ارزیابی توان تولیدات طبیعی سدآزاد سنندج جهت تولید ماهی

ابوالقاسم روحی *[۱] مهدی نادری جلودار[۱]، حسن نصراله زاده ساروی[۱]، حسن فضلی[۱]، محمد علی افرائی بندپی[۱]، مژگان روشن طبری[۱]، آسیه مخلوق[۱]، فاطمه السادات تهامی[۱]، نوربخش خداپرست[۱]، رحمان میرزائی[۲] و حمید حسین پور[۲]

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی ۹۶۱، ساری، ایران

۲- مدیریت شیلات، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۱

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی پارامترهای زیستی آب پشت سد سنندج و برآورد میزان تولید اولیه و ثانویه و در نهایت توان تولید ماهی بود. در این مطالعه جوامع پلانکتونی و کفزیان به صورت فصلی به همراه سنجش مقدار کلروفیلa طی یکسال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفتند. جمع آوری فیتوپلانکتون بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، میانی و لایه نزدیک بستر، زئوپلانکتون توسط تور پلانکتون، تعیین توان تولید اولیه پشت سد دریاچه از طریق سنجش میزان کلروفیلa و بررسی ماکروبنتوزها کفزیان (اپی فونها و اینفونها، Infuna) توسط نمونه‌بردار گرب (bottom grab sampler) صورت گرفت. بررسی میزان کلروفیل a در دریاچه پشت سد آزاد سنندج طی فصول مختلف نشان داد که میانگین سالانه آن ۰/۵±۳/۵ میلی گرم بر متر مکعب بوده که بیشترین میزان میانگین کلروفیل در فصل زمستان با ۱/۴±۸/۸ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان میانگین آن در فصل تابستان با میانگین ۰/۱±۰/۶ میلی گرم بر متر مکعب که پتانسیل تولید ماهی از طریق میزان کلروفیل a با تولید اولیه فیتوپلانکتونی ۳۲۴ گرم در متر مکعب و وزن خشک ۱۶۲ گرم در متر مکعب، ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. ترکیب و تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها نشان داد که در مجموع ۵۴ گونه در دریاچه پشت سد آزاد سنندج شناسائی گردید که در این مطالعه ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta ، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۲۰، ۱، ۹، ۶، ۱۶، و ۲ گونه مشاهده شدند. همچنین میانگین سالانه فیتوپلانکتون ها ۱۰۵×۲/۰±۱۳/۴عدد در متر مکعب و میانگین زی توده آنها ۷/۳±۳/۳ میلی گرم بر متر مکعب بود. ترکیب گونه زئوپلانکتون با ۲۵ گونه متعلق به ۳ گروه Copepods، Cladocera و Rotatoria بوده که گروه گردان تنان (Rotifera) بیشترین تعداد گونه (۱۸ گونه) را دارا بودند. همچنین میانگین تراکم زئوپلانکتون ۸۳۳۳±۲۰۶۵۸ عدد در متر مکعب بود. ماکروبنتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج متعلق به تنها یک گروه یعنی Oligochaeta (با دو خانواده Tubificidae و Lumbriculidae) بوده که میانگین تراکم و زی توده آن به ترتیب ۸۴۷/۳±۱۱۴۵/۵ عدد در متر مربع و ۲/۸±۴/۱ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. یافته های این تحقیق بر اساس وضعیت تغذیه گرایی (سطح تروفیکی =Trophic index) بیانگر الیگوتروف و الیگومزوتروف این دریاچه بوده است. با توجه به میزان تولیدات اولیه این دریاچه توان تولید ۲۲۲ کیلو گرم ماهی را دارد.

کلمات کلیدی: دریاچه سد آزاد سنندج، پلانکتون، بنتوز، سطح تروفی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). roohi_ark@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

مقدمه

یکی از مهمترین موجودات زنده در اکوسیستم‌های آبی فیتوپلانکتونها هستند. وجود فیتوپلانکتونها اغلب رشد، ظرفیت تولید مثل و خصوصیات جمعیتی سایر موجودات آبزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mohsenpour Azary *et al*., 2010). تغییرات در اجتماعات فیتوپلانکتونی در یاچه‌های آب شیرین شاخص خوبی از حالت تروفی و کیفیت زیست محیطی سیستم محسوب می‌شود (Reynolds and Richards, 1996). در پیکره های آبی میزان تولید اولیه در آبهای یوتروف بیشتر از آبهای مزوتروف و الیگوتروف حتی آبهای بسیار یوتروف است زیرا در آبهای بسیار یوتروف کیفیت آب کاهش زیادی می یابد (Li and Mathias, 1994). بالا رفتن غلظت نیتروژن و فسفر در آب یا فراغنی شدن با مواد مغذی پدیده‌ای است که رشد سریع تعدادی از گونه های گیاهی و تغییر کیفیت آب را در بر داشته و به عنوان مشکل اصلی در تقابل با کاربری اولیه دریاچه ها خود نمایی می کند (Djuangsih, 1992)، و پیامدهایی بد برای ذخایر آب شرب ، فعالیتهای تفریحی ، توریسم، ورزش یا شیلات أثیرات بشر در منابع آبی ، کیفیت آب را از نظر غلظت مواد مغذی تغییر داده که نتیجه آن کاهش شفافیت، کاهش غلظت اکسیژن، تغییر جوامع زیستی و کاهش غنای گونه ای و افزایش گونه های خاصی از جلبکها می باشد که به تفصیل تشریح شده و روشهای قابل دسترس برای مدیریت مشکلات مربوط به فراغنی شدن و کاهش مواد مغذی نیز گزارش شده که در برخی مناطق سطح تروفی را از یوتروف به مزوترف تغییر داده‌است (Cooke and Kennedy, 1989; Guan *et al*., 2009). بطور کلی دریاچه‌های پشت سد مناطقی هستند که پتانسیل‌های بالقوه‌ای را در امر آبزی پروری ایجاد نموده اند که باید مورد بهره برداری قرار گیرد (میرزاجانی، ۱۳۸۶).

مطالعات مختلفی پلانکتونی نیز در دریاچه‌های پشت سد توسط محققین صورت گرفت که از آن جمله می‌توان به بررسی‌های سبک آرا و مکارمی (۱۳۹۲) با بررسی پلانکتونی سد ارس و سبک آرا و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی جوامع پلانکتونی پایاب سد یامچی اشاره نمودند که مطالعات فیتوپلانکتونی ۴ شاخه و ۴۱ جنس شناسایی گردید که غالبیت مربوط به شاخهٔ باسیلاریوفیتا با ۷۵/۸ درصد جمعیت سالانه فیتوپلانکتونی می‌باشد. در مطالعات زئوپلانکتونی درمجموع ۴ شاخه و ۲۶ جنس شناسایی گردید که بیشترین فراوانی آن مربوط به شاخه روتاتوریا با جنس های Keratella، Synchaeta و Polyarthra با ۷۶ درصد جمعیت سالانه زئوپلانکتونی میباشد. Apaydın Yağcı (۲۰۱۴) که بر روی لیمنولوژی سد Gölhisar ترکیه مطالعه داشتند عنوان نمودند که مجموعاً ۶۵ گونه زئوپلانکتون شناسائی گردید که گروه روتیفرا بیشترین تنوع گونه‌ای را با گونه‌های *Polyarthra dolichoptera* و *Keratella cochlearis* دارا بودند.

محبی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه شان ۴۶ گونه جلبکی متعلق به ۵ شاخه دیاتومه ها (Bacillariophyta)، جلبکهای سبز (Chlorophyta)، جلبکهای سبز-آبی (Cyanobacteria)، دینوفلاژله ها (Pyrrophyta) و اوگلنوفیتا (Euglenophyta)را شناسائی کردند. باتوجه به میزان شاخص ها، ترکیب جمعیتی فیتوپلانکتونها، وجود برخی از گونه های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

خاص و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، آب این دریاچه در زمره آبهای یو- هیپرتروف می باشد.

قلیچی و همکاران (۱۳۹۵) فلور پلانکتونی استخرهای پرورش ماهیان گرمابی را بررسی نمودند که در مجموع ۹ رده و ۵۳ جنس از فیتوپلانکتونها شناسایی شد.

البته نتایج برخی مطالعات نشان داده که اضافه کردن مواد غذایی برای بارور نمودن دریاچه ها روی کیفیت آب دریاچه از نظر زیست محیطی و بهداشت عمومی برای مصارف شرب تأثیر منفی قابل توجهی نداشته و اکسیژن لایه تحتانی وفراوانی نسبی جلبکهای سبز آبی نسبت به بارورکننده ها تغییری نداشته است (Vaux *et al*., 1994)، بالعکس برخی بلومهای جلبکی در تعارض با سطوح تروفی سنجش شده رخ می دهند که می توان افزایش یکی از گونه های سیانوباکتر مثلا در دریاچهٔ بالاتون مجارستان را عنوان کرد که پس از مزوتروف شدن اتفاق افتاد. در اثر افزایش درجهٔ حرارت و تغییر اقلیم سالانه سبب بلوم جلبکی توسط برخی از گونه‌های سیانوفیتا نظیر Anabaena اتفاق می‌افتد (Istvánovics, 2009) علاوه بر این بلوم جلبکی یکی از دریاچه های الیگو تروف کانادا (Stanford and Ellis, 2003) در اثر افزایش مواد مغذی وارده از فعالیتهای انسانی بوده است (Boyd, 1992).

از آنجائیکه سد آزاد سنندج از جمله منابع آبی است که اخیراً آبگیری شده لذا میتواند از استعداد بالقوه‌ای در فعالیتهای آبزی پروری برخوردار باشد. در این راستا مطالعه لیمنولوژی این سد بمنظور فعالیت‌های شیلاتی با رویکرد مطالعه پارامترهای زیستی نظیر پلانکتون ها، کفزیان و میزان تولیدات اولیه و ثانویه از اهداف مطالعه و ساختار نمونه‌برداری و بررسی دریاچه پشت سد آزاد مبنای استفاده مطلوب از ظرفیت آبزی پروری جهت برآورد میزان توان تولید آبزیان (ماهی) می‌باشد تا از این اطلاعات اولیه برای پایش مستمر دریاچه در گشتاب ورزی نیز استفاده گردد.

مواد و روش‌ها

استان کردستان با در اختیار داشتن منابع آبی بزرگی همچون سد گاوشان، سد وحدت، سد شهید کاظمی، سد آزاد و دریاچه زریوار از پتانسیل بالقوه آبزی پروری برخوردار می‌باشد. سد آزاد کردستان به عنوان یکی از بزرگترین سدهای خاکی و جزء دریاچه های پشت سد جوان کشور محسوب می گردد که در ۷۵ کیلومتری غرب سنندج در استان کردستان که عملیات اجرایی احداث این سد از سال ۱۳۸۶ آغاز و سال ۱۳۹۰ هم آبگیری آن انجام شد. حجم مخزنی سد آزاد ۳۰۰ میلیون متر مکعب و حجم تنظیم آن ۳۵۰ میلیون متر مکعب بر آورد شده است و از این مقدار سالانه ۱۹۰ میلیون متر مکعب آن به دشت های قروه و دهگلان منتقل می شود. همچنین ۶۵ میلیون متر مکعب از ذخیره سد آزاد نیز برای تامین نیازهای زیست محیطی و اراضی پایین دست به کشاورزی اختصاص خواهد یافت (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱).

دریاچه پشت سد مخزنی آزاد در شهرستان سنندج (استان کردستان) و در مختصات طول و عرض جغرافیایی ´۳۳°۴۶ و ´۲۰°۵۵ بر روی رودخانه کوماسی در سال ۱۳۸۰ احداث گردید (جدول ۱). مطالعه جوامع زیستی فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و ماکروبنتوزهای (کفزیان) به همراه سنجش میزان کلروفیلa (APHA, 2005 ،Vollenweider, 1974) به

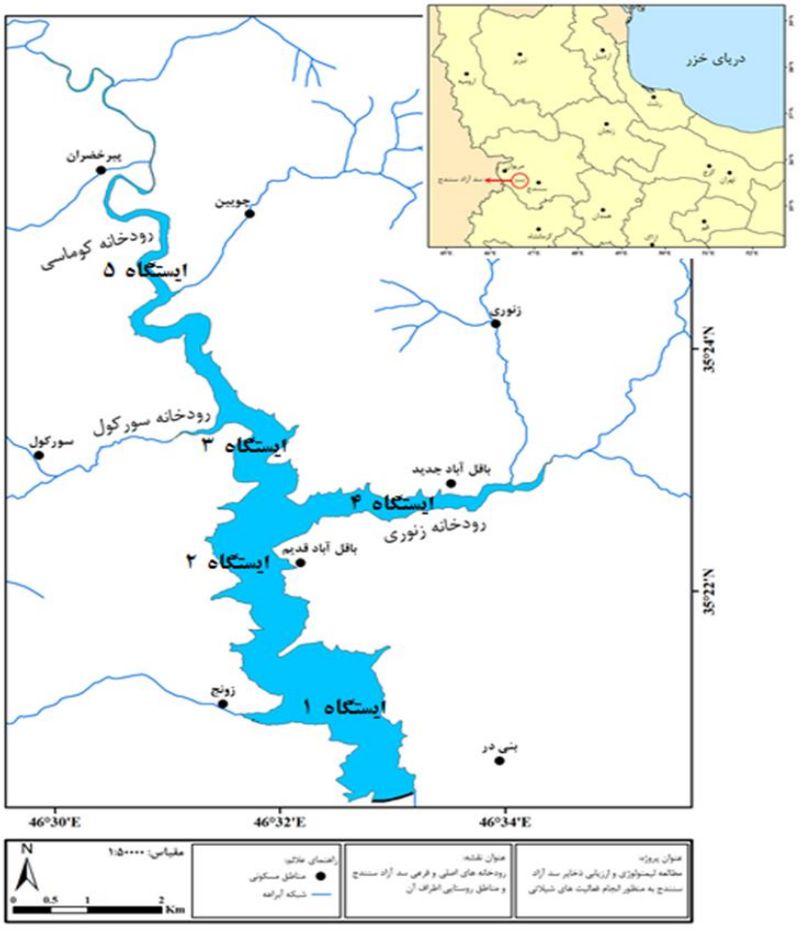
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

صورت ماهانه در ۵ ایستگاه بر اساس توپوگرافی سد (شکل ۱) بمدت یکسال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ انجام شد که هدف از این تحقیق بررسی پارامترهای زیستی آب پشت سد دریاچه سد سنندج و برآورد میزان تولید اولیه و ثانویه و در نهایت توان تولید ماهی بود.

جدول۱: موقعیت ایستگاه های نمونه‌برداری در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

ردیف	نام ایستگاه	E	N
۱	ایستگاه شماره (۱)	۴۶ °، ۳۲′، ۵۰″	۳۵ °، ۲۰′، ۳۶″
۲	ایستگاه شماره (۲)	۴۶ °، ۳۱′، ۴۴″	۳۵ °، ۲۱′، ۳۸″
۳	ایستگاه شماره (۳)	۴۶ °، ۳۱′، ۳۸″	۳۵ °، ۲۳′، ۰۷″
۴	ایستگاه شماره (۴)	۴۶ °، ۳۳′، ۲۹″	۳۵ °، ۲۲′، ۳۷″
۵	ایستگاه شماره (۵)	۴۶ °، ۳۰′، ۲۱″	۳۵ °، ۲۴′، ۵۰″



شکل ۱: محدوده و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه پشت سد آزاد و نمائی از سطح دریاچه

متغیرهای زیستی آب شامل فیتوپلانکتون که برای بررسی فیتوپلانکتون عمق لایه نورگیر که ابتداً مقدار شفافیت آب با سشی دیسک (Secchi Disk) مشخص و سپس عمق شفافیت در ضریب ثابت (× ۱/۷۸) ضرب

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

گردید (Wetzel, 2001). بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، لایه میانی لایه نورگیر و لایه نزدیک بستر دریاچه نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌های فیتوپلانکتون در محل نمونه‌برداری بلافاصله با فرمالین (۴ درصد) تثبیت[1] و مشخصات ایستگاه ها و زمان نمونه‌برداری ثبت گردید و در ظروف شیشه ای به حجم ۵۰۰ میلی لیتر به آزمایشگاه پلانکتون شناسی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه به مدت ۱۰ شبانه روز در تاریکی نگهداری شدند تا کاملاً رسوب نمایند. سپس با سیفون[2] مخصوصی آب لایه فوقانی یا سوپرناتانت[3] که فاقد هرگونه فیتوپلانکتون بود، تخلیه و قسمت باقیمانده نمونه‌ها طی چند مرحله به مدت ۵ دقیقه، با سانتریفیوژ (مدل Labofuge200) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه رسوب دهی[4] شد تا حجم نهائی نمونه‌ها به ۲۵ - ۳۰ میلی لیتر برسد. نمونه‌ها برای شمارش، توسط پی پت پیستون[5] با حجم ۰/۱ سانتی متر مکعب روی لام های خط کشی شده قرار گرفت (Newell and Newell, 1977) و تعداد هر گونه پس از شناسائی، شمارش گردید. تراکم بر حسب تعداد در متر مکعب و واحد برآورد زی توده بر حسب میلی گرم در متر مکعب بوده که با شمارش تعداد فیتوپلانکتون و ضرب آنها در وزن حجمی، حجم تقریبی هر فیتوپلانکتون بر اساس اندازه گیری ابعاد و محاسبه فرمول‌های هندسی با توجه به شکل فیتوپلانکتون محاسبه شد (سلمانوف، ۱۹۸۷). جهت شناسایی فیتوپلانکتون‌های سد آزاد از منابع شناسائی فیتوپلانکتون ها مربوط به آب شیرین از جمله Prescott (1962)؛ Maosen (1983)؛ Ruttner – Kolisko (1974)؛ Tiffany and Britton (1971)؛ Edmondson (1959) و Pontin (1978) استفاده شد.

نمونه‌برداری زئوپلانکتون توسط تور پلانکتون (۴۹ چشمه در هر سانتی متر یا ۱۰۰ میکرون) با قطر دهانه ۳۶ سانتی متر صورت گرفت. در ایستگاه‌ها تعیین شده، تور پلانکتون به عمق مورد نظر (بر اساس لایه بندی موجود در دریاچه؛ یعنی زمانیکه ترموکلاین وجود داشته باشد از لایه‌های سطح تا بالای ترموکلاین، بین لایه بالائی و پائینی ترموکلاین و لایه زیر ترمولاین تا کف) به صورت کشش عمودی نمونه‌برداری گردید. هر یک از نمونه‌ها در ظروف شیشه ای به حجم ۳۰۰ میلی لیتر منتقل و با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد (Wetzel and Linkens, 1991). پس از اتمام نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتداً برای تغلیظ نمونه از تور با چشمه کوچک تر از تور نمونه‌برداری استفاده و آب اضافی از نمونه خارج گردیدند. نمونه‌ها وارد ظرف مدرج شده و توسط پی پت Stample به حجم ۰/۵ میلی متر پس از همگن کردن روی لام Bogarov شمارش شدند (Postel *et al*., 2000; Newell and Newell, 1977)، جهت شناسائی زئوپلانکتون ها نیز از کلیدهای شناسائی Witty (2004)؛ Bledzki (2016)؛ Brooks (1959)؛ Wilson (1959) و Yeatman (1959) استفاده گردید.

به منظور تعیین میزان کلروفیل آ ابتدا عمق لایه نورگیر (عمق شفافیت × ۱/۷۸) محاسبه شد، سپس بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، بخش میانی و بخش پائینی لایه نورگیر مقدار ۲ لیتر آب نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها با کاغذ صافی میلی پور (Millipore filter) همراه با اضافه کردن کربنات منیزیم فیلتر گردید و

[1] Fixation
[2] siphon
[3] supernatant
[4] Sedimentation
[5] Stample pipette

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

سپس در دمای ۱ درجه سانتیگراد در یخچال نگهداری شد. کاغذ میلی پور را در هاون به همراه مقداری پودر شیشه و ۱ میلی لیتر استون ۹۰٪ سائیده و ماده بدست آمده را در لوله آزمایش ریخته و هاون با مابقی استون یعنی ۹ میلی لیتر شستشو داده شد. لوله آزمایش محتوی کلروفیل را حداقل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری نموده و سپس با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ قرار گرفت. محلول به دست آمده در لوله آزمایش را (تقریباً سبز رنگ) توسط سرنگ به داخل سل یا کووت[1] اسپکتروفتومتر[2] منتقل گردید (APHA, 2005).

جهت تعیین توان تولید اولیه در این تحقیق از روش تعیین میزان کلروفیل a استفاده شد. برای محاسبه میزان تولید اولیه از طریق کلروفیل از روش (۱۹۷۴) Vollenweider و (۲۰۰۵) APHA استفاده شد.

ضمنا میزان تولید اولیه و تولید ماهی از طریق رابطه:

$P=R/K\times Chl.\ A\times ۳/۷$

که در این رابطه P = تولید اولیه بر حسب گرم بر متر مربع در سال، R = مقدار ثابت ۲۰، K= مقدار ثابت ۰/۸ و Chl. A= کلروفیل a بر حسب میلی گرم در متر مکعب است. از آنجائیکه وزن خشک حدود ۰/۵ درصد زی توده موجودات است لذا:

$Dw= P/۰/۵$

که در این رابطه Dw = وزن خشک

میزان انرژی بر حسب کیلوکالری (Kcal) بر حسب روز و سال برابر است با:

کیلوکالری انرژی/ متر مربع/روز $=۱۰۰۰/ \quad Kcal=Dw\times ۵/۵$

کیلوکالری انرژی/ متر مربع/سال= ۳۶۵× Kcal

از آنجائیکه میزان انتقال انرژی از تولید کننده اولیه به سطح بعدی (ماهیان فیتوپلانکتون خوار) برابر با ۱۵٪ است و برای تولید یک کیلوگرم گوشت (ماهی) نیاز به ۱/۵ کیلوکالری انرژی نیاز است (Vollenweider, 1974). از این طریق میتوان میزان تولید ماهی را از طریق میزان کیلوگالری انرژی قابل انتقال محاسبه نمود.

همچنین شاخص تروفی دریاچه سد آزاد سنندج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a برآورد گردد (Wetzel, 2001).

بررسی ماکروبنتوزهای (کفزیان) دریاچه پشت سد آزاد سنندج توسط نمونه‌بردار گرب (bottom grab sampler) جهت بررسی اپی فونها و اینفونها (Infuna) و شستشوی با الک ۵۰۰ میکرون صورت گرفت (Elliot, 1988). در این روش، از هر ایستگاه ۳ زیر نمونه ($۰/۱m^۲$) برداشت شده و نمونه‌های حاصله جهت جدا شدن بی مهرگان کفزی بر روی الک با چشمه ۵۰۰ میکرون با آب شستشو گردید و سپس نمونه‌های بدست آمده داخل ظروف پلاستیکی دارای شماره ایستگاه، تاریخ نمونه‌برداری و شماره نمونه به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها پس از شستشو و رنگ‌آمیزی با محلول رزبنگال[3]، برای نگهداری و شناسایی متعاقب با استفاده از الکل ۷۰ درصد و یا فرمالین ۴ درصد (بسته به حجم نمونه) فیکس شد (APHA, 2005). در آزمایشگاه پس از شستشوی مجدد نمونه‌ها با الک ۵۰۰ میکرون آنها را در سینی تشریح ریخته و اقدام به شمارش، جداسازی و شناسایی‌موجودات با توجه با کلیدهای شناسایی Elliot

[1] covet
[2] Spectrophotometer
[3] Rose Bengal din

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

(1988)، (1959) Edmondson، (1984) Hynei، (1962) Needham و (1953) Pennak شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه ها، فصل ها، اعماق و لایه ها) و متغیر وابسته (تراکم و زیتوده فیتوپلانکتون ها، زئوپلانکتون ها، کفزیان و میزان کلروفیل a) با فرایند لگاریتم طبیعی و با رسم نمودارplot Q-Q نرمال بودن آن بررسی گردید (Bluman, 1998). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون های پارامتریک آنالیز واریانس (ANOVA و آزمون Tukey) بر روی داده های نرمال شده استفاده شد. ثبت اطلاعات و دسته بندی داده‌ها در نرم افزار Excel, 2010, 2003 و تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری SPSS (Version 11.5) انجام شد. در ضمن میانگین ها به همراه خطای معیار (Mean±SE) محاسبه شد (Siapatis *et al*., 2008).

نتایج

نتایج بررسی ترکیب و تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها نشان داد که در مجموع ۵۴ گونه در دریاچه پشت سد آزاد سنندج شناسائی گردید که در این مطالعه ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta ، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۲۰، ۱، ۹، ۶، ۱۶، و ۲ گونه مشاهده شدند. بررسی جوامع فیتوپلانکتونی در طول دوره مطالعه دریاچه پشت سد آزاد سنندج غالبیت گونه ای گروه Bacillariophyta را با ۲۰ گونه در طول سال و پس از آن گروه جلبک‌های سبز یا Chlorophyta با ۱۶گونه را نشان میدهد. کمترین فراوانی تنوع گونه ای در گروه Chrysophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۱ و ۲ گونه مشاهده گردید.

در دریاچه سد آزاد در طول دوره بیشترین تعداد گونه مشاهده شده در یک فصل مربوط به فصول تابستان و پائیز است که هر کدام ار گروه ها با ۲۵ گونه مورد شناسائی قرار گرفت. در حالیکه در فصل زمستان کمترین تعداد گونه به تعداد ۱۸ عدد به چشم می‌خورد. از اینرو، بررسی فصلی تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها مشخص نمود که در فصل بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب ۲۳، ۲۵، ۲۵ و ۱۸ گونه به ثبت رسید که بیشترین تنوع گونه ای مربوط به فصل تابستان و پائیز با ۲۵ گونه بود (جدول ۲).

جدول ۲: تعداد گونه‌های فیتوپلانکتونی شناسائی شده در فصول مختلف در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

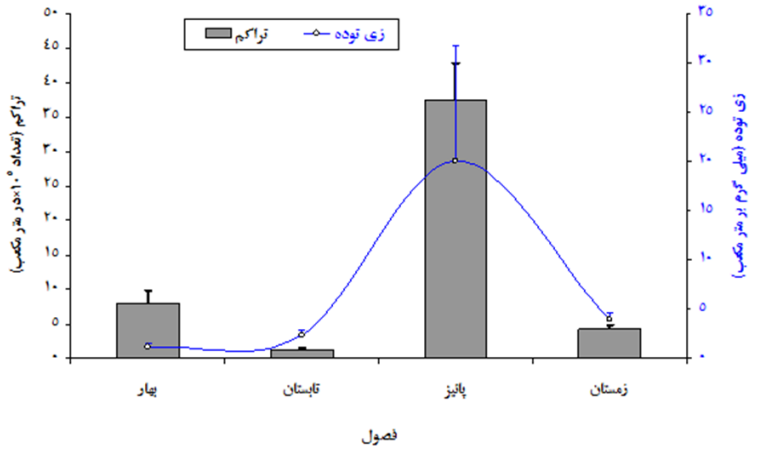
گروه فیتوپلانکتون / فصل	Bacillariophyta	Chrysophyta	Pyrophyta	Cyanophyta	Chlorophyta	Euglenophyta	جمع
بهار	۸	۰	۶	۲	۸	۰	**۲۴**
تابستان	۷	۱	۶	۰	۱۰	۱	**۲۵**
پائیز	۱۰	۱	۱	۵	۷	۱	**۲۵**
زمستان	۹	۰	۲	۱	۶	۰	**۱۸**
جمع	۳۶	۲	۱۵	۸	۳۱	۲	

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

از گروه Bacillariophyta گونه‌های *Cyclotella caspica*، *Cyclotella menenghiniana* و *Actinocyclus paraduxus* غالبیت بیشتری را نسبت به سایر گونه ها در این گروه داشته اند. از گروه Pyrophyta گونه‌های *Glenodinium penardi*، *Peridinium latum* و *Goniaulax spinifera* در دریاچه پشت سد سنندج غالبیت بیشتری در میان این گروه داشته، و از گروه Cyanophyta گونه‌های *Merismopedia minima*، *Chroococcus* sp. و *Oscillatoria limosa* در حالیکه *Chlorella* sp.، *Scenedesmus quadricauda* و *Tetraederon minimum* گونه‌های غالب گروه Chlorophyta را تشکیل داده‌اند. گروه‌های Euglenophyta و Chrysophyta با نمایندگی از گونه‌های *Trachelomonas planctoniea* و *Dinobryon divergens* در دریاچه پشت سد سنندج حضور داشتند.

بررسی تغییرات جمعیتی ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که میانگین سالانه فیتوپلانکتون ها (۱۰^۵)۲/۰±۱۳/۴عدد در متر مکعب و میانگین زی توده آنها ۳/۳±۷/۳ میلی گرم بر متر مکعب بود. بیشترین میزان تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در فصل پائیز به ترتیب با (۱۰^۵)۵/۴±۳۹/۴عدد در متر مکعب و ۱۱/۶±۲۱/۴ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در فصل تابستان به ترتیب با (۱۰^۵)۰/۲±۱/۶ عدد در متر مکعب و ۰/۵±۲/۶ میلی گرم بر متر مکعب به ثبت رسید (شکل ۲).



شکل ۲: تغییرات میانگین سالانه تراکم و زی توده فیتوپلانکتون ها در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

در بررسی فیتوپلانکتونهای دریاچه پشت سد آزاد سنندج گونه‌های *Cyclotella caspica*، *Cyclotella menenghiniana* از گروه Bacillariophyta و گونه *Glenodinium penardi* از گروه Pyrophyta و گونه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

Merismopedia minima از گـروه Cyanophyta و گونه .*Chlorella* sp از گروه Chlorophyta بـا تـراکم بین ۳۵×۱۰^{۵} تا $۰/۱\times۱۰^{۵}$ عدد در متر مکعـب بیشـترین فراوانی را داشتند (جدول ۳) .

جدول ۳: میانگین تراکم و زی توده گونه‌های مختلف گروه‌های فیتوپلانکتونی دریاچه پشت سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

	بهار		تابستان		پائیز		زمستان	
گروه فیتوپلانکتون/ فصول	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده
Bacillariophyta								
Actinocyclus paraduxus	۱۰۰۰	۰/۰۳۸			۱۲۴۴۰۰۰	۴۷/۲۷۲		
Amphora ovalis	۱۶۰۰	۰/۰۴۸						
Amphora sp.	۱۴۵۰	۰/۰۴۸						
Cocconeis placentula			۶۷۵	۰/۰۱۰	۴۶۶۶۷	۰/۲۱۳		
Cyclotella caspica					۳۵۸۰۰۰۰	۳۹/۳۸۰		
Cyclotella menenghiniana	۷۴۲۷۲۹	۰/۸۴۴	۴۱۵۱۳	۱/۳۸۴	۳۱۱۴۷۰۶	۳/۲۴۰	۳۹۶۵۲۹	۳/۹۶۵
Cymbella ventricosa					۴۰۰۰۰	۰/۸۸۰	۱۲۶۰	۰/۰۱۳
Diatoma ochki					۴۰۰۰۰	۰/۰۴۰		
Navicula cryptocephala			۷۵۰	۰/۰۰۴	۲۰۰۰۰	۰/۰۰۴	۴۶۲۰	۰/۰۰۶
Navicula sp.							۱۰۵۰	۰/۰۰۷
Nitzschia acicularis	۱۰۲۸۶	۰/۰۱۰	۶۰۰	۰/۰۰۲			۲۱۰۰	۰/۰۰۲
Nitzschia sigma							۳۰۴۵	۰/۰۰۶
Nitzschia parva			۹۶۰	۰/۰۷۷	۴۲۰۰۰	۰/۰۸۴		
Nitzschia sp.	۲۲۶۷	۰/۰۰۲						
Nitzschia tenuirostris	۲۴۰۰	۰/۰۰۲						
Stephanodiscos hantzschii	۵۱۶۹۰	۰/۰۳۶			۹۵۶۲۵	۰/۰۷۰	۳۲۱۳	۰/۰۰۲
Stephanodiscos sp.							۳۱۵۰۰	۰/۰۱۹

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

ادامه جدول ۳:

	بهار		تابستان		پائیز		زمستان	
گروه فیتوپلانکتون/ فصول	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده
Thalassionema nitzschoide			۱۰۰۰	۰/۰۰۴				
Thalassiosira inserta			۲۲۴۸۰	۰/۴۵۰	۱۸۰۰۰۰	۳/۶۰۰		
Thalassiosira variabilis							۲۱۰۰	۰/۰۱۷
Chrysophyta								
Dinobryon divergens			۸۰۵۶۷	۰/۴۰۳	۴۷۵۰۰	۰/۲۳۸		
Pyrophyta								
Exuviaella cordata			۱۲۰۰	۰/۰۰۸				
Glenodinium penardi	۴۷۳۳	۰/۰۶۲	۱۸۶۰	۰/۰۲۵				
Glenodinium behningii			۲۷۰۰	۰/۱۰۸				
Goniaulax digitale	۲۹۱۴	۰/۰۳۵	۴۵۹۴	۰/۱۸۴				
Goniaulax minima			۲۷۰۰	۰/۱۰۸				
Goniaulax polyedra	۷۲۰	۰/۰۰۹	۱۲۰۰	۰/۰۴۸			۱۰۵۰	۰/۰۱۳
Goniaulax spinifera	۶۳۴۳	۰/۰۷۶						
Peridinium latum	۱۳۲۳۶	۰/۳۹۷					۱۲۶۰	۰/۰۳۸

بررسی زئوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد آزاد سنندج در طول دوره مطالعه نشان داد که ۲۵ گونه متعلق به ۳ تاکسون Copepoda، Cladosera و Rotifera شناسائی گردیدند. در آبهای این دریاچه شاخه گردان تنان یا گرد دهانان[1] (Rotifera) گروه غالب در کل سال با ۱۸ گونه بودند. از این شاخه خانواده های Asplanchnidae و Branchionidae به تعداد فراوان در دریاچه مشاهده گردیدند. گروه آنتن منشعبان[2] با ۴ گونه و گروه پاروپایان[3] با ۳ گونه در این دریاچه وجود داشتند. همچنین گروه Meroplankton نیز با دو زئوپلانکتون موقتی Chironomidae و Nematoda تنها در فصل تابستان حضور داشتند.

در دریاچه سد آزاد در طول دوره بیشترین تعداد گونه مشاهده شده در یک فصل مربوط به فصول بهار

[1] Rotifera /Rotatoria

[2] Cladocera
[3] Copepoda

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

(۱۵ گونـه) و پـائیز (۱۴) اسـت، در حالیکـه در فصـل تابستان کمترین تعداد گونه بـه تعـداد ۹ عـدد بـه چشـم می‌خورد. بطورکلی تنوع گونـه ای زئوپلانکتـون هـا در آبهـای پشـت دریاچـه سـد آزاد سـنندج در کـل سـال محدود است (جدول ۴).

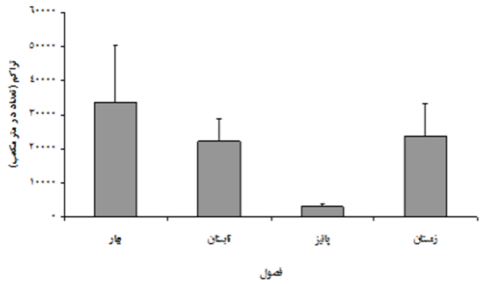
جدول ۴: تعداد گونه و حضور و عدم حضور گونه‌های زئوپلانکتون در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

گروه زئوپلانکتونی	فصول			
COPEPODA	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
Cyclops sp.	+			
Mesocyclops sp.	+	+	+	+
Acartia sp.			+	+
جمع	**۲**	**۱**	**۲**	**۲**
CLADOCERA				
Bosmina longirostris	+	+	+	+
Ceriodaphnia sp.	+	+		+
Daphnia sp.	+		+	+
Diaphanosoma sp.			+	
جمع	**۳**	**۲**	**۳**	**۳**
ROTIFERA				
Asplanchna sp.	+	+	+	+
Brachianus calcyflorus	+			
Brachionus sp.		+		
Cephalodella sp.			+	+
Filina sp.	+	+	+	+
philodina sp.		+		
Keratella sp.	+		+	
Keratella sp.			+	+
Lecane sp.			+	+
Polyarthra sp.		+	+	+
Polyarthra sp1.	+			
Polyarthra sp2.	+			
Simocephalus sp.		+		
Pompholyx sp.	+		+	+
Rotifera sp.	+			
Synchaeta pectinata	+			
Testudinella sp.	+			
Platyhelminthes sp.			+	+
جمع	**۱۰**	**۶**	**۹**	**۸**
MEROPLANKTON				
Chironomidae		+		
Nematoda		+		

بررسی فراوانی زئوپلانکتون‌های دریاچـه سـد آزاد سنندج طی دوره مطالعـه نشـان داد میـانگین تـراکم آن ۸۳۳۳±۲۰۶۵۸ عدد در متر مکعب بـود. بیشـترین میـزان میـانگین تـراکم زئوپلانکتـون در فصـل بهـار بـا ۱۶۶۹۴±۳۳۶۰۲ عدد در متـر مکعـب و کمتـرین میـزان آن در فصل پائیز با ۶۲۷±۳۰۳۹ عدد در متـر مکعـب بـه ثبت رسید (شکل ۳).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]



شکل ۳: میانگین تراکم فصلی زئوپلانکتون‌های شناسائی شده در دریاچه سد آزاد سنندج

بررسی فراوانی گروه‌های مختلف زئوپلانکتونی در دریاچه سد آزاد سنندج در فصول مختلف نشان داد که در فصل بهار بیشترین تراکم متعلق به گروه روتیفرا با ۲۹۷۴۵±۱۶۷۳۶ عدد در متر مکعب، در فصل تابستان مربوط به گروه آنتن منشعبان با با ۵۰۶۲±۱۵۶۹۹ عدد در متر مکعب، در فصول پائیز و زمستان نیز گروه روتیفرا به ترتیب با ۳۸۷±۱۴۸۳ و ۹۱۱۳±۲۱۳۱۰ عدد در متر مکعب مشاهده گردید (جدول ۵).

جدول ۵:تراکم و خطای معیار گروه های مختلف زئوپلانکتون در دریاچه سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

گروه زئوپلانکتون	فصول							
	بهار		تابستان		پائیز		زمستان	
	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار
Copepoda	۲۸۴۷	۹۷۸	۳۲۲۷	۱۱۷۴	۱۱۳۵	۲۹۲	۱۷۸۲	۴۶۱
Cladocera	۱۰۱۰	۳۷۹	۲۵۶۹۹	۵۰۶۲	۴۸۱	۱۴۰	۵۷۹	۱۷۴
Rotifera	۲۹۷۴۵	۱۶۷۳۶	۳۲۸۰	۱۷۴۱	۱۴۸۳	۳۸۷	۲۱۳۱۰	۹۱۱۳
Meroplankton			۱۴	۹			۱/۲	۱/۱

بررسی فراوانی گونه‌های مختلف زئوپلانکتونی در طی مطالعه در دریاچه سد آزاد سنندج نشان داد که از گروه Copepoda، گونه *Mesocyclops* sp. nauplus دارای بیشترین فراوانی با ۱۱۲۱±۲۵۶۵ عدد در متر مکعب در فصل تابستان و گونه Cyclops sp. nauplus با فراوانی ۶۹۸±۲۱۴۰ عدد در متر مکعب در فصل بهار ، از گروه Rotifera، گونه *Polyarthra sp1.* با فراوانی ۱۳۳۳۱±۲۳۲۸۴ عدد در متر مکعب در فصل بهار و گونه *Pompholyx* sp. با فراوانی ۸۸۵۰±۱۹۷۸۶ عدد در متر مکعب در فصل زمستان، سپس گونه *Brachionus* sp. با فراوانی ۴۱۵۴±۷۸۶۸ عدد در متر مکعب در متر مکعب و از گروه Cladocera گونه *Bosmina longirostris* با فراوانی ۱۵۶۵±۶۳۰۲ عدد در متر مکعب در فصل تابستان و گونه *Daphnia* sp. با فراوانی ۳۱۲±۶۶۲ عدد در متر مکعب در فصل بهار بیشترین میزان تراکم را داشته اند (جدول ۶).

بررسی ماکروبنتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که با توجه به جوان بودن این سد تنها یک گروه از کرم ها (Annelida) یعنی Oligochaeta با دو خانواده Tubificidae و Lumbriculidae حضور دارند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

جدول ۶: میانگین فراوانی فصلی گونه‌های زئوپلانکتون شناسائی شده در دریاچه سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

گروه زئوپلانکتون	فصول			
	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
COPEPODA				
Cyclops nauplus	۲۱۴۰/۷		۲۱۴۰/۷	
Cyclops sp.	۶۷۷/۵		۶۷۷/۵	
Mesocyclops sp.	۲۸/۴	۷۸۳/۲	۲۸/۴	۷۸۳/۲
Mesocyclops nauplii		۲۵۶۴/۷		۲۵۶۴/۷
Acartia sp.				
CLADOCERA				
Bosmina longirostris	۱۹۴/۵	۲۳۲۸۴/۰	۱۹۴/۵	۲۳۲۸۴/۰
Ceriodaphnia sp.	۱۵۳/۳	۵۰/۱	۱۵۳/۳	۵۰/۱
Daphnia sp.	۶۶۲/۳		۶۶۲/۳	
Diaphanosoma sp.				
ROTIFERA				
Asplanchna sp.	۲۹۱۶/۴	۲۹۸۶/۸	۲۹۱۶/۴	۲۹۸۶/۸
Brachianus calcyflorus	۱۵/۹		۱۵/۹	
Brachionus sp.		۷۸۶۸/۳		۷۸۶۸/۳
Cephalodella sp.				
Filina sp.	۲۴۴/۴	۲۱۸/۲	۲۴۴/۴	۲۱۸/۲
philodina sp.		15.7		15.7
Keratella sp.	۱۶/۸		۱۶/۸	
Keratella sp.				
Lecane sp.				
Polyarthra sp.		۵۹/۰		۵۹/۰
Polyarthra sp1.	۲۳۲۸۴/۲		۲۳۲۸۴/۲	
Polyarthra sp2.	۲۹۳/۳		۲۹۳/۳	
Simocephalus sp.		۱۴۷۸/۴		۱۴۷۸/۴
Pompholyx sp.	۹۹۱/۳		۹۹۱/۳	
Rotifera sp.	۹۳۳/۳		۹۳۳/۳	
Synchaeta pectinata	۱۰۶۶/۴		۱۰۶۶/۴	
Testudinella sp.	۳۷/۳		۳۷/۳	
Platyhelminthes sp.				
MEROPLANKTON				
Chironomidae		۲/۴		۲/۴
Nematoda		۱۱/۶		۱۱/۶

در این دریاچه گونه کرم خاکی *Lumbricus trrestris* از گروه Lumbriculidae و گونه .*Tubifex* sp از گروه Tubificidae به عنوان تنها نمایندگان کفزیان شناسائی شده در تمامی فصول به جزء گروه آخری در فصل بهار مشاهده شدند (جدول ۷).

جدول ۷: تغییرات فراوانی جوامع بنتکی در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

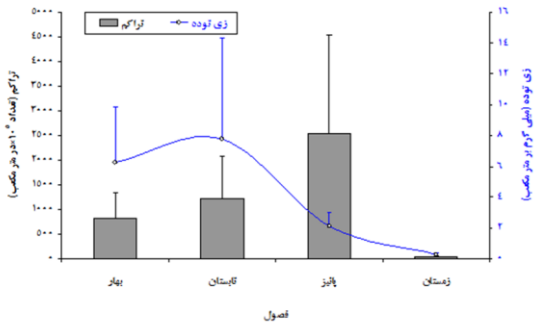
فصول

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

گونه ماکروبنتوز	بهار		تابستان		پائیز		زمستان	
	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)
Lumbricus trrestris	۱۶۵۰±۹۰۲	۱۲/۵±۶/۳	۲۰۷۰±۱۷۰۸	۱۵/۰±۱۲/۹	۱۶۵۰±۳۹۳۱	۳/۵±۱/۵	۷۱±۳۴	۰/۵±۰/۲
Tubifex sp.	۰±۰	۰±۰	۳۵۹±۳۱۴	۰/۵±۰/۴	۳۵۵±۳۱۵	۰/۷±۰/۵	۱۱±۸	۰/۱±۰/۱

بررسی کمی تراکم و زی توده ماکروبنتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که میانگین تراکم و زی توده آن به ترتیب ۱۱۴۵/۵±۸۴۷/۳ عدد در متر مربع و ۴/۱±۲/۸ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. همچنین بررسی تراکم گونه‌های مختلف گروه بنتک در دریاچه نشان داد که بیشترین میزان فراوانی متعلق به گونه *Lumbricus trrestris* به ترتیب با ۴۷۱۲/۸±۳۹۳۰/۸ عدد در متر مربع و ۳/۵±۱/۵ گرم بر متر مربع در فصل پائیز اندازه گیری شد. در حالیکه کمترین میزان تراکم و زی توده این گونه در فصل زمستان با ۷۱/۴±۳۴/۵ عدد در متر مربع و ۰/۵±۰/۲ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. گونه *Tubifex* sp. بیشترین میزان فراوانی را در فصول تابستان- پائیز با میانگین تراکم و زی توده به ترتیب ۳۶۰/۰±۳۱۴/۸ عدد در متر مربع و ۰/۶±۰/۵ گرم بر متر مربع دارا بود و کمترین میزان فراوانی این گونه در فصل بهار که در نمونه‌ها مشاهده نگردید و سپس در فصل زمستان با فراوانی ۱۱/۳±۸/۰ عدد در متر مربع و زی توده ۰/۱±۰/۰۶ گرم بر متر مربع به ثبت رسید (شکل ۴).

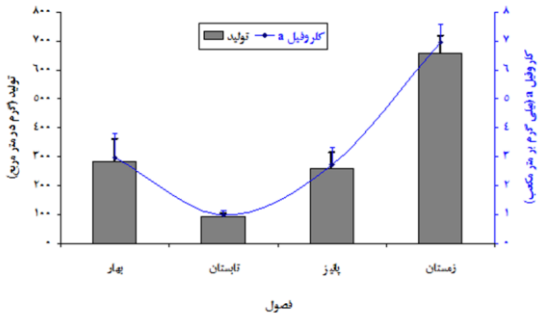


شکل ۴: تغییرات تراکم و زی توده ماکروبنتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

بررسی میزان کلروفیل a در دریاچه پشت سد آزاد سنندج طی فصول مختلف نشان داد که میانگین سالانه آن ۳/۵±۰/۵ میلی گرم بر متر مکعب بوده که بیشترین میزان میانگین کلروفیل در فصل زمستان با ۷/۰±۰/۶ میلی گرم بر متر مکعب و سپس فصل بهار با میانگین ۳/۰±۰/۸ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان میانگین آن در فصل تابستان با میانگین ۱/۰±۰/۲ میلی گرم بر متر مکعب به ثبت رسید. از طرفی میانگین سالانه میزان تولید اولیه برابر با ۳۲۳/۸±۵۱/۸ گرم بر متر مربع بوده که بیشترین میزان میانگین تولید اولیه به ترتیب در فصول زمستان و بهار با دامنه تغییرات ۶۶۱-۲۸۲ گرم بر متر مربع در روز و کمترین میزان میانگین تولید اولیه به ترتیب در فصول تابستان و پائیز با دامنه تغییرات ۲۶۰-۹۳ گرم بر متر مربع در روز برآورد گردید (شکل ۵). همچنین شاخص تروفی دریاچه سد

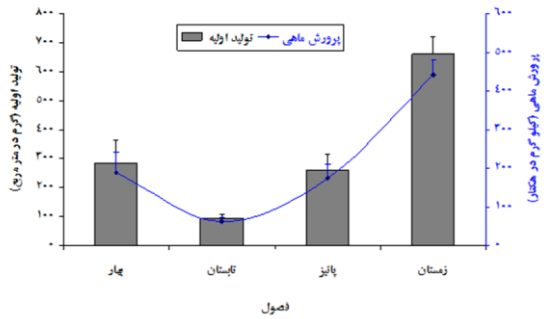
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

آزاد سنندج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a، با میانگین سالانه ۴~ میلی گرم در متر مکعب خصوصیات مزو -یوتروف را نشان می دهد زیرا که TSI (Chl.A)=9.8*ln(4.2)+3.6 برابر است با ۴۰ می‌باشد.



شکل ۵: میانگین فصلی میزان کلروفیلa و تولید اولیه در ستون آب سد آزاد سنندج

در این شرایط، بررسی پتانسیل تولید ماهی از طریق میزان تولید اولیه در فصول مختلف نشان که بطور متوسط با تولید اولیه فیتوپلانکتونی ۳۲۴ گرم در متر مکعب و وزن خشک ۱۶۲ گرم در متر مکعب، میزان برآورد تولید ماهی فیتوپلانکتون خوار ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در طی فصول مختلف با دامنه تغییرات تولید اولیه ۶۶۱-۹۳ و وزن خشک ۴۵/۵-۳۳۰/۵ گرم در متر مکعب، ۴۴۲-۶۱ کیلوگرم ماهی در هکتار برآورد گردید. اگرچه که در طی فصول تابستان و پائیز بدلیل وزن خشک اندکه تولیدات فیتوپلانکتونی میزان تولید ماهی نیز پائین تر خواهد بود (شکل ۶).



شکل ۶: میانگین میزان پرورش ماهی و تولید اولیه فیتوپلانکتونی در آب سد آزاد سنندج

بحث

انرژی در دسترس خورشید در سطح زمین بایستی طی روند فتوسنتز در خلال تغییرات شیمیایی تثبیت شود تا موجودات زنده بتوانند از آن استفاده کنند. در واقع گیاهان سبز خشکی و فیتوپلانکتونهای دریایی انرژی خورشید را به کمک رنگیزه‌های خود جذب نموده و آن را در ترکیبات آلی که می‌سازند، ذخیره می‌کنند. همه ی موجودات فتوسنتز کننده از جمله سیانوباکترها، کلروفیل a دارند. کلروفیل a در حدود ۱ تا۲ درصد از وزن خشک جلبک های پلانکتونی را شامل می‌شود (Grzetic and Camprag, 2010). لذا فیتوپلانکتون ها اجزای مهم این سیستم ها بشمار می روند. عوامل اصلی که بر تولید فیتوپلانکتون ها اثر می گذارند، عبارتند از: نور، تنوع پذیری مواد مغذی (Kromkamp and Underwood, 1999) محدودیت نفوذ نور که از کدری آب پدید میآید، بعنوان عاملی در کنترل تولید اولیه در مصب ها در نظر گرفته میشود (Lehman, 1992).

دریاچه پشت سد آزاد سنندج جزء دریاچه های جوان با تولید اندک محسوب شده و با توجه به منابع آبگیری این دریاچه که منبع غنی کننده به خصوصی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

ندارد تصور بر آن است که روند غنی شدن در آن با کندی صورت پذیرد. همان طور که بیان گردید در شرایط کنونی دریاچه شاخه های فیتوپلانکتونی غالب Bacillariophyta و Chlorophyta در همه فصول نمونه‌برداری به شمار رفته که شاخص الیگوتروف بودن محیط دریاچه می باشد (Li and Mathias, 1994). با رویکردی به وضعیت فیتوپلانکتون ها طی فصول مختلف در دریاچه و مقایسه آن با اکوسیستم‌های مشابه نظیر دریاچه سد تهم دراستان زنجان (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱) و دریاچه پشت سد بالاتون در مجارستان (Istvánovics *et al.*, 2002) بنظر میرسد که با تشدید روند فراغنی شدن، افزایش و غالبیت گروه Chlorophyta و Cyanophyta همچنان دور از انتظار نخواهد بود.

شاخص تروفی دریاچه سد آزاد سنندج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a، با میانگین سالانه ۴~ میلی گرم در متر مکعب خصوصیات مزو -یوتروف را نشان می دهد زیرا که TSI (Chl.A)=9.8*ln(4.2)+3.6 برابر است با ۴۰ می‌باشد که چنانچه مقدار شاخص کمتر از ۳۰ باشد دریاچه الیگوتروف، مقدار ۳۰ تا ۵۰ دریاچه مزوتروف، ۵۰ تا ۷۰ یوتروف و بالاتر از ۷۰ دریاچه هایپریوتروف خواهد بود (Wetzel, 2001). بر اساس کلروفیل a میزان تولید اولیه ۳۹۹ میلی گرم در متر مکعب و بر اساس شمارش فیتوپلانکتون ها و برآورد میزان زی توده آنها با میانگین سالانه ۱۰۵×۲/۰±۱۳/۴عدد در متر مکعب و میانگین زی توده ۳/۳±۷/۳ میلی گرم بر متر مکعب و همچنین تراکم میانگین سالانه زئوپلانکتون ها با ۸۳۳۳±۲۰۶۵۸ عدد در متر مکعب هرم تقریبی اکولوژیک این دریاچه را خصوصیات مزو -یوتروف نشان میدهد.

مقدار زیتوده جلبکی دریاچه سد آزاد بر اساس کلروفیل a از ۰/۶ در تابستان تا ۴/۹ میلی گرم در فصول پائیز- زمستان نوسان داشته و دارای میانگین ۳/۵ میلی گرم در متر مکعب بوده که با غالبیت شاخه های باسیلاریوفیتا و کلروفیتا حکایت از الیگوتروف بودن دریاچه سد آزاد دارد.

فراوانی کلی فیتوپلانکتونها در دریاچه نسبت به بسیاری از محیط های آبی دنیا در حد بسیار اندکی قرار داشته (شکل ۲ و جدول ۲) و همگام با اندک بودن زیتوده جلبکی، تولید اندک دریاچه را تأیید می کند (متوسط تولید ۳۹۴ میلی گرم بر متر مکعب). تنوع گونه ای فیتو پلانکتونی نیز نسبت به منابع آبی دیگر در حد متوسط قرار داشته (جدول ۳) در حالی که تنوع گونه ای زئوپلانکتونی حتی کمتر از سایر منابع می‌باشد (جدول ۴). فراوانی زئوپلانکتونها در حد کمتر از متوسط بوده (شکل ۳) به طوری که از دریاچه های ماکو مهاباد بیشتر و از تالابهای حسنلو و انزلی کمتر بوده است (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱). از نظر گونه‌های غالب پلانکتونی نمی توان مقایسه قابل توجهی را با منابع آبی دیگر ارائه نمود چرا که مثلاً جنس های فیتو پلانکتونی *Ankistrodesmus* و *Cyclotella*این منابع آبی همانند دریاچه های شور و شیرین دیده شده و در طیف وسیعی از سطوح تروفی به فراوانی مشاهده می شوند و بنظر میرسد که بتواند در طی سال‌های آتی بشدت بلوم نماید. برخی از گونه های غالب در دریاچه سد آزاد خصوصیات زیستی اندک متفاوتی را نشان داده‌اند به طوری که گونه‌های غالب *Cyclotella caspica* و *Cyclotella menenghiniana*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

بیشتر در استخرها و دریاچه های لب شور و حتی دریاچه‌های کم عمق هم دیده شده و گونه های جنس *Cyclotella* بیشتر در دریاچه‌هایی با آب سخت نیز مشاهده می‌شوند (Pasztaleniec and Poniewozik, 2009).

جنس‌های زئوپلانکتونی *Daphnia* و *Syncheata* و خصوصاً گونه غالب این دریاچه *Polyarthra* sp. نیز در تمامی منابع آبی مشاهده شده و در طیف وسیعی از سطوح تروفی قرار می گیرند اگرچه *Syncheata* بیشتر شوری پسند بوده ولی تعداد اندکی از گونه های آن در آب شیرین یافت می شوند (Pennak, 1953). خصوصیات پلانکتونیک این دریاچه با دریاچه های الیگوتروف شمال آمریکا یا کانادا که حضور گونه‌های دیاتومه ای (Bacillariophyta) و داینوفلاژلاتها (Pyrophyta) مشهود بوده تاحدودی مشابه می باشد (Stanford and Ellis, 2003). روتیفرا بیشترین میزان فراوانی را در طی فصول سرد سال یعنی زمستان و بهار دارا هستند و گروه کلادوسراها نیز در فصل گرم سال یعنی تابستان بیشترین میزان فراوانی را دارند (روشن طبری و همکاران، ۱۳۸۲، فاطمی و همکاران، ۱۳۹۲، Roohi *et al*., 2010).

به طور کلی با بررسی ماکروبنتوزهای دریاچه پشت سد آزاد سنندج مشخص شد که تنها کرم‌های حلقوی در رسوبات دریاچه قدرت ادامه حیات دارند. این موجودات با حفاری بستر با ایجاد bioturbation در رسوبات منجر به آزاد سازی بیشتر فسفر از رسوبات به آب دریاچه می گردند (Aller, 1982). این پدیده با در دسترسی قرار دادن رسوبات لایه‌های عمیق تر زمینه فعالیت میکروارگانیسم ها بر روی رسوبات را فراهم آورده و در نتیجه به بهبود شرایط اکسیژنی رسوبات کمک می کنند.

از آنجائیکه میانگین سالانه میزان کلروفیل a برابر با ۳/۵ میلی گرم در هر متر مکعب می‌باشد، لذا میزان تولید اولیه فیتوپلانکتونی برابر با ۳۳۳ گرم بر متر مربع و وزن خشک آن برابر با ۱۶۶ گرم و میزان انرژی برابر با ۰/۹ کیلوکالری در روز و ۳۳۴ کیلوکالری انرژی در سال است. در صورتی که ۱۰٪ از این انرژی به ماهیانی که تماماً فیتوپلانکتون خوار (نظیر ماهی فیتوفاگ) برسد میتوان گفت که ۲۲ کیلوکالری انرژی در هر متر مربع در سال خواهیم داشت . بنابراین با فرض بر اینکه برای تولید هر گرم گوشت (ماهی) ۱/۵ کیلوکالری مصرف شود، لذا در هر هکتار (۱۰۰۰۰ متر مربع) میتوان ۲۲۲ کیلو گرم ماهی پرورش داد (شکل ۶).

نتایج حاصله از بررسی خصوصیات زیستی دریاچه سد آزاد سنندج را به راحتی می توان با دریاچه های حاصل از استخراج معادن در ایالت مینوسوتای آمریکا (Axler *et al*., 1998) مقایسه کرد که از نوع دریاچه های الیگوتروف و الیگومزوتروف بوده و تعدادی از آنها برای مصارف شرب نیز استفاده می شدند. فعالیت متراکم آبزی پروری در این نوع دریاچه ها می‌تواند خصوصیات لیمنولوژیک آنها را به سمت یوتروف شدن تغییر داده که افزایش مقادیر فسفر و نیتروژن همچنین کاهش اکسیژن در تمامی سطوح آب از شواهد مشهود آن بوده است. یافته های این بررسی ضمن آنکه خصوصیات زیستی و غیر زیستی یک مخزن آبی تازه تشکیل در ایران را بیان کرده، اطلاعات لازم جهت بررسی روند تغییرات اکوسیستم را در کنار منابع آبی قدیمی تر فراهم نموده است، تا با پایش مستمر و اعمال مدیریت لازم، کاربری شرب دریاچه را

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

برای مدت طولانی تری تداوم دهد .کنترل بار مغذی وارده از حوزه آبخیز دریاچه سد آزاد و اعمال روشهای کاهش فسفر اشاره شده در بالا، در کنار به کار گیری روشهای نوین اکولوژیک همچون پوشش های گیاهی (Lu *et al*., 2009، Wang *et al*., 2009، Gao *et al*., 2009) و سایر موجودات زنجیره های غذایی شامل گروه‌های از ماهیان و زئوپلانکتون ها قادر خواهد بود محیط دریاچه را برای مدت مدید به صورت الیگوتروف برای کاربری شرب حفظ نماید.

بنابراین تولید آبزیان که عمدتاً ماهیان مد نظر است بر عهده فیتوپلانکتون ها و به عبارت دیگر از میزان کلروفیل a ناشی می‌شود که میانگین سالانه آن ۳/۵ میلی گرم بر متر مکعب است و از این میزان کلروفیل به طور متوسط سالانه تولید اولیه ای برابر با ۳۲۳ گرم بر متر مربع در روز بدست می‌آید و در صورتی که ۱۰٪ از این انرژی به ماهیانی که تماماً فیتوپلانکتون خوار (نظیر ماهی فیتوفاگ) برسد میتوان گفت در هر هکتار (۱۰۰۰۰ متر مربع) میتوان ۲۲۲ کیلو گرم ماهی پرورش داد. از طرفی بررسی زئوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد آزاد سنندج در طول دوره مطالعه نشان داد شاخه گردان تنان یا گرد دهانان گروه غالب در کل سال بودند. همچنین میانگین تراکم سالانه زئوپلانکتون ها ۲۰۶۵۸ عدد در متر مکعب بود که از این نظر جزء دریاچه‌های پشت سد کم باور شده و تولید اندک محاسبه گردید.

در طی بررسی ماکروبنتوزها در دریاچه پشت سد آزاد تنها دو گروه شناسائی گردید که با توجه به عدم غنای گونه ای و نیز تراکم پائین گروه‌های کفزیان در دریاچه پشت سد آزاد سنندج گویای این واقعیت است که انتظار زیادی از تولید آبزیان با تغذیه ماکروبنتوزها نمی توان داشت.

سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت و همکاری مدیریت شیلات، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، سنندج و زحمات مدیران و کارشناسان و پرسنل پژوهشکده اکولوژی دریای خزر صورت گرفت که از این طریق از همگی آنها سپاسگزاری می نمایم.

منابع

۱. روشن‌طبری، م.،تکمیلیان،ک.، سبک آرا، ج.، روحی، ا. ورستمیان، م. ت. ۱۳۸۲. پراکنش زئوپلانکتون در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، (۳)۱۲، صفحه۹۶-۸۳.

۲. سبک آرا، ج. و مکارمی، م.، ولی پور، ع.، ۱۳۹۱. جوامع پلانکتونی پایاب سد یامچی به منظور امکانسنجی آبزیپروری در شهرستان اردبیل، مجله توسعه آبزی پروری، ۱۰ (۱)، صفحات ۸۹-۷۱.

۳. سبک آرا، ج. و مکارمی، م. ۱۳۹۲. پراکنش و فراوانی پلانکتونی و نقش آن ها در پرورش ماهی در دریاچه سد ارس. مجله توسعه آبزی پروری، ۷ (۲)، صفحات ۵۹-۴۱.

۴. سلمانوف، م. آ.، ۱۹۸۷. نقش میکروفلورها و فیتوپلانکتونها در پروسه‌های تولیدی دریای خزر ، مترجم ابوالقاسم شریعتی. ۱۳۷۲. رشت. شیلات ایران. ص۶۴۹.

۵. شرکت مدیریت منابع آب ایران .۱۳۹۱. تغذیه گرایی مخازن سدها و راهکارهای مقابله. بخش محیط زیست و کیفیت منابع آب ، وزارت نیرو، تهران.۵۹ صفحه

۶. فاطمی، م.، روشن طبری، م.، پورغلام، ر.، موسوی ندوشن ر.، وثوقی، غ. م.، رحمتی، ر.،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

خداپرست، ن.، ۱۳۹۲. پراکنش گروه های مختلف زئوپلانکتون در اعماق مختلف حوضه ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷، مجله اقیانوس شناسی، سال چهارم شماره، ۱۴ ، ص ۹۲-۸۲

۷. قلیچی؛ ا.، کمالی سنزیقی، م.، جعفری، م.، ۱۳۹۵. ترکیب فیتوپلانکتونی و نقش آن در میزان تولید ماهی کپور نقرهای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در مزارع پرورش ماهیان گرمابی ، مجله توسعه آبزی پروری، ۱۰ (۴)، صفحات ۱۰۲-۹۱.

۸. محبی، ف.، عاصم، ع.، محسن پور آذری، ع.، ۱۳۹۱. بررسی جمعیت فیتوپلانکتونی و شاخصهای جمعیتی در دریاچه سد ارس، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۵ ، شماره ۲، صفحات ۳۲۸-۳۱۶.

۹. میرزاجانی ع، ۱۳۸۶. بررسی لیمنولوژی دریاچه سد تهم استان زنجان. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان. ۹۰ ص.

۱۰. میرزاجانی، ع.، عباسی، ک.، سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، عابدینی، غ.، بورانی، م.، ۱۳۹۱. لیمنولوژی دریاچه الیگو -مزوتروف تهم دراستان زنجان، مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۵ (۱)، ۸۹-۷۴.

11. Aller, R., C., 1982. The effects of macrobenthos on chemical properties of marine sediment and overlying water, Plenum Press, New York, 53-102 pp.
12. Apaydın Yağcı, M., 2014. Seasonal Variations in Zooplankton Species of Lake Gölhisar, a Shallow Lake in Burdur, Turkey, Pakistan Journal of Zoology, 46(4), pp. 927-932.
13. APHA., 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, American Public Health Association, Seventeenth Edition.
14. Axler R., S. Yokom, C. Tikkanen, M. Mcdonald, H. Runke, D. Wilcox, 1998. Restoration of a mine pit lake from aquaculture nutrient enrichment. Restoration Ecology. 6(1), 1-19.
15. Bledzki, L. A., 2016. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis, Springer International Publishing, 923 P.
16. Bluman, A.G., 1998. Elementary statistics: a step by step approach. USA : Tom Casson publisher, 3rd edition
17. Boyd, C. E., 1992. Water quality in ponds for aquaculture. Department of fisheries and applied aquacultures. 114 P.
18. Brooks, J.L., 1959. Cladocera. Pp. 587-656 in W.T. Edmondson (Ed.). Freshwater Biology, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
19. Cooke, G. D., R.H. Kennedy., 1989. Water operations technical support program. Water quality management for reservoirs and tail waters. Report 1. In-reservoir water quality management techniques. Tech. Rep. U.S. Army. Engineers Waterways Experiment Station, 186 P.
20. Djuangsih, N., 1992. Understanding the state of river basin management from an environmental toxicology perspective: An example from water pollution at Citarum River basin, West Java, Indonesia. Proceedings of the second European conference on ecotoxicology, W. Sloof, H. Kruijf, eds. 1993, Vol. Supplies Plumbing Trade Supplies,1-2 , Pp. 283- 292.
21. Edmondson, W.T., 1959. Fresh water biology, New York, London, John Wiley & Sons, Inc.1248 p.
22. Elliot, J.M., 1988. Larvae of the British Ephmerptera: a key with ecological notes, scientific publication, 145 pp.
23. Gao, J., Xiong, Z., Zhang, J., Zhang, W, Mba, FO., 2009. Phosphorus removal from water of eutrophic Lake Donghu by five submerged macrophytes, Desalination 242: 193–204

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

24. Grzetic, I., and Camprag, N., 2010. The evolution of the trophic state of the Palic Lake (Serbia), Journal of the Serbian chemical society, 75(5): 717-732.
25. Guan, B., Xin, Y., JinHui, J., ZiQiang, T., ShuQing, A., BinHe, G., Ying, C., 2009. Phosphorus removal ability of three inexpensive substrates: Physicochemical properties and application. Ecological engineering. 35: 576–581.
26. Hynei, H.B.N., 1984. A key to the adults and nymphs of the British stoneflies, Scientific Publication, 90pp.
27. Istvánovics, V., L., Somlyody, A., Clement. 2002. Cyanobacteria-mediated internal eutrophication in shallow Lake Balaton after load reduction. Water Research 36: 3314–3322.
28. Kromkamp, J. and Underwood, G. J. C., 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries, Advances in Ecological Research 29: 93-153.
29. Lehman, P.W., 1992. Environmental factors associated with long-term changes in chlorophyll concentration in the Sacramento- San Joaquin delta and Suian bay California Estuaries 15: 335-348.
30. Li, S., and Mathias, J., 1994. Freshwater fishes culture in china: principles and practice. Elsevier science B. V. 445 P.
31. Lu, S.Y., F.C. Wu, Y. F. Lu, C. S. Xiang, P.Y. Zhang and C.X. Jin., 2009. Phosphorus removal from agricultural runoff by constructed wetland. Ecological engineering 35: 402–409
32. Maosen, H., 1983. Fresh water plankton illustration. Agriculture Publishing House. 85p.
33. Mohsenpour Azary. A., Mohebbi, F., Asem, A., 2011. Seasonal changes in phytoplankton community structure in relation to physico-chemical factors in Bukan dam reservoir (northwest Iran), Turkish Journal of Botany.35, 77-84.
34. Needham, J. G., 1962. A guide to the study of fresh-water biology, Holden-day, INC., San Francisco, 107pp.
35. Newell**,** G.E. and Newell,. R.C., 1977. Marine plankton: a practical guide. London: Hutchinson, 420 p.
36. Pasztaleniec, A., and Poniewozik, M., 2009. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to water framework Directive- a comparison of approaches. Limnologica, 1-8.
37. Pennak, R.W. 1953. Fresh- water invertebrates of the United States, The Ronald press. New York, 769pp.
38. Pontin, R. M., 1978. A key to the fresh water planktonic and semiplanktonic rotifer of the British Isles. Titus Wilson and Son. Ltd. 178p.
39. Postel, L., Fock, H. and Hagen, W., 2000. Biomass and abundance. In: Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. and Huntley, M. (Eds.), Zooplankton Methodology Manual. Academic Press, San Diego, pp. 83-192. Research, vol. 67, no. 2, Pp. 189-200.
40. Prescott, G. W., 1962. Algae of the western great lakes area. Vol 1, 2, 3. W. M.C. Brown Company Publishing, Iowa, U.S.A. 933 p.
41. Reynolds, T. D., and P. A. Richards., 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. PWS Publishing Company, Boston, MA
42. Roohi, A., Kideys, A., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H., Ganjian Khanari, A., Eker-Develi, E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Biological Invasions*, **12**, 2343–2361.
43. Ruttner-Kollisko A., 1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy stutt yart, Schwizer bart'sche VerLagsbuchhandlang, Stuttgart.
44. Siapatis, A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore Mnemiopsis leidyi in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612:281–295.
45. Stanford J. A. and B. K. Ellis., 2003. Natural and cultural influences on ecosystems processes in the Flathead River basin (Montana, British Columbia). Pp

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]

269-284. IN: Baron, J. S. (Editors). Rocky Mountain future: An ecological perspective. Island Press, Covelo, California, USA. 325 P.
46. Tiffany, L. H. and Britton, M. E., 1971. The algae of Illinois, Hanfer Publishing Company, New York. 407 P.
47. Vaux, P. D., Paulson, L. J., Axler, R. P., Leavitt, S., 1995. The water-quality implications of artificially fertilizing a large desert reservoir for fisheries enhancement. Water Environ. Res. 67:189–200.
48. Vollenweider, A.R., 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environmental of Black Sea. Well scientific publication oxford, London. UK, 210 p.
49. Wang, G. X., Zhang, L. M., Chua, H., Xiang-Dong, L., 2009. A mosaic community of macrophytes for the ecological remediation of eutrophic shallow lakes. Ecological engineering 35: 582–590.
50. Wetzel, R.G. and Likens G.E., 1991. Limnological analysis. New York USA: Springer-Verlag. www.braincoad.com
51. Wetzel, R.G., 2001. Limnology, Third Edition: Lake and River Ecosystems, Academic Press, Michigan State University, 763 pp.
52. Wilson, M.S., 1959. Calanoida. Pp. 738-795 in W.T. Edmondson (Ed.). Freshwater Biology, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
53. Witty, L. M., 2004. Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton, Aquatic Invertebrate Taxonomist, Cooperative Freshwater Ecology Unit Department of Biology, Laurentian University 935 Ramsey Lake Road Sudbury, Ontario, Canada P3E 2C6, 50p. http://coopunit.laurentian.ca
54. Yeatman, H.C., 1959. Cyclopoida. Pp. 796-814 in W.T. Edmondson (Ed.). Freshwater Biology, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.4.9.9]