

بررسی برخی شاخص‌های میکروبی و مواد مغذی در سواحل جنوبی دریای خزر، استان گیلان

محسن محمدی گلنگش^{۱*}، عبدالعلی موحدی نیا^۲ و زهرا بزرگ پناه خراط^۳

۱. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

۲. گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست گرایش آلودگی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷

چکیده

توجه به آلودگی میکروبی و مواد مغذی در سواحل جنوبی دریای خزر برای سلامت گردشگران و حفظ محیط زیست ضروری است. در این تحقیق برخی از پارامترهای مهم فیزیوشیمیایی، مواد مغذی، شاخص‌های میکروبی و پارامترهای اکسیژن خواهی مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه برداری در ۹ منطقه از آستارا تا چابکسر و در هر ایستگاه با ۵ تکرار انجام شد. در مناطق مورد مطالعه، میانگین های دما $22/48^{\circ}C$ ، شوری $8/5$ ppt، $8/27$ pH، فسفات $0/43$ mg/l، نترات $0/43$ mg/l، $2/21$ ، کلیفرم مدفوعی (MPN/100ml) 144 ، کلیفرم کل $626/9$ (MPN/100ml)، BOD_5 به مقدار $3/5$ mg/l و COD به مقدار $9/43$ mg/l بدست آمد. حداکثر غلظت مواد مغذی در انزلی و کیاشهر مشاهده شد. نتایج بیانگر همبستگی مواد مغذی با همدیگر و همبستگی بین COD با شاخص های میکروبی می باشد. مقایسه مقدار شاخص های میکروبی با استانداردهای ملی و جهانی برای شناگاه‌ها نشان می دهد که میانگین ۹ ایستگاه، فراتر استانداردها بوده و بعلت بار آلودگی میکروبی محدوده ایستگاه های انزلی و لوندویل نیاز به مدیریت ویژه دارد.

واژگان کلیدی: آلودگی میکروبی، مواد مغذی، دریای خزر، استان گیلان

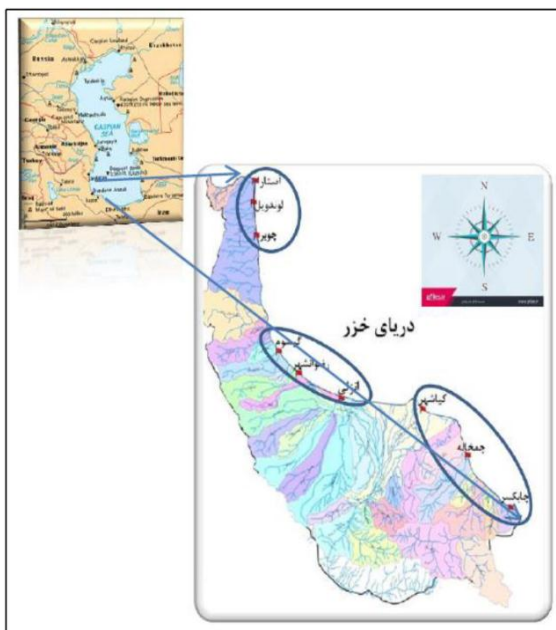
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: m_mohammadi@guilan.ac.ir

۱. مقدمه

دریای خزر بعنوان بعنوان یک اکوسیستم ارزشمند به لحاظ اکولوژیکی، با گونه‌های منحصر بفردی از ماهیان خاویاری و اقلیم و سواحل زیبا، همواره مورد توجه گردشگران مختلف و سازمان‌های بین‌المللی بوده است. این دریاچه به عنوان بزرگ‌ترین توده آبی لب‌شور محصور در خشکی در سطح زمین محسوب می‌شود که از شمال به روسیه، از جنوب به ایران، از غرب به جمهوری آذربایجان و از شرق به جمهوری-ترکمنستان و قزاقستان محدود می‌شود. وسعت خزر، در حدود ۳۸۶۴۰۰ کیلومتر مربع است و با در نظر گرفتن عوارض بستر و خصوصیات هیدرولوژیک به سه بخش شمالی، میانی و جنوبی تقسیم می‌گردد (Radojevic et al., 2012). خزر جنوبی با مساحت ۱۴۸۶۴ کیلومتر مربع، بیش از ۶۵ درصد از حجم کل آب این دریاچه را به خود اختصاص داده است (Kostianoy et al., 2005). در این دریا، پارامترهای بیولوژیک با فاکتورهای غیرزیستی از قبیل شوری و دما به طور دائم در حال تأثیر متقابل بر یکدیگر می‌باشد (Aladin and Plotnikov, 2004). نیترات و فسفات، مناطق ساحلی خزر را، به محلی مناسب برای رشد و تکثیر بسیاری از آبزیان تبدیل می‌کنند. متاسفانه، حجم بالای انواع پساب‌های کشاورزی، موجب بالا رفتن غلظت موادمغذی، شکوفایی جلبکی و مرگومیر آبزیان شده (Badri et al., 2016) و علاوه بر اثرات اکولوژیکی از نظر زیباشناختی و محدودیت در توسعه صنعت توریسم و اکوتوریسم ساحلی، از پتانسیل‌های توسعه‌ای سواحل نیز کاسته می‌شود (Das et al., 2011). از دیگر مشکلات موجود در محیط‌های ساحلی خزر، آلودگی‌های میکروبی است که از مهمترین شاخص‌های این آلودگی، می‌توان به باکتری‌های کلی‌فرم اشاره کرد.

کلی‌فرم مدفوعی از این گروه باکتری‌ها هستند که در روده موجودات خونگرم زندگی می‌کنند. باتوجه به اینکه زیستگاه طبیعی این باکتری‌ها اکوسیستم‌های آبی نمی‌باشد، حضور آنها در محیط‌های آبی، نشانگر آلودگی محیط به فاضلاب انسانی و حیوانی در کوتاه مدت است (Salmanov, 2006). اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی^۱ ۵ روزه (BOD₅) یکی دیگر از شاخص‌های مهم، در جهت ارزیابی کیفی اکوسیستم‌های آبی می‌باشد که با سنجش آن سهم اکسیژن‌خواهی میکروارگانیسم‌ها در اکوسیستم‌های آبی مشخص می‌شود (Sapozhnikov et al., 2012). شاخص COD یا اکسیژن‌خواهی شیمیایی^۲ یکی دیگر از شاخص‌های کیفی است که بیانگر مصرف اکسیژن محلول در آب در طی واکنش‌های شیمیایی می‌باشد. افزایش مصرف اکسیژن محلول، حرکت در مسیر بی‌هوازی شدن اکوسیستم و در نهایت تولید گازهای سمی و با بویی نامطبوع است که توسعه فعالیت‌های انسانی را دچار چالش می‌کند (Alles, 2006). سال‌های اخیر در خارج از کشور، بررسی‌های بسیاری، جهت تخمین آلودگی میکروبی سواحل گرفته است و شاخص‌های مورد بررسی در این مطالعات با در نظر گرفتن نوع کاربری مناطق، عموماً "شاخص‌های میکروبی، پارامترهای فیزیکوشیمیایی بود که میتوان به مطالعات Kim و همکاران (2005) در کره، Caron و همکاران (2010) در کالیفرنیا، Cemek و همکاران (2010) در ترکیه اشاره کرد، مطالعات مشابه در محدوده دریای خزر با دیدگاه اکولوژیک و ارزیابی بار میکروبی و شاخص‌های اکسیژن‌خواهی نیز در داخل انجام شد که می‌توان به مطالعات Khatib Haghghi و

^۱ Biochemical Oxygen Demand^۲ Chemical Oxygen Demand



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌ها در سواحل جنوبی دریای خزر

جهت تعیین کلی‌فرم کل و کلی‌فرم‌های مدفوعی، از ظروف شیشه‌ای یک لیتری استریل، برای جمع‌آوری نمونه‌های آب استفاده شد و نمونه‌ها در یخدان یونولیتی حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. برای سنجش میکروبی آب، از روش تخمیر چند لوله‌ای استفاده شد و نتایج آن به صورت بیشترین تعداد احتمالی گزارش گردید (APHA, 2012). جهت تعیین میزان BOD_5 ، پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، هوادهی اولیه انجام شد و با کنترل فاکتورهای تأثیرگذار مانند نور، درجه حرارت، همگن‌سازی، کنترل فرآیندهای نیتریفیکاسیون در زمان ۵ روز، از دستگاه سنجش BOD_5 شرکت WTW آلمان استفاده گردید. میزان COD در هر ایستگاه مطابق روش استاندارد متد، با استفاده از راکتور WTW آلمان و اسپکتروفتومتری مورد آنالیز قرار گرفت (Abuzaid et al., 1997). جهت تعیین

در تالاب انزلی و Khodaparast (2010) و Hamzehpour و همکاران (2015) در سواحل سیسنگان اشاره نمود. دریای خزر با شرایط خاص ژئومورفولوژیکی و تنوع گونه‌ای منحصر به فرد از حساسیت و اهمیت اکولوژیکی ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. روند روبه‌رشد جوامع انسانی و توسعه انواع کاربری‌ها در سواحل جنوبی دریای خزر در کنار توسعه رو به رشد توریسم ساحلی ایجاب می‌کند که توجه به کیفیت محیط زیست و سلامت عمومی بیشتر مورد توجه واقع شود (Aladin and Plotnikov., 2004). بر اساس مطالعات انجام شده در داخل و خارج و بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی، سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی و اکسیژن خواهی در بررسی و تحلیل بار آلودگی میکروبی در اکوسیستم‌های آبی ضروری به نظر می‌رسند، لذا در این تحقیق، برخی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی از جمله نیترات، فسفات، کلی‌فرم مدفوعی (FC) کلی‌فرم کل (TC) به همراه شوری، دما، pH، COD و BOD، در آب‌های سواحل جنوبی خزر واقع در استان گیلان به منظور ارزیابی جامع مورد بررسی قرار گرفته‌است.

۲. مواد و روش

در این تحقیق نمونه‌برداری از آب‌های سواحل دریای خزر در استان گیلان، از ۹ ایستگاه واقع در آستارا، لوندویل، چوبر، گیسوم، رضوانشهر، بندرانزلی، کیاشهر، چمخاله و چابکسر مطابق شکل (۱) انجام شد. نمونه‌گیری از آب برای مطالعات میکروبی، با بهره‌گیری از استاندارد ملی ۴۲۰۸ ISIRI (2007)، با استفاده از بطری‌های سترون شده و برای سایر شاخص‌ها اکولوژیک، با استفاده از بطری‌های نمونه‌برداری نانس انجام گرفت (Clesceric., 2005).

مختلف است ($P < 0.05$). نتایج نشان می‌دهد که بیشینه مقدار دمایی در ایستگاه چوبر و آستارا به میزان ۲۳/۲ درجه سانتی‌گراد و کمینه مقدار دمایی در ایستگاه رضوانشهر به میزان ۲۱/۴ درجه سانتی-گراد بدست آمد. بیشترین میزان شوری در ایستگاه گیسوم و کمترین مقدار شوری در انزلی به ترتیب با مقادیر ۱۰/۰۲ و ۰/۹ ppt مشاهده شد. همچنین کمترین میزان pH در ایستگاه انزلی با مقدار ۷/۸ و بیشترین pH به میزان ۸/۳۵ در آستارا بدست آمد. نتایج حاصل از آزمون ANOVA نشان می‌دهد که میزان پارامترهای مواد مغذی، آلودگی میکروبی واکسیژن‌خواهی در ایستگاه‌های مختلف، دارای تفاوت معناداری بوده است ($P < 0.05$). ایستگاه انزلی دارای بیشترین میزان BOD و COD به ترتیب با مقادیر ۵/۹ و ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. کمترین میزان BOD با مقدار ۲/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر در آستارا و کمترین COD با میزان ۴ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه کیشهر مشاهده شد. میزان آلودگی کلی‌فرم مدفوعی در منطقه، در محدوده ۶۶۱ - ۱۰/۱ MPN/100ml و میزان کلی‌فرم کل در محدوده ۴۵۰ - ۳۴ MPN/100ml اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان آلودگی کلی‌فرم کل و کلی‌فرم-مدفوعی، در ایستگاه انزلی بدست آمد و کمترین میزان آلودگی کلی‌فرم کل و کلی‌فرم‌های مدفوعی به ترتیب در ایستگاه کیشهر و آستارا مشاهده شد. میزان نیترات در محدوده ۵-۱۱۶ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد و بالاترین میزان نیترات در ایستگاه کیشهر بدست آمد. میزان فسفات در محدوده ۰/۱۳-۱/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد که بیشترین مقدار برای فسفات در انزلی اندازه‌گیری شد و کمترین میزان فسفات و نیترات در ایستگاه چوبر مشاهده شد.

غلظت نیترات و فسفات محلول، نمونه‌ها در محل، با کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرون)، بمنظور حذف مواد معلق از آب، فیلتر شده و در داخل ظروف درب‌پنج دار و فشاری بدون داشتن فضای خالی، جمع-آوری شدند. نمونه‌ها در یخدان یونولیتی حاوی یخ قرار گرفته و پس از انتقال به آزمایشگاه، آنالیز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Hach DR5000 انجام شد (Eaton et al., 2005). فاکتورهای pH و درجه حرارت با استفاده از دستگاه pH متر و میزان شوری با دستگاه شوری‌سنج پس از انجام مراحل کالیبراسیون اولیه و در محل نمونه‌برداری مورد سنجش قرار گرفتند. کلیه آنالیزها با استفاده از نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با بکارگیری نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ صورت-گرفت. در ابتدا جهت بررسی نرمال بودن داده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. در ادامه آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) برای بررسی اختلاف معنی دار پارامترها در بین ایستگاه‌ها انجام شد. از پس آزمون Tukey جهت تفکیک گروه‌های دارای اختلاف معنی دار بین ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. همبستگی بین پارامترها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون بررسی شد.

۳. نتایج

نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای محیطی، مواد-مغذی، شاخص‌های میکروبی و نیز میزان BOD و COD در آب‌های سواحل دریای خزر در استان گیلان در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج آزمون ANOVA بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در میزان پارامترهای-محیطی شامل دما، شوری و pH در ایستگاه‌های

جدول ۱. نتایج آنالیز پارامترهای مواد مغذی (mg/l)، شاخص میکروبی (MPN/100ml)، اکسیژن خواهی (mg/l)، دما (°C)، شوری و pH در آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر.

میانگین ± انحراف معیار	چابکسر	چمخاله	کیاشهر	انزلی	رضوانشهر	گیسوم	چوبر	لوندویل	آستارا	
۳/۵۵±۱/۴	۳/۰۳±۰/۰۱ ^c	۳/۰۳±۰/۰۵ ^c	۲/۱±۰/۰۱ ^d	۵/۹±۰/۰۶ ^a	۳/۳±۰/۰۱ ^c	۴/۰۱±۰/۰۱ ^b	۳/۱۲±۰/۰۱ ^c	۶/۰۲±۰/۰۰۵ ^a	۲/۰۱±۰/۰۱ ^d	BOD
۹/۴۳±۶	۷/۱±۰/۰۱ ^e	۵/۹۴±۰/۱ ^f	۴±۰/۰۰۵ ^g	۲۵±۰/۰۵ ^a	۹/۰۱±۰/۰۱ ^c	۸/۰۱±۰/۰۱ ^d	۵/۹۷±۰/۰۶ ^f	۱۱/۹۹±۰/۰۱ ^b	۸±۰/۰۱ ^d	COD
۶۲۶/۹±۱۳۹۵	۱۱۳±۰/۲ ^f	۱۰۰±۰/۰۵ ^g	۳۴±۰/۰۵ ^h	۴۵۰±۰/۳ ^a	۲۱۰±۰/۰۵ ^d	۲۵۰±۰/۰۵ ^b	۱۵۰±۰/۰۵ ^e	۲۱۱±۰/۱ ^c	۱۰۰±۰/۰۵ ^g	TC*
۱۴۴±۱۸۷/۶	۷/۰۱±۰/۰۱ ^c	۵۶/۱±۰/۱ ^c	۸۴/۱±۰/۱ ^{bc}	۶۶/۰۶±۰/۰۵ ^a	۹۰/۰۶±۰/۰۱ ^{bc}	۷۳/۴±۰/۰۵ ^{bc}	۸۰±۰/۰۵ ^{bc}	۱۲۵/۱±۰/۱ ^b	۶۰/۱±۰/۰۱ ^c	FC*
۲/۲۱±۱/۴۹	۲/۱۴±۰/۰۵ ^c	۱/۸۲±۰/۰۲ ^d	۵/۱۲±۰/۰۳ ^a	۴/۵±۰/۰۴ ^b	۲/۰۱±۰/۰۱ ^c	۱/۰۷±۰/۰۵ ^e	۱/۰۱±۰/۰۱ ^e	۱/۱۱±۰/۰۰۸ ^e	۱/۱±۰/۰۰۹ ^e	نیترات
۰/۴۳۴±۰/۴	۰/۱۴±۰/۰۱ ^e	۰/۱۲±۰/۰۱ ^{ef}	۰/۹۴±۰/۰۴ ^b	۱/۱۳±۰/۰۲ ^a	۰/۵۹±۰/۰۳ ^d	۰/۰۸±۰/۰۱ ^{ef}	۰/۰۷±۰/۰۵ ^f	۰/۰۸±۰/۰۰۵ ^{ef}	۰/۷۴±۰/۰۰۴ ^c	فسفات
۲۲/۴۸±۰/۷۰	۲۲/۴±۰/۰۴ ^b	۲۲/۵±۰/۰۴ ^b	۲۳/۱±۰/۰۴ ^a	۲/۱۵±۰/۱ ^c	۲/۱۴±۰/۰۴ ^d	۲/۱۵±۰/۰۴ ^{cd}	۲۳/۲±۰/۰۵ ^a	۲۳/۱±۰/۰۱ ^a	۲۳/۲±۰/۰۱ ^a	دما
۸/۵۳±۲/۷	۹/۵±۰/۰۱ ^d	۹/۳±۰/۰۱ ^e	۸/۸۰±۰/۰۱ ^g	۰/۹±۰/۰۴ ^h	۸/۹±۰/۰۲ ^f	۱/۰۲±۰/۰۳ ^a	۹/۸۵±۰/۱۵ ^b	۹/۶۹±۰/۰۲ ^c	۹/۷۱±۰/۰۱ ^c	شوری
۸/۲۷±۰/۱۵	۸/۳۲±۰/۰۱ ^a	۸/۳۵±۰/۰۱ ^a	۸/۲±۰/۰۲ ^b	۷/۸±۰/۰۴ ^c	۸/۳۲±۰/۰۷ ^a	۸/۳۵±۰/۰۲ ^a	۸/۳۱±۰/۰۱ ^a	۸/۳۵±۰/۰۱ ^a	۸/۳۵±۰/۰۵ ^a	pH

FC= Ecoli و TC= Total Coliform*

حروف متفاوت، بیانگر تفاوت معنی دار ($P < 0.05$) در آزمون توکی است.

جدول ۲. نتایج بررسی همبستگی پیرسون

شوری	pH	دما	FC	TC	فسفات	نیترات	COD	BOD	
									BOD
								۰/۷۹۳*	COD
							۰/۳۴۶	۰/۰۴۳	نیترات
						۰/۷۹۱*	۰/۴۹۶	-۰/۰۱۴	فسفات
					۰/۶۰۷	۰/۵۳۵	۰/۹۴۵**	۰/۶۳۲	TC
				۰/۹۹۶**	۰/۶۰۱	۰/۵۴	۰/۹۵۳**	۰/۶۷۷*	FC
			-۰/۴۷۳	-۰/۴۷۸	-۰/۱۸۵	-۰/۱۴۴	-۰/۴۸۱	-۰/۳۴۲	دما
		۰/۳۷۵	۰/۹۵۶**	۰/۹۵۶**	-۰/۷۳۶**	۰/۷۴۴**	-۰/۸۳۸**	-۰/۴۸۲	pH
	۰/۹۷۹**	۰/۴۶۲	-۰/۹۷۹**	-۰/۹۸۵**	-۰/۶۹۶	-۰/۶۴۸	-۰/۹۰۶**	-۰/۵۵	شوری

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

همبستگی مثبت و معناداری برقرار است ($P < 0.05$). همچنین بین نیترات و فسفات اندازه‌گیری شده در منطقه، همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد

بررسی همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آنالیز آماری پیرسون (جدول ۲) نشان داد که بین BOD و COD

می باشد. مطالعات انجام شده توسط CEP (2009) نیز، پایین بودن مقدار شوری در سواحل انزلی در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها گزارش شده است. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Nausch و همکاران (2007)، در سواحل دریای بالتیک انجام گرفت، کاهش میزان شوری آب سواحل دریا، بدلیل افزایش ورودی آب شیرین رودخانه‌ها بیان گردید. شوری از مهمترین پارامترها در دریای خزر محسوب می‌شود که در تنوع گونه‌ای و ایجاد جریان‌های آبی تأثیرگذار است (Wehr et al., 2003)، تغییرات شوری به عواملی مرفولوژیکی، ژئوشیمیایی و شرایط اقلیمی نیز وابسته باشد (Zaker, 2007). شدت بالای تبخیر در تابستان می‌تواند یکی از عوامل موثر در بالابودن نسبی شوری در سواحل گیلان، نسبت به مطالعات Nejatkhah Manavi (2014) و Hamzhepour و همکاران (2015) باشد. در مطالعه حاضر، همبستگی مستقیمی بین pH و شوری آب ($P < 0/05$) سواحل جنوبی خزر برقرار است، به گونه ای که بیشترین میزان شوری و pH در ایستگاه گیسوم در محدوده‌ای که از محدوده اثر منابع آب شیرین مانند تالاب انزلی و رودخانه سفید رود فاصله داشته است و کمترین آنها در انزلی، دقیقاً در منطقه ورودی، آب تالاب انزلی به دریا بدست آمد اما در سطح گسترده‌تر، شوری در بخش جنوبی خزر بالاتر از خزر شمالی بوده و این امر سبب ایجاد سامانه بافری قوی در آب شده و از تغییرات زیاد pH آب جلوگیری می‌کند (Zonn et al, 2010). بیشترین غلظت نیترات در ایستگاه کياشهر $5/12 \text{ mg/l}$ بدست آمد. این ایستگاه در قسمت مرکزی جلگه گیلان واقع شده که پساب‌های کشاورزی توسط زهکش‌های مختلف وارد رودخانه‌ها شده و یا به‌طور مستقیم به ساحل می‌رسند. کمترین نیترات در ایستگاه آستارا

($P < 0/05$). میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی مشاهده شده، دارای همبستگی مثبت و معناداری با کلی‌فرم-کل و کلی‌فرم‌مدفوعی است ($P < 0/01$). میزان کلی‌فرم‌روده ای بدست آمده با اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی همبستگی مثبت و معنادار ($P < 0/05$) و با میزان کلی‌فرم‌کل نیز همبستگی مستقیمی دارد ($P < 0/01$). بین pH محیط و شوری آب، همبستگی مستقیم و معنی دار وجود دارد ($P < 0/01$). همچنین بین میزان شوری آب و کلی‌فرم‌مدفوعی همینطور کلی‌فرم‌کل و اکسیژن‌خواهی شیمیایی، همبستگی معکوسی بدست آمد ($P < 0/01$). بین pH با فسفات و COD همبستگی معکوس و معنی دار ($P < 0/01$) و بین pH با نیترات و کلی‌فرم‌مدفوعی و کلی‌فرم‌کل، همبستگی مستقیم و معنی دار برقرار است ($P < 0/01$). نتایج آنالیز آماری پیرسون نشان داد، بین دمای محیط و سایر پارامترها همبستگی معنی داری وجود نداشته است.

۴. بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در ایستگاه‌های مورد مطالعه، فاکتور شوری به عنوان یک عامل موثر بر رشد جوامع میکروبی در منطقه شناخته شد و میانگین شوری منطقه به مقدار $8/53$ قسمت‌درهزار بدست آمد. با مقایسه این مقدار با میانگین شوری دریای خزر که در محدوده 12 قسمت‌درهزار است، اثر ورودی آب شیرین پرآب‌ترین رودخانه‌های ورودی، در جنوب دریای خزر را نشان می‌دهد، بطوریکه کمترین مقدار شوری در ایستگاه انزلی مشاهده شد. شوری کم در انزلی که در منطقه ورودی آب تالاب به دریا بوده است، تأییدکننده تاثیر ریزش حجم زیادی از آب شیرین تالاب به دریا

فسفات با نیترات نشان می دهد که وجود این دو عنصر، از منبع مشترکی می باشند. بررسی ها نشان می دهد، منبع مشترک برای این دو ماده مغذی، با توجه به گستردگی کاربری کشاورزی در منطقه، نهاده های مربوط به کشاورزی می باشند که از طریق زهکش های مزارع به رودخانه ها و سواحل راه پیدا می کنند اما حضور گردشگران و اختصاص مناطق ویژه تحت عنوان طرح سالم سازی دریا در مناطق ساحلی، ورود پساب های بهداشتی و خانگی نیز از منابع نقطه ای موثر در افزایش حضور یون فسفات به شمار می روند (Caron et al., 2010). در این تحقیق میانگین غلظت فسفات به مقدار 0.43 mg/l ، بیشتر از میزان فسفات اندازه گیری شده در بررسی Hamzhepour و همکاران (2015) در سواحل سیسنگان واقع در بخش میانی سواحل جنوبی خزر در استان مازندران در سال ۹۱، می باشد. پایین بودن میزان فسفات در منطقه سیسنگان را می توان به دلیل محدودیت اراضی کشاورزی نسبت به جلگه گیلان و عدم وجود رودخانه بزرگ در محدوده سیسنگان برشمرد. رودخانه های زرجوب و گوهررود به عنوان آلوده ترین رودخانه های منتهی به تالاب در کنار سایر رودخانه های منتهی به این اکوسیستم، از عوامل بالابودن مواد مغذی در ایستگاه انزلی هستند (CEP, 2005). میانگین میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی BOD_5 در ۹ ایستگاه مورد بررسی 3.55 میلی گرم بر لیتر بدست آمد که در محدوده $2.01 - 6.2$ میلی گرم بر لیتر قرار داشتند. ایستگاه های لوندویل و انزلی بیشترین و آستارا کمترین میزان BOD را دارا بوده اند. همچنین بیشترین میزان COD در انزلی و لوندویل مشاهده شد. می توان علت اصلی بالابودن شاخص اکسیژن خواهی بویژه BOD در لوندویل و انزلی نسبت به سایر ایستگاه ها را وجود

مشاهده شد که توسعه زمین های کشاورزی در آن، نسبت به بخش های مرکزی و شرقی مطابق شکل (۱)، کمتر می باشد. بر اساس نتایج بدست آمده در تحقیقی مربوط به سال ۲۰۰۸ بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در منطقه، مشخص شد که میزان نیترات بدست آمده در ایستگاه های انزلی، آستارا، کیشهر، چمخاله و چابکسر از میانگین نیترات مشاهده شده در این مطالعه، پایین تر بوده است (Khosropanah et al., 2011). از عوامل موثر در افزایش غلظت نیترات در سال های اخیر در سواحل منطقه را می توان به افزایش حجم فاضلاب های ورودی ناشی از رشد و تراکم جوامع انسانی، توسعه فعالیت های دامپروری، کشاورزی و توریستی برشمرد. نیترات یکی از عوامل موثر بر رشد جوامع میکروبی و پلانکتونی است که علاوه اثرات نامطلوب اکولوژیکی، می تواند با کاهش کیفیت آب مناطق ساحلی اثرات منفی بر توسعه توریسم ساحلی داشته باشد (Shiganova et al., 2003). یون نیترات علاوه بر قابلیت انحلال بالا در آب، می تواند در گستره وسیعی از شرایط محیطی پایدار باشد و سبب گسترش تراکم جوامع فیتوپلانکتون ها، خواهد شد (Cemek et al., 2007). فسفر یکی دیگر از منابع مغذی است که در رشد جوامع میکروبی و نیز جوامع پلانکتونی نقش مهمی دارد و از منابع مختلف صنعتی، بهداشتی و کشاورزی وارد محیط زیست می شود (Li et al., 2010). میانگین فسفات اندازه گیری شده در ایستگاه های تحقیق پیش رو 43 mg/l بدست آمد. با توجه به وجود منابع متعدد برای مواد مغذی، تحلیل منشا مواد مغذی از طریق مطالعه همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر همبستگی مثبت بین نیترات با pH و فسفات $(P < 0.05)$ بدست آمد. وجود همبستگی بین غلظت

جدول ۳. مقایسه میانگین شاخص‌های میکروبی با استانداردهای جهانی و ملی به منظور استفاده تفریحی (شنا)

منبع	Total Coliform/100ml	Ecoli/100ml
WHO (2003)	۴۶۰	۱۰۰
موسسه ملی استاندارد آب ایران (2007)	۵۰۰	۱۰۰
مطالعه حاضر	۶۲۶/۹	۱۴۴

در تحقیق حاضر میانگین کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی از استانداردهای جهانی فراتر است و با مقایسه جداول (۱) و (۳) مشاهده می‌شود که میزان کلی‌فرم روده‌ای اندازه‌گیری شده در انزلی و لووندویل از حد مجاز استانداردها بیشتر بوده‌اند. همچنین میزان کلی‌فرم کل مشاهده در انزلی از حد استانداردهای بین‌المللی بسیار فراتر می‌باشد. لازم به ذکر است که استفاده از کودهای حیوانی و پرورش دام در کنار فعالیت‌های کشاورزی، بین افزایش پساب کشاورزی با افزایش کلی‌فرم‌های مدفوعی در آب همبستگی بالایی وجود دارد (Kim et al., 2005). نتایج این بررسی مشابه نتایج برخی از مطالعات انجام شده در گذشته است. در مطالعه انجام شده توسط Almasi و Salmanouf (2012) بر روی آلودگی میکروبی در سواحل جنوب غربی خزر، بیشترین شاخص‌های آلودگی میکروبی در انزلی دیده شد. Naemi Jobani و همکاران (2012)، عدم وجود سیستم تصفیه کارآمد را دلیل اصلی این امر بر شمردند. منابع عمده آلودگی میکروبی را می‌توان به تخلیه فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و دامداری‌ها و همین‌طور بالا بودن سطح آب زیرزمینی و سیلابی شدن مناطق در زمان‌های بارندگی برشمرد (Bitton, 2005). تقریباً مجموع شرایط محیطی و اقلیمی در کنار فعالیت‌های انسانی در منطقه، بستر

منابع آلودگی دانست که بصورت نقطه‌ای و محلی، مواد آلی را بعنوان منبع کربنی در کنار مواد مغذی، به چرخه فعالیت‌های میکروبیولوژیکی وارد می‌کنند. مطالعات انجام بر روی شاخص‌های اکسیژن‌خواهی در محدوده نوار ساحلی استان گیلان که توسط Almasi و Salmanouf (2012) انجام شد، نشان داده است که این شاخص‌ها در محدوده بندرانزلی همواره از غلظت بیشتری برخوردار بوده‌اند و با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. بالا بودن اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی یک شاخص اصلی برای بار آلودگی و بطور خاص فعالیت‌های میکروبی در تجزیه مواد آلی به شمار می‌رود (Salmanouf, 2006). بنابراین افزایش اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی بیانگر وجود انواع آلاینده‌های آلی و میزان فعالیت جوامع میکروبی در منطقه می‌باشد (Hambly et al., 2010). در این تحقیق BOD بدست آمده دارای همبستگی مثبتی با COD و کلی‌فرم مدفوعی است ($P < 0.05$). همچنین میزان COD، دارای همبستگی مستقیمی با میزان کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی است ($P < 0.01$). این امر با توجه به مصرف اکسیژن توسط جوامع میکروبی جهت تجزیه بار آلی، مطابقت دارد. از طرفی همبستگی COD با BOD با توجه کاربری کشاورزی و مسکونی در منطقه نشان می‌دهد که بخش عمده COD را BOD تشکیل می‌دهد. در مطالعه پیش رو، بیشترین میزان کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی در ایستگاه انزلی مشاهده شد. در جدول ۳، مقایسه نتایج کیفیت میکروبی این مطالعه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و موسسه ملی استاندارد آب ایران، آمده است.

دیدگاه کلی، بار آلودگی میکروبی در سواحل خزر از شمال به جنوب به دلیل تاثیرپذیری شرایط اقلیمی، فعالیت‌های انسانی و ضعف مدیریت زیست محیطی روند افزایش داشته است (Aladin and Plotnikov, 2004). بر اساس نتایج این تحقیق در بین مناطق مورد مطالعه، سواحل بندر انزلی و در بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص‌های آلودگی میکروبی، از اولویت نخست جهت پایش وضعیت کنونی برخوردارند. سپس شاخص‌های اکسیژن خواهی در راستای حفظ سلامت عمومی و توسعه پایدار توریسم ساحلی نیازمند توجه بیشتر و رویکرد مدیریت ویژه می‌باشند. مسلم است که مدیریت فاضلاب‌های خانگی و کشاورزی، گامی موثر در افزایش کیفیت محیط‌زیست ساحلی دریای خزر است و کنترل آلودگی در این اکوسیستم خاص به جهت ارزش‌های ویژه اکولوژیکی آن، نیازمند مدیریت یکپارچه منطقه ای و بین‌المللی است تا این زیبایی و صف‌ناپذیر، سالم در اختیار آیندگان قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از اداره کل بنادر و دریا نوردی استان گیلان به منظور حمایت از این طرح تشکر می‌نمایند.

منابع

Abuzaid, N, S., Al-Malack, M, H., and El-Mubarak, A, H. 1997. Alternative Method for Determination of the Chemical Oxygen Demand for Colloidal Polymeric Wastewater . Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology . Vol 59, p: 626-630.

لازم را برای رشد فعالیت‌های میکروبی فراهم کرده است. مطالعات نشان داده‌اند که شناکردن در آب دریاچه‌ها با میانگین کلی فرم $2300 \text{ MPN}/100\text{ml}$ ، سبب افزایش قابل توجه بروز بیماری‌های گوناگون بویژه امراض پوستی می‌شود (Salmanov, 2006). این در حالی است که میزان کلی فرم کل بدست آمده در ایستگاه انزلی $4500 \text{ MPN}/100\text{ml}$ بوده که بسیار بالاتر از حد استاندارد پیشنهادی است. البته باید تاکید شود که در ایستگاه انزلی، عموماً فعالیت‌های قایقرانی انجام می‌شود اما با شرایط موجود، خود می‌تواند بعنوان یک منبع آلوده‌کننده مناطق اطراف مطرح باشد که نیاز به مطالعه دقیق‌تر دارد. از آنجایی که باکتری‌های کلی فرم در آب رقیق می‌شوند و پس از مدتی از بین می‌روند، وجود این باکتری‌ها در محیط، بیانگر تداوم در ورود آلاینده‌های مختلف و فراهم بودن شرایط مناسب برای رشد این میکرو-ارگانیسم‌ها می‌باشد (Khatib Haghghi and Khodaparast, 2010). با توجه به این که مطالعه شاخص‌های اصلی تاثیر گذار بر فعالیت‌های جوامع میکروبی، از دیدگاه اکولوژیکی در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی همبستگی شاخص‌های اکسیژن خواهی با یکدیگر، در ادامه بررسی همبستگی شاخص‌های مواد مغذی با یکدیگر و همبستگی تمامی آنها با جوامع میکروبی، بیانگر این حقیقت است که کاربری کشاورزی، بعنوان منبعی از مواد آلی و تامین کننده مواد مغذی و نیز ورود مستقیم یا تصفیه ناقص فاضلاب‌های شهری، نقش مهمی در تداوم آلودگی میکروبی ایفا می‌کنند. مطالعات نشان می‌دهد بار آلودگی در سواحل جنوبی خزر در سه بخش شرقی، مرکزی و غربی آن، از شرایط مشابهی در محدوده تراکم جوامع انسانی برخوردارند (Khosropanah et al., 2011). در یک

- Aladin, N., and Plotnikov, I. 2004. The Caspian Sea. Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program (CEP).
- Alles, D, L. 2006. Marine phytoplankton blooms. Western Washington University. USA.
- Almasi, K., and Salmanouf, M. 2012. Quality analysis and determination of microbial indices in the water of western rivers of Caspian sea, from Astarra to Anzali. Environmental microorganism biotechnology. Vol 6, No 3, p:1-7.
- APHA, AWWA, WEF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association, water Environment Federation. Vol 9.
- Badri, N., Amrollahi Biuki, N., and Sharif Ranjbar, M. 2016. Determination of Median lethal concentration lead (II) nitrate and Behavioral responses of hermit crab, *Diogenes avarus*. Journal of Marine Science and Technology. Vol 16, No 4, p: 56-65. In Persian.
- Bitton, G. 2005. Water and waste water microbiology Translation by Mirhendi SH, Nikaeen M. Tehran, Tehran University of Medical Sciences Publication, p. 557-569.
- Caron, D, A., Garneau, M, E., Seubert, E., Howard, M, D, A., Darjani, L., Schnetzer, A., Cetinic, I., Filteau, G., Lauri, P., Jones, B., and Trussell, S. 2010. Harmful Algae and their potential impacts on desalination operations off southern California. Water research. Vol 44, p: 385- 416.
- Caspian Environment Program (CEP). 2009. Caspian Sea: Anomalous Algal Bloom. Available in: <http://www.caspianenvironment.org>.
- Cemek, M., Akkaya, L, O., and Birdane, Y. 2007. Nitrate and nitrite levels in fruity and natural mineral waters marketed in western Turkey. Food Composition and Analysis. Vol 20, p: 236-240.
- Clesceri, L. 2005. Standard Method for examination of water and waste water. American Public Health Association. USA.
- Das, N., and Chandran, P. 2011. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. Bioresource Technology. Vol 101, p: 14-19.
- Eaton, A., Clesceri, L., and Greenberg, A. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edn. American Public Health Association: APHA, Washington, DC.
- Hambly, A,C., Henderson, R,K., and Storey, M,V. 2010. Fluorescence monitoring at a recycled water treatment plant and associated dual distribution system-implications for cross connection detection. Water Research. Vol 44, No 18, p: 5323-5333.
- Hamzehpour, A., Darvishbastami, K., Bagheri, H., Azimi, A., Eynali, A., and Rahnama, R. 2015. Study of Physico-chemical Properties and nutrient matters of surface water in southern coastal of Caspian sea- Sisangan. Marine Sciences and technology Research. Vol 11, No 1.
- IEPA . 2011. Guidelines for Monitoring Microbial Contamination of Coastal waters, Marin Natorium and Recreation areas. Iran: Department of Marine Environment and Health Department . In Persian.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2007. Swimming pool water. Microbiological specifications. ISIRI. No 9412. In Persian.
- Khatib Haghghi, S., and Khodaparast, H. 2010. Study of gram-negative bacterial contamination in some part of Anzali wetland. Journal of Marine Science and Technology. Vol 10, No 3, p: 57-68.
- Khosropanah, N., Nejatkhah-Manavi, P., Koohilay, S., and Taghi Naseri, M. 2011. Variations in Nitrate and Phosphate Contents of Waters in the Southwest Caspian Sea. Persian Gulf. Vol 2, No 5, p: 27-34.
- Kim, G, T., Choi, E., and Lee, D. 2005. Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River. Korea Science of the Total Environment. Vol 350, p: 94– 105.

- Kostianoy, A. G., and Kosarev, A.N. 2005. The Caspian Sea environment The handbook of environmental chemistry. Springer-Verlag. Berlin. Vol 5, part –P.
- Li, X., Hu, H.Y., and Yang, J. 2010. Lipid accumulation and nutrient removal properties of a newly isolated freshwater microalga, *Scenedesmus sp.* LX1, growing in secondary effluent. *New Biotechnology*. Vol 27, p: 59-63.
- Naemi jobani, M., Eslami, M, S., Saedi, A., Keramati, A., and Javahershenas, M. 2012. Study of the microbial contamination in coastal water of the Caspian Sea in Guilan province Northern Iran. *Guilan University of Medical Sciences*. Vol 22, p: 67-72.
- National Action Caspian. 2005. Caspian Environment Program (CEP). Pollution. 1 st Ed.
- Nausch, M, A., Nausch, G, R., Norbet, N, A., and Nagel, N, K. 2007. Phosphorus pool variations and their relation to Cyanobacteria development in the Baltic sea: three years study. *Marine Systems*. Vol 71, p: 99–116.
- Nejatkhah Manavi, P . 2014. Investigation of physic-chemical parametrs variations with accents on Nutriant matters in the southern part of Mazandaran Sea. *Marine Sciences and Technology Researches*. Vol 9, No 2, p: 15-28.
- Radojevic, I, D., Stefanovic, D, M., Comic, R., Ostojic, A, M., Topuzovic, M, D., and Stefanovic, N,D. 2012. Total coliforms and data mining as a tool in water quality monitoring. *Microbiology Research*. Vol 6, No 10, p: 2346-235.
- Salmanov, M, A. 2006. Microbiological studies in the deep water area of the southern Caspian Sea. *Microbiology*. Vol 75, p: 206-212.
- Sapozhnikov, V,V., Artamonova, K,V., Zozulya, N,M., Stolyarskii, S, I., and Azarenko, A,V. 2012. Hydrochemical studies of the middle and southern Caspian Sea from onboard the RPS Issledovatel' Kaspiya in May–June of 2011. *Oceanology*. Vol 52, p: 295–298.
- Shiganova, T,A., Sapozhnikov, V,V., Musaeva, E,I., Domanov, M,M., Bulgakova, Y,V., Belov, A,A., Zazulya, N,I., Zernova, V,V., Kuleshov, A,F., Sokol'skii, A,F., Imirbaeva, R,I., and Mikuiza, A,S. 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North Caspian. *Oceanology*. Vol 43, No 5, p: 676-693.
- Wehr, J,D., and Sheath, R,G. 2003. *Freshwater Algae of North America: Ecology. and Classification*. USA: Academic Press, p: 950.
- WHO. 2003. Coastal and Fresh Waters. IN: *WHO Guidelines for Safe Recreational Water Environments*. Switzerlad: World Health Organization, p:253
- Zaker, N,H. 2007. *Characteristics and Seasonal Chemical Society*. Washington, DC. Vol 209, p: 467-472.
- Zonn, I., Kostianoy, A., Kosarev, A., and Glantz, M. 2010. *The Caspian Sea Encyclopedia*. Springer Heidelberg, New York, p: 537.

A study on some microbial indices and nutrient matters in the southern part of Caspian Sea; Guilan province

Mohsen Mohammadi Galangash^{1*}, Abdolali Movahedinia², Zahra Bozorgpanah Kharat³

1*. Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Guilan.

2. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, University of Mazandaran, Babolsar.

3. Graduated Master of Environmental pollution, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Guilan.

Abstract

The microbial pollutions and nutrient matters of the southern part of Caspian Sea is to be under close scrutiny as it is vital to tourist health and environmental conservation. In this research, some physico-chemical factors, nutrient matters, oxygen demand parameters and microbial indices were investigated. Sampling from nine sites along Astara to Chaboksar coastline were conducted with five replicates. The mean of temperature, Salinity, pH, phosphate, nitrate, FC, TC, BOD5 and COD were respectively obtained as 22.48°C, 8.5ppt, 8.27, 0.43mg/l, 2.21mg/l, 144MPN/100ml, 626.9MPN/100ml, 3.58mg/l and 9.43 mg/l. Maximum levels of nutrient matters were measured at Anzali and Kiyashahr sites. Results showed there are positive correlations between nutrient matters as well as COD with microbial indices. The average of microbial indices at nine sampling sites were higher than the permissible level of national and international organizations for swimming places. Due to high level of microbial pollution at Anzali and Chobar sampling sites, the swimming places of these areas require specific administration.

Key words: Microbial pollution, Nutrient matters, Caspian Sea, Guilan province

Fig 1. Sampling locations in the southern part of Caspian Sea, Guilan province

Table 1. Statistical results of environmental parameters including nutrient matters (mg/l), microbial indices (MPN/100ml), oxygen demand (mg/l), salinity (ppt), temprature (°C) and pH in the southern parts of Caspian Sea coastline (Different words show statistically differences ($p < 0.05$) using Tukey test.

Table 2. Results of Pearson correlation.

Table 3. Comparison of measured microbial indices with national and international standards for swimming pool and recreational water environments.

*Corresponding author, E-mail: m_mohammadi@guilan.ac.ir