Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

Using Benthic Macroinvertebrate Population Composition for Assessing Water Quality of Karaj River (Alborz Province)

Samaneh Davoudi[1], Javad Ramezani[*2], Mohammad Reza Rahmani[3], Bagher Nezami Balouchi[4], Hanieh Soufi[5]

1. M.Sc. Graduate of Marine Environment, College of Environment, Karaj, Iran. E-mail: samanedavoodiii@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Marine Environment, College of Environment, Karaj, Iran and Dept. of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Dept. of the Environment, Tehran, Iran. E-mail: jramezani@gmail.com
3. Assistant Prof., Dept. of Marine Environment, College of Environment, Karaj, Iran and Dept. of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Dept. of the Environment, Tehran, Iran. E-mail: irandoe_rahmani@yahoo.com
4. Associate Prof., Dept. of Natural Environment and Biodiversity, College of Environment, Karaj, Iran and Dept. of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Dept. of the Environment, Tehran, Iran. E-mail: nezamibagher@gmail.com
5. M.Sc. Graduate of Marine Environment, College of Environment, Karaj, Iran. E-mail: haniehsoufi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 09.18.2023
Revised: 10.13.2023
Accepted: 10.19.2023

Keywords:
Benthic macroinvertebrate,
Bioindicator,
Changes in water quality,
Karaj River

ABSTRACT

The quality of surface waters has changed under the influence of a number of human factors to such an extent that rendered it impossible to remove pollution by only using natural filtration and purification processes. Due to their different levels of tolerance, benthic macroinvertebrates are often used as bioindicators of water quality. The present study mainly intended to examine water quality at Karaj River using benthic macroinvertebrate populations. In fall (2018) and spring (2019), the benthic macroinvertebrate populations in the river were sampled at 10 stations using Surber samplers with net mesh size of 250 ηm. We identified a total number of 7985 samples which came from 10 orders and 38 families. In fall, the greatest frequency of occurrence was that of the family Baetidae (35.6%) while the family Chironomidae had the highest frequency of occurrence (53.5%) in spring. The findings indicated different qualities at different sampling. In fall, None of the stations in fall were assigned into the poor quality category; however, in spring, the stations of Varangeh Rud, Do-Ab, Haft Cheshmeh, Kojur, and Aderan were classified as poor and bad qualities based on EPT and HFBI indicators. The findings suggested that water quality of Karaj River was relatively good in fall while exhibiting a drop in quality in spring. In addition, the findings of the present study also highlighted the importance of using bioindicators in determining water quality.

Cite this article: Davoudi, Samaneh, Ramezani, Javad, Rahmani, Mohammad Reza, Nezami Balouchi, Bagher, Soufi, Hanieh. 2025. Using Benthic Macroinvertebrate Population Composition for Assessing Water Quality of Karaj River (Alborz Province). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (4), 227-242.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21753.1817
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

استفاده از ترکیب جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی به منظور ارزیابی کیفیت آب رودخانه کرج (استان البرز)

سمانه داودی[۱]، جواد رمضانی*[۲]، محمدرضا رحمانی[۳]، باقر نظامی بلوچی[۴]، هانیه صوفی[۵]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران. رایانامه: samanedavoodiii@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران و گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران. رایانامه: jramezani@gmail.com

۳. استادیار گروه محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران و گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران. رایانامه: irandoe_rahmani@yahoo.com

۴. دانشیار گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران و گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران. رایانامه: nezamibagher@gmail.com

۵. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران. رایانامه: haniehsoufi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۷

واژه‌های کلیدی:
تغییرات کیفی آب،
درشت بی‌مهرگان کفزی،
رودخانه کرج،
شاخص زیستی

چکیده

شرایط کیفی آب‌های جاری تحت‌تأثیر عوامل انسانی طوری تغییر کرده که تصفیه طبیعی قادر به رفع آلودگی نیست. با مطالعه شرایط کیفی عوامل مؤثر تشخیص داده می‌شود. درشت بی‌مهرگان کفزی به دلیل ظرفیت تحمل متفاوت، در مطالعات شرایط کیفی آب‌ها به عنوان شاخص زیستی استفاده می‌شوند. هدف اصلی این مطالعه بررسی شرایط کیفی آب رودخانه کرج با استفاده از جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی بود. نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کفزی در دو فصل پاییز (۱۳۹۷) و بهار (۱۳۹۸) به کمک نمونه‌بردار سوربر با چشمه تور ۲۵۰ میکرون در ۱۰ ایستگاه انجام شد. تعداد ۷۹۸۵ نمونه متعلق به ۱۰ راسته و ۳۸ خانواده شناسایی شدند. در فصل پاییز بیش‌ترین فراوانی مربوط به خانواده Baetidae (۳۵/۶ درصد) و در فصل بهار مربوط به خانواده Chironomidae (۵۳/۵ درصد) بود. یافته‌ها نشان داد شرایط کیفی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری متفاوت بود. در فصل پاییز هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها در طبقه کیفی ضعیف نبودند اما در فصل بهار ایستگاه‌های وارنگه رود، دوآب، هفت چشمه، کجور و آدران براساس شاخص‌های EPT و HFBI در طبقات ضعیف و بد قرار گرفتند. بر اساس نتایج شرایط کیفی آب رودخانه کرج در فصل پاییز نسبتاً مناسب اما در فصل بهار افت

در شرایط کیفی آب دیده شد. هم‌چنین یافته‌های این مطالعه اهمیت کاربرد شاخص‌های زیستی در تعیین شرایط کیفی آب را نشان داد.

استناد: داودی، سمانه، رمضانی، جواد، رحمانی، محمدرضا، نظامی بلوچی، باقر، صوفی، هانیه (۱۴۰۳). استفاده از ترکیب جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی به منظور ارزیابی کیفیت آب رودخانه کرج (استان البرز). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۴)، ۲۴۲-۲۲۷.
DOI: 10.22069/japu.2023.21753.1817

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

آب‌های سطحی از گذشته تا به حال تحت‌تأثیر عواملی ازجمله افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، توسعه کشاورزی و صنایع قرار گرفته‌اند (۱). عوامل ذکر شده سبب شده است کیفیت آب‌های سطحی به حدی تغییر کند که تصفیه طبیعی قادر به پالایش و رفع آلودگی نباشد (۲). به همین دلیل پژوهش در مورد رودخانه‌ها که منجر به شناسایی عوامل آلوده‌کننده آن‌ها شود کمک بسیار زیادی به تشخیص شرایط کیفی آن‌ها می‌کند (۳). از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و زیستی می‌توان به‌منظور پایش شرایط کیفی رودخانه‌ها بهره جست؛ در این میان روش زیستی، به دلیل کمک به قضاوت صحیح از شرایط بوم‌سازگان، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است (٤). افزون بر آن به دلیل این‌که پارامترهای فیزیکوشیمیایی شرایط لحظه‌ای (شرایط زمان نمونه‌برداری) را نشان می‌دهند، هزینه‌بر و زمان‌بر نیز می‌باشند. در نقطه مقابل، روش‌های زیستی ضمن صرف هزینه و زمان کم‌تر، اطلاعات دقیق‌تری نیز ارائه می‌دهد. علاوه بر این موارد به کمک پایش بیولوژیکی می‌توان به شیوه‌ای ارزان و اقتصادی به طبقه‌بندی کیفی آب اقدام نمود (۵).

در میان روش‌های زیستی، استفاده از درشت بی‌مهرگان کفزی یکی از کارآمدترین و بهترین روش‌ها برای ارزیابی زیستی است (٦). درشت بی‌مهرگان کفزی جز مهم‌ترین موجودات بوم‌سازگان‌های آبی هستند که در اکثر پهنه‌های آبی یافت می‌شوند و تنوع گونه‌ای بالایی دارند. این موجودات در سطح یا درون رسوبات منابع آبی و نواحی نزدیک بستر زندگی می‌کنند و نقش‌های مهم و اساسی در جوامع آبزی دارند که از آن جمله می‌توان به نقش آن‌ها به‌عنوان منبع غذایی برای گونه‌های مختلف آبزیان و جابه‌جایی و چرخش مواد غذایی در بوم‌سازگان‌های آبی اشاره نمود. به‌طورکلی درشت بی‌مهرگان کفزی در ساختار زنجیره غذایی یک بوم‌سازگان به عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات و شاخصی برای ارزیابی کیفیت آب می‌باشند (۷).

مهم‌ترین عامل توزیع درشت بی‌مهرگان کفزی غذا است اما با این وجود تحت‌تأثیر عوامل محیطی مانند جنس بستر، مواد آلی، شوری، اکسیژن، دما، pH و... قرار می‌گیرند (۸) که به دلیل حساسیت مختلف هر گروه، الگوی توزیع و تنوع آن‌ها نیز متفاوت است. به‌طورکلی درشت بی‌مهرگان کفزی را می‌توان در چهار گروه حساس به آلودگی، نیمه حساس به آلودگی، نیمه مقاوم و مقاوم به آلودگی طبقه‌بندی کرد (۹). استفاده از آن‌ها در پایش زیستی به این صورت است که در مناطق با بار آلودگی بالا تنوع گونه‌های حساس به آلودگی کم و تنوع گونه‌های مقاوم به آلودگی بیش‌تر است (۱۰ و ۱۱).

از جمله شاخص‌های معرفی شده می‌توان به HFBI، ASPT، EPT، BMWP و... اشاره نمود. که از آن‌ها برای تعیین میزان آسیب به یک منطقه در اثر دخالت‌های انسانی، ورود مواد آلاینده و بلایای طبیعی استفاده می‌شود. شاخص‌های زیستی عبارت‌های عددی هستند که مقادیر کمی تنوع گونه‌ای را با اطلاعات کیفی مربوط به میزان حساسیت‌های اکولوژیکی هر تاکسون نسبت به دیگر تاکسون‌های درشت بی‌مهرگان کفزی ترکیب می‌کنند. برای طبقه‌بندی آلودگی نیز با توجه به سطح تحمل گونه‌های شاخص به مواد آلاینده، یک امتیاز در نظر گرفته می‌شود (۹).

از جمله شاخص‌های معرفی شده برای مطالعات ارزیابی کیفی آب می‌توان به HFBI، ASPT، EPT، BMWP و... اشاره نمود که از آن‌ها برای تعیین میزان

آسیب به یک منطقه در اثر دخالت‌های انسانی، ورود مواد آلاینده و بلایای طبیعی استفاده می‌شود. شاخص‌های زیستی عبارت‌های عددی هستند که مقادیر کمی تنوع گونه‌ای را با اطلاعات کیفی مربوط به میزان حساسیت‌های اکولوژیکی هر تاکسون نسبت به دیگر تاکسون‌های درشت بی‌مهرگان کفزی ترکیب می‌کنند. برای طبقه‌بندی آلودگی نیز با توجه به سطح تحمل گونه‌های شاخص به مواد آلاینده، یک امتیاز در نظر گرفته می‌شود (۹).

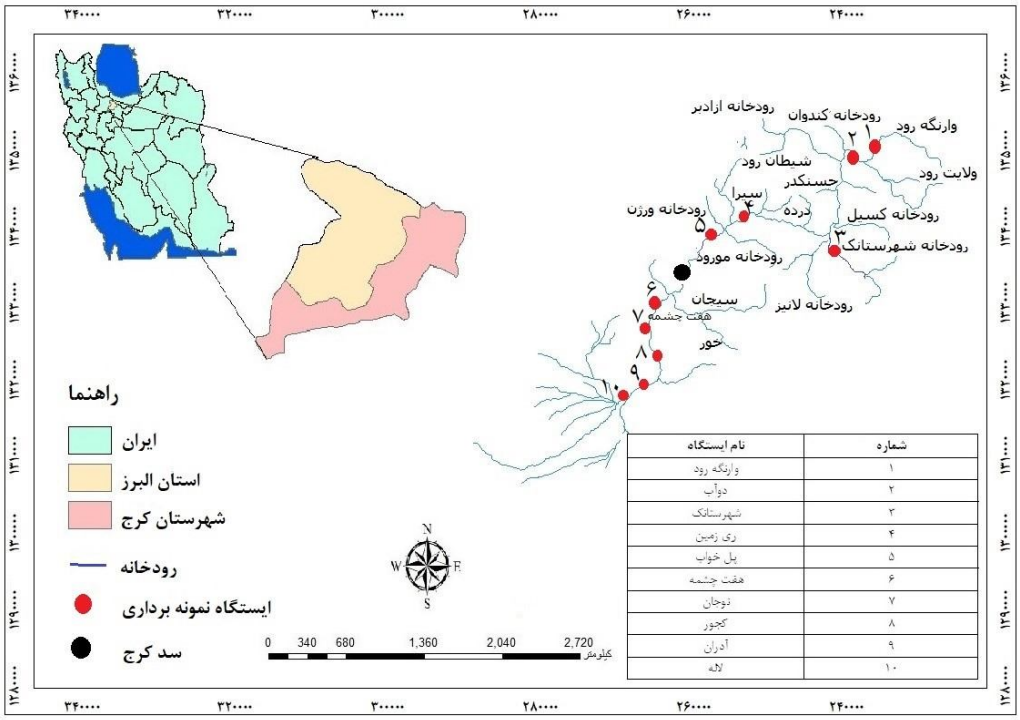
تاکنون مطالعات متعددی در خصوص پایش زیستی (در رودخانه کرج و دیگر رودخانه‌های کشور) انجام گرفته است (۱۲، ۱۳، ١٤، ۱۵ و ١٦). رودخانه کرج به دلیل تأمین بخشی از آب شرب و جایگاه مهم اکولوژیکی (زیستگاه گونه‌های حساس و در معرض خطر مثل ماهی قزل‌آلا خال قرمز)، خصوصیات و ویژگی‌های حیاتی آب آن همواره مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است (۱۷). متأسفانه به دلیل دخالت‌های انسانی خطراتی برای این رودخانه مهم ایجاد شده است. ازجمله این مخاطرات می‌توان به ساخت‌وسازهای عمرانی، عملیات شن‌برداری، استفاده‌های کشاورزی و شیلاتی، ورود آلودگی‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری اشاره نمود (۱۸ و ۱۹). با وجود این مخاطرات احتمالاً الگوی تنوع و فراوانی موجودات کفزی نیز دچار تغییر شده است؛ زیرا اختلالات مذکور موجب تغییر فاکتورهای محیطی شده و این تغییرات می‌توانند سلامت بوم‌سازگان را با مشکلات جدی مواجه کنند.

این مطالعه با هدف استفاده از شاخص‌های زیستی (درشت بی‌مهرگان کفزی) برای ارزیابی کیفی آب رودخانه کرج انجام شد. مطالعه حاضر بر روی رودخانه کرج در راستای مطالعات گذشته و به منظور ارزیابی تغییرات صورت پذیرفته طی سالیان اخیر صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: مطالعه حاضر بر روی رودخانه کرج واقع در استان البرز انجام شد. رودخانه کرج در سلسله‌کوه‌های البرز قرار گرفته است. از شمال به خط تقسیم آب رودخانه‌های حوضه آبریز دریای خزر و از مغرب به دشت قزوین منتهی می‌شود. از شرق و جنوب شرق به دشت تهران و رباط کریم و از جنوب به ارتفاعات سنگی کم ارتفاع محدود می‌شود. رژیم کلی هیدرولیک رودخانه کرج برفی- بارانی است (۱۲). رودخانه کرج از لحاظ بوم‌سازگان، آبزیان و پوشش گیاهی از رودخانه‌های مهم کشور محسوب می‌شود هم‌چنین در تأمین آب آشامیدنی استان¬های البرز و تهران نیز نقش اساسی دارد.

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری‌ها در پاییز (۱۳۹۷) و بهار (۱۳۹۸) در ۱۰ ایستگاه (با سه تکرار در هر ایستگاه) انجام شد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به پوشش گیاهی، شیب رودخانه، امکان دسترسی، سرعت جریان آب و کاربری اراضی اطراف رودخانه تعیین و مختصات جغرافیایی آن‌ها به کمک GPS مشخص شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

Figure 1. Map of sampling stations.

در هر ایستگاه ۱۱ فاکتور محیطی شامل فاکتورهای سرعت جریان آب (ms^{-1})، دبی (m^3s^{-1})، ارتفاع از سطح دریا (m)، عمق (cm)، عرض (m)، جنس بستر، مقاومت (kΩ)، دما (°C)، هدایت الکتریکی[1] (µs/cm)، کل مواد جامد محلول[2] (mg/L) و شوری (gr/L) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری متغیرهای هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول، دما، شوری و مقاومت با دستگاه Lovibond مدل Con200 انجام شد. سرعت جریان آب با روش جسم شناور (۲۰)، عمق آب (تعیین در سه نقطه و محاسبه میانگین)، عرض رودخانه به کمک متر (اندازه‌گیری در سه نقطه و محاسبه میانگین)، دبی از سرعت جریان × سطح مقطع، ارتفاع از سطح دریا با استفاده از GPS و جنس بستر با مشاهده دقیق ترکیب بستر (۲۱) و استفاده از رابطه زیر محاسبه شدند.

$$0.07\times\%boulder+0.06\times\%cobble+0.05\times\%gravel+0.04\%fine\ gravel+0.03\times\%sand \quad (۱)$$

برای نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کفزی از نمونه‌بردار سوربر با چشمه تور ۲۵۰ میکرون (ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر) استفاده شد. سوربر بر خلاف جهت جریان آب بر روی بستر رودخانه قرار گرفت و بستر رودخانه در جهت جریان آب رودخانه به دقت شسته شد. با این روش موجودات کفزی با کمک جریان آب به درون تور سوربر هدایت شدند. محتویات درون تور سوربر به دقت شستشو و در ظروف پلاستیکی حاوی الکل ۹۶ درصد تثبیت و جهت شناسایی به آزمایشگاه منتقل شدند.

1- EC
2- TDS

فعالیت‌های آزمایشگاهی: پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از لوپ و الک دارای چشمه۵۰۰ میکرون (۰/۵ میلی‌متر) مراحل جداسازی و تفکیک بی‌مهرگان انجام و به ظروف مخصوص و متعلق به همان ایستگاه نمونه‌برداری حاوی الکل ۹۶ درصد منتقل شد. نمونه‌های هر ایستگاه به کمک کلیدهای معتبر (۲۲ و ۲۳) شناسایی و فراوانی و تراکم آن‌ها نسبت به ایستگاه‌های دیگر تعیین شد. با کمک اطلاعات به‌دست آمده شاخص‌ها محاسبه و نمودار آن‌ها به کمک نرم‌افزار excel (۲۰۱۳) ترسیم شد.

شاخص‌های مورد استفاده به همراه فرمول آن‌ها در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- شاخص‌های زیستی تعیین‌کننده کیفیت آب و فرمول‌های استفاده شده.

Table 1. Biological indices for determining water quality and the formulas used.

شاخص	%EPT/Ch (۲٤)	%ch (۲٤)	%EPT (۲٥)	ASPT (۲٦)	BMWP (۲۷)	Hilsenhoff (۲۸)
فرمول	$\frac{EPT}{Ch}$	درصد لاروهای Chironomidae	تعداد کل سه راسته Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera	$\frac{BMWP}{\text{تعداد تاکسون موجود در نمونه}}$	مجموع امتیاز اختصاص داده شده به هر خانواده	HFBI= $\frac{\sum[(Tv)n]}{N}$
حساسیت به کیفیت آب	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش

طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص‌های BMWP (جدول ۲)، ASPT (جدول ۳)، EPT (جدول ٤) و هلیسنهوف (جدول ٥) گزارش شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص BMWP (۲۷ و ۲۹).

Table 2. Water quality classification based on the BMWP index [27 and 29].

توضیح	طبقه کیفی	امتیاز کلی شاخص
آلودگی شدید	خیلی بد	۰-۱۰
آلوده یا تحت‌تأثیر قرار گرفته	بد	۱۱-٤۰
به طور متوسط تحت‌تأثیر قرار گرفته	متوسط	٤۱-۷۰
تمیز ولی کمی تحت‌تأثیر قرار گرفته	خوب	۱۰۰-۷۱
غیرآلوده	خیلی خوب	۱۰۰<

جدول ۳- طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص ASPT (۲۹).

Table 3. Water quality classification based on the ASPT index [29].

ارزیابی کیفیت آب	میزان
آب تمیز	٦<
کیفیت مشکوک	٦-٥
آلودگی متوسط احتمالی	٤-٥
آلودگی شدید احتمالی	٤>

جدول ٤- طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص EPT (۲۵).

Table 4. Water quality classification based on the EPT index [25].

دسته‌بندی	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	فقیر
EPT	<۲۷	۲۱-۲۷	۱٤-۲۰	۷-۱۳	۰-٦

جدول ۵- طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص هیلسنهوف (۲۸).

Table 5. Water quality classification based on the Hilsenhoff index [28].

درجه آلودگی	کیفیت آب	HFBI
بدون آلودگی آلی	عالی	۰-۳/۷۵
احتمال مقدار ناچیزی آلودگی آلی	خیلی خوب	۳/۷٦-٤/۲۵
وجود مقداری آلودگی آلی	خوب	٤/۲٦ - ۵/۰۰
احتمال آلودگی آلی نسبتاً قابل‌توجه	متوسط	۵/۱-۵/۷۵
احتمال آلودگی آلی قابل‌توجه	نسبتاً بد	۵/۷٦-٦/۵۰
آلودگی آلی اساسی	بد	٦/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی خیلی شدید	خیلی بد	۷/۲٦-۱۰

نتایج

در مجموع تعداد ۷۹۸۵ نمونه از درشت بی‌مهرگان کفزی متعلق به ۱۰ راسته و ۳۸ خانواده شناسایی و شمارش گردید. بیش‌ترین فراوانی مربوط به حشرات آبزی بود. در فصل پاییز بیش‌ترین فراوانی مربوط به خانواده Baetidae (۳۵/٦ درصد) و در فصل بهار مربوط به خانواده Chironomidae (۵۳/۵ درصد) بود (جدول ٦). سایر جمعیت‌ها از فراوانی کم‌تری برخوردار بودند.

مقدار شاخص‌های محاسبه شده در جدول ۷ گزارش شده است. در فصل پاییز بیش‌ترین میزان شاخص EPT در ری‌زمین و کم‌ترین آن در پل‌خواب بود، هم‌چنین در فصل بهار بیش‌ترین میزان این شاخص در ایستگاه ری‌زمین و کم‌ترین آن در ایستگاه وارنگه رود بود. تغییرات درصد لاروهای Chironomidae در فصل پاییز کم‌تر از فصل بهار بود، در فصل پاییز کم‌ترین مقدار لارو در ری‌زمین و بیش‌ترین آن در ایستگاه هفت‌چشمه گزارش شد. در فصل بهار کم‌ترین میزان لارو در ری‌زمین و بیش‌ترین آن در ایستگاه وارنگه‌رود بود. میزان شاخص EPT/Ch در فصل پاییز در ایستگاه ری‌زمین بالاترین و در ایستگاه هفت‌چشمه کم‌ترین میران را دارا بود. در فصل بهار نمودار نوسانی نداشت و در تمام ایستگاه‌ها تقریباً صفر بود. میزان شاخص هلسینهوف در فصل پاییز در ایستگاه پل‌خواب بیش‌ترین میزان و در ایستگاه وارنگه‌رود کم‌ترین میزان را داشت. در فصل بهار در وارنگه‌رود، هفت‌چشمه و آدران بیش‌ترین میزان و در ایستگاه نوجان کم‌ترین میزان گزارش شد. شاخص BMWP در فصل پاییز در ایستگاه وارنگه‌رود بیش‌ترین میزان و در ایستگاه لاله کم‌ترین میزان بود. در فصل بهار در ایستگاه‌های وارنگه‌رود بیش‌ترین و در آدران کم‌ترین میزان را داشت. شاخص ASPT در فصل پاییز در ایستگاه ری‌زمین کم‌ترین مقدار و در ایستگاه لاله بیش‌ترین مقدار را داشت. در فصل بهار میزان نوسان کم‌تر بود و بیش‌ترین میزان در ایستگاه لاله و کم‌ترین میزان در ایستگاه نوجان گزارش شد (شکل ۲).

جدول ٦- درصد فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی در طول رودخانه کرج در دو فصل پاییز و بهار.

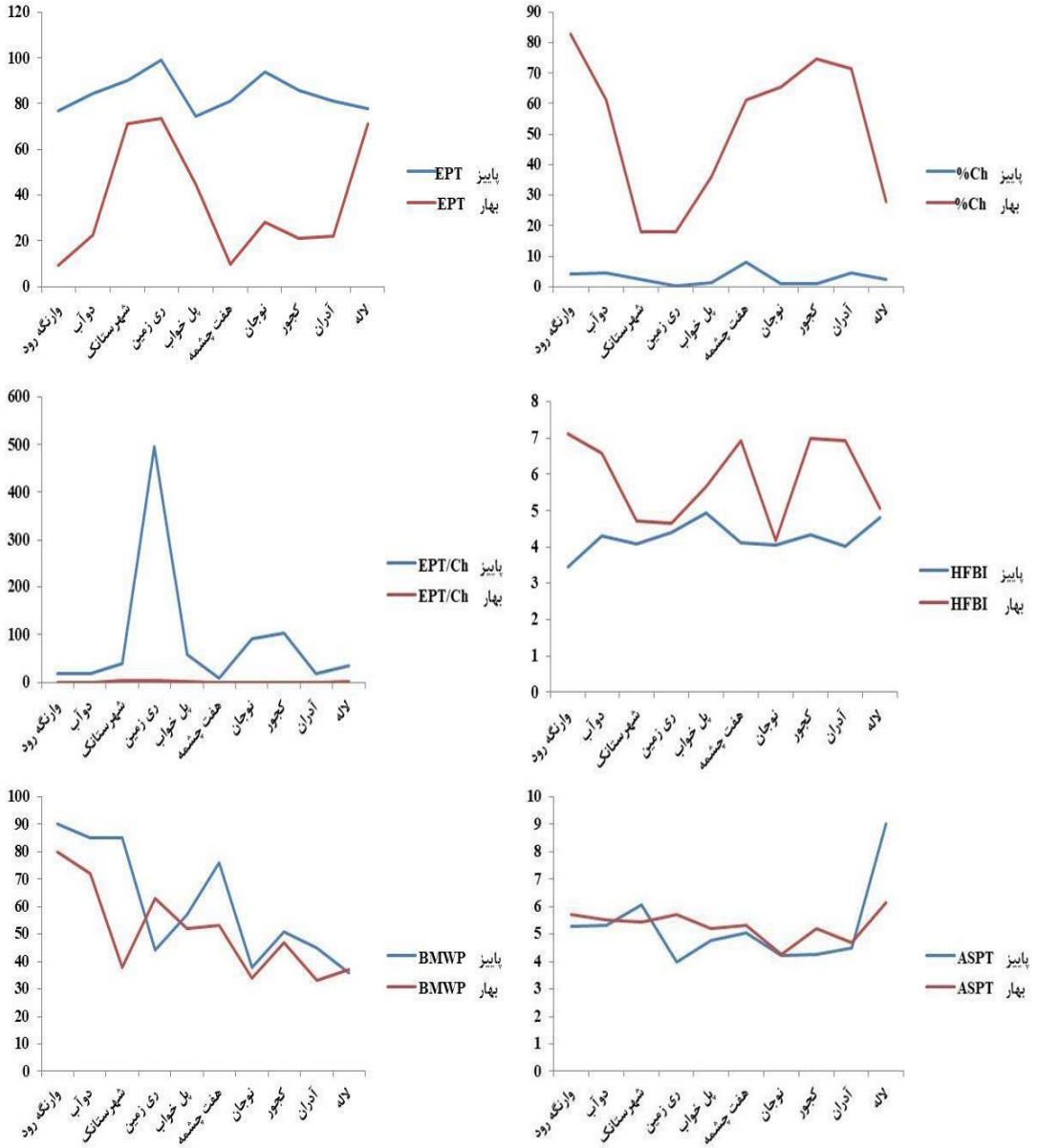
Table 6. Percentage abundance of benthic macroinvertebrates along the Karaj River during autumn and spring.

رده	راسته	خانواده	پاییز	بهار	درصد کل
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	٣٥/٦	١٤/٣	٣١/٦
Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	١٧	١٣/٣	١٦/٣
Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	٠/١	٠/١	٠/١
Insecta	Diptera	Chironomidae	٢/٣	٥٣/٥	١١/٨
Insecta	Diptera	Simuliidae	٠/٣	١/١	٠/٥
Insecta	Diptera	Limnoiidae	٠/٠٠٠١	٠	٠/٠٠٠١
Insecta	Diptera	Tipulidae	٠/٢	٠/١	٠/٢
Insecta	Diptera	Tabanidae	٠/٠٠٠١	٠/٤	٠/١
Insecta	Diptera	Athericidae	٠/٢	٠/٢	٠/٢
Insecta	Diptera	Stratiomyidae	٠/٠٠٠١	٠/١	٠/٠٠٠١
Insecta	Diptera	Empididae	٠/٠٠٠١	٠	٠/٠٠٠١
Insecta	Diptera	Psychodidae	٠/١	٠/٥	٠/٢
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	٠/١	١/٦	٠/٣
Insecta	Diptera	Blephariceridae	٠	٠/٥	٠/١
Insecta	Diptera	Pediciidae	٠/٣	٠/٥	٠/٣
Insecta	Diptera	Pyralidae	٠	٠/١	٠/٠٠٠١
Insecta	Diptera	Cylindrotomidae	٠	٠/١	٠/٠٠٠١
Insecta	Tricoptera	Hydropsychidae	٢٥/٣	١٠	٢٢/٥
Insecta	Tricoptera	Brachycentridae	٠/٠٠٠١	٠/١	٠/٠٠١
Insecta	Tricoptera	Glossosomatidae	٣/٤	٠/١	٢/٨
Insecta	Plecoptera	Taeniopterygidae	٠/٧	٠	٠/٥
Insecta	Plecoptera	Leuctridae	٠/٩	٠	٠/٧
Insecta	Plecoptera	Chloroperlidae	٠/٠٠٠١	٠	٠/٠٠٠١
Insecta	Plecoptera	Perlidae	٠	٠/٧	٠/١
Insecta	Coleoptera	Elmidae	٠/١	٠/٩	٠/٢
Insecta	Coleoptera	Nemouridae	٠/٤	٠	٠/٣
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	٠/١	٠	٠/١
Insecta	Coleoptera	Ulodidae	٠/٠٠٠١	٠	٠/٠٠٠١
Insecta	Coleoptera	Haliplidae	٠	٠/١	٠/٠٠٠١
Insecta	Coleoptera	Passandridae	٠	٠/١	٠/٠٠٠١
Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	٣/٦	٠/٥	٣
Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	٠/٠٠٠١	٠/٥	٠/١
Archnida	Hydracarina	Hydrachnidiae	٠/٢	٠/٢	٠/٢
Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	٠/٠٠٠١	٠/١	٠/٠٠١
Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	٠/٠٠٠١	٠	٠/٠٠٠١
Gastropoda	Pulmonata	Physidae	٦/٩	٠	٥/٧
Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	١/٣	٠/١	١/١
Clitellata	Hirudinida	Hirudinidae	٠/٥	٠/٢	٠/٥

جدول ۷- مقدار شاخص‌های محاسبه شده در دو فصل پاییز و بهار.

Table 7. Calculated index values during autumn and spring.

ایستگاه	مارگالف پاییز	مارگالف بهار	EPT پاییز	EPT بهار	Ch پاییز	Ch بهار	EPT/Ch پاییز	EPT/Ch بهار	HFBI پاییز	HFBI بهار	BMWP پاییز	BMWP بهار	ASPT پاییز	ASPT بهار
وارنگه‌رود	۸۹/۲۵	۷۵/۸۸	۷٦/۸۹	۹/۲۹	٤/۳۳	۸۲/۷٤	۱۷/۷۵	۰/۱۱	۳/٤۷	۷/۱۳	۹۰	۸۰	۵/۲۹	۵/۷۱
دوآب	۸۹/۲۵	۵۵/۹۲	۸٤/۷۱	۲۲/٦٤	٤/٤	٦۱/۳۲	۱۹/۲۵	۰/۳٦	٤/۳۳	٦/۵۸	۸۵	۷۲	۵/۳۱	۵/۵۳
شهرستانک	۷۲/۱۵	۲۹/۰۵	۹۰/۳٤	۷۱/۲۷	۲/۳۱	۱۸/۰۸	۳۹/۱	۳/۹٤	٤/۱	٤/۷٤	۸۵	۳۸	٦/۰۷	۵/٤۲
ری زمین	٦۰/٤	٤٦/٦	۹۹/۰٤	۷۳/۵۸	۰/۲	۱۷/۹۲	٤۹۵/۲	٤/۱	٤/٤۲	٤/٦٦	٤٤	٦۳	٤	۵/۷۲
پل خراب	۷۱/۱۷	۳٦/۵٤	۷٤/٤۷	٤٤/۸۲	۱/۲۸	۳٦/۲	۵۸/۱۷	۱/۲۳	٤/۹٦	۵/٦۸	۵۷	۵۲	٤/۷۵	۵/۲
هفت‌چشمه	٦۷/۸٦	٤۱/٤۹	۸۱/۰۸	۹/۹	۸/۱	٦۱/۳۸	۱۰	۰/۱٦	٤/۱۲	٦/۹۲	۷٦	۵۳	۵/۰٦	۵/۳
نوجان	۵۷/٦۸	۳۷/۰۳	۹۳/۹۵	۲۸/۱٤	۱/۰۳	٦۵/۳۲	۹۱/۲۱	۰/٤۳	٤/۰۸	٤/۱۸	۳۸	۳٤	٤/۲۲	٤/۲۵
کجور	٦۷/۸۷	۳۸/۹٦	۸٦/۰٤	۲۱/۳۷	۰/۸۳	۷٤/۸	۱۰۳/٦٦	۰/۲۸	٤/۳٤	٦/۹۸	۵۱	٤۷	٤/۲۵	۵/۲۲
آدران	۵۹/۰٤	۳۰/۱۸	۸۱/۳٤	۲۲/۰۷	٤/٤۸	۷۱/٤۲	۱۸/۱۵	۰/۳	٤/۰۳	٦/۹٤	٤۵	۳۳	٤/۵	٤/۷۱
لاله	۵۸/۸۸	۲۸/۷	۷۸/۰۵	۷۱/۲٤	۲/۲۷	۲۷/۷۹	۳٤/۳۸	۲/۵٦	٤/۸۲	۵/۰٦	۳٦	۳۷	۹	٦/۱٦



شکل ۲- تغییرات شاخص‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل پاییز و بهار.

Figure 2. Variations in indices at sampling stations during autumn and spring.

تغییرات کیفیت آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر اساس شاخص‌های مختلف در جدول ۸ ارائه شده است. بر اساس شاخص EPT در فصل پاییز تمام ایستگاه‌ها در شرایط کیفی عالی و در فصل بهار وارنگه‌رود و هفت‌چشمه در شرایط کیفی ضعیف دسته‌بندی شدند. بر اساس شاخص HFBI شرایط کیفی ایستگاه وارنگه‌رود در فصل پاییز عالی، در حالی‌که در فصل بهار هیچ ایستگاهی در این طبقه (عالی) دسته‌بندی نشد. براساس این شاخص ایستگاه‌های شهرستانک و ری‌زمین در طبقه خوب قرار گرفتند. بر اساس شاخص ASPT ایستگاه لاله در هر دو فصل در شرایط کیفی مطلوب و در طبقه آب تمیز طبقه‌بندی شد. ایستگاه‌ها بر اساس شاخص BMWP در دو گروه خوب و متوسط قرار گرفتند.

جدول ۸- تغییرات کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های زیستی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل پاییز و بهار.

Table 8. Changes in water quality using biological indices at sampling stations during autumn and spring.

ایستگاه / شاخص	وارنگه‌رود	دوآب	شهرستانک	ری‌زمین	پل‌خواب	هفت‌چشمه	نوجان	کجور	آدران	لاله
پاییز EPT	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی
بهار EPT	ضعیف	خوب	عالی	عالی	عالی	ضعیف	عالی	خوب	خوب	عالی
پاییز HFBI	عالی	خوب	خیلی‌خوب	خوب	متوسط	خیلی‌خوب	خوب	خوب	خیلی‌خوب	متوسط
بهار HFBI	بد	بد	خوب	خوب	متوسط	بد	خوب	بد	بد	متوسط
پاییز BMWP	خوب	خوب	خوب	متوسط	خوب	خوب	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
بهار BMWP	خوب	خوب	متوسط	خوب	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
پاییز ASPT	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	آلودگی متوسط	آلودگی متوسط	آلودگی متوسط	آلودگی متوسط	آلودگی متوسط	آلودگی متوسط	آب تمیز
بهار ASPT	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	آلودگی متوسط	مشکوک به آلودگی	آلودگی متوسط	آب تمیز

بحث

رودخانه‌ها به عنوان بیش‌ترین میزان آب شیرین در دسترس در رفع نیازهای بشر ضروری و مهم می‌باشند. لازمه حفاظت از این منابع آبی شناخت دقیق آن‌ها است. با توجه به تغییرات مداوم محیطی و تأثیر آن بر روی ساختار، ترکیب گونه‌ای و تنوع درشت بی‌مهرگان کفزی و حساسیت متفاوت این زیستمندان با تغییر در ترکیب آن‌ها (در پاسخ به تغییرات محیطی) می‌توان اطلاعات مفیدی در مورد شرایط کیفی رودخانه‌ها حاصل نمود (۱۹، ۳۰ و ۳۱).

براساس شاخص ASPT ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طبقات آب تمیز، مشکوک به آلودگی و آلودگی متوسط قرار گرفتند. در همین فصل شاخص BMWP ایستگاه‌ها را در طبقات خوب و متوسط طبقه‌بندی کرد. شاخص ASPT به دلیل اعمال اثرات اندازه نمونه و فراوانی افراد در هر تاکسون نسبت به BMWP تفاوت و برتری دارد بنابراین در مطالعات ارزیابی کیفیت آب شاخص قابل اعتمادتری است (۹). در واقع می‌توان گفت که شاخص ASPT دارای حساسیت بیش‌تری بوده و به همین دلیل تغییرات کیفی آب رودخانه را بهتر نمایان می‌سازد. شاخص EPT ایستگاه‌های نمونه‌برداری را در طبقات عالی تا ضعیف دسته‌بندی کرد. بالا بودن این شاخص نمایانگر حضور بیش‌تر خانواده‌های حساس به آلودگی و شرایط کیفی بهتر می‌باشد. شاخص HFBI نیز ایستگاه‌های نمونه‌برداری را در طبقات عالی تا بد دسته‌بندی کرد. این شاخص چون با دامنه تحمل موجودات مرتبط است، نسبت به شاخص‌های دیگر از صحت بالاتری برخوردار است. هرچه مقدار این شاخص پایین‌تر، شرایط کیفی آب مناسب‌تر و تأثیرپذیری از فعالیت‌های انسانی نیز کم‌تر می‌باشد (۱٦). در مطالعات پیشینی که بر روی رودخانه کرج انجام گردیده نیز این شاخص به عنوان یک شاخص مناسب برای ارزیابی آب رودخانه کرج معرفی شده است (۱۸).

نتایج حاصل از این پژوهش به‌طورکلی نشان داد شرایط کیفی آب در فصل بهار نسبت به پاییز نامناسب‌تر است. در فصل بهار (سال ۱۳۹۸) به دلیل وقوع سیل، تغییرات شدید بوم‌سازگان و شسته شدن گونه‌ها به‌سمت پایین فراوانی به‌شدت کاهش و به تبع

آن شاخص‌های زیستی نیز کاهش نشان دادند. در مطالعاتی که در همین بازه زمانی در رودخانه‌های دیگر کشور انجام شده نیز نتایج مشابه ارائه شده است (۳۳). در مطالعات انجام شده دیگر در رودخانه کرج نیز درفصل بهار همواره به دلیل سیلابی بودن فراوانی درشت بی‌مهرگان کفزی نسبت به سایر فصول کم‌تر گزارش شده است (۱۳ و ۱۸). از طرف دیگر در فصل سرد سال به‌دلیل خالی شدن ساکنین روستاهای اطرف، فعالیت‌های خدماتی کم‌تر و کاهش عوامل مخرب، عموماً شرایط کیفی آب مناسب‌تر است بنابراین زمینه برای حضور گونه‌های حساس به آلودگی فراهم می‌شود و شرایط کیفی آب نیز مناسب‌تر است (۱۸).

در فصل پاییز شرایط کیفی در حد قابل‌قبولی بود اما در پایین‌دست بر اساس طبقه‌بندی شاخص‌ها نسبت به بالادست کمی شرایط نامناسب‌تر بود. از بالادست به پایین‌دست گروه‌های مقاوم به آلودگی بیش‌تر و گروه‌های حساس به آلودگی کم‌تر می‌شوند. به‌نظر می‌رسد که با بیش‌تر شدن فعالیت‌های انسانی در پایین‌دست که عمدتاً هم پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های مسکونی می‌باشند، اثرات آن‌ها موجب ایجاد شرایط کیفی ضعیف‌تر در پایین‌دست شده که متأثر از نشت و نفوذ فاضلاب‌های مسکونی و مراکز تفریحی اطراف است (۱۸). در فصل بهار ضمن شرایط کیفی نامناسب‌تر نسبت به پاییز، الگوی تغییرات شرایط کیفی بر اساس شاخص‌های EPT و HFBI به این صورت بود که در بالادست، بلافاصله پس از سد و مناطق اطراف کاربری‌های انسانی در پایین‌دست در طبقات ضعیف و بد قرار گرفتند. به‌نظر می‌رسد در بالادست شسته شدن نمونه‌ها به سمت پایین ضمن کاهش فروانی سبب کاهش گونه‌های حساس به آلودگی شده باشد. کاهش گونه‌های حساس در شرایط پر تنش محیطی نیز سبب قرارگیری در طبقات کیفی ضعیف خواهد شد (۱۶). این افت شرایط کیفی بلافاصله پس از سد (امیرکبیر) نیز دیده شد. سد بوم‌سازگان رودخانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و ضمن آشفتگی بوم‌سازگان زندگی زیستمندان را نیز با چالش مواجه می‌کند. در شرایط آشفته گونه‌های مقاوم به آلودگی بیش‌تر و کیفیت آب نیز بر اساس شاخص‌های زیستی کاهش می‌یابد (۳٤). مناطق مجاور با کاربری‌های انسانی در پایین‌دست نیز، افت شرایط کیفی را نشان دادند. مضاف بر آشفتگی ناشی از سیل در این فصل تأثیرات کاربری‌های اطراف در این مناطق (افزایش بار آلودگی ناشی از پساب‌ها) سبب کاهش شرایط کیفی آب شده است. بنابراین در این محدوده حضور گونه‌های مقاوم به آلودگی نسبت به حساس به آلودگی بیش‌تر است (۳۵ و ۱٦).

در فصل پاییز فراوانی خانواده Baetidae بیش‌تر از سایر خانواده‌ها بود. با توجه به این‌که گونه‌های این خانواده جز گونه‌های حساس به آلودگی هستند به‌نظر می‌رسد شرایط کیفی مناسب‌تر و بار آلودگی کم‌تر زمینه را برای حضور این گونه‌ها فراهم کرده است (۳٦). در فصل بهار فراوانی خانواده Chironomidae نسبت به سایر خانواده‌ها بیش‌تر بود. گونه‌های متعلق به این خانواده جز گونه‌های مقاوم به آلودگی هستند. احتمالاً علت دوام این گونه‌ها در شرایط کیفی نامناسب آب نوع تغذیه آن‌ها باشد زیرا این موجودات فیلترکننده مواد آلی ریز معلق در آب هستند. عموماً آشفتگی‌های محیطی سبب تغییر شرایط کیفی و حضور گونه‌های مقاوم به آلودگی می‌شود (۳۷، ۳۸ و ۳۹).

در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۵ بر روی رودخانه کرج انجام شد، شاخص هلسینهوف (HFBI) ایستگاه‌ها را در طبقات عالی، خیلی‌خوب و خوب قرار داد. با توجه به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد آشفتگی‌های محیطی سبب تغییر شرایط کیفی آب شده باشند (۱۳).

نتایج این پژوهش نشان داد به‌طورکلی شرایط کیفی آب رودخانه کرج در دو فصل در طبقات با آلودگی خیلی خطرناک نبودند اما شرایط کیفی در فصل پاییز نسبتاً مناسب‌تر و در فصل بهار افت در شرایط کیفی آب دیده شد. در فصل پاییز هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها در طبقه کیفی ضعیف نبودند اما در فصل بهار ایستگاه‌های وارنگه‌رود، دوآب، هفت‌چشمه، کجور و آدران بر اساس شاخص‌های EPT و HFBI در طبقات ضعیف و بد قرار گرفتند. هم‌چنین شاخص ASPT نیز که به‌دلیل اعمال اثرات اندازه نمونه و فراوانی افراد در هر تاکسون نسبت به شاخص BMWP تفاوت و برتری دارد و در مطالعات ارزیابی کیفیت آب شاخص نسبتاً قابل اعتمادی می‌باشد هم در این مطالعه به‌کار گرفته شد. براساس این شاخص نیز ایستگاه‌ها در طبقات تمیز تا آلودگی متوسط قرار گرفتند. رودخانه کرج یکی از رودخانه‌های مهم و تامین‌کننده آب شرب مناطق اطراف است. بر اساس نتایج تأثیر آشفتگی‌های محیطی بر بوم‌سازگان رودخانه دیده شد. با توجه به اهمیت این رودخانه و تأثیرات کاربری‌های اطراف و فعالیت‌های انسانی باید برای کاهش این آثار سو اقدامات مدیریتی صحیح انجام داد. لازم به ذکر است استمرار مطالعاتی از این دست ضمن تعیین شرایط کیفی آب تغییرات را در طی زمان روشن می‌سازد. به‌دلیل هزینه پایین این شاخص‌ها و عدم تأثیرات لحظه‌ای (در مقایسه با پارامترهای فیزیکوشیمیایی) توصیه می‌شود به‌طور مستمر با انجام مطالعات مشابه شرایط کیفی بررسی شود و در صورت تغییرات منفی برای حفظ این بوم‌سازگان ارزشمند تصمیمات صحیح مدیریتی اتخاذ شود.

منابع

1. Karr, J. R. (1988). Rivers and sentile: uding the biology of rivers to guide landscape management. Final report for USEPK, 502-528.
2. Pour Ebrahim, Sh., & Khatami, H. (2021). Evaluation of the water quality of Qara Chai River in Markazi Province based on biological indicators and identification of future sources. Research Project, 1-110.
3. Barbone, E., Rosati, I., Reizopoulou, S., & Basset, A. (2012). Linking classification boundaries to sources of natural variability in transitional waters: A case study of benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 12, 105-122.
4. Ahmadi, M. R., & Nafissi, M. (2001). *Identification of bioindicator organisms of running waters*. Khabir Press, 244p.
5. Rosenberg, D. M. (1999). Protocoles for Masuring Biodiversity Benthic Macroinvertebrates in Fresh waters. Department of fisheries and Oceans, Fresh water Institute, Winnipeg, Manitoba. 42p.
6. Ebrahimi, A., Soufiyani Mahboobi, N., & Keyvani, Y. (2004). *Internal report of the project to study the diversity of macrobenthos of Zayandeh Rood River*. Department of natural resources. Isfahan Univ. Press, 76p.
7. Pennak, R. L. (1953). *Freshwater invertebrate of the United States*. the Ronald press company. New York. U.S.A. 769p.
8. Birara, M., Agembe, S., Kiptum, K., & Mingist, M. (2020). Distribution and composition of benthic macroinvertebrates functional feeding groups and ecosystem attributes under different land use patterns in Kipsinende River, Kenya. *International Journal of fisheries and aquqtin studies*, 8 (5), 112-119.
9. Pirali Zefrehei, A., & Ebrahimi, E. (2016). Introduction of several biological indices for the assessment of river water quality. *Journal of water and sustainable development*, 3 (2), 35-42.
10. Hynes, H. B. N. (1984). A key to adult and nymphs of the british stoneflies

(Plecoptera) with notes on development of the biological monitoring working psrty score system incorporating abundance rating, site type and indicatore value. *Water research*, 32 (2), 201-210.

11. Taghinezhad, A., Ahmadi, M. R., Kamali, R., & Haghbayan, S. (2015). Ecological response of large invertebrates of Jajroud River to human-made sewage pollution. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 6 (1), 11-24.
12. Shokripour, Z., & Ashja Ardalan, A. (2017). Identify and evaluate the diversity of macrobenthos in Karaj River. *Journal of Animal Researches*, 29 (4), 442-453.
13. Soufi, H., Ramezani, J., Rahmani, M. R., Nezami Balouchi, B., & 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.
14. Daneshfar, Sh., Ramezani, J., Rahmani, M. R., Rayegani, B., & Soufi, H. (2023). Investigation of the effects of environmental variables on biodiversity pattern and seasonal distribution of macroinvertebrates in Shahrestanak River. *Journal of utilization and cultivation of aquatics*, 11 (4), 43-59.
15. Ebrahimi, E., Fathi, P., Ghodrati, F., Naderi, M., & Pirali, A. (2017). Assessment of Tajan River water quality with the use of biological and quality indicators. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 26 (5), 139-151.
16. Shirchi Sasi, Z., Abdoli, A., & Hashemi, H. (2015). Evaluation of single- and multi-metric benthic macroinvertebrate indices for water quality monitoring, case study Jajrood River. *Journal of Natural Environment*, 68 (1), 83-93.
17. Musavi, M., & Pourebrahim, Sh., (2019). Water quality assessment based on biological monitoring of the Karaj River (Alborz province) using benthic macroinvertebrates. *Animal environment*, 11 (3), 335-344.
18. Mahmoudi, M., & Abdoli, A. (2013). Population structure of macrobenthic organisms of Shahristanak River. *The second conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems*, 1-8.
19. Mostafavi, S., Rahmani, M., Kaboli, M., & Abdoli, A. (2021). Research Article: Determinants of fish distribution pattern and habitat preference in protected Karaj River, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*; 20 (2), 410-429.
20. Hassanli, A. M. (2000). *Various methods of measuring water (Hydrometry)*. Shiraz Univ. Press, 282p.
21. Shearer, K. A., Hayes, J. W., Jowett, I. G., & Olsen, D. A. (2015). Habitat suitability curves for benthic macroinvertebrates from a small New Zealand river. *Journal of Marine and Freshwater Research (New Zealand)*, 49 (2), 178-191.
22. Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain*. 1st edition. Springer Netherlands. 153 p.
23. Gattolliat, J. L., & Nieto, C. (2009). The family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera): synthesis and future challenges. *Journal of Aquatic Insects*, 31 (1), 41-62.
24. Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, K. D., Gross, S. K., & Hughes, R. M. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water Regulations and Standards Washington D.C. EPA 440-4-89-001.
25. Wright, J. F., Sutcliff, D. W., & Furse, M. T. (2000). Assessing the biological quality of fresh waters: rivpaces and other techniques. Feresh biological association. Ambleside. United kingdom.
26. Czerniawska-Kusza, I. (2005). Comparing modified Biological Monitoring Working Party score system and several biological indices based on macroivertebrates for water-quality assessment. *Limnologica*, 35, 169-176.

27. Wally, W. J., & Hawkes, H. A. (1997). A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating. site type and indicator value. *Water Research*, 201-210.
28. Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pullotion with a family level biotic index. *Soc*. 7, 65-68.
29. Mandaville, S. M. (2002). Benthic Macroinvertebrates in Freshwater- Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Division of Water New York State. Department of Environmental Conservation. Project H-1. 128 p.
30. Bordalo, A., Nilsumranchit, W., & Chalermwat, K. (2001). Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). *Journal of Water Research*, 35 (15), 3635-3642.
31. Graham, E. S., Storey, R., & Smith, B. (2017). Dispersal distances of aquatic insects: upstream crawling by benthic EPT larvae and flight of adult Trichoptera along valley floors. *Journal of Marine and Freshwater Research (New Zealand)*, 51 (1), 146-164.
32. Shahradnia, H., Chamani, A., & Zamanpoore, M. (2020). Evaluateation of water quality of Ghareh-Aghaj River (Fars province, Iran) based on macrobenthos indices. *Journal of Applied Biology*, 33 (3), 99-110.
33. Lessard, J. L., & Hayes, D. B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River research and applications*, 19 (7), 721-723.
34. Silva, A. M., Novelli, E. L. B., Fascineli, M. L., & Almeida, J. A. (1999). Impact of an environmentally realistic intake of water contamintants and superoxide formation on tissues of rats. *Environmental Pollution*, 105(2), 243-249.
35. Abbaspour, R., Alizadeh Sabet, H. R., Hedayati Fard, M., & Mesgaran Karimi, J. (2012). Biological assessment of river cheshmekileh tonekabon (mazandaran) with use biological indicators, population structure and biomaa of large invertebrates macrobrnthic. *Journal of Aquatic Animals and Fisheries*, 2 (8), 63-75.
36. Fore, L. S., Karr, J. R., & Wisseman, R. W. (1996). Assessing invertebrate responses to human activities: evaluating alternative approaches. *Journal of the North American Benthological Society*, 15 (2), 212-231.
37. Alijani, M., Rahmani, M. R., & Ramezani, J. (2019). The effect of some environmental variables on the abundance of Caenidae and Chironomidae families in Tigris basin. The Annual International Congress of New Findings in Agricultural sciences and Natural Resources, Environment and Tourism, Tehran, Iran.
38. Soufi, H., Ramezani, J., Rahmani, M. R., & Nezami Balochi, B. (2019). Investigation of the effect of some environmental factors on the population distribution of Baetidae and Chironomidae along Karaj River. 4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz, Iran.