

ارزیابی کیفی آب رودخانه چشمه کیله با استفاده از جوامع درشت بی مهرگان کفری و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

روح الله عباسپور^{*}، حسن حسن زاده^۱، حمیدرضا علیزاده ثابت^۲، مسعود هدایتی فرد^۳، جواد مسگران کریمی^۴

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، باشگاه پژوهشگران جوان، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، گروه محیط زیست، قائم شهر، ایران، صندوق پستی: ۱۶۳

۳- مرکز تحقیقات ماهیان سرداری کشور، تکابن، ایران، صندوق پستی: ۴۶۸۱۵/۴۶۷

۴- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، گروه شیلات، قائم شهر، ایران، صندوق پستی: ۱۶۳

تاریخ پذیرش: ۲۰ آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۱۴ مرداد ۱۳۹۲

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی کیفی آب رودخانه چشمه کیله با استفاده از جوامع درشت بی مهرگان کفری در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در چهار ایستگاه و طی دوازده نوبت نمونه برداری با سوربر سطح ۱/۰ متر مربع صورت گرفت. در بررسی کفریان رودخانه خانواده متعلق به ۱۵ راسته و شش رده شناسایی شد که در میان آن‌ها لارو حشرات آبزی بیشترین تنوع را داشته‌اند. هم‌مان با نمونه برداری از فون بنتیک برخی از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی نظیر دمای آب، BOD₅، EC، TSS و Diptera، Ephemeroptera، Tubificida راسته‌های او و ۳ داشتند. نتایج نشان می‌دهد که در ایستگاه ۴ غالیت داشتند. همچنین ایستگاه ۱ با ۹/۰۷ گرم بر متر مربع بیشترین میزان زیستوده کفریان و ایستگاه ۴ با میانگین وزن ۱/۱۱ گرم بر متر مربع از کمترین میزان زیستوده کفریان در کل سال را به خود اختصاص داده است. بررسی‌ها نشان داد که حداقل میانگین شاخص اختلاف معنی دار بین ایستگاه هادر سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) می‌باشد. بر طبق نتایج به دست آمده مشخص شد که تغییرات و استرس‌های موجود در مسیر رودخانه به خصوص پساب مناطق مسکونی در ترکیب جمعیت کفریان ایجاد تغییر نموده و درصد فراوانی گروه‌های مقاوم و فیلترگر افزایش یافته و از مقدار گروه‌های حساس به طور نسبی کاسته شده است.

کلمات کلیدی: رودخانه چشمه کیله، شاخص زیستی، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، ماکروبنتوز.

مقدمه

بررسی نهرها و رودخانه‌ها، نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها مهم‌اند بلکه می‌توانند نشانگر فشارهای احتمالی وارد از محیط اطراف نیز باشد (Sandin, 2003). بنابراین با اندازه گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی می‌توان به کیفیت آب پی برد (Karr, 1998). از موثرترین روش‌های عملی و به صرفه اقتصادی جهت تعیین سلامت اکولوژیکی آب‌ها و تعیین اینکه آیا فعالیت‌های انسانی موجب کاهش کیفیت آب‌ها می‌شود، ارزیابی و پایش بیولوژیکی می‌باشد (Lenat, 1993). شناسایی موجودات آبزی در کنار مطالعات فیزیکوشیمیائی و باکتریولوژی آب می‌تواند در جهت تعیین وضعیت کیفی آب‌ها به شکل مطلوب و موثری کمک نمایند (احمدی، ۱۳۶۸). زمانی که شرایط تغییر می‌کند، فراوانی و توزیع و ترکیب جمعیت موجودات آبزی در منطقه مورد اثر تغییر می‌کند. موجودات کفرزی باعث معدنی شدن مواد آلی شده و همچنین به عنوان دومین یا سومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و می‌توانند به عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات محسوب شوند (نظمی و خارا، ۱۳۸۴).

مطالعه اجتماعات کفرزی به خصوص تعیین میزان زیستوده و تولید ثانویه آن‌ها به دلیل اهمیت و نقش این موجودات در زنجیره غذایی، می‌تواند نشانگر میزان حاصلخیزی بستر دریا باشد و با توجه به اینکه مستقیماً مورد تغذیه ماهیان و میگو و سایر آبزیان کفرزی قرار می‌گیرند (باقری و عبدالملکی، ۱۳۸۱).

کاربرد این شاخص‌ها در ارزیابی کیفیت آب بر این اساس استوار است که ساختار اجتماعات کفرزی ممکن است متعاقب آشفتگی‌های محیط تغییر می‌کند (زیرا برخی از گونه‌ها بیش از سایرین تاثیر می‌پذیرند)

و آلدگی‌ها از تنوع بزرگ بی مهرگان می‌کاهد، بنابراین کاهش تنوع خانواده‌های بزرگ بی مهرگان انعکاس دهنده شدت فشار محیطی می‌باشد. در واقع شاخص‌های زیستی راهی جهت نمایش وضعیت اکولوژیکی منابع آبی هستند که براساس جمعیت بی مهرگان کفرزی و دامنه تحمل آن‌ها به آلدگی می‌باشد. این شاخص‌ها ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌هاست ارزیابی سریع منابع آبی بوده که به صورت یک عدد واحد بیان می‌شوند. این جانداران به دلیل داشتن غنای بالای گونه‌ای، سکان بودن، چرخه زندگی طولانی و نشان دادن وضعیت دوره‌ای تغییرات محیط در ارزیابی بوم شناختی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار می‌گیرند (Spellman *et al.*, 2001).

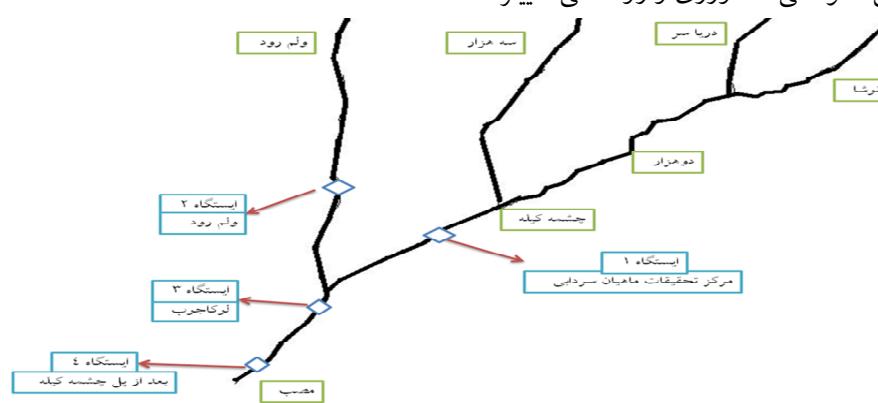
مطالعه و کسب اطلاعات در رابطه با میزان فراوانی، بیوماس و تولید ثانویه موجودات کفرزی به ویژه ماکروبنتوزها در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند به عنوان شاخصی برای شناخت بیشتر منابع آبی و ارزیابی ظرفیت‌های شیلاتی و در نتیجه تعیین پتانسیل بهره برداری از ذخایر کفرزیان مورد استفاده قرار گیرد (نیکویان، ۱۳۷۶). همچنین عواملی مثل مقدار غذا، نوع بستر، شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر زیستگاه، مقدار مواد آلی، آلدگی محیط زیست، اندازه ذرات رسوب، میزان اکسیژن محلول، تغییرات فصول، نوع ماهی و تعداد ماهیان کفرزی خوار می‌تواند بر فراوانی و تنوع این موجودات کفرزی تاثیر گذار باشد (نظمی و خارا، ۱۳۸۴). بدلیل رابطه و حساسیتی که کفرزیان بزرگ نسبت به شرایط زیستی خود دارند مطالعات بیولوژیکی مختلف، توسط محققان بر روی رودخانه‌های ایران و خارج از کشور انجام شده است. از مطالعات داخلی می‌توان به برآورد زیستوده رودخانه‌ای آغشت و

در شرایط طبیعی رودخانه چشمه کیله بوجود آورده است. همه این عوامل از جمله دلایل انجام این مطالعه بوده است تا با بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و شناسایی گونه‌های بنتوزی در ایستگاه‌های مختلف در طول سال، تعیین شاخص زیستی هر ایستگاه و در نهایت کل رودخانه و ارزیابی کیفی بر اساس جوامع کفرزیان باشد.

مواد و روش‌ها

رودخانه چشمه کیله تنکابن در حوزه جنوبی دریای خزر به عنوان یک زیستگاه بسیار مهم و با ارزش برای مهاجرت و زادآوری گونه‌های با ارزش شیلاتی نظری ماهی آزاد (*Salmo trutta caspius*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) از اهمیت بسیار بالائی برخوردار بوده است (شکل ۱). این رودخانه دارای آب دائمی است و پس از آن تا نزدیکی دریا دارای شیب تند و سنگلاخی می‌باشد. طول رودخانه ۸۰ کیلومتر یوده و وسعت حوزه آبریز آن حدود ۱۳۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد که قسمت اعظم آن کوهستانی، مرتفع و پوشیده از جنگل می‌باشد و دارای ژریم بارانی و برفی است (شکل ۱).

کردان توسط احمدی و همکاران (۱۳۷۹)، ارزیابی میزان آلودگی و کیفیت آب چشمه‌های استان فارس با استفاده از فون حشرات آبزی کفرزی توسط حافظه (۱۳۸۰) که نتایج آن از عالی تا نسبتاً بد و خیلی بد (برآورد شد، ارزیابی رودخانه چافرود در شمال ایران (استان گیلان) را بر اساس ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان آبزی توسط قانع ساسان سرابی (۱۳۸۳)، ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفرزیان نهر مادرسو پارک ملی گلستان توسط جرجانی و همکاران (۱۳۸۷) نام برد و از مطالعات خارجی می‌توان به اثرات پساب مزارع پرورش ماهی بر روی رودخانه ترسنجیکا توسط (Zivic et al., 2009)، ارزیابی آلودگی مزارع ماهی قزل آلا با معیارهای بیولوژیک و شاخص‌های Camargo et al., 2010) و ارزیابی درشت بی مهرگان کفرزی در پاسخ به فعالیت‌های انسانی توسط (Fore et al., 1996) نام برد. رودخانه چشمه کیله تنکابن و سرشاخه‌های آن به عنوان یک منطقه استراتژیک و حساس شیلاتی از نیم قرن گذشته مطرح بوده و فعالیت‌های تولیدی کارگاه‌های پرورش ماهی متعدد و فعالیت‌های انسانی ناشی از برداشت بی‌رویه شن و ماسه، آلودگی شهری، آلودگی صنعتی، آلودگی کشاورزی و روستایی تغییر



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه چشمه کیله تنکابن بر روی نقشه

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	جنس بستر
۱	مرکز تحقیقات	۳۵۲	۰۵/۰۵	۱۸/۹	سنگلاخی
۲	ولمرود	۱۷۴	۰۵/۰۱	۳۶/۵	رسی - شنی
۳	لوکاجوب	۹۷	۰۵/۰۷	۴۶/۰۷	سنگلاخی - شنی
۴	بعد پل چشمکله	-۱۰	۰۵/۰۵	۴۹/۰۵	شنی ماسه ای

هر خانواده با استفاده از ترازوی حساس ۱ میلی گرم وزن شد و داده‌ها در جدول مربوطه ثبت گردید. متغیرهای فیزیکی شیمیایی مورد آزمایش در این مطالعه با توجه به هدف و امکانات، TSS با روش BOD₅ و Standardmethod و EC با استفاده از روش وینکلر (تیتراسیون) بالافاصله بعد از اتمام نمونه برداری در آزمایشگاه و EC و دما توسط دستگاه مولتی متر با مدل WTW340i در محل صورت گرفت. ارتفاع از سطح دریا با استفاده از دستگاه GPS با دقت یک متر مورد محاسبه قرار گرفت. برای تعیین دبی از روش جسم شناور استفاده شد. اطلاعات به دست آمده پس از جداسازی و شمارش به صورت سنجش‌های جمعیتی با شاخص‌های EPT و EPT/CHIR برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه گردید و بر اساس سنجش‌های جمعیتی به دست آمده ایستگاه‌ها دسته بندی و ارزیابی شدند. شاخص EPT کل خانواده‌های شناسایی شده، متعلق به راسته‌های Ephemeroptera، Trichoptera، Plecoptera، به باشد که در واقع راسته‌های حساس به آلودگی به شمار می‌روند. این شاخص معمولاً با افزایش کیفیت آب افزایش می‌یابد (Loch *et al.*, 1999). شاخص عبارت است از فراوانی مجموع افراد متعلق به راسته‌های EPT به فراوانی کل افراد متعلق به خانواده شیرونومیده. در این شاخص EPT و

نمونه برداری به مدت یکسال به صورت ماهانه (۱۲ ماه از مهر ۱۳۸۹ لغایت شهریور ۱۳۹۰) در چهار ایستگاه (جدول ۱) توسط نمونه بردار سوربر با سطح ۰/۱ متر مربع در سه تکرار به صورت تصادفی از حاشیه وسط رودخانه انجام گرفت (Barbour *et al.*, 1999). محتویات تشخیصی دبه‌های پلاستیکی تخلیه و با فرمالین ۴٪ یا اتانول ۹۵٪ فیکس کردیم (Plafkin *et al.*, 1989) کلیدهای شناسایی معتبر (Maccafferty and Provonsha, 1981; Hugh and Clifford, 1991; Usinger, 1963; Pennak, 1978) شناسایی شده کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی، تا حد امکان صورت گرفت و در جهت تخمین فراوانی نسبی کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی، بررسی ترکیب و ساختار ماکروزئو بتوزوها، اقدام به شمارش خانواده‌های شناسایی شده کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی شد. اطلاعات در جداولی که از قبل تنظیم شده بود درج و ثبت گردید و با استفاده از نرم افزار مایکروسافت اکسل اقدام به محاسبه شاخص‌های زیستی و تنوع بر طبق الگوی استاندارد شاخص‌های انتخابی و ثبت نتایج به دست آمده شد. برای تعیین بیوماس کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی بر اساس وزن تر آن‌ها نمونه‌های مربوط به هر ایستگاه به مدت چند دقیقه در فضای آزمایشگاه بر روی کاغذ خشک کن قرار داده شد (احمدی و همکاران، ۱۳۷۹) و سپس اووزان مربوط به

مقدار به دست آمده بیشتر باشد نشانه پاک‌تر بودن آب خواهد بود. از ویژگی‌های این شاخص آن است که برخلاف شاخص BMWP که با افزایش تنوع و اندازه نمونه افزایش یافته و با تغییر فصل تغییر می‌کند. شاخص ASPT به میزان زیادی مستقل از این عوامل بوده و می‌تواند کیفیت آب را بهتر اندازه گیری کند (Washington, 1984). این شاخص در کشور انگلستان از بهترین معرف‌ها در برخورد با کیفیت‌های مختلف آب است.

جدول ۳: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس مقادیر شاخص (Mandville, 2002) ASPT

مقادیر ASPT	کیفیت آب
>۶	عدم وجود آلدگی آب
۵-۶	احتمال وجود آلدگی آلی جزیی
۴-۵	آلودگی آلی متوسط
<۴	آلودگی آلی شدید

در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ۱۶ و ترسیم نمودارها با EXCEL انجام پذیرفت. بطوریکه برای تجزیه و تحلیل داده‌های فیزیکی و شیمیایی و شاخص‌های زیستی در بین ایستگاه‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه (One Way ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد (Camargo *et al.*, 2010).

نتایج

در مدت ۱۲ ماه بررسی و نمونه برداری از فون کفریان منطقه مورد مطالعه ۴۷ خانواده و ۱۵ راسته و ۶ رده از بزرگ‌بی مهرگان کفری شناسایی شدند که بخش عمده آن‌ها را لارو حشرات آبزی تشکیل دادند

شیرونومیده به ترتیب به عنوان نماد موجودات حساس و مقاوم نسبت به تنفس‌های محیطی مطرح هستند. در مجموع مقدار این نسبت با افزایش کیفیت زیستگاه افزایش می‌یابد (Fries and Bowles, 2002). متداول‌ترین شاخص زیستی مورد استفاده شده در کشور انگلستان BMWP می‌باشد. این روش بر اساس نمونه برداری و ایجاد اختشاش در بستر و جمع آوری بی مهرگان کفری با ابزار نمونه برداری بنا شده است. کلیه موجودات تا سطح خانواده مورد شناسایی قرار گرفته و نیازی به تعیین فراوانی موجودات نمی‌باشد. به هر خانواده یک نمره تعلق می‌گیرد و بر اساس میزان مقاومت نسبت آلدگی نمره اختصاص یافه بیشتر می‌شود. در نهایت جمع نمره‌های انفرادی به دست آمده می‌توان کیفیت آب را طبقه‌بندی نمود. به هر خانواده یک امتیاز از ۱ تا ۱۰ اختصاص داده می‌شود. Ephemeroptera ارگانیسم‌های حساس همچون لارو Chironomidae دارای امتیاز ۱۰، Oligochaeta که دارای مقاومت بیشتری و دارای امتیاز ۱ هستند (Washington, 1984).

جدول ۲: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس نمره‌های شاخص (Washington, 1984) BMWP

نمره	کیفیت آب
<۲۵	کم
۲۶-۵۰	متوسط
۵۱-۱۰۰	خوب
۱۰۱-۱۵۰	خیلی خوب
>۱۵۰	استثنایی

شاخص ASPT بر اساس تقسیم مقادیر شاخص BMWP بر تعداد موجودات به دست می‌آید. هر چه

فراوانی سالانه را به خود اختصاص می‌دهد. راسته Plecoptera که خانواده‌های این راسته جزء گروههای حساس می‌باشد، جزء یکی از کمترین فراوانی سالانه در بین سایر گروههای کفزیان می‌باشد. به نظر می‌رسد در حال حاضر رودخانه چشمه کیله نیاز بیولوژیک افراد این راسته را تأمین نمی‌نماید که این خود می‌تواند دلیل کاهش شرایط کیفی لازم آب برای افراد این راسته در طول سال‌های اخیر باشد. راسته‌های دیگر از درصدهای پایینی در بین بی‌مهرگان کفزی برخوردار می‌باشند. میانگین سالانه درصد فراوانی بی‌مهرگان کفزی نشان می‌دهد که ایستگاه ۱ با ۴۴ درصد از بیشترین، ایستگاه ۲ با ۲۳ درصد، ایستگاه ۳ با ۱۷ درصد و ایستگاه ۴ با ۱۶ درصد از کمترین فراوانی در طول سال برخوردار است. بررسی برخی خصوصیات محیطی رودخانه چشمه کیله نشان داد که این رودخانه در ابتدا دارای بستر قلوه سنگی بود و با کاهش ارتفاع رودخانه از سطح دریا و نزدیک شدن به مصب رودخانه بافت بستر رودخانه دانه ریز گشته و به بستر لوم ماسه‌ای تبدیل می‌گردید. بیشترین میزان آبدی‌هی در ایستگاه چهار بود که به طور متوسط بیش از ۱۳/۶۲ مترمکعب در ثانیه بود، دمای آب در ایستگاه پایین دست بالاتر بوده به نحوی که در ایستگاه شماره چهار با حداکثر دمای سالیانه ثبت گردید (جدول ۵). بیشترین میانگین دمای سالیانه نتیج دمای آب، BOD₅ و TSS های فیزیکی شیمیایی نظیر دمای آب، EC و در ایستگاه‌ها اندازه گیری گردید که فاکتورهای فوق در ایستگاه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ($P > 0.05$) نشان نداد اما فاکتور EC و دبی تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). نتایج فاکتورهای فیزیکو‌شیمیایی، دبی و شاخص‌های زیستی سالانه ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۵ نشان داده شده است.

(جدول ۳). میانگین سالانه فراوانی راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه ۱ نشان می‌دهد که حداکثر فراوانی Ephemeroptera، Trichoptera، Diptera به ترتیب $2554/5 \pm 1554/7$, $2964 \pm 3454/0$ و $2075 \pm 1560/9$ عدد در متر مربع، ایستگاه ۲ راسته‌های Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera به ترتیب $2515/9 \pm 2477/1$, $1254/7 \pm 824/2$, $520 \pm 749/7$ عدد در متر مربع، ایستگاه ۳ راسته‌های Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera, به ترتیب $302/6 \pm 395/5$, $1162/9 \pm 1149/6$ و $1579/7 \pm 1409/0$ عدد در متر مربع و ایستگاه ۴ راسته‌های Diptera, Ephemeroptera, Tubificida به ترتیب $224/7 \pm 313/9$, $785/8 \pm 733/2$, $2045/7 \pm 1448/1$ عدد در متر مربع بالاترین فراوانی در بین راسته‌ها داشت (شکل ۲). میانگین سالانه فراوانی راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در ۴ ایستگاه نشان می‌دهد که حداکثر فراوانی در ۴ ایستگاه مربوط به راسته Diptera می‌باشد (شکل ۲) که یکی از متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین راسته حشرات آبریز می‌باشد که بیش از ۴۴٪ از فراوانی سالانه را به خود اختصاص می‌دهد. ۱۱ خانواده از این راسته شناسایی شدند که خانواده Chironimidae و Simuliidae بیشترین سهم را داشته و بیش از ۹۶٪ کل اعضای این راسته را در تمام ایستگاه‌ها تشکیل دادند. پس از راسته Ephemeroptera، راسته Diptera از نظر فراوانی گروه غالب بوده است که ۲۸٪ از فراوانی سالانه را تشکیل می‌دهد. در این راسته ۶ خانواده شناسایی شد که در بین آن‌ها خانواده Baetidae بیشترین جمعیت را داشتند. بعد از این راسته‌ها، راسته Trichoptera بیشترین جمعیت را داشتند که ۱۵٪ از فراوانی سالانه را تشکیل می‌دهد. بعد از این راسته‌ها، راسته Tubificida قرار گرفته و ۹٪ از

جدول ۴: خانواده های بی مهر گان کفرزی شناسایی شده در ایستگاه های مطالعاتی رودخانه چشمه کیله

گروه های تغذیه ای	خانواده	راسته	گروه های تغذیه ای	خانواده	راسته
c-g/prd/shr/ c-f/scr	Chironomidae		c-f	Hydropsychidae	
c-g/prd/shr	Tipulidae		scr/shr/c -g	Hydroptilidae	
Prd	Athericidae	Diptera	Prd	Rhyacophilidae	Trichoptera
c-f	Simuliidae		c-f/prd	Polycentropodidae	
Scr	Belphariceridae			Sericostomatidae	
Prd	Ceratopogoniidae		shr/scr/c -g	Limnephilidae	
Prd	Dolichopodidae		shr/c-f	Brachycenteridae	
c-g/prd	Tabanidae		Scr	Glossosomatidae	
c-g	Psychodidae		Shr	Lepidostomatidae	
c-f	Stratiomyidae				
Prd	Empididae		c-g	Gammaridae	Amphipoda
Prd	Perlidae		Scr	Valvatidae	
prd/c-g	Choloroperlidae	Plecoptera	Scr	Hydrobiidae	Porosobranchiata
Prd	Perlodidae		c-g	Limnaeidae	
Prd	Nemouridae		Scr	Planorbidae	Pulmonata
Scr	Leuctridae		c-g	Physidae	
Scr	Heptageniidae	Ephemeroptera	c-f	Sphaeridae	Lamellibranchiata
c-g/scr	Baetidae			Gomphidae	Odanata
c-g/scr	Ephemerillidae				
c-g	Caenidae				
	Leptophlebiidae				
	Oligoneuriidae				
	Lumbriculidae	Lumbriculida			
	Lumbricidae	Lumbricidae			
	Haplotoxidae	Haplotaxida			
	Naidida	Tubificida			
	Tubificidae				
	Hydraenidae	Coleoptera			
scr/c-g	Elmidae				
	Planariidae	Tricladida			

Feeding habits:

c-f: collector-filterer scr:scraper

prd: predator

c-g: collector-gatherer

omn: omnivore

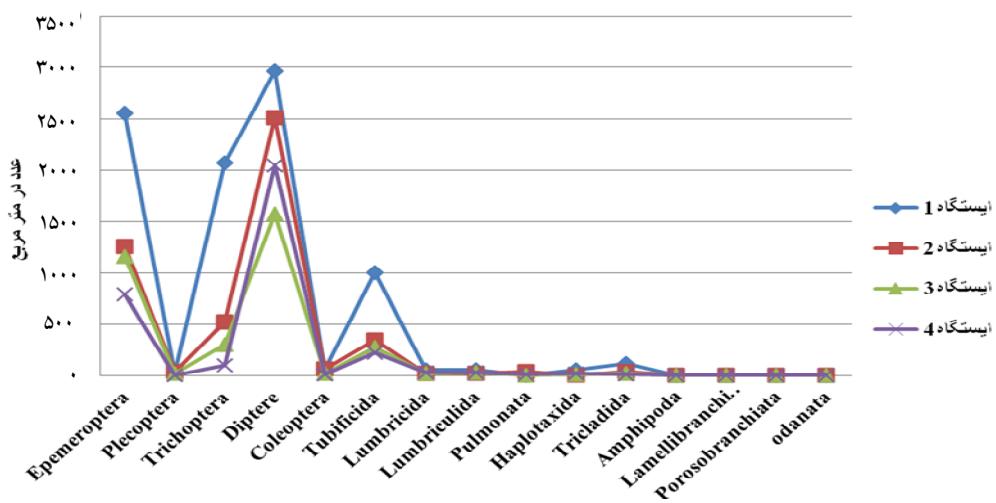
par: parasite

pir: piercer

shr:shredder

ایستگاه ها در سطح احتمال ۵ درصد ($P>0.05$) می باشد. بر اساس آزمون دانکن شاخص BMWP، ایستگاه ۱ با ایستگاه های ۳ و ۴ و درصد EPT ایستگاه ۱ با ایستگاه ۴ اختلاف معنی دار داشت.

همچنین آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA با سطح احتمال ۵ درصد بر اساس شاخص ASPT/EPT/CH و در ایستگاه های مطالعاتی اختلاف معنی داری را در بین چهار ایستگاه نشان نمی دهد اما شاخص BMWP و درصد EPT، بیان کننده وجود اختلاف معنی دار بین



شکل ۲: میانگین سالانه فراوانی راسته‌های بی‌مهرگان کنفری در ۴ ایستگاه مختلف چشمکه کیله

جدول ۵: میانگین پارامترهای فیزیکی شیمیابی و زیستی مورد آزمایش در چهار ایستگاه

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
ASPT	۴/۶۸±۶/۲۸	۴/۹۸±۵/۸۳	۵/۱۸±۷/۲۰	۵/۴۳±۱/۶۰
طبقه کیفی	وجود آلدگی آلی متوسط	وجود آلدگی آلی جزی	وجود آلدگی آلی جزی	وجود آلدگی آلی جزی
%EPT	۲۸/۵۴±۱۸/۳۷ ^a	۴۰/۶۱±۲۲/۶۹ ^{ab}	۴۳/۶۶±۲۱/۰۷ ^{ab}	۵۲/۶۸±۱۶/۷۷ ^b
EPT/C	۰/۷۹±۱/۷۱	۲/۲۱±۲/۵۳	۱/۵۳±۲/۰۱	۳/۳۲±۱/۸۴
BMWP	۵۴/۱۷±۷۱/۳۰ ^a	۶۱/۹۲±۴/۶۷ ^a	۶۹/۵۵±۳۵/۵۱ ^{ab}	۸۸/۳۶±۶۲/۹۲ ^b
طبقه کیفی	خوب	خوب	خوب	خوب
BOD ₅ mg/L	۱/۹۴±۰/۹۹	۱/۶۰±۰/۹۴	۱/۷۴±۱/۱۵	۱/۷۲±۰/۹۰
EC μS/cm	۳۹۴/۵۵±۶۷/۳۵ ^b	۳۷۸/۷۵±۶۲/۱۰ ^{ab}	۳۲۶/۵۳±۱۰/۱۸۹ ^a	۴۰/۸۳±۵۵/۳۴ ^b
T.S.S mg/l	۹۱/۱۸±۳/۴۵	۷۴/۲۱±۴/۳۰	۴۷/۱۷±۳/۷۰	۵۱/۰۶±۲/۳۶
دماه آب °C	۱۶/۶۸±۶/۰۹	۱۴/۱۸±۴/۶۴	۱۵/۲۶±۵/۹۶	۱۲/۶۸±۴/۵۱
دماه هوا °C	۱۸/۵۲±۷/۶۱	۱۹/۵۹±۸/۳۳	۱۸/۹۷±۸/۱۱	۱۷/۰۷±۷/۷۶
دبی آب m ³ /s	۱۳/۶۲±۶/۶۸ ^b	۱۲/۸±۳/۰۴ ^b	۲/۶۸±۱/۷۳ ^a	۱۲/۱۸±۱ ^b
بیومس gr/m ²	۱/۱۱±۱/۲۵ ^a	۱/۶۱±۰/۸۷ ^a	۱/۲۲±۰/۷۲ ^a	۹/۰۷±۶۳/۸۴ ^b

میانگین امتیاز ۵/۴۳ تعلق دارد که احتمال وجود آلدگی آلی جزی و پایین ترین امتیاز به ایستگاه ۴ با میانگین امتیاز ۴/۶۸ با آلدگی آلی در سطح متوسط، اختصاص داده شده است (جدول ۵). زیستوده در بین

بررسی ها نشان داد که حداقل میانگین شاخص EPT/CHIR و درصد EPT متعلق به ایستگاه ۴ و حداقل آن متعلق به ایستگاه ۱ می باشد. بر اساس شاخص ASPT بالاترین میانگین مربوط به ایستگاه ۱ با

گرگانزود و جمالزاد و افزار (۱۳۸۶) در رودخانه شفارود نیز به دست آورده‌ند. جرجانی و همکاران (۱۳۸۵) با تحقیقی که بر فون کفرزیان نهر مادرسو در پارک ملی گلستان انجام دادند نیز به این نتیجه رسیدند که سیل‌های عظیم و سهمگین اواخر پاییز و زمستان سبب کنده شدن و ازین رفتار این بسترها شده و به همراه آن‌ها کفرزیان به نقاطی بسیار دورتر از محل اصلی خود برده می‌شوند و مشاهده نمودند که تراکم ماکروپتوزها تحت تاثیر شرایط محیطی و دبی آب در زمان‌های مختلف متغیر است که این موضوع در رودخانه چشمه کیله نیز به اثبات رسید. شرایط محیطی به خصوص دبی آب اثر بسیار زیادی بر روی تنوع و تراکم کفرزیان موجود در رودخانه چشمه کیله دارد که این اثر در فصول سیلابی مخصوصاً فصل بهار و در اردیبهشت ماه بسیار زیاد است. تغییرات دمای آب در ایستگاه‌های مطالعاتی تا حدودی از دمای هوا و ارتفاع ایستگاه پیروی می‌کند. قابلیت هدایت الکتریکی در درجه اول به خصوصیات زمین شناسی منطقه ای بستگی دارد که در آن آب جاری است. EC در رودخانه‌های ایالات متحده بین ۱۵۰-۵۰ میکرومیکرومتر گزارش گردید. مطالعات انجام شده در آب سانتی متر گزارش گردید. هدایت الکتریکی آب‌هایی با قابلیت هدایت الکتریکی ۱۵۰-۵۰ میکرومیکرومتر بر سانتی متر دارای ارزش مختلط شیلاتی است و خارج از این محدوده بیانگر مناسب نبودن آن‌ها برای گروه‌های خاصی از ماهیان و بی‌مهرگان می‌باشد (Kelly et al., 1998) ایستگاه شماره ۲ که در شاخه رودخانه ولمرود قرار دارد به دلیل وجود مناطق مسکونی روستایی، مزارع برنجکاری، باغات مرکبات و چای، مزارع پرورش ماهی و عملیات راه سازی و بهره‌برداری از

چهار ایستگاه، تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) نشان داده است. نتایج نشان داد که فصل زمستان از بیشترین زیستوده در بین ایستگاه‌ها برخوردار بوده است. ایستگاه ۱ با بیشترین میانگین وزن ۹/۰۷ و ایستگاه ۴ با کمترین میانگین وزن ۱/۱۱ گرم بر متر مربع برخوردار است (جدول ۵). بالاترین میانگین زیستوده کفرزیان در ایستگاه ۱ مربوط به Lumbericulidae، Naididae، Oligochaeta، Lumbricidae، Diptera، Chironomidae، Simulidae) که اکثرآ از خانواده Trichoptera می‌باشد. در میان راسته‌های مهم بی‌مهرگان کفرزی، Trichoptera رودخانه چشمه کیله از قبیل Plecoptera و Ephemeroptera به صورت تصادفی در ایستگاه‌های مطالعاتی و در طی فصول موجود بوده‌اند و تحت عنوان Others قلمداد شدند و خانواده Chironomidae به صورت مجزا تحت آزمون قرار گرفته‌اند. راسته‌های شاخص بی‌مهرگان Ephemeroptera، Plecoptera و Trichoptera کفرزی و دیگر راسته‌ها تحت عنوان Other در طول سال اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها ($P < 0.05$) داشت اما خانواده Chironomidae در چهار ایستگاه در طول سال اختلاف معنی‌دار نشان نداد.

بحث

نتایج نشان داد که حشرات آبزی، موجودات غالب فون کفرزی رودخانه چشمه کیله را تشکیل دادند که چنین نتیجه‌ای را قانع سasan سرایی (۱۳۸۳) با شناسایی ساختار جمعیت ماکروپتوزهای رودخانه چافرود و ملک شمالی و عبدالملکی (۱۳۷۵) در رودخانه

باعث افزایش این خانواده‌ها شده و به تدریج در پایین دست کاهش می‌یابد. Zivic و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود بر روی مزرعه پرورش ماهی ریبوتک افزایش خانواده Baetidae در ایستگاه‌های پایین دست مزرعه پرورش ماهی گزارش نمود که با نتایج این تحقیق در ایستگاه ۱ مشابهت دارد. خانواده Baetidae، Nanidae و Simulidae، Hydropsychidae از فراوانی بیشتری برخوردار است دلیل آن را می‌توان به بار آلی بیش از حد مطلوب برای این خانواده‌ها دانست که موسوی در سال (۱۳۸۹) نیز به این نتیجه دست یافت. در ایستگاه ۱ عامل اصلی آشفتگی به علت ورود مواد مغذی محلول و ذرات جامد معلق از پساب‌های خانگی، کشاورزی و مهم‌تر از همه پساب مزارع پرورش ماهی می‌باشد که یکی از عوامل استرس زا در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود که موجب تغییر در فون کفزیان می‌گردد. با پیشوی طرف پائین دست رودخانه و با تغییر پوشش گیاهی از تعداد تاکسون‌های مختلف کاسته شد. بستر در ایستگاه‌های بالا دست بیشتر قلوه سنگ و تخته سنگ است و هرچه به پایین دست نزدیک می‌شویم بستر بیشتر شنی ماسه‌ای با رسوبات نرم می‌شود. بستر به عنوان یک زیستگاه می‌تواند بر تعداد جانداران اثر گذارد. در بخش‌های پایین دست رودخانه، کم تاران بیشتر مشاهده شدند، چون کم تاران بیشتر با رسوبات نرم در ارتباط هستند (Mackie, 1988).

میانگین سالانه درصد فراوانی بی‌مهرگان کفزی رودخانه چشمکیله نشان می‌دهد که بیش ترین فراوانی در همه ایستگاه‌ها، راسته Diptera بود. غالب بودن Chironomidae راسته Diptera مشخصاً خانواده‌های Simuliidae و

جنگل و مهتر از همه به دلیل رژیم متفاوت آبی این رودخانه، میانگین‌های سالانه فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل EC و دبی آن متمایز از سایر ایستگاه‌های می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از میانگین‌های سالانه فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در بین ایستگاه‌ها فاکتورهای BOD₅، T.S.S، BOD و دمای آب در ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. یکی از عوامل تعیین کننده کیفیت آب در رودخانه‌ها BOD است که مقدار اکسیژنی است که توسط میکروارگانیسم‌ها در اکسیداسیون هوایی مواد آلی نیاز می‌باشد. لذا هر چقدر مواد آلی رودخانه‌ها بیشتر باشد، اکسیژن بیشتری برای تجزیه هوای آنها نیاز بوده که خود کاهش اکسیژن محلول در دسترس برای سایر موجودات را به همراه دارد (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در فصل زمستان میزان BOD به بالاترین میزان خود و در فصل پاییز به حداقل میزان می‌رسد چون فصل زمستان از بیش ترین زیستوده در بین ایستگاه‌ها برخوردار بوده است و مقدار اکسیژن بیشتری توسط میکروارگانیسم‌ها مورد نیاز است، بیش ترین تاثیر بر روی BOD دارد.

آن دسته از کفزیان که دارای رفتار تغذیه‌ای جمع کننده و فیلتر فیدر (Collector & Filter Feeder)، Baetidae، Tubificidae، Simulidae و ... در پایین دست مزارع پرورش Chironomidae ماهی افزایش می‌یابند (Tello et al., 2009; Loch et al., 1994). این نتیجه در ایستگاه ۱ چون که حاصل تلاقی رودخانه‌های دوهزار و سه هزار می‌باشد، به دلیل وجود مزارع پرورش ماهی در بالا دست این ایستگاه، پس مانده‌های غذایی و مواد حاصل از فعالیت متابولیک ماهی که به صورت مواد آلی معلق در آب وجود دارد

افزایش زیتدوده بی‌مهرگان باشد. به نظر می‌رسد که تغییرات کفرزیان در ایستگاه‌های مختلف تحت تأثیر عوامل فصل و چرخه زندگی آن‌ها باشد، زیرا در مدت مطالعه گروه‌های مقاوم در همه ایستگاه‌ها مشاهده شدند و از افزایش یا کاهش آن‌ها در ماه‌های مختلف در پی خروج بالغین از آب روی می‌دهد. کمالی و همکاران (۱۳۸۸) در رودخانه لاسم و قانع و همکاران (۱۳۸۵) در رودخانه چافرود نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. معمولاً در آب‌های جاری و نهرهایی که شرایط زیستی خوب و محیط غیر آشته دارند، شاهد توازن تناسی در فراوانی این چهار گروه مهم (Epehe, Chiro, Pleco و Tri) از حشرات آبرزی می‌باشند. افزایش غیرمعتراف تعداد شیرونومید نسبت به موجودات حساس که کاهش مقدار EPT به شیرونومیده را در پی دارد، نشانگر استرس محیط می‌باشد (Barbour *et al.*, 1999). بر طبق اطلاعات حاصل از این بررسی مقدار شاخص EPT/CHIR در ایستگاه ۴ کمتر است که نشانگر تاثیر عوامل استرس‌زای محیطی بر آن‌هاست. نتایج نشان می‌دهد که هرچه به پایین دست نزدیک می‌شویم از درصد EPT و EPT/C و ASPT کاسته می‌شود. به طوری که برای درصد EPT پایین‌ترین امتیاز متعلق به ایستگاه ۴ با ۲۸/۵۵ درصد و حداقل میانگین EPT/CHIR متعلق به ایستگاه ۴ با ۰/۷۹ و پایین‌ترین امتیاز برای شاخص ASPT مربوط به ایستگاه ۴ با میانگین امتیاز ۴/۶۸ می‌باشد. در ایستگاه ۲ بدلیل رژیم متفاوت آبی این رودخانه جوامع بنتیک متمازی از دو سرشاخه دیگر را ایجاد کرده است. مقایسه درصد EPT و سایر گروه‌های کفرزیان در ایستگاه‌های مختلف می‌تواند به نوعی گویای شدت اثر پذیری و نیز آشفتگی‌های ایجاد شده در اثر عوامل مختلف در آن‌ها

آلودگی می‌باشد، به نظر می‌رسد به نوع تغذیه این گروه که فیلتر کننده مواد آلی ریز معلق در آب می‌باشد، مرتبط باشد. افزایش نسبی گروه‌های مقاوم نشانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمیعت کفرزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می‌باشد. بنابراین برخی از ویژگی‌های فیزیکی آب مانند دبی، سرعت وغیره نیز در این مناطق تحت تاثیر قرار گرفته و ویژگی‌های کیفی زیستگاه و جوامع بیولوژیکی را با تغییراتی مواجه ساخته و در نهایت در تنوع فون و فلور رودخانه نقش عمده‌ای دارد. تغییراتی که در ترکیب جمیعت کفرزیان رخ می‌دهد غالباً در پاسخ به عوامل محیطی و شرایط استرس‌زای محیطی بوده و در جهت حفظ تعادل اکولوژیکی می‌باشد (Fore *et al.*, 1996). قانع سasan-سرای (۱۳۸۳) با شناسایی ساختار جمیعت ماکرونینتوز-های رودخانه چافرود نشان داد که در مناطق آلوده گروه‌های حساس به آلودگی (EPT) کاهش و بر عکس گروه‌های مقاوم شامل Simuliidae (Diptera) و Chironomidae (Chironomidae) افزایش یافت که این موضوع در طول ایستگاه‌های رودخانه چشمه‌کیله به وضوح می‌توان دید به طوری که تغییرات راسته Diptera با ۳۳٪ در ایستگاه ۱ به ۶۲٪ در ایستگاه ۴ می‌رسد. Zivic و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیق خود بر روی رودخانه ترسنجیکا دریافت که افزایش میزان بار مواد آلی ناشی از پس‌آب پرورش ماهی ریبوتک با افزایش میزان زیتدوده در کفرزیان همراه است که در این تحقیق در ایستگاه ۱ نیز با توجه به مزارع پرورش ماهی در بالادست این رودخانه نیز به اثبات رسید. علاوه بر آن چون این ایستگاه در منطقه جنگلی واقع شده و بنابراین مواد آلی و بقاوی‌ای گیاهان نیز در آب زیاد است و شاید دلیلی بر

می‌دهد که بالاترین درصد EPT در ایستگاه‌های مختلف، مربوط به فصل تابستان می‌باشد. امتیازات شاخص BMWP در طول ایستگاه‌های رودخانه چشمه کیله نشان می‌دهد که کیفیت آب خوب می‌باشد. یکی از عوامل مهم استرس‌زا در مسیر مورد است. Moroz Semenchenko (۲۰۰۵) در مطالعه خود بر روی رودخانه بزرگ‌ترین در بلاروس شاخص BMWP را به عنوان شاخصی حساس نسبت به سایر شاخص‌ها معرفی نمود در حالی که این شاخص در ارزیابی کیفیت آب رودخانه چشمه کیله تنکابن از حساسیت لازم و مناسبی برخوردار نیست. موسوی و همکاران (۱۳۸۹) با ارزیابی رودخانه دوهزار به این نتیجه رسید که امتیاز شاخص ASPT در ایستگاه‌ها از بالادست تا ایستگاه‌های پایین دست بدلیل استرس‌های ناشی از آلودگی رو به تنزل می‌گراید که با نتایج این تحقیق مشابه است. نتیجه این که رودخانه چشمه کیله بر طبق مطالعات معمول (Lang *et al.*, 1989., Sioli, 1975) از ایستگاه‌های بالادست به سمت ایستگاه‌های پایین دست آلوده‌تر نشان داد که تغییرات و استرس‌های موجود در مسیر رودخانه به خصوص پساب مناطق مسکونی در ترکیب جمعیت کفریان ایجاد تغییر نموده و درصد فراوانی گروه‌های مقاوم و فیلترگر افزایش یافته و از مقدار گروه‌های حساس به طور نسبی کاسته شده است.

سپاسگزاری

در اینجا لازم می‌دانم که صمیمانه از زحمات پرسنل مرکز تحقیقات ماهیان سردابی کشور- تنکابن و رئیس مرکز تحقیقات جناب آقای دکتر صیاد بورانی، همچنین از گروه اکولوژی، به ویژه جناب آقای

باشد به طوری که ایستگاه ۴ پایین دست پل چشمه کیله در مرکز شهر، درصد EPT به طور چشمگیری کاهش یافته است و به مقدار راسته Diptera افزوده شده است. ایستگاه ۴ به دلیل تغییرات کیفیت آب رودخانه پس از عبور از منطقه شهری و ورود فاضلاب و پساب خانگی و شهری و همچنین احداث چهار پل (پل مرکز شهر، پل جانبازان قدیم و جدید و کمرنندی برون شهری) در مسیر رودخانه، کارخانه‌های شن و ماسه، برداشت مجاز و غیر مجاز شن و ماسه از بستر رودخانه، کارگاه‌های ماشین شویی، بازار ماهی فروشان تنکابن و تخلیه زباله‌های شهری در اطراف رودخانه از جمله عوامل تاثیرگذار بر فون بنتیک و کیفیت آب می‌باشد که تاثیر بسزایی بر روی کاهش شاخص EPT/CHIR، EPT و ASPT دارد که نشانگر افت کیفیت آب می‌باشد. کمالی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی رودخانه لاسم به این نتیجه رسیدند که ایستگاه‌هایی که تحت تاثیر استرس‌های محیطی ناشی از آلودگی قرار دارند تاثیر بسزایی روی شاخص‌های EPT و C/EPT دارد که نتایج این تحقیق هم این موضوع را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۶ جهت بررسی اثرات پساب مزارع پرورش ماهی بر غنای بی مهرگان کفری نهروها و رودخانه‌های کارولینای شمالی در ایالات متحده منحصرآ از نمایه EPT استفاده شده است. بدین منظور مقدار نمایه EPT در بین ایستگاه نمونه برداری مقایسه گردید و مشخص شد که با کاهش مقدار EPT کیفیت آب دریافت کننده پساب کاهش می‌یابد (Loch *et al.*, 1996). در ایستگاه ۳ به دلیل وجود منطقه مسکونی روستایی، باغات مرکبات و زمین‌های برنجکاری تاثیرات مستقیم بر اکوسیستم رودخانه در این فاصله دارند. نتایج نشان

- ماکروبنتوز، مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره اول، صفحات ۲۴۷-۲۵۷.
۹. کمالی، م.، اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیستی رودخانه لاسم (شهرستان آمل - استان مازندران) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان کفرزی، مجله علوم زیستی لاهیجان، صفحات ۵۱-۶۱.
۱۰. ملک شمالي، م.، عبدالملکي، ش.، ۱۳۷۵. بررسی های زیستی و غیرزیستی رویدخانه کرگانرود، مرکز تحقیقات شیلات گیلان، بندر انزلی، ۶۵ صفحه.
۱۱. موسوی، م.س.، ۱۳۸۹. به بررسی اثرات پسآب مزارع پرورش ماهی قزل آلا بر روی کیفیت آب رودخانه دوهزار تنکابن بر اساس مطالعات فون کفرزیان رودخانه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم تحقیقات - تهران، ۱۵۲ صفحه.
۱۲. نادری جلودار، م.، اسماعیلی ساری، ع.، احمدی، م.، سیف آبادی، ج.، عبدالی، ا.، ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاههای پرورش ماهی قزل آلا رنگین کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. علوم محیطی. سال چهارم. شماره دوم. زمستان ۱۳۸۵، ۱۸ صفحه.
۱۳. نظامی، ش.ع.، خوار، ح.، ۱۳۸۴. ارزیابی اثرات- خشکسالی بر تنوع، تراکم، فراوانی و پراکنش موجودات کفرزی تالاب امیرکلایه لاهیجان. مجله علمی شیلات ایران. صفحات ۱۴۱-۱۵۳.
۱۴. نیکویان، ع.، ۱۳۷۶. بررسی تراکم، پراکنش، تنوع و تولید مثل بی مهرگان کفرزی در خلیج چابهار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ص. ۹۵.
15. Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bardley, B.P., Graves, C.G., Wisseman, R.W., 1996. Evaluation of EPTs rapid bioassessment metrics: Mertic redundancy and variability among reference stream sites. Environ Toxicol, 2, pp. 437-449.
16. Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bardley, B.P., Graves, C.G., Wisseman, R.W., 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable river: prphyton, benthic

مهندس طاولی، مهندس صمدی و مهندس موسوی به خاطر یاریشان در این تحقیق تشکر نمایم.

منابع

- احمدی، م.ر.، ۱۳۶۸. تحلیلی از طبقه‌بندی آب‌های آلوده و اهمیت کاربردی آن، مجله منابع طبیعی شماره ۴۳، نشریه دانشکده منابع طبیعی تهران، صفحات ۱۳-۱۶.
- احمدی، م.، کرمی، م.، کاظمی، ر.، ۱۳۷۹. تعیین زیستوده و برآورد تولید در رودخانه‌های آغشت و کردان ، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۳، شماره ۱، صفحات ۲۰-۳.
- باقری، س.، عبدالملکی، ش.، ۱۳۸۱. بررسی پراکنش و تعیین توده زنده بی مهرگان کفرزی دریاچه ارس. مجله علمی شیلات ایران، صفحات ۹-۱.
- جرجانی، س.، قلیچی، الف.، اکرمی، ر.، ۱۳۸۷. ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفرزیان نهر مادرسو پارک ملی گلستان. مجله شیلات، سال دوم شماره اول، صفحات ۵۲-۴۱.
- جمالزاد، ف.، افزار، ع.، ۱۳۸۶. گزارش بررسی زیستی و غیرزیستی رودخانه شفارود. مرکز تحقیقات شیلات گیلان، بندر انزلی، ۶۵ صفحه.
- حافظیه، م.، ۱۳۸۰. حشرات کفرزی به عنوان شاخص آلودگی آب. مجله علمی شیلات ایران. سال دهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۰، صفحات ۳۶-۱۹.
- قانع ساسان سرایی، ا.، ۱۳۸۳. شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه چافرود در استان گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب (در محدوده روسایی اورمان ملال). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس، ۹۸ صفحه.
- قانع ساسان سرایی، ا.، احمدی، م.، اسماعیلی، ع.، میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۵. ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت

28. Mackie, G.L., 1988. Applied aquatic ecosystem concepts. University of Guelph Custom Coursepack, Boston, 488 p.
29. Pennak, R., Robert, W. 1978. Fresh-Water Invertebrates of the United States. Second Edition. John Wiley & Sons. 803p.
30. Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K.D., Gross, S.K., Hughes, R.M., 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. U.S.Environmental Protection Agency, EPA. 440 p.
31. Sandin, L. 2003. Benthic macroinvertebrates in Swedish Stream: Community Structure, Taxon Richness, and Environmental Relations. *Ecography*, 26(3), pp. 263-280.
32. Semenchenkov, V. P., Moroz, M.D. 2005, Comparative Analysis of Biotic Indices in the Monitoring System of Running Water in a Biospheric Reserve. *Water Resources*, Vol. 32, No. 2, 2005, pp. 200–203. Translated from *Vodnye Resursy*, Vol. 32, No. 2, pp. 223–226.
33. Sioli, H., 1975. Tropical Rivers as Expressions of Their Terrestrial Environment. *Tropical Ecological Systems, Ecological Studies*, Volume 11, pp 275-288.
34. Spellman, F.R., Drinan, J. E. 2001. Stream Ecology and Self Purification. : *An Introduction* 2nd edn. A technomic Publishing. Inc. U.S.A., 261 p.
35. Tello, A., Corner, R.A., Telfer, T.C. 2009. How do land-based salmonid farms affect stream ecology? A review. *Environmental Pollution*, 158, pp. 1147–1158.
36. Usinger, R.L., 1963, Aquatic Insects of California, University of California press, 1025p.
37. Washington, H.G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18, pp. 653–694.
38. Zivic, I., Markovic, Z., Filipovic-Rojka, Z., Zivic, M., 2009. Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Tresnjica River, Serbia). *International Review of Hydrobiolgy*, vol. 94, issue 6, pp. 673-687.
- invertebrates and fish, 2nd edition EPA, Wshington D.C., 408 p.
17. Camargo, J.A., Gonzalo, C., Alonso, A. 2010. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators*. 11: 911-917.
18. Fries L.T., Bowles, D.E., 2002. Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. Sanmarcos. TEXAS. USA. 10 p.
19. Fore, L.S., Karr, J.R., Wissemann, R.W., 1996. Assessing Macroinvertebrate responses to human activity. *Journal of North American Bentholological Society*, 15(2), pp. 212-231.
20. Hugh F. Clifford. 1991. Aquatic Invertebrates of Alberta. The University of Alberta press. ISBN: 0-88864-233-4. 538p.
21. Karr J.R., 1998. Rivers as sentile: Using the biology of rivers to guide landscape management. Final Report for USEPA, 28 p.
22. Kelly, T. R., J. Herida, Mothes, J., (1998). Sampling of the Mackinaw River in central Illinois for physicochemical and bacterial indicators of pollution. *Transaction of Illinois State Academy of Science*, 91, pp. 145-154.
23. Lang, C.; Eplattenier, G. Reymond, O., 1989. Water Quality in River of Western Switzerland: Application of an adaptable Index based on Benthic Ivertebrates. *Aquatic Sciences*, Volume 51, Issue 3, pp 224-234.
24. Lenat, D., 1993. A biotic index for the southeastern United States: derivation and list of tolerance values, with criteria for assigning water-quality ratings. *Journal of the North American Bentholological Society*, 12:279-290.
25. Loch, D.D., West, J.L., and Perlmutter, D.G., 1994. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147, pp. 37-55.
26. Loch, D.D., West, J.L., Perlmutter, D.G., 1999. The effect of trout farm effluent on taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147, pp. 37-55.
27. Maccafferty, P., Provostsha, A., 1981. *Aquatic Entomology.the fishers and Ecologists Illustrated Guide to Insect and Their Relativs*. Jones and Bartlett Publishers London. 448 p.