2025, 1(3): 103-114

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

Biological and saprobic evaluation of Tajan River using benthic macroinvertebrates

Faeze Delbari [1], Kamran Rezaei tavabe [1*], Alireza Mirvaghefi [1], Erfan Salmroodi [1], Ahmad Reza Lahijanzade [2], Masoud Bagherzade Karimi [3]

[1]*Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*
[2]*Environmental Protection Organization, Tehran, Iran*
[3]*National Water & Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran*

Key Words

Physicochemical parameters
Hilsenhof index
Benthic invertebrates
Pollution
Z index

Abstract

Introduction: Tajan River with a length of about 120km located in Mazandaran province originates from the heights of Alborz and leads to the Caspian Sea.

Materials & methods: According to the limnological conditions of the river and the establishment of polluting sources on the banks of the river, 9 study stations were selected in two seasons, winter and summer (January 2021 and June 2021), and using a Sorber device, sampling of large benthic invertebrates was carried out. In addition to biological sampling, water samples were taken to investigate the relationship of some physicochemical parameters such as: temperature, ORP, EC, TSS, TDS and DO with the fluctuations of HFBI macrobenthic communities. Physicochemical factors were analyzed at the sampling site using portable devices.

Results: After identifying and counting benthic samples from the studied stations, water pollution and biological index Z were evaluated using Bohr's formula and according to the Hilsenhof table. Based on the results, the values of DO and ORP decreased from the upstream to the downstream of the river, and on the contrary, the values of temperature, EC, TSS and TDS increased, which is due to the increase in agricultural activities and the entry of urban and industrial pollutants into the downstream of the Tajan river. In this study, the highest frequency was related to species from the orders of Ephemeroptera, Trichoptera and Bosommatophora. The saprobic conditions of the river went from upstream to downstream in the cold season to polysaprobic and in the warm season, fluctuations were observed among the stations.

Conclusion: In general, considering the Z index, in the cold season in the upstream stations due to the mountainous nature and lack of human interference, the water has a better quality and the indicator species of the oligotrophic waters were dominant. In the downstream stations in the cold season and also in all the stations in the hot season, due to the presence of various pollutants and temperature changes, pollution-resistant species prevailed in the stations. According to the Hilsenhof Biological Index (HFBI), the water quality status of Tajen River was assessed as good to relatively poor in the cold season and poor to very poor in the hot season.

Article info

* Corresponding Author's email:
krtavabe@ut.ac.ir

Received: 24 August 2024
Reviewed: 26 September 2024
Revised: 27 November 2024
Accepted: 30 December 2024

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی زیستی و آلودگی رودخانهٔ تجن با استفاده از درشت بی‌مهرگان کف‌زی

فائزه دلبری[۱]، کامران رضایی‌توابع[۱]، علیرضا میرواقفی[۱]، عرفان سلمرودی[۱]، احمدرضا لاهیجان‌زاده[۲]، مسعود باقرزاده‌کریمی[۳]*

[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

[۳] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران

کلمات کلیدی

پارامترهای فیزیکوشیمیایی
شاخص هیلسنهوف
بی‌مهرگان کف‌زی
آلودگی و شاخص Z

چکیده

مقدمه: رودخانه تجن با طول حدود ۱۲۰ کیلومتر واقع در استان مازندران از ارتفاعات البرز سرچشمه گرفته و به دریای خزر منتهی می‌شود.

مواد و روش‌ها: با توجه به شرایط لیمنولوژیک رودخانه و استقرار منابع آلاینده در حاشیهٔ رودخانه، ۹ ایستگاه مطالعاتی در دو فصل زمستان و تابستان (بهمن‌ماه ۱۳۹۹ و تیرماه ۱۴۰۰) انتخاب و با استفاده از دستگاه سوربر، نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کف‌زی انجام شد. علاوه بر نمونه‌برداری زیستی، جهت بررسی ارتباط برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی نظیر: دما، ORP، EC، TSS، TDS و DO با نوسانات جوامع درشت بی‌مهرگان کف‌زی HFBI، نمونه آب جمع‌آوری شد. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه‌های پرتابل آنالیز گردید.

نتایج: پس از شناسایی و شمارش نمونه‌های کفزیان از ایستگاه‌های مورد مطالعه میزان آلودگی آب و شاخص زیستی Z با استفاده از فرمول بور و با توجه به جدول هیلسنهوف ارزیابی شد. براساس نتایج، مقادیر DO و ORP از بالادست به پایین‌دست رودخانه کاهش یافت اما مقادیر دما، EC، TSS و TDS افزایش پیدا کرد، که علت آن افزایش فعالیت‌های کشاورزی و ورود آلاینده‌های شهری و صنعتی به پایین‌دست رودخانه تجن بود. در این مطالعه، بیش ترین فراوانی مربوط به جنس‌هایی از راسته‌های *Ephemeroptera*، *Trichoptera* و *Bosommatophora* بود. شرایط ساپروبی رودخانه در فصل سرد از بالادست به پایین‌دست به سمت پلی‌ساپروبی رفته و در فصل گرم در بین ایستگاه‌ها نوسان مشاهده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، با درنظرگرفتن شاخص Z، در فصل سرد در ایستگاه‌های بالادست به علت کوهستانی بودن و علت دخالت‌های انسانی، آب از کیفیت بهتری برخوردار و گونه‌های شاخص آب‌های الیگوتروف غالب بودند. در ایستگاه‌های پایین‌دست در فصل سرد و هم‌چنین در تمام ایستگاه‌ها در فصل گرم به‌دلیل حضور مواد آلایندهٔ مختلف و تغیرات دما، گونه‌های مقاوم به آلودگی در ایستگاه‌ها غالب بودند. براساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI) وضعیت کیفی آب رودخانه تجن در فصل سرد در حد خوب و نسبتاً ضعیف و در فصل گرم در حد ضعیف و خیلی ضعیف ارزیابی شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
krtavabe@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۳ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۵ مهر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۷ آذر ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۰ دی ۱۴۰۳

[Downloaded from journalaer.com on 06-2025-09-19]

مقدمه

رودخانه‌ها و جریان‌های سطحی آب‌شیرین در طبیعت به‌عنوان شریان‌های حیاتی سیستم‌ها به‌شمار می‌روند و از اهمیت قابل توجهی در تأمین نیازهای زیستی انسان به‌عنوان آب‌شرب، استفاده در کشاورزی و صنعت برخوردارند. عوامل تخریب‌کننده‌ای ازجمله انواع آلاینده‌های صنعتی، شهری، روستایی، کشاورزی، عدم رعایت حریم رودخانه، بهره‌برداری از بستر رودخانه‌ها و احداث انواع سازه‌ها خسارات جبران ناپذیری را بر این اکوسیستم‌های ارزشمند وارد می‌نمایند (۴۲). رودخانه‌ها با توجه به بعد طولی آن‌ها و گذر از مناطق مختلف به‌طور دائم در معرض انواع آلودگی‌های فوق هستند و شرایط اکولوژیک، زیستی و موجودات زندهٔ داخل رودخانه‌ها تحت تأثیر این آلودگی‌ها تغییر می‌کند (۴۱، ۱۴، ۴۴). کیفیت آب از طریق غلظت مواد، عناصر مختلف موجود در آن و تأثیر آن‌ها بر عملکرد اکوسیستم‌های آبی و سلامت انسان بررسی می‌شود (۳). مطالعهٔ آب‌ها و شناسایی آلودگی رودخانه‌ها تنها با روش‌های رایج سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب کافی نیست زیرا فقط اطلاعاتی را در زمان نمونه‌برداری داده و به‌طور کامل قادر به بیان کیفیت و وضعیت محیط آبی نمی‌باشد (۱۵). یکی از بهترین روش‌های عملی و مقرون به صرفه اقتصادی جهت تعیین سلامت اکولوژیک آب‌ها، ارزیابی و پایش زیستی توسط درشت بی‌مهرگان کف‌زی می‌باشد (۲۴). حرکت بی‌مهرگان کف‌زی در مقایسه با ماهیان محدود است و بیش‌تر تحت تأثیر آلاینده‌ها می‌باشند. هم‌چنین چرخهٔ زندگی آن‌ها نسبت به (جلبک‌ها و باکتری‌ها) طولانی‌تر است که بیش‌تر تحت تأثیر کیفیت آب قرار می‌گیرند. درشت بی‌مهرگان کف‌زی دامنهٔ وسیعی از قدرت تحمل نسبت به آلاینده در میان گونه‌های دیگر دارند و با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز به آسانی جمع‌آوری می‌شوند. این دلایل باعث شده است تا بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی مناسب انتخاب شوند (۵۳). اهمیت درشت بی‌مهرگان کف‌زی نه تنها به‌خاطر حضور آن‌ها در زنجیرهٔ غذایی می‌باشد بلکه وجود یا نبود برخی از گونه‌های کف زی نشان‌دهندهٔ کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا نبود آلودگی می‌باشد (۴۸). در مطالعات حفاظتی و لیمنولوژیک، یکی از بهترین و کم هزینه‌ترین مدل‌های ارزیابی ارزش زیستی رودخانه با استفاده از درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی، مدل امتیازدهی هیلسنهوف (HFBI: Hilsenhoff Family Biological Index) و استفاده از فرمول بُور می‌باشد(۱۸). این شاخص ضمن نشان دادن آلودگی‌های ناشی از مواد مغذی با استفاده از میزان مقاومت هر آرایه نسبت به آلودگی، یک ارزیابی از تغییرات کیفیت آب برای هر ایستگاه فراهم می‌کند (۱۳). رودخانهٔ تجن یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان مازندران می‌باشد، که نقش اساسی در تأمین آب بخش مهمی از اراضی کشاورزی و آب‌بندان‌های منطقه دارد. هم‌چنین از زیستگاه‌های مهم ماهیان بومی و مهاجر می‌باشد (۲۹). با وجود اهمیت بالای این رودخانه از نظر اقتصادی و محیط زیستی، متأسفانه تحت تأثیر فاضلاب و سیلاب‌های مختلف قرار دارد. ازجمله این فعالیت‌ها وجود کارخانهٔ چوب و کاغذ در کنار این رودخانه است. مطالعه و بررسی روی آب رودخانه‌ها از نظر کمی و کیفی و اکوسیستم حاکم بر آن سابقهٔ طولانی دارد. اهداف مطالعهٔ حاضر مقایسهٔ تنوع و تراکم درشت بی‌مهرگان کف‌زی بین فصول سرد و گرم، بررسی تأثیر منابع آلاینده بر جوامع درشت بی‌مهرگان کف‌زی و تعیین کیفیت آب رودخانهٔ تجن، بررسی شرایط تولیدی و بررسی ارزش زیستی رودخانه با استفاده از شاخص زیستی Z و فرمول بور و با توجه به جدول شاخص هیلسنهوف بود. هم‌چنین نظر به این‌که رودخانهٔ تجن از نظر زیست‌محیطی اهمیت بالایی دارد و یکی از رودخانه‌های بخش شمالی البرز است که آلاینده‌های مختلفی در حاشیهٔ آن وجود دارد و به‌دلیل اهمیت بالای تأثیر آلودگی بر کیفیت آب، وضعیت سلامت رودخانهٔ تجن با استفاده از شاخص هیلسنهوف ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

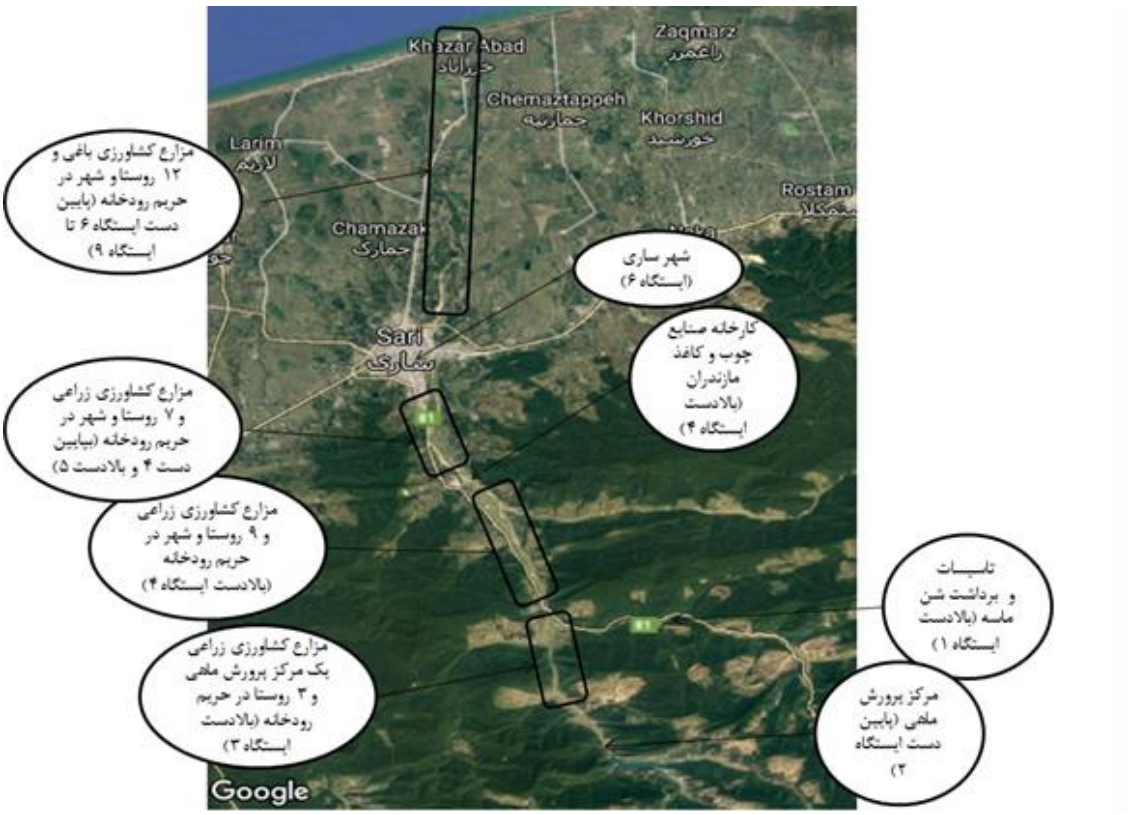
رودخانهٔ تجن در استان مازندران قرار دارد و پس از طی مسیری کوهستانی وارد درهٔ تجن می‌شود و در امتداد مسیر کیاسر-ساری به طرف شهر ساری جریان پیدا می‌کند و پس از عبور از این شهر در منطقهٔ مصبی خزرآباد به دریای خزر منتهی می‌شود. طول رودخانهٔ تجن تقریباً ۱۲۰ کیلومتر است که بر روی شاخهٔ دودانگه سد مخزنی شهید رجایی (سد سلیمان تنگه) احداث شده است (شکل ۱) (۴۵). در جدول ۱ نام نقاط و مختصات جغرافیایی هر ایستگاه ارائه شده است. نمونه‌برداری از ایستگاه‌های تعیین شده در رودخانهٔ تجن طی ۲ دوره، در فصل سرد (زمستان ۱۳۹۹) و فصل گرم (تابستان ۱۴۰۰) در ۹ ایستگاه صورت گرفت. علاوه بر نمونه‌برداری زیستی، جهت بررسی ارتباط پارامترهای محیطی با نوسانات جوامع درشت بی‌مهرگان کف‌زی و HFBI، برای بررسی برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب از جمله دما، پارامتر اکسیداسیون احیایی (ORP)، هدایت الکتریکی(EC: Electric Conduction)، کل جامدات معلق (TSS: Solid Total Suspended)، کل جامدات محلول (TDS: Solid Total Dissolved) و اکسیژن محلول (DO: Dissolved Oxygen) که بر تنوع و تراکم جوامع درشت بی‌مهرگان کف‌زی و کیفیت آب اثرگذار می‌باشند، نمونه برداشت شد. نمونه‌برداری از پارامترهای فیزیکوشیمیایی، هم‌زمان با نمونه‌برداری زیستی، در ۹ ایستگاه منتخب با ۳ تکرار انجام شد. برای نمونه‌برداری آب جهت اندازه‌گیری پارامترهای EC، TSS، TDS،

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

DO و دما برای هر تکرار ۲۵۰ سی‌سی نمونه‌برداری در قوطی‌های نمونه‌برداری انجام شد. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه‌های پرتابل آنالیز گردید. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی، طبق روش‌های استاندارد آزمایشگاهی، اشباعیت اکسیژن محلول (DO) به‌وسیلهٔ اکسیژن متر دیجیتال شرکت هانا آمریکا، آنالیز و اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TDS)، شوری و رسانایی الکتریکی (EC) توسط دستگاه مولتی‌متر دیجیتال و پارامتر اکسیداسیون احیایی (ORP) توسط دستگاه ORPمتر دیجیتال انجام شد. نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کف‌زی، به‌وسیلهٔ نمونه‌بردار سوربر با سطح نمونه‌برداری ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر و تور با چشمهٔ ۱۰۰ میکرون صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری در آن ثبت شده بود تخلیه و با فرمالین ۴٪ تثبیت شد (۱۲). پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و شستشو جهت جداسازی مواد اضافی، نمونه‌ها با استفاده از لوپ چشمی و به‌وسیله کلیدهای شناسایی معتبر (۲، ۴۶، ۵۵) (جدول ۲) در حد خانواده شناسایی و تعداد آن‌ها شمارش شد (۲، ۴۳، ۴، ۲۷). با توجه به جدول‌های ۳ و ۴، وضعیت زیستی و آلودگی بخش‌های مختلف رودخانه براساس میزان آلودگی آب و ارزش زیستی بیان شد.

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شمارهٔ ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات محل نمونه‌برداری
۱	کیاسر	۳۶° N ۲۴′: ۴۴/۴ ′′ ۳°E ۱۲′: ۴۷/۵ ′′
۲	پایین‌دست سد سلیمان تنگه	۳۶° N ۱۵′: ۲۲.۵′′ ۵۳° E ۱۳′: ۳۳/۲′′
۳	علویکلا (بالادست تجن)	۳۶° N ۲۱′: ۵۰′′ ۵۳° E ۰۵′: ۲۰′′
۴	پایین‌دست کارخانهٔ صنایع چوب و کاغذ مازندران	۳۶° N ۲۸′ : ۳۷/۸′′ ۵۳° E ۰۵′ : ۳۸′′
۵	سنگتراشان (بالادست شهر ساری)	۳۶° N ۲۹′ : ۵۹/۸′′ ۵۳° E ۰۴′ : ۵۵/۵′′
۶	میان‌دست تجن	۳۶° N ۳۳′ : ۵۴′′ ۵۳° E ۰۵′: ۱۲′′
۷	اردشیرمحله	۳۶° N ۳۸′: ۳۵′′ ۵۳°E ۰۶′: ۲۴′′
۸	پنبه چوله (پایین‌دست تجن)	۳۶° N ۴۲′: ۵۲′′ ۵۳° E ۰۶′: ۱۷′′
۹	مصب کارخانهٔ تجن (خزرآباد)	۳۶° N ۴۸′: ۴۷′′ ۵۳° E ۰۶′: ۵۴′′



شکل۱: موقعیت منابع کلان آلاینده‌های رودخانهٔ تجن

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

عدد ارزش زیستی رودخانه‌ها با استفاده از درشت بی‌مهرگان کف‌زی شاخص براساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد (۶).

$$Z = \frac{\varepsilon 0 + 2\varepsilon\beta + 3\varepsilon\alpha + 4\varepsilon p}{\varepsilon h}$$

رابطهٔ ۱

در این رابطه: Z ارزش زیستی هر ایستگاه از رودخانه، Σ0= مجموع تعداد موجودات منطقه الیگو ساپروب، Σβ= مجموع تعداد موجودات منطقهٔ بتا-مزوساپروب، Σα= مجموع تعداد موجودات منطقهٔ آلفا-مزو ساپروب، Σp=مجموع تعداد موجودات منطقهٔ پلی‌ساپروب و Σh= مجموع کل فراوانی موجودات.

نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk انجام شد. وجود اختلاف معنی‌دار به‌صورت مقایسه درون گروهی برای به‌دست آوردن میزان تغییرات (افزایش یا کاهش) فاکتورهای فیزیکوشیمیایی بین ایستگاه‌ها از طرح کاملاً تصادفی با تعداد ایستگاه‌ها و سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS، آنالیز تجزیه واریانس یک‌طرفه (Oneway ANOVA) و آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۵ درصد انجام شد. نمودارهای مربوطه نیز با استفاده از Excel رسم گردید.

جدول ۲: موجودات بی‌مهره کف‌زی شاخص (۵۳)

ردهٔ کیفی	نام موجود زندهٔ شاخص	ردهٔ کیفی	نام موجود زندهٔ شاخص
II – I	*Hydrophylus* sp.	I	*Amphineura* sp.
– II III	*Hydropsyche* sp.	-	*Asellus aquaticus*
II	*Limnophilus* sp.	II – I	*Athrix* sp.
II – I	*Limnophora* sp.	II – I	*Baitis* sp.
I	*Liponeura* sp.	I	*Capnia* sp.
I	*Perla* sp.	VI	*Chironomidae*
II – I	*Physa* sp.	- II III	*Coenogrion* sp.
I	*Protonemura* sp.	II – I	*Corduleguster* sp.
I	*Rhitrogena* sp.	II – I	*Dicranota* sp.
II – I	*Rhyacophila* sp.	I	*Dinocras* sp.
II – I	*Sericostoma* sp.	II – I	*Dugosia* sp.
II	*Simulium* sp.	II	*Eisenella* sp.
II – I	*Stenophylux* sp.	II – I	*Elmis* sp.
II – I	*Tinodus* sp.	I	*Epeorus alphina*
II – I	*Tipula* sp.	I	*Epeorus Essimilis*
VI	*Tubificidae*	II	*Galba* sp.
II	*Heptagenia* sp.	-	*Gammarrus* sp.
		VI	*Haplotoxidae*

جدول :۳ ضرایب و شاخص‌های زیستی براساس میزان آلودگی آلی آب (۱۸)

میزان آلودگی	کیفیت آب	شاخص زیستی
بدون آلودگی	عالی	۰-۰/۷۵
آلودگی بسیار کم	خیلی خوب	۰/۷۵ -۱/۲۵
آلودگی کم	خوب	۱/۲۶ -۱/۷۵
آلودگی زیاد	نسبتاً ضعیف	۱/۷۶ -۲/۵
آلودگی خیلی زیاد	ضعیف	۲/۵۱- ۳/۲۵
کاملاً آلوده	خیلی ضعیف	۳/۲۶- ۴

جدول ۴: روش مونیخی در نمایش ارزش زیستی رودخانه (۲)

ناحیه آبی	منطقهٔ آبی	رنگ	ارزش زیستی(Z)
الیگو-ساپروب	I منطقه	آبی	۱-۱/۵
بتا-مزوساپروب	II منطقه	سبز	۱/۲-۲/۵
آلفا-مزوساپروب	III منطقه	زرد	۲/۳-۳/۵
پلی‌ساپروب	VI منطقه	قرمز	۳/۵-۴

نتایج

متغییرهای فیزیکوشیمیایی: در مطالعهٔ حاضر، اکسیژن محلول در هر دو فصل از بالادست به سمت پایین‌دست کاهش پیدا کرد، در ایستگاه ۷ و ۸ که تحت تأثیر بیش‌ترین میزان آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و ورود آلاینده‌های شهری و صنعتی بود کم‌ترین میزان DO و در ایستگاه‌های بالادست رودخانه به‌علت افزایش جریان و تلاطم آب بیش‌ترین مقدار DO مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). در تابستان دما بین ۲۱ تا ۳۶/۵ درجهٔ سانتی‌گراد و در زمستان بین ۹/۵۶ تا ۱۷/۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد متغییر بود. در فصل سرد بین ایستگاه ۴ با ایستگاه‌های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۵ و ۹ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده شد (جدول ۵). در فصل گرم بین ایستگاه‌های ۳ و ۵، ۴ و ۶ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۷، ۸ و ۹ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). هدایت الکتریکی به‌شدت به دما حساس است و در دماهای بالاتر هدایت الکتریکی بیش‌تر می‌شود. در بررسی حاضر این فاکتور بین ایستگاه‌های مختلف در مدت بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مقدار EC در فصل سرد بین ۵۵۰ تا ۱۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر (جدول ۵) و در فصل گرم بین ۴۶۰ تا ۲۷۲۶/۶۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغییر بود (جدول ۶). براساس داده‌های به‌دست آمده بیش‌ترین TDS مربوط به ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن (فصل سرد ۶۳۰ و فصل گرم ۱۳۴۶/۶۶ میلی‌گرم در لیتر) و کم‌ترین آن متعلق به ایستگاه پایین‌دست سلیمان تنگه (فصل سرد ۲۷۰ و فصل گرم ۲۳۳/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) در هر دو فصل بود (جدول ۵ و ۶). بیش‌ترین مقادیر TSS در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در هر دو فصل، مربوط به ایستگاه پایین‌دست تجن و کم‌ترین آن مربوط به ایستگاه پایین‌دست سلیمان تنگه بود. براساس نتایج جدول‌های ۵ و ۶ میزان ORP از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین‌دست کاهش یافت. بیش‌ترین میزان ORP مربوط به پایین‌دست سد سلیمان تنگه در فصل سرد (۳۹/۶۶ میلی‌ولت) و ایستگاه کیاسر در فصل گرم (۴۰۴/۳۳ میلی‌ولت) و کم‌ترین آن متعلق به ایستگاه پایین‌دست تجن در هر دو فصل سرد و گرم (به‌ترتیب ۲۱/۷- و ۱۴- میلی‌ولت) بود (جدول ۵ و ۶).

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

جدول۵: مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل سرد رودخانهٔ تجن

ایستگاه	دما	هدایت الکتریکی Ec	اکسیژن محلول Do	کل مواد جامد محلول (mg/l) TDS	کل مواد جامد معلق TSS	شاخص پتانسیل اکسایش و کاهش (mv) ORP
کیاسر E_1	۹.۵۶ ± ۰.۳ ^{A}	۷۶۰±۰^{E}	۱۰/۲۳±۰.۴۷^{A}	۳۷۰ ± ۰	۱۰۶/۳۳ ± ۱۰/۲۴^{B}	۳۵ ± ۲/۶۴^{F}
پایین‌دست سلیمان تنگه E_2	۱۰/۹ ± ۰ ^{B}	۵۵۰±۰^{A}	۹.۹۳±۰.۴۱^{AB}	۲۷۰ ± ۰	۷/۳۳± ۰/۶۶^{A}	۳۹/۶۶ ± ۱/۵۲^{J}
بالادست تجن E_3	۱۲/۶۳ ۰ ±/۸۳^{C}	۶۶۶/۶۶±۶.۶۶^{C}	۹/۰۱±۰.۴۵^{CD}	۳۲۰ ± ۰	۱۰۳/۳۳ ± ۷/۶۶^{B}	۵/۶۶ ± ۱/۱۵^{D}
پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران E_4	۱۷/۰۳ ۱ ±/۰۲^{DE}	۶۴۶/۶۶±۱۲.۰۱^{C}	۹/۵۳±۰.۲۵^{BC}	۳۱۰ ± ۰	۱۵۹/۳۳ ± ۸/۳۳^{C}	۲/۰۳ ± ۰/۳۵^{C}
سنگتراشان (بالادست شهر ساری) E_5	۱۷/۲۶ ۰ ±/۲^{E}	۵۹۶/۶۶±۱۳.۳۳^{B}	۹±۰.۱^{CD}	۳۰۰ ± ۰	۳۱۱/۶۶ ± ۵۴/۳۳^{E}	۸/۱۶ ± ۰/۲۵^{E}
میان دست تجن E_6	۱۶/۸ ۰/ ±۷۵^{DE}	۶۰۳/۳۳±۳.۳۳^{B}	۹/۹۳±۰.۳۲^{AB}	۳۰۰ ± ۰	۲۳۴/۶۶ ± ۸۶/۳۳^{D}	۶/۳ ± ۰/۳^{DE}
اردشیر محله (پایین‌دست شهر ساری) E_7	۱۷/۲۶ ±۰/۲^{E}	۶۵۰±۰^{C}	۸/۸۶±۰.۱۱^{D}	۳۲۰ ± ۰	۳۰۳/۶۶ ± ۵۴/۳۳^{E}	-۱۷/۳۶ ± ۰/۹۷^{B}
پایین‌دست تجن E_8	۱۷/۳۳ ± ۰/۴۱^{E}	۷۳۰±۰^{D}	۷/۲۶±۰.۴۶^{E}	۳۶۰ ± ۰	۳۱۳/۶۶ ± ۷۲/۶۶^{E}	-۲۱/۷ ± ۰/۳^{A}
مصب رودخانه تجن (خزرآباد) E_9	۱۶/۱ ±۰^{D}	۱۲۵۰±۵.۷۷^{F}	۹/۰۶±۰.۱۱^{CD}	۶۳۰ ± ۰	۲۹۴ ± ۰^{E}	-۲۰/۸۶ ± ۰/۳^{A}

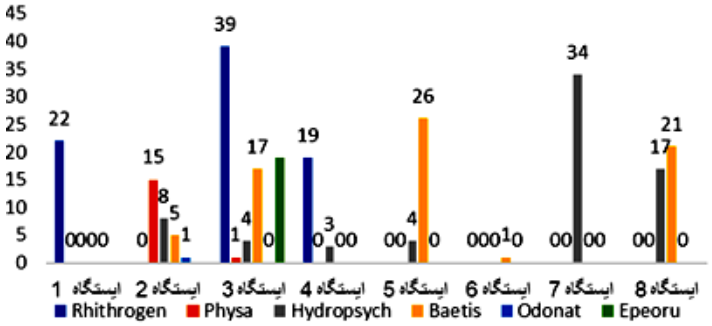
جدول۶: موقعیت جغرافیایی و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل گرم رودخانهٔ تجن

ایستگاه	دما	EC	DO	TDS	TSS	ORP
کیاسر E_1	۲۵/۷± ۰	۹۵۳±۳۳^{E}	۱۰±۰^{A}	۴۶۶± ۳^{D}	۲۹ ± ۱^{A}	۴۰۴± ۸^{A}
پایین‌دست سلیمان تنگه E_2	۲۱ ± ۰	۴۶۰±۰^{A}	۱۰±۰^{A}	۲۳۳± ۳	۲۳± ۰/۹^{A}	۳۶۰ ± ۵^{B}
بالادست تجن E_3	۲۳/۷± ۰	۶۰۶±۳^{D}	۱۰±۰^{A}	۳۰۳± ۳^{C}	۷۴/۶ ± ۱/۲^{B}	۳۰۴± ۲^{C}
پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران E_4	۲۵/۸± ۰	۵۹۰±۵^{BC}	۹/۳±۰/۳^{B}	۲۸۳± ۵^{B}	۳۲۴/۶± ۱۰/۲^{C}	۲۰۷± ۲^{D}
سنگتراشان (بالادست شهر ساری) E_5	۳۰/۲± ۰	۶۰۰±۰^{CD}	۹/۶±۰/۸^{B}	۳۰۳± ۴^{C}	۳۳۹ ± ۲۱^{CD}	۱۸۹± ۹^{D}
میان‌دست تجن E_6	۲۸/۷± ۰	۵۸۶±۳^{B}	۸/۲±۰/۱^{C}	۲۹۰± ۰^{B}	۳۳۶± ۱۲/۶^{CD}	۶۳± ۱۱^{F}
اردشیر محله (پایین‌دست شهر ساری) E_7	۳۵/۳± ۰	۱۰۰۶±۳^{F}	۸/۶±۰/۴^{C}	۵۰۳± ۶^{E}	۳۴۲/۶ ±۱۹/۱^{CD}	۶۴± ۹^{F}
پایین‌دست تجن E_8	۳۶/۵ ± ۰	۱۱۸۳±۷^{G}	۷/۸±۰/۴^{D}	۶۰۶±۵^{F}	۳۷۰/۳ ±۱۱/۱^{D}	-۱۴ ± ۴^{G}
مصب رودخانه تجن (خزرآباد) E_9	۳۲ ± ۰	۲۷۲۶±۶^{H}	۷±۰/۹^{D}	۱۳۴۶± ۸^{G}	۴۱۳/۳± ۳/۲^{E}	-۱۹ ± ۱^{G}

متغییرهای زیستی و تولیدی: در این مطالعه تعداد ۳۱۶ نمونه از درشت بی‌مهرگان کف‌زی متعلق به ۶ جنس، ۵ خانواده، ۳ راسته و ۲رده شمارش و شناسایی شدند. طی نمونه‌برداری در دو فصل گرم و سرد، ۳ خانواده از راستهٔ Ephemeroptera شامل; Heptagenidae، Baetidae و Rhithrogeniidae، ۱ خانواده از راسته Trichoptera شامل Hydropsychidae و یک خانواده از راستهٔ Bosommatophora شامل Physidae شناسایی شد. شکل‌های ۳ و ۵ نشان‌دهندهٔ مقادیر شاخص زیستی در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری رودخانهٔ تجن در دو فصل سرد و گرم است. براساس نتایج شکل ۳، بیش‌ترین مقدار شاخص زیستی در فصل سرد، مربوط به ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن و کم‌ترین آن مربوط به ایستگاه‌های کیاسر و بالادست تجن بود. با توجه به عدد شاخص زیستی کف‌زیان، ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن در شرایط آلودگی پلی‌ساپروب و براساس شاخص هیلسنهوف از نظر آلودگی کاملاً آلوده و از نظر کیفیت آب، کیفیت خیلی ضعیف بود. ایستگاه پایین‌دست تجن در طبقهٔ ساپروبی آلفا مزوساپروب و از نظر شاخص هیلسنهوف میزان آلودگی، آلودگی خیلی زیاد و از نظر شرایط کیفی، کیفیت آب ضعیف بود (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل‌های ۳ و ۵). در بیش‌تر نقاط این دو ایستگاه گونه‌های زیستی جنس‌های *Baetis* و *Hydropsyche* شاخص غالب بود که هر دو گروه شاخص زیستی مربوط به مناطق با آلودگی شدید و ساپروبی بالا هستند. این در حالی است که ایستگاه‌های اردشیرمحله و میان‌دست تجن از نظر طبقهٔ ساپروبی در کلاس بتا مزوساپروب قرار داشتند و از نظر آلودگی، در کلاس آلودگی زیاد و از نظر شرایط کیفی، کیفیت نسبتاً ضعیف داشتند. کف‌زیان غالب این دو ایستگاه متعلق به جنس‌های *Hydropsyche* و *Baetis* هستند که بیش‌تر گونه‌های آن‌ها در طبقهٔ آلودگی درجهٔ ۲ قرار دارند. ۵ ایستگاه بالادست رودخانهٔ تجن از نظر ساپروبی علی‌رغم ورود فاضلاب‌های مختلف با توجه به قدرت خودپالایی رودخانه در این مناطق، در طبقهٔ ساپروبی الیگوساپروب و از نظر آلودگی دارای آلودگی کم و کیفیت آب خوب بود. گونه‌های شاخص زیستی غالب این ایستگاه‌ها شامل جنس‌های *Rhithrogena*، *Epeorus*، *Hydropsyche*، *Physa* و *Baetis*

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

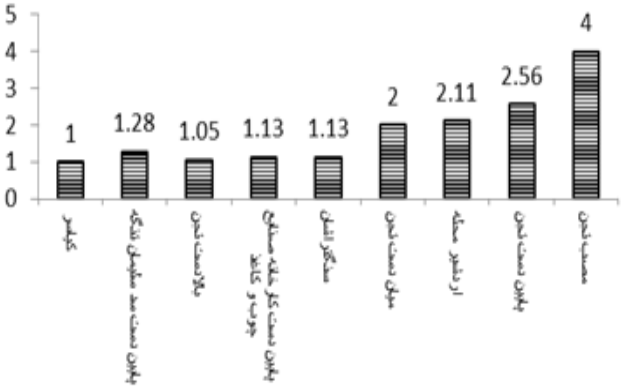
بودند. در ایستگاه نهم که رودخانهٔ تجن وارد مصب دریای خزر می‌شود به‌دلیل وجود مواد آلی و مغذی زیاد هیچ‌گونه کف‌زی مشاهده نشد، کیفیت آب بسیار پایین و با توجه به شاخص هیلسنهوف به عدد ۴



شکل ۲: نمودار جنس‌های کف‌زیان شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل سرد

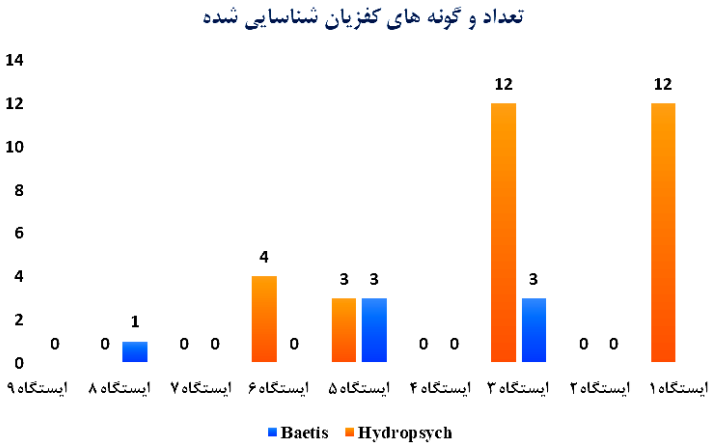
براساس نتایج شکل ۵، در فصل گرم بیش‌ترین مقدار شاخص زیستی، مربوط به ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن، اردشیر محله، پایین دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران و پایین‌دست سد سلیمان تنگه و کم‌ترین آن مربوط به ایستگاه پایین‌دست تجن بود. با توجه به عدد شاخص زیستی کف‌زیان، ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن، اردشیر محله، پایین‌دست کارخانهٔ صنایع چوب و کاغذ مازندران و پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه در شرایط آلودگی پلی‌ساپروب و از نظر آلودگی کاملاً آلوده و از نظر کیفیت آب، کیفیت خیلی ضعیف بود و این آب‌ها برای هر نوع کاربری حتی آبیاری نیز نامناسب بودند. ایستگاه میان‌دست تجن در طبقهٔ ساپروبی آلفامزوساپروب و از نظر میزان آلودگی، آلودگی خیلی زیاد و از نظر شرایط کیفی، کیفیت آب ضعیف بود. این در حالی است که ایستگاه‌های کیاسر، بالادست تجن، سنگ تراشان و پایین‌دست تجن از نظر طبقهٔ ساپروبی در ظبقهٔ بتامزو ساپروب قرار داشتند و از نظر آلودگی، در طبقهٔ آلودگی زیاد و از نظر شرایط کیفی، کیفیت نسبتاً ضعیف بودند. کف‌زیان غالب این چهار ایستگاه همانند فصل سرد متعلق به جنس‌های *Hydropsyche* و *Baetis* بود که بیش‌تر گونه‌های آن‌ها در طبقهٔ آلودگی درجهٔ دو قرار دارند. خانواده Hydropsychidae بیش‌ترین فراوانی و خانواده Baetidae، کم‌ترین فراوانی را در ایستگاه‌های مطالعاتی در فصل گرم داشته‌اند. شکل ۴ جنس‌های شناسایی شده و تعداد آن‌ها را در هر ایستگاه نشان می‌دهد. درمجموع ایستگاه‌های مورد مطالعه خانوادهٔ Baetidae جنس *Baetis* دارای بالاترین درصد فراوانی در راستهٔ Ephemeroptera بود، بعد از آن به‌ترتیب جنس‌های *Hydropsyche*، *Rhithrogena*، *Eporous*، *Physa*، *Odonata* و *Diptera* بیش‌ترین تا کم‌ترین فراوانی را در ایستگاه‌های مطالعاتی داشتند. Batidae بزرگ‌ترین خانوادهٔ راستهٔ Ephemeroptera می‌باشد. میزان تحمل نسبتاً بالای Baetidae نسبت به آلودگی آلی باعث شده در ایستگاه‌های پایین‌دست در هر دو فصل دیده شود. از خانوادهٔ Heptagenidae، جنس *Rhithrogena* تنها در ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ در فصل سرد حضور داشته و در ایستگاه‌های ۲، ۵، ۶، ۷ ، ۸ و فصل گرم به هیچ‌وجه مشاهده نشد. خانوادهٔ Heptagenidae در اکثر ایستگاه‌ها در فصل سرد غالب بود. در ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ در فصل سرد میزان فراوانی *Rhithrogena* بسیار بالا بود. راسته Trichoptera در ایستگاه‌های ۷ و ۸ در فصل سرد و ایستگاه‌های ۱، ۳ در فصل گرم به وفور دیده شده و بیش‌ترین فراوانی راستهٔ Ephemeroptera را در ایستگاه‌های این رودخانه تشکیل می‌دهد. به‌طور کلی، در ایستگاه‌ها این خانواده دارای کم‌ترین درصد فراوانی بودند که این به‌علت عدم حضور یا حضور اتفاقی آن در ایستگاه‌های بالادست می‌باشد. از خانوادهٔ Physidae فقط یک جنس *Physa* مشاهده شد. این خانواده نیز جزء خانواده‌های حساس به آلودگی می‌باشد و عموماً در لابه‌لای تخته‌سنگ‌ها دیده می‌شود. بالاترین میزان فراوانی آن در ایستگاه ۲ و ۳ در فصل سرد بوده و در فصل گرم مشاهده نشد. از خانوادهٔ Hydropsychidae یک جنس مشاهده شد که در همهٔ ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه ۱ و ۶ در فصل سرد و ایستگاه ۸ در فصل گرم حضور داشت. بالاترین فراوانی راستهٔ Ephemeroptera در ایستگاه ۳ در فصل سرد دیده شد.

رسیده بود (جدول ۳ و شکل ۳). شکل ۲ جنس‌های شناسایی شده و تعداد آن‌ها را در هر ایستگاه در فصل سرد نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمودار مقادیر شاخص زیستی کف‌زیان در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل سرد

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]



شکل ۴: نمودار جنس‌های کفزیان شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل گرم

شکل ۵: نمودار مقادیر شاخص زیستی کفزیان در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در فصل گرم

بحث

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که دما در ایستگاه‌های پایین‌دست در هر دو فصل بیش‌تر از ایستگاه‌های بالادست بود که علت افزایش دما در ایستگاه‌های پایین‌دست در فصل زمستان تغییرات دمایی در طول روز در زمان نمونه‌برداری بود. علاوه بر تغییرات فصلی، حجم آب ورودی از رودخانه و درصد مخلوط شدن آن با آب دریا توسط عواملی از جمله جزر و مد و باد باعث تغییر دما در این نواحی می‌گردد (۱۹). ورود یون‌های مختلف در پسماند فاضلاب‌ها به رودخانهٔ تجن باعث افزایش رسانایی الکتریکی در ایستگاه‌ها شد. این نتایج با یافته‌های Naderi Jolodar و همکاران، بر روی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانهٔ هراز (۳۳) هم‌خوانی نداشت، EC در منطقهٔ مورد مطالعه در رودخانهٔ هراز در محدودهٔ نرمال بوده و منبع آلاینده‌های صنعتی در آن وجود ندارد. Soleimani Sardo و همکاران، نشان دادند که در رودخانهٔ چم‌انجیر خرم‌آباد، متغیرهای هدایت الکتریکی، سختی کل و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار می‌باشند (۵۲). Shokri و همکاران، در رودخانهٔ گرگر نشان دادند که هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار بوده‌اند (۵۱). مقدار متوسط هدایت الکتریکی آب رودخانهٔ کارون در ملاثانی طبق مطالعهٔ Namdari و Houshmandzadeh از مقدار مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیش تر بوده است که دلیل آن قرارگیری سازند زمین‌شناسی گچساران در بالادست رودخانهٔ کارون به‌خصوص در محدودهٔ سدهای گتوندعلیا و شهید عباسپور است (۳۴). بالا بودن حجم فاضلاب ورودی به ایستگاه‌های پایین‌دست و کاهش قدرت خودپالایی رودخانه باعث بالا رفتن اکسیژن‌خواهی زیستی در ایستگاه‌های پایین‌دست و ایجاد شرایط بی‌هوازی در این بخش شده است که شرایط زیستگاهی آبزیان، به‌خصوص آبزیان ارزشمند رودکوچ که برای فعالیت‌های تولیدمثلی به رودخانه مهاجرت می‌کنند را با چالش جدی مواجه کرده است. بیش‌ترین میزان DO در فصل زمستان ثبت گردید که به‌علت بارندگی‌های مکرر، افزایش جریان و تلاطم آب و هم‌چنین کاهش تبخیر بوده است. در تابستان، به‌دلیل افزایش دما، کم آبی و افزایش ورود پساب‌های کشاورزی که حاوی کودهای فسفاته و نیتراته است، از میزان DO رودخانه کاسته شد. برخی از محققان بیان کردند که افزایش مواد آلی و در نتیجه کاهش شدید اکسیژن محلول، آثار منفی بر ساختار درشت بی‌مهرگان کفزی دارد (۵۶). میزان مواد جامد محلول در ایستگاه‌های بالادست رودخانه، متعادل و مناسب و در مصب رودخانهٔ تجن به‌خاطر ورود فاضلاب‌های معدنی نیتراته و فسفاته، کشاورزی و باغی به‌شدت افزایش یافته بود. میزان TSS در مناطقی که برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه انجام می‌شد بیش‌تر بود. البته در رودخانهٔ تجن این تأسیسات در نقاط ثابتی مستقر نیستند و فعالیت‌های آن‌ها به‌طور دائم در بخش‌های مختلف رودخانه تغییر می‌کند. جنس‌های *Rhithrogena* و *Eporous* در آب‌های تمیز و پراکسیژن یافت می‌شود و حضور آن‌ها در ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ می‌تواند بیانگر کیفیت مطلوب آب باشد (۲۱، ۲۳). هم‌چنین راسته Ephemeroptera دماهای پایین‌تر آب را ترجیح می‌دهند (۹). فاکتور دما نیز می‌تواند یکی از عواملی باشد که فراوانی چشمگیر این راسته در ایستگاه‌های بالادست در فصل سرد را توجیه کند. ایستگاه‌های پایین‌دست تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار داشته و بسیار آلوده بودند. میزان اکسیژن محلول در این ایستگاه‌ها پایین‌تر از ایستگاه‌های بالادست بود که این می‌تواند روی فون کفزیان ساکن بستر تأثیرگذار

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

باشد. در ایستگاه‌های ۸ و ۹ در فصل سرد به‌خاطر بالا بودن بار مواد آلاینده و مواد آلی و هم‌چنین پایین بودن میزان سطح اکسیژن و ORP، گونه‌های زیستی *Baetis* و *Hydropsyche* شاخص غالب بود که هر دو گروه شاخص زیستی مربوط به مناطق با آلودگی شدید و ساپروبی بالا هستند (۲۵، ۳۵). در ۵ ایستگاه بالادست رودخانهٔ تجن گونه‌های شاخص زیستی غالب جنس‌های *Rhithrogena*، *Epeorus*، *Hydropsyche*، *Physa* و *Baetis* بودند. بعضی از این گونه‌ها در مناطقی زیست می‌کنند که بار مواد آلی پایین، درصد اشباعیت اکسیژن محلول بالا و سرعت جریان آب نیز بالا است (۳۵). براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت در ۵ ایستگاه اول چون آلاینده و فاضلاب شهری و کشاورزی وارد نشده و کارخانجات زیادی در این محدوده قرار نداشته، کیفیت آب دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای نشده بود، اما از ایستگاه ششم که در میان‌دست رودخانهٔ تجن انتخاب شده فاضلاب شهری و کشاورزی وارد رودخانه شده بود و کیفیت آب به‌تدریج دچار تغیر شد و از الیگوساپروب در بالادست رودخانه به پلی‌ساپروب در پایین‌دست رودخانه تغییر کرد. Batidae بزرگ‌ترین خانوادهٔ راستهٔ Ephemeroptera می‌باشد و تاکنون بیش از ۲۰۰ جنس از آن‌ها در جهان شناسایی و توصیف شده است (۱۷). جنس *Baetis* از جلبک‌ها، فلورمیکروبی و دامنهٔ وسیع‌تری از مواد غذایی نسبت به دیگر گروه‌های راستهٔ یک‌روزه‌ها تغذیه می‌کند که باعث می‌شود بیش‌ترین فراوانی را در این راسته داشته باشد (۲۸). هم چنین میزان تحمل نسبتاً بالای خانوادهٔ Baetidae نسبت به آلودگی آلی باعث می‌شود که در ایستگاه‌های پایین‌دست در هر دو فصل دیده شود (۸، ۱۸). خانوادهٔ Heptagenidae، جنس *Rhithrogena* تنها در ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ در فصل سرد حضور داشته که می‌تواند به‌علت حساسیت این خانواده به آلودگی و تمایل به زندگی در آب‌های پر اکسیژن باشد (۳۶). در ایستگاه‌های ۱، ۳ و ۴ در فصل سرد میزان فراوانی *Rhithrogena* بسیار بالا بوده که می‌تواند به این دلیل باشد که این کف‌زیان در آب‌های با جریان سریع با داشتن بدن پهن کاملاً سازش یافته و به سنگ‌ها و اشیا چسبیده و از شسته شدن توسط جریان آب اجتناب می‌کنند (۱۱). با این وجود، علت تراکم بالای آن‌ها در ایستگاه‌های بالادست جز ایستگاه ۲ در فصل سرد می‌تواند نشان دهندهٔ شرایط مطلوب اکسیژنی در این ایستگاه‌ها نیز بوده باشد. افزایش فراوانی خانوادهٔ Trichoptera در پایین‌دست می‌تواند به‌علت تحمل نسبتاً بالای این خانواده نسبت به آلودگی باشد (۸، ۱۸). بر اساس میزان تحمل آرایه‌هایی که تحمل آن‌ها به استرس و آلودگی کم‌تر است در بالادست رودخانه در فصل سرد و ایستگاه‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ و فصل گرم گونه‌های مقاوم‌تر پراکنش و تراکم بیش‌تری داشتند. این موضوع می‌تواند تأثیر شرایط محیطی بر پراکنش درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی را نشان دهد و از طرفی می‌توان براساس واکنش متقابل این موجودات به ارزیابی کیفی آن‌ها پرداخت. به‌طورکلی از بین رفتن جنگل‌ها (۷)، آلودگی (۲۱)، ساخت و ساز و تغییر شکل دادن منابع که منجر به قطع شدن ارتباط با دشت سیلابی شده و یا تکه تکه شدن زیستگاه (Fragmentation) از عوامل اصلی تهدیدکنندهٔ تنوع زیستی راستهٔ Ephemeropter بودند. مواردفوق در قسمت‌های میانی و پایین‌دست رودخانهٔ تجن نیز مشاهده شده که منجر به کاهش چشمگیر فراوانی این راسته در پایین‌دست رودخانه شده است. درشت بی‌مهرگان کف‌زی در فصل زمستان بیش‌ترین تراکم را داشتند که از این لحاظ با نتیجه Shokri (۴۹) مطابقت داشت. در این مطالعه غالب آرایه‌های درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی جمع‌آوری شده متعلق به گروه‌های *Baetis* و *Hydropsyche* بودند که با مطالعهٔ Kamali و Esmaeili Sari (۲۲) در رودخانهٔ لاسم و Naderi و همکاران (۳۲) در رودخانهٔ هراز مخالف بود. بسیاری از پژوهشگران در مطالعات خود به این نتیجه که لارو حشرات آبزی فراوان‌ترین جمعیت را در موجودات کف‌زی دارند، اشاره داشته‌اند (۵، ۲۰، ۳۷). Salavatian در بررسی و شناسایی گونه‌ای درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه‌های منتهی به سد لار نیز چنین روندی را مشاهده و بیان نمودند هرچه جریان آب رودخانه تندتر باشد فرصت لانه‌گزینی به موجودات بسترزی را نداده در نتیجه از تراکم و فراوانی آن‌ها کاسته می‌شود. میانگین فراوانی راستهٔ Trichoptera در فصل تابستان بالاترین میزان و در زمستان کم‌ترین مقدار بود که این نشان دهندهٔ تأثیر فصول روی تراکم درشت بی‌مهرگان کف‌زی می‌باشد. تغییر در تنوع و فراوانی موجودات کف‌زی در فصول مختلف ناشی از نوسانات پارامترهای کمی و کیفی آب، تغذیه و رقابت است که در چرخهٔ زندگی این موجودات تأثیر می‌گذارد (۳۸). در این مطالعه بر خلاف بررسی‌های مشابه انجام شده روی دیگر رودخانه‌ها مانند، عظیمی بر روی رودخانهٔ زارمرود و شیرچی ساسی بر رودخانه جاجرود، تراکم کف‌زیان به‌علت افزایش آلایندهٔ کارخانه‌های فصلی و فاضلاب‌های کشاورزی در فصل سرد بیش‌تر از فصل گرم بود (۴، ۴۹). در طول این مطالعه *Baetis* و *Hydropsyche* آرایه‌های غالبی بودند که در اکثر ایستگاه‌ها در هر دو فصل مشاهده شدند. جنس *Baetis* در هر دو فصل بیش‌ترین تراکم را داشته و در زمستان بالاترین تراکم را نشان داد. هم‌چنین نتایج مشابهی توسط Mahmodi و Abdoli (۲۶) در سرشاخه‌های ولایت‌رود و شهرستانک در ۷ ایستگاه نشان داد که بالاترین درصد تراکم متعلق به خانواده‌های Baetidae و Chironomidae بوده و بیش‌ترین فراوانی درشت بی‌مهرگان کف‌زی در فصل تابستان مشاهده گردید. در مطالعهٔ حاضر Baetis در همهٔ فصول بیش‌ترین تراکم را نسبت به سایرین داشته و در زمستان بالاترین تراکم خود را نشان داده که از این لحاظ متفاوت با نتیجه به ثبت رسیده توسط

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

Mahmodi و Abdoli (۲۶) بود. در تحقیق Cado و همکاران، شاخص ساپروبی آب رودخانهٔ Sava در کشور صربستان به کمک جمعیت فیتوپلانکتون‌های آن مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس مشاهدات صورت گرفته تعداد ۸ گروه مختلف فیتوپلانکتونی با غالبیت گروه‌های باسیلاریوفیتا و کلروفیتا گزارش گردید. میزان برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی هم‌چون اکسیژن محلول بالا بوده ولی فاکتورهایی هم‌چون آمونیاک و نیترات پایین گزارش شد و فاکتورهای نیتریت، ازت کل، ارتوفسفات، فسفر کل دارای کمی افزایش در بین ایستگاه‌های مختلف بودند. هم‌چنین نتایج بررسی شاخص ساپروبی در این اکوسیستم حاکی از بتامزوساپروب بودن آن داشت که نشان از آلودگی متوسط و ناچیز این منبع آبی از مواد آلی بود (۱۰). براساس نتایج جدول ۳، وضعیت آلودگی رودخانهٔ تجن در فصل سرد، زیاد (کیفیت آب نسبتاً ضعیف) و در فصل گرم خیلی زیاد (کیفیت آب ضعیف) ارزیابی شد. نتایج مشابهی توسط Mosavi Rineh و Porebrahim (۳۰)، کیفیت ایستگاه‌های سیرا، پل خواب، آدران و پورکان (به‌ترتیب در بالادست و پایین‌دست سد امیرکبیر) را دارای آلودگی ارزیابی نمود. که مشابه نتایج گزارش شده توسط Adeli و همکاران (۱) در ایستگاه‌های مطالعاتی گرگان‌رود بود (۳۰، ۱). در مطالعهٔ مشابهی که Mottley (۳۱) روی رودخانهٔ Cascadillacrcek در نیویورک انجام داد، مشاهده کرد که سیلاب پاییزه به‌طور قابل توجهی تراکم درشت بی‌مهرگان کف‌زی را در رودخانه کاهش داده است. بالاترین درصد تراکم درشت بی‌مهرگان کف‌زی در طی دورهٔ نمونه‌برداری، متعلق به خانواده Beatidae بوده است. از آن‌جاکه Beatidae شاخص آب‌های نیمه پاک است، می‌توان دلیل افزایش این گروه از درشت‌بی‌مهرگان کف‌زی را در فصل تابستان، بهتر شدن شرایط کیفی آب رودخانه نسبت به فصل زمستان دانست. نتیجه این تحقیق نشان داد که تنوع گروه‌های درشت بی‌مهرگان کف‌زی در زمستان بیش‌تر از تابستان بوده است که در این رابطه، نتیجهٔ مطالعهٔ Ramesh و همکاران (۳۹) در Nanda Devi هند و Azimi و همکاران (۴) بر روی رودخانه زارمرود نیز نشان داد که بیش‌ترین میزان تنوع در فصل زمستان و کم‌ترین میزان تنوع در فصل تابستان می‌باشد. میانگین HFBI رودخانهٔ تجن در فصل زمستان ۱/۸ به‌دست آمد و در طبقه کیفی نسبتاً ضعیف قرار گرفت و درجهٔ آلودگی آلی آن قابل ملاحظه بود و در فصل تابستان میانگین HFBI به ۲/۹۲ افزایش پیدا کرد و کیفیت آب رودخانه کاهش یافت و در طبقهٔ کیفی ضعیف قرار گرفت و درجهٔ آلودگی آلی آن در حد خیلی زیاد بود. به‌طورکلی میانگین شاخص زیستی رودخانهٔ تجن نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه، نسبتاً ضعیف می‌باشد و آلودگی آلی موجود در آن، قابل ملاحظه است. درصورتی‌که Rekabi و همکاران در بررسی کیفیت سرشاخه‌های اصلی رودخانه تجن با استفاده از بی‌مهرگان کف‌زی در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ شاخص زیستی هیلسنهوف ایستگاه‌های مطالعاتی خود را در طبقه کیفی عالی یا مناسب (۴۰) و Shokri و همکاران کیفیت رودخانه تجن را با استفاده از شاخص BMWP در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ در سه طبقه کیفی خوب، متوسط و بد طبقه‌بندی کردند (۵۰). دلیل تفاوت مشاهده شد در مطالعه گذشته نسبت به تحقیق حاضر تفاوت در انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی و افزایش میزان ورود آلودگی و فاضلاب در سال‌های اخیر به رودخانه تجن بوده است. به‌طورکلی تغییرات زمانی فراوانی درشت بی‌مهرگان کف‌زی می‌تواند به ویژگی‌های زیستی و چرخهٔ زندگی این موجودات وابسته باشد. از طرفی حضور یا عدم حضور برخی آرایه‌ها دراکثر ایستگاه‌ها می‌تواند تحت تأثیر عوامل طبیعی، استرس‌های موجود و مقاومت نسبی آن‌ها به عوامل محیطی باشد (۵۴). بررسی مطالعهٔ حاضر نشان داد که دخالت انسان در اکوسیستم‌های طبیعی، از جمله رودخانه می‌تواند در جوامع کفزیان مؤثر باشد؛ و با توجه به کم بودن جریان آبی رودخانه، بهره‌برداری زیاد از آب در فصول کشاورزی، تخلیهٔ فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، کارخانه صنایع چوب و کاغذ و مزارع آبزی‌پروری و آلودگی ناشی از اکوتوریسم و تفرج کاهش کیفیت آب در این رودخانه از بالادست به سمت ایستگاه‌های پایین‌دست سیر صعودی را طی نموده و در هر ایستگاه میزان عوامل استرس‌زا باعث تغییر در یک محدودهٔ مکانی معین شده که این فشارهای محیطی باعث تغییر در اجتماعات درشت بی‌مهرگان کف‌زی و ساختار جمعیتی آن‌ها شد. چنان‌چه مدیریت صحیحی برای سامان‌دهی و حفظ کیفیت آن صورت نگیرد، در آینده نه چندان دور با خطر آلودگی بسیار شدید مواجه شده و حیات زیست‌مندان آن با خطر نابودی روبه‌رو خواهد شد

منابع

1. **Adeli, M., Hedayati, S.A., Poladi, M. and Adeli, Z., 2019.** Investigating the seasonal composition, abundance and biodiversity of aquatic communities in Gorgan River, Golestan province. Journal of Animal Environment. 11(3): 303-310. (In Persian)
2. **Ahmadi, M. and Nafisi, M., 2001.** Identification of indicator organisms of running water invertebrates. Khabir Publications, Tehran. 240 p. (In Persian)
3. **Arifi, K., Elblidi, S., Serghini, A., Tahri, L., Yahyaoui, A. and Fekhaoui, M., 2018.** Taxonomic diversity of benthic macroinvertebrates and bio-evaluation of water quality of Grou River (Morocco) through the use of the standardized global biological index (IBGN). Journal of

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

Materials and Environmental Science. 9(4): 1343-1356. doi: 10.26872/jmes.2018.9.4.147

4. **Azimi, A., Amirnezhad, R., Nasrolahzadeh Saravi, H. and Soleimani Roodi, A., 2015.** Water quality classification of Zarmerud River (Sari-Mazandaran) using the Hilsenhof biological index. Journal Wetland Ecobiology. 23(7): 39-48. (In Persian)

5. **Bass, D., 1995.** Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in cucumber creek, Proceedings of the Oklahoma Academy of Science. 75: 39-46.

6. **Baur, W., 2000.** Gewasser guete bestimmen and beurtilen, Paul Parey Verlag, Stuttgart. 453 p. (In German)

7. **Benstead, J.P. and Pringle, C.M., 2004.** Deforestation alters the resource base and biomass of endemic stream insects in eastern Madagascar. Freshwater Biology. 49(4): 490-501. doi: 10.1111/j.1365-2427.2004.01203.x

8. **Bode, H.B., Bethe, B., Höfs, R. and Zeeck, A., 2002.** Big effects from small changes: possible ways to explore nature's chemical diversity. ChemBioChem. 3(7): 619-627. doi: 10.1002/1439-7633(20020703)3:7

9. **Brittain, J.E., 1990.** Life history strategies in Ephemeroptera and Plecoptera. In Mayflies & stoneflies: Life histories and biology. 1-12.

10. **Cado, S., Miletic, A., Dopuda-Glisic, T. and Denic, L., 2006.** Physical-chemical characteristics & phytoplankton composition of the Sava River on its lower flow stretch through Serbia. In Proceedings 36th International Conference IAD, Vienna, Austria. 13: 184-188.

11. **Clegg, M.T. and Allard, R.W., 1973.** Viability versus fecundity selection in the slender wild oat, *Avena barbata* L. Science. 181(4100): 667-668. doi: 10.1126/science. 181.4100.667

12. **Davies, A., 2001.** The Use and limits of various methods of sampling interpretation of benthic macroinvertebrates. Journal of Limnology. 60(1): 1-6. doi: 10.4081/jlimnol. 2001.s1.1

13. **Ebrahimi, E., Fathi, P., Ghodrati, F., Naderi, M. and Pirali, A., 2018.** Assessment of Tajan River water quality with the use of biological and quality indicators. Iranian Scientific Fisheries Journal. 26(5): 139-151. (In Persian) doi: 10.22092/ISFJ.2017.115006

14. **Erfan Manesh, M. and Afioni, M., 2011.** Environmental pollution: water, soil and air. Arkan Danesh Publications. 330 p. (In Persian)

15. **Esmaeili Sari, A., 2002.** Pollutants, standard hygiene in the environment. Naqsh Mehr Publications. 399 p. (In Persian)

16. **Fathi, P., Dorche, E. E., Kashkooli, O. B., Stribling, J. and Bruder, A., 2022.** Development of the Karun macroinvertebrate tolerance index (KMTI) for semi-arid mountainous streams in Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 194(6): 1-27. doi: 10.1007/s10661.022. 09834.8

17. **Gattolliat, J.L. and Nieto, C., 2009.** The family Baetidae (Insecta: Ephemeroptera): synthesis & future challenges. Aquatic Insects. 31(1): 41-62. doi: 10.1080/0165042090 2812214

18. **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. https://doi.org/10.2307/1467832

19. **Hoegh-Guldberg, O., 1999.** Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Marine and Freshwater Research. 50(8): 839-866. doi: 10.1071/ MF99078

20. **Hynes, H.B., 1970.** The Ecology of Running waters, Published by Liverpool university press, Great Britain. 387 p.

21. **Johnson, R.K., Wiederholm, T. and Rosenberg, D.M., 1993.** Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. 40: 158-162.

22. **Kamali, M. and Esmaeili Sari, A., 2009.** Biological assessment of Lasem River (Amol city, Mazandaran province) by using benthic macroinvertebrate population structure. Journal of Environmental Sciences. 3(1): 43-51. (In Persian)

23. **Karr, J.R., 1991.** Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. Ecological Applications. 1(1): 66-84. doi: 10.2307/1941848

24. **Lenat, D.R., 1998.** Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macro invertebrates. Journal of North American Benthological Society. 7(3): 222-233. doi: 10.2307/1467422

25. **Li, L., Zheng, B. and Liu, L., 2010.** Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. Procedia Environmental Sciences. 2: 1510-1524. doi: 10.1016/j.proenv.2010.10. 164

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

(Insecta: Ephemeroptera) of Serbia (central part of the Balkan Peninsula). Turkish Journal of Zoology. 39(2): 195-209. doi: 10.3906/zoo-1304-2

37. **Pipan, T., 2000.** Biological Assessment of Stream Water Quality the example of the Reka River (Slovenia), Acta Carsologica. 29(15): 201-222.

38. **Quinn, J.M. and Hickey, C.W., 1990.** Characterization and classification of benthic invertebrate communities in 88 New Zealand rivers about environmental factors. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 24(3): 387-409. doi: 10.1080/00288330.1990.9516432

39. **Ramesh. C., Sharma. G.B. and Singh, A., 2004.** Aquatic macroinvertebrate Diversity in Nanda Devi biosphere Reserve. The Environmentalist. 24(4): 211-221. doi: 10.1007/s10669-005-0996-z

40. **Rekabi, S.M., Rahmani, H. and Janikhalili, K., 2022.** Water quality assessment in the main tributaries of the Tajan River using large benthic invertebrates. Journal of Animal Environment. 14(2): 285-298. doi: 10.22034/AEJ. 2021.281119.2500. (In Persian)

41. **Revelli, R. and Ridolfi, L., 2004.** Stochastic dynamics of BOD in a stream with random inputs. Advances in Water Resources. 27(9): 943-952. https://doi.org/10.1016/j. advwatres.2004.05.009

42. **Rezaei Tavabe, K., 2017.** Hydrobiological study and determination of the flow condition of Cheshme Ali Damghan River. Shil. 2: 47-57. (In Persian)

43. **Rezaei Tavabe, K. and Taleshi, A., 2019.** Sea pollution. Tehran University press. 288 p. (In Persian)

44. **Richardson, J., 1993.** Parallel sourcing and supplier performance in the Japanese automobile industry. Strategic Management Journal. 14(5): 339-350. https:// doi.org/10.1002/smj.4250140503

45. **Roshan Tabari, M., 2003.** Investigating the physical and chemical factors and the distribution of aquatic life in the Tajan River and identifying the effective factors in its destruction. Iran Fisheries Research Institute press. 241 p. (In Persian)

46. **Saberi, S.A., Jurjani, S., Mira, S.M. and Ghalamchi, A., 2001.** Determining benthic fauna of Khormarood, Azadshahr city. Journal of Biological Sciences. 5: 109-111. (In Persian)

47. **Salavatian, S.M., 2001.** Species identification of macro-zoobenthos of the rivers entering the Lar dam lake. Journal of Biological Sciences. 5(4): 67-78. (In Persian)

26. **Mahmodi, M. and Abdoli, A., 2015.** Population structure of macrobenthic organisms of Shahrestanak River, the second conference on new findings in environment and agricultural ecosystems, Tehran. 78 p. (In Persian)

27. **Marevat Dost Anaraki, M., Haeripor, S. and Amir Nezhad. R., 2015.** Investigating the water quality of Sefidroud River in the area of Rudbar city. Journal of Wetland Ecobiology. 7(3): 33-43. (In Persian)

28. **Merritt, R.W., Wallace, J.R., Higgins, M.J., Alexander, M.K., Berg, M.B., Morgan, W.T. and Vandeneeden, B., 1996.** Procedures for the functional analysis of invertebrate communities of the Kissimmee River-floodplain ecosystem. Florida Scientist. 7: 216-274.

29. **Mohammadlou, A., 2010.** Water and wastewater treatment process of Mazandaran wood and paper factory. The fourth specialized conference on environmental engineering. Tehran. University of Tehran, Faculty of Environment. (In Persian)

30. **Mosavi Rineh, S. and Porebrahim, S.H., 2019.** Evaluation of Karaj River water quality (Alborz province) using biological indicators of benthic macroinvertebrates. Journal of animal environment. 11(3): 335-344. (In Persian)

31. **Mottley., 1939.** Determination of the food grade of stream. Trans. Am. Fish. Soc. 12: 240-248.

32. **Naderi Jelodar, M., Abdoli, A., Mirzakhani, M.K., Sharifi Jelodar, R., 2011.** Response of benthic macroinvertebrates to Oncorhynchus mykiss aquaculture effluent. Journal of Fishery. 64(2): 163-176. (In Persian)

33. **Naderi Jolodar, M., Ismail Sari, A., Ahmadi, M.R., Saifabadi, J. and Abdoli, A., 2006.** Investigating the pollution caused by rainbow salmon breeding workshops on the water quality parameters of Haraz River. Advanced Environmental Sciences. 4(2): 21-36. (In Persian)

34. **Namdari, A. and Houshmandzadeh, M., 2019.** Finding trends and statistical analysis of the water quality of the Karun River at the Malathani water measuring station. Journal of Wetland Ecobiology. 11(1): 5-22. (In Persian)

35. **Nguyen, H.H., Everaert, G., Gabriels, W., Hoang, T.H. and Goethals, P.L.M., 2014.** A multimeric macro invertebrate index for assessing the water quality of the Cau river basin in Vietnam. Limnologica. 45: 16-23. doi: 10.1016/j.limno.2013.10.001

36. **Petrovic, A., Milosevic, D., Paunovic, M., Simic, S., Dordevic, N., Stojkovic, M. and Simic, V., 2015.** New data on the distribution and ecology of the mayfly larvae

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]

48. **Shapoori, M., Zoalriastin, N. and Azarbad, H., 2019.** Rapid assessment of the water quality of Gorganrud River based on biological indicators. Journal of natural resources science and technology. 3: 118-129. (In Persian)

49. **Shirchi Sasi, Z., Asghar, A. and 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. (In Persian)

50. **Shokri, M., Ahmadi, M.R., Rahmani, H. and Kamrani, E. 2015.** Investigation of Tajan River Quality with Using Population Structure of Benthic Invertebrates and BMWP Index. Journal of Animal Environment. 6(4): 221-230. (In Persian)

51. **Shokri, S., Hoshmand, A. and Moazed, H., 2014.** Investigating the chemical quality of Gregar river water by graphic methods and multivariate statistical analysis. Wetland Ecobiology. 6(5): 20-27. (In Persian)

52. **Soleimani Sardo, M., Wali, A., Qadawi, R. and Saidi Garaghani, H., 2003.** Analysis and trending of water chemical quality parameters, a case study of Cham Anjir River, Khorramabad. Iran Irrigation and Water Engineering. 3(12): 95-106. (In Persian)

53. **Tiller, D. and Mazeling, L., 1998.** Rapid Bio assessment of Victorian Streams, EPA Publication. Environmental Protection Authority. 12(3): 7-13.

54. **Wang, Q.H., Kalantar-Zadeh, K., Kis, A., Coleman, J.N. and Strano, M.S., 2012.** Electronics and optoelectronics of two-dimensional transition metal dichalcogenides. Nature Nanotechnology. 7(11): 699-712. doi: 10.1038/nnano.2012.193

55. **Wegl, R., 1983.** Wasser and abwasser, Index fure die limnosaprobitaet, Beitrege zur Gewasser Forschung, Wien. 311 p.

56. **Yokoyama, H., Nishimura, A. and Inoue, M., 2007.** Macrobenthos as biological indicators to assess the influence of aquaculture on Japanes coastal environments. Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. 423-470. doi: 10.1007/978-1-4020-6148-6_22

[Downloaded from journalaer.com on 2025-09-19]