



# اکولوژی، پراکنش و ترکیب جمعیت دیاتومه‌ها در دریاچه سد طالقان

رضوان موسوی ندوشن<sup>۱\*</sup>، احسان آقا جعفری<sup>۲</sup>

۱. دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

۲. کارشناس ارشد گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰

## چکیده

در کلیه اکوسیستم‌های آبی جهان دیاتومه‌ها به عنوان شاخص‌های مهم بیولوژیک مطرح‌اند و مدیریت و پایش ساختار جوامع آنها امری ضروری و حیاتی بشمار می‌رود. زیرا، برخی گونه‌های آنها می‌توانند با ایجاد شکوفایی‌های سریع و ناگهانی، کیفیت، سلامت و طعم را در منابع آب شرب به شدت تحت تاثیر قرار دهند و اختلالاتی در روند تصفیه آب پدید آورند. سد طالقان یکی از مهمترین منابع تامین آب شرب استان تهران است و از این نظر که کیفیت آب به عنوان آب شرب در دسترس مصرف کنندگان قرار گیرد حائز اهمیت است. بنابراین، این مقاله با رویکرد بررسی تنوع گونه‌ای، الگوهای پراکنش مکانی و زمانی دیاتومه‌ها و برخی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی دریاچه انجام پذیرفت. به این منظور نمونه‌برداری به مدت یک سال از زمستان سال ۱۳۹۳ تا زمستان ۱۳۹۴ از سه ایستگاه در طول دریاچه در سه تکرار و به صورت دوماه یکبار و در مجموع شش بار انجام شد. براساس مطالعات انجام شده بیست جنس و گونه دیاتومه در نمونه‌های آب دریاچه شناسایی شد. در تمام طول دوره نمونه‌برداری، همواره دو گونه *Cyclotella antique* - *Cyclotella ocellata* از دیاتومه‌های سنتریک و *Synedra ulna* از دیاتومه‌های pennate غالب بودند. بر اساس غلبه سه گونه مذکور، مقادیر pH ( $7/4 \pm 0/3$ ) و میزان یون بی کربنات ( $170 \pm 23$  میلی گرم در لیتر) در دریاچه طالقان مشخص شد دریاچه دارای آب و بستر آهکی و اندکی قلیایی بود، بر اساس آزمون dbRDA و MDS، مهمترین عوامل موثر بر پراکنش دیاتومه‌های غالب، عمق، بی‌کربنات/فسفات و سیلیس مشخص گردید. همچنین براساس تراکم کل دیاتومه‌ها به نظر می‌رسد دریاچه در شرایط الیگوتروف قرار داشته باشد.

**کلمات کلیدی:** دریاچه سد طالقان، دیاتومه، جمعیت، اکولوژی، پراکنش.



## **Ecology, Distribution and Composition of Diatoms in Taleghan Reservoir**

**Rezavan Mousavi Nadushan<sup>1\*</sup>, Ehsan Aghajafari<sup>2</sup>**

*1. Associate Professor, Department of Fisher and Marine Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran*

*2. MSc. Department of Fisher and Marine Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran*

**Received: 18-Apr-2021**

**Accepted: 11-Sep-2021**

### **Abstract**

Diatoms have been used as important biological indicators of water ecosystems all around the world, mastering and monitoring of their communities are crucial, because some diatom species may cause sudden/severe blooms, also endangering water safety, quality, odor and taste also cause problems for water treatment plants. Taleghan reservoir (Dam Lake) is one of the most important drinking water sources of Tehran, so it is a worthy ecosystem. Mastering domination of Bacillariophytes (Diatoms), species diversity, spatial, temporal dispersions, also some physical, chemical parameters were investigated. Sampling was performed bimonthly, during an annual program, winter of 1393 to winter of 1394, at three stations in three replicates. Based on this study, 20 genus/species were identified. *Cyclotella ocellata*, *Cyclotella antique* as centric diatoms and *Synedra ulna* as pennate diatoms were three dominant species during all sampling periods. Based on these three dominant species, pH ( $7.4\pm 0.3$ ) and bicarbonate ( $170\pm 23\text{mg.l}^{-1}$ ) Taleghan reservoir was demonstrated to have calcareous basin and slightly alkaline water, based on dbRDA and MDS analysis, the most important influencing factors on the diatom distribution were exhibited depth,  $\text{SiO}_2$  and  $\text{HCO}_3^{2-}/\text{PO}_3^-$ . Also, based on total density of diatoms, this dam lake can be classified as oligotrophic condition.

**Keywords:** Taleghan reservoir, Diatom, community, ecology, distribution.

## ۱. مقدمه

دیاتومه‌ها از فراوان‌ترین گروه‌های فیتوپلانکتونی در زیستگاه‌های آبی‌اند و در بسیاری از دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها سهم بزرگی از تثبیت کربن را دارند. دیاتومه‌ها سرعت رشد نسبتاً بالایی دارند و معمولاً با میزان نور کم در آب‌های غنی از مواد غذایی سازگار شده‌اند. در مناطق معتدله جمعیت دیاتومه‌ها الگوهای فصلی مشخصی را نشان می‌دهند و اغلب در بهار زمانی که شرایط رشد مانند گردش، مواد مغذی و میزان نور ایده‌آل است شکوفا می‌شوند (Çetin and Sent, 2004, Winder *et al.*, 2009). دیاتومه‌ها به عنوان شاخص‌های زیست محیطی رایج‌ترین موجودات بررسی شده در اکوسیستم‌های آب شیرین هستند (Negro and Hoyos, 2005). در بسیاری از ارزیابی‌ها نشان داده شده است که دیاتومه‌ها متنوع‌ترین گروه فیتوپلانکتونی در دریاچه پشت‌ها بشمار می‌روند به عنوان نمونه در سد آردوزو ترکیه در تمام طول سال در این گونه غالب را تشکیل می‌دهند (Çetin and Sent, 2004). روابط بین دیاتومه‌ها و شرایط محیطی در دریاچه‌های پشت سد اسپانیا نشان داد که غلظت یون‌ها و املاح (هدایت الکتریکی و قلیائیت) از مهمترین عوامل محیطی موثر در پراکنش دیاتومه‌ها پند، در حالیکه وضعیت تروفی در درجه دوم اهمیت قرار دارد (Negro and Hoyos, 2005). از طرف دیگر، دیاتومه‌ها به عنوان شاخص آلودگی آب در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Venkatachalapathy and Karthikeyan, 2013; Vasiljević *et al.*, 2017; Oeding and Taffs, 2017). همچنین دیاتومه‌ها همواره به عنوان شاخص‌های دیرینه‌شناسی در مطالعات اکولوژیک در دریاچه‌ها مطرح‌اند (Yildiz *et al.*, 2017; Fernandez *et al.*, 2018). دیاتومه‌ها نقش مهمی در پایش کیفیت آب دارند و شکوفایی دیاتومه‌ها در اکوسیستم‌های آبی و بویژه مخازن سدها می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست محیطی حاد، مانند سمیت (Scholin *et al.*, 2000; Reynolds, 2006)، و یا ایجاد بو و طعم نامطلوب در آب شرب گردد

(Zhao *et al.*, 2013). همچنین در دهه‌های اخیر، شکوفایی‌های جدی دیاتومه‌ها به طور مکرر در منابع آبی سراسر جهان رخ داده است، که از جمله می‌توان به شکوفایی دیاتومه‌ها در لایه‌های سطحی و زیرسطحی در دریای Yatsushiro در ژاپن اشاره نمود (Onitsuka *et al.*, 2016). با اینحال، تحقیقات در زمینه شکوفایی دیاتومه‌ها در اکوسیستم‌های آب‌های شیرین بویژه دریاچه‌ها و مخازن پشت سد محدود است و. بنابراین، ارزیابی احتمال وقوع شکوفایی دیاتومه‌ها که قطعاً بر روی کیفیت آب موثر خواهد بود، امری ضروری است. به طور کلی، شکوفایی دیاتومه‌ها ارتباطات مهمی با شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی و شرایط هیدرولوژیک دارند و لذا بررسی عوامل موثر در تشکیل و توسعه شکوفایی‌های جلبکی به منظور مدیریت و حفاظت از محیط زیست می‌تواند از اهمیت قابل توجه برخوردار باشد. تاکنون، نقش عوامل محیطی موثر در افزایش دفعات شکوفایی دیاتومه‌ها مورد ارزیابی دقیق قرار نگرفته است. O'Driscoll و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که، در مقایسه با سایر شاخص‌ها، مواد مغذی تأثیر عمده‌ای بر دیاتومه‌ها ندارند. اما Belando و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که افزایش میزان مواد مغذی برای تکثیر گونه‌های خاص دیاتومه که در شرایط کمبود مواد مغذی گونه‌هایی مقاوم هستند، می‌تواند منجر به شکوفایی گردد. Bere و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که علاوه بر غنی‌سازی مواد مغذی و آلودگی‌های آلی، آلودگی فلزات و تغییرات هیدرودینامیک، تأثیر قابل توجه در شکوفایی دیاتومه‌ها دارند. بعلاوه، برخی از محققان گزارش کرده‌اند که هدایت الکتریکی می‌تواند عامل اصلی شکوفایی دیاتومه‌ها باشد (Zhang *et al.*, 2016). برخی دیگر نشان داده‌اند که شکوفایی‌های نسبتاً کوچک دیاتومه‌ها با سطوح بالایی از مواد مغذی غیرآلی و محلول همراه است (Guinder *et al.*, 2015). علاوه بر این، بسیاری از عوامل دیگر با شکوفایی دیاتومه‌ها مرتبط شناخته شده است. تاکنون اکثر مطالعات محدود به رودخانه‌ها در مناطق قطبی یا مدیترانه‌ای و رابطه بین ترکیب جمعیت

عوامل محیطی در مخزن پشت سد طالقان قرار داده شد.

## ۲. مواد و روش کار

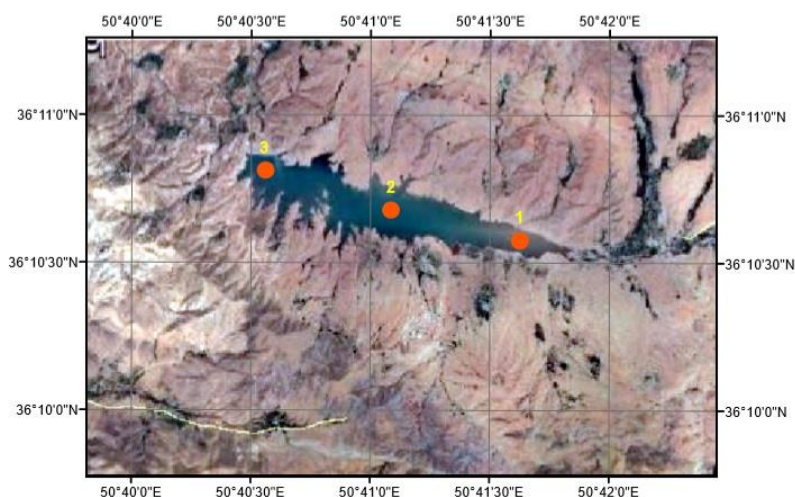
### ۱.۲. تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری

بعد از بازدید مقدماتی از سطح دریاچه توسط قایق، ایستگاه‌های نمونه برداری در سه نقطه در طول دریاچه، به ترتیب نزدیک دهانه ورودی دریاچه (ایستگاه یک)، میانه دریاچه (ایستگاه دو) و نزدیک تاج سد (ایستگاه سه) انتخاب شده و توسط GPS (Garmin Gps map 62s) مختصات جغرافیایی آنها به ثبت رسید (جدول ۱).

دیاتومه‌ها و عوامل محیطی (Teittinenetal *et al.*, 2016, ) و یا شکوفایی دیاتومه‌ها و تغییر ترکیب آنها در جریان‌ات رو به بالای ساحلی/دریایی (Piano, *et al.*, 2017) (Romero and Fischer, 2017) متمرکز بوده است. علاوه بر این، بیشتر مطالعات مربوط به پراکنش دیاتومه‌ها بر اساس مشاهدات و تحقیق در بازه‌های زمانی کوتاه ارائه شده‌اند (O'Driscoll *et al.*, 2012) و لذا تاکنون، مطالعات محدودی در زمینه تأثیر عوامل محیطی بر ساختار جمعیت دیاتومه‌های مخازن پشت سد در سطح جهان و ایران انجام شده است. بنابراین، هدف از این مطالعه (۱) شناسایی و بررسی ساختار جمعیت دیاتومه‌ها و (۲) تحقیق در مورد رابطه بین جوامع دیاتومه‌ها و

جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری دریاچه سد طالقان در مدت مطالعه

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	موقعیت
ایستگاه ۱	۳۶ ۱۶ ۱۰N ۵۰ ۴۲ ۵۵E	روبروی منطقه چشمکان
ایستگاه ۲	۳۶ ۱۰ ۳۴N ۵۰ ۴۱ ۲۴E	روبروی روستای زیدشت
ایستگاه ۳	۳۶ ۱۰ ۵۵N ۵۰ ۳۸ ۳۵E	نزدیک تاج سد



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری دریاچه سد طالقان، ترسیم شده با نرم افزار ArcGIS

مقطر) استفاده و پس از انجام مراحل مربوطه جذب محلول در طول موج ۶۳۰ نانومتر اندازه‌گیری و در مقایسه با منحنی استاندارد دستگاه، غلظت آمونیوم مربوط به جذب خوانده و محاسبه شد (APHA, 2009). برای سنجش فسفات کل پس از هضم فسفر آلی توسط اسید سولفوریک و تبدیل به اورتوفسفات مراحل مانند ارزیابی فسفات محلول دنبال شد (APHA, 2009). غلظت فسفر محلول به روش اسید آسکوربیک، ایجاد رنگ توسط معرف هیتامولیبیدات آمونیوم در محیط اسیدی و رنگ سنجی در ۸۸۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (APHA, 2009). سنجش سیلیس نیز بر اساس واکنش رنگ سنجی در برابر مولیبدات آمونیم و قرائت جذب در ۴۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر DR2500 انجام شد. و در نهایت غلظت بی کربنات با استفاده از معرف فنل فتالئین و تیتراسیون اندازه‌گیری شد (APHA, 2009).

## ۲.۲. روش شناسایی دیاتومه‌ها

جهت نمونه‌برداری از آب دریاچه از نمونه‌بردار روتنر استفاده شد. نمونه‌برداری در هر ایستگاه در سه تکرار با حجم یک لیتر برداشت شدند. برای نمونه‌برداری از آب دریاچه جهت شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون در هر دوره و در هر ایستگاه، ۳ نمونه از عمق سی سانتی‌متری در بطری‌های یک لیتری جمع‌آوری گردید. برای سنجش فاکتورهای شیمیایی نیز از هر ایستگاه یک نمونه یک لیتری از عمق سی سانتی‌متری آب تهیه و برای انتقال به آزمایشگاه آماده سازی شد. به منظور شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون‌ها از یک دستگاه میکروسکوپ نوری با بزرگمایی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰، لام سدویک رفتار (Sedgewick Rafter)، پیپت، لام و لامل معمولی استفاده گردید. به علت پایین بودن تراکم فیتوپلانکتون‌ها نمونه‌های یک لیتری با ته نشینی و سیفون آب سطحی به ۱۰۰ سی‌سی تغلیظ یافتند (Presscot, 1970; Belinger and sigee, 2015).

ایستگاه یک در نزدیکی ورودی آب رودخانه به دریاچه روبروی منطقه چشمکان قرار داشت که دارای امکاناتی برای اسکان گردشگران بود. ایستگاه دو در میانه دریاچه و روبروی روستای زیدشت و ایستگاه سه در نزدیکی تاج سد، قسمتی که بیشترین عمق دریاچه در آن قرار داشتند. نمونه‌برداری بصورت دوماه یکبار در اواسط ماه و در ساعات اولیه روز از هر سه ایستگاه انجام گرفت. شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی شامل دما، غلظت اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، pH، نیترات کل، نیترات محلول، نیتريت، آمونیوم، فسفات کل، فسفات محلول و سیلیس بودند. شاخص‌های فیزیکی در محل و با دستگاه‌های پرتابل اندازه‌گیری شدند. برای سنجش دمای آب از دماسنج جیوه‌ای، و جهت سنجش مقدار اکسیژن محلول از دستگاه اکسی متر پرتابل Jenway ساخت کشور انگلستان بر حسب ppm استفاده شد. جهت اندازه‌گیری اسیدیته و هدایت الکتریکی از دستگاه pH متر و EC متر پرتابل Jenway استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری شاخص‌های شیمیایی نمونه‌های آب در تاریکی و به همراه یخ، به آزمایشگاه انتقال داده شدند. جهت اندازه‌گیری نیتروژن کل پس از هضم اکسایشی به روش میکروکج‌لدال بقیه مراحل مانند اندازه‌گیری نیترات محلول دنبال شد. برای اندازه‌گیری نیترات محلول از معرف‌های کلرور سدیم و اسیدسولفوریک غلیظ (۵۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ + ۱۲۵ میلی لیتر آب مقطر) و سولفات اسیدبروسین استفاده و پس از طی مراحل مربوطه، جذب نهایی محلول در طول موج ۴۱۰ نانومتر قرائت شد. سپس در مقایسه با منحنی استاندارد جذب دستگاه، غلظت نیترات نمونه آب محاسبه گردید (APHA, 2009). نیتريت به روش Diazotization و جذب محلول در طول موج ۵۴۳ نانومتر توسط DR/2500 Spectrophotometer HACH سنجش شد. برای اندازه‌گیری آمونیوم، از معرف فنل (محلول نیتروپرسید سدیم و فنل در آب مقطر)، محلول بافر (محلول نیترات سدیم و سود در آب مقطر) و معرف هیپوکلریت (محلول اسید دی کلرو ایزوسیانونیک در آب

### ۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نرم‌افزارهای آماری مورد استفاده جهت انجام رسم نمودارها و آزمون تک متغیره آنالیز واریانس یکطرفه (آزمون تعقیبی Tukey)، (Excel(2019 و SPSS 20 بودند. همچنین آزمون‌های multivariate در نرم افزار پرایمر انجام شد.

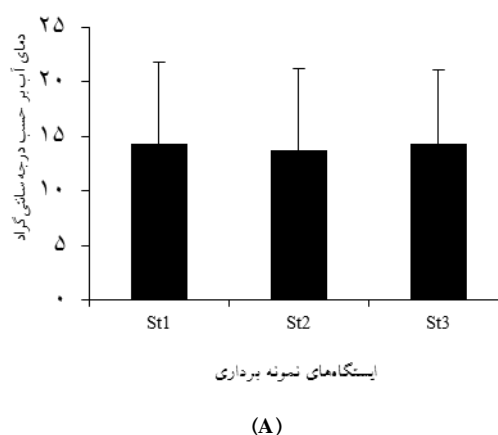
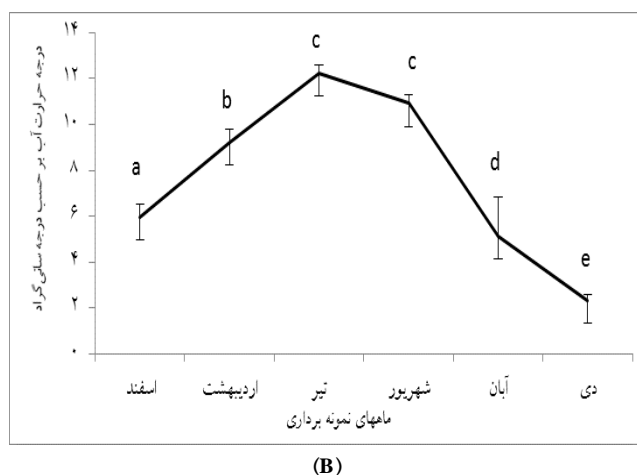
برای ۱۸ نمونه برداری انجام شده در زمان‌ها و ایستگاههای مورد مطالعه، جهت تعیین الگوی تغییرات، تفاوت‌ها و تمایز نمونه برداری‌ها بر اساس شاخص‌های فیزیکی و جوامع گونه‌های شناسایی شده دیاتومه از آزمون (MDS (Multi-Dimensional Scale استفاده شد. همچنین به منظور نشان دادن تغییرات زمانی و مکانی مقادیر متغیرهای محیطی و تراکم گونه‌های غالب بصورت همزمان، از پلات‌های دو بعدی Bubble استفاده شد.

و در نهایت جهت بررسی و تعیین شاخص‌های محیطی مورد مطالعه و موثر بر پراکنش دیاتومه‌ها در دریاچه، از آزمون dbRDA (distance based Redundancy Analysis) در نرم افزار PRIMER v6 استفاده شد (Anderson et al, 2008). لازم به ذکر است آزمون RDA در نرم افزار پرایمر اساسا و بصورت پیش فرض بر پایه distance-based طراحی گردیده است. این

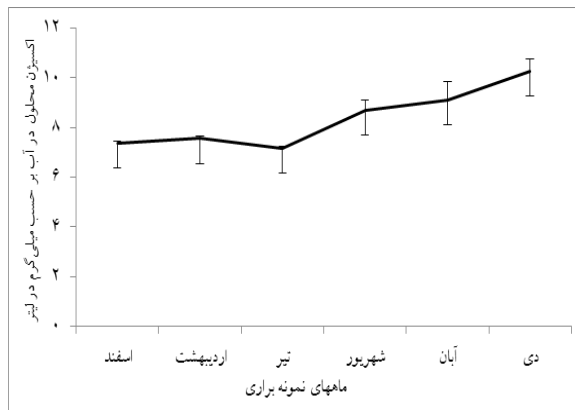
آزمون بصورت گرافیک شاخص‌های محیطی موثر و واجد همبستگی بر گرادیان‌های زیستگاهی و بصورت همزمان موثر بر پراکنش جوامع موجودات را در صورت وجود رابطه، نشان می‌دهد. جهت اجرای آزمون dbRDA ابتدا ماتریکس dissimilarity بر اساس Bray-Curtis coefficient ساخته شد. همچنین در این تحقیق ابتدا بر اساس مدل رگرسیونی stepwise تاثیر کلیه متغیرهای محیطی بر کلیه گونه‌های مورد مطالعه بررسی و سپس بر اساس معیار ارزیابی (AIC (Akaike's information criterion متغیرهای محیطی اثرگذار و برازش داده شده انتخاب و سپس در محیط آزمون dbRDA وارد و در پلات مربوطه نشان داده شدند (Anderson et al, 2008).

### ۳. نتایج

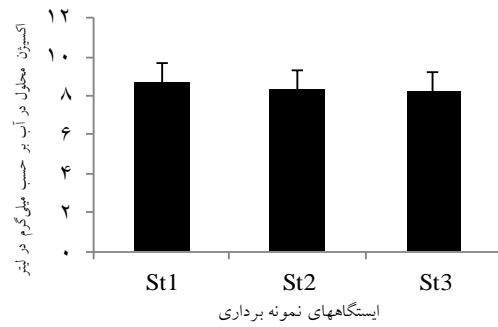
نتایج سنجش شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی بیانگر کمترین دمای آب در دی ماه ۱۳۹۴ بود و در همین ماه اکسیژن محلول آب بالاترین مقدار خود را داشت. pH آب در طول مدت مطالعه تغییر محسوسی نداشت و پایین ترین میزان هدایت الکتریکی آب مربوط به اسفند ماه ۱۳۹۳ بود (اشکال ۲ تا ۵).



شکل ۲. نمودار میانگین دمای آب در ایستگاه‌های مختلف (A) و تغییرات میانگین دمای آب دریاچه طالقان در مدت مطالعه (B) دریاچه پشت سد طالقان (داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار نشان داده شده است و در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری میان دمای آب در ایستگاه‌ها مشاهده نشد)

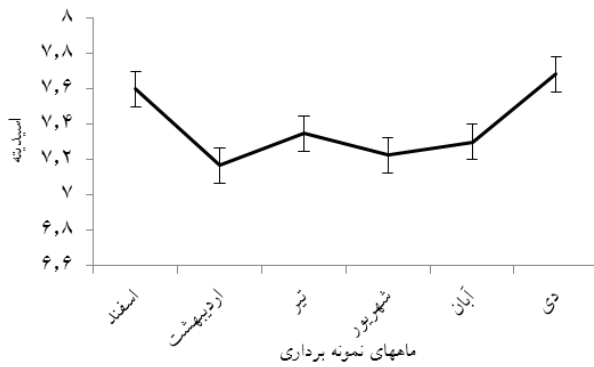


(B)

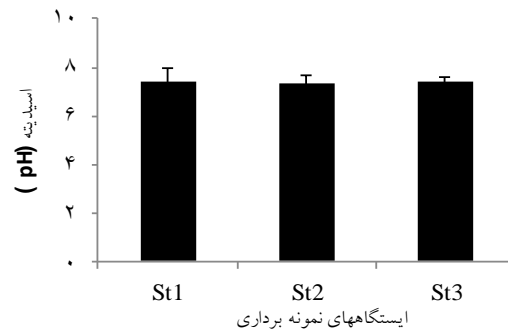


(A)

شکل ۳. نمودار میانگین اکسیژن محلول آب در ایستگاه‌های مختلف دریاچه پشت سد طالقان در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری

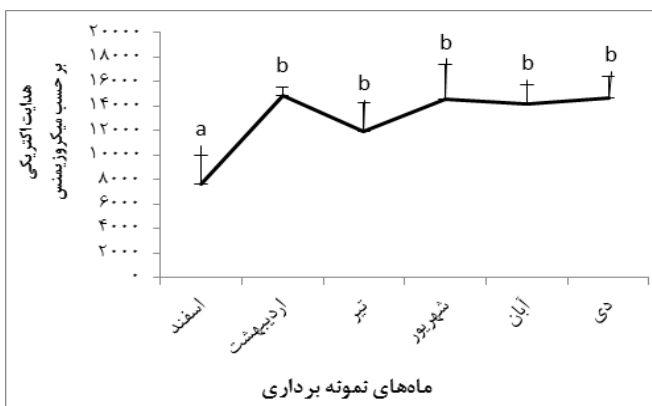


(B)

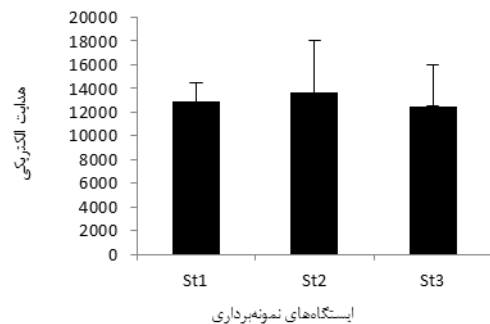


(A)

شکل ۴. میانگین pH آب در ایستگاه‌های مختلف دریاچه پشت سد طالقان (A) و تغییرات زمانی آن در مدت مطالعه (B) (داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار نشان داده شده است و در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار در pH ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد)



(B)



(A)

شکل ۵. هدایت الکتریکی آب در ایستگاه‌های مختلف دریاچه طالقان در مدت مطالعه و تغییرات زمانی میانگین هدایت در مدت مطالعه (B) (داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف معیار نشان داده شده است و در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار در میزان هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده نشد)

بر اساس نتایج بدست آمده از بررسی فیتوپلانکتون‌های دریاچه از اسفندماه ۱۳۹۳ تا دیماه سال ۱۳۹۴ بیست جنس و گونه دیاتومه شناسایی گردید (جدول ۲).

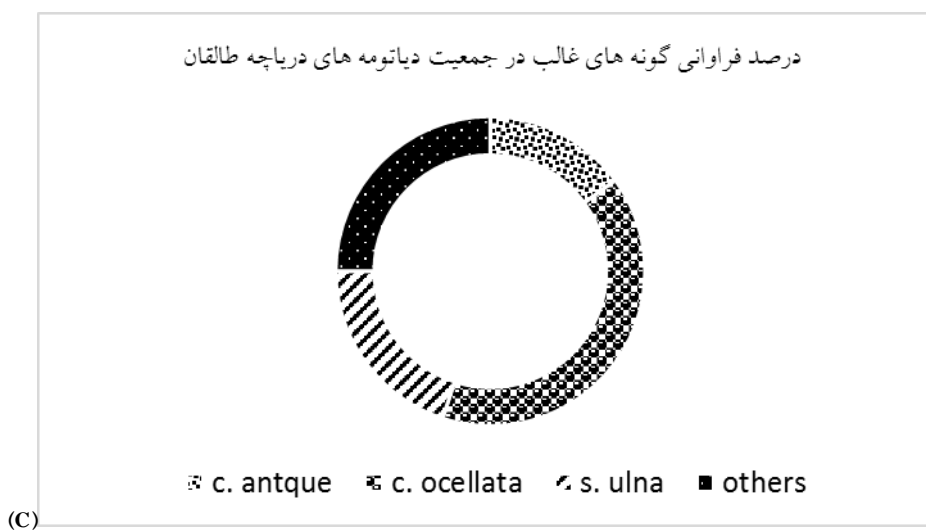
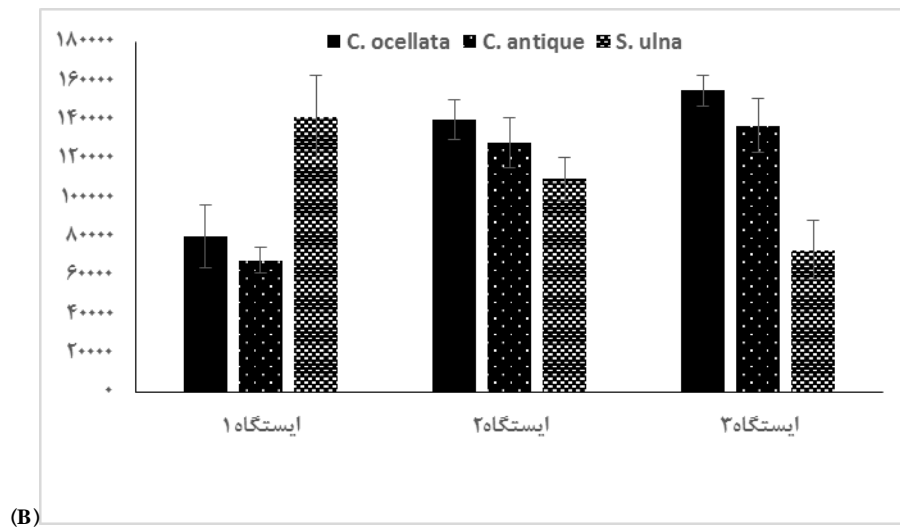
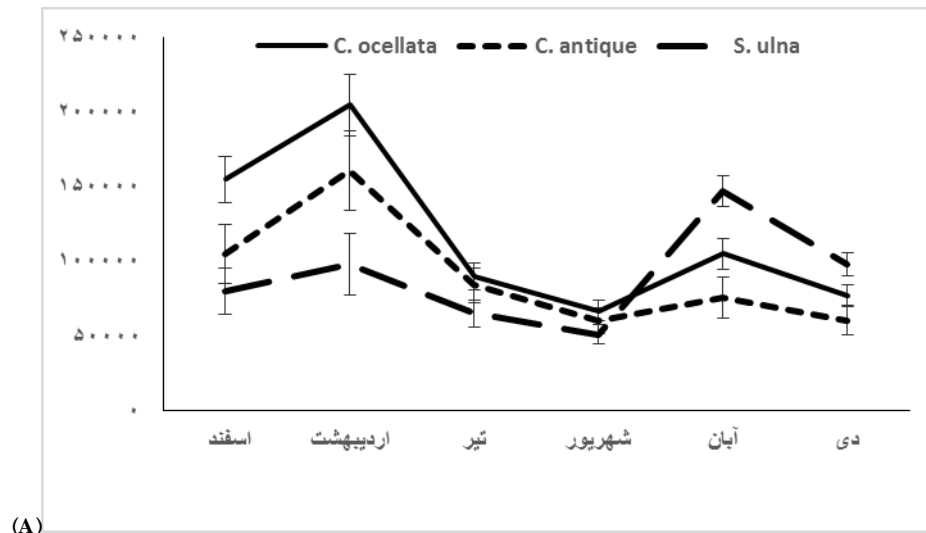
جدول ۲. فهرست جنس‌ها و گونه‌های شناسایی شده در شاخه دیاتومه‌ها، دریاچه پشت سد طالقان، زمستان ۹۳ تا زمستان ۹۴

Phylum	Class	Order	Genus	Species
Bacillariophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Cyclotell	<i>Cyclotella ocellata</i>
	Mediophyceae	Stephanodiscales	Cyclotell	<i>Cyclotella antique</i>
	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillaria	<i>Bacillaria paradoxa</i>
	Bacillariophyceae	Cocconeidales	Cocconeis	<i>Cocconeis spp.</i>
	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbella	<i>Cymbella spp.</i>
	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbella	<i>Cymbella lanceolata</i>
	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbella	<i>Cymbella tumida</i>
	Bacillariophyceae	Tabellariales	Diatoma	<i>Diatoma vulgaris</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilaria	<i>Fragilaria virescens</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilaria	<i>Fragilaria tenera</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilaria	<i>Fragilaria crotonensis</i>
	Bacillariophyceae	Naviculales	Gyrosigma	<i>G. attenuatum</i>
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosira	<i>Melosira varians</i>
	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculales	<i>Navicula spp.</i>
	Bacillariophyceae	Bacillariales	Nitzchia	<i>Nitzchia spp.</i>
	Bacillariophyceae	Bacillariales	Nitzchia	<i>Nitzschia linearis</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Synedra	<i>Synedra Formosa</i>
	Bacillariophyceae	Fragilariales	Synedra	<i>Synedra ulna</i>
	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnularia	<i>Pinnularia viridis</i>
	Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphora	<i>Sellaphora pupula</i>

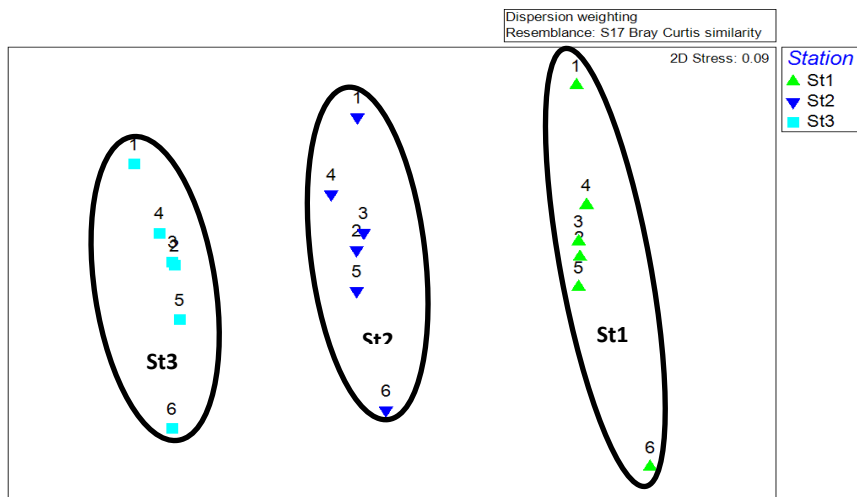
بر اساس آزمون چند متغیره MDS، مبتنی بر کلیه شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی، تراکم کل دیاتومه‌ها، تراکم گونه‌های مختلف، در بازه زمانی یکساله از دریاچه سد طالقان، ایستگاه‌های سه‌گانه کاملاً از یکدیگر متمایز و تفکیک شدند و بیشترین نوسانات زمانی در ایستگاه ۱ مشاهده شد. همچنین بر اساس مقادیر شاخص‌های اندازه‌گیری شده و تراکم سه گونه غالب در آزمون MDS، نمونه‌برداری‌های (Samples) مربوط به ماه اسفند (نمونه‌برداری ۱) و نمونه‌برداری دی ماه (نمونه‌برداری ۶) در هر سه ایستگاه بیشترین تفاوت و تمایز را از سایر ماه‌های نمونه‌برداری نشان دادند (شکل ۷).

گونه غالب در نمونه‌برداری اول در اسفندماه ۱۳۹۳ گونه *Cyclotella ocellata* با تراکم ۱۵۵۰۰۰ عدد در لیتر بوده است. بعد از آن گونه *Cyclotella antique* بیشترین فراوانی را داشته است (شکل ۶). از سوی دیگر حداکثر تراکم دو گونه سنتریک، *C. ocellata* و *C. antique* در اردیبهشت و ایستگاه ۳ و بالعکس حداکثر تراکم *S. ulna* در آبان و در ایستگاه ۱ مشاهده شد (شکل ۶ (A) و (B)). همچنین مجموع تراکم سه گونه غالب به ۷۵ درصد و مجموع تراکم ۱۷ جنس و گونه شناسایی شده به حدود ۲۵ درصد از تراکم کل رسید (جدول ۲ و شکل ۶ (C)).





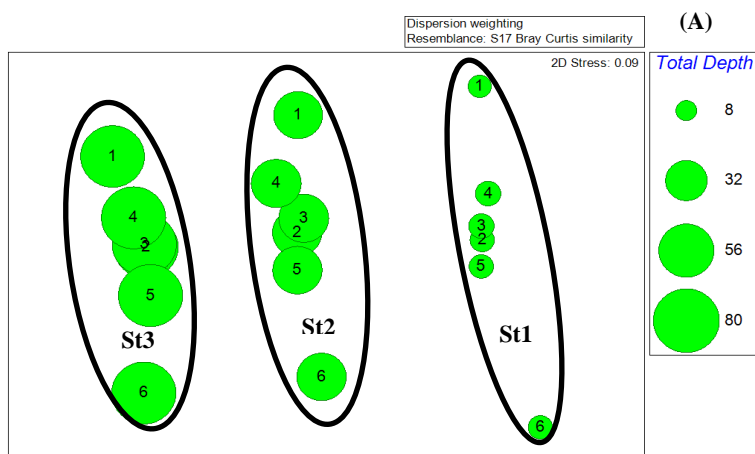
شکل ۶. دیاتومه‌های غالب در دریاچه طالقان در بازه زمانی مورد مطالعه (A)، مقایسه تراکم آنها در ایستگاه‌های مورد مطالعه (B) و درصد فراوانی گونه‌های غالب (C).



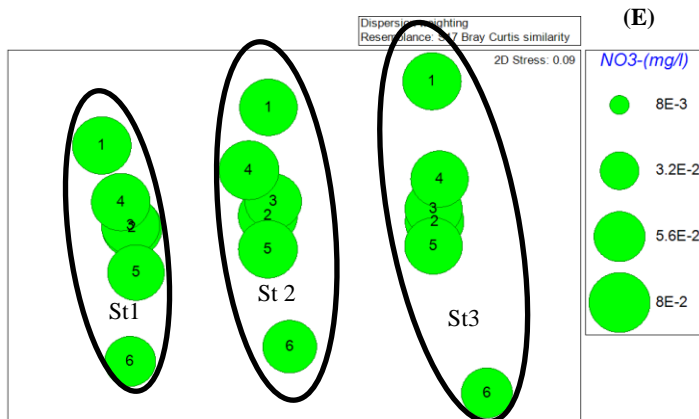
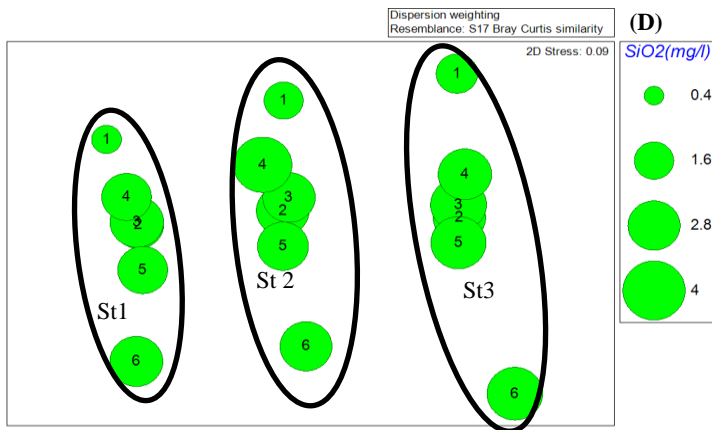
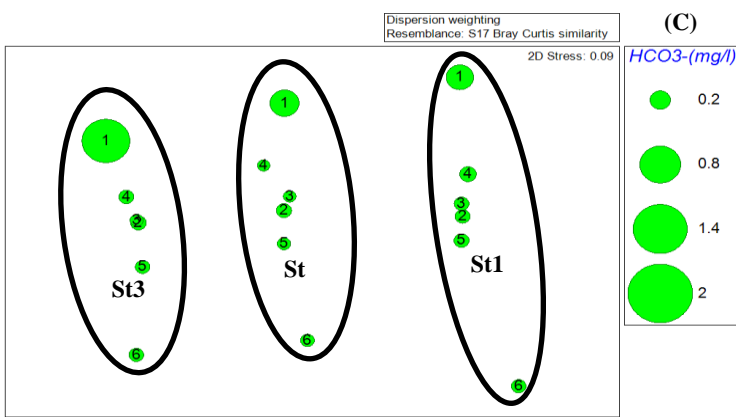
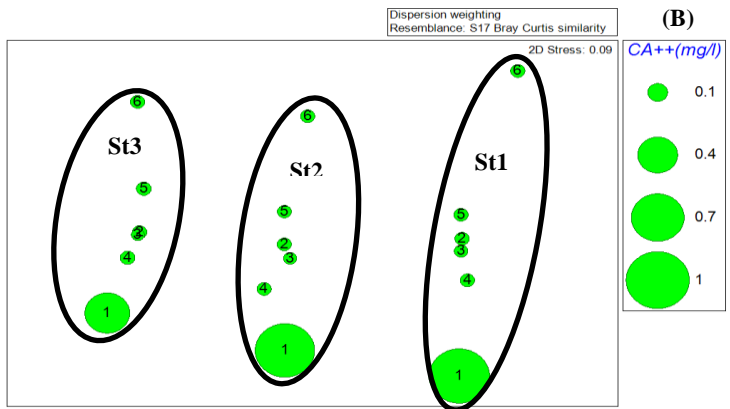
شکل ۷. نمودار آزمون MDS براساس تغییرات زمانی شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده و گونه‌های دیاتومه‌های شناسایی شده در ایستگاه‌های سه‌گانه دریاچه طالقان در بازه زمانی یکساله. (در فضای هر ایستگاه، اعداد نشان دهنده زمان نمونه‌برداری هستند، بدین ترتیب که عدد ۱ نشان دهنده اولین نمونه‌برداری در ماه اسفند، ۲؛ دومین نمونه‌برداری در اردیبهشت، ۳؛ سومین نمونه‌برداری در تیرماه، ۴؛ چهارمین نمونه‌برداری در شهریور، ۵؛ پنجمین نمونه‌برداری در آبان و ۶؛ ششمین نمونه‌برداری در دیماه).

(نمونه‌برداری ۱) (شکل ۸ (B) و (C)) و در پلات‌های  $\text{NO}_3^-$  بالاترین میزان نیترات در ماه اسفند (شکل ۸ (E) و در پلات  $\text{SiO}_2$  کمترین میزان سیلیس در ماه اسفند نشان داده شد (شکل ۸ (D)).

بر اساس پلات bubble مربوط به عمق ایستگاه و محل نمونه‌برداری، گرادیان عمق ایستگاه‌های مورد مطالعه در دامنه ۸-۸۰ متر نشان داده شده است (شکل ۸ (A)). همچنین در پلات‌های مربوط به  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{HCO}_3^-$  بالاترین میزان یون‌های مذکور در ماه اسفند



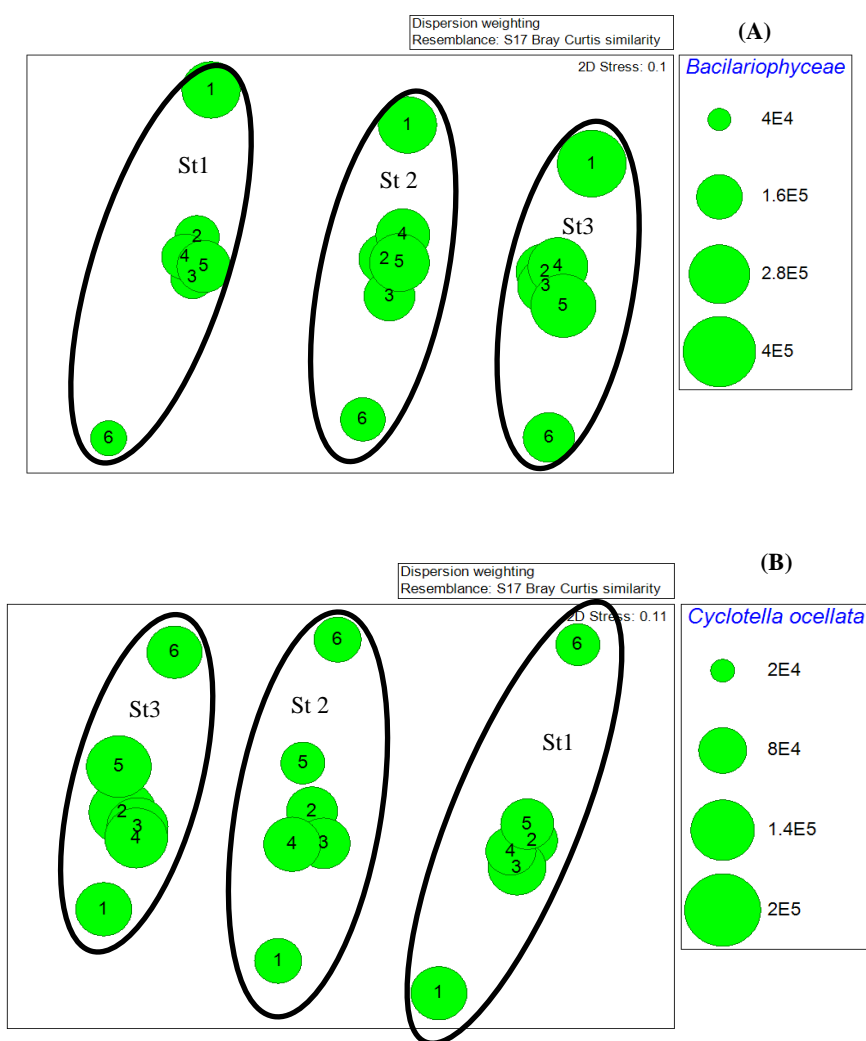
شکل ۸. پلات‌های MDS - Bubble مبتنی بر تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های: (A) عمق کل محل نمونه‌برداری/ایستگاه، (B) غلظت  $\text{Ca}^{++}$ ، (C) غلظت  $\text{HCO}_3^-$ ، (D) میزان  $\text{SiO}_2$ ، (E) میزان  $\text{NO}_3^-$  اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سه‌گانه دریاچه طالقان در ۶ نمونه‌برداری در هر ایستگاه در بازه زمانی یکساله. در فضای هر ایستگاه، اعداد هر bubble نشان دهنده زمان نمونه‌برداری هستند، بدین ترتیب که عدد ۱ نشان دهنده اولین نمونه‌برداری در ماه اسفند، ۲؛ دومین نمونه‌برداری در اردیبهشت، ۳؛ سومین نمونه‌برداری در تیرماه، ۴؛ چهارمین نمونه‌برداری در شهریور، ۵؛ پنجمین نمونه‌برداری در آبان و ۶؛ ششمین نمونه‌برداری در دیماه. همچنین در نوار راهنمای سمت راست هر پلات، نام متغیر و دامنه‌های مقادیر متغیر مربوطه، متناظر با اندازه هر bubble نشان داده شده است.



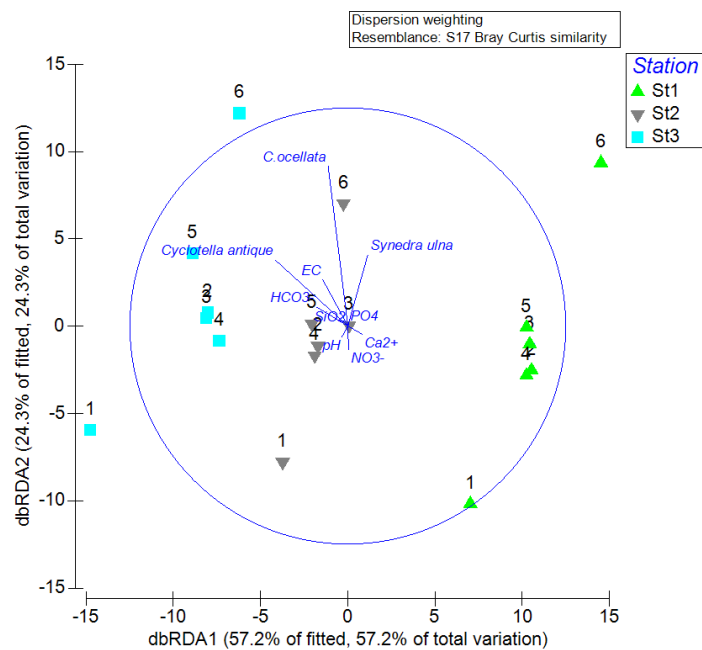
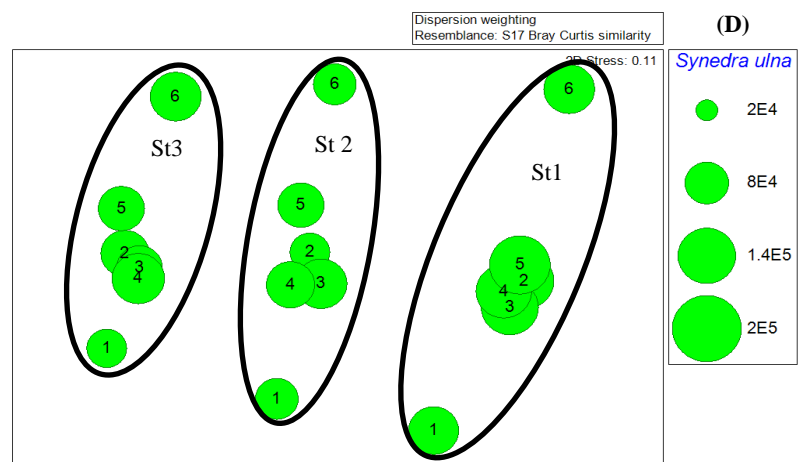
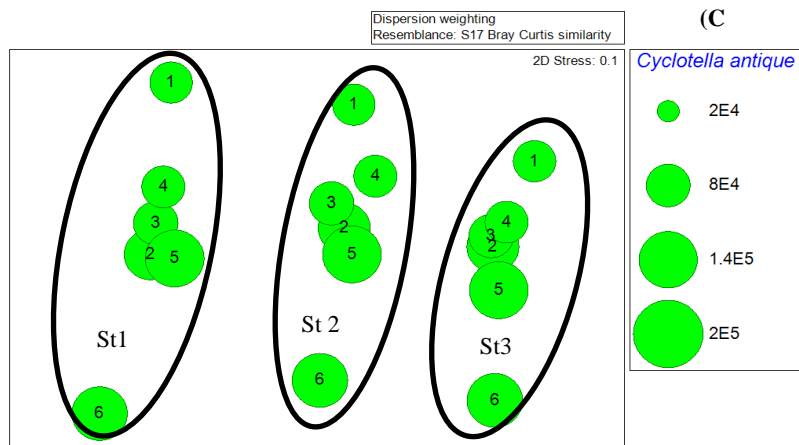
با دو گونه دیگر متفاوت و کمترین تراکم این گونه در ماه اسفند و یک روند افزایش تراکم تا پنجمین نمونه برداری مشاهده شد (شکل ۹ (C)).

بر اساس آزمون dbRDA، مشخص گردید EC،  $\text{HCO}_3^-$ ، سیلیس و فسفات از مهمترین عوامل اثرگذار بر پراکنش دیاتومه‌هایند و گونه‌های غالب دیاتومه متمایل به آب‌های با هدایت الکتریکی بالاند (شکل ۱۰).

و براساس پلات‌های سه گونه غالب، همچنان تمایز تراکم نمونه‌برداری‌های (Samples) مربوط به ماه اسفند (نمونه‌برداری ۱) و نمونه‌برداری دی ماه (نمونه‌برداری ۶) مشاهده شد و بالاترین تراکم *Cyclotella ocellata* در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه ۳ (شکل ۹ (B)) و بالعکس بالاترین تراکم *Synedra ulna* در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه ۱ (شکل ۹ (D)) نشان داده شد و مشخص گردید که الگوی پراکنش *Cyclotella antique*



شکل ۹. پلات‌های MDS - Bubble مبتنی بر پراکنش زمانی و مکانی: (A) فراوانی کل دیاتومه‌ها، فراوانی گونه‌های *C. ocellata* (B, C) و *Synedra ulna* (D) در ایستگاه‌های سه‌گانه دریاچه طالقان در ۶ نمونه‌برداری طی بازه زمانی یکساله. در فضای هر ایستگاه، اعداد هر bubble نشان دهنده زمان نمونه‌برداری هستند، بدین ترتیب که عدد ۱ نشان دهنده اولین نمونه‌برداری در ماه اسفند، ۲؛ دومین نمونه‌برداری در اردیبهشت، ۳؛ سومین نمونه‌برداری در تیرماه، ۴؛ چهارمین نمونه‌برداری در شهریور، ۵؛ پنجمین نمونه‌برداری در آبان و ۶؛ ششمین نمونه‌برداری در دیماه. همچنین در نوار راهنمای سمت راست هر پلات، نام متغیرهای تراکم کل و تراکم گونه مربوطه به همراه دامنه‌های مقادیر تراکم، متناظر با اندازه هر bubble نشان داده شده است.



شکل ۱۰- نتایج آزمون dbRDA: محور افقی ۵۷/۲ درصد از واریانس تراکم گونه‌های فیتوپلانکتونی را به همراه پارامترهای محیطی و محور عمودی ۲۴/۳ از واریانس تراکم و پارامترهای اندازه‌گیری شده در دریاچه طالقان و بازه زمانی مورد مطالعه را توصیف نموده است. همچنین گزینش متغیرها و گونه‌های نشان داده شده در پلات بر اساس رگرسیون Stepwise و برازش داده شده توسط معیار ارزیابی AIC (Akaike's information criterion) صورت گرفته است.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

بررسی اطلاعات حاصل از سنجش شاخص‌های فیزیکی آب دریاچه سد طالقان در مدت مطالعه نشان داد که هیچ گونه اختلاف معنی داری بین مقادیر شاخص‌های فیزیکی در ایستگاه‌های مختلف وجود ندارد (One way ANOVA,  $P > 0.05$ ) و هر سه ایستگاه در شرایط یکسانی قرار داشتند (اشکال ۲ تا ۵).

نتایج حاصل از مطالعات فیتوپلانکتون در دریاچه طالقان مشخص نمود که دیاتومه‌ها گروه غالب فیتوپلانکتون‌ها در طول سال‌اند. همچنین با توجه به حضور ممتد *Cyclotella ocellata* و *C. antique* و *S. Ulna* در تمام طول سال و در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه (شکل ۶ (A) و (B))، و با توجه به درصد فراوانی گونه‌های غالب و سهم اندک ۱۷ جنس و گونه دیگر (جدول ۲ و شکل ۶ (C))، می‌توان گونه‌های غالب را دیاتومه به عنوان شاخص فیتوپلانکتونی در دریاچه سد طالقان دانست. حضور دیاتومه‌های سنتریک در دریاچه‌های الیگوتروف ترکیه در تمامی فصول سال به ثبت رسیده است (Yilmaz, 2013). و گونه‌هایی از جنس *Cyclotella* در دریاچه‌های مناطق آلپ و زیرآلپ غالبیت دارند، گونه‌های جنس *Cyclotella* بر اساس عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، غلبه بر دماهای پایین و شرایط الیگوتروف به عنوان تاکسای آلپی شناخته شده‌اند (Frosström et al., 2005). جنس *Cyclotella* تاکسون غالب دریاچه‌های اولترا الیگوتروف (دریاچه Hovsgol)، از مجموعه دریاچه‌های Mongolian ژاپن شناخته شد (Mitamura et al., 2010; Zhang et al., 2019). همچنین جنس *Cyclotella* جنس شاخص دریاچه‌های شدیداً الیگوتروف اروپاست.

بر اساس میانگین سالانه pH آب به نظر میرسد غلبه دیاتومه‌ها در دریاچه سد طالقان به دلیل جنس بستر و حوزه آبخیز آهکی این دریاچه باشد (شکل ۴). دیاتومه‌ها گروه غالب در دریاچه‌های مناطق آهکی‌اند (Celekli and Kulköylüoğlu, 2007) و به شدت تحت

تأثیر خصوصیات ژئوشیمیایی مانند pH و میزان عناصر معدنی هستند (Tolotti, 2001). نتایج مشابهی در یک چشمه کارستیک در ترکیه (چشمه Çepni) با غلبه ۶۳ درصدی دیاتومه‌ها در طول سال مشاهده شد (Celekli and Kulköylüoğlu, 2007). همچنین دیاتومه‌ها گروه غالب دریاچه کارست Dumre در آلبانی بودند (Kupe et al., 2010).

از سوی دیگر براساس آزمون چند متغیره MDS، مبتنی بر ارزیابی اثر شاخص‌های محیطی، شیمیایی، تراکم کل دیاتومه‌ها، تراکم گونه‌های مختلف، در بازه زمانی یکساله از دریاچه طالقان، الگوی پراکنش متمایزی برای ایستگاه‌های سه‌گانه مشخص گردید (شکل ۷، ۸ و ۹). و نتیجه گیری شد که گونه‌های *Cyclotella* در آب‌های سطحی مناطق و ایستگاه‌های عمیق تر تراکم بالاتری را نشان می‌دهند (شکل ۹ (C)). همچنین گراف‌های Bubble در این آزمون بالاترین تراکم کل دیاتومه‌ها (شکل ۹ (A)) و کمترین تراکم *S. ulna* را در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه ۳، قسمت عمیق و نزدیک سد دریاچه نشان داد (شکل ۹ (D)). نتایج تحقیقات Zhang و همکاران در دریاچه‌های پشت سد Shuangwangcheng و Datun، Donghu در سال ۲۰۱۹ نشان داد که گونه‌های *Cyclotella* آب‌های سطحی مناطق عمیق تر دریاچه‌ها را برای رشد و تکثیر ترجیح می‌دهند زیرا سایز کوچک (۴-۵  $\mu$ ) امکان تنظیم عمق مطلوب را برای آنها فراهم می‌آورد، اما این امکان برای گونه‌های *Synedra* وجود ندارد. در نمودار MDS- Bubble: *Synedra ulna* کاهش قابل توجه تراکم *S. ulna* در تابستان و نمونه‌برداری چهارم (شهریورماه)، می‌تواند نشان‌دهنده گرمای آب لایه سطحی، کاهش ویسکوزیته آب و فرورفتن گروهی از افراد این گونه باشد (شکل ۶ (A)). از سوی دیگر بالاترین تراکم *S. ulna* در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه ۱ مشخص گردید (شکل ۹ (D)). Bubble plot: *Synedra ulna*، زیرا تراکم این گونه از دیاتوم در آب‌های کم عمق لیتورال، متلاطم و در زمان سیلاب‌ها به حداکثر می‌رسد (Zhang et al., 2019).

افزایش فراوانی شاخه دیاتومه‌ها شد (Pugnetti and Bettinetti, 1999). همچنین دیاتومه‌ها در نواحی غنی از سیلیس و نوترینت غالب بوده و شرایط گردش و دمای آب برای حضور آنها لازم است (Holopainen and Letanskaya, 1999). جالب توجه اینکه بر اساس آزمون dbRDA، غلظت فسفات و سیلیس تاثیر مثبت و میزان نیترات تاثیر منفی بر پراکنش و تراکم *Cyclotella* دارد و لذا بنظر می‌رسد کمبود فسفات و سیلیس عامل محدودیت شکوفایی این گونه‌ها در دریاچه طالقان باشد (شکل ۱۰).

از سوی دیگر توالی‌های فصلی دیاتومه‌ها در مطالعات مختلف مورد بحث قرار گرفته‌اند (Teittinen et al., 2016; Piano, et al., 2017; Zhang et al., 2019). دیاتومه‌ها گروه غالب دوره گردش بهار در دریاچه مرتفع کوهستانی Tovel ایتالیا بودند (Calliari et al., 2006). بر اساس نظر Reynolds (۲۰۰۶)، جنس *Cyclotella* در دسته زیستگاهی A قرار دارد. زیستگاه این گروه آبهای شفاف گردش یافته بوده، به کاهش نور و کمبود مواد مغذی مقاوم و به افزایش pH و کم شدن سیلیس در آب‌های لایه بندی شده حساس هستند (Soylu and Gönülol, 2010). بر اساس مطالعات مذکور هنگامی یک گونه شکوفا می‌شود که تراکم آن به  $10^6$  تا  $10^7$  سلول در لیتر برسد و لذا در دریاچه طالقان اگرچه برای هر سه گونه یک افزایش تراکم در بهار یا پاییز و یک کاهش میانگین تراکم در ماه‌های گرم مشخص گردید اما توالی‌های فصلی سه گونه غالب متفاوت بود (شکل ۶(A)، بر اساس آزمون MDS شکوفایی و توالی‌های فصلی مشخص و متمایزی در ماه‌های تابستان، بهار و پاییز مشاهده نشد (شکل ۹(A)). در مجموع دیاتومه‌ها به خوبی با شرایط دما و نور اندک و آشفتگی‌های ناشی از گردش بهار و پاییز سازگارند و با داشتن ویژگی نرخ رشد سریع در این فصول غالب می‌شوند (شکل ۶(A) و ۹(A)). فشار چراگری ضعیف زئوپلانکتون‌ها روی دیاتومه‌ها امکان تشکیل حداکثر بیومس سالانه را برای آنها فراهم می‌کند. با اینحال، در زمان حداکثر بیومس

تحقیقات نشان داده است ترکیب گونه‌های دیاتومه‌ها در دریاچه‌ها و اکوسیستم‌های آبی مختلف تحت تاثیر چندین متغیر و بویژه جریان آب، عمق زیستگاه و بار ورودی و مقادیر نوترینت‌ها قرار دارد (Vasiljević et al., 2017, Zhang et al., 2019). بنابراین عامل غلبه *S. ulna* در منطقه نزدیک به ورودی رودخانه (براساس میانگین سالانه، شکل ۶(A)) و در تمام ماه‌های سال (شکل ۹ Buuble plot: *Synedra ulna*) می‌تواند ناشی از شرایط هیدرولوژیک متفاوت در ایستگاه ۱ و قابلیت رشد و تکثیر این گونه در آب‌های متلاطم باشد (O'Driscoll et al., 2012, Zhang et al., 2019).

بسیاری از محققین بویژه در سال‌های اخیر به بررسی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش فیتوپلانکتون و بویژه دیاتومه‌ها پرداخته‌اند (Onitsuka et al., 2016; Teittinen et al., 2016; Piano, et al., 2017). تحقیقات در ساختار جمعیت دیاتومه‌ها در تعدادی از دریاچه‌های پشت سد نشان داده است شکوفایی گونه‌های *Synedra* می‌تواند منجر به مسدود شدن فیلترهای تصفیه آب گردد و سلامت و کیفیت آب شرب را تحت تاثیر قرار دهد (Joh et al., 2011; Xue et al., 2016) و نتایج این تحقیقات نشان داد پایش مستمر تراکم و تکثیر این دیاتومه جهت حفاظت از سیستم‌های تصفیه آب امری ضروری بشمار می‌رود. از آنجا که دو گونه *C. ocellata* و *Synedra ulna* دو گونه اول غالب در تمام ایستگاه‌ها و تقریباً در تمام طول سال در دریاچه طالقان بوده‌اند لذا باید عوامل موثر بر پراکنش آنها مورد بحث قرار گیرد. بیشتر گونه‌های شاخه دیاتومه‌ها کلسیم دوست (calciphilous) بوده و اغلب در شرایط وفور عناصر معدنی و ترکیباتی چون  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  و آب‌هایی با هدایت الکتریکی بالا مشاهده می‌شوند (Celekli and Külköylüoğlu, 2007; Zhang et al., 2019). آزمون dbRDA در دریاچه طالقان، نشان داد که EC و  $\text{HCO}_3^-$  از عوامل موثر بر پراکنش دیاتومه‌ها و بویژه گونه‌های غالب محسوب می‌شود (شکل ۱۰). در دریاچه کوهستانی Paione ایتالیا، افزایش pH و قلیائیت منجر به

بنابراین براساس تراکم کل دیاتومه‌ها و گونه‌های غالب می‌توان چنین نتیجه گرفت که دریاچه سد طالقان می‌تواند از نظر تروفی در گروه دریاچه‌های الیگوتروف طبقه‌بندی شود. در این دریاچه دوره‌های سکون و گردش تاثیری بر شکوفایی دیاتومه‌ها ندارد و به دلیل هدایت الکتریکی و بیکرنات بالا، نوع بستر آهکی و میانگین پایین دمای سالانه، دیاتومه‌ها و بویژه دیاتومه‌های سنتریک فرصت غلبه می‌یابند.

دیاتومه‌ها، میزان تولیدات فتوسنتزی آنها حداکثر نخواهد بود (Wetzel, 2001)، احتمالاً دلیل این امر به نوع و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی دیاتومه‌ها مربوط می‌شود. با توجه به اینکه دیاتومه‌ها اغلب در دوره‌های گردش بهار و پائیز غالب می‌شوند (Frosström *et al.*, 2005)، به نظر می‌رسد با توجه به حداکثر تراکم دیاتومه‌ها در دریاچه طالقان (شکل ۶ (C) و شکل ۹ (A)، Bacillariophyceae: Bubble plot)، گردش ستون آب در بهار و پائیز تاثیر چندانی در ایجاد شکوفایی نداشته است.

## References

## ۵. منابع

- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. Plymouth: Primer-E. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods, Plymouth. UK: Primer-E. 214p.
- APHA-AWWAWPCF (Eds.), 2009. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. America Public Health Association. Pennsylvania, Washington.
- Belando, M.D., Marín, A., Aboal, M., García-Fernández, A.J., Marín-Guirao, L., 2017. Combined in situ effects of metals and nutrients on marine biofilms: shifts in the diatom assemblage structure and biological traits. *Science of the Total Environment* 574(-), 381-389.
- Bellinger, E.G., Sigeo, D.C., 2015. Freshwater algae: identification, enumeration and use as bioindicators. John Wiley & Sons. 296 p.
- Bere, T., Mangadze, T., Mwedzi, T., 2016. Variation partitioning of diatom species data matrices: Understanding the influence of multiple factors on benthic diatom communities in tropical streams. *Science of the Total Environment* 566(-), 1604-1613.
- Calliari, D., Tolotti, M., Corradini, F., 2006. Littoral distribution of dinoflagellates in Lake Tovel (Trentino, Italy). *Studi trentini di scienze naturali - Acta biologia Suppl* 2(-), 341-350.
- Celekli, A., Kulköylüoğlu, O., 2007. On the relationship between ecology and phytoplankton composition in a karstic spring (Cepni, Bolu). *Ecological Indicators* 7(2), 497-503.
- Çentin, A.K., Şen, B., 2004. Seasonal distribution of phytoplankton in Orduzu dam lake (Malatya, Turkey). *Turkish Journal of Botany* 28(3), 279-285.
- Fernández, M., Maidana, N.I., Ponce, J.F., Oría, J., Salemme, M., Coronato, A., 2018. Palaeoenvironmental conditions for human settlement at the Fuegian steppe (Argentina) based on diatom analysis. Lake Arturo as a case study. *Journal of Archaeological Science: Reports* 18.775-781.
- Forsström, L., Sorvari, S., Korhola, A., Rautio, M., 2005. Seasonality of phytoplankton in subarctic Lake Saanajärvi in NW Finnish Lapland. *Polar Biology* 28(11), 846-861.
- Guinder, V.A., López-Abbate, M.C., Berasategui, A.A., Negrin, V.L., Zapperi, G., Pratolongo, P.D., Severini, M.D.F. and Popovich, C.A., 2015. Influence of the winter phytoplankton bloom on the settled material in a temperate shallow estuary. *Oceanologia* 57(1), 50-60.
- Holopainen, A.L., Letanskaya, G.I., 1999. Effects of nutrient load on species composition and productivity of phytoplankton in Lake Ladoga. *Boreal environment research* 4(3), 215-227.



- Kupe, L., Poçi, A., Miho, A., Hübener, T., 2010. Microscopic algae from karst lakes of Dumre region (Central Albania). *Botanica Serbica*. 34(2).
- Mitamura, O., Khadbaatar, D., Ishida, N., 2010. Comparative investigation of chemical and biological characteristics in waters and trophic state of Mongolian lakes. *Limnology* 11(1), 17-30.
- Negro, A.I., De Hoyos, C., 2005. Relationships between diatoms and the environment in Spanish. *Limnetica* 24(1-2), 133-144.
- O'Driscoll, C., de Eyto, E., Rodgers, M., O'Connor, M., Xiao, L., 2012. Diatom assemblages and their associated environmental factors in upland peat forest rivers. *Ecological Indicators* 18(-), 443-451.
- Oeding, S., Taffs, K.H., 2017. Developing a regional diatom index for assessment and monitoring of freshwater streams in sub-tropical Australia. *Ecological Indicators* 80,135-146.
- Onitsuka, G., Shikata, T., Kitatsuji, S., Abe, K., Yamamoto, T., Ochiai H, Matsuo, H., 2016. Factors influencing maintenance and decline of diatom bloom in the Yatsushiro Sea, Japan. *Journal of Physical Oceanography* 72(-), 617-627.
- Prescott, G.W., 1970. How to know the fresh water algae, WC Brown Dubuque, 272 p.
- Pugnetti, A., Bettinetti, R., 1999. Biomass and species structure of the phytoplankton of a high mountain lake (Lake Paione Superiore, Central Alps, Italy). *Journal of Limnology* 58(2), 127-130.
- Piano, E., Falasco, E., Bona, F., 2017. How does water scarcity affect spatial and temporal patterns of diatom community assemblages in Mediterranean streams. *Freshwater Biology* 62(7), 1276-1287.
- Costa, L.S., Huszar, V.L.M., Ovalle, A.R., 2009. Phytoplankton functional groups in a tropical estuary: hydrological control and nutrient limitation. *Estuaries and Coasts* 32(3), 508-521.
- Romero, O.E., Fischer, G., 2017. Shift in the species composition of the diatom community in the eutrophic Mauritanian coastal upwelling: Results from a multi-year sediment trap experiment (2003-2010). *Progress in oceanography* 159, 31-44.
- Soylu, E.N., and Gönülol, A., 2010. Functional classification and composition of phytoplankton in Liman Lake. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(1), 53-59.
- Teittinen, A., Kallajoki, L., Meier, S., Stigzelius, T., Soininen, J., 2016. The roles of elevation and local environmental factors as drivers of diatom diversity in subarctic streams. *Freshwater Biology* 61(9), 1509-1521.
- Tolotti, M., 2001. Phytoplankton and littoral epilithic diatoms in high mountain lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and their relation to trophic status and acidification risk. *Journal of Limnology* 60(2), 171-188.
- Vasiljević, B., Simić, S.B., Paunović, M., Zuliani, T., Krizmanić, J., Marković, V., Tomović, J., 2017. Contribution to the improvement of diatom-based assessments of the ecological status of large rivers—The Sava River Case Study. *Science of the Total Environment* 605 (-), 874-883.
- Venkatachalapathy, R., Karthikeyan, P., 2013. A taxonomic and morphological study of fresh water Diatom species *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg in Cauvery River at Bhavani region, Tamil Nadu, India. *International Research Journal of Environmental Sciences* 2(11), 18-22.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Gulf professional publishing. 1006p.
- Winder, M., Reuter, J.E., Schladow, S.G., 2009. Lake warming favors small-sized planktonic diatom species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276(1656), 427-435.
- Yıldız, A., Gürel, A., Dursun, Y.G., 2017. Diatom community and palaeo environmental properties of Karacaören diatomite deposits (Nevşehir, Central Anatolia, Turkey). *Journal of African Earth Sciences* 134, 276-291.

- Yilmaz, N., 2013. Phytoplankton composition of Sazlidere Dam lake, Istanbul, Turkey. *Maejo International Journal of Science and Technology* 7(2).203.
- Zhang, S., Pei, H., Wei, J., Zhu, Y., Wang, Y., Yang, Z., 2019. The seasonal and spatial variations in diatom communities and the influence of environmental factors on three temperate reservoirs in Shandong province, China. *Environmental Science and Pollution Research* 26(24), 24503-24515.
- Zhao, Y., Yu, J., Su, M., An, W., Yang, M., 2013. A fishy odor episode in a north China reservoir: occurrence, origin, and possible odor causing compounds. *Journal of Environmental Sciences* 25(12), 2361-2366.