



SeeWandel

La vita nel
Lago di Costanza:
ieri, oggi e domani

Scheda informativa SeeWandel No. 01 | Settembre 2021



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Universität
Zürich UZH

L'alga rossa nel lago di Costanza – Abitante prevalente o ospite raro?

Attualmente, i ricercatori di SeeWandel dedicati al progetto «I motivi della crescita di *Planktothrix rubescens* nel lago di Zurigo e nel lago di Costanza» considerano scarsa la probabilità che l'alga rossa si imponga con regolare presenza massiva nelle acque libere del lago superiore (Obersee). Se, nel corso di più anni consecutivi, si dovesse però constatare una miscelazione molto debole del lago, questo potrebbe portare allo sviluppo di massa.

Un utilizzo dell'acqua del lago per l'approvvigionamento di acqua potabile, anche in caso di presenza massiva dell'alga, viene considerato non problematico, a condizione che le centrali idriche dispongano dei necessari processi di purificazione. Il prolungamento, dovuto ai cambiamenti climatici, della stagione balneare fino ad autunno inoltrato fa aumentare la probabilità che i bagnanti vengano a contatto con le tossine dell'alga rossa.



Cosa è l'alga rossa?

L'alga rossa, dal nome scientifico *Planktothrix rubescens*, è un cianobatterio millimetrico con filamenti cellulari non ramificati che in un campione di acqua risulta visibili ad occhio nudo (fig.1). La tipica colorazione rossa è dovuta alla ficoeritrina, un pigmento rossastro accessorio della fotosintesi. Mentre molti cianobatteri sono presenti prevalentemente in acque più ricche di nutrienti, l'alga rossa sviluppa proliferazioni di massa (la così detta fioritura algale) soprattutto in laghi di vaste dimensioni, profondi e poveri di nutrienti dell'emisfero boreale. Molti di questi laghi presentano drastici cambiamenti delle condizioni fisiche e chimiche legati al clima, che spesso hanno un impatto negativo sui gruppi di alghe classici, come le criptomonadi o le diatomee. L'alga rossa dispone invece, come molti altri cianobatteri, di tutta una serie di caratteristiche fisiologiche che ne fanno uno dei concorrenti di maggior successo delle alghe classiche, soprattutto in sistemi soggetti a rapidi cambiamenti [4]:

- L'alga rossa è in grado di produrre tossine che immagazzina nelle cellule¹ e che emette poi in acqua quando le cellule vengono distrutte. Per l'uomo e gli organismi animali, queste sono potenzialmente tossiche.
- Adeguatasi alle basse intensità di luce, si trattiene preferibilmente nel termoclino² di laghi profondi (nel lago di Costanza ad una profondità di circa 15 metri). In queste condizioni di luce, le alghe classiche possono crescere solo sporadicamente. In questo modo l'alga rossa evita la forte pressione della concorrenza presente nell'acqua di superficie inondata dalla luce.
- Delle vescicole gassose (strutture cellulari cilindriche piene d'aria) permettono all'alga rossa di galleggiare e di regolare attivamente la sua posizione nella colonna d'acqua [1].
- In condizioni di luce insufficienti per la fotosintesi, l'alga rossa è in grado di assorbire aminoacidi dall'acqua per produrre energia e superare così anche fasi brevi di oscurità. Al contrario di molti altri cianobatteri, non è però in grado di fissare azoto elementare e ha necessariamente bisogno di nitrato o ammonio come fonte di azoto.



Fig. 1: Al microscopio, i filamenti cellulari millimetrici e non ramificati dell'alga rossa sono ben riconoscibili. Foto: Stazione limnologica di Kilchberg, Università di Zurigo.

Casella informativa

In Svizzera l'alga rossa è conosciuta anche come (alga del) sangue dei Burgundi, nome che deve ad una leggenda nata in seguito al suo primo rinvenimento nel lago di Morat (CH) nel 1825. Nel 1476 i Confederati sconfissero nella battaglia di Morat l'esercito di Carlo il Temerario, duca di Borgogna. Successivamente, quando l'acqua del lago si tingeva di rosso, la popolazione credeva che si trattasse del sangue dei Burgundi caduti nella battaglia. Invece stavano assistendo alla fioritura dell'alga rossa, ossia dell'alga del sangue dei Burgundi.

¹ Di queste fanno parte: cianopeptoline, anabaenopeptine, aeruginosine e microcistine [2]. Le microcistine sono tra le sostanze più studiate e possono essere prodotte dall'alga rossa in diverse varianti [5].

² Strato di transizione in un lago profondo tra lo strato d'acqua superiore e inferiore, con un gradiente di temperatura dell'acqua in fortissimo calo man mano che si procede in profondità.



Prima proliferazione di massa nel 2016

Nell'autunno del 2016 fino alla primavera del 2017, l'alga rossa è stata osservata per la prima volta in massa nelle acque libere del lago superiore (Obersee) e, dal 2017 fino ad oggi, è rinvenibile solo in minima quantità. Le condizioni nutrizionali nel lago di Costanza sono cambiate fortemente a vantaggio dell'alga rossa dall'inizio del periodo di eutrofizzazione. Mentre dal 1980 la concentrazione di fosforo è continuamente andata a diminuire, il contenuto di azoto, sotto forma di nitrato, è rimasto grossomodo invariato. Secondo quanto emerso da studi condotti tra il 2015 e il 2018, nel lago di Costanza non ci sarebbero brusche variazioni delle concentrazioni di fosforo e azoto che potrebbero spiegare la massiccia presenza rilevata nel 2016. Un dato da mettere in risalto era comunque la miscelazione estremamente debole nella primavera degli anni 2013 - 2017. Perché questa serie di miscelazioni deboli possa essere stata favorevole si può spiegare sulla base del tipico schema di crescita dell'alga rossa constatato in altre acque, come ad esempio il lago di Zurigo (CH) [4].



La miscelazione gioca un ruolo decisivo

Sulla base di studi a lungo termine condotti dalla stazione limnologica di Kilchberg (Università di Zurigo), si è potuto dimostrare che la dinamica di crescita dell'alga rossa è strettamente connessa con la miscelazione stagionale o con la stratificazione termica di un lago [8].

In condizioni di stratificazione stabili, l'alga rossa si posiziona con l'aiuto delle vescicole gassose preferibilmente nel termoclino (fig. 2 [3a]). Un termoclino stabile, in condizioni di luce ideali è decisivo per lo sviluppo di una popolazione. Una luce d'intensità eccessiva potrebbe inibire la crescita o addirittura portare al perimento dei filamenti cellulari. Con il diminuire della radiazione luminosa e l'aumentare della miscelazione superficiale, l'alga rossa è costretta a spostarsi nell'acqua di superficie (fig. 2 [4a]) e, in caso di presenza massiva, forma una pellicola rossastra (fig. 3). Si assiste cioè al fenomeno del «sangue dei Burgundi».

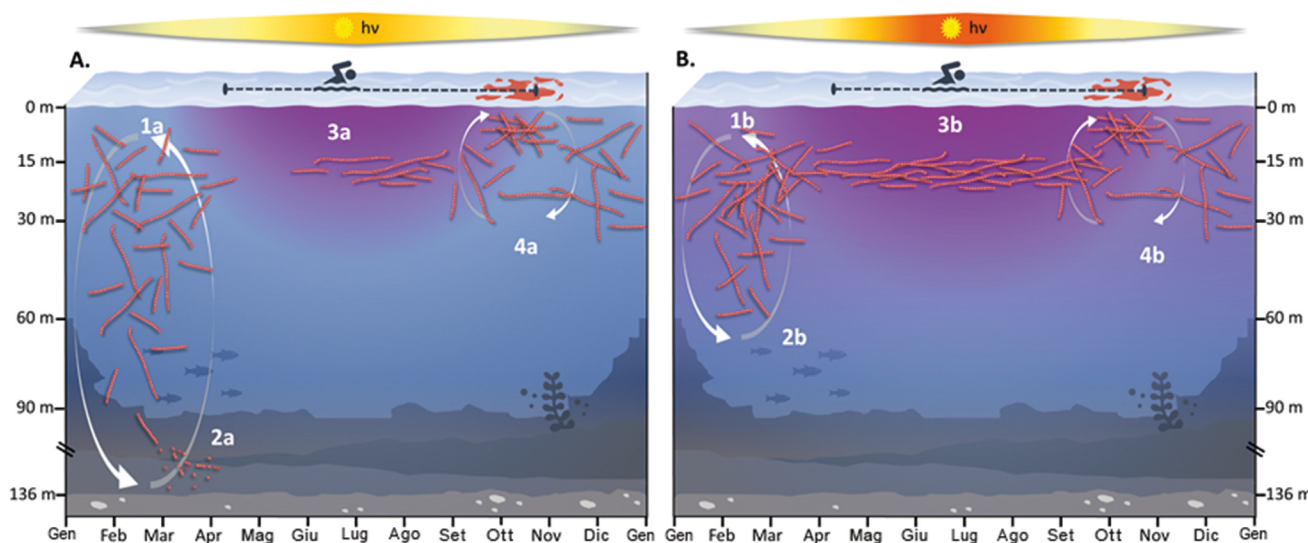


Fig. 2: Lo schema di crescita dell'alga rossa durante una miscelazione completa (A) e una miscelazione indebolita (B) della colonna d'acqua del lago. (1a-3a) Una miscelazione completa ha per effetto il collasso delle vescicole gassose e il perimento di una gran parte della popolazione dato che l'ascesa all'acqua di superficie non è più possibile. Le conseguenze sono densità di popolamento molto basse a inizio estate. (1b-3b) Se la miscelazione è indebolita, la maggior parte della popolazione sopravvive e i valori di densità sono molto alti già a primavera. (4a, 4b) In caso di miscelazione, sia completa che indebolita, in autunno si verificano miscelazione superficiali e può formarsi una pellicola rossastra sulla superficie. Grafica: Knapp & Posch 2021.



Fig. 3: Il fenomeno del «sangue dei Burgundi»: Sulla superficie dell'acqua, l'alga rossa viene a formare una pellicola rossastra.
Foto: Stazione limnologica di Kilchberg, Università di Zurigo.

In caso di miscelazione completa del lago, le vescicole gassose vengono distrutte dalla sempre più alta pressione idrostatica della colonna d'acqua (fig. 2 [1a-2a]). Le più forti vescicole gassose oggi conosciute [1] resistono alla pressione dell'acqua fino a una profondità di circa 100 metri (profondità massima del lago superiore: 251 metri). In questo caso, i filamenti cellulari non riescono più

a spostarsi dal profondo del lago fino alle aree inondate di luce e, con il tempo, muoiono. Le tossine liberate in questo processo, essendo molto in profondità e diluite nel corpo idrico, non costituiscono un pericolo. Le perdite nella popolazione sono ingenti [6] e solo alla fine dell'estate l'alga rossa arriverà a densità di popolamento rinvenibili con metodi di laboratorio e metodi applicati sul campo.

In caso di una miscelazione debole la probabilità di sopravvivere per l'alga rossa è decisamente maggiore. Se in primavera una gran parte della popolazione sopravvive alla fase di miscelazione, già all'inizio dell'estate questo porterà a elevate densità nel termocline (fig. 2 [1b-4b]).

Come il lago di Zurigo, anche quello di Costanza è monomittico, ciò significa che svolge di regola un ciclo stagionale nel quale tutti gli anni, in primavera, l'acqua viene completamente mescolata in verticale e, in estate e autunno, stratificata termicamente. Di conseguenza, si può presupporre che l'alga rossa presenti uno schema di crescita simile anche nel lago di Costanza.



Conseguenze per un ecosistema in caso di presenza massiva

In riferimento alla biomassa, l'alga rossa ha il potenziale per diventare la specie dominante nell'ecosistema di un lago. Le tossine interne alle cellule e la forma dei filamenti cellulari non ne fanno una fonte di nutrienti rilevante per lo zooplancton [5], e per questo, non ha praticamente competitori naturali. L'accumulo delle tossine nella catena nutrizionale è perciò molto improbabile e finora non è risultato rinvenibile in condizioni naturali. In compenso, esso può però portare ad un avvallamento di nutrienti quali fosforo o azoto, che restano così legati alla loro biomassa, con conseguente depauperamento attraverso i vari livelli nutrizionali della rete alimentare. In molti laghi stratificati, la miscelazione è essenziale per il trasporto di nutrienti dagli strati profondi a quelli superiori [9]. In caso di miscelazione insufficiente, il trasporto in alto dei nutrienti sarà anch'esso insufficiente. Al tempo stesso, la popolazione di alghe rosse sopravvive in una percentuale più alta, che a questo punto compete direttamente con altri organismi autotrofi³ per aggiudicarsi il poco fosforo a disposizione. Nel lago di Zurigo, ad esempio, durante la fioritura algale in primavera si è potuta osservare una drastica diminuzione di diatomee centriche, alghe d'oro e criptomonadi [9].

³ Organismi in grado di produrre biomassa da anidride carbonica e acqua con l'aiuto della luce del sole.



Conseguenze per la fruizione di un lago in caso di presenza massiva

Balneazione nel lago

Durante la stratificazione termica sussiste una chiara separazione tra l'habitat dell'alga rossa e l'area destinata alla balneazione. In questa fase, l'alga è posizionata di regola ad una profondità di 12 - 15 metri. Non c'è quindi alcun pericolo immediato di esposizione. Se però, a causa della carenza di luce nel termoclino o di temporali e onde interne, viene spinta in superficie, per uomo e animali c'è il rischio di venire a diretto contatto con le tossine [3]. Già in caso di contatto con la pelle non si possono escludere conseguenze per la salute (ad esempio irritazioni cutanee). Un'ingestione di acqua di lago non trattata è quindi assolutamente da evitare. Il verificarsi di situazioni critiche è sempre più frequente dato l'aumento delle temperature dovuto al clima che, in molti siti, prolunga la stagione di balneazione fino ad autunno inoltrato. In questi casi, l'eventualità che

la stagione balneare possa in parte coincidere con il periodo a rischio di fioritura di *Planktothrix* sulla superficie dell'acqua diventa più probabile e fa anche aumentare notevolmente il pericolo di venire a contatto diretto con la tossina.

Fruizione di acqua potabile

Per la purificazione dell'acqua di superficie, in Germania, Austria e Svizzera, si ricorre spesso all'ozonizzazione. In filtri collegati a valle, si eliminano inoltre particolari ingredienti e disinfetta l'acqua, ad esempio con cloro, diossido di cloro o radiazione UV. Con questo «sistema multibarriera» si garantisce un assoluto contenimento delle tossine dell'alga rossa. Nell'acqua potabile purificata non è più rinvenibile alcun effetto tossico.

L'alga rossa può imporsi nel lago di Costanza come organismo prevalente?

Se *Planktothrix rubescens* possa sviluppare o meno densità di popolamento più alte in un lago dipende da numerosi fattori. Molti di questi sono connessi ai cambiamenti climatici registrati nei grandi laghi dell'area alpina [6, 8, 9]. Alcuni di questi effetti si possono osservare anche nel lago di Costanza:

- Il riscaldamento del lago di Costanza dovuto al clima e la conseguente anticipata, più lunga e più stabile stratificazione termica così come anche la ridotta profondità di miscelazione dovrebbero avere effetti favorevoli sullo sviluppo dell'alga rossa.
- Da quanto emerso da misurazioni della luce sott'acqua eseguite nel 2018, l'alga rossa può trovare nel termoclino condizioni di luce temporaneamente adatte.
- Il lago di Costanza dispone di concentrazioni di nitrati sufficientemente alte che potrebbero servire come fonte di azoto all'alga rossa.

Il lago di Costanza presenta però anche caratteristiche che rendono difficoltoso lo sviluppo di una fioritura dell'alga rossa:

- Nonostante tra il 2013 e il 2017 la miscelazione fosse debole, fino ad una profondità di oltre 100 metri era pur sempre sufficiente. La pressione dell'acqua che domina in questi punti distrugge le vescicole gassose decimando notevolmente la popolazione.
- Rispetto al lago di Zurigo, qui il termoclino sembra essere meno compatto e stabile, rendendo difficile un posizionamento stabile dell'alga rossa.

- Secondo misurazioni della luce condotte nel 2018, si sono notate in due settimane delle oscillazioni fino a 10 metri della profondità di penetrazione della luce. L'alga rossa è in grado di cambiare posizione in verticale solo lentamente e avrebbe difficoltà a seguire le forti oscillazioni del clima luminoso da essa preferito.
- Nel lago di Costanza, l'alga rossa è indubbiamente fortemente fosforo-limitata. Le concentrazioni di fosforo in questo corpo idrico sono molto basse fino alle grandi profondità e, anche nel caso di una miscelazione indebolita (ad esempio fino a 100 metri), non riesce ad arrivare in zone con elevate concentrazioni di fosforo.

Alcune aree del lago superiore, come la baia di Bregenz o le acque collegate con il bacino principale, come il lago laterale o il Gnadensee, offrono potenzialmente un habitat adeguato all'alga rossa. La più bassa profondità di miscelazione, la disponibilità di fosforo e condizioni di stratificazione e di luce adatte potrebbero favorire uno sviluppo di massa, fungendo quindi da punti di partenza per una colonizzazione del lago superiore.

Nel lago superiore (Obersee), immissioni inaspettate di nutrienti dovute ad esempio ad eventi di acqua alta possono far sì che l'alga rossa possa ovviare brevemente alla limitazione di fosforo. Se, durante o poco dopo eventi simili, si dovessero trovare condizioni di luce e di stratificazione adatte, ciò potrebbe portare a un improvviso sviluppo di massa.

Molti indizi fanno pensare ad un ulteriore aumento delle temperature dell'aria e dell'acqua, con effetti sull'intensità della miscelazione e sui flussi di sostanze nel lago di Costanza. Come conseguenza si possono avere spesso anche forti oscillazioni della produttività, con imprevedibile sviluppo di masse di organismi autotrofi. Se l'alga rossa trovasse un termoclino stabile e condizioni di luce adatte ne potrebbe approfittare. Gli effetti del cambiamento climatico rendono comunque sempre più difficile fare previsioni sulle dinamiche stagionali nel lago.

Ci sono motivi favorevoli e contrari a un ulteriore sviluppo di masse di alghe rosse nel lago superiore (Obersee). Al momento, i ricercatori di SeeWandel considerano scarsa la probabilità che l'alga rossa si imponga in modo duraturo nelle acque libere di questa parte di lago. Una valutazione definitiva del fatto che l'alga rossa riesca o meno a imporsi nel lago di Costanza come organismo prevalente non sarà probabilmente possibile, dal momento che gli effetti del cambiamento climatico sono praticamente imprevedibili, anche in un ecosistema così studiato come questo.



Gestione della situazione e misure appropriate

Se i cambiamenti climatici e i loro effetti sulle acque persisteranno, si andrà eventualmente incontro ad alterazioni della stratificazione termica del lago e della distribuzione dei nutrienti, creando nuovi problemi in termini di gestione delle acque. Per riconoscere tempestivamente gli effetti dovuti al cambiamento climatico e poterli contrastare vale la pena allestire un vasto programma di monitoraggio.

Monitoraggio di parametri fisici e chimici.

L'analisi globale dei dati della temperatura come anche delle concentrazioni di ossigeno e fosforo è la base per verificare se l'alga rossa trova delle condizioni adatte.

Monitoraggio dell'alga rossa.

- Per un'esatta caratterizzazione dei processi dinamici stagionali e della distribuzione verticale sono necessari **profili di misurazione ad alta risoluzione**. Ad esempio con fasi di misurazione ad intervalli di 0.5 metri. Nella stratificazione termica, l'alga rossa è posizionata a volte solo entro un metro. Se questo strato non è campionato nella campionatura di profondità standard, può succedere che l'alga sfugga alla vista.
- Inoltre è opportuno anche **tener conto della trasparenza del lago**. Il lago di Costanza è molto chiaro e la luce penetra in profondità. Questo influisce anche sulla profondità dell'acqua in cui l'alga rossa trova condizioni di luce adatte. Per il lago di Costanza sarebbe quindi consigliabile un monitoraggio fino ad una profondità di almeno 30 metri.
- Per la misurazione si consiglia inoltre di utilizzare **sonde con un sistema di calibrazione per il riconoscimento delle alghe rosse**, dal momento che senza una calibrazione specifica, questa specie verrebbe assegnata erroneamente ad altri gruppi di alghe (prevalentemente criptomonadi).
- Nelle aree del lago di Costanza in cui **l'alga rossa trova un habitat potenzialmente adatto** (ad esempio baia di Bregenz, lago laterale, Gnadensee), **l'osservazione del suo sviluppo** è di particolare importanza per valutare tempestivamente il verificarsi delle fioriture algali nel bacino principale.

Misurazioni della luce.

Misurazioni ad alta risoluzione temporale (almeno ogni due settimane) della radiazione subacquea consentono di stimare da quando l'alga rossa salirà dal termocline al corpo idrico superficiale. Una volta disponibili tali dati, si potrà anche prevedere quando si formeranno pellicole rossastre sulla superficie del lago.

Sensibilizzazione del pubblico.

In caso di presenza massiva, per evitare qualsiasi rischio legato all'alga rossa, è **necessario agire tempestivamente**. In questo contesto, sarà molto importante informare ufficialmente la popolazione locale applicando tavole informative professionali delle autorità ufficiali, soprattutto nei punti di balneazione. Alla luce delle esperienze fatte nel 2020 al lago di Zurigo, si deve comunque constatare che **avvertimenti espressi a breve termine vengono in parte percepiti solo limitatamente dalla popolazione**, creando non poche difficoltà a chi deve gestire la situazione. Il consiglio è dunque definire prima di tutto dei percorsi comunicativi tenendo a disposizione materiale informativo. Sarà poi utile informare la popolazione locale e i rappresentanti delle amministrazioni comunali sulla presenza nel lago di organismi tossici e definire tempestivamente i contatti a cui rivolgersi.



Nota editoriale

Nel quadro del progetto di ricerca SeeWandel «P6: le cause della crescita di *Planktothrix rubescens* nel lago di Costanza e nel lago di Zurigo – Dati a lungo termine, approcci sperimentali e analisi genetiche a confronto» è stata presa in esame la questione se l'alga rossa potrebbe imporsi come organismo prevalente nella rete di nutrienti del lago di Costanza. Le conoscenze acquisite con il progetto di ricerca costituiscono la base della scheda informativa SeeWandel No. 1: «L'alga rossa nel lago di Costanza – Abitante prevalente o ospite raro?». Per ulteriori informazioni si rimanda al sito web www.seewandel.org.

«SeeWandel: La vita nel Lago di Costanza: ieri, oggi e domani» prende in esame le conseguenze della diminuzione di nutrienti, del cambiamento climatico, della diffusione di specie alloctone e di altri fattori di stress per l'ecosistema del lago di Costanza, la sua biodiversità e il suo funzionamento nonché sulla fruizione umana del sito acquatico e delle sue rive.

Editore

SeeWandel
PD Dr. Piet Spaak
Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
E-mail: seewandel@seewandel.org

Informazioni e contatto

Università di Zurigo, stazione limnologica,
Istituto piante e microbiologia
Prof. Dr. Thomas Posch
Seestrasse 187 | CH-8802 Kilchberg
E-mail: posch@limnol.uzh.ch

Autori

- Deborah Knapp, stazione limnologica dell'università di Zurigo
- Gaëlle Pauquet, Dipartimento dell'energia, San Gallo
- Thomas Posch, stazione limnologica dell'università di Zurigo

Con il sostegno di

- Josephine Alexander, SeeWandel
- Roland Schick, Consorzio per l'approvvigionamento idrico del lago di Costanza
- Christine Schranz, Bayerisches Landesamt für Umwelt (ufficio dell'ambiente bavarese)
- Piet Spaak, SeeWandel
- Lukas Taxböck, Dipartimento dell'energia, San Gallo

Nelle schede informative di SeeWandel sono riportate le valutazioni degli autori e dell'editore. Queste non devono necessariamente coincidere con quelle di altri partner del progetto SeeWandel.



Nota bibliografica

- [1] Bright DI, Walsby AE (1999) The relationship between critical pressure and width of gas vesicles in isolates of *Planktothrix rubescens* from Lake Zürich. *Microbiology* 145(10):2769-2775
- [2] Dittmann E, Fewer DP, Neilan BA (2013) Cyanobacterial toxins: biosynthetic routes and evolutionary roots. *FEMS Microbiology Reviews* 37(1):23-43
- [3] Fromme H (2006) Gesundheitliche Bedeutung von Cyanobakterientoxinen in Badegewässern. In: Toxinbildende Cyanobakterien (Blaualgen) in Bayerischen Gewässern. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Materialienband Nr. 125, 27-44
- [4] Knapp D, Posch T (2021) Die Burgunderblutalge im Zürichsee. Populationsdynamik und Einfluss des Klimawandels. *Aqua & Gas* N°4 | 2021: 14-21
- [5] Kurmayer R, Deng L, Entfellner E (2016) Role of toxic and bioactive secondary metabolites in colonization and bloom formation by filamentous cyanobacteria *Planktothrix*. *Harmful Algae* 54:69-86
- [6] Posch T, Köster O, Salcher MM, Pernthaler J (2012) Harmful filamentous cyanobacteria favoured by reduced water turnover with lake warming. *Nature Climate Change* 2(11):809-813
- [7] von Gunten U (2003) Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Research* 37:1443-1467
- [8] Yankova Y, Villiger J, Pernthaler J, Schanz F, Posch T (2016) Prolongation, deepening and warming of the metalimnion change habitat conditions of the harmful filamentous cyanobacterium *Planktothrix rubescens* in a prealpine lake. *Hydrobiologia* 776(1):125-138
- [9] Yankova Y, Neuenschwander S, Köster O, Posch T (2017) Abrupt stop of deep water turnover with lake warming: Drastic consequences for algal primary producers. *Scientific Reports* 7(1):13770

Questa scheda informativa è una traduzione della scheda informativa SeeWandel No. 1 «Die Burgunderblutalge im Bodensee – dominierende Bewohnerin oder seltener Gast?» (versione originale in tedesco), pubblicato nel settembre 2021. La traduzione è stata finanziata dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Desideriamo ringraziarli per il loro sostegno.

