

Zooplankton biodiversity, distribution, and abundance in Anzali Wetland in 2023: A comparative study with previous decade

Bagheri S.¹; Mirzajani A.R.^{1*}; Sabkara J.¹; Nasri Tajan M.²

*armirzajani@gmail.com

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

2-Fisheries Department, Islamic Azad University, Anzali Branch

Received: December 2024

Accepted: April 2025

Published: May 2025



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introduction

The Anzali Wetland is located along the southwestern coast of the Caspian Sea and was the first wetland in Iran to be registered on the Ramsar Convention's list. However, it was soon added to the Montreux Record due to ecological concerns (Mirzajani *et al.*, 2020). Zooplankton is a crucial link in the wetland's food chain, play an important role as secondary producers and serve as a primary food source for aquatic animals. Planktonic communities are highly responsive to environmental changes, their population structure is strongly influenced by nutrient levels in the water in the water (Mulani *et al.*, 2006; Boyd, 2007; Bagheri *et al.*, 2017). Following the invasion of the water hyacinth plant, a decline in the Caspian Sea's water level, and reduced rainfall and river inflow due to climate change, this study represents the most recent investigation into the temporal and spatial distribution of zooplankton in the Anzali Wetland. The objective of this study was to assess the biodiversity, composition, and density of zooplankton in the Anzali Wetland in 2023, compare the findings with previous research, and evaluate the broader ecological changes over time.

Materials and methods

The Anzali Wetland is located at 37° 28' N latitude and 49° 25' E longitude, with a maximum depth rarely exceeding one meter. Zooplankton sampling was conducted in March, May, June, August, October, November, and December 2023 at 14 stations. Sampling took place over three days each month using boats with engine powers of 85 and 25 horsepower. A Ruttner Water Sampler was employed for zooplankton collection. The collected samples (30 liters) were passed through a 55-micron zooplankton net, and the water retained in the net was transferred to 300 cc polyethylene bottles. The samples were then fixed with 4% formalin and transported to the plankton laboratory for quantitative and qualitative analysis (APHA, 2005).

In the plankton laboratory, after homogenization, 5 ml of the sample was transferred using a pipette to 5 ml counting chambers (KIEL Hydro-Bios). After 24 hours of sedimentation, the samples were identified and counted under an inverted microscope (F-S Leitz-LABOVERT). Zooplankton density was calculated as the number of individuals per liter of water. The methods for sampling and determining zooplankton density were based on APHA (2005) and Ruttner-Kolisko (1974), while zooplankton identification followed the keys of Thorp and Covich (2001) and Pontin (1978).

Results

In this study, 58 genera from four zooplankton groups were identified in the Anzali Wetland. The highest number of genera belonged to the phylum Rotifera, with 28 genera. This was followed by Arthropoda and Protozoa, with 12 and 11 genera, respectively. In terms of abundance, Rotifera was the dominant group, accounting for 48% of the total zooplankton population (148 individuals per liter). Protozoa ranked second with 26% (81 ind.l⁻¹), followed by Arthropoda with 24% (72 ind.l⁻¹). Other zooplankton groups made up the remaining 2%. The average total zooplankton abundance in the Anzali Wetland was estimated at 305 individuals per liter.

The genera *Cyclops* and *Cyclocypris* (phylum Arthropoda) were observed across all areas of the Anzali Wetland. From the phylum Rotifera, the genera *Brachionus*, *Cephalodella*, *Philodina*, and *Rotaria* were consistently found throughout the wetland, showing a 100% observation frequency. The highest zooplankton abundance was recorded in June, with an average of 652 ± 208 ind.l⁻¹, while the lowest values were observed in October (142 ± 36 ind.l⁻¹) and November (155 ± 37 ind.l⁻¹).

Among the zooplankton groups, Rotifera showed the highest abundance, reaching an average of 405 ± 188 ind.l⁻¹ in June, with the lowest abundance being 20 ± 5 ind.l⁻¹ in other months. The abundance of Arthropoda ranged from 120 ± 44 ind.l⁻¹ in June to 27 ± 11 ind.l⁻¹ in November. Statistical analysis revealed a significant difference ($P < 0.05$) in zooplankton abundance among different phyla and sampling months. Spatial analysis showed that the western region of the Anzali Wetland had the highest average zooplankton abundance at 613 ± 128 ind.l⁻¹, while the lowest abundance was recorded at the wetland outlet (116 ± 31 ind.l⁻¹). The maximum abundance of Rotifera ranged between 206 and 335 ind.l⁻¹ in the western and eastern regions, respectively. The highest Arthropoda abundance (176 ind.l⁻¹) was also observed in the western region. The abundance of Protozoa varied between 41 ind.l⁻¹ in Siah Keshim and 106 ind.l⁻¹ in the central wetland.

Discussion and conclusion

Over the past 30 years, increased human activities and significant environmental and climatic changes have contributed to notable shifts in the zooplankton community of the Anzali Wetland. Biodiversity has drastically declined, with the number of zooplankton genera dropping from 87 genera in 1994 to 58 genera in 2023 (Mirzajani *et al.*, 2009). This study reveals a more than 13-fold decrease in zooplankton density compared to the 2013-2014 period. Specifically, the abundance of Rotifera and Protozoa in 2023 was reduced by 17-fold and 19-fold, respectively (Fallahi *et al.*, 2018).

The substantial decline in zooplankton density observed in this study suggests a disruption in the food chain within the Anzali Wetland ecosystem, which could lead to a further reduction in aquatic resources.

The highest zooplankton abundance was recorded in the western wetland area, which remains the only intact section of the Anzali Wetland. However, this area has experienced significant changes, including a dramatic reduction in depth and near-total coverage by the invasive water hyacinth (*Pontederia crassipes*). Several factors have contributed to the decline in zooplankton biodiversity and density in the Anzali Wetland. These include the spread of non-native water hyacinth, decreased water depth, increased sedimentation, higher rates of water evaporation, reduced flow from rivers entering the wetland, climate change, the decrease in the Caspian Sea water levels, and a lack of proper wetland management. These cumulative pressures have worsened over the past decades.

To address the issues affecting the Anzali Wetland and to restore the zooplankton community, which plays a critical role in the food chain and aquatic resources of this ecosystem, it is essential to prioritize the removal of non-native water hyacinth and accumulated sediments. Efforts should focus on the western, central, and southern areas of the wetland to help clean and increase its depth. These measures should be incorporated into the action plans of relevant executive organizations to revitalize the ecosystem.

Conflict of interest

According to the authors of this article, there is no conflict of interest.

Acknowledgment

This study was conducted in Anzali wetland with the approved code of 01051-011052-034-12-73-14. The colleagues of the ecology department, Javad Vesaghi, Yaqoub Ali Zahmtakesh, Omid Imani, and Reza Mohammadidoost, are grateful for their helps in sampling and laboratory works.

مقاله علمی - پژوهشی:

تنوع زیستی، پراکنش و فراوانی زوپلانکتون تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲: مطالعه مقایسه‌ای با دهه پیشین

سیامک باقری^۱، علیرضا میرزاجانی^{۱*}، جلیل سبک‌آرا^۱، مهرداد نصری تجن^۲

*armirzajani@gmail.com

۱- پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

۲- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرانزلی، ایران

تاریخ چاپ: اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۴

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۳

چکیده

مطالعه حاضر طی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در تالاب انزلی انجام شد. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات زمانی و مکانی جامعه زوپلانکتونی در تالاب انزلی و مقایسه آن با مطالعات پیشین بود. نتایج نشان داد، تعداد ۵۸ جنس زوپلانکتون در تالاب انزلی شناسایی گردید، بیشترین جنس متعلق به شاخه روتیفر با ۲۸ جنس بود. از بین گروه‌های زوپلانکتون ۱۱ جنس از پروتوزوآ و ۱۲ جنس از شاخه آرتروپودا شناسایی شدند. از بین شاخه‌های زوپلانکتونی روتیفر با میزان فراوانی 38 ± 148 عدد در لیتر بیشترین بودند، سپس پروتوزوآ با فراوانی 11 ± 81 عدد در لیتر و آرتروپودا با فراوانی 12 ± 72 عدد در لیتر در رده‌های بعدی قرار داشتند. میانگین فراوانی کل زوپلانکتون 48 ± 305 عدد در لیتر بود که در مقایسه با سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰ به میزان ۷ برابر (۲۳۰۰-۲۲۰۰ عدد در لیتر) و سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ (۴۰۰۰ عدد در لیتر) به میزان ۱۳ برابر کاهش داشت. فراوانی روتیفر و پروتوزوآ در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به ترتیب ۱۳ و ۱۹ برابر در مقایسه با سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ کاهش داشت. جنس‌های غالب *Brachionus* و *Rotatia* از روتیفرها، جنس *Centopyxis* و *Arcella* از پروتوزوآ و جنس *Cyclocypris* و گروه *Copepoda* از آرتروپودا بودند. بیشترین میانگین فراوانی زوپلانکتون در منطقه تالاب غرب با فراوانی 127 ± 612 عدد در لیتر مشاهده شد. به طور کلی، کاهش چشمگیر در تنوع و جمعیت ذخایر زوپلانکتونی در تالاب انزلی نشان‌دهنده حذف تدریجی حلقه زنجیره غذایی تولید کنندگان اولیه و ثانویه در قسمت پایین هرم اکولوژی بوده است که نابودی گونه‌های بومی و ذخایر آبزیان به خصوص ماهیان اقتصادی تالاب را به همراه خواهد داشت.

لغات کلیدی: زوپلانکتون، جمعیت پلانکتونی، تنوع زیستی، تالاب انزلی

*نویسنده مسئول



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

تالاب انزلی دارای چهار بخش متمایز به نام‌های آبکنار، هندخاله، شیجان و سیاه‌کشیم است. مقدار ذخیره آب و عمق آبکنار از سایر مناطق بیشتر بوده و از نظر تنوع و تراکم پلانکتونی نیز بسیار غنی است. از ویژگی‌های مهم این تالاب در گذشته، قرار گرفتن بین دو اکوسیستم آب شیرین و لب شور بوده که شرایط ویژه‌ای را برای جوامع گیاهی و جانوری آن به وجود آورده بود. همچنین تالاب انزلی به عنوان محل تکثیر و تولید مثل طبیعی ماهیان مهاجر دریای کاسپین و ماهیان بومی آب شیرین بود (Mirzajani et al., 2009). تالاب در دهه‌های گذشته دچار مشکلات متعددی از جمله رسوب گذاری، افزایش تراکم گیاهان آبی و حاشیه‌ای، ورود گونه‌های غیر بومی و تغییر کاربری اراضی تالابی بوده که مجموعه عوامل مذکور باعث پیری و مرگ زودرس تالاب شده است (Mirzajani et al., 2020).

زوپلانکتون یکی از حلقه‌های زنجیره غذایی در تالاب محسوب می‌گردد و نقش مهمی در جایگاه تولید کننده‌گان ثانویه ایفاء کرده است و مهم‌ترین منبع غذایی برای آبزیان آب شیرین و ماهیان دریایی هستند. جوامع پلانکتونی در برابر تغییرات محیطی واکنش بسیار سریع نشان می‌دهند. همچنین ساختار جمعیت پلانکتونی به شدت به میزان مواد مغذی آب وابسته است (Mulani et al., 2006; Boyd, 2007; Bagheri et al., 2017). برخلاف فیتوپلانکتون، زوپلانکتون از توانایی تولید در زنجیر غذایی خود برخوردار نیستند. آنها مصرف‌کننده میلیون‌ها فیتوپلانکتون و کنترل‌کننده شکوفایی آنها هستند. زوپلانکتون منبع غذایی با ارزش برای ماهیان پلانکتون‌خوار و بسیاری از آبزیان هستند. سلامتی رده‌های پائینی هرم غذایی همچون زوپلانکتون تضمینی برای حفاظت و بقا موجودات رده‌های بالاتر هرم غذایی از جمله ماهیان، فوک‌ها و حتی انسان می‌باشد (Richardson, 2008). در مجموع، این آبزیان ریزجثه، غذای اصلی بسیاری از ماهیان از مرحله نوزادی تا بلوغ هستند و نقش مهمی در رشد و نمو بسیاری از گونه‌های ماهیان ایفاء می‌کنند. حضور و غالبیت گونه‌های کلیدی روتیفر در بین گونه‌های زوپلانکتونی، عامل مهم پایدارکننده ساختار جوامع پلانکتونی است و بسیاری از آنها در شرایط خاص محیطی به عنوان شاخص‌هایی برای تعیین درجه

کیفیت آب نیز به کار می‌روند (Piasecki et al., 2004; Abdel-Aziz et al., 2006; Salveson, 2013). اولین بررسی‌های لیمنولوژیک جامع در تالاب انزلی تحت عنوان مطالعه جامعه پلانکتونی و روند یوتریفیکاسیون در تالاب انزلی توسط Kimball و Kimball (۱۹۹۵) با نظارت سازمان حفاظت محیط زیست انجام گردید (Mirzajani et al., 2009). به منظور تکمیل مطالعات، پروژه مشترک بین فائو و مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان مطالعاتی تحت عنوان پراکنش و جمعیت پلانکتون در چهار منطقه تالاب انزلی در فصول مختلف انجام شد (Holcik and Olah, 1992). طی چند سال اخیر گزارش‌ها و مقاله‌های متعددی در خصوص شناسایی و ترکیبات پلانکتون در تالاب انزلی منتشر شده و عمدتاً بخشی از طرح‌های جامع به‌شمار رفته و به صورت کیفی تهیه شده‌اند (Khorasani and Meygooni, 1987; Hosseinpour, 1990; Holchik and Ola, 1992; ; Nezami, 1994; Kimball and Kimball, 1995).

اولین مطالعه اختصاصی روی پلانکتون تالاب انزلی طی سال‌های ۷۵-۱۳۷۱ انجام گرفت و نشان داده شد که تا سال ۱۳۷۳ میزان زوپلانکتون در تالاب غرب بیش از سایر مناطق بوده و طی سال‌های ۷۵-۱۳۷۴ منطقه سرخانکل حداکثر مقدار را داشته است (Khodaparast, 2002). فلاحی (۱۳۷۲) نیز منطقه تالاب غرب را به مدت یک‌سال از نظر زوپلانکتونی مورد مطالعه قرار داد. وی در بررسی‌های خود در تالاب انزلی، ۴۳ جنس از شاخه بندپایان، ۷۱ جنس از پروتوزوا، ۱۳ جنس از روتیفرها را شناسایی نمود. در مطالعه سبک‌آرا و مکارمی (۲۰۰۴) طی سال‌های ۷۹-۱۳۷۶ نیز در مجموع ۱۰ شاخه و ۵۰ جنس زوپلانکتون از تالاب انزلی شناسایی شد. از زوپلانکتون‌ها به ترتیب روتاتوریا با میانگین تراکم ۵۹۹ عدد در لیتر و فراوانی ۸/۶۰ درصد، پاروپایان با تراکم ۱۶۹ عدد در لیتر با فراوانی ۱۷ درصد و پروتوزوا با میانگین تراکم ۱۵۹ عدد در لیتر و فراوانی ۱۶ درصد، بالاترین جمعیت زوپلانکتون را نشان دادند و سایر گروه‌ها از فراوانی چندانی برخوردار نبودند (Sabkara and Makaremi, 2004). میرزاجانی و همکاران (۲۰۰۹) بررسی لیمنولوژی تالاب انزلی را بر مبنای مطالعات ده ساله (۸۰-۱۳۷۰) و با استفاده از سامانه جغرافیایی GIS انجام دادند و نشان داده شد که فراوانی زوپلانکتون در تالاب انزلی طی سال‌های مذکور، روند صعودی داشته و شاخه روتاتوریا و

روش نمونه‌برداری و شمارش زوپلانکتون

برای نمونه‌برداری زوپلانکتون از لوله پولیکا P.V.C استفاده گردید. طول این لوله حدود ۲/۵ متر و قطر آن ۶ سانتی‌متر بود که در هر ایستگاه به طور عمودی وارد آب شده و انتهای آن با کف دست مسدود شده و محتویات آن به داخل سطل مدرج تخلیه گردید. سپس به میزان ۳۰ لیتر آب با استفاده از لوله پولیکا برداشت شده و از تور زوپلانکتونی ۵۵ میکرون فیلتر عبور داده شد. عصاره جمع‌آوری شده در محفظه تور به بطری‌های پلی‌اتیلن ۳۰۰ سی سی منتقل و سپس با فرمالین ۴ درصد تثبیت شده و برای بررسی کمی و کیفی به آزمایشگاه پلانکتون منتقل گردید (APHA, 2005). در آزمایشگاه پلانکتون پس از همگن‌سازی، با استفاده از پیپت ۵ میلی‌لیتر به محفظه‌های شمارش ۵ میلی‌لیتری (Hydro-Bios KIEL) منتقل شده و بعد از ۲۴ 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 براساس منابع APHA (۲۰۰۵) و Ruttner-Kolisko (۱۹۷۴) و شناسایی زوپلانکتون با استفاده از کلیدهای Pontin (۱۹۷۸) و Thorp و Covich (۲۰۰۱) انجام شد. برای ثبت اطلاعات، انجام کارهای محاسباتی، رسم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ و مقایسه تغییرات فراوانی زوپلانکتون در مناطق و فصول مختلف با آزمون آماری ناپارامتری کروسکال والیس انجام شد. همچنین از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۱ برای نشان دادن تفاوت‌های زمانی و مکانی متغیرهای زیستی استفاده گردید (Krebs, 1994).

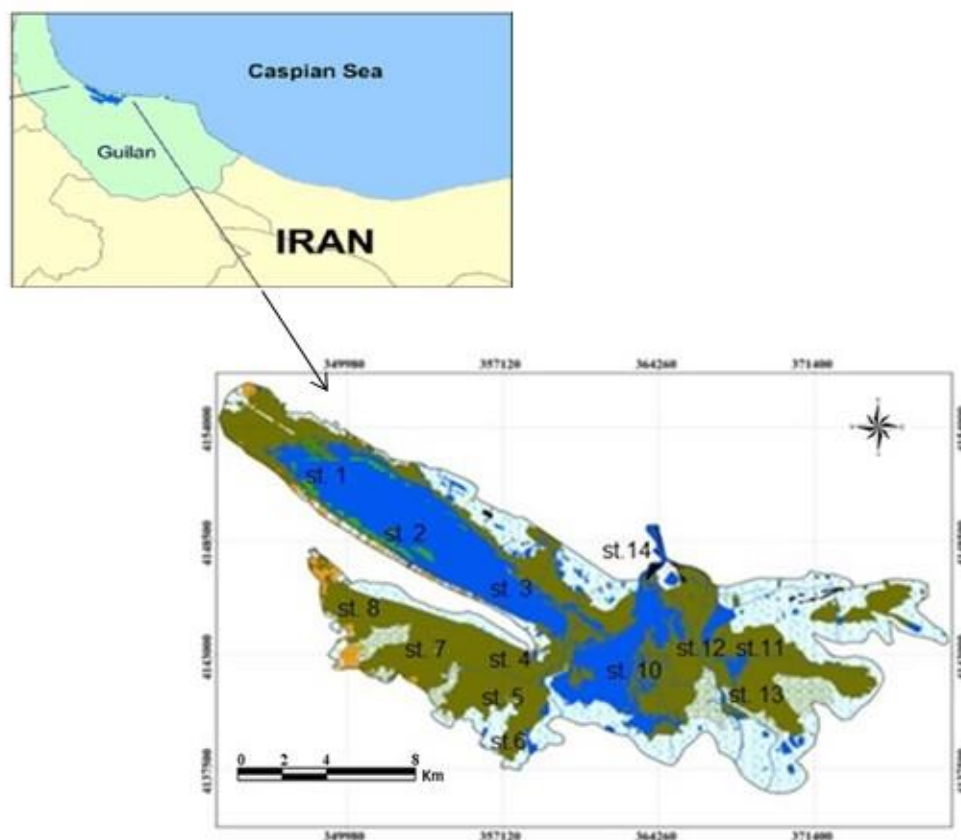
سپس شاخه آرتروپودا غالب بوده است. فقدان منابع جامع و کافی برای شناسایی پلانکتون‌ها سبب شد تا Sabkara و Makaremi (۲۰۱۵) اطلس پلانکتونی تالاب انزلی و نواحی ساحلی دریای کاسپین را منتشر نمودند. به دلیل تهاجم گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی، کاهش ارتفاع آب دریای کاسپین، کاهش بارندگی و دبی رودخانه‌های ورودی بر اثر تغییرات اقلیمی، بررسی وضعیت اکولوژی زوپلانکتون در تالاب انزلی ضروری است. بنابراین، در مطالعه حاضر تغییرات زمانی و مکانی جامعه زوپلانکتون در تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن با مطالعات پیشین مقایسه گردید. این مطالعه بخشی از طرح مطالعات زیست‌مندان تالاب انزلی است که طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ انجام گرفت.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

تالاب انزلی در عرض جغرافیایی ۲۵°۵۹'۳۷" شمالی و در طول جغرافیایی ۴۲°۲۵'۴۹" شرقی قرار گرفته و در بسیاری از مناطق حداکثر عمق آن کمتر از یک متر است. مساحت این تالاب در حدود ۱۹۱۰۰ هکتار، وسعت حوضه آبخیز آن برابر ۳۷۴۰ کیلومتر مربع و ورودی آب آن حدود ۲ میلیون مترمکعب در سال است که وارد دریای کاسپین می‌شود. این تالاب با قرار گرفتن در اکوسیستم‌های مختلف دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است. مساحت پیکره آبی آن در ۴۰ سال اخیر به دلیل افزایش رسوب‌گذاری، گرمایش زمین و پسروری آب دریای کاسپین کاهش زیادی داشته است (Mirzajani et al., 2009). در این بررسی نمونه‌برداری طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در شش منطقه از پیکره آبی تالاب شامل: تالاب غرب (سپاه، درنا، خروجی)، سیاه‌کشیم (سیاه‌کشیم ۱ و ۲)، خروجی سیاه‌کشیم (بهمبر، سیاه‌کشیم و نرگستان)، تالاب مرکز (سیاه‌درویشان، سرخانکل)، تالاب شرق (شیجان، دوراهی چوکام-شیجان و نوخاله-پیربازار) و خروجی تالاب (موج‌شکن) انجام گرفت. تمامی نقاط نمونه‌برداری با استفاده از GPS مدل (CSx Garmin 60) ثبت شدند (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه‌برداری از زوپلانکتون طی ۷ مرحله در ماه‌های اسفند ۱۴۰۱، اردیبهشت، خرداد، مرداد، مهر، آبان و دی ۱۴۰۲ با استفاده از شناورهای با قدرت موتور ۸۵ و ۲۵ اسب بخار طی ساعت‌های ۱۲/۳۰-۸/۳۰ انجام گرفت.

¹ Chi-Squared



شکل ۱: نقشه جایگاه ایستگاه‌های مطالعاتی زوپلانکتون در تالاب انزلی، سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲
Figure 1: Location map of zooplankton sampling stations in Anzali Wetland, 2023

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 1: Location of sampling stations in Anzali Wetland, 2023

No	Region	Station	Depth (cm)	latitude	Longitude
1	West	Sepah	80	49.3170	37.4789
2		Dorna	70	49.3372	37.4661
3		Outlet	90	49.3726	37.4529
4	Siah Keshim outlet	Bahambar	15	49.3989	37.4239
5		Siah Keshim 1	110	49.3882	37.4146
6		Nargestan	60	49.3848	37.4108
7	Siah Keshim	Siah Keshim 2	50	49.3519	37.4264
8		Siah Keshim 3	60	49.3588	37.4250
9	Center	Siah Darvishan	80	49.4077	37.4144
10		Sorkhankol	50	49.4581	37.4385
11	East	Sheijan	100	49.5051	37.423
12		Chokam-Sheijan	120	49.5078	37.4234
13		Nokhaleh-Pirbazar	150	49.4998	37.4065
14	Outlet	Outlet	300	49.4605	37.4783

نتایج

ترکیب و فراوانی گروههای زوپلانکتون

گروههای زوپلانکتون تالاب انزلی طی سالهای ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. در این بررسی تعداد ۵۸ جنس از ۴ گروه زوپلانکتون در تالاب انزلی شناسایی گردید. بیشترین تعداد جنسها متعلق به شاخه روتیفر با ۲۸ عدد بود. شاخه روتیفر با بیشترین تعداد جنس در منطقه تالاب غرب به تعداد ۲۵ عدد و کمترین در منطقه خروجی تالاب (موج شکن) به تعداد ۷ عدد مشاهده شد. از بین گروههای زوپلانکتون در تالاب انزلی شاخه آرتروپودا دارای تعداد ۱۲ جنس بود که بیشترین جنس آرتروپودا در

منطقه تالاب غرب به تعداد ۷ عدد بود. همچنین تعداد ۱۱ جنس از گروه پروتوزوا در تالاب شناسایی شد و تعداد جنسهای آن ۷-۲ عدد بین موج شکن و خروجی سیاه کشیم متغیر بود. به طور کلی، بیشترین جنسهای زوپلانکتونی در تالاب غرب با تعداد ۴۰ و سپس سیاه کشیم با تعداد ۳۱ جنس مشاهده شد. کمترین تعداد جنسهای زوپلانکتون در خروجی تالاب (موج شکن) با تعداد ۱۶ جنس مشاهده شد. زوپلانکتون کمیاب که در گروه سایر (Other) ذکر شده است، شامل لارو سخت پوستان، اسفنجها، نماتودا و لارو دوکفهایها بودند که بیشترین آنها در تالاب مرکزی با تعداد ۴ جنس مشاهده شدند (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲: زوپلانکتون شناسایی شده در تالاب انزلی طی سالهای ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 2: Zooplankton identified in the Anzali Wetland, 2022-2023

Taxa	West	Siah Keshim	Outlet Keshim	Center	East	Outlet	Total
Arthropoda	7	4	4	3	3	5	12
Protozoa	6	5	7	6	5	2	11
Rotifera	25	18	19	10	15	7	28
Others	2	2	1	4	1	2	7
Total	40	29	31	23	24	16	58

Rotaria Philodina به طور مستمر در مناطق مختلف تالاب مشاهد شدند و دارای بیشترین مشاهدات (۱۰۰ درصد) در تالاب انزلی بودند (جدول ۳).

جنسهای *Cyclops* و ناپلی آن از کوپه پودا و *Cyclocypris* از استراکودا هر دواز شاخه آرتروپودا در همه مناطق تالاب انزلی (۱۰۰ درصد) مشاهده شدند، از شاخه روتیفر، جنسهای *Brachionus*، *Cephalodella*

جدول ۳: گروه‌های زوپلانکتون شناسایی شده و درصد مشاهده آنها در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 3: List of identified zooplankton and their presence (%) in the Anzali Wetland, 2023

No	Taxa	Genus	Anzali wetland					Observation (%)	
			West	Keshim outlet	Siah Keshim	Center	East		Outlet
1	Chromista (Cercozoa)	Cyphoderia				✓		67	
2	Protozoa (Amoebozoa)	Amoeba			✓	✓		32	
3	“	Arcella	✓	✓	✓		✓	67	
4	“	Centropyxis	✓	✓	✓	✓	✓	67	
5	“	Cucrbitella	✓					17	
6	“	Diffugia	✓	✓	✓	✓	✓	84	
7	“	Lesquereusia			✓			17	
8	Protozoa (Ciliophora)	Codonella		✓				✓	32
9	“	Coelps	✓						17
10	“	Tintinnopsis			✓				17
11	“	Unknown	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
12	“	Vorticella				✓	✓		32
13	Porifera	Asteromeyenia				✓			34
14	Annelida (Oligochaeta)	Aeolosoma				✓			17
15	Nematoda	Nematoda	✓	✓		✓	✓	✓	84
16	Gastrotricha	Polymerurus	✓	✓					32
17	Rotifera	Anuraeopsis	✓						17
18	“	Ascomorpha		✓					17
19	“	Asplanchna	✓				✓		32
20	“	Brachionus	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
21	“	Cephalodella	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
22	“	Colurella	✓	✓			✓		50
23	“	Euchalanis	✓	✓	✓				50
24	“	Filinia	✓		✓	✓	✓	✓	84
25	“	Gastropus	✓	✓	✓				50
26	“	Keratella	✓	✓	✓		✓		67
27	“	Lecane	✓	✓	✓	✓			67
28	“	Lepadella	✓	✓	✓		✓		67
29	“	Lophocharis		✓	✓				32
30	“	Monostyla	✓	✓	✓		✓		67
31	“	Mytilina	✓	✓	✓				50
32	“	Notholca	✓		✓	✓	✓		84
33	“	Philodina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
34	“	Platyias	✓		✓				32
35	“	Polyarthra	✓		✓	✓	✓	✓	84
36	“	Pompholyx	✓	✓			✓		50

37	“	<i>Rotaria</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
38	“	<i>Scaridium</i>		✓					17
39	“	<i>Schizocerca</i>	✓						17
40	“	<i>Squantinella</i>	✓						17
41	“	<i>Syncheata</i>	✓		✓	✓	✓	✓	84
42	“	<i>Testudienella</i>	✓	✓	✓	✓			67
43	“	<i>Trichocerca</i>	✓	✓	✓				50
44	“	<i>Trichotria</i>	✓				✓		32
45	Tardigrada	<i>Hypsibius</i>			✓				17
46	Arthropoda (Copepoda)	<i>Acartia</i>						✓	17
47	“	<i>Cyclops</i>	✓	✓		✓	✓	✓	84
48	“	Nauplii Copepoda	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
49	“	<i>Nitocra</i>			✓				17
50	Arthropoda (Cladocera)	<i>Alona</i>	✓	✓	✓			✓	67
51	“	<i>Bosmina</i>	✓						67
52	“	<i>Macrothrix</i>	✓						17
53	“	<i>Moina</i>	✓						17
54	“	<i>Chydus</i>	✓	✓		✓			50
55	“	<i>Pleuroxus</i>		✓					17
56	Arthropoda (Diptera)	<i>Chironomus</i>	✓						17
57	Arthropoda (Ostracoda)	<i>Cyclocypris</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
58	Mollusca	Bivalvia larvae						✓	17

درصد مشاهدات؛ ۱-۲۰: کمیاب؛ ۲۱-۴۰: معمولی؛ ۴۱-۶۰: فراوان؛ ۶۱-۸۰: خیلی فراوان؛ ۸۱-۱۰۰: مستمر. رنگ خاکستری= گروه سایر در جدول ۲
1-20 = rare; 40-21=ordinary; 60-41= abundant; 61-80= very abundant; 81-100=continuous. Grey color = Others in Table 2

ساختار جمعیت زوپلانکتون

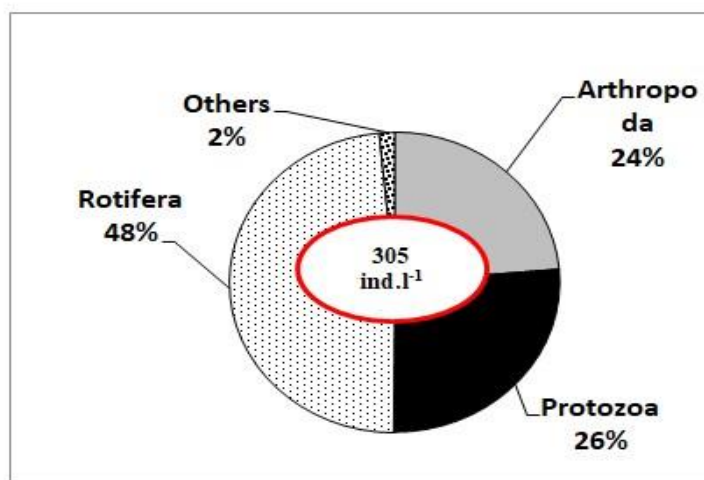
بررسی‌ها نشان داد که فراوانی زوپلانکتون از شاخه روتیفر با میزان ۴۸ درصد (فراوانی ۱۴۸ عدد در لیتر) غالب بوده است. پروتوزوا از نظر فراوانی در مقام دوم با میزان ۲۶ درصد (فراوانی ۸۱ عدد در لیتر) و آرتروپودا با میزان ۲۴ درصد (فراوانی ۷۲ عدد در لیتر) در رتبه سوم قرار داشت. سایر گروه‌های زوپلانکتون به میزان ۲ درصد در تالاب انزلی بودند (جدول ۳ و شکل ۲)، میانگین فراوانی زوپلانکتون ۳۰۵ عدد در لیتر در تالاب انزلی تخمین زده شد.

فراوانی زوپلانکتون

نتایج نشان داد، حداکثر میانگین فراوانی زوپلانکتون با میزان 652 ± 208 عدد در لیتر در ماه خرداد و حداقل میانگین فراوانی زوپلانکتون با میزان 142 ± 36 و 155 ± 37 عدد در لیتر به ترتیب در ماه‌های مهر و آبان بودند. از بین شاخه زوپلانکتون، روتیفر با میانگین فراوان 405 ± 188 عدد در لیتر در خرداد دارای بیشترین فراوانی بوده و کمترین فراوانی روتیفر 5 ± 20 عدد در لیتر در مهر بود. فراوانی آرتروپودا 120 ± 44 و 27 ± 11 عدد در لیتر به ترتیب در ماه‌های خرداد و آبان نوسان داشت. بیشترین فراوانی پروتوزوا 125 ± 29 عدد در لیتر) نیز در خرداد در تالاب انزلی مشاهده شد (شکل ۳).

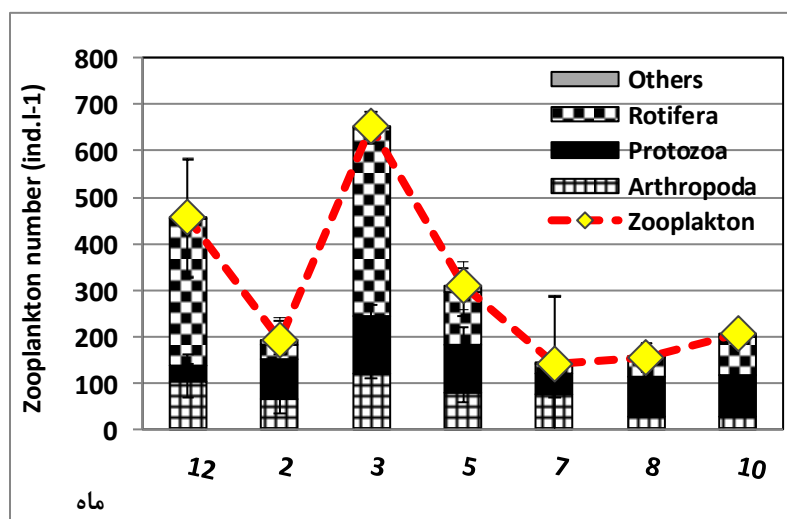
دوم شامل دو زیر گروه مرداد ماه و سایر ماهها با تراکم زوپلانکتونی حداقل بوده است (شکل ۴).

در بررسی آماری، اختلاف معنی دار بین فراوانی زوپلانکتون و شاخه‌ها در ماه‌های مختلف مشاهده شد ($p < 0.05$). تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، فراوانی گروه‌های زوپلانکتون را در ماه‌های مورد مطالعه به دو گروه تقسیم کرد: گروه اول در ماه‌های اسفند و خرداد با فراوانی زوپلانکتون حداکثر و گروه



شکل ۲: درصد فراوانی زوپلانکتون در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Figure 2: Zooplankton abundance (%) in the Anzali Wetland in 2022-2023



شکل ۳: فراوانی زوپلانکتون در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

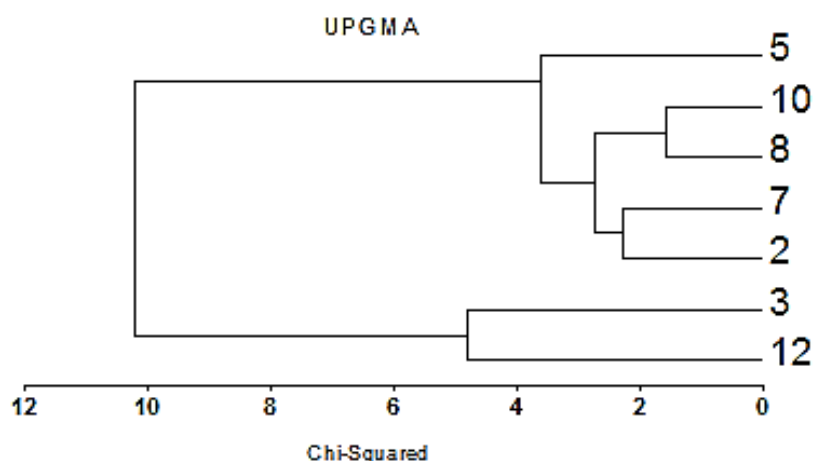
Figure 3: zooplankton abundance in Anzali Wetland in 2022-2023

تالاب به جز تالاب غرب و منطقه شرق فراوانی روتیفر کمتر از ۵۰ عدد در لیتر بود (شکل ۵). حداکثر فراوانی روتیفر ۲۰۶-۳۳۵ عدد در لیتر در تالاب غرب و شرق بود. بیشترین فراوانی آرتروپودا ۱۷۶ عدد در

نتایج نشان داد، حداکثر میانگین فراوانی زوپلانکتون با میزان حدود 128 ± 613 عدد در لیتر در تالاب غرب بوده و کمترین میانگین فراوانی در خروجی تالاب (موج شکن) با میانگین فراوانی 31 ± 116 عدد در لیتر بوده است. در بیشتر مناطق

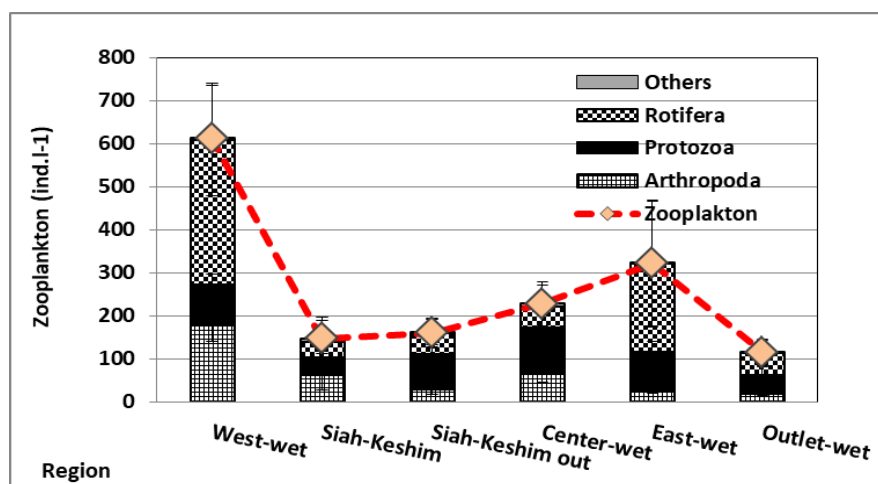
اختلاف معنی‌دار بین فراوانی زوپلانکتون و شاخه‌ها در مناطق مختلف مشاهده شد ($p < 0.05$).

لیتر در تالاب غرب بود و کمترین با میزان فراوانی کمتر از ۳۰ عدد در لیتر در تالاب شرق و خروجی سیاه کشیم مشاهده شد. فراوانی پروتوزوآ بین ۱۰۶-۴۱ عدد در لیتر در تالاب سیاه کشیم و مرکزی متغیر بود. در بررسی آماری،



شکل ۴: تجزیه و تحلیل خوشه‌ای فراوانی زوپلانکتون در ماه‌های مختلف تالاب انزلی طی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Figure 4: Cluster analysis of zooplankton abundance in different months of the Anzali Wetland in 2022-2023



شکل ۵: فراوانی زوپلانکتون در مناطق مختلف در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Figure 5: Abundance of zooplankton in different regions of Anzali Wetland in 2022-2023

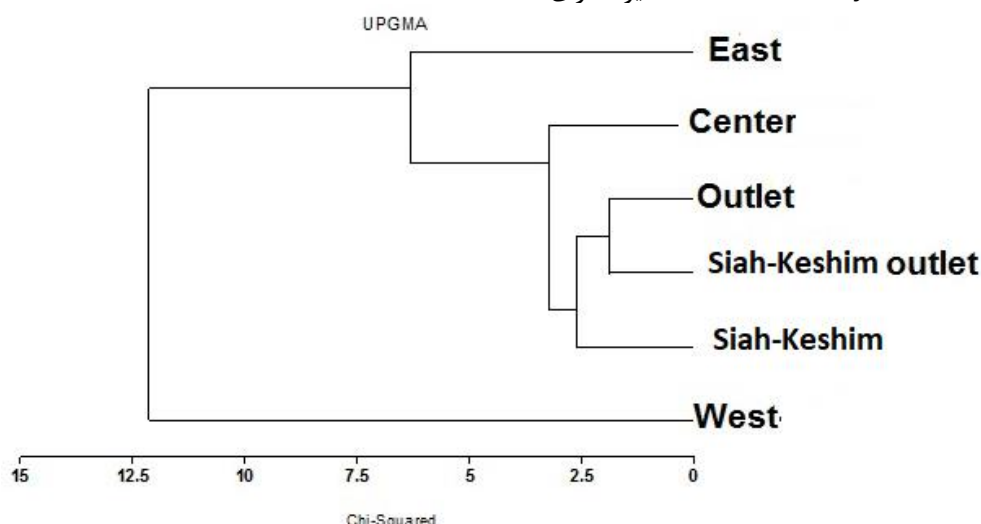
فراوانی کم زوپلانکتون بوده و گروه دوم شامل تالاب غرب با تراکم زیاد بوده است (شکل ۶).

از شاخه آرتروپودا جنس *Cyclocypris* و گروه *Copepoda* nauplii با تعداد ۸ و ۱۰ عدد در لیتر دارای بیشترین فراوانی و مشاهدات بودند. جنس‌های غالب شاخه پروتوزوآ

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای مناطق تالاب انزلی را از نظر ساختار و فراوانی زوپلانکتون به دو گروه بزرگ تقسیم کرد: گروه اول شامل دو زیر گروه: ۱- تالاب شرق ۲- تالاب مرکزی، سیاه کشیم و خروجی سیاه کشیم و موج‌شکن که نشان‌دهنده

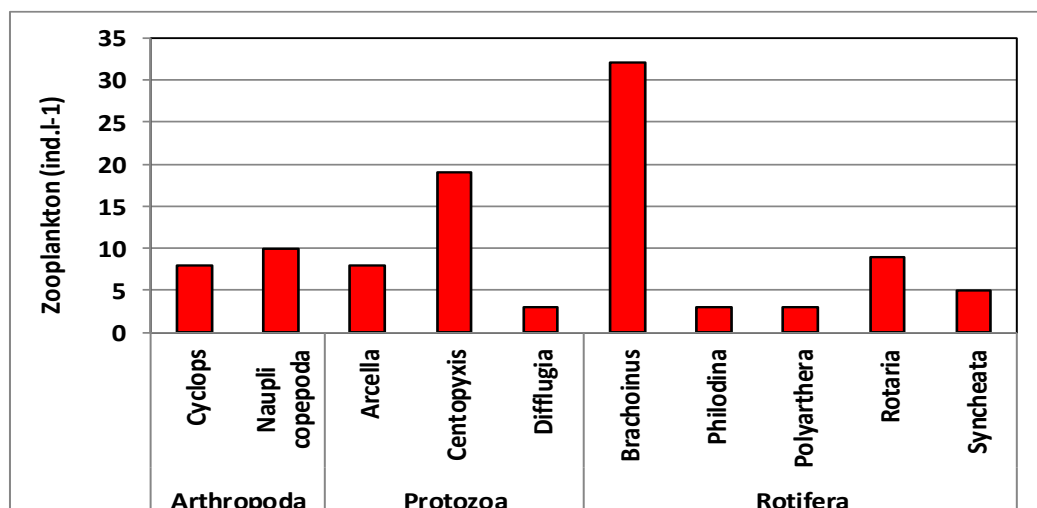
بیشترین مشاهدات در تالاب انزلی بودند و با ۳-۵ عدد در لیتر در در رده دوم فراوانی قرار داشتند (جدول ۳ و شکل ۷).

Diffugia Arcella, *Centopyxis* به تعداد ۳ تا ۱۹ عدد در لیتر دارای بیشترین مشاهدات بودند. از شاخه روتیفر جنس‌های *Rotatia* و *Brachionus* به ترتیب با ۳۲ و ۹ عدد در لیتر دارای بیشترین فراوانی بودند. جنس‌های *Philodina*, *Polyarthera*, *Syncheata* نیز دارای



شکل ۶: تجزیه و تحلیل خوشه‌ای فراوانی گروه‌های زوپلانکتون در مناطق مختلف تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Figure 6: Cluster analysis of abundance of zooplankton groups in different regions of Anzali Wetland in 2022-2023.



شکل ۷: فراوانی جنس‌های غالب زوپلانکتون در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Figure 7: Abundance of dominant zooplankton genera in Anzali Wetland in 2022-2023

همکاران (۲۰۰۹) تعداد گروه‌های زوپلانکتون طی سال ۷۷-۱۳۷۳ به ترتیب در دامنه ۱۷-۱۹ عدد متغیر بود و طی سال‌های ۷۹-۱۳۷۸ کاهش یافت و به کمتر از ۱۲ عدد رسید و طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰ تعداد گروه‌های زوپلانکتون ۱۴-۱۵ عدد ثبت شد. سپس روند کاهشی یافت

بحث

مطالعات زوپلانکتون تالاب انزلی نشان داد، از نظر تعداد شاخه‌ها و جنس‌های شناسایی شده با مطالعات سال‌های پیشین متفاوت بوده است. براساس مطالعات Mirzajani و

کاهش تعداد جنس‌های زوپلانکتون در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ احتمالاً در ارتباط با افزایش دمای آب و تغییر اقلیم بوده (Bagheri, 2012) و مشابه این تغییرات در جامعه زوپلانکتون دریای کاسپین در همان زمان نیز رخ داده که موجب ناپدید شدن بسیاری از گونه‌های بومی زوپلانکتون شده است (Roohi *et al.*, 2008; Bagheri, 2012). در مطالعه Richardson (۲۰۰۸) نیز تغییر در ساختار زوپلانکتون اکوسیستم‌های آبی، به دلیل گرمایش زمین را نشان داده است. پدیده El-Nino طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۷ که باعث افزایش دمای آب و خشکسالی در ایران شده بود (Bagheri *et al.*, 2010)، عامل مهم در کاهش جنس‌ها و گونه‌های زوپلانکتون در این دوره است (Bagheri *et al.*, 2014) (جدول ۴).

و به تعداد ۱۲ و ۹ عدد به ترتیب طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ رسید. آنها همچنین بیشترین جنس‌های زوپلانکتون شمارش شده به تعداد ۸۶ و ۸۷ عدد را به ترتیب طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۷ گزارش کردند. تعداد جنس‌های زوپلانکتون طی سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ روند کاهشی داشت و به تعداد ۴۷ و ۵۰ عدد رسید (Mirzajani *et al.*, 2009). سپس در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ افزایش (۶۳-۶۱ جنس) یافت هرچند که تعداد جنس‌های زوپلانکتون در مقایسه با دهه ۷۰ کاهش یافته است. افزایش سرما و کاهش دمای آب طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ احتمالاً خزان بیشتر گیاهان غوطه‌ور و شناور و افزایش موقت فیتوپلانکتون‌ها و متعاقباً زوپلانکتون‌ها را به دنبال داشته است (Bagheri *et al.*, 2019) و تعداد جنس‌ها و جمعیت زوپلانکتون افزایش یافت و به تعداد ۷۱ جنس رسید (Fallahi *et al.*, 2018; Mirzajani *et al.*, 2019).

جدول ۴: مقایسه تعداد شاخه‌ها و جنس‌های زوپلانکتون در تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۷۳

Table 4: Comparison of the number of phylum and genera of zooplankton in Anzali Wetland in 1994-2023

Source	Zooplankton-Anzali Wetland		
	Year	Genus	Taxa
Mirzajani <i>et al.</i> , 2009	1994 (1373)	87	19
"	1995 (1374)	87	19
"	1996 (1375)	76	18
"	1997 (1376)	83	18
"	1998 (1377)	83	17
"	1999 (1378)	47	12
"	2000 (1379)	50	11
"	2001 (1380)	61	15
"	2002 (1381)	63	14
Fallahi <i>et al.</i> , 2018	2014-15 (1393-94)	71	12
Present study	2022-23 (1401-02)	58	10

جنس‌های شاخه آرتروپودا ۱۶-۱۱ عدد طی سال‌های ۷۷-۱۳۷۳ و ۹۴-۱۳۹۳ در نوسان بوده است (Mirzajani *et al.*, 2009; Fallahi *et al.*, 2018). جنس‌های شاخه آرتروپودا طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۸ روند کاهشی داشت و به ۵ عدد در سال ۱۳۷۸ رسید. تعداد جنس‌های آرتروپودا طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ مشابه سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰ به

در مطالعه حاضر، علاوه بر تغییر اقلیم، تهاجم گیاه سنبل آبی و افزایش پوشش سایر گیاهان آبی همچون نیلوفر آبی در بخش وسیعی از تالاب انزلی (Mirzajani *et al.*, 2019) از عوامل دیگر تشدید کننده در کاهش تنوع زیستی و فراوانی زوپلانکتون طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بود.

تعداد ۸-۱۰ جنس بود. روند تغییرات جنس‌های پروتوزا نیز مشابه آرتروپودا بود و بیشترین تعداد جنس‌ها طی سال‌های ۱۳۷۳-۷۷ و سال ۱۳۸۱ با تعداد ۱۷-۲۵ جنس مشاهده شد (Mirzajani *et al.*, 2009). تعداد جنس‌های پروتوزا ۱۱-۱۳ عدد بین سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در نوسان بوده است. در بین شاخه‌های زوپلانکتون، روتیفرای

بیشترین تعداد جنس بوده و تعداد ۳۶-۳۴ عدد به‌ترتیب طی سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۷ و ۱۳۹۳-۹۴ متغیر بود (Mirzajani *et al.*, 2009 ; Fallahi *et al.*, 2018). کمترین جنس روتیفرای با تعداد ۲۸-۲۴ عدد طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۸ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ گزارش شد (Mirzajani *et al.*, 2009) (جدول ۵).

جدول ۵: تعداد تاکسون‌های زوپلانکتون تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۷۳، Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) داده سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۳، Fallahi و همکاران (۲۰۱۸) داده سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳

Table 5: The number of zooplankton taxa in Anzali Wetland during 1994-2023. Data from 1994- 2001 by Mirzajani *et al.* (2009); data 2013-2014 by Fallahi *et al.* (2018)

Taxa	1994	1995	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2013-2014	2022-2023
Athropoda	16	16	14	11	13	5	6	10	8	15	12
Protozoa	24	21	17	25	24	11	12	13	17	12	11
Rotifera	34	36	34	36	36	24	26	28	30	35	28
Others	13	14	11	11	10	7	6	10	8	9	7

در مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۷) روتیفرای با دما و مواد مغذی آب همبستگی قوی مثبت داشت، هرچند نقش دمای آب در افزایش ترکیب جنس‌های روتیفرای موثرتر دانسته شد. روند تغییرات در سایر زوپلانکتون‌ها، برخی شباهت‌ها را نشان داده است. افزایش دمای آب بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۸ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به دلیل تغییر اقلیم و خشکسالی (Bagheri, 2012; Bagheri and Sabkara, 2023) سبب تغییرات در ساختار جامعه زوپلانکتون در اکوسیستم‌های آبی گردید. همچنین داده‌های ثبت شده از ماهواره، افزایش دمای آب را در حوضه آبریز دریای کاسپین در دهه ۹۰-۷۰ تأیید کرده است (Nasrollahzadeh *et al.*, 2019).

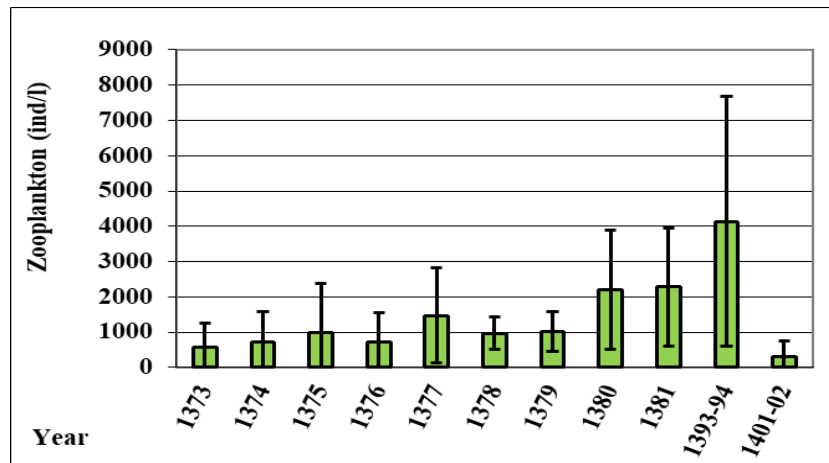
در مطالعه حاضر، میانگین فراوانی سالانه زوپلانکتون در تالاب انزلی 460 ± 305 عدد در لیتر بوده و فراوانی آن ۶۵۲-۱۴۳ عدد در لیتر طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ متغیر بود. مطالعات Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) بیانگر روند افزایشی طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۳ بود و بیشترین فراوانی زوپلانکتون تعداد ۲۳۰۰-۲۲۰۰ عدد در لیتر طی سال‌های ۸۱-۱۳۸۰ گزارش شده و فراوانی زوپلانکتون در بقیه سال‌ها تقریباً کمتر از ۱۰۰۰ عدد در لیتر (به‌جز سال ۱۳۷۷؛ ۱۵۰۰

عدد در لیتر) بوده است (Mirzajani *et al.*, 2009). طی بررسی‌های Fallahi و همکاران (۲۰۱۸) در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ افزایش زیاد زوپلانکتون به میزان حدود ۴۰۰۰ عدد در لیتر در تالاب انزلی گزارش گردید که احتمالاً به علت افزایش مواد مغذی در تالاب (Mirzajani *et al.*, 2009) و پایان دوره خشکسالی و کاهش گیاهان شناور و غوطه‌ور به دلیل سرما و یخبندان در تالاب انزلی بوده که باعث افزایش موقت فراوانی زوپلانکتون طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ شده است. در مطالعه حاضر، روند کاهش فراوانی زوپلانکتون با شروع دوباره پدیده El-Nino مشاهده شد (Bagheri and Sabkara, 2023). مقایسه فراوانی زوپلانکتون طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ با مطالعات سال‌های پیشین، بیانگر کاهش شدید تراکم زوپلانکتون به میزان بیش از ۱۳ برابر در تالاب انزلی بوده است (شکل ۸).

در مطالعه Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) و Fallahi و همکاران (۲۰۱۸) بر ساختار زوپلانکتونی تالاب انزلی، روتیفرای زوپلانکتون غالب در تالاب انزلی بود و شاخه‌های آرتروپودا و پروتوزا در رده‌های بعدی قرار داشتند. فراوانی روتیفرای از ۲۵۰ عدد در لیتر در سال ۱۳۷۳ به به حدود ۱۰۰۰ عدد در لیتر در سال ۱۳۸۱ افزایش یافت (Mirzajani *et al.*,

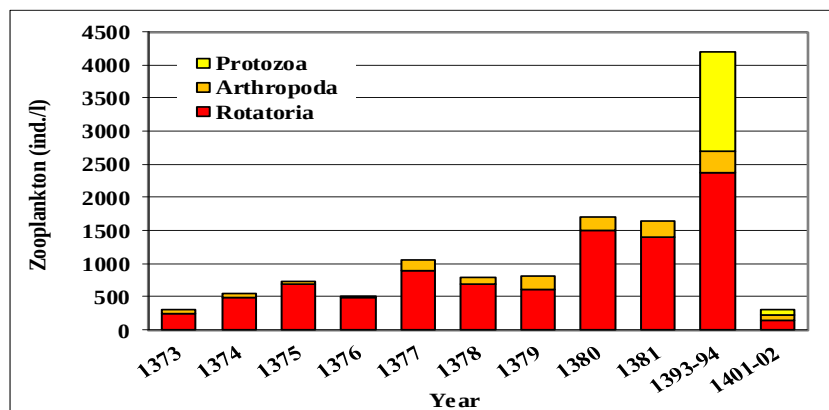
را نشان داده است. همچنین مقایسه میزان پروتوزوآ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ با مطالعه حاضر ۱۹ برابر کاهش داشت (شکل ۹).

Mirzajani 2009). فراوانی روتیفرها طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ افزایش نزدیک به ۲/۵ برابری داشت و Fallahi و همکاران (۲۰۱۸)، تعداد ۲۴۰۰ عدد در لیتر را گزارش کردند. مقایسه فراوانی روتیفرها در این بررسی نسبت به سال ۹۴-۱۳۹۳ (با تعداد ۱۴۷ عدد در لیتر) کاهش ۱۷ برابری



شکل ۸: میانگین تغییرات سالانه فراوانی زوپلانکتون تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۷۳، Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) داده سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۳، Fallahi و همکاران (۲۰۱۸) داده سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳

Figure 7: Average annual changes of zooplankton abundance of Anzali Wetland during 1994-2023. Data from 1994-2001 by Mirzajani *et al.* (2009); data 2013-2014 by Fallahi *et al.* (2018)



شکل ۹: میانگین تغییرات سالانه فراوانی شاخه‌های غالب زوپلانکتون تالاب انزلی طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۷۳، Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) داده سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۷۳، Fallahi و همکاران (۲۰۱۸) داده سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳

Figure 8: Average annual changes in the abundance of dominant zooplankton phylum of Anzali Wetland during 1994-2022. Data from 1994-2001 by Mirzajani *et al.* (2009); data 2013-2014 by Fallahi *et al.* (2018)

جمعیت پلانکتون تالاب انزلی شکوفایی گونه غیر بومی سنبل آبی در پیکره آبی، افزایش رسوب‌گذاری و کاهش عمق آب، پدیده تغییر اقلیم (کاهش بارندگی و افزایش تبخیر آب و عقب نشینی آب دریای کاسپین) هستند

کاهش شدید تراکم زوپلانکتون در مطالعه حاضر، نشان‌دهنده ضعیف شدن یکی از حلقه‌های زنجیره غذایی در شبکه غذایی تالاب انزلی است که کاهش ذخایر آبزیان را به‌همراه خواهد داشت. از دلایل بسیار مهم در کاهش

(Bagheri et al., 2019; Mirzajani et al., 2020).

نتایج در مورد شاخه پروتوزوا طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۳ به صورت مجزا موجود نبود و مقایسه شاخه پروتوزوا تنها طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد.

بیشترین مشاهدات جنس‌های زوپلانکتون از شاخه آرتروپودا مربوط به جنس‌های *Cyclocypris* و نوزاد *Copepoda* با بیشترین فراوانی تعداد ۱۰-۸ عدد در لیتر بود درحالی‌که Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) فراوانی جنس‌های مذکور را به تعداد بیش از ۳۰ عدد در لیتر طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۳ گزارش کردند. از روتیفر جنس‌های *Brachionus* و *Rotaria* دارای بیشترین فراوانی به ترتیب با ۳۲ و ۹ عدد در لیتر طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بودند (شکل ۷). شاخه روتیفر از نظر نوع جنس و فراوانی در مقایسه با دهه‌های ۸۰-۷۰ تفاوت‌های زیادی داشت. در مطالعه Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) تعداد شش جنس از روتیفر دارای فراوانی بیش از ۳۰ عدد در لیتر بوده و بیشترین فراوانی مربوط به؛ *Keratella*, *Polyarthra*, *Syncheata*, *Trichocerca* و *Anuraeopsis*, *Filinia* طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۳ بودند. در مطالعه حاضر، بیشترین مشاهدات مربوط به جنس‌های *Syncheata*, *Rotaria*, *Philodina*, *Cephalodella* و *Brachionus* به میزان ۱۰۰-۸۰ درصد در ایستگاه‌ها و دوره‌های بررسی بودند (جدول ۳) درحالی‌که از روتیفر طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۳ جنس‌های *Keratella*, *Polyarthra* و *Brachionus* دارای بیشترین مشاهدات بودند. در مطالعه حاضر، ترکیب و تعداد جنس‌های شاخه پروتوزوا (شکل ۷) نسبت به گذشته تغییر کرده است. بیشترین جنس‌های غالب از شاخه پروتوزوا *Centropyxis* و *Arcella* به ترتیب با تعداد ۱۹ و ۸ عدد در لیتر بودند درحالی‌که در دهه ۷۰ و ۸۰ جنس‌های *Diffugia*, *Tintinnidium*, *Tintinnopsis* با فراوانی بیش از ۳۰ عدد در لیتر، غالب بودند (Mirzajani et al., 2009). مقایسه مطالعه حاضر با یافته‌های دهه ۸۰-۷۰

بیانگر افزایش گروه‌های زوپلانکتون‌های شاخص آلودگی در تالاب انزلی است (جدول ۳). بیشترین فراوانی زوپلانکتون در منطقه تالاب غرب با میزان ۶۱۲ عدد در لیتر شمارش گردید. همچنین بیشترین فراوانی روتیفر و آرتروپودا در منطقه مشابه با میزان ۳۳۵ و ۱۷۵ عدد در لیتر طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۲ مشاهده شد. میانگین فراوانی زوپلانکتون در مناطق ۵ گانه به جز تالاب غرب تقریباً ۲۰۰

عدد در لیتر بود و میزان آن حدود یک سوم زوپلانکتون تالاب غرب (بیش از ۶۰۰ عدد در لیتر) بود. خداپرست (۲۰۰۲) نیز گزارش کرده بود که طی سال‌های ۷۳-۱۳۷۱ فراوانی زوپلانکتون در تالاب غرب در مقایسه با سایر مناطق، بیشتر بوده است. به علاوه، پراکنش منطقه‌ای زوپلانکتون در مطالعه حاضر با پژوهش Mirzajani و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشته است. اما فراوانی روتیفر در مطالعه حاضر در مقایسه با سال‌های ۸۱-۱۳۸۰، شش برابر کاهش داشته است. فراوانی روتیفر طی سال‌های ۸۱-۱۳۷۰ در تالاب غرب بیش از ۲۰۰۰ عدد در لیتر گزارش شده بود (Mirzajani et al., 2009) (شکل ۵). تجزیه و تحلیل خوشه‌ای فراوانی زوپلانکتون را در ماه‌های اسفند و خرداد در یک گروه طبقه‌بندی کرده و بقیه ماه‌های سال را در گروه جدا گانه قرار داده است (شکل ۶). بیشترین فراوانی زوپلانکتون در ماه‌های اسفند و خرداد (۴۰۰-۳۰۰ عدد در لیتر) (شکل ۵) مربوط به افزایش فراوانی روتیفر نسبت به سایر شاخه‌های زوپلانکتونی بوده است. افزایش زیاد تراکم روتیفر در ماه‌های مذکور با عوامل محیطی ارتباط داشته و شرایط را برای رشد آنها آماده کرده است. در شرایطی که دمای آب به ۲۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، وفور جمعیت روتیفر مشاهده می‌شود (Bagheri et al., 2017). همچنین افزایش بقایای پوسیده گیاهی و غلظت نوترینت‌ها باعث افزایش تراکم روتیفر در منابع آبی می‌گردد. تجزیه و تحلیل CCA در مطالعات Bagheri و همکاران (۲۰۱۷) و Golmarvi و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأیید کرد که زوپلانکتون با دما و مواد مغذی همبستگی قوی و مثبت داشته و در این میان نقش دما در افزایش جمعیت روتیفر موثرتر است. کاهش میزان زوپلانکتون در سایر ماه‌ها در ارتباط با کاهش عمق آب به دلیل کاهش دبی رودخانه‌های ورودی به تالاب و افزایش پوشش گیاه سنبل آبی (Bagheri et al., 2019) در بیشتر مناطق تالاب به‌ویژه تالاب غرب است (Mirzajani et al., 2019).

در پی افزایش فعالیت‌های انسانی و تغییرات شدید محیطی و اقلیمی طی ۳۰ سال گذشته، عوامل متعددی در تغییرات جامعه زوپلانکتون نقش داشته‌اند. تنوع زیستی زوپلانکتون در مقایسه با سال ۱۳۷۳ کاهش چشمگیری داشته و میزان آن از ۸۷ جنس به ۵۸ جنس طی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ رسیده است. در این مطالعه تراکم زوپلانکتون در مقایسه با

منابع

- Abdel-Aziz, N.E., Gharib, S.M. and Dorgham, M.M., 2006.** The interaction between phytoplankton and zooplankton in a lake-sea connection, Alexandria, Egypt. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 1(1):151-165.
- APHA, 2005.** Standard method for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Washington, DC. 1265 P.
- Bagheri, S., Mashhor, M., Makaremi, M., Mirzajani, A., Babaei, H., Negarestan, H. and Wan-Maznah, W.O., 2010.** Distribution and composition of phytoplankton in the southwestern Caspian Sea during 2001-2002, a comparison with previous surveys. *World Journal Fish and Marine Sciences*, 2:416-426.
- Bagheri, S., 2012.** Ecological assessment of plankton and effect of alien species in the south-western Caspian Sea. Universiti Sains Malaysia, Penang. 233 P.
- Bagheri, S., Niermann, U., Mansor, M. and Yeok, S.W., 2014.** Biodiversity, distribution and abundance of zooplankton in the Iranian waters of the Caspian Sea off Anzali during 1996-2010. *Journal of the Marine Biological Association UK*, 94 (1):129-140. DOI:10.1017/S0025315413001288
- Bagheri, S., Sabkara, J., Yousefzad, E. and Zahmatkesh, Y., 2017.** Ecological study of zooplankton communities in the Persian Gulf Martyrs Lake (Chitgar-Tehran) and the first report of the freshwater jellyfish *Craspedacusta* sp. (Cnidaria, Limnomedusae) in Iran. *Iranian*

سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ بیش از ۱۳ برابر کاهش یافت. فراوانی روتیفر و پروتوزوآ طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در مقایسه با سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به‌ترتیب به میزان ۱۷ و ۱۹ برابر کاهش داشت. بیشترین فراوانی زوپلانکتون در منطقه تالاب غرب مشاهده گردید که تنها پیکره آبی باقی‌مانده از تالاب انزلی است، هرچند عمق آن به‌شدت کاهش یافته و گیاهان سنبل آبی و لاله مردابی نیمی از گستره آن را پوشانده‌اند. کاهش تنوع زیستی و تراکم زوپلانکتون در تالاب انزلی به دلایلی از جمله، شکوفایی گیاه غیر بومی سنبل آبی، کاهش عمق آب، افزایش رسوبات بستر، افزایش تبخیر آب، کاهش ورودی آب رودخانه‌های وارده، تغییر اقلیم و عدم رعایت حق آبه، کاهش تراز سطح آب دریای کاسپین و عدم مدیریت صحیح حفاظت و بهره‌برداری تالاب طی دهه‌های گذشته بوده است.

توصیه می‌شود، برای خارج شدن از مشکلات ایجاد شده در تالاب انزلی و احیاء جامعه زوپلانکتون تالاب انزلی که نقش اساسی در زنجیر غذایی و ذخایر آبزیان این اکوسیستم دارد، برداشت رسوبات بستر تالاب انزلی با اولویت در مناطق تالاب غرب، مرکز و جنوب برای افزایش عمق تالاب، در دستور کار سازمان‌های اجرایی قرار گیرد. همچنین نسبت به برداشت گیاه غیر بومی سنبل آبی که وسعت زیادی از تالاب غرب را اشغال نموده است، اقدام لازم انجام گرفته و مدیریت آب و نگهداشت آن در پهنه‌های آبی تالاب نیز در دستور کار قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در قالب پروژه بررسی تنوع زیستی و فراوانی فیتوپلانکتون و زوپلانکتون در تالاب انزلی با کد مصوب ۱۱۰۵۲-۰۱۰۵۱-۰۳۴-۱۲-۷۳-۱۴ انجام شد. از ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده آبی‌پروری آبهای داخلی ایران و معاونین محترم و از همکاران محترم بخش اکولوژی خانم فریبا مددی، آقایان دکتر جواد وثاقی، مهندس یعقوب‌علی زحمتکش، مهندس امیدایمی و مهندس رضا محمدی دوست برای مساعدت در نمونه برداری‌ها، امور آزمایشگاهی و هدایت شناور تحقیقاتی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

- Scientific Fisheries Journal*, 25 (5):113–127. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110319. (In Persian).
- Bagheri, S., Makaremi, M. and Mirzajani, A., 2019.** Distribution, phytoplankton abundance and impact of *Eichhornia crassipes* in the Eynak Wetland, Guilan state, Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 27 (6):93–103. DOI:10.22092/ISFJ.2019.118317 (In Persian).
- Bagheri, S. and Sabkara, J., 2023.** The first report of non-native phytoplankton, *Dinophysis acuminata* from the Anzali shores, Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 32 (3):121–127. DOI:10.22092/ISFJ.2023.130016. (In Persian).
- Boyd, P.W., 2007.** Mesoscale iron enrichment experiments 1993–2005: Synthesis and future directions. *Science*, 315, 612–617. DOI:10.1126/science.1131669
- Fallahi, K.M., Abedini, A., Sadeghinezhad, M.E., Ghane, S.A. and Abbasi, R.K., 2018.** The trend of aquatic communities changes in Anzali Wetland. Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran. 124 P. Available at: <http://hdl.handle.net/1834/14140>. (accessed on 28 April 2024). (In Persian)
- Golmarvi, D., Fallahi, M., Mashinchian, A.M., Fatemi, M. and Nadoshan, R.M., 2018.** Study of zooplankton species structure and dominance in Anzali international wetland. *Open Journal of Marine Science*, 8, 215–222. DOI:10.4236/ojms.2018.82011
- Holcik, J. and Olah, J., 1992.** Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed. Final Report. F1, UNDP/88/001. Rome. 46 P.
- Hosseinpour, N., 1990.** Anzali lagoon and the loads on it. Iranian Fisheries Research Organization. *Technical Report*. IFRO, Anzali. 9 P. (In Persian)
- Khodaparast, H., 2002.** Comprehensive fisheries studies of Anzali Wetland. Guilan Province Fisheries Research Center. Technical Report, IFRO. Anzali. 204 P. (In Persian)
- Khorasani, N. and Meygooni, G., 1987.** Anzali Wetland ecosystem survey. *Journal of Natural Resources of Iran*, 41(5):44-53. (In Persian)
- Kimball, K.D. and Kimball, S.F., 1995.** Limnological studies of Anzali Wetland. Iran Fisheries Company and Iran Environmental Protection Organization. Technical Report, IFRO. Anzali. 144 P. (In Persian).
- Krebs, C.J., 1994.** Ecological methodology. Second edition, U.K: An imprint of Addison Wesley Longman, UK. 620 P.
- Mirzajani, A.R., Kiabi, B., Jamalzadeh, F., Fallahi, M., Kamali, A., Abdollahpour, H., Pourgholami M.A., Makaremi, M., Vatandoost, M., Babaei, H. and Abbasi, K., 2009.** Limnological survey of Anzali Wetland data during 1990-2003 by use of GIS system. Iranian Fisheries Science Research Institute, Iran. 124 P. (In Persian).
- Mirzajani, A., Roohi, J. and Mohammadidoost, R., 2019.** Investigation of distribution and density of dominant aquatic plants in the western part of Anzali Lagoon. *Journal of Plant Research*, 33(4):1014–1024. (In Persian).
- Mirzajani, A., Ghane, A., Bagheri, S., Abbasi, K., Sayadrahim, M., Salahi, M. and Lavajoo, F., 2020.** Diet survey and trophic position of *Macrobrachium nipponense* in the food web of Anzali Wetland. *Wetlands*, 40

- (5):1229–1239. DOI:10.1007/s13157-020-01278-5.
- Mulani, S.K., Mule, M.B. and Patil, S.U., 2006.** Studies on water quality and zooplankton community of Panchganga River in Kolhapur City. *Journal of Environmental Biology*, 30, 455-459.
- Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourang, N., Foong, S.Y. and Makhloogh, A., 2019.** Eutrophication and trophic status using different indices: A study in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 18(3):531–543. DOI:10.22092/ijfs.2018.117717.
- Nezami, S., 1994.** Limnological and ecological investigations of Anzali Lagoon. Fisheries Research Organization for Guilan Province. Technical Report, IFRO. Iran. 214 P. (In Persian)
- Piasecki, W., Goodwin A.E., Eiras J.C. and Nowak B.F., 2004.** Importance of copepod in Freshwater aquaculture. *Zoological Studies*, 43(2):193–205.
- Pontin, R.M., 1978.** A key to fresh water planktonic and semiplanktonic Rotifera of the British Isles. Titus Wilson and son Publication, UK. 178 P.
- Richardson, A.J., 2008.** In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65, 279–295. DOI:10.1093/icesjms/fsn028.
- Roohi, A., Yasin, Z., Kideys, A.E., Hwai, A.T., Khanari, A.G. and Eker-Develi, E., 2008.** Impact of a new invasive ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*) on the zooplankton community of the Southern Caspian Sea. *Marine Ecology*, 29, 421–434. DOI:10.1111/j.1439-0485.2008.00254.x
- Ruttner-Kolisko, A., 1974.** Plankton Rotifera biology and taxonomy. Verlagsbuchhandlung (Nagele U. Obermiller), Germany. 134 P.
- Sabkara, J. and Makaremi, M., 2004.** Abundance and distribution pattern of planktons in Anzali Lagoon. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 13(3):87–114. DOI:10.22092/isfj.2004.113804. (In Persian)
- Sabkara, J and Makaremi, M., 2015.** The Atlas of plankton Anzali Wetland and Caspian Sea Costal Waters. Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran. 656 P. (In Persian).
- Salveson, E., 2013.** Effect of copepod density and water exchange on the egg production of *Acartia tonsa* Dana (Copepoda: Calanoida) feeding on *Rhodomonas baltica*. Norwegian University of Science, Norway. 154 P.
- Thorp, J.H. and Covich, A.P., 2001.** Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press, New York. 1056 P.