

ارزیابی شاخص کیفیت آب (WQS) در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک منطقه ماهشهر

چکیده

کیفیت آب به عنوان یک شاخص اصلی در سلامت اکوسیستم‌های آبی، تحت تأثیر پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیایی است. این مطالعه با هدف بررسی پارامترهای دما، pH، شوری، اکسیژن محلول، نیتрат، نیتريت، فسفات و شاخص WQS در خور اودله و حوضچه‌های نمکی ماهشهر انجام شد. نمونه‌برداری طی یک سال (۱۴۰۲-۱۴۰۳) در ۷ ایستگاه با سه تکرار (۳ ایستگاه در خور اودله و ۴ ایستگاه در حوضچه‌های نمک) به صورت فصلی و بر اساس روش‌های استاندارد انجام شد. نتایج نشان داد که غلظت اکسیژن محلول در ایستگاه ۳ در فصل پاییز (۳/۴۶ میلی گرم بر لیتر) پایین‌تر از حد مجاز برای آبیان بوده و خطر بالقوه‌ای برای زیست موجودات آبی محسوب می‌شود. مقدار نیترات در تمام ایستگاه‌ها بالای استاندارد آبی‌پروری ولی در محدوده مجاز صنعتی قرار داشت. فسفات نیز در ایستگاه‌های حوضچه‌ای روند کاهشی داشت. سایر پارامترها در محدوده مجاز برای سلامت آبیان بودند. شاخص WQS وضعیت کیفی آب را در ایستگاه‌های ۱ تا ۵ بد و در ایستگاه‌های ۶ تا ۷ ضعیف اعلام کرد. در نتیجه، عوامل انسانی مانند ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی تأثیر عمده‌ای بر کاهش کیفیت آب داشته و نیازمند مدیریت جامع منابع آبی هستند.

واژگان کلیدی: شاخص کیفیت آب (WQS)، کیفیت آب سطحی، خور اودله، حوضچه استحصال نمک، اکسیژن محلول، آلاینده‌های مغذی

فرحناز کیان ارثی^{۱*}
محسن مزرعاوی^۱
مهرناز شیرمحمدی^۱
مینا آهنگرزاده^۱
فاطمه حکمت پور^۱
جمیل بنی طرفی زادگان^۱
لفته محسنی نژاد^۱
فریدون عوفی^۲

۱. پژوهشکده آبی‌پروزی آبهای جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات

Farahnaz.kianersi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶

این مقاله برگرفته از طرح مطالعاتی می باشد.

مقدمه

دریاچه مصنوعی نمک واقع در مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی (بندر ماهشهر)، جهت تأمین نمک موردنیاز واحد کلر-آلکالی، در دوران پیش از انقلاب ساخته شده است. در این سیستم، آب شور دریا از طریق خور اودله به وسیله پمپ‌های قدرتمند به حوضچه‌های مختلف منتقل می‌شود و پس از مراحل تبخیر و تغلیظ، نمک استحصال می‌گردد. این حوضچه‌ها از منظر کنوانسیون رامسر در دسته زیستگاه‌های مصنوعی و انسان‌ساخت، به‌ویژه «مناطق استحصال نمک» قرار می‌گیرند (عوفی، ۱۴۰۲). وجود چنین محیط‌هایی با شرایط خاص فیزیکی و شیمیایی، اهمیت بررسی وضعیت کیفی آب و ارزیابی شرایط زیستی موجود در آنها را برجسته می‌کند. همچنین، در مرحله آبیگری، لاروهای بسیاری از گونه‌های آبی خور اودله به صورت تصادفی به داخل این حوضچه‌ها منتقل می‌شوند، لذا بررسی قابلیت زیست‌پذیری این محیط برای آنها و شناسایی عوامل مؤثر بر سلامت اکولوژیک این زیستگاه ضروری به نظر می‌رسد.

خور اودله به عنوان یکی از زیستگاه‌های مهم در منطقه خوزستان، نقش کلیدی در اتصال آبی بین دریا و حوضچه‌های نمک ایفا می‌کند. این خور در معرض فشارهای متعدد انسانی از جمله توسعه صنایع پتروشیمی، فعالیت‌های حمل‌ونقل دریایی و تخلیه پساب‌های صنعتی قرار دارد (کیان ارثی و همکاران، ۱۴۰۳). مطالعات متعددی در زمینه خوریات استان خوزستان انجام شده است. از شناسایی مناطق حفاظت‌شده (دهقان و همکاران، ۱۳۸۸) تا ارزیابی سلامت اکولوژیک با شاخص‌های زیستی (حویزوی و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی آلاینده‌ها نیز نشان

داده بود که رسوبات خوریات ماهشهر حاوی هیدروکربن‌های آلیفاتیک (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۳) و جیوه (موری بازفتی و همکاران، ۱۳۹۶) بودند. در مطالعه کیفیت آب خوریات موسی با شاخص کیفیت آب‌های ساحلی (WQS)، کیان‌ارثی و همکاران (۱۳۹۵) وضعیت نامطلوبی را در اکثر ایستگاه‌ها گزارش دادند. همچنین عوفی (۱۴۰۲) تلفات ماهیان در حوضچه‌های نمک را ناشی از اختلالات اکولوژیک و شوک‌های محیطی دانسته بود. اگرچه این مطالعات به جنبه‌های مختلف محیط‌زیستی خوریات پرداخته‌اند، اطلاعات جامعی درباره کیفیت آب حوضچه‌های استحصال نمک به‌ویژه با تأکید بر شاخص‌های یکپارچه (مانند WQS) وجود ندارد. این خلأ پژوهشی، لزوم نظارت مستمر و تدوین راهکارهای مدیریتی را برای حفظ تنوع‌زیستی این زیست‌بوم انسان‌ساخت آشکار می‌سازد.

این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت آب خور اودله (منبع تأمین آب) و حوضچه‌های نمک با استفاده از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، شوری، فسفات، نیتрат، نیتريت، pH و اکسیژن محلول (DO) و همچنین شاخص WQS طراحی شد که بر اساس پارامترهای DO، pH، نیاز بیوشیمیایی اکسیژن (BOD₅)، نیتروژن کل، فسفر کل با امتیازدهی ۱ (پایین)، ۳ (متوسط) و ۵ (خوب) محاسبه شد. نوآوری این تحقیق شامل: انجام اولین مطالعه جامع روی کیفیت آب حوضچه‌های نمک با تلفیق پارامترهای فیزیکوشیمیایی و شاخص WQS، ارائه داده‌های پایه برای مدیریت اکوسیستم‌های انسان‌ساخت در شرایط شور و متغیر و تحلیل تطبیقی کیفیت آب بین خور اودله و حوضچه‌ها به منظور شناسایی عوامل استرس‌زای محیطی است که تاکنون در مطالعات پیشین مورد توجه قرار نگرفته است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در خور اودله و حوضچه‌های مصنوعی استحصال نمک در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در جنوب غربی ایران و در ساحل خلیج فارس، واقع در شهرستان بندر ماهشهر، شهر بندرامام خمینی (ره) با مختصات جغرافیایی مشخص شده در جدول ۱ انجام شده است. در این زیستگاه، ۷ ایستگاه در محدوده خور اودله تا حوضچه نمک شماره ۲ در نظر گرفته شد. ایستگاه‌های انتخابی به ترتیب در خور اودله به عنوان منبع تأمین‌کننده آب حوضچه‌ها (ایستگاه ۱)، ورودی آب به حوضچه‌ها، نزدیکی ورودی فاضلاب به خور (ایستگاه ۲)، قبل از ایستگاه پمپاژ به حوضچه‌ها (ایستگاه ۳)، حوضچه شماره یک (ایستگاه ۴ و ۵)، حوضچه شماره دو (ایستگاه ۶ و ۷) انتخاب شد. نمونه‌برداری به‌طور فصلی از خرداد ۱۴۰۲ آغاز و تا اردیبهشت ۱۴۰۳ به طول انجامید. نمونه‌برداری از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در ظرف یک و نیم لیتری پلی‌اتیلنی و در ایستگاه‌های انتخابی در طول سال به صورت فصلی و با سه تکرار انجام شد و پارامترهای از قبیل دما، شوری، pH، DO، BOD₅، فسفات و نیترات، نیتريت، فسفر کل و ازت کل اندازه‌گیری شد. دمای آب، شوری و pH در محل، توسط دستگاه مولتی پارامتر پرتابل (WTW Multi 197i) اندازه‌گیری شد. سنجش سایر پارامترها بر اساس روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب صورت گرفت (Clesceri *et al.*, 1989; Eaton, 2005).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضچه‌های مصنوعی نمک و خور اودله

موقعیت	ایستگاه‌ها	N	E
خور اودله	ایستگاه ۱	۲۹° ۲۷' ۳۰"	۴۹° ۰۹' ۲۱"
نزدیک ورودی فاضلاب به خور	ایستگاه ۲	۲۹° ۳۰' ۴۸"	۴۹° ۰۹' ۲۹"
قبل از ایستگاه پمپاژ	ایستگاه ۳	۳۰° ۳۰' ۵۵"	۴۹° ۰۹' ۳۰"
حوضچه شماره ۱	ایستگاه ۴	۳۰° ۳۱' ۱۱"	۴۹° ۰۹' ۳۴"
حوضچه شماره ۱	ایستگاه ۵	۳۰° ۳۱' ۰۴"	۴۹° ۰۹' ۲۱"
حوضچه شماره ۲	ایستگاه ۶	۳۰° ۳۲' ۲۸"	۴۹° ۰۷' ۵۵"
حوضچه شماره ۲	ایستگاه ۷	۳۰° ۳۲' ۱۳"	۴۹° ۰۷' ۰۲"

محاسبه شاخص کیفیت آب ساحلی (WQS)

این شاخص بر اساس پنج پارامتر کلیدی کیفیت آب شامل DO، نیتروژن کل، فسفر کل، BOD₅ و pH محاسبه شد. به هر پارامتر بر اساس غلظت اندازه‌گیری شده، امتیازی بین ۱ (کیفیت پایین)، ۳ (کیفیت متوسط) و ۵ (کیفیت خوب) اختصاص داده شد. سپس میانگین این امتیازها به عنوان نمره نهایی WQS محاسبه شد. در نهایت از جمع امتیازها تقسیم بر تعداد پارامترهایی که در ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت، مقدار شاخص حساب شد. بر اساس پروتکل استاندارد (Van Dollah *et al.*, 2004)، مقادیر نهایی به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: مقادیر کمتر از ۳ نشان‌دهنده شرایط نامطلوب، بین ۳ تا ۵ شرایط متوسط و بالاتر از ۵ شرایط مطلوب کیفیت آب را نشان می‌دهند. این روش ارزیابی یکپارچه، امکان مقایسه سیستماتیک وضعیت کیفیت آب در مناطق مختلف را فراهم می‌سازد. جدول ۲ معیارهای دقیق امتیازدهی هر پارامتر و رتبه‌بندی نهایی را ارائه می‌دهد.

جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در شاخص WQS و رتبه‌بندی آنها (Van Dollah *et al.*, 2004)

رتبه‌بندی	مقادیر آستانه	پارامترهای کیفیت آب
۵	$DO > 4$	DO
۳	$3 < DO < 4$	(میلی گرم در لیتر)
۱	$DO < 3$	
۵	$PH \geq 7/4$	pH
۳	$7/4 < PH < 7/1$	
۱	$PH < 7/1$	
۵	$BOD_5 \leq 1/8$	BOD ₅
۳	$1/8 < BOD_5 \leq 2/6$	(میلی گرم در لیتر)
۱	$BOD_5 > 2/6$	
۵	$TN \leq 0/95$	نیتروژن کل
۳	$0/95 < TN < 1/29$	(میلی گرم در لیتر)
۱	$TN > 1/29$	
۵	$TP \leq 0/09$	فسفر کل
۳	$0/09 < TP < 0/17$	(میلی گرم در لیتر)
۱	$TP \geq 0/17$	

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ و انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده گردید. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون نرمالیتی Shapiro-wilk استفاده شد. برای مقایسه تغییرات مکانی (بین ایستگاه‌ها) و زمانی (فصل‌ها) از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و در صورت وجود اختلاف مکانی و زمانی از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. برای مشاهده همبستگی بین پارامترها از آزمون اسپیرمن استفاده گردید. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شدند و سطح معنی‌داری جهت آزمون‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

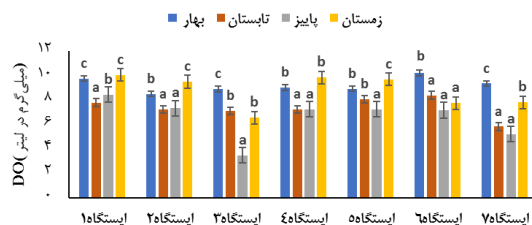
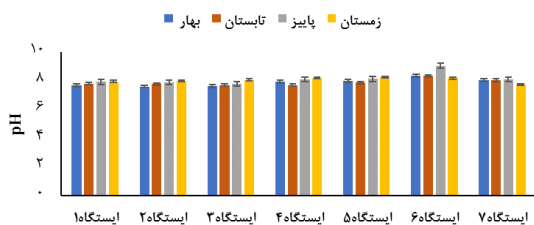
نتایج

کمترین میزان DO با میانگین حدود ۳/۴۶ میلی گرم در لیتر، در فصل پاییز در ایستگاه ۳ و بیشترین میزان آن در فصل بهار در ایستگاه ۶ با میانگین حدود ۱۰/۲۳ میلی گرم در لیتر تعیین شد (شکل ۱). بین ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$).

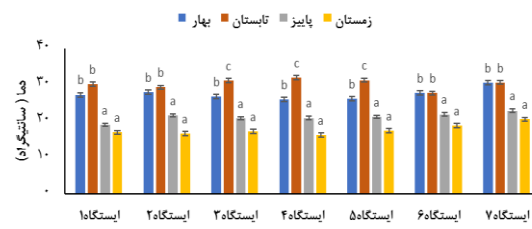
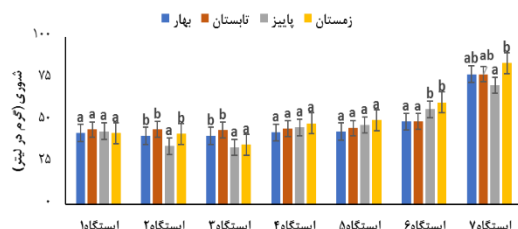
کمترین میزان pH با میانگین حدود ۷/۶۱، در فصل بهار در ایستگاه ۲ بود. همچنین بیشترین میزان آن در فصل پاییز در ایستگاه ۶ با میانگین حدود ۹/۰۶ تعیین شد (شکل ۲). بین ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در تمامی فصل‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0.05$).

کمترین میزان دما با میانگین حدود ۱۶/۲ درجه، در فصل زمستان در ایستگاه ۴ بود. همچنین بیشترین میزان آن در فصل تابستان در ایستگاه ۴ با میانگین حدود ۳۲/۱ تعیین شد (شکل ۳). بین ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در فصول گرم سال (بهار و تابستان) با فصول سرد سال (پاییز و زمستان)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0.05$).

کمترین میزان شوری با میانگین حدود ۳۳/۹۸ میلی گرم در لیتر، در فصل پاییز در ایستگاه ۳ بود. همچنین بیشترین میزان آن در فصل بهار در ایستگاه ۷ با میانگین حدود ۸۴ گرم در لیتر تعیین شد (شکل ۴). به جز در ایستگاه ۴ و ۵ بین تمامی ایستگاه‌ها در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P<0.05$).

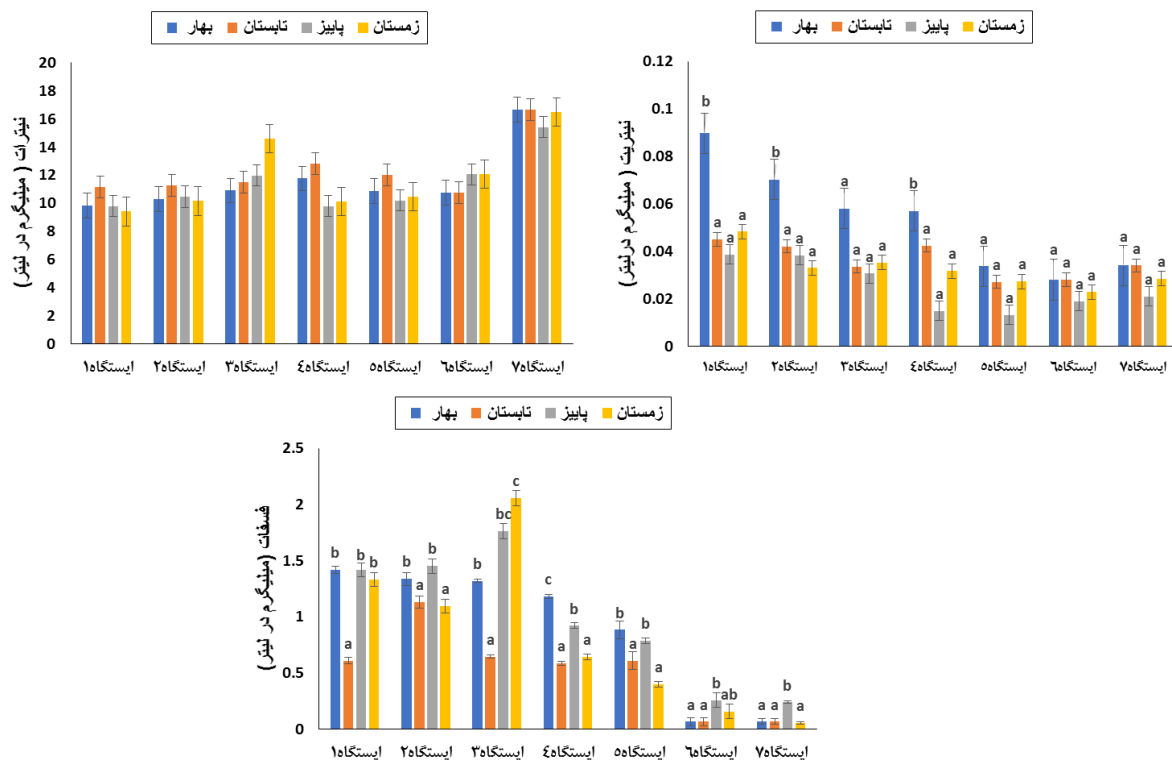


شکل ۱- میانگین اکسیژن محلول در فصول مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳. حروف نامشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در فصول مختلف است ($P<0.05$).



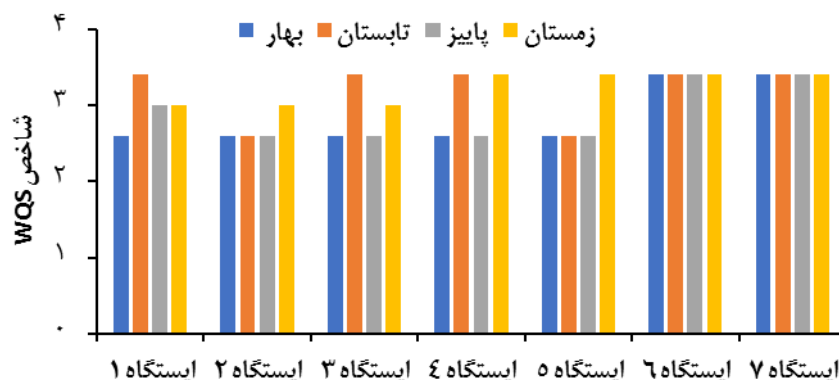
شکل ۲- میانگین pH در فصول مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳. حروف نامشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در فصول مختلف است ($P<0.05$).

کمترین میزان نیترات با میانگین حدود ۹/۴۰ میلی گرم در لیتر، در فصل زمستان در ایستگاه ۱ و بیشترین میزان آن در فصل بهار در ایستگاه ۷ با میانگین حدود ۱۷/۳۳ میلی گرم در لیتر تعیین شد. کمترین میزان نیتریت با میانگین حدود ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر، در فصل پاییز در ایستگاه ۴، ۵ و ۶ و در تابستان ایستگاه ۷ بود. همچنین بیشترین میزان آن در فصل بهار در ایستگاه ۱ با میانگین حدود ۰/۰۸ میلی گرم در لیتر تعیین شد. کمترین میزان فسفات با میانگین حدود ۰/۰۳ میلی گرم در لیتر، در فصل تابستان در ایستگاه ۷ بود. همچنین بیشترین میزان آن در فصل زمستان در ایستگاه ۳ با میانگین حدود ۲/۰۵ میلی گرم در لیتر تعیین شد (شکل ۵). بین ایستگاه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در تمامی فصول برای نیترات، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0.05$). درحالی‌که در ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۴ اختلاف معنی‌داری بین فصول برای نیتریت مشاهده شد ($P<0.05$). بین تمام ایستگاه‌ها در هر فصل اختلاف معنی‌داری برای فسفات ثبت شد ($P<0.05$).



شکل ۵- میانگین مواد مغذی در فصول مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳. حروف نامشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در فصول مختلف است ($P < 0.05$).

محاسبه شاخص WQS نشان داد که در فصل بهار، کلیه ایستگاه‌های یک تا پنج دارای رتبه و کیفیت پایین و ایستگاه‌های شش و هفت دارای رتبه ضعیف از لحاظ کیفیت آب بودند. در فصل تابستان تنها ایستگاه‌های ۲ و ۵ کیفیت بد داشتند و سایر ایستگاه‌ها در محدوده کیفیت ضعیف قرار داشتند. در حالی که در پاییز تنها ایستگاه‌های ۱، ۶ و ۷ در محدوده کیفیت ضعیف واقع شدند، در زمستان همه ایستگاه‌ها دارای کیفیت آب ضعیفی بودند (شکل ۶).



شکل ۶- شاخص کیفیت آب (WQS) در فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

محاسبه شاخص WQS نشان داد که کلیه ایستگاه‌های ۱ تا ۵ دارای رتبه و کیفیت پایین و ایستگاه‌های ۶ و ۷ دارای رتبه ضعیف از لحاظ کیفیت آب بودند. چنانچه مشاهده می‌شود، مقادیر pH و DO در طول دوره نمونه‌برداری دارای امتیاز ۵ (کیفیت خوب)، نیتروژن کل، فسفر کل و BOD₅ در طول دوره مطالعه دارای امتیاز ۱ (کیفیت پایین) پایین بوده است. در جدول ۳ پارامترهای مختلف آب، امتیاز هر پارامتر و رتبه کیفی در شاخص WQS در طول سال در ایستگاه‌های مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر نمایش داده شده است.

جدول ۳- پارامترهای مختلف آب، امتیاز هر پارامتر و رتبه کیفی در شاخص کیفیت آب (WQS) سالانه در ایستگاه‌های مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

پارامتر	واحد	مقدار	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷
DO	میلی گرم در لیتر	مقدار	۹/۰۱	۸/۱۴	۶/۵۰	۸/۳۴	۸/۴۸	۸/۳۹	۷/۰۵
		امتیاز	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
BOD ₅	میلی گرم در لیتر	مقدار	۳/۴۰	۳/۹۶	۴/۹۹	۵/۲۱	۵/۱۳	۶/۷۰	۶/۶۱
		امتیاز	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
pH	-	مقدار	۷/۸۶	۷/۸۴	۷/۸۵	۸/۰۱	۸/۰۸	۸/۴۷	۸/۰۴
		امتیاز	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
نیتروژن کل	میلی گرم در لیتر	مقدار	۲/۲۸	۲/۳۹	۲/۷۴	۲/۵۴	۲/۴۷	۲/۷۰	۳/۵۷
		امتیاز	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
فسفر کل	میلی گرم در لیتر	مقدار	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۰۳
		امتیاز	۱	۱	۱	۱	۱	۵	۵
جمع امتیازات			۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۷	۱۷
رتبه کل			۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۳/۴	۳/۴

۱ رتبه بد، ۳ رتبه ضعیف، ۵ رتبه خوب

تحلیل همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب نشان می‌دهد که بین DO و شوری و همچنین بین DO و دما، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. علاوه بر این، بین نیترات و فسفات نیز همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شده است (جدول ۴).

جدول ۴- ضریب همبستگی اسپیرمن بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

شوری	دما	فسفات	نیترات	نیتريت	pH	DO
شوری						
دما	-۰/۵۵					
فسفات	-۰/۴۱	۰/۶۵				
نیترات	-۰/۳۴	۰/۶۷	**۰/۵۷			
نیتريت	۰/۶۶	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۵۴		
pH	۰/۴۷	-۰/۶۱	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۵۱	
DO	**۰/۶۸	**۰/۷۷	-۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۳۷	۱

P<۰/۰۱ **

بحث و نتیجه گیری

اکسیژن محلول یکی از مهم ترین پارامترهای شیمیایی در تعیین کیفیت آب و حفظ سلامت اکوسیستم های آبی است. این عامل نقش برجسته ای در رشد، نمو و تولیدمثل موجودات آبی دارد (Mariu et al., 2023). مقدار حداقل اکسیژن محلول قابل تحمل برای ماهیان به متغیرهای مختلفی مانند نوع گونه، سن، اندازه، وضعیت فیزیولوژیکی و همچنین ترکیب املاح آب بستگی دارد. به طور کلی، غلظت های زیر ۱ میلی گرم در لیتر منجر به مرگ ماهیان در مدت چند ساعت می شود، در حالی که غلظت های ۱-۵ میلی گرم در لیتر، باعث زنده ماندن آنها بدون رشد و تولیدمثل مناسب می گردد. غلظت های بالای ۵ میلی گرم در لیتر نیز برای رشد مناسب ماهیان ضروری است (Boyd, 1998). وجود مواد حل شده در آب، حلالیت اکسیژن را کاهش می دهد، بنابراین عواملی مانند افزایش کدورت، ذرات جامد معلق، دما و حتی شوری، اثر معکوسی بر حلالیت اکسیژن در محیط های آبی دارند (Bok et al., 2023). در مطالعه حاضر، دامنه تغییرات اکسیژن محلول در طول یک سال بین ۳/۴۶ تا ۱۰/۲۳ میلی گرم در لیتر گزارش شد. مقایسه این مقادیر با استانداردهای آبی پروری (۶-۱۲ میلی گرم در لیتر) نشان داد که در تمام ایستگاه ها به جز ایستگاه ۳ در فصل پاییز، غلظت اکسیژن در محدوده مناسب برای حیات آزیان بوده است (استاندارد ایران ۸۷۲۶). این امر نشان می دهد که تنها در ایستگاه ۳ در فصل پاییز، کمبود اکسیژن به عنوان یک خطر بالقوه برای موجودات آبی عمل کرده است. احتمالاً به دلیل جریانات فاضلابی که در پشته پمپ ها تجمع یافته و خاموش ماندن پمپ ها در فصل پاییز (ماه آذر) جهت تعمیرات سالانه، باعث مصرف اکسیژن برای تجزیه مواد آلی ناشی از تخلیه فاضلاب در این ایستگاه شده است. Fang و همکاران (۲۰۲۴) نیز گزارش کردند که با افزایش بار آلودگی ترکیبات آلی در پساب ها، میزان اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون این مواد افزایش یافته و در نتیجه غلظت اکسیژن محلول در آب کاهش می یابد.

نیتروژن به عنوان یک عنصر ضروری در چرخه های زیست شیمیایی، نقش کلیدی در مدیریت کیفیت منابع آب دارد. در چرخه طبیعی نیتروژن، نیتروژن هوا توسط باکتری ها و سیانوباکتری ها به آمونیاک تبدیل می شود. مواد آلی حاصل از تجزیه لاشه گیاهان و جانوران نیز طی فرآیند کانی سازی به آمونیاک تبدیل شده و سپس طی فرآیند نیتریفیکاسیون به نیتريت و نیتريت تبدیل می شود (Prakash and Khanam, 2021). در این مطالعه، دامنه تغییرات نیتريت بین ۹/۴ تا ۱۷/۳۳ میلی گرم در لیتر گزارش شد. این مقادیر در تمامی ایستگاه ها و فصول بالاتر از حد استاندارد برای آبی پروری (۲-۵ میلی گرم در لیتر) بود، ولی در محدوده مجاز برای مصارف صنعتی (حداکثر ۵۰ میلی گرم در لیتر) و کشاورزی (حداکثر ۱۰ میلی گرم در لیتر) قرار داشتند (استاندارد ایران ۸۷۲۶ و استاندارد ایران ۵۳۵). بیشترین مقدار نیتريت در ایستگاه های ۳ و ۷ در فصل بهار مشاهده شد که احتمالاً ناشی از تجمع فاضلاب های شهری و تخریب آنها توسط باکتری ها بوده است که طبق چرخه نیتروژن مواد آلی در نهایت طی تجزیه باکتریایی به نیتريت تبدیل می شود (خسروی، ۱۴۰۱). مقدار نیتريت نیز در تمامی ایستگاه ها و فصول در محدوده بدون خطر (کمتر از ۰/۲ میلی گرم در لیتر) ثبت شد و در محدوده مجاز برای پساب های صنعتی (۱۰ میلی گرم در لیتر) قرار داشت (استاندارد ایران ۸۷۲۶ و استاندارد ایران ۵۳۵). بازفتی موری و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند که میزان ترکیبات نیتروژنی در خور موسی بین ۰/۲۴ تا ۱۰/۲۲ میلی گرم در لیتر متغیر بوده است که این افزایش را به دلیل ورود رواناب های شهری و صنعتی و احتمال بروز پدیده یوتروفیکاسیون مرتبط دانسته اند.

فسفات نیز یکی از عناصر کلیدی در رشد جلبک ها و پلانکتون ها بوده و افزایش آن می تواند منجر به ایجاد شرایط یوتروفیکاسیون گردد (Cui et al., 2025). در این مطالعه، دامنه تغییرات فسفات سالانه بین ۰/۰۳ تا ۲/۰۵ میلی گرم در لیتر گزارش شد. این مقادیر در بیشتر ایستگاه ها و فصول از حد استاندارد برای آبی پروری (۰/۲-۰/۵ میلی گرم در لیتر) بالاتر بودند، البته در محدوده مجاز برای خروجی های صنعتی (حداکثر ۶ میلی گرم در لیتر) قرار داشتند (استاندارد ایران ۸۷۲۶ و استاندارد ایران ۵۳۵). تنها ایستگاه های ۶ و ۷ دارای غلظت فسفات در حد استاندارد بودند. این روند کاهشی به دلیل کاهش حجم آب در حوضچه ها است در ایستگاه اول تا سوم در نتیجه ورود پساب ها شهری میزان فسفات بالا است ولی در ایستگاه های حوضچه ها به دلیل تبخیر و کاهش حجم آب میزان فسفات هم کم می شود و فسفات ناشی از تجزیه لاشه جانوران درون حوضچه ها داخل رسوب ته نشین می شود و به دلیل نبود جریان حرکتی خاصی در حوضچه ها از رسوب به آب

منتقل نمی‌شود (فقیهی راد و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین، حداکثر غلظت فسفر در فصل زمستان در ایستگاه ۳ مشاهده شد که احتمالاً ناشی از تجزیه بقایای جانوری و فعالیت‌های اکولوژیکی در فصول قبلی بوده است (Nasrollahzadeh, 2008). این امر در کنار ورود فاضلاب‌های شهری تأثیرگذار بوده است. مقایسه داده‌های دهه گذشته نشان می‌دهد که میزان فسفر کل در خورموسی کاهش یافته است که این موضوع احتمالاً به دلیل بهبود مدیریت فاضلاب‌ها است (بازفتی موری و همکاران، ۱۳۹۳).

pH یکی از پارامترهای مؤثر در واکنش‌های شیمیایی و فرآیندهای بیولوژیکی در آب است (Mariu et al., 2023). در این مطالعه، pH آب در محدوده ۷/۶۱ تا ۹/۰۶ متغیر بود که در محدوده استاندارد (۵/۵-۹/۵) برای زیست موجودات آبی قرار داشت (استاندارد ایران ۸۷۲۶). این نوسانات ناچیز بوده و خطری برای موجودات آبی ایجاد نکرده است. با توجه به وجود کربنات‌ها و سختی بالای آب، ثبات pH در این منطقه طبیعی است (Khalaji et al., 2017). دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که بر تولیدمثل ماهی تأثیر می‌گذارد (Mariu et al., 2023). در مطالعه حاضر نوسانات دمایی بین ۱۶/۲ - ۳۲/۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شد. تغییرات فصلی دما آب مطابق با دما هوا بود. بررسی روند تغییرات دمایی در طول چند دهه اخیر حاکی از افزایش تغییرات دمایی و افزایش دمای ۳ تا ۴ درجه دما در خوریات ماهشهر است. تحقیقات نشان داده است که محدوده دمایی بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای پرورش ماهی گرمسیری ایده‌آل است (Pandit and Nakamura, 2010). شوری نیز از عوامل مؤثر در تنوع‌زیستی و توزیع گونه‌های آبی است (Dildar et al., 2025). در این مطالعه، شوری از ۳۳ تا ۸۶ گرم در لیتر متغیر بود که با افزایش شوری در حوضچه‌ها، موجود زنده‌ای مشاهده نشد. Jombodin و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که با افزایش شوری، فراوانی و تنوع بنتوزها کاهش می‌یابد.

برای ارزیابی کلی کیفیت آب، از شاخص WQS استفاده شد. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های ۱ تا ۵ دارای کیفیت پایین و ایستگاه‌های ۶ تا ۸ دارای کیفیت ضعیف هستند. پارامترهای فسفر کل، نیتروژن کل و BOD₅ بیشترین نقش را در کاهش کیفیت آب داشتند. مقایسه نتایج با مطالعات قبلی نشان می‌دهد که کیفیت آب در خورهای ماهشهر در مقایسه با مناطق صنعتی دیگر وضعیت نسبتاً بهتری داشت، اما هنوز سطح نیترات و فسفات در برخی نقاط بالاتر از حد مطلوب برای آبی‌پروری بود (کیان ارثی و همکاران، ۱۳۹۵).

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که شرایط کیفی آب در خور ماهشهر تحت تأثیر عوامل متعدد فیزیکی-شیمیایی از جمله دما، pH، شوری، DO، نیترات، نیتريت و فسفات قرار دارد. بیشتر این پارامترها در محدوده استانداردهای مجاز برای زندگی آبیان، صنعت و کشاورزی قرار داشتند. با این حال، برخی از ایستگاه‌ها به ویژه ایستگاه ۳ در فصل پاییز که دچار کاهش شدید DO شدند و همچنین افزایش نیترات و فسفات در اکثر ایستگاه‌ها و فصول مشاهده شد که نشان‌دهنده اثر منفی ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی است. همچنین، شاخص WQS وضعیت کیفی آب را در بیشتر ایستگاه‌ها ضعیف اعلام کرد که نیاز به مدیریت بهتر منابع آبی را برجسته می‌کند. برای بهبود کیفیت آب و حفظ سلامت اکوسیستم، اجرای راهکارهای مدیریتی شامل بهبود سیستم‌های تصفیه فاضلاب، نظارت مستمر بر ورودی‌های آلاینده، افزایش آگاهی عمومی نسبت به آلودگی آب و برنامه‌ریزی فصلی برای مدیریت جریان آب ضروری است. همچنین، توسعه مراقبت‌های محیط‌زیستی در ایستگاه‌های حساس مانند ایستگاه ۳ می‌تواند به کاهش فشارهای انسانی کمک کند. از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به محدود بودن دوره نمونه‌برداری (یک سال) و عدم دسترسی به داده‌های بلندمدت آب‌شناسی اشاره کرد. همچنین، تغییرات اقلیمی و افزایش دمای آب در طول سال‌ها نیز می‌تواند تأثیر مهمی بر نتایج داشته باشد که در مطالعات آینده باید مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۹. استاندارد آبی‌پروری (استاندارد ۸۷۲۶). تهران: مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۹. استاندارد خروجی فاضلاب و پساب (استاندارد ۵۳۵). تهران: مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- حویزآوی، ش.، اخوت، ن.، سواری، ا.، دهقان مدیسه، س.، دوست شناس، ب.، ۱۳۹۳. مقایسه ارزیابی سلامت اکولوژیک نواحی ساحلی و خوریات خوزستان با استفاده از شاخص نسبت پلیکت‌های فرصت‌طلب آمفی‌پدا (BOPA). مجله علوم و فنون دریایی ایران، ۱۳ (۳)، ۱-۱۰.
- خسروی، ه.، ۱۴۰۱. نقش معدنی شدن زیستی نیتروژن مواد آلی در تجزیه بقایای محصولات کشاورزی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۶ (۱۱)، ۸۴-۹۱.

- دهقان مدیسه، س.، سبزعلیزاده، س.، اسماعیلی، ف.، خلفه نیلساز، م.، اسکندری، غ.، عوفی، ف.، میاحی، ی. و بنی طرفیزادگان، ج. ۱۳۸۸. شناسایی خورهای منطقه ماهشهر به عنوان مناطق حفاظت شده. تهران: موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۵۸ ص.
- رضازاده، ص.، نیکپور قنوتی، ی.، رضانی، ز.، زبیدی، ا. ۱۳۹۳. شناسایی و اندازه گیری هیدروکربن های آلیفاتیک در آب و رسوبات خوریات ماهشهر. اولین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۷ بهمن ۱۳۹۳.
- عوفی، ف. ۱۴۰۲. بررسی علل تلفات ماهیان در حوضچه های نمکی پتروشیمی ماهشهر. تهران: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۸ ص.
- فقیهی راد، ش.، خدایاری، م.، کیاننهئی، ف. ۱۴۰۰. مدل سازی عددی پخش و انتقال فسفر در بدنه های آبی مطالعه موردی: رودخانه سفیدرود. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، ۵۳ (۱۲)، ۵۲۳۸-۵۲۱۹.
- کیان ارثی، ف.، جهانی، ن.، شیرمحمدی، م. ۱۴۰۳. تعیین وضعیت سلامت زیستی حوضچه های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر با استفاده از ماکروبنئوزها. مجله شیلات، ۳۳ (۵)، ۱-۱۲.
- کیان ارثی، ف.، سبزعلیزاده، س.، آهنگرزاده، م. و بنی طرفی زادگان، ج. ۱۳۹۵. بررسی کیفیت آب خوریات ماهشهر با تاکید بر شاخص رتبه بندی WQS. دومین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور. خرمشهر.
- موری بازفتی، ه.، صفاهیه، ع.ر.، نبوی، س.م.ب.، غانمی، ک. ۱۳۹۶. ارزیابی میزان آلودگی جیوه در رسوبات بین جزرومدی خوریات ماهشهر. محیط زیست طبیعی، ۷۰ (۳)، ۶۹-۷۸.
- Bok, F., Moog, H. C., & Brendler, V. (2023).** The solubility of oxygen in water and saline solutions. *Frontiers in Nuclear Engineering*, 2, 1158109.
- Boyd, C. E. (1998).** Water quality for pond aquaculture (Research and Development Series No. 43). International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. *Greener Journal of Biological Sciences*, 4(2), 33-38.
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., & Trussell, R. R. (1989).** Standard methods for the examination of water and wastewater (18th ed.). American Public Health Association. 1484 p.
- Cui, D., He, H., Zhang, Z., Liu, F., Gui, Y., Guo, Z., Liao, Z., Niu, X. Z., Huang, B., & Pan, X. (2025).** Coupling of algae, algal organic matter, and nutrient biogeochemical cycling in eutrophic waters. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 24(1), 1-25.
- Dildar, T., Cui, W., Ikhwanuddin, M., & Ma, H. (2025).** Aquatic organisms in response to salinity stress: Ecological impacts, adaptive mechanisms, and resilience strategies. *Biology*, 14(6), 667.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., & Greenberg, A. E. (Eds.). (2005).** Standard methods for the examination of water and wastewater (21st ed.). American Public Health Association.
- Fang, K., Yao, G., Zhou, Y., Zhao, J., & Xia, S. (2024).** Effects of reaction temperature and oxygen pressure on dissolved organic matter in hydrothermal reactions of municipal sludge: A comprehensive analysis. *Chemical Engineering Journal*, 489, 153279.
- Jombodin, T., Songkai, P., Wichachucherd, B., & Rodcharoen, E. (2021).** The relationship between salinity and benthic fauna diversity and abundance at Songkhla Port, Thailand. *Journal of Coastal Research*, 37(6), 1173-1180.
- Khalaji, M., Ebrahimi, E., Hashemenejad, H., Motaghe, E., & Asadola, S. (2017).** Water quality assessment of the Zayandehroud Lake using WQI index. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(5), 51-63.
- Mariu, A., Chatha, A. M. M., Naz, S., Khan, M. F., Safdar, W., & Ashraf, I. (2023).** Effect of temperature, pH, salinity and dissolved oxygen on fishes. *Journal of Zoology and Systematics*, 1(2), 1-12.
- Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourariya, A., & Nowrozi, B. (2015).** Phosphorus forms of the surface sediment in the Iranian coast of the Southern Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 13(2), 141-151.
- Pandit, N. P., & Nakamura, M. (2010).** Effect of high temperature on survival, growth and feed conversion ratio of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Our Nature*, 8, 219-224.
- Prakash, A., & Khanam, S. (2021).** Nitrogen pollution threat to mariculture and other aquatic ecosystems: An overview. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(7), 428-433.
- Van Dolah, R. F., Jutte, P. C., Riekerk, G. H., Levisen, M. V., Scrowe, S., Lewitus, A., Chestnut, D. E., McDermoth, W., Bearden, D., & Fulton, M. H. (2004).** The condition of South Carolina's estuarine and coastal habitats during 2001-2002 (SCECAP Technical Report No. 100). South Carolina Estuarine and Coastal Assessment Program. No 100, 73 p.

Evaluation of Water Quality Index (WQI) in Odleh Creek and Salt Evaporation Ponds in Mahshahr Region

Farahnaz Kianersi^{1*}

Mohsen Mazravi¹

Mehrnaz Shirmohammadi¹

Mina Ahangarzadeh¹

Fatemeh Hekmatpour¹

Jamil Banitorfi Zadegan¹

Lefteh Mohseni nejad¹

Feridon Owfi²

1. Aquaculture Research Center -South of Iran, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

2. Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

*Corresponding author:

Farahnaz.kianersi@gmail.com

Received date: **June/10/2025**

Reception date: **September/28/2025**

Abstract

Water quality serves as a key indicator of aquatic ecosystem health and is influenced by various physicochemical parameters. This study aimed to investigate temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, nitrate, nitrite, phosphate, and WQI in Odleh Creek and the salt pans of Mahshahr. Sampling was conducted over one year (2023-2024) at 7 stations with three replicates (3 stations in Odleh Creek and 4 stations in salt evaporation ponds) seasonally, following standard methods. The results revealed that dissolved oxygen concentration at Station 3 during autumn (3.46 mg/L) was below the permissible limit for aquatic life, posing a potential risk to aquatic organisms. Nitrate levels exceeded aquaculture standards at all stations but remained within industrial limits. Phosphate exhibited a decreasing trend in the pond stations. Other parameters fell within safe ranges for aquatic health. The WQI classified water quality as "poor" at Stations 1–5 and "very poor" at Stations 6–7. In conclusion, anthropogenic factors such as urban and industrial wastewater discharge significantly degraded water quality, necessitating comprehensive water resource management strategies.

Keywords: Water Quality Index (WQI), Surface water quality, Odleh Creek, Salt evaporation ponds, Dissolved oxygen, Nutrient pollutants