



## Original Research Paper

## Water quality assessment in the main tributaries of the Tajan River using large benthic invertebrates

Seyyede Mahdis Rekabi, Hossein Rahmani\*, Khosrow Janikhalili

Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

### Key Words

Macroinvertebrates  
Community indices  
Hilsenhoff index  
ASPT index

### Abstract

**Introduction:** In this study, the quality of water in the main tributaries of Tajan River was investigated in terms of biological indicators.

**Material & Methods:** To investigate the community indices of benthic macroinvertebrates and water quality assessment, sampling was carried out using surber sampler (30.5×30.5 cm with 360μ mesh size) monthly with 3 replications in the Tajan River and its main branches during July 2013 to June 2014. 6 stations were selected at Shirinroud, Korcha, Sorkhvalick, Golourd, Zaremroud (Alavicola) region and the main canal of the Tajan River (Daroupay) respectively.

**Results:** During this period, 39420 individuals of benthic macroinvertebrates were collected, identified and enumerated, which were blonged to 4 phyla, 4 classes, 13 orders, 43 families and 46 genera. Assessment of water physicochemical parameters among stations showed that all parameters, exopt pH, had statistically significant differences among stations ( $p < 0.05$ ). Results of benthic macroinvertebrates community indices (Shanon-wiener diversity, Simpson diversity, Margalef richness, EPT richness, EPT/CHIR ratio and Pielou eveness index) showed stations 1 and 4 had the highest and the lowest diversity and richness indices, respectively. The Minimum (3.16) and the maximum values of Hilsenhoff biotc index (5.47) as well as the highest (6.36) and the lowest values of ASPT index (3.81) were calcuted in stations 1 and 4 respectively. According to ASPT Biotic Index staion 1 (Shirinroud Branch) was classified in clean class, stations 3, 5 and 6 (Chardangeh, Zaremroud and main channel of Tajan River respectively) were classified in moderate pollution class and staions 2 and 4 (Korcha and Golvard Regions respectively) were classifieds in exterem pollution calss.

**Conclusion:** The results showed that the most important factors influencing the quality of the Tajan River are bed material, uncontrolled water abstraction, the entry of agricultural, husbandry and aquaculture effluents into the river.

\* Corresponding Author's email: [Shemaya1975@yahoo.com](mailto:Shemaya1975@yahoo.com)

Received: 2 May 2021; Reviewed: 4 June 2021; Revised: 7 August 2021; Accepted: 10 September 2021

(DOI): 10.22034/AEJ.2021.281119.2500

## مقاله پژوهشی

## ارزیابی کیفی سرشاخه‌های اصلی رودخانه تجن با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی

سیده‌محدث رکابی، حسین رحمانی\*، خسرو جانی‌خلیلی

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

## کلمات کلیدی

## چکیده

بنتوزها

رودخانه تجن

شاخص‌های جمعیتی

شاخص‌های هیلسنهوف و ASPT

**مقدمه:** در این مطالعه وضعیت کیفی آب در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تجن از نظر شاخص‌های زیستی مورد بررسی قرار گرفت. **مواد و روش‌ها:** به منظور بررسی شاخص‌های جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کفزی و ارزیابی کیفیت آب، نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی با استفاده از نمونه‌بردار سوربر سمپلر (۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر و چشمه تور ۳۶۰ میکرون) به صورت ماهانه از تیر ماه ۱۳۹۲ تا خرداد ماه ۱۳۹۳ و با سه تکرار در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تجن انجام شد. بدین منظور به ترتیب ۶ ایستگاه در مناطق شیرین‌رود (ایستگاه ۱)، کرچا (ایستگاه ۲)، سرخ ولیک (ایستگاه ۳)، گلورد (ایستگاه ۴)، زارم‌رود (ایستگاه ۵) و کانال اصلی رودخانه تجن در منطقه دروپی (ایستگاه ۶) انتخاب شدند.

**نتایج:** طی مدت نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف به‌طور کلی ۳۹۴۲۰ بزرگ بی‌مهره کفزی جداسازی، شناسایی و شمارش گردید که متعلق به ۴ شاخه، ۴ رده، ۱۳ راسته و ۴۳ خانواده و ۴۶ جنس بودند. نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب نشان داد کلیه پارامترها به غیر از pH تفاوت معنی‌داری را در ایستگاه‌های مختلف داشتند ( $P < 0/05$ ). نتایج تمامی شاخص‌های جمعیتی (شاخص‌های شانن-وینر، سیمپسون، مارگالف، غنای EPT، نسبت EPT/CHIR و شاخص یکنواختی پیلو) نشان داد، ایستگاه ۱ بالاترین و ایستگاه ۴ پایین‌ترین میزان تنوع و غنای گونه‌ای را در بین سایر ایستگاه‌ها داشتند. شاخص زیستی هیلسنهوف برای ایستگاه ۱ کم‌ترین (۳/۱۶) و برای ایستگاه ۴ بیش‌ترین (۵/۴۷) بود و برای شاخص ASPT ایستگاه ۱ بیش‌ترین (۶/۳۶) و برای ایستگاه ۴ کم‌ترین مقدار (۳/۸۱) را بین ایستگاه‌ها نشان داد. ایستگاه ۱ براساس شاخص زیستی ASPT در دسته تمیز و ایستگاه‌های ۳، ۵ و ۶ در دسته با آلودگی متوسط و ایستگاه‌های ۲ و ۴ در دسته با آلودگی شدید طبقه‌بندی شدند.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق نشان داد که جنس سنگ بستر، برداشت بیش از حد آب برای مصارف کشاورزی، ورود پساب کشاورزی، دامپروری و آبی‌پروری به رودخانه مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در وضعیت کیفی آب هستند.

## مقدمه

جریب در دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد (۷). طول رودخانه حدود ۱۶۰ کیلومتر، شیب متوسط بستر آن در کوهستان ۲ درصد و در جلگه ۰/۴ می‌باشد (۸). افزایش جمعیت، احداث سد و کانال‌های انحرافی، تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به زمین‌های زراعی در مسیر رودخانه تهن سبب ایجاد تغییراتی در بسیاری از پارامترهای زیستی و غیر زیستی (کل مواد جامد محلول، درجه حرارت و قابلیت هدایت الکتریکی آب) این رودخانه شده که جهت بررسی پیامدهای آن‌ها نیاز به مطالعات بسیار زیادی است. ارزیابی زیستی رودخانه‌های اروپا توسط Murphy و همکاران، نشان داد که تغییرات پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی آب موجب تغییر در جوامع بی‌مهرگان کفزی شده است (۹). ساختار جمعیت، غنای گونه‌ای و ارتباط آن با پارامترهای محیطی در رودخانه‌های سوئد توسط Stefanidis و همکاران انجام شد. ایشان بیان کردند که پارامترهای محیطی به همراه متغیرهای محلی مانند نوع بستر، ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی در ساختار جمعیت و غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی نقش دارند (۱۰). Hajiaghahi Ghaazi Mahalleh و همکاران، کیفیت آب رودخانه قلعه‌رودخان را براساس مقادیر شاخص تنوع شانون در طبقه تمیز یا با آلودگی کم ارزیابی نمودند. ایشان معتقدند که این شاخص به تنهایی ارزیابی دقیقی از کیفیت آب ارائه نمی‌دهد. زیرا ممکن است تنوع در یک مکان آلوده برابر یا حتی بیش‌تر از مکان غیرآلوده باشد ولی در اثر آلودگی زیاد نوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی تغییر نماید (۱۱). Musavi و Pourebrahim، در ارزیابی کیفیت آب رودخانه کرج بیان داشتند که راسته Ephemeroptera بیش‌ترین فراوانی را در ایستگاه‌های مورد مطالعه داشته و براساس شاخص EPT ایستگاه‌های بالادست سد امیرکبیر نسبت به ایستگاه‌های پایین‌دست دارای کیفیت بهتری بودند (۱۲). با توجه به مطالعاتی که در سال‌های اخیر در مورد آب و آبیان رودخانه تهن صورت گرفته (۱۳، ۱۴، ۷، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰) ولی در هیچ‌یک از آن‌ها تغییرات احتمالی در سرشاخه‌های اصلی مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا در این مطالعه سعی شد که وضعیت کیفی آب در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تهن از نظر شاخص‌های زیستی مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۵ ایستگاه در سرشاخه‌های اصلی رودخانه و با توجه به ارتفاع از سطح دریا، وجود پوشش گیاهی حاشیه رودخانه، مزارع پرورش ماهی و زمین‌های کشاورزی و یک ایستگاه در کانال اصلی رودخانه در منطقه دروپی به‌عنوان ایستگاه شاهد انتخاب شد

ایران کشوری کم‌آب و دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین بارش ۲۰۰ میلی‌متر در سال است. بنابراین کنترل آب‌های سطحی و استحصال آن به‌منظور تامین نیازهای جمعیت فعلی و آینده ضروری است (۱). رشد بی‌رویه جمعیت، توسعه و پیشرفت جوامع بشری، صنعتی شدن شهرها، استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای کشاورزی، عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی منجر به ورود آلاینده‌ها به منابع آبی شده است که این امر خصوصاً در شهرها و روستاهایی که در مسیر عبور یک رودخانه واقع شده‌اند، پررنگ‌تر می‌باشد (۲). ارزیابی کیفیت آب صرفاً از طریق اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی آب با روش‌های معمول کافی نیست زیرا تنها اطلاعاتی را در زمان نمونه‌گیری در اختیار می‌گذارد (۳). هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای جهان تست سلامت آب رودخانه‌ها و نهرها از طریق پایش طیف وسیعی از پارامترهای شیمیایی آب انجام می‌شود. اگرچه بررسی و ارزیابی کیفی آب به‌روش شیمیایی در سطح بین‌المللی به‌عنوان یک ابزار مهم و شناخته شده در تعیین شرایط و بررسی کیفیت آب می‌باشد، اما مشخصاً پارامترهای شیمیایی آب می‌توانند به‌صورت روزانه و فصلی در نوسان باشند. بنابراین به‌منظور تعیین روند دقیق پایش آب رودخانه‌ها باید داده‌های شیمیایی بیش‌تری در بازه‌های زمانی طولانی مدت و در فواصل کوتاه اندازه‌گیری شود که به نوبه خود می‌تواند زمان‌بر و پرهزینه باشد، خصوصاً هنگامی که نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی متعددی باشد (۴). به‌همین دلیل ارزیابی زیستی با استفاده از جانوران خصوصاً بزرگ بی‌مهرگان کفزی (لارو بسیاری از حشرات آبی، شکم‌پایان، برخی نرم‌تنان و سخت‌پوستان) شاخص بهتری از محیط آبی محسوب می‌شود (۵). این گروه از موجودات به سرعت تحت تأثیر شرایط شیمیایی، فیزیکی و زیستی نهرها قرار می‌گیرند، زیرا بسیاری از آن‌ها قادر به جابه‌جایی‌های محدود در زیستگاه خود هستند و هنگامی که آلاینده‌ای وارد محیط شود توانایی مهاجرت از آن محیط آبی را ندارند. بنابراین اثرات کوتاه و طولانی مدت آلودگی‌ها را نشان می‌دهند. برخی از این موجودات در آب‌های آلوده نمی‌توانند به حیات خود ادامه دهند و برخی دیگر قادر به زندگی در آب‌های آلوده و حتی غالب شدن در آن محیط آبی هستند. بنابراین حضور یا عدم حضور آن‌ها می‌تواند بیانگر کیفیت آب باشد (۵). علاوه بر این، بزرگ بی‌مهرگان کفزی از مهم‌ترین جوامع زیستی آب‌های شیرین می‌باشند که در دومین یا سومین سطح غذایی توسط آبزیان مصرف شده و می‌توانند به‌عنوان شاخصی از کیفیت آب مطرح باشند (۶). رودخانه تهن از رودخانه مهم استان مازندران است که از دامنه کوه‌های علیخانی، داراب‌کوه و سرکوه، از ناحیه کوهستانی هزار

استفاده شد. شاخص تنوع شانون-ویبر یکی از رایج ترین شاخص های تنوع می باشد که براساس نسبت تعداد گونه ها در نمونه استوار بوده و کاربرد فراوانی در تعیین تنوع دارد و مقدار عددی آن بین ۱ تا ۵ می باشد و هر چه به یک نزدیک تر باشد، نشان دهنده آلودگی بالاتر آب می باشد (۲۳):

$$H' = -\sum_{i=1}^s pi \ln pi$$

که در آن  $H'$ : شاخص تنوع و  $Pi$ : نسبت گونه خاص در نمونه می باشد. شاخص تنوع سیمپسون به فراوانی هر یک از گونه ها به تعداد کل افراد موجود در نمونه های صید شده مرتبط بوده که رابطه معکوس با غنی بودن گونه ها دارد و مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است.

$$I = \sum \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

که در آن  $I$ : شاخص تنوع سیمپسون؛  $ni$ : تعداد افراد گونه؛  $N$ : تعداد کل افراد موجود در نمونه می باشند.

برای محاسبه غنای تاکسونی از شاخص مارگالف استفاده شد (۲۴):

$$D = \frac{S-1}{\ln N}$$

که  $S$ : تعداد تاکسون های موجود در هر واحد نمونه گیری و  $N$ : تعداد نمونه های مشاهده شده در هر واحد می باشد.

برای محاسبه شاخص غنای EPT تعداد تاکسون های مختلف (جنس) راسته های Ephemeroptera، Plecoptera و Tricoptera استفاده شد (۲۵). شاخص فراوانی EPT/CHIR از نسبت مجموع فراوانی افراد متعلق به راسته های EPT به فراوانی افراد متعلق به خانواده Chironomidae محاسبه شد (۲۵، ۲۶). برای محاسبه یکنواختی گونه ای از شاخص پیلو (Pielou) استفاده شد و مقدار آن از ۰ تا ۱ متغیر است و هر چه این مقدار به ۱ نزدیک تر باشند نشان دهنده پراکنش یکنواخت گونه ها است.

$$J = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

که  $H'$ : مقدار شاخص شانون و  $S$ : تعداد تاکسون ها در نمونه مورد نظر است.

جهت ارزیابی کیفیت آب در هر ایستگاه یکی از رایج ترین شاخص زیستی، شاخص هیلسنهوف می باشد. در این روش آب ها در ۷ گروه کیفی قرار می گیرند و مقدار آن از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$HFBI = \sum \frac{(x_i t_i)}{n}$$

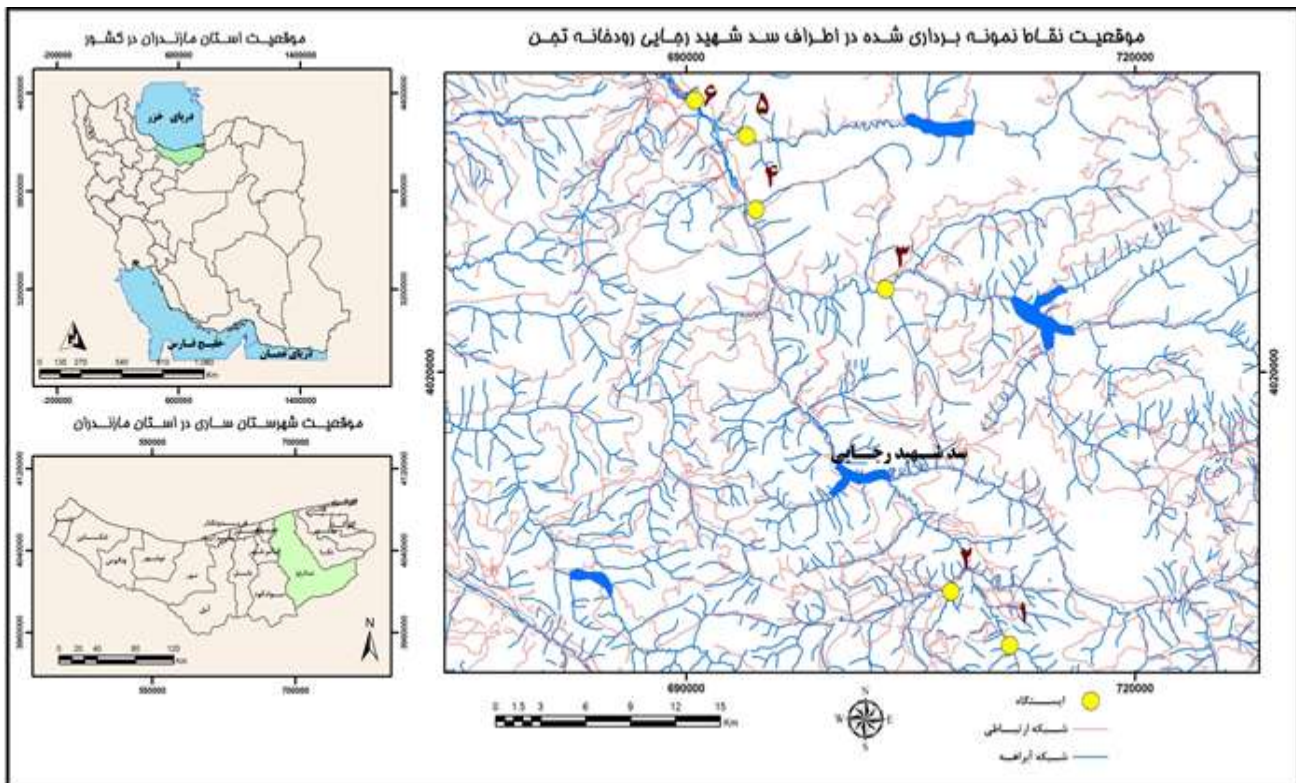
$X_i$ : تعداد افراد در هر گروه؛  $t_i$ : ارزش تحمل به آلودگی در آن گروه و  $n$ : تعداد کل افراد و HFBI مقدار عددی شاخص هیلسنهوف می باشد.

(شکل ۱ و جدول ۱). ایستگاه ۱ در سرشاخه شیرین رود در منطقه ای کوهستانی و جنگلی در بخش دودانگه و قبل از کارگاه پرورش ماهی قزل آلا، ایستگاه ۲ در منطقه کرچا، چندین کیلومتر بعد از کارگاه پرورش ماهی با فعالیت های کشاوری و دامداری حاشیه رودخانه، ایستگاه ۳ در بخش چهاردانگه و در مسیر جاده کیاسر در منطقه جنگلی سرخولیک با فعالیت های کشاوری و دامداری حاشیه رودخانه، ایستگاه ۴ یکی از کوچک ترین سرشاخه های رودخانه تجن بعد از سد شهید رجایی با فعالیت های کشاوری و دامداری، ایستگاه ۵ یکی از سرشاخه های اصلی رودخانه تجن در منطقه زارم رود در پایین دست سد شهید رجایی و ایستگاه ۶ در کانال اصلی رودخانه تجن در منطقه درویی واقع شده است. برخی پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب شامل کدورت، هدایت الکتریکی، شوری، اکسیژن محلول، pH و درجه حرارت توسط دستگاه های Hach مدل Sension5 و Aqualytic مدل AL15 اندازه گیری شدند. تعیین دبی و سرعت متوسط براساس روش استاندارد ارائه شده توسط EPA (United States Environmental Protection Agency) انجام شد.

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری در سرشاخه های رودخانه تجن

ایستگاه	منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	دودانگه	۵۳° ۲۰' ۶"	۳۶° ۹' ۰۰"	۷۶۶/۲۶
۲	کرچا	۵۳° ۱۸' ۳۶"	۳۶° ۱۰' ۷"	۶۵۲/۲۷
۳	سرخولیک	۵۳° ۱۵' ۷"	۳۶° ۲۱' ۰۰"	۳۵۹/۶۶
۴	گلورد	۵۳° ۱۰' ۲۱"	۳۶° ۲۳' ۷"	۲۲۸/۶
۵	زارم رود	۵۳° ۹' ۸"	۳۶° ۲۶' ۲۴"	۱۶۷/۳۳
۶	درویی	۵۳° ۷' ۶"	۳۶° ۲۷' ۴۸"	۱۳۱/۰۶

نمونه برداری طی یک سال و به طور ماهانه و با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد. نمونه برداری از بزرگ بی مهرگان کفزی با استفاده از نمونه بردار سوربر با ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی متر و با چشمه های تور ۳۶۰ میکرون در کناره ها و وسط رودخانه صورت گرفت. نمونه های جمع آوری شده با محلول فرمالین ۴٪ تثبیت و جهت شناسایی به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه ها پس از جداسازی با استفاده از کلید شناسایی معتبر و به کمک لوپ تا پائین ترین سطح ممکن (خانواده و جنس) شناسایی شد (۲۱، ۲۲). به منظور طبقه بندی و ارزیابی زیستی کیفیت آب سرشاخه های مختلف رودخانه تجن از متداول ترین شاخص ها



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی بر روی نقشه

جدول ۳: طبقات کیفی آب رودخانه به روش ASPT (۳)

ASPT	کیفیت آب
بیش‌تر از ۶	آب‌های تمیز
۵-۶	آب‌های با کیفیت مشکوک به آلودگی
۵-۴	آب با آلودگی متوسط
کم‌تر از ۴	آب با آلودگی شدید

قبل از تجزیه و تحلیل کلیه شاخص‌های محاسباتی، تست نرمالیده داده‌ها به روش آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد. برای مقایسه پارامترهای مختلف در فصول و ایستگاه‌های مختلف از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA)، آزمون کروسکال والیس و برای مقایسه میانگین‌ها برای داده‌های نرمال از آزمون دانکن (Duncan) و برای داده‌های غیرنرمال از تست من-ویتنی (Mann-Whitney) در نرم‌افزار SPSS19 انجام شد و ترسیم نمودارها با بسته نرم‌افزاری Excell 2010 صورت گرفت. برای تعیین وجود رابطه معنی‌دار میان شاخص‌های زیستی و پارامترهای غیرزیستی از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. گروه‌بندی داده‌ها بر اساس فاصله اقلیدسی به کمک روش تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis) انجام شد.

جدول ۲: درجه آلودگی، کیفیت آب و شاخص زیستی هیلسنهوف در سطح خانواده (۲۷)

شاخص زیستی در سطح خانواده	کیفیت آب	درجه آلودگی
۰ - ۳/۷۵	عالی	آلودگی آب وجود ندارد
۳/۷۶ - ۴/۲۵	خیلی خوب	امکان آلودگی آب بسیار اندک
۴/۲۶ - ۵	خوب	احتمال مقداری آلودگی آلی
۵/۰۱ - ۵/۷۵	مناسب	آلودگی نسبتاً قابل ملاحظه
۵/۷۶ - ۶/۵۰	نسبتاً ضعیف	آلودگی قابل ملاحظه
۶/۵۱ - ۷/۲۵	ضعیف	آلودگی بسیار قابل ملاحظه
۷/۲۶ - ۱۰	بسیار ضعیف	آلودگی شدید

شاخص ASPT یکی از روش‌های متداول در بررسی کیفیت آب بر اساس مقاومت گروه‌های مختلف بی‌مهره نسبت به آلاینده‌ها می‌باشد. این روش‌ها در سطح خانواده ارزیابی شده و بیش‌ترین امتیاز به خانواده‌هایی که کم‌ترین مقاومت را در برابر آلودگی دارند، تعلق می‌گیرد.

$$ASPT = \sum \frac{B.n}{N}$$

که B: امتیاز BMWP (Biological monitoring working party) در سطح خانواده، n: فراوانی هر خانواده و N: تعداد کل افراد (خانواده‌ها) در هر ایستگاه می‌باشد.



## نتایج

به‌منظور خلاصه نمودن داده‌های هر ایستگاه و جلوگیری از پیچیدگی مطالب، نتایج حاصل به‌صورت فصلی گزارش شده و مقایسه میانگین‌ها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف ارزیابی شد. تغییرات مقدار پی‌اچ آب در ایستگاه‌های مختلف در طول دوره نمونه‌برداری تفاوت چندانی مشاهده نشد و به‌طور میانگین  $8/22 \pm 0/26$  محاسبه شد. بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی ( $767/46$  میکروموس بر سانتی‌متر)، مواد جامد معلق ( $497/58$  میلی‌گرم در لیتر) و شوری ( $0/458$  قسمت در هزار) در ایستگاه دوم اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین مقدار اکسیژن محلول ( $10/71$  میلی‌گرم در لیتر) در ایستگاه ۱ در بالادست رودخانه و قبل از کارگاه پرورش ماهی مشاهده شد که در این ایستگاه کم‌ترین میزان دمای آب ( $10/95$  درجه سانتی‌گراد) در طی دوره نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. میزان دبی آب در ایستگاه ۶ که در کانال اصلی رودخانه انتخاب شده، بیش‌ترین میزان دبی ( $8/05$  مترمکعب بر ثانیه) را داشته است (جدول ۴). طی یک‌سال نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف رودخانه تجن،  $39420$  بزرگ بی‌مهره کفزی در ۴ شاخه، ۴ رده، ۱۳ راسته، ۴۳ خانواده و ۴۶ جنس شناسایی و شمارش شدند. راسته‌های یک‌روزه‌ها، دوبالان، بال موی‌داران و بهاره‌ها به‌ترتیب بیش‌ترین فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده را در طول دوره نمونه‌برداری داشتند. فراوان‌ترین جنس شناسایی شده از راسته یک‌روزه‌ها (*Baetis* sp. (Ephemeroptera) با  $70/58$  درصد بود که در تمامی ایستگاه‌ها و تمامی فصول مشاهده شد. راسته دوبالان (Diptera) بعد از راسته یک‌روزه‌ها بیش‌ترین فراوانی را در ایستگاه‌ها و فصول مختلف داشته و *Chironomidae* فراوان‌ترین خانواده این راسته را در بین ایستگاه‌ها و فصول مختلف با  $91/58$  درصد به‌خود اختصاص

داد. راسته بال‌موی‌داران (Tricoptera) از نظر فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در سومین رتبه قرار داشته و جنس *Cheumatopsyche* sp. با  $28/39$  درصد فراوان‌ترین جنس این راسته بود. چهارمین راسته از نظر تراکم متعلق به بهاره‌ها (Plecoptera) بوده و جنس *Leuctra* sp. با  $57/19$  درصد فراوان‌ترین جنس این راسته بود (جدول ۵). نتایج حاصل از شاخص تنوع شانون براساس آزمون فاکتوریل اثر متقابل فصل و ایستگاه را معنی‌داری نشان داد ( $p < 0/05$ ). به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این شاخص در فصل زمستان در ایستگاه ۱ و کم‌ترین میزان این شاخص در فصل بهار در ایستگاه ۳ مشاهده شد. میانگین این شاخص در فصول مختلف براساس آزمون دانکن نشان داد که فصل بهار با فصول تابستان و پاییز تفاوت معنی‌داری دارد ( $p < 0/05$ ). به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار متوسط آن به‌ترتیب در فصول پاییز ( $1/66$ ) و بهار ( $1/20$ ) مشاهده شد. بررسی ایستگاهی شاخص شانن براساس آزمون دانکن نشان داد، ایستگاه ۱ و ۲ با دیگر ایستگاه‌های مطالعاتی دارای تفاوت معنی‌داری بودند ( $p < 0/05$ ). به‌طوری‌که بالاترین میزان متوسط این شاخص در ایستگاه ۱ ( $2/02$ ) و کم‌ترین میزان آن در ایستگاه ۴ ( $1/08$ ) به‌دست آمد (جدول ۶). در بررسی شاخص تنوع سیمپسون براساس آزمون فاکتوریل نشان داد که اثر متقابل فصل و ایستگاه معنی‌داری می‌باشد ( $p < 0/05$ ). به‌طوری‌که کم‌ترین و بیش‌ترین میزان این شاخص به‌ترتیب در فصل زمستان در ایستگاه ۱ (بیش‌ترین تنوع) و فصل بهار در ایستگاه ۳ (کم‌ترین تنوع) مشاهده شد. در بررسی فصلی شاخص سیمپسون به‌کمک آزمون دانکن نشان داد، که کم‌ترین میزان (بیش‌ترین میزان تنوع) متوسط این شاخص در فصل پاییز ( $0/20$ ) و بیش‌ترین میزان (کم‌ترین میزان تنوع) آن در فصل بهار ( $0/46$ ) محاسبه شد.

جدول ۴: میانگین (انحراف معیار  $\pm$ ) پارامترهای فیزیکی-کوشیمیایی آب در سرشاخه‌های رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

ایستگاه						پارامترهای محیطی
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
$8/29 \pm 0/3^a$	$8/18 \pm 0/29^a$	$8/29 \pm 0/35^a$	$8/25 \pm 0/32^a$	$8/21 \pm 0/6^a$	$8/17 \pm 0/29^a$	pH
$475/29 \pm 79/66^c$	$421/5 \pm 103/52^{bc}$	$372/17 \pm 66/78^{ab}$	$695/37 \pm 146/46^d$	$767/46 \pm 137/71^d$	$321/83 \pm 35/3^a$	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)
$287/35 \pm 39/5^c$	$241/87 \pm 44/29^b$	$211 \pm 13/92^a$	$400/33 \pm 43/23^d$	$497/58 \pm 96/61^e$	$222/05 \pm 11/96^b$	کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم بر لیتر)
$8/74 \pm 1/29^a$	$9/05 \pm 1/44^a$	$9/21 \pm 1/95^a$	$8/78 \pm 1/42^a$	$9/32 \pm 1/31^a$	$10/71 \pm 0/9^b$	اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)
$18/39 \pm 6/6^b$	$20 \pm 8/86^b$	$19/22 \pm 7/72^b$	$18/18 \pm 7/39^b$	$15/68 \pm 4/56^a$	$10/95 \pm 2/64^a$	دمای آب (سانتی‌گراد)
$0/275 \pm 0/045^b$	$0/21 \pm 0/029^a$	$0/2 \pm 0/00^a$	$0/39 \pm 0/051^c$	$0/458 \pm 0/08^d$	$0/2 \pm 0/00^a$	شوری (قسمت در هزار)
$8/05 \pm 5/44^d$	$3/39 \pm 2/1^{bc}$	$0/36 \pm 0/23^a$	$3/78 \pm 2/21^c$	$1/36 \pm 0/6^{ab}$	$2/29 \pm 0/64^{abc}$	دبی آب (مترمکعب بر ثانیه)

جدول ۵: درصد فراوانی بزرگ بی مهرگان کفزی شناسایی شده در مترمربع در مناطق مورد مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

ایستگاه ۶	ایستگاه ۵	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	Genus
۱۹/۶۴۰	۱۱/۶۶۶	۳/۹۳۸	۱۰/۹۴۳	۳۳/۱۶۳	۲۶/۱۵	<i>Baetis</i> sp.
۱۱/۶۹۶	۲۸/۵۰۸	۱۰/۰۸۶	۱۵/۵۰۹	۴/۷۰۴	۰/۳۶۰	<i>Caenis</i> sp.
۱/۲۵۹	۰/۵۴۶	-	-	-	۰/۷۰۳	<i>Oligoneuriella</i> sp.
۰/۶۹۴	۰/۸۷۴	۲/۳۷۰	۰/۷۵۴	۰/۷۸۲	۲/۸۸۴	<i>Ecdynourus</i> sp.
-	-	-	-	۰/۰۵۹	۰/۶۹۴	<i>Epeorus</i> sp.
۳/۹۰۷	۲/۰۷۸	۰/۰۴۰	۰/۲۲۶	۰/۰۹۶	۴/۱۶۸	<i>Rhithrogena</i> sp.
-	-	۰/۰۲۰	-	۰/۲۷۳	۳/۸۱۷	<i>Protonemura</i> sp.
۰/۱۰۲	۰/۲۱۸	۱/۵۳۷	-	۰/۰۶۶	۷/۴۹۹	<i>Luctera</i> sp.
۰/۶۴۲	۰/۵۴۶	۰/۱۸۰	۰/۲۲۶	-	۰/۰۷۹	<i>Brachyptera</i> sp.
-	-	۰/۰۲۰	-	۰/۰۰۷	۰/۲۵۵	<i>Capnia</i> sp.
۰/۵۳۹	۰/۲۱۸	۰/۳۲۱	۱/۸۸۶	-	۰/۲۶۳	<i>Perlodidae</i>
۱/۸۲۵	۰/۸۰۲	۲/۵۱۱	۴/۵۸۲	۵/۷۰۲	۲/۷۲۶	<i>Hydropsyche</i> sp.
۱۸/۸۹۴	۱۱/۸۴۳	۸/۴۷۹	۱۲/۴۹۰	۳/۵۶۰	-	<i>Cheumatopsyche</i> sp.
۱/۴۳۹	۳/۰۲۵	۰/۳۲۱	-	۱/۴۱۰	-	<i>Hydroptiltidae</i> sp.
-	-	-	-	۰/۰۳۶	۲/۴۵۳	<i>Sericostoma</i> sp.
-	-	-	-	۰/۱۴۰	۲۲/۹۱۱	<i>Glossosoma</i> sp.
-	-	-	-	-	۰/۵۴۵	<i>Rhyacophila</i> sp.
-	-	-	-	۰/۱۲۵	۰/۱۴۹	<i>Chimarra</i> sp.
-	-	-	-	-	۰/۲۱۱	<i>Lepidostoma</i> sp.
-	-	-	-	۱/۰۱۹	-	<i>Psychomyia</i> sp.
-	-	-	-	-	۲/۹۸۱	<i>Blepharicera</i> sp.
۰/۲۸۲	۰/۴۰۱	۱/۷۴۸	۰/۱۸۸	۰/۷۶۰	۱/۰۲۹	<i>Simulium</i> sp.
۰/۰۷۷	۰/۰۳۶	۰/۰۲۰	-	۰/۱۳۲	۰/۰۰۸	<i>Tipula</i> sp.
۰/۰۲۵	-	-	۰/۰۳۷	-	۰/۰۰۸	<i>Pedicia</i> sp.
-	-	۰/۰۴۰	۰/۰۳۷	۰/۰۱۴	۰/۱۸۴	<i>Dicratona</i> sp.
۰/۰۲۵	-	۰/۳۲۱	۰/۰۷۵	۰/۱۲۵	۰/۰۷۹	<i>Hexatama</i> sp.
-	۰/۰۳۶	-	۰/۰۷۵	۰/۱۶۹	۰/۱۰۵	<i>Antocha</i> sp.
۰/۳۰۸	۰/۳۶۴	۰/۳۶۱	۱/۲۸۳	۲/۱۴۹	۰/۰۷۹	<i>Hemerodromia</i> sp.
-	-	-	-	-	۰/۰۳۵	<i>Pericoma</i> sp.
-	۰/۰۷۲	-	-	۰/۰۲۲	۰/۱۴۰	<i>Atherix</i> sp.
۰/۰۲۵	۰/۲۱۸	-	۰/۳۰۱	-	-	<i>Tabanus</i> sp.
۳۶/۳۳۳	۳۴/۷۰۶	۶۵/۸۲۲	۴۹/۴۳۳	۳۵/۳۴۹	۴/۵۸۲	<i>Chironomidae</i>
۰/۵۱۴	۰/۱۰۹	۰/۳۸۱	۰/۰۷۵	۰/۱۲۵	-	<i>Geratopogonidae</i> sp.
-	-	-	-	-	۰/۰۸۷	<i>Gyrinidae</i> sp.
-	-	-	۰/۱۱۳	۱/۱۸۱	۳/۷۲۰	<i>Elmis</i> sp.
-	۰/۱۸۲	-	-	۱/۲۷۷	۳/۱۴۸	<i>Limnius</i> sp.
۰/۱۲۸	۰/۴۷۳	۰/۲۶۱	۰/۳۰۱	۱/۴۰۳	۷/۴۰۵	<i>Esolus</i> sp.
-	۰/۳۶۴	-	-	-	-	<i>Corixidae</i> sp.
۰/۰۲۵	۰/۴۰۱	۰/۰۲۰	-	-	-	<i>Arigomphus</i> sp.
-	۰/۱۴۵	۰/۰۴۰	۰/۲۲۶	۰/۰۷۳	-	<i>Argia</i> sp.
-	۰/۰۳۶	۰/۰۲۰	-	-	-	<i>Lestes</i> sp.
-	-	-	-	-	۰/۰۰۸	<i>Cordulegaster</i> sp.
-	-	-	-	۱/۹۷۹	۰/۰۱۷	<i>Gammarus</i> sp.
۰/۱۲۸	۰/۱۴۵	۰/۰۲۰	۰/۰۷۵	۰/۷۷۵	۰/۰۰۸	<i>Physa</i> sp.
۰/۱۲۸	۰/۲۱۸	۰/۰۶۰	۰/۶۷۹	۰/۴۳۵	-	<i>Valvata</i> sp.
۰/۲۵۷	۰/۲۹۱	-	۰/۱۱۳	۱/۰۵۶	-	<i>Gyraulus</i> sp.
-	-	-	-	۰/۰۶۶	-	<i>Ferrissia</i> sp.
-	۰/۱۰۹	-	-	۰/۲۰۶	۰/۰۰۸	<i>Hydrobiidae</i> sp.
۱/۰۵۳	۰/۶۵۶	۱/۰۶۴	۰/۱۸۸	۱/۱۸۹	۰/۱۸۴	<i>Tubifex</i> sp.
۰/۴۶۲	۰/۳۲۸	۰/۳۴۱	۰/۱۸۸	۰/۰۶۶	۰/۰۰۸	<i>Haplotaxis</i> sp.
-	-	۰/۰۴۰	-	۰/۰۸۸	۰/۳۲۵	<i>Eiseniella</i> sp.
۰/۰۵۱۴	۰/۳۶۴	-	۰/۰۳۷	۰/۱۹۹	۰/۰۰۸	<i>Lumbriculus</i> sp.

به کمک آزمون من-ویتنی تفاوت معنی داری میان فصول مختلف مشاهده نشد ( $p < 0.05$ ). بیشترین میزان این شاخص در فصل زمستان (۲/۲۲) و کمترین میزان متوسط آن در فصل بهار (۱/۷۲) محاسبه شد. در بررسی ایستگاهی براساس آزمون دانکن پایینترین میزان متوسط این شاخص در ایستگاه ۴ (۱/۴۹) و بالاترین میزان آن در ایستگاه ۱ (۲/۷۴) برآورد شد ( $p < 0.05$ ) (جدول ۸).

در بررسی ایستگاهی شاخص سیمپسون نشان داد که بیشترین میزان این شاخص (کمترین تنوع) در ایستگاه ۴ (۰/۴۸) و کمترین میزان این شاخص (بیشترین تنوع) در ایستگاه ۱ (۰/۱۸) محاسبه شد (جدول ۷). اثر متقابل فصل و ایستگاه براساس آزمون فاکتوریل برای شاخص غنای مارگالف معنی داری بوده ( $p < 0.05$ ) و بیشترین میزان این شاخص در فصل زمستان در ایستگاه ۱ و کمترین میزان آن در فصل بهار در ایستگاه ۳ مشاهده شد. در بررسی فصلی شاخص مارگالف

جدول ۶: میانگین شاخص تنوع شانن-وینر (انحراف معیار ±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ±	میانگین
تابستان		AB ۱/۹۵ ± ۲۸/۰ <sup>b</sup>	B ۲/۰۹ ± ۱۱/۰ <sup>b</sup>	B ۱/۳۱ ± ۲۰/۰ <sup>a</sup>	A ۱/۲۰ ± ۱۶/۰ <sup>a</sup>	A ۱/۴۱ ± ۱۳/۰ <sup>a</sup>	A ۱/۴۱ ± ۱۵/۰ <sup>a</sup>		B ۱/۵۸ ± ۰/۳۹
پاییز		A ۱/۸۶ ± ۰/۲۰ <sup>a</sup>	AB ۱/۷۳ ± ۲۷/۰ <sup>a</sup>	B ۱/۴۷ ± ۲۴/۰ <sup>a</sup>	B ۱/۶۳ ± ۰/۱۰ <sup>a</sup>	A ۱/۶۰ ± ۴۷/۰ <sup>a</sup>	A ۱/۷۰ ± ۱۳/۰ <sup>a</sup>		B ۱/۶۶ ± ۰/۱۷
زمستان		B ۲/۲۵ ± ۰/۰۹ <sup>c</sup>	B ۱/۸۶ ± ۰/۳۳ <sup>c</sup>	AB ۱/۱۶ ± ۳۴/۰ <sup>ab</sup>	A ۰/۷۶ ± ۲۸/۰ <sup>a</sup>	A ۱/۳۷ ± ۲۹/۰ <sup>b</sup>	A ۱/۳۵ ± ۱۳/۰ <sup>b</sup>		AB ۱/۴۵ ± ۰/۵۲
بهار		AB ۲/۰۳ ± ۱۷/۰ <sup>c</sup>	A ۱/۳۷ ± ۰/۵/۰ <sup>bc</sup>	A ۰/۵۹ ± ۵۵/۰ <sup>a</sup>	A ۰/۹۳ ± ۲۱/۰ <sup>ab</sup>	A ۱/۲۴ ± ۴۱/۰ <sup>ab</sup>	A ۱/۰۶ ± ۵۵/۰ <sup>ab</sup>		A ۱/۲۰ ± ۰/۴۸
انحراف معیار ± میانگین		۲/۰۲ ± ۲۱/۰ <sup>b</sup>	۱/۷۶ ± ۳۳/۰ <sup>b</sup>	۱/۱۳ ± ۴۶/۰ <sup>a</sup>	۱/۰۸ ± ۳۸/۰ <sup>a</sup>	۱/۴۰ ± ۳۳/۰ <sup>a</sup>	۱/۳۸ ± ۴۰/۰ <sup>a</sup>		-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی دار در فصول مختلف

جدول ۷: میانگین شاخص تنوع سیمپسون (انحراف معیار ±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ±	میانگین
تابستان		a ۰/۰۶ ± ۰/۱۹ <sup>AB</sup>	a ۰/۰۳ ± ۰/۱۸ <sup>A</sup>	b ۰/۰۵ ± ۰/۳۶ <sup>AB</sup>	b ۰/۰۷ ± ۰/۴۲ <sup>AB</sup>	b ۰/۰۵ ± ۰/۳۴ <sup>AB</sup>	ab ۰/۱۵ ± ۰/۳۱ <sup>A</sup>		۰/۰۹ ± ۰/۳۰ <sup>AB</sup>
پاییز		a ۰/۰۰۵ ± ۰/۲۳ <sup>B</sup>	a ۰/۰۸ ± ۰/۲۷ <sup>AB</sup>	a ۰/۰۴ ± ۰/۲۳ <sup>A</sup>	a ۰/۰۰۵ ± ۰/۲۶ <sup>A</sup>	a ۰/۰۰۵ ± ۰/۲۰ <sup>A</sup>	a ۰/۰۰۵ ± ۰/۲۲ <sup>A</sup>		۰/۰۲ ± ۰/۲۰ <sup>A</sup>
زمستان		a ۰/۰۲ ± ۰/۱۴ <sup>A</sup>	ab ۰/۱۱ ± ۰/۲۸ <sup>AB</sup>	b ۰/۱۶ ± ۰/۴۵ <sup>AB</sup>	c ۰/۱۴ ± ۰/۶۹ <sup>C</sup>	b ۰/۱۳ ± ۰/۳۷ <sup>AB</sup>	ab ۰/۰۱ ± ۰/۳۵ <sup>A</sup>		۰/۱۸ ± ۰/۳۸ <sup>BC</sup>
بهار		a ۰/۰۳ ± ۰/۱۷ <sup>AB</sup>	ab ۰/۰۴ ± ۰/۴ <sup>B</sup>	b ۰/۳۱ ± ۰/۶۹ <sup>B</sup>	b ۰/۱۴ ± ۰/۵۷ <sup>BC</sup>	b ۰/۱۸ ± ۰/۴۳ <sup>B</sup>	ab ۰/۲۶ ± ۰/۵۲ <sup>A</sup>		۰/۱۷ ± ۰/۴۶ <sup>B</sup>
انحراف معیار ± میانگین		a ۰/۰۴ ± ۰/۱۸	ab ۰/۱۰ ± ۰/۲۸	cd ۰/۲۴ ± ۰/۴۳	d ۰/۱۹ ± ۰/۴۸	bc ۰/۱۳ ± ۰/۳۳	bc ۰/۱۷ ± ۰/۳۵		-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی دار در فصول مختلف

جدول ۸: میانگین شاخص غنای مارگالف (انحراف معیار ±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ±	میانگین
تابستان		b ۰/۵۵ ± ۲/۵۲ <sup>A</sup>	b ۰/۳۷ ± ۲/۹۵ <sup>A</sup>	a ۰/۹۵ ± ۰/۹۱ <sup>A</sup>	a ۰/۴۷ ± ۱/۱۴ <sup>A</sup>	a ۰/۴۰ ± ۱/۹۴ <sup>A</sup>	a ۰/۱۵ ± ۱/۳۵ <sup>A</sup>		۰/۸۰ ± ۱/۷۹ <sup>A</sup>
پاییز		a ۰/۱۴ ± ۲/۵۶ <sup>A</sup>	a ۰/۵۵ ± ۲/۵۸ <sup>A</sup>	a ۰/۳۵ ± ۱/۷۹ <sup>A</sup>	a ۰/۱۸ ± ۱/۸۸ <sup>B</sup>	a ۰/۴۹ ± ۲/۱۸ <sup>A</sup>	a ۰/۵۳ ± ۱/۸۰ <sup>A</sup>		۰/۳۶ ± ۲/۱۳ <sup>A</sup>
زمستان		b ۰/۲۶ ± ۳/۰۷ <sup>A</sup>	b ۰/۱۱ ± ۲/۹۶ <sup>A</sup>	a ۰/۲۱ ± ۱/۴۲ <sup>A</sup>	a ۰/۱۱ ± ۱/۴۹ <sup>AB</sup>	a ۰/۴۲ ± ۱/۷۳ <sup>A</sup>	b ۰/۱۲ ± ۲/۶۷ <sup>A</sup>		۱/۰۱ ± ۲/۲۲ <sup>A</sup>
بهار		b ۰/۰۳ ± ۲/۴۴ <sup>A</sup>	b ۰/۲۱ ± ۲/۴۸ <sup>A</sup>	a ۰/۸۹ ± ۰/۸۸ <sup>A</sup>	a ۰/۲۹ ± ۱/۴۶ <sup>AB</sup>	a ۰/۲۸ ± ۱/۵۲ <sup>A</sup>	a ۰/۵۱ ± ۱/۵۴ <sup>A</sup>		۰/۶۲ ± ۱/۷۲ <sup>A</sup>
انحراف معیار ± میانگین		b ۰/۳۷ ± ۲/۷۴	b ۰/۳۸ ± ۲/۶۵	a ۰/۷۱ ± ۱/۵۰	a ۰/۳۷ ± ۱/۴۹	a ۰/۴۳ ± ۱/۸۴	a ۰/۷۸ ± ۱/۸۴		-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی دار در فصول مختلف

داد ( $p < 0.05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی تفاوت معنی داری را میان فصول مختلف نشان نداد ( $p > 0.05$ ) و بیشترین مقدار متوسط این شاخص در فصل زمستان (۷/۹۹) و کمترین میزان آن در فصل بهار (۶/۳۸) مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها براساس

در بررسی شاخص EPT براساس آزمون فاکتوریل اثر متقابل بین فصل و ایستگاه مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). بررسی مستقل عامل‌ها نشان داد که تفاوت معنی داری در فصول مختلف در این شاخص مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ) اما عامل ایستگاه، تفاوت معنی داری را نشان



در فصول پاییز و زمستان تفاوت معنی‌داری با فصول بهار و تابستان دارد ( $p > 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بالاترین میزان متوسط این شاخص در ایستگاه ۱ (۶/۳۶) و پایین‌ترین میزان متوسط آن در ایستگاه ۴ (۳/۸۱) می‌باشد ( $p > 0/05$ ). وضعیت سالانه کیفیت آب براساس شاخص ASPT فقط در ایستگاه ۱ تمیز برآورد شد (جدول ۱۳). نتایج همبستگی اسپیرمن نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد میان شاخص شادن-وینر و درجه حرارت آب وجود داشته، همچنین میان مقادیر شاخص مارگالف و درجه حرارت آب همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. میان این شاخص و پارامتر اکسیژن محلول در آب و شاخص شادن-وینر همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $p < 0/01$ ) و همچنین میان شاخص پیلو و شاخص شادن-وینر همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد ( $p < 0/01$ ). نتایج این آنالیز در شاخص سیمپسون نشان داد مقادیر این شاخص زیستی همبستگی مثبت و معنی‌داری با درجه حرارت و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص شادن-وینر، مارگالف و پیلو دارد ( $p < 0/01$ ). شاخص EPT همانند شاخص مارگالف همبستگی مثبت و معنی‌داری با پارامتر اکسیژن محلول در آب و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص درجه حرارت آب نشان داد. همچنین مقدار این شاخص با مقادیر شاخص‌های شادن-وینر، مارگالف و پیلو در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری و با مقادیر شاخص سیمپسون همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت ( $p < 0/05$ ). شاخص EPT/Chir همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص‌های شادن-وینر، مارگالف، پیلو و EPT نشان داد. در حالی که مقدار این شاخص با مقادیر شاخص سیمپسون همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد. مقدار شاخص هیلسنهوف با درجه حرارت آب همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد و نیز همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با مقادیر شاخص‌های شادن-وینر، مارگالف، پیلو، EPT و EPT/Chir نشان داد، در حالی که همبستگی این شاخص با شاخص سیمپسون همبستگی مثبت و معنی‌داری بود ( $p < 0/01$ ). نتایج همبستگی اسپیرمن در شاخص ASPT نشان داد این شاخص همبستگی منفی و معنی‌داری با پارامترهای درجه حرارت، EC (هدایت الکتریکی) و شوری در سطح ۵ درصد دارد و همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص‌های سیمپسون و هیلسنهوف در سطح ۱ درصد داشته است. همچنین مقادیر این شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با سایر شاخص‌های زیستی (شانون-وینر، مارگالف، پیلو، EPT و EPT/Chir) نشان داد ( $p < 0/01$ ).

آزمون من-ویتنی در ایستگاه‌های مطالعاتی، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و بیش‌ترین مقدار متوسط سالانه (۱۲/۹۱) در ایستگاه ۱ و کم‌ترین میزان متوسط سالانه آن در ایستگاه ۴ (۴/۶۶) مشاهده شد ( $p < 0/05$ ) (جدول ۹). نتایج حاصل از شاخص EPT/Chir براساس آزمون فاکتوریل نشان داد که اثر معنی‌داری بین فصل و ایستگاه مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). اما بررسی مستقل عامل‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری در هر یک از عامل‌ها در این شاخص مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی تفاوت معنی‌داری بین فصول مختلف نشان داد و کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این شاخص به ترتیب در فصول زمستان (۳/۰۶) و پاییز (۱۳/۵۴) مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی تفاوت معنی‌داری را بین ایستگاه‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان این شاخص در ایستگاه ۱ (۲۶/۸۹) و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه ۴ (۲/۰۹) مشاهده شد ( $p < 0/05$ ) (جدول ۱۰). در بررسی شاخص یکنواختی پیلو براساس آزمون فاکتوریل اثر متقابل بین فصل و ایستگاه مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). اما بررسی مستقل عامل‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری در هر یک از عامل‌ها در این شاخص مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نشان داد که فقط ایستگاه‌های ۱ و ۴ تفاوت معنی‌داری در این شاخص داشته‌اند ( $p < 0/05$ ). اما مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی نشان داد که کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این شاخص به ترتیب در فصول بهار (۰/۵۱) و پاییز (۰/۶۶) مشاهده شد ( $p < 0/05$ ) (جدول ۱۱). در بررسی شاخص هیلسنهوف براساس آزمون فاکتوریل اثر متقابل بین فصل و ایستگاه مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). بررسی مستقل عامل‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری در فصول مختلف در این شاخص مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ) اما عامل ایستگاه، تفاوت معنی‌داری را نشان داد ( $p < 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی تفاوت معنی‌داری را میان فصول مختلف نشان نداد ( $p > 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی در ایستگاه‌های مطالعاتی، تفاوت معنی‌داری نشان داد و بیش‌ترین مقدار متوسط سالانه (۵/۴۷) در ایستگاه ۴ و کم‌ترین میزان متوسط سالانه آن در ایستگاه ۱ (۳/۱۶) مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). وضعیت سالانه کیفیت آب براساس شاخص هیلسنهوف در ایستگاه ۱ عالی و در بقیه ایستگاه‌ها خوب تعیین شد. همچنین براساس این شاخص وضعیت کیفی آب در فصل زمستان مناسب و در بقیه فصول خوب ارزیابی شد (جدول ۱۲). در بررسی شاخص ASPT براساس آزمون فاکتوریل اثر متقابل بین فصل و ایستگاه مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). اما بررسی مستقل عامل‌ها نشان داد که اثر هر یک از عامل‌ها در این شاخص معنی‌داری می‌باشد ( $p < 0/05$ ). مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون من-ویتنی در فصول مختلف نشان داد که مقدار این شاخص

جدول ۹: میانگین شاخص غنای EPT (انحراف معیار±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ± میانگین
تابستان		$c_{0.157 \pm 11/66^A}$	$b_{1 \pm 8/0.0^A}$	$a_{1/52 \pm 3/66^A}$	$a_{3/78 \pm 3/66^A}$	$ab_{0.157 \pm 6/66^B}$	$ab_{1 \pm 7/0.0^A}$	$1/92 \pm 6/77^A$
پاییز		$c_{1/52 \pm 12/33^A}$	$b_{3/60 \pm 9/0.0^A}$	$ab_{0.157 \pm 7/33^B}$	$ab_{1/52 \pm 6/33^A}$	$a_{0. \pm 5/0.0^A}$	$ab_{1/15 \pm 6/33^A}$	$2/61 \pm 7/72^A$
زمستان		$c_{1 \pm 15/0.0^B}$	$b_{1 \pm 10/0.0^A}$	$a_{1/15 \pm 5/33^{AB}}$	$a_{0. \pm 5/0.0^A}$	$a_{1 \pm 6/0.0^{AB}}$	$a_{1/73 \pm 6/66^A}$	$3/87 \pm 7/99^A$
بهار		$d_{0.157 \pm 12/66^A}$	$c_{1 \pm 8/0.0^A}$	$a_{1/73 \pm 3/0.0^A}$	$ab_{1/15 \pm 3/66^A}$	$bc_{0.157 \pm 5/66^{AB}}$	$ab_{1/73 \pm 5/33^A}$	$3/53 \pm 6/38^A$
انحراف معیار ± میانگین		$c_{1/45 \pm 12/91}$	$b_{0.95 \pm 8/75}$	$a_{1/93 \pm 4/83}$	$a_{1/27 \pm 4/66}$	$a_{0.69 \pm 5/83}$	$a_{0.72 \pm 6/33}$	-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی‌دار در فصول مختلف

جدول ۱۰: میانگین شاخص غنای EPT/Chir (انحراف معیار±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ± میانگین
تابستان		$b_{5/04 \pm 29/79^A}$	$a_{6/24 \pm 4/78^A}$	$a_{3/81 \pm 3/62^A}$	$a_{0/18 \pm 0/74^A}$	$a_{2/57 \pm 3/64^A}$	$a_{6/11 \pm 5/88^A}$	$10/77 \pm 8/07^{AB}$
پاییز		$b_{32/14 \pm 50/65^A}$	$a_{2/22 \pm 3/62^A}$	$a_{1/16 \pm 4/31^A}$	$a_{6/72 \pm 10/50^B}$	$a_{3/86 \pm 3/89^A}$	$a_{5/52 \pm 8/28^A}$	$18/28 \pm 13/54^B$
زمستان		$c_{0/65 \pm 12/72^A}$	$b_{3/02 \pm 3/39^A}$	$a_{0/59 \pm 0/69^A}$	$a_{0/14 \pm 0/15^A}$	$a_{0/47 \pm 0/70^A}$	$a_{0/05 \pm 0/75^A}$	$4/86 \pm 3/06^A$
بهار		$c_{10/25 \pm 14/42^A}$	$b_{2/12 \pm 1/78^A}$	$b_{1/15 \pm 1/17^A}$	$a_{0/06 \pm 0/23^A}$	$b_{4/18 \pm 2/71^A}$	$a_{4/95 \pm 0/53^A}$	$5/43 \pm 3/47^A$
انحراف معیار ± میانگین		$b_{17/99 \pm 26/89}$	$a_{1/23 \pm 3/39}$	$a_{1/78 \pm 2/44}$	$a_{5/07 \pm 2/09}$	$a_{1/44 \pm 2/73}$	$a_{3/84 \pm 3/86}$	-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی‌دار در فصول مختلف

جدول ۱۱: میانگین شاخص یکنواختی پیلو (انحراف معیار±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ± میانگین
تابستان		$a_{0/07 \pm 0/68^A}$	$a_{0/07 \pm 0/72^B}$	$a_{0/10 \pm 0/63^A}$	$a_{0/14 \pm 0/53^{AB}}$	$a_{0/02 \pm 0/54^A}$	$a_{0/22 \pm 0/62^A}$	$0/07 \pm 0/62^B$
پاییز		$a_{0/26 \pm 0/65^A}$	$a_{0/07 \pm 0/60^{AB}}$	$a_{0/09 \pm 0/59^A}$	$a_{0/03 \pm 0/70^B}$	$a_{0/23 \pm 0/69^A}$	$a_{0/06 \pm 0/74^A}$	$0/05 \pm 0/66^B$
زمستان		$b_{0/01 \pm 0/73^A}$	$b_{0/12 \pm 0/61^{AB}}$	$ab_{0/16 \pm 0/54^A}$	$a_{0/12 \pm 0/34^A}$	$b_{0/14 \pm 0/64^A}$	$b_{0/06 \pm 0/63^A}$	$0/13 \pm 0/58^{AB}$
بهار		$a_{0/07 \pm 0/70^A}$	$a_{0/03 \pm 0/45^A}$	$a_{0/23 \pm 0/47^A}$	$a_{0/12 \pm 0/45^{AB}}$	$a_{0/17 \pm 0/55^A}$	$a_{0/36 \pm 0/48^A}$	$0/09 \pm 0/51^A$
انحراف معیار ± میانگین		$b_{0/05 \pm 0/69}$	$ab_{0/12 \pm 0/59}$	$ab_{0/52 \pm 0/54}$	$a_{0/17 \pm 0/50}$	$ab_{0/15 \pm 0/59}$	$ab_{0/18 \pm 0/63}$	-

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی‌دار در فصول مختلف

جدول ۱۲: میانگین شاخص هیلسنهوف (انحراف معیار±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

فصل	ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	انحراف معیار ± میانگین
تابستان		$a_{0/33 \pm 2/82^A}$	$b_{0/18 \pm 5/16^A}$	$b_{\pm 0/58} \ 4/99^A$	$b_{0/29 \pm 5/62^B}$	$b_{0/12 \pm 5/66^A}$	$b_{0/55 \pm 4/89^A}$	$1/01 \pm 4/82^A$
پاییز		$a_{0/30 \pm 3/72^B}$	$b_{0/22 \pm 5/08^A}$	$b_{0/10 \pm 5/07^A}$	$b_{0/65 \pm 4/64^A}$	$b_{0/45 \pm 5/15^A}$	$b_{0/39 \pm 5/13^A}$	$0/56 \pm 4/79^A$
زمستان		$a_{0/43 \pm 3/27^{AB}}$	$b_{0/49 \pm 5/37^A}$	$b_{0/44 \pm 5/56^A}$	$b_{0/26 \pm 5/70^B}$	$b_{0/52 \pm 5/34^A}$	$b_{0/30 \pm 5/26^A}$	$0/90 \pm 5/08^A$
بهار		$a_{0/16 \pm 2/83^A}$	$bc_{0/22 \pm 5/42^A}$	$b_{0/94 \pm 4/87^A}$	$bc_{0/25 \pm 5/91^B}$	$c_{0/55 \pm 5/33^A}$	$bc_{0/31 \pm 5/42^A}$	$1/09 \pm 4/96^A$
انحراف معیار ± میانگین		$a_{0/47 \pm 3/16}$	$b_{0/30 \pm 5/26}$	$b_{0/58 \pm 5/12}$	$b_{0/16 \pm 5/47}$	$b_{0/39 \pm 5/32}$	$b_{0/39 \pm 5/17}$	-
طبقه کیفی		عالی	مناسب*	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی‌دار در فصول مختلف  
\*مناسب: آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه.

جدول ۱۳: میانگین شاخص ASPT (انحراف معیار ±) در سرشاخه‌های مختلف رودخانه تجن مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

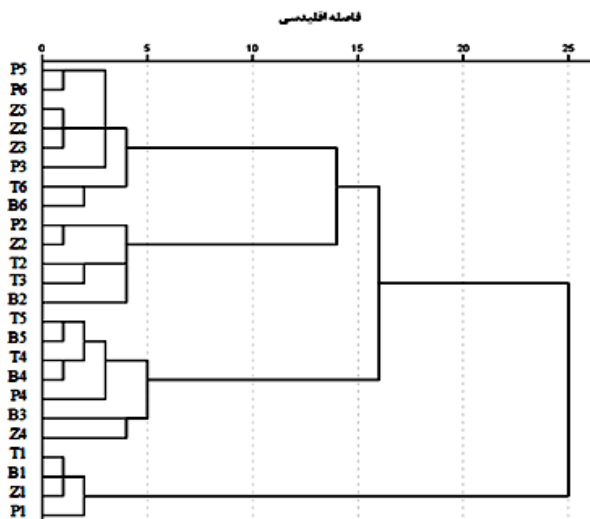
انحراف معیار ±	۶	۵	۴	۳	۲	۱	ایستگاه	فصل
B ۴/۷۵ ± ۱/۰۴	AB ۴/۴۳ ± ۱/۲۹ <sup>a</sup>	A ۴/۸۳ ± ۱/۲۷ <sup>a</sup>	AB ۴/۱۶ ± ۱/۱۵ <sup>a</sup>	A ۴/۱۹ ± ۱/۰۳ <sup>a</sup>	A ۴/۰۸ ± ۰/۱۶ <sup>a</sup>	C ۶/۸۱ ± ۰/۳۴ <sup>b</sup>	تابستان	
B ۵/۰۱ ± ۰/۶۰ ±	B ۵/۱۶ ± ۰/۵۵ <sup>ab</sup>	A ۴/۶۱ ± ۰/۳۶ <sup>ab</sup>	B ۵/۵۰ ± ۱/۳۲ <sup>ab</sup>	A ۴/۸۹ ± ۰/۷۳ <sup>ab</sup>	A ۴/۱۳ ± ۰/۶۱ <sup>a</sup>	A ۵/۸۱ ± ۰/۱۶ <sup>b</sup>	پاییز	
A ۳/۹۷ ± ۱/۱۵	AB ۳/۸۳ ± ۰/۱۵ <sup>ab</sup>	A ۳/۶۸ ± ۱/۰۰۵ <sup>ab</sup>	A ۲/۷۴ ± ۰/۴۷ <sup>a</sup>	A ۳/۴۰ ± ۰/۶۹ <sup>ab</sup>	A ۴/۰۸ ± ۰/۸۹ <sup>b</sup>	AB ۶/۱۴ ± ۰/۲۵ <sup>c</sup>	زمستان	
A ۳/۹۴ ± ۱/۳۹	A ۳/۰۸ ± ۰/۸۶ <sup>b</sup>	A ۳/۷۹ ± ۱/۵۲ <sup>a</sup>	A ۲/۸۶ ± ۰/۰۹ <sup>a</sup>	A ۳/۸۵ ± ۱/۲۳ <sup>a</sup>	A ۳/۴۰ ± ۰/۳۶ <sup>a</sup>	BC ۶/۶۸ ± ۰/۴۲ <sup>b</sup>	بهار	
-	۴/۱۳ ± ۱/۰۶ <sup>a</sup>	۴/۲۳ ± ۱/۰۹ <sup>a</sup>	۳/۸۱ ± ۱/۴۰ <sup>a</sup>	۴/۰۸ ± ۰/۹۹ <sup>a</sup>	۳/۹۲ ± ۰/۹۹ <sup>a</sup>	۶/۳۶ ± ۰/۴۹ <sup>b</sup>	انحراف معیار ± میانگین	
	احتمال آلودگی متوسط	احتمال آلودگی متوسط	آلودگی شدید	احتمال آلودگی متوسط	آلودگی شدید	تمیز	طبقه کیفی	

حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف تفاوت معنی‌دار در فصول مختلف

جدول ۱۴: همبستگی اسپیرمن شاخص‌های زیستی و پارامترهای فیزیکی-شیمیایی آب در منطقه مورد مطالعه در تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۲ و بهار ۱۳۹۳

	PH	EC	TDS	DO	Temp	Salinity	Discharge	Shanon	Margalef	Pielou	Simpson	EPT	EPT/Chir	Hilsenhoff
EC	-۰/۲۲۴													
TDS	-۰/۱۲۰	۰/۸۰۸ <sup>**</sup>												
DO	۰/۳۰۲ <sup>**</sup>	-۰/۵۴۲ <sup>**</sup>	-۰/۱۹۹											
Temp	-۰/۳۶۰ <sup>**</sup>	۰/۴۹۵ <sup>**</sup>	-۰/۱۶۰	-۰/۷۴۶ <sup>**</sup>										
Salinity	-۰/۰۸۹	۰/۸۲۳ <sup>**</sup>	۰/۸۹۸ <sup>**</sup>	-۰/۱۷۲	۰/۰۱۵									
Discharge	۰/۱۹۷	-۰/۰۱۸	۰/۱۷۰	-۰/۳۷۰	-۰/۱۶۴	۰/۰۷۷								
Shanon	-۰/۰۴۷	-۰/۱۵۹	۰/۰۸۴	۰/۲۲۹	-۰/۳۸۳ <sup>**</sup>	-۰/۰۵۱	۰/۰۷۹							
Margalef	۰/۰۶۲	-۰/۰۷۰	۰/۱۶۸	۰/۳۱۷ <sup>**</sup>	-۰/۴۰۹ <sup>**</sup>	۰/۱۳۲	-۰/۰۱۳	۰/۹۶۵ <sup>**</sup>						
Pielou	-۰/۱۶۰	-۰/۰۴۲	۰/۰۴۱	-۰/۱۵۹	-۰/۰۸۶	-۰/۰۲۲	۰/۲۱۵	۰/۴۶۷ <sup>**</sup>	۰/۱۲۲					
Simpson	۰/۰۰۳	۰/۱۹۸	-۰/۰۴۷	-۰/۱۵۵	۰/۳۹۴ <sup>**</sup>	۰/۱۰۹	-۰/۲۰۴	-۰/۹۲۵ <sup>**</sup>	-۰/۵۴۶ <sup>**</sup>	-۰/۵۴۰ <sup>**</sup>				
EPT	۰/۱۵۰	-۰/۲۲۰	۰/۰۱۵	۰/۳۷۰ <sup>**</sup>	-۰/۴۸۰ <sup>**</sup>	-۰/۴۴۰	-۰/۴۱۰	۰/۷۰۳ <sup>**</sup>	۰/۷۰۵ <sup>**</sup>	۰/۳۰۳ <sup>**</sup>	-۰/۵۸۳ <sup>**</sup>			
EPT/Chir	-۰/۰۹۸	-۰/۰۵۶	-۰/۰۰۹	-۰/۱۸۱	۰/۱۰۵	-۰/۲۱۷	۰/۰۷۸	۰/۴۲۸ <sup>**</sup>	۰/۲۷۳ <sup>**</sup>	۰/۲۸۳ <sup>**</sup>	-۰/۴۲۴ <sup>**</sup>	۰/۳۹۰ <sup>**</sup>		
Hilsenhoff	۰/۰۶۸	۰/۱۹۶	-۰/۰۱۲	-۰/۲۲۰	۰/۳۳۱ <sup>**</sup>	۰/۱۲۶	-۰/۱۱۶	-۰/۶۸۲ <sup>**</sup>	-۰/۳۰۷ <sup>**</sup>	-۰/۴۵۴ <sup>**</sup>	۰/۶۹۸ <sup>**</sup>	-۰/۵۳۰ <sup>**</sup>	-۰/۴۸۸ <sup>**</sup>	
ASPT	-۰/۱۳۴	-۰/۲۹۶ <sup>*</sup>	-۰/۱۱۱	۰/۱۰۰	۰/۲۹۷ <sup>*</sup>	-۰/۲۵۶ <sup>*</sup>	۰/۰۶۵	۰/۷۴۶ <sup>**</sup>	۰/۳۴۰ <sup>**</sup>	۰/۴۵۴ <sup>**</sup>	-۰/۷۶۳ <sup>**</sup>	۰/۵۲۱ <sup>**</sup>	۰/۵۰۸ <sup>**</sup>	۰/۸۳۷ <sup>**</sup>

\*معنی‌داری در سطح ۵ درصد؛ \*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد، Temp: درجه حرارت؛ DO: اکسیژن محلول؛ TDS: کل مواد جامد محلول؛ EC: قابلیت هدایت الکتریکی؛ Discharge: دبی



شکل ۲: دندروگرام ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سرشاخه‌های رودخانه تجن (Z: فصل زمستان، P: فصل پاییز، T: فصل تابستان، B: فصل بهار؛ اعداد مشخص‌کننده ایستگاه‌های نمونه‌برداری است)

نتایج حاصل از آنالیز خوشه‌بندی کلیه شاخص‌ها و پارامترهای مورد بررسی این تحقیق در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و فصول مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است که به‌طور کامل در دو خوشه دسته‌بندی شد. خوشه اول مربوط به ایستگاه اول در فصول مختلف مورد مطالعه بوده که در بالادست رودخانه قرار داشته و کم‌ترین دستکاری انسانی در آن اتفاق افتاده است و خوشه دوم مربوط به بقیه ایستگاه‌ها در فصول مورد مطالعه می‌باشد.

## بحث

در ایستگاه‌های بالادست مثل ایستگاه ۱ به مراتب بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد که به دلیل شرایط کیفی مناسب این ایستگاه، بیش‌تر بودن سطح مواد غذایی و نیز بالابودن میزان اکسیژن محلول نسبت داد. بیش‌ترین تنوع فصلی ماکروبن‌توزها در فصول سرد سال مثل فصل پائیز مشاهده شد که با نتایج Sharma و Chowdhary در رودخانه تاوی (۳۴) و Tabatabaie و همکاران، در خورهای موسی و غنم هماهنگی داشت و علت این امر را به آلودگی کم‌تر آب در فصل پائیز و احتمال افزایش ورود مواد مغذی به آب توسط رواناب‌ها مرتبط دانست (۳۵). اما Bozorgi Makarani، در بررسی فصلی ماکروبن‌توزها در رودخانه تجن بیش‌ترین تنوع این موجودات را در فصل بهار گزارش کرد (۱۳). علت این مغایرت را می‌توان به سیلابی شدن رودخانه پیش از نمونه‌برداری در فصل بهار در مطالعه حاضر نسبت داد که در اردیبهشت ماه فقط دو تاکسون صید شده که سبب کاهش کل تنوع در فصل بهار گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که ایستگاه چهارم در منطقه گلورد خصوصاً در فصل بهار کم‌ترین غنای گونه‌ای را نشان داد که به دلیل نوع بستر شنی و گل آلودگی آب در دوره مورد بررسی می‌باشد. علاوه بر این بالا بودن متوسط درجه حرارت آب به همراه گل آلودگی بالا سبب کاهش انحلال اکسیژن و کاهش غنا در این ایستگاه شده است. Soltani و همکاران، افزایش غنای گونه‌ای را به افزایش مواد غذایی در دسترس و در نتیجه شکل‌گیری و تجمع گروه‌های جدید برای مصرف آن در منطقه نسبت داد (۳۶). نوسانات شاخص غنا در فصول مختلف نشان داد که مقدار متوسط آن در فصول گرم سال نسبت به فصل سرد سال کاهش یافته که می‌تواند به علت افزایش میزان درجه حرارت متوسط آب و به دنبال آن کاهش سطح اکسیژن محلول باشد. با توجه به این که غنای EPT در جوامع تخریب شده کاهش می‌یابد و بنابراین رسته‌های بیش‌تری از EPT در جوامعی که کیفیت آب بهتری دارند، مشاهده می‌شود. بر این اساس در ایستگاه ۴ رسته دوبالان (که خانواده شیرونومیده سهم عظیمی از افراد این رسته را تشکیل می‌دهد) غالب بوده و رسته‌های EPT درصد بسیار کم‌تری را به خود اختصاص داده‌اند. Kamali و Esmaili Sari، در بررسی رودخانه لاسم با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی بیان کردند که ایستگاه‌هایی که متأثر از فعالیت‌های کشاورزی حاشیه رودخانه می‌باشند کم‌ترین مقدار شاخص EPT را دارند (۳۷) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. علاوه بر این غالب شدن رسته دوبالان و کاهش غنای EPT در ایستگاه ۴ را می‌توان به شرایط فیزیکی رودخانه مانند عمق کم آب رودخانه، سرعت جریان کم آب، عدم خودپالایی مناسب رودخانه و جنس بستر (شنی و لجنی) نسبت داد. مقادیر این شاخص در ایستگاه‌های مورد مطالعه همانند نتایج Musavi و Pourebrahim، بوده به طوری که در ایستگاه‌های

بقاء اجتماعات بزرگ بی‌مهرگان کفزی بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط زیست‌شان تعیین می‌شود (۲۸) از فاکتورهای تاثیرگذار بر ساختار اجتماع بزرگ بی‌مهرگان کفزی می‌توان به دبی، بستر، اکسیژن محلول، کدورت، پوشش گیاهی حاشیه رودخانه، کاربری منطقه، درجه حرارت، طول و عرض جغرافیایی اشاره کرد. اجتماعات بزرگ بی‌مهرگان کفزی می‌تواند به صورت فصلی و هم راستا با تغییر فاکتورهای محیط زیست‌شان تغییر کنند (۲۹، ۳۰). بررسی فصلی بزرگ بی‌مهرگان کفزی نشان داد که فراوانی خانواده شیرونومیده از راسته دوبالان (Diptera) در فصل بهار بیش‌ترین میزان بوده است که بر اساس یافته‌های Bouchard، جمعیت بسیاری از گونه‌های خانواده شیرونومیده در فصل بهار بیش‌تر شده و باعث شکوفایی در این فصل خواهند داشت (۳۱). اما بیش‌ترین درصد فراوانی رسته بال‌موداران (Tricoptera) در فصل تابستان مشاهده شده که احتمالاً به دلیل سرعت پائین جریان آب در فصول خشک سال می‌باشد و احتمال تخریب ابریشم و محفظه‌ای که برخی افراد این رسته می‌سازند کم‌تر خواهد شد (۳۲). Suhaila و همکاران، در بررسی فصلی فراوانی و تنوع حشرات آبی در رودخانه گونونگ (Gunung) در مالزی بیش‌ترین فراوانی یک‌روزه‌ها را در فصول سرد و بارانی و بیش‌ترین فراوانی بال‌موداران را در فصول گرم و خشک سال مشاهده کردند (۳۳). بهاره‌ها (Plecoptera) در مقایسه با سایر رسته‌های مهم حشرات آبی طی دوره مطالعاتی فراوانی کم‌تری را به خود اختصاص دادند. با این حال بیش‌ترین درصد فراوانی افراد این رسته در فصل زمستان مشاهده شد. که علت آن حضور و ظهور دو خانواده از بهاره‌های زمستانه Taeniopterygidae و Capnidae می‌باشد. افراد این خانواده‌ها در فصول سرد سال خصوصاً فصل زمستان می‌توانند فعالیت داشته، زیرا حساسیت بسیار بالایی به میزان اکسیژن محلول در آب دارند و بیش‌ترین میزان اکسیژن محلول در این مطالعه نیز در فصل زمستان اندازه‌گیری شد. بر اساس مطالعه حاضر به نظر می‌رسد برخی جنس‌ها مانند *Epeorus sp.*، *Protonemura sp.*، *Leuctra sp.*، *Capina sp.*، *Sericostoma sp.* و *Glossosoma sp.* متعلق به رسته یک‌روزه‌ها و بهاره‌ها و بال‌موی‌داران در برابر آلودگی حساس‌تر می‌باشند زیرا به طور عمده در ایستگاه ۱ که کیفیت آب آن از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب خصوصاً میزان اکسیژن محلول آب بسیار مناسب است بیش‌تر بوده و در ایستگاه‌های دیگر فراوانی این جنس‌ها کم‌تر بوده یا برخی جنس‌ها مانند *Lepidostoma sp.* تنها در ایستگاه ۱ مشاهده شده و در ایستگاه‌های دیگر حضور نداشته است. میزان تنوع گونه‌ای بی‌مهرگان کفزی بر اساس شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون نشان داد که

نتایج ایشان مطابقت داشته است زیرا در مطالعه حاضر، میزان شاخص ASPT در دو ایستگاه ۲ (بعد از کارگاه پرورش ماهی) و ۴ (فعالیت‌های کشاورزی و دامپروری در حاشیه رودخانه) که بیش‌ترین تأثیر را از فعالیت‌های انسانی داشتند، کم‌تر از سایر ایستگاه‌ها بوده است. در پایان از نتایج مطالعه حاضر می‌توان به شرح ذیل نتیجه‌گیری نمود: نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و نیز شاخص‌های زیستی، ایستگاه ۱ (سرشاخه شیرین‌رود) در کیفیت و طبقه‌بندی عالی قرار گرفت و پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات آینده، شاخص‌های دیگری مانند بار باکتریایی و میکروبی آب در این ایستگاه‌هایی که در بالادست سد شهید رجائی واقع شده‌اند اندازه‌گیری شود. هم‌چنین در بسیاری از شاخص‌ها نظیر تنوع گونه‌ای شانون-وینر و غنای گونه‌ای در این ایستگاه‌هایی نظیر ایستگاه ۱ که کم‌تر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشد به مراتب بیش‌تر از سایر سرشاخه‌های مورد بررسی می‌باشد. بررسی فصلی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در سرشاخه‌های رودخانه تجن نشان داد به‌طور کلی تنوع و غنای گونه‌ای ماکروبتوزها در فصول گرم سال نسبت به فصول سرد سال کاهش داشته است که این کاهش در مورد برخی از شاخص‌ها بسیار معنی‌دار بوده است.

## منابع

1. Paknejad, H. and Ezati, E., 2011. The Hydropolitic of border river Atrak and its effect on Iran's and Turkmenistan's relation. Journal of studies of human settlements planning. 6(4): 19-37. (In Persian)
2. Kamali, S.A. and Tatina, M., 2008. Evaluation of the biological index and water quality of the initial and final parts of the Lemir river floodplains in Talesh city using aquatic insect communities. Journal of Wetland Ecobiology. 2(5): 3-12. (In Persian)
3. Esmaili Sari, A., 2002. Pollutants, standard hygiene in the environment. Naghshe Mehr Publications. 399 p. (In Persian)
4. Blackley, T.J., Eikaas, H.S. and Harding, J.S., 2014. The Singscore: a macroinvertebrate biotic index for assessing the health of Singapore's stream and chanal. Raffles Bulletin of Zoology. 62: 540-548.
5. Spellman, F.R. and Drinan, J.E., 2002. Stream Ecology and Self Purification Lancaster. Technomic Publication Inc., U.S.A. 261 p.
6. Owen, T.L., 1974. Handbook of common methods in Limnology. Institute of environmental studies and department of biology. Baylor University. Waco. Texas. USA. 120-130.
7. Shokri Saravi, M., 2013. Studying the structure of the large benthic invertebrate population of Tajen River and its ecological responses. Master's thesis. Faculty of Agriculture and Natural Resources. Hormozgan University. 101 p. (In Persian)

بالادست سد نسبت به ایستگاه‌های پایین دست کیفیت آب مطلوب‌تر بوده است (۱۲). علاوه بر این به دلیل افزایش بار آلی در این ایستگاه در بسیاری از فصول سال، فضای مناسب کم‌تری برای استقرار افراد راسته‌های EPT داشته است، زیرا برخی از خانواده‌های مقاوم به آلودگی آلی راسته یک‌روزه‌ها مانند خانواده Caenidae که به زیستن در بسترهایی با قطر ذرات ریز سازش یافتند (۲۲)، درصد بالاتری از افراد راسته یک‌روزه‌های این ایستگاه را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج این تحقیق نیز با نتایج Naderi Jolodar و همکاران (۳۸) و Soltani و همکاران (۳۶) مطابقت داشت، ایشان در بررسی پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز مشاهده کردند که میزان غنای EPT در ایستگاه‌هایی که بلافاصله بعد از مزرعه پرورش ماهی قرار داشتند در مقایسه با ایستگاه شاهد کاهش محسوسی داشته‌اند. زیرا درصد گونه‌های حساس EPT (*Glossosoma sp.* و *Sericostoma sp.*) کاهش یافته و برخی از گونه‌های حساس در این ایستگاه‌ها حضور نداشتند (*Lepidostoma sp.* ضمن این که درصد گونه‌های مقاوم (*Baetis sp.* و *Caenis sp.* و *Hydropsyche sp.*) در ایستگاه‌های بعد از مزارع پرورش ماهی افزایش یافته و یک‌سری گونه‌های جدیدتر و احتمالاً مقاوم‌تر نسبت به ایستگاه‌های بالادست (*Hydroptila sp.* و *Cheumatopsyche sp.*) در این ایستگاه حضور یافتند. نوسانات شاخص یکنواختی پیلو در این مطالعه همانند نتایج Morretti و Calisto (۳۹) و Sharma و Chowdhary (۳۴) بوده به طوری که در فصول سرد سال مثل پاییز بیش‌ترین میزان این شاخص و در فصول گرم سال مثل تابستان کم‌ترین میزان این شاخص را مشاهده نمودند. براساس نتایج شاخص زیستی هیلسنهوف، ایستگاه‌های مطالعاتی در طبقه کیفی عالی یا مناسب قرار گرفته‌اند. در صورتی که Bozorgi Makarani، در بررسی رودخانه تجن ایستگاه‌های خود را در طبقه کیفی خوب یا متوسط (۱۳) و Shokri Saravi در بررسی رودخانه تجن ایستگاه‌های خود را بر اساس این شاخص در ۴ طبقه عالی، خوب، مناسب و نسبتاً ضعیف طبقه‌بندی کردند (۷). تفاوت مشاهده شده در مطالعات گذشته نسبت به تحقیق حاضر به دلیل تفاوت در انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی در حوزه آبریز رودخانه تجن بوده است. بر این اساس ایستگاه‌های ۱ و ۲ این تحقیق کاملاً منطبق بر ایستگاه‌های مطالعه Shokri Saravi بوده (۷) که طبق شاخص زیستی هیلسنهوف به ترتیب در کیفیت عالی و مناسب طبقه‌بندی شدند. براساس نتایج شاخص زیستی ASPT، ایستگاه‌های مطالعاتی در سه طبقه تمیز، احتمال آلودگی متوسط و آلودگی شدید قرار گرفت. Kobingi و همکاران، در بررسی رودخانه کیسیان (Kisian) و کیسات (Kisat) در کنیا مشاهده کردند در هر دو رودخانه مقدار شاخص ASPT در ایستگاه‌هایی که بلافاصله پس از منبع آلودگی قرار داشتند به‌طور چشمگیری کاهش داشته است (۴۰). نتایج مطالعه حاضر با

20. **Aazami, J., Esmaili Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi, H. and Van den Brink, P.J., 2015.** Monitoring and assessment of water health quality in the Tajan River, Iran using physicochemical, fish and macroinvertebrate indices. *Journal of Environmental Health Sciences and Engineering*. 13: 1-12.
21. **Clifford, F., 1991.** Aquatic invertebrates of Alberta. The University of Alberta Press. Canada. 538 p.
22. **Gooderham, J. and Tsyrlin, E., 2003.** The water bug book: a guide to the freshwater macroinvertebrates of temperate Australia. CSIRO. 232 p.
23. **Washigton, H.G., 1984.** Diversity, biotic and similar indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*. 18(6): 653-694.
24. **Ludwig, J. and Reynolds, J.F., 1988.** Statistical ecology: a primer on methods and computing. A Niley- International Publication. USA. 337 p.
25. **Loch, D.D., West, J.L. and Perlmutter, D.G., 1999.** The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*. 147: 37-55.
26. **Feries, L. and Bowles, D.E., 2002.** Water quality and macroinvertebrates community structure associated with a sportfish hatchery. Sanmarcos. Texas. USA. 10 p.
27. **Hillsenhoff, 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.
28. **Reynolson, T.B., 1991.** An Overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*. 1: 295-308.
29. **Chatzinikolaou, Y., Dakos, V. and Lazaridou, D., 2006.** Longitudinal impacts of anthropogenic pressures on benthic macroinvertebrate assemblages in large transboundary Mediterranean River during the low flow period. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 34: 453-463.
30. **Hynes, K.E., 1998.** Benthic macroinvertebrates diversity and biotic indices for monitoring of Surbanizing lakes within the Halifax regional municipality (HRM). Nova Scotia, Canada, Soil and Water Conservation. Society of Metro Halifax. 114 p.
31. **Bouchard, R.W., 2004.** Guide to macroinvertebrates of Upper Midwest. Water Resources center. University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 p.
32. **Bispo, P.C. and Oliveira, L.G., 2007.** Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 24: 283-293.
33. **Suhaila, A.H., Che Salmah, M.R. and Nurul Huda, A., 2014.** Seasonal abundance and diversity of aquatic insects in Rivers in Gunung Jerai Forest Reserve, Malaysia. *Malaysiana*. 43(5): 667-674.
34. **Sharma, K.K. and Chowdhary, S., 2011.** Macroinvertebrate assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi (J&K). *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 3(5): 167-174.
35. **Tabatabaie, T., Amiri, F. and Pazira, A., 2009.** Monitoring structure and biodiversity of benthic macrofauna
8. **Armed Forces Geographical Organization. 2003.** Geography of the rivers of the country, Caspian Sea basin. Publications of the Armed Forces Geographical Organization. 293 p. (In Persian)
9. **Murphy, J.F., Winterbottom, J.H., Orton, S., Simpson, G.L., Shilland, E.M. and Hildrew, A.G., 2014.** Evidence of recovery from acidification in the macroinvertebrate assemblages of UK fresh waters: A 20-year time series. *Ecological Indicators*. 37: 330-340.
10. **Stefanidis, K., Panagopoulos, Y. and Mimikou, M., 2016.** Impact assessment of agricultural driven stressors on their importance for understanding of ecological functioning of watercourses. *Hydrobiologia*. 564: 171-181.
11. **Hajiaghaei Ghaazi Mahalleh, F., Imanpour Namin, J. and Sattari, M., 2020.** Evaluation of water quality in Ghaleh Rudkhan River using macroinvertebrate density and Hilsenhoff Biotic Index. *Journal of Animal Environment*. 12(3): 335-344. (In Persian)
12. **Musavi, S.M. and Pourebrahim, Sh., 2019.** Water quality assessment based on biological monitoring of the Karaj River (Alborz province) using benthic macroinvertebrates. *Journal of Animal Environment*. 11(3): 335-344. (In Persian)
13. **Bozorgi Makarani, A., 2018.** Water quality monitoring of Tajen river in Mazandaran using large benthic invertebrates and water physico-chemical parameters. Master's thesis. Department of natural resources. Gilan University. 82 p. (In Persian)
14. **Sharifinia, M., Imanpour, J. and Bozorgi, A., 2012.** Ecological assessment of the Tajan river using feeding groups of benthic macroinvertebrates and biotic indices. *Iranian Journal of Applied Ecology*. 1(1): 80-95. (In Persian)
15. **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)
16. **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)
17. **Mehrdadi, N., Ghobadi, M., Nasaabadi, T. and Hoeidi, H., 2006.** Evaluation of the quality and self-purification potential of Tajan River using Qual2E model. *Iranian Journal of Environmental Sciences and Engineering*. 13(3): 199-204.
18. **Zazouli, M.A., Mohseni Bandpei, A., Mirbagheri, S.A. and Esfandyari, Y., 2013.** Survey on monthly variations of water quality in the Tajan River (Sari, Iran). *African Journal of Biotechnology*. 12(25): 3984-3991.
19. **Aazami, J., Esmaili Sari, A., Abdoli, A., Sohrabi, H. and Van den Brink, P.J., 2015.** Assessment of ecological quality of the Tajan River in Iran using a multimetric macroinvertebrate index and species traits. *Environmental Management*. 56: 260-269.



- community as pollution index on Mossa and Ghanam creek. *New technologies in aquaculture development*. 3(4): 29-40. (In Persian)
36. **Soltani, F., Nadri Jolodar, M., Vosogh, A., Darvish Bastami, K. and Lotfi Ashtiyani, M., 2013.** The effects of Trout Farms Effluent in Haraz River on population structure of benthic macro invertebrates. *Journal of Animal Environment*. 4(4): 25-34. (In Persian)
37. **Kamali, M. and Esmaili Sari, A., 2008.** Biological assessment of Lasem River using the structure of the large population of benthic invertebrates. *Journal of Aquaculture Development*. 3(1): 52-61. (In Persian)
38. **Naderi Jolodar, M., Abdoli, A., Mirzakhani, M.K. and Sharifi Jolodar, R., 2011.** Benthic Macroinvertebrates Response in the Haraz River to the Trout Farms Effluent. *Journal of Fisheries*. 64(2): 163-175. (In Persian)
39. **Morretti, M.S. and Calisto, M., 2005.** Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the Middle Doce River Watershed. *Acta Limnologica Barsiliensis*. 21(2): 217-226.
40. **Kobingi, N., Raburu, P.O., Masese, F.O. and Gi Chuki, J., 2009.** Assessment of pollution impacts on the ecological integrity of the Kisian and Kisal rivers in Lake Victoria drainage basin Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 3(4): 97-107.