بررسی جوامع زوپلانکتون دریاچه سیازاخ (کردستان) و ارزیابی وضعیت اکولوژیکی آن بر اساس شاخص‌های تنوع زیستی

سیامک باقری [1*]
جلیل سبک‌آرا [1]
حسین عسکری نژاد قاضیانی [1]

۱. پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
siamakbp@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

دریاچه سیازاخ در استان کردستان اکوسیستم آبی مهمی با مساحت حدود ۵۵۰ هکتار است که نقش کلیدی در حمایت از زندگی آبزیان و تنوع زیستی منطقه ایفا می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی ترکیب، فراوانی و تنوع زیستی زوپلانکتون در این دریاچه طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۴ انجام شد. نمونه‌برداری از پنج ایستگاه با استفاده از تور زوپلانکتون‌گیر جودی (Juday net) با چشمه ۵۵ میکرون صورت گرفت. در مجموع ۲۸ گروه زوپلانکتونی از چهار شاخه Rotifera، Protozoa، Arthropoda و Nematoda شناسایی شدند. شاخه Rotifera با میانگین فراوانی ۶۱ عدد در لیتر (۵۳ درصد از کل جمعیت) غالب‌ترین گروه بود که در آن جنس‌های *Polyarthera* (۲۶ عدد در لیتر) و *Keratella* (۲۵ عدد در لیتر) بیشترین فراوانی را داشتند. Protozoa (میانگین ۲۶ عدد در لیتر، ۲۹ درصد) و Arthropoda (میانگین ۲۵ عدد در لیتر، ۲۱ درصد) به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. بیشترین فراوانی کل زوپلانکتون در خرداد (۴۵۸ عدد در لیتر) و کمترین آن در آبان (۸ عدد در لیتر) مشاهده شد. شاخص تنوع زیستی شانون-وینر در طول دوره مطالعه بین ۱/۲۴ تا ۲/۱۳ متغیر بود و میانگین آن ۰/۳۳± ۱/۷۵ ثبت گردید. این مقادیر و ترکیب جوامع زوپلانکتونی نشان‌دهنده وضعیت مزوتروف (نسبتاً پاکیزه) دریاچه است. با وجود اینکه داده‌های مستقیمی از تعاملات غذایی با ماهیان جمع‌آوری نشد، حضور فراوان روتیفرا و پروتوزوآ به عنوان منابع غذایی حیاتی برای لارو ماهیان اهمیت حفاظت از این جوامع را آشکار می‌سازد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود از رهاسازی ماهیان غیر بومی بدون ارزیابی اثرات اکولوژیک آن‌ها خودداری و پایش مستمر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و زیستی دریاچه ادامه یابد.

واژگان کلیدی: زوپلانکتون، تنوع زیستی، شاخص شانون، دریاچه سیازاخ، فراوانی.

مقدمه

زوپلانکتون آب شیرین ترکیبی از روتیفر، پاروپایان و پروتوزوآ هستند. روتیفرا و پاروپایان دارای طیف غذائی وسیع می‌باشند. آنها از فیتوپلانکتون، پروتوزوآ و باکتری ها تغذیه می‌کنند (Duggan *et al*., 2001). مطالعات Neves و همکاران در ۲۰۱۳ نشان دادند، هر یک از گونه‌های روتیفرا بیانگر سطوح متفاوت تروفی‌اند. شاخص‌های زیستی از مهم‌ترین فاکتورها در نشان دادن، وضعیت زیست‌محیطی و روند یوتریفیکاسیون اکوسیستم‌های آبی بوده‌اند. اجتماعات روتیفرا به دلیل پراکنش وسیع، و تراکم بسیارشان در دریاچه‌های آب شیرین نقش بسیار کلیدی در تعیین سطح تروفی داشته‌اند (Neves, 2011). زوپلانکتون به دلیل وابستگی رشد و پراکنش خود به عوامل غیر زیستی و زیستی از نظر شاخص‌های زیستی در منابع آبی بسیار مهم هستند (Ferdous and Muktadir, 2009). اخیرا برای پایش اکوسیستم‌های آبی از زوپلانکتون‌ها در قالب شاخص‌های کیفیت آب بیشتر استفاده می‌شود، چون در برابر تغییرات محیطی سریعتر از ماهیان واکنش داده و آسان‌تر از فیتوپلانکتون قابل شناسایی هستند (Sladecek, 1983). بعضی از گونه‌های زوپلانکتون به تغییرات کیفیت آب بسیار حساس بوده و واکنش متفاوتی در تولیدمثل و پراکنش نشان می‌دهند. ساختار جمعیت، غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای زوپلانکتون در دریاچه‌های یوتروفیک در مقایسه با دریاچه‌های الیگوتروفیک متفاوت است (Duggan *et al*., 2001). مطالعات زوپلانکتون دریاچه‌های الیگوتروفیک و مزوتروفیک حاکی از غنای گونه‌ای زیاد و تراکم کم زوپلانکتون در مقایسه با دریاچه‌های یوتروف بوده‌اند (Bonecker *et al*., 2007). تراکم زوپلانکتون تحت تاثیر شدید میزان غلظت نوترینت بوده است. مطالعات Bagheri و

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

همکاران (2012) نشـان داد، جوامع زوپلانکتون در مکان و زمان‌های متفاوت یکسـان نبوده‌اند. بعلاوه بار مواد مغذی که از طریق رودخانه وارد دریاچه‌ها و اکوسیستم‌های آبی می‌گردند، عامل بسیار مهم در تغییرات گونه، پراکنش، فراوانی و ساختار جمعیت زوپلانکتون در منابع آبی بوده اسـت (Bertoni, 2011). آنها دارای ارزش غذائی بالائی از نظر انتقال انرژی در هرم غذائی به ذخایر آبزیان هسـتند و به دلیل مهاجرت‌های شـبانه‌روزی عمودی، به‌عنوان یک پمپ بیولوژیکی کربن، وظیفه انتقال دی‌اکسـید کربن را از لایه‌های سـطحی به اعماق مختلف آب به عهده دارند. همچنین به دلیل عمر کوتاه، شـاخص مهمی برای آلودگی محیطی و تغییرات اقلیمی به شـمار می‌روند (Richardson, 2008). لذا هرگونه آلودگی‌ها و اثرات مخرب زیستی بر جوامع زوپلانکتون تاثیر مستقیم بر ذخایر ماهیان خواهد گذاشت. از این‌رو مطالعه جوامع زوپلانکتون به دلیل اهمیت آنها در هرم غذائی (تولیدکنندگان ثانویه) دارای ضرورت ویژه است. سد سیازاخ در استان کردستان و شهر دیواندره واقع شده است و در محل تلاقی دو شاخه رودخانه قزل اوزن، به نامه‌ای کاقلی و شیخ حیدر واقع شده است. این سـد با حجم مخزن مفید ۲۳۰ میلیون مترمکعب و وسـعت تقریبی ۵۵۰ هکتار منبع آبی مناسـبی برای توسـعه پایدار فعالیت‌های شـیلاتی پرورش ماهی در منطقه است (Kamangar and Mohammadi, 2017).

با توجه به اهمیت اکولوژیکی این منبع آبی و کاربردهای چندگانه‌اش در حوزه‌های مختلف ازجمله پرورش ماهی و تأمین آب شـرب و کشاورزی و همچنین عدم انجام مطالعات جامع شیلاتی و لیمنولوژیکی درباره اکوسیستم دریاچه سد سیازاخ و روند تغییرات پارامترهای کیفی آب، این پژوهش به سفارش مدیریت شـیلات و آبزیان استان کردسـتان توسـط پژوهشـکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی ایران طراحی و اجرا گردید. از آنجا که سد سیازاخ در سال ۱۴۰۲ به بهره‌برداری رسید، اولین مطالعه سیستماتیک در این اکوسیستم جدید تحت عنوان بررسی لیمنولوژی و پویایی جمعیت ماهیان دریاچه سیازاخ در سال‌های ۱۴۰۳ تا ۱۴۰۴ آغاز شد. هدف اصلی این پروژه، ارزیابی توان تولید طبیعی دریاچه و حفظ کیفیت آب بود. مقاله حاضر بخشی از این پژوهش گسترده است که برای نخستین بار به بررسی زوپلانکتون‌ها به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی زنجیره غذایی آبزی در دریاچه سـیازاخ پرداخته و با هدف شـناسـایی گونه‌ها، تخمین تنوع زیسـتی و سـنجش فراوانی جوامع زوپلانکتونی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

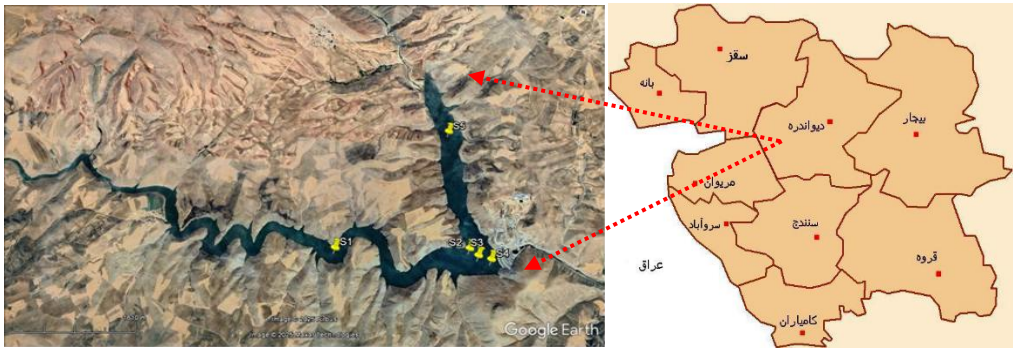
منطقه مورد مطالعه

سد سیازاخ در استان کردستان و در فاصله ۷ کیلومتری جنوب غربی شهرستان دیواندره و ۱۲۰ کیلومتری شهر سنندج و با موقعیت طول جغرافیایی″۰۷′۰۰ °۴۷ و عرض جغرافیایی″۲۴ ′۵۱ °۳۵ واقع شده است. این سد بر روی رودخانه حاصل از تلاقی دو سرشاخه مهم رودخانه قزل‌اوزن احداث گردیده و دارای طول تاج ۲۸۵ متر، ارتفاع ۷۶ متر بوده، حجم مخزن ۲۳۰ میلیون مترمکعب و حوضـه آبریز آن ۱۰۵۸ کیلومترمربع است. حداقل عمق دریاچه سد در سرشاخه کاقلی ۳ متر و حداکثر ۳۸ متر در نواحی میانی و نزدیک تاج سد می‌باشد (باقری و همکاران ۱۴۰۴). در دریاچه ۵ ایستگاه در نقاط مختلف پیکره آبی بر اساس موقعیت‌های شیب، عمق، منبع ورودی و خروجی آب، مکان‌های تجمع ماهیان، گیاهان آبزی بن در آب و غوطه‌ور و اطراف منطقه روستایی و زمین‌های کشـاورزی به دلیل احتمال ورود آلودگی ناشی از پساب‌های کشاورزی و مواد مغذی انتخاب گردید و شامل: شاخه شیخ حیدر (ایستگاه ۱)، تقاطع دو سرشاخه (ایستگاه ۲)، منطقه میانی سد و مجاور تاج سد (ایستگاه‌های ۳ و ۴) و سرشاخه کاقلی (ایستگاه ۵) بودند. تمامی نقاط ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از GPS مدل (Garmin-CSx) ۶۰ ثبت شدند (شکل ۱ ، جدول ۱). نمونه‌برداری از زوپلانکتون ۴ مرحله در سال‌های ۱۴۰۳ (خرداد، مرداد، آبان، بهمن) و ۱۴۰۴ (اردیبهشت) با استفاده از شناورهای با قدرت موتور ۴۸ اسب بخار به مدت یک روز انجام شد و چون بعد از ظهر دریاچه به دلیل وزش باد از غرب مواج می‌گردید، نمونه‌برداری‌ها بین ساعت ۸ صبح و ۱۲ ظهر انجام شد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

جدول ۱ : موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه سد سیازاخ سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

ایستگاه	منطقه	عمق (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	شاخه شیخ حیدر	۱۷	۳۵/۸۵۶۰۸۵۲۶	۴۶/۹۷۷۲۷۹۷
۲	تقاطع دو سرشاخه	۲۴	۳۵/۸۵۷۹۵۷۴۲	۴۶/۹۹۹۴۸۱۶
۳	میانی سد	۲۸	۳۵/۸۵۷۱۰۹۰۲	۴۷/۰۰۰۹۵۶۱
۴	مجاور تاج سد	۳۲	۳۵/۸۵۷۱۰۹۰۱	۴۷/۰۰۳۰۶۷۹
۵	شاخه کاقلی	۱۲	۳۵/۸۷۵۱۹۳۰۴	۴۶/۹۹۵۴۵۷۱



شکل ۱ : موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه سیازاخ سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

روش نمونه‌برداری و شمارش زوپلانکتون

نمونه‌برداری زوپلانکتون با استفاده از تور زوپلانکتون گیر Juday net با چشمه ۵۵ میکرون و قطر ۲۰ سانتی‌متر با استفاده از قرقره دستی از کف دریاچه تا سطح آب به‌صورت کشش عمودی صورت گرفت. سپس زوپلانکتون جمع‌آوری شده در محفظه تور را در ظروف ۳۰۰ میلی‌لیتر منتقل نموده و با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت گردیدند (APHA, 2005). در آزمایشگاه پلانکتون پس از همگن‌سازی با استفاده از پیپت ۵ میلی‌لیتر در محفظه‌های ۵ میلی‌لیتری (KIEL Hydro-Bios) منتقل شده و بعد از ۱۴ ساعت رسوب‌دهی با استفاده از میکروسکوپ اینورت (Leitz- LABOVERT, F-S) شناسایی و شمارش شده و تراکم زوپلانکتون برحسب تعداد در واحد حجم (لیتر) محاسبه شد. روش نمونه‌برداری و تعیین تراکم زوپلانکتون بر اساس منابع APHA, 2005; Newell and Newell, 1977 و Ruttner-Kolisko, 1974 و شناسایی زوپلانکتون با استفاده از کلیدهای Thorp & Covich, 2001 و Pontin, 1978 انجام شد. جهت آنالیز آماری تراکم گروه‌های زوپلانکتون بین ماه‌های مختلف به دلیل نرمال نبودن داده‌ها از آزمون ناپارامتری (Kruskal-wallis) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. همچنین آزمون Kruskal-Wallis نشان داد که تفاوت معنی‌داری در تراکم زوپلانکتون بین ایستگاه‌ها وجود ندارد ($p > 0.05$)، بنابراین تحلیل‌های آماری مکانی انجام نشد. برای تعیین تنوع زیستی زوپلانکتون از شاخص Shannon wiener و برای تعیین یکنواختی گروه‌های زوپلانکتون از شاخص (Evenness) با استفاده از این فرمول‌ها انجام شد (Kerbs, 1994).

شاخص تنوع زیستی (Shannon wiener)، تعداد افراد در هر گونه (n_i)، تعداد گونه (n)

$$H = -\sum_{i=1}^{n} \left[\left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)\right]$$

شاخص یکنواختی (E)، شاخص تنوع (H)، تعداد کل گونه (S)

$$E = H'/InS$$

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

نتایج

ترکیب و فراوانی گروه‌های زوپلانکتون

گروه‌های شناسایی شده زوپلانکتون دریاچه سیازاخ طی سال‌های ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ در جدول ۲ آمده است. در این بررسی تعداد ۲۸ گروه زوپلانکتون در دریاچه شناسایی گردید، بیشترین گروه متعلق به شاخه‌های Rotatoria و Arthropoda به ترتیب با تعداد ۱۰ و ۱۱ جنس و کمترین را Nematoda با تعداد یک گروه شامل بوده است (جدول ۲). بیشترین تعداد گروه‌های زوپلانکتونی در ماه‌های خرداد و مرداد با تعداد ۱۷ و ۱۶ و کمترین در ماه‌های بهمن و اردیبهشت با تعداد ۱۱ و ۱۲ جنس بوده است. گروه Rotatoria در ماه خرداد با تعداد ۸ عدد از نظر تعداد جنس‌های زوپلانکتون غالب بوده است و از Arthropoda بیشترین جنس در ماه خرداد با تعداد ۹ جنس مشاهده شده است.

جدول ۲ : لیست زوپلانکتون شناسایی شده و فراوانی (تعداد در لیتر) آنها در دریاچه سیازاخ طی سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

ردیف	گروه	جنس	خرداد	مرداد	آبان	بهمن	اردیبهشت/۱۴۰۴	میانگین
۱	Arthropoda	*Bosmina*	۸/۴	۰/۲	.	.	۰/۴	۱/۸
۲		*Ceriodaphnia*	.	۵/۸	۰/۸		.	۱/۳۲
۳		*Daphnia*	۶/۶	۳	۳/۸	۳	۱۷/۲	۶/۷۲
۴		*Calanoidae (Diaptomus)*	.	۱۴/۶	۰	۰	۰	۲/۹۲
۵		*Cyclopoidae (Cyclops)*	۰	۲/۸	۰	۰	۰	۱/۶۴
۶		*Harpacticoidae (Nitocra)*	.	۰/۲	۰	۰	۰	۰/۰۴
۷		*Diaphnosoma*	۰	۱۵/۶	۰	۰	۰	۳/۱۲
۸		*Diaptomus*	۰	.	۱/۲	۰	۰	۰/۲۴
۹		*Moina*	۰/۸	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶
۱۰		*Naupli copepoda*	۳۰/۸	۱۶/۶	۰	۰/۴	۱/۶	۹/۸۸
۱۱		*Cladocera emberyoni*	۰/۶	۲/۴	۰	۰/۲	۱/۲	۰/۸۸
۱۲	Protozoa	*Carchisum*	۱۱۳/۴	۵/۶	۰/۸	۰	۰	۲۳/۹۶
۱۳		*Tintinnidium*	۱۷/۲	.	۰	۰	.	۳/۴۴
۱۴		*Tintinnopsis*	۲۹/۴	۰/۲	۰/۶	۵/۶	۰	۷/۱۶
۱۵		*Unknown*	.	۰	.	۲/۸	۰	۰/۵۶
۱۶		*Arcella*	۰	۰	۰	۰/۴	۰	۰/۰۸
۱۷		*Vorticella*	۰	۰	۰/۴	۰	۰	۰/۰۸
۱۸	Nematoda	Nematoda	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۰۴
۱۹	Rotifera	*Ascomorpha*	۳	.	۰	۰	۱۱/۲	۲/۸۴
۲۰		*Asplanchna*	۳/۶	۰	۰	۳/۸	۵/۸	۲/۶۴
۲۱		*Collotheca*	۰	۰	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۱۲
۲۲		*Filinia*	۰/۶	۰/۴	۰	۰	۰	۰/۲
۲۳		*Keratella*	۱۰۱	۲/۴		۱/۲	۱۸/۲	۲۴/۵۶
۲۴		*Monostyla*	۰/۶	.	۰	.	.	۰/۱۲
۲۵		*Pedalia (Hexarthera)*		۰/۶	.	۰	.	۰/۱۲
۶		*Polyarthera*	۱۲۵/۶	۱	۰	۰/۲	۱/۸	۲۵/۷۲
۲۷		*Synchaeta*	۱۲/۸	۱/۲	۰/۴	۳۵/۶	۲/۶	۱۰/۵۲
۲۸		*Trichocerca*	۰/۲	۰/۲	۰	۰	۰/۴	۰/۱۶

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

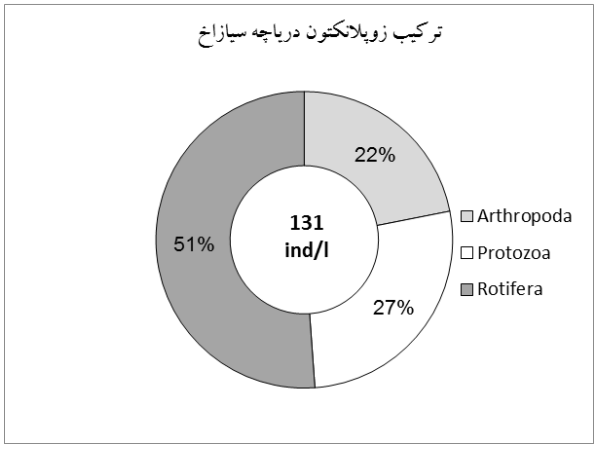
شاخص تنوع زیستی (Shannon wiener) در ماه‌های مختلف دارای نوسانات محسوسی بود. شاخص تنوع زیستی بین ۱/۲۴ و ۲/۱۳ در ماه‌های به ترتیب بهمن و مرداد تغییر نشـان داده اسـت (جدول ۳). میانگین شـاخص تنوع زیسـتی ۰/۳۳ ± ۱/۷۵ در دریاچه سـیازاخ مشـاهده شـد. بیشـترین غنای گونه‌ای زوپلانکتون همچون شـاخص تنوع گونه‌ای در خرداد و مرداد با میزان ۱۷ گونه بود. همچنین کمترین غنای گونه‌ای زوپلانکتون در آبان با میزان ۸ عدد ثبت گردید. شـاخص یکنواختی همچون شـاخص تنوع زیسـتی در بهمن ۱۴۰۳ در کمترین (۰/۵۲) بوده است و در آبان شاخص یکنواختی (Evenness) افزایش یافته و به بیشترین میزان ۰/۸ رسید (جدول ۳).

جدول ۳: تنوع زیستی و یکنواختی اجتماعات زوپلانکتون در دریاچه سیازاخ سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

ماه	شاخص تنوع زیستی	شاخص یکنواختی	تعداد جنس
خرداد-۱۴۰۳	۱/۸۹	۰/۶۷	۱۷
مرداد	۲/۱۲	۰/۷۵	۱۷
آبان	۱/۶۶	۰/۸۰	۸
بهمن	۱/۲۵	۰/۵۲	۱۱
اردیبهشت-۱۴۰۴	۱/۸۵	۰/۷۴	۱۲

ساختار جمعیت زوپلانکتون

بررسـی‌ها نشـان داد، غالب فراوانی زوپلانکتون از گروه Rotifera با میزان ۵۱ درصـد (فراوانی ۶۷ عدد در لیتر) بوده اسـت. گروه Protozoa از نظر فراوانی در مقام دوم با میزان ۲۷درصـد (فراوانی ۳۵ عدد در لیتر) و Arthropoda با میزان ۲۲ درصـد (فراوانی ۲۹ عدد در لیتر) در رتبه سوم قرار گرفته بود. از گروه Nematoda به‌صورت تصادفی با میزان کمتر از ۰/۲ درصد فراوانی زوپلانکتون فقط در یک ایستگاه و یک‌بار در دریاچه مشاهده شد. میانگین فراوانی زوپلانکتون ۱۳۱ عدد در لیتر طی مدت مطالعه بوده است (شکل ۲).



شکل ۲: ترکیبات زوپلانکتون در دریاچه سیازاخ طی سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

زوپلانکتون: نتایج نشـان داد، بیشـترین میانگین فراوانی زوپلانکتون در ماه خرداد با میزان ۲۱۳ ± ۴۵۸ عدد در لیتر و کمترین میانگین فراوانی زوپلانکتون در ماه آبان با میزان ۲ ± ۸ عدد در لیتر متغیر بوده است (شـکل۳). فراوانی زوپلانکتون در سایر ماه‌ها کمتر از ۸۰ عدد در لیتر مشاهده شد. تصاویر زوپلانکتون‌های غالب دریاچه سیازاخ در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد، اختلاف معنی‌دار در فراوانی زوپلانکتون در ماه‌های مختلف وجود دارد ($P = 0.00038, df=4, n=26$).

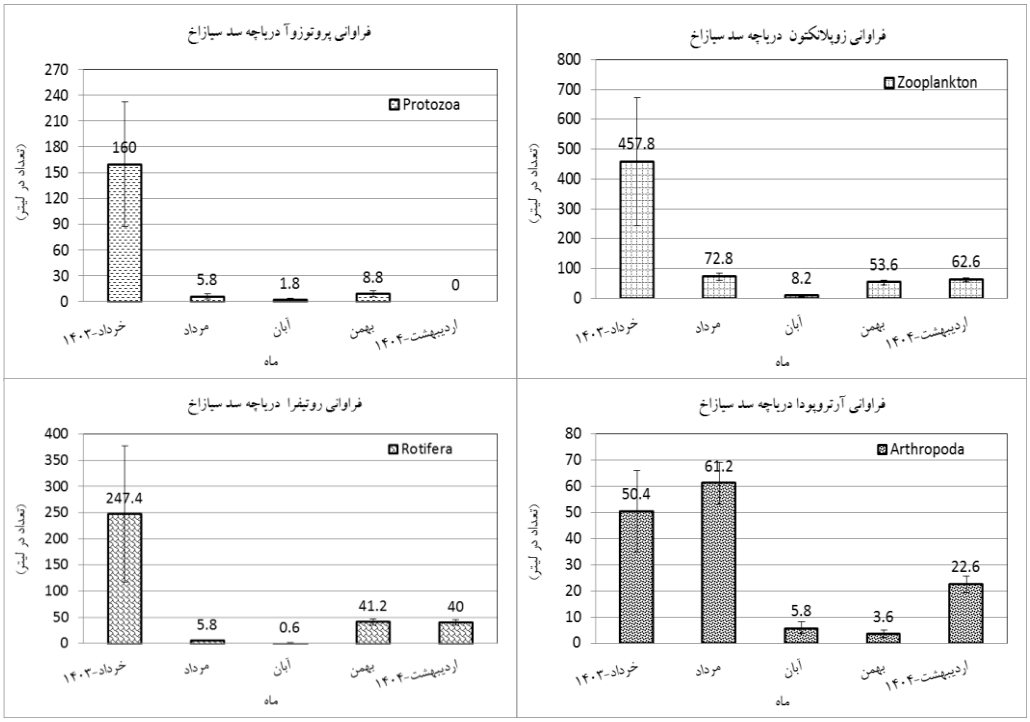
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

پروتوزوا : بیشترین میانگین فراوانی پروتوزوا در ماه خرداد با میزان میانگین ۷۲ ± ۱۶۰ عدد در لیتر مشاهده شد (شکل ۳). پروتوزوا در ماه اردیبهشت در نمونه‌ها مشاهده نشد. همچنین در ماه‌های مرداد، آبان و بهمن با تعداد کمتر از ۱۰ عدد در لیتر مشاهده گردید. نتایج آماری اختلاف معنی‌دار بین فراوانی Protozoa در ماه‌های مختلف نشان داده است (P = 0.00065, df=4, n=26).

روتیفرا: در بین شاخه‌های زوپلانکتونی، روتیفرا ، بیشترین میانگین فراوانی را با میزان ۱۳۰ ± ۲۴۷/۴ عدد در لیتر در خرداد داشته است (شکل ۳). کمترین میانگین فراوانی روتیفرا با میزان کمتر از یک عدد در لیتر (۰/۴±۰/۶) در آبان مشاهد شد. در سایر ماه‌ها فراوانی روتیفرا بین ۶ و ۴۱ عدد در لیتر در نوسان بود (شکل ۳). جنس‌های *Polyarthera* و *Keratella* با میانگین فراوانی ۲۵ عدد در لیتر بیشترین فراوانی را در دریاچه سیازاخ طی مدت مطالعه داشتند. فقط در خرداد فراوانی *Polyarthera* به میزان ۱۲۵ عدد در لیتر رسید و فراوانی *Keratella* به تعداد ۱۰۱ عدد در لیتر محاسبه شد. آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری را بین فراوانی این جنس‌ها در ماه‌های مختلف نشان داده است (P = 0.00066, df=4, n=26).

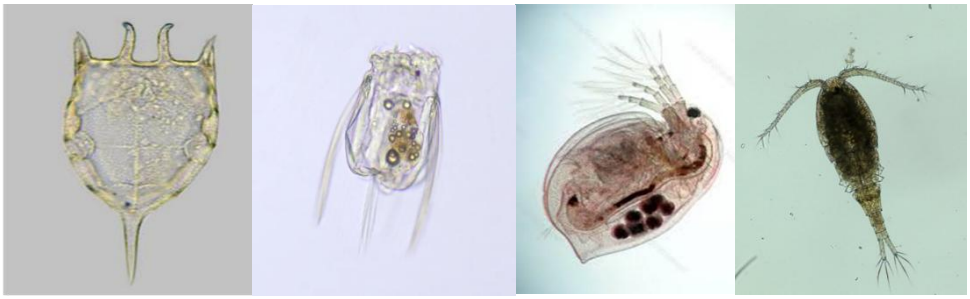
آرتروپودا: بیشترین میانگین فراوانی آرتروپودا با میزان ۱۵± ۵۰ و ۸± ۶۱ عدد در لیتر در ماه‌های به ترتیب خرداد و مرداد مشاهده شد (شکل ۳). کمترین فراوانی این گروه در ماه‌های آبان و بهمن با میزان۲/۲ ± ۶ و ۱/۴±۳/۶ عدد در لیتر بود.

گروه *Daphnia* با میزان میانگین فراوانی ۷ عدد در لیتر و Copepoda با فراوانی۱۰ عدد در لیتر بیشترین حضور را در بین آرتروپودا داشته است (شکل ۳). میانگین فراوانی آرتروپودا آزمون آماری نلپارامتری بین فراوانی آرتروپودا در ماه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار نشان داد (P = 0.00039, df=4, n=26).



شکل ۳ : فراوانی گروه‌های زوپلانکتون ماه‌های مختلف دریاچه سیازاخ، سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]



Keratella sp. *Polyarthra sp.* *Daphnia sp.* *Copepod asp.*

شکل ۴ : تصاویر زوپلانکتون غالب دریاچه سیازاخ سال ۱۴۰۴-۱۴۰۳

بحث و نتیجه‌گیری

میانگین فراوانی سالانه زوپلانکتون در دریاچه سیازاخ در مقایسه با سایر اکوسیستم‌های آبی و دریاچه‌های آب شیرین در حد بسیار کم بوده است. تغییرات فراوانی زوپلانکتون بین ۸ تا ۴۵۸ عدد در لیتر و میزان میانگین فراوانی سالانه زوپلانکتون ۱۳۱ عدد در لیتر بود (اشکال ۲ و ۳)، این در حالی است بر اساس مطالعات پیشین، میانگین فراوانی زوپلانکتون در دریاچه شورابیل (۶۵۰۰ عدد در لیتر، Khodaparast, 2008)، شـویر و میرزاخانلو (۲۱۰۰ و ۳۰۰ عدد در لیتر، Mirzajani, 2010)، الخلج و ارسـباران (۱۸۰۰ عدد در لیتر، Roohi, 2009 و Abedini, 2013)، ارس (۱۵۰۰ عدد در لیتر، Sabkara and Makaremi , 2013)، مهاباد و ماکو (۱۴۰۰ و ۳۹۰ عدد در لیتر، Sabkara and Makaremi, 2003)، حسنلو (۸۶۰ عدد در لیتر، Karimpour, 2007)، قلعه چای (۳۴۰ عدد در لیتر، Yosefzad, 2012)، تهم (۲۶۶ عدد در لیتر، Mirzajani, 2010) و دشـت مغان (۲۰۰ عدد در لیتر، Bagheri, 2006) چندین برابر بوده اسـت. فراوانی زوپلانکتون فقط در دریاچه چیتگر (بین ۴۰ تا ۷۲ عدد در لیتر) کمتر از دریاچه سـیازاخ بوده اسـت (Bagheri, 2021, 2025). مطالعات زوپلانکتون دریاچه سیازاخ نشان داد، از نظر تعداد گروه‌های شناسایی شده با دریاچه‌های اردلان، الخلج، میرزاخانلو، ارس و دشت مغان تقریبا مشابه بوده است. در سایر دریاچه‌های مطالعه شده بیشترین تعداد گروه‌های زوپلانکتونی در دریاچه مهاباد و چیتگر (۱۳۹۶) با میزان ۶ عدد بوده‌اند. از نظر تنوع جنس، دریاچه سیازاخ با میزان ۲۸ عدد (جدول ۲) هم‌گروه با دریاچه‌های ارس و قلعه چای بود. جنس‌های غالب زوپلانکتونی دریاچه سیازاخ نیز برخی مشابهت و تفاوت‌ها با سایر دریاچه‌های ایران را نشان داده است. غالب فراوانی زوپلانکتون در دریاچه شـور را Protozoa از جنس *Tintinnopsis* و سـپس Copepoda تشـکیل داده‌اند که متعلق به آب‌های هتروتروف و آلوده هسـتند (Mirzajani, 2010). در دریاچه میرزاخانلو شاخه Rotifera جنس *Keratella* حضـور فراوان داشـته اسـت. همچنین مطابق یافته‌های Abedini (2013)، Roohi (2009)، غالب زوپلانکتون در دریاچه‌های ارسـباران و الخلج نیز شـرایط مشـابه را از نظر سـاختار زوپلانکتون داشته و علاوه بر آنها جنس *Bosmina* نیز مشاهده شده بود. Sabkara and Makaremi (2013) بیان داشتند، علاوه بر *Keratella*، جنس کلادوسرا (Daphnia) و کوپه‌پودا (Cyclops) در دریاچه ارس جمعیت غالب را شامل بودند، که همگی در گروه آب‌های آلوده طبقه‌بندی گردیده‌اند (Saksena, 1987). در دریاچه تهم *Ascomorpha* و *Pedalia* بیشـتر رویت گردید. جنس *Daphnia* به دلیل داشـتن دامنه وسـیع به تغییرات دمای آب در بیشـتر منابع آبی حضـور داشـته شـاخص آلودگی اسـت (Mirzajani, 2009). گروه غالب زوپلانکتون دریاچه چیتگر از شـاخه روتیفرا بوده اسـت. از این شـاخه جنس‌های *Polyarthera* و *Trichocerca* بیشـترین فراوانی با کمترین واریانس را داشـته اسـت (Bagheri, 2020). در مطالعه حاضـر از نظر زوپلانکتون‌های غالب تقریبا مشـابه دریاچه‌های آب شیرین هستند و جنس‌های *Polyarthera*، *Keratella* و *Carchisum* در دریاچه سیازاخ بیشترین فراوانی را داشتند (جدول ۲).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

همان‌طور که ملاحظه شد روتیفرا جمعیت غالب را در دریاچه سیازاخ تشکیل دادند (شکل ۳). غذای عمده روتیفرا در محیط‌های آبی از پروتوزوآ و باکتری‌ها بوده است و دمای مناسب برای رشد و نمو آنها بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد و عموما دارای روش تولیدمثل بکرزایی هستند (Bertoni, 2011). از این‌رو شرایط دمای آب دریاچه سیازاخ در ماه‌های خرداد تا شهریور احتمالا مناسب برای ادامه سیکل زندگی این موجود بوده است. زیر سلسله Protozoa دارای تراکم زیاد بعد از روتیفرا در دریاچه سیازاخ بوده است (شکل ۲)، البته افزایش دتریتوس و غلظت مواد مغذی در دریاچه‌ها باعث افزایش Protozoa می‌گردد که آنها منبع مهمی برای رشد Copepoda، Cladocera و Rotifera خواهند شد (Brito *et al*., 2011) و دریاچه سیازاخ از آن مستثنی نیست. مطابق مطالعات Bagheri و همکاران (2024) و Bagheri (2025) در اکوسیستم‌های آبی گروه‌های Rotifera و Protozoa با فسفر و نیتروژن کل ارتباط مثبت داشته است و تحت تاثیر مستقیم نوترینت‌ها هستند. زوپلانکتون شاخه Arthropoda با دمای آب، فسفر و شفافیت همبستگی داشته است. به‌طورکلی دمای آب و نوترینت‌ها نقش موثرتر و محدود کننده در فراوانی جامعه زوپلانکتون در مدت مطالعه نشان داد. به‌طوری که بیشترین فراوانی زوپلانکتون‌ها از گروه‌های روتیفرا، آرتروپودا و پروتوزوآ در ماه خرداد به دلیل دمای مطلوب ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد (Bagheri, 2025) مشاهده شد. افزایش پروتوزوآ از جنس *Carchisum* در ماه خرداد احتمالا نشان دهنده غذای کافی برای تغذیه روتیفرا و آرتروپودا در دریاچه سیازاخ بود، به طوری که بیشترین فراوانی روتیفرا در خرداد با میزان ۲۴۷/۴ عدد در لیتر و بیشترین فراوانی آرتروپودا در خرداد و مرداد مشاهده شد (شکل ۳)، همچنین مشابه این شرایط در دریاچه شهدای خلیج فارس توسط Bagheri و همکاران (2025) گزارش شد. پروتوزوآ تک‌سلولی و توسط مژه‌های اطرافشان حرکت داشته و سایز آنها کمتر از ۱۰۰ میکرون است. غالب تغذیه این موجودات از باکتری و بقایای گیاهی پوسیده در آب است. پروتوزوآ دارای نقش بسیار مهمی در زنجیره غذائی داشته و به‌عنوان انتقال دهنده مواد محلول آلی در چرخه غذائی به علت مصرف مستقیم توسط باکتری‌ها محسوب می‌شوند. باکتری‌ها به دلیل اندازه مناسب مورد مصرف سایر ارگانیزم‌های آب نظیر روتیفرا قرار می‌گیرند. بدین ترتیب در زنجیره غذائی از اهمیت ویژه برخوردار بوده است (Bertoni, 2011). همچنین مطابق مطالعات (Islam, 2007) رابطه منفی بین آلودگی دریاچه‌های آب شیرین و شاخص تنوع زیستی حاکم است، لذا بر اساس این کلاسه‌بندی دریاچه‌هایی که میانگین شاخص تنوع زیستی آنها بین ۱ تا ۲ بوده، در گروه دریاچه‌های نیمه پاکیزه قرار می‌گیرد، از این رو دریاچه سیازاخ با میزان میانگین شاخص تنوع زیستی ۱/۷۵ (جدول ۳) جز این گروه بوده است.

با توجه به تنوع نسبتاً متوسط (۲۸ گروه) و فراوانی پایین زوپلانکتونی (میانگین ۳۹± ۱۳۱ عدد در لیتر) در دریاچه سیازاخ و نیز با وجود غالب بودن روتیفرا و پروتوزوآ که نشان‌دهنده شرایط مزوتروف (نسبتاً پاکیزه) است، پیشنهاد می‌شود از این اکوسیستم به‌عنوان یک منبع طبیعی تولید غذای زنده برای لارو و بچه ماهیان بومی محافظت شود. برای حفظ تعادل اکولوژیکی، هرگونه رهاسازی ماهیان غیربومی (به‌ویژه گونه‌های پلانکتون‌خوار) باید تا زمانی که تأثیر آنها بر جمعیت زوپلانکتونی دریاچه از طریق مطالعات تکمیلی مانند بررسی رژیم غذایی و مدل‌سازی تعاملات غذایی ارزیابی نشده، ممنوع گردد. همچنین، پایش مستمر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در به‌ویژه نیتروژن، فسفر و دما و جمعیت زوپلانکتون به‌منظور تشخیص زودهنگام تغییرات تروفیکی ضروری است.

سپاسگزاری

این مطالعه در قالب طرح سفارشی و حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان و همکاری‌های بی‌دریغ مسئولین محترم شیلات و آبزیان استان کردستان و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان دیواندره به شماره قرارداد ۳۷/۱/۶، در پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی انجام گردید. سرکار خانم مراد نژاد مدیر شیلات استان کردستان و آقایان مهندس حسین پور، دکتر اسدی، دکتر بهمنی رییس اداره جهاد کشاورزی دیواندره و معاونین و پرسنل محترمشان و سایر عزیزان که از قلم افتاده‌اند، در اجرای این طرح صمیمانه تشکر می‌گردد. از ریاست پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی و معاونین ایشان همچنین از همکار آزمایشگاه پلانکتون خانم فریبا مددی، جهت آماده‌سازی نمونه‌های پلانکتون و آقایان عابد و آرمان پرتاب در انجام نمونه‌برداری و هدایت شناور در دریاچه قدردانی می‌شود.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

منابع

Abedini, A. 2013. Fisheries study in the Arasbaran lakes in the east Azerbaijan. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 63 P. (in Persian).

APHA. 2005. Standard method for the examination of water and wastewater. Washigton, DC, USA. 1265 P.

Bagheri, S. 2006. Limnological study of Moghan lake, Ardabil. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 67 P. (in Persian).

Bagheri S., Niermann U., Sabkara J., Mirzajani A. and Babaei H., 2012. State of Mnemiopsis leidyi (Ctenophora: Lobata) and mesozooplankton in Iranian waters of the Caspian Sea during 2008 in comparison with previous surveys. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11: 732–754.

Bagheri, S., 2020. Limnological and aquatic monitoring and study of Martyrs Lake in the Persian Gulf. Agricultural Research, Education and Extension Organization National Fisheries Science Research Institute, Inland Water Aquaculture Research Institute. 315 P.

Bagheri, S., Makaremi, M., Khatib, S., Madadi, F. and Talakesh, M.R., 2021. Abundance and structure of phytoplankton in Lake Chitgar during 2017-19 and comparison with previous studies. Journal of Animal Environment, 13(2), pp. 395-404.

Bagheria, S., Sabkara, S., Keideys, A., 2024. Effect of Non-Native Ctenophore Beroe ovata on Invader Mnemiopsis leidyi and Mesozooplankton in the South-Western Caspian Sea. Inland Water biology. 17 (6): 1022-1039.

Bagheri, S., 2025. Ecological study monitoring and assessment of fish stocks in the Persian Gulf Martyres Lake-Chitgar. Agricultural Research, Education and Extension Organization National Fisheries Science Research Institute, Inland Water Aquaculture Research Institute. 154 P.

Bertoni, R. 2011. Limnology of rivers and lakes. Institute of Ecosystem Study, ISE-CNR, Verbania, Italy: UNESCO-EOLSS. 68 P.

Bonecker, C.C., Nagae, M.Y., Betller, M.C.M., Velho, L.F.M. and LansacToha, F.A., 2007. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil Hydrobiologia. 579: 115-123.

Duggan, I.C., Green, J.D., Shiel, R.J. 2001. Distribution of rotifers in North Island, New Zealand, and their potential use as bioindicators of lake trophic state. In: Sanoamuang, L., Segers, H., Shiel, R.J., Gulati, R.D. (eds) Rotifera IX. Developments in Hydrobiology, vol 153. Springer, Dordrecht.

Kamangar, B and Mohammadi, H. 2017. Limnological study and assessment of Garan Dam reserves for carrying out fishery activities. University of Kurdistan, Department of Fisheries Science and Engineering. 43 p.

Karimpour, Mohammad. 2007. Report on the Comprehensive Fisheries Plan for Hassanloo Dam Lake, Naqadeh County, Inland Water Aquaculture Research Institute, Iranian Fisheries Research Institute. 25 p.

Krebs, C.J. 1994. Ecological methodology. Second edition, U.K: An imprint of Addison Wesley Longman. P620 P.

Khodaparast, H. 2008. Fisheries study and potential of fish introducing of the Shorabil lake. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 133p. (in Persian).

Ferdous, Z. and Muktadir, A.K.M., 2009. A review potentiality of zooplankton as biodicator. American Journal Applied Sciences. 6: 1815-1819.

Neves, P.G., Fileto, C., Portinho, J.L., Troguer, A. and Junior, M.S., 2011. Relations among planktonic rotifers, cyclopoid copepods, and water quality in two Brazilian reservoirs. Lat. AmericanJournal of Aquatic Research. 41: 138-149. doi: 10.3856/vol41-issue1-fulltext-11.

Newell, G. E., Newell, K. C., 1977. Marin Plankton, Hutchinson and co London. 242 P.

Mirzajani, A. 2009. Limnological study in the Taham lake, Zanjan state. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 69 p. (in Persian).

Mirzajani, A. 2010. Limnological study in the Shevir and Mirzakhanlo lakes, Zanjan state. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 80 p. (in Persian).

Pontin, R.M., 1978. A Key to the Fresh Water Planktonic and Semiplanktonic Rotifera of the British Isles. UK: Titus Wilson and Son.Ltd. 178 P.

Richardson, A. J., 2008. In hot water: Zooplankton and climate change. ICES J. Marine Science, 65: 279 –295.

Roohi, D.J. 2009. Study of the Ardalan and Alkhalaj Lakes for aquaculture in east Azerbaijan state. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 70 P. (in Persian).

Ruttner-Kolisko, A., 1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy, Austrian Academy of Science. 147 P.

Sabkara, J., Makaremi, M. 2003. Study of density and distribution of plankton in the Makoo Lake. Journal of Aquaculture Development. 12 (2): 29-46 (in Persian).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]

Sabkara, J., Makaremi, M. 2013. Distribution, abundance of plankton and their role in fish aquaculture in the Aras Lake. Journal of Aquaculture Development. 7(2): 41-59. (in Persian)**.**

Saksena, D.N., 1987. Rotifers as Indicators of Water. Clean-Soil Air Water. 15, 481-485.

Sladecek, V., 1983. Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiologia.100: 169-201.

Thorp, J.H., Covich, A.P. 2001. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Second Edition: US: Academic Press.

Yosefzad, A. 2012. Study of water ecosystem in Ghalehchai, east Azerbaijan. Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Tehran. 70 p. (in Persian).

Investigation of Zooplankton Communities of Siazakh Lake (Kurdistan) and Ecological Status Assessment Based on Biodiversity Indices

Siamak Bagheri [1*]
Jalil Sabkara [1]
Hossein Askari Nejhad Gaziyani [1]

1. Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran.

***Corresponding author:**
siamakbp@gmail.com

Received date: **December/18/2025**
Accepted date: **February/01/2026**

Abstract

Siazakh Lake, located in Kurdistan Province, is an important aquatic ecosystem with an area of approximately 550 hectares, playing a key role in supporting aquatic life and regional biodiversity. This study was conducted to investigate the composition, abundance, and biodiversity of zooplankton in this lake during the years 2024–2025. Sampling was carried out at five stations using a Juday net with a mesh size of 55 microns. In total, 28 zooplankton groups belonging to four phyla—Rotifera, Protozoa, Arthropoda, and Nematoda—were identified. The phylum Rotifera was the dominant group with a mean abundance of 61 ind/L (53% of the total population), in which the genera *Polyarthera* (26 ind/L) and *Keratella* (25 ind/L) had the highest abundance. Protozoa (mean 26 ind/L, 29%) and Arthropoda (mean 25 ind/L, 21%) ranked second and third, respectively. The highest total zooplankton abundance was observed in Khordad (June) with 458 ind/L, and the lowest was recorded in Aban (November) with 8 ind/L. The Shannon-Wiener biodiversity index varied between 1.13 and 2.24 during the study period, with a mean of 1.75 ± 0.33. These values and the composition of the zooplankton communities indicate a mesotrophic condition (relatively clean) for the lake. Although direct data on feeding interactions with fish were not collected, the high abundance of Rotifera and Protozoa, as vital food sources for fish larvae, highlights the importance of conserving these communities. Therefore, it is recommended to avoid releasing non-native fish without assessing their ecological impacts, and to continue the continuous monitoring of the lake's physicochemical and biological parameters.

Keywords: Zooplankton, Biodiversity, Shannon Index, Siazakh Lake, Abundance

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-12]