Informatics in Biology, Health, and Food

Interdisciplinary Explorations in Life Science

Volume 2. Number 2. Dec. 2025 DOI: 10.22034/ibhf.2025.557726.1043

Original Article

Comparative Study of Plankton Population Changes During Day and Night Hours and Their Relationship with Environmental Ecological Factors in Surface Water of Chahnimeh III Reservoir, Sistan and Baluchestan, Iran

[1*] Rasele Attaee, [2] Fatemeh Haji Abbasi , [3] Ehsan Okati

[1] Central Water and Wastewater Biology Laboratory, Sistan and Baluchestan Province, Iran

[2] Food Microbiology Laboratory, Mashhad, Iran.

[3] Applied Chemistry, Laboratory Expert, Zabol Water and Wastewater Company, Iran

Received: 2025/11/05 **Accepted:** 2025/12/12 **Online Published:** 2025/12/12

Abstract

Plankton constitute the foundation of aquatic food webs and serve as sensitive indicators of ecosystem health.This study aimed to investigate diel (day–night) variations in plankton density and their relationship with physicochemical parameters and light intensity in the surface waters of Chahnimeh III reservoir. Sampling was conducted on 10 different dates between August and December 2024 at 10:00 a.m. and 10:00 p.m. Surface water samples were analyzed to determine the abundance of major planktonic groups (Diatoms, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Protozoa, Rotifera, and Crustacea) as well as physicochemical parameters including temperature, pH, EC, and turbidity. Diatoms showed the highest abundance among the studied groups. Cyanophyceae density significantly decreased at night, whereas Chlorophyceae and Diatoms exhibited a positive and significant correlation with diel changes. Temperature and turbidity also showed a marked decrease during nighttime. The findings indicate that plankton density in Chahnimeh III is influenced by diel patterns, with temperature playing a major role in these variations. Considering the time of sampling is crucial for accurate monitoring and ecological assessment of aquatic ecosystems.

Keywords: Plankton, Day, Night, Ecological Factors, Chahnimeh Reservoir

Cite this article: Attaee R., Haji Abbasi F., Okati E. Comparative Study of Plankton Population Changes During Day and Night Hours and Their Relationship with Environmental Ecological Factors in Surface Water of Chahnimeh III Reservoir, Sistan and Baluchestan, Iran. *Informatics in Biology, Health, and Food*. 2025;2(2):59-68.

Copyright©: The Authors. Published by Shandiz Institute of Higher Education

Corresponding author: Rasele Attaee **Email**: attaee.r33@gmail.com.

انفورماتیک در زیست‌شناسی، بهداشت و غذا

کاوش‌های بین رشته‌ای در علوم زیستی

دوره ۲. شماره ۲. آذر ۱۴۰۴ DOI: 10.22034/ibhf.2025.557726.1043

مقاله پژوهشی

مطالعه تطبیقی تغییرات جمعیت پلانکتون‌ها در ساعات روز و شب و ارتباط آن با فاکتورهای اکولوژیکی محیطی در آب سطحی چاه نیمه سوم سیستان و بلوچستان

[۱*]راسله عطائی ، [۲]فاطمه حجی عباسی ، [۳] احسان اکاتی

[۱] آزمایشگاه مرکزی بیولوژی آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان، ایران.

[۲] آزمایشگاه میکروبیولوژی مواد غذایی مشهد، ایران.

[۳] آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب زابل، ایران.

دریافت: ۱۴۰۴/۸/۱۴ **پذیرش:** ۱۴۰۴/۹/۲۱ **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۹/۲۱

چکیده

پلانکتون‌ها پایه اساسی زنجیره غذایی و شاخص‌های حساسی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های آبی هستند. این مطالعه با هدف بررسی تغییرات شبانه‌روزی تراکم پلانکتون‌ها و ارتباط آن با شرایط فیزیکوشیمیایی و نور، در تالاب چاه‌نیمه سوم انجام شد. در ۱۰ تاریخ بین مرداد تا دی ۱۴۰۳، نمونه‌برداری از آب سطحی در ساعت‌های ۱۰ صبح و ۱۰ شب انجام شد. تراکم گروه‌های پلانکتونی (دیاتومه، کلروفیسه، سیانوفیسه، پروتوزوا، روتیفر و کرستاسه) و پارامترهای فیزیکوشیمیایی(دما، pH، EC، کدورت) ندازه‌گیری شد .دیاتومه‌ها بیشترین تراکم را داشتند. تراکم سیانوفیسه‌ها در شب کاهش معنی‌داری داشت، در حالی که کلروفیسه‌ها و دیاتومه‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری با تغییرات روز و شب نشان دادند. دما و کدورت نیز در شب کاهش چشمگیری داشتند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تراکم پلانکتون‌ها در چاه نیمه سوم تحت تأثیر الگوهای شبانه‌روزی قرار دارد و دما نقش مهمی در این تغییرات ایفا می‌کنند. توجه به زمان نمونه‌برداری برای پایش اکوسیستم‌های آبی ضروری است.

کلمات کلیدی: پلانکتون، تغییرات شبانه روزی، فاکتورهای اکولوژیکی، چاه نیمه سوم

Cite this article: Attaee R., Haji Abbasi F., Okati E. Comparative Study of Plankton Population Changes During Day and Night Hours and Their Relationship with Environmental Ecological Factors in Surface Water of Chahnimeh III Reservoir, Sistan and Baluchestan, Iran. *Informatics in Biology, Health, and Food*. 2025;2(2):59-68.

Copyright©: The Authors. Published by Shandiz Institute of Higher Education

Corresponding author: Rasele Attaee **Email:** attaee.r33@gmail.com

مقدمه

پلانکتون‌ها به موجودات ریز و معلق در آب گفته می‌شود که نمی‌توانند خلاف جریان آب شنا کنند و بخش مهمی از اکوسیستم‌های آبی را تشکیل می‌دهند. پلانکتون‌ها به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند، فیتوپلانکتون‌ها که همان موجودات فتوسنتزکننده‌اند و زئوپلانکتون‌ها که به‌صورت مصرف‌کننده اولیه عمل می‌کنند (۱). فیتوپلانکتون‌ها به عنوان پایه ی زنجیره غذایی آبی، تحت تأثیر مستقیم چرخه نور–تاریکی قرار دارند؛ فرآیند فتوسنتز و تقسیم سلولی آنها معمولاً دارای ریتم روزانه بوده که می‌تواند باعث نوسانات تراکم در طول روز و شب شود و این الگوها بسته به گونه و شرایط محیطی متفاوت است. مطالعه‌های پیشین نشان داده‌اند که بسیاری از گونه‌های فیتوپلانکتونی دارای دوره‌های تغییرات روزانه در فعالیت‌های فتوسنتزی هستند که با تغییر شدت نور در طول روز مرتبط است و این تغییرات می‌توانند بر الگوهای رشد و توزیع آنها تأثیر بگذارد (۲). از سوی دیگر، زئوپلانکتون‌ها به ویژه گونه‌های بزرگتر معمولاً مهاجرت عمودی روزانه انجام می‌دهند، به این معنا که در طول روز به اعماق پایین‌تر می‌روند تا از فشار شکارچیان بصری و نور شدید دور باشند و شب‌ها به لایه‌های سطحی بازگردند تا از منابع غذایی (مثل فیتوپلانکتون‌ها) تغذیه کنند. چنین رفتارهایی منجر به تغییرات قابل توجه در تراکم زئوپلانکتون در سطوح مختلف ستون آب در روز و شب می‌شود، که از جمله مهم‌ترین پدیده‌های زیستی در اکوسیستم‌های آبی به‌شمار می‌آید (۳). علاوه بر این، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که متغیرهای فیزیکی و شیمیایی محیطی مانند دما، اکسیژن محلول، و ویژگی‌های نوری، به‌طور معنی‌داری با الگوهای زمانی تغییرات پلانکتون‌ها مرتبط هستند. برای مثال، تغییرات دما و عمق مخلوط سطحی می‌توانند توزیع فیتوپلانکتون‌ها را تحت تأثیر قرار دهند و پارامترهایی مانند شوری و مواد مغذی به‌عنوان عوامل کلیدی در تعیین ترکیب جامعه‌ی پلانکتونی شناخته شده‌اند. همچنین ارتباط پیچیده‌ای بین الگوهای مهاجرت زئوپلانکتون و تراکم فیتوپلانکتون در لایه‌های سطحی آب وجود دارد که این ارتباط تحت تأثیر فاکتورهای محیطی نیز قرار دارد (۴). دیاتومه ها دارای دیواره سلولی از جنس سیلیس به نام فراستول می‌باشند. این جلبک های ریز میکروسکوپی حدود ۴۰ درصد از کل تولید کربن اولیه را در محیط زیست دریایی بر عهده دارند، در نتیجه نقش زیست محیطی مهمی در چرخه بیوژئوشیمی فسفر، نیتروژن و سیلیس بازی می‌کنند (۵) .کلروفیسه ها ساختاری تک سلولی، کلنی، رشته‌ای یا پیچیده تر داشته باشند. واضح‌ترین اندامک داخل سلول کلروپلاست است که رنگ آن بیشتر سبز روشن است که به علت وجود کلروفیل a و b است (۵). سیانوفیسه‌ها پروکاریوتیک هستند سیانوباکترها ممکن است به شکل سلول‌های منفرد ، کلنی یا رشته ای باشند و معمولا این جلبک‌ها سبز – آبی، خاکستری، قهوه ای، سیاه یا حتی ارغوانی رنگ هستند. رنگ سبز-آبی، نتیجه رنگدانه‌های فتوسنتتیک مثل کلروفیل a- و فیتوسیانین است. بعضی نیز حاوی فیکواریترین هستند. هیچ مرحله تاژکداری وجود ندارد اما بعضی از رشته‌ها می توانند حرکات سرخوردن را انجام دهند. یک ویژگی خاص بسیاری از سیانوفیسه‌ها، وجود واکوئل‌های گاز در سلول‌ها است که شناوری را برای ارگانیسم فراهم می کند (۵). پروتوزوآها، یوکاریوت‌های تک سلولی هستند، برخی گونه‌های آنها انگلی و میزبان آنها انسان است. انگل‌های پروتوزوآ بر اساس نوع حرکت، به چهار نوع سارکودینا (Sarcodina) که حرکات آمیبی دارد؛ ماستیگوفورا (Mastigophora) که با فلاژلوم حرکت میکند؛ سیلوفورا (Ciliophora) که با مژک‌های فراوان خود جابجا می‌شود و اسپوروزوآ (Sporozoa) که فرم بالغ این دسته و فاقد تحرک است، تقسیم می‌شوند. پروتوزوآها به محیط مرطوب بسیار علاقه دارند، عفونت‌های روده‌ای و دیگر بیماری‌های ناشی از پروتوزوآها مانند آمیبیازیس و ژیاردیازیس از طریق آب آلوده منتشر می‌شود. انگل ژیاردیا (Giardia) نیز پروتوزوآ است و در روده انسان زندگی می‌کند، آلودگی با ژیاردیا شیوع به نسبت بالایی دارد و درصد بالایی از عفونتهای انگلی منتقل شده از آب را تشکیل می‌دهد، بیماری از طریق غذا و آب آلوده به کیست‌های ژیاردیا، منتقل می‌شود. کیست ها نوع غیرفعال انگل هستند و با یک پوشش خارجی سخت در مقابل محیط حفاظت ایجاد می‌کند، به محض ورود به بدن، کیست تخریب و انگل در روده وارد فاز فعال می‌شود و شروع به تغذیه و رشد می‌کند(۶). روتیفر نامشان را از خصوصیت ویژه تاج مژه‌ای یا کرونا گرفته‌اند. طول این جانوران بین ۴۰ میکرومتر تا ۳ میلی متر متغیر است. اما اغلب طولی بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میکرومتر دارند. روتیفر ها عموما ساکن دریاچه ها و تالاب های آب شیرین هستند. گونه های شناگر معمولا کروی، گرد و یا کیسه مانند هستند (۶). کرستاسه ها (سخت پوستان ریز) بسیاری از گونه های زئوپلانکتون را تشکیل می‌دهند؛ به خصوص کوپه

پودا (Copepoda) که در شمار و زیست توده غالب اند و پایه‌ی زنجیره ی غذایی دریایی و آب شیرین را می‌سازند (۷). عملکرد زیستی (تغذیه، تولیدمثل، مهاجرت عمودی) و تنوع گونه ای سخت پوستان نسبت به تغییرات اقلیمی، دما و کیفیت آب واکنش پذیر است به همین دلیل در مطالعات تغییر اقلیم و پایش اکولوژیک به عنوان شاخص‌های زیستی استفاده می شوند (۸). کرستاسه ها در فرآیند انتقال کربن از سطح به اعماق نقشی فعال دارند؛ با تغذیه از فیتوپلانکتون، تولید مدفوع سنگین و مهاجرت عمودی، کربن را به عمق منتقل می‌کنند (۹).

تالاب‌های چاه‌نیمه در منطقه سیستان به عنوان یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی در شرق ایران، نقش حیاتی در تعدیل آب و هوا، حفظ تنوع زیستی و تأمین معیشت برای ساکنین محلی ایفا می‌کنند (۱۰). پلانکتون‌ها به عنوان پایه‌های اصلی زنجیره غذایی در این اکوسیستم‌های آبی، شاخص‌های حساسی برای ارزیابی سلامت و کیفیت آب محسوب می‌شوند (۱۱). برای مثال، تغییرات شدید نور و دما در طول ۲۴ ساعت می‌تواند منجر به تغییرات قابل ملاحظه‌ای در تراکم، ترکیب گونه‌ای و رفتار مهاجرت عمودی پلانکتون‌ها شود (۱۲). در حالی که فتوسنتز منبع اولیه تثبیت کربن در فیتوپلانکتون ها است، متابولیسم در تاریکی نقش اساسی در بقا و رشد این موجودات ایفا می‌کند. بسیاری از گونه‌های جلبکی قادرند در غیاب نور، از طریق مسیرهای متابولیکی جایگزین به فعالیت خود ادامه دهند. جذب مواد مغذی به ویژه نیتروژن و فسفر در بسیاری از جلبک‌ها در شب افزایش می‌یابد. تقسیم سلولی در برخی دیاتومه می‌تواند در ساعات تاریکی نیز اتفاق افتد (۱۳).

اگرچه مطالعات پراکنده‌ای در مورد جامعه پلانکتونی تالاب چاه‌نیمه انجام شده (۱۴-۱۶)، اما تاکنون مطالعه‌ای سیستماتیک که به طور خاص به بررسی تغییرات ریزمقیاس شبانه‌روزی این جوامع و ارتباط آن با نوسانات همزمان فاکتورهای محیطی پرداخته باشد، وجود نداشته است. بنابراین، این پژوهش با هدف پر کردن این شکاف تحقیقاتی و با هدف بررسی تطبیقی تغییرات تراکم گروه‌های اصلی پلانکتونی در ساعات روز و شب و ارتباط آن با فاکتورهای فیزیکوشیمیایی (دما، pH، EC و کدورت) در آب سطحی چاه نیمه سوم طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه و نمونه برداری

منطقه سیستان در منتهی الیه مرز شرقی کشور و در شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان (شکل۱) قرار دارد. آب و هوای این منطقه گرم و خشک می¬باشد. این منطقه قسمتی از حوزه آبریز هیرمند محسوب می¬گردد. چاه نیمه¬ها سه گودال طبیعی هستند که در جنوب¬شرقی سیستان در فاصله تقریبی ۴ کیلومتری ساحل چپ دلتای هیرمند قرار گرفته¬اند. درسال¬های اخیر به علت عدم ورود آب از طریق رود هیرمند به دشت سیستان و خشکسالی¬های متوالی چاه نیمه دوم به¬طور کامل خشک شده است و آب ورودی تصفیه خانه از مخزن چاه نیمه سوم تأمین می¬شود. حجم این مخزن در هنگام پر آبی معادل ۳۲۰ میلیون متر مکعب است (۱۷).

شکل۱- موقعیت جغرافیایی چاه نیمه‌های مورد مطالعه و ایستگاه نمونه برداری
Figure 1 - Geographical location of the studied wells and sampling station

نمونه برداری و شناسایی

نمونه‌برداری مطابق با روش نمونه‌برداری آب طبق استاندارد متد (۱۸) از تالاب در بازه زمانی مرداد تا دی ماه سال ۱۴۰۳ انجام گردید. اعماق نمونه برداری براساس عمق آب ایستگاه یا عمق ترموکلاین یا پیکنوکلاین یا سایر فاکتورها مشخص می‌شود. در مناطق عمیق‌تر نمونه‌ها را از اعماق مختلف با فاصله‌های مرتب باید جمع آوری کرد (۱۸). بنابراین برای این مطالعه نمونه برداری از ایستگاه نمونه برداری که از عمق ۶-۸ متری از سطح آب تالاب که توسط خطوط وارد آبگیر تصفیه خانه سیستان می‌شود با ظروف نمونه برداری مات از جنس پلی اتیلن و حجم ۴ لیتری در هر نوبت، نمونه‌های آب سطحی در دو بازه زمانی ۱۰ صبح و ۱۰ شب از ایستگاه ثابتی جمع‌آوری شد. همچنین به دلیل شرایط جوی متفاوت در سیستان در مواردی نمونه برداری دو روز متوالی انتخاب شد پس از پایان نمونه برداری نمونه ها در روزهای گرم، نمونه را با یخ حمل کرده و به آزمایشگاه بیولوژیکی شرکت آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان جهت انجام آزمایشات تشخیص و شناسایی تحویل داده شد. روش آزمون مورد استفاده در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان، فیلتراسیون غشایی (SM24ED-10200C) می‌باشد. پس از انتقال نمونه‌ها به (آزمایشگاه ، با توجه به غلظت نمونه‌ای که آماده سازی می‌شود، حجمی از نمونه مورد نظر (یک لیتر) که کاملا ترکیب شده را با استفاده از کاغذ صافی ۰/۸ میکرون (این روش آزمون با کاغذ صافی ۰.۴۵ میکرون صحه گذاری شده و اختلاف معناداری بین دو کاغذ صافی وجود ندارد) و با وکیوم کمتر از ۵۰ کیلو پاسکال فیلتر شد. پس از فیلتر کردن، کاغذ صافی را در آورده و با ۲ میلی لیتر آب مقطر شستشو داده و سپس با استفاده از سمپلر یا پیپت، آب شستشو داده شده را در روی لام سدویک رافتر قرار داده (برای محاسبه پلانکتون ها ، از لام سدویک رافتر استفاده می‌شود چون حجم و مساحت آن جهت محاسبه تراکم نمونه مشخص است) و دو الی سه دقیقه صبر کرده تا پلانکتون‌ها ته‌نشین شوند و سپس لام را زیر میکروسکوپ Nikon E200 و با بزرگنمایی X۱۰۰ (۱۸, ۱۹), پلانکتون‌ها و را شناسایی کرده و تعداد فیتوپلانکتون‌ها را بر حسب تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر و تعداد زئوپلانکتون‌ها را بر حسب تعداد در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد. گروه‌های اصلی پلانکتونی شامل دیاتومه، کلروفیسه، سیانوفیسه، پروتوزوآ، روتیفر و کرستاسه شمارش شدند و پارامترهای فیزیکوشیمیایی؛ دما، هدایت الکتریکی (EC، pH و کدورت در محل با استفاده از دستگاه پرتابل اندازه‌گیری شد (۱۸).

نتایج

میانگین تراکم پلانکتونی در ساعات روز و شب در جدول ۱و ۲ خلاصه شده است.

جدول۱. میانگین تراکم پلانکتونی بر حسب تعداد سلول در هر۱۰۰ میلی‌متر، در ساعت ۱۰صبح.

Table 1. The average density of plankton in terms of the number of cells per 100 mm, at 10 AM.

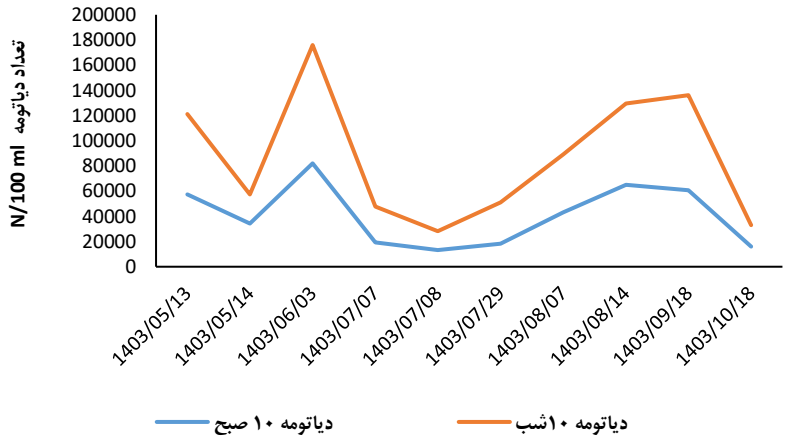
تاریخ	دیاتومه	کلروفیسه	سیانوفیسه	پروتوزوا	روتیفر	کرستاسه	شرایط جوی	Ph	دما (c°)	EC (µs/cm)	کدورت (NTU)
1403/05/13	57400	13000	1200	0	0	60	غبار جزئی	8/25	40	796	12
1403/05/14	34200	12800	1000	300	20	20	صاف/ آفتابی	8/2	40	792	11
1403/06/03	82050	29250	1140	50	0	0	غبار و گرد خاک	8/3	32	800	9/8
1403/07/07	19200	22800	1450	165	15	0	گرد و غبار اندک	8/2	25	814	6/5
1403/07/08	13200	20700	1170	45	0	15	صاف /آفتابی	8/2	25	820	7/8
1403/07/29	18300	11500	680	20	40	10	صاف/زاویه تابش کمتر	8/2	29	826	2/5
1403/08/07	43200	12600	360	30	10	60	گرد و غبار و باد	8/2	24	829	4/6
1403/08/14	64900	23300	480	10	0	50	گرد و غبار	8/3	29	821	3/5
1403/09/18	60700	17570	50	30	10	20	صاف آفتابی	8/2	14	842	8
1403/10/18	15900	7120	10	40	20	40	کمترین زاویه تابش	8	15	853	7/6

جدول۲. میانگین تراکم پلانکتونی بر حسب تعداد سلول در هر ۱۰۰ میلی‌متر، در ساعت ۱۰شب.

Table 2. The average density of plankton in terms of the number of cells per 100 mm, at 10 PM.

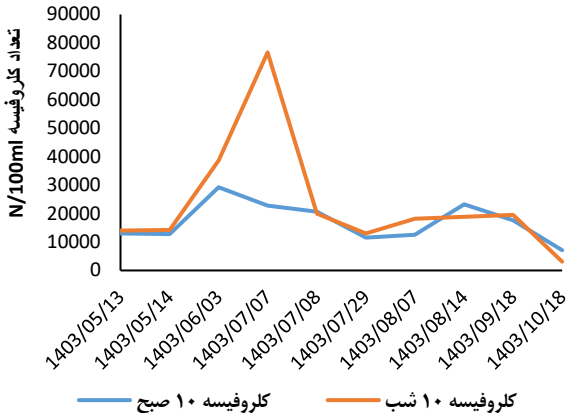
کدورت (NTU)	EC (µs/cm)	دما (c°)	Ph	کرستاسه	روتیفر	پروتوزوا	سیانوفیسه	کلروفیسه	دیاتومه	تاریخ
9	744	27	8/15	60	0	0	0	14000	63800	1403/05/13
9	752	27	8/15	120	20	0	0	14200	23200	1403/05/14
7	780	25	8/2	0	0	45	1020	38700	93900	1403/06/03
5	800	15	8/2	0	50	550	240	76650	28500	1403/07/07
5/5	810	14	8/2	15	15	0	260	19950	15000	1403/07/08
2	820	19	8	30	30	40	0	13000	32700	1403/07/29
3/5	800	18	7/9	80	10	30	260	18200	46000	1403/08/07
1/5	810	18	7/9	90	0	10	0	18900	64700	1403/08/14
5/5	792	10	7/5	30	40	20	0	19520	75400	1403/09/18
5	750	5	7/8	70	10	40	0	3090	17200	1403/10/18

با توجه به اهداف پژوهش، یافته‌های به دست آمده برای فیتوپلانکتون‌های اندازه‌گیری شده در بازه روز و شب به صورت نمودارهایی نشان داده شده است. هچنین عکس‌های میکروسکوپی پلانکتون‌ها توسط میکروسکوپ Nikon E200 درتاریخ‌های انجام آزمون تهیه شد (شکل ۵). یافته‌های حاصل از شمارش دیاتومه‌ها نیز در (شکل ۲) حاکی از این است که در شب تراکم و رشد بیشتری دارد..



شکل۲ - تغییرات تراکم دیاتومه ها در بازه زمانی روز و شب

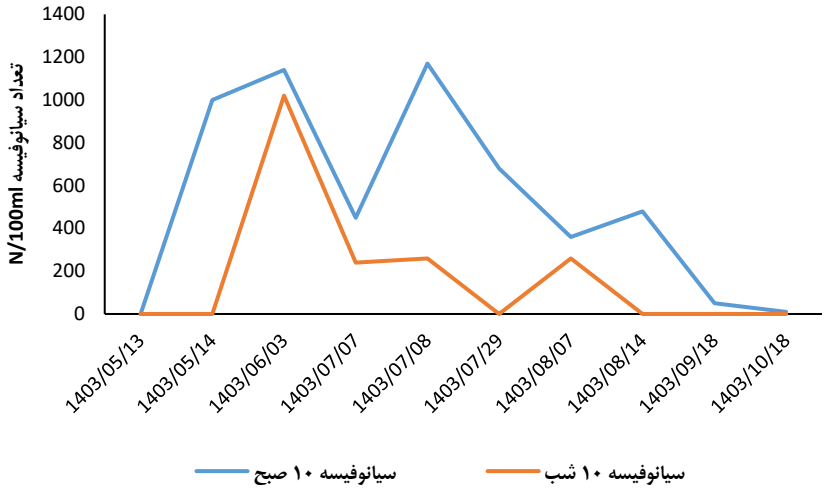
Figure 2 - Changes in diatom density during the day and night periods



شکل۳. تغییرات تراکم کلروفیسه‌ها در بازه زمانی روز و شب

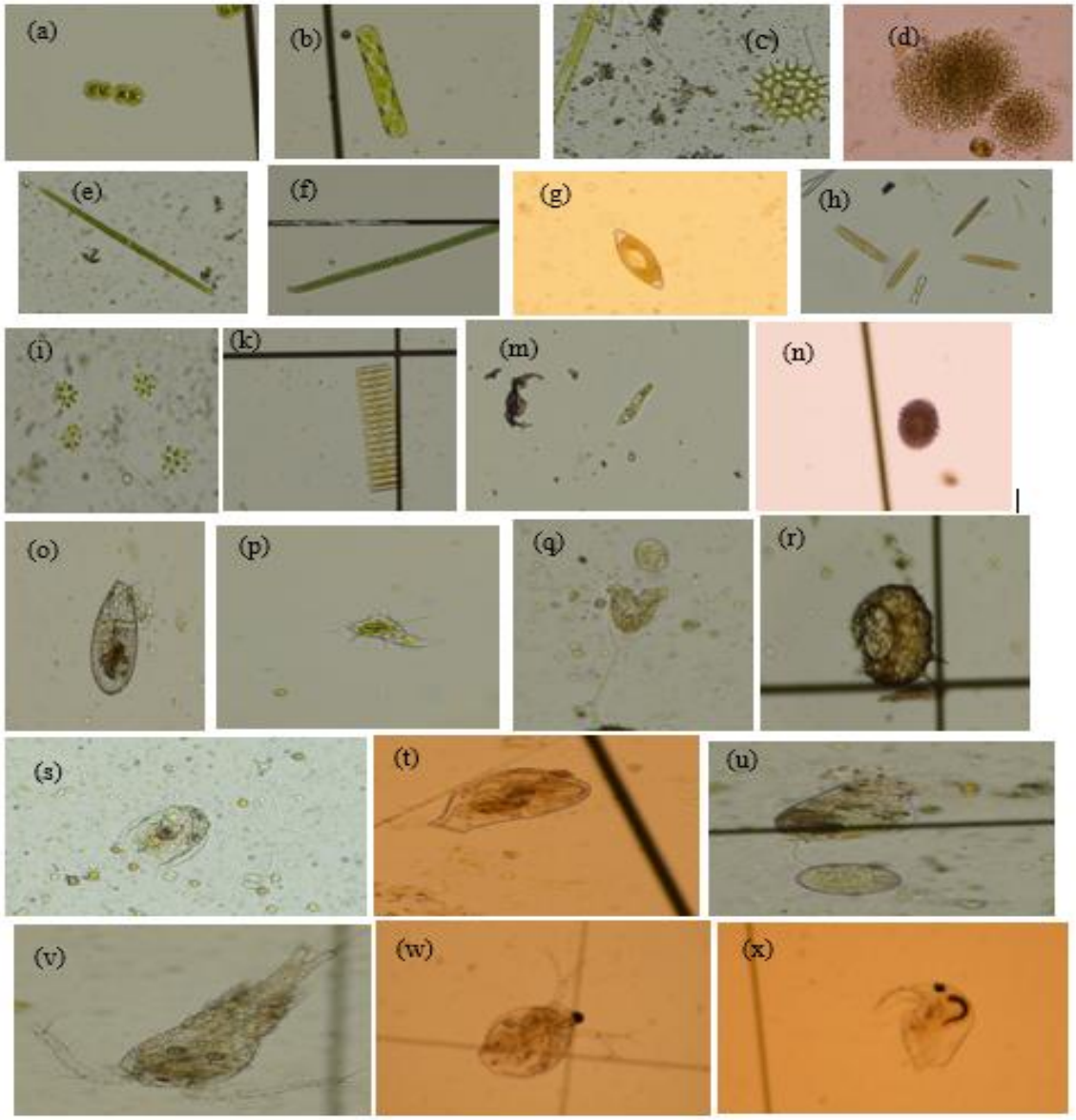
Figure 3. Changes in Chlorophyceae density during day and night.

با توجه به (شکل ۳) رشد و تراکم کلروفیسه‌ها در روزهای گرم کمتر و در شب به دلیل دمای پایین رشد بیشتری دارند. در (شکل ۴) رشد و تراکم سیانوفیسه را نشان می‌دهد حاکی از آن است که در سیانوفیسه در روز رشد بیشتری داشته است. بیشترین تراکم پلانکتونی مربوط به دیاتومه‌ها بود. تغییرات معنی‌داری در تراکم سیانوفیسه‌ها و دیاتومه ها بین روز و شب، پارامترهای دما و کدورت در شب کاهش و pH در برخی موارد تغییرات جزئی نشان داد. تحلیل آماری T-test, F-test نشان داد که تنها تفاوت تراکم سیانوفیسه‌ها بین روز و شب از نظر آماری معنی‌دار بود (P-value=0.029<0.05). برای سایر گروه‌های پلانکتونی شامل دیاتومه، کلروفیسه، پروتوزوا، روتیفر و کرستاسه، تفاوت معنی‌داری بین تراکم در ساعات روز و شب مشاهده نشد (P-value> ۰/۰۵). تعداد سیانوفیسه‌ها در روز بیشتر است که نشان دهنده وابسته بودن به نور هستند. پروتوزوآ و روتیفرها در شب معمولا بالاتر هستند. چون این گروه مصرف کننده‌اند. کرستاسه‌ها معمولا تراکم خیلی پایینی دارند. در شب گاهی کمی افزایش دیده می‌شود. کرستاسه به دلیل حساسیت بیشتر به نوسانات، رفتارهای پایداری ندارند. دما، کدورت و EC نسبتا ثابت است، اما در روزهایی که دما بالاتر است (۲۵-۳۰ درجه)، نوسانات شبانه دیاتومه‌ها و روتیفرها (NTU-57)، بیشتر است. در روزهایی با کدورت پایین‌تر سیانوفیسه‌ها تراکم بیشتری دارند چون نور بیشتر نفوذ می‌کند.



شکل۴. تغییرات تراکم سیانوفیسه‌ها در بازه زمانی روز و شب.

Figure 4 . Changes in Chlorophyceae density during day and night.



شکل۵- تصاویر میکروسکوپی پلانکتون ها در تاریخ های مختلف انجام آزمون در مقیاس با یزرگنمایی ۱۰۰.

Figure 5 - Microscopic images of plankton on different test dates at a scale of X100 magnification
(a) *Cosmarium*.sp (b), *Spirogyra* (c), *Pediastrum* (d), *Microcystis* (e), *Closterium* (f), *Oscillatoria*.sp (g), *Navicula*.sp (h), *Diatoma*.sp (i) *Gonium*.sp (k), *Fragilaria*.sp (m), *Euglena*.sp (n), *Peridinium*.sp (o), *Cercozoa*.sp (p), *Amoeba protozoa*.sp (q), *Acineta*.sp (r), *Difflugia*.sp (s), *Rotifera*.sp (t), *Rotifera*.sp (u), *Rotifera*.sp (v), *Copepoda*.sp (w), *Cladocera*.sp (x), *Daphina*.sp.

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده وجود پویایی در جامعه پلانکتونی چاه نیمه سوم در مقیاس شبانه‌روز است. کاهش معنی‌دار تراکم سیانوفیسه‌ها در شب می‌تواند با وابستگی شدید این گروه به نور برای فرآیند فتوسنتز توجیه شود (۱۲). سیانوفیسه‌ها (جلبک‌های سبز-آبی) به دلیل داشتن رنگدانه‌های فتوسنتزی خاص، به شدت به شدت نور وابسته هستند و کاهش نور در شب به طور طبیعی منجر به کاهش فعالیت متابولیکی و احتمالاً ته‌نشینی آن‌ها می‌شود. اگرچه میانگین تراکم کلروفیسه‌ها در شب بیشتر از روز بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. این الگو ممکن است تحت تأثیر عوامل دیگری مانند شکارگری توسط زئوپلانکتون‌ها که ممکن است در شب فعال‌تر باشند یا تفاوت در نرخ رشد و تقسیم سلولی در ساعات مختلف قرار داشته باشد. ثبات نسبی جمعیت دیاتومه‌ها، که گروه غالب بودند، می‌تواند نشان از سازگاری بهتر این گروه با نوسانات محیطی کوتاه‌مدت داشته باشد (۲۰). دیاتومه ها تقریبا در همه تاریخ ها تراکم بالاتری در شب داشته اند; مثلا در ۱۴۰۳/۰۶/۰۳ از N/100ml 82050 به N/100ml 93900 و در تاریخ

۱۴۰۳/۰۷/۰۷ از ۱۹۲۰۰ N/100ml به 28500 N/100ml. این رفتار با الگوی مهاجرت عمودی شبانه سازگار است؛ دیاتومه‌ها در طول روز به لایه‌های عمیق‌تر می‌روند تا از نور زیاد اجتناب کنند و شب دوباره به لایه‌های سطحی می‌آیند تا از دسترس شکارچیان دور بمانند و مواد غذایی بیشتری دریافت کنند. این پدیده بارها در منابع معتبر مستند شده است (۲۱). دیاتومه‌ها، موجوداتی فتوسنتزکننده هستند و در محیط‌هایی که نور در نوسان است، رشد و نمو می‌کنند. همانند تمام ارگانیسم‌های فتوسنتزکننده‌ی تولیدکننده اکسیژن، دیاتومه ها چرخه گسترده پروتئین‌های فتوسیستم II را حتی در تاریکی حفظ می‌کنند. چرخه پروتئین فتوسیستم II در نور کم اشباع می‌شود و چرخه مداوم در دوره‌های تاریکی، با استفاده از انرژی حاصل از تنفس، به دیاتومه‌ها اجازه می‌دهد تا غیرفعال شدن نوری اضافی انباشته شده در دوره روشنایی قبلی را جبران کنند (۲۲). مجموعه‌هایی که وظیفه‌ی فتواکسید کردن آب برای تولید عامل کاهنده در ساختارهای زیستی را بر عهده دارند. برای حفظ فرآیند فتوسنتز، این «غیرفعال‌شدگی نوری» باید با «تجزیه و جایگزینی پروتئین» که فرآیندی کند و پرهزینه از نظر متابولیک است، جبران شود. این فرآیند جایگزینی در سیانوباکتری‌ها و گیاهان، وابسته به نور است (۲۲). کاهش دما و کدورت در نمونه‌های شبانه یک الگوی قابل انتظار بود که با کاهش تابش خورشیدی و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی در شب مطابقت دارد (۲۳). ارتباط بین این پارامترها و تغییرات پلانکتونی نیازمند مطالعات همبستگی دقیق‌تر با حجم نمونه بزرگتر است. در چهار روز مهم (۰۵/۱۳ ، ۰۵/۱۴، ۰۷/۰۷ ، ۰۸/۰۷) یک الگوی واضح دیده می شود؛ افزایش تراکم دیاتومه‌ها کاهش سیانوفیسه‌ها و سپس با کاهش دیاتومه‌ها بازیابی سیانوفیسه‌ها ، این پویایی رقابتی دقیقا همان چیزی است که در مدل‌های کلاسیک اکولوژی فیتوپلانکتون‌ها توصیف شده است (۲۴).

به طورکلی، نتایج این مطالعه با یافته‌های پژوهش‌هایی که بر اهمیت ریتم‌های شبانه‌روزی در اکوسیستم‌های آبی تأکید دارند همسو است (۱۵،۲۵)با این حال، عدم معنی‌داری تفاوت‌ها برای اکثر گروه‌ها ممکن است نشان‌دهنده این باشد که عوامل در مقیاس بزرگتر (مانند تغییرات فصلی، ورود مواد مغذی) تأثیر قوی‌تری نسبت به چرخه روزانه بر ساختار جامعه پلانکتونی در این تالاب دارند (۲۶).

همان‌گونه که در تحقیق حاضر نیز دیده شد، فراوانی پلانکتون‌ها در ماه¬های مورد مطالعه متفاوت بود که علت آن می‌تواند تغییرات دمایی و میزان حجم آب ورودی به تالاب چاه نیمه باشد. نیز در مطالعه خود بیان داشتند که فیتوپلانکتون‌ها در بیشتر دریاچه‌های جهان تحت تأثیر تغییرات فصلی قرار دارند. از عوامل اصلی که موجب تغییر در ساختار جوامع فیتوپلانکتونی در فصول مختلف سال می‌شوند، می‌توان به عوامل فیزیکی (مانند نور، دما و جریان‌های شیمیایی) و عوامل بیولوژیکی اشاره نمود. این عوامل شامل پارامترهایی همچون pH، شوری، اکسیژن و مواد مغذی ضروری هستند که تأثیر زیادی بر جمعیت فیتوپلانکتون‌ها دارند و باعث تغییراتی در ترکیب گونه‌ها، فعالیت آن‌ها و الگوهای تولید می‌شوند (۱۴).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که جامعه پلانکتونی در چاه نیمه سوم سیستان و بلوچستان از الگوهای تغییرپذیر شبانه‌روزی تبعیت می‌کند، اگرچه این تغییرات برای اکثر گروه‌ها جز برای سیانوفیسه‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. فاکتورهای محیطی به ویژه دما، شرایط جوی و احتمالاً نور، نقش کلیدی در این پویایی ایفا می‌کنند.دیاتومه ها با الگوی مهاجرت عمودی شبانه افزایش یافته اند، سیانوفیسه ها در طول روز به دلیل دسترسی به نور بیشتر فعال بوده‌اند، پروتوزوآ و روتیفر با تأخیر شبانه پاسخ داده‌اند. با توجه به اهمیت پلانکتون‌ها به عنوان پایه زنجیره غذایی و شاخص سلامت این تالاب چاه نیمه ، توصیه می‌شود:

مطالعات آتی با تکرار نمونه‌برداری بیشتر در ساعات مختلف شبانه‌روز و اندازه‌گیری مستقیم شدت نور انجام شود.

بررسی مهاجرت عمودی پلانکتون‌ها، به ویژه زئوپلانکتون‌ها، می‌تواند درک بهتری از مکانیسم‌های ایجاد این تغییرات ارائه دهد.

در برنامه‌های پایش بلندمدت تالاب چاه نیمه، در نظر گرفتن زمان نمونه‌برداری به عنوان یک فاکتور مؤثر پیشنهاد می‌گردد.

Refrences

1. Ogamba EN, Charles EE, Izah SC. Phytoplankton community of Taylor Creek in the Niger Delta using diversity indices. Journal of Plant and Animal Ecology. 2019;1(3):1-12. doi:10.14302/issn.2637 6075.jpae 19 2803
2. Harding Jr L, Meeson B, Prézelin B, Sweeney B. Diel periodicity of photosynthesis in marine phytoplankton.

Marine Biology. 1981;61(2):95-105. doi:10.1007/BF00386649
3. Poupon MA, Resplandy L, Garwood J, Stock C, Zadeh N, Luo JY. Chlorophyll shading reduces zooplankton diel migration depth in a high-resolution physical–biogeochemical model. Ocean Science. 2025;21(2):851-75. doi:10.5194/os-21-851-2025
4. Mohanty TR, Das BK, Tiwari NK, Kumari S, Mondal K, Kundu S, et al. Diel variation of plankton in the highly impacted freshwater zone of Hooghly estuary in relation to ecological alteration. Environmental Monitoring and Assessment. 2024;196(2):154.. doi:10.1007/s10661-023-12274-7
5. Falkowski PG, Raven JA. Aquatic photosynthesis: Princeton University Press; 2013. https://assets.press.princeton.edu/chapters/s8337.pdf
6. Hickman CP RL, Keen SL, Eisenhour DJ, Larson A, I'Anson H, Allan J. *Integrated Principles of Zoology*. 17th ed. New York: McGraw-Hill Education; .Integrated Principles of Zoology. 2017. https://www.mheducation.com/highered/product/integrated-principles-of-zoology-hickman.html
7. Atkinson A, Ward P, Hunt B, Pakhomov E, Hosie G. An overview of Southern Ocean zooplankton data: abundance, biomass, feeding and functional relationships. Ccamlr Science. 2012;19:171-218. https://nora.nerc.ac.uk/502288/1/Atkinson-et-al-zoo.pdf
8. Benedetti F, Wydler J, Vogt M. Copepod functional traits and groups show divergent biogeographies in the global ocean. Journal of Biogeography.2023;50(1):8-22. doi:10.1111/jbi.14512
9. Steinberg DK, Landry MR. Zooplankton and the ocean carbon cycle. Annual review of marine science 2017;9(1):413-44. doi:10.1146/annurev-marine-010814-015924
10. Watson SB. Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by-products? A review of their biological activity. Phycologia. 2003;42(4):332-50. doi:10.2216/i0031-8884-42-4-332.1.
11. Hébert M-P, Beisner BE. Functional trait approaches for the study of metazooplankton ecology. Zooplankton ecology. 2020:3-27. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351021821-2/functional-trait-approaches-study-metazooplankton-ecology-marie-pier-h%C3%A9bert-beatrix-beisner
12. Hébert MP, Beisner BE. Functional trait approaches for the study of metazooplankton ecology. Zooplankton ecology. 2020; 19:3-27. ttps://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351021821-2/functional-trait-approaches-study-metazooplankton-ecology-marie-pier-h%C3%A9bert-beatrix-beisner
13. Falkowski PGR, J. A. Photosynthesis in Algae: Biochemical and Physiological Mechanisms. 2007. https://www.amazon.com/Photosynthesis-Algae-Biochemical-Physiological-Respiration/dp/3030333965
14. Mirzajani ZK, M.; Ahmadi, K. Analysis of climate change and drought effects on aquatic ecosystems in the Sistan region. Journal of Climate Change Research. 2022;4(15):25-40. https://climatechange.ir/
15. Akhavan Ghalibaf NP, A.; Rigi, H. Study of diversity and abundance of phytoplanktons in Chahnimeh III wetland of Sistan. Iranian Journal of Biology 2019;32(1):45–60. http://ijb.modares.ac.ir/
16. Hedayati SA, A.; Vakili, F. Inventory of zooplankton species diversity in Chahnimeh wetland. Rastaniha Journal. 2017;18(1):110. https://rastaniha.modares.ac.ir/
17. Vekerdy Z, Dost R, Reinink G, Partow H. History of environmental change in the Sistan Basin: based on satellite image analysis: 1976-2005. 2006. https://www.un-books.org/
18. Federation APHAAWWAWE. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24th ed. Washington, DC: APHA; 2017. https://www.standardmethods.org/
19. Bellinger EGS, David C. Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators. 2ndJohn Wiley & Sons ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2015. https://www.wiley.com/en-us/Freshwater-Algae%3A-Identification%2C-Enumeration-and-Use-as- Bioindicators%2C-2nd-Edition-p-9781118907228
20. Gliwicz ZM. Predation and the evolution of diel vertical migration in zooplankton. Nature. 2022;415(6874):905-7doi:10.1038/320746a0.
21. Smayda TJ. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. Limnology and oceanography.1997;42(5part2):1137-53. https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/journal
22. Li G, Woroch AD, Donaher NA, Cockshutt AM, Campbell DA. A hard day's night: Diatoms continue recycling photosystem II in the dark. Frontiers in Marine Science. 2016;3:218.doi:10.3389/fmars.2016.00218.
23. Kalbasi TS, A, editor Spatial and seasonal variations of planktonic communities in Hamoun Lake. National Conference on Water Science and Engineering; 2018. https://isnac.ir/conference
24. Tilman D. Resource competition and community structure: Princeton university press; 1982. https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9780691209654/html
25. Stomp MH, J.; Mittelbach, G. G. Scale-dependent dynamics of phytoplankton diversity. Ecology Letters. 2021;24(4):808-798.. doi:10.1111/ele.13661
26. Sommer U, Lewandowska A. Climate change and the phytoplankton spring bloom: warming and overwintering zooplankton have similar effects on phytoplankton. Global Change Biology. 2011;17(1):154-62.doi/10.1111/j.1365 2486.2010.0218