University of Hormozgan

Journal of Aquatic Ecology

ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355

Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Assessment of Water Quality of Karaj River Using Benthic Macroinvertebrates

Eisa. Solgi[1]✉*, Fatemeh Mansourghanaei1[1], Davoud Mohammadrezaei[2], Nafiseh Hasani[3]

1. Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
2. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran.
3. Department of Environmental Protection of Alborz Province, Tehran. Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 21 April 2024
Accepted: 12 November 2024
Published online:13 December 2024

✉ Corresponding Author:
e.solgi@malayeru.ac.ir;
e.solgi@yahoo.com

Keywords:
Karaj River,
Bioindicators,
Benthic macroinvertebrates,
Water quality index.

ABSTRACT

One effective method for assessing the health of rivers and the impact of human activities on water quality is the use of macrobenthos populations as indicators of pollution. This study investigated the diversity and abundance of macrobenthos in the Karaj River over four months—August, September, October, and November—at six different stations in 2022. Sampling was conducted using a Surber sampler (30 × 35 cm) with three replicates per station, and the samples were transferred to the laboratory for analysis. We calculated several diversity indices, including Simpson and Shannon-Wiener, as well as bioindicators such as the Hilsenhoff Index, BMWP, EPT, dominant family percentage, and species richness for all stations. A total of 14 families of large benthic invertebrates were identified, representing 7 orders and 4 classes, with the Baetidae family from the Ephemeroptera order being dominant across all stations. The highest biodiversity was observed in August. Overall, upstream stations showed higher diversity indices than downstream stations. The dominant family percentage index revealed that the Baetidae family was the most frequent, and approximately 72% of the EPT index was associated with the three upstream stations near the dam. According to the BMWP index, all stations were classified as "very bad" or "severely polluted." The Hilsenhoff Index assessed the Pol-e-Khawab station as "very good" (indicating very low pollution risk), the Asara, Sierra, Vine, and Purkan stations as "good" (indicating moderate organic pollution), and the Adran station as "suitable" (indicating significant organic pollution). The Shannon Index identified all stations as relatively polluted. In conclusion, the Hilsenhoff biological index is a reliable tool for evaluating the water quality of the Karaj River, which, based on this index, is considered to be in an average state of quality.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Rivers are vital freshwater ecosystems that support a range of life-sustaining functions. However, industrialization and urbanization have led to significant water consumption and pollution, making water quality monitoring essential, especially in areas where water serves as a drinking source. While traditional water quality assessments are useful, biomonitoring provides a more comprehensive indication of pollution levels. Among the various bioindicators used for monitoring river ecosystems, benthic invertebrates are the most effective. Bioindicators based on benthic macroinvertebrates are widely employed for the ecological assessment of ecosystems. Aquatic organisms are typically classified into four groups based on their pollution tolerance: sensitive, semi-sensitive, semi-resistant, and resistant to pollution. Historically, indices focused primarily on diversity and density, such as abundance, diversity, and dominance indices. Today, however, a variety of indices are used to assess the resistance of macrobenthos to pollution, including EPT, ASPT, Hilsenhoff, and BMWP. The objective of this study was to use organisms that are present year-round in aquatic ecosystems and are sensitive to environmental conditions, as they can provide valuable insights for water quality classification. Given the critical role of benthic organisms in biomonitoring, this study used macroinvertebrates as bioindicators to evaluate the pollution levels in the Karaj River.

Materials and Methods

This study focused on a section of the Karaj River, spanning approximately 32 kilometers between Pourkan and Asara. Six sampling stations were selected: Pourkan, Vineh, Adoran, Pol Khab, Sira, and Asara. The stations at Pourkan, Vineh, and Adoran are located downstream of the Karaj Dam, while Pol Khab, Sira, and Asara are situated upstream, allowing for a comparison of water quality between the downstream and upstream areas. Sampling took place during the summer (August and September) and autumn (October and November). At each station, water temperature was measured and recorded. Macroinvertebrates were collected using a Surber sampler (35 × 30 cm), with three replicate samples taken at each station. The samples were placed in plastic containers labeled with station details, location, and sampling date, then transported to the laboratory for analysis. To assess the water quality, several indicators were used, including taxon richness, Shannon-Wiener diversity index, EPT, BMWP, and Hilsenhoff indices.

Results

In this study, approximately 10,088 benthic organisms were isolated and identified. The lowest number of invertebrate samples was recorded at Station 3 (Adoran) in September, with 92 samples across three replicates, while the highest was found at Station 4 (Pol-Khab) in August, with 1,078 samples across three replicates. The analysis of benthic invertebrate samples collected from the Karaj River over a four-month period at six stations revealed 14 families, 7 orders, 4 classes, and 3 phyla. Among the seven identified orders, Ephemeroptera exhibited the highest abundance, followed by Diptera and Trichoptera. The Ephemeroptera order had the highest frequency across all benthic groups, with its abundance significantly higher at upstream stations compared to downstream ones. Three families from this order were identified, with the Baetidae family showing the highest abundance and distribution across all stations. The Baetidae family was present at every station and throughout all seasons, and it accounted for the highest percentage of abundance among all benthic families. The Diptera order had the second highest abundance at all stations, after Ephemeroptera. Four families from this order were identified, with the Chironomidae family being the most prevalent, found at all stations and in all seasons. The third most abundant order in terms of density was Trichoptera, with two

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

identified families, the Hydropsychidae family showing the highest abundance. The highest BMWP index value was recorded at Station 4 (Pol-Khab) in August (5.6), while the lowest was at Station 3 (Adoran) in November (2.9). According to the Hilsenhoff index, water quality at the upstream stations (Pol-Khab, Sira, and Asara) was classified as good, whereas at the downstream stations (Pourkan, Vineh, and Adoran), water quality ranged from good to acceptable and poor. The EPT index was higher at the upstream stations, indicating better water quality compared to the downstream stations. The Shannon-Wiener index indicated that the water quality at the upstream stations ranged from relatively polluted to heavily polluted.

Conclusions

In this study, the BMWP index indicated that all stations in the Karaj River had very poor water quality. According to the Hilsenhoff biological index, the water quality at the upstream stations of the Karaj Dam (Pol Khob, Sira, and Asara) was classified as good, while the water quality at the downstream stations (Pourkan, Vineh, and Adran) ranged from good to suitable and poor. The use of different biological indices revealed that the Hilsenhoff biological index is particularly effective for assessing the water quality of the Karaj River, and based on this index, the river is in an overall average quality state. The downstream stations, influenced by the leakage and infiltration of residential sewage and nearby recreational and tourism centers, showed unfavorable water quality. In contrast, the upstream stations, which are located at higher altitudes with faster water flow, experience lower pollutant retention, leading to less accumulation of pollutants in these areas.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

بررسی کیفیت آب رودخانه کرج بر اساس مطالعه بزرگ بی‌مهرگان کفزی

عیسی سلگی[۱] ✉، فاطمه منصورقناعی[۱]، داود محمدرضایی[۲]، نفیسه حسنی[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۳. کارشناس حیات وحش، اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز. کرج، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۹/۲۳

✉ نویسنده مسئول:
e.solgi@malayeru.ac.ir;
e.solgi@yahoo.com

کلیدواژه‌ها:
رودخانه کرج،
شاخص زیستی،
درشت بی مهرگان کفزی،
شاخص کیفیت آب

چکیده

یکی از روش‌های مناسب جهت تعیین سلامت و تاثیر فعالیت‌های انسانی بر کاهش کیفیت رودخانه‌ها، ارزیابی آن‌ها با استفاده از جمعیت ماکروبنتوزها به عنوان شاخص آلودگی آب می‌باشد. در این مطالعه تنوع و فراوانی ماکروبنتوزهای رودخانه کرج مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه در۴ ماه مرداد، شهریور، مهر و آبان و در ۶ ایستگاه در سال ۱۴۰۱ انجام شد. نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه سوربر با سطح نمونه‌برداری ۳۰×۳۵ سانتی متر و سه تکرار در هر ایستگاه انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین شاخص‌های تنوع شانون–وینر و شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، BMWP، EPT، درصد خانواده غالب و غنای گونه‌ای در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. در مجموع ۱۴ خانواده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی، متعلق به ۷ راسته و ۴ رده شدند. در تمامی ایستگاه‌ها خانواده Baetidae از راسته Ephemeroptera غالب بود. بیشترین تنوع در ماه مرداد مشاهده شد. در کل شاخص‌های تنوع در ایستگاه‌های بالادست رودخانه بیشتر از پایین‌دست بود. شاخص درصد خانواده غالب بیشترین فراوانی مربوط به خانواده Baetidae و حدود ۷۲ درصد شاخص EPT در تمامی ایستگاه‌ها مربوط به سه ایستگاه بالادست سد بود. شاخص BMWP تمام ایستگاه‌ها را در طبقه خیلی بد و آلودگی شدید قرار داد. شاخص هیلسنهوف ایستگاه پل‌خواب را در رتبه‌ی خیلی خوب (امکان آلودگی بسیاراندک) ، ایستگاه‌های آسارا، سیرا، وینه و پورکان را در طبقه بندی کیفیت خوب (احتمال مقدار آلودگی آلی) و ایستگاه آدران را نیز در رتبه‌ی مناسب (آلودگی آلی نسبتا قابل ملاحظه) ارزیابی کرد. شاخص شانون تمامی ایستگاه‌ها را در وضعیت نسبتا آلوده تشخیص داد. در مجموع شاخص زیستی هیلسنهوف شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت رودخانه کرج می‌باشد و طبق این شاخص، رودخانه کرج در وضعیت کیفی متوسط قرار دارد.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

مقدمه

رودخانه‌ها از منابع حیاتی طبیعی و کانون توسعه هر کشور محسوب می‌شوند (Ghalandarzadeh *et al*., 2020). توسعه صنعت و تراکم شهری در قرن نوزدهم باعث مصرف مقادیر عظیمی از آب و آلودگی آب شده است (Szarek- and Kownacki, 2022 Gwiazda). افزایش فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، صنایع و فعالیت‌های شهری در اطراف رودخانه‌ها، پارامترهای کیفی و کمی آب را به طور معنی‌داری تحت‌تاثیر قرار می‌دهد (Sudarso *et al*., 2021). استفاده از حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها در مزارع نزدیک به رودخانه و شستن ظروف شیمیایی کشاورزی (ظروف آفت‌کش‌ها و کیسه‌های کود شیمیایی) در رودخانه دیگر منابع آلودگی هستند. این منابع آلودگی، همراه با روش‌های ماهی‌گیری غیر قانونی که از مواد شیمیایی برای مسموم کردن ماهی‌ها استفاده می‌کنند، تهدیدی جدی برای تنوع زیستی آبزیان رودخانه هستند (Agblonon Houelome *et al*., 2022). همچنین وجود سد، سرعت جریان آب را در رودخانه از حالت طبیعی به صورت مصنوعی و تنظیمی تغییر می‌دهد که سبب کاهش شدت جریان رودخانه، افزایش غلظت مواد آلاینده و کاهش خودپالایی، افزایش شوری، کاهش توانایی رودخانه در انتقال سیلاب، ایجاد کانون‌های گرد و غبار، کاهش جمعیت و نابودی گونه‌های مختلف آبزیان و از بین رفتن پوشش گیاهی و فرسایش خاک می‌گردد (Nowruzpour and Shafiei Dashtabi, 2019). بسیاری از کشورها با اشرافی که به اهمیت آب‌های جاری دارند، تحت برنامه‌های مدون و منظم به پایش منابع سطحی پرداخته و در مطالعات خود پایش زیستی و استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی را به عنوان موثرترین نشانگرهای محیطی به کار گرفته‌اند. طیف وسیعی از جانداران به منظور پایش زیستی آب‌های شیرین مورد استفاده قرار می‌گیرند که جلبک‌ها، ماهی‌ها و بی‌مهرگان کفزی از متداول‌ترین آن‌ها می باشند. البته بی‌مهرگان کفزی در این بین از موثرترین گروه‌ها بوده به طوری که امروزه از اساسی‌ترین اجزای زیستی رودخانه‌ها به شمار می‌روند (Taghinezhad *et al*., 2015). اولین قدم در پژوهش های زیستی، یافتن یک شاخص زیستی مناسب می‌باشد که حضور و عدم حضور، فراوانی و رفتار آن نشان‌دهنده استرس‌های محیطی بر آن‌ها باشند. ماکروبنتوزها به عنوان شاخص زیستی بخش مهمی از فون بستر منابع آبی را تشکیل می‌دهند که نقش مهمی در ساختار، تولید، دینامیک و سلامت محیط زیست منابع آبی بر عهده دارند (Darvishi *et al*., 2019). انواع مختلفی از شاخص‌های زیستی برای ارزیابی زیستی اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شوند اما بی‌مهرگان کفزی محبوب‌ترین آن‌ها برای نظارت بر کیفیت آب هستند، زیرا نمونه‌برداری آسان است، به تجهیزات نمونه‌برداری ارزان نیاز دارند، متحرک نیستند و آلودگی موضعی را نشان می‌دهند، درجه تحمل زیادی دارند و برای شناسایی سطح خانواده آسان هستند (Mezgebu, 2022). چندین ویژگی باعث شده که این موجودات بیشتر مورد توجه متخصصان پایش بوم سازگان آبی باشند: حضور در اکوسیستم‌های آبی، تنوع گونه‌ای بالا، اغلب حساس به آلودگی‌ها، ساکن در بستر ، طولانی بودن چرخه زندگی و امکان بررسی و تعیین حدود و وسعت مکانی و زمانی آشفتگی را فراهم می‌کنند (Damanik-Ambarita *et al*., 2016). شاخص‌های زیستی بر اساس بزرگ بی مهرگان کفزی از پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی اکولوژیکی بوم سازگان‌ها هستند که بر اساس حساسیت‌های اکولوژیکی هر تاکسون، مقادیر کمی را ارائه می‌کنند که با استفاده از آن می‌توان کیفیت اکوسیستم را برآورد کرد. بر این اساس موجودات کفزی در چهار گروه حساس به آلودگی، نیمه حساس به آلودگی، نیمه مقاوم و مقاوم به آلودگی طبقه بندی می‌شوند. در گذشته این شاخص‌ها تنها شامل شاخص‌های تنوع و تراکم مانند شاخص‌های غنا، تنوع و غالبیت بود. اما در حال حاضر شاخص‌های متنوعی بر اساس میزان مقاومت ماکروبنتوزها به آلودگی مانند EPT، ASPT، Hilsenhoff و BMWP استفاده شده‌اند (Niknam *et al*., 2020).

شاخص‌های بیولوژیکی در مدیریت و حفاظت آب‌های شیرین از اهمیت بالایی برخوردار هستند و این دانش را می‌توان برای ارزیابی وضعیت رودخانه‌ها و نهرها به کار برد (Sripany *et al*., 2022). مطالعات مختلفی در مورد بزرگ بی مهرگان کفزی در دنیا و ایران در اکوسیستم های مختلف از جمله رودخانه کرج انجام شده است. Khatami و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت رودخانه کرج بر اساس تنوع خانواده‌های درشت بی‌مهرگان کفزی پرداختند. در این پژوهش نمونه‌های بی‌مهرگان تا سطح خانواده شناسایی شدند و کیفیت آب این رودخانه در منطقه‌های مورد نظر و در زمان انجام پژوهش وضعیت مناسبی داشت و برای

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

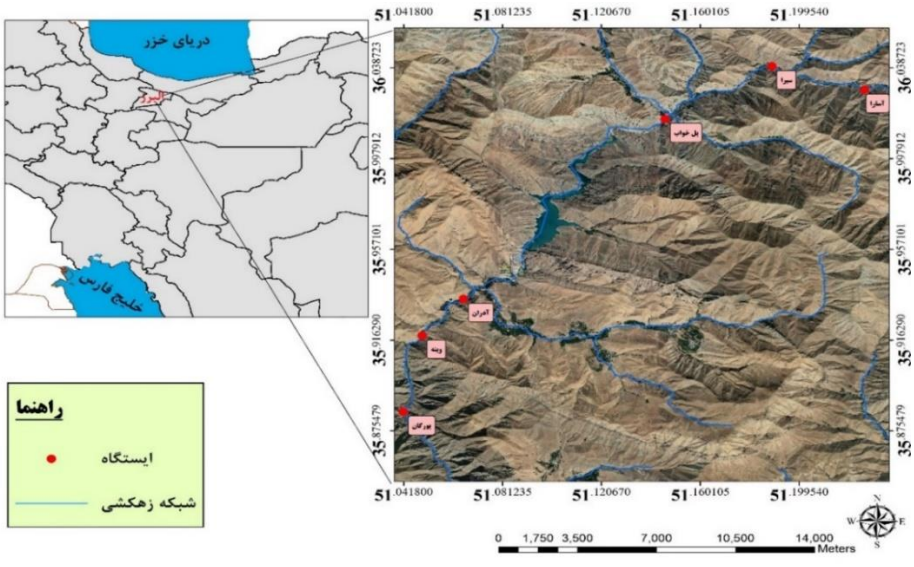
کاربری‌های کشاورزی و شرب و صنعتی با وضعیت مطلوب تشخیص داده شد. Shokripour و Ashjaardalan (۲۰۱۴) در پژوهشی به شناسایی و بررسی تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه کرج پرداختند. در نتایج به دست‌آمده نشان داده شد که بیش‌ترین فراوانی در فصل زمستان و کمترین فراوانی در فصل بهار می‌باشد. از ماکروبنتوزهای شناسایی شده، رده Insecta بیش‌ترین فراوانی و رده Malacostraca کم‌ترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. در نهایت جمعیت غالب جانداران کفزی در رودخانه کرج را حشرات آبزی تشکیل دادند. Soufi و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تاثیر برخی متغیرهای محیطی بر فراوانی و تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه کرج پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی در پاییز متعلق به Baetidae و در بهار مربوط به Chironomidae است که نوسانات ارتفاع در هر دو فصل، نوسانات دمایی در پاییز و نوسانات عمق در بهار، در شکل گیری الگوی فراوانی و ترکیب گونه‌ای بیشترین نقش را داشتند.

هدف از این مطالعه استفاده از جاندارانی است که تقریبا به طور دائم و در طول سال در اکوسیستم‌های آبی حضور دارند و به دلیل رابطه و حساسیت این موجودات نسبت به شرایط زیستی خود، می توانند در طبقه‌بندی کیفی آب نقش بسیار مهمی داشته باشند. اهمیت این مطالعه آن است که بتوان ارزیابی زیستی دقیقی را با هزینه‌ی کمتر نسبت به فاکتورهای دیگر توسط درشت بی‌مهرگان کفزی انجام داد. با توجه به اهمیت موجودات کفزی و نقش آن‌ها در پایش زیستی، در این مطالعه‌ای از ماکروبنتوزها به عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی سطوح آلودگی رودخانه کرج پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

رودخانه کرج رودخانه‌ای در البرز مرکزی و شمال باختری تهران است. رودخانه کرج از کوه‌های جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرد. این رود از کوهی بنام کلون‌بستک در بلندی‌های خرسنگ سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسیری رودخانه ولایت رود نیز به رود کرج پیوسته و پس از گذر کردن از حاشیه شرقی شهر کرج و سیراب نمودن دشت‌های کرج و شهریار به جاجرود می‌پیوندد. در پایین دست رودخانه، رستوران‌ها و مراکز تفریحی زیادی وجود دارد که فاضلاب آن‌ها به رودخانه می‌ریزد.

در این مطالعه بخشی از رودخانه کرج، حد فاصل پورکان و آسارا به مسافت حدود۳۲ کیلومتر مورد مطالعه قرار گرفت. ۶ ایستگاه در مناطق پورکان، وینه، آدران، پل خواب ، سیرا و آسارا انتخاب گردید که ایستگاه پورکان، وینه و آدران در پایین‌دست سد کرج و ایستگاه پل خواب، سیرا و آسارا در بالادست سد کرج انتخاب شدند تا امکان مقایسه‌ی تاثیر موقعیت ایستگاه‌ها در پایین‌دست و بالادست فراهم شود (شکل۱).



شکل۱: موقعیت ایستگاه‌های مختلف در رودخانه کرج

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

نمونه‌برداری در فصل تابستان (مرداد و شهریور) و پاییز(مهر و آبان) انجام شد. درجه حرارت آب رودخانه در هر ایستگاه اندازه‌گیری و ثبت گردید. در این پژوهش برای نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کفزی از سوربر (ابعاد ۳۵×۳۰) استفاده شد. دهانه سوربر در خلاف جهت جریان آب قرار داده شد و برای هر جمع آوری زمانی مشخصی معین شد و در هر ایستگاه ۳ تکرار انجام شد. همه نمونه‌ها از حاشیه رودخانه برداشته شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروفی پلاستیکی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری ثبت شده تخلیه شد و برای تثبیت نمونه‌ها از فرمالین ۴ درصد استفاده گردید (Shokripour and Ashja ardalan., 2017). نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و با دستگاه لوپ و کلید شناسایی معتبر شناسایی و شمارش شدند (Rahimibashar *et al*., 2016).

شاخص‌های زیستی مختلفی برای مشخص نمودن کیفیت آب وجود دارد اما غالباً هیچ کدام از شاخص‌ها به تنهایی توانایی ارزیابی صحیحی از کیفیت آب نداشته و باید از ترکیب شاخص‌های زیستی برای این منظور استفاده نمود.

غنای تاکسون‌ها یکی از ساده‌ترین و قدیمی‌ترین شاخص‌های تنوع ساختار جمعیتی می‌باشد و می‌تواند انعکاس دهنده سلامت یک جامعه باشد. به عبارتی غنای تاکسون‌ها سلامت جامعه در میان تنوع آن را نشان می‌دهد که با افزایش تنوع، پایداری و کیفیت آب زیستگاه افزایش می‌یابد. این شاخص معادل کل تعداد تاکسون‌های موجود در نمونه است. هرچه سلامت جامعه بیشتر، تعداد تاکسون‌های موجود در جامعه بیشتر است.

در شاخص تنوع گونه‌ای شانون–وینر اطلاعات مربوط به تعداد گونه‌های متعلق به یک جمعیت (Richness) و فراوانی نسبی آنها (Evenness) در محاسبه تنوع لحاظ می‌شود و در حقیقت تخمینی از ترکیب جمعیت کفزیان است. این شاخص برای محاسبه تنوع زیستی در اکوسیستم‌های خشکی و آبی به طور گسترده استفاده می‌شود.

برای برآورد مقدار شاخص شانون از فرمول زیر استفاده شد:

رابطه(۱) $$H = -\sum_{i=1}^{s}(p_i Lnp_i)$$

H': شاخص شانون

S: تعداد خانواده

Pi: فراوانی نسبی خانواده i ام

جدول۱. طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص شانون وینر

شاخص تنوع شانون وینر (H')	H'<۱	H'=۱-۳	H'>۳
وضعیت آلودگی	شدیداً آلوده	نسبتاً آلوده	غیر آلوده

درصد خانواده غالب یا درصد غالبیت معادل فراوانی عددی خانواده غالب نسبت به کل موجودات حاضر در نمونه است. برای مثال چنانچه در جامعه به طور نسبی غالبیت با تعداد کمی خانواده باشد مقدار آن زیاد است، بنابراین جامعه تحت تاثیر استرس‌های محیطی است.

شاخص EPT معادل تعداد کل خانواده‌های ۳ راسته Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera در نمونه است. این شاخص غنای تاکسون‌ها در میان گروه حشراتی را نشان می‌دهد که به عنوان راسته‌های حساس به آلودگی مورد ملاحظه‌اند، بنابراین با افزایش کیفیت آب تعداد آن‌ها افزایش می یابد. یا به عبارتی دیگر هر چقدر تعداد سه راسته مذکور کاهش یابد از کیفیت منبع آبی کاسته می‌شود. برای محاسبه غنای EPT، تعداد خانواده های متعلق به این سه راسته در هر واحد نمونه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. سپس با استفاده از جدول ۲ کیفیت منبع آبی تعیین شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۲. شاخص عددی EPT و معادل کیفیت آب منابع

دسته بندی	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	فقیر
EPT	>۲۷	۲۷-۲۱	۲۰-۱۴	۱۳-۷	۶-۰

برای ارزیابی کیفیت آب در هر ایستگاه یکی از رایج‌ترین شاخص‌های زیستی HFBI می‌باشد.این شاخص از فرمول ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه ۲ $$HBI = \sum \frac{X_i t_i}{n}$$

که در آن:

X_i: تعداد افراد هر تاکسون

t_i: ارزش مقاومت هر تاکسون

n: کل تعداد ارگانیسم‌ها در یک نمونه

جدول۳. ارزیابی کیفیت آب نهرها و رودخانه‌ها با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988) در سطح خانواده

درجه آلودگی (آلی)	کیفیت آب	شاخص زیستی در سطح خانواده
آلودگی آلی وجود ندارد	عالی	۳-۰/۷۵
امکان آلودگی آلی بسیار اندک	خیلی خوب	۳/۴-۷۶/۲۵
احتمال مقدار آلودگی آلی	خوب	۴/۵-۲۶/۰
آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه	مناسب	۵/۵-۱/۷۵
آلودگی آلی قابل ملاحظه	نسبتاً صعیف	۵/۶-۷۶/۵۰
آلودگی آلی بسیار قابل ملاحظه	ضعیف	۶/۷-۵۱/۲۵
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۷/۱۰-۲۶

متداول‌ترین شاخص زیستی، شاخص BMWP است. در این روش همه گونه‌های جمع‌آوری شده در سطح خانواده (کمتاران در سطح رده) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا بتوان آن‌ها را برای استفاده در گستره بیشتری منطبق کرده و مشکلات ناشی از شناسایی گونه‌های نادرست را بر طرف نمود. سپس به هر خانواده امتیازی نسبت داده می‌شود. مقاومت هر خانواده از ماکروبنتیک‌ها به آلودگی آلی در سرعت جریان‌های مختلف، مبنای امتیازدهی می‌باشد؛ به طوری که خانواده‌ای که کم‌ترین مقاومت را در برابر آلودگی دارد بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. لازم به ذکر است که امتیازهای اصلی اختصاص داده شده به هر خانواده بر اساس مقاوم‌ترین عضو خانواده که در منطقه غالب بوده صورت گرفته و به عبارت دیگر حد پایین امتیاز هر خانواده را بیان می‌کند. در نهایت نمرات هر خانواده موجود در نمونه با هم جمع می‌شود تا امتیاز BMWP بدست آید. در جدول۴ طبقه‌بندی کیفیت آب براساس شاخص BMWP ارائه شده است.

رابطه۳ $$\frac{BMWP}{ASPT} = \sum Bn/N$$

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

B: امتیاز BMWP درسطح خانواده
n: فراوانی هر خانواده
N: کل تعداد افراد خانواده در هر ایستگاه

جدول٤. طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص BMWP

توضیح	طبقه کیفی	امتیاز کلی شاخص
آلودگی شدید	خیلی بد	۰-۱۰
آلوده یا تحت تأثیر قرار گرفته	بد	۱۱-۴۰
به صورت متوسط تحت تاثیر قرارگرفته	متوسط	۴۱-۷۰
تمیز ولی کمی تحت تاثیر قرار گرفته	خوب	۷۱-۱۰۰
غیر آلوده، تحت تاثیر قرار نگرفته	خیلی خوب	۱۰۰<

به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده ها از نرم‌افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. در بررسی‌های صورت گرفته، ابتدا از نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد، در صورت غیرنرمال بودن داده‌ها از Kruskal-Wallis Test و در ادامه و در صورت معنی‌دار بودن آنها از Mann-Whitney Test استفاده شد و چنانچه داده‌ها نرمال بودند از آزمون One Way ANOVA استفاده گردید. پس از بررسی همگنی و ناهمگنی (توسط آزمون لون) از آزمون Duncan و Dunnett T3 برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه، تنوع و تراکم ماکروبنتوزها در ۶ ایستگاه رودخانه کرج طی دو فصل تابستان و پاییز مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد. حدود ۱۰۰۸۸نمونه جاندار کفزی جداسازی و شناسایی شدند. حداقل نمونه بی‌مهرگان کفزی مربوط به ایستگاه ۳ (آدران) و در ماه شهریور(۹۲ عدد در سه تکرار) و حداکثر آن هم در ایستگاه ۴ (پل خواب) و مربوط به ماه مرداد (۱۰۷۸عدد در سه تکرار) مشاهده شدند. نتایج بررسی نمونه‌های جامعه بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده رودخانه کرج طی دوره‌ی نمونه برداری ۴ ماهه در ۶ ایستگاه، نشان‌دهنده حضور ۱۴ خانواده، ۷ راسته، ۴ رده و ۳ شاخه بود (جدول۵).

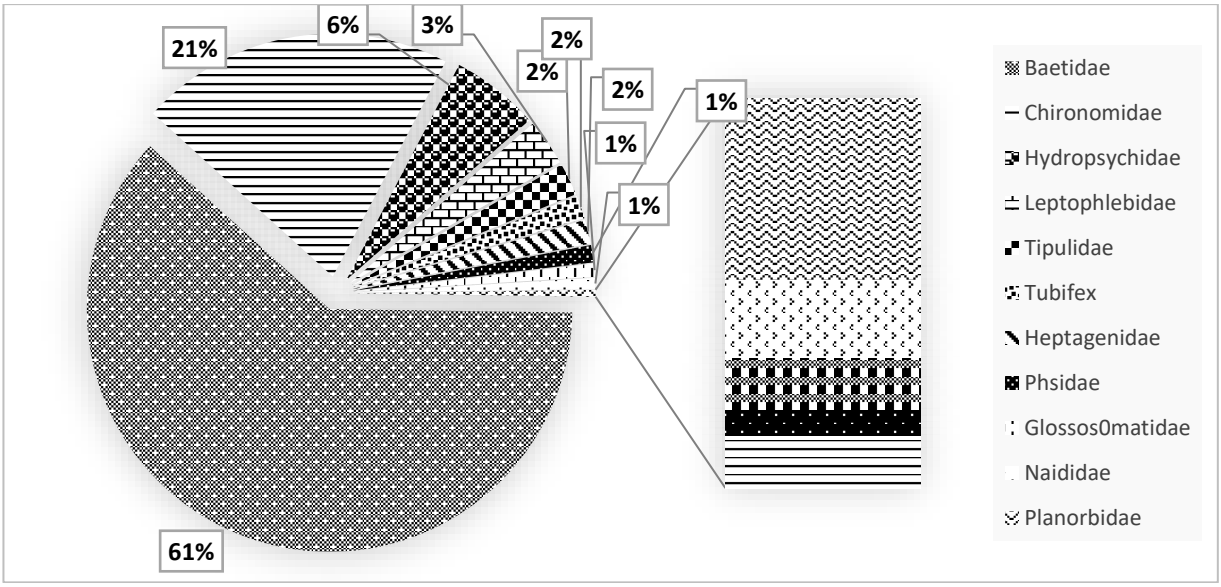
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۵. طبقه بندی ماکروبنتوزهای شناسایی شده در رودخانه کرج

شاخه	رده	راسته	خانواده	جنس
Arthropoda	Insects	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis
Arthropoda	Insects	Trichoptera	Glossosomatidae	Glossosoma
Arthropoda	Insects	Trichoptera	Hydropsychidae	
Arthropoda	Insects	Diptera	Chironomidae	
Arthropoda	Insects	Ephemeroptera	Leptophlebidae	
Annelida	Clitellata	Tubificida	Tubifex	
Arthropoda	Insects	Diptera	Blephariceridae	
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	Gyralus
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Phsidae	Physella
Arthropoda	Insects	Ephemeroptera	Heptageniidae	
Arthropoda	Insects	Diptera	Athericidae	
Arthropoda	Insects	Coleoptera	Elmidae	
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	
Arthropoda	Insects	Diptera	Tipulidae	
Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Asellidae	Caecidotea

از بین ۷ راسته شناسایی شده بیشترین فراوانی به ترتیب متعلق به راسته Ephemeroptera (یکروزه‌ها)، Diptera (دوبالان) و Trichoptera (بال موی‌داران) بود (شکل ۲). راسته یکروزه‌ها دارای بالاترین فراوانی در میان گروه‌های کفزیان بود. فراوانی آن در ایستگاه‌های بالادست به مراتب بیشتر از ایستگاه‌های پایین‌دست بود. ۳ خانواده از این راسته شناسایی شد که خانواده Baetidae بیشترین فراوانی و پراکنش را در تمامی ایستگاه‌ها دارا بود. خانواده Baetidae در تمامی ایستگاه‌ها و فصول مختلف سال مشاهده شد. این خانواده بالاترین درصد فراوانی را در میان تمامی خانواده های کفزیان دارا بود. راسته‌ی دوبالان بعد از راسته یکروزه‌ها بیشترین فراوانی را در مجموع ایستگاه‌ها دارا بود. از این راسته ۴ خانواده شناسایی شد که خانواده Chironomidae دارای بالاترین میزان فراوانی بوده و در تمام ایستگاه‌ها و فصول مشاهده شده است. سومین راسته شناسایی شده از نظر تراکم راسته بال موی‌داران می باشد. از این راسته ۲ خانواده شناسایی شد که خانواده Hydropsychidae دارای بالاترین میزان فراوانی بود.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۲. درصد فراوانی ماکروبنتوزها طی دوره بررسی در ایستگاه‌های مختلف

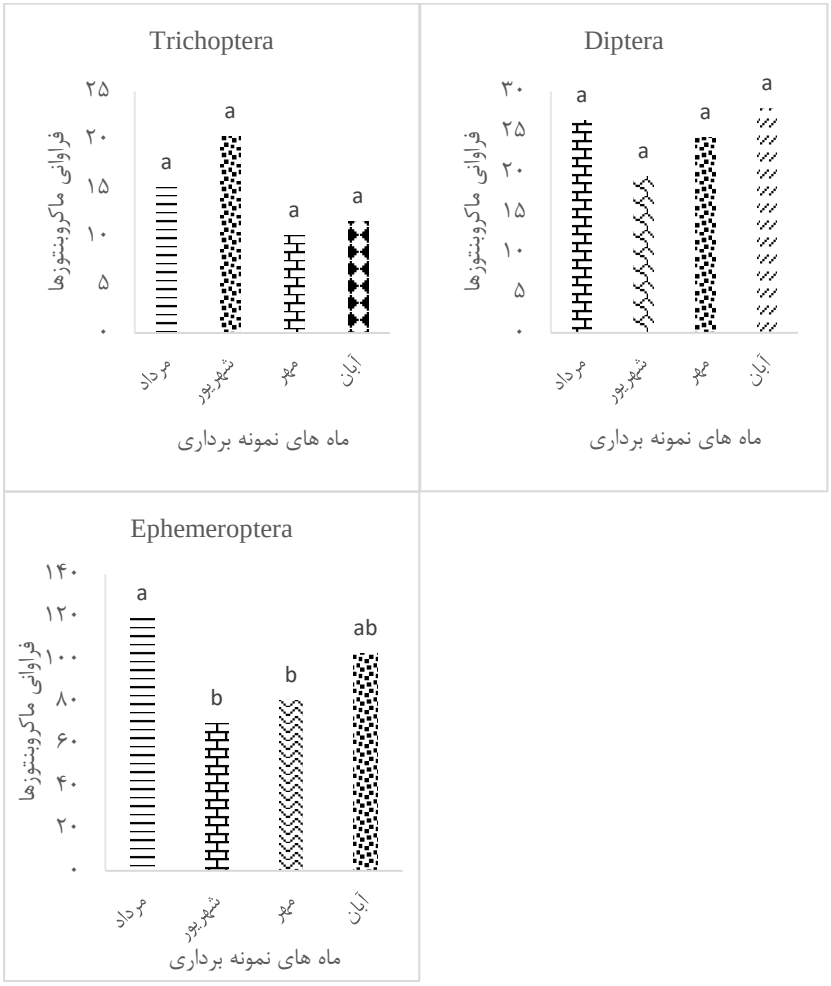
Baetidae از راسته یکروزه‌ها، در این مطالعه بیشترین درصد فراوانی را به خود اختصاص داد. بیشترین درصد فراوانی این خانواده در ایستگاه آسارا و ماه مرداد (۸۷٪) و کمترین درصد فراوانی آن در ایستگاه آدران و ماه آبان (۴۳٪) مشاهده شد.

نتایج به دست آمده برای راسته Ephemeroptera نشان داد که حداکثر میانگین فراوانی بی‌مهرگان کفزی در ماه مرداد و ایستگاه ۴ (پل خواب) و حداقل آن در ماه شهریور و ایستگاه۳ (آدران) است. آزمون Mann-Whitney test در بررسی فراوانی بی‌مهرگان کفزی از این راسته در طی ماه های مورد بررسی و ایستگاه‌های مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p\leq ۰/۰۵$).

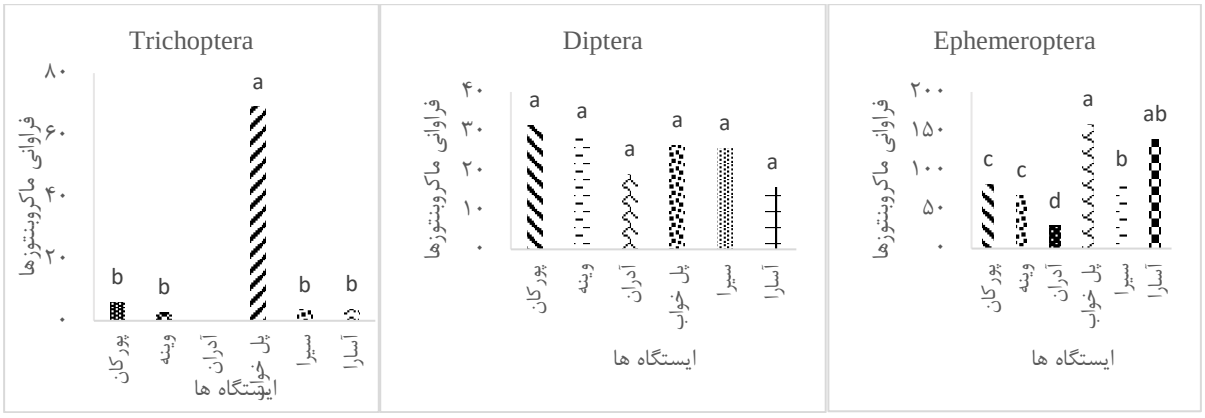
نتایج به دست آمده برای راسته Trichoptera نشان داد که حداکثر میانگین فراوانی بی‌مهرگان کفزی در ماه شهریور و ایستگاه ۴ (پل خواب) و حداقل آن در ماه مهر و ایستگاه۳ (آدران) است. در بررسی فراوانی بی مهرگان کفزی از این راسته طبق آزمون Kruskal-Wallis test در ماه‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما در ایستگاه‌های مختلف مقایسه کلی بین ایستگاه‌ها با آزمون کروسکال والیس و مقایسه دو به دو با آزمون Mann-Whitney test نشان داد که اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p\leq ۰/۰۵$).

نتایج به دست آمده برای راسته Diptera نشان داد که حداکثر میانگین فراوانی بی‌مهرگان کفزی در ماه مرداد و ایستگاه۱ (پورکان) و حداقل آن در ماه شهریور و ایستگاه۶ (آسارا) است. در بررسی فراوانی بی‌مهرگان کفزی از این راسته طبق آزمون Kruskal-Wallis test در ماه‌های مختلف و ایستگاه‌های مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq ۰/۰۵$).(شکل۳ و۴).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]



شکل۳. فراوانی راسته های Ephemeroptera(یکروزه‌ها)، Diptera (دوبالان) و Trichoptera (بال موی‌داران) در ماه‌های مختلف



شکل٤. تغییرات راسته های Ephemeroptera، Trichoptera و Diptera در ایستگاه‌های مختلف

بیشترین مقدار شاخصBMWP در ایستگاه ۴ (پل‌خواب) در ماه مرداد (۵/۶) و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۳ (آدران) و در ماه آبان (۲/۹) مشاهده شد (جدول۶).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

جدول٦ .شاخص BMWP (انحراف معیار± میانگین) در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کرج

ایستگاه / ماه	پورکان	وینه	آدران	پل خواب	سیرا	آسارا
مرداد	۳/۲۲±۰/۵۸	۳/۱۲±۰/۵۹	۳/۶۱±۰/۴۹	۵/۶۲±۰/۷۶	۳/۳۹±۰/۵۲	۴/۰۸±۰/۸۹
شهریور	۳/۴۲±۰/۶۲	۳/۶۳±۰/۷۲	۳/۶۲±۰/۷۵	۴/۰۰±۰/۶۷	۳/۳±۰/۶۵	۳/۷۵±۰/۶۳
مهر	۳/۵۷±۰/۷	۳/۱۵±۰/۵۷	۲/۹۱±۰/۵۱	۴/۲۸±۰/۶۱	۳/۸۱±۰/۷۷	۳/۶۵±۰/۸۶
آبان	۳/۵±۰/۶۸	۳/۱۸±۰/۶	۲/۹±۰/۵	۴/۵۲±۰/۶۳	۴/۵۷±۰/۷۳	۴/۲۵±۰/۸۲

بیشترین مقدار شاخص هیلسنهوف در ایستگاه ۳ (آدران) و ماه مرداد (۷/۰۷) و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۴ (پل خواب) و ماه مرداد (۳/۵۳) مشاهده شد. طبق جدول ۷ وضعیت کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه بالادست سد کرج (پل خواب، سیر و آسارا) خوب و در ایستگاه های مطالعاتی پایین دست سد کرج (پورکان، وینه و آدران)، خوب، مناسب و ضعیف نشان داده شد.

جدول ۷. شاخص هیلسنهوف (انحراف معیار± میانگین) در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کرج

ماه / ایستگاه	پورکان	وینه	آدران	پل خواب	سیرا	آسارا
مرداد	۴/۶۶±۰/۷۹	۵/۱۳±۰/۶۷	۷/۰۷±۰/۷۴	۳/۵۳±۰/۵۲	۴/۷۸±۰/۸۱	۴/۰۵±۰/۹
شهریور	۴/۷±۱/۳۳	۴/۸۴±۱/۳۴	۴/۹±۱/۳۸	۴/۳۱±۱/۱۸	۴/۷۵±۱/۳۳	۴/۳۱±۱/۱۷
مهر	۴/۴۹±۰/۸	۴/۹۵±۰/۷۹	۵/۲۴±۰/۸۵	۴/۲۶±۰/۶	۴/۳۴±۰/۷۸	۴/۴۴±۰/۸۶
آبان	۴/۵۸±۰/۸	۴/۹±۰/۷۹	۵/۱۸±۰/۹	۴/۲۷±۰/۵۹	۴/۱۵±۰/۷۱	۴/۲۸±۰/۸

ایستگاه ۴ (پل خواب) در ماه مرداد بیشترین مقدار (۹۱۹) و ایستگاه ۳ (آدران) در ماه آبان کمترین مقدار (۴۷) شاخص EPT را نشان دادند. طبق جدول ۸ هر چقدر مقدار شاخصEPT راسته‌های مذکور بیشتر باشد کیفیت منبع آبی بالاتر است، بنابراین جدول ۸ نشان می‌دهد مقدار این شاخص در ایستگاه‌های مطالعاتی بالادست سد کرج (پل خواب، سیرا و آسارا)، بیشتر از ایستگاه‌های پایین‌دست می‌باشد پس کیفیت آب در ایستگاه‌های بالادست سد بهتر است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

جدول۸ . شاخص EPT (انحراف معیار± میانگین) در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کرج

ماه / ایستگاه	پورکان	وینه	آدران	پل خواب	سیرا	آسارا
مرداد	۱۵۸/۳±۳۷/۶	۱۰۵±۲۷/۱	۴۷±۱۱/۳	۹۱۹/۷±۱۴۴/۸	۲۶۶/۳±۶۲/۹	۲۰۰±۸۲۹/۹
شهریور	۱۹۹/۳±۴۷/۳	۱۷۱/۳±۴۳/۴	۶۶/۷±۱۷/۲	۶۸۸/۷±۱۲۸	۱۸۴±۴۷/۵	۱۸۴±۴۷/۵
مهر	۳۱۴/۷±۷۶/۹	۲۹۲±۷۲	۱۰۸±۲۷/۹	۳۴۹/۷±۶۴/۴	۲۲۵±۵۶/۴	۲۷۹/۳±۷۲/۱
آبان	۱۵۸/۳±۳۷/۶	۱۰۵±۲۷/۱	۴۷/۳±۱۱/۴	۴۹۲±۸۸/۵	۳۲۹/۷±۷۰/۲	۴۰۳/۳±۹۳/۳

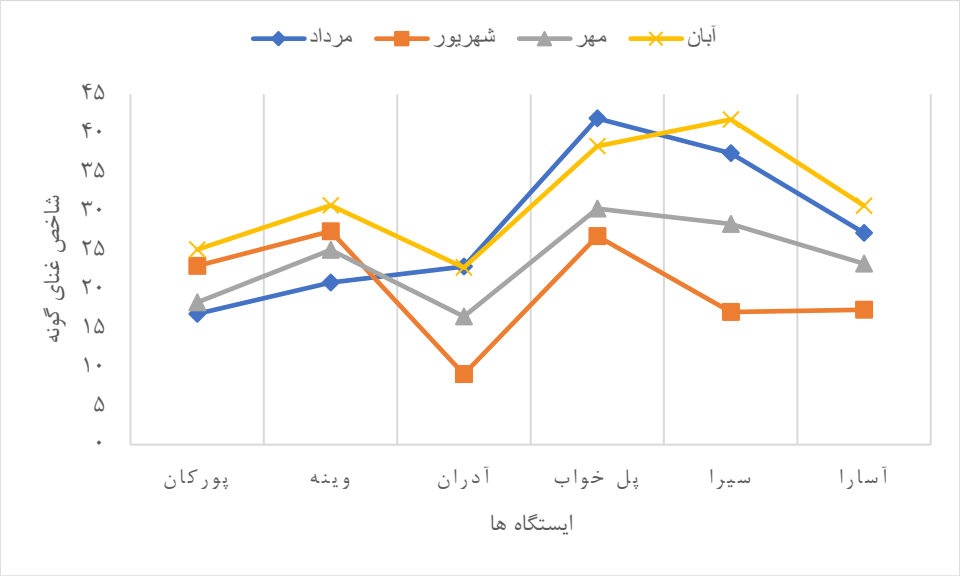
طبق جدول ۹ ایستگاه ۳ (آدران) در ماه مرداد بیشترین مقدار(۱/۶) و ایستگاه ۶ (آسارا) در ماه مرداد کمترین مقدار (۰/۵۳) شاخص شانون را نشان دادند. کیفیت آب در این ایستگاه‌ها بین نسبتا آلوده و شدیدا آلوده قرار داشت.

جدول۹. شاخص شانون وینر (انحراف معیار± میانگین) در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کرج

ماه / ایستگاه	پورکان	وینه	آدران	پل خواب	سیرا	آسارا
مرداد	۰/۸۷±۰/۱۲	۱/۱۵±۰/۱۲	۱/۶۴±۰/۱۵	۱/۴±۰/۱۳	۱/۰۲±۰/۱۲	۰/۵۳±۰/۰۶
شهریور	۰/۹±۰/۱۲	۰/۹۷±۰/۱	۰/۷۸±۰/۱۱	۱/۰۳±۰/۱۳	۰/۹۲±۰/۱۲	۱/۱۱±۰/۱۳
مهر	۰/۷۷±۰/۱۱	۰/۹۴±۰/۱۲	۰/۹۳±۰/۱۳	۱/۲۸±۰/۱۲	۰/۹۱±۰/۰۹	۰/۶۵±۰/۰۷
آبان	۰/۸±۰/۱۱	۰/۹۲±۰/۱۲	۰/۸۷±۰/۱۲	۱/۳۲±۰/۱۲	۱/۱۴±۰/۰۹	۰/۸۲±۰/۰۸

تغییرات شاخص غنای گونه‌ای نشان داد که ایستگاه ۵ (سیرا) در ماه آبان بیشترین مقدار (۴۱/۹) و ایستگاه۳ (آدران) در ماه شهریور کمترین مقدار (۹/۱) شاخص غنا را دارند (شکل ۵).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]



شکل۵. تغییرات شاخص غنای گونه‌ای طی دوره بررسی در ایستگاه‌های مختلف

بحث

بررسی‌ها نشان داد رودخانه کرج دارای بستر قلوه سنگی می‌باشد. ایستگاه پل‌خواب بیشترین فراوانی را داشت که این نتیجه در مطالعه‌ی Shokripour و Ashja ardalan (۲۰۱۷) نیز وجود داشت همچنین طبق نتایج این مطالعه کیفیت آب ایستگاه پل‌خواب به دلیل وجود راسته‌های حساس، خیلی خوب ارزیابی گردید. همچنین در ایستگاه وینه شاهد درجه کیفی خوب بودند که احتمال مقداری آلودگی آلی وجود دارد ولی با این حال تاکسون‌های حساس در این ایستگاه مشاهده شدند.

در پاییز ممکن است سیلاب‌ها باعث شسته شدن کفزیان در بستر شود و در تابستان نیز دمای مناسب و ورود مواد مغذی می‌تواند باعث فراوانی گردد این نتیجه با نتایج مطالعه Shariati و Omidi (۲۰۲۰) روی رودخانه پسیخان مطابقت داشت. همچنین در این مطالعه بیشترین فراوانی در فصل تابستان و کمترین آن در فصل پاییز مشاهده شد که نتایج ما نیز به همین صورت بود. همچنین در مطالعه‌ی Shariati و Omidi (۲۰۲۰) بیان شد که در فصل تابستان تولیدات فیتوپلانکتونی به دلیل افزایش دما زیاد می‌شود و با ریزش تولیدات، مواد غذایی بهتری در اختیار ماکروبنتوزها قرار می‌گیرد. از دلایل افزایش فراوانی می‌تواند افزایش عرض رودخانه و کاهش سرعت جریان آب در ایستگاه‌ها باشد (Mahdavi *et al*., 2010).

دما یکی از مهمترین متغیرهای فیزیکی است که روی جوامع کفزی اثرگذار می‌باشد که نتایج مطالعه Vosooghi و همکاران (۲۰۱۴) بر رودخانه کلارود این را تایید می‌کند. خنک بودن دما زیستگاه مناسبی را برای گروه‌های سرمادوست از قبیل راسته یکروزه‌ها و راسته بال موی داران فراهم می‌کند (Mccafferty, 1983). تاثیر دما در رشد و تولید مثل کفزیان در نتیجه تغییر تنوع زیستی توسط محققین زیادی گزارش شده است (Mugwanya *et al*., 2022). در رودخانه کرج دمای آب در ایستگاه‌های پایین‌دست و در ماه‌های مورد بررسی، بیشتر از ایستگاه‌های بالادست بود. دمای بالای آب در ماه‌های مرداد و شهریور باعث کاهش فراوانی در ایستگاه‌های پایین‌دست شد ولی در ایستگاه‌های بالادست دما متعادل‌تر بود به همین دلیل شاهد فراوانی بالاتری بودیم. همچنین در ماه‌های مهر و آبان با کاهش دمای آب، فراوانی ماکروبنتوزها در پایین‌دست رودخانه بیشتر مشاهده شد و این می‌تواند به دلیل متعادل بودن شرایط دمایی باشد چون در ایستگاه‌های بالادست دمای آب به حد ۱۰ درجه رسیده بود. دمای آب در ایستگاه‌های پورکان، وینه و آدران بیشتر از دمای آب در ایستگاه‌های پل خواب، ظلمسیرا و آسارا در ماه‌های مورد بررسی بود و این را می‌توان به دلیل دور شدن از محل سرچشمه دانست. در دماهای بالا فعالیت های بیولوژیکی افزایش یافته و به طبع آن مصرف اکسیژن محلول آب افزایش می‌یابد که این امر سبب کاهش تنوع زیستی می‌شود (Alizadeh *et al*., 2019). طبق

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

مطالعه‌ی Vatandoost و همکاران (۲۰۱۶) دما یکی از مهم‌ترین متغیرهای فیزیکی است که روی ساختار جمعیتی بی‌مهرگان کفزی تاثیر می‌گذارد. در فصل پاییز کاهش دما موجب افزایش اکسیژن شده و افزایش حضور خانواده های حساس ب آلودگی را به دنبال خواهد داشت. کلیه‌ی شاخص‌های مورد مطالعه در این مقاله کاهشی را از بالادست به پایین‌دست رودخانه کرج نشان داد. مطالعه‌ای توسط Rahimibashar و همکاران (۲۰۱۶) بیان شد که تغییرات فصلی و خصوصیات اکولوژیک رودخانه روی فراوانی و تنوع ماکروبنتوزها اثر داشته و در پاییز به دلیل سیلابی شدن رودخانه‌ها، کاهش فراوانی را شاهد هستیم.

تراکم راسته Ephemeroptera در بالادست رودخانه بیشتر بود که به دلیل مساعد شدن شرایط جهت رشد ماکروبنتوزها می‌باشد این موضوع در مطالعه‌ی نهر مادرسو در پارک ملی گلستان توسط Jorjani و همکاران (۲۰۰۸) و مطالعه‌ی Pazira و همکاران (۲۰۰۸) در رودخانه های دالکی و حله بوشهر و مطالعه‌ی Hertika و همکاران(۲۰۲۴) در رودخانه برانتاس اندونزی به اثبات رسید. در پایین دست رودخانه تراکم Diptera از دیگر راسته‌ها بیشتر بود این موضوع نیز با مطالعه‌ی Pazira و همکاران (۲۰۰۸) در رودخانه دالکی و حله بوشهر مطابقت داشت.

راسته‌ی Diptera و مشخصا خانواده‌ی Chironomidae از گروه‌های مقاوم به آلودگی می‌باشند به نظر می‌رسد به نوع تغذیه این گروه که فیلترکننده‌ی مواد آلی ریز معلق در آب می‌باشند مرتبط باشد (Ghane *et al.*, 2006). همچنین به طور میانگین، ۶۰ درصد از فراوانی Chironomidae در کل ایستگاه‌ها مربوط به سه ایستگاه پایین‌دست رودخانه (پورکان، وینه و آدران) و ۴۰ درصد مابقی به ایستگاه‌های بالادست تعلق داشت. مطالعه Zemo و همکاران(۲۰۲۳) در کامرون نشان داد که در آن آثار شهرنشینی و تخلیه پسماند در محیط آبی بر مشخصات محیط زیستی به طور فزاینده‌ای اثرگذار است و Chironomidae در قسمت‌های آلوده مشاهده شد. این مورد با مطالعه Shakoori و همکاران (۲۰۲۳) در رودخانه‌های قشلاق و گاوه‌رود مطابقت داشت چرا که در این مطالعه راسته Diptera در مناطقی که فعالیت‌های انسانی چشمگیر بود، بیشترین فراوانی را داشتند. همچنین این موضوع می‌تواند به دلیل تغییرات آب رودخانه پس از عبور از سد امیرکبیر و تلاقی با رودخانه هفت چشمه و منطقه شهری، وجود رستوران‌ها و ورود فاضلاب و پساب خانگی و شهری در مسیر رودخانه باشد. بنابراین می‌توان گفت افزایش نسبی گروه‌های مقاوم به آلودگی نشان دهنده‌ی اثر فشارهای محیطی به اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب و پراکنش جمعیت کفزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می‌باشد. در این رابطه مطالعه‌ای توسط Shokripour و Ashjaardalan (۲۰۱۴) در رودخانه کرج انجام شد که بیان شد هر چه به ایستگاه‌های پایین‌دست سد نزدیک می‌شویم از میزان موجودات حساس کاسته می‌شود و به مقدار گروه های مقاوم افزوده می شود. بیشترین غنای گونه‌ای به طور متوسط در ایستگاه ۴ (پل‌خواب) و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۳ (آدران) بود. هرگاه کیفیت آب زیستگاه در محل مورد مطالعه بیشتر باشد مقدار این شاخص افزایش می‌یابد (Ghane *et al.*, 2006) ، این نشان می‌دهد که شرایط و کیفیت آب در ایستگاه ۴ که در بالادست سد است مناسب‌تر از ایستگاه ۳ که در پایین‌دست قرار دارد، می‌باشد. همچنین ۵۸ درصد میانگین غنای کل در ایستگاه‌های بالادست و ۴۲ درصد مربوط به ایستگاه‌های پایین‌دست مشاهده شد در نتیجه هر چه به سمت پایین دست رودخانه می‌رویم غنای کل کاهش می‌یابد، این مورد نیز با مطالعه Shrestha و همکاران (۲۰۲۳) در نپال مطابقت داشت.

شاخص EPT سنجه‌ای دیگر می‌باشد که بر خلاف غنای کل، همه گروه های مقاوم و غیرمقاوم را شامل نمی‌شود و فقط تنوع گروه‌های حساس به آلودگی را در برمی‌گیرد (Ghane *et al.*, 2006). ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ (پورکان، وینه و آدران) دارای کمترین مقدار شاخص EPT می‌باشند و ایستگاه‌های دیگر مقدار بیشتری را به خود اختصاص دادند. در اصل حدود ۷۲ درصد شاخص EPT در تمامی ایستگاه‌ها مربوط به سه ایستگاه بالادست سد می‌باشد. نسبت EPT مطالعات در رودخانه کرج به Chironomidae در ایستگاه‌های بالادست بالاتر از ایستگاه‌های پایین دست می‌باشد و این می‌تواند نشانه‌ای از استرس محیطی باشد، نتایج مطالعاتی که توسط Ghane و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد این موضوع را تایید می‌کنند.

در آب‌های جاری که شرایط زیستی مناسب و محیط غیرآشفته دارند، شاهد فراوانی متوازن و متناسبی از گروه‌های مهم حشرات آبزی Ephemeroptera ، Plecoptera، Diptera و Trichoptera می‌باشند. بنابراین افزایش غیر متعارف تعداد Chironomidae نسبت به گروه‌های حساس (EPT) که کاهش مقدار نسبت EPT/CHIR را در پی دارد. نشانگر استرس و آشفتگی محیطی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

می‌باشد. در این میان گروه‌های متعلق به سه راسته مهم حشرات آبزی EPT که به طور متوسط قسمت اعظمی از بزرگ بی‌مهرگان کفزی را در بستر رودخانه تشکیل دادند و از آنجایی که افراد متعلق به این سه راسته عمدتا از گروه‌های حساس به تغییرات شرایط محیطی به حساب می‌آیند چنین نتیجه‌ای می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت مناسب این رودخانه باشد. با افزایش جمعیت مردم و گردشگران در پایین دست رودخانه کرج و همچنین به دنبال آن افزایش فاضلاب خانگی جمعیت خانواده Chironomidae گسترش می‌یابد (Mahdavi *et al*., 2010).

طبق شاخص درصد خانواده غالب بیشترین فراوانی مربوط به خانواده Baetidae می‌باشد. قابل ذکر است طبق مطالعاتی که توسط Mirdar و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد این راسته به عنوان شاخص آب‌های تمیز، زلال و پراکسیژن مطرح می‌باشد. به طور متوسط ۶۶ درصد از فراوانی کل این خانواده در ایستگاه‌ها، مربوط به سه ایستگاه بالادست و فقط ۳۴ درصد آن به ایستگاه‌های پایین دست تعلق داشت. این درصد در ایستگاه‌های بالادست نشان‌دهنده‌ی وجود شرایط محیطی مناسب‌تر می‌باشد و همین موضوع کیفیت مناسب‌تر آب را در بالادست رودخانه مشخص می‌کند. مطالعه Shakoori و همکاران (۲۰۲۳) در رودخانه‌های قشلاق و گاوه‌رود نیز نشان داد که در ایستگاه‌هایی با شرایط مناسب، این خانواده فراوانی بالایی را دارد و این نشان دهنده سلامت و کیفیت خوب آن ایستگاه است.

در ایستگاه‌های بالادست بیشترین تاکسون‌ها مشاهده شدند. این مورد شاید به این دلیل باشد که این سه ایستگاه در سرچشمه رود آسارا، سیرا و سرچشمه پل خواب واقع شدند و این باعث افزایش فراوانی بی‌مهرگان کفزی در این سه ایستگاه شده است. در این سه ایستگاه پوشش گیاهی مناسب‌تری نسبت به ایستگاه‌های پایین‌دست وجود دارد و به دلیل اهمیت گیاهان در مراحل چرخه زندگی ماکروبنتوزها، پوشش گیاهی نیز می‌تواند به عنوان عامل کلیدی در حضور بی‌مهرگان باشند. نتایج بررسی این موضوع با مطالعه Molazadeh (۲۰۱۴) که در رودخانه ماربر و مطالعه Sany و همکاران(۲۰۲۳) در اندونزی انجام شد مطابقت دارد. بیشترین مقدار شاخص BMWP در ایستگاه پل‌خواب و در مرداد ماه و کمترین آن در ایستگاه آدران مشاهده شد. طبق این شاخص، تمام ایستگاه‌ها در طبقه خیلی بد و آلودگی شدید قرار می‌گیرند که با مشاهدات ما با دیگر شاخص‌ها مطابقت ندارد. بررسی این شاخص در مطالعات Tabatabaei و همکاران (۲۰۱۰) کیفیت آب رودخانه حله را در سطح ضعیف ارزیابی کرد. در مطالعه Shapouri و همکاران (۲۰۱۰) نیز ارزیابی کیفی آب رودخانه گرگانرود بر اساس این شاخص در سه طبقه متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف ثبت شد. همچنین در مطالعه Mohammadi Rouzbahani و همکاران (۲۰۱۴) کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از این شاخص، در دو طبقه بسیار ضعیف و ضعیف ارزیابی شد. نتایج حاصل از میانگین شاخص BMWP در مطالعه Medupin (۲۰۲۰) نشان داد که رده کیفی بد با توجه به غالبیت گروه‌های مقاوم به آلودگی در ایستگاه ها توجیه پذیر بود. شاخص EPT/CHIR در ایستگاه‌ها بررسی گردید و مشخص شد که گونه‌های حساس نسبت به گونه‌های مقاوم در ایستگاه‌های بالادست از میزان بالاتری برخوردار است اما نتایج شاخص BMWP تمام ایستگاه‌ها را در وضعیت آلودگی شدید قرار داد که این دو شاخص اصلا با یکدیگر مطابقت ندارند. اگر شاخص EPT/CHIR، نسبت گونه مقاوم را بصورت بیشتری نشان می‌داد یا گونه‌ی غالب در تمام ایستگاه‌ها گونه‌های مقاوم بودند، در آن صورت نتایج شاخص BMWP برای ما قابل توجیه بود.

از متداولترین شاخص‌های زیستی که در ایالات متحده استفاده می‌گردد شاخص هیلسنهوف می باشد و تغییرات به گونه‌ای است که افزایش میزان آلودگی در منابع آبی با افزایش در مقدار آن همراه است. بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه ۳ (آدران) در ماه مرداد و کمترین آن در ایستگاه ۴ (پل خواب) و در ماه مرداد مشاهده شد. به طور کل ایستگاه پل‌خواب در رتبه‌ی خیلی خوب (امکان آلودگی بسیاراندک) ، ایستگاه‌های آسارا، سیرا، وینه و پورکان در طبقه بندی کیفیت خوب (احتمال مقدار آلودگی آلی) و ایستگاه آدران در رتبه‌ی مناسب (آلودگی آلی نسبتا قابل ملاحظه) ارزیابی شد. مطالعه‌ای توسط Shokripour and Ashja ardalan (۲۰۱۷) در رودخانه کرج انجام شد و در ایستگاه‌هایی که نتایج شاخص هیلسنهوف مناسب بود گروه‌های حساس بیشتری در آنجا حضور داشتند و نتیجه گرفتند آب رودخانه کرج از توان خودپالایی برخوردار است. مطالعه‌ای توسط Saeb و همکاران (۲۰۱۶) در رودخانه هزار به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات شاخص هیلسنهوف به سمت ایستگاه‌های پایین دست در حال افزایش است. با دور شدن از محل سرچشمه این اتفاق می‌افتد. در مطالعه‌ی Shariati و Omidi (۲۰۲۰) و در رودخانه پسیخان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

، شاخص هیلسنهوف این رودخانه در طبقه‌بندی کیفی خوب، متوسط و نسبتا ضعیف قرار داده شد. همچنین Mirzajani و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه بر رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی، طبقه‌بندی شاخص هیلسنهوف را در وضعیت ضعیف تا بسیار ضعیف بیان کردند.

بر اساس شاخص شانون، هر چه مقدار آن کمتر و نزدیک به صفر باشد محیط آلوده‌تر می‌باشد. همچنین افزایش میزان شاخص به بیش از ۳ نشانگر عدم آلودگی منبع آبی است. طبق این شاخص ایستگاه ۱ (پورکان) در تمام ماه‌ها، ایستگاه ۲ و ۳ (وینه و آدران) در ماه‌های شهریور، مهر و آبان، ایستگاه ۵ (سیرا) در ماه‌های شهریور و مهر، ایستگاه ۶ (آسارا) در ماه‌های مرداد، مهر و آبان در رده‌ی بسیار آلوده قرار می‌گیرند. همچنین ایستگاه ۴ (پل‌خواب) در تمامی ماه‌ها، ایستگاه وینه در ماه مرداد، ایستگاه ۳ (آدران) در ماه مرداد، ایستگاه ۵ (سیرا) در ماه مرداد و آبان و ایستگاه ۶ (آسارا) در ماه شهریور در رده‌ی نسبتا آلوده قرار می‌گیرند. بهترین شاخص شانون مربوط به ایستگاه آدران و بدترین آن مربوط به ایستگاه آسارا مشاهده شد. Shokripour and Ashja ardalan (۲۰۱۷) در شناسایی و بررسی تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه کرج تقریبا نتایجی مشابه با نتایج ما داشتند. چرا که آن‌ها هم در تمامی ایستگاه‌ها طبق این شاخص کیفیت آب رودخانه را در وضعیت نسبتا آلوده تشخیص دادند. Mooraki و همکاران (۲۰۲۲) جهت پایش کیفی آب در رودخانه کرج مبتنی بر ارزیابی زیستی کفزیان، از شاخص شانون- وینر استفاده نمودند. بر اساس شاخص تنوع شانون- وینر روند تغییرات تنوع کفزیان در چهار ایستگاه مورد مطالعه بسیار جزیی و اندک بود. همچنین Alizadeh و همکاران (۲۰۱۹) در رودخانه آجی سو کمترین میزان شاخص شانون را در فصل تابستان و بیشترین آن را در در فصل پاییز مشاهده کردند و نتیجه گرفتند که این رودخانه طبق شاخص شانون در رده کیفی آلودگی متوسط قرار دارد. Shahradnia و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای روی رودخانه قره آغاج انجام دادند، نتیجه‌ی شاخص شانون، این رودخانه را در تمام ماه‌ها و ایستگاه‌های مورد بررسی در درجه کیفی آلودگی آلی متوسط تا زیاد قرار داد. طبق مطالعه‌ای که توسط Lydy و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد نشان داد که شاخص‌های تنوع به نسبت دیگر شاخص‌ها دارای کمترین فایده در بررسی‌های کیفی می‌باشد و هیچگاه به تنهایی قادر به تعیین کیفیت آب نیستند. که این نتیجه با نتایج مطالعه ما مطابقت داشت.

طبق نتایج مطالعات دیگر مانند Khosravani و همکاران (۲۰۱۴) تنوع گونه‌ای رابطه متقابل با شاخص شانون دارد، در ایستگاه‌هایی با شاخص شانون مناسب، تنوع گونه‌ای بیشتری وجود دارد. ولی این نتایج با نتیجه‌ی مطالعات مطابقت نداشت چون در ایستگاه آدران کمترین تنوع را داشتیم. فقط در ایستگاه پل‌خواب شاخص شانون نسبتا آلوده مشاهده شد که تنوع گونه‌ای بالایی را در این مطالعه به خود اختصاص داده است. در مطالعه‌ی انجام شده شاخص شانون به تنهایی ،نتایج مربوط به کیفیت رودخانه را نشان نمی‌دهد با توجه به متفاوت بودن شاخص‌ها ، نتایج به دست آمده از شاخص‌های متنوع، همیشه مطابق با هم نخواهند بود. در مطالعات متنوع، شاخص‌هایی که تقریبا مطابق با یکدیگر هستند و نتایج مشابهی را نشان می‌دهند دارای ارزش بیشتر و قابل اطمینان‌تر هستند و تمرکز روی شاخص‌هایی است که نتایج هم سو با هم را نشان می‌دهند به همین دلیل است که در مطالعات دیگر نیز از چند شاخص استفاده می‌کنند تا نتایج دقیق‌تری را رقم بزنند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تنوع و تراکم ماکروبنتوزها در ۶ ایستگاه رودخانه کرج طی دو فصل تابستان و پاییز مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش رودخانه کرج طبق شاخص BMWP همه ایستگاه ها در طبقه کیفی خیلی ضعیف مشاهده شد. طبق شاخص زیستی هیلسنهوف وضعیت کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه بالادست سد کرج (پل خواب، سیر و آسارا) خوب و در ایستگاه های مطالعاتی پایین دست سد کرج (پورکان، وینه و آدران)، خوب، مناسب و ضعیف نشان داده شد. به نظر می رسد. کاربرد شاخص‌های زیستی مختلف در این مطالعه نشان داد شاخص زیستی هیلسنهوف شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفیت رودخانه کرج می‌باشد و طبق این شاخص،رودخانه کرج در وضعیت کیفی متوسط قرار دارد. در ایستگاه‌های پایین دست رودخانه کرج که متاثر از نشت و نفوذ فاضلاب‌های مسکونی و مراکز تفریحی و گردشگری اطراف هستند، وضعیت نامطلوبی دارند در ایستگاه‌های بالادست رودخانه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

کرج به دلیل ارتفاع بیشتر و سرعت بیشتر جریان آب، آلاینده‌ها ماندگاری کمتری دارند و این مورد نیز دلیل دیگری بر کمتر بودن تجمع آلاینده‌ها در بالادست رودخانه کرج می‌باشد. مطالعه و بررسی بیشتر کیفیت آب رودخانه کرج و پایش آن و نیز نظارت و ممانعت از ورود فاضلابهای مختلف به آن جهت کاهش بار آلودگی به رودخانه امری ضروری است

References:

Agblonon Houelome, T. M., Agbohessi, T. P., Adandedjan, D., Nechifor, R., Chikou, A., Lazar, I. M., and Laleye, P. 2022. Ecological quality of the Alibori River, northern Benin, using macroinvertebrate indicators. *African Journal of Aquatic Science*. 47(2),173-184. DOI:10.2989/16085914.2022.2044749

Alizadeh, M., Hosseini, S.A., Jafaryan, H., Ghorbani, R, and Gholizadeh, M. 2019. Evaluation seasonal distribution patterns and biodiversity of macroinvertebrates communities in Aji-Su River (Golestan province). *Journal of Animal Environment*.11(2),361-370. (in Persian).

Bagheri, S., Imanpour Namin, J., Bojkov&aacute, J and Esmaili, R.2023. Temporal and spatial variation in population structure of Ephemeroptera in relation to physicochemical properties of Tajan River- Mazandaran province). *Animal Research Journal (Iranian Biology Journal)*. 36(1),77-89 (In Persian).

Damanik-Ambarita, M. N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Nguyen, T. H. T., Forio, M. A. E., ... & Goethals, P. L. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas River basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica*, 57, 27-59. DOI:10.1016/j.limno.2016.01.001

Darvishi, P., Javanshir, A., Igdari, S., Mansari, M. 2019. Water quality assessment of Khorram Rood River using population structure of macrobenthos as a biological index. The 8th Iranian National Fisheries Conference. (In Persian).

Ghalandarzadeh, F., Rezaei Tavabe, K., Haji Seyed Mohammad Shirazi, R., and Samadi Kuchaksaraei, B. (2020). An investigation on heavy metal (cadmium, chromium, zinc) concentration changes in water and sediment, and assessing the biological value index (Z) in Karaj River. *Journal of Fisheries*, 73(2), 199-212.

Ghane, A., Ahmadi, M., Esmaili, A and Mirzajani, A. 2006. Biological assessment of Chafrood River (Gilan Province) using macrobenthic population structure. Agricultural sciences and techniques and natural resources, water and soil sciences.10(1),247-252. (In Persian).

Hertika, A. M. S., Sudaryanti, S., Musa, M., Amron, K., Putra, R. B. D. S., Alfarisi, M. A., and Halimah, M. F. (2024). Benthic macroinvertebrates as bioindicators to detect the level of water pollution in the upstream segment of Brantas River Watershed in Malang, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 25(2). DOI:10.13057/biodiv/d250222

Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*. 7(1), 65-68. DOI:10.2307/1467832

Imanpour, J. 2021. Guide to identification of running water invertebrates. Gilan University. (in Persian).

Jorjani, S., Ghalichi, A., Akrami, R and Kheirabadi, V. 2008. Assessment of the biological index of pollution and aquatic fauna of Maderso Creek, Golestan National Park. *Journal of New Technologies in Aquaculture Development*. 2(1),49-61. (In Persian).

Khatami. S.E., Riazi. B, and Modiri Asari. S.A. 2007. Investigating the quality of the Karaj River based on the diversity of macroinvertebrate families. *Environmental Science and Technology*, 9(1), 71-78.

Khosravani S, Mohammadi Zadeh F, and Yahyavi M. 2014. Biological assessment of river Haji Abad (Hormuzgan province) Using Macrobenthic Community Structure . *Journal of Aquatic Ecology*; 4 (1) :43-35. (in Persian).

Kownacki, A. and Szarek-Gwiazda, E., 2022. The Impact of Pollution on Diversity and Density of Benthic Macroinvertebrates in Mountain and Upland Rivers. *Water*, 14(9),1349. DOI:10.3390/w14091349

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

Lydy, M. J., Crawford, C. G., & Frey, J. W. 2000. A comparison of selected diversity, similarity, and biotic indices for detecting changes in benthic-invertebrate community structure and stream quality. *Archives of environmental Contamination and Toxicology*, *39*, 469-479.

Mahdavi, M., Bazrafshan, O., Javanshir, A., Mousavi Nodoushani, R. and Babapour, M. 2010. Study of the Effect of Benthic Community Structure of Taleghan River on the Determination of Water Quality. *Journal of Natural Environment* .63(1),75-91. (in Persian).

McCafferty, W. P. (1983). Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Jones & Bartlett Learning.

Medupin, C. (2020). Spatial and temporal variation of benthic macroinvertebrate communities along an urban river in Greater Manchester, UK. *Environmental Monitoring and Assessment*, *192*(2), 84.

Mezgebu, A. 2022. A review on freshwater biomonitoring with benthic invertebrates in Ethiopia. *Environmental and Sustainability Indicators*. 14,100174. DOI:10.1016/j.indic.2022.100174

Mirdar, C., Zakipour. A., Alizadeh, A, and Mousavi, S.M. 2018. The use of indicator benthic organisms to investigate the water quality of Berghan River, Tehran Province. The third specialized conference on environmental engineering. (in Persian).

Mirzajani, A.R., Daghiq Roohi, J & Mohammadi Doost, R. 2020. Investigating the distribution and density of dominant aquatic plants in the western part of Anzali Wetland. Journal of Plant Research (*Journal of Iranian Biology*) (Scientific), 33(4), 1014-1024. (In Persian).

Mohammadi Rouzbahani, M., Roghanizadegan, N., and Dehghan Mediseh, S. 2014. Investigating the water quality of the Dez river using the BMWP index. *Journal of Wetland Ecology*. 5(18), 55-66. . (In Persian).

Molazadeh N. 2014. Bioassessment of Marbor Stream quality via biological index of macro-benthos fauna. Wetland Ecobiology. *Wetland Ecobiology*, 6(19), 47-56. (in Persian).

Mooraki, N., Shapoori, M, and Nahavandi, R. 2022. Water quality monitoring in Karaj River based on benthic bioassay using Hilsenhoff Biological Index (HFBI). *Journal of Fisheries*. 75(1), 111-122. (in Persian).

Mugwanya, M., Dawood, M. A., Kimera, F., and Sewilam, H. 2022. Anthropogenic temperature fluctuations and their effect on aquaculture: A comprehensive review. *Aquaculture and Fisheries*, *7*(3), 223-243.

Niknam, E., Chamani, A., Nourouzi Mobarake, M. 2020. The water quality of Zayandeh-rood river with Macrobehthos biodiversity indexes in fall 2017 to Spring 2018. *Journal of Applied Biology*. 32(4):164-175. DOI:10.22051/jab.2019.22108.1259.

Nowruzpour, M., and Shafiei Dashtabi, A. 2019. Investigating the effects of dam construction on the river ecosystems. 4th International Conference on Applied Research in Agriculture, Natural Resources and Environment. Hamedan.

Pazira, A.R., Emami, S.M., Koohgerdi, E., Vatandoust, S and Akrami, R. 2008. The effect of some environmental factors on the biodiversity of macrobenthos of Dalki and Helle Bushehr rivers. *Journal of New Technologies in the Development of Aquaculture (Fisheries)*. 2(4),65-70. (in Persian).

Rahimibashar. M.R., Seyfereyhani, M.R., Tarabijafroodi, H., Rasta, M., Khodadoust, A and Taghipour, Sh. 2016. Investigating the water quality and production capacity of Ahrchai River (East Azerbaijan) based on large communities of benthic invertebrates. *Journal of Animal Environment*. 8(2),151-158. (in Persian).

Saeb, K., Taghavi, L., and Kazemian, H. (2016). Estimation of biological index of pollution and water quality of Haraz River using macrobenthic communities. *Ecohydrology*, 3(1), 45-53. (in Persian).

Sany, Z. M., Arisoesilaningsih, E., and Retnaningdyah, C. 2023. Evaluation of Menala River Water Quality Based on Benthic Macroinvertebrate as Bioindicator to Support Tourism in Sumbawa Island, Indonesia. *Journal of Indonesian Tourism & Development Studies*. 11(1).

Shahradnia, H., Chamani, A and Zamanpour, M. (2020). Water quality assessment of the Qara Aghaj River in Fars Province based on major benthic invertebrate indices. *Quarterly Scientific Research Journal of Al-Zahra University*.33(3), 99-110. (in Persian).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

Shakoori, M., Afraie Bandpei, M.A., Naderi, M and Karimian, E. 2023. Investigation of benthic macroinvertebrate in Gheshlagh and Gaveh River (Kurdistan Province) based on the Hilsenhoff Biological Index (HFBI). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*. 12(1),61-73. (in Persian). DOI:10.22069/japu.2022.20297.1674.

Shariati, F and Omidi, A. 2020. Investigating temporal and spatial changes of large communities of benthic invertebrates and water quality of Pasikhan River. *Scientific Journal of Iranian Fisheries.* 29(6), 85-97. (in Persian).

Shokripour, Z and Ashjaardalan. A. 2014. Identification and investigation of the diversity of macrobenthos of the Karaj River. Conference: National conference of biological technological achievements of Iran. (in Persian).

Shokripour, Z., and Ashja ardalan, A. 2017. Identify and evaluate the diversity of Macrobenthos in Karaj River. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*. 29(4) ,442-453. (in Persian).

Shrestha, P., Rai, A., Wagle, P. C., & Ghimire, S. (2023). Evaluation of Disturbance Zonation of Bagmati River System using Benthic Macroinvertebrates in the Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology*. *28*(1), 79-89. DOI:10.3126/jist.v28i1.49979.

Soufi H, Ramezani J, Rahmani M R, Nezami Balouchi B, and Davoudi S.2021. Investigation on the effects of some environmental factors on abundance and biodiversity of macrobenthos community in Karaj River. *Journal of Aquatic Ecology*. 10 (4),1-14. (In Persian).

Sripanya, J., Rattanawilai, K., Vongsombath, C., Vannachak, V., Hanjavanit, C. and Sangpradub, N., 2022. Benthic Macroinvertebrates and Trichoptera Adults for Bioassessment Approach in Streams and Wadeable Rivers in Lao People's Democratic Republic. *Tropical Natural History*. 22,12-24. DOI:10.3390/w15040625.

Sudarso, J., Suryono, T., Yoga, G. P., Samir, O., & Ibrahim, A. 2021. The Impact of Anthropogenic Activities on Benthic Macroinvertebrates Community in the Ranggeh River. *Journal of Ecological Engineering*. 22(5), 179-190.

Tabatabaei, T., Amiri, F., Pazira A.R., and Mambini, SH.2010. Study the structure and diversity of macrobenthic communities in the Helle River. *Journal of Marine Biology*, 2(1), 37-46. (in Persian).

Taghinezhad, E., Ahmadi, M.R., Kamali, A.G.H and Haghbayan, S. 2015. Ecological response of large invertebrates of Jajroud River to pollution caused by human wastes. *Renewable Natural Resources Research Journal*. 6(1), 11-23(in Persian).

Vatandoost, S., Vosooghi, A., Qolizadeh, M, and Babazadeh, M. 2016. Study of population ecology Macrobenthos River Babol (Mazandaran). *Journal of New Technologies in Aquaculture Development*. 10(2), 42-33. (in Persian).

Vosooghi, A., Babazadeh, M., and Vatandoust, S. 2014. Study the Quality of Kelaroud River (Mazandaran Privince) with Using Macroinvertebrates. *Journal of Breeding and Aquaculture Science*. 5(2), 59-72.

Zemo, M. A. T., Menbohan, S. F., Atchrimi, B. T., Betsi, W. C. N., Nwaha, M., Dzavi, J., and Lactio, N. 2023. Effect of Anthropogenic Pressure on the Biodiversity of Benthic Macroinvertebrates in Some Urban Rivers (Yaoundé). *Water*. 15(13), 2383. DOI:10.3390/w15132383.

Shapouri, M., Zooriasatein, N., Azarbad, H. 2010. Quick assessment of Gorganrood River water quality on the basis of bioindicators. Natural Resource Science and Technology. 5(3): 115 -129. (in Persian).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]