

Investigating the effect of Mamatin bitumen springs on the physical and chemical parameters of Alla River water in Ramhormoz city

Received: 12 August 2024, Accepted: 23 September 2024

Seyedeh Razieh Pourmousavi¹, Azita Koshafar^{1*}

¹Department of Environmental Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

***Corresponding Author:**
azitakoosh1348@gmail.com

How to Cite This Article:
Karimi Z, Amarloei A, Mazloomi S. Investigation the trend of Air Quality changes based on the concentration of Particulate Matter (PM10) in the Ilam city: 2019-2023. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;12(1):17-29.

DOI:
[10.61186/jehe.12.1.30](https://doi.org/10.61186/jehe.12.1.30)

ABSTRACT

Background: Rivers are the main natural resources for humans and play a very important role in human life. This research was carried out with the aim of investigating the physical and chemical parameters caused by entry of bitumen layers in the springs of Mamatin on the water of Alla River in Ramhormoz city.

Materials and Methods: In this research, the study area of Alla River starts from the exit of the river from the Chuvil River and ends at the connection point of the Alla River with the Maron River, and 5 study stations were selected. Water samples were prepared according to the standard method of American Environmental Health Association. Water samples were collected systematically and planned from each station with 3 repetitions in summer (July) and winter (February) of 2023. In other words, a total of 30 water samples were prepared from 5 stations with 3 repetitions in two seasons.

Results: The mean square and sum of square analysis of variance (ANOVA) of the data showed a significant difference in pH concentration ($P=0.873$), electrical conductivity ($P=0.943$), BOD ($P=0.297$), COD ($P=0.928$), DO ($P=0.893$), TSS ($P=0.739$), phosphate ($P=0.355$), total hardness ($P=0.212$) and turbidity ($P=0.540$) were not observed ($P>0.05$). In winter, electrical conductivity (2163.35 $\mu\text{s}/\text{cm}$) and TDS (980.16 ppm) in station 4 were higher than other stations ($P<0.05$) and COD (63.56 ppm) and TSS (41 ppm) in Station 1 were obtained higher than the studied stations of Alla River ($P<0.05$). In the summer season, electrical conductivity (1941.44 $\mu\text{s}/\text{cm}$), salinity (352.56 ppm), COD (43 ppm), BOD (19.63 ppm) and TDS (1242.67 ppm) in the fifth station compared to other stations The studied values of the Alla River were higher ($P<0.05$).

Conclusion: According to the comparison of water quality parameters with the standards of Iran and World Health Organization, it can be said that the water of the Alla River is suitable for agricultural, horticultural, aquaculture and household purposes, but it is suitable for drinking.

Keywords: water quality, chemical properties of water, physical parameters of water, the Alla River

سأ بررسی اثر چشمه های قیر ماماتین بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

سیده راضیه پورموسوی^۱، آریتا کوشافر^{۱*}

^۱ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

زمینه و هدف: رودخانه‌ها یکی از منابع طبیعی اصلی برای انسان و نقش بسیار مهمی در زندگی انسان دارند. این تحقیق با هدف بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ناشی از ورود لایه‌های قیر در چشمه‌های قیر ماماتین بر روی آب رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش بازه مورد مطالعه رودخانه اعلاء از محل خروج این رود از تنگ چویل آغاز و در محل ارتباط رودخانه اعلاء با رودخانه مارون ختم می‌شود که ۵ ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد. نمونه‌های آب بر اساس روش استاندارد انجمن بهداشت محیط آمریکا تهیه شدند. نمونه‌های آب به صورت سیستماتیک و برنامه ریزی شده از هر ایستگاه با ۳ تکرار در فصل تابستان (تیر ماه) و فصل زمستان (بهمن ماه) سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری شدند. به عبارت دیگر در مجموع از ۵ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل سال، ۳۰ نمونه آب تهیه گردید.

یافته‌ها: میانگین مربعات و مجموع مربعات تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) داده‌ها نشان داد در آب رودخانه اعلاء اختلاف معنی‌داری در غلظت pH ($P=0/875$)، هدایت الکتریکی ($P=0/943$)، BOD ($P=0/297$)، COD ($P=0/928$)، DO ($P=0/893$)، TSS ($P=0/739$)، فسفات ($P=0/355$)، سختی کل ($P=0/212$) و کدورت ($P=0/540$) مشاهده نشد ($P>0/05$). در فصل زمستان هدایت الکتریکی ($\mu\text{s/cm}$) ۲۱۶۳/۳۵ و TDS (ppm) ۹۸۰/۱۶ در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ($P<0/05$) و COD (ppm) ۶۳/۵۶ و TSS (ppm) ۴۱ در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء به دست آمدند ($P<0/05$). در فصل تابستان هدایت الکتریکی ($\mu\text{s/cm}$) ۱۹۴۱/۴۴، شوری (ppm) ۳۵۲/۵۶، COD (ppm) ۴۳، BOD (ppm) ۱۹/۶۳ و TDS (ppm) ۱۲۴۲/۶۷ در ایستگاه پنجم نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی می‌توان چنین بیان کرد که آب رودخانه اعلاء برای مصارف کشاورزی، باغبانی، آبی‌پروری و خانگی مناسب می‌باشد، اما برای مصرف آشامیدنی مناسب نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، خصوصیات شیمیایی آب، پارامترهای فیزیکی آب، رودخانه اعلاء

*پست الکترونیکی نویسنده مسؤل:

azitakoosh1348@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:

Karimi Z, Amarloei A, Mazloomi S. Investigation the trend of Air Quality changes based on the concentration of Particulate Matter (PM10) in the Ilam city: 2019-2023. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;12(1):17-29.

DOI:

10.61186/jehc.12.1.30

مقدمه

منابع آب شیرین حیاتی ترین عناصر برای رشد جهانی و پایداری اکوسیستم‌ها هستند که مدیریت نامناسب منابع آب می‌تواند منجر به نگرانی جدی کمبود آب گردد^۱. آب برای اکوسیستم‌های مختلف، تولید غذا و انرژی و بقای زندگی موجودات زنده حیاتی است^۲ و به عنوان یک پیوند مهم بین زندگی و محیط‌زیست انسان عمل می‌کند^۳. آب هسته اصلی توسعه اجتماعی - اقتصادی پایدار در زندگی شهری و صنعتی است^۴. بنابراین تامین کافی آب با کیفیت خوب همیشه برای کارهای کشاورزی، صنعتی و خانگی مورد نیاز است^۵.

آلودگی آب به یکی از بزرگترین چالش‌های جامعه جهانی تبدیل شده است. مسائل کمبود آب که توسط آلودگی آب تشدید شده است به طور مداوم موقعیت‌های بحرانی کمیت و کیفیت آب را در بسیاری از نقاط جهان ایجاد می‌کند^{۶،۷}. در سال‌های اخیر آلاینده‌ها از هر نوعی که باشند، یک نگرانی شدید جهانی هستند. آلاینده‌هایی با منشاء طبیعی یا انسانی همیشه به عنوان ایجاد تغییرات نامطلوب در محیط شناخته شده‌اند و در نتیجه توجه قابل توجهی را صرف نظر از منبع آن به خود جلب کرده‌اند^۸. آلودگی آب به دلیل تأثیرات فاجعه‌بار آن بر تمام حوزه‌های محیطی و اکوسیستم‌ها به عنوان یک تهدید بزرگ جهانی مطرح شده است. انواع مختلف و متفاوت آلاینده‌های آب را می‌توان به آلاینده‌های آلی، آلاینده‌های معدنی، آلاینده‌های زیستی، آلاینده‌های حرارتی و آلاینده‌های رادیواکتیو تقسیم‌بندی کرد^۹.

آلاینده‌های آلی به طور عمده در طبیعت تجزیه‌پذیر و شامل روغن‌ها، داروهای دور ریخته شده، اسپری‌های حشرات، پاک‌کننده‌ها و ضایعات آلی خانگی مانند مو و صابون هستند^{۱۰} و اقدامات انسان‌زاد به طور مداوم وضعیت را تشدید می‌کند و نگرانی‌های جدی را به وضعیت اضافه می‌کند. پسماندهای مواد غذایی، برخی از آفت‌کش‌های ارگانیک کلر ماهیت سمیت کمتری دارند یا غیرسمی

هستند^{۱۱}. آلاینده‌های آلی به دلیل حلالیت چربی بالا، آب‌گریزی و چربی دوستی به‌طور بسیار موثری در محیط آبی تحت تجمع زیستی قرار می‌گیرند و سپس اثرات خطرناکی را تحمیل می‌کنند. علاوه بر این، آن‌ها نیاز بیولوژیکی اکسیژن و اکسیژن شیمیایی آب را تا حد زیادی تغییر می‌دهند و در نهایت کیفیت آب را بدتر می‌کنند. مصرف منظم چنین آبی باعث ایجاد سرطان خون و تومورهای کلیه می‌شود و در صورت استفاده در فرآیندهای آبیاری، آب آلوده به شدت بر کیفیت و کمیت محصول تأثیر می‌گذارد. بنابراین آلودگی آب به دلیل آلاینده‌های آلی در زمان‌های اخیر توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است زیرا این آلودگی به دلیل رشد سریع جمعیت و فعالیت‌های کشاورزی به‌طور مداوم در منابع آبی در حال افزایش است^{۱۲،۱۳}. علاوه بر مواد آلی که با پساب و پسماندهای صنعتی وارد بدنه آبی می‌شوند، آب با غلظت‌های مختلف از آلاینده‌های معدنی آلوده می‌شود. این ترکیبات غیرقابل تجزیه زیستی هستند و برای مدت طولانی‌تری در اکوسیستم‌های آبی باقی می‌مانند. آلاینده‌های معدنی شامل اسیدهای معدنی، سیانیدها، فلوریدها، ترکیبات قلبایی و فلزات سنگین نظیر آرسنیک، جیوه، سرب، کروم، سلیسیم، روی هستند^{۱۴}. آلاینده‌های معدنی از راه تخلیه پساب‌های خانگی، صنعتی و انواع پسماندها، عملیات متالورژی فلزات وارد آب می‌شوند. این نوع آلودگی آب، به ویژه در غلظت‌های بالاتر می‌تواند مشکلات جدی برای سلامتی انسان ایجاد کند و اثرات مخربی بر آبزیان و سایر موجودات زنده داشته باشد^{۱۵}. آلاینده‌های زیستی سمی‌ترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌ها در بین انواع آلاینده‌های آب هستند و رفتار و اعمال انسان در درجه اول مسئول این نوع آلودگی در منابع آب می‌باشند. آلاینده‌های زیستی شامل میکروارگانیسم‌ها، کپک‌ها، گرد و غبار خانه، انگل‌ها و ذرات معلق هستند^{۱۶}. مطالعات، منشا و منابع مختلف این آلاینده‌ها، از جمله گرد و غباری که از گیاهان شروع می‌شود، را گزارش کرده‌اند. عفونت‌های منتقل شده توسط افراد و موجودات، ارگانیسم‌های

وارد تصفیه خانه شده و جهت شرب شهرستان رامهرمز استفاده می شود و همچنین در مسیر رودخانه روستاهای اطراف از آب رودخانه اعلاء برای کشاورزی استفاده می کنند. بنابراین با توجه به اهمیت رودخانه از نظر شرب و کشاورزی و اثرات محیط زیستی ناشی از آلاینده‌های قیر ماماتین، این تحقیق با هدف بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ناشی از پوشش قیر در چشمه‌های قیر ماماتین بر روی آب رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سرچشمه اصلی رودخانه اعلاء از جنوب غربی کوه های زاگرس در استان کهگیلویه و بویر احمد و رود لیراب است که در محلی به نام تنگ چویل و منطقه صیدون رودخانه اعلاء نامیده می شود و تا محل تلاقی با رودخانه مارون ۱۰۶ کیلومتر طول و ۲۳۳۰ کیلومتر مربع حوضه آبریز دارد که مزارع کشاورزی شهرستان باغملک و دشت رامهرمز را آبدی می کند^{۲۱}. در این پژوهش بازه مورد مطالعه رودخانه اعلاء از محل خروج این رود از تنگ چویل آغاز و در محل ارتباط رودخانه اعلاء با رودخانه مارون ختم می شود که ۵ ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۱). در این پژوهش با توجه به طول رودخانه اعلاء، انتخاب ایستگاه‌های مورد مطالعه، در تمامی طول رودخانه از ابتدای ورودی رودخانه از تنگ چویل تا پایین دست و محل تلاقی با رودخانه مارون بر اساس تغییرات توپوگرافی صورت پذیرفت (جدول ۱).

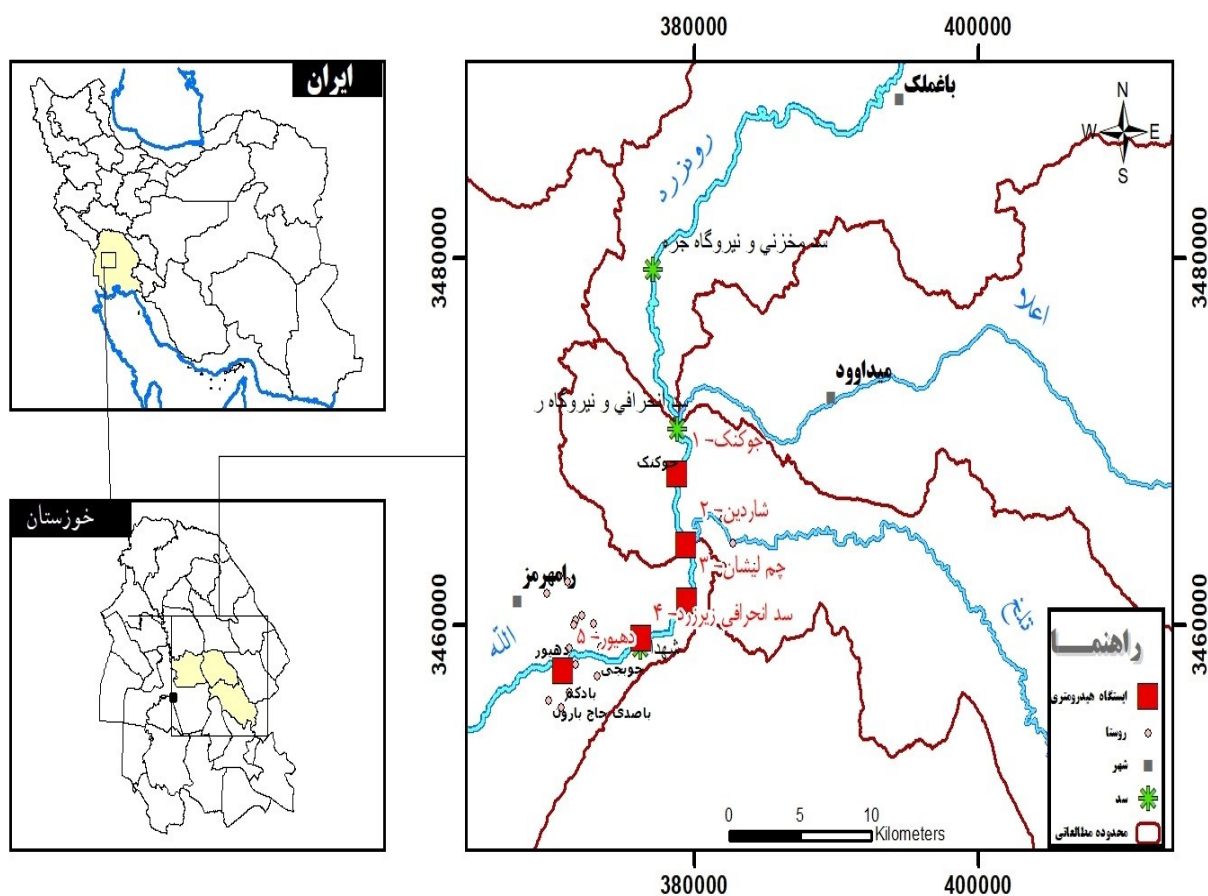
میکروسکوپی منتقل شده توسط افراد، موجودات زنده، و پسماندهای های خاک و گیاه نیز از جمله آلاینده های زیستی هستند^{۱۷}.

رودخانه اعلاء یکی از زیرحوضه‌های اصلی رودخانه جراحی در محدوده حوضه آبریز خلیج فارس به طول حدود ۱۰۶ کیلومتر می‌باشد. رودخانه اعلاء همانند رودخانه مارون یکی از دو شاخه مهم رودخانه جراحی می باشد که از منطقه کوهستانی واقع در ۷۰ کیلومتری شرق و شمال شرقی رامهرمز سرچشمه می‌گیرد^{۱۸}. شاخه اصلی رودخانه سمه لیراب در ناحیه غربی استان کهگیلویه و بویر احمد نام دارد و پس از عبور از محلی به نام تنگ‌لا، رودخانه اعلاء نامگذاری می‌گردد. در روستای رودزرد با رودخانه زرد تلاقی می‌نماید، سپس به طرف جنوب جریان می‌یابد و با رودخانه تلخ تلاقی می‌کند و وارد دشت رامهرمز می‌شود^{۱۹}. رامهرمز در ۱۱۶ کیلومتری شرق اهواز قرار دارد. در شمال شرق شهر رامهرمز، میان لابه‌هایی از قیر وجود دارند که در فصل گرما ذوب شده و به صورت چشمه قیر به رودخانه اعلاء روانه و به لحاظ جاذبه طبیعی منظری بی بدیل و به لحاظ محیط زیستی به صورت آلاینده به طبیعت و رودخانه تلخ و در نهایت رودخانه اعلاء وارد می‌شوند. همچنین در فاصله ۲۵ کیلومتری از این شهر منطقه‌ای به نام ماماتین قرار دارد که از این چشمه‌ها قیر بیرون می‌آید^{۲۰}.

قیر ساختار شیمیایی پیچیده‌ای با هیدروکربن‌های متنوع از خود نشان می‌دهد که آن را در تماس با آب مستعد جذب به ساختار آب می‌کند. هنگامی که قیر وارد منابع آبی می‌شود به عنوان انتقال دهنده سطوح بالای ترکیبات هیدروکربنی می‌تواند سلامت موجودات زنده و انسان را تهدید کند، زیرا هیدروکربن‌های آروماتیک و آلیفاتیک سمیت متفاوتی دارند و اثرات جهش‌زا، سرطان‌زا و بیماری‌های ایمنی را بر روی موجودات زنده نشان می‌دهند و در عین حال احتمال تشکیل تومور در اندام‌های بدن و ناهنجاری در سیستم تولید مثل را ایجاد می‌کنند. بنابراین بر روی رودخانه اعلاء سد انحرافی احداث شده که آب رودخانه در روستای خورشیدیه

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	جوکنک	31.34 20793, 49.7256019
۲	شاردین	31.3075471, 49.7326711
۳	چم لیشان	31.280049, 49.733563
۴	سد انحرافی زیرزرد	31.261284, 49.699915
۵	دهیور	31.2444907, 49.6424333



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه برداری آب از رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

نمونه‌برداری

سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری شدند. به عبارت دیگر در مجموع از ۵ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل سال، ۳۰ نمونه آب تهیه گردید. بدین منظور بطری نمونه‌بردار پلی اتیلنی استریل و با محلول آب مقطر و اسید نیتریک ۲ درصد (ساخت شرکت مرک آلمان) شستشو گردیدند، سپس در ایستگاه‌های مورد مطالعه به عمق ۱۰ سانتیمتری فرستاده و نمونه آب برداشت

در این پژوهش نمونه‌های آب بر اساس روش استاندارد انجمن بهداشت محیط آمریکا تهیه شدند. نمونه‌های آب به صورت سیستماتیک و برنامه‌ریزی شده از هر ایستگاه با ۳ تکرار در فصل تابستان (تیر ماه) و فصل زمستان (بهمن ماه)

سنجش پارامترها

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب رودخانه اعلاء بر اساس روش های استاندارد متد^۱ مربوط به انجمن بهداشت محیط ایالت متحده آمریکا و انجمن آب و محیط زیست ایالت متحده آمریکا سنجش شدند. روش های مورد استفاده و دستگاه اندازه گیری هر پارامتر به طور خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است.^{۲۲}

شد و در هر ایستگاه با ۳ تکرار انجام گردید. در نهایت نمونه های آب با اسید سولفوریک غلیظ فیکس، در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه در شهر اهواز منتقل شدند.^{۲۲}

جدول ۲. روش سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی^{۲۲} آب رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

پارامتر	روش سنجش	دستگاه
pH	استاندارد متد	سنگاه pH سنج پرتابل مدل PH200i ساخت شرکت CLEAN کشور چین
EC	استاندارد متد 2510 B	دستگاه پرتابل مدل Cond 3310i شرکت WTW ساخت کشور آلمان
شوری	استاندارد متد 2520B	-
BOD	استاندارد متد 2510 D	دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR2800 ساخت کمپانی HACH آمریکا
COD	استاندارد متد 5220 B	روش هضم برگشتی باز Open Reflux Method
DO	استاندارد متد	روش اصلاح با آزید (Azid Modification)
TDS	استاندارد متد 2540 C	-
TSS	استاندارد متد 2540 D	روش هضم برگشتی باز Open Reflux Method
فسفات	استاندارد متد	دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR2800 ساخت شرکت HACH آمریکا
^۱ نیترات	استاندارد متد	دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR2800 ساخت شرکت HACH آمریکا
^۲ سختی کل	استاندارد متد	روش حجم سنجی با استفاده از EDTA
کدورت	استاندارد متد	دستگاه کدورت سنج پرتابل Aqualytic مدل AL250T-IR ساخت کشور آلمان

تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد. مقایسه داده‌ها بین فصل زمستان و تابستان به کمک آزمون تی (T Test) و مقایسه آماری بین ایستگاه‌های مورد مطالعه به کمک تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA One way) انجام شد.

یافته‌ها

شاخص‌های توصیفی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه آب رودخانه اعلاء شامل کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد، چولگی و کشیدگی در جدول ۳ ارائه شده است. در این پژوهش مقادیر آماری چولگی و کشیدگی همه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در دامنه ۲ و ۲- بود. در حالت کلی چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه ۲ و ۲- نباشند داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند.

در فصل زمستان پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، COD، TDS، TSS، سختی کل و کدورت آب رودخانه اعلاء در ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$). هدایت الکتریکی ($2163/35 \mu\text{s/cm}$) و TDS ($980/16 \text{ ppm}$) در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ($P < 0/05$) و COD ($63/56 \text{ ppm}$) و TSS ($63/56 \text{ ppm}$)

(۴۱) در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء به دست آمدند ($P < 0/05$). نترات، فسفات و pH آب رودخانه اعلاء در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل زمستان اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0/05$) و دو پارامتر BOD ($15/23 \text{ ppm}$) و DO ($10/50 \text{ ppm}$) در ایستگاه اول بالاتر از سایر ایستگاه‌های رودخانه اعلاء بودند ($P < 0/05$) (جدول ۴).

بر اساس تجزیه و تحلیل آماری در فصل تابستان pH، DO و فسفات در آب ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$). بالاترین مقادیر pH، DO و فسفات به ترتیب در ایستگاه ۱ ($7/86$)، ایستگاه ۴ ($4/98 \text{ ppm}$) و ایستگاه ۵ ($3/68 \text{ ppm}$) به دست آمد ($P > 0/05$). هدایت الکتریکی ($1941/44 \mu\text{s/cm}$)، شوری ($352/56 \text{ ppm}$) COD (43 ppm)، BOD ($19/63$) و TDS ($1242/67 \text{ ppm}$) در ایستگاه ۵ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ($P < 0/05$). همچنین سختی کل ($1190/68 \text{ ppm}$) و کدورت (NTU) ($9/93$) در ایستگاه ۳ و TSS ($33/83$) در ایستگاه ۴ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ($P < 0/05$) (جدول ۵).

جدول ۳. شاخص های توصیفی مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء

پارامتر	اصطلاح	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	چولگی	کشیدگی
اسیدیته	pH	۷/۱۸	۷/۹۲	۷/۵۹	۰/۲۰	۰/۰۳	-۰/۱۲	-۱/۱۲
هدایت الکتریکی (μs/cm)	EC	۱۵۲۲/۰۲	۲۱۹۰	۱۷۶۰/۵۱	۲۱۸/۰۳	۳۹/۸۰	۰/۵۷	-۱/۰۸
شوری (ppm)	Salinity	۰/۰۲	۳۸۴/۵۰	۸۶/۴۰	۱۱۱/۹۴	۲۰/۴۳	۱/۳۴	۱/۲۰
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (ppm)	BOD	۲/۰۶	۲۱/۳۷	۱۰/۶۳	۵/۱۳	۰/۹۳	۰/۲۵۴	-۰/۴۰۱
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (ppm)	COD	۷	۷۳	۳۲/۵۶	۱۷/۱۱	۳/۱۲	۰/۱۷۵	-۰/۴۵۶
اکسیژن محلول (ppm)	DO	۲/۹۳	۱۲	۵/۸۸	۲/۳۵	۰/۴۳	۰/۷۰۳	۰/۰۰۳
کل املاح محلول (ppm)	TDS	۷۵۵	۱۲۵۵/۵۰	۹۷۳/۷۷	۱۲۴/۷۷	۲۲/۷۸	۰/۴۵۸	۰/۶۹۲
مواد جامد معلق (ppm)	TSS	۱۱	۴۲	۲۶/۱۳	۹/۸۰	۱/۷۸	۰/۱۳۶	-۱/۱۹۹
نیترات (ppm)	NO ₃	۰/۲۵	۳/۹۸	۱/۷۴	۰/۹۴	۰/۱۷	۰/۷۸۲	۰/۲۰۲
فسفات (ppm)	PO ₄	۰/۰۱	۴/۲۸	۱/۶۱	۰/۶۵	۰/۳۰	۰/۱۶۳	-۱/۸۹۱
سختی کل (ppm)	TH	۲۳۵	۱۱۹۷	۷۱۴/۸۵	۳۳۵/۷۴	۶۱/۲۹	۰/۰۰۵	-۱/۷۴۲
کدورت (NTU)	TUB	۷	۹۰	۳۵/۷۶	۳/۱۴	۵/۵۰	۰/۴۱۹	-۱/۵۰۲

جدول ۴. میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء در فصل زمستان

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
pH	۷/۳۶±۰/۰۸ ^a	۷/۲۹±۰/۰۹ ^a	۷/۴۲±۰/۱۲ ^a	۷/۵۲±۰/۰۶ ^a	۷/۵۳±۰/۰۷ ^a
EC (μs/cm)	۱۵۸۴±۴۹/۱۵ ^a	۱۹۲۰/۶۷±۸۶/۷۷ ^b	۱۷۰۴/۳۴±۳۵/۷۱ ^c	۲۱۶۳/۳۵±۲۵/۱۶ ^d	۱۹۸۳/۷۳±۵۲/۹۱ ^{be}
شوری (ppm)	۰/۰۱۷±۰/۰۰۲ ^a	۰/۰۲۶±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۱۹±۰/۰۰۳ ^{ac}	۰/۰۴۰±۰/۰۰۵ ^d	۰/۰۴۲±۰/۰۰۳ ^{de}
BOD (ppm)	۱۵/۲۳±۱/۵۲ ^a	۱۱±۱/۰۱ ^b	۱۱±۱/۸۰ ^b	۱۰/۱۶±۱/۲۵ ^b	۱۰±۰/۹۲ ^b
COD (ppm)	۶۳/۵۶±۸/۱۴ ^a	۳۹±۳/۶۰ ^b	۴۰/۷۳±۳/۲۱ ^{bc}	۴۳±۴/۵۸ ^d	۳۷/۶۳±۲/۵۱ ^e
DO (ppm)	۱۰/۵۰±۱/۳۲ ^a	۷/۶۳±۰/۳۲ ^b	۷/۱۶±۱/۶۰ ^b	۶/۵۰±۰/۵۰ ^b	۷/۲۶±۰/۸۷ ^b
TDS (ppm)	۷۶۴/۶۳±۸/۱۴ ^a	۸۹۳/۷۶±۲۸/۶۷ ^b	۸۴۲/۱۳±۲۳/۲۴ ^c	۹۸۰/۱۶±۸/۰۸ ^d	۹۷۷±۱۰/۸۱ ^{de}

۲۸±۲/۴۵ ^{de}	۲۷/۷۳±۵/۰۳ ^d	۳۵/۰۶±۳/۷۸ ^c	۱۹/۳۹±۴/۷۳ ^b	۴۱±۱ ^a	TSS (ppm)
۱/۴۲±۰/۰۶ ^a	۱/۱۴±۰/۰۷ ^a	۱/۵۶±۰/۰۴ ^a	۱/۴۶±۰/۰۴ ^a	۱/۶۴±۰/۰۳ ^a	نیترات (ppm)
۰/۰۳±۰/۰۰۵ ^a	۰/۰۳±۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۱±۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۲±۰/۰۰۸ ^a	۰/۰۲±۰/۰۰۲ ^a	فسفات (ppm)
۴۶۷/۵۰±۱۵/۶۱ ^c	۴۵۵/۱۶±۷/۲۸ ^d	۳۹۴/۹۶±۱۳/۶۱ ^c	۴۲۸/۸۳±۹۰/۸۵ ^b	۲۴۰/۲۶±۶/۰۲ ^a	سختی کل (ppm)
۵۶/۸۳±۶/۶۵ ^c	۶۱/۸۳±۲/۵۱ ^d	۷۵/۵۵±۶/۶۵ ^c	۳۹±۷/۵۴ ^b	۸۲/۲۰±۱۰/۲۴ ^a	کدورت (NTU)

حروف متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) را نشان می دهد.

جدول ۰۵ میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان

ایستگاه ۵	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	پارامتر
۷/۷۸±۰/۰۷ ^a	۷/۶۱±۰/۱۸ ^a	۷/۷۲±۰/۰۸ ^a	۷/۱±۰/۰۵ ^a	۷/۸۶±۰/۰۷ ^a	pH
۱۹۴۱/۴۴±۱۸/۵۳ ^c	۱۶۶۳/۳۲±۱۲/۰۸ ^b	۱۵۴۷/۳۱±۹/۶۴ ^a	۱۵۴۹/۶۱±۲۴/۳۷ ^a	۱۵۴۷/۷۶±۱۵/۷۳ ^a	EC (μs/cm)
۳۵۲/۵۶±۲۷/۵۷ ^c	۱۴۸/۴۷±۳۷/۹۵ ^d	۱۲۳/۶۹±۲۴/۷۹ ^c	۸۶/۹۵±۴۲/۴۵ ^b	۱۵۲/۱۰±۲۱/۳۱ ^a	شوری (ppm)
۱۹/۶۳±۱/۷۸ ^c	۱۴/۷۴±۴/۱۳ ^d	۷/۶۲±۰/۷۱ ^c	۴/۲۵±۰/۷۷ ^b	۲/۶۳±۰/۵۶ ^a	BOD (ppm)
۴۳±۳ ^c	۲۵/۸۶±۳/۰۵ ^d	۱۲±۱/۷۳ ^{bc}	۱۳±۲ ^b	۸/۴۶±۱/۵۳ ^a	COD (ppm)
۴/۵۲±۰/۴۱ ^a	۴/۹۸±۰/۲۴ ^a	۳/۹۹±۰/۴۲ ^a	۳/۲۵±۰/۰۳ ^a	۳±۰/۰۹ ^a	DO (ppm)
۱۲۴۲/۶۷±۱۱/۸۱ ^c	۱۰۶۴/۵۲±۷/۷۳ ^b	۹۹۰/۲۷±۶/۱۷ ^a	۹۹۱/۷۳±۱۵/۵۸ ^a	۹۹۰/۵۶±۱۰/۰۶ ^a	TDS (ppm)
۳۰±۱۰/۷۳ ^d	۳۳/۸۳±۵/۷۷ ^c	۱۹/۳۷±۱/۱۵ ^b	۱۳/۹۶±۱/۵۲ ^a	۱۳/۲۶±۳/۰۵ ^a	TSS (ppm)
۳/۵۳±۰/۳۹ ^b	۲/۹۲±۰/۷۸ ^b	۲/۳۵±۰/۲۳ ^b	۰/۴۳±۰/۰۲ ^a	۰/۹۸±۰/۰۸ ^a	نیترات (ppm)
۳/۶۸±۰/۵۴ ^a	۲/۹۱±۰/۳۴ ^a	۳/۴۰±۰/۱۳ ^a	۳/۱۳±۰/۹۱ ^a	۲/۸۵±۰/۳۰ ^a	فسفات (ppm)
۱۰۱۹/۲۲±۲۱/۹۳ ^c	۱۰۱۳/۱۹±۵۸/۰۴ ^{bd}	۱۱۹۰/۶۸±۱۰/۹۶ ^c	۱۰۱۳/۰۳±۴۳/۸۷ ^b	۹۲۴/۶۴±۲۹/۰۲ ^a	سختی کل (ppm)
۸/۲۰±۰/۳۶ ^{ab}	۹/۹۰±۰/۷۳ ^b	۹/۹۳±۰/۵۱ ^b	۷/۰۶±۰/۰۵ ^a	۷/۱۶±۰/۱۵ ^a	کدورت (NTU)

حروف متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P= ۰/۰۵) را نشان می دهد.

داری داشت ($P < 0/05$). میانگین مقادیر اسیدیته (pH) شوری ($P\text{-value} = 0/021$)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) ($P\text{-value} = 0/004$)، اکسیژن محلول (DO) ($P\text{-value} = 0/035$)، کل املاح محلول (TDS) ($P\text{-value} = 0/043$)، مواد جامد معلق (TSS) ($P\text{-value} = 0/002$)، فسفات ($P\text{-value} = 0/005$)، کدورت ($P\text{-value} = 0/014$) و سختی کل ($P\text{-value} = 0/014$) رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۶).

تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد که میانگین غلظت شوری ($P\text{-value} = 0/021$)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) ($P\text{-value} = 0/004$)، اکسیژن محلول (DO) ($P\text{-value} = 0/035$)، کل املاح محلول (TDS) ($P\text{-value} = 0/043$)، مواد جامد معلق (TSS) ($P\text{-value} = 0/002$)، فسفات ($P\text{-value} = 0/005$)، کدورت ($P\text{-value} = 0/014$) و سختی کل ($P\text{-value} = 0/014$) رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی

جدول ۶. مقایسه غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان

Sig	P-value	تابستان	زمستان	پارامتر
$P > 0/05$	0/275	7/76 ± 0/12	7/42 ± 0/12	اسیدیته
$P > 0/05$	0/822	1649/89 ± 158/43	1871/13 ± 217/14	هدایت الکتریکی ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
$P < 0/05$	0/021	172/77 ± 99/85	0/029 ± 0/01	شوری (ppm)
$P > 0/05$	0/355	9/77 ± 9/90	11/50 ± 2/32	اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (ppm)
$P < 0/05$	0/004	20/46 ± 13/25	44/66 ± 10/82	اکسیژن موردنیاز شیمیایی (ppm)
$P < 0/05$	0/035	3/94 ± 0/81	7/81 ± 1/68	اکسیژن محلول (ppm)
$P < 0/05$	0/043	1055/95 ± 01/45	891/60 ± 86/51	کل املاح محلول (ppm)
$P < 0/05$	0/002	22 ± 9/66	30/26 ± 8/31	مواد جامد معلق (ppm)
$P > 0/05$	0/064	2/04 ± 1/27	1/44 ± 0/18	نیترات (ppm)
$P < 0/05$	0/005	3/19 ± 0/54	0/026 ± 0/007	فسفات (ppm)
$P < 0/05$	0/014	1032/33 ± 94/90	397/36 ± 92/18	سختی کل (ppm)
$P < 0/05$	0/022	8/45 ± 1/35	63/07 ± 16/79	کدورت (NTU)

تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر اساس میانگین مربعات و مجموع مربعات داده ها نشان داد در آب رودخانه اعلاء اختلاف معنی داری در غلظت pH ($P = 0/873$)، هدایت الکتریکی ($P = 0/943$)، BOD ($P = 0/297$)، COD ($P = 0/928$)، DO ($P = 0/893$)، TSS ($P = 0/739$)، فسفات ($P = 0/355$)، سختی کل ($P = 0/212$) و کدورت ($P = 0/540$) مشاهده نشد ($P > 0/05$) (جدول ۷).

جدول ۷. تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء

Sig	F-value	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	پارامتر
0/873	0/458	0/022	29	0/508	میان گروهی
		0/058	14	0/754	درون گروهی
			43	1/262	مجموع
0/943	0/433	29955/488	29	479287/815	میان گروهی
		69184/308	14	899396/009	درون گروهی

			۴۳	۱۳۷۸۶۸۳/۸۲۳	مجموع	
۰/۰۰۵	۴/۳۸۳	۱۹۱۶۱/۸۷۲	۲۹	۳۰۶۵۸۹/۹۵۰	میان گروهی	شوری
		۴۳۷۱/۵۶۷	۱۴	۵۶۸۳۰/۳۶۹	درون گروهی	
			۴۳	۳۶۳۴۲۰/۳۱۹	مجموع	
۰/۲۹۷	۱/۳۴۷	۲۹/۸۳۴	۲۹	۴۷۷/۳۳۷	میان گروهی	BOD
		۲۲/۱۴۷	۱۴	۲۸۷/۹۰۸	درون گروهی	
			۴۳	۷۶۵/۲۴۶	مجموع	
۰/۹۲۸	۰/۴۶۱	۱۹۲/۲۰۷	۲۹	۳۰۷۵/۳۱۷	میان گروهی	COD
		۴۱۶/۶۱۹	۱۴	۵۴۱۶/۰۵۰	درون گروهی	
			۴۳	۸۴۹۱/۳۶۷	مجموع	
۰/۸۹۳	۰/۵۱۹	۳/۹۲۴	۲۹	۶۲/۷۸۴	میان گروهی	DO
		۷/۵۶۶	۱۴	۹۸/۳۶۳	درون گروهی	
			۴۳	۱۶۱/۱۴۷	مجموع	
۰/۰۰۶	۴/۲۹۸	۲۳۷۳۱/۲۵۲	۲۹	۳۷۹۷۰۰/۰۳۵	میان گروهی	TDS
		۵۵۲۲/۰۸۶	۱۴	۷۱۷۸۷/۱۱۳	درون گروهی	
			۴۳	۴۵۱۴۸۷/۱۴۹	مجموع	
۰/۷۳۹	۰/۷۱۷	۸۱/۶۶۳	۲۹	۱۳۰۶/۶۰۰	میان گروهی	TSS
		۱۱۳/۹۱۳	۱۴	۱۴۸۰/۸۶۷	درون گروهی	
			۴۳	۲۷۸۷/۴۶۷	مجموع	
۰	۸/۱۴۴	۱/۴۷۳	۲۹	۲۳/۵۶۱	میان گروهی	نیترات
		۰/۱۸۱	۱۴	۲/۳۵۱	درون گروهی	
			۴۳	۲۵/۹۱۱	مجموع	
۰/۳۵۵	۱/۲۳۵	۳/۰۰۱	۲۹	۴۸/۰۱۸	میان گروهی	فسفات
		۲/۴۳۰	۱۴	۳۱/۵۸۵	درون گروهی	
			۴۳	۷۹/۶۰۳	مجموع	
۰/۲۱۲	۱/۵۶۰	۱۳۴۳۳۵/۱۰۱	۲۹	۲۱۴۹۳۶۱/۶۰۸	میان گروهی	سختی کل
		۸۶۱۲۲/۹۵۹	۱۴	۱۱۱۹۵۹۸/۴۶۷	درون گروهی	
			۴۳	۳۲۶۸۹۶۰/۰۷۵	مجموع	
۰/۵۴۰	۰/۹۵۷	۸۹۰/۷۰۴	۲۹	۱۴۲۵۱/۲۵۸	میان گروهی	کدورت
		۹۳۰/۶۰۹	۱۴	۱۲۰۹۷/۹۱۲	درون گروهی	
			۴۳	۲۶۳۴۹/۱۷۰	مجموع	

بحث

در این تحقیق مقادیر pH در آب رودخانه اعلاء در دامنه ۷/۱۸-۷/۹۲ به دست آمد که در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران (۸/۵-۶/۵) هم‌خوانی دارد. عوامل متعددی بر مقدار pH آب تاثیرگذار می باشند که می توان از موجودات زنده موجود

در آب، میزان املاح مربوط به فرسایش بستر منبع آبی و سنگ های مادری و کانی های اکوسیستم نام برد^{۲۵،۲۶}. دو پارامتر کدورت و TDS آب رودخانه اعلاء در دامنه NTU ۷-۹۰ و ppm ۷۵۵-۱۲۵۵/۵۰ اندازه گیری شدند. مقادیر TDS آب رودخانه اعلاء در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۷۵۰ ppm) و استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰ ppm) بالاتر بود. همچنین میزان کدورت آب رودخانه اعلاء

باشد، آن رودخانه به شدت آلوده محسوب می شود.^{۲۸} سازمان بهداشت جهانی استاندارد BOD و COD آب سطحی را ۵ ppm و ۱۵ ppm اعلام کردند^{۲۹} که در این تحقیق مقادیر BOD و COD آب رودخانه اعلاء بالاتر گزارش شده است. روستاهای همجوار و زمین های کشاورزی متعددی در مجاورت رودخانه اعلاء وجود دارند که از آب این اکوسیستم برای مصارف مختلف استفاده می کنند و احتمالاً رواناب های سطحی و خروجی پساب آن ها مجدداً وارد این رودخانه می شود^{۳۱،۳۲}، چنین به نظر می رسد که این مسئله باعث افزایش مقادیر BOD و COD آب رودخانه اعلاء شده است. بیشتر آب های طبیعی حاوی مقادیر کمی از ترکیبات آلی هستند و موجودات آبی از برخی از آن ها به عنوان غذا استفاده می کنند. میکروارگانیسم های موجود در آب های اکسیژن دار، از اکسیژن محلول برای تجزیه اکسیداتیو ترکیبات آلی استفاده کرده و از انرژی آزاد شده برای رشد و نمو و تولید مثل استفاده می کنند. جمعیت این میکروارگانیسم ها بستگی مقدار غذای موجود افزایش می یابد. این متابولیسم میکروبی تقاضای اکسیژن را ایجاد می کند که با مقدار ترکیبات آلی مفید غذایی متناسب است. تحت برخی شرایط، متابولیسم میکروبی می تواند اکسیژن محلول در آب را سریع تر از اکسیژن اتمسفری حل شده در آب، یا اکسیژن تولید شده توسط جلبک ها، سیانوباکترها و ماکروفیت ها، مصرف کند. ماهی ها و حشرات آبی ممکن است با کاهش اکسیژن توسط متابولیسم میکروبی بمیرند^{۳۳}. سختی کل آب رودخانه اعلاء در دامنه ۱۱۹۷-۲۳۵ میلی گرم بر لیتر به دست آمد که در با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد ملی ایران (۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) بالاتر بود. سختی کل آب رودخانه در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان مشاهده شد ($P < 0.05$) و در فصل زمستان در ایستگاه ۵ و در فصل تابستان در ایستگاه ۳ بالاتر به دست آمد ($P < 0.05$). مقدار سختی آب به بستر جریان آب در سطح زمین و زیر زمین بستگی دارد. آب های نواحی آهکی سختی آب زیادتری نسبت آب های

در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۵ NTU) و استاندارد ملی ایران (۱ NTU) بالاتر بود^{۳۴،۳۵}. کدورت بسیار بالای آب رودخانه اعلاء در فصل زمستان می تواند به دلیل بارش باران و شرایط نامساعد جوی در این اکوسیستم باشد. همچنین احتمالاً در دو فصل زمستان میزان قیر ورودی از چشمه های ماماتین بالا بوده است. کدورت و TDS دو پارامتر مهم کیفیت آب رودخانه می باشند که به دلیل بالا بودن در آب رودخانه ارس^{۳۳} و آب رودخانه Yamuna در کشور هند^{۲۸} کیفیت نامناسب آب گزارش شده است.

هدایت الکتریکی در واقع املاح محلول موجود در آب را نشان می دهد^{۳۶}. در این تحقیق دامنه مقادیر هدایت الکتریکی در آب رودخانه اعلاء ۲۱۹۰-۱۵۲۲ میکروموس بر سانتی متر به دست آمد که با توجه به استاندارد هدایت الکتریکی (۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر)، به نظر می رسد این آب برای آشامیدن و مصارف کشاورزی مناسب نیست^{۳۹}. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر اساس میانگین مربعات و مجموع مربعات داده ها نشان داد در آب رودخانه اعلاء اختلاف معنی داری در غلظت pH، هدایت الکتریکی، BOD، DO، TSS، فسفات، سختی کل و کدورت مشاهده نشد ($P > 0.05$). تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب رودخانه را می توان به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت دانست. رودخانه اعلاء در پایین دست رودخانه های دیگر نظیر رود تلخ و رود زرد در منطقه نیمه گرمسیری قرار دارد، بنابراین میزان بارندگی و تبخیر به دلیل تفاوت در عرض جغرافیایی می تواند بر مقادیر پارامترهای کیفی آب موثر باشد^{۳۰}.

پارامترهای شیمیایی BOD، COD و DO به ترتیب در دامنه ۲۱/۳۷-۲/۰۶ ppm، ۷۳-۷ ppm و ۱۲-۲ ppm در آب رودخانه اعلاء گزارش شدند. معمولاً در رودخانه های بکر و دست نخورده انسان مقادیر BOD کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر است، اما در رودخانه هایی با آلودگی متوسط مقدار BOD در محدوده ۲ تا ۸ میلی گرم در لیتر می باشد. اگر مقادیر BOD رودخانه ای بیشتر از ۸ میلی گرم در لیتر

نواحی سنگی و ماسه ای دارند. سختی آب در طول زمان نیز تغییرپذیر است. معمولاً سختی آب سطحی در فصل باران، در زمان کم آبی و فصول گرم و خشک، زیادتیر می‌شود^{۳۳،۳۴}. سنگ‌هایی از نوع مارن و گچ نیز در حوضه مورد مطالعه وجود دارد که فرسایش سنگ‌های مارنی منجر به تولید ذرات ریزدانه رسی و سیلتی می‌شود. فرسایش سنگ‌های گچی که عمدتاً از نوع شیمیایی است منجر به تولید املاح گچی می‌گردد که این املاح در ایجاد تغییراتی در کیفیت آب رودخانه مؤثر است. همچنین فرسایش شیمیایی سنگ‌های آهکی نیز باعث افزایش میزان مواد آهکی در آب‌های رودخانه اعلاء می‌گردد^{۳۵}.

دامنه غلظت نیترات و فسفات در آب رودخانه اعلاء به ترتیب ۳/۹۸-۰/۲۵ میلی گرم بر لیتر و ۴/۲۸-۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد که در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار و جهانی فائو (نیترات و فسفات ۱۰ و ۲ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد ملی ایران (نیترات و فسفات ۵۰ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر) میزان فسفات بالاتر بود اما میزان نیترات پایین تر مشاهده شد. نیترات و فسفات آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان در ایستگاه ۵ در پایین دست رودخانه بالاتر از بالادست رودخانه بود. نیترات و فسفات دو ترکیب مهمی هستند که توسط کودهای شیمیایی ایجاد و موجب آلودگی محیط از جمله منابع آب می‌شوند. در بررسی رودخانه زاینده رود با توجه به اینکه بخش عظیمی از ترکیبات فسفات و ازته توسط رواناب و زهکش کشاورزی وارد می‌شود، می‌توان انتقال مقدار زیادی از این ترکیبات را به پایین دست رودخانه و تالاب گاوخونی انتظار داشت^{۳۶} که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. عمده منابع ورود فسفر به محیط‌های آبی، پساب‌های خانگی به خصوص از طریق شوینده‌ها، کودهای شیمیایی ورودی به آب‌های برگشتی و پساب کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و بقایای حیوانی و گیاهی می‌باشند^{۳۷}. فاضلاب‌های شهری، صنعتی و آب‌های برگشتی از طریق زهکش‌های کشاورزی، بقایای حیوانی و گیاهی منابع عمده فسفر وارد

شده به محیط‌های آبی هستند^{۳۸}. همچنین بهره‌برداری زیاد، فعالیت شدید کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، بارندگی نسبتاً زیاد، آبیاری بی‌رویه و در مواردی تراکم جمعیت همه از عواملی هستند که می‌توانند سبب آلودگی نیترات و فسفات آب رودخانه ها شود^{۳۹}.

در فصل زمستان پارامترهای هدایت الکتریکی و TDS در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ($P < 0/05$) و COD و TSS در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء به دست آمدند ($P < 0/05$). افزایش مقادیر هدایت الکتریکی می‌تواند ناشی از تأثیر تبخیر آب رودخانه و نیز ورود جریان‌های آلوده کننده باشد (ستاری و همکاران، ۱۴۰۲). نیترات، فسفات و pH آب رودخانه اعلاء در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل زمستان اختلاف معنی-داری نداشتند ($P > 0/05$) و دو پارامتر BOD و DO در ایستگاه اول بالاتر از سایر ایستگاه‌های رودخانه اعلاء بودند ($P < 0/05$). در فصل تابستان بالاترین مقادیر pH، DO و فسفات به ترتیب در ایستگاه ۱، ایستگاه ۴ و ایستگاه ۵ به دست آمد ($P > 0/05$). هدایت الکتریکی، شوری، COD، BOD و TDS در ایستگاه ۵ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ($P < 0/05$). همچنین سختی کل و کدورت در ایستگاه ۳ و TSS در ایستگاه ۴ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ($P < 0/05$). بالا بودن غلظت پارامترها در ایستگاه ۱ را می‌توان به دلیل جهت جریان آب و انتقال آلاینده از محیط بالادست رودخانه به پایین دانست و بالا بودن غلظت پارامترها در ایستگاه‌های ۴ و ۵ رودخانه را می‌توان به علت مزارع کشاورزی و استفاده از کودهای آلی و معدنی و زهکش‌های ناشی از مزارع کشاورزی دانست^{۴۰}. بالا بودن کدورت آب در ایستگاه ۳ می‌تواند به دلیل ورود قیر و رنگ تیره آن در محل تلاقی رودخانه تلخ با رودخانه اعلاء باشد. همچنین بالا بودن غلظت پارامتر TDS در ایستگاه ۵ می‌تواند به دلیل ورود آلاینده‌های خانگی و کشاورزی و پسماندهای مختلف از بالادست تا پایین‌دست رودخانه

ترکیبات نفتالن، پیرن، بنزوپیرن، فلورین، فنانتین، آنتراسن، اسنفتن، اسنفتالن و فلورانتین در آب پایین تر از حد مجاز استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است. اما با توجه به ورود عینی ترکیبات نفتی در آب و وجود آثار آن در بدنه رودخانه احتمال اینکه نوع ترکیبات نفتی با آنچه در این تحقیق بوده متفاوت است و اصول درست کار، این است که از ابتدای کار از برش نفتی آن محل اطلاع حاصل می شد و سپس به دنبال وجود آن ترکیبات تحقیق و آنالیز انجام داده می شد^{۳۱}. همچنین در مطالعه دیگری بر روی کیفیت آب رودخانه زرد، تلخ و اعلاء پژوهشگران گزارش کردند که شاخص کیفیت آب در ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری نداشتند^{۳۲}.

نتیجه گیری

مقادیر کدورت، سختی کل، هدایت الکتریکی، فسفات، TDS، BOD و COD آب رودخانه اعلاء در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران بالاتر بود، اما مقادیر نیترات و pH در آب رودخانه اعلاء در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران پایین تر به دست آمد. با توجه به مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی می توان چنین بیان کرد که آب رودخانه اعلاء برای مصارف کشاورزی، باغبانی، آبیزی پروری و خانگی مناسب می باشد، اما برای مصرف آشامیدنی مناسب نمی باشد. با توجه با نتایج این تحقیق پیشنهاد می گردد آلودگی فلزات سنگین در فصول مختلف سال در آب، رسوبات، ماهیان و گیاهان آبی رودخانه اعلاء بررسی شود. همچنین با توجه به وجود منشا قیر در رودخانه اعلاء ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک و آلفاتیک آب، رسوبات و ماهیان بررسی شود. با توجه به وجود مزارع کشاورزی متعدد در حاشیه رودخانه اعلاء، سموم علف کش و آفت کش موجود در آب و ماهیان بررسی شود.

باشد^{۳۱}. بررسی ها نشان داده است از نظر مکانی در ایستگاه های مورد بررسی به طرف پایین دست رودخانه ارتکند شهر مشهد، افزایش پارامترهای BOD و COD در سطح یک درصد معنی دار است. ضمناً کاهش میزان اکسیژن محلول از نظر زمانی یعنی در فصول مختلف سال در سطح یک درصد معنی دار می باشد^{۳۲} که نتایج پارامترهای COD، BOD و DO در آب رودخانه اعلاء در فصل زمستان و تابستان را تایید می کند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد که میانگین غلظت شوری (P-value=۰/۰۲۱)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) (P-value=۰/۰۰۴)، اکسیژن محلول (DO) (P-value=۰/۰۴۳) (TDS)، کل املاح محلول (P-value=۰/۰۳۵۵)، مواد جامد معلق (TSS) (P-value=۰/۰۰۲)، فسفات (P-value=۰/۰۰۵)، کدورت (P-value=۰/۰۲۲) و سختی کل (P-value=۰/۰۱۴) آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری داشت (P<۰/۰۵). میانگین مقادیر اسیدیته (pH) (P=۰/۲۷۵)، هدایت الکتریکی (EC) (P-value=۰/۸۲۲)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) (P-value=۰/۳۵۵) و نیترات (P-value=۰/۰۶۴) در آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری نداشت (P>۰/۰۵). پارامتر BOD در فصل تابستان در دو ایستگاه ۴ و ۵ بالاتر از فصل زمستان بود. علت این مسئله پایین بودن سطح ورودی آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان می باشد که به سمت پایین دست رودخانه به علت ورود آلاینده های مختلف پارامترهای کیفی کاهش می یابند^{۳۳}. نتایج حاصل از بررسی داده ها بر روی رودخانه سیمره نشان داد که افزایش غلظت پارامترهای اندازه گیری شده بر اثر ورود پساب های کشاورزی ناشی از زمین های حاشیه رودخانه به آن می باشد و همچنین غلظت آلاینده ها در فصول پر باران کاهش و در فصول خشک افزایش می یابد. در تحقیقی غلظت هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای در آب های سطحی رودخانه اعلاء بررسی شدند که نتایج نشان داد مقادیر

سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز با عنوان " بررسی آلودگی فلزات سنگین ناشی از پوشش قیر در چشمه

قیر ماماتین بر روی رودخانه اعلاء" استخراج شده است. نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی و همه همکاران و اساتید گرامی که در مراحل مختلف انجام این تحقیق همکاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

- Kanwal H, Raza A, Zaheer MS, Nadeem M, Ali HH, Manoharadas S, Rizwan M, Kashif MS, Ahmad U, Ikram K, Riaz MW. Transformation of heavy metals from contaminated water to soil, fodder and animals. *Scientific Reports*. 2024;14(1):11705.
- Gill JC, Mankelov J, Mills K. The role of Earth and environmental science in addressing sustainable development priorities in Eastern Africa. *Environmental Development*. 2019;30:3-20.
- Konapala G, Mishra AK, Wada Y, Mann ME. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature communications*. 2020;11(1):3044.
- Tortajada C. Contributions of recycled wastewater to clean water and sanitation Sustainable Development Goals. *NPJ Clean Water*. 2020;3(1):22.
- Sdiri A, Pinho J, Ratanatamskul C. Water resource management for sustainable development. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018;11:1-2.
- Kummu M, Guillaume JH, de Moel H, Eisner S, Flörke M, Porkka M, Siebert S, Veldkamp TL, Ward PJ. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific reports*. 2016;6(1):1-6.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY. Four billion people facing severe water scarcity. *Science advances*, 2 (2), e1500323.
- Boretti A, Rosa L. Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water*. 2019;2(1):15.
- Sharma R, Agrawal PR, Kumar R, Gupta G. Current scenario of heavy metal contamination in water. *Contamination of Water*. 2021:49-64.
- Saita S, Pan-Ngum W, Phuanukoonnon S, Sriwichai P, Silawan T, White LJ, Parker DM. Human population movement and behavioural patterns in malaria hotspots on the Thai-Myanmar border: implications for malaria elimination. *Malaria Journal*. 2019;18:1-4.
- Zacharia JT. Degradation pathways of persistent organic pollutants (POPs) in the environment. *Persistent organic pollutants*. 2019:17-30.
- Zaidi Z, Siddiqui SI, Fatima B, Chaudhry SA. Synthesis of ZnO nanospheres for water treatment through adsorption and photocatalytic degradation: modelling and process optimization. *Materials Research Bulletin*. 2019;120:110584.
- Fatima B, Siddiqui SI, Nirala RK, Vikrant K, Kim KH, Ahmad R, Chaudhry SA. Facile green synthesis of ZnO-CdWO₄ nanoparticles and their potential as adsorbents to remove organic dye. *Environmental Pollution*. 2021;271:116401.
- Alam R, Ahmed Z, Howladar MF. Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100311.
- Prakash BO. Health risks of potentially toxic metals contaminated water. *Heavy Metal Toxicity in Public Health; Kanayochukwu Nduka, J., Nageeb Rashed, M., Eds. 2020. 63 P.*
- Abdulla NK, Siddiqui SI, Fatima B, Sultana R, Tara N, Hashmi AA, Ahmad R, Mohsin M, Nirala RK, Linh NT, Bach QV. Silver based hybrid nanocomposite: A novel antibacterial material for water cleansing. *Journal of Cleaner Production*. 2021;284:124746.
- Flandroy L, Poutahidis T, Berg G, Clarke G, Dao MC, Decaestecker E, Furman E, Haahtela T, Massart S, Plovier H, Sanz Y. The impact of human activities and lifestyles on the interlinked microbiota and health of humans and of ecosystems. *Science of the total environment*. 2018;627:1018-38.
- Baluti H, Yaqutzaheh G.R. Classification of surface water and underground water in terms of drinking, agriculture and industry (case study of Sidon River, Alaa and Chah Golal Dopran and Seyed Behzad seepage). *Journal of Water Sciences and Engineering*, 2018;9(23):57-70. [In Persian].
- Farhadi N, Orak N, Bani Naimah, S. Investigating the causes of the change of the Alla River in Ramhormoz Alluvial Cone. The 5th National Conference on Geomorphology and Environmental Challenges, Mashhad, 2017;5 p. [In Persian].
- Khazimanejad H, Khademi Kh, Rezanian AR., Sabzivand, Sh. Use of roller concrete technology in the construction of river breakwaters, case study: Alaa river organization plan in Khuzestan. 9th International Seminar on River Engineering, Ahvaz, 2012;9 pages. [In Persian].
- Taghipour Sh, Hasanzadeh M, Hosseini Sarqin, S. Introduction of flora, biological form and geographical distribution of Ala and Rudozard region of Khuzestan province. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 2011;3(9):15-30. [In Persian].
- Baird R, Rice E, Eaton A. Standard methods for the examination of water and wastewaters. *Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association*. 2017;1:71-90.
- Nasralehzadeh Saravi H, Ramin M, Vahedi F, Kharek A, Dostdar M. Determining parameters affecting water quality of Ares River by principal component test method. *Caspian Sea Aquatic Journal*, 2017;7: 1-10. [In Persian].
- Aghaei M, Heshmatpour A, Qare Mahmudlou M, Seyedian, S.M. Checking the water quality of Chehalchai river using IRWQIsc index. *Environmental Science and Technology Quarterly*, 2019;22 (5):166-153. [In Persian].
- Alam MG, Jahan N, Thalib L, Wei B, Maekawa T. Effects of environmental factors on the seasonally change of phytoplankton populations in a closed freshwater pond. *Environment International*. 2001;27(5):363-71.
- Tiwari A, Chauhan SV. Seasonal phytoplanktonic diversity of Kitham lake, Agra. *Magnesium*. 2006;7(17.5):8-5.
- Beamud SG, Diaz MM, Bacalá NB, Pedrozo FL. Analysis of patterns of vertical and temporal distribution of phytoplankton using multifactorial analysis: Acidic Lake Caviahue, Patagonia, Argentina. *Limnologia*. 2010;40(2):140-7.
- Gupta N, Yadav KK, Kumar V, Singh D. Assessment of physicochemical properties of Yamuna River in Agra City. *International Journal of ChemTech Research*. 2013;5(1):528-31.

29. Vesali Naseh MR, Noori R, Berndtsson R, Adamowski J, Sadatipour E. Groundwater pollution sources apportionment in the Ghaen Plain, Iran. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(1):172.
30. Shafii Mutalq Kh, Por Hemmat J, Sedqi H, Hosseini M. Investigating the impact of land use changes on the water quality of Maron River using RS and GIS. *Environmental Geology Quarterly*, 2015;9(31): 86-69. [In Persian].
31. Barati Gandamkar P, Hassounizadeh H, Hosseini Zare N, Saadat, N. Investigating oil pollution in Ala and Talkhab rivers, Ramhormoz city. 9th International Seminar on River Engineering, Ahvaz, 2013; 8 pages. [In Persian].
32. Ghasemian N, Ghasemian M.A. Investigating the water quality of Ala Ramhormoz river based on water quality indicators (W.Q.I) and GIS system. The second national conference on water and hydraulic structures, Dezful, 2018; 7 P. [In Persian].
33. Shirvani Mahdavi A, Pasdar, H. Investigating the physicochemical parameters and heavy elements in Jajrud river water in Parchin area. *Journal of Marine Science and Technology Research*, 2010;5 (2): 1-14. [In Persian].
34. Bab Al-Hakmi A, Gholami Sefid Kohi M.A. Analysis of Talar river water quality using multivariate techniques. *Watershed Management Journal*, 2018; 9 (18): 259-250. [In Persian].
35. Studies on the organization plan of the Ala River. 2008. Geological and morphological studies report. The fourth volume. Ministry of Energy, Water and Electricity Organization of Khuzestan Province, Arvand Green Consulting Engineering Company. 97 p. [In Persian].
36. Rahmani H.R, Mamanposh A.R. Investigating the situation of nitrates and phosphates in the Zayandeh River. 10th Congress of Soil Sciences of Iran, Karaj. 2007; 9 P. [In Persian].
37. Agbazue VE, Ekere NR, Shaibu Y. Assessment of the levels of phosphate in detergents samples. *International Journal of Chemistry Science*, 2015;13(2):771-85.
38. Tyrrell T, Law CS. Low nitrate: phosphate ratios in the global ocean. *Nature*. 1997;387(6635):793-796.
39. Isiuku BO, Enyoh CE. Pollution and health risks assessment of nitrate and phosphate concentrations in water bodies in South Eastern, Nigeria. *Environmental Advances*. 2020;2:100018.
40. Ebrahimian Najafabadi M, Ildurmi A, Mortazavi S, Mohammadi Manesh A. Investigating water quality parameters of Gamasiab river in Kermanshah province. 7th National Conference and 5th International Conference on Environmental Sciences, Agriculture and Natural Resources, Hamadan, 2022;9 pages. [In Persian].
41. Khalili R, Parvinnia M, Zali, A. Evaluation of water quality of Garmarood River using National Health Foundation Water Quality Index (NSFWQI), River Pollution Index (RPI) and Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI). *Journal of Environmental and Water Engineering*, 2020; 6(3): 284-274. [In Persian].
42. Bagharian Kalat A, Lashkaripour G.R, Ghafouri M, Hafzi Moghads N, Ghazanchian G, Ghafourian R. Investigating spatial and temporal changes in the water quality of the Artakand River caused by the effluent of fish farms. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 2013;5(4): 254-243. [In Persian].