

# بررسی تغییرات فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر مواد مغذی در سواحل جنوبی دریای مازندران

پریسا نجات خواه معنوی

گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۱

## چکیده

در این تحقیق برخی از پارامترهای مهم فیزیکی و شیمیایی شامل نیترات، فسفات، دما، شوری، اکسیژن محلول، شفافیت، EC و pH مورد بررسی گرفته است. نمونه برداری به صورت ماهانه در سال ۱۳۸۷ در سیزده منطقه از آستارا تا خواجه نفس در آب‌های ساحلی جنوب دریای مازندران انجام شد. نمونه برداری در هر منطقه از سه ایستگاه و سه عمق آب‌های سطحی، ۵ و ۱۰ متر صورت گرفت. در این بررسی، میانگین دما ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین شوری ۱۱/۸ قسمت در هزار، pH با میانگین ۸/۷، هدایت الکتریکی ۱۷/۸۲ ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )، شفافیت آب ۸۲/۲۳ سانتی متر، اکسیژن محلول ۶/۲۲ میلی‌گرم در لیتر و میانگین نیترات ۰/۰۶۱ و فسفات ۰/۰۱۴ میلی‌گرم بر لیتر بود. حداکثر و حداقل نیترات به ترتیب ۰/۱۵۴ و ۰/۰۰۷ میلی‌گرم در لیتر در کیاشهر و آستارا به دست آمد. حداکثر فسفات (۰/۰۶۲ میلی‌گرم در لیتر) در بندر ترکمن و حداقل آن (۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر) در انزلی و نشتارود بود. نتایج نشان می‌دهد میزان نیترات و فسفات در سواحل جنوب شرقی نسبت به جنوب غربی دریای خزر بالاتر بوده است. غلظت نیترات در مناطق دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $P < 0.05$ ). لیکن در ستون آب در اعماق کمتر از ۱۰ متر، اختلاف معنی‌داری در غلظت املاح به دست نیامد ( $P \geq 0.05$ ). نتایج نشان دهنده‌ی افزایش میزان املاح بررسی شده بخصوص نیترات نسبت به سال‌های قبل می‌باشد. بررسی ضریب همبستگی نشان دهنده‌ی ارتباط مثبت نیترات با اکسیژن محلول و ارتباط منفی با دما و شفافیت آب بود.

واژگان کلیدی: نیترات، فسفات، دما، شوری، pH، EC و دریای خزر

## مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه بسته و لب شور جهان محسوب می‌شود و بر اساس نشانه‌های فیزیکی و جغرافیایی و خصوصیات هیدرولوژیک به سه بخش شمالی، میانی و جنوبی تقسیم می‌گردد. خزر جنوبی با مساحت ۱۴۸۶۴۰ کیلومتر مربع دارای ۶۵/۶ درصد حجم کل آب این دریاست (Aladin Plotnikov, 2000, Dumont, 1998 & 2004; Sonne, 2000). آب‌های مناطق ساحلی، از جمله مناطق اقتصادی دریاها می‌باشند که بیش از ۸۰ درصد ذخایر دریایی را تولید نموده و نقش مهمی در شکل‌گیری این بخش از دریاها را ایفا می‌نمایند. فاکتورهای غیرزنده از قبیل عمق، دما، pH، شوری، املاح آب و ... به‌طور دائم با فاکتورهای زنده (بیولوژیک) در حال تأثیر متقابل نسبت به یکدیگر می‌باشند. سطح مواد غذایی حتی در بخش شمالی دریای خزر که پر تولیدترین و غنی‌ترین بخش این دریا است، پایین می‌باشد (Kosarev & Yablonskaya, 1994, Aladin & Plotnikov, 2004). شرایط یوتروفی فقط در نواحی محدودی در نزدیکی دلتای ولگا مشاهده می‌شود، میزان املاح غذایی در خزر میانی و جنوبی پایین است. مواد غذایی به این نواحی از طریق جریان‌ها و ورودی کم رودخانه‌های واقع در خزر میانی و جنوبی و همین‌طور از طریق بارش باران وارد می‌گردد. بنابر این در کل، دریای خزر دریایی غنی با تولید بالا نمی‌باشد (قاسم اف، ۱۳۷۸ و Aladin & Plotnikov, 2004).

میزان ازت و فسفر در اکوسیستم‌های آبی بسیار مهم بوده و هر تغییری در غلظت آن جمعیت فیتوپلانکتونی را تغییر داده و می‌تواند اثر دراز مدتی بر زنجیره غذایی داشته باشد (Niraula et al., 2007). برخی از گونه‌های فیتوپلانکتون سمی بوده و با ورود به آب‌های آلوده ایجاد شکوفایی نموده و سبب مرگ و میر آبزیان می‌شود (Sithik, et al., 2009). افزایش ورود آلاینده‌ها به دریای خزر باعث تغییراتی در کیفیت آن شده است (CEP, 2007) بدیهی است که این روند

به همراه افزایش مواد مغذی می‌تواند باعث به وجود آمدن شکوفایی فیتوپلانکتونی شده و مرگ و میر آبزیان را به دنبال داشته باشد (CEP, 2002). در سال‌های اخیر شکوفایی‌های پلانکتونی مکرر در دریای خزر صورت گرفته است (Soloviev, 2006; CEP, 2009). وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵ و تهامی و کیهان ثانی، ۱۳۸۵). از اواخر سال ۱۹۷۰ جریان پساب‌های کشاورزی و محلی میزان نوترینت‌ها را در دریای خزر افزایش داده است، به صورتی که در برخی مناطق حتی از مقدار حداکثر طبیعی خود نیز تجاوز کرده است (CEP, 1998; Dumont, 1998). البته آلودگی تنها به دلیل نزدیکی منابع آلاینده به دریا نبوده و تمامی آب‌های زهکشی در این مشکل دخالت دارند. تخمین زده می‌شود که آلودگی، از طریق رودخانه‌ها (در حدود ۸۰ درصد)، اتمسفر، آب‌های زیر زمینی و یا کاملاً مستقیم مانند آلودگی نفتی وارد دریای خزر می‌گردد. منابع اصلی شامل فاضلاب‌های تصفیه نشده صنایع و کشاورزی بخصوص در امتداد ولگا و صنایع تولیدی نفت و گاز، فراوری، استخراج و انبار کردن آن است. افزایش قابل توجه آلاینده‌ها باعث رکود و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی مانند رشد ماهیان اقتصادی از جمله ماهیان خاویاری که از ذخایر منحصر به فرد دریای خزر می‌باشند، می‌گردد (Cousteau, 2000; Mamaev, 2002).

از آنجایی که عوامل محیطی به شدت در ترکیب زیستی اکوسیستم، رشد و شکوفایی جلبکی تأثیر گذار می‌باشند، لذا در این تحقیق، تغییرات برخی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شامل نیترات، فسفات، اکسیژن محلول، شوری، شفافیت، دما، EC و pH در آب‌های ساحلی کمتر از ده متر خزر جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

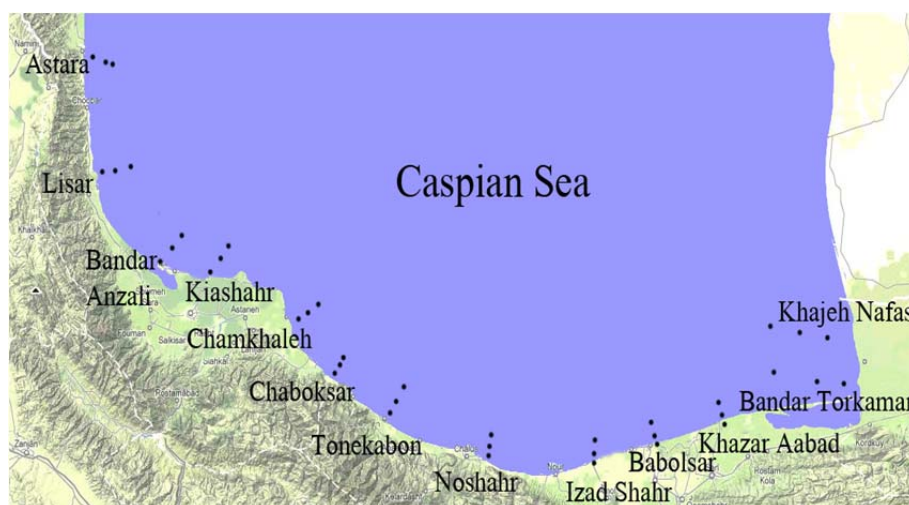
بررسی حاضر در آب‌های ساحلی دریای مازندران از اسفند ۱۳۸۶ به صورت ماهیانه و به مدت ۱۳ ماه تا

ایستگاه و بسته به عمق ایستگاه از سطح، ۵ و ۱۰ متر نمونه برداری شدند. در این تحقیق در کل از ۱۱۷ ایستگاه عمق، نمونه برداری صورت گرفته و در مجموع حدود ۱۴۰۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).

اسفند ماه سال ۱۳۸۷ انجام گردید. در این راستا سیزده ترانسکت عمدتاً در نواحی ورودی رودخانه‌ها به دریا به ترتیب در آستارا، لیسار، بندر انزلی، کیاشهر، چمخاله، چابکسر، تنکابن، نوشهر، ایزدشهر، بابلسر، خزرآباد، بندر ترکمن و خواجه نفس در نظر گرفته شد (جدول ۱). هر ترانسکت دارای سه

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد بررسی در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷.

ردیف	محل ترانسکت	طول جغرافیایی E	عرض جغرافیایی N
۱	خواجه نفس	۵۴° ۰۵' ۲۵''	۳۷° ۰۴' ۰۴''
۲	بندر ترکمن	۵۴° ۰۴' ۳۲''	۳۶° ۵۴' ۲۰''
۳	خزرآباد	۵۳° ۰۰' ۲۲''	۳۶° ۵۵' ۲۴''
۴	بابلسر	۵۳° ۰۶' ۳۱''	۳۶° ۷۲' ۱۲''
۵	ایزدشهر	۵۵° ۰۰' ۴۴''	۳۷° ۰۰' ۴۱''
۶	نوشهر	۵۱° ۵۰' ۵۳''	۳۶° ۵۶' ۵۲''
۷	تنکابن	۵۰° ۰۰' ۰۳''	۳۶° ۰۰' ۰۹''
۸	چابکسر	۵۰° ۳۳' ۳۹''	۳۶° ۵۹' ۳۵''
۹	چمخاله	۵۰° ۱۷' ۰۵''	۳۷° ۱۳' ۵۳''
۱۰	کیاشهر	۴۹° ۵۶' ۴۸''	۳۷° ۲۶' ۲۸''
۱۱	انزلی	۴۹° ۵۴' ۳۷''	۳۷° ۵۸' ۱۳''
۱۲	لیسار	۴۸° ۵۷' ۳۸''	۳۷° ۵۸' ۲۷''
۱۳	آستارا	۴۸° ۵۳' ۳۶''	۳۸° ۲۵' ۳۳''

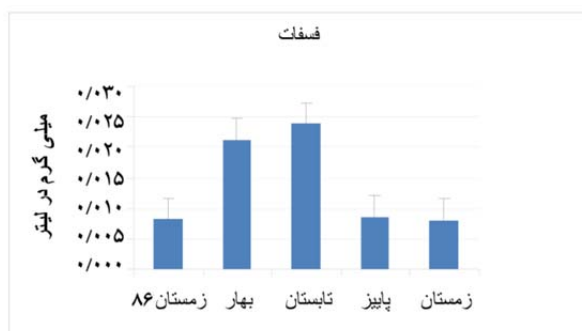


شکل ۱- موقعیت‌های ایستگاه‌های نمونه برداری شده از آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷

نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید. با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ارتباط و همبستگی پارامترها مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج

نتایج آنالیز واریانس یکطرفه نشان دهنده افزایش معنی‌دار نیترات در فصل پاییز و زمستان ۱۳۸۷ نسبت به سایر فصل‌ها می‌باشد و میزان نیترات به دست آمده از اسفند ۱۳۸۶ تا پاییز ۱۳۸۷ روند افزایشی را نشان داد (شکل ۲). همچنین میزان فسفات در فصل تابستان نسبت به سایر فصل‌ها افزایش معنی‌داری داشت ( $p < 0.05$ ) میزان فسفات از اسفند ۱۳۸۶ تا اسفند ۱۳۸۷ تغییرات منظمی را نسبت به تغییر فصول نشان نداد (شکل ۳). لیکن با توجه به مقدار فسفات در زمستان ۱۳۸۷ که معادل فسفات در اسفند ۱۳۸۶ بود از تغییرات منظمی در فصول برخوردار بود (شکل ۳)



شکل ۳- تغییرات میانگین فسفات (میلی گرم در لیتر) در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

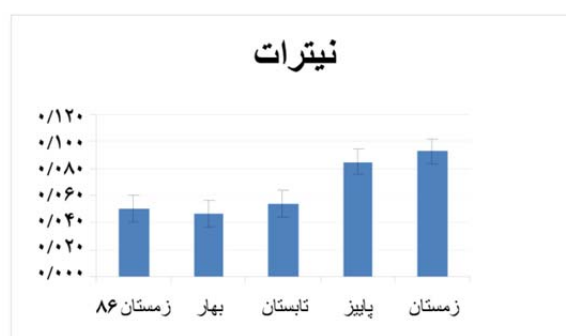
آمد (شکل ۴ و ۱۴) و در فصل تابستان که بالاترین درجه حرارت ثبت شده بود، اکسیژن محلول دارای کمترین میزان بود (شکل ۴ و ۹).

### نمونه برداری

شفافیت با سکشی دیسک و پارامترهای محیطی شامل دما و pH با دستگاه قابل حمل مدل (pH, tester30 Dual junction) اکسیژن محلول با دستگاه پرتابل 070 D02 meter jenwave، شوری با استفاده از دستگاه شوری سنج مدل smile ATAGO (424505) و هدایت الکتریکی با EC Tester 11 پرتابل در محل اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری فسفات و نیترات، بر اساس روش‌های استاندارد نمونه‌های آب دریا در محل با کاغذ صافی ۰/۴۲ میکرومتر واتمن فیلتر شده و در ظروف شیشه‌ای بر روی یخ به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از روش طیف سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل HACH USA-(۲۵۰۰) DR مورد آنالیز قرار گرفتند (Eaton et al., 2005).

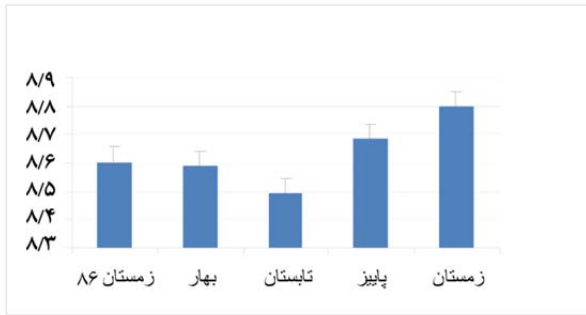
### مطالعات آماری

برای مقایسه نتایج از روش آماری آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و نرم‌افزار SPSS استفاده شد و

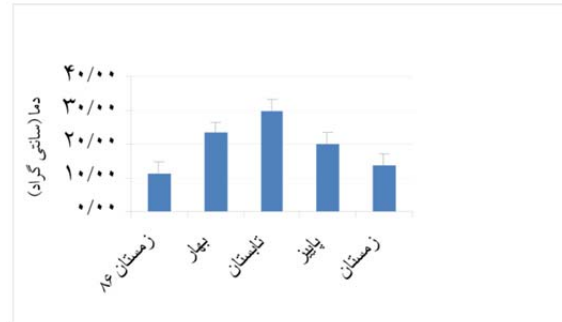


شکل ۲- تغییرات میانگین نیترات (میلی گرم در لیتر) در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

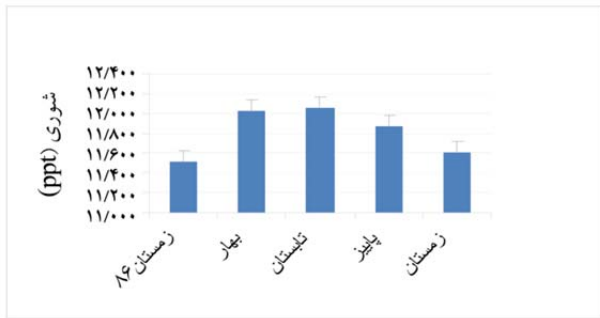
pH دارای میانگین ۸/۷ بود و شکل (۵) تغییرات pH و شکل (۸) تغییرات شفافیت آب را نمایش می‌دهد. میانگین دما ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد به دست



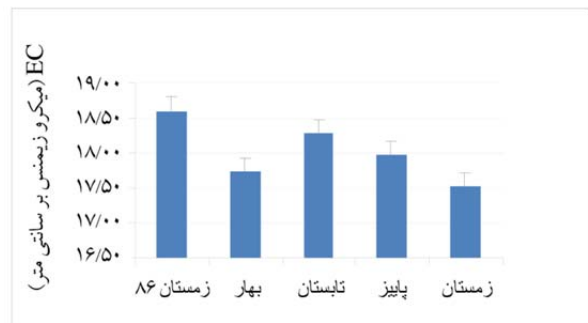
شکل ۵- تغییرات میانگین pH در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



شکل ۴- تغییرات میانگین دما به سانتی‌گراد در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



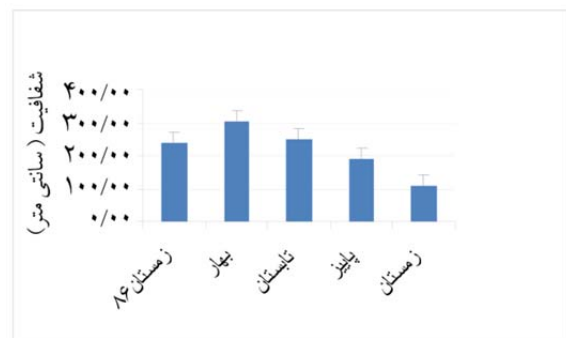
شکل ۷- تغییرات میانگین شوری (قسمت در هزار) در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



شکل ۶- تغییرات میانگین EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در فصول مختلف در کرانه‌های ساحلی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



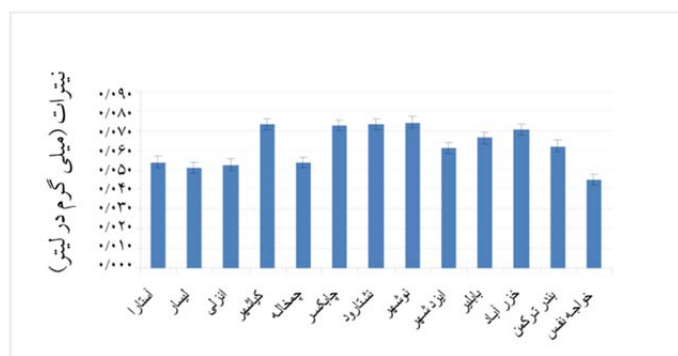
شکل ۹- تغییرات میانگین اکسیژن محلول آب (میلی‌گرم در لیتر) در فصول مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



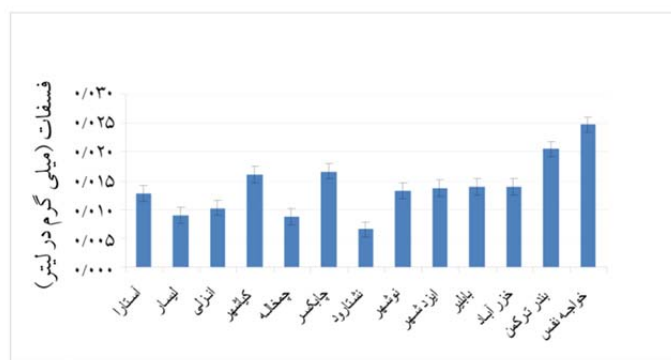
شکل ۸- تغییرات میانگین شفافیت آب (سانتی‌متر) در فصول مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

واریانس یک طرفه اختلاف معنی‌داری را در غلظت نیترات در مناطق مطالعه شده نشان داد ( $P < 0/05$ ) (شکل ۱۰). لیکن در ستون آب در اعماق کمتر از ۱۰ متر، اختلاف معنی‌داری در غلظت املاح وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). میانگین فسفات ۰/۰۱۴ میلی‌گرم بر لیتر بود و فسفات در سواحل جنوب شرقی در مقایسه با جنوب غربی دریای خزر بالاتر بود (شکل ۱۱).

میانگین شوری ۱۱/۸ قسمت در هزار بود و میزان شوری در نواحی شرقی دریای مازندران بیشتر از نواحی غربی به دست آمد (شکل ۷ و ۱۲). هدایت الکتریکی با میانگین ۱۷/۸۲ ( $\mu\text{s/cm}$ )، در زمستان ۱۳۸۶ بالاترین میزان را داشت و با زمستان ۱۳۸۷ دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $p < 0/05$ ). میانگین نیترات ۰/۰۶۱ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. آنالیز



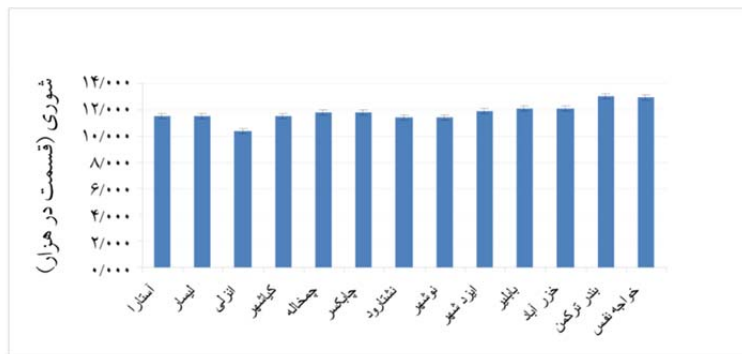
شکل ۱۰- تغییرات نیترات (میلی‌گرم در لیتر) در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



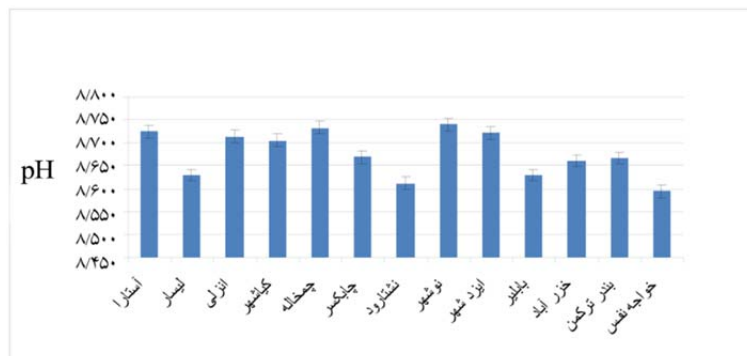
شکل ۱۱- تغییرات فسفات (میلی‌گرم در لیتر) در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

( $p=0, r=1$ ) ارتباطی بسیار قوی وجود داشت اگر چه در بیشتر مناطق عدم ارتباط معناداری به دست آمد.

میانگین اکسیژن محلول در طول سال و در مناطق مورد بررسی ۶/۲۲ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان اکسیژن محلول با نیترات در برخی مناطق مانند آستارا

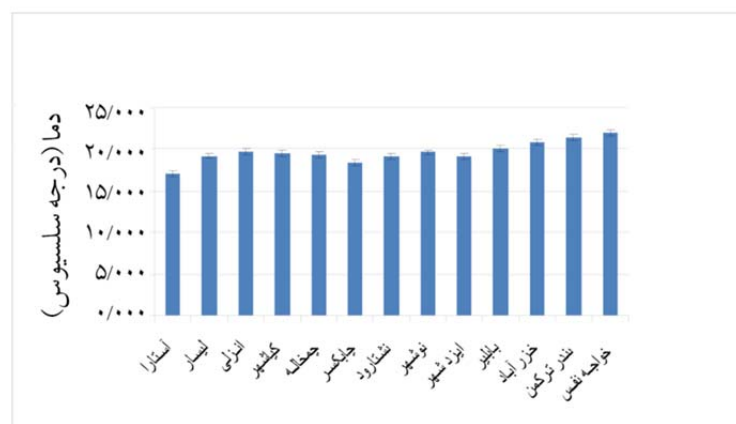


شکل ۱۲- تغییرات شوری (قسمت در هزار) در ایستگاه‌های مختلف در سواحل جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

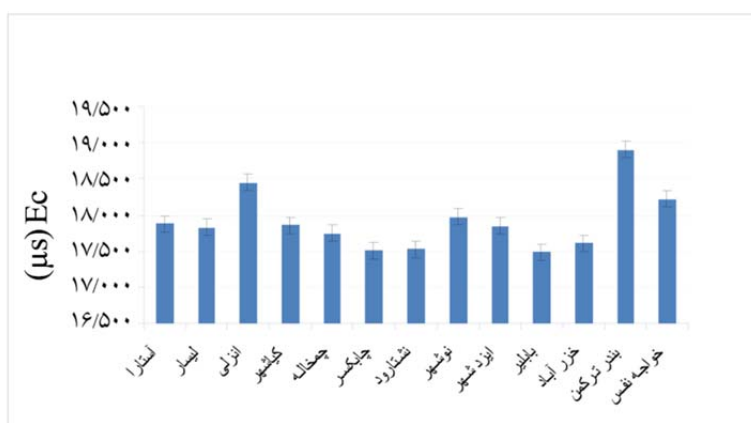


شکل ۱۳- تغییرات pH در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷

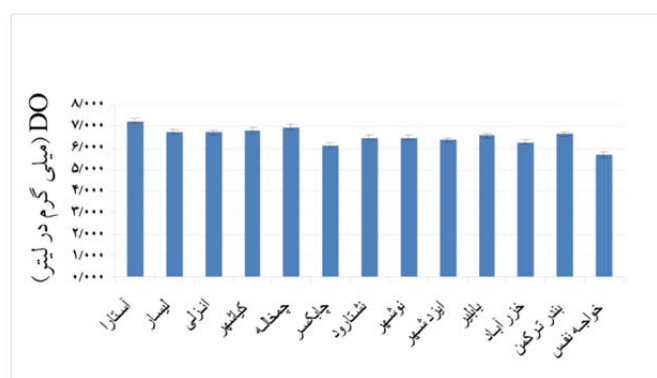
میزان pH با هیچ کدام از پارامترهای مورد بررسی همبستگی معنی‌داری نداشت.



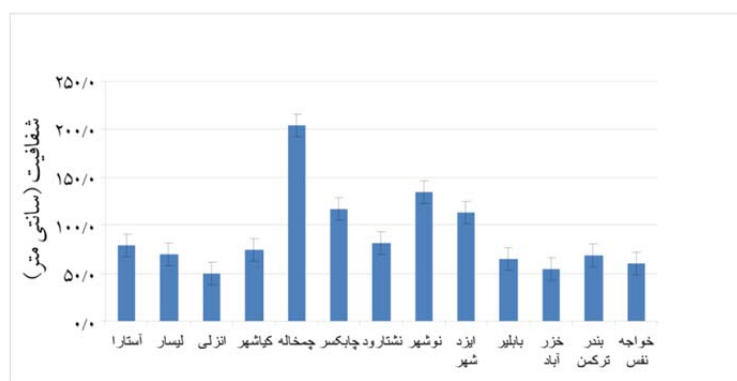
شکل ۱۴- تغییرات دما (سانتی گراد) در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



شکل ۱۵- تغییرات EC (میکروزیمنس در سانتی متر) در ایستگاه‌های دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



شکل ۱۶- تغییرات اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر) در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



شکل ۱۷- تغییرات شفافیت آب (سانتی متر) در ایستگاه‌های مختلف در کرانه‌های جنوبی دریای مازندران در سال ۱۳۸۶ - ۱۳۸۷



نشان داد که میزان اکسیژن محلول در آب‌های سطحی به صورت معنی‌داری کمتر از عمق ۵ و ۱۰ متر بوده است ( $P < 0.05$ ).

### بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر بیشترین میزان فسفات ( $0.23$  میلی‌گرم در لیتر) در بندرترکمن در خرداد ماه فصل بهار و حداقل آن  $0.001$  میلی‌گرم در لیتر در انزلی و نشتارود در زمستان  $1386$  به دست آمد. میزان فسفات در مناطق مطالعه شده دارای اختلاف معنی‌داری بود ( $p < 0.05$ ) (شکل ۱۱).

در دریای خزر فسفر از طریق حوزه‌ی آبریز، تجزیه لاشه موجودات و بخشی از ذخیره فسفر به صورت رسوب توسط جریان پاییزه و بهار از اعماق به لایه‌های بالاتر منتقل می‌شود (Aladin & Plotnikov, 2004). بنابر این افزایش و به حداکثر رسیدن میزان آن در بهار همزمان با گردش بهار دریاچه مطابقت نشان می‌دهد علاوه بر آن تفاوت‌های منطقه‌ای نیز در این تفاوت‌ها دخالت دارد. فسفر در مناطق شرقی دریای خزر بیشتر از بخش غربی بود. این نتایج با مطالعات انجام شده در سال  $1383 - 1382$  (هاشمیان کفشگری،  $1388$ ) و Kideys و همکاران در سال  $2005$  مطابقت نشان می‌دهد. افزایش میزان فسفات در بهار و تابستان در این مناطق، احتمالاً به دلیل ورود این عنصر از طریق گرگان رود، تأثیر گرفتن از خلیج گرگان، همجواری با کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان و ورود پساب حوضچه‌های کارگاه به آب دریای خزر، کم عمق بودن منطقه، افزایش تلاطم و ارتباط زیاد عمق با سطح در این منطقه می‌باشد. کم بودن غلظت فسفات در مناطق بندر انزلی و نشتارود به دلیل عمق بیشتر و در نتیجه ارتباط کمتر با بستر، تراکم جمعیت جلبکی و فتوسنتز بیشتر می‌باشد (نجات خواه معنوی و همکاران،  $1390$ ). در قسمت‌های شرقی دریای خزر کشت و زرع بیشتری مانند گندم و پنبه صورت می‌گیرد، همچنین در حاشیه غربی دریای خزر کشت چای بیشتر می‌باشد

دما با EC در کیشهر ( $r = 0.986$ ,  $p = 0.01$ ) و آستارا ( $r = 0.999$ ,  $p = 0.001$ ) همبستگی قوی نشان داد. EC در طول دوره مطالعه ارتباط مثبتی با دما داشت ولی این ارتباط در بیشتر مناطق معنی‌دار نبود. میزان شوری با EC در بیشتر مناطق ارتباط مستقیمی را نشان می‌داد، ولی به جز در آستارا ( $r = 0.946$ ), این همبستگی معنی‌داری نبود.

در بیشتر مناطق بررسی شده شفافیت ارتباط معکوس با میزان نیترات داشت، لیکن این ارتباط معنی‌دار نبود ( $p \geq 0.05$ ). در اغلب مناطق مورد بررسی شوری و دما همبستگی مثبت داشتند و ارتباط مثبت و قوی بین میزان شوری و دمای آب در برخی مناطق مانند نوشهر ( $r = 0.953$ ,  $p = 0.04$ ) و خواجه نفس ( $r = 0.968$ ,  $p = 0.03$ ) وجود داشت. دما با EC در کیشهر ( $r = 0.986$ ,  $p = 0.01$ ) و آستارا ( $r = 0.999$ ), همبستگی قوی نشان می‌داد و در طول دوره مطالعه ارتباط مثبتی با دما داشت ولی این ارتباط غالباً معنی‌دار نبود. میزان شوری با EC به جز در آستارا ( $r = 0.946$ ,  $p = 0.05$ ) همبستگی معنی‌داری نشان نداد هرچند که ارتباط مستقیم وجود داشت.

در اغلب مناطق دما با شوری ارتباط مستقیم غیر معنی‌داری داشت ولی در دو منطقه خواجه نفس ( $r = 0.963$ ,  $p = 0.03$ ) و نوشهر ( $r = 0.957$ ), این ارتباط معنی‌دار بود. در کلیه مناطق با افزایش دما، غلظت نیترات کاهش می‌یافت و در آستارا ( $r = -0.957$ ,  $p = 0.04$ )، بابلسر ( $r = -1$ ,  $p = 0$ ) و خواجه نفس ( $r = -0.987$ ,  $p = 0.01$ ) ارتباط معنی‌دار به دست آمد. غلظت اکسیژن با دما در کلیه مناطق همبستگی منفی داشت و این ارتباط در آستارا ( $r = -0.951$ ,  $p = 0.04$ ) و بندر انزلی ( $r = -0.982$ ), معنی‌دار بود. با افزایش عمق از میزان دما و فسفات کاسته شده و به میزان نیترات، pH، شوری، EC و اکسیژن محلول افزوده شد، لیکن به جز در مورد میزان اکسیژن محلول اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در پارامترها دیده نشد. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه

۱۳۸۲ و پاییز ۱۳۸۳ (هاشمیان کفشگری، ۱۳۸۸) به ۸۵ میکرو گرم در لیتر در تحقیق حاضر رسیده است. احتمالاً افزایش ورودی مواد آلاینده از طریق فاضلاب به آب دریا، فعالیت کشاورزی و همین طور وجود سیکلون (چرخش عمودی) در مناطق شرقی و آنتی سیکلون در مناطق میانی دریای خزر (لالوئی، ۱۳۷۴) میانگین نیترات را در فصل پاییز و زمستان افزایش داده است. نیترات از طریق حوضه آبریز (رودخانه)، اتمسفر به ویژه در هنگام طوفان و بارندگی و به عنوان محصول تولیدی سیانوباکترها وارد دریا می شود (Nausch *et al.*, 2008). در بررسی غلظت نیترات در ستون آب در ایستگاه‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $p \geq 0.05$ ). احتمالاً به علت کم بودن عمق آب و اختلاط آب بر اثر جریان آب و باد، غلظت نیترات در ستون آب اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی مناطق در طول تحقیق، منطقه خزر آباد، خواجه نفس، کیشهر و بابلسر با بیشترین مقدار نیترات، اختلاف معنی‌داری با سایر مناطق داشتند ( $p < 0.05$ ). دما یکی از پارامترهای مهم فیزیکی است که در ایجاد جریان‌های آبی، تولید اولیه و فعالیت‌های بیولوژیک نقشی اساسی دارد. نتایج نشان داد که دما در مناطق غربی دریا کمتر از مناطق شرقی بوده و اختلاف دمایی در حدود ۱/۴ درجه سانتی‌گراد بین این دو منطقه به دست آمد. حداقل دما در لیسار (۸/۷ سانتی‌گراد) در اسفند سال ۱۳۸۶ و حداکثر در تابستان ۱۳۸۷ در خزر آباد، خواجه نفس و بندر ترکمن (۳۳/۹، ۳۲/۸ و ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد) بود. Dumont در سال ۱۹۹۸، Kideys در سال ۲۰۰۳، قاسم اف در سال ۱۳۷۸ و لالوئی در سال ۱۳۷۴ این اختلاف دمایی را گزارش کرده و اظهار داشتند که دمای آب در جنوب دریای خزر در ماه‌های گرم سال حداکثر به ۲۸ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و با نتایج تحقیق حاضر (۳۲ درجه سانتی‌گراد در خواجه نفس در فصل تابستان (مرداد ماه) مطابقت دارد. بالاترین دمای آب در خزر آباد، خواجه نفس و

و در این فعالیت کشاورزان معمولاً از کودهای ازته، فسفره و سولفات استفاده می‌کنند. در همین بخش باغداران در کشت مرکبات از کودهای پتاس و فسفات استفاده می‌نمایند. در بخش غربی دریای خزر مزارع برنج فراوانی وجود دارد و کودهای ازته و فسفره توسط برنج کاران مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابر این بخصوص در فصل بهار و تابستان که فصل کشت برنج می‌باشد، از طریق رودخانه‌های کوچک و بزرگ مواد مغذی وارد آب‌های ساحلی دریای مازندران می‌گردد. میزان فسفات با افزایش عمق کاهش داشت ولی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری به دست نیامد ( $p \geq 0.05$ ) و به نظر می‌رسد کم بودن عمق (۰، ۵ و ۱۰ متر) در مناطق مورد بررسی و تلاطم و جریان آب دریا از دلایل حضور تقریباً یکنواخت فسفات تا عمق ۱۰ متری باشد. میانگین فسفات در تابستان به حداکثر (۰/۲۴ میلی‌گرم در لیتر) و در زمستان به حداقل (۰/۰۸ میلی‌گرم در لیتر) رسید (شکل ۳). علت کاهش فسفات در فصل پاییز، احتمالاً به دلیل افزایش تراکم فیتوپلانکتون در این فصل به‌ویژه اعضای رده باسیلاریوفیسه می‌باشد، در دریای خزر در فصل پاییز تا اوایل بهار دیاتومه‌ها جمعیت غالب فیتوپلانکتونی را تشکیل می‌دهند (Kideys *et al.*, 2005) و نجات خواه معنوی و همکاران، ۱۳۹۰). حداکثر نیترات (۰/۳۱ میلی‌گرم در لیتر) در نشتارود در فصل پاییز و سپس در کیشهر (۰/۲۸ میلی‌گرم در لیتر) در زمستان ۱۳۸۷ و حداقل آن (۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) در آستارا و نوشهر در فصل بهار بود. نیترات بیشترین شکل ازت می‌باشد که مورد مصرف فیتوپلانکتون قرار می‌گیرد، بنابر این تراکم فیتوپلانکتونی به شدت به غلظت آن وابسته می‌باشد. میزان نیترات به دست آمده از اسفند ۱۳۸۶ تا پاییز ۱۳۸۷ روند رو به افزایشی را نشان داده است. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه در سال‌های گذشته نشان دهنده‌ی افزایش این عنصر می‌باشد، به طوری که میزان آن از ۲۶/۹ و ۲۷/۸۸ میکروگرم در لیتر به ترتیب در پاییز

تا (۱۴ ppt) در فصل تابستان در نوسان بود. کمترین میانگین شوری در فصل زمستان ۱۳۸۶ برابر با ۱۱/۵ و بیشترین آن ۱۲/۰۵ قسمت در هزار در فصل تابستان به دست آمد (شکل ۷). در مناطق مطالعه شده، بندر ترکمن به طور میانگین با ۱۳/۰۲ و بندر انزلی با ۱۰/۴۱ قسمت در هزار به ترتیب بیشترین و کمترین شوری را در طول سال داشتند (شکل ۱۲). در فصل تابستان به علت افزایش دما و کاهش بارندگی میزان شوری نسبت به فصول دیگر افزایش یافته و به حداکثر رسید. بندر ترکمن و خواجه نفس با شوری در حدود ۱۳ قسمت در هزار بیشترین شوری را در میان مناطق به دلیل عمق کم، بارندگی کمتر و جریان‌های دورانی آنتی سیکلون داشتند و بندر انزلی و سپس لیسار و آستارا به ترتیب کمترین میانگین شوری را داشتند که به نظر می‌رسد تحت تأثیر ورود آب‌های شیرین رودخانه، بارندگی بیشتر و عمق زیاد در این مناطق این کاهش شوری به وجود آمده باشد. در مقایسه، میزان شوری در بخش غربی دریای مازندران از بخش شرقی آن کمتر می‌باشد و همان طور که ذکر گردید بیشترین میزان شوری در بخش‌های شرقی ثبت شد. این نتایج با نتایج به دست آمده در پروژه تحقیقاتی انجام شده در سال ۱۳۸۳-۱۳۸۲ مطابقت دارد (هاشمیان کفشگری، ۱۳۸۸). بیشترین میزان EC در فصل تابستان و کمترین آن در فصل بهار ثبت شده است. با افزایش دما و تبخیر، نسب یون‌ها در واحد حجم آب بالا رفته و میزان هدایت الکتریکی آب بیشتر می‌شود. در بررسی ماهانه بیشترین میزان EC در مرداد و شهریور و کمترین میزان هدایت الکتریکی در پاییز ارزیابی گردید که این امر می‌تواند به علت افزایش تبخیر و کاهش ورودی آب شیرین و در نتیجه افزایش میزان املاح در آب در فصل تابستان باشد. منطقه بندر ترکمن با میانگین ۲۳/۸ بیشترین میانگین EC را در میان مناطق داشت. به نظر می‌رسد با افزایش دما و بالا رفتن شوری EC نیز افزایش یافته و در این منطقه به بالاترین میزان رسیده باشد. دما با EC در کیاشهر

بندر ترکمن در فصل تابستان (مرداد ماه) به دست آمد که به دلیل عمق کم در این مناطق، به‌ویژه در ایستگاه اول در آب‌های سطحی و عمق ۵ متر می‌باشد. در تحقیق حاضر بالاترین اختلاف دمایی بین سطح و عمق ۱۰ متر در تابستان، حدود ۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. در کلیه ایستگاه‌های مطالعه شده در لایه‌های مختلف آب اختلاف دمای معنی‌داری وجود نداشت ( $p \geq 0/05$ ) این موضوع به دلیل عمق کم ایستگاه‌های بررسی شده (سطح، ۵ و ۱۰ متر) می‌باشد. میزان شوری وابسته به دما و شدت تبخیر می‌باشد و از مهم‌ترین پارامترهای غیر زیستی در دریای مازندران محسوب می‌شود. غلظت شوری در پراکنش موجودات، تنوع گونه‌ای و ایجاد جریان‌های آبی تأثیرگذار است. توده‌های آبی و جریان به میزان شوری و دما وابسته است و از آنجایی که سطح دریای خزر در سال‌های مختلف دچار نوسان می‌باشد و به طور دائم از نسبت پایداری برخوردار نیست، میزان شوری آن قطعی و ثابت نمی‌باشد، و از طرفی میزان جریان رودخانه‌ها به دریا نقش بسزایی در شیرین شدن آب ایفا می‌نمایند (لالوئی، ۱۳۷۴). در اغلب مناطق مورد بررسی شوری و دما همبستگی مثبت داشتند و ارتباط مثبت و قوی بین میزان شوری و دمای آب در برخی مناطق مانند نوشهر ( $r = 0/953$ ,  $p = 0/04$ ) و خواجه نفس ( $r = 0/968$ ,  $p = 0/03$ ) وجود داشت. افزایش نزولات جوی و ورودی آب شیرین از رودخانه‌ها از میزان شوری آب می‌کاهد. نوسان شوری در تغییر غلظت یون‌ها و EC مؤثر می‌باشد (Dumont, 1998). در مطالعه حاضر تغییرات شوری از سطح به عمق در ایستگاه‌های مطالعاتی افزایش مختصری داشت، هر چند که اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ) این نتایج با اظهارات Kideys و همکاران در سال ۲۰۰۵ مبنی بر این که تغییرات شوری دریای خزر از سطح به عمق بسیار ناچیز است و حدود ۰/۱ تا ۰/۲ قسمت در هزار است، مطابقت نشان می‌دهد. در فصول مورد بررسی میزان شوری بین (۹ ppt) در فصل بهار

فعالیت فتوسنتزی فیتوپلانکتونی نقشی عمده در شکل‌گیری میزان اکسیژن ایفا می‌نماید. کمترین مقدار اکسیژن در لایه‌های سطحی جنوب شرقی و بیشترین آن مربوط به جنوب غرب می‌باشد که به دلیل جریان نوار باریکی از جریان آب‌های سرد در قسمت غرب می‌باشد که با حرکت به سمت شرق در برخورد با آب‌های گرم از میزان آن کاسته می‌شود (لالوئی، ۱۳۷۴). حداقل مقدار اکسیژن در آب‌های کم عمق به دست آمد زیرا در این مناطق بخش بزرگی از اکسیژن جهت اکسیداسیون بیوشیمیایی مواد ارگانیک که از رودخانه‌ها وارد دریا می‌شوند مصرف می‌شود. در میزان اکسیژن محلول با نیترات در برخی مناطق مانند آستارا ( $p=0$ ,  $r=1$ ) ارتباطی بسیار قوی وجود داشت و همچنین در بیشتر مناطق ارتباط مثبت غیر معنی داری به دست آمد. افزایش پساب و فاضلاب با سهم متفاوتی از مواد مغذی (نیترات و فسفات) منجر به برهم خوردن تعادل N/P می‌شود (WHO, 1999). این موضوع همراه با تغییر دما، pH، کاهش وزش باد و جریان‌های چرخشی آب دریا منجر به ایجاد پدیده شکوفایی (HAB) می‌گردد که در بسیاری از موارد از جمله در شکوفایی دریای مازندران باعث کشتار آبزیان شده است (Alles, 2006; Deblois *et al.*, 2007) و در سال‌های اخیر یکی از مشکلات زیست محیطی دریاچه خزر محسوب می‌شود. در سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ افزایش مواد مغذی، افزایش دمای به بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کاهش وزش باد منجر به شکوفایی سیانوباکترها به مدت ۷ روز شد که مهم‌ترین عامل این شکوفایی، افزایش میزان فسفات محلول در آب دریا همراه با افزایش دما گمان شده است (CSERC, 2006). بنابراین کنترل مواد مغذی (نیترات و فسفات) در حوضه آبریز و جریان‌های آب شیرین دریاچه خزر از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. حفظ تعادل N/p از طریق کاهش جریان فاضلاب و پساب یکی از راه‌های مؤثر جلوگیری از پدیده شکوفایی و کاهش اثرات جبران‌ناپذیر این پدیده بر محیط زیست و آبزیان دریاچه

( $p=0/001$ ,  $r=0/999$ ) و آستارا ( $p=0/01$ ,  $r=0/986$ ) همبستگی قوی نشان داد. EC در طول دوره مطالعه ارتباط مثبتی با دما داشت ولی این ارتباط در بیشتر مناطق معنی‌دار نبود. میزان شوری با EC در بیشتر مناطق ارتباط مستقیمی را نشان می‌داد، ولی به جز در آستارا ( $p=0/05$ ,  $r=0/946$ ) این همبستگی معنی‌داری نبود. میزان املاح و مواد مغذی محلول، تولیدات پلانکتونی (میزان کلروفیل a) و حجم رسوبات ناشی از تلاطم ورود آب رودخانه به منطقه مصبی دریا با شفافیت آب رابطه عکس دارند. طبق نتایج به دست آمده حداکثر شفافیت (۶۰۰ سانتی‌متر) در نوشهر و نشتارود در فصل تابستان و حداقل آن (۵۰ سانتی‌متر) در بندر انزلی، خزرآباد و بندر ترکمن در فصل پاییز بود. در فصل پاییز به علت وجود جریان در این فصل، رسیدن به اوج تراکم فیتوپلانکتونی، افزایش بارندگی و تلاطم رودخانه‌ها میزان ذرات معلق و رسوبات افزایش یافته و باعث کاهش عمق شفافیت به‌ویژه در مناطق مصبی که منطبق با مناطق مورد بررسی بود، شده است. در این مطالعه شفافیت با کاهش دما کاهش یافت به طوری که در بهار بیشترین شفافیت و در زمستان کمترین شفافیت ارزیابی شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج لالوئی در سال ۱۳۷۴ و هاشمیان کفشگری در سال ۱۳۸۸ کاملاً مطابقت نشان می‌دهد. غلظت اکسیژن با دما در کلیه مناطق همبستگی منفی داشت و این ارتباط در آستارا ( $p=0/04$ ,  $r=-0/951$ ) و بندر انزلی ( $p=0/01$ ,  $r=-0/982$ ) معنی‌دار بود. حداکثر میانگین غلظت اکسیژن محلول در آستارا (۹/۹ میلی‌گرم در لیتر) و کیاشهر (۹/۸ میلی‌گرم در لیتر) در فصل بهار و حداقل آن در خواجه نفس (۴/۱۷ میلی‌گرم در لیتر) در فصل تابستان بود (شکل‌های ۹ و ۱۶). کمترین غلظت اکسیژن در فصل تابستان با ۵/۵۷ و بیشترین آن در فصل بهار با ۶/۹۶ میلی‌گرم در لیتر ارزیابی شد. این نتایج با گزارش‌های ارائه شده هاشمیان کفشگری در سال ۱۳۸۸ و لالوئی در ۱۳۷۴ مطابقت نشان می‌دهد. توزیع غیر یکنواخت دما و

- Caspian Sea. Ministry of Jihad Agriculture, Iranian Fisheries Research Organization, Research Center for Fish Farming in Inland Waters with the cooperation of Caspian Environment Programme (CEP).
- Caspian Environment program (CEP). 1998. National report of the Caspian Sea countries. Caspian Environmental Program. CEP.
- Caspian Environment program (CEP). 2002. Pollution. National Action Plan. Available in: <http://www.caspianenvironment.org>.
- Caspian Environment program (CEP). 2007. Trans boundary Diagnostic Analysis Revisit, collected from the second phase of the Caspian Environment Programme. CEP.
- Caspian Environment Program (CEP). 2009. Caspian Sea: Anomalous Algal Bloom. Available in: <http://www.caspianenvironment.org>.
- Cousteau, F. 2000. The Caspian Sea. The report of the oceanic expedition of Cousteau Society under the aegis of UNESCO/MOC, May-August 1998. The Caspian Bulletin. 4: 84-99.
- Deblois, C.P., Aranda-Rodriguez, R., Giani, A. & Bird, D. F. 2007. Microcystin accumulation in liver and muscle of tilapia in two large Brazilian hydroelectric rivers. *Toxicon*, 51: 435-448.
- Dumont, H. J. 1998. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43: 44- 52.
- Eaton, A., Clesceri, L. & Greenberg, A. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edn. American Public Health Association: APHA, Washington, DC.
- Kideys, A. E. & Moghim, M. 2003. Distribution of the alien ctenophore *Menemopsis leidy* in the Caspian Sea in August 2001. *Marine Biology*, 142: 163-171.
- Kideys, A. E., Soydemir, N., Eker, E., Vladmyrov., Soloviev, D. & Melin, F. 2005. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March 2001. *Hydrobiologia*, 543: 159- 168.
- Kosarev, A. N. & Yablonskaya, E. A. 1994. The Caspian Sea. SPB Academic Publishing. The Hague.
- Mamaev, V. 2002. The Caspian Sea. European Environment Agency, Europe's biodiversity -biogeographical regions and seas. Available in: <http://reports.eea.eu.int>.
- مازندران می‌باشد.
- ### سپاسگزاری
- این مقاله از طرح پژوهشی با حمایت سازمان حفاظت محیط زیست استخراج شده است، بدین وسیله از تمامی افرادی که در پیشبرد اهداف پژوهشی این تحقیق همکاری داشتند سپاسگزاری می‌گردد.
- ### منابع
- تهامی، ف و کیهان ثانی، ع. ۱۳۸۵. آلودگی سیانو باکتریایی دریای خزر و آثار زیست محیطی آن. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ساری. ایران.
- قاسم اف، ع. ۱۹۸۷. دریای خزر. ترجمه: یونس عادل. انتشارات مرکز تحقیقاتی استان گیلان. ایران.
- لالوئی، ف. ۱۳۷۴. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوضه جنوبی دریای خزر. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، مرکز تحقیقات شیلاتی استان مازندران با همکاری موسسه تحقیقات کاسپرخ روسیه (آستاراخان) و مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ساری. ایران.
- نجات خواه معنوی، پ، رضانیور، ز، پاسندی، ع. ا. و سقلی، م. ۱۳۹۰. بررسی شکوفایی پلانکتونی دریای خزر و عوامل مؤثر بر آن. گزارش نهایی طرح، سازمان حفاظت محیط زیست گیلان، معاونت دریایی. ایران.
- وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۵. بررسی شکوفایی مضر جلبکی در حوزه جنوب غربی دریای خزر، مطالعه موردی HAB، با همکاری CEP. وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ساری. ایران.
- هاشمیان کفشگری، ه. ۱۳۸۸. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر در سال ای ۱۳۸۳-۱۳۸۲. موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ساری. ایران.
- Aladin, N. & Plotnikov, I. 2004. The Caspian Sea. Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program (CEP). Available in: <http://www.caspianenvironment.org>.
- Alles, D. L. 2006. Marine phytoplankton blooms. Western Washington University. USA.
- CSERC (Caspian Sea Ecological Research Center). 2006. A study on the harmful algal bloom in the southwestern basin of the

- Sonne, I. S. 2000. Three centuries at the Caspian (The Synchronism of Major Historical Events of XVIII–20 cc.). Ì. Nauka.
- Soloviev, D. 2006. Identification of the extent and causes of cyanobacterial bloom in September-October 2005 and development of the capacity for observation and prediction of HAB in the southern Caspian Sea using remote sensing technique. Marine Hydrophysical Institute (MHI), in framework of the contract with the Caspian Environment Programme .Available in: <http://www.caspianenvironment.org>
- WHO. 1999. Toxic Cyanobacteria in water. E. & F. N. Spon. USA.
- Nausch, M., Nausch, G. & wasmund, N. 2008. Phosphorus pool variations and their relation to cyanobacteria development in the Baltic Sea. *Marine Systems*, 71: 99-111.
- Niraula, M. P., Casareto, B. E., Smith, S. L., Hanai, T. & Suzuki, Y. 2007. Examining the effects of nutrients on the composition and size of phytoplankton using unaltered deep-sea waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 348(1-2): 23-32.
- Sithik, A. M. A., Thirumaran, G., Arumugam, R., Ragupathi Raja Kannan, R. & Anantharaman, P. 2009. Studies of phytoplankton diversity from Agnitheertham and Kothandaramar Koil Coastal Waters; Southeast Coast of India. *Global Journal of Environmental Research*, 3 (2): 118-125.