Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
صفحات ۱۴۳ تا ۱۵۴

مطالعه توزیع مکانی و زمانی مواد مغذی، کلروفیل-آ و فراسنج‌های فیزیکوشیمیایی در آب‌های ساحلی بندر بوشهر

احمد منبوهی*[۱] و سارا غلامی‌پور[۲]

۱- استادیار پژوهشی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

۲- کارشناس پژوهشی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

(تاریخ دریافت ۹۷/۱۲/۱۲-تاریخ پذیرش ۹۸/۰۱/۱۱)

چکیده:

در این پژوهش، مواد مغذی، کلروفیل-آ و فراسنج‌های فیزیکی وشیمیایی نظیر شوری و pH در ۲۳ ایستگاه در سواحل بندر بوشهر، با توجه به وجود نقاط حساسی همچون شناگاه‌ها و ورودی روان‌آب‌های سطحی و فاضلاب‌ها در دو فصل گرم (شهریور ۹۶) و سرد (بهمن ۹۶)، اندازه‌گیری و مقایسه شدند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده بالا بودن اکسیژن محلول و pH در مناطقی از آب‌های ساحلی است که احتمالاً به دلیل وجود اجتماعات گسترده‌ای از جلبک‌های دریایی در این ناحیه است. همچنین، نتایج نشان داد که نیترات، نیتریت، آمونیوم، سیلیکات، دما، هدایت الکتریکی، شوری، اکسیژن محلول و کلروفیل-آ دارای اختلاف معنی‌داری بین دو فصل می‌باشند ($p<۰/۰۵$). مقایسه فصل‌های سرد و گرم نشان‌دهنده درصد بالای غلظت نیترات و سیلیکات در منطقه مورد مطالعه است. غلظت نیترات و آمونیوم اندازه‌گیری‌شده در فصل سرد (به ترتیب ۳۲۴/۷۹ µg/L و ۱۲/۶۶ µg/L) بسیار بیشتر از فصل گرم (به ترتیب ۱۲۳/۴۳ µg/L و ۱/۹۱ µg/L) بود. همچنین در اکثر ایستگاه‌های نزدیک به ساحل غلظت نیترات بالاتری مشاهده گردید به طوری که غلظت آن در دو فصل در نقاط ساحلی ۲۲۹/۹۱ µg/L و در فاصله ۵ کیلومتری از ساحل ۸۱/۵۶ µg/L تعیین شد. در کل با استفاده از یک شاخص تعیین کیفیت آب می‌توان گفت که، در زمان انجام این پژوهش، وضعیت آب سواحل شهر بوشهر از نظر میزان مواد مغذی و کلروفیل-آ در وضعیت خطرناکی قرار ندارد. نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌تواند در بخش‌های سلامت شهروندان و محیط زیست و نیز در توسعه صنعت گردشگری بندر بوشهر توسط تصمیم‌گیران محلی مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژگان: پراکندگی مکانی و زمانی، مواد مغذی، فراسنج‌های فیزیکی وشیمیایی، سواحل بندر بوشهر

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۶۶۹۴۴۸۷۳-۰۲۱ ایمیل: Manbohi@inio.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

نواحی ساحلی محیط‌هایی با تولید بالا و نیز مکان زیستی ارزشمندی می‌باشند. این مناطق به دلیل جمعیت بالای حاشیه آنها و نیز تخریب خشکی‌های ساحلی توسط انسان که ناشی از عواملی نظیر شهری شدن، توسعه صنایع و فعالیت‌های کشاورزی است در معرض تغییرات محیطی بزرگی قرار دارند (Kathiravan *et al.*, 2017). در قرن اخیر اثرات ناشی از آلودگی‌های انسانی که منجر به ورود نیتروژن، فسفر و سیلیس شده افزایش یافته است. پایش کیفیت آب‌های ساحلی یکی از دغدغه‌های اصلی قرن حاضر است و ابزار مفیدی جهت مدیریت و ایجاد قوانین برای نواحی ساحلی می‌باشد. توزیع مواد مغذی در دریا به عواملی نظیر بارندگی، ورود آب شیرین، جذر و مد و نیز فعالیت‌های انسانی بستگی دارد (Dong *et al.*, 2010). به دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی و ایجاد شهرها در کنار نواحی ساحلی، ورود مواد مغذی به آب‌های ساحلی در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. یوتروفیکاسیون بوم‌سامانه‌های ساحلی که ناشی از اشباع بیش از حد مواد مغذی است، بسیار گسترده می‌باشد. نواحی ساحلی به عنوان صافی‌هایی طبیعی برای رسوبات معلق و مواد مغذی که از خشکی به دریای آزاد وارد می‌شوند، عمل می‌کنند. علاوه بر تخلیه مواد مغذی از خشکی، تغییرات غلظت مواد مغذی آب‌های ساحلی را می‌توان به پدیده‌های دریایی نظیر فراجوشی (upwelling) ارتباط داد، به طوری که تولید اولیه سواحل می‌تواند افزایش یابد (Lemley *et al.*, 2019). به ویژه در مناطق ساحلی که جمعیت زیادی در اطراف سواحل زندگی می‌کنند، غلظت بالای مواد مغذی می‌تواند به شدت به چرخه‌ی طبیعی محیط زیست دریایی آسیب وارد کند، بنابراین اندازه‌گیری آنها در آب‌های ساحلی از اهمیت فراوانی برخوردار است. همچنین کلروفیل-آ به عنوان یک فاکتور زیستی نشان‌دهنده توان تولید اولیه بوم‌سامانه‌های آبی است (Demidov *et al.*, 2015). میزان کلروفیل-آ می‌تواند شرایط تروفیک یک بوم سامانه آبی را نیز مشخص نماید (El-Serehy *et al.*, 2018). کلروفیل-آ را می‌توان برای آنالیز کیفیت آب استفاده و شاخصی برای اندازه‌گیری زیتوده جلبکی نیز محسوب می‌گردد (Boyer *et al.*, 2009). مطالعه توزیع مکانی و زمانی مواد مغذی، کلروفیل-آ و فراسنج‌های فیزیکوشیمیایی در آب‌های ساحلی بندر بوشهر تاکنون گزارش نشده است. با این حال در نقاط ساحلی دیگر نظیر سواحل استان هرمزگان توزیع مکانی و زمانی این فراسنج‌ها گزارش شده است (Akbarzadeh *et al.*, 2017). هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی توزیع مکانی و زمانی غلظت مواد مغذی (فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیوم و سیلیکات)، کلروفیل-آ و فراسنج‌های فیزیکی وشیمیایی (pH، دمای آب، شوری، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول) در آب‌های ساحلی بندر بوشهر می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

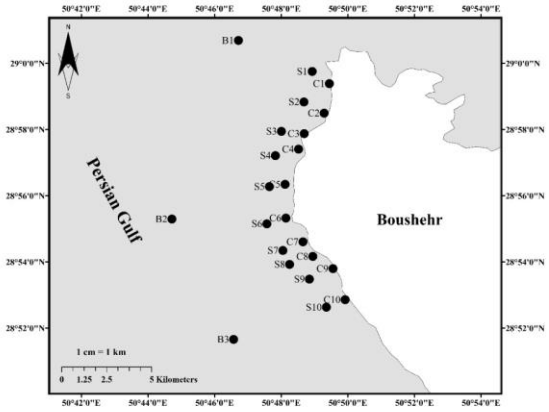
تمام مواد مورد استفاده از شرکت‌های مرک و سیگما-آلدریچ تهیه شدند. جهت ارزیابی وضعیت بوم‌سامانه ساحلی بندر بوشهر، ۲۳ ایستگاه در سه ترنسکت موازی ساحل تعیین شد. شکل۱ و جدول ۱ موقعیت، مختصات جغرافیایی و عمق ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده را نشان می‌دهند. نقاط C، S و B به ترتیب مربوط به نقاط ساحلی، نقاط با فاصله یک کیلومتر از ساحل و نقاط با فاصله پنج کیلومتر از ساحل

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشند. هیدرودینامیک آب‌های ساحلی بندر بوشهر به طور عمده به وسیله جریان جذر و مدی کنترل می‌شود. نمونه برداری در زمان مد آب انجام شد. ماهیگیری، وجود اسکله‌های صیادی، توریسم، پارک‌های ساحلی، آب شیرین کن بندر بوشهر، نیروگاه اتمی بوشهر، پلاژهای بانوان و آقایان، صنایع کشتی سازی و نیز اسکله اصلی بندر بوشهر برخی از صنایع و فعالیت‌هایی هستند که در سواحل بندر بوشهر و اطراف آن انجام می‌گیرد. جهت بررسی غلظت مواد مغذی (نیترات، نیتریت،آمونیوم، فسفات و سیلیکات) سواحل بندر بوشهر، نمونه برداری با استفاده از قایق صیادی و در دو فصل گرم (شهریور ۹۶) و سرد (بهمن ۹۶) انجام گرفت. نمونه برداری از آب سطحی در هر ایستگاه و با سه تکرار صورت گرفت. نمونه‌های آب پس از نمونه برداری سریعاً توسط فیلتر سرسرنگی (شرکت سارتریوس آلمان) با قطر چشمه ۰/۴۵ میکرون فیلتر شدند. اندازه‌گیری غلظت مواد مغذی نیترات، نیتریت، آمونیوم، فسفات و سیلیکات با استفاده از روش کالریمتری MOOPAM صورت گرفت (ROPME, 2010). اندازه گیری کلروفیل-آ با روش اسپکتروفوتومتری و با استفاده از دستگاه طیف‌سنج دو پرتویی Specord 210 (شرکت Analytikgena) انجام شد (UNESCO, 1966).

فراسنج‌های دما، شوری، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و pH در محل و توسط دستگاه‌های قابل‌حمل اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری pH ، شوری و هدایت الکتریکی از دستگاه‌های pH متر WTW 3210 و شوری سنج WTW 350i قابل حمل ساخت کشور آلمان استفاده شد. دما و اکسیژن محلول به کمک مولتی‌متر پرتابل هک مدل 40d اندازه‌گیری شدند. عمق به کمک دستگاه Ecotech (ژاپن) تعیین شد. داده‌های حاصل از سنجش‌های آزمایشگاهی در نرم‌افزار Excel ذخیره گردید. آنالیزهای آماری توسط نرم افزار SPSS، نسخه ۲۲ اجراء گردید. آزمون کالموگروف-اسمیرنوف جهت تعیین توزیع داده‌ها استفاده گردید که نشان داد اکثریت داده‌ها از حالت نرمال تبعیت نمی‌کنند. آزمون اسپیرمن به منظور تعیین وجود همبستگی بین فراسنج‌ها استفاده شد. آزمون آماری غیر پارامتریک Mann-Whitney U جهت مقایسه فراسنج‌ها از نظر وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها در فصل‌های مختلف به کار برده شد. جهت ارزیابی یکسان بودن یا معنی‌دار بودن اختلاف بین متغیرها در نواحی مختلف از معیار اندازه احتمال با سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه سواحل بندر بوشهر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و عمق ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده.

ایستگاه	عمق (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
S1	۳/۶	۲۸/۹۹۶۴۶	۵۰/۸۱۸۴۸
S2	۴/۱	۲۸/۹۸۱۱۱	۵۰/۸۱۴۳۱
S3	۵/۳	۲۸/۹۶۶۳۲	۵۰/۸۰۳۰۷
S4	۶/۲	۲۸/۹۵۴۰۸	۵۰/۸۰۰۰۷
S5	۶/۹	۲۸/۹۳۸۴۵	۵۰/۷۹۷۰۶
S6	۸/۹	۲۸/۹۱۹۷۱	۵۰/۷۹۵۷۷
S7	۷/۵	۲۸/۹۰۶۳	۵۰/۸۰۳۸
S8	۶/۶	۲۸/۸۹۹۳۳	۵۰/۸۰۷۱۵
S9	۵/۷	۲۸/۸۹۱۸۵	۵۰/۸۱۷۰۶
S10	۶/۶	۲۸/۸۷۷۷۲	۵۰/۸۲۵۵۶
C1	۲/۹	۲۸/۹۹۰۳۴	۵۰/۸۲۷۰۸
C2	۲/۳	۲۸/۹۷۵۴۸	۵۰/۸۲۴۴۸
C3	۱/۶	۲۸/۹۶۴۵۸	۵۰/۸۱۴۸۴
C4	۱/۹	۲۸/۹۵۷۳	۵۰/۸۱۱۶۳
C5	۰/۶	۲۸/۹۳۹۶۱	۵۰/۸۰۴۸۹
C6	۱/۵	۲۸/۹۲۲۶۲	۵۰/۸۰۵۳
C7	۰/۴	۲۸/۹۱۰۶۸	۵۰/۸۱۳۸۴
C8	۱/۱	۲۸/۹۰۳۳۱	۵۰/۸۱۸۷۸
C9	۱/۷	۲۸/۸۹۷۱۵	۵۰/۸۲۸۸۶
C10	۱/۲	۲۸/۸۸۱۵۲	۵۰/۸۳۴۹۶
B1	۶/۴	۲۹/۰۱۲۰۸	۵۰/۷۸۱۵۷
B2	۱۰	۲۸/۹۲۲۱۱	۵۰/۷۴۸۲۷
B3	۱۰/۹	۲۸/۸۶۱۵۴	۵۰/۷۷۹۱۷

۳. نتایج

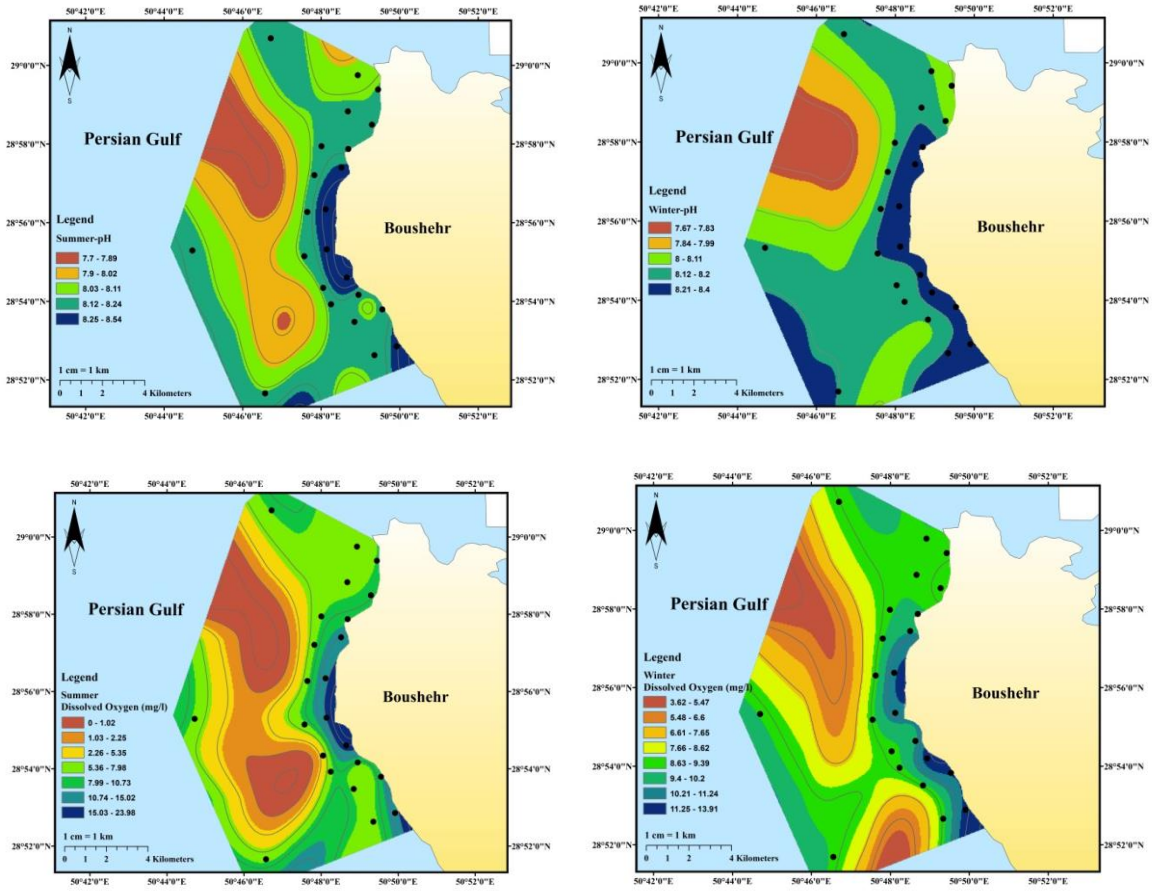
مقادیر و تغییرات فراسنج‌های فیزیکوشیمیایی آب‌های سطحی مناطق نمونه‌برداری شده دو فصل در جدول ۲ آورده شده‌اند. نتایج آزمون آماری غیر پارامتریک Mann-Whitney U جهت مقایسه غلظت‌های مواد مغذی و سایر فراسنج‌های فیزیکوشیمیایی از نظر وجود اختلاف معنی‌دار بین دو فصل نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت‌های نیترات، نیتریت، آمونیوم، سیلیکات، دما، هدایت الکتریکی، شوری، اکسیژن محلول و کلروفیل-آ بین دو فصل زمستان و تابستان بود ($p<۰/۰۵$). نتایج اندازه‌گیری نشان داد که مقدار pH و مخصوصاً غلظت اکسیژن حل شده در ایستگاه‌های C4 الی C10 نسبت به نواحی دیگر بسیار بیشتر می‌باشد. در شکل ۲ توزیع مکانی pH، اکسیژن محلول، دما، شوری و میزان کلروفیل-آ در سطح آب در دو فصل گرم و سرد نشان داده شده است. همچنین میانگین غلظت کلروفیل-آ اندازه‌گیری شده در فصل گرم µg/L ۱/۲۶±۰/۶۷ و در فصل سرد µg/L ۱/۱۷±۰/۳۸ می‌باشد. مقدار حداقل و حداکثر کلروفیل-آ (بر حسب µg/L) در دو فصل سرد و گرم به ترتیب ۰/۵۷ و ۲/۰۱ و نیز ۰/۳۷ و ۲/۶۹ تعیین شد.

www.SID.ir

Archive of SID

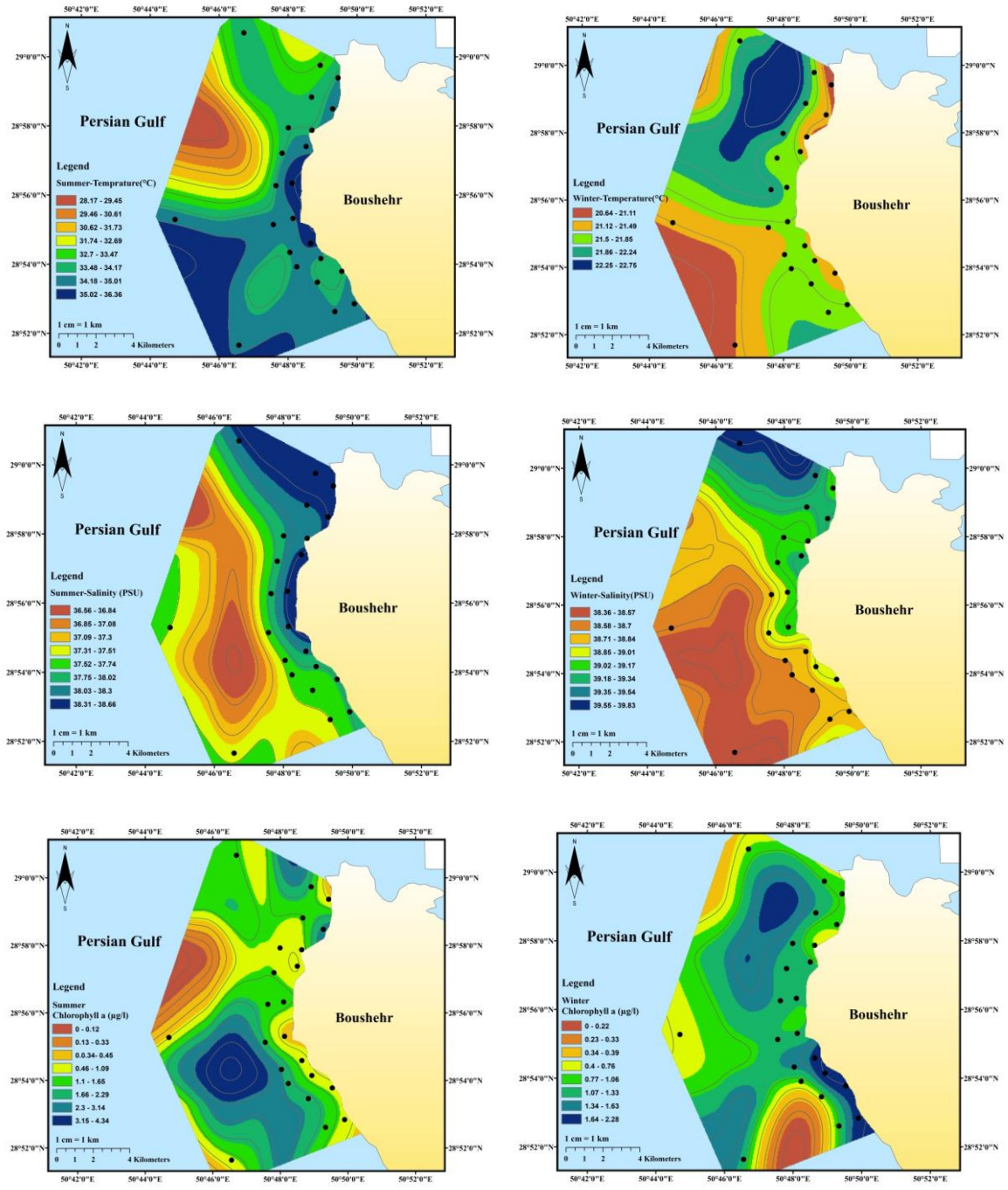
جدول ۲- مقادیر و تغییرات فراسنج‌های فیزیکوشیمیایی آب‌های سطحی مناطق نمونه‌برداری شده

فصل	متغیر	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف استاندارد
تابستان	دمای آب (ºC)	۲۰/۹-۲۲	۲۱/۵۴	۰/۲۸
	pH	۸/۰۱-۸/۳۲	۸/۱۹	۰/۰۸
	اکسیژن محلول (mg/l)	۸/۸۴-۱۱/۶۴	۹/۷۳	۰/۸۹
	هدایت الکتریکی (ms/cm)	۵۸/۱-۵۹/۵	۵۸/۶۹	۰/۳۳
	شوری (psu)	۳۸/۵-۳۹/۶	۳۸/۹۷	۰/۲۶
زمستان	دمای آب (ºC)	۳۳/۱-۳۵/۸	۳۴/۳۱	۰/۵۶
	pH	۸/۰۶-۸/۴۱	۸/۱۸	۰/۰۸
	اکسیژن محلول (mg/l)	۷/۴۱-۱۷/۵۲	۹/۴۲	۲/۹۲
	هدایت الکتریکی (ms/cm)	۵۵/۶-۵۷/۲	۵۶/۴۲	۰/۴۸
	شوری (psu)	۳۷/۴-۳۸/۵	۳۷/۹۷	۰/۳۶



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲-توزیع مکانی pH، اکسیژن محلول، دما، شوری و میزان کلروفیل-آ در سطح آب در دو فصل گرم و سرد.

نتایج اندازه‌گیری مواد مغذی در دو فصل سرد و گرم نشان داد که غلظت هر پنج ماده مغذی محلول در فصل سرد نسبت به فصل گرم بیشتر می‌باشد. شکل ۳ درصد غلظت نیترات، نیتریت، آمونیوم، فسفات و سیلیکات را در هر ایستگاه در فصل‌های سرد و گرم نشان می‌دهد. نتایج فصل‌های زمستان و تابستان نشان دهنده درصد بالای نیترات و سیلیکات در همه ایستگاه‌های مورد بررسی می‌باشد. نمودار ۳ نشان می‌دهد که فسفات حداقل درصد مواد مغذی را در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد. نمودارهای درصدی نشان می‌دهند که درصد آمونیوم و نیترات در فصل زمستان بیشتر از تابستان می‌باشد. رخ دادن

www.SID.ir

Archive of SID

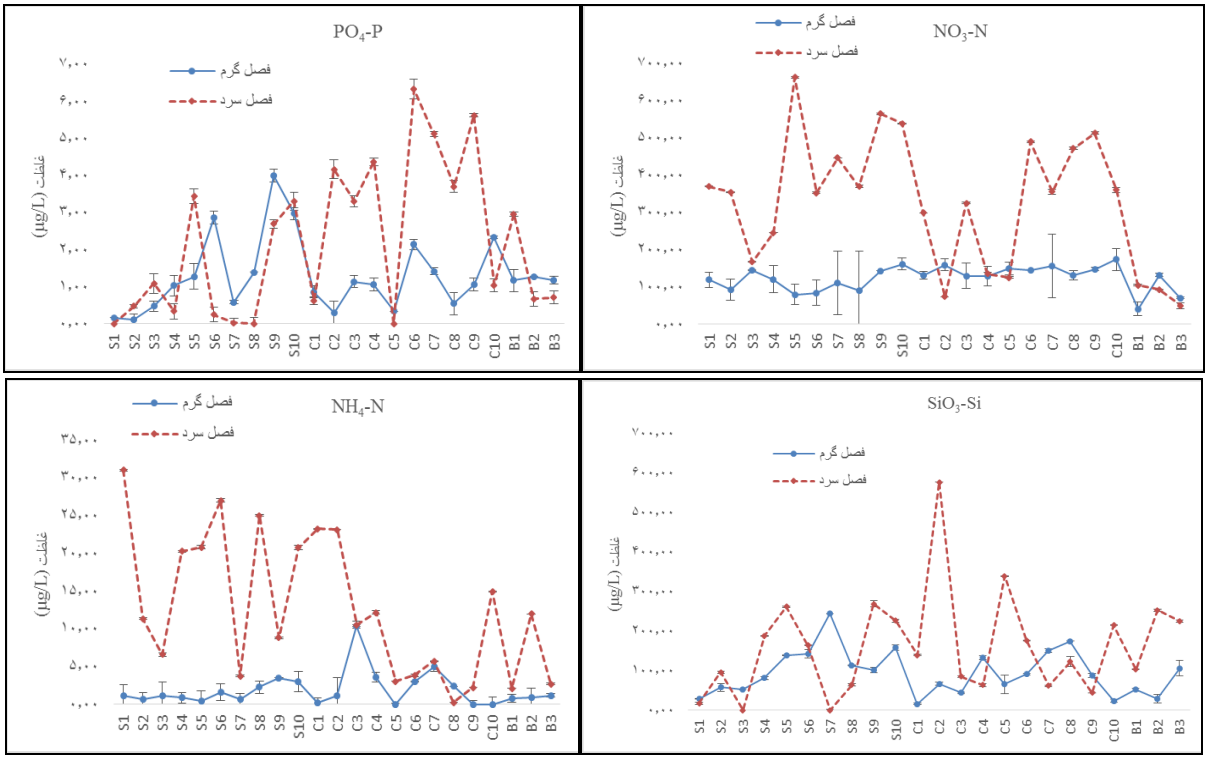
پدیده اختلاط آب در فصل سرد می‌تواند عاملی برای انتقال آب‌های غنی از مواد مغذی عمیق به سطح باشد (Dugdale, 1972 , Shriadah, 1997).

شکل ۳-درصد غلظت مواد مغذی در ایستگاه‌های نمونه برداری شده در فصل‌های سرد و گرم در سواحل شهر بوشهر

میزان غلظت فسفات، نیترات، آمونیوم و سیلیکات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در دو فصل گرم و سرد در شکل ۴ نشان داده شده است. میانگین غلظت فسفات اندازه‌گیری شده در فصل گرم µg/L ۱/۳۰±۰/۹۶ و در فصل سرد µg/L ۲/۱۸±۱/۹۹ می‌باشد. همچنین در مورد ترکیبات نیتروژن‌دار، میانگین غلظت نیتریت به دست آمده در فصل گرم µg/L ۷/۴۵±۱/۵۱ و در فصل سرد µg/L ۶/۶۸±۴/۱۹ می‌باشد. میانگین غلظت نیترات سنجش شده در فصل گرم µg/L ۱۲۳/۴۳±۳۲/۵۸ و در فصل سرد µg/L ۳۲۴/۷۹±۱۷۱/۳۴ می‌باشد. میزان نیترات در فصل سرد نسبت به فصل گرم بسیار بیشتر بوده شکل۴ و در اکثر ایستگاه‌های نزدیک به ساحل غلظت نیترات نسبت به سایر ایستگاه‌ها بالاتر بود، طوری که در ایستگاه‌های ترنسکت B غلظت نیترات به دست آمده کاهش چشمگیری نشان داد. میانگین غلظت آمونیوم اندازه‌گیری شده در فصل گرم µg/L ۱/۹۱±۲/۲۳ و در فصل سرد µg/L ۱۲/۶۶±۹/۲۰ می‌باشد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که روند تغییرات فصلی آمونیوم مشابه نیترات است (شکل ۴). علاوه بر این، میانگین غلظت سیلیکات در فصل گرم µg/L ۹۳/۹۷±۵۵/۷۹ و در فصل سرد µg/L ۱۶۰/۴۳±۱۲۷/۹۹ می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری غلظت سیلیکات نشان می‌دهد که برای سیلیکات روند مشخصی وجود ندارد شکل ۴، اما در کل غلظت آن در فصل سرد نسبت به فصل گرم بیشتر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- غلظت فسفات، نیترات، آمونیوم و سیلیکات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در دو فصل گرم و سرد در سواحل شهر بوشهر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

اثرات انسانی ناشی از توریسم، آلودگی‌های حاصل از ماهیگیری و فاضلاب‌های انسانی به طور قابل ملاحظه‌ای محیط ساحلی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. رقیق‌سازی این آلودگی عمدتاً به وسیله اثر جذر و مد انجام می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که pH و اکسیژن محلول در برخی از ایستگاه‌های ساحلی بسیار بالاتر از سایر ایستگاه‌ها بودند(شکل ۲). یکی از دلایلی که می‌توان به این افزایش نسبت داد وجود اجتماعات گسترده ماکروجلبکی بر بستر صخره‌ای در این مناطق نزدیک به ساحل می‌باشد. عمق کم منطقه، نور کافی و جریانات ستون آب در کنار مواد مغذی کافی می‌تواند بستر مناسبی برای رشد این جلبک ها باشد (Buapet *et al.*, 2013, Kamer & Stein, 2003). جلبک‌ها به عنوان یک تولید کننده مهم در اکوسیستم‌های دریایی نقش بسزائی در توازن میزان اکسیژن حل شده در آب از طریق فرایند فتوسنتز دارند. عوامل متعدد و پیچیده‌ای بر pH آب دریا تاثیر می‌گذارند که غلظت اکسیژن محلول، ورودی پساب‌ها و فتوسنتز مهمترین آنها می‌باشند. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که مقادیر pH پایین با کاهش نسبی در غلظت اکسیژن محلول همراه است (Araoye, 2009, Kua Ngilbus *et al.*, 2006). عوامل متعددی همانند دما، شوری، نفوذ جوی و فتوسنتز بر مقدار اکسیژن محلول در آبهای سطحی تأثیرگذار هستند که از بین آنها فتوسنتز و نفوذ جوی بیشترین تاثیرات را دارند (Kamer & Stein, 2003). Emara و Ibrahim نیز گزارش کرده‌اند که نواحی با مقادیر pH پایین در خلیج فارس اکسیژن حل شده کمتری دارند (Ibrahim, 2010&Emara). در تابستان و در ایستگاه‌های S6-S9 میزان کلروفیل-آ در مقایسه با ایستگاه‌های دیگر بیشتر می‌باشد. مقدار کلروفیل-آ با

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر دمای آب نوسان داشته به طوری که میزان آن در ماه‌های گرم سال که فرایند فتوسنتز توسط فیتوپلانکتون‌ها بیشتر صورت می‌گیرد تا حدودی بیشتر بوده و در ماه‌های سرد اندکی کاهش می‌یابد. دمای بالاتر آب و دوره طولانی‌تر تابش نور خورشید با افزایش غلظت کلروفیل-آ ارتباط دارد (Fondriest Environmental, Inc., 2014). با این حال نیاز است که طی چندین دوره، تغییرات آن بررسی شود.

نتایج آماری نشان داد که فسفات و pH اختلاف معناداری در بین دو فصل نداشتند. همچنین در هر دو فصل نیترات و سیلیکات نسبت به مواد مغذی دیگر درصدهای بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند. نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌ها میزان فسفات در زمستان از تابستان بیشتر بود که می‌تواند بدلیل جذب فسفات در تابستان توسط فیتوپلانکتونها برای فتوسنتز باشد (Shriadah, 1997). مهدی‌نیا و همکاران در سال ۱۳۹۵ مقدار میانگین فسفات را در قسمت‌های شمال غربی خلیج فارس ۱۳/۹۷ میکروگرم در لیتر گزارش کرده‌اند (Mehdinia, 2015). یکی از دلایل این افزایش در شمال غرب خلیج فارس می‌تواند ورود شوینده‌ها از طریق رودخانه‌ها باشد (Al-Asadi *et al.*, 2006). همچنین Emara و Ibrahim این میزان را در قسمت‌های جنوبی خلیج فارس در حدود ۶/۶-۷۹/۷۷ میکروگرم در لیتر گزارش کرده‌اند (Emara & Ibrahim, 2010). جمعیت زیاد ساکن در جنوب خلیج فارس و ورود پساب‌ها می‌تواند دلیلی بر افزایش فسفات در آن نواحی باشد. علاوه بر این عمق کم نواحی جنوبی خلیج فارس باعث می شود تأثیر ورودیهای صنعتی و شهری (از قبیل شوینده‌ها) در آن مناطق بر میزان مواد مغذی بیشتر باشد (John *et al.*, 1990). مقدار میانگین فسفات اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر ۱/۷۴ میکروگرم در لیتر بود، که نسبت به موارد گزارش شده کمتر می‌باشد.

مطالعات نشان می‌دهند که ورودی فاضلاب‌ها می‌توانند بر میزان نیتروژن آب‌های ساحلی تاثیرگذار باشند. به طور کلی غلظت نیتروژن آب‌های ساحلی در دو فصل مختلف سال به طور گسترده‌ای تغییر می‌کند. در کل غلظت نیتریت در آب‌های ساحلی کم است و فقط در صورتی که اکسیژن محلول باعث توقف یا محدودیت فرایند نیتریفیکاسیون شود ممکن است غلظت نیتریت در محیط افزایش یابد (Helder, 1983). همچنین زیاد بودن نیترات در زمستان می‌تواند بدلیل اختلاط در ستون آب، که آبهای غنی‌تر را از قسمت‌های عمیق به سطح می‌آورد، باشد. علاوه‌بر این در تابستان جذب نیترات توسط فیتوپلانکتونها، که فراوانی بالایی دارند، باعث کاهش نیترات محلول در آب می‌گردد (Shriadah, 1997). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که روند تغییرات فصلی آمونیوم مشابه نیترات است (شکل ۴). با این حال نتایج اندازه‌گیری شده غلظت آمونیوم بیشتری را در نوار ساحلی و در فاصله یک کیلومتری نسبت به ساحل نشان دادند که می‌تواند بدلیل نزدیکی این ایستگاه‌ها به ورودی‌های آب‌های سطحی و فاضلاب‌ها به دریا باشد (Al-Asadi *et al.*, 2006). غلظت آمونیوم در آب دریا به وسیله برهمکنش یک مجموعه از منابع تولیدی آن (دفع از زئوپلانکتون و باکتری‌ها، تجزیه مواد آلی مرده و نیز تثبیت نیتروژن) و یک مجموعه از مصرف کننده‌ها (مصرف به وسیله باکتری‌ها و فیتوپلانکتون و نیز نیتریفیکاسیون) شکل می‌گیرد (Badran, 2001). اگرچه تمام منابع و مصرف کننده‌های آمونیوم در آب دریا زنده (از نظر زیستی)

www.SID.ir

Archive of SID

هستند اما عوامل فیزیکی نظیر دمای آب، نور و میزان اکسیژن آب در تعیین غلظت آمونیوم اهمیت قابل توجهی دارند. تولید آمونیوم به دلیل مصرف سریع در فرآیندهای فتوسنتز و نیتریفیکاسیون در ناحیه euphotic به شدت کاهش می‌یابد. این عوامل سنجش تولید آمونیوم در ستون آب و یا حتی تشخیص آن برای مدت زمان طولانی در طی سیکل سالانه را به شدت سخت می‌کند. نتایج مطالعه کنونی توافق خوبی با این موضوع دارند. در اواخر تابستان آمونیوم فقط در قسمت‌های بالایی آب مشاهده می‌گردد و غلظت آن در فصل زمستان به طور قابل توجهی زیاد می‌شود بدلیل اینکه فرم‌های دیگر نیتروژن در دسترس هستند و نیتروژن بیشتر از مقدار مورد نیاز جهت تولید اولیه موجود می‌باشد. الگوی فصلی تغییرات نیتریت با آمونیوم متفاوت است. تفاوت‌ها در تغییرات فصلی در غلظت آمونیوم و نیتریت را می‌توان به یک یا چندین فاکتور زیر نسبت داد: آمونیوم و نیتریت ممکن است منابع مختلف و ورودی‌های نابرابری داشته باشند. مشخص شده که آمونیوم به وسیله دفع از زئوپلانکتون تولید شده در حالی که اعتقاد بر این است که نیتریت محصول دفع از فیتوپلانکتون می‌باشند (Morcos, 1970). همچنین آمونیوم نسبت به نیتریت سریعتر مصرف شده و بنابراین سریعتر نیز از ستون آب حذف می‌شود (Brzezinski, 1988). علاوه‌بر این، نیتریت یک محصول واسطه نیتریفیکاسیون بوده و در برخی منابع ذکر شده که انجام نیتریفیکاسیون به وسیله نور محدود می‌شود (Garside, 1985). بنابراین این احتمال وجود دارد که نیتریت در شرایطی که نور کافی برای نیتریفیکاسیون مهیا نباشد، انباشته گردد. روند تغییرات نیتریت در ستون آب بسیار کم بررسی شده است (King, 1987).

سیلیکات می‌تواند از طریق گرد و غبار، انحلال مجدد اسکلت موجودات آبزی، رسوبات و رواناب‌ها وارد آب دریا شود (Sospedra *et al.*, 2018). همچنین میزان سیلیکات می‌تواند از طریق اختلاط آب در فصل سرد و آمدن آب عمیق غنی از مواد مغذی به سطح افزایش یابد (Shriadah, 1997). گرد و غبار به ویژه در ماه‌های سرد سال در استان‌های خوزستان و بوشهر زیاد رخ می‌دهد، که می‌تواند بر روی غلظت سیلیکات محلول در آب خلیج فارس تاثیرگذار باشد (Al-Dousari, *et al.*, 2017). سیلیس به عنوان یک ماده مغذی مهم در مقایسه با نیتروژن و فسفر کمتر مورد توجه بوده است (Malone, 1996). با توجه به اینکه مقدار میانگین غلظت سیلیکات، نیترات و نیتریت توسط مهدی‌نیا و همکاران ۱۰۷/۲۸، ۳۹/۵۱ و ۴۶/۱۰ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (Mehdinia, 2015)، مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر بسیار بیشتر از موارد گزارش شده می‌باشد و نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. البته ورود پساب‌ها به نواحی ساحلی می‌تواند یکی از دلایل اصلی این افزایش باشد که با افزایش فاصله از ساحل این مواد رقیق می‌شوند.

همچنین Marin و همکاران روشی را ابداع کرده‌اند که کیفیت آب را در بنادر دسته بندی می‌کند (Marin, *et al.*, 2008). بنابراین روش، در صورتی که غلظت آمونیوم، فسفات و کلروفیل-آ کمتر از به ترتیب ۵ میکرومولار، ۱ میکرومولار و ۱۰ میکروگرم در لیتر باشد، آنگاه آب وضعیت "خوب یا مناسب" خواهد داشت. با توجه به این شاخص‌ها، در کل می‌توان گفت که وضعیت آب بوشهر از نظر میزان

www.SID.ir

Archive of SID

مواد مغذی و کلروفیل-آ در وضعیت خطرناکی قرار ندارد. پیشنهاد می‌شود که نمونه‌برداری‌ها جهت کسب اطلاعات بیشتر و تحلیل دقیق‌تر، برای مدت طولانی‌تری انجام گیرند. همچنین به کمک اطلاعات میکروبی و نیز استفاده از BOD می‌توان کیفیت آب را بهتر تحلیل کرده و اثرات ناشی از ورود فاضلاب‌ها به دریا را مشاهده کرد.

سپاسگزاری

از پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی جهت به سرانجام رساندن این پژوهش نهایت تشکر را داریم.

References

Akbarzadeh, Gh., Sadeghi, M.R., Mohebbi Nozar, L., Ejlali, K., Mortazavi, M.S., 2017. Determination of eutrophication status in coastal waters by using a multivariate index with principal component analysis (PCA) in Hormozgan province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 4 (26): 107-117.

Al-Asadi, M.S., Salman, N.A., and Mahdi, A.A., 2006. Effect of Waste Discharges on Nutrients Content and Growth of Chlorella sp. from Shatt Al-Arab River. JKAU: Mar. Sci. 17:89-101.

Al-Dousari, A., Doronzo, D. and Ahmed, M., 2017. Types, indications and impact evaluation of sand and dust storms trajectories in the Arabian Gulf. Sustainability. 9 (9): 1526.

Araoye, P.A., 2009. The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO (۲concentration in Asa lake Ilorin, Nigeria. International Journal of Physical Sciences. 4 (5):271-274.

Badran, M.I., 2001. Dissolved Oxygen, Chlorophyll a and Nutrients: Seasonal Cycles in Waters of the Gulf of Aquaba, Red Sea. Aquatic Ecosystem Health & Management. 4 (2):139-150.

Boyer, J. N., Kelble, C. R., Ortner, P.B., Rudnick, D. T., 2009. Phytoplankton bloom status: Chlorophyll a biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA. Ecological Indicators. 9 (6): S56-S67.

Brzezinski, M.A., 1988. Vertical distribution of ammonium in stratified oligotrophic waters. Limnology and Oceanography. 33 (5):1176-1182.

Buapet, P., Gullstrom, M., and Bjork, M., 2013. Photosynthetic activity of seagrasses and macroalgae in temperate shallow waters can alter seawater pH and total inorganic carbon content at the scale of a coastal embayment. Marine and Freshwater Research. 64:1040–1048.

Demidov, A. B., Mosharov, S. A., 2015. Vertical distribution of primary production and chlorophyll a in the Kara Sea. Oceanology. 55 (4): 521–534.

Dong, J.-D., Zhang, Y.-Y., Shao Wang, Y., Wu, M.-L., Zhang, S., and Cai, C.-H., 2010. Chemometry use in the evaluation of the sanya bay water quality. Brazilian Journal of Oceanography. 58:339-352.

Dugdale, R.C., 1972 Chemical oceanography and primary productivity in upwelling regions. Geoforum. 11:47-61.

El-Serehy, H. A. Abdallah, H.S. Al-Misned, F.A., Al-Farraj, S. A., Al-Rasheid, K. A. 2018. Assessing water quality and classifying trophic status for scientifically based managing the water resources of the Lake Timsah, the lake with salinity stratification along the Suez Canal. Saudi Journal of Biological Sciences . 25 (7): 1247-1256.

Emara, and Ibrahim, H., 2010. Nutrient Salts, Inorganic and Organic Carbon Contents in the Waters of the Persian Gulf and the Gulf of Oman Journal of the Persian Gulf. 1 (2):33-44.

Garside, C., 1985. The vertical distribution of nitrate in open ocean surface water. Deep-Sea Res. 32:723-732.

www.SID.ir

Archive of SID

Helder, W.d.V., R.T.P, 1983. Estuarine nitrite maxima and nitrifying bacteria (Elms-Dollard estuary). Netherlands Journal of Sea Research. 17:1-18.

John, V.C., Coles, S.L., and Abozed, A.I., 19 .۹۰ Seasonal cycles of temperature, salinity and water masses of the western Arabian Gulf. Oceanologica Acta. 13 (3):273-281.

Kamer, K., and Stein, E., 2003. Dissolved Oxygen Concentration as a Potential Indicator of Water Quality in Newport Bay: A Review of Scientific Research, Historical Data, and Criteria Development. SCCWRP Technical Report #411.

Kathiravan, K., Natesan, U., and Vishnunath, R., 2017. Spatio-temporal variability of hydro-chemical characteristics of coastal waters of Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve (GoMMBR), South India. Applied Water Science. 7 (1):361-373.

King, F.D., 1987. Nitrogen recycling efficiency in steady-state oceanic environments Deep-Sea Res. 34:843-856.

Kua Ngilbus, Albino Guzman, Terra Mack, Anthony Majors, Dario Pratt, Jackson Liang, Don Pham, Andres Unigarro, Luciano Corazza, and Cuff, K. 2006. "Interactions Between Dissolved Oxygen, pH, and Temperature at Lake Merritt." ED43C-0945.

Lemley, D.A., Adams, J.B., Bornman, T.G., Campbell, E.E., Deyzel, S.H.P., 2019. Land-derived inorganic nutrient loading to coastal waters and potential implications for nearshore plankton dynamics, 174: 1-11.

Malone, T.C.C., D.J.; Fisher, T.R.; Gilbert, P.M.; Scales of ,.Harding, L.W.; Sellner, K.G. 1996 nutrient limited phytoplankton productivity in .Chesapeake Bay. Estuaries. 19(2B):371-385

Marin, V., Moreno, M., Vassallo, P., Vezzulli, L., and Fabiano, M. 2008. Development of a multistep indicator-based approach (MIBA) for the assessment of environmental quality of harbours. – ICES Journal of Marine Science. 65: 1436–1441.

Mehdinia, A., Saleh, A., Gholamipour, S., Sheijoni, N., 2016. Study of physicochemical parameters and nutrient development in the northwestern part of the Persian Gulf. MIC2016, Kish Island, Iran, https://www.civilica.com/Paper-NSMI18-NSMI18_123.html

Morcos, S.A., 1970. Physical and chemical oceanography of the Red Sea. Oceangr. Mar. Biol. . 8:73-202.

ROPME, 2010. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods.
Shriadah, M.A., 1997 Observations on Some Hydrochemical Aspects of The United Arab Emirates Waters olong the Arabian Gulf and the Gulf of Oman. QatarUniv. Sci. J. 17 (2):471-478.

Sospedra, J., Niencheski, L.F.H., Falco, S., Andrade, C.F.F., Attisano, K.K., and Rodilla, M., 2018. Identifying the main sources of silicate in coastal waters of the Southern Gulf of Valencia (Western Mediterranean Sea). Oceanologia. 60:52-64.

UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea-water Monographs on océanographie methodology.

www.SID.ir