پایش کیفی آب بر اساس شاخص‌های تنوع زیستی کفزیان (مطالعه موردی: تالاب شادگان)

حدیث جعفرآقایی[۱]
مریم محمدی روزبهانی[۱*]
عبدالرحمن راسخ[۲]

۱. گروه محیطزیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. گروه آمار و ریاضی، دانشگاه چمران، اهواز، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
Mmohammadiroozbahani@iau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۵

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

این مطالعه در سال ۱۳۹۱ در ۶ ایستگاه تعیین شده در تالاب شادگان انجام شد. نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان انجام گرفت. نمونه‌برداری شامل نمونه‌برداری از رسوبات بستر و نمونه‌برداری از آب جهت تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب است. درصد مواد آلی و دانه‌بندی رسوبات نیز تعیین گردید.در طول دو فصل نمونه‌برداری جمعاً ۱۶ گونه از ۵ رده جانوری ماکروبنتوزها شناسایی و شمارش شد. در بین رده‌های شناسایی شده بیش‌ترین درصد فراوانی مربوط به رده شکم‌پایان و پس از آن رده دوکفه‌ای‌ها در دو فصل بوده است. نتایج حاصل از بررسی‌های پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نشان داد که بین ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در فصول بهار و تابستان از نظر شوری و EC اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$) درحالی‌که پارامترهای دما، DO و pH بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری و بین دو فصل دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($P<0/05$). بر اساس نتایج حاصل از درصد مواد آلی، بیش‌ترین مقدار درصد مواد آلی رسوبات مربوط به فصل تابستان (۲/۱۳ ± ۱۰/۷۷) و پس از آن مربوط به فصل بهار (۰/۸۷ ۰/۹۹±) است. نتایج آنالیز آماری نشان داد بین میانگین درصد مواد آلی رسوبات در دو فصل اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<0/05$). جهت ارزیابی تنوع زیستی بی‌مهرگان از شاخص‌های تنوع زیستی شانون (H')، شاخص سیمپسون ، کامارگو، بریلیون و N1 استفاده شد. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که شاخص‌های N1 و شانون در بین دو فصل اختلاف معنی‌داری دارند ($P<0/05$). میانگین شاخص شانون در فصل بهار با (۰/۰۸±۳/۱۸) و در فصل تابستان با (۰/۰۵±۲/۷۹) به ثبت رسید که نشان دهنده تنوع بالای ماکروبنتوزها در فصل بهار است. بیشترین مقدار شاخص سیمپسون و کامارگو در فصل تابستان به ثبت رسید. بالاترین میزان شاخص‌های شانون، بریلیون و N1 در فصل بهار بوده است. همچنین دامنه شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مورد مطالعه دو فصل مطابق الگوی ولچ نشان دهنده کیفیت نسبتاً آلوده آب و وضعیت ناپایدار و نامطلوب اکولوژیکی بویژه در فصل تابستان است.

واژگان کلیدی: تالاب شادگان، ماکرو بنتوز، شاخص‌های تنوع زیستی،کفزیان بزرگ جثه

مقدمه

تالاب‌ها با توجه به دارا بودن کاربری‌های مفید چندجانبه، ارزش‌های متنوع و جذابیت‌های خاص و به‌عنوان یکی از خاستگاه‌ها و حامیان تنوع زیستی در کره زمین همواره مورد توجه بوده‌اند. تالاب‌ها زیستگاه طبیعی گونه‌های فراوانی از آبزیان است که هر یکتا حدودی دارای فون و فلور مخصوص به خود می‌باشد. امروزه گسترش فعالیت‌های صنعتی و احیا اراضی، تخلیه پساب‌ها (کشاورزی، صنعتی، خانگی و...) از عوامل مهم در تغییر و کاهش کیفیت این اکوسیستم‌های ذی‌قیمت هستند. به‌طوری‌که در بسیاری از تالاب‌های آلوده، جوامع زیستی با محدودیت مواجه شده‌اند و ذخایر آن‌ها نظیر ماهیان بومی، جلبک‌ها، بی‌مهرگان کفزی و سایر جوامع ساکن آنها رو به نابودی هستند. بنا به عقیده روزنبرگ مهم‌ترین ذخایر آبزی نهرها و رودخانه ها، بی‌مهرگان کفزی ساکن آنها می‌باشند که در شبکه‌ی غذایی و تولیدات رودخانه نقش اساسی دارند (Rosenberg, 1999). همچنین برای تعیین کیفیت محیطی رودخانه‌ها و تالاب‌ها و پایش بیولوژیکی آنها به کار می‌روند. در این راستا، موجودات شاخص و عکس‌العمل‌های آنها را نسبت به شرایط محیطی در نظر می‌گیرند. بطورکل محققین، اندازه

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب را به مانند برداشت عکس و بررسی بیولوژیکی (بخصوص ماکرو بنتوزها) را مشابه تهیه فیلم ویدیویی از یک اکوسیستم می‌دانند (Metcalfe, 1989). در واقع تنها راه عملی و به صرفه اقتصادی برای تعیین سلامت اکولوژیکی آب‌ها و تعیین اینکه آیا فعالیت‌های انسانی موجب کاهش کیفیت آنها می‌شود، ارزیابی و پایش بیولوژیکی است (Lenat, 1993). ایده اصلی فرابینی زیستی بسیار ساده است زیرا انواع جانداران نهرها در شرایط معین کیفیت آب قادر به حیات‌اند. زمانی که شرایط تغییر می‌کند، مثلاً وقتی که یک تالاب و رودخانه مقادیر قابل‌توجهی از آلودگی دریافت می‌نماید، فراوانی، توزیع و ترکیب جمعیت موجودات آبزی در منطقه مورد اثر تغییر می‌کند اگرچه ماهیان و جلبک‌ها در برنامه‌های فرابینی زیستی کاربرد دارند ولی بی‌مهرگان کفزی از رایج‌ترین ارگانیزم‌های بکار رفته در این مقوله‌اند. جالب است بدانیم که در همین راستا تعداد شاخص‌های زیستی که بر پایه اجتماعات بی‌مهرگان کفزی است حدود ۵ برابر تمام شاخص‌هایی است که در ارتباط با سایر گروه‌ها (جلبک‌ها و ماهیان) وجود دارد. همچنین رینولدسون بیان می‌دارد که بی‌مهرگان کفزی، مؤثرترین گروه بوده و امروزه از اساسی‌ترین اجزای بیولوژی محیط‌های آبی هستند که به کمک آنها و با استفاده از ترکیب جمعیتشان و تکیه بر گروه‌های شاخص، شرایط کیفی آب‌ها مشخص می‌شود (Reynoldson, 1992). بی‌مهرگان کفزی جانوری یا زئوبنتوزها ساکنان رایج در محیط‌های آبی بوده و حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در بستر آبگیرها سپری می‌کنند و بر روی الک‌های با منافذ ۵۰۰ میکرون (نیم میلی‌متر) باقی می‌مانند (Rosenberg, 1999). چندین ویژگی موجب شده که این موجودات بیشتر مورد توجه متخصصان پایش بوم سازه‌های آبی باشند.

ازجمله این ویژگی‌ها می‌توان به این موارد اشاره نمود: آنها در همه آبگیرها حضور دارند. تنوع گونه‌ای بالایی دارند و با تعداد زیاد گونه‌ها اغلب دارای محدوده وسیعی از حساسیت نسبت به آلاینده‌ها بوده که پاسخ‌های وسیعی به تغییر شرایط مهیا می‌نمایند.۳- ساکن بستر بوده، جابجایی و حرکت مشخص ندارند.۴- چرخه زندگی طولانی داشته به‌طوری‌که امکان بررسی و تعیین حدود و وسعت مکانی و زمانی آشفتگی‌ها را فراهم می‌آورند.۵- تغییرات کیفی آب را برخلاف اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، به‌صورت دوره‌ای نمایش می‌دهند (Feminella, 1999). اینها همه از مزایایی هستند که برای مطالعات ارزیابی زیستی به بی‌مهرگان کفزی نسبت به سایر گروه‌ها (جلبک‌ها و ماهیان) اولویت می‌بخشد. استفاده از بی‌مهرگان کفزی بر این فرض استوار است که نهرها و رودخانه‌هایی که در فشار آلودگی هستند تنوع کمتری داشته و در آنها گونه‌های مقاوم غالبیت داشته باشند (Wallen , 2002).

از جمله مطالعات عمده که با هدف ارزیابی کیفی آب‌های جاری از جنبه اکولوژیکی و بیولوژیکی در کشور انجام شده است می‌توان به این موارد اشاره نمود: شناسایی و بررسی تنوع گونه‌های نرم‌تنان رسوبات تالاب شادگان، بررسی موجودات بنتوز رودخانه کر و تالاب هور العظیم، تنوع زیستی اجتماعات بنتیک تالاب شیمبار و تأثیر پارامترهای زیست محیطی ،بررسی عوامل آلاینده آلی تالاب هورالعظیم با استفاده از فاکتورهای کیفی آب و شاخص های زیستی، ارزیابی وضعیت اکولوژیک هور شادگان با استفاده از فون بنتیک. درعین‌حال در سایر کشورها بررسی‌های این‌گونه بسیار متعدد است. تالاب شادگان در انتهای جنوب غربی ایران و در مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی قرار دارد و دارای وسعتی برابر ۵۳۷۷۰۰ هکتار و متشکل از عرصه‌های آب شیرین ، شور و لب‌شور است. آب شیرین تالاب توسط رودخانه جراحی (۹۰٪) و کارون (۱۰٪) تامین می‌شود. تالاب شادگان بزرگ‌ترین تالاب ایران و سی و چهارمین تالاب از ۱۳۲۸ تالاب ثبت شده در فهرست معاهده رامسر و نیز وسیع‌ترین تالاب ساحلی خلیج فارس است. این تالاب به مساحت ۵۳۷۷۳۱ هکتار در منتهی الیه مسیر رودخانه جراحی در ابتدای خلیج فارس در جنوب غربی ایران واقع شده است (Scott, 1990). مساحت حوضه آبریز آن ۲۴۳۱۰ کیلومترمربع است که بیش از ۵۴ % آن در چارچوب قوانین کشور به‌عنوان پناهگاه حیات‌وحش تحت حفاظت قرار دارد. به سبب گوناگونی و گستردگی زیستگاه‌ها، تالاب از تنوع زیستی بسیار غنی برخوردار است و دارای عملکردهای متنوع هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی از جمله کنترل سیلاب، حفاظت سواح ،کاهش رسوب، جذب مواد مغذی و سموم محلول درآب رودخانه و تعدیل آب و هوا می‌باشد. تالاب شادگان هنوز تا حد زیادی وضعیت طبیعی خود را حفظ کرده و زیستگاه‌های آن کمتر دست‌خورده است. اما احداث سد مخزنی مارون و به موازات آن طرح‌های توسعه آبیاری در دشت‌های بالادست و تداوم ورود زهاب واحدهای توسعه نیشکر، رژیم طبیعی آن را تغییر خواهد داد (لطفی، ۱۳۸۱). تغییرات اقلیمی چند سال گذشته موجب خشکی زیادی در تالاب

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

شادگان شده است که تاثیرات بسیار مخربی روی محیطزیست آن داشته است. علاوه بر تحمل رنج شدید خشکسالی، ورود فاضلاب‌ها، آلودگی‌های نفتی، کاهش سطح آب، افزایش میزان فلزات سنگین و تجمع مقادیر زیادی از زباله‌های غیرقابل تجزیه باعث ایجاد مشکلاتی در روند طبیعی اکوسیستم این تالاب شده است (عبدالملکی و همکاران، ۱۳۸۱). عمده‌ترین مشکل تالاب شادگان، ورود شش میلیون مترمکعب آب آلوده به تالاب است که ۴۰ تا ۶۰ هزار مترمکعب آن، آب آلوده صنایع فولاد و ۲۰ تا ۲۵ هزار مترمکعب آن پساب نیشکر و همچنین ورود فاضلاب خانگی به تالاب است. هدف از این مطالعه ارزیابی زیستی تالاب شادگان با استفاده از ساختار جوامع ماکروبنتیک و شاخص‌های تنوع زیستی است.

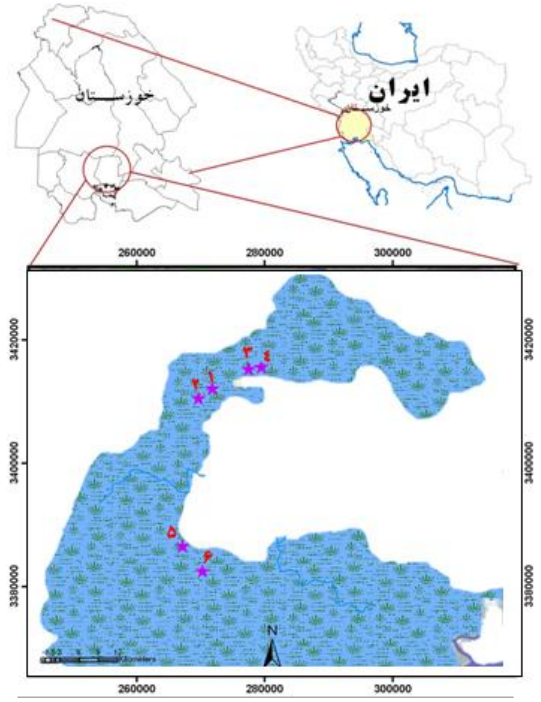
مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۱ در دو فصل بهار و تابستان در ۶ ایستگاه تعیین‌شده بر اساس منابع آلاینده ورودی به تالاب شادگان شامل ۲ ایستگاه در محل ورود زهاب صنایع نیشکر سلمان فارسی و فارابی ،۲ ایستگاه از نهر مالح (روستای خزعلیه) و ۲ ایستگاه از انتهای روستای عبودی (بخش خنافره) که ورود فاضلاب شهری به تالاب است در نظر گرفته شد و موقعیت هر یک با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب GPS ثبت شد. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد نظر بر روی شکل مشخص شده است. در هر ایستگاه نمونه‌برداری با چهار تکرار صورت گرفت.نمونه‌برداری با استفاده از گرب پترسون با سطح مقطع ۲۲۵ سانتی‌مترمربع انجام شد. 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 ماکروبنتوز به‌وسیله الک ۵/. میلی‌متری شستشو داده شده و به‌وسیله فرمالین ۵ درصد فیکس شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه از الکل اتانول ۷۰ درصد برای نگه‌داری نمونه‌ها استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی نمونه‌ها از روش (Walton, 1984) استفاده شد. بدین‌صورت که از محلول ۱ گرم در لیتر رزبنگال برای رنگ‌آمیزی نمونه‌ها استفاده شد. گروه‌های جانوری مختلف با کمک استریومیکروسکوپ و کلیدهای شناسایی فون بنتیک در حد خانواده، جنس و تا حد ممکن گونه دسته‌بندی و شناسایی شدند. جهت تعیین درصد مواد آلی رسوبات از روش استاندارد معرفی شده (Holme&Mcintyre, 1984) و جهت آنالیز دانه‌بندی رسوبات با استفاده از روش معرفی شده (Buchannan, 1984) استفاده شد. جهت شناسایی نمونه‌های ماکروبنتوز از کلیدهای شناسایی فون بنتیک استفاده گردید (Barnes, 1987; Jones, 1986; Carpenter and Niem, 1998). همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نظیر دما،DO، pH، EC و شوری با سه تکرار توسط دستگاه مولتی‌متر انجام شد. برای اطمینان بیشتر در مورد اندازه‌گیری شوری آب تالاب توسط دستگاه رفرکتومتر نیز اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	مختصات جغرافیایی	
	E	N
ایستگاه (۱) پساب نیشکر	۴۸° ۳۳′ ۱۴.۳″	۳۰° ۵۱′ ۵۹.۳″
ایستگاه (۲) پساب نیشکر	۴۸°۳۳′ ۱۵.۵″	۳۰° ۵۱′ ۵۸″
ایستگاه (۳) فاضلاب فولاد	۴۸° ۴۰′ ۳۶.۷″	۳۰° ۷۵۰′ ۲۷″
ایستگاه (۴) فاضلاب فولاد	۴۸° ۴۰′ ۳۷.۴″	۳۰ °۵۰′ ۲۵.۵″
ایستگاه (۵) فاضلاب خانگی	۴۸° ۳۸′ ۵۹.۳″	۳۰° ۳۷ ۵۲.۵ ′″
ایستگاه (۶) فاضلاب خانگی	۴۸° ۳۹′ ۴.۷″	۳۰° ۳۴′ ۱۱.۷″

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در تالاب شادگان ۱۳۹۱

در این مطالعه شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مختلف محاسبه شده است (Shannon, 1948) . مشهورترین و متداول‌ترین آنها شاخص تنوع شانن – وینر(H′) می‌باشد که اطلاعات مربوط به تعداد گونه‌های متعلق به یک جمعیت (Richness) و فراوانی نسبی آنها (Evenness) با هم در محاسبه آن لحاظ می‌شود و تخمینی از ترکیب جمعیت کفزیان است و طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$H' = -\sum Pi\ Ln\ Pi$$

شاخص سیمپسون: شاخص تنوع سیمپسون در سال ۱۹۴۹ توسط سیمپسون ارائه شده است و در سال ۱۹۷۲ کربس رابطه محاسبه آن را به‌صورت ذیل ارائه کرد:

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

در مواردی که داده‌ها به مجموعه محدودی مربوط باشند، برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای از فرمول بریلیوین استفاده می‌شود.

$$H' = \frac{1}{N}\log\left(\frac{N_i}{n_1\,!\ n_2\,!\ n_3\,!}\right)$$

مک آرتور در سال ۱۹۶۵ شاخص شانون وینر را برحسب تعداد گونه به‌صورت زیر بیان نمود:

$$N_1 = e^{H'}.$$

کامارگو در سال ۱۹۹۳ شاخص جدیدی از یکنواختی را پیشنهاد کرد که تحت تأثیر غنای گونه‌ای قرار نداشت و محاسبه آن ساده است. این شاخص نظیر شاخص سیمپسون تأثیر کمی از گونه‌های نادر در پلات‌ها می‌پذیرد (Camargo and Gonzalo, 1993).

$$E' = 1 - \left(\sum_{i-1}^{s}\sum_{j=i+1}^{s}\left[\frac{|p_i - p_j|}{s}\right]\right)$$

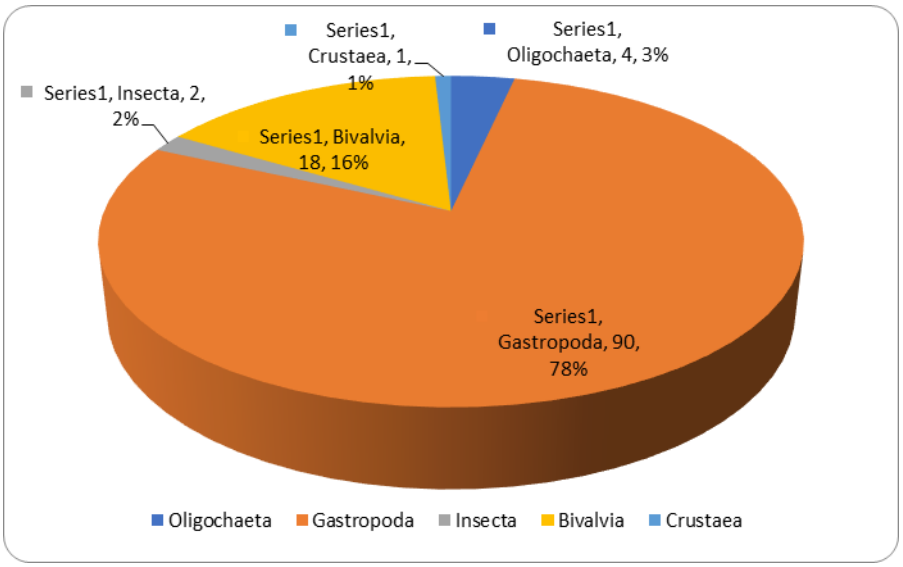
پس از شناسایی گونه‌ها و جدا نمودن و شمارش گونه‌های مشابه، شاخص‌های تنوع زیستی فوق با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology برای تمامی ایستگاه‌ها و فصول محاسبه گردید. جهت بررسی آماری داده‌ها، ابتدا با استفاده از آزمون

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

کلموگروف- اسمیرنف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. جهت بررسی این شاخص‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و جهت مقایسه میانگین‌ها در فصول بهار و تابستان از آزمون t مستقل استفاده شد. برای بررسی همبستگی پارامترها نیز از آزمون همبستگی پیرسون با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ استفاده شد.

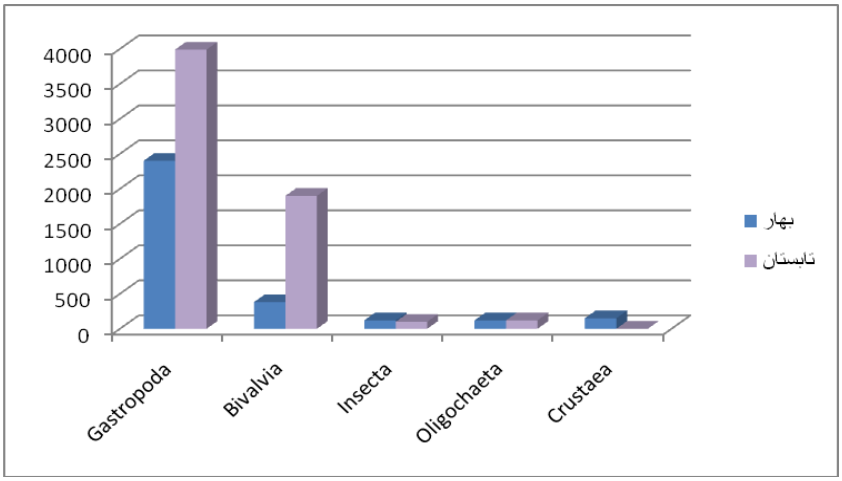
نتایج

در طول دو فصل نمونه‌برداری جمعاً ۱۶ گونه از ۱۴ خانواده و ۵ رده ماکروبنتیک شناسایی و شمارش شد (جدول ۲). در کل دوره مطالعاتی در مجموع تعداد ۱۵۴۸۹ فرد ماکروبنتوز در مترمربع جمع‌آوری شد. درصد فراوانی گروه‌های مختلف در نمودار (۱) آورده شده است. میانگین فراوانی فصلی گروه‌های ماکروبنتوز در نمودار (۲) نشان داده شده است. فراوانی ماکروبنتوزها در فصل تابستان نسبت به فصل بهار بیشتر بوده است (نمودار ۲). بیشترین درصد فراوانی در هر دو فصل، به ترتیب شکم‌پایان و سپس به دوکفه‌ای‌ها اختصاص داشت. با توجه به نتایج آنالیز آماری مشخص گردید که در فصل بهار برای فراوانی ماکروبنتوزها اختلاف معنی‌داری در بیشتر ایستگاه‌ها وجود دارد ($P<0/05$) اما در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری در ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود ندارد ($P>0/05$). بین دو فصل برای پارامتر فراوانی ماکروبنتوزها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P<0/05$). با توجه به آنالیز همبستگی پارامترها مشخص است که در فصل بهار همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین هدایت الکتریکی، Insecta و pH وجود دارد که نشان می‌دهد بالا رفتن EC بر میزان شوری موثر است، بنابراین این دو عامل بر فراوانی Insecta تاثیر مثبت دارد. میزان جامدات محلول در آب در واحد حجم بالاتر رفته که این امر موجب بالا رفتن هدایت الکتریکی آب شده و به دنبال آن زیاد شدن pH و فراوانی خانواده حشرات مشاهده می‌شود. در فصل تابستان همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بین Crustaea، Bivalvia وInsecta وجود دارد که نشان دهنده تأثیر مثبت ماکروبنتوزها بر فراوانی یکدیگر است.



نمودار ۱- درصد فراوانی کل ماکروبنتوزها در تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱)

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



نمودار۲-میانگین فراوانی فصلی گروه‌های ماکروبنتوز در تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱)

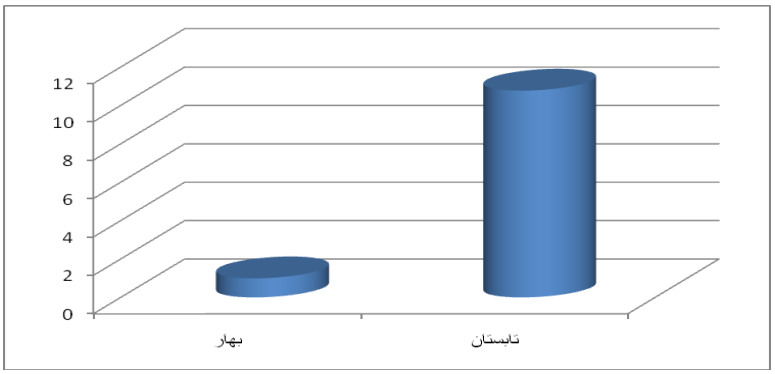
جدول۲-گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی شده در تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱)

شاخه	Class (رده)	Order (راسته)	Family (خانواده)	Species (گونه)
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Ancylidae	*Ferrisia sp.*
			Planorbiidae	*Planorbis carinatus*
			Physidae	*Physa fontinalis*
			Lymnae	*Stagnicola emarginata*
				Lymnae peregra
		Prosobranchia	Hydrobiidae	*Potamopyrgus jenkinsi*
			Valvatidae	*V.Cristata*
				V.Piscinalis
				V.Stenotrema
			Pleurocridae	
			Thairidae	*Melanoidaes tuberculata tuberculata*
	Bivalvia	Cyrenodonata	Sphaeridae	*Sphaerium corneum*
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	*Chironomus sp.*
				Spaniotoma sp.
			Tipulidae	
			Tabanidae	
	Crustaea	Amphipoda	Gammaridae	*Pseudomma roseum*
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	*Limnodrilus hoffmeisteri*
				Tubifex tubifex

نتایج حاصل از بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داد که در فصل بهار و تابستان بین ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از نظر شوری و هدایت الکتریکی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$) ، درحالی‌که پارامترهای دما، DO و pH در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($P<0/05$). همچنین بررسی‌های آماری نشان داد که بین دو فصل از نظر پارامترهای

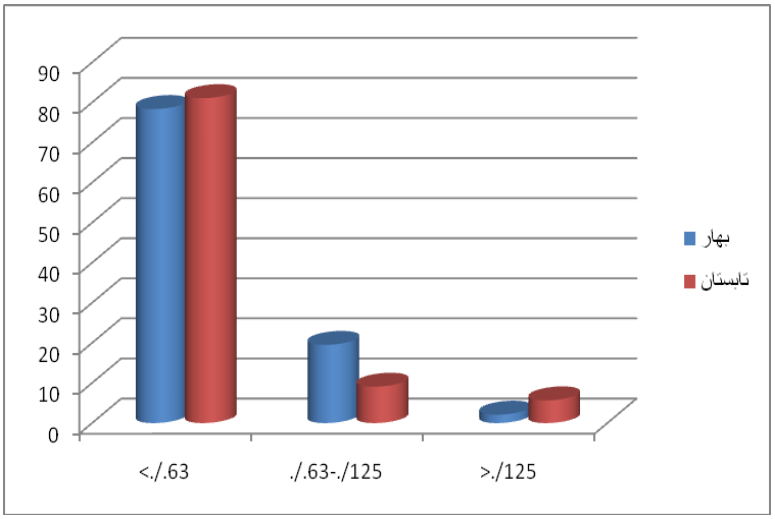
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

pH، EC، DO، دما و شوری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج حاصل از درصد مواد آلی ،بیشترین مقدار درصد مواد آلی رسوبات مربوط به فصل تابستان (۲/۱۳ ± ۱۰/۷۷) و پس از آن مربوط به فصل بهار (۰/۸۷ ±۰/۹۹) است. بر اساس نتایج حاصل از درصد مواد آلی، بیش‌ترین مقدار درصد مواد آلی رسوبات مربوط به فصل تابستان (۲/۱۳ ± ۱۰/۷۷) و پس از آن مربوط به فصل بهار (۰/۸۷ ±۰/۹۹) می‌باشد که ناشی از تفاوت بار آلی وارد شده از طریق رودخانه‌ها به دریا است (نمودار ۳). بیشترین میزان مواد آلی در فصل بهار در ایستگاه ۵ و کمترین در ایستگاه ۶ ثبت شده است. در فصل تابستان بیشترین میزان مواد آلی در فصل تابستان در ایستگاه ۱ و کمترین در ایستگاه ۶ به ثبت رسید. در فصل بهار اختلاف معنی‌داری بین درصد مواد آلی ایستگاه ۵ با سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه با یکدیگر وجود دارد (P<۰/۰۵) و در فصل تابستان ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری دارد (P<۰/۰۵). با توجه به نمودار (۳) بین درصد مواد آلی رسوبات در دو فصل اختلاف معنی‌داری دیده شد (P<۰/۰۵).



نمودار۳-میانگین درصد مواد آلی درکل ایستگاه‌های مورد مطالعه تالاب شادگان (بهار و تابستان ۹۱)

نتایج آنالیز دانه‌بندی رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل‌های بهار و تابستان نشان می‌دهد که بیشترین درصد دانه‌بندی در دو فصل مربوط به ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۶۳ میلی‌متر است و در کلیه ایستگاه‌ها میزان رس بالاتر از ۷۰٪ بوده است. به جز در ایستگاه ۴ در فصل بهار که میزان سیلت بالاتر از ۸۰٪ می‌باشد (نمودار۴). میانگین درصد دانه‌بندی رسوبات در فصل بهار و تابستان در (نمودار۴) نشان داده شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری مشخص گردید که در فصل بهار ایستگاه ۴ اختلاف معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد (P<۰/۰۵). در فصل تابستان برای دانه‌بندی بین ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵) . بین دو فصل برای پارامتر دانه‌بندی رسوبات اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵).



نمودار۴-میانگین درصد دانه‌بندی رسوبات در فصول مورد مطالعه (بهار و تابستان ۱۳۹۱)

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که شاخص‌های تنوع زیستی (سیمپسون، شانون، کامارگو، بریلیون و N1) در ایستگاه‌های مورد مطالعه فصل بهار و تابستان اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵) . با توجه به نتایج آنالیز آماری مشخص گردید که شاخص‌های N1 و شانون در بین دو فصل اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵) اما شاخص‌های کامارگو، سیمپسون و بریلیون در بین دو فصل اختلاف معنی‌داری ندارد (P>۰/۰۵) . نتایج بررسی شاخص‌های زیستی در فصل بهار و تابستان در جدول۳ نشان داده شده است. بیشترین مقدار شاخص سیمپسون و کامارگو در فصل تابستان به ثبت رسید که بیانگر تنوع بیشتر ماکروبنتوزها در فصل بهار است. بالاترین میزان شاخص‌های شانون،بریلیون و N1 در فصل بهار بوده است که نشان دهنده تنوع بالای ماکروبنتوزها است.

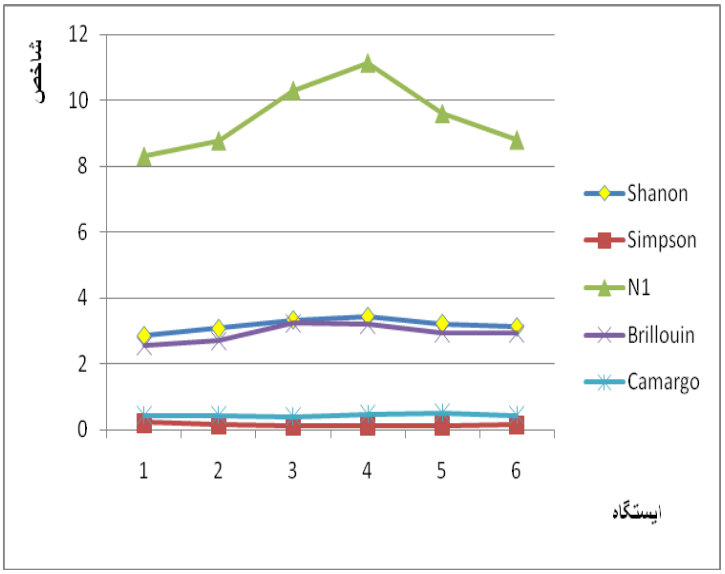
جدول۳-میانگین فصلی شاخص‌های تنوع ماکروبنتوزها درتالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱)

شاخص	بهار	تابستان	میانگین سالانه
Simpson	۰/۰±۱۵/۰۱	۰/۰±۱۸/۰۰۹	۰/۰±۱۶/۰۱
Shanon	۳/۰±۱۸/۰۸	۲/۰±۷۹/۰۵	۲/۰±۹۸/۱۹
N1	۹/۰±۴۷/۴۳	۷/۰±۱۶/۲۹	۸/۱±۳۱/۱۵
Brillouin	۲/۰±۹۱/۱۱	۲/۰±۷۳/۰۵	۲/۰±۸۲/۰۹
Camargo	۰/۰±۴۴/۰۱	۰/۰±۴۹/۰۱	۰/۰±۴۶/۰۲

جدول۴- طبقه‌بندی کیفی منابع آبی بر اساس شاخص تنوع شانن-وینر

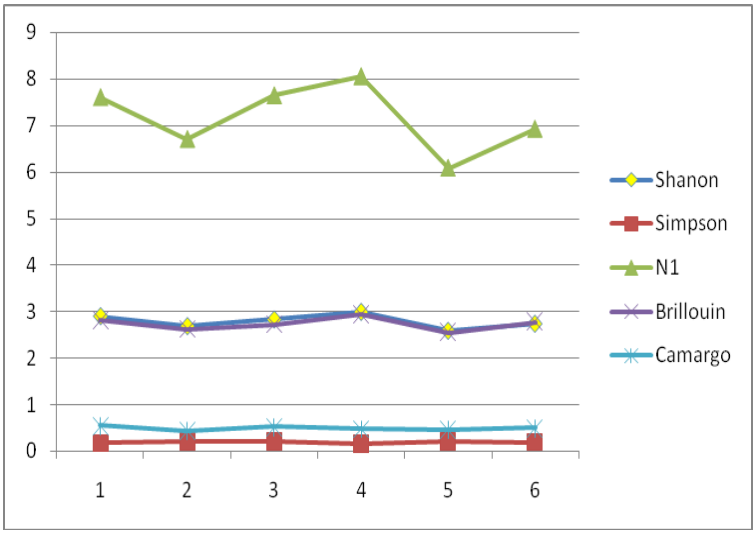
شاخص تنوع H′	H′ >۳	H′ = ۱-۲	H′ <۱
وضعیت آلودگی	غیرآلوده	نسبتاً آلوده	شدیداً آلوده

در نمودارهای ۵ و ۶ تغییرات مقادیر شاخص‌های زیستی در ایستگاه‌های مورد مطالعه فصل بهار و تابستان نشان داده شده است.



نمودار۵- مقایسه شاخص‌های تنوع ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب شادگان (بهار ۱۳۹۱)

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]



نمودار۶- مقایسه شاخص‌های تنوع ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب شادگان(تابستان ۱۳۹۱)

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی شاخص‌های تنوع بر این فرض استوار است که ساختار جوامع کفزی همراه با آشفتگی‌های محیطی تغییر می‌کند زیرا برخی گونه‌ها بیش از سایرین تحت تاثیر فشار حاصله قرار می‌گیرند. مقدار شاخص شانون طبق نمودارهای ۵ و ۶ در ایستگاه‌های مطالعاتی متغیر بوده است. با توجه به طبقه‌بندی (جدول۴) در فصل بهار، ایستگاه ۱ (زهاب نیشکر) از نظر آلودگی نسبتاً آلوده و ایستگاه‌های ۲و۳و۴و۵و۶ فاقد آلودگی هستند. در فصل تابستان،۶ ایستگاه مورد بررسی از نظر آلودگی ، نسبتاً آلوده است.

اظهار نظر در مورد وضعیت آلودگی آب با الهام از جدول ۴ و بر اساس مقادیر شاخص تنوع (نمودارهای ۵ و ۶) می‌توان اظهار داشت در فصل بهار حجم مواد آلاینده به حدی نیست که در ناحیه مورد مطالعه تغییرات اساسی ایجاد نماید اما در فصل تابستان به دلیل حجم زیاد آلاینده‌های وارده در ایستگاه‌های مطالعاتی ،جوامع کفزی بازتاب‌های شدیدتری نسبت به ایستگاه‌های فصل بهار نشان می‌دهند و می‌توان اظهار داشت تالاب شادگان حاوی آلودگی آلی است. نشانگرهای تنوع زیستی (سیمپسون،شانون،بریلیون،N1،کامارگو) در ایستگاه‌های مورد مطالعه هر فصل با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند که این امر نشان دهنده تشابه ویژگی‌های بیولوژیک در جوامع بنتیک هر فصل است. در مورد شاخص سیمپسون و کامارگو بالاترین مقدار آن در فصل تابستان و کمترین مقدار آن در فصل بهار مشاهده شد که بیانگر تنوع بیشتر ماکروبنتوزها در فصل بهار است و شامل ۵ رده الیگوکیت‌ها، Gastropoda، Bivalvia، Insecta و Crustaea می باشد. اما باید توجه داشت که در مورد شاخص‌های شانون، بریلیون و N1 بالا بودن مقدار شاخص نشان دهنده بالا بودن تنوع و نزدیک بودن مقدار شاخص به صفر نشان دهنده کم بودن تنوع است. در مطالعه حاضر بالاترین میزان شاخص‌های شانون، بریلیون و N1 در فصل بهار بوده که نشان دهنده تنوع بالای ماکروبنتوزها است.

همچنین بیشترین میزان شاخص سیمپسون، در فصل تابستان با (۰/۱۸) و کمترین مقدار آن نیز در فصل بهار با (۰/۱۵) بوده است. بیشترین مقدار شاخص کامارگو در فصل تابستان با (۰/۴۹) و کمترین مقدار آن با (۰/۴۴) در فصل بهار به ثبت رسید. بیشترین مقدار شاخص بریلیون در فصل بهار با (۲/۹۱) و کمترین مقدار آن با (۲/ ۷۳)در فصل تابستان مشاهده شد. بیشترین مقدار شاخص N1 در فصل بهار با (۹/۴۷) و کمترین مقدار آن با (۷/۱۶) در فصل تابستان به ثبت رسید. همچنین بر اساس وجود گونه‌هایی چون (*Tubifex tubifex* , *Chironomus sp.* , *Lymnaea peregra*) که تا حدودی مقاوم به آلودگی هستند (خاتمی، ۱۳۸۳)، می‌توان بیان نمود که ایستگاه‌های مطالعاتی در فصل تابستان از نظر کیفیت وضعیت مطلوبی ندارند. طبق تحقیق (Saunders *et al*., 2007)، افزایش

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

آلودگی باعث کاهش تنوع و فراوانی گونه‌های درشت بی‌مهرگان کفزی می‌شود، درحالی‌که در این مناطق آلوده، گونه‌های فرصت‌طلب که شاخصی برای بیان آلودگی هستند غالب می‌شوند.

فراوان‌ترین گروه‌های درشت بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در تالاب شامل شکم‌پایان هستند. دلیل فراوانی این گروه در هر دو فصل می‌تواند به دلیل وجود شرایط محیطی مناسب برای زیست و تولیدمثل این رده باشد. افزایش بیشتر جوامع شکم پا و گروه‌های مقاوم به آلودگی نشانگر اثرات شدید فاضلاب‌های کشاورزی، انسانی و صنعتی در ایستگاه‌های مورد نظر در تالاب شادگان بوده است. نتایج فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهد در فصل بهار احتمالاً به دلیل افزایش دبی، آب تالاب کیفیت بالاتری داشته است. یکی از عوامل مهم در کیفیت آب تالاب مقدار اکسیژن محلول می‌باشد که در بهار از تابستان بیشتر بوده است. درصورتی‌که محیط فاقد آلودگی باشد، شامل تعداد زیادی از گونه‌ها خواهد بود، در این حالت تنوع نیز بالا می‌رود.

در منطقه مورد مطالعه، ورود فاضلاب شهری، فاضلاب صنایع فولاد و صنایع نیشکر به تالاب شادگان با به هم زدن بستر باعث آشفتگی در زیستگاه و اثر بر روی جوامع ماکروبنتوز می‌شود. در شرایط آلودگی و بحرانی و از بین رفتن گونه‌های حساس اکوسیستم، درنهایت گونه‌های مدارا کننده باقی خواهند ماند و تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد. به‌طور کل می‌توان بیان نمود که در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار تنوع گونه‌ای بالاتر از فصل تابستان بوده است. این امر بدین‌صورت قابل توجیه خواهد بود که در فصل بهار به دلیل مناسب بودن شرایط محیطی، دمای مناسب، وجود مواد مغذی، کم بودن میزان شوری و نوع بافت بستر باعث ایجاد شرایط مطلوب برای زیست گونه‌های بیشتری شده است .

نتایج مطالعه (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۸) و (ممبینی، 1387) نیز نتایج مشابه را نشان داد. رده کم‌تاران از گروه‌های مقاوم به آلودگی هستند. با افزایش بار آلودگی میزان اکسیژن محلول دارای نوساناتی می‌شود که این خود بسته به میزان آلودگی باعث حذف گروه‌های حساس و نیمه حساس به آلودگی خواهد شد. درنتیجه گروه‌های مقاوم به آلودگی غالب خواهند شد (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۷ :نوری پور، ۱۳۹۰) . در مطالعه حاضر مطابق با نمودارهای ۲ و ۳ بیشترین تراکم کم‌تاران در فصل بهار مربوط به ایستگاه ۲ (پساب صنایع نیشکر) و در فصل تابستان مربوط به ایستگاه ۶ (فاضلاب شهری) می‌باشد که این نشان دهنده ورود فاضلاب‌ها به تالاب و افزایش تراکم گروه‌های مقاوم به آلودگی و بالا رفتن بار آلودگی تالاب است.

درنتیجه عامل اصلی آلودگی تالاب شادگان ورود پساب‌های خانگی روستاهای اطراف تالاب و همچنین در درجه بعدی اهمیت زهاب صنایع نیشکر و فولاد می‌باشد . به دلیل حجم زیاد آلاینده‌های وارده در ایستگاه‌های مطالعاتی می‌توان اظهار داشت تالاب شادگان حاوی آلودگی آلی بسیار قابل‌ملاحظه است. جا دارد جهت حفظ تالاب شادگان به‌عنوان یک اکوسیستم بااهمیت بین‌المللی تصمیمات جدی در راستای کاهش بار آلاینده‌ها، اتخاذ گردد. همچنین به‌عنوان دستاورد این پژوهش، بررسی ساختار جوامع کفزی به‌عنوان ابزاری موثر و باصرفه اقتصادی جهت ارزیابی دقیق و سریع کیفیت منابع آبی بخصوص در فصولی که تحت آشفتگی‌های محیطی قراردارند، توصیه می‌گردد. در مجموع استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها و تحلیل داده‌های مربوط به آنها که از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به‌صرفه است، ارزیابی دقیق و سریعی از کیفیت تالاب بخصوص زمانی که تحت تاثیر استرس‌های محیطی قرار دارد فراهم می‌کند.

باتوجه به نتایج به دست آمده، امید است که نسبت به کاهش آلودگی ناشی از فعالیت‌های ذکر شده و به‌ویژه پساب‌های خانگی روستاهای اطراف تالاب تدبیری سازنده و موثر از طرف تصمیم‌گیران و مدیران مرتبط اتخاذ گردد. ازجمله اقدامات اجرایی برای بهبود کیفیت آب تالاب شادگان، می‌توان به تکمیل و ارتقای شبکه جمع‌آوری فاضلاب و لزوم تصفیه فاضلاب شهری و روستایی اطرف تالاب و احداث تصفیه‌خانه‌های محلی کوچک (پکیج تصفیه فاضلاب) برای روستاهای فاقد سیستم فاضلاب و جلوگیری از تخلیه مستقیم پساب‌های خانگی به نهرها و رودخانه‌های منتهی به تالاب و اعمال نظارت و جریمه برای تخلیه غیرمجاز فاضلاب اشاره نمود.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

منابع

پذیرا، ع.، س.م.امامی، ا.کوه گردی، ص.، وطن دوست، ر.، اکرمی، و. ۱۳۸۷. اثر برخی عوامل محیطی بر تنوع زیستی بزرگ بی مهرهگان کفزی رودخانه‌های دالکی و حله بوشهر، مجله شیلات ایران، سال دوم. شماره چهارم.

خاتمی، ه. ۱۳۸۳. بی مهره گان کفزی آبهای شیرین (کلید شناسایی و حساسیت به آلودگی). انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۲۰۵ ص .

طباطبایی، ط.، امیری، ف. و پذیرا، ع. ۱۳۸۸. پایش ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتیک به عنوان شاخص های آلایندگی درخور های موسی و غنام .مجله علمی -پژوهشی شیلات،سال سوم،شماره چهارم،زمستان .صفحات۲۹-۴۱.

عبدالملکی، ش. و باقری، س. ۱۳۸۱. بررسی پراکنش و تعیین توده زنده بی‌مهرگان کفزی دریاچه ارس، مجله علمی شیلات، سال یازدهم، شماره۴، صفحات۱۱-۱.

لطفی،ا. ۱۳۸۱. طرح مدیریت زیست محیطی تالاب شادگان گزارش شماره ۱ : محیط بوم سازگان تالاب شادگان، وزارت جهاد کشاورزی معاونت آب و خاک، پروژه بهسازی آبیاری، مهندسان مشاور پندام .

ممبینی، ش. ۱۳۸۷ . مطالعه ساختار اجتماعات ماکروبنتیک به عنوان شاخص های آلایندگی در رودخانه جراحی محدوده مقبره سید عاشورتا ورودی شهر شادگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.

نوری پور، م. ۱۳۹۰. سنجش تنوع گونه ای و ساختار جمعیتی ماکروبنتوزهای رودخانه دز در بازه پل قدیم تا پل حمید آباد دزفول. پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی،واحد علوم تحقیقات خوزستان.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis in: Methods for the study of marine benthos. N.A.

Barnes, R.D. 1987. Invertebrate zoology. Fifth Edition, Saunders College Publishing. 893p.

Camargo, **J.A., Gonzalo, C.۱۹۹۳.** Physicochemical and biological changes downstream from a trout farm outlet: Comparing 1986 and 2006 sampling surveys, 26 (2): 405-414.

Carpenter, **K.E. and Neim**, **V.H. 1998**. Crabs: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, crustaceans, holothuridians and sharks. FAO, Rome, pp., 1045-1155.

Feminella, **J.W. 1999.** Biotic Indicators of water quality the Alaboma Watershed demonstrationproject, Auburn University,10p.

Holme, N.A. and Mcintyre, **A.D. 1984.** Method for study of marine benthos ,second edition,Oxford Blackwell Scientific publication .387 p.

Jones, D.A. 1986. A field guide to the seashores of Kuwait and the Arabian Gulf. University of Kuwait, Bland ford Press. 182p.

Lenat, **D. 1993.** A Biotic Index for Southern United States, Derivation and List of Tolrance Values with Criteria for assessing Water Quality Ratings, JNABS 12:279- 290.

Metcalfe, **J.L. 1989.** Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. Environmental Pollution. 60: 101–139.

Rosenberg, D.M. 1999. Protocoles for Masuring Biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Fresh waters, Department of fisheries and Oceans, Fresh water Institute, Winnipeg, Manitoba,42p.

Reynoldson, **T.B. 1992.** An Overview of the assessment of Aquatic Ecosystem Health Using Benthic Invertebrates, Journal ofaquatic ecosystem health,1:295-308.

Scott.D.A.1990. Wetlands of Iran.

Saunders, J., Al Zahed, **Kh.M. and Paterson, D. 2007.** The impact of organic pollution on the macrobenthic fauna of Dubai creek (UAE). Marine pollution Bulletin. 54(11):1715-1723. doi: 10.1016/j.marpolbul

Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. Belgium System and Technics Fournishing. pp. 379-423.

Walton, S.G. 1984. Hand book of marine science. Vol,1. CRC Press. Cleveland. pp 117-126.

Wallen, **J.K. 2002.** Assessmentof stream habitat, fish, macroinvertebrates, sediment and water chemistry for eleven streams in Kentucky and Tennessee, Virginia Polytechnic Institute, CATT,71pp.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]

Water Quality Monitoring Based on Benthic Biodiversity Indicators (Case Study: Shadegan Wetland)

Hadis Jafar Aghaei[1]
Maryam Mohammadi Roozbahani[1*]
Abdolrahman Rasekh[2]

1. Department of Environment, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Statistics and Mathematics, Chamran University, Ahvaz, Iran.

[*]**Corresponding author:**
Mmohammadiroozbahani@iau.ac.ir

Received date: **December/03/2025**
Accepted date: **January/25/2026**

Abstract

This study was conducted in 2012 at 6 designated stations in Shadegan Wetland. Sampling was conducted in two seasons, spring and summer. Sampling included sampling of bed sediments and water sampling to determine the physical and chemical parameters of the water. The percentage of organic matter and sediment grain size were also determined. During the two sampling seasons, a total of 16 species from 5 macrobenthos orders were identified and counted. Among the identified orders, the highest percentage of abundance was related to the order of gastropods, followed by the order of bivalves in both seasons. The results of the physical and chemical parameters of water showed that there was no significant difference between the different sampling stations in the spring and summer seasons in terms of salinity and electrical conductivity ($P>0.05$), while the temperature, DO and pH and parameters had significant differences between the sampling stations and between the two seasons ($P<0.05$). Based on the results of the percentage of organic matter, the highest percentage of organic matter in sediments was related to the summer season (10.77 ± 2.13) and then to the spring season (0.99 ± 0.87). The results of the statistical analysis showed that there was a significant difference between the average percentage of organic matter in sediments in the two seasons ($P<0.05$). Shannon (H '), Simpson, Camargo, Brillion and N1 biodiversity indices were used to evaluate invertebrate biodiversity. The results of the statistical analysis showed that the N1 and Shannon indices had significant differences between the two seasons. ($P<0.05$). The average Shannon index was recorded in spring with (3.18 ± 0.08) and in summer with (2.79 ± 0.05), which indicates high diversity of macrobenthos in spring. The highest value of Simpson and Camargo indices was recorded in summer. The highest values of Shannon, Brillion and N1 indices were in spring. Also, the range of Shannon diversity index in the studied stations in two seasons according to Welch model indicates relatively polluted water quality and unstable and unfavorable ecological situation especially in summer.

Keywords: Shadegan Wetland, Macrobenthos, Biodiversity indices.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-08]