

## Effect of Rainbow Trout culture sewage on macro benthose communities of Marbor River, Isfahan province, during low water seasons

## اثر پساب مزارع تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر استان اصفهان در ماه‌های کم‌آبی

M. Bayati<sup>1</sup>, R. Patimar<sup>2</sup>, E. Ebrahimi<sup>3</sup>,  
M. Farhangi<sup>4</sup>, M. Forouhar Vajargah<sup>5\*</sup>

1. Former Graduate Student, Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad-Kavous University, Golestan, Iran
2. Associate Professor, Fisheries Group, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad-Kavous University, Golestan, Iran
3. Associate Professor, Fisheries Group, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
4. Ph.D. Student, Fisheries, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad-Kavous University, Golestan, Iran
5. M. Sc. Student, Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran

(Receive: Jul. 2, 2014 - Accepted: Jun. 9, 2015)

مجتبی بیاتی<sup>۱</sup>، رحمان پاتیمار<sup>۲</sup>، عیسی ابراهیمی<sup>۳</sup>،  
محمد فرهنگی<sup>۴</sup>، محمد فروهر واجارگاه<sup>۵\*</sup>

۱. کارشناس ارشد شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گلستان
  ۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گلستان
  ۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
  ۴. دانشجوی دکترا شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گلستان
  ۵. دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۱۹)

### چکیده

### Abstract

The aim of this study was to determinate the effect of trout farm sewage on fecundity and diversity of macro invertebrate benthoses with some biological indices. This study was done on the Marber River in Semirrom city, the southwest area of Isfahan province. Sampling was took place in five stations on summer of 2012, monthly using a Surber sampler (30.5cm×30.5 cm). Sampling in each station was done in three points (edges and middle of the river). Captured samples were fixed in 4% formalin and were taken to the laboratory. In laboratory animals were collected with a sieve of 500 microns in diameter springs to assort and identify to the least level possible (families and genera). In this study, several biological parameters such as: Abundance, Biomass, Similarity, Shannon-Wiener, EPT/Chironomidae, Margalef richness, Hylsnhvf, BMWP index and ASPT index was used. Eventually 20 families, with 10 orders, 7 classes and 5 phyla were identified.

هدف این مطالعه تعیین میزان اثر پساب مزرعه تکثیر و پرورش قزل‌آلا بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی با استفاده از شاخص‌های بیولوژیک است. این مطالعه بر روی رودخانه ماربر در شهرستان سمیرم در جنوب غربی استان اصفهان صورت گرفت نمونه‌برداری در ۵ ایستگاه در فصل تابستان ۱۳۹۱، ماهیانه یک‌بار و با استفاده از سوربر سمپلر (۳۰/۵cm×۳۰/۵cm) صورت گرفت. نمونه‌برداری هر ایستگاه در سه نقطه (کناره‌ها و وسط رودخانه) صورت گرفت. نمونه‌های صید شده بوسیله فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه موجودات جمع‌آوری شده با الک با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون جداسازی و تا پائین‌ترین سطح ممکن (خانواده و جنس) شناسایی شدند. در این مطالعه از شاخص‌های بیولوژیک نظیر: فراوانی، تعیین زی‌توده، تشابه، تنوع شانون-وینر، EPT/Chironomidae، غنای مارگالف، هیلسنهوف، شاخص BMWP و شاخص ASPT استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده ۲۰ خانواده شناسایی شد که به ۱۰ راسته، ۷ رده و ۵ شاخه تعلق داشتند.

**Keywords:** Biological Index, Macro benthic invertebrates, Marber River, Sewage.

**واژه‌های کلیدی:** بزرگ بی‌مهرگان کفزی، پساب، شاخص‌های بیولوژیک، رودخانه ماربر.

## مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان بخشی از ثروت‌های طبیعی و ملی کشورمان اهمیت دارند. آلودگی آب یکی از مسائل و مشکلاتی است که امروزه مورد توجه است. نیاز به آبی‌پروری در دهه‌های اخیر منجر به افزایش استفاده از منابع آب‌های داخلی شده است. در کشور ما استفاده از رودها و نهرهای مناطق کوهستانی به منظور تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی رونق فراوان یافته و کشور را در زمره تولیدکنندگان ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دنیا قرار داده است. ولی این گسترش تولید، اثرات محیط زیستی خود را نیز برجا می‌گذارد. خروجی مزارع پرورش قزل‌آلا می‌تواند دارای سه نوع آلودگی باشد: ۱. باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها؛ ۲. داروها و گندزدهای مورد استفاده برای کنترل انگل‌ها و ۳. غذای رسوب شده و مواد دفعی. این سه نوع آلودگی به عنوان مهمترین عوامل ایجادکننده تغییرات فیزیوشیمیایی و بیولوژیکی در خروجی مزارع پرورش ماهی بروز می‌کند (Camargo et al., 2011; Naderi et al., 2005). از جمله مهمترین جوامع حیاتی رودخانه و نهرها، بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی هستند. این موجودات قادر هستند تغییرات کیفیت آب را نشان داده و به عنوان شاخص‌های زیستی، در شناخت تغییرات محیطی مورد استفاده قرار گیرند. آلودگی ناشی از ورود پساب به رودخانه طی فرآیندهای مختلف می‌تواند منابع غذایی اکوسیستم رودخانه را تغییر داده و شرایط جدیدی را برای بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی ایجاد نماید. گونه‌های متعلق به بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی نسبت به عوامل زنده و غیرزنده محیطی از خود واکنش نشان داده و بر این اساس ساختار جمعیتی آنها به عنوان شاخص از وضعیت عمومی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار می‌گیرد. در واقع شاخص زیستی نشان‌دهنده وضعیت بیولوژیکی منابع آبی بوده که بر اساس جمعیت بی‌مهرگان کفزی و دامنه تحمل آنها به آلودگی

می‌باشند. مزارع پرورش ماهی به عنوان یک تهدید برای جویبارهای مناطق مرتفع به‌شمار می‌آیند. مخصوصاً در دوره‌هایی که میزان آب کم است (Zivic et al., 2009). به طوری که در تابستان با شدت گرفتن فعالیت مزارع و افزایش تولید نوترینت‌ها، کاهش دبی آب و افزایش دما، آثار پساب مزارع بر اکوسیستم رودخانه و کیفیت آب آن شدت بیشتری پیدا می‌کند (Naderi et al., 2005).

با توجه به موارد اشاره شده و نظر به تأثیرات گزارش شده پساب مزارع پرورش ماهی بر رودخانه‌ها از یک سو و اهمیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی به عنوان مهمترین شاخص‌های وضعیت سلامت رودخانه‌ها و عدم وجود اطلاعات تأثیر پساب‌ها در رودخانه ماربر از سوی دیگر، در تحقیق حاضر به بررسی اثر پساب مزارع تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین کمان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر استان اصفهان پرداخته شد تا از این طریق اثرات مزارع پرورش قزل‌آلا در رودخانه با ارزش اکولوژیک ماربر خصوصاً در ماه‌های کم آبی که تلاطم و خودپالایی کمتری در رودخانه وجود دارد، مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی رودخانه ماربر یکی از بزرگترین رودخانه‌های استان اصفهان واقع در شهرستان سمیرم با ارتفاع متوسط ۲۴۰۰ متر از سطح دریا و طول مسیر نمونه‌برداری حدوداً ۵ کیلومتر از روستای خاکدانه تا بعد از پل شهید بهشتی انجام گرفت. ۳ مزرعه پرورش ماهی در مسیر نمونه‌برداری دایر است که فاصله کارگاه اول و دوم حدود ۲۰۰۰ متر و فاصله کارگاه دوم و سوم حدود ۲۵۰ متر است. ۵ ایستگاه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد که اولین ایستگاه حدود ۲۰۰ متر بالاتر از کارگاه پرورش ماهی اول، دومین ایستگاه حدود ۱۰۰ متر بعد از کارگاه پرورش ماهی اول و سومین ایستگاه حدود ۵۰ متر بعد از

نهایت پنجمین ایستگاه حدود ۲۰۰۰ متر بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی می‌باشد (نقشه ۱ و جدول ۱).

کارگاه پرورش ماهی دوم و چهارمین ایستگاه حدود ۵۰ متر بعد از کارگاه پرورش ماهی سوم می‌باشد. در



نقشه ۱. نقشه رودخانه ماربر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۱. مشخصات مزارع مورد مطالعه رودخانه ماربر استان اصفهان

نام کارگاه	گسترش آبزیان زاینده رود	فدوی و چراغی	اسماعیلی
محل کارگاه	خاکدانه	بالای پل شهید بهشتی	زیر پل شهید بهشتی
نوع کارگاه	تکثیر و پرورش	پرورش	پرورش
مساحت کل (مترمربع)	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۶۰۰
مساحت فعال (متر مربع)	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۶۰
ظرفیت اسمی کارگاه (تن)	۳۰	۱۰	۲۰
ظرفیت واقعی کارگاه (تن)	۱۲۸	۲۱	۵۳
منبع تامین آب	رودخانه	رودخانه	رودخانه
دبی آب ورودی (لیتر / ثانیه)	۲۰۰۰	۲۰۰	۴۰۰
زمان رهاسازی بچه ماهی	اسفند، فروردین، اردیبهشت	اردیبهشت	فروردین، اردیبهشت
میانگین دوره پرورش (ماه)	۱۰ الی ۱۱	۱۰ الی ۱۱	۱۰ الی ۱۱
نوع غذا	کنسانتره	کنسانتره	کنسانتره
تعداد دفعات روزانه غذا دهی در تابستان	۲	۲	۲
مقدار غذای مصرفی در روز (کیلوگرم)	۱۵۰	۳۳	۶۰

با برس شسته تا موجودات و مواد چسبیده به آن کنده و به همراه جریان آب به داخل توری قیفی هدایت شوند. در نهایت کف بستر رودخانه را در داخل کادر تا عمق ۵ سانتی‌متر به آرامی به هم زده تا موجودات روانه قیف گردند. محتویات درون توری قیفی ضمن شستشو، به داخل تشت پلاستیکی منتقل شده و سطح سنگ‌های باقیمانده داخل تشت به آرامی برس کشیده شده تا موجودات چسبیده به سنگ‌ها در داخل تشت قرار گیرند. محتویات درون تشت در داخل یک ظرف پلاستیکی ریخته شده و با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد. مواد و موجودات کفزی جمع‌آوری شده در

نمونه‌برداری در فصل تابستان، در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور سال ۱۳۹۱ ماهیانه یک‌بار در ایستگاه‌های نمونه‌برداری صورت گرفت. در هر ایستگاه سه نقطه (کناره‌ها و وسط رودخانه) انتخاب شد و همزمان در ایستگاه‌ها دمای، دبی و pH آب نیز اندازه‌گیری شد (Camargo et al., 2011; Naderi et al., 2005). نمونه‌برداری از کفزیان با استفاده از نمونه‌بردار سوربر با ابعاد (۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر) با چشمه تور ۵۰۰ میکرون انجام شد. دستگاه در جهت خلاف جریان آب در رودخانه مستقر و در داخل کادر نمونه‌برداری ابتدا سنگ‌ها به آرامی

میانگین  $\pm$  خطای استاندارد ( mean  $\pm$  standard error of mean) بیان شده است. اختلاف بین این داده‌ها و مقایسه میانگین نمونه‌ها در تیمارهای مختلف با آنالیز واریانس یکطرفه ( One-Way ANOVA) در نرم‌افزار SPSS 11.5 انجام و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها، پس آزمون Duncan برای مقایسه دوجه دوی داده‌ها استفاده شد و اختلاف در سطح اطمینان بالای ۹۵٪ ( $P < 0.05$ ) پذیرفته می‌شد. برای تعیین وجود ارتباط خطی و میزان از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

## نتایج

در بررسی دمای آب رودخانه در ایستگاه‌های مختلف در تابستان مشخص شد که تغییرات دما در این فصل نوسانی زیادی نداشت. کمترین میزان دما در تیرماه و در ایستگاه ۱ (۱۵ درجه سانتی‌گراد) و بالاترین دما مربوط به ایستگاه ۵ در شهریور (۲۰ درجه سانتی‌گراد) ثبت شد. همچنین در این فصل بیشترین مقدار دبی مربوط به تیرماه (۶/۳ مترمکعب) کمترین مقدار آن مربوط به شهریورماه (۵/۸ مترمکعب) بود (جدول ۲).

جدول ۲. میزان دبی در ماه‌های مختلف رودخانه ماربر استان اصفهان

ماه	تیر	مرداد	شهریور
دبی (متر مکعب)	۶/۳	۶/۱	۵/۸

به‌طور کلی در مدت بررسی و نمونه‌برداری از جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر، ۲۰ خانواده شناسائی شدند که به ۱۰ راسته و ۷ رده و ۵ شاخه Artropoda، Platyhelminthes، Annelida، Mollusca و Coelenterata تعلق داشتند. همچنین شناسایی بعضی از این خانواده‌ها تا حد جنس صورت گرفت. به‌طور کلی در مجموع در کل ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول سه ماه

هر نمونه از ظروف نمونه، به داخل یک الک آزمایشگاهی با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون منتقل شده و جداسازی شدند. پس از جداسازی، شناسایی تا پائین‌ترین سطح ممکن (خانواده و جنس) صورت گرفت. برای شناسایی موجودات از لوپ آزمایشگاهی و کلیدهای شناسایی معتبر ( Camargo *et al.*, 2001) استفاده شد. موجودات شناسایی شده در داخل ظروف کوچک شیشه‌ای با استفاده از فرمالین ۴ درصد، تثبیت و نگهداری شدند. اطلاعات به دست آمده در فرم‌هایی که قبلاً بدین منظور تهیه شدند ثبت گردید.

در این مطالعه از شاخص‌های بیولوژیک شامل تراکم (تعداد کل خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده)، EPT<sup>۱</sup>/Chironomidae (درصد تعداد خانواده‌های سه راسته یک روزه‌ها، بهاره‌ها و بال‌موداران از کل جمعیت شیرونومیده نمونه‌برداری شده)، شاخص هیلسنهوف (بر اساس ارزیابی درجات مختلف مقاومت به آلودگی آلی در بندپایان رودخانه شامل حشرات، جورپایان و ناجورپایان در سطح خانواده است که از صفر برای موجودات بسیار حساس به آلودگی تا ده برای موجودات بسیار مقاوم به آلودگی تقسیم می‌شود)، شاخص BMWP<sup>۲</sup> (جمع‌آوری گروه‌های کفزیان، شناسایی و ارزیابی تنها در سطح خانواده سپس به هر خانواده امتیازی نسبت داده می‌شود، به طوری که خانواده‌ای که کمترین مقاومت را در برابر آلودگی دارد، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد و بالعکس)، شاخص ASPT<sup>۳</sup> (شاخص متوسط هر طبقه به صورت میانگین درجه مقاومت تمام گونه‌های موجود در جمعیت بی‌مهرگان کفزی محاسبه می‌شود) استفاده شد. داده‌های مربوط به آنالیزهای مختلف بصورت

1. Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera  
2. Biological Monitoring Working Party  
3. Average Score Per Taxon

راسته ۳ خانواده شناسایی شد که در بین آنها جنس *Baetis* از خانواده Baetidae بیش‌ترین افراد این راسته را در ایستگاه‌های مورد بررسی تشکیل می‌داد. رتبه بعدی راسته بال‌موداران (Trichoptera) (۲۳/۵۹ درصد) بود. از این راسته ۴ خانواده شناسایی شد که خانواده Hydropsychidae در همه ایستگاه‌ها بیش‌ترین جمعیت این راسته را تشکیل می‌داد. راسته بهاره‌ها (Plecoptera) که اعضای متعلق به آن عمدتاً از گروه‌های حساس به آلودگی بشمار می‌روند، با ۴/۶ درصد جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی در این رودخانه را تشکیل می‌دادند. تنها خانواده شناسایی شده از این راسته در ایستگاه‌های مورد بررسی خانواده Perlidae بود (جدول ۳).

نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رودخانه ماربر ۱۰۲۳۶ عدد بنتوز شناسایی شدند که حداکثر فراوانی آنها ۴۹۱۶/۶۷ عدد در مترمربع در ایستگاه ۱ در مردادماه و حداقل فراوانی آن ۵۹۳/۳۳ عدد در مترمربع در ایستگاه ۳ در شهریورماه بود. در طول سه ماه نمونه‌برداری راسته دوبالان (Diptera) با (۳۶/۴ درصد) غالب بود که یکی از متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین راسته‌های حشرات آبی می‌باشد. ۶ خانواده از این راسته شناسایی شد که بیشترین سهم را دو خانواده (Simuliidae) و (Chironomidae) نسبت به سایر خانواده‌های این راسته داشتند. پس از راسته دوبالان، راسته یکروزه‌ها یا زودمیران (Ephemeroptera) از نظر فراوانی (۳۳/۹ درصد) برخوردار بودند. از این

جدول ۳. موجودات شناسایی شده رودخانه ماربر استان اصفهان

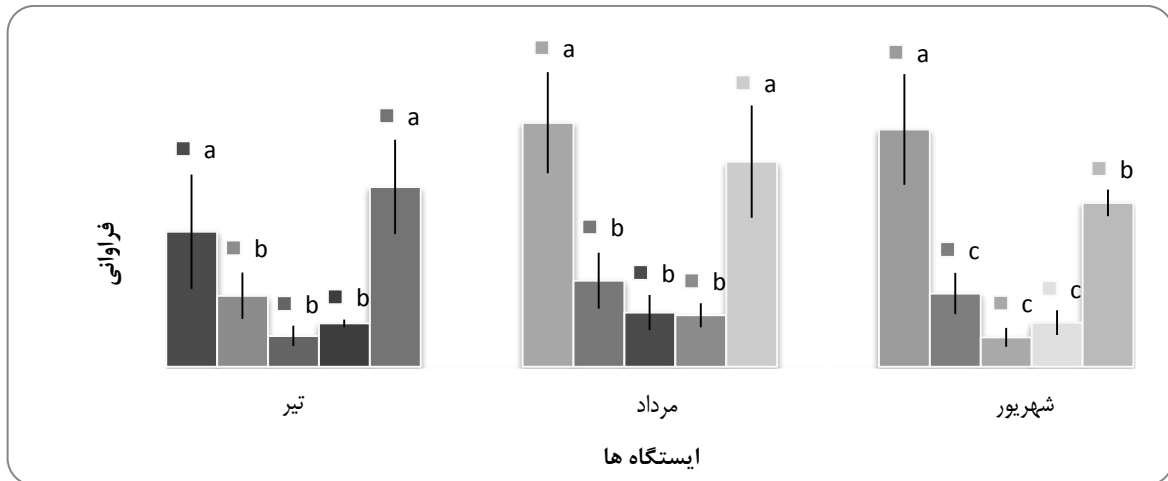
رده	راسته	خانواده	جنس	
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	
		Ecdyonuridae	<i>Rhithrogena</i> <i>Heptogenia</i>	
		Baetidae	<i>Epeorus</i> <i>Baetis</i> <i>Centroptilum</i>	
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Epeorus</i> <i>Baetis</i> <i>Centroptilum</i>	
		Plecoptera	Perlidae	
		Plecoptera	Limnephilidae	
Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae		
		Rhyacophilidae		
		Psycomyiidae		
	Diptera	Limoniidae	<i>Dicranota</i>	
		Tabanidae		
		Tipulidae		
Crustacea	Amphipoda	Simuliidae		
		Chironomidae		
	Gammaridae	<i>Gammarus</i>		
	Gastropoda	Physidae		
Hirudinae	Lmbricida	Erpobdellidae		
		Lumricidae		
Oligochaeta	Lmbricida	Lumricidae		
Hydrozoa				

تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ). در بین ایستگاه‌ها در مجموع، بیشترین میانگین شاخص تراکم مربوط به ایستگاه اول در مرداد ماه بوده و کمترین میانگین شاخص تراکم مربوط به ایستگاه سوم در شهریورماه بوده است. از دید کلی در تمامی

مقایسه نتایج حاصل از بررسی شاخص تراکم نشان می‌دهد که در سه ماه نمونه‌برداری، این شاخص شبیه هم بوده و بین ایستگاه ۱ و ۵ با بقیه ایستگاه‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ )؛ با این تفاوت که در ماه شهریور بین ایستگاه ۱ با ۵ هم

و سپس روند کاهشی تا ایستگاه پنجم که دوباره افزایش می‌یافت، پیش می‌گرفت.

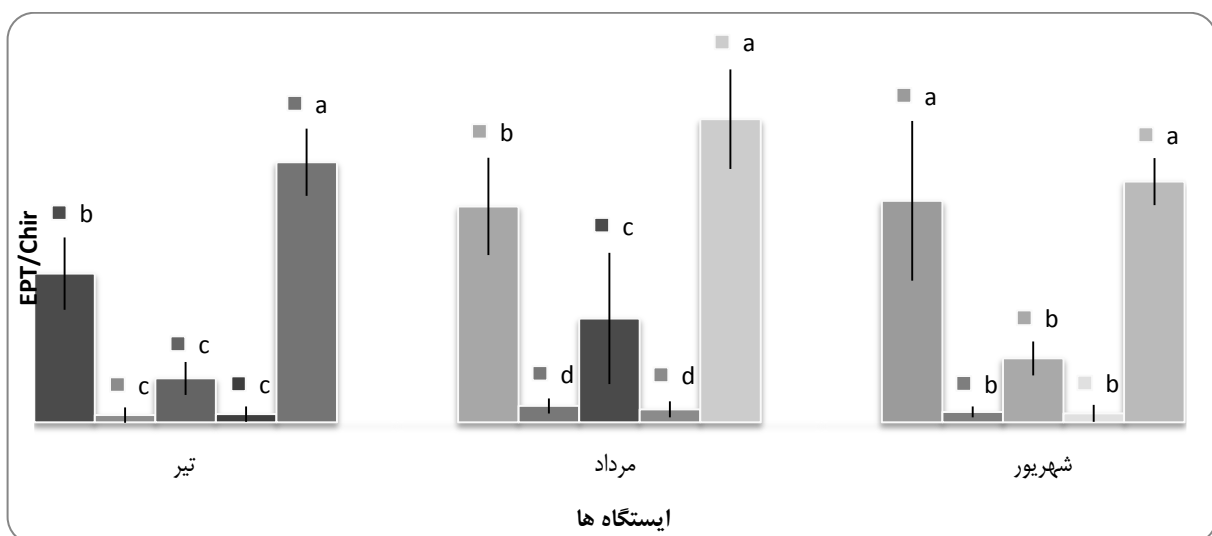
ماه‌ها میزان شاخص تراکم بعد از ایستگاه شاهد (قبل از پرورش ماهی) به یکباره کاهش چشمگیری داشت



شکل ۱. شاخص تراکم در ایستگاه‌های رودخانه ماربراستان اصفهان (میانگین تعداد در مجموع ایستگاه‌ها). حروف متفاوت ستون‌ها نشان‌دهنده معنی داری ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.

معنی‌داری وجود ندارد. در بین ایستگاه‌ها در مجموع، بیشترین میانگین شاخص EPT/Chir مربوط به ایستگاه پنجم در مردادماه بوده و کمترین میانگین این شاخص مربوط به ایستگاه دوم در تیرماه است. در حالت کلی در تمامی ماه‌ها میزان این شاخص در ایستگاه دوم و چهارم روند کاهشی و در ایستگاه سوم و پنجم روند افزایشی داشته است.

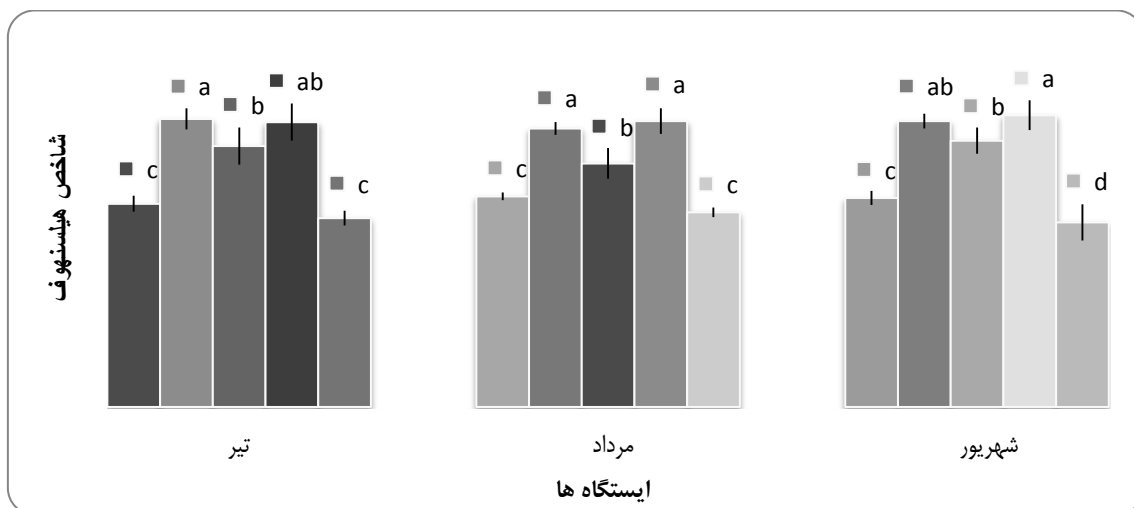
مقایسه نتایج حاصل از بررسی شاخص EPT/Chir نشان می‌دهد که در سه ماه نمونه‌برداری، این شاخص در تیرماه و شهریورماه ایستگاه ۱ و ۵ با ایستگاه‌های دیگر تفاوت معنی‌دار داشته در تیرماه نیز بین ایستگاه‌های ۱ و ۵ تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). در مردادماه بین همه ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد بجز ایستگاه ۲ و ۴ که تفاوت



شکل ۲. نمودار شاخص EPT/Chir در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ماربراستان اصفهان (میانگین عددی در ایستگاه‌های مختلف). حروف متفاوت ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌داری ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.

همچنین بین ایستگاه ۴ و ایستگاه ۳ هم تفاوت معنی‌دار وجود دارد ( $P < 0.05$ ). بیشترین میزان این شاخص در ایستگاه چهارم در شهریورماه بوده است. کمترین میزان این شاخص که نشانگر پاک‌ترین ایستگاه بود مربوط به ایستگاه پنجم در شهریورماه بود. آلوده‌ترین ایستگاه‌ها به ترتیب ایستگاه‌های ۴ و ۳ و ۲ در شهریورماه ۲ و ۴ در تیر و مردادماه بوده‌اند. بیشترین میزان آلودگی در ایستگاه ۴ در شهریورماه ثبت شد (جدول ۴).

مقایسه نتایج حاصل از بررسی شاخص هیلسنهوف نشان می‌دهد که در سه ماه نمونه‌برداری، این شاخص در تیر و مردادماه بین ایستگاه‌های ۱ و ۵ با سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). همچنین ایستگاه ۲ و ۴ با ایستگاه ۳ نیز تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). در شهریورماه به جز ایستگاه ۲، ۳ و ۴ بین ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). یعنی بین ایستگاه ۱ و ایستگاه ۵ تفاوت معنی‌دار وجود دارد و



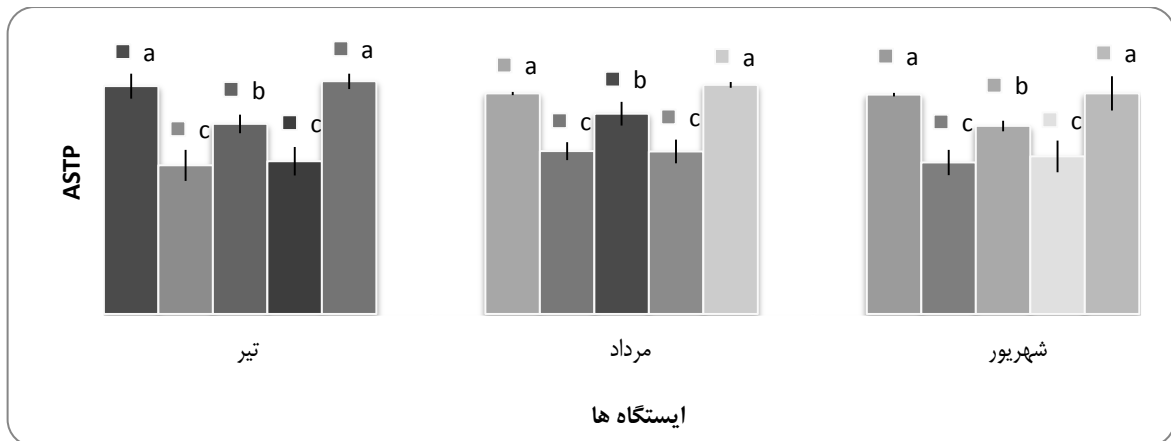
شکل ۳. نمودار شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ماربراستان اصفهان (میانگین عددی در ایستگاه‌های مختلف). حروف متفاوت ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌داری ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۴. برآورد درجه آلودگی مواد آلی بر اساس شاخص هیلسنهوف در رودخانه ماربر استان اصفهان

ماه ایستگاه	تیر	مرداد	شهریور
۱	احتمال آلودگی آلی بسیار اندک	احتمال آلودگی آلی بسیار اندک	احتمال آلودگی آلی بسیار اندک
۲	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه
۳	احتمال مقدار آلودگی آلی	احتمال مقدار آلودگی آلی	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه
۴	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه	آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه
۵	آلودگی آلی وجود ندارد	آلودگی آلی وجود ندارد	آلودگی آلی وجود ندارد

و ۴ با ایستگاه ۳ نیز تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). بیشترین میزان این شاخص در ایستگاه پنجم در تیرماه بوده است کمترین مقدار این شاخص مربوط به ایستگاه دوم در تیر و شهریورماه بوده است (شکل ۴، جدول ۵).

مقایسه نتایج حاصل از بررسی شاخص ASTP نشان می‌دهد که در سه ماه نمونه‌برداری، این شاخص در همه ماه‌ها شبیه هم بوده بین ایستگاه‌های ۱ و ۵ با سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). همچنین ایستگاه ۲



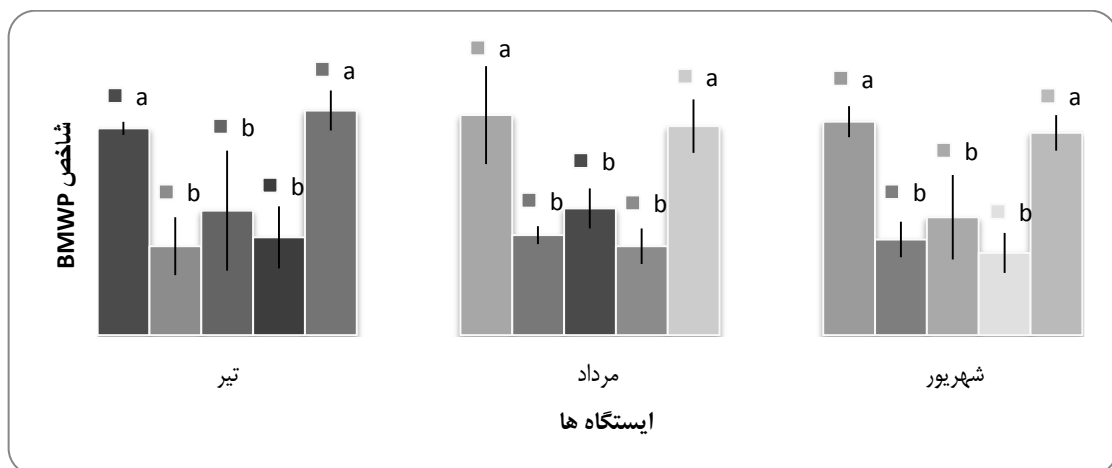
شکل ۴. نمودار شاخص ASTP در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ماربر استان اصفهان (میانگین عددی در ایستگاه‌های مختلف). حروف متفاوت ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌داری ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.

جدول ۵. کیفیت آب بر اساس شاخص ASTP رودخانه ماربر استان اصفهان

ایستگاه	ماه	تیر	مرداد	شهریور
۱	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی
۲	آب با آلودگی شدید	آب با احتمال آلودگی متوسط	آب با آلودگی شدید	آب با آلودگی شدید
۳	آب با احتمال آلودگی متوسط	آب با احتمال آلودگی متوسط	آب با احتمال آلودگی متوسط	آب با احتمال آلودگی متوسط
۴	آب با آلودگی شدید	آب با احتمال آلودگی متوسط	آب با آلودگی شدید	آب با آلودگی شدید
۵	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی	آب با کیفیت مشکوک به آلودگی

معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). بیشترین میزان این شاخص در ایستگاه پنجم در تیرماه بوده است و کمترین مقدار این شاخص مربوط به ایستگاه چهارم در شهریورماه بوده است (جدول ۶).

مقایسه نتایج حاصل از بررسی شاخص BMWP نشان می‌دهد که در سه ماه نمونه‌برداری، این شاخص در همه ماه‌ها شبیه هم بوده و بین ایستگاه‌های ۱ و ۵ با سایر ایستگاه‌ها تفاوت



شکل ۵. نمودار شاخص BMWP در ایستگاه‌های مختلف رودخانه ماربر استان اصفهان (میانگین عددی در ایستگاه‌های مختلف). حروف متفاوت ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌داری ایستگاه‌های مختلف می‌باشد.



بخصوص در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ می‌تواند به دلیل ورود پساب حاصل از کارگاه پرورش ماهی در این ایستگاه‌ها باشد. بیشترین فراوانی راسته دوبالان، مربوط به خانواده Chironomidae بوده است.

در مطالعه‌ای که Sani *et al.* (1996) در رودخانه دوهزار انجام دادند بیشترین سهم را خانواده‌های شیرونومیده و سیمولیده در بین افراد راسته دو بالان داشتند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج این محققین مطابقت دارد.

فراوانی راسته Ephemeroptera در ایستگاه قبل از پرورش ماهی و ایستگاه آخر از افزایش نسبی برخوردار بوده، ولی در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ با ورود بیش از حد پساب این مزارع و افزایش آلودگی آلی از فراوانی آنها کاسته شد. میزان این شاخص پس از ایستگاه اول کاهش یافته است که نشان‌دهنده کاهش تعداد گونه‌ها و خانواده‌هاست (Camargo *et al.*, 2009; Zivic *et al.*, 2011). معمولاً در نه‌رها و رودخانه‌هایی که شرایط زیستی مناسب و غیر آشفته دارند، توازن متعادلی بین چهار گروه مهم، Diptera، Trichoptera، Ephemeroptera و Plecoptera وجود دارد. افزایش غیرعادی تعداد Chironomidae نسبت به موجودات حساس که کاهش مقدار EPT/CHIR را در پی دارد، نشان‌دهنده استرس محیطی می‌باشد (Barbour *et al.*, 1999). بیشترین فراوانی شیرونومیده در ایستگاه ۲ بوده است و این نشان‌دهنده استرس محیطی (ورود شدید آلاینده‌های آلی، کاهش جریان آب، کاهش خودپالایی رودخانه) در این ایستگاه است. کمترین نسبت EPT/CHIR در ایستگاه ۲ (بعد از کارگاه اول) در فصل تیر ماه است که مهم‌ترین عامل آن افزایش معنی‌دار فراوانی شیرونومیده و کاهش چشمگیر گروه‌های حساس به آلودگی در این ایستگاه بوده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مقادیر شاخص‌ها EPT/CHIR در بین ایستگاه‌های

جدول ۶. کیفیت آب بر اساس شاخص BMWP رودخانه ماربر استان اصفهان

ایستگاه	ماه	تیر	مرداد	شهریور
۱		خوب	خوب	خوب
۲		بد	متوسط	متوسط
۳		متوسط	متوسط	متوسط
۴		متوسط	متوسط	بد
۵		خیلی خوب	خوب	خوب

### بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی انجام شده، لارو حشرات آبزی موجودات غالب فون کفزیان رودخانه ماربر را تشکیل می‌دادند. محققان زیادی در مطالعات خود به غالبیت حشرات آبزی در ترکیب کفزیان نه‌رها و رودخانه‌ها اشاره نموده‌اند (Karimian, 2006). در بررسی‌های انجام شده توسط Naderi (2006) در رودخانه هراز (مازندران)، Saraei (2005) در رودخانه چافرود (گیلان)، فون حشرات آبزی غالب بودند. نتیجه این تحقیق با نتایج محققین فوق مطابقت دارد. در این تحقیق راسته Diptera با ۶ خانواده، متنوع‌ترین گروه حشرات آبزی شناسایی شده است، که در کلیه ایستگاه‌ها نمایندگان از آنها یافت شد. غالبیت این راسته که عمدتاً از دو خانواده شیرونومیده و سیمولیده تشکیل شده، در ایستگاه‌های ۲ و ۳ و ۴، نشانگر تغییرات حاصله از عوامل محیطی بر رودخانه است. خانواده شیرونومیده از گروه‌های مقاوم به شمار می‌رود و از مواد آلی در بستر تغذیه می‌کند. هم‌چنین خانواده سیمولیده از نظر رفتار تغذیه‌ای فیلترکننده بوده و از مواد آلی ریز معلق در آب استفاده می‌نماید. مواد حاصل از فعالیت‌های متابولیک و پس مانده‌های غذایی ماهیان، به‌صورت مواد آلی معلق در آب، از عمده‌ترین اجزای پساب حاصل از کارگاه‌های پرورش ماهی هستند که وارد نه‌رها می‌شوند. بنابراین افزایش نسبی آنها و تغییر در ترکیب جمعیت کفزیان،

متوسط و در شهریور ماه کیفیت بد بوده است. و در نهایت در ایستگاه‌های ۵ در تیرماه کیفیت خیلی خوب و در مرداد و شهریور کیفیت خوب ارزیابی شده است.

در شاخص ASPT مقدار پایین شاخص نشانه آلودگی محیط است که با توجه به نمودار در ایستگاه‌های ۲ و ۴ رودخانه بعد از کارگاه پرورش ماهی نشان‌دهنده آلودگی است. براساس شاخص ASPT و مقایسه آن با جدول در ایستگاه‌های ۱ کیفیت آب مشکوک به آلودگی، در ایستگاه‌های ۲ در تیر و شهریور آب با آلودگی شدید و در مردادماه آب با احتمال آلودگی متوسط ارزیابی شد. در ایستگاه‌های ۳ کیفیت آب با احتمال آلودگی متوسط ارزیابی شد در ایستگاه‌های ۴ در تیر و شهریور آب با آلودگی شدید و در مردادماه با احتمال آلودگی متوسط ارزیابی شد و در ایستگاه ۵ نیز آب با کیفیت مشکوک به آلودگی ارزیابی شد.

اهمیت جنس بستر در تکامل، توزیع و اکولوژی جانوران رودخانه در دراز مدت شناخته شده است. مطالعات زیادی نشان دادند که تغییر جنس بستر نهر بر روی فراوانی و توزیع موجودات آبی موثر است. افزایش فضای زیستی بستر باعث افزایش فراوانی بنتوزها می‌شود، زیرا فضای زیستی کمتر باعث کاهش اکسیژن، کاهش متابولیسم، کاهش تولیدمثل، کاهش حرکت و در نهایت فراوانی و تراکم موجودات کمتر می‌گردد، که در این بین اثر افزایش جریان و حجم آب در ماه‌های سرد نیز مزید بر علت می‌گردد (Allan, 1995). از آنجاییکه جنس بستر در تحقیق حاضر اغلب یکسان بوده و بیشترین درصد آن را بستر قلوه سنگی تشکیل داده است، لذا در تنوع و پراکنش بزرگ بی مهرگان کفزی تحقیق حاضر اهمیت چندانی نداشته است.

در نهایت با بررسی شاخص‌های مورد ارزیابی مشخص شد که در مجموع کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های مختلف کیفیت چندانی نداشته و در بسیاری از موارد نمونه‌برداری شدید همراه با آلودگی

نمونه‌برداری دارای نوساناتی بوده و بین ایستگاه‌های مطالعاتی اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. نتیجه این تحقیق با نتیجه مطالعه Sani *et al.* (2010) در رودخانه دوهزار مطابقت دارد. در بررسی تأثیر پرورش ماهی بر بی‌مهرگان کفزی در رودخانه تاجونا در اسپانیا نشان داده شد که در ایستگاه‌های پایین‌دست، فراوانی گروه‌های حساس (EPT) کاهش یافته و گروه‌های مقاوم به آلودگی شامل سیمولیده و شیرونومیده افزایش یافتند (Julio, 1991).

در بررسی فراوانی گروه‌های حساس در ایستگاه‌های مختلف، مقدار شاخص بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی افزایش داشته است که مشابهت با مطالعات Zivic *et al.* (2011) و Naderi *et al.* (2009) داشت. در مجموع نتایج حاصل از این شاخص نشان داد که پساب مزرعه پرورش ماهی در سه ماه تابستان اثر نامطلوب چندانی بر سلامت زیستگاه‌های کفزیان و کیفیت آب نداشته است. در تحقیق حاضر ایستگاه‌های مطالعاتی براساس شاخص هیلسنهوف در چهار طبقه کیفی عالی، خیلی خوب، خوب و مناسب قرار گرفتند. بر این اساس در سه ماه، ایستگاه‌های ۱ در طبقه کیفی خیلی خوب (امکان آلودگی آلی بسیار اندک) قرار گرفت. همچنین ایستگاه‌های ۲ و ۴ دارای کیفیت مناسب (امکان آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه) قرار دارند ایستگاه‌های ۵ هم در طبقه کیفی عالی (عدم وجود آلودگی آلی)، که توان بالای رودخانه در خود پالایی را مشخص می‌کند. ایستگاه‌های ۳ نیز در طبقه کیفی خوب (احتمال مقدار آلودگی آلی) قرار داشت. با این تفاوت که در شهریورماه ایستگاه ۳ در طبقه کیفی مناسب قرار داشت.

بر اساس جدول این شاخص BMWP در ایستگاه‌های ۱ در همه ماه‌ها کیفیت خوب در ایستگاه‌های ۲ در تیر کیفیت بد و در مرداد و شهریور کیفیت آب متوسط بود. در ایستگاه‌های ۳ کیفیت آب متوسط بود. در ایستگاه‌های ۴ در تیر و مرداد کیفیت

پساب مزارع پرورش ماهی، بازچرخش آب کارگاه‌ها، عدم صدور مجوزهای بیشتر پرورش ماهی و عدم کاهش دبی رودخانه در فصول کم‌آبی پیشنهاد می‌گردد.

زیاد همراه بوده است، هرچند ایستگاه‌های انتهایی که فاصله بیشتری از کارگاه پرورش ماهی داشته‌اند وضعیت نسبتاً مناسب‌تری داشته‌اند که نشان‌دهنده توان خودپالایی متوسط رودخانه می‌باشد. لذا تصفیه

## REFERENCES

- Allan, J.D.; (1995). Stream Ecology. Structure and Function of Running waters. 1st ed, oxford: Chapman and Hall, Newyork. 388 p.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D.; Stribling, J.B.; (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable rivers, Peryphyton, Benthic invertebrates and Fish. (2<sup>nd</sup> ed), EPA pub, Washington D.C, 408 pp.
- Camargo, J. L.; Gonzalo, C.; Alonso, Á.; (2011). Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators*; 11: 911-917.
- Fries, L.T.; Bowles, D.E.; (2002). Water quality and Macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. Sanmarcos. USA. Edmonson, W.T. 1959. *Freshwater biology*. John Wiley and Sons. Inc, U. S. A. 1248p.
- Hynes, K.E.; (1998). Benthic macroinvertebrates diversity and Biotic indices for monitoring of 5 urbanizing lakes within the Halifax regional municipality (HRM), Nova Scotia, Canada, Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax, 114p.
- Julio, A.C.; (1991). Temporal and spatial variations in dominants, diversity and biotic indices along a limestone stream receiving a trout farm effluent Central Research and Technology (CIT-INIA). Valdeolmos, Madrid, Spain. 11p.
- Karimian, E.; (2006). Monitoring of Macro-Benthic fauna as bio indicators of water quality at Gheslgh river, Sanandaj. M.Sc. thesis. Tehran University. 115 p. (in Persian)
- Loch, D.D.; West, J.L.; Perlmutter, D.G.; (1999). The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*; 147: 37-55.
- Ludwig, J.; Reynolds, J.F.; (1988). *Statistical ecology: A primer on methods and Computing*. A niley-interscience publication, America. 337p.
- Naderi, J.M.; Ahmadi, M.R.; Seifabadi, S.J.; Abdoli, A.; (2005). Study on the eefecys sewage of trout fish farms on quality of Haraz river. *Journal of Environmental Science*; 4(2): 21-36. (in Persian)
- Rosenberg, D.M.; (2004). Taxa tolerance. values. *Bull. Entomol. Soc. Can.*; 30: 144-152.
- Rosenberg, D.M.; Davies, I.J.; Cobb, D.G.; Wiens, A.P. (1999). *Protocols for maesuring Biodiversity: Benthic macroinvertebrates in Freshwaters*. Department of fisheries and Oceans, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba, 42 p.
- Rosenberg, D.M.; Resh, V.H.; (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macro invertebrates in freshwater*. Department of Fisheries and Oceans Freshwater Institute, Winnipeg, Mniotoba, 42 p.
- Sani, H.T.; (1996). Effects of fish farm sewage on river quality of Dohezar river. M.Sc. thesis. Tehran University. 115 p. (in Persian)
- Saraei, G.; (2005). Identification of Macro-Benthic structure of Chafrood river on Guilan province. M.Sc. thesis.

- Tarbiat Modarres University. 98 p. (in Persian)
- Selong, J.H.; Helfrich, L.A.; (1998). Impacts of Trout Culture Effluent on Water Quality and Biotic Communities in Virginia Headwater Streams *The Progressive fish-Culturist*; 60: 247-262
- Shannon, C.E.; Weaver, W.; (1949). The mathematical Theory of communication, *Bell System Technical Journal*; 27: 379-423.
- Spellman, F.R.; Drinan, J.E.; (2002). Stream ecology and self-purification, Lancaster Technomic Publication INC., USA, 261 p.
- Živić, I.; Marković, Z.; Filipović-Rojica, Z.; Živić, M.; (2009). Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Trešnjica River, Serbia). *Internat. Rev. Hydrobiol*; 94(6): 673-687.
- Živić, I.; Marković, Z.; Živić, M.; (2009). Influence of a trout farm on macrozoobenthos communities of the Trešnjica River, Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*; 61(3): 483-502.