مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۶، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
ISSN- 2821-1111

# مروری بر پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی پلانکتون در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد تهم

**جلیل سبک‌آرا، مرضیه مکارمی، علیرضا میرزاجانی**

پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران

نویسندهٔ مسئول: jsabkara@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰ تاریخ انتشار:۱۴۰۳/۸/۱۳

**چکیده**

دریاچه‌های پشت سد، همواره نقش مهمی را در فعالیت‌های کشاورزی همچون تولید آبزیان، دامداری و تأمین نیازمندی‌های اصلی انسان و حفظ تنوع زیستی به عهده‌دارند. سد تهم دریاچه‌ای در فاصلهٔ ۱۵ کیلومتری شمال غربی شهر زنجان بوده که در کنار کاربری اصلی آن یعنی تأمین آب شرب منطقه واجد ارزش‌های اکولوژیک بسیاری است. در این طرح ۶ ایستگاه در محوطهٔ دریاچهٔ سد و رودخانه‌های ورودی و خروجی آن در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری‌ها به فاصلهٔ هر ۴۵ روز در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز در سال ۱۳۹۷ انجام شد. برای نمونه‌برداری فیتوپلانکتون از هر ایستگاه یک لیتر آب بدون عبور از تور پلانکتون و جهت نمونه‌برداری زوپلانکتون نیز ۳۰ لیتر آب را توسط تور زوپلانکتون‌گیر دستی (آپشتین نت) با چشمه ۵۵ میکرون فیلتر کرده، درنهایت نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل شدند. در بررسی‌های فیتوپلانکتونی درمجموع ۶ شاخه و ۴۱ جنس فیتوپلانکتونی شناسایی شد که در بین جنس‌های مشاهده‌شده *Cyclotella* و *Asterionella* از شاخهٔ Bacillariophyta و جنس‌های *Ankistrodesmus* و *Chlorogonium* از شاخهٔ Chlorophyta بیشترین فراوانی را نشان داده‌اند. باسیلاریوفیتا ۵۴ درصد فراوانی سالانهٔ فیتوپلانکتونی را دارد. در مطالعات زوپلانکتونی ۵ شاخه و ۱۹ جنس شناسایی گردید، که بیشترین تنوع و فراوانی مربوط به شاخهٔ روتیفرا با جنس‌های غالب *Ascomorpha*، *Synchaeta* و *Hexarthra* و جنس *Daphnia* از شاخهٔ آرتروپودا است. روتیفرا ۷۹/۸ درصد فراوانی سالانهٔ زوپلانکتونی را دارا است. مشاهدات پلانکتونی نشان داد سد مخزنی تهم دارای استعداد و گونه‌های مناسب پلانکتونی مثل انواع کلروفیسه و باسیلاریوفیسه از فیتوپلانکتون و انواع روتیفر و کلادوسرا از زوپلانکتون جهت تغذیه و پرورش ماهیان و لاروهای آن‌ها بوده، بنابراین می‌توان از ذخایر طبیعی این منبع آبی جهت افزایش تولید ماهیان باارزش شیلاتی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی**: فیتوپلانکتون، زوپلانکتون، سد تهم، آبزی‌پروری، استان زنجان

**مقدمه**

سدهای مخزنی علاوه بر اهمیتی که در توزیع آب دارند به‌عنوان منبعی باارزش در تولید آبزیان بشمار می‌روند. این سازه‌ها که در مسیر رودخانه و برای ذخیره‌سازی آب رودخانه‌ها با اهداف متفاوت احداث می‌شوند، از مناسب‌ترین روش‌ها برای مهار و ذخیره‌سازی منابع آب‌های سطحی و بهینه‌سازی بهره‌برداری از آن‌ها برای تأمین نیازهای آبی برای توسعه و گسترش فعالیت‌های کشاورزی در جهت تأمین نیازهای غذایی جامعه هستند (عبدی، ۱۳۸۳). کیفیت و ثبات منابع آبی در سراسر جهان موردتوجه بوده، اما توسعهٔ آبزی‌پروری و پرورش ماهی علاوه بر استخرها در آبگیرهای داخلی من‌جمله مخازن آبی پشت سدها همچنین مسیر پایاب آن‌ها که صنعتی نوپاست بیشتر احساس می‌شود (Smith, ؛ Newton *et al*., 2003 2003)، چنانچه در سال‌های اخیر منابع آبزی دریاچهٔ سدها به یکی از عوامل مهم اقتصادی و اجتماعی تبدیل گشته که با سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در این زمینه و مطالعات لیمنولوژیک آن را می‌توانیم یکی از غنی‌ترین منابع آبی درزمینهٔ تولید آبزیان بدانیم (Zheng *et al*., 2012؛ Winfield and Nelson,1991).

تولید در هر اکوسیستم آبی وابسته به شرایط زنده و غیرزندهٔ آن است، که مهم‌ترین عامل دراین‌بین وجود مواد بیوژن در آن بوده که سبب افزایش تولیدات اولیه یعنی فیتوپلانکتون شده که در زمرهٔ تولیدات اصلی هر منبع آبی و سرچشمهٔ حیات در آب‌ها بوده و ارتباط تنوع و تراکم آن‌ها با سایر آبزیان در بخش شیلات از اهمیت بسزایی برخوردار است (Millman *et al*., 2005)، از طرفی آن‌ها یک منبع غذایی مناسب برای زوپلانکتون هستند (Sridhar *et al*., 2010) که خود در مقام بعدی از اهمیت ویژه‌ای در زنجیرهٔ غذایی برخوردار بوده و از ساکنان دائمی آب‌های جاری یا ساکن بوده و ماهیان در دوران لاروی به میزان زیادی آن‌ها را به مصرف می‌رسانند، چنانچه لاروهای ماهیان از Cladocera و Copepoda تغذیه کرده (Evjemo *et al*., 2003؛ Gordon, 1971)، همچنین روتیفرها، بخصوص گونهٔ *Brachionus calyciflorus* یک منبع غذایی عالی جهت تغذیهٔ لاروهای ماهیان آب شیرین هستند (Awales, 1991). اهمیت روتیفرها در تغذیهٔ لارو ماهیان ازنظر میزان پروتئین و انرژی بخصوص اسیدهای چرب نوع (Omega-3) که سبب بالا رفتن فرایندهای گوارشی آن‌ها می‌شود، قابل‌توجه است (Lubzens, 1989؛ Puccinelli *et al*., 2021). بنابراین در مطالعات سدهای مخزنی تعیین سطح تولیدات اولیه و ثانویه از اهمیت ویژه‌ای برخورداراست (Goodland,1978؛ Fogarty, 2014).

کیفیت آب که منجر به رشد و تکثیر بهتر موجودات آبزی می‌شود، توسط برخی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی تعیین می‌شود (Keremah *et al*., 2014؛ Ehiagbonare and Ogunrinde, 2010). به‌طور طبیعی کیفیت آب پایدار نبوده، با تغییر زمان، شرایط آب‌وهوا، دما، تراکم ماهیان موجود و نرخ تغذیه آن‌ها تغییر می‌کند (Davies and Ansa, 2010). جهت بررسی میزان سلامت اکوسیستم‌های آبی، روش‌های پایش زیستی به کمک موجودات زنده به‌عنوان ابزار شناسایی بکار می‌روند (Dokulil, 2003). درمجموع ترکیب گونه‌ای و فراوانی زوپلانکتون به عوامل مختلفی چون شرایط فیزیکی و شیمیایی آب، فصل، ریخت‌شناسی دریاچه، حضور ماکروفیت‌ها و جلبک‌ها، همچنین وجود شکارچی‌ها وابسته است (Richardson, 2008)، عواملی مثل اکسیژن محلول، دما و نور می‌توانند در توزیع و تنوع گونه‌های زوپلانکتونی مؤثر باشند (Shayestehfar *et al*., 2010)، از طرفی جوامع زوپلانکتونی به‌شدت تحت تأثیر فشارهای محیطی قرار داشته، ازاین‌رو به‌عنوان شاخصی مهم برای تعیین کیفیت محیط آبی مطرح هستند (Suresh *et al*., 2011).

با توجه به قدمت مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی منابع آبی در سایر کشورها این مطالعات در ایران سابقهٔ چندانی نداشته و تنها به مطالعهٔ بعضی آبگیرها معطوف شده‌است. همچنین تاریخچهٔ مطالعات سد مخزنی ارس توسط مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان از سال ۱۳۵۳ شروع شد و هدف از مطالعات پلانکتونی در این سد مخزنی توجه به کاربردهای شیلاتی با تکیه‌بر ابعاد لیمنولوژیک جهت ضمانت بهره‌برداری از دریاچهٔ سد ارس بوده است (سبک‌آرا، ۱۳۷۴؛ سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۸۰). مطالعات جامع سدهای مخزنی ماکو (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۷۷)، مهاباد (سبک‌آرا، ۱۳۹۸) و حسنلو (سبک‌آرا و

مکارمی، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴) نیز توسط این مرکز درزمینهٔ ماهی‌دار کردن این مخازن انجام شد. مطالعات پلانکتونی دریاچه‌های پشت سد در جمهوری آذربایجان و درزمینهٔ تحقیقات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی ازجمله بر روی سد مخزنی ارس انجام شده، اما کامل‌ترین بررسی بر روی سد مخزنی ارس، توسط محمداف (۱۹۹۰) در طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۷ صورت گرفته و هدف آن بررسی رشد، پراکنش و تولیدات زوپلانکتون همچنین نقش آن‌ها در منابع غذایی ماهیان و خودپالایی آب بوده است. تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای بر روی سد مخزنی تهم انجام نشده به همین خاطر لازم بوده که تحقیقات مستمر و همه‌جانبه‌ای درزمینهٔ هیدرولوژی و هیدروبیولوژی آن صورت گیرد، از این رو پس از احداث سد، مطالعات اولیهٔ شیلاتی صورت گرفته، سپس بر اساس آن برنامهٔ مدیریتی ازنظر ماهی‌دارکردن دریاچه طراحی شده که در این خصوص آگاهی از عواملی که سبب تغییر فراوانی جمعیت ماهی‌ها می‌شود و خصوصیات زیست‌شناختی، فیزیکی و شیمیایی، تعداد و اندازهٔ ماهیان قابل‌دسترس ازجمله عوامل مهم هستند. این مطالعه باهدف امکان بهره‌برداری شیلاتی از دریاچهٔ سد تهم با حفظ خصوصیات کیفی آب انجام گرفت که در این راستا عوامل زیستی و غیر زیستی دریاچه موردبررسی قرار گرفتند.

**موادوروش‌ها**

سد تهم در فاصلهٔ ۱۵ کیلومتری شمال غربی شهر زنجان و در ۸ کیلومتری پایین‌دست روستای تهم در ارتفاع حدود ۱۹۰۰ متر از سطح دریای آزاد قرار داشته و دریاچه‌ای مصنوعی به وسعت ۳۱۷ هکتار را به وجود آورده است که آب شرب شهر زنجان را تأمین می‌کند. طول و عرض جغرافیایی منطقه به ترتیب ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقهٔ شرقی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقهٔ شمالی است و آب‌وهوای آن معتدل کوهستانی با زمستان‌های سرد و پربرف و تابستان‌های معتدل است. محل سد روی رودخانه سارمساقلو در فاصلهٔ حدود ۳۰۰ متری پایین‌دست تقاطع رودخانه تهم و گله‌رود بوده و در مناطقی با بستر بی-کربناته در سازندهای سیلیکاته و بی‌کربنات سولفاته قرار دارد. در این راستا ۶ ایستگاه در بخش‌های ورودی، خروجی و پهنهٔ آبی دریاچهٔ سد جهت مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تعیین شد و نمونه‌برداری‌ها طی ماه‌های خرداد، مرداد، شهریور و آبان در سال ۱۳۹۷ انجام گردید. شکل ۱، موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی دریاچهٔ سد تهم را نشان می‌دهد.

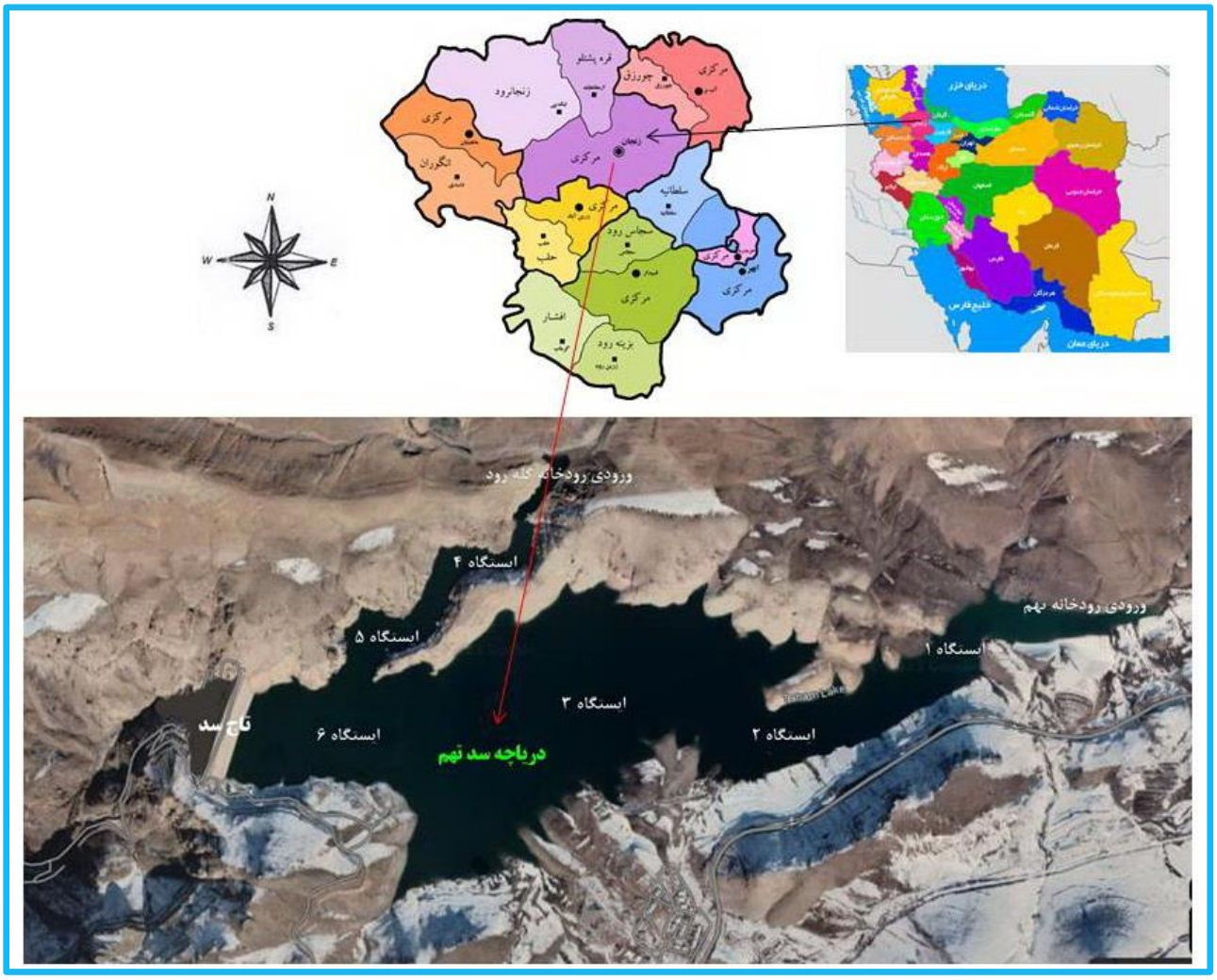
با توجه به عمق متوسط دریاچه، نمونه‌برداری پلانکتونی در ایستگاه‌ها توسط لوله پلیکا (P.V.C) به طول حدود ۲۱۰ و قطر ۶/۵ سانتی‌متر و سطل مدرج انجام گرفت در هر ایستگاه جهت بررسی فیتوپلانکتون یک لیتر آب از ایستگاه موردنظر بدون عبور از تور پلانکتون و جهت زوپلانکتون ۳۰ لیتر آب را توسط تور زوپلانکتون (آپشتین نت) با چشمهٔ ۵۵ میکرون فیلتر کرده و در ظروف نمونه‌برداری ریخته، درنهایت نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل شدند. روش نمونه‌برداری و محاسبهٔ تراکم جمعیتی پلانکتون با استفاده از منابع Eaton and Franson, 2005 و Harris, *et al*., 2000 انجام گردید.

در آزمایشگاه نمونه‌ها بعد از همگن کردن و تعیین حجم توسط پیپت به محفظه‌های ۵ میلی‌لیتری شمارش منتقل و پس از گذشت زمان کافی جهت رسوب (حداقل ۲۴ ساعت)، به‌وسیلهٔ میکروسکوپ اینورت ازنظر کمی و کیفی و با استفاده از منابع زیر شناسایی و شمارش شدند.

Edmondson, 1959؛ Kutikowa, 1970؛ Tiffany and Britton,1971؛ Ruttner- Kolisko, 1974؛ Presscot, 1976؛ Pontin, 1978؛ Maosen, 1983؛ Krovchinsky and Smirnov, 1993؛ Sheath *et al*., 2003؛ Bellinger and Sigee, 2010؛ Bledzki and Rybak, 2016.

درنهایت تراکم فیتوپلانکتون و زوپلانکتون در لیتر در هر ایستگاه تعیین و در برگه‌های اطلاعاتی شاخه‌بندی‌شده ثبت و تراکم شاخه‌ها و درنهایت تراکم کل محاسبه گردید. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون آنالیزواریانس

(ANOVA) جهت وجود تفاوت معنی‌دار در گروه‌های پلانکتونی برحسب فصل‌ها و ایستگاه‌ها، از نرم‌افزار SPSS 16 و برای انجام محاسبات و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2010 استفاده شد.




شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در دریاچهٔ سد تهم

**یافته‌ها**

در بررسی‌های فیتوپلانکتونی درمجموع ۶ شاخه و۴۱ جنس فیتوپلانکتونی شناسایی شده که در بین جنس‌های مشاهده‌شده *Cyclotella* و *Asterionella* از شاخهٔ Bacillariophyta و جنس‌های *Ankistrodesmus,Chlorogonium* از شاخهٔ Chlorophyta بیشترین فراوانی را نشان داده‌اند. *Cyclotella* با ۱۰۶×۱/۷ و $۱۰^{۶}$×۱/۲ عدد در لیتر به ترتیب در شهریور و آبان بیشترین فراوانی و *Chlorgonium* با $۱۰^{۶}$×۰/۸۲ عدد در لیتر در رتبهٔ بعدی قرار داشته است. اکثر جنس‌های فیتوپلانکتونی فراوانی کمتر از ۱۰۰ هزار عدد در لیتر داشته و جنس‌های *Asterionella*، *Ankistrodesmus*، *Oocystis*، *Scenedesmus*و *Microcystis* بین ۱۰۰ هزار تا $۱۰^{۶}$×۰/۴ عدد در لیتر در برخی از ماه‌ها متغیر بوده‌اند. فراوانی شاخه‌های

فیتوپلانکتونی در طول بررسی نشان داد که شاخه‌های Bacillariophyta و Chlorophyta غالب بودند. فراوانی ردهٔ Bacillariophyceae از این شاخه در شهریور و آبان بیشتر از $۱\times۱۰^{۶}$ عدد در لیتر بوده درحالی‌که فراوانی شاخهٔ Chlorophyta تنها در آبان‌ماه بیشتر از یک‌میلیون عدد در لیتر است. در اکثر ماه‌های موردبررسی این دوشاخهٔ فیتوپلانکتونی میانگین فراوانی کمتر از $۰/۵\times۱۰^{۶}$ عدد در لیتر داشته‌اند. سایر شاخه‌های پلانکتونی شناخته‌شده فراوانی کمتر از $۰/۲\times۱۰^{۶}$ عدد در لیتر را دارا بوده‌اند. به‌طورکلی فراوانی فیتوپلانکتون از $۰/۹\times۱۰^{۶}$ تا $۳/۴\times۱۰^{۶}$ میلیون عدد در لیتر طی ماه‌های مختلف متغیر بوده است. درمجموع شاخهٔ باسیلاریوفیتا با ۵۴ درصد فراوانی در رتبهٔ اول و شاخهٔ کلروفیتا با ۳۷ درصد فراوانی سالانهٔ فیتوپلانکتونی در مرتبهٔ بعدی قراردارد. شاخهٔ سیانوباکتریا با ۳ درصد و شاخه‌های اکروفیتا، اوگلنوزوآ و میوزوزوآ هرکدام با ۲ درصد فراوانی در رتبه‌های بعدی هستند. ایستگاه‌های ۶ و ۲ به ترتیب بیشترین و ایستگاه ۱ کمترین جمعیت فیتوپلانکتونی را داشتند (جدول ۱ و شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۸).

در بررسی زوپلانکتونی دریاچه ۳ شاخه و ۱۹ جنس شناسایی شد که همانند فیتوپلانکتون، مردادماه با ۱۹ جنس پلانکتونی بیشترین تنوع مشاهده را داشته است. *Ascomorpha* از شاخهٔ روتیفرا در شهریورماه بیشترین میانگین فراوانی به میزان ۴۳۷ عدد در لیتر را نشان داده جنس‌های *Daphnia* از کلادوسرا و *Syncheata* از روتیفرا در اردیبهشت‌ماه و *Hexarthra* از روتیفرا در مردادماه در رده‌های بعدی با فراوانی ۸۰ تا ۱۸۰ عدد در لیتر قرار دارند بیشتر جنس‌ها با فراوانی کمتر از ۲۰ عدد در لیتر مشاهده‌شده‌اند. در بین شاخه‌های زوپلانکتونی، روتیفرا بیشترین فراوانی را داشته است. فراوانی کلی زوپلانکتون از ۷۲ تا ۶۰۲ عدد در لیتر متغیر است. درمجموع شاخهٔ روتیفرا با ۷۹ درصد فراوانی در رتبهٔ اول و شاخهٔ آرتروپودا با راستهٔ کلادوسرا به انضمام مرحلهٔ جنینی با ۱۱/۸۸ درصد (۱۰/۷۹+۱/۰۹ درصد) در مرتبهٔ بعدی قرار دارد. از آرتروپودا ردهٔ کوپه‌پودا به همراه ناپلی کوپه‌پودا (۴/۱۹+ ۱/۸۶ درصد) و از زیرسلسلهٔ پروتوزوآ شاخه‌های سیلیوفورا، سرکوزوآ و آمیبوزوآ (۰/۰۸+ ۰/۳۱+ ۱/۷۹ درصد) و مروپلانکتون استراکودا از آرتروپودا با ۰/۰۸ درصد در رتبه های بعدی هستند. ایستگاه‌های ۴ و ۲ به ترتیب بیشترین و ایستگاه ۳ کمترین جمعیت زوپلانکتونی را داشتند (جدول ۲ و شکل‌های۵،۶،۷ و ۸).

در مجموع *Cyclotella* از شاخهٔ باسیلاریوفیتا و Oocystis و *Ankistrodesmus* از شاخهٔ کلروفیتا جنس‌های غالب فیتوپلانکتونی و جنس‌های *Ascomorpha*، *Hexarthra* و Synchata از شاخهٔ روتیفرا از زوپلانکتون‌های غالب در این دریاچه سد هستند. نتایج آماری آنالیزواریانس دوطرفه نشان داده که بین میانگین تراکم فیتو و زوپلانکتون در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$)، همچنین نتایج آنالیزواریانس (ANOVA) اختلاف معنی‌دار بین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی و زوپلانکتونی در فصول مختلف را نشان می‌دهد ($P<0.05$). مقایسهٔ میانگین تغییرات سالانهٔ جمعیت فیتو و زوپلانکتونی در ایستگاه‌های مختلف نیز نشان داده این تغییرات در طول سال در ایستگاه‌ها با هم هماهنگی دارند (شکل ۸)، به عبارتی تغییرات تراکم زوپلانکتون موازی با افزایش و کاهش تراکم فیتوپلانکتون و با تأخیر زمانی کوتاهی رخ داده که رابطهٔ متعارف بین شکار و شکارچی را نشان می‌دهد.

درمحیط‌های آبی فعالیت‌های زیستی با فتوسنتز آغاز، که خود منجربه تشکیل اولین حلقه زنجیره حیاتی یعنی فیتوپلانکتون شده که اساس تغذیه را درهرم غذایی آبزیان تشکیل می‌دهد شدت رشد و توسعه آنها نیز متاثر از عناصری نظیر فسفر، ازت، اکسیژن، هیدروژن وکربن درآب است (سبک آرا ومکارمی،۱۳۸۰). با افزایش فیتوپلانکتون جمعیت زوپلانکتون نیز افزون شده وتراکم آنها بطور نسبی کنترل می‌گردد. زوپلانکتون دومین حلقه زنجیره غذایی در محیط های آبی را تشکیل داده که فیتوپلانکتون را به مصرف رسانده وخود مورد تغذیه نکتون قرارمی‌گیرد. مطالعات نشان داد که در طی چند سال اولیه احداث، تولیدات شیلاتی در آنها مطلوب است اما پس از چند سال مقدار این تولیدات کاهش می یابد. این پدیده در مخازن آبی با شیب تند کف بدلیل ازبین رفتن مواد مغذی با مدفون شدن آنها توسط رسوبات و از بین رفتن فون کفزیان سریع‌تر رخ می-

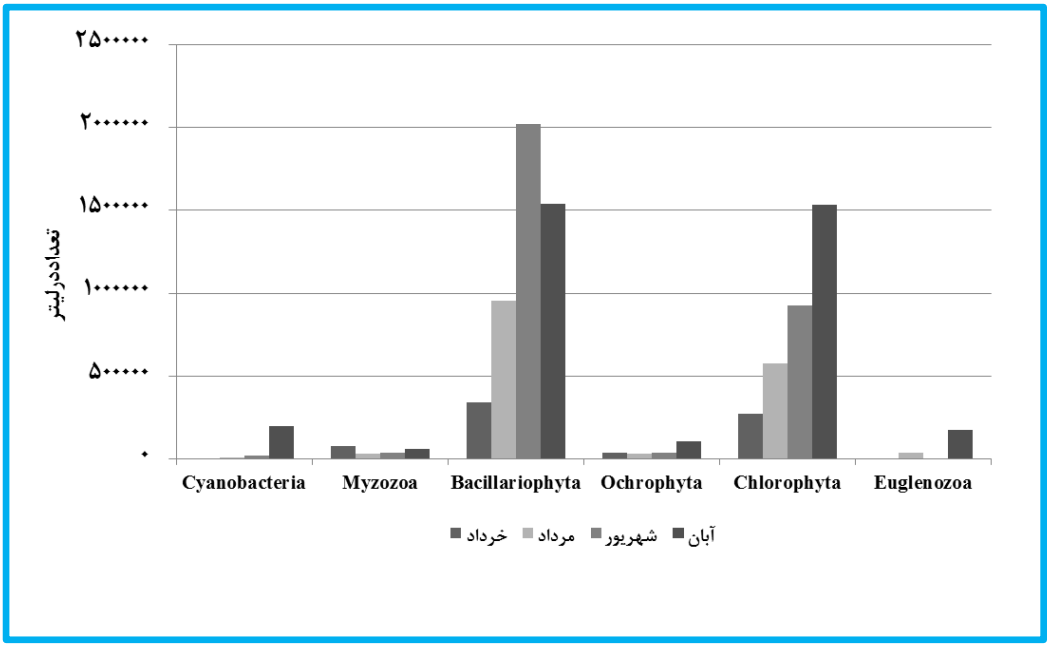
دهد (Faycal and Grizzetti, 2008). چنین پدیده ای در شرایط کنونی دریاچه سد تهم متصور نبوده اما بررسی فرسایش حوزه آبخیز و تخمین میزان بار رسوبات وارده به دریاچه جهت اعمال مدیریت شیلاتی یا شرب و اعمال حفاظت حوزه آبخیز ضروری می باشد. دریاچه سد تهم از قدمت بالایی برخوردار نبوده و عملیات ساخت آن از سال ۱۳۷۳ شروع و در انتهای سال ۱۳۸۳آبگیری شده است. بنابراین جزء دریاچه های تقریباً جوان محسوب شده و با توجه به شکل V خود همچنین وسعت اندک باید آن را در زمره دریاچه های با تولید پائین طبقه بندی نمود. با توجه به منابع آبگیری این دریاچه که منبع غنی کننده بخصوصی به جز روستای تهم ندارد، تصور بر آن است که روند یوتروفی شدن درآن با کندی صورت پذیرد.

جدول ۲. تنوع و تغییرات فصلی فیتوپلانکتون در دریاچهٔ سد تهم

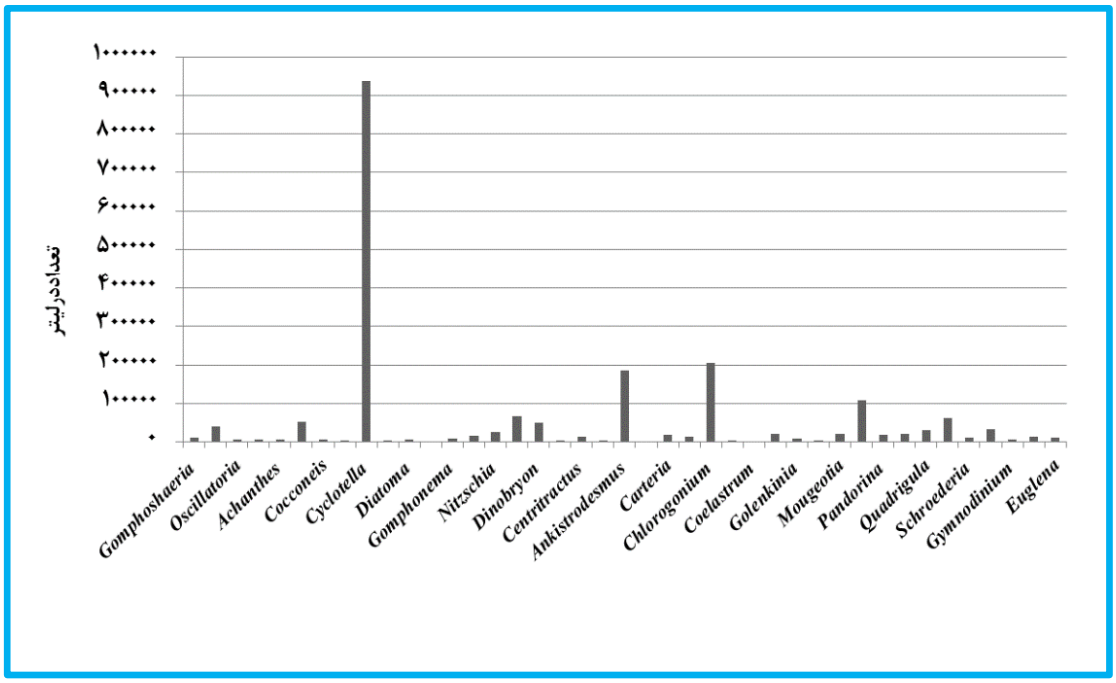
| شاخه/ جنس | خرداد | مرداد | شهریور | آبان | شاخه/ جنس | خرداد | مرداد | شهریور | آبان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cyanobacteria** | | | | | **Chlorophyta** | | | | |
| *Gomphoshaeria* | - | - | + | + | *Actinastrum* | - | + | - | - |
| *Microcystis* | - | + | - | + | *Ankistrodesmus* | + | + | + | + |
| *Oscillatoria* | - | - | - | + | *Botryococcus* | - | + | - | - |
| **Bacillariophyta** | | | | | *Carteria* | - | - | - | + |
| **Bacillariophyceae** | | | | | *Chlamydomonas* | + | - | - | - |
| *Actinocyclus* | - | - | - | + | *Chlorogonium* | - | - | - | + |
| *Achanthes* | + | - | - | | *Codatella* | - | + | - | - |
| *Asterionella* | + | - | - | + | *Coelastrum* | + | - | - | - |
| *Cocconeis* | - | - | - | + | *Franceia* | - | + | + | + |
| *Cosmarium* | | + | - | | *Golenkinia* | - | + | + | - |
| *Cyclotella* | + | + | + | + | *Gonatozygon* | - | + | - | - |
| *Cymbella* | - | + | - | | *Mougeotia* | - | + | - | + |
| *Diatoma* | - | - | - | + | *Oocystis* | + | + | + | + |
| *Diploneis* | - | + | - | | *Pandorina* | - | + | + | + |
| *Gomphonema* | - | - | - | + | *Pediastrum* | + | + | + | + |
| *Navicula* | - | + | + | + | *Quadrigula* | + | + | - | - |
| *Nitzschia* | - | + | + | + | *Scenedesmus* | - | + | + | + |
| *Synedra* | + | + | + | + | *Schroederia* | - | + | - | + |
| **Ochrophyta** | | | | | **Myzozoa** | | | | |
| **Chrysophycaea** | | | | | *Ceratium* | + | + | + | + |
| *Dinobryon* | + | + | + | + | *Gymnodinium* | - | - | - | + |
| *Mallomonas* | - | + | | | *Peridinium* | + | + | + | |
| **Xanthophycaea** | | | | | **Euglenozoa** | | | | |
| *Centritractus* | - | - | - | + | *Euglena* | - | + | - | - |
| **Cercozoa** | | | | | **Rotifera** | | | | |
| *Euglypha* | - | - | + | - | *Trichocerca* | + | - | + | - |
| **Amoebozoa** | | | | | *Trichotria* | - | - | - | + |
| *Difflugia* | - | + | - | - | **Arthropoda** | | | | |
| **Ciliophora** | | | | | **Cladocera** | | | | |
| Unknown | + | + | + | - | *Alona* | - | + | - | - |
| **Rotifera** | | | | | *Daphnia* | + | + | + | + |
| *Asplanchna* | + | + | + | + | *Chydrus* | - | + | - | - |
| *Ascomorpha* | - | + | + | - | *Cladocera emberyoni* | + | + | - | - |
| *Brachoinus* | - | + | - | - | **Copepoda** | | | | |
| *Filinia* | - | + | - | + | **Cyclopoidae** | | | | |
| *Monostyla* | + | + | - | - | *Cyclops* | + | + | + | + |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Mytilina* | - | + | - | - | **Harpacticoidae** | | | | |
| *Hexarthra* | - | + | + | + | *Nitocra* | - | + | - | - |
| *Polyarthra* | + | + | + | | Naulii Copepoda | + | + | + | + |
| *Rotaria* | - | - | - | + | **Ostracoda** | - | + | - | - |
| *Synchaeta* | + | + | + | + | | | | | |

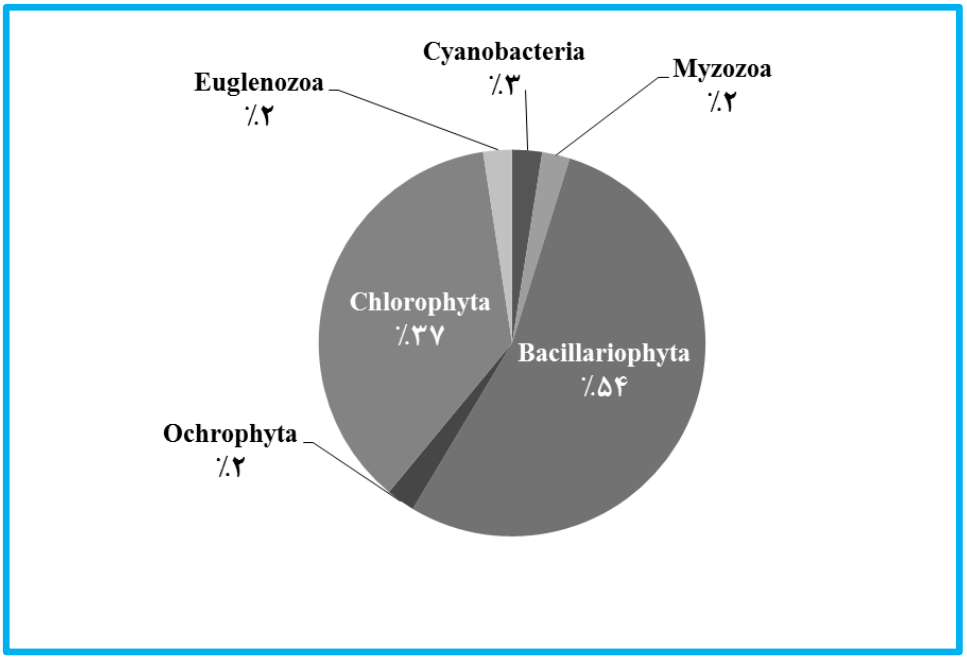
عدم حضور - حضور +



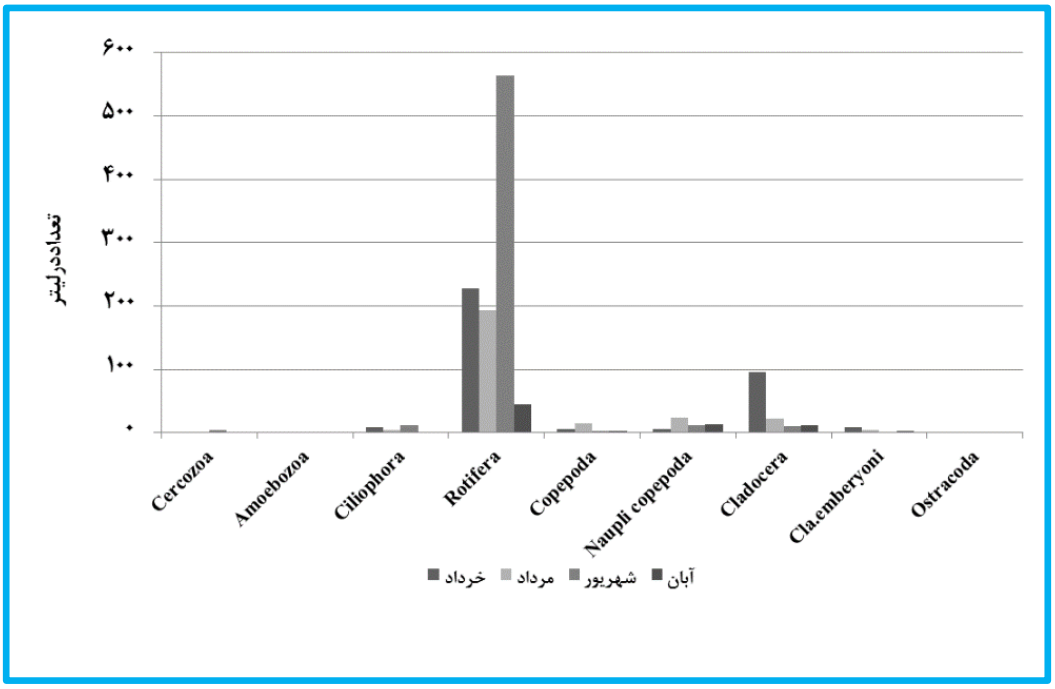

شکل ۲. فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در ماه‌های مختلف در دریاچهٔ سد تهم



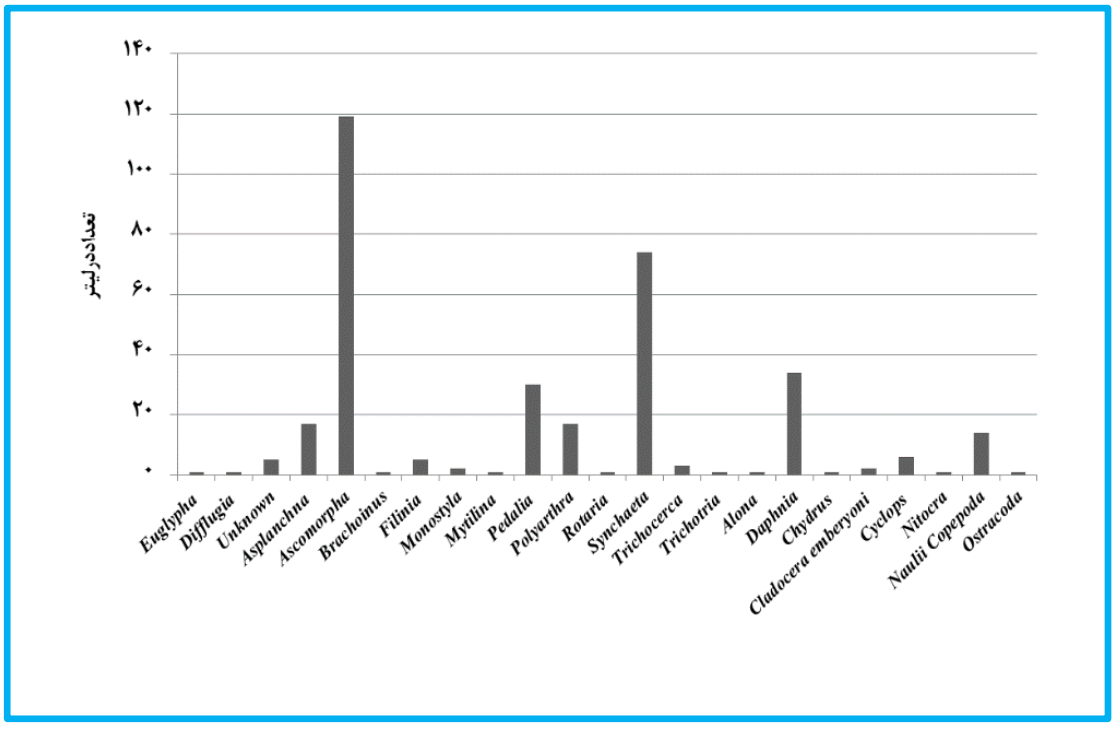

شکل ۳. میانگین فراوانی جنس‌های فیتوپلانکتونی در دریاچهٔ سد تهم



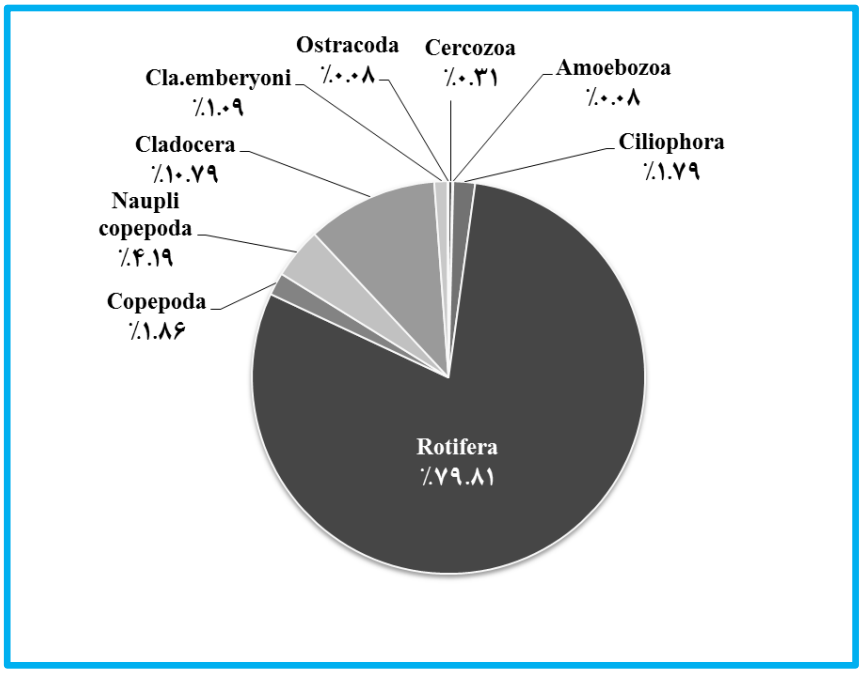

شکل ۴. درصد فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتونی در دریاچهٔ سد تهم



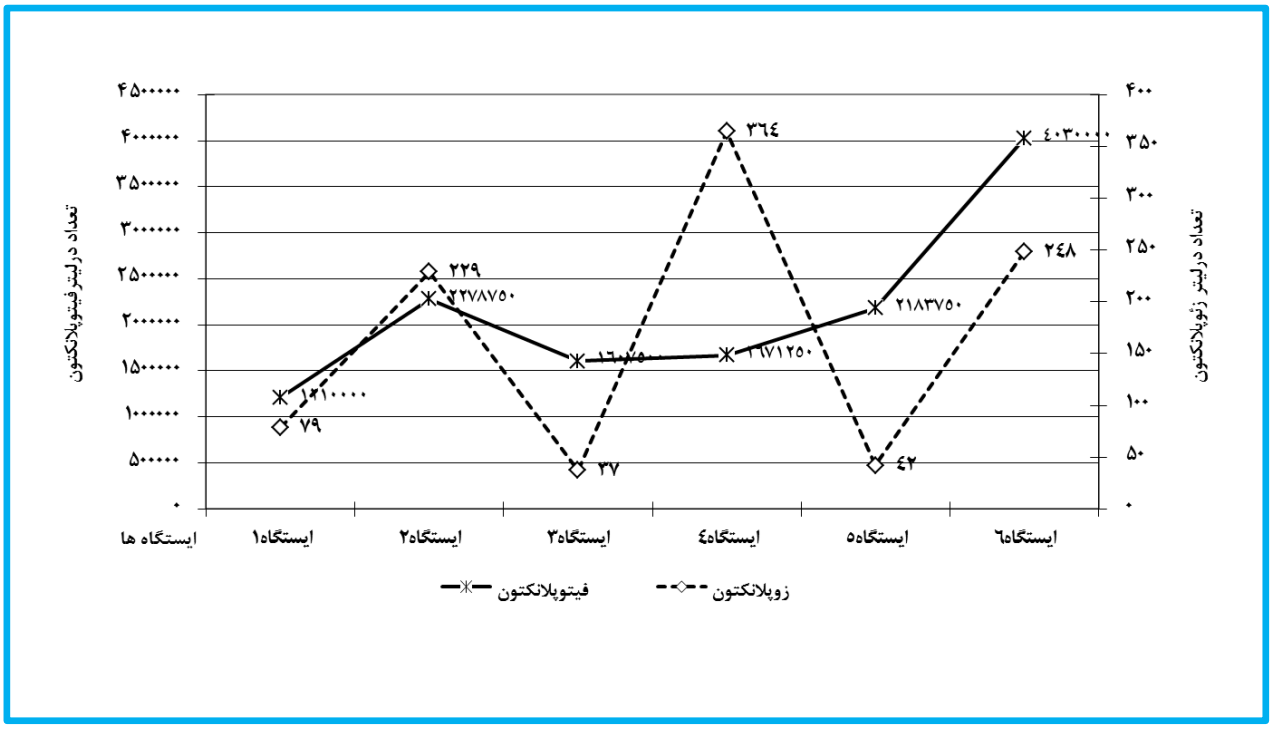

شکل ۵. فراوانی گروه‌های زوپلانکتونی در ماه‌های مختلف در دریاچهٔ سد تهم




شکل ۶. میانگین فراوانی جنس‌های زوپلانکتونی در دریاچهٔ سد تهم




شکل ۷. درصد فراوانی شاخه‌های زوپلانکتونی در دریاچهٔ سد تهم




شکل۸. مقایسهٔ فراوانی پلانکتونی در ایستگاه‌های مختلف دریاچهٔ سد تهم

جدول ۳. طبقه بندی وضعیت تغذیه‌گرایی و قابلیت باروری آب مخازن براساس میانگین برخی از پارامترها در مقایسه با سد تهم

| وضعیت-تغذیه‌گرایی | میانگین غلظت فسفرکل ($mg/m^3$) | میانگین سالیانه کلروفیل ($mg/m^3$) | حداکثر غلظت کلروفیل ($mg/m^3$) | میانگین سالیانه عمق قابل مشاهدهٔ دیسک (m) | حداقل عمق قابل مشاهدهٔ دیسک (m) | حداقل میزان اکسیژن محلول (%sat) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اولتراولیگوتروف | ۴/۰ | ۱/۰ | ۲/۵ | ۱۲ | ۶ | ۹۰-۱۰۰ |
| اولیگوتروف | ≤۱۰ | ≤۲/۵ | ≤۸ | ۶≤ | ۳≤ | ۸۰-۹۰ |
| مزوترف | ۱۰-۳۵ | ۲/۵-۸ | ۸-۲۵ | ۳-۶ | ۱/۵-۳ | ۴۰-۸۰ |
| یوتروف | ۳۵-۱۰۰ | ۸-۲۵ | ۲۵-۷۵ | ۱/۵-۳ | ۰/۷-۱/۵ | ۱۰-۴۰ |
| هایپروتروف | ۱۰۰≤ | ۲۵≤ | ۷۵≤ | ≤۱/۵ | ≤۰/۷ | ≤۱۰ |
| دریاچهٔ سد تهم | ۳۰ | ۱۰/۴ | ۱۵/۹ | ۳/۲ | ۳ | ۱۵/۳ |

در محیط‌های آبی فعالیت‌های زیستی با فتوسنتز آغاز می‌شود که خود منجر به تشکیل اولین حلقهٔ زنجیرهٔ حیاتی یعنی فیتوپلانکتون شده که اساس تغذیه را در هرم غذایی آبزیان تشکیل می‌دهد. شدت رشد و توسعهٔ آن‌ها نیز متأثر از عناصری نظیر فسفر، ازت، اکسیژن، هیدروژن در پیکره‌های آبی میزان تولیدات اولیه در آب‌های یوتروف بیشتر از آب‌های مزوتروف و الیگوتروف است زیرا در آب‌های یوتروف کیفیت آب کاهش زیادی می‌یابد؛ اما از سوی دیگر در بسیاری از موارد راندمان تبدیل انرژی در آب‌های یوتروف کمتر از آب‌های مزوتروف و الیگوتروف است درواقع میزان تولید شیلاتی در آب‌های مزوتروف گاهی بالاتر از آب‌های یوتروف می‌باشد. طبقه‌بندی دریاچه‌ها و مخازن آبی بر مبنای بار مواد مغذی یا سطح تروفی، زیربنای ارزیابی توان تولید شیلاتی بوده که بر اساس نمایه‌های مختلف قابل‌سنجش است.

با توجه به نتایج آب‌شناسی و مطابق جدول ۳ و بر اساس شاخص کلروفیل a (Vollenweider and Kerekes, 1982) دریاچهٔ سد تهم خصوصیات مزو- یوتروف (بالاتر از ۳ میکروگرم درلیتر) را نشان می‌دهد، همچنین شاخص فسفرکل بر اساس (Vollenweider and Kerekes,1982) برای دریاچهٔ سد تهم با میزان میانگین ۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر فسفر جزء دریاچه‌های مزوتروف باید طبقه‌بندی شود (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸). میانگین ازت کل برای دریاچه‌های مزوتروف بر اساس (Vollenweider and Kerekes, 1982) ۰/۷۵۳ با دامنهٔ ۰/۶۳ – ۰/۳۰۷ میلی‌گرم در لیتر ارائه شده که در دریاچهٔ سد تهم این مقدار بالاتر از ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر بوده (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸) و تایید کنندهٔ سایر شاخص‌ها برای مزوتروف بودن دریاچه است (Kratzer, 1980). مقدار اکسیژن محلول در دریاچه (جدول ۳) نیز از میزان بالایی برخوردار بوده و محدودیتی برای فعالیت‌های آبزی‌پروری ایجاد نمی‌نماید (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸) که قابل قیاس با دریاچه های الیگوتروف (Axler *et al.*, 1998) است.

احتیاج ماهیان به اکسیژن تابعی از سن و نوع آن‌ها بوده اگر اکسیژن محلول بیشتر از ۵ میلی‌گرم در لیتر باشد تولید و رشد ماهی حالت طبیعی دارد. روند کاهش ۵-۱ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش تولیدات شده ورسیدن اکسیژن محلول به کمتر ازیک میلی‌گرم در لیتر طی چند ساعت مرگ‌ومیر ماهیان را در بردارد (Boyd, 1990).

حداکثر شفافیت در منابعی با تولید آبزیان مناسب ۳۰ سانتی متر بوده و حد استاندارد آن برای ماهیان گرم آبی ۵۰-۳۰ و برای ماهیان سردآبی ۱۵۰-۳۰ سانتی متراست که این میزان در دریاچه سد تهم در حد متوسط ۳۲۰ سانتی متر قرار داشته وگویای فقیر بودن دریاچه به لحاظ تولیدات اولیه می‌باشد که برای پرورش ماهیان گرم‌آبی مناسب نخواهد بود. همانطور که

اشاره گردیده بود مقدار فسفرکل دریاچه تهم دارای میانگین ۰/۰۳ میلی‌گرم درلیتر بوده (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۸) البته ذکر این نکته ضروری است که فسفرکل بندرت با غلظت های بالا درآب شیرین وجود دارد و درسطح اکثرآب‌های طبیعی مقدار آن ۰/۰۲– ۰/۰۰۵ میلی گرم در لیتر می باشد. بطورکلی فسفر نسبت بسیار کمی از ترکیبات را درآب تشکیل می دهد اما مهمترین ماده مغذی برای تولیدات اولیه در اکوسیستم های آبی بشمار رفته و به عنوان یک عامل محدود کننده شناخته شده است (Boyd, 1990).

فراوانی کلی فیتوپلانکتون در دریاچه نیز بسیار اندک بوده و از $۰/۹\times۱۰^{۶}$ تا ۱۰۶× ۳/۴ عدد در لیتر در مدت بررسی متغیر بوده است که نسبت به بسیاری از محیط‌های آبی (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۹۹)، (سبک‌آرا و همکاران، ۱۳۹۹) و (سبک‌آرا، ۱۴۰۰) در حد بسیار اندکی قرار داشته و بیانگر تولید اندک در این دریاچه است. این وضعیت در مورد زوپلانکتون نیز وجود داشته به‌طوری‌که فراوانی کلی آن‌ها در حد ۷۲ تا ۶۰۲ عدد در لیتر شمارش شده است، به لحاظ جنس‌های غالب پلانکتونی نمی‌توان مقایسهٔ قابل‌توجهی را با منابع آبی دیگر شمال کشور ارائه نمود هرچند دریاچهٔ سد تهم بیشتر به منابع آبی با سطح تروفی بالا همچون تالاب انزلی (فلاحی‌کپورچالی و همکاران، ۱۳۹۶)، تالاب حسنلو (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴) نزدیک‌تر است.

بر اساس منابع جنس *Cyclotella* در رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شور و شیرین در تمام فصل‌ها سال دیده شده، این وضعیت برای *Ankistrodesmus* نیز وجود دارد که در اکثر فصل‌ها سال و در اکثر منابع آبی ازجمله آب‌های یوتروف، آبگیرهای کوچک زیاد مشاهده می‌شود. سایر جنس‌های فیتوپلانکتونی غالب در دریاچهٔ تهم خصوصیات زیستی اندک متفاوتی را نشان داده‌اند، به‌طوری‌که جنس *Chlorogonium* در مرداب‌ها و نیز در استخرها و دریاچه‌های کم‌عمق دیده شده و جنس *Asterionella* بیشتر در دریاچه‌های با آب سخت دیده می‌شوند در مورد جنس‌های زوپلانکتونی نیز چنین وضعیتی وجود دارد، شاید تنها حضور جنس‌های *Syncheata* (شاخهٔ روتیفرا) و *Daphnia* (شاخه آرتروپودا) قابل قیاس باشد که - آن‌ها نیز در طیف وسیعی از سطوح تروفی قرارگرفته‌اند (Garner *et al.*, 2013). همچنین در مقایسه با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات دریاچهٔ سدهای صومعه‌علیا (سبک‌آرا، ۱۴۰۱) و قلعه‌چای (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۹۹)، دریاچهٔ سد تهم از جمعیت زوپلانکتونی بیشتری برخوردار بوده اما ازنظر تنوع شباهت زیادی به دریاچهٔ سد صومعه‌علیا دارد. در بین جنس‌های زوپلانکتونی مشاهده‌شده فراوانی و حضور جنس‌های *Ascomorpha*، *Hexarthra* و *Syncheata* (شاخهٔ روتیفرا)، همچنین ناپلی کوپه‌پودا قابل‌توجه است. جمعیت غالب زوپلانکتونی این دریاچه‌ها را روتیفرها تشکیل داده‌اند. مقایسهٔ پلانکتونی در دریاچهٔ سد تهم با سد لار که مصرف آب شرب داشته و در ارتفاع تقریباً مشابهی نیز قرار دارند تنوع بیشتر دریاچهٔ سد تهم را نشان می‌دهد، در دریاچهٔ سد لار ۱۷ گونه فیتوپلانکتونی و ۱۱ گونهٔ زوپلانکتونی شناسایی گردید که گونه‌ها و جنس‌های غالب آن تااندازه‌ای متفاوت‌تر از گروه‌های موجود در دریاچهٔ سد تهم هستند (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۲).

بررسی روابط تغذیه‌ای زوپلانکتون - فیتوپلانکتون و تنوع زیستی آن‌ها از اقدامات اساسی برای حفظ و بازسازی ذخایر ماهیان در منابع آبی است (Akbulut *et al.*, 2011). فراوانی و تنوع زوپلانکتونی با توجه به ویژگی‌های لیمنولوژیکی و وضعیت تروفی دریاچه‌های آب شیرین تغییر نموده (Jeppesen *et al.*, 2002)، به‌طوری‌که فراوانی زوپلانکتونی ممکن است با افزایش وضعیت تروفی دریاچه افزایش یابد. در دریاچهٔ Gelingüllü در ترکیه نیز بیشترین درصد جمعیت زوپلانکتونی مربوط به شاخهٔ Rotifera است (Kaya and Altindag, 2007). روتیفرها نسبت به تغییرات زیست‌محیطی در مقایسه با کلادوسرا و کوپه‌پودا حساسیت بیشتری داشته و به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت آب شناخته می‌شود (Ismail and Mohd Adnan, 2016).

مرور خصوصیات زیست‌شناسی جنس‌های غالب زوپلانکتونی دریاچهٔ تهم نیز برخی شباهت‌ها و تفاوت‌ها با دریاچه‌ها و تالاب‌های شمال کشور را نشان می‌دهد. در این دریاچه جمعیت جنس *Ascomorpha* در اواخر تابستان غالبیت داشته که بر

اساس منابع مختلف این جنس با گسترش جهانی خود بیشترین فراوانی را نیز در فصل تابستان دارد (Kaya and Altindag, 2007). همچنین جنس *Hexarthra* طی مرداد در دریاچهٔ تهم بیشتر رؤیت گردید که در مطالعات دیگر نیز در فصل‌های گرم سال بخصوص در مردادماه و بیشتر در آب‌های جاری مشاهده می‌شود (فلاحی‌کپورچالی و همکاران، ۱۳۹۶). جنس *Synchaeta* بیشتر شوری‌پسند بوده و فقط گونه‌های کمی از آن در آب شیرین یافت می‌گردند، اما جنس *Daphnia* در اکثر منابع آب شیرین رؤیت شده و اوری‌ترم است و در هنگام آلودگی‌های شدید نیز دیده می‌شود (Heinonen, 2004).

عوامل فیزیکی و شیمیایی از عوامل مؤثر در رشد و تراکم پلانکتون هستند، مقدار تولیدات در سال‌های ابتدایی تشکیل - دریاچه‌های مخزنی بیشتر از سال‌های بعد بوده و تغییرات آن‌ها غیر فصلی است. به‌طوری‌که یک اوج در اوایل تابستان داشته سپس مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد. معمولاً زوپلانکتون بخصوص روتیفرها از اواسط اردیبهشت و خرداد تا نیمه اول تیرماه دارای بیشترین اهمیت شیلاتی هستند (محمداف، ۱۹۹۰). محاسبهٔ مقدار زی‌تودهٔ فیتوپلانکتون با استفاده از کلروفیل a نشان داد که این مقدار در مرز ۱ میلی‌گرم در لیتر قرار داشته و با توجه به ترکیب شاخه‌های دیده‌شده که عمدتاً از باسیلاریوفیتا و کلروفیتا بوده حکایت از الیگوتروف بودن دریاچهٔ سد تهم دارد.

با استفاده از روابط موجود در (Li and Mathias, 1994) مقدار تولید ماهی فیتوپلانکتون‌خوار به میزان ۳۰/۲ تن در دریاچه معادل تقریبی ۹۵ کیلوگرم در هکتار قابل پیش‌بینی است. این میزان تولید بر اساس میانگین کلروفیل a حدود ۱۰/۴ میکروگرم در لیتر و سنجش زی‌تودهٔ جلبکی ۱/۰۳ میلی‌گرم در لیتر برآورد شده است. میانگین تعداد فیتوپلانکتون در تالاب انزلی در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰ درند ۵۵ میلیون عدد در لیتر و میزان زوپلانکتون نیز در حد ۲۲۰۰ عدد در لیتر و میزان کلروفیل a در حد ۵ میکروگرم در لیتر سنجش گردیده بود (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۸). در همین راستا پتانسیل تولید ماهی پلانکتون‌خوار در تالاب انزلی ۱۲۶/۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شده بود (خداپرست، ۱۳۸۲)؛ بنابراین ارقام حاصل از برآورد تولید ماهی پلانکتون‌خوار دریاچهٔ سد تهم دور از واقعیت نخواهد بود. در همین راستا میانگین تعداد فیتوپلانکتون در دریاچه‌های سد ارس و مهاباد به ترتیب ۴۶ و ۱۶ میلیون سلول در لیتر و میانگین تعداد زوپلانکتون نیز ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ عدد در لیتر بوده که با توجه به تولید سالیانهٔ این دریاچه‌ها (عبدالملکی و همکاران، ۱۳۸۱؛ صفائی، ۱۳۷۶) تائیدکنندهٔ فقیر بودن دریاچهٔ سد تهم است. مطالعهٔ دریاچهٔ سد تهم و احتمال آبزی‌پروری آن‌ها شاید با پرورش ماهی در دریاچه‌های حاصل از استخراج معادن در ایالت مینه سوتای آمریکا (Axler *et al*., 1998) را بتوان مقایسه کرد که از نوع دریاچه‌های الیگوتروف و الیگومزوتروف بوده‌اند و تعدادی از آن‌ها برای مصارف شرب نیز استفاده می‌شدند. پرورش متراکم ماهی قزل‌آلا در قفس در سال‌های ۱۹۸۹ تا بهار ۱۹۹۳ در آن‌ها انجام گرفت و پس‌ازآن با ممانعت‌های زیست‌محیطی متوقف گردید. طی مدت پرورش در این دریاچه‌ها که با تراکم ۳۶ الی ۶۶/۷ تن طی سال‌های مختلف انجام گرفت افزایش تدریجی فسفر و نیتروژن در آب دیده شد و کاهش شدید اکسیژن در کلیهٔ سطوح آب مشهود بود. با ممانعت‌های زیست‌محیطی بعمل‌آمده قرار شد این دریاچه‌ها تا سال ۱۹۹۶ به حالت اولیهٔ خود برگردانده شوند که این اتفاق پس از ۱۸ ماه رخ داد. ورود مستقیم نیتروژن محلول به ستون آب منبع مناسبی را برای تولیدات اولیه فراهم می‌آورد. از آنجائی که فرایندهای دی‌نیتریفیکاسیون در مکان‌هایی که فعالیت‌های آبزی‌پروری در قفس وجود دارد آهسته و کمتر است نیترات‌ها و آمونیاک افزایش‌یافته و رشد فیتوپلانکتون تقویت خواهد شد (Milan, 2007؛ Quiblier *et al*., 2008).

در اکوسیستم‌های آبی غلظت‌های مطلوب از یون‌های فسفات، نیترات، آمونیوم، فلزات و غیره به‌عنوان مواد مغذی آب در رشد موجودات آبزی از قبیل باکتری‌ها، فیتوپلانکتون، زوپلانکتون، ماهی‌ها و سایر آبزیان و همچنین سلامت اکوسیستم‌های آبی فوق‌العاده مهم و ضروری می‌باشند (Semeneh *et al*., 2005). دریک نتیجه‌گیری کلی باید گفت که احداث این‌گونه سدها می‌تواند میلیون‌ها مترمکعب آب مهار نماید. کنترل و بهره‌برداری از این حجم آب ازنظر اقتصادی درآمدزا بوده و از اتلاف منابع آب‌های سطحی نیز جلوگیری نموده است. همچنین با توجه به پتانسیل موجود در منطقه، این سدها قابل توسعه

نیز می‌باشند. لذا با توجه به شرایط اقلیمی و وجود شرایط طبیعی مناسب در استان، احداث سدهای خاکی یکی از روش‌ها و سازه‌های مناسب برای مهار و ذخیره‌سازی منابع آب‌های سطحی و بهینه‌سازی بهره‌برداری از آن‌ها برای نیازهای آبی برای توسعه و گسترش فعالیت‌های کشاورزی در جهت تأمین نیازهای غذایی منطقه است.

## توصیهٔ ترویجی

تولید ماهی در سازگان‌های آبی تحت تأثیر منابع غذایی است و اساس منابع غذایی را تولیدات اولیه تشکیل می‌دهد تولیدات اولیه به میزان زیادی وابسته به رژیم هیدروشیمیایی مخزن آبی سدهاست. توانایی تولید ماهی بستگی به تولید موفقیت‌آمیز تمامی ارگانیزمهای غذایی و نیز مواد آلی دریاچه داشته که وابسته به مواد غیرزنده، ارگانیزم‌ها و فعالیت‌های انسانی است. کسب اطلاعات در خصوص وضعیت صید و رهاکرد در این دریاچه به ما کمک می‌نماید تا ذخایر ماهیان دریاچه را بهتر بشناسیم. در مطالعات پایهٔ دریاچه‌ها که توسط مؤسسات تحقیقاتی برای تولید ماهی و بر اساس ظرفیت حاصل دریاچه و فون طبیعی انجام می‌شود باید موارد زیر مدنظر قرار گیرد.

۱- کنترل صید ماهیان هرز و صید از طریق تخریب مناطق تخم‌گذاری و صید اختصاصی آن‌ها و افزایش آگاهی مردم و جلوگیری از رهاسازی ماهیان قرمز به‌عنوان ماهی هرز به دریاچهٔ سدها، می‌تواند باعث کاهش جمعیت ماهیان هرز در گستره‌ها گردد.

۲- اعمال روش‌های پرورش ماهی بر اساس سیستم‌های متراکم و گسترده و نیمه‌متراکم با استفاده از کوددهی و غذادهی.

۳- معرفی مستمر بچه ماهی به منابع آبی یکی از راهبردهای بسیار مهم افزایش تولید ماهی و استفاده از حداکثر ظرفیت‌های تولید مخازن آبی بشمار می‌رود.

۴- از دیگر موارد راهبردی افزایش تولید ماهی در منابع آبی که نقش بسیار مهم و مؤثری را دارا است ترکیب گونه‌های رهاسازی شده بوده و این ترکیب بر اساس رفتار زیستی و نوع تغذیه استوار است. لذا توجه به مسائل تغذیه‌ای ازجمله نوع غذا، مقدار غذا و همچنین ارتباط تغذیه با سایر عوامل ازجمله درجهٔ حرارت آب و اندازهٔ ماهی بسیار مهم است. زوپلانکتون به‌عنوان یک پل ارتباطی، نقش مهمی را در زنجیرهٔ غذایی در محیط‌های آبی با حمل انرژی از باکتری‌ها یا فیتوپلانکتون به سایر بی‌مهرگان و ماهی‌ها به عهده دارد.

۵ - توجه ویژه‌ای جهت گسترش فعالیت اکوتوریسم در این دریاچه و وضع قوانین صید، جهت بهره‌گیری از منابع شیلاتی دریاچه، جهت صید ورزشی انواع ماهی صورت گیرد. در این راستا ایجاد مکان‌های مناسب صید ورزشی باید طراحی گردد.

## تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب طرح خاص به سفارش ادارهٔ کل شیلات استان زنجان توسط پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی انجام شد، بدین‌وسیله از همکاری و مساعدت‌های مدیران و کارشناسان آن اداره کل به دلیل همکاری در طول اجرای پروژه، ریاست وقت پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری و همکاران آزمایشگاه پلانکتون و آقایان صیاد رحیم و زحمتکش که زحمت نمونه‌برداری‌ها را تقبل نمودند، سپاسگزاریم.

## منابع

۱- خداپرست، س.ح.، ۱۳۸۲. مطالعات جامع شیلاتی تالاب انزلی. اداره کل شیلات استان گیلان، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان، پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی (مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان)، ۲۰۴ صفحه.
۲- سبک‌آرا، ج.، ۱۳۷۴. گزارش پلانکتونی دریاچهٔ سد ارس و حوزهٔ آبریز. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۸۱ صفحه.
۳- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۷۷. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی دریاچهٔ سد ماکو. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی) استان گیلان، ۷۵ صفحه.
۴- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۰. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی طرح پایش دریاچهٔ سد ارس. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور، ۶۷ صفحه.
۵- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۱. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی طرح جامع شیلاتی دریاچهٔ سد حسنلو، فاز اول. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران، پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۲۵ صفحه.
۶- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۴. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی دریاچهٔ سد حسنلو فاز سوم. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۱۶ صفحه.
۷- سبک‌آرا، ج.، ۱۳۹۸. مروری بر پراکنش و فراوانی پلانکتونی در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد مهاباد. مرکز توسعهٔ پژوهش‌های نوین ایران، نشریهٔ علوم زیستی و زیست‌فناوری، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۴، صفحات ۱۷-۱.
۸- سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م. و عبدالملکی، ش.، ۱۳۹۹. بررسی پراکنش و فراوانی پلانکتونی در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد خندقلو. فصلنامهٔ ترویجی علوم آبزی‌پروری پیشرفته، سال چهارم شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۹۹، صفحات ۸۶-۶۷.
۹- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۹۹. بررسی پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی زوپلانکتون در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد قلعه چای. مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱، پائیز ۱۳۹۹، صفحات ۶۰-۴۴.
۱۰- سبک‌آرا، ج.، ۱۴۰۰. بررسی پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی زوپلانکتون در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد وحدت. مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۶-۱.
۱۱- سبک‌آرا، ج.، ۱۴۰۱. بررسی پراکنش، فراوانی و تنوع زیستی زوپلانکتون در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد صومعه‌علیا. فصلنامهٔ ترویجی علوم آبزی‌پروری پیشرفته، سال ششم شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۱-۷.
۱۲- صفائی، س.، ۱۳۷۶. جمع‌بندی مطالعات جامع دریاچهٔ مخزنی سد ارس. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران، تهران، ۱۴۰ صفحه.
۱۳- عبدالملکی، ش.، سبک‌آرا، ج.، شمالی، م.، عباسی، ک.، قانع، ا. و میرهاشمی‌نسب، ف.، ۱۳۸۱. گزارش نهایی مطالعات تفضیلی سدهای ماکو و مهاباد. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، انتشارات معاونت آبزیان شیلات ایران، ۱۶۱ صفحه.
۱۴- عبدی، پ.، ۱۳۸۳. احداث سدهای خاکی راهکاری برای جلوگیری از اتلاف و بهینه‌سازی و ارتقای بهره‌وری از منابع آب سطحی برای گسترش فعالیت‌های کشاورزی (مطالعهٔ موردی استان زنجان). اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، تهران.
۱۵- فلاحی‌کپورچالی، م.، سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م.، خطیب، س.، ولی‌پور، ع.، خداپرست، ح.، صفوی، ا.، رامین، م.، خوشحال، ج.، مددی داودخانی، ف. و ماهی‌صفت، ف.، ۱۳۹۶. بررسی پراکنش و تراکم شاخه‌های فیتوپلانکتونی تالاب انزلی. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی - بندر انزلی، ۶۳ صفحه.

۱۶- فلاحی‌کپورچالی، م.، سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م.، خطیب، س.، ولی‌پور، ع.، خداپرست، ح.، نگارستان، ح.، زحمتکش، ی.، خوشحال، ج.، مددی‌داودخانی، ف. و ماهی‌صفت، ف.، ۱۳۹۶. بررسی پراکنش و تراکم شاخه‌های زوپلانکتونی تالاب انزلی. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی – بندر انزلی، ۶۷ صفحه.

۱۷- محمداف، ر. ا.، ۱۹۹۰. زوپلانکتون‌های مخزن آبی نخجوان. ترجمهٔ یونس عادلی، مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، ۳۸ صفحه. ۱

۱۸- میرزاجانی، ع.، خداپرست، ح.، دانش، ع.، عباسی‌رنجبر،ک.، عابدینی، ع.، دقیق‌روحی، ج.، سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م.، زحمتکش، ی.، یوسف‌زاد، ا.، محسن‌پور، ح.، خوشحال، ج.، نوروزی، ه.، مددی‌داودخانی، ف.، ایرانپور، م.، صالحی، م. و رامین، م.، ۱۳۹۸. مطالعهٔ لیمنولوژی دریاچهٔ سد خاکی تهم شهر زنجان به‌منظور امکان آبزی‌پروری. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (بندر انزلی). ۸۹ صفحه.

۱۹- میرزاجانی، ع.، کیابی، ب.، جمالزادفلاح، ف.، خداپرست، ح.، عباسی‌رنجبر، ک.، سبک‌آرا، ج.، مکارمی، م.، پورغلامی‌مقدم، ا.، فلاحی‌کپورچالی، م.، وطن‌دوست، م.، بابایی، ه.، دادای‌قندی، ع.، قانع‌ساسایی، ا.، کمالی، ا.، عبداله‌پور، ح. و حسینجانی، ع.، ۱۳۸۸. بررسی لیمنولوژیکی تالاب انزلی بر مبنای مطالعات ده‌ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۰) با استفاده از سامانهٔ جغرافیائی GIS. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (بندر انزلی)، ۹۶ صفحه.

۲۰- مهندسین مشاور یکم، ۱۳۸۲. طرح مدیریت پارک ملی لار. مرحلهٔ توجیهی، جلد ۹، هیدرولوژی (لیمنولوژی). سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۴۰ صفحه.

21- Akbulut, B., Zengin, M., Çiftçi, Y., Ustaoğlu Tiril, S., Memiş, D., Alkan, A., Çakmak, E., Kurtoğlu, İ.Z., Aydin, I., Üstündağ, E. and Eroğlu, O., 2011. Stimulating sturgeon conservation and rehabilitation measures in Turkey: an overview on major projects (2006–2009). Journal of Applied Ichthyology, 27(2), pp.415-419.

22- Axler, R., Yokom, S., Tikkanen, C., McDonald, M., Runke, H., Wilcox, D. and Cady, B., 1998. Restoration of a mine pit lake from aquacultural nutrient enrichment. Restoration Ecology, 6(1), pp.1-19.

23- Eaton, A.D. and Franson, M.A.H., 2005. American Public Health Association (APHA)(2005) Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, USA, Washington.

24- Awaless, A. 1991. Mass Culture and Nutritional quality of The Fresh Water Rotifre (Brachionus calyciflorus) For Gudgoen (Gobio gobio L.) European Aqueaculture. Society, *Special Publication* No 15. Gent,Belgium.

25- Bellinger, E.G. and Sigee, D.D., 2010. Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators. *John Wiley and Sons,Ltd, Publication*.285 P.

26- Boyd, C.E, 1990. Water quality in ponds for aquaculture. *Department of fisheries and applied aquacultures*. P 114

27- Bledzki, L.A and Rybak, J.I ., 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe ,Cladocera and Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identifi cation, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. *Springer International Publishing AG Switzerland*. 918 P.

28- Davies, O.A., Ansa, E., 2010. Comparative assessment of water quality parameters of fresh water tidal earthen ponds and stagnant concrete tanks for fish production in Port Harcourt, Nigeria. *International Journal of Science and Nature*, 1(1), 34-37.

29- Dokulil, M.T., 2003. Algae as ecological bio-indicators. In: Bioindicators and Biomonitors Principles, Concepts and Applications. Market, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. (Eds.). 997 p.
30- Edmondson,W.T.1959. Fresh Water Biology. Newyourk, London. *John wiley and sons Inc*.1248 P.
31- Ehiagbonare, J.E., Ogunrinde. Y.O., 2010. Physico-chemical analysis of fish pond in Okada and its environs. *Nigeria, African Journal of Biotechnology*, 36, 5922- 5928.
32- Evjemo, J.V., Retain, K.I. and Olsen, Y., 2003. Copepods as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 227(1):191-210
33- Faycal, B. and Grizzetti, B., 2008 . An integrated modeling framework to estimate the fate of nutrients: Application to the Loire (France). *Ecological modelling* ,Vol. 212 : PP. 450–459.
34- Fogarty, M.J., 2014. The art of ecosystem-based fishery management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71(3):479-490.
35- Garner, A.B., Kwak, T.J., Manuel, K.L. and Barwivk, D.H., 2013. High-density grass carp stocking Effects on a reservoir invasive plant and water quality. *Journal of Aquatic Plant Management*. 51: 27–33
36- Goodland, R.J.A.1978. Environmental Assessment of the Tucurui Hydroelectrical Project, Rio Tocantins. Amazonia. Brasilia, Electronorte, LC. NO. 77-93947: 256 p.
37- Gordon, H. 1971 . Reservior Fisheries and Limnology. *American Fisheries Society Washington* DC. 511 P.
38- Häkanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approach. *Water Res*. 14: 957-1101.
39- Häkanson, L. and Jansson, M., 1983, Principles of Lake Sedimentology. Springer Verlag, Heidelberg, 316 pp.
40- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. and Huntley, M., 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. *Academic Press*.707 P.
41- Heinonen, P., 2004. Monitoring and Assessment of the Ecological Status of Lakes. 108 P.
42- Ismail, A.H. and Mohd Adnan, A.A., 2016. Zooplankton Composition and Abundance as Indicators of Eutrophication in Two Small Man-made Lakes. *Tropical Life Sciences Research*, 27(Supp. 1), p. 31–38.
43- Jeppesen, E., Jensen, J.P. and Sondergaard, M., 2002. Response of phytoplankton, zooplankton and fish to re-oligotrophication: an 11-year study of 23 Danish lakes. *Aquatic Ecosystems Health and Management*, Vol. 5 : PP. 31-43.
44- Kratzer, C.R., 1980. A Carson –type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Water, Res*. Bull. 17: 713-715
45- Kaya, M. and Altindag , A., 2007. Zooplankton Fauna and Seasonal Changes of Gelingüllü Dam Lake (Yozgat, Turkey) . *Turk.J. Zool*., Vol. 31 : PP. 347-351
46- Keremah, R.I., Davies, O.A. and Abezi, I.D., 2014. Physico-Chemical Analysis of Fish Pond Water in Freshwater Areas of Bayelsa State, Nigeria. *Greener Journal of Biological Sciences*, 4(2), 33-38.
47- Kutikowa , L.A., 1970. Eurotatoria. CCCP. *Leningrad*. 743 P.
48- Krovchinsky, N. And Smirnov, N., 1994. Introduction of Cladocera.*Universitiet gent*. 129 P.

49- Li, S.F. and Mathias, J., 1994. Freshwater fishes culture in china: principles and practice. *Elsevier science*, B.V. 445 p.
50- Lubzens, E., 1989. Possible use of Rotifre Resting eggs and preserved live Rotifers (*B.plicatilis*) in aquaculture and mariculture. 218 P.
52- Maosen, H., 1983. Fresh Water Plankton Illustration. *Agriculture publishing house*. 85 p.
53- Meybeck, M., Chapman, D. and Helmer, R., 1989. Global Freshwater Quality. A First Assessment. *Blackwell Reference, Oxford*, 306 pp.
54- Milan , O., 2007. Correlations between several environmental factors affecting the bloom events of cyanobacteria in Liptovska Mara reservoir (Slovakia) A simple regression model. *Ecological Modelling* .Vol. 209 : PP. 412–416.
55- Millman, M., Cherrier, C. and Ramstack, J., 2005. Seasonal succession of the phytoplankton community in Ada Hayden lake, North Basin, Ames, Iowa. Limnology Laboratory, Iowa State University, Ames, Iowa, 25 P.
56- Newton, A., Icely, J.D., Falcao, M., Nobre, A., Nunes, J.P., Ferreira, J.G. and Vale, C., 2003. Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon. Portugal. *Continental Shelf Research*. 23: pp.1945-1961.
57- Vollenweider, R.A. and Kerekes, J., 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris, France. Presscot, G.W.,1976. The Fresh Water Algae.WM. C. *Brown company publishing, Iowa*. 348 P.
58- Pontin , R.M., 1978. A Key to the Fresh Water Planktonic and Semiplanktonic Rotifera of the British Isles. *Titus Wilson and Son . Ltd.* 178 P.
59- Puccinelli, E., Sardenne, F., Pecquerie, L., Fawcett, S.E., Machu, E. and Philippe, S., 2021. Omega-3 Pathways in Upwelling Systems: The Link to Nitrogen Supply. MINI REVIEW article. *Front. Mar. Sci*. pp1-10.
60- Quiblier, C., Leboulangerb, C. and Philippe Dufourc, S.S., 2008. Phytoplankton growth control and risk of cyanobacterial blooms in the lower Senegal River delta region.*Water Research*, Vol. 42: PP.1023 – 1034.
61- Ruttner-Kolisko, A .1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy, *Austrian Academy of Science*.147 P.
62- Richardson, A.J., 2008. In hot water: zooplankton and climate change ICES J. *Marine Science*, 65: pp. 279–295.
63- Semeneh, M., Deharis, F. and Elskens, M., 2005. Nitrogen uptake regime and Phytoplankton Community structure in the Atlantic and Indian sectors of the southern ocean. Journal of marine systems.17: pp. 159-177.
64- Shayestehfar, A., Noori, M. and Shirazi, F., 2010. Environmental factor effects on the seasonally changes of zooplankton density in Parishan Lake (Khajoo Spring site), Iran, *Asian Journal of Experimantal Biological Sciences*, vol 1 (4), 840-844.
65- Sheath, R.G., Wehr, J.D. and Thorp, J.H., 2003. Freshwater Algae of North America, Ecology and Classification. *Academic Press*. 935 P.
66- Smith, V.H., 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marin ecosytems: a global problem. *Envirom. Sci. Pollut. Res*. Int 10: pp.126-139.
67- Sridhar, R., Thangaradjou, T. and Kannan, L., 2010. Spatial and temporal variations in phytoplankton in coral reef and sea grass ecosystems of the Palk Bay,*southeast coast of India*. pp: 92-125.
68- Suresh, S., Thirumala, S., Ravind, H.B., 2011. Zooplankton Diversity and its Relationship with Physico-Chemical Parameters in Kundavada Lake, Of Davangere District, Karnataka, India. *ProEnvironment*, 4, 56-59.
69- Tiffany, L.H. and Britton, M.E,. 1971. The Algae of Illinois. Hanfer publishing Company, Newyork. 407P.

70- Thorp, J.H. and Covich, A.P., 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, *Second Edition-Academic Press*.1058 P.
71- Winfield, I.J. and Nelson, J.S., 1991. Cyprinid fishes. systemetics, Biology and exploitation. Firstedition. *Chapman and Hall*. 667 P.
72- Zheng, W., Shi, H., Song, X., Huang, D. and Hu, L., 2012. Simulation of Phytoplankton biomass in Quangzhou by using a back Propagation network model and sensitivity analysis for environmental variabilis. *Chinese Journal of Oceanology Limnology*. 30(5):843-851.