13 (3) 347-354, Autumn 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Assessment on bentic of Kselian River in Savadkooh Province

Razieh Khosheghbal, Maryam Shapoori*

Department of Natural Resources, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

Key Words

Identification
Distribution
Aquatic insects
Kselian River
Benthos

Abstract

Introduction: Kselian River as one of the most important water sources of Savadkooh Province, has special importance. This study consisted of the diversity and distribution of Macrobenthos on Kselian River.

Materials & Methods: In the mentioned area, a total of four study stations were selected based on environmental impact, Macrobenthos fauna samples were taken by Surber such that were repeated 3 times at each station with seasonal frequency. Samples were fixed with 4% formalin, were separated in a lab, and then identified and counted. In surveys conducted, 12 families from 5 orders of Macrobenthos were identified.

Result: The results show in the spring season had the most abundance (290 n/m^2) and in the summer season had the less abundance (150 n/m^2) of the specimen. Ephemeroptera had the most abundance (62.3 % of total) and Plecoptera had less abundance (3.4 % of total) between five classes were identified on Kselian River. During this study the average of the Shannon-Wiener diversity index was calculated 1.31, Simpson dominance species was calculated 0.28 and Margalef richness species was calculated 1.91. According to the biological values of Hilsenhoff (HFBI), the water quality status of Kselian River at stations 1 and 2 and 4 were evaluated excellent, at stations 4 was evaluated very well.

Conclusion: Overall according to the results, it was determined that aquatic insects constitute the dominant population of the benthic fauna in Kselian River.

* Corresponding Author's email: m_shapoori@iausk.ac.ir

Received: 24 June 2020; Reviewed: 5 September 2020; Revised: 11 October 2020; Accepted: 3 November 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.253426.2376

مقاله پژوهشی

ارزیابی کفزیان رودخانه کسلیان در شهرستان سوادکوه

*راضیه خوش‌اقبال، مریم شاپوری**

گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

کلمات کلیدی

شناسایی
پراکنش
حشرات آبزی
رودخانه کسلیان
کفزیان

چکیده

مقدمه: رودخانه کسلیان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب شهرستان سوادکوه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه حاضر مشتمل بر شناسایی و پراکندگی کفزیان در رودخانه کسلیان است.

مواد و روش‌ها: چهار ایستگاه مطالعاتی در این منطقه در مجموع براساس شرایط تاثیرگذاری محیطی انتخاب و فون کفزیان آن به‌صورت فصلی توسط سوربر و با سه تکرار در هر ایستگاه نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها توسط فرمالین ٤ درصد تثبیت و در آزمایشگاه جداسازی، شناسایی و شمارش گردیدند.

نتایج: در بررسی‌های انجام شده ۱۲ خانواده و ۵ رده ماکرو بنتوز شناسایی گردیدند. نتایج نشان می‌دهد در فصل بهار با ۲۹۰ عدد در مترمربع بیش‌ترین فراوانی و در فصل تابستان با ۱۵۰ عدد در مترمربع کم‌ترین فراوانی را دارا بودند. در میان ماکرو بنتوزهای شناسایی شده رده Ephemeroptera با ٦۲/۳ درصد فراوانی بیش‌ترین تعداد و Plecoptera با ۳/٤ درصد از کم‌ترین فراوانی برخوردار بودند. طی این مطالعه میانگین شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر ۱/۳۱ غالبیت گونه‌ای سیمپسون ۰/۲۸ و غنای گونه‌ای مارگالف ۱/۹۱ محاسبه شد. براساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI) وضعیت کیفی آب رودخانه کسلیان در ایستگاه‌های یک، دو و چهار عالی و ایستگاه سوم خوب ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که حشرات آبزی جمعیت جانداران غالب کفزی رودخانه کسلیان را تشکیل می‌دهند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_shapoori@iausk.ac.ir

تاریخ دریافت: ٤ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۵ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۰ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ آبان ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.253426.2376

مقدمه

رودخانه‌ها شاخص آب‌های روان هستند که در مقابل آب‌های ساکن مانند دریاچه‌ها و آبگیرها قرار دارند. با وجود وابستگی‌هایی که هر دو محیط زیست آبی با یکدیگر دارند از نظر خصوصیات زیستگاهی و عملکردی به‌شدت از هم متمایزند (نوان‌مقصودی، ۱۳۹۱). نقش بی‌مهرگان آبزی در انتقال انرژی در اکوسیستم‌های آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مطالعه جوامع بنتوزی معیار مناسبی برای ارزیابی اکولوژیک یک اکوسیستم آبی است. تنوع و تراکم ماکروبنتوزها در فصول مختلف متغیر است. در بسترهای مختلف راسته‌های مختلف بنتوزی زندگی می‌کنند. بیش‌ترین فراوانی در بین ماکروبنتوزها، مربوط به حشرات می‌باشد. حشرات در آب‌های جاری غذای اصلی ماهیان گوشت‌خوار و همه‌چیزخوار و کفزی‌را تشکیل می‌دهد. بنتوزها تحت شرایط محیطی مختلف دچار تغییرات متفاوتی در تراکم و پراکنش می‌شوند، که چسبیدن به بستر در شرایط روشنایی و یا در جریان شدید آب یکی از مهم‌ترین آن‌هاست (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۱). شناسایی ماکروبنتوزها می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد در استفاده سیستماتیک از موجودات زنده جهت ارزیابی کیفیت محیط زیست و سلامت اکوسیستم منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای ارزیابی زیستی آن است که می‌توان به کمک آن‌ها ضعف‌های موجود در زیست‌بوم را که ناشی از بروز آلودگی‌ها یا تخریب زیستگاه‌ها می‌باشد شناسایی نمود. استفاده از کفزیان به‌دلیل تحرک کم، طول عمر زیاد و غنای گونه‌ای بالا با عکس‌العمل‌های متفاوت در تبادل عوامل محیطی ازجمله عوامل اصلی در استفاده از این موجودات در ارزیابی بوم‌شناختی اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱). هم‌چنین برای تعیین کیفیت محیطی رودخانه‌ها و پایش زیستی آن‌ها به‌کار می‌روند. در این راستا موجودات شاخص و عکس‌العمل‌های زیستی آن‌ها نسبت به شرایط محیطی درنظر می‌گیرند (Rosenberg و همکاران، ۱۹۹۷). بی‌مهرگان کفزی جانوری ساکن رایج در محیط‌های آبی بوده و حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در بستر آبگیرها سپری می‌کنند (Lenat، ۱۹۹۳). مطالعات گوناگونی توسط محققان بر روی رودخانه‌های مختلفی انجام شده است. جعفری و همکاران (۱۳۹۰) ساختار جمعیتی کفزیان بزرگ رودخانه کسلیان را در استان مازندران مورد بررسی قرار دادند. آخوندنژاد و همکاران (۱۳۹۲) به مطالعه بررسی آلودگی رودخانه زرد با استفاده از جوامع کفزیان کم تاران و زالوها پرداختند. حیدری و همکاران (۱۳۹۱) به تحقیقی تحت عنوان ارزیابی زیستی رودخانه کشکان رود براساس تنوع و ساختار جمعیتی کفزیان پرداختند. از مطالعات دیگر می‌توان به رودخانه‌های دالکی و حله بوشهر (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۷)، رودخانه زرین‌گل در استان گلستان (میررسولی و قربانی، ۱۳۹۰)، رودخانه نوررود در منطقه بلده نور در استان مازندران (نوروزی و هاشمی، ۱۳۹۵)، رودخانه شیرا در هند (Archan و همکاران، ۲۰۱۵)، رودخانه دانوب (Trichkova، ۲۰۱۳) و رودخانه اروندرود (Zoriasatein و همکاران، ۲۰۱۳) اشاره کرد. رودخانه کسلیان یکی از شاخه‌های مهم و پرآب رودخانه تالار (از زیرحوضه‌های مهم حوضه جنوبی دریای خزر) که در جنوب‌شرقی مرکز شهرستان قائم‌شهر در استان مازندران جریان دارد. هم‌چنین بخشی از این رودخانه که در منطقه پناهگاه حیات وحش دودانگه مازندران جریان دارد، به‌عنوان حوزه معرف کسلیان مطرح می‌باشد. این رودخانه از کوه سامان‌سی از ارتفاعات رشته کوه البرز با ارتفاع ۱۵۹۶ متر سرچشمه می‌گیرد و آبادی‌های سنگده، پاشاکلا، مته کلا، امیرکلا و شیرگاه را مشروب ساخته و در این منطقه به رودخانه تالار می‌ریزد. این رودخانه در مسیر خود رودخانه اشک، سوخته سرا را دریافت می‌کند. منبع تغذیه رودخانه نزولات جوی بوده و در جهت جنوب‌شرق به شمال‌غرب جریان دارد. طول این رودخانه ۳۸ کیلومتر، شیب متوسط بستر آن ۵ درصد و در مناطق بی‌کربناته کلسیت جریان دارد. هدف از این مطالعه ارزیابی زیستی کفزیان رودخانه کسلیان در منطقه سوادکوه و تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه توسط شاخص‌های زیستی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در رودخانه کسلیان که یکی از شاخه‌های مهم و پر آب رودخانه تالار است و در جنوب‌شرقی مرکز قائم‌شهر در استان مازندران جریان دارد، انجام شده است. پس از بازدید اولیه از منطقه با توجه به عوامل طبیعی و یا مصنوعی موثر در وضعیت رودخانه مانند: دسترسی به شهر، روستا، پساب‌های آلاینده، امکان تفریحی و توریستی ایستگاه‌بندی آن انجام شد. بنابراین رودخانه کسلیان به ۴ ایستگاه مطالعاتی با مختصات جغرافیایی زیر (جدول ۱) تقسیم و مطالعه بر روی جوامع کفزیان و اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آن با توجه نقش تاثیرگذار این فاکتورها بر ماکروبنتوزها به‌مدت یک‌سال به‌طور فصلی انجام شد. این رودخانه دارای طول تقریبی ۵۰ کیلومتر است که در این بررسی در حدود ۴۰ کیلومتر از رودخانه توسط ایستگاه‌های تعیین شده مورد بررسی قرار گرفت. منطقه بالادست رودخانه که در بالاترین قسمت رودخانه با بستر سنگلاخی بوده و در تمامی مدت سال دارای آب شفاف است. ایستگاه دوم که در روستای سنگده قرار داشته و دارای بستر سنگلاخی بوده هم‌چنین کارخانه چوب و کاغذ فریم در این منطقه مستقر است. ایستگاه سوم در روستای کسلیان قرار داشته و دارای بستر شنی و ماسه‌ای بوده و

جدول۱: مختصات ایستگاه‌های مورد بررسی در منطقه کسلیان

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	جنس بستر	مختصات جغرافیایی	
			عرض شرقی (E)	طول شمالی (N)
۱	بالادست رودخانه	سنگلاخی	۵۳° ۲۷۲′ ۲۵″	۳۶° ۲۴′ ۱۱″
۲	منطقه سنگده	سنگلاخی	۵۳° ۰۶′ ۵۱″	۳۶° ۲۰′ ۱۵۲″
۳	روستای کسلیان	شنی – ماسه‌ای	۵۳° ۰۶′ ۵۷″	۳۶° ۴۸′ ۵۶″
۴	پایین‌دست رودخانه	شنی – ماسه ای و گلی	۵۳° ۰۶′ ۵۳″	۳۶° ۴۸′ ۵۸″

به‌منظور تاثیر فاضلاب‌ها و ورودی‌های این روستا بر رودخانه که آب منطقه را در برخی از فصول سال به‌صورت کدر کرده است، انتخاب گردید. ایستگاه چهارم در انتها و پایین‌دست رودخانه با بستری شنی، ماسه‌ای و کناره‌های گلی انتخاب گردید. نمونه‌برداری در هر ایستگاه توسط سوربر ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر با سه تکرار انجام شد. در هر نوبت نمونه‌برداری شاخص‌های محیطی مانند دما، اکسیژن، پی‌اچ و Ec اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های بنتوز جمع‌آوری شده در ظروفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری بر روی آن‌ها ثبت شده بود، متمرکز و توسط فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند. پس از جمع‌آوری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آزمایشگاه جداسازی و به‌کمک کلیدهای شناسایی معتبر (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰؛ Clifford، ۱۹۹۱) در حد گونه مورد شناسایی قرارگرفتند و از آن‌ها تصویربرداری شد. در بررسی داده‌ها از آزمون آماری ANOVA یک‌طرفه و مقایسه میانگین داده‌های دانکن با سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید. به منظور بررسی و مقایسه هر یک از ایستگاه‌ها و کفزیان و اثرات آن‌ها بر یکدیگر از نرم‌افزار Spss(ver16) استفاده شد. جهت بررسی شرایط و کیفیت آب رودخانه از شاخص هیلسنهوف (فرمول ۱) استفاده گردید. هم‌چنین شاخص‌های شانون وینر (فرمول ۲)، مارگالف (فرمول ۳) و سیمپسون (فرمول ۴) جهت تعیین تنوع، غنای گونه‌ای و غالبیت استفاده گردید.

$$H' = \sum_{i=1}^{s} \frac{Ni}{N} Ln \frac{N_i}{N} \qquad (۱)$$

H’= شاخص تنوع گونه‌ای شانون، Ni= جمعیت هر گونه، S= تعداد کل گونه‌ها و N= تعداد کل نمونه در هر گونه است (shi و همکاران، ۲۰۱۷).

$$R = \frac{S-1}{Ln\, N} \qquad (۲)$$

R= غنای مارگالف، S= تعداد گونه‌ها و N= تعداد کل نمونه در هر گونه است (He و همکاران، ۲۰۱۹).

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{S} N_i(N_i-1)}{N(N-1)} \qquad (۳)$$

D= شاخص سیمپسون، Ni= جمعیت هر گونه و N= تعداد کل نمونه در هر گونه است (Lai و همکاران، ۲۰۱۹).

$$HFBI = \sum \frac{(TV_i)N_i}{N} \qquad (۴)$$

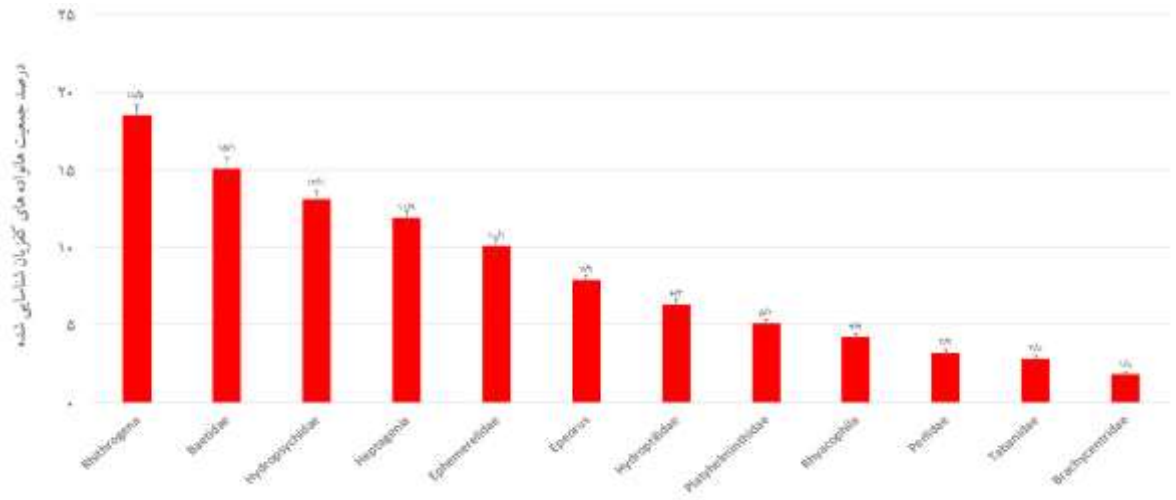
N= تعداد کل نمونه در هر گونه، TV_i= مقاومت هر نمونه در هرگونه و N_i= تعداد هر نمونه در هر گونه است (Hilsenhoff، ۱۹۸۲)

نتایج

پارامترهای فیزیکی- شیمیایی در فصول مختلف و هم‌چنین میانگین آن‌ها در **Error! Reference source not found.** مورد سنجش قرار گرفت. در این بررسی بیش‌ترین میزان اکسیژن محلول در فصل زمستان (۸ میلی‌گرم در لیتر) و کم‌ترین در فصل تابستان (۶/۲ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. تغییرات پی‌اچ از یک روند یکنواختی برخوردار بود. بیش‌ترین درجه حرارت آب در فصل تابستان (۱۹ درجه سانتی‌گراد) و کم‌ترین در فصل زمستان (۶ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد. در مدت یک‌سال بررسی و نمونه‌برداری از کفزیان رودخانه کسلیان ۱۲ خانواده شناسایی شدند که بخش عمده آن را لارو حشرات آبزی تشکیل می‌دادند (شکل ۱). بررسی درصد جمعیت خانواده‌های کفزیان شناسایی شده نشان داد: خانواده Rhithrogena با ۱۸/۵٪ دارای بالاترین درصد تشکیل‌دهنده خانواده‌های این رودخانه و Brachyocentridae با میزان ۱/۸٪ دارای کم‌ترین میزان درصد از این خانواده‌ها را تشکیل داده است. در بررسی میانگین جمعیت کفزیان نتایج به‌دست آمده نشان داد که در فصل بهار کفزیان به‌دلیل شرایط مساعد آب و هوایی و شرایط مساعد تغذیه از جمعیت بالایی برخوردارند. این میانگین در فصول زمستان، پاییز و تابستان از میزان درصد کم‌تری برخوردار بوده‌اند. در شکل میزان این درصد در فصل بهار با عدد ۲۹۰ تعداد در مترمربع نشان داده شده است. با بررسی میانگین جمعیت کفزیان (شکل ۲) مشخص شد که تراکم کفزیان در فصل بهار با حداکثر ۲۹۰ عدد در مترمربع و در پاییز با حداقل ۲۰۰ عدد در مترمربع نوسان داشته است. هم‌چنین در بررسی ایستگاه‌های نمونه‌برداری، منطقه روستای کسلیان دارای کم‌ترین جمعیت کفزیان بوده و ایستگاه سنگده با میزان ۲۶۰ تعداد

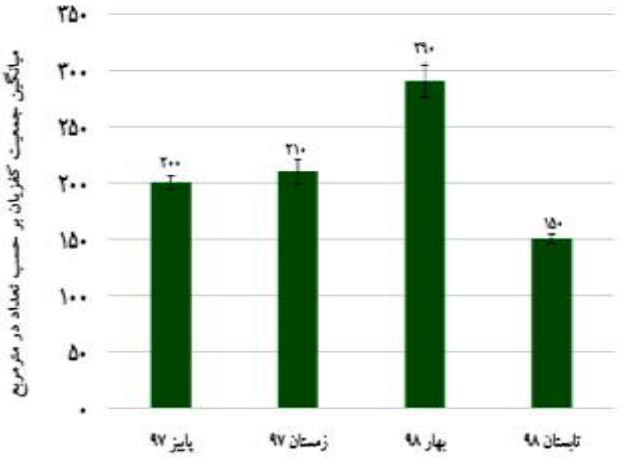
جدول۲: پارامترهای فیزیکی- شیمیایی در فصول مختلف در منطقه کسلیان

فصل نمونه‌برداری	اکسیژن (ppm)	pH	Ec (میکروموس بر سانتی‌متر)	درجه حرارت آب (درجه سانتی گراد)	درجه حرارت هوا (درجه سانتی گراد)
بهار	۷	۷/۵	۳۷۶	۱۶/۵	۲۰
تابستان	۶/۲	۷/۸	۳۴۰	۱۹	۲۷
پاییز	۷/۵	۷/۶	۳۹۰	۹	۱۰
زمستان	۸	۷/۸	۳۸۷	۶	۶/۵
میانگین	۷/۱۷	۷/۶	۳۷۳/۲۵	۱۲/۶۲	۱۵/۸۷

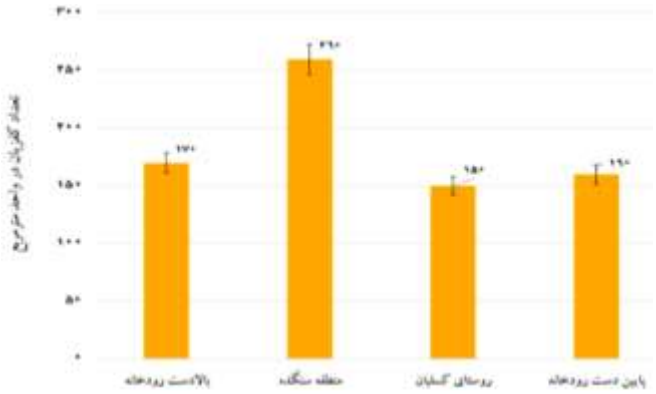


شکل ۱: درصد جمعیت خانواده‌های کفزیان شناسایی شده در رودخانه کسلیان

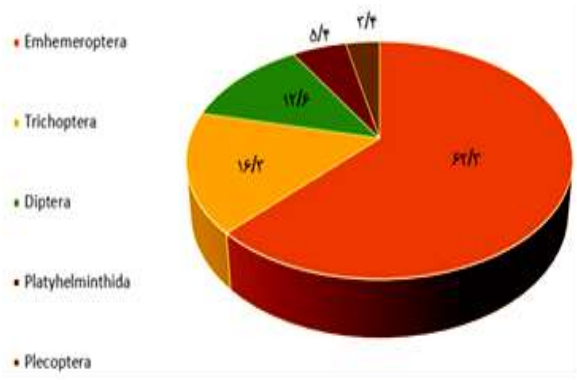
در مترمربع، ایستگاه بالادست رودخانه با میزان با میزان ۱۷۰ تعداد در مترمربع و پایین‌دست رودخانه با میزان ۱۶۰ تعداد در مترمربع به‌ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (شکل ۳). **Error! Reference source not found.** ۴ نشان می‌دهد بیش‌ترین درصد جمعیت راسته کفزیان متعلق به راسته یک‌روزه‌ها (Ephemeroptera) و سپس متعلق به راسته بال‌موداران (Trichoptera) بوده است. بقیه راسته‌ها به‌ترتیب در گروه‌های بعدی قرار گرفتند.شاخص HFBI در تمامی ایستگاه‌ها و فصول درجدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور میانگین فصول نشان می‌دهد میزان این شاخص‌ها هیچ‌کدام از مقدار ۳/۷۵ بالاتر نرفته است، بنابراین می‌توان گفت در تمامی فصول شرایط رودخانه کسلیان عالی و بدون مواد آلی بوده است.در بررسی میانگین ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه روستای کسلیان (ایستگاه سوم) که میزان شاخص HFBI بالاتر از ۳/۷۵ و به‌میزان ۴/۰۷۵ بوده، بقیه ایستگاه‌ها در شرایط مطلوب و عالی به‌سر می‌برند. درشکل ۵ تمامی شاخص‌ها در چهار فصل در ایستگاه سوم (روستای سنگده) دارای میزان بالاتر از ۳/۷۵ بوده بنابراین امکان آلودگی بسیار اندک آلی اما شرایط خوب را در این منطقه نشان می‌دهد.در بقیه ایستگاه‌ها جز در ایستگاه چهارم (پایین‌دست رودخانه) و آن هم در فصل تابستان بقیه موارد همه در شرایط مطلوب و عالی به‌سر می‌برند.درجدول ۶ فصل بهار بیش‌ترین (۱/۶۷) و پاییز کم‌ترین (۱/۰۶) شاخص شانون را نشان می‌دهد.در بررسی غالبیت سیمپسون در تمامی فصول توزیع فراوانی گونه‌ها یکنواخت بوده و نتایج به‌دست آمده به سمت صفر میل می‌کند. مارگالف بیش‌ترین عدد (۲/۶۸) در فصل تابستان و کم‌ترین عدد (۱/۱۶) در زمستان نشان می‌دهد.



شکل ۲: میانگین جمعیت کفزیان رودخانه کسلیان



شکل ۳: میانگین جمعیت کفزیان در چهار ایستگاه رودخانه کسلیان



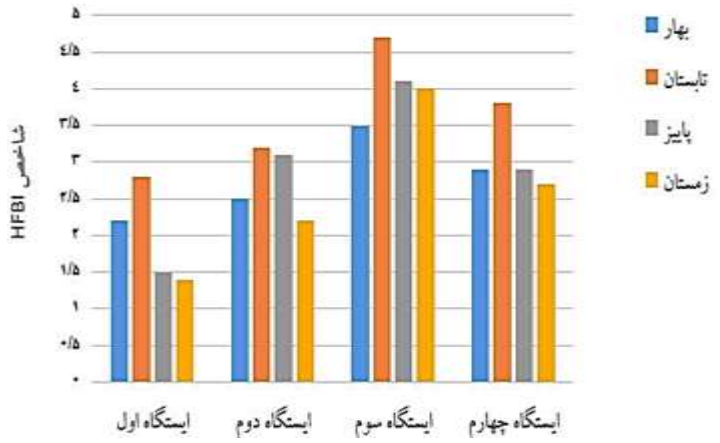
شکل ۴: درصد جمعیت راسته های کفزیان شناسایی شده در رودخانه کسلیان

جدول ۳: تغییرات شاخص HFBI در چهار ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه کسلیان

ایستگاه	فصل				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	میانگین
ایستگاه اول	۲/۲	۲/۸	۱/۵	۱/۴	۱/۹۷۵
ایستگاه دوم	۲/۵	۳/۲	۳/۱	۲/۲	۲/۷۵
ایستگاه سوم	۳/۵	۴/۷	۴/۱	۴	۴/۰۷۵
ایستگاه چهارم	۲/۹	۳/۸	۲/۹	۲/۷	۳/۰۷۵
میانگین	۲/۷۷۵	۳/۶۲۵	۲/۹	۲/۵۷۵	

جدول ۶: میانگین و انحراف معیار شاخص‌های تنوع زیستی در فصول مختلف

فصل	شاخص تنوع شانون	غالبیت سیمپسون	غنای مارگالف
بهار	۱/۶۷±۰/۱۸	۰/۱۸±۰/۰۲	۲/۳۲±۰/۱۲
تابستان	۱/۱۲±۰/۰۴	۰/۳۲±۰/۰۵	۲/۶۸±۰/۱۴
پاییز	۱/۰۶±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۷	۱/۴۸±۰/۰۶
زمستان	۱/۴۲±۰/۱۲	۰/۲۴±۰/۰۴	۱/۱۶±۰/۰۴
میانگین	۱/۳۱	۰/۲۸	۱/۹۱



شکل ۵: روند تغییرات HFBI در ایستگاه‌ها و فصول مختلف در رودخانه کسلیان

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که لارو حشرات آبزی، موجودات غالب کفزیان رودخانه کسلیان را تشکیل می‌دهد. تراکم نسبی بیش‌تر جمعیت کفزیان در فصل بهار می‌تواند به‌دلیل شرایط مساعد آب و هوایی و شرایط مساعد تغذیه کفزیان باشد که از جمعیت بالایی برخوردارند. هم‌چنین تراکم نسبی کم در فصل پاییز به‌دلیل بارندگی و شدت جریان شسته و حمل شدن نمونه‌های لاروی و افزایش دبی منوط گردد. در بررسی‌های جمالزاده و افراز (۱۳۷۴) در رودخانه شفارود نشان داده شد که حشرات آبزی غالب کفزیان بودند. جرجانی و همکاران (۱۳۸۷) نیز به نتایج مشابهی در نهر مادرسو در پارک گلستان رسیدند. در بررسی‌های انجام شده گروه‌های متنوعی از

بی‌مهرگان کفزی به‌خصوص حشرات آبزی شناسایی شده‌اند که خود دلیلی بر کیفیت مناسب رودخانه و سلامت منطقه می‌باشد. بررسی فون کفزی رودخانه کسلیان تنوع این موجودات را با ۱۳ خانواده نشان می‌دهد که به‌نظر می‌رسد درصورت بررسی‌های کیفی خصوصاً در آب‌های حاشیه‌ای و مانداب‌ها تعداد گروه‌های کفزیان افزایش یابد هم‌چنین بسیاری از رودخانه‌های موجود در دنیا که دارای شرایط اکولوژیک و اقلیمی تقریباً مشابه با رودخانه کسلیان هستند، تنوع بالایی از بی‌مهرگان کفزی را در بر می‌گیرند. در مطالعه رودخانه سرخرود نیز لارو حشرات آبزی غالب کفزیان را تشکیل می‌دهد. خانواده‌های Hydropsychida، Baetida Simulidae غالب‌ترین گروهای تشکیل دهنده کفزیان این رودخانه محسوب می‌شوند (Abbaspour و همکاران، ۲۰۱۷). در بررسی رودخانه جاجرود با استفاده از جوامع بنتیکی نشان داده شد که کیفیت آب رودخانه جاجرود در پایین‌دست مطلوب نبوده و برای بهبود کیفیت آب این رودخانه می‌بایست اقدامات مدیریتی مناسبی انجام گردد (Mehrjo و همکاران، ۲۰۲۰). رودخانه طالقان در غرب تهران با ۱۳ خانواده (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹)، رودخانه چی‌چی یاوان در تایوان با ۳۴ خانواده (Shieh و Yang، ۲۰۰۰) و بسیاری از رودخانه‌های نیکاراگوئه با میانگین ۳۸ خانواده (Fenoglio و همکاران، ۲۰۰۲) نمونه‌هایی از این رودخانه‌ها هستند. در رودخانه کسلیان از بین بی‌مهرگان کفزی، راسته یک‌روزه‌ها دارای بیش‌ترین جمعیت بوده و در مرحله بعدی بال‌موداران در جایگاه بعدی قرار دارند. لاروهای این راسته یک‌روزه‌ها آبزی بوده و یکی از مهم‌ترین گروه‌های کفزیان آب‌های شیرین را شامل می‌شوند. به‌طورکلی پوره‌ها تمایل به زندگی در دریاچه‌ها، استخرها، نهرها و رودخانه‌های غیر آلوده و پراکسیژن دارند (Mackie و Mackie، ۲۰۰۴). باتوجه به این‌که لاروها منبع غذایی مهمی برای گوشت‌خواران می‌باشند نقش بسیار مهمی در زنجیره غذایی آب‌های جاری ایفا می‌کنند. در شرایط آلودگی آلی بسیار اندک که بسیاری از گونه‌های حساس به آلودگی مانند جنس *Epeorus* و *Rithrogenia* به کلی از محیط حذف می‌شوند. تعدادی از گونه‌های خانواده Baetidae نسبت به آلودگی مقاوم می‌باشند و به طورکلی از این راسته در مطالعات تعیین کیفیت و ارزیابی زیستی آب‌ها استفاده می‌شود. در این بررسی خانواده Rhithrogena از راسته یک‌روزه‌ها و خانواده Baetidae از راسته یک‌روزه‌ها به‌عنوان گروه‌های غالب شناسایی شدند. هم‌چنین در اکثر آب‌های جاری بیش‌ترین تنوع و تراکم متعلق به این گروه از کفزیان می‌باشد (Dodds، ۲۰۰۲؛ Gillies و Navis، ۲۰۰۱). در پژوهشی که توسط جعفری و همکاران (۱۳۹۰) بر روی اجتماعات و ساختار کفزیان رودخانه کسلیان انجام شد، نتایج حاصله بیانگر غالب بودن لارو حشرات بوده و سه راسته Diptera، Ephemeroptera و Trichoptera در همه ایستگاه‌ها به‌عنوان جانداران غالب منطقه معرفی شده‌اند. هم‌چنین فراوانی خانواده شیرونومیده در بعضی از ایستگاه‌ها نشان دهنده ورود آلودگی شهری به این مناطق است. با توجه به این‌که گروه‌های متعلق به دو راسته مهم حشرات آبزی (یک‌روزه‌ها و بال‌موداران) درصد قابل ملاحظه‌ای از جمعیت کفزیان را در ایستگاه‌های مطالعاتی تشکیل داده است و هم‌چنین افراد متعلق به این دو راسته عمدتاً از گروه‌های حساس به تغییرات شرایط محیط و آلاینده‌ها محسوب می‌شوند، چنین نتیجه‌ای نیز تاییدی بر کیفیت مناسب رودخانه کسلیان می‌باشد (Maxted و همکاران، ۲۰۰۰). لاروهای راسته بال‌موداران با وجود محفظه یا پوششی که به‌وسیله تارهای ابریشمی و با استفاده از مواد موجود در زندگی‌شان مانند سنگریزه، پریفیتون، تکه‌های چوب ، شن و برگ می‌سازند به‌راحتی شناخته می‌شوند. عمدتاً جوامع بال‌موداران مانند یک‌روزه‌ها و بهاره‌ها شاخص کیفیت بالای آب رودخانه‌ها و نهرها می‌باشند. دوبالان راسته بعدی که از نظر جمعیت در رتبه بعدی قرار گرفته است. از نظر گونه‌ای بیش‌ترین تعداد حشرات آبزی مربوط به این راسته است که حدود ۴۰ درصد جمعیت بی‌مهرگان کفزی را در رودخانه‌ها تشکیل می‌دهند (Hilsenhoff، ۱۹۸۲). با توجه به اینکه رودخانه کسلیان از نظر کیفیت دارای درجه عالی بوده و عاری از مواد آلی بوده است درصد تشکیل‌دهنده این راسته در این رودخانه کم بوده است. کاربرد شاخص HFBI در دو دهه اخیر در تمام نقاط دنیا به‌عنوان یک شاخص زیستی جهت پایش سریع کیفیت آب رودخانه‌هایی که در مناطق مختلف و با شرایط اقلیمی متفاوت (معتدله-گرمسیری سردسیری) قرار دارند استفاده می‌شوند. Fenoglio و همکاران (۲۰۰۲) تحقیقی بر روی کیفیت آب ۷ رودخانه (به‌عنوان رودخانه‌های مناطق معتدله) در جنوب‌شرقی نیکاراگوئه (ریسون جون) صورت گرفت که علاوه بر شاخص HFBI از ۶ شاخص دیگر جهت ارزیابی کیفیت آب استفاده شد. نتایج شاخص HFBI در این ۷ رودخانه از مقدار عددی ۴/۷۲ تا ۷/۸۰ متغیر بوده و به‌طور میانگین از مقدار عددی ۵/۴۲ کیفیت آب این رودخانه نسبتاً خوب ارزیابی گردید. Peckarsky و Peitz (۲۰۰۳) تحقیقی درخصوص کیفیت آب رودخانه pipestone creek (یکی از انشعابات رودخانه Big Sioux که از جنوب غرب سوتا تا جنوب‌شرقی داکوتای جنوبی امتداد دارد) ارائه گردید. در این تحقیق مقایسه‌ای بین کیفیت آب این رودخانه براساس شاخص HFBI همراه با ۵ شاخص دیگر در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ به‌عمل آمد. نتایج بررسی‌ها در این ۱۲ سال توسط شاخص HFBI با مقادیر عددی ۵/۵۹-۴/۶۷ نشان داد که کیفیت آب رودخانه pipestone از خوب تا نسبتاً خوب نوسان داشته است. Shirley (۲۰۰۵) تحقیقی بر کیفیت آب رودخانه Peterhead (به‌عنوان رودخانه سرد شمالی) در کانادا براساس شاخص تنوع Shannon و شاخص زیستی HFBI

انجام داد که طی آن شاخص HFBI با دامنه عددی ۳/۷۵-۰/۰۰ بیانگر شرایط عالی آب این رودخانه بود. در این مطالعه از عوامل مورد استرس در طول رودخانه کارخانه چوب فریم می‌باشد و تاثیر خروجی این کارخانه تا حدودی بر این محیط موثر بوده است، از جمله عدم نمونه‌های Plecoptera شاید تا حدودی به این مساله بر می‌گردد. پساب‌ها و خروجی‌ها یکی از عوامل موثر در تغییر در ساختار و ترکیب جمعیت کفزیان است (Lenat، ۱۹۸۸). غالب بودن راسته Diptera نشانگر تغییرات حاصله از عوامل محیطی رودخانه است (ایستگاه ۳). این راسته با حفظ ساختار کلی خود مواد آلی موجود را مصرف نموده و فشارهای زیست محیطی حاصل را خنثی می نمایند (Pipan، ۲۰۰۰). در بررسی شاخص تنوع شانون عدد به‌دست آمده در تمامی فصول نشان‌دهنده شرایط نسبتاً متوسط بوده است و تفاوت معنی‌داری در اعداد به‌دست آمده مشاهده نشد (Kim و همکاران، ۲۰۱۹). نتیجه شاخص سیمپسون درجه غالبیت را نشان می‌دهد. معمولاً هرچه غالبیت یک گونه در اجتماع بیش‌تر باشد، این مقدار به سمت یک میل می‌کند و برعکس هرچه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، این مقدار به سمت صفر میل می‌کند. در بررسی داده‌های به‌دست آمده توزیع فراوانی افراد یکنواخت بوده و به سمت صفر میل می‌نماید (Etemi و همکاران، ۲۰۲۰). طبق شاخص مارگالف بیش‌ترین و کم‌ترین غنای گونه‌ای در فصل تابستان و زمستان بوده است. مارگالف یکی از شاخص‌های غنای کل گروه‌های کفزیان شناسایی شده است. هرقدر کیفیت آب و زیستگاه مورد بررسی بهتر باشد مقدار این شاخص بیش‌تر است. شاخص غنای کل یک اکوسیستم گویای وضعیت و شرایط آن اکوسیستم است. بنابراین طبق نتایج، شرایط تقریباً بهتر را در تابستان نشان می‌دهد (Asiedu و Iyiola، ۲۰۲۰). در مطالعه رشت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹) کیفیت آب رودخانه فوشه در استان گیلان با استفاده از شاخص هیلسنهوف و شاخص تنوع شانون بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از این شاخص نشان داد آب رودخانه فوشه در وضعیت کیفی خوب قرار دارد. در بررسی شاخص شانون تنوع بی‌مهرگان نشان‌دهنده وضعیت مناسب آب رودخانه بوده است. در این بررسی بالادست رودخانه کسلیان براساس شاخص HFBI (۱/۹۷۵) در محدوده کیفیت آب عالی می‌باشد. میان‌دست رودخانه کسلیان (منطقه سنگده) براساس شاخص HFBI (۲/۷۵) در محدوده کیفیت عالی قرار گرفت. ایستگاه روستای کسلیان که براساس شاخص HFBI (۴/۰۷۵) در محدوده کیفیت آب خوب قرار داشت. در ایستگاه چهارم رودخانه کسلیان (پایین‌دست رودخانه) براساس شاخص HFBI (۳/۰۷۵) در محدوده کیفی عالی همانند ایستگاه‌های قبلی قرار گرفته است. بررسی کیفیت رودخانه آب کسیلیان به‌کمک شاخص HFBI که در بین شاخص‌های بیولوژیک به گونه‌ای طراحی شده که بازتاب منطقی دقیق‌تری از میزان بار آلودگی آلی دارد، نشان داد که کیفیت آب این رودخانه به‌طور میانگین مناسب و مطلوب می‌باشد. با وجود شیب مناسب زمین و دبی بالای آب عمل خودپالایی به‌طور کامل انجام‌شده و روند طبیعی رودخانه توانسته ترکیب مناسبی از جمعیت کفزیان در این منطقه ایجاد نماید. به‌طورکلی بررسی ساختار کفزیان این منطقه شرایط نسبتاً مساعد و مناسب رودخانه را نشان داده و تغییراتی که در ترکیب جمعیت کفزیان رخ می‌دهد در پاسخ به عوامل محیطی و شرایط استرس‌زا نظیر کارخانه چوب و روستاهای هم‌جوار می‌باشد (Karrouch و همکاران، ۲۰۱۷).

منابع

۱. **احمدی، م. و نفیسی، م.، ۱۳۸۰.** شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خیبر. ۲۴۰ صفحه.

۲. **آخوندنژاد، ز.؛ محمدی‌روزبهانی، م. و رجب‌زاده، ا.، ۱۳۹۲.** بررسی آلودگی رودخانه زرد در محدوده منبع آب قدیم تا رود زرد ماشین با استفاده از جوامع ماکروبنتیک کم‌تاران و زالوها. اولین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت، حمایت از محیط‌زیست و توسعه پایدار. همدان.

۳. **پذیرا، ع.؛امامی، م.؛ کوهگردی، ا.؛ وطن‌دوست، ص. و اکرمی، ر.، ۱۳۸۷.** اثر برخی از عوامل محیطی بر تنوع‌زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه دالکی و حله بوشهر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲، شماره ۴، صفحات ۳۱ تا ۲۲.

۴. **جرجانی، س.؛ قلیچی، ا. و اکرمی، ر.، ۱۳۸۷.** ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون ماکروبنتوز نهر مادرسو پارک گلستان. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲، شماره ۱، صفحات ۴۱ تا ۵۲.

۵. **جعفری، ع.؛ کرمی، م.؛ عبدلی، ا.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و مرتضایی‌فریزهندی، ق.، ۱۳۹۰.** ساختار جمعیتی کفزیان بزرگ رودخانه کسلیان، مازندران. مجله علمی شیلات ایران. سال ۵، شماره ۲، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۲.

۶. **جلیلی، م. و رضایی‌مارنانی، ح.، ۱۳۹۱.** بررسی ساختار جوامع ماکروبنتوزهای منطقه ساحلی آب‌های جزیره کیش. مجله اقیانوس شناسی. سال ۳، شماره ۱۲، صفحات ۱ تا ۹.

۷. **جمالزاده، ف. و افزار، ع.، ۱۳۷۴.** گزارش بررسی زیستی و غیر زیستی رودخانه شفارود. مرکز تحقیقات شیلات گیلان، بندر انزلی.

۸. **حیدری، ن.؛ یزدیان. ح.؛ زهرایی، ب. و جعفرزاده‌حقیقی‌فرد، ن.، ۱۳۹۱.** ارزیابی زیستی رودخانه کشکان رود براساس تنوع و ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها. اولین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، همدان.

۹. **رشت‌آبادی، ع.؛ ایمانپورنمین، ج. و ستاری، م.، ۱۳۹۹.** تعیین کیفیت آب رودخانه فوشه (استان گیلان) با استفاده از شاخص‌های

زیستی ماکروبنتوز. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۳۸۱ تا ۳۸۸.

۱۰. **مهدوی، م.؛ بذرافشان، ا.؛ جوانشیر، ا.؛ موسوی‌ندوشن، ر. و باباپور، م.، ۱۳۸۹.** بررسی امکان تاثیر جامعه کفزیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب. دوره ۶۳، شماره ۱، صفحات ۷۵ تا ۹۱.

۱۱. **میررسولی، ا. و قربانی، ر.، ۱۳۹۰.** ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل (استان گلستان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها. مجله شیلات. دوره ۶۴، شماره ۴، صفحات ۳۵۷ تا ۳۶۹.

۱۲. **نوان‌مقصودی، م.، ۱۳۹۱.** بررسی کفزیان رودخانه قزل‌اوزن استان زنجان. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۱، شماره ۴، صفحات ۱۲۵ تا ۱۳۸.

۱۳. **نوروزی، م. و هاشمی، م.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستی فون کفزیان رودخانه نور رود در منطقه بلده نور. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۸، شماره ۳، صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۲.

14. **Abbaspour, F.; Mirdar Harijani, J.; Gharaei, A. and Iezadi, G.H., 2017**. Biological assessment of the Tang Sorkh River (Iran) using benthic macroinvertebrates. Iranian Journal of Fisheries Sciences. Vol. 16, No. 3, pp: 1008-1020.

15. **Archan, A.; Sharad, S. and Pratibha, A., 2015**. Seasonal Biological Water Quality Assessment of River Kshipra Using Benthic Macro-Invertebrates. Social Issues and Environmental Problems. Vol. 3, No. 9, pp: 2394-3629.

16. **Clifford, H.F., 1991**. Aquatic invertebrates of Alberta: an illustrated guide. University of Alberta.

17. **Dodds, W., 2002**. Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Elsevier.

18. **Etemi, F.Z.; Bytyçi, P.; Ismaili, M.; Fetoshi, O.; Ymeri, P.; Shala–Abazi, A.; Muja-Bajraktari, N. and Czikkely, M., 2020.** The use of macroinvertebrate based biotic indices and diversity indices to evaluate the water quality of Lepenci river basin in Kosovo. Journal of Environmental Science and Health, Part A. Vol. 55, No. 6, pp: 748-758.

19. **Fenoglio, S.; Badino, G. and Bona, F., 2002**. Benthic macroinvertebrate communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua. Revista de biología tropical. Vol. 50, No. 3, pp: 1125-1131

20. **He, F.; Sun, X.; Dong, X.; Cai, Q. and Jähnig, S.C., 2019.** Benthic Macroinvertebrates as Indicators for River Health in Changjiang Basin. In Chinese Water Systems. Springer, Champ. pp: 207-217.

21. **Hilsenhoff, W.L., 1982**. Using a biotic index to evaluate water quality in streams (No. 132). Madison, WI: Department of Natural Resources.

22. **Iyiola, A.O. and Asiedu, B., 2020.** Benthic Macro Invertebrates as Indicators of Water Quality in Ogunpa River, South-Western Nigeria. West African Journal of Applied Ecology. Vol. 28, No. 1, pp: 85-95.

23. **Karrouch, L.; Chahlaoui, A. and Essahale, A., 2017.** Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Boufekrane River, Meknes, Morocco. Journal of Geoscience and Environment Protection. Vol. 7, No. 07, pp: 173.

24. **Kim, J.J.; Atique, U. and An, K.G., 2019.** Long-term ecological health assessment of a restored urban stream based on chemical water quality, physical habitat conditions and biological integrity. Water. Vol. 11, No. 1, pp: 114.

25. **Lai, G.G.; Beauger, A.; Wetzel, C.E.; Padedda, B.M.; Voldoire, O.; Lugliè, A.; Allain, E. and Ector, L., 2019.** Diversity, ecology and distribution of benthic diatoms in thermo-mineral springs in Auvergne (France) and Sardinia (Italy). Peer J. Vol. 7, e7238 p. Doi: 10.7717/peerj.7238.

26. **Lenat, D.R., 1993.** A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 12, No. 3, pp: 279-290

27. **Lenat, D.R., 1988.** Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 7, No. 3, pp: 222-233.

28. **Mackie, G.L. and Mackie, G.L., 2004.** Applied aquatic ecosystem concepts. Kendall Hunt.

29. **Maxted, J.R.; Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Poretti, V.; Primrose, N.; Silvia, A.; Penrose, D. and Renfrow, R., 2000.** Assessment framework for mid-Atlantic coastal plain streams using benthic macroinvertebrates. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 19, No. 1, pp: 128-144.

30. **Mehrjo, F.; Hashemi, S.H.; Abdoli, A. and Hosseinabadi, F., 2020.** Taxonomy of benthic macroinvertebrates in Jajrud River for water quality assessment. Environmental Resources Research. Vol. 8, No. 1, pp: 1-10.

31. **Navis, N. and Gillies, W.N., 2001.** A comparison of a professional Method and a Volunteer Method for Assessing Stream Health, Including Discussion of an Improved Volunteer Method: USEPA's Rapid Bio Assessment Protocol II vs. Science and Society Series Paper. Vol. 2, 27 p.

32. **Peckarsky, B.L. and Peitz, D.G., 2003**. Macro invertebrate Monitoring as an indicator of water quality: Status Report for pipestone creek, Pipestone National Monument, 13pp. National park service, Missouri. River health. Fresh water Biology. Vol. 41, No. 2, pp: 373-391.

33. **Pipan, T., 2000**. Biological assessment of stream water quality-the example of the Reka River (Slovenia).

34. **Rosenberg, D.M.; Davies, I.J.; Cobb, D.G. and Wiens, A.P., 1997**. Protocols for measuring biodiversity: Benthic macroinvertebrates in fresh waters. Department of Fisheries and Oceans, Freshwater Institute. 501 p.

35. **Shi, X.; Liu, J.; You, X.; Bao, K.; Meng, B. and Chen, B., 2017**. Evaluation of river habitat integrity based on benthic macroinvertebrate-based multi-metric model. Ecological Modelling. Vol. 353, pp: 63-76.

36. **Shieh, S.H. and Yang, P.S., 2000.** Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. Zoological studies-Taipei. Vol. 39, No. 3, pp: 191-202.

37. **Shirley, J., 2005,** Peterhead Inlet Invertebrate Inventory: Towards an Index of Biological Integrity for small Arctic streams, Nunavut Research Institute.

38. **Trichkova, T.; Tyufekchieva, V.; Kenderov, L.; Vidinova, Y.; Botev, I.; Kozuharov, D.; Hubenov, Z.; Uzunov, Y.; Stoichev, S. and Cheshmedjiev, S., 2013**. Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria. Acta zoologica bulgarica. Vol. 65, No. 3, pp: 337-348.

39. **Zoriasatein, N.; Jalili, S. and Poor, F., 2013**. Evaluation of ecological quality status with the trophic index (TRIX) values in coastal area of Arvand, Northeastern of Persian Gulf, Iran. World J Fish Mar Sci. Vol. 5, pp: 257-262.