شناسایی جوامع ماکروبنتیک و وضعیت شاخص‌های BMWP و HFBI برای ارزیابی کیفی رودخانه مارون

زهره قنواتی،[۱] مریم محمدی روزبهانی[۲]، نسرین چوبکار[۳*]

۱- گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳*- گروه شیلات، واحد کرمانشاه ، دانشگاه آزاد اسلامی کرمانشاه، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: nchoobkar20@gmail.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

چکیده

ارزیابی کیفی منابع آبی با استفاده از شاخص‌های زیستی از روش‌هایی است که در چند دهه‌ی اخیر، بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. این مطالعه با هدف بررسی کیفی آب رودخانه مارون با استفاده از تغییرات زمانی و مکانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی به انجام رسیده است. بدین منظور در۶ ایستگاه تعیین شده در رودخانه مارون از نیمه‌ی دوم مرداد ماه تا نیمه‌ی دوم آبان ماه ۱۳۹۱ از بی‌مهرگان کفزی طی دو فصل و در هرفصل از ۶ ایستگاه با ۴ تکرار نمونه‌برداری انجام شد. نتایج حاصل از بررسی ماکروبنتوزها نشان داد که بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها در در کل دوره‌ی مطالعاتی مربوط به کم تاران با ۱۵۰۴ عدد در متر مربع و کمترین آن مربوط به زالوها با ۵۹عدد در متر مربع بود. در مجموع بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها در دو فصل مطالعاتی مربوط به ایستگاه مسیل آب خروار و کمترین آن مربوط به ایستگاه شهرک فجر بوده است. در این تحقیق در مجموع، ۳ شاخه از ماکروبنتوزها که شامل ۴ رده، ۶ راسته و ۸ خانواده بودند، جداسازی، شناسایی و شمارش شدند. بیشتر ین میزان شاخص BMWP با میانگین (۵/۰۶±۰/۸۱) در فصل پاییز و کمترین میزان آن با میانگین(۴/۳۳±۱/۲۴) در فصل تابستان به ثبت رسید. براساس شاخص BMWP ، کیفیت آب محدوده مورد نظر در هر دو فصل تابستان و پاییز در طبقه کیفی بسیار ضعیف ثبت شد. بر اساس شاخص BMWP کیفیت آب تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل تابستان و پاییز در طبقه کیفی بسیار ضعیف طبقه‌بندی شدند. بیشترین میزان شاخص هیلسنهوف با میانگین(۷/۹۸±۰/۰۶۴) در فصل تابستان و کمترین میزان آن با میانگین(۷/۷۰±۰/۱۸) در فصل پاییز به ثبت رسید. شاخص HFBI (محدوده‌ی مورد مطالعه را در فصل تابستان در طبقه کیفی بسیار ضعیف و در فصل پاییز در دو طبقه‌ی کیفی بسیار ضعیف و ضعیف طبقه‌بندی کرد. در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که نتایج شاخص‌های زیستیBMWP و HFBI تقریباً مشابه بوده و کیفیت اکولوژیکی ایستگاه‌های مورد مطالعه را در طبقات بسیار مشابه ارزیابی می‌نماید.

کلمات کلیدی

"رودخانه مارون"، "جوامع ماکروبنتیک"، "شاخص‌های زیستی"، "هیلسنهوف"، "بی ام دابیلیو پی".

۱- مقدمه

حدود ۹۹٪ ذخایر آب زمین در اقیانوس‌ها و یخچال‌ها قرار دارد که شور و یا غیرقابل دسترس هستند. اما رودخانه‌ها با اینکه یکی از کمترین حجم ذخایر آب را دارند از دیرباز و به سهولت مورد بهره‌برداری انسان قرار گرفته‌اند. حتی اولین پایه‌های شکل‌گیری تمدن بشری را می‌توان در اطراف رودخانه‌ها یافت (پهلوانی و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی منابع آب از ارکان اساسی توسعه پایدار و اعمال مدیریت صحیح در زمینه‌های مختلف محیط‌زیست، شیلات و غیره است. در شرایط طبیعی اکوسیستم‌های آبی تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند باران، باد و نیروهای ژئوفیزیکی و آثار متقابل جانداران تغییر می‌یابند. ولی در طی سال‌های اخیر انسان عامل اساسی تغییرات در کره زمین بوده است. در این میان بررسی نهرها و رودخانه‌ها که به‌عنوان سیستم گردش خون عمل می‌کنند نه‌تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها نقش اساسی دارند بلکه می‌توانند نشانگر فشارهای وارده از محیط اطراف نیز باشند .(Maghsoudlou et al., 2020) حفظ تنوع در اکوسیستم‌های آبی یکی از ارکان مهم حفاظت از منابع آبی است که لازمه آن شناسایی موجودات رودخانه می‌باشد و از آنجایی‌که حفاظت از جوامع زیستی در این اکوسیستم‌ها، توان خودپالایی منابع آبی را بالا می‌برد بنابراین راهکاری در جهت کاهش آلودگی آب‌ها نیز می‌باشد .(Diaz et al., 2004) لذا توجه به وضعیت کیفی رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کشور ایران در کمربند خشک زمین قرار داشته و با توجه به اینکه آب ورودی از مرزها به کشورمان، قابل توجه نمی‌باشد، لذا می‌توان گفت تمام آب ایران از نزولات جوی تأمین می‌شود و ۷۰٪ این نزولات از طریق تبخیر از دسترس خارج می‌شود که سه برابر آمار جهانی است، همین موضوع اهمیت توجه به کیفیت آب‌های شیرین را در کشور ما دو چندان می‌نماید. آلودگی آب رودخانه‌ها را در حقیقت می‌توان شاخص آلودگی محیط زیست بر اثر فعالیت‌های انسانی به شمار آورد، زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند (شکری ساروی و همکاران، ۱۳۹۳). در این مطالعه سعی شده به بررسی کیفیت آب رودخانه مارون با استفاده از بی‌مهرگان کفزی پرداخته شود. مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب مصرفی صنعت، کشاورزی، شرب وبهداشت و پدید آورنده تالاب شادگان در منطقه جنوب و جنوب شرق استان خوزستان رودخانه مارون-الله-جراحی است. (حسینی زارع و براتی گندمکار، ۱۳۸۵). این رودخانه در حوضه آبریز خلیج فارس قرار دارد.

آب رودخانه مارون که در بالادست از کیفیت بسیار خوبی برخوردار است در قسمت‌های پایین دست به واسطه عبور از لایه‌های گچی و نمکی، دریافت شاخه‌های شور و پس از آن به علت گرما و تبخیر زیاد کیفیت نامطلوبی پیدا می‌کند. علی‌رغم متفاوت بودن کیفیت آب رودخانه مارون، این رودخانه نقش اساسی در پیدایش حیات جوامع روستایی در حاشیه خود به‌عهده دارد و همچنین باعث به وجود آمدن شهرهای نسبتاً بزرگی مانند بهبهان و رامشیر در مسیر خود شده است. میزان آلودگی رودخانه در نقاط و فصول مختلف سال با یکدیگر متفاوت است به‌طوری که در فصل پاییز و زمستان میزان این آلودگی‌ها به حداقل و در فصل تابستان و کم باران نیز به حداکثر می‌رسد (امیریان و همکاران، ۱۳۸۹) . از آن جا که در اکوسیستم آب‌های جاری، جریان آب در هر لحظه سبب تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب می‌شود ارزیابی رودخانه با استفاده از موجودات کفزی که در بستر ساکن هستند نسبت به پارامترهای مذکور، مناسب‌ترند. (شریعتی و امیدی، ۱۳۹۹). این جوامع، وضعیت عمومی محیط را در یک دوره‌ی طولانی از زمان منعکس و معرفی می‌نمایند و بدون شک، بهترین شاخص برای تشخیص سلامت و کیفیت محیط آبی هستند (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۲). هدف از شاخص‌های زیستی، ارزیابی کیفیت بیولوژیک آب‌های جاری است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۶). شاخص‌های زیستی، عبارت‌های عددی هستند که مقدار کمی تنوع گونه‌ای را با اطلاعات کیفی درمورد حساسیت‌های اکولوژیکی هر تاکسون در بین دیگران، ترکیب می‌کنند از جمله، شاخص‌های شانون-وینر، BMWP، ASPTو هیلسنهوف. (پهلوانی و همکاران، ۱۳۹۴). کفزیان به‌عنوان موجودات پایه زنده اکوسیستم‌های آبی بوده که نقش اساسی در روند کیفی رودخانه‌ها ایفا می‌کنند. ماکروبنتوزها بخش مهمی از فونای بستر را تشکیل می‌دهند که غالباً شامل پرتاران، سخت‌پوستان و نرم‌تنان می‌باشند. این موجودات در ساختار، تولید دینامیک و سلامت محیط‌زیست آبی نقش حیاتی دارند (رضی دشتی و همکاران، ۱۳۹۹). بنا به نظر دانشمندان این موجودات مهم‌ترین منبع غذایی آبزیان هستند که نقشی کلیدی در زنجیره غذایی آب‌ها دارند. انواع دوکفه‌ای‌ها، شکم پایان و خرچنگ‌ها که از گونه‌های شیلاتی مهم می‌باشند و در بسیاری از نقاط جهان به‌عنوان منبع مهم غذایی به شمار می‌روند جزء ماکروبنتوزها می‌باشند. عوامل متفاوتی بر پخش و پراکنش و تنوع بنتوزها دخیل هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به مواد آلی محلول موجود در بستر، دما، شوری، اکسیژن محلول واسیدیته اشاره کرد. با استفاده از این پارامترها می‌توان اطلاعات کمی با ارزشی در خصوص آلاینده‌ها در آب به دست آورد. به‌عنوان‌مثال مقادیر بالای مواد آلی در رسوبات (به‌عنوان آلاینده و تأثیر آن برروی تجمع اجتماعات بنتوزی) بستگی به عوامل اکولوژیکی مانند کمبود اکسیژن، افزایش مواد غذایی، شرایط غیر هوازی و اسیدیته آب دارد (Sarkhosh et al., 2019) . نشانگرهای اکولوژیکی مانند انواع بنتوزها، جلبک‌ها و گیاهان جهت ارزیابی وضعیت محیط‌زیستی می‌توانند استفاده گردند، به‌طوری که یک نشانه اولیه نگران‌کننده از تغییرات و استرس‌ها را در محیط‌زیست نشان می‌دهند. در واقع نشانگرها یک ارزیابی غیرمستقیم از کارآیی آن سیستم و اثرات محیط‌زیستی پنهان را نشان داده و اگر به درستی انتخاب شوند ابزار مفیدی در اطلاع رسانی استفاده پایدار از آن سیستم اکولوژیکی برای مدیران می‌باشند (روزبهانی و چوبکار، ۱۳۹۳). در این مقاله قصد داریم به بررسی سلامت رودخانه مارون با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWPو هیلسنهوف بپردازیم. شاخص :BMWP یکی از سیستم‌های امتیازی است که مورد تایید سازمان بین‌المللی استاندارد قرار گرفته است و هدف آن ارزیابی کیفیت بیولوژیکی آب‌های جاری است. از مزایای این سیتم امتیازدهی این است که شناسایی جوامع کفزی در سطح خانواده صورت می‌گیرد و به منبع آبی خاص یا منطقه‌ی جغرافیایی ویژه‌ای اختصاص ندارد (Armitage et al.,1983) شاخص :HFBI هیلسنهوف در سال ۱۹۸۸با نمونه‌برداری متناوب از بندپایان زیستگاه‌های آبی و اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و در نهایت استفاده از فرمول ضریب زیستی (B. I) اعدادی را به منزله‌ی شاخص کیفیت آلی آب برای زیستگاه‌های مورد مطالعه ارائه داد. ضریب زیستی روشی مؤثر و حساسی در ارزیابی کیفیت آب است که بر اساس تنوع بی‌مهره‌ها محاسبه می‌شود. شاخص زیستی هیلسنهوف از بهترین و کم هزینه‌ترین روش‌هایی است که با شناسایی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در حد خانواده و تعیین بردباری آنها نسبت به آلودگی آب همراه می‌باشد (حافظیه، ۱۳۸۰). تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص ارزیابی کیفیت اکولوژیکی رودخانه‌های داخل کشور با شاخص‌های مختلف انحام شده است برای مثال کابوسی و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبزی در پایین‌دست رودخانه گرگان‌رود-استان گلستان پرداختند. همچنین گهروئی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی زیستی کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص‌های زیستی ماکروبنتوزها پرداختند. تاریخچه‌ی سیستم استفاده از شاخص‌های زیستی به منظور ارزیابی کیفیت آب از یک قرن پیش توسط اشخاصی همچون کولناتی در سال ۱۸۴۸، کوهن در سال ۱۸۵۳، تحت عنوان شاخص ساپروبی آغاز شد. رابطه‌ی بین جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و اثر آلودگی بر آنها در مطالعات متعددی بیان شده است که از جمله مطالعات داخلی انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیقات عباس‌پور و همکاران (۱۳۹۲) اشاره نمود که به بررسی کیفی آب رودخانه چشمه کلیله با استفاده از جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب پرداختند. نوان مقصودی (۱۳۹۱) کفزیان رودخانه‌ی قزل اوزن استان زنجان را مورد بررسی قرار داد Mahboobi . Soofianiو همکاران (۲۰۱۲) اثرات پساب مزرعه ماهی قزل‌آلا را بر کیفیت آب و جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌ی زاینده رود در ایران مطالعه نمودند. از مطالعات خارج از کشور می‌توان به مطالعه‌ی Rossaroو همکاران در سال ۲۰۰۷ اشاره کرد که ارتباط بین بزرگ بی‌مهرگان و تغییرات محیطی را در ۴۲ دریاچه‌ی ایتالیا با هدف تکامل شاخص زیستی، مورد بررسی قرار دادند. در این دریاچه ۵۷۰ گونه شناسایی شد که ۳۷۳ گونه متعلق به خانواده‌ی شیرونومیده، ۸۵ گونه متعلق به رده‌ی کم تاران بودند و گونه‌های نادر کمتر از ۱۰ نمونه را شامل می‌شدند. در این مطالعه، همبستگی معنی‌داری بین وضعیت تروفی و شاخص کیفیت بنتیک مشاهده شد (Rossaro et al., 2019). Clewsو همکاران (۲۰۱۴) با هدف کاربردی‌تر نمودن پایش زیستی و تعیین مناسب‌ترین شاخص زیستی کیفیت آب با تکیه بر بزرگ بی‌مهرگان کفزی، ذخایر آب سنگاپور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق، نشان دهنده‌ی موفقیت نسبی معیارها و شاخص‌های زیستی در ارزیابی کیفیت آب است. در این مطالعه، کیفیت آب در مناطق حضور گونه‌های آبزی، ضعیف شناخته شد Clews) .

et al., 2014)در مطالعـه‌ای کـه Jay و همکـاران (۲۰۱۰) روی رودخانه‌ی تستا در هیمالیا انجام دادند، مشاهده نمودند که تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزها در مناطقی که تحت تأثیر آلودگی قرار گرفتند، بـه شـدت کاهش یافته است .

۲- روش انجام تحقیق

مواد و روش کار

تعیین و شناسایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جهت مشخص نمودن ایستگاه‌های نمونه‌برداری ابتدا نقشه منطقه مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به مواردی همچون قابلیت دسترسی، وضعیت گستردگی منطقه مورد مطالعه، دبـی آب، وضـعیت توپـوگرافی رودخانه ونیز با توجه به معیارهای زیر ایستگاه‌های نمونه‌برداری انتخاب شدند .

الف- انعکاس شرایط و وضعیت واقعی رودخانه

ب- وجود اطلاعات پایه آماری

پ- امکان نمونه‌برداری از محل در فصـول مختلـف و شـرایط جـوی گوناگون و همچنین فراهم بودن امکان ارتباطی

ت- عدم وجود آلودگی ناشی از عوامل ناشناخته در محل نمونه‌برداری

در نهایت با توجه به فعالیت‌های صنعتی و شهری، دبی آب، دسترسی و ... تعداد ۶ ایستگاه در طول مسیر رودخانه انتخاب شد و نمونـه‌برداری در دو نوبت تابستان و پاییز ۹۱ صورت گرفت. که شامل: ایسـتگاه چـم نظامی(ایستگاه۱) با منابع آلودگی تصفیه خانه شهید پرخیده (متعلق بـه شرکت نفت شهرستان آغاجاری)، فاضلاب خانگی روستاهای آب باران ۱ و۲ و۳ و فاضلاب کشاورزی، ایستگاه چهارآسیاب (ایستگاه۲) با منبع آلودگی حاصل از زهآب‌های کشاورزی، ایستگاه سد مارون (ایسـتگاه۳) متأثر از عملیات احداث دو سد دیگر در همان محل، ایستگاه مسیل آب خروار (ایستگاه۴) با منـابع آلـودگی متـأثر از فاضـلاب‌های صـنعتی و خانگی شهرستان بهبهان، ایستگاه تصفیه خانه بهبهان (ایسـتگاه ۵) بـا منبع آلودگی تصفیه خانه بهبهان، ایستگاه شهرک فجر (ایستگاه ۶) بـا منبع آلودگی حاصل از زهآب‌های کشاورزی هستند .

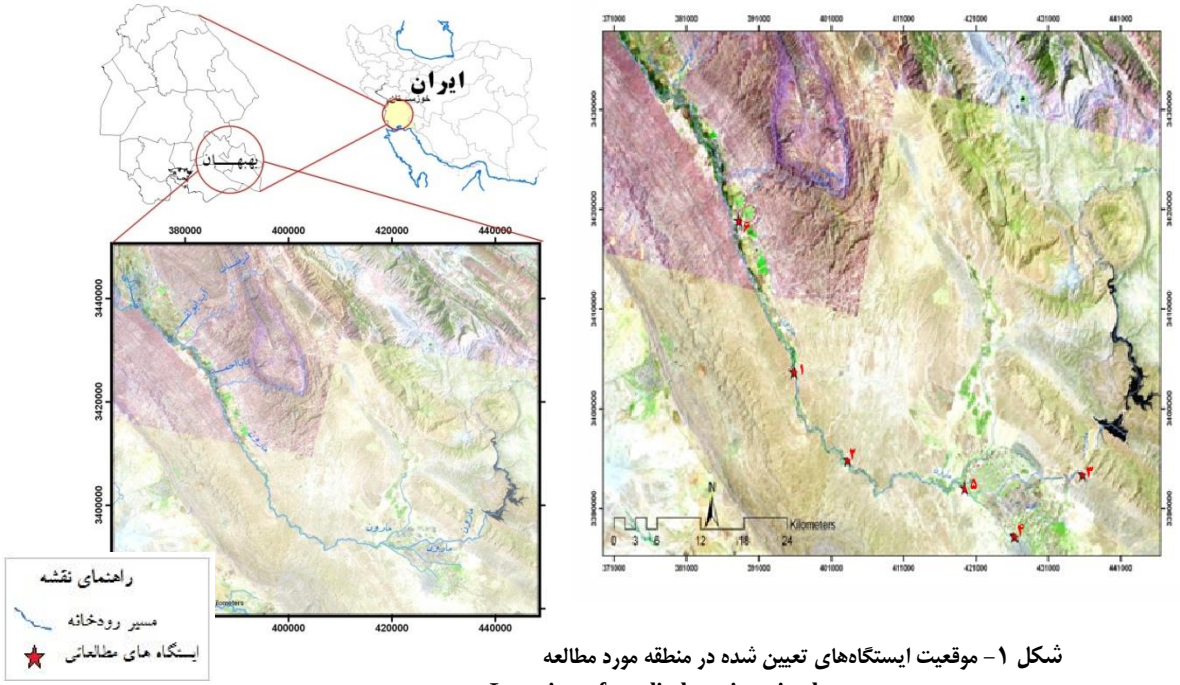
تعیین موقعیت جغرافیایی ایستگاه¬های مطالعاتی

موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از موقعیت‌یـاب جی‌پی‌اس (GPS) مشخص شد. سپس به وسـیله نرم‌افزارهـای مـپ سـورس (Map Source) و اتوکـد (Auto Cad) بـر روی نقشـه هوایی منطقه منطبق گردید.

جدول ۱- ایستگاه‌های مطالعاتی

Table 1- Location of study stations

ایستگاه ها	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱- چم نظامی	۳۱درجه و ۴۵ دقیقه و ۴۲. ۹ثانیه	۵۰درجه و ۵۴ دقیقه و ۴۴. ۳ ثانیه
۲- چهار آسیاب	۳۱درجه و ۳۹ دقیقه و۲۹. ۹ ثانیه	۵۰ درجه و ۰۹ دقیقه و ۳۵. ۴ ثانیه
۳- سد مارون	۳۱درجه و ۴۰ دقیقه و۲۰. ۳ ثانیه	۵۰درجه و ۱۹ دقیقه و ۴۶. ۵ ثانیه
۴- مسیل آب خروار	۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۷. ۹ ثانیه	۵۰ درجه و ۱۳ دقیقه و ۵۴. ۰ ثانیه
۵- تصفیه خانه بهبهان	۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۱۸ ثانیه	۵۰ درجه و ۱۱ دقیقه و ۳۲. ۷ ثانیه
۶- شهرک فجر	۳۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۷. ۸ ثانیه	۵۰درجه و ۴۴ دقیقه و ۵۱. ۵ ثانیه



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های تعیین شده در منطقه مورد مطالعه

Location of studied stations in the country maps

روش نمونه برداری

این مطالعه در سال ۱۳۹۸ در طی دو فصل تابستان و پاییز در ۶ ایستگاه تعیین شده در رودخانه‌ی مارون انجام شد. این حوضه‌ی آبریز در دامنه‌های جنوب و جنوب غربی زاگرس میانی بین طول شرقی ۵۰ درجه و ۵ دقیقه و ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و عرض شمالی ۳۰ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۱ دقیقه قرار دارد (شفیعی مطلق و همکاران، ۱۳۹۵). موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ مشخص گردیده است. در هر ایستگاه، نمونه‌برداری با چهار تکرار با استفاده از گرب پترسون باسطح مقطع ۲۲۵ سانتی‌متر مربع صورت گرفت. از سه تکرار برای شناسایی و شمارش ماکروبنتوزها و از یک تکرار برای تعیین دانه‌بندی و درصد مواد آلی رسوبات استفاده شد. نمونه‌های مربوط به ماکروبنتوزها به‌وسیله‌ی الک ۵/ . میلی‌متری شستشو داده شده و به وسیله‌ی فرمالین ۸ درصد فیکس شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، از الکل اتانول ۹۶ درصد برای نگهداری نمونه‌ها استفاده شد. جهت رنگ‌آمیزی نمونه‌ها از روش والتون (Walton, 1984) استفاده شد. بدین صورت که از محلول یک گرم در لیتر رز بنگال برای رنگ‌آمیزی نمونه‌ها لستفاده شد. گروه‌های جانوری مختلف، با استفاده از استریو میکروسکوپ و کلیدهای شناسایی فون بنتیک در حد خانواده، جنس، و تا حد ممکن در حد گونه، دسته‌بندی و شناسایی شدند (Barnes, 1987; Carpenter and Nemi, 1990; Jones, 1986).

شاخص BMWP(Biological Monitoring Working Party)

در سیستم BMWP مقاومت هر خانواده از بنتوزها به آلودگی، مبنای امتیازدهی است. به طوری که خانواده‌هایی که کمتری مقاومت را در برابر آلودگی دارند بیشترین امتیاز و مقاوم‌ترین عضو خانواده، که در منطقه غالب است حد پایین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. در نهایت نمره‌های خانواده‌ها در نمونه با هم جمع می‌شود تا امتیاز BMWP آن ایستگاه(جدول ۲) به دست آید (کرمی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۲:طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس امتیاز کلی شاخص BMWP (Mandaville, 2002)

توضیح	طبقه کیفی	امتیاز کلی شاخص
آلودگی شدید	خیلی ضعیف	۰-۱۰
آلوده یا تحت تأثیر قرار گرفته	ضعیف	۱۱-۴۰
به طور متوسط تحت تأثیر قرارگرفته	متوسط	۴۱-۷۰
تمیز ولی کمی تحت تأثیر قرار گرفته	خوب	۷۱-۱۰۰
غیر آلوده	خیلی خوب	>۱۰۰

شاخص هیلسنهوف (Hilsenhoff family Biotic Index)

شاخص FBI در سال ۱۹۸۸ توسط Hilsenhoff جهت تعیین میزان تحمل ماکروبنتوزهای ساکن در بستر آب‌های شیرین معرفی گردید. در این شاخص میزان تحمل موجودات ماکروبنتوزی بین اعداد ۰ تا ۱۰ متفاوت بوده که با کاهش کیفیت آب، میزان آن افزایش می‌یابد. (پهلوانی و همکاران، ۱۳۹۴). راهنمای تعیین کیفیت آب بر اساس این شاخص در جدول ۳ آورده شده است.

جدول۳: طبقات کیفی آب رودخانه در سیستم هیلسنهوف(Hilsenhoff, 1988)

درجه آلودگی به مواد آلی	کیفیت آب	شاخص زیستی در سطح خانواده
بدون آلودگی مواد آلی	عالی	۰-۳/۷۵
آلودگی بسیار ناچیز	خیلی خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
مقداری آلودگی آلی	خوب	۴/۲۶-۵/۰۰
آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل ملاحظه	متوسط	۵/۰۱-۵/۷۵
آلودگی آلی قابل ملاحظه	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی آلی بسیار قابل ملاحظه	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۷/۲۶-۱۰

۳- نتایج

آنالیز آماری

در این مطالعه جهت محاسبات آماری، تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم جداول و نمودارها از نرم افزارهای Spss و Excel استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یکطرفه انجام پذیرفت. جهت نشان دادن همبستگی بین گروه‌های ماکروبنتوزی و شاخص‌های زیستی از ضریب همبستگی پیرسون با سطوح معنی داری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ استفاده شد. برای ترسیم نقشه منطقه مورد مطالعه و تعیین موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی نیز از نرم افزارهای مپ سورس(Map Source) و اتوکد(Auto Cad) استفاده گردید.

نتایج بررسی گروه‌های ماکروبنتوزی

در بررسی انجام شده در رودخانه مارون، ۴ رده، ۸ خانواده و ۹ جنس از ماکروبنتوزها شناسایی شد. در میان این رده‌ها رده‌ی کم تاران (Oligochaeta) با ۵۴/۱۶ درصد و رده‌ی زالوها (Hirudinea) با ۲/۱۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد فراوانی را در کل دوره‌ی مطالعاتی به خود اختصاص دادند.

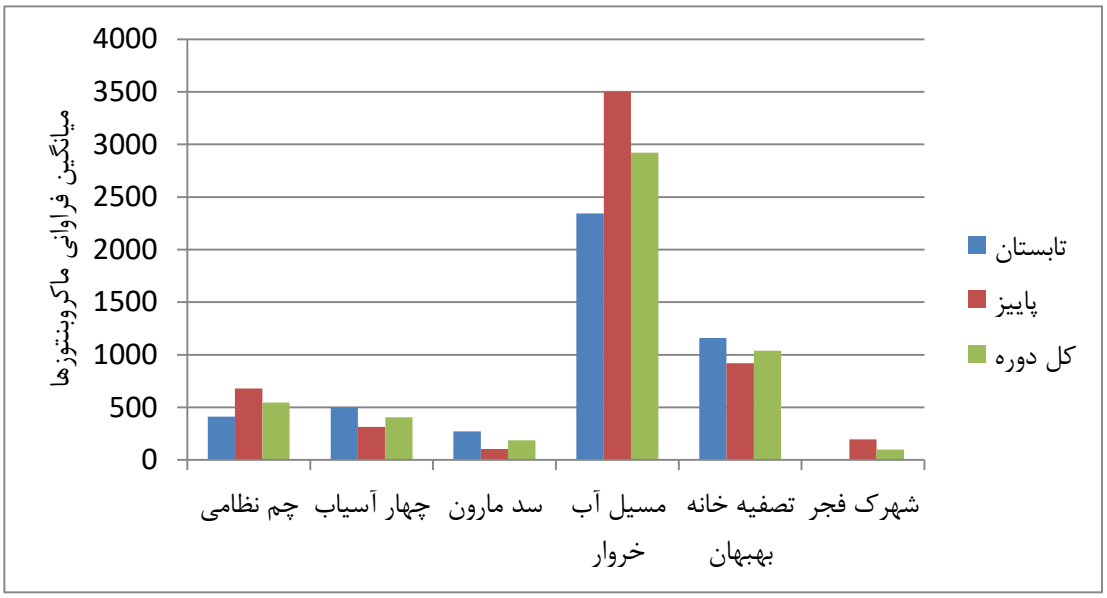
از میان خانواده‌های شناسایی شده در این نمونه برداری، رده‌های Insecta و Gastropoda هر کدام ۳ خانواده و رده‌های Oligochaeta و Hirudinea هر کدام ۱ خانواده را شامل شدند. فراوانی ماکروبنتوزها در فصل پاییز ۳۱۰۰ عدد در متر مربع و در فصل تابستان ۲۴۵۲ عدد در متر مربع ثبت شد. در طی دو دوره نمونه‌برداری، بر حسب میانگین ۲۷۷۶عدد در متر مربع ماکروبنتوز جمع‌آوری شد. در مجموع بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها در دو فصل مطالعاتی مربوط به ایستگاه ۴(مسیل آب خروار) با ۲۹۲۲ عدد در متر مربع و کمترین فراوانی ماکروبنتوزها مربوط به ایستگاه شهرک فجر با ۹۸ عدد در متر مربع بوده است. (جدول۵) و (نمودار۱). در بین گروه‌های شناسایی شده در فصل پاییز، تابستان و درکل دوره‌ی مطالعاتی به طور میانگین بیشترین فراوانی مربوط به رده‌ی کم تاران و کمترین فراوانی در فصل پاییز مربوط به رده‌ی حشرات و در فصل تابستان و کل دوره‌ی مطالعاتی مربوط به رده‌ی زالوها بود. (نمودارهای۲، ۳و۴).

جدول ٤: گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی شده در رودخانه‌ی مارون در دو فصل تایستان و پاییز (۱۳۹۸)

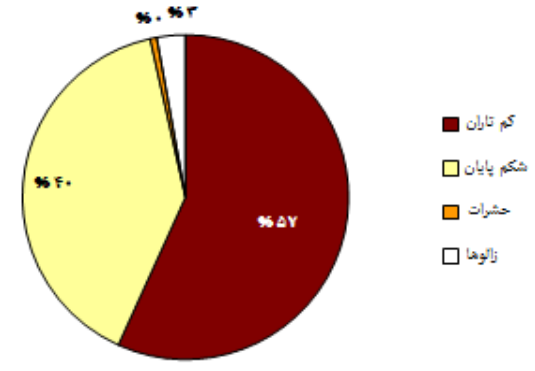
Class رده	Family خانواده	Species گونه	پاییز						تابستان					
			ایستگاه						ایستگاه					
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱	۲	۳	۴	۵	۶
Oligochaeta	Tubificidae	Tubifex tubifex	–	–	۳۳/ ±۱۱۷ ۳۳/ ۱۱۷	۲۸/ ±۱۸۵۴ ۰۰/ ۷۹۲۰	۶۹/ ±۱۵۳۷ ۰۰/ ۲۲۸۸	۳۳/ ±۱۱۷ ۶۷/ ۲۳۴	۶۷/ ۱۰۲ ± ۸۹۵	۷۴/ ۱۰۹۲ ± ۱۳۰۵	۷۷/ ۱۸۳ ± ۵۱۳	۷۰/ ±۸۶۶ ۳۶۰۸	۹۸/ ۲۵۶ ± ۱۱۵۹	–
Hirudinea	Glossiphoniidae	Placobdella sp	–	-	–	–	۲۱۷/ ±۱۵۵ ۴۱۰/۶۷	۳۳/ ±۱۱۷ ۳۳/ ۱۱۷	–	-	–	۰۰/ ±۱۷۶ ۱۷۶	–	–
Insecta	Hydropsychidae	Hydropsyche sp	–	–	۳۳/ ±۱۱۷ ۳۳/ ۱۱۷	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Tabanidae	Tabanus sp	۱۱۷/۳۳ ۳۳/± ۱۱۷	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Chironomidae	Chironomus riparius							–	–	–	۲۲/ ۲۱۲۷ ± ۳۲۵۶	–	–
Gastropoda	Physidae	Physella acuta	۶۱/ ±۱۲۷۸ ۳۳/ ۲۹۳۳	۶۷/ ±۵۸۶ ۶۷/ ۵۸۶	–	۵۳۷/۶۹ ۰۰/± ۱۴۰۸	۵۸/۶۷ ۶۷/± ۵۸	۶۷/ ±۲۳۴ ۶۷/ ۲۳۴	۹۷/ ۲۹۲ ± ۵۷۲	۲۲/ ±۲۶۵ ۵۷۲	–	۲۷/ ۱۱۵۳ ± ۲۳۳۲	–	–
	Lymnaeidae	Stagnicola sp1	۱۷۶/۰۰ ۰۰/± ۱۷۶	–	–	۳۳/ ±۱۱۷۳ ۳۳/ ۱۱۷۳	–	–	۸۰/ ±۳۸ ۵۹	۶۷/ ±۵۸ ۵۹	–	–	–	–
		Pseudosuccinea sp	۵۸/۶۷ ۶۷/± ۵۸	۶۱/ ±۱۰۱ ۰۰/ ۱۷۶	۳۳/ ±۱۱۷ ۳۳/ ۱۱۷	–	–	–	-	-	-	–	–	–
		Stagnicola caperata							۸۰/ ±۳۸ ۱۱۷	۶۷/ ±۵۸ ۵۹	۳۳/ ±۲۹ ۲۹	–	–	–
	Bithyniidae	Bithynia tentaculata	۵۸/۶۷ ۳۳/± ۱۱۷	۶۱/ ±۱۰۱ ۰۰/ ۱۷۶	۵۸/۶۷ ۶۷/± ۵۸	–	–	–	–	–	–	–	–	–

جدول ۵: میانگین فراوانی ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های مطالعاتی (تابستان و پاییز ۹۸)
(عدد در متر مربع)

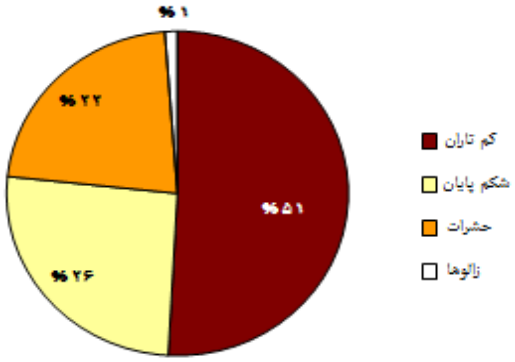
ایستگاه / فصل	۱ (چم نظامی)	۲ (چهارآسیاب)	۳ (سد مارون)	۴ (مسیل آب خروار)	۵ (تصفیه خانه بهبهان)	۶ (شهرک فجر)
پاییز	۶۸۰/۶	۳۱۳	۱۰۲/۷۵	۳۵۰۰/۳۳	۹۱۹	۱۹۵/۶۶
تابستان	۴۱۰/۷۵	۴۹۸/۷۵	۲۷۱	۲۳۴۳	۱۱۵۹	-
کل دوره	۵۴۵/۶۷	۴۰۵/۸۷	۱۸۶/۸۷	۲۹۲۱/۶۶	۱۰۳۹	۹۷/۸۳



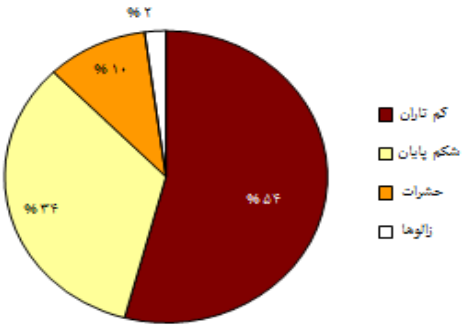
نمودار ۱: تغییرات فراوانی ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه‌ی مارون سال ۱۳۹۸



نمودار۲: درصد فراوانی رده‌های ماکروبنتوز شناسایی شده (پاییز ۹۸)



نمودار۳: درصد فراوانی رده‌های ماکروبنتوز شناسایی شده (تابستان ۹۸)



نمودار٤: درصد فراوانی رده‌های ماکروبنتوز شناسایی شده

گونه *Physella acuta* و کمترین فراوانی مربوط به خانواده Bithyniidae بوده است. در فصل تابستان ۶ گونه از ۵خانواده ماکروبنتیک شناسایی و شمارش شدند. در این فصل بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها مربوط به خانواده Tubificidae بوده و کمترین فراوانی مربوط به خانواده Glossiphoniidae گونه *Placobdella* sp بوده است. در رده حشرات، در مقایسه با فصل زمستان از خانواده‌های Hydropsychidae و Tabanidae هیچ فردی مشاهده نشد. در رده شکم پایان، در فصل پاییز، ۸ گونه از ۷ خانواده ماکروبنتیک شناسایی و شمارش شدند. در این فصل بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها مربوط به خانواده Tubificidae بوده و کمترین فراوانی مربوط به خانواده Hydropsychidae و خانواده Tabanidae بوده است. در رده حشرات، هر دو خانواده شناسایی شده در این مطالعه، دارای فراوانی برابر بودند. در رده شکم پایان، بیشترین فراوانی مربوط به خانواده Physidae بیشترین فراوانی مربوط به خانواده Physidae گونه *Physella acuta* بوده است. از خانواده Bithyniidae در این فصل، هیچ فردی مشاهده نشد. (جدول ۴).

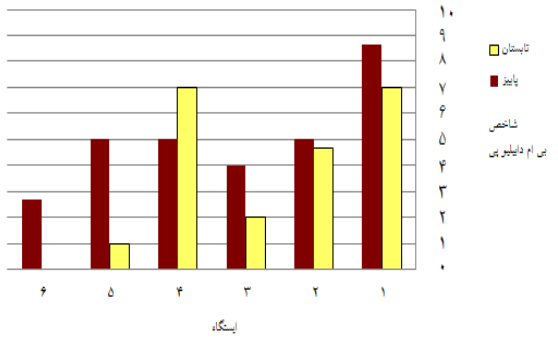
نتایج بررسی‌های آماری مقادیر شاخص‌های زیستی

شاخص بی ام دابلیو پی

با توجه به نتایج آزمون کولموگرو اسمیرنوف و مقدار (p=۰/۴۸۶) مقادیر شاخص بی‌ام‌دابلیوپی نرمال بوده و با استفاده از آزمون LSD بین مقادیر شاخص بی‌ام‌دابلیو پی در فصل تابستان در ایستگاه‌های ۳ و ۵ با سایر ایستگاه‌ها و در فصل پاییز در دو ایستگاه ۱ و ۳ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد(P<۰/۰۵). با توجه به نتایج آزمون تی بین مقادیر شاخص بی‌ام‌دابلیوپی در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵). بیشترین میزان شاخص بی‌ام‌دابلیوپی با میانگین (۵/۰۶±۰/۸۱) در فصل پاییز و کمترین میزان آن با میانگین(۴/۳۳±۱/۲۴) در فصل تابستان به ثبت رسید. بر اساس شاخص بی‌ام‌دابلیوپی، کیفیت آب محدوده مورد نظر در هر دو فصل تابستان و پاییز در طبقه کیفی بسیار ضعیف ثبت شد (جدول ۶) (نمودار ۵).

جدول ٦: مقادیر فصلی شاخص بی‌ام‌دابلیو پی(تابستان و پاییز۹۸)

شاخص / ایستگاه	بی ام دابلیو پی			
	پاییز	طبقه کیفی	تابستان	طبقه کیفی
۱	۸/۶۷±۰/۳۳	بسیار ضعیف	۷±۰/۰۰	بسیار ضعیف
۲	۵±۱/۰۰	بسیار ضعیف	۴/۶۷±۱/۲۰	بسیار ضعیف
۳	۴±۲/۳۱	بسیار ضعیف	۲±۱/۰۰	بسیار ضعیف
۴	۵±۱/۰۰	بسیار ضعیف	۷±۱/۰۰	بسیار ضعیف
۵	۵±۱/۰۰	بسیار ضعیف	۱±۰/۰۰	بسیار ضعیف
۶	۲/۶۷±۱/۳۳	بسیار ضعیف	Azoic	–
میانگین	۵/۰۶±۰/۸۱		۴/۳۳±۱/۲۴	



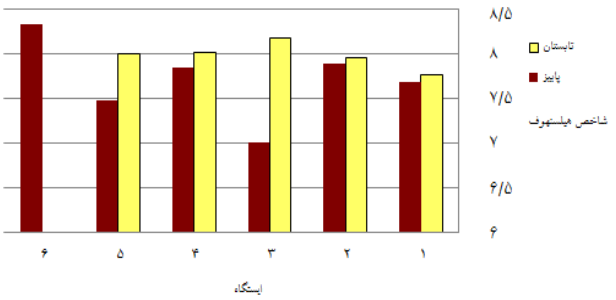
نمودار ۵: مقادیر شاخص بی‌ام‌دابلیو پی در ایستگاه‌های مطالعاتی(تابستان و پاییز ۹۸)

شاخص هیلسنهوف

با توجه به نتایج آزمون کولموگرو اسمیرنو و مقدار (p=۰/۰۰۱) مقادیر شاخص هیلسنهوف غیر نرمال بوده و با استفاده از آزمون کروسکال والیس اختلاف معنی‌دار بین مقادیر شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مطالعاتی فصل تابستان مشاهده شد (P<۰/۰۵) اما در فصل پاییز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ۵). با توجه به نتایج آزمون من‌ویتنی بین مقادیر شاخص هیلسنهوف در دو فصل تابستان و پاییز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵). بیشترین میزان شاخص هیلسنهوف با میانگین (۷/۹۸±۰/۰۶۴) در فصل تابستان و کمترین میزان آن با میانگین (۷/۷۰±۰/۱۸) در فصل پاییز به ثبت رسید. بر اساس شاخص هیلسنهوف، کیفیت آب محدوده مورد نظر در فصل تابستان در طبقه کیفی بسیار ضعیف ثبت شد. در فصل پاییز نیز کیفیت آب ایستگاه‌های مطالعاتی در دو طبقه کیفی بسیار ضعیف و ضعیف قرار گرفت (جدول ۷) (نمودار ۶).

جدول۷: مقادیر فصلی شاخص هیلسنهوف(تابستان و پاییز۹۸)

شاخص / ایستگاه	هیلسنهوف			
	پاییز	طبقه کیفی	تابستان	طبقه کیفی
۱	۷/۶۸±۰/۱۹	بسیار ضعیف	۷/۷۷±۰/۰۴	بسیار ضعیف
۲	۷/۸۹±۰/۴۸	بسیار ضعیف	۷/۹۵±۰/۰۵	بسیار ضعیف
۳	۷±۱/۰۰	ضعیف	۸/۱۷±۰/۱۷	بسیار ضعیف
۴	۷/۸۴±۰/۱۶	بسیار ضعیف	۸/۰۲±۰/۰۲	بسیار ضعیف
۵	۷/۴۸±۰/۱۸	بسیار ضعیف	۸±۰/۰۰	بسیار ضعیف
۶	۸/۳۳±۰/۳۳	بسیار ضعیف	Azoic	-
میانگین	۷/۷۰±۰/۱۸		۷/۹۸±۰/۰۶۴	



نمودار ٦: مقادیر شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مطالعاتی(تابستان و پاییز۹۸)

٤- نتیجه‌گیری

رابطه‌ای بین تراکم موجودات بنتوزی و فاکتورهای محیطی وجود دارد و بین بافت بستر و نوع تغذیه بنتوزها ارتباط وجود دارد. در بسترهای شنی، معلق خوارها تراکم بیشتری دارند. از طرفی تراکم رسوب خواران در این بسترها کمتر است. زیرا در این نوع بستر غذای کافی برای رسوب خواران وجود ندارد و از طرفی حرکت رسوب‌خواران در این ذرات مشکل‌تر از حرکت در بسترهای گلی است ولی در بسترهای گلی که مقدار ماده آلی بالاست رسوب‌خواران بیشترین تراکم را دارند (مبینی، ۱۳۸۷). فراوانی یک گونه در یک فصل بیانگر این نکته است که در آن فصل شرایط زیست و تولید مثل بهتر بوده و در فصول دیگر سال شرایط محیطی برای آن گونه نامساعد می‌باشد (رهبری، ۱۳۸۴). همچنین به نظر می‌رسد یکی از عوامل نوسانات در فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوزی، به سیکل‌های تولید مثلی آن‌ها مربوط می‌باشد. نتایج مربوط به تراکم و پراکنش ماکروبنتوزها نشان می‌دهد که تنوع بستر از دیگر عوامل تأثیرگذار در این رابطه محسوب می‌شود (نبوی و همکاران، ۱۳۷۸). نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان داد که در طی ۲ دوره نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه، در مجموع ۱۰ گونه از ۸ خانواده و ۴ رده ماکروبنتیک شناسایی و شمارش شدند. بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها در فصل پاییز و به میزان ۳۱۰۰ عدد در متر مربع و کمترین فراوانی در فصل تابستان و به میزان ۲۴۵۲عدد در متر مربع ثبت شد. در فصل زمستان، شرایط محیطی مساعدتر مثل دمای کمتر و تلاطم آب و در نتیجه افزایش اکسیژن محلول آب و همچنین توان خودپالایی بالای رودخانه، سبب ایجاد شرایط مساعد برای افزایش تنوع و فراوانی کفزیان شده است. در فصل تابستان با افزایش دما، میزان اکسیژن محلول کاهش یافته و به دلیل آن که اکسیژن یکی از نیازهای حیاتی جانوران برای تغذیه و متابولیسم مطلوب می‌باشد، به طور مستقیم و غیرمستقیم بر روی فراوانی تمام گروه‌های ماکروبنتوزی اثر داشته است. احتمال دیگر این است که گروه‌های مختلف ماکروبنتوزی برای رشد و تولید مثل نیاز به محدوده دمایی و اکسیژن متفاوتی داشته باشند که در این رابطه هر چه دما افزایش یابد گروه‌های ماکروبنتوزی که نیازمند دامنه‌های حرارتی پایین‌تری هستند، از فراوانی کمتری برخوردار شده و حتی ممکن است باعث عدم حضور آن‌ها در اکوسیستم شود. نتایج تحقیقات مشابه نیز این مطلب را اثبات می‌کند(Lv *et al.*, 2018, Esenowo and Ugwumba, 2010, Maghsoudlou *et al.*, 2020). نوسانات تراکمی ماکروبنتوزها تابعی از نوسانات تولید مثلی است. کاهش در تخم‌ریزی یا عدم توانایی در تخم‌ریزی می‌تواند بر اثر نقصان غذا و یا افزایش انرژی مصرفی برای روندهای متابولیکی ناشی از استرس‌های محیطی مانند نوسانات دما، شوری، اسیدیته، کاهش اکسیژن، افزایش تولید سولفید هیدروژن و تغییرات کمی و کیفی غذا باشد (Esenowo and Ugwumba, 2010). نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین تراکم کم تاران در دو فصل تابستان و پاییز وجود دارد. همچنین میان رده کم تاران و رده زالوها در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل پاییز اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. میان رده حشرات اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در ایستگاه‌های مطالعاتی در فصل تابستان مشاهده شد. میان رده شکم پایان نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ در ایستگاه‌های مطالعاتی فصل تابستان و پاییز مشاهده شد. در فصل تابستان در سطح ۰/۰۵ همبستگی مثبت و معنی‌داری میان رده حشرات با رده شکم پایان مشاهده شد. رده کم تاران با فراوانی ۳۰۰۷ عدد در متر مربع فراوان‌ترین رده شناسایی شده در این مطالعه می‌باشد. این رده در فصل تابستان و پاییز همچنان غالبیت خود را حفظ کرده است. بیشترین فراوانی کم تاران در فصل پاییز، تابستان و کل دوره مطالعاتی در ایستگاه مسیل آب خروار مشاهده شد. در این ایستگاه گونه‌های ۵ خانواده از ۴ رده ماکروبنتیک که شامل رده‌های کم تاران ۵۷٪، شکم پایان ۲۵٪، حشرات ۱۷٪ و زالوها ۱٪ بود، شناسایی شد. کم تاران شاخص آب‌های آلوده‌اند و مقاومت زیادی در برابر آلودگی دارند. رودخانه مارون نیز به خصوص در ایستگاه‌های داخل شهر و نزدیک به آن به دلیل سرازیر شدن حجم زیادی از پساب‌ها و فاضلاب‌ها آلوده بوده و تراکم کم تاران در بستر آن بالا می‌باشد. با توجه به حجم بالای پساب‌های ورودی به این ایستگاه (بخش عمده‌ای از فاضلاب خانگی شهرستان بهبهان و بخشی از پساب برخی از صنایع این شهرستان به این مسیل سرازیر می‌شود)، غالبیت گروه‌های فرصت طلب و مقاوم به آلودگی مثل توبیفیسیده و شیرونومیده در این ایستگاه، توجیه‌پذیر است. کم تاران مقاومت بالایی به استرس‌های متنوع دارند و زمانی که به وفور وجود دارند شاخص خوبی برای نشان دادن آلودگی هستند. افزایش نسبی گروه‌های مقاوم نشانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کفزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می‌باشد (Yang *et al.*, 2017).

یکی از مهم‌ترین خصوصیات اجتماعات جانوری تنوع آن هاست. نتایج شاخص‌های تنوع در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده نوسانات در مقادیر آن‌ها در فصول مختلف و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری می‌باشد.

در صورتی که محیط فاقد آلودگی باشد شامل تعداد زیادی از گونه‌ها (غنای گونه‌ای بالا) خواهد بود، در این حالت تنوع نیز بالا می‌رود چنین محیطی تحت فشار آلودگی قرار ندارد (Gao *et al.*, 2011). با افزایش فشار آلودگی تدریجاً از تعداد گونه‌ها کاسته شده و بعضی از گونه‌ها ناپدید می‌شوند (تنوع گونه‌ای پایین) تا جایی که تعداد معدودی از گونه‌های مقاوم در غیاب شکار و رقابت جمعیت‌های بزرگی را تشکیل می‌دهند و در نتیجه تنوع کاهش می‌یابد و غالبیت گونه‌ای رخ می‌دهد. در این حالت ممکن است تراکم گونه غالب افزایش یابد اما با توجه به کاهش تنوع و رابطه موجود، وجود آلودگی قابل توجیه است به‌طور کلی از دلایل پایین بودن تنوع زیستی ماکروبنتوزها در مناطق گوناگون می‌توان به یکنواخت بودن بستر و آلودگی آن اشاره کرد. در مناطقی که فاکتورهای محیطی برای زیستن گونه‌های مختلف مناسب باشد و نوع بستر به‌گونه‌ای باشد که به موجودات مختلف اجازه همزیستی در زیستگاه‌های گوناگون را بدهد، تنوع گونه‌ای و تعداد گونه‌ها افزایش می‌یابد (رهبری، ۱۳۸۴). براساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص بی‌ام‌دابیلیو پی در منطقه مطالعاتی، کیفیت آب محدوده مورد نظر در هر دو فصل تابستان و پاییز در طبقه کیفی بسیار ضعیف ثبت شد. بر اساس وجود گونه‌هایی مثل Tubifex tubifex و Chironomus riparius که تا حدودی مقاوم به آلودگی هستند (خاتمی، ۱۳۸۳) می‌توان بیان نمود که ایستگاه‌های مطالعاتی کیفیت مطلوبی ندارند. در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی کیفی آب رودخانه حله بر اساس این شاخص انجام شد، کیفیت آب رودخانه در طبقه کیفی ضعیف قرار گرفت (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای که بر روی کیفیت آب رودخانه زاینده رود با استفاده از این شاخص انجام گرفت، کیفیت آب در چهار طبقه کیفی خیلی بد، بد، متوسط و خوب طبقه‌بندی شد (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۰). براساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص هیلسنهوف، کیفیت آب محدوده مورد نظر در فصل تابستان در طبقه کیفی بسیار ضعیف ثبت شد. در فصل پاییز کیفیت آب ایستگاه سد مارون در طبقه کیفی ضعیف قرار گرفت. سایر ایستگاه‌های مطالعاتی در این فصل در طبقه کیفی بسیار ضعیف، طبقه‌بندی شدند. در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی کیفی آب رودخانه هراز بر اساس این شاخص انجام گرفت، کیفیت آب رودخانه در چهار طبقه کیفی خوب، مناسب، نسبتاً ضعیف و ضعیف ثبت شد(نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). در ارزیابی زیستی رودخانه لاسم آب رودخانه بر اساس این شاخص در سه طبقه کیفی عالی، خیلی خوب و خوب طبقه‌بندی شد (کمالی و اسماعیلی ساری، ۱۳۸۸). براساس یافته‌های حاصل از شاخص بی‌ای بی آی، در فصل تابستان ایستگاه‌های چم نظامی، مسیل آب خروار و تصفیه خانه بهبهان در طبقه کیفی آسیب دیدگی بحرانی و ایستگاه‌های چهارآسیاب و سد مارون در طبقه آسیب دیدگی زیاد طبقه‌بندی شدند. همچنین در فصل پاییز ایستگاه‌های چم نظامی، چهار آسیاب و مسیل آب خروار در طبقه آسیب دیدگی بحرانی و ایستگاه‌های سد مارون، تصفیه خانه بهبهان و شهرک فجر در طبقه آسیب دیدگی زیاد قرار گرفتند. در محاسبه شاخص بی ام دابیلیو پی، مقاوم‌ترین خانواده‌ها کمترین امتیاز را می‌گیرند. همانطور که پیشتر بیان شد روند امتیازدهی به این صورت است که به حساس‌ترین خانواده‌ها امتیاز ۱۰ و هر چه که حساسیت خانواده کمتر می‌شود به همان نسبت امتیاز آن خانواده نیز کاهش می‌یابد تا اینکه به مقاوم‌ترین خانواده امتیاز ۱ تعلق می‌گیرد. ورود آلاینده‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و خانگی به رودخانه مارون در طی این مطالعه، سبب حذف اکثر جمعیت‌های حساس ماکروبنتیک شده است. عدم حضور تاکساهای افمروپترا، پلکوپترا و تاکساهای کلینگر در منطقه مورد مطالعه که جزو تاکساهای حساس می‌باشند بیانگر نامناسب بودن شرایط زیستگاهی این اکوسیستم آبی است.

در راستای بهبود کیفیت این اکوسیستم آبی، انجام مطالعات مشابه به صورت مستمر جهت بررسی روند تغییرات جمعیتی ماکروبنتوزها در دوره‌های زمانی متوالی و در سایر فصول در مناطق دیگر رودخانه و ایستگاه‌های بیشتر، جهت پایش کیفی دقیق‌تر این رودخانه، از جمله پیشنهاداتی است که مستلزم مطالعات بیشتر می‌باشد.

منابع

- امیریان، ع؛ جویلی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثرتغییر اقلیم بر منابع آب سطحی در حوضه رودخانه مارون. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب .
- پهلوانی، س.، سعید پور. ب. ، قاسمی. ع.، رضایی. ک. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی ارس بر اساس شاخص هیلسنهوف، کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط زیست، کوالالامپور- مالزی .
- حافظیه، م. ، ۱۳۸۰ . حشرات آبزی به عنوان شاخص آلودگی آب. مجله علمی شیلات ایران، ۱۰(۱): ۳۶-۱۹ . doi: 10.22092/isfj.2001.115673
- حسینی زارع، ن؛ براتی گندمکار، پ. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت کیفی رودخانه مارون-جراحی با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب (مصارف شرب و کشاورزی و wqi). هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه .
- خیاط، ج. ۱۳۷۵. حیات گیاهی و جانوری . اداره کل سازمان حفاظت محیط زیست خوزستان .
- رضی رشت آبادی، ع.، ایمانپور نمین، ج.، ستاری، م. ۱۳۹۹. تعیین کیفیت آب رودخانه فوشه (استان گیلان) با استفاده از شاخص های زیستی ماکروبنتوز. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۲(۲): ۳۸۸-۳۸۱. DOI: 10.22034/aej.2020.107488 .
- روزبهانی، م. ، چوبکار، ن، ۱۳۹۳. نشانگرهای زیستی به عنوان راهنمای پایش محیط زیست، انسان و محیط زیست، ۱۲: ۴، ۱۳-۲۱ .
- رهبری، ک. ۱۳۸۴ . مطالعه تأثیر برخی از پارامترهای زیست محیطی بر روی اجتماعات ماکروبنتیک در رودخانه کارون از بازه ملاثانی تا دارخوین. پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات خوزستان .

- شریعتی، ف.، و امیدی، ع. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات زمانی و مکانی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و کیفیت آب رودخانه پسیخان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۹(۶): ۹۷-۸۵. DOI: 10.22092/isfj.2021.123670 .
- شفیعی مطلق، خ. ، پرهمت، ج. ، صدقی، ح. ، حسینی، م. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانه مارون با استفاده از RS و GIS. فصلنامه زمین شناسی محیط زیست. ۱۰(۳۴): ۸۶-۶۹.
- شکری ساروی. م. ، احمدی. م. ، رحمانی. ح. ، کامرانی. ا. ۱۳۹۳ . ارزیابی کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی هیلسنهوف، تنوع شانون-وینر و شاخص‌های محیطی در رودخانه تجن، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات. ۳(۴): ۵۵-۴۳.
- طباطبایی. ط. ، امیری. ف. ، پذیرا. ع و ممبینی. ش. ، ۱۳۸۹. مطالعه ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتیک در رودخانه‌ی حله. مجله‌ی علمی پژوهشی بیولوژی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۲، شماره ی۱، صفحات ۴۶-۳۷ .
- عباسپور، ر.ا.، حسن زاده، ح.، علیزاده ثابت، ح. ر.، هدایتی فرد، م.، مسگران کریمی، ج. ۱۳۹۲. ارزیابی کیفی آب رودخانه چشمه کیله با استفاده از جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب. نشریه توسعه آبزی پروری. ۷ (۴) :۵۶-۴۳ .
- کابوسی، ق. ، کردجزی، ض. ، فرهنگی، م، ۱۴۰۰، بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبزی در پایین‌دست رودخانه گرگانرود-استان گلستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، مدیریت اجرایی ـ مدیریت بازاریابی – بوم‌شناسی آبزیان، دانشگاه گنبدکاووس، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی .
- کرمی، م. ، میردار هریجانی، ج. ، قرائی، ا. ، پوریا. م. ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT.مجله‌ی بوم شناسی آبزیان، ۷ (۱) : ۳۸-۲۹ .
- کمالی، م.، و اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیستی رودخانه لاسم (شهرستان آمل- استان مازندران) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان کفزی. مجله علوم زیستی، ۳(۱): ۶۱-۵۱.
- گهروئی، ش. ، اعظمی، ج، ۱۳۹۵. ارزیابی زیستی کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص‌های زیستی ماکروبنتوزها، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم .
- مبینی، ش. ۸۷-۱۳۸۶. مطالعه ساختار اجتماعات ماکروبنتیک به عنوان شاخص‌های آلایندگی در رورودخانه جراحی(محدوده مقبره سید عاشور تا ورودی شهر شادگان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز .
- محمدی روزبهانی، م.، راسخ، ع.ا.، و جعفرآقایی، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی زیستی تالاب شادگان با استفاده از شاخص هیلسنهوف .(HFBI) نشریه اکوبیولوژی تالاب، ۵(۱۷): ۸۴-۷۳.
- نادری جلودار، م.، اسماعیلی ساری، ع.، احمدی، م.ر.، سیف آبادی، س. ج.، و عبدلی، ا. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل¬آلای رنگین کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی. ۴(۲): ۳۶-۲۱.
- نبوی، س. ۱۳۷۷. ارزیابی تأثیر گذاری انسان بر ساختار اجتماعات ماکروبنتیک خوروسی. هماهش مرکز ملی اقیانوسی شناسی .
- نوان مقصودی، م. ۱۳۹۱. بررسی کفزیان رودخانه قزل اوزن استان زنجان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۱(۴): ۱۳۸-۱۲۵. doi: 10.22092/isfj.2017.110094Al
- Armitage, P. D. , Moss, D. , Wright, J. F. , Furse, M., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macro invertebrates over a wide range of unpolluted runningwatersites. Water Research, 17(3): 333-347.
- Barnes, R. D., 1987. Invertebrate zoology. Fifth Edition, Saunders College Publishing. 893p.
- Carpenter, K. E. , and Neim, V. H. , 1990. Crabs: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2.
- Clewsa, Esther, Low, E-wen, Belle, Christina C. , Todd, Peter A. , Eikaas, Hans S. , & Ng, Peter K. L., (2014). A pilot macroinvertebrate index of the water qualityof Singapore's reservoirs. Ecological Indicators, 38: 90– 103.
- Diaz, R. J. , Solan, M. & Valente, R. M., 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. Journal of environmental management, 73: 165-181. DOI:10. 1016/j. jenvman. 2004. 06. 004.
- Esenowo, I. & Ugwumba, A., 2010. Composition and abundance of macrobenthos in Majidun River, Ikorordu Lagos State, Nigeria. Research Journal of biological sciences, 5: 556-560.
- Gao, X., Niu, C. J., & Hu, Z. J., 2011. Macrobenthos community structure and its relations with environmental factors in Taihu River basin. Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology, 22(12): 3329-3336.
- Hilsenhoff, W. L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. J. N. Am. Benthol. Soc, 7(1):65-68.
- Jay, P. , Maharaj, B. and Pandit, K. , 2010. A macro-invertebrate based new biotic index to monitor river water quality. Current science, VOL. 99, NO. 2, 25.
- Jones, D. A. , 1986. A field guide to the seashores of Kuwait and the Arabian Gulf. University of Kuwait, Bland ford Press. 182p.

- LV, W. , Zhou, W. & Zhao, Y. 2018. Macrobenthos functional groups as indicators of ecological restoration in reclaimed intertidal wetlands of China's Yangtze Estuary. Regional Studies in Marine Science, 22: 93-100. DOI:10. 1016/j. rsma. 2018. 06. 003
- Maghsoudlou, A. , Momtazi, F. & Hashtroudi, M. S. 2020. Ecological Quality Status (EcoQs) of Chabahar sub-tropical bay based on multimetric macrobenthos-indexes approach: Response of bio-indexes to sediment structural/pollutant variables. Regional Studies in Marine Science, 40: 101524. DOI:10. 1016/j. rsma. 2020. 101524
- Mahboobi Soofiani, N. , Hatami, R. , Hemami, M. R. and Ebrahimi, E. , 2012. Effects of Trout Farm Effluent on Water Quality and the Macrobenthic Invertebrate Community of the Zayandeh-Roud River, Iran. North American Journal of Aquaculture, 74: 132–141. DOI:10. 1080/15222055. 2012. 672367
- Mandaville,S. M. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwater-Taxa ToleranceValues, Metrics,and Protocols. chapter 3. Project H-1. (ova Scotia:Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax).
- Rossaro, Bruno, Marziali, Laura, Cardoso, Ana Cristina, Solimini, Angelo, Free, Gary, & Giacchini, Roberto. (2007). A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. Ecological Indicators, 7(2): 412–429. DOI:10.1016/j.ecolind.2006.04.002
- Sarkhosh, S. , Patimar, R. , Gafaryan, H. , Ghorbani, R. & Golzarianpur, K. 2019. Density and identification of macrobenthose Haraz river influenced rainbow trout farm. Utilization and Cultivation of Aquatics, 8:47-55. DOI:10. 22069/JAPU. 2019. 15030. 1434
- Walton, S. G. , 1984. Hand book of marine science . Vol,1. CRC Press. Cleveland . pp 117-126.
- Yang, W. , LI, X. , Sun, T. , PEI ,J. & LI, M. 2017. Macrobenthos functional groups as indicators of ecological restoration in the northern part of China's Yellow River Delta wetlands. Ecological Indicators, 82: 381-391. DOI:10. 1016/j. ecolind. 2017. 06. 057

Identification of macrobenthic communities and status of BMWP and HFBI indices for quality assessment of Maroon River

Zhohreh Ghanvani[1], Maryam Mohammadi Roozbahani[2], Nasrin Choobkar[3]

1-Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2-Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

3*-Department of Fisheries, Kermanshah Branch, Islamic Azad University of Kermanshah, Iran.

*Email Address: nchoobkar20@gmail.com

Abstract

Introduction

About 99% of the Earth's water reserves are located in oceans and glaciers that are saline or inaccessible. But rivers, despite having one of the smallest volumes of water reserves, have long been easily exploited by humans. Even the first foundations of the formation of human civilization can be found around rivers (Pahlavani et al., 2015). Therefore, paying attention to the quality of rivers is of special importance. Iran is located in the dry belt of the earth and considering that the water entering from the borders to our country is not significant, so it can be said that all Iranian water is supplied by rainfall and 70% of this rainfall is out of reach through evaporation, which is three times It is a global statistic, which doubles the importance of paying attention to the quality of fresh water in our country. River water pollution can in fact be considered as an indicator of environmental pollution due to human activities, because rivers are the only water resources that travel a long way through cities, villages and industrial and agricultural areas (Shokri Saravi et al., 2014). In this study, we tried to investigate the water quality of Maroon River using benthic invertebrates. The most important source of water for industry, agriculture, drinking and health and the creator of Shadegan wetland in the south and southeast of Khuzestan province is the Maroon-Allah-Jarahi river. (Hosseini Zare and Barati Gandomkar, 2006).

Methodology

This study was conducted in 2019 during two seasons of summer and autumn in 6 designated stations in Maroon River. This catchment is located in the southern and southwestern slopes of the Middle Zagros between the eastern longitude of 50 degrees and 5 minutes and 51 degrees and 11 minutes and the northern latitude of 30 degrees and 39 minutes to 31 degrees and 21 minutes (Shafiee Motlagh et al., 2016). The location of the studied stations is specified in Table 1. In the BMWP system, the resistance of each family of benthos to contamination is the basis for scoring. So that the families that are less resistant to infection have the highest score and the most resistant family member, which is dominant in the region, has the lowest score. Finally, the scores of the households are added together in the sample to obtain the BMWP score of that station (Table 2) (Karami et al., 2017). The FBI Index was introduced in 1988 by Hilsenhoff to determine the tolerance of macrobenthos living in freshwater. In this index, the tolerance of macrobenthos organisms varies between 0 and 10, which increases with decreasing water quality. (Pahlavani et al., 2015). Guidelines for determining water quality based on this index are given in Table 3.In this study, Spss and Excel software were used for statistical calculations, data analysis and drawing tables and graphs. Normal data distribution was performed based on Kolmogorov-Smirnov test. Data analysis was performed by one-way analysis of variance. Pearson correlation coefficient with significant levels of 0.05 and 0.01 was used to show the correlation between macrobenthos groups and biomarkers. Map Source and AutoCAD software were used to map the study area and determine the location of study stations. In the study conducted in Maroon River, 4 genera, 8 families and 9 genera of macrobenthos were identified. Among these categories, Oligochaeta with 54.16% and Hirudinea with 2.11% had the highest and lowest frequency in the whole study period, respectively. Among the families identified in this sampling, Insecta and Gastropoda categories each included 3 families and Oligochaeta and Hirudinea categories each included 1 family. The frequency of macrobenthos was recorded at 3100 per square meter in autumn and 2452 per square meter in summer. During two sampling periods, a total of 2776 units per square meter of macrobenthos were collected. In total, the highest frequency of macrobenthos in the two study chapters was related to station 4 (water channel) with 2922 units per square meter and the lowest frequency of macrobenthos was related to Fajr town station with 98 units per square meter. (Table 5) and (Figure 1). Among the groups identified in autumn, summer

and in the whole study period, on average, the highest frequency was related to the category of low-larvae and the lowest frequency in autumn was related to the category of insects and in summer and the whole study period was related to the category of leeches. (Figures 2, 3 and 4). In the fall, 8 species from 7 macrobenthic families were identified and counted. In this season, the highest frequency of macrobenthos belongs to the family Tubificidae and the lowest frequency belongs to the family Hydropsychidae and the family Tabanidae. In the insect category, both families identified in this study had equal frequencies. In the lower abdomen category, the highest frequency belongs to the family Physidae Physella acuta species and the lowest abundance belonged to the family Bithyniidae.In summer, 6 species from 5 macrobenthic families were identified and counted. In this season, the highest frequency of macrobenthos belongs to the family Tubificidae and the lowest frequency belongs to the family Glossiphoniidae of Placobdella sp. In the insect category, no individuals from the families Hydropsychidae and Tabanidae were observed compared to winter. In the lower abdomen category, the highest frequency was related to the family Physidae of the species Physella acuta. No members of the Bithyniidae family were observed this season. (Table 4). According to the results of Kolmogro-Smirnov test and the value ($p = 0.486$), the values of bi-wd index are normal and using LSD test between the values of w-w index in summer in stations 3 and 5 with other stations and in autumn in two stations. Significant differences were observed between 1 and 3 ($P < 0.05$). According to the results of t-test, there is no significant difference between the values of bio-indices in summer and autumn ($P > 0.05$). The highest rate of bile duct index was recorded with a mean (5.06 81 0.81) in autumn and the lowest with a mean (4.33 24 1.24) was recorded in summer. Based on the bio-development index, the water quality of the area in both summer and autumn was recorded in a very poor quality category (Table 6) (Figure 5). According to the results of Kolmogro-Smirno test and the value of p (0.001), the values of Hilsenhoff index were abnormal and using Kruskal-Wallis test, a significant difference was observed between the values of Hilsenhof index in summer study stations ($P < 0.05$). No significant difference was observed in autumn ($P > 0.05$) (Table 5). According to the results of Mann-Whitney test, there is no significant difference between the values of Hilsenhoff index in summer and autumn ($P > 0.05$). (7.98 06 0.064) was recorded in summer and its lowest level with average (7.70 18 0.18) was recorded in autumn. Very poorly recorded, and in the fall, the water quality of the study stations was in very poor quality (Table 7) (Figure 6).

Conclusion

The results of the present study showed that during 2 sampling periods in the study area, a total of 10 species from 8 families and 4 macrobenthic categories were identified and counted. The highest frequency of macrobenthos was recorded in autumn with 3100 units per square meter and the lowest frequency in summer with 2452 units per square meter. In winter, more favorable environmental conditions such as lower temperatures and water turbulence and as a result of increased dissolved oxygen as well as high self-purification power of the river, have created favorable conditions to increase the diversity and abundance of benthos. In summer, with increasing temperature, the amount of dissolved oxygen decreases and because oxygen is one of the vital needs of animals for proper nutrition and metabolism, it has a direct and indirect effect on the frequency of all macrobenthos groups. Based on the results of calculating the unpredictability index in the study area, the water quality of the area in both summer and autumn was recorded in a very poor quality category. According to the findings of the BII index, in the summer, Cham Nezami, Ab-e-Kharvar and Behbahan water treatment plants were classified in the critical damage quality category, and Chahar Asyab and Maroon dam stations were classified in the high damage category. Also in the fall, Cham Nezami stations, four mills and water canals were in the critical damage category, and the stations of Maroon Dam, Behbahan Refinery and Fajr town were in the severe damage category. In calculating the BMW WP index, the most resilient families get the lowest score. As mentioned earlier, the scoring process is such that the most vulnerable families are given a score of 10, and the lower the sensitivity of the family, the lower the score of that family until the most resilient family is given a score of 1.

Key Words

Maroon River, Macrobenthic communities, Biological indices, Hilsenhoff, BMWP.