

## بررسی کیفیت آب و توان تولید رودخانه اهرچای (آذربایجان شرقی) بر اساس جوامع بزرگ بی مهرگان کفزی

- **محمدرضا رحیمی بشر\***: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، صندوق پستی: ۱۶۱۶
  - **محمدرضا سیف‌ریحانی**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، صندوق پستی: ۱۶۱۶
  - **حر ترابی جفرودی**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، پردیس دانشگاه مازندران، بابلسر، صندوق پستی: ۹۵۴۴۷-۴۷۷۱۶
  - **مجید راستا**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸
  - **علی خدادوست**: باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶
  - **شهریار تقی‌پور**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، صندوق پستی: ۱۶۱۶
- تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۴

### چکیده

به منظور آگاهی از شرایط اکولوژیکی، کیفیت آب و تعیین توان تولید رودخانه اهرچای به مدت یک سال (از مهر ماه ۱۳۹۱ تا شهریور ۱۳۹۲) در ۱۲ ایستگاه به طور ماهانه از جوامع کفزیان نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری‌ها توسط سوربر انجام و نمونه‌ها در آزمایشگاه جداسازی، شناسایی، توزین و شمارش گردیدند. در این رودخانه ۱۲ خانواده از کفزیان شامل *Planaridae*، *Chironomidae*، *Caenidae*، *Heptagenidae*، *Gammaridae*، *Glossiphoniidae*، *Culicidae*، *Tubificidae*، *Lumbriculidae*، *Simulidae*، *Limnaeidae* و *Sphaeridea* شناسایی شدند. متوسط تعداد سالانه ۱۵۹/۸۳ عدد و زی توده ۱/۴۹ گرم در مترمربع تعیین گردید. بیش‌ترین تعداد (۲۷۷ عدد با زی توده ۲/۸ گرم در مترمربع) در شهریور ماه و کم‌ترین مقدار آن‌ها (۶۶ عدد با زی توده ۰/۵۹ گرم در مترمربع) در آذر ماه تعیین گردید که نشان از تغییرات زمانی کفزیان در این رودخانه بوده است. هم‌چنین بین میانگین‌های تعداد در مترمربع در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف، بر اساس آزمون  $F (p \leq 0.01)$  تفاوت معنی‌دار دیده شده است. طبقات کیفی با روش‌های بوئر تعیین و نتایج نشان دادند که ایستگاه ۱ در طبقه آبی I و دارای کیفیت خیلی خوب و سایر ایستگاه‌ها به طور متوسط در طبقه آبی II و در کیفیت خوب قرار داشته‌اند. متوسط سالیانه و ضریب زیستی  $Z=1/85$  و توان تولید جوامع کفزیان نیز ۱۷۰ کیلوگرم در هر هکتار از بستر تعیین شده است. هم‌چنین کیفیت آب این رودخانه با روش هیلسنهوف (HFBI) ۴/۹۸ و با کیفیت خیلی خوب تعیین گردید. بنابر نتایج حاصله، اهرچای یکی از زیستگاه‌های طبیعی سالم و کم‌تر در معرض ورود آلاینده و با تغییرات زمانی و مکانی کفزیان و دارای تولید طبیعی نسبتاً پایین ارزیابی گردید.

**کلمات کلیدی:** رودخانه اهرچای، بزرگ بی مهرگان کفزی، توان تولید، شاخص هیلسنهوف (HFBI)، کلاسه‌های آبی بوئر

## مقدمه

بی‌مهرگان کفزی، جانورانی با تحرک کم و وابسته به بستر اکوسیستم‌های آبی بوده که نسبت به تغییرات زیست محیطی و اکولوژیکی به شکل آرام از خود تغییر و سازش نشان داده و این مسئله باعث شده که آن‌ها در راس مطالعات حفاظت از آب‌های جاری قرار بگیرند (Farris و Stephens، ۲۰۰۴). ارزش بالای آن‌ها در ارزیابی آب‌های جاری به‌عنوان شاخص‌های زیستی سلامت رودخانه‌ها، تاریخچه طولانی داشته و امروزه در تمامی کشورها در پایش‌های زیستی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Webster و Wallace، ۱۹۹۶). جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی هر رودخانه تحت تاثیر خصوصیات اقلیمی و حوضه آبریز (Peeters و Mgardoniers، ۱۹۹۸)، کیفیت آب (Hellawell، ۱۹۸۶)، بستر (Chapman و همکاران، ۱۹۹۷)، ورودی آلودگی‌ها (Phipps و همکاران، ۱۹۹۵) و خصوصیات زیستی نظیر رقابت و شکارگری قرار دارند (Allan و همکاران، ۱۹۹۷). بیش‌تر شاخص‌های زیستی نیز براساس حساسیت و مقاومت این گروه‌ها نسبت به آلودگی‌ها خصوصاً آلودگی‌های مواد آلی پایه‌گذاری شده‌اند (Wright و همکاران، ۱۹۹۵). بررسی‌ها جهت پایش کیفیت آب رودخانه‌ها در ایران نیز هر روز گسترش یافته و باتوجه به اثرات انسانی و کاربردهای متفاوت آب‌های جاری اهمیت و جایگاه والایی یافته است. بخشی از این تحقیقات شامل: ارزیابی زیستی رودخانه زینه‌رود توسط بی‌مهرگان بزرگ کفزی (Varnosfaderany، ۲۰۱۰)، بررسی جوامع کفزی رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۷)، ارزیابی شاخص‌های زیستی در رودخانه کر (استوان و نیاکان، ۱۳۸۸)، ارزیابی زیستی رودخانه کر (حفار و همکاران، ۱۳۸۹) و دیگر مطالعات مشابه می‌باشد. بخش دیگر مطالعات کفزیان به بررسی توان تولید طبیعی رودخانه‌ها براساس میزان تولیدات ثانویه بنتوزی پرداخته که برخی از آن‌ها شامل: ارزیابی زی‌توده رودخانه آغشت و کردان و تعیین توان تولید آن (احمدی و همکاران، ۱۳۷۹)، ارزیابی توان تولید بنتوزی رودخانه لوندویل آستارا (قریب‌خانی و تاتینا، ۱۳۸۷)، ارزیابی توان تولید رودخانه شمروود (نون مقصودی و همکاران، ۱۳۸۲) و جوامع بنتوزی و توان تولید رودخانه پلرود (رحیمی‌بشر، ۱۳۸۰) می‌باشند.

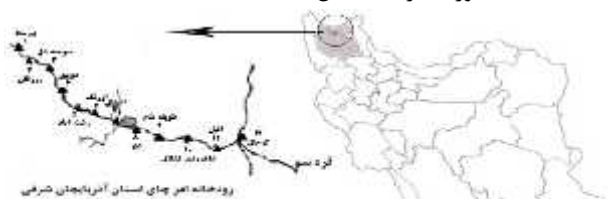
از مطالعات مشابه‌ای که در دیگر کشورها انجام گرفته می‌توان به بررسی ساختار جوامع کفزیان در ارتباط با تغییرات زیست محیطی و میزان غذا در کشور هلند (Peeters و همکاران، ۲۰۰۴)، تغییرات جوامع بنتوزی نهرها در اسلواکی با توجه به تغییرات میزان دبی آب (Pastuchova، ۲۰۰۶)، ارزیابی جویبارهای

مناطق معتدله تحت تاثیر شرایط هیدرولوژیک متفاوت (Morais و همکاران، ۲۰۰۴) ارزیابی کیفیت آب براساس شاخص‌های بیولوژی و پایش زیستی آب‌های جاری (Czerniawska-Kusza، ۲۰۰۵)، توزیع و تغییرات جوامع بنتوزی رودخانه‌های باسک اسپانیا (Rodrigues و Wright، ۱۹۹۱) و تاثیر تغییرات فصل و ارتفاع بر روی جوامع ماکروبنتوزی رودخانه پیرینه ایتالیا (Leunda و همکاران، ۲۰۰۹) اشاره نمود.

اهرچای یکی از رودخانه‌های دائمی آذربایجان شرقی است که از ارتفاعات پیرسقا در شرق شهرستان اردبیل سرچشمه گرفته و در مسیر آن چندین رودخانه کوچک‌تر نظیر کویجه‌بل، آذغانچای و چیچیک‌چای به آن وارد می‌شوند این رودخانه طولی حدود ۱۲۰ کیلومتر داشته و در شهرستان مشکین‌شهر به رودخانه قره‌سو پیوسته و در نهایت به رودخانه ارس می‌ریزد. اهرچای برای منطقه اهمیت اقتصادی و کشاورزی مهمی داشته که با توجه به طولانی بودن مسیر و ارزش بالای اکولوژیک تاکنون مطالعات پایش‌های زیستی بر روی آن انجام نگرفته است. با توجه به وجود دو کارگاه برداشت شن و وجود مزارع زیاد در اطراف پایین‌دست آن اهمیت این مطالعه بیش‌تر خودنمایی می‌کند. باتوجه به موارد فوق هدف از انجام این تحقیق: شناسایی جوامع کفزیان آن، بررسی تغییرات زمان و مکانی آن‌ها، ارزیابی کیفیت آب رودخانه توسط روش هیلسینهوف، تعیین توان تولید طبیعی بنتوزی و مشخص نمودن وضعیت اکولوژیک این اکوسیستم حساس و مهم بوده است.

## مواد و روش‌ها

با توجه به خصوصیات اکولوژیک رودخانه نظیر تغییر جنس و شیب بستر، سرعت جریان آب، وجود شاخه‌های فرعی، منابع آلاینده، موانع فیزیکی و مناسب بودن مسیرها جهت دسترسی و تغییرات انسانی نظیر سد و برداشت شن، ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب گردید. نمونه‌برداری‌ها در طول یک سال و به‌صورت ماهانه (از مهر ۹۱ تا شهریور ۹۲) از ایستگاه‌های انتخاب شده صورت گرفت (شکل ۱).



شکل ۱: منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه اهرچای

کفریان درحد خانواده جهت تعیین کیفیت آب رودخانه، از روش Hilsenhoff (۱۹۸۷) و از فرمول زیر استفاده گردید:

$$HFBI = \sum (n.vt) / N$$

$n$  = تعداد نمونه‌ها در هر خانواده،  $VT$  = ارزش تحمل هر خانواده،  $N$  = تعداد کل نمونه‌ها در تمام خانواده‌ها،  $HFBI$  = شاخص هیلسنهوف پس از تعیین مقادیر شاخص هیلسنهوف با استفاده از جدول ۱ کیفیت هر ایستگاه تعیین گردید.

نمونه‌برداری‌ها با استفاده از سوربر (سانتی‌متر  $50 \times 50$ ) و با ۳ تکرار در هر مرحله انجام شد. نمونه‌ها با فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان منتقل و پس از جداسازی، با استفاده از لوپ و کلیدهای شناسایی معتبر (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۲؛ Jessup، ۱۹۹۹؛ McCafferty و Provonsha، ۱۹۸۱؛ Usinger، ۱۹۶۳) تا حد امکان شناسایی، تعداد شمارش و زی‌توده نیز با ترازوی دیجیتالی دقیق ( $0.001$  گرم) توزین گردید. پس از شناسایی

جدول ۱: رابطه بین اعداد محاسبه شده در روش هیلسنهوف و کیفیت آب رودخانه

HFBI	کیفیت آب	درجه آلودگی آب
۰-۳/۷۵	عالی	بدون آلودگی آلی
۳/۷۶-۴/۲۵	خیلی خوب	آلودگی آلی بسیار ناچیز
۴/۲۶-۵/۰۰	خوب	مقداری آلودگی آلی
۵/۰۱-۵/۷۵	متوسط	آلودگی آلی درحد نسبتاً قابل ملاحظه
۵/۷۶-۶/۵۰	متوسط ضعیف	آلودگی آلی قابل ملاحظه
۶/۵۱-۷/۲۵	بد	آلودگی آلی خیلی زیاد
۷/۲۶-۱۰/۰۰	خیلی بد	آلودگی آلی شدید

جدول ۳: طبقه کیفی آب و معادل وضعیت زیستی آن‌ها به روش بوئر (Bauer، ۱۹۸۰)

$Z=1-1/5$	کلاسه آبی I	$Z=1/5-2/5$	کلاسه آبی II
$Z=2/5-3/5$	کلاسه آبی III	$Z=3/5-4$	کلاسه آبی IV

در ابتدا ارزش زیستی هر یک از ایستگاه‌ها به صورت جداگانه محاسبه پس از آن از میانگین کل ایستگاه‌ها، ارزش بیولوژیک رودخانه تعیین می‌شود. هرگاه عدد به دست آمده برای ارزش بیولوژیک یک رودخانه بالای  $2/5$  باشد آن رودخانه هیچ‌گونه ارزش اقتصادی و شیلاتی نداشته حتی برای گونه‌های کم توقع نیز مناسب نیست. ولی هرگاه عدد به دست آمده برای ارزش بیولوژیک زیر  $2$  باشد آن رودخانه دارای ارزش اقتصادی و قابلیت سرمایه گذاری برای کاربردهای شیلاتی را دارد (Bauer، ۱۹۸۰). برای محاسبه توان تولید در هر یک از ایستگاه‌ها نیز از فرمول زیر استفاده گردید:

$$\text{توان تولید} = \frac{R \times Z}{S}$$

در رابطه فوق  $n$  مجموع ارزش فراوانی (جدول ۱) و  $Z$  وضعیت بیولوژیک (جدول ۲) هر ایستگاه می‌باشد. مساحت رودخانه نیز از رابطه زیر به دست آمده است:

$$\text{طول رودخانه} \times \text{عرض رودخانه} = \text{مساحت رودخانه}$$

جهت تعیین تفاوت بین میانگین‌های تعداد و زی‌توده در ایستگاه‌ها و تفاوت‌های زمانی از آزمون  $F$  و برای رسم نمودارها از نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شده است.

جهت محاسبه توان تولید رودخانه نیز از روش ساپروبی (Bauer، ۱۹۸۰) و با توجه به ارزش فراوانی نمونه‌ها در هر ایستگاه (جدول ۲) و طبقه کیفی آب (جدول ۳) استفاده گردید.

جدول ۲: ارزش‌گذاری تعداد نمونه‌ها براساس فراوانی آن‌ها در هر ایستگاه (Bauer، ۱۹۸۰)

فراوانی	فراوانی	فراوانی	نمونه‌های
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	منفرد
$20 < \text{عدد}$	$3 = 20-7$ عدد	$2 = 7-2$ عدد	$1 = \text{عدد}$

با توجه به فراوانی، حساسیت و یا مقاومت هر موجود کفزی به یک کلاسه آبی تعلق گرفته و جهت تعیین وضعیت بیولوژیکی هر ایستگاه از فرمول زیر استفاده گردیده است (Bauer، ۱۹۸۰):

$$Z = \frac{\sum O + 2\sum \beta + 3\sum \alpha + 4\sum p}{\sum n}$$

در این جا  $Z$  نشان‌دهنده ارزش بیولوژی ایستگاه،  $O$  مجموعه موجوداتی محدوده Oligosaprob و  $\beta$  مجموع موجودات  $\beta$ -mesosaprob و  $\alpha$  مجموع موجوداتی  $\alpha$ -mesosaprob و  $p$  مجموعه موجودات ناحیه polysaprob و  $\sum n$  مجموعه فراوانی کل نمونه‌ها را نشان می‌دهند. با توجه به نتایج به دست آمده برای  $Z$  از جدول ۳ جهت تعیین طبقه کیفی آب هر ایستگاه استفاده گردید.



## نتایج

گرم در مترمربع تعیین گردید. نتایج نشان دادند که در فصل تابستان میانگین زی توده افزایش و بیشینه تعداد ۲۷۷ عدد با زی توده ۲/۸ گرم در مترمربع در شهریور ماه و کمترین مقدار آن‌ها ۰/۵۹ گرم در مترمربع در آذر ماه تعیین شد (جدول ۴ و ۵). تفاوت بین میانگین‌های تعداد در ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف، براساس آزمون F (p ≤ ۰/۰۱) معنی‌دار بوده است.

در این مطالعه ۱۲ خانواده از بزرگ بی‌مهرگان کفزیان شامل خانواده‌های: Tubificidae, Lumbriculidae, Planaridae, Caenidae, Heptagenidae, Culicidae, Gamaridae, Glossiphoniidae, Sphaeridea و Limnaeidae, Simulidae, Chironomidae شناسایی شدند. میانگین تعداد ۱۵۹/۸۳ عدد و زی توده ۱/۴۹

جدول ۴: میانگین تعداد و زی توده بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه اهرچای در ماه‌های مختلف

ماه‌های سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
تعداد در مترمربع	۷۱±۱۵ <sup>a</sup>	۲۰۸±۱۳ <sup>b</sup>	۲۱۲±۱۱ <sup>b</sup>	۲۱۴±۱۷ <sup>b</sup>	۲۷۱±۱۸ <sup>b</sup>	۲۷۷±۱۰ <sup>b</sup>	۲۰۵±۱۷ <sup>b</sup>	۱۴۹±۲۱ <sup>ab</sup>	۶۶±۲۲ <sup>a</sup>	۷۴±۲۳ <sup>a</sup>	۷۹±۲۴ <sup>a</sup>	۹۲±۱۷ <sup>a</sup>
زی توده گرم/مترمربع	۰/۶۹	۱/۷۲	۱/۹	۲/۱۶	۲/۷۵	۲/۸	۱/۸۴	۱/۲۷	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۷۱	۰/۸۲

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین ماه‌های سال می‌باشد (p < ۰/۰۱).

جدول ۵: میانگین تعداد و زی توده بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه اهرچای در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تعداد در مترمربع	۱۰۳±۱۵ <sup>ab</sup>	۹۸±۱۳ <sup>a</sup>	۸۳±۱۱ <sup>a</sup>	۱۲۱±۱۷ <sup>ab</sup>	۱۳۲±۱۸ <sup>ab</sup>	۸۸±۱۰ <sup>a</sup>	۱۵۵±۱۷ <sup>b</sup>	۲۳۲±۲۱ <sup>b</sup>	۲۶۱±۲۲ <sup>b</sup>	۲۹۸±۲۳ <sup>b</sup>	۲۱۵±۲۴ <sup>b</sup>	۱۵۳±۱۷ <sup>b</sup>
زی توده گرم/مترمربع	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۷۳	۱/۳	۲/۳	۲/۸۳	۳/۳	۱/۸	۱/۳۴

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها می‌باشد (p < ۰/۰۱).

که در ایستگاه‌های ۱ تا ۶ میزان آن کم‌تر از ایستگاه‌های ۶ تا ۱۲ بوده و کم‌ترین در ایستگاه ۳ و بالاترین میزان نیز در ایستگاه ۱۰، مشاهده شده است (جدول ۷). تفاوت بین میانگین‌های ماه‌های مختلف سال، از نظر زی توده نیز معنی‌دار بوده است.

شناسایی خانواده‌ها نشان دادند که خانواده‌های Lumbriculidae, Tubificidae, Gamaridae, Heptagenidae و Chironomidae در طول چهار فصل در رودخانه حضور داشته و خانواده Chironomidae در بهار بالاترین درصد و در تابستان به حداقل میزان خود رسیده است (جدول ۶). زی توده کفزیان بر حسب ایستگاه، نشان می‌دهند

جدول ۶: درصد فراوانی خانواده‌های کفزیان در فصول مختلف در رودخانه اهرچای

خانواده موجودات بنتیک	بهار %	تابستان %	پاییز %	زمستان %
Planaridae	-	۰/۶۶	۱/۱۹	-
Lumbriculidae	۲۱/۳۸	۲۲/۱۸	۱۶/۱۹	۲۸/۹۸
Tubificidae	۴/۰۷	۱/۴۴	۸/۳۳	۱۱/۰۲
Glossiphoniidae	۱/۲۲	۰/۹۲	۱/۱۹	-
Gamaridae	۳/۰۵	۰/۶۶	۳/۵۷	۵/۷۱
Heptagenidae	۱۸/۳۳	۴۲/۹۱	۴۱/۴۳	۳۸/۷۷
Simulidae	۵/۲۹	۹/۰۵	۱۵/۲۴	-
Culicidae	-	۰/۲۶	-	-
Limnaeidae	-	۰/۱۳	۰/۲۴	-
Sphaeridae	-	۰/۲۶	-	-
Caenidae	-	۲۱/۱۳	۰/۴۸	۰/۴۱
Chironomidae	۴۶/۶۴	۰/۳۹	۱۲/۱۴	۱۵/۱۰



و کل تولیدات رودخانه ۱۰۲۰۰ کیلوگرم محاسبه گردید. شاخص هیلسنهوف (HFBI) در ایستگاه ۱ برابر ۳/۸۱ و دارای کیفیت آب خیلی خوب و آلودگی آلی بسیار ناچیز و ایستگاه ۸ (اهر) HFBI=۶/۱۳ در محدوده آلوده قابل ملاحظه و کیفیت متوسط تا ضعیف قرار داشته و میانگین کیفیت آب رودخانه در وضعیت خوب و دارای مقدار کم آلودگی آلی تعیین شد (جدول ۷).

ارزیابی وضعیت بیولوژیک ایستگاه‌ها نشان داد که ایستگاه ۱ (پیرسقا) با وضعیت زیستی ۱/۴۶، کم‌ترین میزان آلودگی آلی و ایستگاه ۸ با وضعیت زیستی ۲/۳۵ بالاترین میزان آلودگی آلی را داشته‌اند. میانگین کل رودخانه نیز در کلاسه آبی II قرار داشته است. میانگین تولید در رودخانه اهرچای ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به طول کل رودخانه (۱۲۰ کیلومتر) و عرض متوسط رودخانه (۵ متر) مساحت رودخانه ۶۰ هکتار برآورد شده

جدول ۷: میانگین زی توده، وضعیت زیستی، توان تولید و تعیین کیفیت آب با روش هیلسنهوف در رودخانه اهرچای

ایستگاه	میانگین زی توده گرم/مترمربع	وضعیت زیستی Z	توان تولید کیلوگرم/ه	کلاسه آبی	HFBI مقادیر هیلسنهوف	کیفیت آب	درجه آلودگی آب
۱	۰/۸۶	۱/۴۶	۱۶۴	I	۳/۸۱	خیلی خوب	آلودگی آلی بسیار ناچیز
۲	۰/۸۱	۱/۹۳	۱۴۵	II	۴/۳۱	خوب	مقداری آلودگی آلی
۳	۰/۷۵	۲/۰۴	۱۰۸	II	۴/۶۲	خوب	مقداری آلودگی آلی
۴	۰/۹۱	۱/۸۸	۱۹۱	II	۴/۵۳	خوب	مقداری آلودگی آلی
۵	۰/۹۷	۲/۰۹	۱۶۳	II	۴/۴۶	خوب	مقداری آلودگی آلی
۶	۰/۷۳	۲/۰۷	۱۳۵	II	۴/۳۸	خوب	مقداری آلودگی آلی
۷	۱/۳	۲/۰۴	۲۱۶	II	۵/۰۸	متوسط	آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل ملاحظه
۸	۲/۳	۲/۳۵	۱۷۰	II	۶/۱۳	متوسط ضعیف	آلودگی آلی قابل ملاحظه
۹	۲/۸۳	۲/۳۲	۱۶۴	II	۶/۰۱	متوسط ضعیف	آلودگی آلی قابل ملاحظه
۱۰	۳/۳	۲/۲۰	۱۸۲	II	۵/۷۴	متوسط	آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل ملاحظه
۱۱	۱/۸	۲/۰۴	۲۱۶	II	۵/۶۱	متوسط	آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل ملاحظه
۱۲	۱/۳۴	۱/۲	۱۹۰	II	۵/۱۴	متوسط	آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل ملاحظه
میانگین	۱/۴۹	۱/۸۵	۱۷۰	II	۴/۹۸	خوب	مقداری آلودگی آلی

مختلف شناسایی، که تغییرات رسوبات نیز عامل تاثیرگذار دیگر تعیین شده است.

بررسی‌های نوان مقصودی و همکاران (۱۳۸۲) نیز حاکی از کاهش جمعیت بنتوزها در پاییز (به دلیل سیلاب) و زمستان (به دلیل کاهش دما) در رودخانه شمرود بوده است. هم‌چنین در بررسی‌های Khan و همکاران (۲۰۰۷) بر روی رودخانه Mouri بنگلادش، ۲۰ خانواده از بنتوزها شناسایی شده که خانواده‌های Tubificidae، Chironomidae و Lymnaeidae بیش‌ترین حضور را داشته و میانگین تعداد در ایستگاه‌های بالادست، ۶۴۰ عدد و در ایستگاه پایین‌دست، ۹۸۵ عدد بوده که به دلیل افزایش مواد غذایی، تعداد بالا رفته است که در اهرچای نیز زی توده بنتوزی در پایین‌دست بالاتر تعیین شده است. از دیدگاه شاخص‌های زیستی در اهرچای راسته Ephemeroptera دارای فراوانی بسیار بالا و خانواده Tubificidae دارای فراوانی بسیار کمی بودند که نشان از سلامت این اکوسیستم داشته است. براساس مطالعات حسین‌پور (۱۳۷۴) بر روی رودخانه‌های سیاه درویشان میانگین ماهیانه بنتوزها در ۹ ایستگاه ۹۶۱ عدد (۹/۵ گرم) و در ۱۲

## بحث

حضور موجودات زنده در یک اکوسیستم تصادفی نبوده و مجموعه‌ای از عوامل زیست محیطی است که حضور و فراوانی گونه‌ها را تعیین می‌کند. بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی منابع آبی محسوب شده و عواملی نظیر اکسیژن محلول و دمای آب و میزان آلودگی بر جوامع آن‌ها تاثیر محسوسی را نشان داده و زی توده آن‌ها نیز عمدتاً تابعی از مواد آلی بستر و جریان آب رودخانه می‌باشد (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰).

در اهرچای نیز تغییرات فصلی و خصوصیات اکولوژیک رودخانه بر روی فراوانی و تنوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی اثر داشته و در شهریور ماه به دلیل دمای بالای آب تعداد کل افزایش و در آذرماه به دلیل سیلاب‌های پائیزی در پایین‌ترین میزان قرار داشته است. مطالعات Zinn و Cuomo (۱۹۹۷) در رودخانه Lower west نیز نشان از کاهش شدید زی توده بنتوزها در فصل پائیز به دلیل سیلاب‌های فصلی بیان شده و ۱۵ جنس



مقایسه وضعیت بیولوژیکی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که ایستگاه ۱ با وضعیت بیولوژیکی ۱/۴۶ در کلاسه I و بقیه ایستگاه‌ها وضعیت اکولوژیکی ۱/۵-۲/۵ داشته و در کلاسه II جای می‌گیرند. بالاترین وضعیت اکولوژیکی در ایستگاه هشت و ۲/۳۵ بوده که ورود قسمتی از فاضلاب شهری به رودخانه می‌تواند از دلایل این امر باشد. از ایستگاه ۸ به بعد، دوباره وضعیت بیولوژیکی کاهش یافته که نشان از بهبود وضعیت آب از نظر آلودگی است.

بررسی‌های نوان مقصودی و همکاران (۱۳۸۲) بر روی رودخانه شمرود سیاهکل نشان‌دهنده توان تولید ۳۴۸ کیلوگرم بر هکتار است که در مقایسه با اهرچای (۱۷۰ کیلوگرم بر هکتار) می‌توان گفت که میزان تولیدات بسیار بالایی نسبت به اهرچای دارد. میانگین سالانه Z در رودخانه شمرود نسبت به رودخانه اهرچای پایین است که دلیل بر آلودگی کم‌تر این رودخانه نسبت به اهرچای است. همچنین مقایسه کیفیت آب ایستگاه‌ها براساس روش هیلسنهوف نشان داد که ایستگاه ۱ به‌دلیل، صعب العبور بودن، فاقد آلاینده مشخص و دارای کیفیت خیلی خوب و ایستگاه ۸ (اهر) به‌دلیل وارد شدن پساب تصفیه خانه فاضلاب دارای کیفیت آب متوسط ضعیف است. بررسی‌های Wang و همکاران (۲۰۰۶) بر روی بنتوزهای نهرهای کم عمق و دارای مانع در آمریکای شمالی نشان می‌دهد که میانگین این شاخص ۴/۷ بوده در محدوده بین ۸-۰/۸ می‌باشد که معمولاً در بالادست این شاخص کم و کیفیت آب عالی و در پایین‌دست کیفیت آب بد یا بسیار بد می‌باشد در مقایسه با اهرچای نیز این امر به‌صورت ضعیف‌تر خودنمایی می‌کند.

در اهرچای از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۶ شاخص هیلسنهوف با یک آهنگ ملایم افزایش می‌یابد که دلیل این امر می‌تواند ورود مواد آلی طبیعی (برگ درختان و بیشه‌زارهای حاشیه رودخانه) باشد و در ایستگاه ۷ کیفیت آب رودخانه متوسط است که پایین بودن شیب رودخانه و وجود مزارع کشاورزی و ورود کودهای شیمیایی می‌تواند دلیل این امر باشد. در ایستگاه ۸ شاخص هیلسنهوف به بالاترین حد خود به‌دلیل ورود پساب فاضلاب می‌رسد و پس از آن به تدریج به‌دلیل خاصیت خودپالایندگی رودخانه کاهش می‌یابد به‌طوری‌که از ایستگاه‌های ۱۰ به بعد شاخص متوسط کیفیت آب وجود دارد. البته میانگین کل شاخص هیلسنهوف ۴/۹۸ و کیفیت خوب رودخانه با مقداری آلودگی آلی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، رودخانه اهرچای را باید از زیستگاه‌های طبیعی سالم و کم‌تر در معرض ورود آلاینده‌ها ارزیابی کرد.

ایستگاه رودخانه‌های سیاه درویشان و پسیخان ۵۴۶ عدد (۵/۴) گرم) در هر مترمربع گزارش گردیده که در مقایسه با اهرچای بسیار بالاتر است. میانگین تعداد بنتوزها در رودخانه‌های سیاه درویشان و پسیخان در بهار حداکثر و در پاییز حداقل بوده در حالی که در اهرچای در پاییز حداقل و در تابستان در حداکثر قرار دارد. در بررسی ایستگاه‌های مختلف در اهرچای، ایستگاه ۱۰ در پایین‌دست رودخانه بالاترین میانگین زی‌توده را دارد در ایستگاه ۱۱ نسبت به ایستگاه ۱۰ (شاهوردی قشلاق) میزان زی‌توده کاهش یافته که دلیل این امر وجود کارگاه ماسه‌شویی بین دو ایستگاه است که باعث تخریب قسمتی از مسیر رودخانه و نیز گل آلودگی آب می‌گردد. در ایستگاه ۱۲ میزان زی‌توده باز هم کاهش می‌یابد که دلیل این امر ادغام شدن اهرچای با قره‌سو و خیابو چای و افزایش دبی آب و شیب زیاد بستر است. به‌طور کلی می‌توان خانواده Heptagenidae و Caenidae رابطه مستقیمی با مواد آلی بستر دارند و از پوشش‌های جلبکی موجود در سطح سنگ‌ها و گیاهان آبی و هم‌چنین مواد آلی موجود در بستر تغذیه می‌کنند و در تمامی ایستگاه‌های اهرچای یافت می‌شوند و درصد یافت آن‌ها نسبتاً به سایر موجودات در تابستان بالاتر است. خانواده Planaridae در آب‌های پاک، سرد و دائمی مانند چشمه‌ها و نهرها وجود دارند و اغلب در زیر سنگ‌ها، شاخه‌ها و برگ‌های گیاهان آبی یافت می‌شوند (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). در اهرچای فقط در ایستگاه (بیرسقا) یعنی منشاء رودخانه وجود دارند. هم‌چنین خانواده Lumbriculidae در اهرچای در مناطقی که حاشیه رودخانه دارای بار آلی زیادی است و به‌وفور یافت می‌شود و در ایستگاه‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ خانواده Chironomidae در تمام طول سال وجود دارند و درصد حضور شیرو نومیده در بهار به حداکثر میزان و در تابستان به حداقل میزان خود می‌رسد که نشان‌گر کاهش شدید این کفزیان در فصل تابستان است. خانواده Tubificidae در اهرچای در ایستگاه‌های پایین‌دست که شیب رودخانه کم بوده و آب حالت راکد دارد (ایستگاه‌های ۸ و ۹) دیده شده و خانواده Sphaeriidae از دوکفه‌ای‌ها به تعداد بسیار محدود در برخی ایستگاه‌ها یافت می‌شوند. در مجموع می‌توان گفت که در پایین‌دست رودخانه تنوع و وضعیت کیفی رودخانه تغییر می‌کند. حضور خانواده‌های Planaridae و Gamaridae در بالادست و عدم حضور آن‌ها در پایین‌دست و حضور خانواده‌هایی مانند Lumbriculidae و Tubificidae در پایین‌دست نشان از کاهش کیفیت آب این رودخانه دارد.

across multiple spatial scales. *Freshwater Biology*. Vol. 37, pp: 149-161.

11. Bauer, W., 1980. Gewässergütebestimmen und beurteilen. PaulParey, Hamburg und Berlin, 144 p.
12. Chapman, P.M.; Anderson, B.; Carr, S.; Engle, V.; Green, R.; Hameedi, J.; Harmon, M.; Haverland, P.; Hyland, J.; Ingersoll, C.; Long, E.; Rodgers Jr, J.; Salazar, M.; Sibley, P.K. and Windom, H., 1997. General guidelines for using the sediment quality triad. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 34, No. 6, pp: 368-372.
13. Cuomo, C. and Zinn, G.A., 1997. Benthic invertebrates of the lower West River. Restoration of an urban salt marsh: an interdisciplinary approach. pp: 152-161.
14. Czerniawska-Kusza, I., 2005. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*. Vol. 35, No. 3, pp: 169-176.
15. Hilsenhoff, W.L., 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist*. Vol. 20, No. 1, pp: 31-40.
16. Hellawell, J.M., 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier, London. 546 p.
17. Jessup, B.K., 1999. Family Level Key to the Stream Benthic invertebrates of Maryland and Surrounding Areas. Maryland Department of Natural Resources, Resources Assessment service, USA. 287 p.
18. Khan, A.N.; Kamal, D.; Mahmud, M.M.; Rahman, M.A. and Hossain, M.A., 2007. Diversity, distribution and abundance of benthos in Mouri River, Khulna, Bangladesh. *International Journal of Sustainable Crop Production*. Vol. 2, No. 5, pp: 19-23.
19. Leunda, P.M.; Oscoz, J.; Miranda, R. and Ariño, A.H., 2009. Longitudinal and seasonal variation of the benthic macroinvertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean River. *Ecological Indicators*. Vol. 9, pp: 52-63.
20. Lliopoulou-Georgudaki, J.; Kantzatis, V.; Katharios, P.; Kaspiris, T. and Montesantou, B., 2003. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers alfeios and pineios. *Ecological Indicators*. Vol. 2, pp: 345-360.
21. McCafferty, W.P. and Provonsha, A.V., 1981. *Aquatic Entomology, the Fishermens and Ecologists Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publishers Boston London. 448 p.
22. Morais, M.; Pinto, P.; Guilherme, P.; Rosado, J. and Antunes, I., 2004. Assessment of temporary streams: the robustness of metric and multi metric indice sunder different hydrological conditions. *Hydrobiologia*. Vol. 516, pp: 229-249.
23. Pastuchova, Z., 2006. Macroinvertebrate assemblages in conditions of low-discharge streams of the Cerovávrchovina highland in Slovakia. *Limnologia*. Vol. 36, pp: 241-250.
24. Peeters, E.T.H. and Mgardeniens, J.J.P., 1998. Logistic regression as a tool for defining habitat requirements of two common gammarids. *Freshwater Biology*. Vol. 39, pp: 605-615.
25. Peeters, E.T.; Gylstra, R. and Vos, J.H., 2004. Benthic macroinvertebrates community structure in relation to food and environmental variables. *Hydrobiologia*. Vol. 519, No. 1-3, pp: 103-115.

## تشکر و قدردانی

از همکاری اداره محیط زیست منطقه به جهت مجوز نمونه برداری و از مسئولین آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان به جهت همکاری در شناسایی نمونه‌ها تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

## منابع

۱. احمدی، م.ر.؛ کرمی، م. و کاظمی، ر.، ۱۳۷۹. تعیین زی توده و برآورد تولید در رودخانه‌های آغشت و کردان. مجله منابع طبیعی ایران. سال ۵۳، شماره ۱، صفحات ۳ تا ۲۰.
۲. احمدی، م. و نفیسی، م.، ۱۳۸۰. شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خبیر تهران. ۲۴۰ صفحه.
۳. استوان، ه. و نیاکان، ج.، ۱۳۸۸. برآورد شاخص زیستی و کیفیت آب رودخانه کر در فصل پائیز با استفاده از فون حشرات آبری. مجله علمی گیاه‌پزشکی. سال ۱، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۱.
۴. حسین پور، ن.، ۱۳۷۴. بررسی منابع ماکروژنوبنتیک رودخانه‌های سیاه درویشان و پسیخان. مجله شیلات ایران. دوره ۴، شماره ۳، صفحات ۸ تا ۲۰.
۵. حفار، م.؛ احمدی، م.ر. و یحیوی، م.، ۱۳۸۹. ارزیابی رودخانه کر (استان فارس) در فصول مختلف با استفاده از ساختار جمعیتی ماکروبنتوز. مجله آبیان و شیلات. سال ۱، پیش‌شماره ۲، صفحات ۲۱ تا ۳۴.
۶. رحیمی بشر، م.ر.، ۱۳۸۰. ارزیابی توان تولید طبیعی بنتوزی رودخانه پلرود. مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۵۳، صفحات ۱۸ تا ۲۲.
۷. میرزاجانی، ع.؛ قانع‌سازان‌سرایبی، ا. و خداپرست شریفی، ح.، ۱۳۸۷. ارزیابی کیفی رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی براساس جوامع کفزیان. مجله محیط شناسی. شماره ۴۵، صفحات ۳۱ تا ۳۸.
۸. قریب‌خانی، م. و تاتینا، م.، ۱۳۸۷. توان تولید طبیعی رودخانه لوندویل آستارا براساس جوامع کفزیان. مجله شیلات. سال ۲، شماره ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۵.
۹. نوان‌مقصودی، م.؛ احمدی، م.ر. و کیوان، ا.، ۱۳۸۲. بررسی توان تولید براساس تنوع و فراوانی کفزیان در رودخانه شمرود سیاهکل. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۲، شماره ۲، صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۸.
10. Allan, J.D.; Erickson, D.L. and Fay, J., 1997. The influence of catchment land use on stream integrity



26. Phipps, G.L.; Mattson, V.R. and Ankley, G.T., 1995. Relative sensitivity of three freshwater benthic macroinvertebrates to ten contaminants. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 28, pp: 281-286.
27. Rodri'guez, P. and Wright, J.F., 1991. Description and evaluation of a sampling strategy for macroinvertebrate communities in Basque Rivers (Spain).Hydrobiologia. Vol. 213, pp: 113-124.
28. Stephens, W.W. and Farris, J.L., 2004. Instream community assessment of aquaculture effluents. Aquaculture. Vol. 112, pp: 149-162.
29. Usinger, R.L., 1963. Aquatic Insects of California. University of California press, USA. 456 p.
30. Varnosfaderany, M.N.; Ebrahimi, E.; Mirghaffary, N. and Safyanian, A., 2010. Biological assessment of the ZayandehRud River, Iran, using benthic macro invertebrates. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters. Vol. 40, No. 3, pp: 226-232.
31. Wang, I.; Weigel, B.; Knel, P. and Lonman, K., 2006. Influence of Riffle and sang habitat specific sampling on streammacroinvertebrate assemblage measures in bioassessment. Enviromental monitoring assessment. Vol. 119, No. 1-3, pp: 245-273.
32. Wallace, J.B. and Webster, J.R., 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. Annual Review of Entomology. Vol. 41, pp: 115-139.
33. Wright, I.A.; Chessman, B.C.; Fairweather, P.G. and Benson, L.J., 1995. Measuring the impact of sewage effluent on the macroinvertebrate community of an upland stream: The effect of different levels of taxonomic resolution and quantification. Australian Journal of Ecology. Vol. 20, pp: 142-149.

