

بررسی وضعیت اکولوژیک مصب رودخانه تجن با استفاده از شاخص نایگارد - پالمیر مهدی بدری^۱، محمدرضا رضایی^۲، حسین مصطفوی^{۳*} و محمدحسین صیادی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳)

چکیده

اغلب بوم‌سازگان‌های آبی دنیا در حال از دست دادن درصد قابل توجهی از خدمات اکولوژیک خود می‌باشند. این پژوهش با هدف بررسی وضعیت اکولوژیک مصب رودخانه تجن با استفاده از شاخص نایگارد-پالمیر در شش ایستگاه و دو فصل سرد و گرم انجام و نتایج منجر به شناسایی ۳۲ جنس متعلق به ۲۷ راسته و هشت رده از فیتوپلانکتون‌ها گردید. این پلانکتون‌ها به پنج شاخه *Chlorophyta*، *Ochrophyta*، *Euglenophyta*، *Cyanophyta* و *Pyrrophyta* تعلق داشته و از رده‌های *Bacillariophyceae*، *Cyanophyta*، *Euglenophyta*، *Pyrrophyta* هستند. بیشترین تعداد جنس‌های فیتوپلانکتونی شناسایی شده متعلق به رده *Bacillariophyceae* بوده و ۱۳ جنس مقاوم به آلودگی شناسایی شد. نتایج نشان‌داد وضعیت اکولوژیک مصب تجن بر اساس شاخص نایگارد-پالمیر مطلوب نیست به طوری که شاخص وضعیت در هر دو فصل گرم و سرد، بسیار آلوده و بیش از ۲۰ محاسبه شد. نتایج بررسی‌های میدانی نیز نشان داد، مصب رودخانه تجن متأثر از مخاطرات محیط‌زیستی متنوعی در دو مقیاس محلی و حوضه آبریز است. این مخاطرات سبب ایجاد شرایط نامطلوب در این زیستگاه شده، در نتیجه گونه‌های جلبکی در مصب تجن به سمت گونه‌های مقاوم‌تر به آلودگی تغییر یافته است. در مجموع می‌توان این شاخص را برای ارزیابی زیستی و اکولوژیکی سایر مصب‌ها در حوضه جنوبی دریای خزر توصیه نمود و برای کاهش عدم قطعیت از شاخص‌های مناسب دیگر، به صورت مکمل، استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: شاخص زیستی، ارزیابی محیط‌زیستی، فیتوپلانکتون، مصب، حوضه جنوبی دریای خزر

۱. دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳. استادیار گروه تنوع‌زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهیدبهبشتی

۴. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست. دانشگاه شهیدباهنر کرمان، کرمان، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hmostafaviw@gmail.com

مقدمه

مصب‌ها یکی از بوم‌سازگان‌های مولد در سطح جهان به‌شمار می‌روند (۵۲). این بوم‌سازگان‌های ارزشمند دارای جوامع گیاهی و جانوری منحصربه‌فردی هستند. همچنین جوامع انسانی برای تغذیه، تفریح و اشتغال به مصب‌ها متکی هستند، به‌طوری‌که از ۳۲ شهر بزرگ جهان ۲۲ شهر در حاشیه مصب‌ها ایجاد و توسعه یافته و بیش از ۶۰ درصد از جمعیت زمین در مناطق ساحلی زندگی می‌کنند. توسعه فعالیت‌های انسانی منجر به کاهش سلامت مصب‌ها گردیده و آنها را تبدیل به یکی از در معرض تهدیدترین بوم‌سازگان‌های روی زمین نموده است (۴۹). مصب‌ها همچنین نقش مهمی را در تامین زیستگاه‌های پرورش نوزادان (۱۲ و ۱۴) ایفا می‌کنند، بسیاری از گونه‌های جانوری برای تغذیه، آشیانه‌گزینی و زاد ولد به زیستگاه‌های این بوم‌سازگان‌ها وابسته هستند. در ذیل خدمات اقتصادی، فرهنگی و محیط زیستی مصب‌ها همچنین می‌توان به خدمات آنها در تولید غذا، تولید محصولات شیمیایی و داروها، تولید مواد خام، خدمات تنظیم و نگهداری از جمله تنظیم فرآیندهای جذب زباله، ذخیره و چرخه مواد مغذی، تنظیم ترکیبات گازی اتمسفر و اقلیم، حفظ چرخه‌های هیدرولیکی، دلیل ایجاد زیستگاه‌های متنوع، شکل‌دهی و تثبیت رسوب، حفاظت از ساحل و خط ساحلی، تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری، خدمات فرهنگی و معنوی، تفریح و توریسم، زیبایی‌شناسی، مزایای علمی، منبع ژنتیکی و حمایت از تنوع زیستی اشاره نمود (۴۹). از سوی دیگر سلامت مصب‌ها می‌تواند تحت تأثیر طیف پیچیده‌ای از عوامل قرار گیرد. به‌عنوان نمونه، توسعه سریع شهرها و فعالیت‌های کشاورزی را می‌توان به‌عنوان فاکتورهای اساسی در از دست رفتن تالاب‌ها و بدتر شدن کیفیت آب در این مناطق ساحلی برشمرد (۳۱ و ۳۴). از این رو ارزیابی پیوسته مصب‌ها برای آگاهی و اجرای اقدامات مدیریتی مناسب لازم است (۴۴). ویژگی‌های کیفی آب نقشی حیاتی را در تعیین درجه مناسب بودن محیط برای رشد و نمو جانوران ایفا می‌کند (۲۹). از این رو نظارت زیستی راه حلی قابل اتکا و مقرون به‌صرفه برای کنترل کیفیت آب به‌شمار می‌رود (۳۰). نیاز مبرم به

تعیین وضعیت اکولوژیک و پاسخ به این سؤال که چگونه می‌توان به بهترین شیوه وضعیت اکولوژیک مصب‌ها را کمی کرد، باعث شکل‌گیری تحقیقات مختلفی جهت توسعه شاخص‌ها شده است (۶ و ۳۶). فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان عنصری کلیدی در ارزیابی کیفیت آب توسط نظام‌های مختلف بین‌المللی از جمله دستورالعمل چارچوب آب (Water Framework Directive, WFD) شناخته شده‌اند (۸). این موجودات به‌خاطر اندازه کوچک، توانایی در ارائه پاسخ قوی به تغییرات محیطی (۳ و ۵۲) عمر کوتاه و آسان بودن تعیین تعداد و شمارش آنها (۳۸) برای نظارت زیستی به‌ویژه نمایش وضعیت تروفیک آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر شاخص‌هایی برای تشخیص میزان بروز تغییرات در جوامع فیتوپلانکتونی طراحی شده است. زیرا تغییر در ترکیب این گونه‌ها می‌تواند نشان‌دهنده بدتر شدن شرایط تروفیک و کیفیت آب باشد (۱۰ و ۱۶ و ۲۱) از این رو، فیتوپلانکتون‌ها را می‌توان یکی از اجزای ضروری در بوم-سازگان‌های آبی محسوب نمود، زیرا این موجودات به‌طور گسترده‌ای در پیکره‌های آبی توزیع می‌شوند و همچنین به‌عنوان تولیدکنندگان اصلی شبکه غذایی آبزیان به‌شمار می‌روند. پالمر در سال (۱۹۶۹) نشان داد که ترکیب و آرایش گونه‌ای جلبک‌ها می‌تواند به‌عنوان یک شاخص در تعیین وضعیت آلوده و یا تمیز بودن آب نقش آفرین باشد (۴ و ۱۳). با این وجود، مطالعات معدودی توسط این شاخص تا کنون در کشور انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه سخایی و همکاران (۱۳۹۶) روی سلامت زیستی رودخانه بهمن شیر در استان خوزستان اشاره کرد. نتایج پژوهش آنان نشان داد میزان آلودگی منطقه مورد مطالعه بسیار بالا بوده است. بابازاده و همکاران نیز (۱۳۹۱) این شاخص را برای برآورد میزان آلودگی تالاب بین‌المللی فریدونکنار مورد استفاده قرار داده‌اند. البته این شاخص به‌طور گسترده‌ای در کشورهای مختلف جهت ارزیابی اکولوژیک پیکره‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است. Toma (۲۰۱۹) و Al-Kanan و همکاران (۲۰۱۸) به ترتیب وضعیت دریاچه دوهوک و رودخانه شط‌العرب را با استفاده از شاخص نایگارد پالمر بررسی کردند

بوم سازگان مورد مطالعه است. براین اساس مخاطرات محیط زیستی بر وضعیت اکولوژیک این بوم‌سازگان شناسایی و ارزیابی وضعیت اکولوژیک بوم سازگان با استفاده از شاخص زیستی نایگارد پالمر انجام گرفت. این موضوع می‌تواند برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان جهت حفاظت و مدیریت این بوم‌سازگان مفید بوده و به عنوان الگویی برای مطالعات آتی و بوم‌سازگان‌های مصبی کشور بخصوص مصب‌های حوضه جنوبی دریای خزر مورد استفاده قرارگیرد.

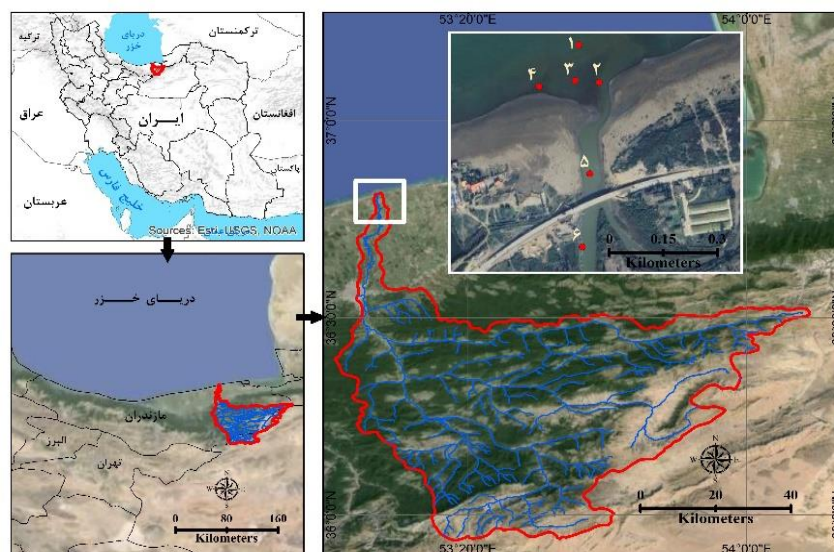
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز رودخانه تجن با وسعتی حدود ۴۰۱۵۸۸ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ۵۶°۵۲' و ۵۹°۵۴' طول شرقی و ۳۵°۵۶' و ۳۶°۴۹' عرض شمالی در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). بیش از ۶۰ درصد حوضه از مناطق کوهستانی، حدود ۲۵ درصد آن از اراضی جلگه‌ای و دشت‌های ساحلی و بقیه آن را تراس‌های رودخانه‌ای، اراضی کوهپایه‌ای و تپه‌ماهورها تشکیل می‌دهند. ویژگی‌های عمومی این حوضه مشابه با ویژگی‌های کلی حوضه‌های شمالی البرز است (۲۴).

ژئومورفولوژی عمومی منطقه، مشابه با سایر مناطق شمال ایران یعنی البرز شمالی و سواحل دریای خزر است سرشاخه‌های حوضه، در کوه‌های مرتفع البرز قرار دارد و بخش ساحلی که مسطح است، اغلب به‌طور ناگهانی آغاز می‌شود و تا دریا ادامه دارد. بلندترین نقطه ارتفاعی در محدوده حوضه تجن کوه شاهدژ با ارتفاع ۳۲۵۰ متر و پایین‌ترین نقطه بندر فرح‌آباد با ارتفاع ۲۶- متر در ساحل دریای خزر است (۲۴).

تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری: ایستگاه‌های نمونه برداری در این پژوهش براساس تغییرات در میزان شوری آب تعیین و در نهایت تعداد ۶ ایستگاه انتخاب شد. مشخصات ایستگاه‌های نمونه برداری و تصاویر مربوط به آن به ترتیب در جدول و شکل

(۵۱ و ۵۲). نتایج نشان داد که آلودگی با مواد آلی در مناطق مورد مطالعه بالا است. در مطالعه دیگری نیز توسط Chergui و همکاران (۲۰۱۴) در جنوب شرق الجزایر روی دریاچه لاخل انجام شد و نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه سطح بالایی از آلودگی به مواد آلی وجود دارد (۱۱). در خصوص پژوهش‌های انجام شده بر روی رودخانه تجن نیز می‌توان گفت تاکنون در منطقه مورد مطالعه از این شاخص زیستی استفاده نشده است. فرقانی‌تهرانی و مصطفوی (۱۳۹۶) به پایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFQI (National Sanitation Foundation Water Quality Index) و BCWQI (British Columbia Water Quality Index) پرداخت. سعیدی و همکاران (۱۳۸۱) رفتار Mn, Co, Ni, Cd, Pb, Zn Fe, و Cu در رسوبات بستر و ذرات معلق رودخانه تجن هنگام اختلاط با آب دریای خزر، شیردل و زبردست (۱۳۹۷) ارزیابی اثرات کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر کیفیت آب و تعیین توان خودپالایی رودخانه هراز و تجن، فرجادفرد و همکاران (۱۳۹۲) اثر کودهای شیمیایی بر آلودگی آب حوزه آبریز تجن و کاظمی و زبردست (۱۳۹۷) بررسی میزان آلاینده‌های آلی فلزات سنگین، آنیون‌ها و کاتیون‌ها در حوضه تجن اشاره کرد. در خصوص استفاده از شاخص‌های زیستی در منطقه مورد مطالعه نیز می‌توان به مطالعات انجام شده توسط محمودی فرد و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از شاخص هیلسنهوف، شکری ساروی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص‌های زیستی اشاره نمود. ازین‌رو در این‌دسته از پژوهش‌ها تلاش بر آن است تا با بررسی روند تغییرات، پیش از اینکه وضعیت اکولوژیک بوم-سازگان وخیم‌تر شود و خدمات اکوسیستمیک آن از دست‌رود، گامی موثر در جهت مدیریت، حفاظت و بهره‌برداری پایدار برداشته شود. برخلاف ارزیابی‌های سابق یا در حال‌اجراء در ایران، که معمولاً بر اندازه‌گیری‌های فیزیکوشیمیایی تمرکز می‌کنند، هدف این مطالعه ارائه یک رویکرد اکولوژیک مبتنی بر میزان حضور فیتوپلانکتون‌های مقاوم به آلودگی‌های آلی در ارزیابی



شکل ۱. حوضه رودخانه تجن و مصب تجن واقع شده در استان مازندران، حوضه جنوبی دریای خزر و همچنین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در ناحیه مصبی رودخانه تجن

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		شوری (ppt°)
		عرض جغرافیایی (E)	طول جغرافیایی (N)	
۱	دریا	۵۳° ۰۷' ۴۰.۶ E	۳۶° ۰۷' ۴۹ N	۹/۳۰
۲	غرب اختلاط	۵۵° ۰۶' ۱۴.۵ E	۳۶° ۰۴۸' ۹.۵۱ N	۸/۲۰
۳	دهانه اختلاط	۵۳° ۰۶' ۶.۵۴ E	۳۶° ۰۴۸' ۱۱.۵۶ N	۷/۴۰
۴	شرق اختلاط	۵۳° ۰۷' ۱۱.۱۵ E	۳۶° ۰۴۹' ۶.۰۲ N	۷/۵۵
۵	کانال زهکشی رودخانه‌ای	۵۳° ۰۶' ۴.۵۵ E	۳۶° ۰۴۸' ۱۱.۴۶ N	۰/۷۷
۶	رودخانه	۵۳° ۰۶' ۱.۵۴ E	۳۶° ۰۴۸' ۱۱.۳۴ N	۰/۷۰

۱، ارائه شده است.

فیتوپلانکتون در آزمایشگاه پس از همگن کردن توسط پیست به لام ۱ میلی لیتری سدویک رافتر جهت شناسایی منتقل و بعد از سپری شدن زمان ۳۰ دقیقه جهت رسوب گذاری، به وسیله میکروسکوپ نوری ZEISS مورد آنالیز کیفی (ترکیب گونه‌ای) و کمی (شمارش به تفکیک گونه‌ای) قرار گرفتند.

شاخص نایگارد- پالم (Nygaard's-Palmer index): در این پژوهش از شاخص نایگارد- پالم که بر اساس جنس‌ها و گونه‌های جلبکی مقاوم به انواع آلودگی مواد آلی و همچنین فاکتورهای محیط زیستی محاسبه و تعیین می‌شود استفاده شد.

جمع‌آوری و نحوه آنالیز نمونه‌ها: نمونه‌برداری فیتوپلانکتون در ۶ ایستگاه و ۳ تکرار و در دو فصل گرم و سرد سال توسط بطری نیسکین در عمق یک متری آب انجام شد. برای تثبیت کردن نمونه‌های پلانکتونی از لوگول ۴ درصد استفاده شد. سپس نمونه‌ها برای شناسایی و تعیین پارامترهای مورد بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند (۴۸ و ۷). شناسایی نمونه‌ها با استفاده از کلید شناسایی (۱۹، ۳۹، ۴۸ و ۳۳) انجام شد. نمونه‌های

جدول ۲. امتیاز هر جنس از فیتوپلانکتون‌ها بر مبنای حضور در آب‌های آلوده به مواد آلی با استفاده از شاخص نایگارد-پالمر

شماره	نام جنس	امتیاز شاخص	شماره	نام جنس	امتیاز شاخص
۱	<i>Anacystis</i>	(۲)	۱۴	<i>Mcractinium</i>	(۱)
۲	<i>Ankistrodesmus</i>	(۴)	۱۵	<i>Navicula</i>	(۳)
۳	<i>Chlamydomonas</i>	(۳)	۱۶	<i>Nitzschia</i>	(۳)
۴	<i>Chlorella</i>	(۱)	۱۷	<i>Oscillatoria</i>	(۵)
۵	<i>Closterium</i>	(۱)	۱۸	<i>Pandorina</i>	(۱)
۶	<i>Cyclotella</i>	(۵)	۱۹	<i>Phacus</i>	(۲)
۷	<i>Euglena</i>	(۱)	۲۰	<i>Phormidium</i>	(۱)
۸	<i>Gomphonema</i>	(۱)	۲۱	<i>Scenedesmus</i>	(۴)
۹	<i>Lepocinclis</i>	(۱)	۲۲	<i>Stigeoclonium</i>	(۲)
۱۰	<i>Melosira</i>	(۱)	۲۳	<i>Syndra</i>	(۲)
۱۱	<i>Fragilaria</i>	(۱)	۲۴	<i>Pediastrum</i>	(۱)
۱۲	<i>Cymbella</i>	(۱)	۲۵	<i>Lyngbya</i>	(۲)
۱۳	<i>Pinnularia</i>	(۱)	۲۶	<i>Spirogyra</i>	(۱)

Source:(Palmer, 1969)

مختلف در مقیاس محلی یعنی مصب و مقیاس حوضه آبریز مصب رودخانه تجن انجام شد.

نتایج

در جدول ۳ فیتوپلانکتون‌ها و گونه‌های شناسایی شده در این پژوهش براساس نوع گونه‌های مقاوم ارائه گردیده است. در این پژوهش مجموعاً ۳۲ جنس مربوط به ۲۷ راسته و ۸ رده از فیتوپلانکتون‌ها شناسایی شده‌اند. این پلانکتون‌ها به ۵ شاخه *Euglenophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Ochrophyta* و *Pyrrophyta* تعلق داشتند. نتایج تحقیق جوامع فیتوپلانکتونی در ۶ ایستگاه همچنین نشان داد که بیشترین غنای گونه‌ای متعلق به رده *Bacillariophyceae* می‌باشد و فیتوپلانکتون‌های منطقه مصبی از رده‌های *Bacillariophyceae*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta* و *Pyrrophyta* می‌باشد (جدول ۳). در مجموع می‌توان گفت که تعداد ۱۳ جنس مقاوم به آلودگی

در این شاخص هر جنس بر اساس میزان مقاومت به آلودگی امتیاز ویژه‌ای می‌گیرد (جدول ۲). پالمر در سال (۱۹۶۹) امتیازدهی جنس‌های فیتوپلانکتونی بر اساس میزان مقاومت به آلودگی مواد آلی را تعیین کرد و بر اساس جمع‌گیری امتیازها وضعیت-اکولوژیکی را تعیین کرد. براساس این شاخص، اگر نمره شاخص آلودگی ۲۰ و یا بیشتر باشد نشان‌دهنده آلودگی محیط-های آبی با مقادیر بسیار زیاد مواد آلی است. اگر این امتیاز بین ۱۵ تا ۱۹ باشد نشان‌دهنده احتمال آلودگی زیاد به مواد آلی است. اگر امتیاز بین عدد ۲ تا ۱۴ باشد نشان از میزان آلودگی متوسط به مواد آلی دارد. امتیاز بین ۰ تا ۱ نیز نشان‌دهنده عدم میزان آلودگی به مواد آلی است (۳۵).

شناسایی مخاطرات زیست محیطی یا فشارهای انسانی وارده بر مصب: برای شناسایی مداخلات انسانی از مطالعات کتابخانه‌ای و مرور گزارشات موجود در این زمینه همراه با بازدیدهای

جدول ۳. لیست جنس‌های فیتوپلانکتونی شناسایی شده در ۶ ایستگاه در دوره مطالعه

شاخه	رده	راسته	جنس	گونه		
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	<i>Navicula</i> sp.	<i>Navicula cryptocephala</i>		
		Bacillariales	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia acicularis</i>		
				<i>Nitzschia tryblionella</i>		
		Cymbellales	<i>Cymbella</i> sp.	<i>Cymbella lanceolata</i>		
		Fragilariales	<i>Diatoma</i> sp.			
			<i>Synedra</i> sp.			
		Rhizosoleniales	<i>Rhizosolenia</i> sp.	<i>Rhizosolenia calcar avis</i>		
		Thalassionematales	<i>Thalassionema</i> sp.	<i>Thalassionema nitzschioides</i>		
			<i>Cyclotella</i> sp.			
		Coscinodiscales	<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Coscinodiscus granii</i>		
				<i>Coscinodiscus radiatus</i>		
				<i>Actinocyclus paradoxus</i>		
			Thalassiosirales	<i>Skeletonema</i> sp.		
			Bacillariales	<i>Bacillaria</i> sp.		
Myzozoa	Dinoflagellata	Sphaeropleales	<i>Ankistrodesmus</i> sp.			
		Cymbellales	<i>Gomphonema</i> sp.			
		<u>Chaetocerotanae</u>	<u><i>Chaetoceros</i></u> sp.	<i>Chaetoceros peruvianus</i>		
		<u>Surirellales</u>	<u><i>Cymatopleura</i></u> sp.	<i>Cymatopleura solea</i>		
		Peridiniales	<i>Glenodinium</i> sp.	<i>Glenodinium behnengi</i>		
		<u>Prorocentral</u>	<i>Prorocentrum</i> sp.	<i>Prorocentrum proximum</i>		
		Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	<i>Chlorella</i> sp.	
					<i>Oocystis</i> sp.	
					<i>Actinastrum</i> sp.	
				Chlorophyceae	<i>Sphaeropleales</i> sp.	<i>Pediastrum simplex</i>
Zygnematophyceae	Desmidiiales			<i>Cosmarium</i> sp.		
Chlorophyceae	Sphaeropleales			<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	
	<u>Chlamydomonadales</u>			<i>Chlamydomonas</i> sp.		
Cyanophyta	Cyanophyceae			Nostocales	<i>Anabaena</i> sp.	
				Chroococcales	<i>Microcystis</i> sp.	
				Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i> sp.	
		Zygnemophyceae	<i>Mougeotia</i> sp.			
		<u>Synechococcales</u>	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Merismopedia minima</i>		
Euglenophyta	Euglenoidea	Euglenida	<i>Euglena</i> sp.			
			<i>Lepocinclis</i> sp.			
Pyrrophyta	Dinophyceae	Prorocentrales	<i>Exuviaella</i> sp.			

امتیازات نشان‌دهنده وضعیت آلودگی زیستگاه نمونه‌برداری شده بر اساس استاندارد شاخص فوق است که در این مطالعه بر اساس این شاخص وضعیت ناحیه مطالعاتی در هر دو فصل گرم و سرد سال، بسیار آلوده (بزرگتر از ۲۰) است.

در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شناسایی شد که رتبه‌بندی اکولوژیک بر مبنای آن انجام گرفت. بر اساس امتیازهایی که در شاخص نایگارد - پالمر ارائه شده است، امتیازات لازم به جنس‌های شناسایی شده در دو فصل گرم و سرد داده شد (جدول ۴). جمع

جدول ۴. مقادیر شاخص نایگارد- پالمر به تفکیک فصول سرد و گرم

فصل سرد	امتیاز در شاخص	فصل گرم	امتیاز در شاخص
<i>Navicula</i> sp.	۳	<i>Navicula</i> sp.	۳
<i>Nitzschia</i> sp.	۳	<i>Nitzschia</i> sp.	۳
<i>Cymbella</i> sp.	۰	<i>Cymbella</i> sp.	۰
<i>Diatoma</i> sp.	۰	<i>Diatoma</i> sp.	۰
<i>Synedra</i> sp.	۲	<i>Synedra</i> sp.	۲
<i>Rhizosolenia</i> sp.	۰	<i>Rhizosolenia</i> sp.	۰
<i>Thalassionema</i> sp.	۰	<i>Thalassionema</i> sp.	۰
<i>Cyclotella</i> sp.	۱	<i>Skeletonema</i> sp.	۰
<i>Coscinodiscus</i> sp.	۰	<i>Bacillaria</i> sp.	۰
<i>Skeletonema</i> sp.	۰	<i>Coscinodiscus</i> sp.	۰
<i>Bacillaria</i> sp.	۰	<i>Gomphonema</i> sp.	۱
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	۲	<i>Cymatopleura</i> sp.	۰
<i>Gomphonema</i> sp.	۱	<i>Glenodinium</i> sp.	۰
<i>Chaetoceros</i> sp.	۰	<i>Euglena</i> sp.	۵
<i>Cymatopleura</i> sp.	۰	<i>Lepocinclis</i> sp.	۱
<i>Glenodinium</i> sp.	۰	<i>Exuviaella</i> sp.	۰
<i>Prorocentrum</i> sp.	۰	<i>Microcystis</i> sp.	۰
<i>Chlorella</i> sp.	۳	<i>Oscillatoria</i> sp.	۵
<i>Oocystis</i> sp.	۰	<i>Mougeotia</i> sp.	۰
<i>Actinastrum</i> sp.	۰	<i>Chlorella</i> sp.	۳
<i>Sphaeropleales</i> sp.	۰	<i>Oocystis</i> sp.	۰
<i>Cosmarium</i> sp.	۰	<i>Actinastrum</i> sp.	۰
<i>Scenedesmus</i> sp.	۴	<i>Sphaeropleales</i> sp.	۰
<i>Chlamydomonas</i> sp.	۴	<i>Cosmarium</i> sp.	۰
<i>Anabaena</i> sp.	۰	<i>Scenedesmus</i> sp.	۴
<i>Microcystis</i> sp.	۰	<i>Chlamydomonas</i> sp.	۴
<i>Oscillatoria</i> sp.	۵	<i>Actinastrum</i> sp.	۰
<i>Mougeotia</i> sp.	۰	<i>Anabaena</i> sp.	۰
<i>Merismopedia</i> sp.	۰	<i>Prorocentrum</i> sp.	۰
<i>Euglena</i> sp.	۵	<i>Chaetoceros</i> sp.	۰
<i>Lepocinclis</i> sp.	۱		
<i>Exuviaella</i> sp.	۰		
مجموع مقادیر شاخص نایگارد- پالمر در فصل سرد	۳۴	مجموع مقادیر شاخص نایگارد- پالمر در فصل گرم	۳۱
توصیف شاخص	بسیار آلوده	توصیف شاخص	بسیار آلوده

جدول ۵. نتایج شاخص نایگارد-پالمر به تفکیک ایستگاه در دو فصل سرد و گرم

ردیف ایستگاه	نوع زیستگاه	امتیاز هر ایستگاه در فصل زمستان	گونه های مشاهده شده در فصل زمستان	امتیاز هر ایستگاه در فصل تابستان	گونه های مشاهده شده در فصل تابستان
۱	دریا	۲۶	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Cyclotella sp.</i> (۱) - <i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱).	۲۵	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴).
۲	مصب	۲۹	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Cyclotella sp.</i> (۱) - <i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Euglena sp.</i> (۵).	۲۸	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴).
۳	مصب	۳۰	<i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Cyclotella sp.</i> (۱) - <i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Euglena sp.</i> (۵).	۲۷	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴).
۴	مصب	۳۱	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) - <i>Cyclotella sp.</i> (۱) - <i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱).	۲۹	<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia sp.</i> (۳) - <i>Euglena sp.</i> (۵) - <i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱) - <i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Chlorella sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴) - <i>Chlamydomonas sp.</i> (۴).

ادامه جدول ۵.

<i>Navicula sp.</i> (۳)- <i>Nitzschia</i>		<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia</i>			
<i>sp.</i> (۳)- <i>Synedra sp.</i> (۲)-		<i>sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) -			
<i>Euglena sp.</i> (۵)- <i>Lepocinclis</i>		<i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) -		رودخانه	
<i>sp.</i> (۱)- <i>Oscillatoria sp.</i> (۵)-	۳۰	<i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella</i>	۳۳	نزدیک	۵
<i>Chlorella sp.</i> (۳)-		<i>sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴)		مصب	
<i>Scenedesmus sp.</i> (۴)-		<i>Chlamydomonas sp.</i> (۴) -			
<i>Chlamydomonas sp.</i> (۴)		<i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Euglena</i>			
		<i>sp.</i> (۵) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱).			
<i>Navicula sp.</i> (۳)- <i>Nitzschia</i>		<i>Navicula sp.</i> (۳) - <i>Nitzschia</i>			
<i>sp.</i> (۳)- <i>Synedra sp.</i> (۲)-		<i>sp.</i> (۳) - <i>Synedra sp.</i> (۲) -			
<i>Euglena sp.</i> (۵)-		<i>Cyclotella sp.</i> (۱) -		رودخانه	
<i>Gomphonema sp.</i> (۱)-	۳۱	<i>Ankistrodesmus sp.</i> (۲) -		رو به	۶
<i>Lepocinclis sp.</i> (۱)-		<i>Gomphonema sp.</i> (۱) - <i>Chlorella</i>	۳۴	بالادست	
<i>Oscillatoria sp.</i> (۵)- <i>Chlorella</i>		<i>sp.</i> (۳) - <i>Scenedesmus sp.</i> (۴)			
<i>sp.</i> (۳)- <i>Scenedesmus sp.</i> (۴)-		<i>Chlamydomonas sp.</i> (۴) -			
<i>Chlamydomonas sp.</i> (۴).		<i>Oscillatoria sp.</i> (۵) - <i>Euglena</i>			
		<i>sp.</i> (۵) - <i>Lepocinclis sp.</i> (۱).			

اراضی؛ افزایش فضولات دامی و نشت فضولات و فاضلاب به آب رودخانه؛ آبی‌پروری و پرورش ماهی؛ سدسازی و موانع؛ صید بی‌رویه ماهی و آبزیان؛ برداشت شن و ماسه؛ تغییر اقلیم؛ شرکت‌های لبنی؛ صنایع چوب؛ قالیشویی‌ها؛ کارواش‌ها؛ هتل‌ها و رستوران‌ها؛ کارخانه‌های صنایع شیمیایی و داروسازی؛ واحدهای جوجه‌کشی و از جمله مخاطرات محیط‌زیستی شناسایی شده در مقیاس مصب می‌توان به کشاورزی و باغات؛ فعالیت‌های صنعتی داخل مصب؛ گردشگری؛ صید بی‌رویه ماهی با استفاده از دام‌های گوش‌گیر؛ اسکله قایق‌رانی؛ افزایش جمعیت؛ پروژه ساخت جاده-ساحلی (ساخت پل روی مصب)؛ شرکت حریم‌سازان ساحل؛ سد لاستیکی در حریم‌مصب اشاره نمود. در شکل ۲ برخی از مخاطرات و عوامل مخرب محیط‌زیستی موجود در حوضه رودخانه تجن و مصب آن ارائه شده است.

نتایج شاخص نایگارد پالم به تفکیک ایستگاه و در دو فصل سرد و گرم (جدول ۵) نشان داد، مقادیر این شاخص در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی و در هر دو فصل سال بسیار زیاد است. نتایج همچنین نشان می‌دهند که شیب تغییرات میزان آلودگی از بخش منتهی به رودخانه (ایستگاه ۶) به سمت دریا (ایستگاه ۱) کاهش می‌یابد.

فشارهای شناسایی شده و کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه:

بر اساس بازدیدهای میدانی انجام شده، نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که از مخاطرات محیط‌زیستی شناسایی شده در مقیاس حوضه می‌توان به: رشد مناطق شهری و حاشیه‌شهر؛ افزایش کشاورزی و باغداری؛ افزایش زباله؛ آلودگی محیطی؛ از بین رفتن خاک؛ تغییرات کیفی؛ تغییرات مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی؛ افزایش تقاضای آب؛ معدن‌کاوی؛ مصرف‌کود و آفت‌کش؛ آبیاری؛ دامداری؛ چرای دام و مرغداری؛ تغییر کاربری



فعالیت‌های زراعی



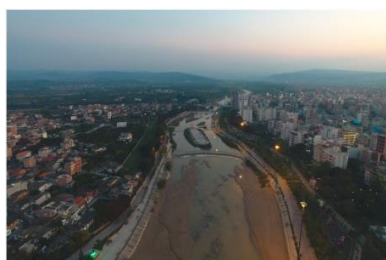
پل‌ها و موانع در حوضه آبریز تجن



واحدهای تولیدی، کارخانه چوب و کاغذ



انتشار و دفع پساب و پسماند



کانال‌سازی، توسعه شهری



برداشت شن و ماسه و واحد شن شویی



چرای دام



سدسازی - سد سلیمان تنگه



تراکم کارگاه‌های پرورش ماهی

شکل ۲. تصاویر مربوط به برخی از مخاطرات محیط زیستی موجود در حوضه رودخانه تجن و مصب آن، واقع شده در حوضه جنوبی دریای خزر

بحث

در منطقه مورد مطالعه مطلوب نیست و چیره بودن برخی جنس-های مقاوم به آلودگی با امتیاز بالا بر مبنای شاخص نایگارد - پالمر، وجود یک منطقه با کیفیت بسیار آلوده را تایید می‌کند. سونمان و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که جلبک‌ها از راه‌های قابل توجهی در نشان دادن میزان آلودگی آب‌ها نقش ایفا می‌کنند (۴۷). بابازاده و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی میزان آلودگی تالاب بین‌المللی فریدونکنار با استفاده از شاخص زیستی نایگارد-پالمر دریافتند که آلودگی این تالاب با شاخص عددی ۱۳ در دوره انجام پژوهش "متوسط" بوده است (۵). این بدان معناست که شاخص نایگارد - پالمر می‌تواند در تعیین مطلوب‌تر وضعیت اکولوژیک پیکره‌های آبی در حوضه جنوبی دریای خزر نتایج قابل اطمینانی را در معرفی و نشان دادن کلیه شرایط (از کیفیت

هزینه‌های بالا در فرآیند نمونه‌برداری و لزوم سنجش مداوم مشخصات فیزیکی شیمیایی آب، باعث شده تا جوامع علمی برای ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی به تحلیل ترکیب گونه‌ای گروه‌های متفاوت گیاهی و جانوری توجه کنند (۱۸ و ۳۷). از این رو ضمن رعایت این اصل که نظارت مستمر بر کیفیت بوم‌سازگان‌های آبی به‌عنوان یکی از بهترین تکنیک‌های حفاظت به‌شمار می‌رود، استفاده از عناصر زیستی برای این منظور به موضوعی بسیار کاربردی در میان متخصصین تبدیل شده است (۵۰). پایش زیستی کیفیت آب برخلاف اندازه‌گیری‌های فیزیکی شیمیایی می‌تواند برآیندی از واکنش‌های چندگانه عوامل مختلف را منعکس کند (۲۶). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که وضعیت بوم‌شناختی

پارامترهای کیفی و کاهش کیفیت آب رودخانه در نواحی میانی و پایین دست حوضه آبریز رودخانه تجن وجود دارد (۲۳). آنچه از نتایج مطالعات دلبری و همکاران (۱۵) و همچنین فرقانی و قلی نژاد (۲۳) با استفاده از سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب قابل دستیابی است، وجود یک روند معنادار از افزایش در میزان آلودگی و کاهش کیفیت آب از بخش‌های بالادست تا پایین دست رودخانه و مصب تجن می‌باشد که با نتایج پیمایش‌ها و مشاهدات میدانی در این پژوهش مطابقت دارد. بازدیدهای میدانی فصلی و سایر بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نیز گویای این مطلب است که در امتداد مسیر بالادست تا پایین دست رودخانه تجن و مصب آن، مخاطرات محیط زیستی متنوعی پراکنده‌اند (شکل ۳) به طوری که مصب تجن، هم از مقیاس محلی و هم در حوضه آبریز خود تنش‌های متعددی را دریافت می‌کند. اعظمی و همکاران (۱) نیز با سنجش کارایی شاخص‌های بیولوژیک ماهیان و بزرگ بی‌مهرگان آبری در ارزیابی یکپارچگی اکولوژیک رودخانه تجن و ارتباط آن با عوامل زیستگاهی دریافتند که وضعیت اکولوژیکی رودخانه در قسمت‌های پایین دست مناسب نیست (۱). خب و همکاران (۲۸) نیز نشان دادند که تعداد روزهای "وقوع جریان حداقل" قبل از احداث سد از ۳۵۱ روز به ۲۸۶ روز پس از احداث سد کاهش یافته‌است. بر این مبنا جریان‌های حادی سالانه در رودخانه تجن دچار آشفتگی و تغییرات متوسطی گردیده‌است. تغییر در شاخص‌های هیدرولوژیک جریان، عمدتاً تحت تأثیر احداث سد بوده‌است و نوع مدیریت هیدرولوژیکی سد به عنوان یک مخاطره محیط زیستی، تأثیر بسزایی بر وضعیت اکولوژیکی مصب تجن داشته‌است (۲۸). بنابراین، لزوم نگاه چند بُعدی به پیکره‌های آبی کشور و مدیریت یکپارچه آنها را به عنوان یک هدف استراتژیک آشکار می‌کند، موضوعی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌است. یکی از ویژگی‌های این پژوهش را می‌توان بررسی وضعیت بوم‌سازگان مصب در دو مقیاس محلی و حوضه آبریز رودخانه تجن برشمرد. نتایج این مطالعه با رویکردهای چندگانه و مقایسه آن با پژوهش‌های متعدد انجام شده در سال‌های گذشته

خوب تا بسیار بد) اکولوژیک ارائه نماید. ابراهیمی و همکاران سال (۱۳۹۶) در ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از برخی شاخص‌های زیستی نشان دادند کیفیت آب رودخانه تجن در طبقه کیفی متوسط تا خیلی بد قرار گرفته‌است (۱۸). همچنین نتایج پژوهش جواندل و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان ارزیابی اکولوژیک جوامع کفزیان درشت‌ساحلی جنوب دریای خزر (مصب رودخانه تجن) با استفاده از شاخص AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) نشان داد تنوع گروه‌های بی‌مهرگان کفزی درشت‌جثه نسبت به مطالعات گذشته کاهش اندک و فراوانی گونه‌های غالب افزایش داشته‌است (۲۵). بر مبنای نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت پایدار ماندن شرایط نامناسب باعث خارج شدن گونه‌های حساس کوچک و بزرگ‌جثه به وسیله رقابتی قدرتمند اکولوژیک از چرخه رقابت شده‌است. آن دسته از گونه‌های حساس و کوچک‌جثه‌ای که می‌توانستند نقشی حیاتی را در تغذیه موجودات زنده درشت‌جثه‌تر فراهم آورند، با حذف شدنشان از زنجیره غذایی، بقا موجودات بزرگ‌جثه را نیز در معرض خطر قرار داده‌اند. از این رو افزایش تدریجی گونه‌های چیره که مقاوم به آلودگی نیز می‌باشند و کم شدن تنوع گونه‌های بزرگ‌جثه در زنجیره غذایی می‌تواند نشانه‌ای از استمرار و تشدید آلودگی پیکره آبی تلقی گردد. تعیین کیفیت آب مصب و رودخانه تجن با استفاده از پارامترهای فیزیکوشیمیایی توسط محققین متعددی انجام شده که از جمله آنها می‌توان به مطالعات کاظمی و زبردست (۱۳۹۷) اشاره نمود. آنها دریافتند که رودخانه تجن در برخی پارامترها با دیگر ایستگاه‌های مورد بررسی، اختلاف بیشتری دارد (۲۷). همچنین دلبری و همکاران (۱۴۰۰) با مطالعه روی ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص IRWQIsc (Iran water quality index) دریافتند ایستگاه‌های بالادست رودخانه تجن در کلاس توصیفی نسبتاً خوب، و ایستگاه‌های میان دست و پایین دست و مصب رودخانه تجن در کلاس توصیفی بد قرار گرفته‌اند (۱۵). نتایج بررسی‌های مکانی در مطالعه فرقانی و قلی نژاد (۱۳۹۶) این موضوع را تایید می‌کند که تغییرات وسیع در مقدار عددی

و M-AMBI (Multivariate AZTI Marine Biotic Index) جهت اطمینان و افزایش قطعیت نتایج توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت‌های سازمان حفاظت از محیط‌زیست، معاونت محیط‌زیست دریایی و تالاب‌ها، دفتر حفاظت از زیست-بوم‌های دریایی و سواحل دریایی و دانشگاه بیرجند تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

نشان می‌دهد که وضعیت کیفیت آب در این منطقه بسیار بحرانی است و برای مدیریت آن نیازمند اقدامات سریع اصلاحی است. نتایج شاخص مورد استفاده در این مطالعه با مطالعات گذشته در این ناحیه همخوانی داشته و تأییدی بر استفاده از این شاخص برای ارزیابی بوم‌سازگان‌های مشابه در سایر نواحی کشور و بخصوص در مصب‌های حوضه جنوبی دریای خزر می‌باشد. با این وجود استفاده از شاخص‌های مکمل دیگر مانند شاخص‌های تنوع زیستی (شاخص شانون-وینر، و ...)، یا شاخص‌های ABC-CURVE (Abundance Biomass Comparison curves)،

منابع

- 1- Aazami, J. 2015. Feasibility of fish and macroinvertebrate indices in ecological integrity assessment of Tajan river and relation to habitat parameters. PH. D thesis. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran. (In Persian).
- 2- Al-Kanani, H. M. and S. A. Al-Essa. 2018. Assessment of Shatt Al-Arab water quality using Palmer's algal index, Basrah, Iraq. *Basrah Journal of Agricultural Sciences* 31(1): 70-77.
- 3- Allende, L., M. S. Fontanarrosa, A. Murno and R. Sinistro, 2019. Phytoplankton functional group classifications as a tool for biomonitoring shallow lakes: a case study. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* 420: 5-18.
- 4- Arab, S., S. Hamil, M. A. Rezzaz, A. Chaffai and A. Arab. 2019. Seasonal variation of water quality and phytoplankton dynamics and diversity in the surface water of Boukourdane Lake, Algeria. *Arab. Arabian Journal of Geosciences* 12: 1-11.
- 5- Babazade, M., Jafari, N and Naghinejad, A. 2013. Investigating the level of contamination of Fereydunkanar international wetland using Palmer's biological index. In: Iran's National Environmental Research Conference. Shahid Mufatah College. Hamedan, Iran. October 31. pp 10-18 (In Persian).
- 6- Birk, S., W. Bonne, A. Borja, S. Brucet, A. Courrat, S. Poikane, A G. Solimini, W. van de Bund, N. Zampoukas and D. Hering. 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18: 31-41.
- 7- Boney, A. D. 1989. Phytoplankton Edward Arnold. British library cataloguing publication data. 118 p. London, UK.
- 8- Borja, A., S. B Bricker, D. M Dauer, N. T. Demetriades, J. G. Ferreira, A. T. Forbes, P. Hutchings, X. Jia, R. Kenchington, J. C. Marques and C. Zhu. 2008. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin* 56(9): 1519-1537.
- 9- Borja, A., A. Basset, S. Bricker, J. C. Dauvin, M. Elliott, T. Harrison, J. C. Marques, S. Weisberg and R. West. 2012. Classifying ecological quality and integrity of estuaries. pp. 125-162, In: E Wolanski and D. McLusky (eds.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. Academic Press, Waltham.
- 10- Bricker, S. B., J. G. Ferreira and T. Simas. 2003. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling* 169: 39-60.
- 11- Chergui, F. H., M. B. Errahmani, M. S. Hamaidi, F. Benouaklil and H. Kais. (2014). Preliminary survey of phytoplankton Lakhel dam (Southeast of Algeria) using Palmer and Nyggards index. *Lakes, Reservoirs and Ponds* 8(2):122-136.
- 12- Costanza, R., R. d'Arge and R. de Groot. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- 13- Cupertino, A., B. Gücker, G. VonRückert and C. C. Figueredo. 2019. Phytoplankton assemblage composition as an environmental indicator in routine lentic monitoring: Taxonomic versus functional groups. *Ecological Indicators* 101: 522-532.
- 14- Dauvin, J. 2014. The evolution of habitat areas and carrying capacity for Western Cotentin estuaries (North-Western France). *Cahiers de Biologie Marine* 55(1): 77-89.

- 15- Delbari, F., K. Rezaei Tavabe, A. Mirvaghefi, A. Lahijanzade, M. Bagherzade Karimi and E. Salmroodi. 2022. Evaluation of water quality of Tajan river using IRWQIsc index. *Journal of Aquaculture Sciences* 10: 19. (In Persian).
- 16- Devlin, M., M. Best, D. Coates, E. Bresnan, S. O'Boyle, R. Park, J. Silke, C. Cusack, and J Skeats. 2007. Establishing boundary classes for the classification of UK marine waters using phytoplankton communities. *Marine Pollution Bulletin* 55: 91–103.
- 17- Devlin, M., J. Barry, S. Painting and M. Best. 2009. Extending the phytoplankton tool kit for the UK Water Framework Directive: indicators of phytoplankton community structure. *Hydrobiologia* 633, 151–168.
- 18- Ebrahimi, E., P. Fathi, F. Ghodrati, M. Naderi and A. Pirali. 2017. Assessment of Tajan River water quality with the use of biological and quality indicators. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 26(5): 139-151. (In Persian).
- 19- Edmonson, W. T. 1959. *Fresh Water Biology*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- 20- Farjad fard, S., M. Sadra, N. Farsiabi and H. Rasulian. 2013. The effect of nitrate and phosphate chemical fertilizers on water pollution and its role in sustainable agriculture, case study: Tajan watershed). In: *The Second National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment*. Hamedan. Iran. (In Persian).
- 21- Ferreira, J. G., S. B. Bricker and T. C. Simas. 2007. Application and sensitivity testing of a eutrophication assessment method on coastal systems in the United States and European Union. *Journal of Environmental Management*, 82(4): 433-445.
- 22- Forghani Tehrani, G., and R. Mostafavi. 2016. Zoning and water quality assessment based on different water quality indices in Tajan river, Mazandaran. Mazandaran Regional Water Company. Available online at: <https://www.mzrw.ir/st/198>. Accessed 25 May.2021. (In Persian).
- 23- Forghani, G., and M. Gholinezhad. 2017. River water quality monitoring and zoning using different quality indicators (case study: Tajen River). Project report. Ministry of Energy, Water Resources Management Company Mazandaran, Iran (In Persian).
- 24- Jahad Engineering Services Company. 2005. Identification studies justifying Tejan watershed project (Shahid Rajaei Dam catchment area). Vol,15, pp.85-94. (In Persian).
- 25- Javandel, N. 2017. An ecological evaluation of coastal macrobenthoses in southern parts of the Caspian Sea (estuary of Tajan river) applying the AMBI index. MSc thesis. Faculty of Marine and Oceanic Science, The University of Mazandaran. Iran (In Persian).
- 26- Jeffries, M., and D. Mills. 1990. *Freshwater Ecology Principles and Applications*, Belhaven Press, London.
- 27- Kazemi, A., and H. Zebardastrostami. 2018. Investigating the amount of organic pollutants (bisphenol A and nonylphenol), heavy metals, anions and cations in the entrance of the plain and the mouth of important rivers of Mazandaran province and comparing between the studied stations in terms of different pollutants. In: Project report. Ministry of Energy, Water Resources Management Company, Mazandaran, Iran. (In Persian).
- 28- Khob, T., H. Mostafavi, H. Zeinivand, H. Esmaeilzadeh, M. Shojaei and M. Blouki. 2023. Investigating hydrological changes of Tejan river estuary (Southern Caspian Sea, Mazandaran province). *Journal of Environmental Research* 14(27).77-95. (In Persian).
- 29- King, R. P., and G. F. Jonathan. 2003. *Aquatic Environmental Perturbation and Monitoring. African Experience*. Texas.
- 30- Kohlmann, B., A. Arroyo, P. A. Macchi and R. Palma. 2018. Biodiversity and biomonitoring indexes. pp.83-106, in: chapter(6). *integrated analytical Approaches for pesticide management*. Academic Press. Costa Rica.
- 31- Lee, K. M., S. Y. Lee and R. M. Connolly. 2012. Combining process indices from network analysis with structural population measures to indicate response of estuarine trophodynamics to pulse organic enrichment. *Ecological Indicators* 18: 652–658.
- 32- Mahmudifard, A., J. Imanpoure Namin, K. Gholami Dashtaki and A. BozorgiMakrani. 2013. Biological monitoring of Tajan river using biological index (HFBI). In: *National Conference of Aquatic Animal Sciences*. Iranian Biology Association. Gilan University, Rasht. Iran. (In Persian).
- 33- Maosen, H. 1983. *Freshwater plankton illustration*. Agriculture Publishing House. UK.
- 34- Morris, C., S. Y. Lee and J. Van De Merwe. 2015. $\delta^{15}\text{N}$ of estuarine fishes as a quantitative indicator of urbanization. *Ecological Indicators* 56: 41–49.
- 35- Palmer, C. M. 1969. Composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology* 5, 78-82.
- 36- Pérez-Domínguez, R., S. Maci, A. M. Courrat, Lepage, A. Borja, A. Uriarte, J. M. Neto, H. Cabral, V. St Raykov, A. Franco, M. C. Alvarez and M. Elliott. 2012. Current developments on fish-based indices to assess ecological-quality status of estuaries and lagoons. *Ecological Indicators* 23: 34–45.
- 37- Pirali Zefrehei, A., and E. Ebrahimi. 2017. Introduction of several biological indices for the assessment of river water quality. *Journal of Water and Sustainable Development* 3(2): 35-42. (In Persian).
- 38- Plafkin, J. L. M. T., K. D. Barbour, S. K. PorterGross and R. M. Hughes. 1989. *Rapid Assessment Protocols for Use in Streams & Rivers: Benthic Macro Invertebrates & Fish*. Environmental Protection Agency press, Office of

- Water. United States. Washington, D.C.
- 39- Presscot, G.W. 1970. *The Freshwater Algae*. W. M. C. Brown Company publishing. Iowa.
 - 40- Saeedi, M., A. Karbasi, G. Bidhendi and N. Mehrdadi. 2005. The effect of human activities on the accumulation of heavy metals in the water of Tajen river in Mazandaran province. *Journal of Environmental Studies* 40: 41-50. (In Persian).
 - 41- Saeedi, M., A. Karbasi, G. Bidhendi, N. Mehrdadi, S. Gitipour and N. Hajizadehzaker. 2002. Behavior of Fe, Mn, Co, Ni, Cd, Zn, Pb and Cu in bed sediments and suspended particles of Tajen river when mixed with Caspian Sea water. *Journal of Environmental Studies* 31: 21-30. (In Persian).
 - 42- Sakhaei, N., B. Doostshenas and P. Mobed. 2017. Determining the Bahmanshir river health and biodiversity using Nygaard -Palmer and Saprobic indices. *Iranian Scientific Fisheries Journal*.26(5). (In Persian).
 - 43- Scanes, P. 2016. Assessing estuary ecosystem health: sampling, data analysis and reporting protocols. Natural Resources Monitoring, Evaluation and Reporting Program. Technical Report. State of NSW and Office of Environment and Heritage, Australia.
 - 44- Scheltinga, D. M., and A. Moss. 2007. A Framework for Assessing the Health of Coastal Waters: A Trial of the National Set of Estuarine, Coastal and Marine Indicators in Queensland. Environmental Protection Agency, Canberra, Australia.
 - 45- Shekari saravi, M., M. R. Ahmadi, H. Rahmani and E. Kamrani. 2014. Evaluation of water quality based on biological indicators of Hilsenhof, Shannon-Wiener diversity and environmental indicators in Tajen river. *Journal of Fisheries Science and Technology* 3(4): 43-55. (In Persian).
 - 46- Shirdel Darabi, I., and H. Zebardastrostami. 2018. Evaluating the effects of salmon breeding farms on water quality and determining the self-purification capacity of Haraz and Tajen rivers. Summary of the project report, Ministry of Energy, Water Resources Management Company, Mazandaran, Iran (In Persian).
 - 47- Sonneman, J. A., P. F. Walsh Breen and S. K. Sharpe. 2001. Effects of urbanization on streams of Melbourne region, Victoria, Australia. II. Benthic diatom communities. *Freshwater Biology* 46(4): 553-565.
 - 48- Sourina, A. 1978. *Phytoplankton Manual*. United Nations Educational, Scientific & Culture Organization.
 - 49- Thrush, S. F., M. Townsend, J. E. Hewitt, K. Davies, A. M. Lohrer, C. Lundquist and K. Cartner. 2013. The many uses and values of estuarine ecosystems. In J. R. Dymond (ed.), *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand. 226-237
 - 50- Tokatli, C. 2013. Evaluation of water quality by using trophic diatom index: example of Porsuk dam lake. *Journal of Applied Biological Sciences* 7 (1): 01-04.
 - 51- Toma, J. J. 2019. Algae as indicator to assess trophic status in Duhok lake, Kurdistan region of Iraq. *Journal of Garmian University* 6: 90-98.
 - 52- Wu, N., X. Dong, Y. Liu, C. Wang, A. Baattrup-Pedersen and T. Riis. 2017. Using river microalgae as indicators for freshwater biomonitoring; review of published research and future directions. *Ecological Indicators* 81: 124-131.

Investigating the Ecological Condition of the Tajen River Estuary Using the Nygaard-Palmer Index

M. Badri¹, M. Rezaee², H. Mostafavi^{3*} and M. H. Sayyadi⁴

(Received: June 30-2024; Accepted: August 24-2024)

Abstract

Most of the world's aquatic ecosystems are experiencing a substantial decline in their ecological services. This research was conducted to investigate the ecological condition of the Tajen estuary using the Nygaard-Palmer index at six stations during both cold and warm seasons. The results led to the identification of 32 genera belonging to 27 orders and 8 classes of phytoplankton. The identified phytoplanktons were classified into five orders: *Ochrophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, and *Pyrrophyta*. The highest species richness was observed in *Bacillariophyceae*. Thirteen genera that are tolerant to pollution were identified, and the results indicated that the ecological condition of the Tajen estuary is undesirable, with a status index calculated as very polluted, exceeding 20 in both warm and cold seasons. Field investigations also revealed that the Tajen estuary is affected by various environmental hazards at both local and catchment scales. These hazards have created unfavorable conditions and pressure on this habitat, resulting in a shift towards more pollution-tolerant species within the estuary. Overall, this index can be recommended for the biological and ecological assessment of other estuaries in the southern Caspian Sea basin. To reduce uncertainty, other suitable complementary indices may also be employed.

Keywords: Biological index, Environmental assessment, Phytoplankton, Estuary, Southern Caspian Sea basin.

1- PhD student, Department of Environmental, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Assoc. Prof. Department of Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Assist. Prof. Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

4- Assoc. Prof. Faculty of Natural Resources and Environment, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hmostafaviw@gmail.com