وضعیت فیزیکوشیمیایی آب و سطح تغذیه گرایی تالاب انزلی

علی عابدینی[1*]، علیرضا میرزاجانی[1]، مریم فلاحی[1]

*aabedinim@yahoo.com

۱- پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹٦

چکیده

تالاب انزلی یکی از مهم‌ترین تالاب‌های حاشیه جنوبی دریای خزر و تحت تأثیر آب شیرین رودخانه‌های ورودی و آب لب‌شور دریای خزر به‌عنوان اکوتونی ویژه و منحصربه‌فرد نقش ایفا می‌کند. در این مطالعه عوامل فیزیکوشیمیایی و مواد مغذی آب تالاب انزلی از اردیبهشت ۱۳۹۳ به مدت یک سال و به‌صورت ماهانه بررسی گردیدند. شاخص وضعیت تروفیکی TSI به روش ارزیابی پارامترهای کلروفیل آ، فسفر کل، ازت کل و حد شفافیت محاسبه شد. نتایج بررسی نشان داد که میانگین سالانه نیتروژن کل، فسفر کل و اکسیژن محلول به ترتیب در حد ۰/۵۲۳±۱/۰۲۳، ۰/۱۰۵±۰/۱۱۳ و ۲/۶۳±۸/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر بود. مقدار نیتروژن کل در ایستگاه‌های موردبررسی نسبت به هم تفاوت معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵) درحالی‌که، غلظت فسفر کل تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). مقدار کلروفیل آ از حداقل ۰/۶ تا حداکثر ۳۲۹/۱ میکروگرم در لیتر (با میانگین ۶۵/۰±۴۷/۴ میکروگرم در لیتر) متغیر بوده است. دامنه هدایت الکتریکی از ۲۵۴ تا ۱۴۲۵۰ بر حسب میکروموس بر سانتیمتر متغیر بود و تفاوت معنی‌دار بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده گردید (P<۰/۰۵) نسبت نیتروژن به فسفر در کلیه مناطق تالاب انزلی به‌غیراز منطقه غربی کمتر از ۱۰ بود و این نشان می‌داد که فسفر در این مناطق به‌عنوان عامل محدودکننده درروند یوتریفیکاسیون بود. در این تحقیق، منطقه غربی تالاب انزلی در سطح یوتروف، منطقه سیاکشیم سوپریوتروف و بقیه مناطق تالاب انزلی در مرحله نهایی تغذیه گرایی یا هایپریوتروف قرار داشتند. کنترل و کاهش میزان مواد معلق و مغذی که از طریق رودخانه‌های حاشیه به تالاب انزلی وارد می‌شوند و کنترل گیاهان آبزی داخل تالاب نقش مستقیم و مؤثری در بهبود کیفیت آب و کنترل پدیده یوتریفیکاسیون خواهد داشت.

لغات کلیدی: تالاب انزلی، عوامل شیمیایی، سطح تغذیه گرایی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

مقدمه

تالاب بین‌الملل انزلی با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود در برقراری توازن اکولوژیکی ماهیان، جانوران و پرندگان مهم است و یکی از بزرگ‌ترین زیستگاه‌های تخم‌ریزی ماهیان مهم تجارتی درگذشته بوده است. ازنظر موقعیت جغرافیایی، چهار بخش نسبتاً متمایز از یکدیگر در تالاب انزلی تشخیص داده می‌شوند که عبارت‌اند از بخش مرکزی که شامل حوضچه مرکزی بوده و هندخاله نیز نامیده می‌شود. بخش شرقی که حوضچه شرقی تالاب را تشکیل می‌دهد و شیجان نامیده می‌شود. بخش غربی که به نام آبکنار معروف است. بخش سیاه‌کیشم که در بخش جنوب غربی تالاب واقع‌شده است.

در حال حاضر به‌واسطه ورود و تجمع انواع آلاینده‌ها، بخش‌های عمده تالاب انزلی وضعیت کیفی مطلوب و ارزش‌های زیستی خود را ازدست‌داده‌اند (Mirzajani, 2009; Mirzajani *et al*., 2010). معمولاً تخلیه بیش‌ازحد مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر به محیط‌های آبی در اثر ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی منجر به کاهش کیفیت آب‌شده و بروز پدیده یوتریفیکاسیون (تغذیه گرایی) را سبب می‌شود. در بررسی‌های یوتروفی اکوسیستم آبی عناصر فسفر، نیتروژن و کلروفیل آ از عناصر مهم هستند. ازاین‌رو استفاده از مقدار مطلق برخی متغیرها مانند فسفر کل و بیوماس فیتوپلانکتون (کلروفیل آ) و محاسبه شاخص‌های وضعیت تروفیک، روش های مناسبی برای بررسی وضعیت تروفیک منابع آبی می‌باشند (Dodds, 2002). به‌طورکلی تئوری شرایط تغذیه گرایی بر این اصل استوار است که تغییر در متغیرهایی همچون غلظت مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) سبب تغییر در بیومس جلبکی (کلروفیل) شده که این خود سبب تغییر شفافیت آب می‌شود. یکی از روش‌های توصیف کمی تغذیه گرایی استفاده از این متغیرها به‌عنوان شاخص برای کمی کردن روابط این متغیرهاست که توسط (Carlson, 1977) ارائه و توصیف‌شده است.

تاکنون پژوهش‌ها و تحقیقات گوناگونی در تالاب انزلی انجام‌شده است، اما اولین بررسی‌ها که اختصاص به مطالعات لیمنولوژی و اکولوژی داشته با مشارکت کارشناسان روسی (Hydroproject, 1965)، کارشناسان سازمان خواروبار جهانی (Holčík and Oláh, 1992) و کارشناسان آمریکایی (Kimbal and Kimbal, 1974) انجام‌گرفته است. در سال ۱۳۷۰ قسمت اعظم تالاب انزلی در وضعیت‌های مزوتروف و یوتروف بوده و مقایسه وضعیت یوتروفی تالاب به لحاظ فسفر کل با منحنی استاندارد OECD[1] گرایش تالاب را به‌سوی هایپرتروفی نشان داده است. بر اساس اطلاعات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی تالاب انزلی در یک دوره ده‌ساله از ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰ بخش‌های عمده تالاب در مرحله نهایی مزوتروف و اولیه یوتروف قرار داشته و واکنش اکوسیستم در مصرف ازت و فسفات در رشد و گسترش گیاهان نمودار گشته است. غالبیت گونه‌های سبز آبی نسبت به سایر گونه‌های فیتوپلانکتونی مشهود بوده و میزان کلروفیل آ نیز افزایش فیتوپلانکتون ها و پدیده پیری زودرس تالاب را نشان داده است (Mirzajani, 2009; Mirzajani *et al*., 2010). تغییرات یوتروفی تالاب انزلی در ارتباط مستقیم با بار مواد مغذی وارده از رودخانه‌های حوزه آبخیز آن هست که از مناطق کشاورزی، صنعتی و شهری با تراکم جمعیت بالا عبور می‌کنند (Mirzajani *et al*., 2008). در سال ۱۳۸۳ گروه جایکا با همکاری اداره کل حفاظت محیط زیست و سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان (Jica *et al*., 2005) طرح مطالعاتی حفاظت تالاب انزلی را اجرا نمود که به بررسی کیفیت آب و رسوبات کف تالاب پرداخت و نتایج بررسی‌ها شدت آلودگی‌ها را در بخش‌های مختلف تالاب انزلی نشان داده بود. در مطالعه‌ای با اندازه‌گیری نیتروژن و فسفر کل وضعیت تغذیه گرایی تالاب انزلی با استفاده از سامانه GIS بررسی گردید و نشان داده شد که بخش‌های وسیعی از تالاب در وضعیت فوق مغذی قرار داشته است.

مطالعات مشابهی در سایر تالاب‌ها و منابع آبی ایران و سایر کشورها انجام‌شده است. در تحقیقی که در تالاب چغاخور انجام شد، (صمدی، ۱۳۹۵) نشان داد که وجود منابع و پساب‌های ورودی به تالاب ناشی از کاربری‌های

[1] Organization for Economic Co-operation and Development

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

کشاورزی و مسکونی همراه با سیلاب‌ها و بارندگی‌های فصلی باعث افزایش ۲ تا ۴ برابری در غلظت فسفر و افزایش ۱۶ درصدی وضعیت تغذیه گرایی شده است. در مطالعاتی که توسط نصرالله زاده ساروی و همکاران در دریاچه سد شهید رجایی انجام شد با به‌کارگیری شاخص‌های تروفیکی، ساپروبی و شانون، کیفیت آب این دریاچه را بررسی کرده و نشان دادند بر اساس شاخص وضعیت تغذیه گرایی [2](TSI)، این دریاچه اولیگوتروف تا مزوتروف است. در مطالعه‌ای که توسط محبی و همکاران جهت ارزیابی کیفیت آب دریاچه ارس انجام شد، تعیین گردید که این دریاچه در وضعیت یوتروف تا هایپرتروف قرار دارد (Mohebbi *et al.*, 2016). اخیراً به‌کارگیری روش‌های مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور جهت ارزیابی‌های کمی و کیفی منابع آبی افزایش‌یافته است. به‌طور مثال، محققین مکزیکی با استفاده از سنجش‌ازدور وضعیت تروفیکی دریاچه چاپالا را تخمین زده و نشان دادند که استفاده از مواد شیمیایی در بهبود تغذیه گرایی در این دریاچه تأثیر نداشته است (Membrillo-Abad *et al.*, 2016). روش شبکه عصبی مصنوعی (Saghi *et al.*, 2015) و روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Primpas *et al.*, 2010) نیز برای بررسی شاخص‌های یوتروفی برخی مناطق بکار گرفته‌شده است. خلجی طی تحقیقی در دریاچه سد زاینده‌رود نشان داد که علیرغم تغییرات کاهشی در طی فصول بهار و تابستان، کیفیت آب آن دریاچه در حد خوب ارزیابی شد (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵).

می‌توان گفت که در دهه ۱۳۸۰-۱۳۹۰ مطالعات جامعی در تالاب انزلی انجام نگرفته و آنچه انجام‌یافته در قالب مطالعات دانشجویی و یا در واحدهای نمونه‌برداری کوچک انجام‌شده است. در فقدان مطالعات جامع و نبود اطلاعات قابل‌اتکا، شواهد و مشاهدات میدانی حکایت از تداوم روند غنی شدن تالاب انزلی و افزایش سطح تروفی نسبت به مهر و موم‌های قبل داشته است. در این بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و ارزیابی سطح یوتروفی مناطق مختلف تالاب انزلی موردسنجش قرار گرفت تا ضمن پوشش کمبود اطلاعاتی ذکرشده، وضعیت جدید تغذیه گرایی تالاب انزلی مشخص گردد.

مواد و روش کار

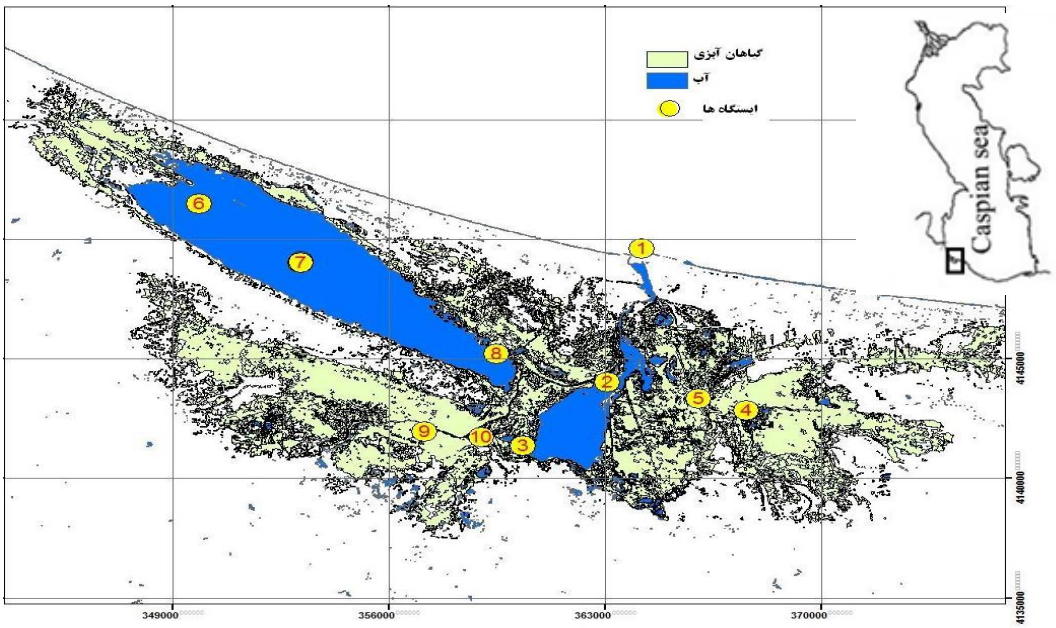
در این مطالعه در مناطق چهارگانه تالاب انزلی (شرقی، مرکزی، غربی و سیاکشیم) تعداد ۱۰ ایستگاه تعیین گردید. بر این اساس ایستگاه‌های ۲ و ۳ در منطقه مرکزی، ایستگاه‌های ۴ و ۵ در منطقه شرقی، ایستگاه‌های ۶، ۷ و ۸ در منطقه غربی، ایستگاه‌های ۹و ۱۰ در منطقه سیاه کشیم و ایستگاه ۱ در انتهای کانال کشتیرانی (منطقه موج‌شکن)، انتخاب گردیدند (شکل ۱). نمونه‌برداری‌ها به‌صورت ماهانه از اردیبهشت ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ انجام گرفت. برداشت نمونه آب به‌صورت ستونی از سطح تا عمق و به‌وسیله روتنر انجام شد. در محل نمونه‌برداری پارامترهای درجه حرارت آب، دمای هوا، pH، اکسیژن محلول (DO) هدایت الکتریکی (EC)، حد شفافیت سکشی دیسک (SD) اندازه‌گیری و ثبت شد. نمونه‌های آب در ظروف پلی‌اتیلنی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و عوامل نیتروژن کل (TN)، فسفر کل (TP) وکلروفیل آ(CHL) موردسنجش و بررسی قرار گرفت. روش آنالیز آب بر اساس روش کار استاندارد ارائه‌شده توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA, 2005) بود (شکل ۱).

در این تحقیق برای تعیین وضعیت تغذیه گرایی در مناطق مختلف تالاب انزلی از روش ارزیابی چند پارامتری شاخص‌های تروفیکی (TSI) استفاده شد. این روش اساساً توسط کارلسون (Carlson, 1977) ارائه‌شده است و اصلاحاتی (Lamparelli, 2004) در آن اعمال‌شده است. در این روش در معادلات مربوط به هر یک از متغییر های TP، TN، CHL و SD در مقیاس عددی ۰ تا ۱۰۰ وضعیت تغذیه گرایی سنجیده می‌شود.

[2] Trophic State Index

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]



شکل ۱: محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری جهت بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی آب در تالاب انزلی سال ۱۳۹۳ (۱- موج‌شکن، ۲- سرخانکل، ۳-هنده خاله، ۴- شیجان، ۵- پیربازارپسیخان، ۶- انتهای تالاب غرب، ۷- مرکز تالاب غرب، ۸- ورودی تالاب غرب، ۹- سیاه کشیم و ۱۰- سیاه درویشان)

Figure 1: Sampling locations in Anzali wetland (1; Anzali breakwater 2; Sorkhankol 3;Hendekhaleh 4; Shijan 5; Pasikhan 6,7, 8; Western area 9; Siakheshim 10; Siahdarvishan).

معادله (۱) تا (۳) نحوه محاسبه TSI را نشان می‌دهد. اولین گام در تعیین TSI ارزیابی وضعیت جاری نسبت غلظت مواد مغذی (TN/TP) است که ممکن است سه حالت محدودیت فسفر، محدودیت نیتروژن و حالت تعادل اتفاق بیفتد و در هر حالت معادلات جداگانه‌ای استفاده می‌شود (نصرالله زاده و همکاران، ۱۳۹۶).

الف – اگر (TN/TP > 30:1) باشد، پس محیط دارای محدودیت فسفر هست.و از معادله (۱) استفاده میشود.

معادله (۱):

$$TSI (AVG) = 1/3 [TSI (CHL) + TSI (SD) + TSI (TP)]$$

ب – اگر (TN/TP < 10:1) باشد، محیط دارای محدودیت نیتروژن است و از معادله (۲) استفاده میشود.

معادله (۲):

$$TSI (AVG) = 1/3 [TSI (CHL) + TSI (SD) + TSI (TN)]$$

پ- اگر (10:1≤TN/TP≤30:1) باشد پس محیط حالت تعادل دارد و از معادله (۳) استفاده می‌شود.

معادله (۳):

$$TSI (AVG) = 1/3 [TSI (CHL) + TSI (SD) + 0.5 (TSI (TP) + TSI (TN))]$$

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها، تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای موردبررسی برحسب ماه‌ها و ایستگاه‌ها انجام گرفت. آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و آزمون تفاوت زوج میانگین‌های دانکن در سطح اطمینان ۹۵% مورداستفاده قرار گرفت.

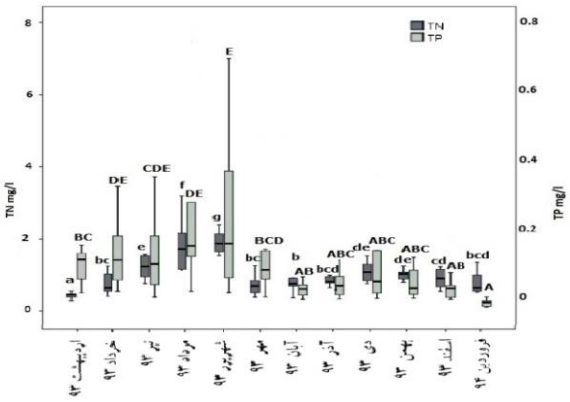
نتایج

نتایج بررسی‌ها نشان داد که میانگین سالانه دمای آب در تالاب انزلی برحسب ۷/۴±۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد با حداقل ۹/۵ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه ۱۳۹۳ در ایستگاه ۱ و حداکثر ۳۲ درجه سانتی‌گراد در مردادماه ۱۳۹۳ در ایستگاه ۱۰ متغیر بوده است. میانگین اکسیژن محلول از اردیبهشت ۱۳۹۳ تا اردیبهشت ۱۳۹۴ برابر ۲/۶±۸/۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. مقدار میانگین اکسیژن محلول در منطقه مرکزی، شرقی، غربی و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

سیاکشیم به ترتیب برابر ۸/۴، ۶/۵، ۱۰/۱ و ۹/۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. دامنه تغییرات سالانه مقدار هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مختلف بین حداقل ۲۵۴ تا حداکثر ۱۴۲۵۰ میکرو موس بود. مقدار pH در تالاب انزلی حداقل ۶/۸۷ و حداکثر ۱۰/۰۳ با میانگین ۰/۶۰±۸/۱۲ اندازه‌گیری شد. مقدار هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵ و F=۴/۰۵) که با استفاده از آزمون دانکن سه گروه در بین ایستگاه‌ها قابل‌تشخیص بودند. مقدار کدورت آب در ایستگاه‌های موردبررسی عدم تفاوت معنی‌دار را نشان داد (P>۰/۰۵ و F=۱/۴).

میانگین مقدار نیتروژن کل در ایستگاه‌های ده‌گانه پهنه آبی تالاب انزلی در طی سال برابر ۰/۵۲۳±۱/۰۲۳ میلی‌گرم در لیتر بود که از حداقل ۰/۲۷۹ تا حداکثر ۳/۱۸۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است. مقدار میانگین نیتروژن کل در مناطق مرکزی، شرقی، غربی و سیاکشیم به ترتیب برابر ۱/۰۵۰، ۱/۱۷۸، ۰/۹۳۹ و ۰/۹۴۴ میلی‌گرم در لیتر بود. حداقل نیتروژن به مقدار ۰/۲۷۹ میلی‌گرم در لیتر در منطقه غرب (ایستگاه ۷) در ماه اردیبهشت و حداکثر نیتروژن به مقدار ۳/۱۸۹ میلی‌گرم در لیتر در منطقه شرق (ایستگاه ۵) اندازه‌گیری شد. مقدار میانگین فسفر کل برابر با ۰/۱۱۲±۰/۱۰۵ میلی‌گرم در لیتر بود که از حداقل ۰/۰۱۱ تا حداکثر ۰/۶۶۹ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است. طبق آزمون مقایسه زوج میانگین‌های دانکن تفاوت معنی‌دار نیتروژن کل (P<۰/۰۵ و F=۲۱/۳) و فسفر کل (P<۰/۰۵ و F=۴/۹) در ماه‌های موردبررسی مشاهده شد. میانگین مقدار کل فسفر در مناطق مرکزی، شرقی، غربی و سیاکشیم به ترتیب برابر ۰/۱۲۴، ۰/۱۸۷، ۰/۰۶۲ و ۰/۰۹۲ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن کل در ایستگاه‌های موردبررسی تفاوت معنی‌دار نداشته (P>۰/۰۵ و F=۰/۶۹) درحالی‌که مقدار نیتروژن کل در ماه های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشته (P<۰/۰۵ و F=۷/۵)و آزمون زوج میانگین‌های دانکن دو گروه کاملاً مجزا را در ماه های مختلف نشان داده است. غلظت فسفر کل در ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵ و F=۵/۸). آزمون مقایسه زوج میانگین‌های دانکن تفاوت غلظت فسفر را در ایستگاه‌های مختلف نشان داده که در گروه‌های مختلف قرارگرفته‌اند ولی نیتروژن کل در ایستگاه‌های مختلف تماماً در یک گروه همگن قرارگرفته‌اند (شکل ۲).



شکل ۲: نمودار تغییرات ماهانه نیتروژن کل(mg/l) و فسفر کل(mg/l) در تالاب انزلی

Figure 2: Measurements of TN and TP (mg/L) in different months in Anzali Wetland

مقدار میانگین غلظت کلروفیل آ برابر ۶۵/۰۴±۴۷/۳۵ میکروگرم در لیتر با حداقل ۰/۶ و حداکثر ۳۲۹/۱ میکروگرم در لیتر اندازه‌گیری گردید که مقدار میانگین کلروفیل آ در مناطق مرکزی، شرقی، غربی و سیاکشیم به ترتیب برابر ۷۲/۲۶، ۵۸/۸۹، ۳۰/۰۹ و ۳۱/۷۳ میکروگرم در لیتر بوده است (شکل ۳). مقدار کلروفیل آ هم‌زمان با تغییر دمای آب نوسان داشته به‌طوری‌که میزان آن در ماه های گرم که فرایند فتوسنتز توسط فیتو پلانکتونها بیشتر صورت می‌گیرد در حد بیشینه قرارگرفته و در ماه های سرد در حداقل مقدار خود قرارگرفته است (شکل ۳). مقادیر و تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در جدول ۱ و شکل‌های ۲ و۳ نشان داده‌شده‌اند.

نسبت نیتروژن کل به فسفر کل در کلیه مناطق تالاب انزلی به‌غیراز منطقه غربی کمتر از ۱۰ هست (TN/TP<10:1).

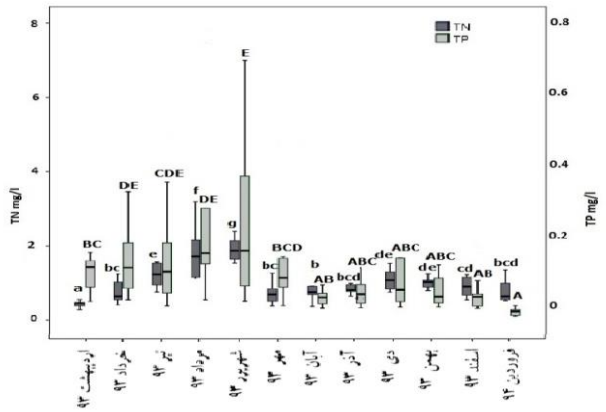
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

جدول ۱: میانگین غلظت سالانه مقادیر اندازه‌گیری شده در تالاب انزلی

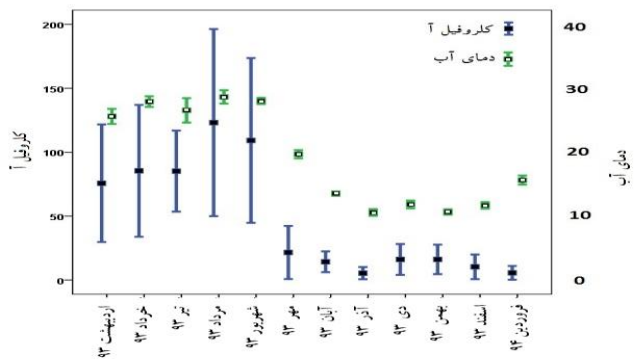
Table 1: Annual average of hydro-chemical parameters in Anzali Wetland

منطقه نمونه‌برداری	تعداد نمونه	انحراف معیار ± میانگین				
		فسفر کل µg/l	کلروفیل mg/m^3	شفافیت (m)	نیتروژن کل (µg/l)	EC (µs/cm)
منطقه سیاکشیم	۲۴	۱۲۰±۱۰۸	۳۲±۳۸	۰/۶۵±۰/۴۰	۹۴۴±۴۳۶	۱۴۷۹±۲۵۸
منطقه غربی	۳۶	۶۲±۳۸	۳۰±۲۸	۰/۷۸±۰/۴۲	۹۳۹±۵۵۵	۱۸۳۱±۲۵۴
منطقه شرقی	۲۴	۲۵۶±۲۵۶	۵۹±۹۸	۰/۶۳±۰/۳۸	۱۱۵۶±۶۸۳	۱۲۹۶±۴۴۲
منطقه مرکزی	۲۴	۱۲۳±۶۴	۷۲±۷۱	۰/۳۸±۰/۱۲	۱۰۲۵±۳۶۰	۳۱۵۰±۴۳۱
کانال کشتیرانی	۱۲	۱۸۴±۱۱۶	۵۷±۷۸	۰/۷۶±۰/۳۰	۱۱۷۹±۴۳۰	۶۰۸۵±۳۳۳
کل تالاب انزلی	۱۲۰	۱۱۲±۱۰۵	۴۷±۶۵	۰/۶۴±۰/۳۸	۱۰۲۵±۵۲۳	۲۳۳۹±۳۰۳



شکل ۲: نمودار تغییرات ماهانه نیتروژن کل(mg/l) و فسفر کل(mg/l) در تالاب انزلی

Figure 2: Measurements of TN and TP (mg/L) in different months in Anzali Wetland



شکل ۳: نمودار تغییرات ماهانه دمای آب (°C) و کلروفیل آ (µg/l) در تالاب انزلی

Figure 3: Monthly variations of water temperature (°C) and chlorophyll-a (µg/l) in Anzali Wetland

بنابراین، جهت محاسبه شاخص تغذیه گرایی از معادله ۲ استفاده شد ولی در منطقه غربی نسبت (TN/TP) برابر ۱۵ است (10:1≤TN/TP≤30:1) که حالت تعادل را نشان می‌دهد و جهت محاسبه شاخص تغذیه گرایی از معادله ۳ استفاده‌شده است (جدول ۲).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

جدول ۲: طبقه‌بندی مناطق مختلف تالاب انزلی بر اساس شاخص‌های تغذیه گرایی
Table 2: Trophic status of locations in Anzali Wetland base on various indices

منطقه مورد بررسی	سطح تغذیه گرایی	TSI	TSI (TN)	TSI (SD)	TSI (CHL)	TN/TP	TSI (TP)
منطقه سیاکشیم	سوپر یوتروف	۶۶	۵۸	۷۳	۶۷	۸	
منطقه غربی	یوتروف	۶۳	۵۵	۶۷	۶۶	۱۵	۵۸
منطقه شرقی	هایپر یوتروف	۷۱	۶۳	۷۴	۷۶	۵	
منطقه مرکزی	هایپر یوتروف	۷۶	۶۰	۸۹	۷۸	۸	
کانال کشتیرانی	هایپر یوتروف	۶۹	۶۳	۶۸	۷۵	۶	
کل تالاب انزلی	هایپر یوتروف	۶۹	۶۰	۷۳	۷۲	۷	

بحث

رودخانه‌های حاشیه تالاب انزلی بار مواد مغذی و رسوبی و آلاینده‌ها را از حوضه آبریز و شهرهای مسیر به این تالاب حمل می‌کنند (Mirzajani *et al.*, 2008) و از طرفی آب لب‌شور دریای خزر از شمال به این اکوسیستم نفوذ می‌کند و همچنین حضور جوامع گیاهی و جانوری و فعالیت‌های بشری در آن مؤثر هستند. این عوامل باعث تغییرات در کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب تالاب انزلی می‌شود (Mirzajani, 2009؛ عابدینی وهمکاران،۱۳۹۶). تغییرات EC آب تالاب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که در ماه های مهر تا خرداد در بعضی ایستگاه‌ها هدایت الکتریکی نوسان شدید دارد. توجه به موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که این نوسانات در ارتباط بانفوذ آب دریا هست. به‌طورکلی می‌توان گفت تغییرات هدایت الکتریکی در تالاب انزلی تحت تأثیر سه عامل دما، مقدار دبی ورودی رودخانه‌های حاشیه تالاب و میزان نفوذ آب دریا در مناطق مختلف تالاب انزلی است (شکری و همکاران، ۱۳۸۵). در تابستان به دلیل وزش بادهای محلی و طوفانی شدن دریا از یک‌سو و کاهش ورودی آب از رودخانه‌های حوضه آبی تالاب از سوی دیگر، نفوذ آب دریا در تالاب بیشتر می‌شود. نفوذ آب لب‌شور دریا در تالاب باعث افزایش هدایت الکتریکی حتی در مناطق مرکزی و غربی تالاب نیز می‌گردد (Mirzajani, 2009). در این تحقیق، حداکثر مقدار نیتروژن کل برابر ۳/۱۸۹ میلی‌گرم در لیتر در منطقه شرق (ایستگاه ۵) اندازه‌گیری شد. کیفیت آب در ایستگاه ۵ متأثر از رودخانه‌های پیربازار و پسیخان است و این مقدار حداکثری نیتروژن به‌صورت موردی و احتمالاً ناشی از بار مواد آلی و معدنی حمل شده توسط این رودخانه‌ها بوده که در مقایسه با سایر رودخانه‌ها بیشتر می‌باشند (Mirzajani *et al.*, 2008).

مقدار نیتروژن کل در ماه های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشته و آزمون زوج میانگین‌های دانکن دو گروه کاملاً مجزا را در ماه های مختلف نشان داده است (شکل ۲) به‌طوری‌که در تابستان مقدار نیتروژن در آب با افزایش همراه بوده است. ردیابی دلایل تغییرات زمانی و مکانی نیتروژن در تالاب انزلی مستلزم شناخت کامل چرخه نیتروژن در این پهنه آبی است. فرایندهایی همچون تثبیت، رسوب‌گذاری، واپاشیدن، معدنی شدن، نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون، جذب و آزاد شدن نیتروژن در چرخه نیتروژن مؤثر است (De Klein, 2008). در این بررسی نسبت نیتروژن کل به فسفر کل در کلیه مناطق تالاب انزلی به‌غیراز منطقه غربی کمتر از ۱۰ بود. بنابراین، در این مناطق نیتروژن کل به‌عنوان عامل محدودکننده درروند تغذیه گرایی است. بر طبق نظر غلامی پور (۱۳۹۵) با شروع فصل بارندگی و بارش‌های زمستانی در مناطق بالادستی رودخانه‌های وارد به تالاب، میزان نیترات در پاییز و زمستان افزایش‌یافته و در طول فصل گرما میزان آن در اثر جذب و اعمال بیوشیمیایی فیتوپلانکتون ها کاهش می‌یابد. مقدار کلروفیل آ تحت تأثیر فرایند فتوسنتز توسط فیتو پلانکتون ها قرار دارد. جلبک‌ها دارای کلروفیل هستند. بنابراین با اندازه‌گیری کلروفیل می‌توان بیومس کل جلبک را برآورد کرد (Bellinger and Sigee, 2015). همان‌طور که اشاره گردید، حداکثر مقدار کلروفیل آ به میزان ۳۳۰ میکروگرم در لیتر در ماه های مرداد و شهریور و حداقل مقدار آن در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

ماه های سرد به میزان ۰/۶ میکروگرم در لیتر بود که نشان می‌دهد در تابستان بیومس فیتوپلانکتون ها به‌شدت افزایش پیدا می‌کند. طبق نظر Harding بین دمای آب و غلظت کلروفیل آ همبستگی وجود دارد و دما به‌عنوان یکی از عوامل مهم در نحوه توزیع زمانی و مکانی کلروفیل آ محسوب می‌گردد (Harding *et al*, 1986).

تغییرات کدورت آب در تالاب انزلی تحت تأثیر دو عامل بیومس پلانکتونی و گل آلودگی است. تأثیر عامل پلانکتونی بیشتر در مناطقی مانند منطقه غربی تالاب است که سکون آب بیشتر است. درحالی‌که تأثیر گل آلودگی در افزایش کدورت در مناطق مرکزی و شرقی که تحت تأثیر مواد معلق وارده از رودخانه‌هایی مانند شیجان، پیر بازار و پسیخان هست، مشاهده می‌شود. بر اساس شاخص‌های کیفی آب، رودخانه پیربازار به‌عنوان آلوده‌ترین رودخانه وارده به تالاب محسوب شده به‌طوری‌که مقدار نیتروژن کل آن نیز در حد ۲/۸۵۴ میلی‌گرم بر لیتر ثبت‌شده است. عامل اصلی این مسئله مناطق مسکونی و تخلیه زهکش‌های حاصل از پساب‌های خانگی به پیکره این رودخانه و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی مجاور آن است (Mirzajani *et al*., 2008). نقش رودخانه پیربازار در میزان بار ورودی نیترات و آمونیوم به تالاب در سالیان گذشته نیز به شکل بارزی مشهود بوده است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۶۶ مقدار ۹۵ تن نیترات توسط رودخانه پیربازار به تالاب حمل گردیده است. البته، از میزان خروج این مواد در تالاب اطلاعی در دست نبود، ولی به علت مصرف آنها توسط گیاهان میزان خروج آنها کمتر از میزان ورودی بوده است (Yekom consulting Engineers Corporation, 1989).

میانگین مقدار سالانه قلیائیت آب درمجموع مناطق تالاب انزلی ۶۷/۴±۱۸۷/۲ میلی‌گرم در لیتر برحسب کربنات کلسیم است. در ایستگاه ۶ (منطقه آبکنار) بیشترین نوسانات pH در طی سال و مخصوصاً فصول بهار و تابستان، مشاهده می‌شود که می‌توان آن را به تغییرات و نوسانات قلیائیت (بی‌کربنات) مرتبط دانست. در محیط طبیعی آب، سیستم کربناتی (کربنات، بیکربنات و گازکربنیک) نقش اصلی در افزایش ظرفیت بافری دارد. ظرفیت بافری که در مقادیر کمی تحت عنوان قلیائیت سنجیده می‌شود، درواقع قابلیت خنثی‌سازی pH و یا ظرفیت مقاومت در برابر تغییرات جزئی pH است (Ibanez *et al*., 2008). بنابراین در منطقه آبکنار و مخصوصاً ایستگاه‌های ۶ و ۷ با کاهش بی‌کربنات، افزایش pH مشاهده می‌شود. غلظت اکسیژن محلول در بین مناطق چهارگانه تالاب در منطقه غربی تالاب (آبکنار) نسبت به سایر مناطق بالاتر است. مقدار میانگین اکسیژن محلول در منطقه مرکزی، شرقی، غربی و سیاکشیم به ترتیب برابر ۸/۴، ۶/۵، ۱۰/۱ و ۹/۰ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر مقدار اکسیژن محلول به مقدار ۱۲/۵ میلی‌گرم در لیتر در ایستگاه ۶ در منطقه آبکنار اندازه‌گیری شد. احتمالاً عواملی همچون امکان تولیدات اولیه فتوسنتزی و تلاطم آب در این پهنه آبی مؤثر است. با توجه به داده‌های حاصل از این طرح تحقیقی و در مقایسه با جداول و مدل‌های تغذیه گرایی کارلسون (Carlson, 1977; Lamparelli, 2004) می‌توان گفت که در سال ۱۳۹۳ شاخص تروفیکی منطقه غربی تالاب انزلی در سطح تروفیکی یوتروف، منطقه سیاکشیم سوپریوتروف و بقیه مناطق تالاب انزلی در مرحله نهایی تغذیه گرایی (هایپریوتروف) بودند.

نتایج این تحقیق بیانگر تشدید پدیده فرا غنی شدن تالاب است، زیرا بر اساس مطالعه دهه پنجاه (Kimbal and Kimbal, 1974) تالاب انزلی در مرحله یوتروف و بر اساس اطلاعات دهه هفتاد (Mirzajani *et al*., 2010) به سمت یوتروفی شدید در تغییر بوده است. همان‌طور که اشاره گردید علاوه بر ورود مواد مغذی از رودخانه‌ها (Mirzajani *et al*., 2008)، حضور و گسترش گیاه آبزی آزولا به علت ظرفیت بالای تثبیت نیتروژنی (Wagner, 1997)، نقش بسزایی در افزایش مواد مغذی در این تالاب داشته است. افزایش پوشش گیاهی و کاهش مساحت آبگیر تالاب انزلی با تصاویر ماهواره‌ای مربوط به مهر و موم‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ نیز نشان از افزایش پدیده تغذیه گرایی داشته است. مشاهدات میدانی بیانگر آن است که روند افزایش پوشش گیاهان آبزی در تالاب انزلی همچنان ادامه دارد که با حضور و گسترش بسیاری از گونه‌های

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

بیگانه و مهاجم تشدید شده است. یکی از مهم‌ترین این گونه‌ها که اثرات محیط زیستی بسیار شدیدی را بر پیکره بسیاری از بخش‌های تالاب وارد نموده، گیاه آزولا (*Azolla filiculoides*) است. رشد بیش‌ازاندازه این گیاه در تالاب انزلی، موجب دخالت در استفاده از منابع آب توسط انسان، تأثیر نامطلوب بر کیفیت آب و ایجاد مشکلات اکولوژیک بر سایر گونه‌های گیاهی و جانوری شده است (فیلی زاده و خداپرست، ۱۳۸۳). اخیراً گیاه سنبل آبی در بسیاری از مناطق تالاب انزلی مشاهده‌شده که در زمره ۱۰ گونه مهاجم و مخرب منابع آبی محسوب می‌گردد و در صورت گسترش این گیاه تبعات اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی آن بسیار شدید خواهد بود (میرزاجانی، ۱۳۹۶). عوامل متعدد زیستی و غیر زیستی در پدید آمدن وضعیت نامناسب کنونی در تالاب انزلی نقش داشته و ضروری است تا اقدامات عملی در راستای کاهش ورود مواد مغذی از رودخانه‌ها و کاهش حجم توده زنده پوشش‌های گیاهی مختلف در پیکره آبی تالاب انزلی صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب پروژه بررسی شاخص‌های تروفیک تالاب انزلی با شماره ۹۳۰۰۲-۹۳۵۱-۱۲-۷۳-۱۴ مصوب و با شماره فروست۵۲۳۹۶ در سازمان تحقیقات و آموزش وترویج کشاورزی ثبت شده است. از مساعدت همکاران سخت کوش پروژه و همکاری مدیریت، کارشناسان و کارکنان پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی کشور (بندر انزلی) در راستای انجام تحقیق مذکور تشکر می‌گردد.

منابع

اکبرزاده، ع. و واربابی،م.،۱۳۸۹. مطالعات میدانی جهت بررسی پدیده تغذیه گرایی در تالاب انزلی. مجله تحقیقات نظام سلامت،۶(۴).۷۰۷-۶۹۸.

خلجی، م.، ابراهیمی، ع.، متقی، ا.، اسداله، س. و هاشمی نژاد، ه.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده‌رود با استفاده از شاخص WQI. مجله علمی شیلات ایران، ۲۵ (۵) ۶۳-۵۱. DOI: 10.22092/isfj.2017.110314

شکری، م.، صفاییان، ن.، صفاییان، ر.، ۱۳۸۵. نبض گیری تالاب‌های حاشیه جنوبی دریای خزر (ایران)، مجله محیط‌شناسی، ۳۲ (۳۹): ۱۲۸-۱۱۹.

صمدی، ج.، ۱۳۹۵. بررسی تاثیر مکانی-زمانی کاربری اراضی بر کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از شاخص IRWQI و روش های آماری، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۱ (۳): ۱۷۱-۱۵۹.

عابدینی، ع.، فلاحی، م.، خداپرست، ح.، میرزاجانی، ع.، صادقی نژاد، ا.، ۱۳۹۶. بررسی شاخص های تروفیک تالاب انزلی. گزارش نهائی پروژه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی ۵۷ص.

غلامی پور، م.، رحیمی بشر، م.، زمینی، ع.، ۱۳۹۵. تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، مواد مغذی و کلروفیل a در رودخانه‌های منتهی به تالاب انزلی. مجله اکوبیولوژی تالاب، ۸ (۳): ۴۴-۳۵.

فیلی زاده، ی. و خداپرست، ح.، ۱۳۸۳. بررسی تاثیر رشد بیش از اندازه گیاهان آبزی بر کیفیت آب تالاب انزلی، مجله علمی شیلات ایران، ۱۳(۴). ۱۵۰-۱۳۹.

میرزاجانی، ع.، ۱۳۹۶. گزارش پیشرفت کار بررسی پراکنش، بوم شناسی و روش های کنترل گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی ، پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، ۱۲ص

نصر اله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، یعقوب زاده، ز.، قیاسی، م.، ۱۳۹۶. بررسی مقایسه ای شاخص های کیفیت آب دریاچه سد شهید رجایی استان مازندران ساری، فصلنامه آب و فاضلاب، ۲۸ (۱۰۸): ۸۸-۷۸. DOI: 10.22093/wwj.2017.17354

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard methods for

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

the examination of water and wastewater. 21th edition, American public health association publisher, Washington, USA. 1113P.

Bellinger, E.G., Sigee, D.C., 2015. Freshwater algae: identification and use as bioindicators. John Wiley and Sons. 288 p.

Carlson, R.E., 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and oceanography, 22: 361-369. DOI: 10.4319/lo.1977.22.2.0361/abstract

De Klein, J., 2008. From ditch to delta: nutrient retention in running waters. 194 p.

Dodds, W.K., 2002. Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Academic press. 569 p.

Harding Jr, L.W., Meeson, B.W., Fisher Jr, T.R., 1986. Phytoplankton production in two east coast estuaries: photosynthesis-light functions and patterns of carbon assimilation in Chesapeake and Delaware Bays. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 23: 773-806. DOI: 10.1016/0272-7714(86)90074-0.

Holčík, J., Oláh, J., 1992. Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed. Report prepared for the project-Anzali Lagoon productivity and fish stock investigations. Food and Agriculture Organization. Rome. 109 p.

Hydropriject, 1965. Fish-culture reclamation of the pahlevi (Mordab) bay. Moscow. 60 p.

Ibanez, J.G., Hernandez-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A., Singh, M.M., 2008. Alkalinity and Buffering Capacity of Water. Environmental Chemistry. Springer, pp. 28-56. DOI:10.1007/978-0-387-49493-7_3.

Jica, Doe, Moja, 2005. The Study on Integrated Management for Ecosystem Conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran (Draft final report). Iran. 161 p.

Kimbal, K., Kimbal, S., 1974. Limnology studies of Anzali wetland. 114 p.

Lamparelli, M.C., 2004. Graus de trofia em corpos d\'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Universidade de São Paulo.

Membrillo-Abad, A.-S., Torres-Vera, M.-A., Alcocer, J., Prol-Ledesma, R.M., Oseguera, L.A., Ruiz-Armenta, J.R., 2016. Trophic State Index estimation from remote sensing of lake Chapala, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 33.

Mirzajani, A., Ghane, A., Khodaparast, H., 2008. Qualifying the inlet rivers of the Anzali lagoon based on macro invertebrates communities. Journal of environmental studies, 34: 31-38.

Mirzajani, A., 2009. Limnological survey of Anzali wetland based on ten years data 1990-2003 by use of GIS system. Iran. 103 p.

Mirzajani, A.R., Khodaparast, H., Babaei, H., Abedini, A., Dadai Ghandi, A., 2010. Eutrophication Trend of Anzali Wetland Based on 1992-2002 Data. Journal of Environmental Studies, 35: 65-74.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

Mohebbi, F., Riahi, H., Sheidai, M., Shariatmadari, Z., 2016. Phytoplankton of Aras dam reservoir (Iran): an attempt to assess water quality. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 15: 1318-1336.

Primpas, I., Tsirtsis, G., Karydis, M., Kokkoris, G.D., 2010. Principal component analysis: Development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European water framework directive. Ecological Indicators, 10: 178-183. DOI:10.1016/j.ecolind.2009.04.007.

Saghi, H., Karimi, L., Javid, A., 2015. Investigation on trophic state index by artificial neural networks (case study: Dez Dam of Iran). Applied Water Science, 5: 127-136. DOI:10.1007/s13201-014-0161-2.

Wagner, G.M., 1997. Azolla: a review of its biology and utilization. The Botanical Review, 63: 1-26. DOI: 10.1007/BF02857915.

Yekom consulting Engineers Corporation, 1989. The project of the first step of comprehensive plan of rehabilitation of Anzali wetland. Bandar Anzali. 166 p.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]

Physicochemical conditions and trophic levels of the Anzali Wetland

Abedini A. [1]*, Mirzajani A.R.[1], Fallahi M.[1]

*aabedinim@yahoo.com

1-Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

Abstract

Anzali wetland is one of the most important wetlands in the southern coast of the Caspian Sea which is under the influence of the brackish water of the Caspian Sea and the freshwater rivers entering it. Therefore, it plays important role as an exclusive ecotone. Physicochemical conditions and trophic levels of the Anzali Wetland were evaluated monthly from May 2014 to May 2015. Trophic State Index (TSI) was calculated based on the evaluation of chlorophyll a, total phosphorus (TP), total nitrogen (TN) and water transparency. The results showed that the average annual amounts of total nitrogen, total phosphorus and dissolved oxygen were 1.023±0.523, 0.113±0.105 and 8.71±2.63 mgL^{-1}, respectively. The amounts of total nitrogen were not significantly different among various research locations ($P>0.05$), whereas the amounts of total phosphorus were significantly different among various research locations ($P<0.05$). The amounts of chlorophyll a ranged from 0.6 to 329.1 μgL^{-1} (with the average amount of 47.4±65.0 μgL^{-1}). The amounts of EC ranged from 254 to 14250 µm/cm which were significantly different among various research locations ($P<0.05$). The TN/TP ratio was lower than 10 in all research locations except in the western part of the Anzali Wetland which indicated that phosphorus was the limiting factor for eutrophication. According to the results, the western part of the Anzali Wetland and Siah-Keshim area were eutrophic and super-eutrophic, whereas the other regions of the Anzali Wetland were classified as hypereutrophic. Controlling and decreasing the amounts of nutrients from inlet waters and controlling the growth of aquatic plants in the Anzali Wetland can be used to improve the quality of water and to control eutrophication.

Keywords: Anzali Wetland, Chemical parameter, Trophic State Index

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.14.1]