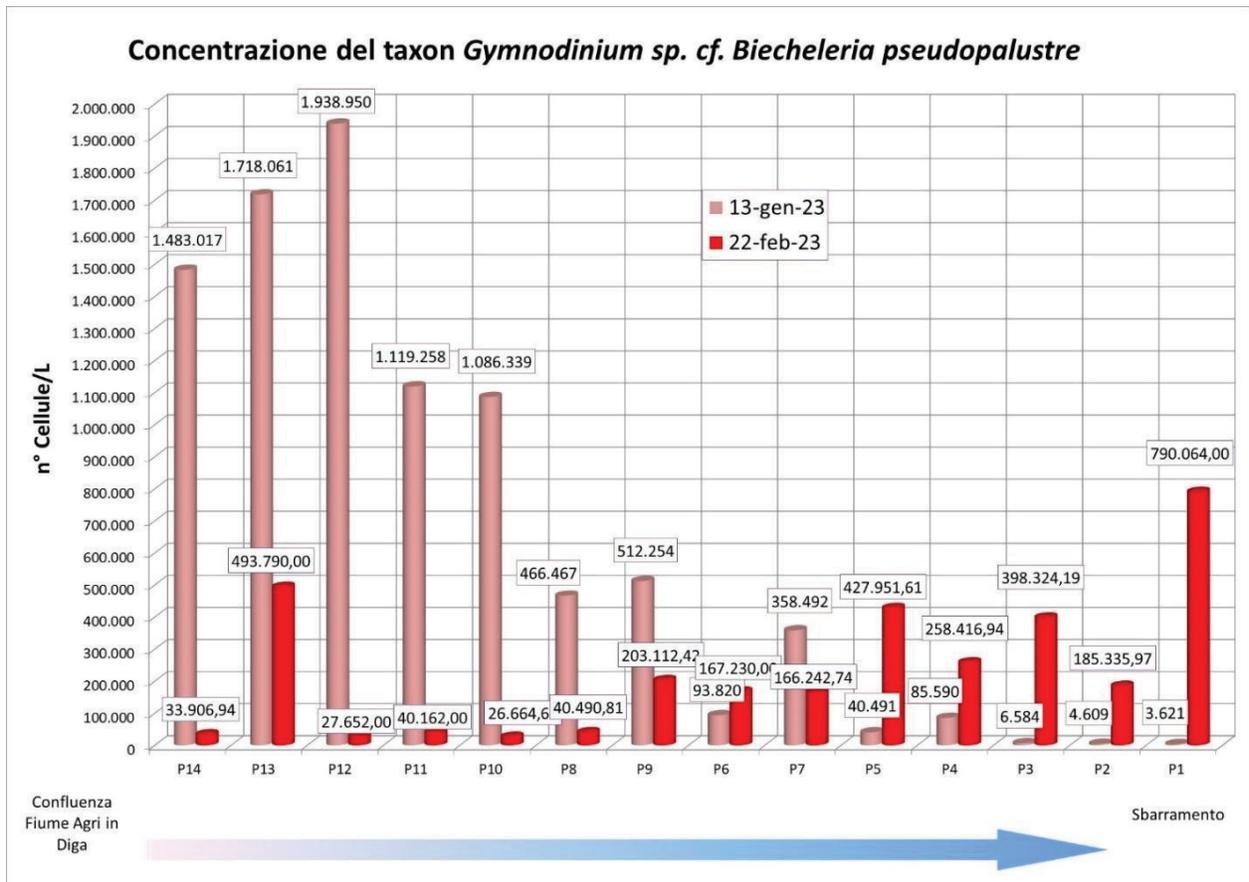


Figura 4

A livello dello sbarramento della diga, i prelievi effettuati a partire dal 30 dicembre 2022 fino all'8 febbraio 2023 non avevano evidenziato una concentrazione elevata di cellule tali da dominare su tutte le altre specie algali presenti. A partire dal 22 febbraio la curva di crescita è diventata esponenziale con un notevole incremento della concentrazione algale ed in particolare dal 22/02/2023 al 30/03/2023 la popolazione di ***Gymnodinium sp. cf. Biecheleria pseudopalustris*** ha raggiunto valori pari a 6.600.000 cell/L (Fig. 2)

3.3 Analisi chimiche

Le analisi chimiche eseguite sui campioni prelevati sono state finalizzate alla determinazione di idrocarburi. I risultati di tali determinazioni evidenziano che le concentrazioni di idrocarburi disciolti o emulsionati sono risultati sempre inferiori o al limite di quantificazione del metodo o al di sotto dei limiti normativi previsti dalla tabella 1/A dell'Allegato 2, parte terza del D.Lgs. 152/06, “ Caratteristiche di qualità per le acque destinate alla produzione di acqua potabile”.

3.4 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 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):

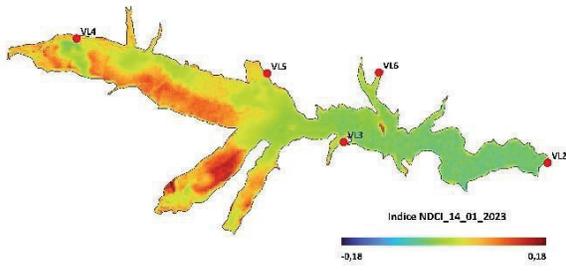
Tabella NDCI e Chl-a range (Mishra & Mishra, 2012)

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

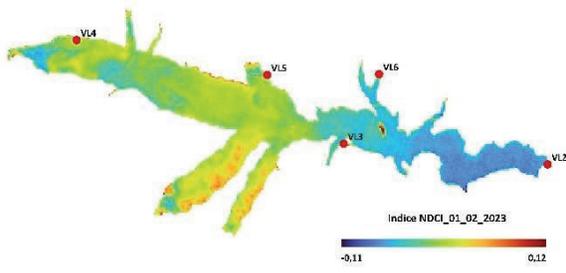
L'indice NDCI è specifico per lo studio da satellite della dinamica della biomassa fitoplanctonica e la valutazione in maniera indiretta dell'eventuale presenza di eutrofizzazione nell'area. Le immagini satellitari RGB mostrano la presenza di macchie scure paragonabili a fioriture algali e biomassa fitoplanctonica. 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.

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

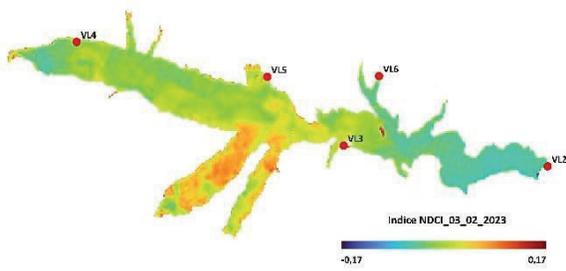
14/01/2023



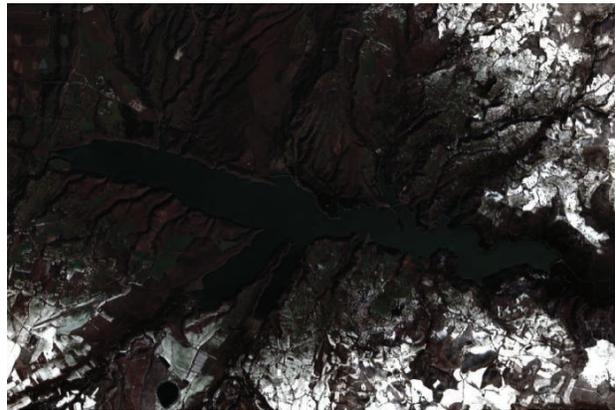
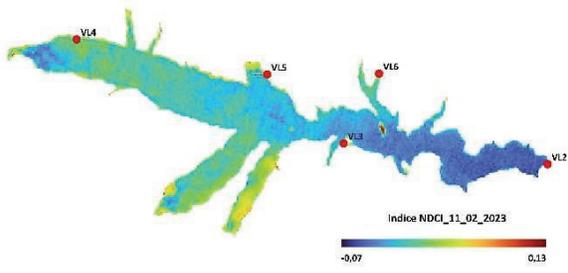
01/02/2023



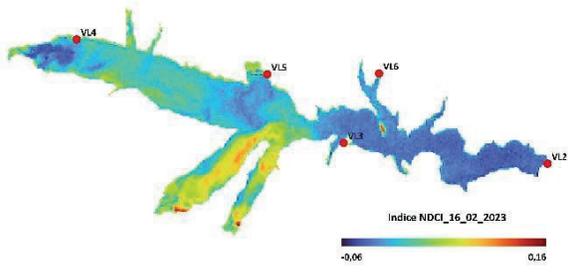
03/02/2023



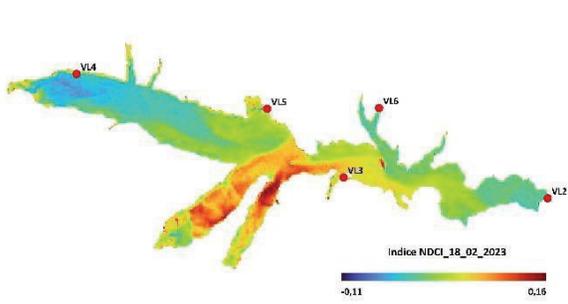
11/02/2023



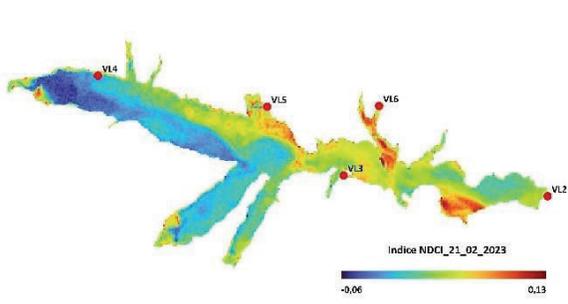
16/02/2023



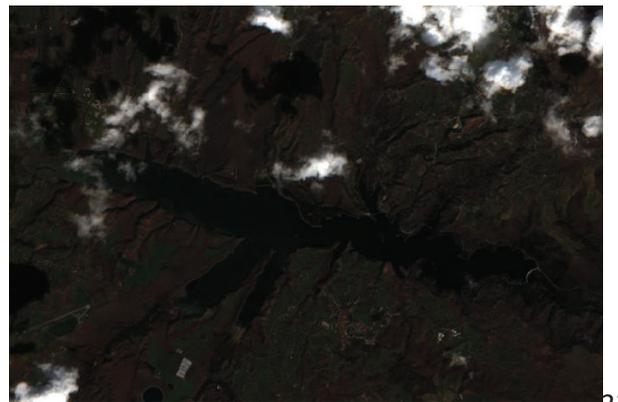
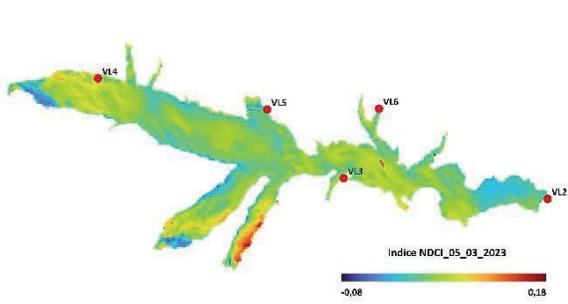
18/02/2023



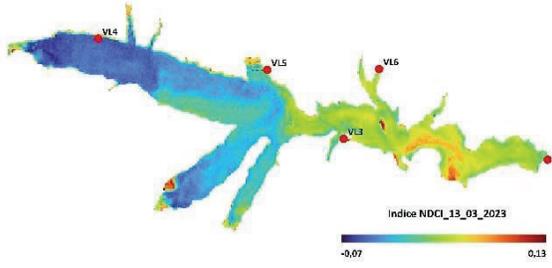
21/02/2023



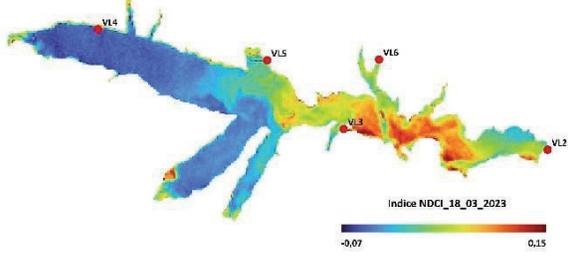
05/03/2023



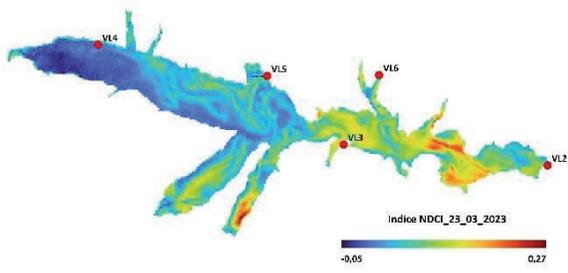
13/03/2023



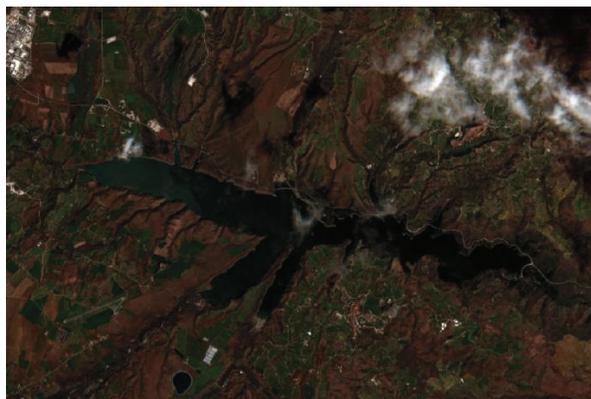
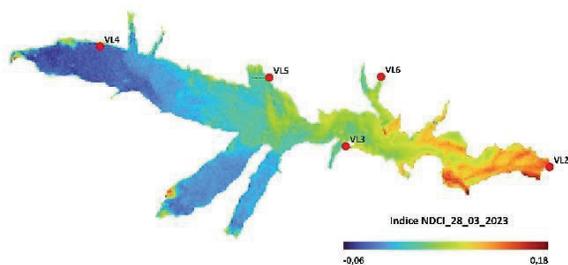
18/03/2023



23/03/2023



28/03/2023



4. CONSIDERAZIONI

Dalle indagini condotte sino ad oggi sia attraverso tecniche di monitoraggio in sito e nei nostri laboratori specialistici e sia mediante tecniche di telerilevamento è emerso che le acque dell'invaso del Pertusillo sono interessate da un intenso fenomeno di una fioritura algale del genere *Gymnodinium cf Biecheleria pseudopalustris* che risulta TUTT'ORA IN CORSO. Le analisi eseguite per la ricerca di idrocarburi evidenziano fenomeni che tali sostanze sono risultate sempre inferiori o al limite di quantificazione del metodo o al di sotto dei limiti normativi previsti dalla tabella 1/A dell'Allegato 2, parte terza del D.Lgs. 152/06, " Caratteristiche di qualità per le acque destinate alla produzione di acqua potabile".

TUTTE LE ATTIVITÀ DI "MONITORAGGIO DI INDAGINE" PROSEGUIRANNO FINO A CHIUSURA DEL BLOOMS.

5 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)