Research Paper

Investigation and Analysis of the Impact of Urban Area (Amol City) on Water Quality of the Haraz River Based on Qualitative Standard Indicators

Fateme Akhtar[1], Ramin Fazloula[2*], Abdollah Darzi Naftchali [3], Farhad Mashhadi Kholerdi[4]

1. Graduate Student of Water Resources Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
3. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
4. M.Sc. in Analytical Chemistry, Regional Water Company of Mazandaran Province.

Received: 2017/05/09
Revised: 2020/08/25
Accepted: 2020/11/15

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2021.17270.2016

Keywords:
Precipitation,Physicochemical parameters, River discharge, Water quality indicators.

Abstract

Introduction: Water quality is naturally controlled by a variety of chemical, physical and biological processes. Despite the influence of rivers on the natural conditions of the environment, the stresses resulting from human behaviors also cause a significant impact. The aim of this study was to investigate the urban area on river water quality.

Methods: So far, no research related to the study of the effect of urban area on water quality of Haraz River has been reported. Therefore, in the present study, water quality of Haraz River in urban area using various water quality indicators and the amount of lead in the samples taken from certain sections at the entrance and exit of the city has been studied and analyzed.

Findings: Findings showed that all samples in the NSFWQI index were in the average range, which indicates the average quality of the river. In almost all samples, the water quality of section one was better than the quality of water in section two, which indicates the negative effect of urbanization around the river. Most samplings in the Oregon quality index were in the weak range, which posed a serious threat to river water pollution. In the Wilcox quality index of all measurements, water samples are in class C2S1. This series of waters can be used for almost all soils and plants that tolerate moderate salinity and normal levels. They have irrigated. The range of lead changes in all cases was less than the allowable range of drinking water 0.01 mg / l, which indicates the need for treatment of river water with these conditions.

Citation: Akhtar F, Fazloula R, Darzi Naftchali A, Mashhadi Kholerdi F. Investigation and Analysis of the Impact of Urban Area (Amol City) on Water Quality of the Haraz River Based on Qualitative Standard Indicators. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14(49): 1- 12.

***Corresponding author:** Ramin Fazloula
Address: Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, sari, Iran
Tell: +989112549150
Email: ramifazl@yahoo.com & r.fazloula@sanru.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Water is a vital commodity, both to sustain life and for the global economy. Surface water plays a very important role in water supply across the world. The surface water quality is very sensitive and critical issue in many countries. Anthropogenic influences as well as natural processes degrade surface waters and impair their use for drinking, industry, agriculture, recreation and other purposes. Changes in water quality can have a detrimental effect on rivers. The index allows users to easily interpret data and relate overall water quality variation to variations in specific categories of impairment. The water quality index (WQI) has been considered as one criterion for drinking water classification, based on the use of standard parameters for water characterization. The index is a numeric expression used to transform large quantities of water characterization data into a single number, which represents the water quality level. Dissolved oxygen, pH, biochemical oxygen demand (BOD), temperature, suspended solid, and turbidity were used as the parameters of water quality indices. Water quality denotes its fitness for a specific purpose and is determined by sort and quantity of dissolved substances.

In March 2012 the global population exceeded 7 billion people for the first time, representing a doubling of the global population in less than 50 years. It is estimated that more than 55% of the global population live in cities and that 394 of the world's cities have a population that exceeds 1 million inhabitants. The generation of runoff from urban surfaces can carry a suite of contaminants including heavy metals, major nutrients (e.g., sodium, nitrate and phosphorus), litter and rubber residue from roads. More recent efforts have addressed the sources, fluxes and fate of more complex pollutants such as microbial contaminants, synthetic chemicals, pesticides and pharmaceuticals. In developing countries, there remains a considerable threat from untreated wastewater discharging directly into natural streams, exhibiting a profound impact on aquatic integrity.

Materials and Methods

In this study, by selecting two sections on Haraz River at the entrance and exit of the city, the impact of the urban area on the quality of the river is investigated. In twenty periods from January 2015 to September 2016, sampling of Haraz river water was performed in two stages, ten of which were related to before and ten periods were related to the condition of the river after rainfall. Qualitative WQI, OWQI and Wilcox indices were examined. The parameters studied in this study include Sulfate, electrical conductivity, sodium, magnesium, potassium, calcium, phosphate, nitrate, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, fecal coliform, total hardness, soluble solids, turbidity, pH, temperature and lead. With the results obtained from the samples, they were recorded in Excel software and the related items were drawn. SAS 9.1.3 software was used for data analysis.

Findings

The WQI calculated during the sampling was in the average range of 50-70, which indicates the average quality of the river. Changes in Oregon quality index calculated in the studied samples were in the weak range in most of the samples, which was a serious threat to river water pollution. Wilcox quality index in all measurements is water samples in class C2S1 that this series of water can be used for almost all soils and plants that tolerate moderate salinity and normal Irrigation range of lead in the studied sample was between 1-0.2 micrograms per liter, which in all cases is less than the allowable range of 0.01 mg / liter of drinking water. According to the analysis of variance of the studied qualitative parameters, although the water pollution of Haraz river occurred in this period, but its amount was not significant and the river can be treated. It has maintained itself and kept the concentrations constant to an acceptable level.

Discussion

According to the study, the cause of pollution from the upper part of the city due to the presence of sand mines and fish farms and

Haraz main road and landfill is much more than the city limits, which means that the city of Amol had no significant impact on water quality and to improve water quality, the upstream contaminant must first be eliminated. Also, when the river flow is high, the concentration of pollution decreases, but in summer, when the river flow is very low, the concentration of pollution increases, and also in the hot season, the recreational use of the river banks increases and travel increases due to the coastal road. They cause more pollution around Haraz.

Conclusion

According to studies, the cause of pollution in Haraz River is upstream human factors and urbanization has not had a significant impact. Quality control of fish farms, etc. With environmental control around the river, the quality of the river can be directed in a positive direction.

Ethical Considerations compliance with ethical guidelines

All the data required for this study were measured and sampled by the first author from the studied river and the quality samples collected were analyzed in water laboratory of Mazandaran Regional Water Company and Amol Health Center.

Funding

Since the present article is taken from the master thesis of the first author of this article, so part of the costs of the present study is covered by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University and part is covered by the authors of the article.

Authors' contributions

Design and ideation: Ramin Fazloula
Methodology and data analysis: Fatemeh Akhtar
Final supervision and writing: Fatemeh Akhtar, Ramin Fazloula, Abdollah Darzi Naftchali, Farhad Mashhadi Khalardi

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

بررسی و تحلیل تأثیر وجود منطقه‌ی شهری (شهر آمل) بر کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص‌های استاندارد کیفی

فاطمه اختر، رامین فضل‌اولی*[۲]، عبداله درزی نفت چالی[۳]، فرهاد مشهدی خلردی[۴]
۱. دانش‌آموخته مقطع کارشناسی‌ارشد در رشته مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعی ساری.
۲. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعی ساری.
۳. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعی ساری.
۴. کارشناس ارشد، شیمی تجزیه، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۸
تاریخ داوری: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲٤

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI: 10.30495/wej.2021.17270.2016

واژه‌های کلیدی:
بارندگی، پارامترهای فیزیکوشیمیایی، دبی رودخانه، شاخص‌های کیفی آب.

چکیده

مقدمه: کیفیت آب توسط فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی متنوعی به طور طبیعی کنترل می‌شود. علی‌رغم تاثیرپذیری رودخانه‌ها از شرایط طبیعی محیط، تنش‌های حاصل از رفتارهای انسانی نیز تاثیرگذاری معناداری را سبب می‌شوند. تحقیق حاضر با هدف بررسی منطقه شهری بر کیفیت آب رودخانه انجام گرفت.

روش: تا کنون پژوهشی مرتبط به بررسی اثر منطقه‌ی شهری بر کیفیت آب رودخانه‌ی هراز گزارش نشده است به همین دلیل در مطالعه‌ی حاضر کیفیت آب رودخانه هراز در منطقه‌ی شهری با استفاده از شاخص‌های متعدد کیفی آب و نیز مقدار سرب موجود در نمونه‌های برداشت شده از مقاطع معین شده در ورودی و خروجی شهر ، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌است

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش نشان داد تمام نمونه‌برداری‌ها در شاخص NSFWQI در محدوده‌ی متوسط قرارداشتند که نشان دهنده‌ی وضعیت کیفی متوسط رودخانه می‌باشد. تقریبا در اکثر نمونه‌برداری‌ها کیفیت آب مقطع یک بهتر از کیفیت آب در مقطع دو بود که نشان دهنده‌ی اثر منفی شهر نشینی در اطراف رودخانه می‌باشد. اکثر نمونه‌برداری‌ها در شاخص کیفی اورگان محدوده‌ی ضعیف بود که تهدید جدی برای آلودگی آب رودخانه بود. در شاخص کیفی ویلکوکس تمامی اندازه‌گیری‌ها نمونه‌های آب در کلاس C2S1 قرارگرفته که این سری از آب‌ها را می‌توان تقریبا برای تمام خاک‌ها مورد استفاده قرار داد و گیاهانی را که تحمل شوری متوسط و در حد متعارفی دارند، آبیاری نمود. محدوده‌ی تغییرات سرب نیز در همه موارد کمتر از محدوده‌ی مجاز آب شرب ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که بیان‌گر نیاز به تصفیه آب رودخانه با این شرایط را نداشت.

نتیجه‌گیری: براساس پژوهش انجام شده در فصل‌هایی که دبی رودخانه بالا باشد غلظت آلودگی کمتر شده و همچنین شهرنشینی و عوامل انسانی تاثیر بر آلودگی رودخانه داشته و اگر این روند ادامه پیدا کند پایین آمدن کیفیت آب رودخانه دور از انتظار نخواهد بود. استفاده تفریحی از رودخانه با توجه به شاخص کیفی اورگان امکان‌پذیر نمی‌باشد. استفاده کشاورزی از آب رودخانه در پایین دست شهر بلامانع است.

* **نویسنده مسئول:** رامین فضل‌اولی
نشانی: گروه مهندسی زراعی، دانشکده آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
تلفن: ۰۹۱۱۲۵۴۹۱۵۰
پست الکترونیکی: raminfazl@yahoo.com & r.fazloula@sanru.ac.ir

مقدمه

آب یک منبع بنیادی و جدایی‌ناپذیر برای تمام فرایندهای زیست‌محیطی و اجتماعی است. اولویت اول بسیاری از دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی، دسترسی به آب آشامیدنی سالم و کافی می‌باشد زیرا جز اصلی مراقبت‌های بهداشتی اولیه و جزیی اساسی از توسعه انسانی به عنوان یک پیش‌شرط مهم برای موفقیت بشر، در مقابله با گرسنگی، فقر و مرگ است.

میزان جمعیت جهان و رشد سریع شهرنشینی به یک مساله مهم در جهان به خصوص در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است (۲۷). سرعت رشد جمعیت در شهرها این وحشت را ایجاد کرده است که نرخ مسایل وابسته به بهداشت در مقابل سرعت رشد جمعیت، بسیار کم و این مورد سرانه آب سالم و قابل‌دسترسی برای مردم در آینده را با خطر مواجه می‌کند. رودخانه‌ها ازجمله اکوسیستم‌های مهم آبی هستند که به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد اکولوژیک اهمیت به سزایی از لحاظ کشاورزی، زیست‌محیطی، شیلات، اقتصادی و غیره دارند زیرا این اکوسیستم‌ها با سرچشمه گرفتن از نواحی مرتفع و عبور از نواحی جلگه‌ای و در نهایت ورود به تالاب‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها مناطق وسیعی را تحت تاثیر قرار داده، ضمن این‌که خود نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۶).

کیفیت آب توسط فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی متنوعی به طور طبیعی کنترل می‌شود. علی‌رغم تاثیرپذیری رودخانه‌ها از شرایط طبیعی محیط، تنش‌های حاصل از رفتارهای انسانی نیز تاثیرگذاری معناداری را سبب می‌شوند. زمینه‌های کاربردی زیاد رودخانه‌ها، آن‌ها را به عنوان ابزارهای مهم بهره‌برداری انسانی قرار داده است. کیفیت آب سطحی به طور مکانی و زمانی با فرایندهای تاثیرگذار تغییر می‌کند و نزدیک‌ترین نواحی به رودخانه تاثیر زیادی بر کیفیت آب آن دارند. از سوی دیگر، شرایط زیست‌محیطی نزدیک به رودخانه به عنوان عامل اصلی در مدل‌سازی‌های کیفی آب به کار نرفته است. این نواحی به عنوان ناحیه انتقالی بین اکوسیستم‌های خشکزی و آبزی در نظر گرفته می‌شوند و نقش بارزی در شار انرژی و مواد مغذی بین این دو سیستم دارند. تنوع فصلی در کیفیت آب در نتیجه‌ی فعل‌وانفعالات بین بسیاری از فرایندهای ناشی از تغییرات فصلی در آب و هوا است. رواناب سطحی بر تغییرات در کیفیت آب موثر است (تغییراتی مانند مواد مغذی و اسیدیته). علاوه بر این، دوره‌های دارای دبی کم و دبی زیاد بر کیفیت آب اثر می‌گذارد (۲۹). آگاهی از کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آن‌ها می‌باشد. (۲۸). امروزه جهت پایش و کنترل کیفی آب‌های سطحی از شاخص‌های کیفی آب استفاده می‌شود. شاخص‌های کیفی با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول زمان و مکان نشان می‌دهند و مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید می‌باشند مشخص و منابع آب را مدیریت نمود. از جمله شاخص‌های کیفی شناخته شده می‌توان به شاخص‌هایی همچون: Wilcox، OWQI[1]، NSFWQI[2] و CWQI[3] اشاره نمود (۱۸).

آلودگی آب در دهه‌های اخیر تبدیل به یک تهدید جدی و در حال گسترش برای جامعه انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی شده به طوری که برای مثال هرساله میلیون‌ها نفر در کشورهای فقیر در اثر آلودگی آب از بین می‌روند. این موضوع نیاز درک بهتری از تغییرات زمانی و مکانی آلودگی سیستم‌های آبی را افزایش می‌دهد. با توجه به اهمیت و ضرورت این موضوع، پژوهش‌های مختلفی در سراسر جهان انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

محسنی و یوسفی (۲۰۱۳) در تحقیقی اثرات ورود فاضلاب صنعتی، خانگی، پرورش ماهی و کشاورزی بر وضعیت زیست‌محیطی رودخانه هراز را بررسی کردند. در این پژوهش از هشت ایستگاه از سرچشمه رودخانه هراز تا خروجی آن به دریا در دو فصل بهار و زمستان نمونه‌برداری انجام شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی کدورت بسیار بالا در ایستگاه‌های پایین‌دست بود و غلظت کلی فرم مدفوعی و BOD در فصول خشک میزان بیشتری داشته است(۲۴). وفاخواه و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با بررسی ارتباط بین پارامترهای مختلف شیمیایی کیفیت آب (هدایت الکتریکی، مجموع املاح محلول، نسبت جذب سدیم و سختی کل آب) با دبی رودخانه هراز در چندین ایستگاه، با استفاده از تحلیل رگرسیونی در نرم‌افزار SPSS[4] مورد بررسی قراردادند و کیفیت آب این رودخانه‌ها را برای شرب و کشاورزی ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق نشان‌گر آن بود که در اکثر موارد رابطه بین پارامترهای شیمیایی آب و دبی در حالت لگاریتمی معنی‌دار بوده و از نظر کیفیت آب برای شرب، آب رودخانه هراز در ایستگاه کره‌سنگ جزو آب‌های باکیفیت خوب و در رودخانه نمارستاق، ایستگاه پنجاب باکیفیت خوب تا قابل‌قبول بوده و کیفیت آب این ایستگاه‌ها از نظر کشاورزی خوب بوده است(۱۹). یعقوب زاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت میکروبی آب‌های سطحی رودخانه هراز و شاخص‌های میکروبی کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی پرداختند. در این مطالعه ۸۴ نمونه از آب‌های سطحی رودخانه هراز، از هفت ایستگاه در طی یک سال برداشته شد و در آن کل کلیفرم‌ها و کلیفرم مدفوعی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین لگاریتم تعداد کل کلیفرم‌های آب‌سطحی و تعداد کلیفرم مدفوعی به‌ترتیب متعلق به ایستگاه‌های سرخرود و لاسم بوده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که جمعیت کلیفرم‌های ایستگاه سرخرود بسته به تغییرات فصلی، زمان و مکان نمونه‌برداری متفاوت بوده است و همچنین از نظر کیفی آب رودخانه هراز در سطح پایینی بوده و جهت مصارف انسانی مناسب نبود(۳۰).

بوک و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی به بررسی اثرات کاربری اراضی بر کیفیت رودخانه‌ها در حوضه‌های کشاورزی پرداختند. نتایج نشان دهنده‌ی این بود که در رودخانه‌های بزرگ، کاربری‌های بالادست تاثیرگذار بوده، در حالی که در رودخانه‌های کوچک‌تر، کاربری‌های محلی و سایر عوامل ممکن است موثر باشند. این تاثیر در مقیاس زمانی

[1] Oregon Water Quality Index
[2] National Sanitation Foundation Water Quality Index
[3] Canadian Water Quality Index
[4] Statistical Package for the Social Sciences

و مکانی بیانگر این است که طرح‌های نظارت آب نیاز به حساسیت بسیاری در بعد زمان و مکان دارند(۲۱). دبلز و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی رودخانه چیلان در مرکز شیلی که به‌عنوان یک منبع آبیاری و آب آشامیدنی و یک مخزن برای فاضلاب شهری نقش اساسی در جامعه محلی ایفا می‌کند پرداختند. در این پژوهش، با ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب‌های سطحی در حوضه، برای محاسبه شاخص کیفیت آب (WQI) از نه پارامتر فیزیکی و شیمیایی، در ۱۸ ایستگاه (ژانویه تا نوامبر ۲۰۰۰) نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه‌های بالا و وسط حوضه کیفیت آب خوب است. پایین‌دست شهر چیلان عمدتا به دلیل اثرات تخلیه فاضلاب شهری، شرایط کیفیت آب در طول فصل خشک ضعیف است(۲۳). روچا و همکاران (۲۰۱۵) برای طبقه بندی مناسب آب مخزن اروس (شمال شرق برزیل)، با نمونه‌برداری از ژوییه ۲۰۰۹ تا ژوییه ۲۰۱۱ دو ماه یک بار در هفت نقطه آن، شاخص کیفی WQI را از طریق روش مولفه اصلی (PCA[5]) ارتقا داده‌اند. مقادیر میانگین برای شاخص‌های کیفی WQI در محدوده ۶۵-۴۹ (نسبتا خوب) گزارش شد که نشان دهنده‌ی قابل شرب بودن آب پس از تصفیه می‌باشد. از آن‌جایی که کمترین مقادیر برای شاخص‌های کیفی WQI در نقاط ورود به مخزن و بهترین مقادیر آن در نقاط خروج ثبت شد، این نشان دهنده‌ی توانایی تصفیه مخزن بوده است(۲۵).

مرور منابع نشان می‌دهد که تاکنون تغییرات کیفیت آب‌های سطحی از جمله رودخانه‌ها در مطالعات گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌است و نتایج مطالعات حاکی از آن است که روند کیفیت بسیار وابسته به زمان و مکان می‌باشد.

اهداف پژوهش

به علت تغییرپذیری فصلی و منطقه‌ای آب رودخانه، بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب در سطح حوضه، تبدیل به جنبه مهمی برای توصیف فیزیکی و شیمیایی محیط‌های آبی شده است. رودخانه هراز از نوع رودخانه‌های دایمی و یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز خزر می‌باشد که در مسیر خود از میان شهرستان آمل می‌گذرد با این وجود تا کنون پژوهشی مرتبط به بررسی اثر منطقه‌ی شهری بر کیفیت آب رودخانه‌ی هراز گزارش نشده است به همین دلیل در مطالعه‌ی حاضر کیفیت آب رودخانه هراز در منطقه‌ی شهری با استفاده از شاخص‌های متعدد کیفی آب و نیز مقدار سرب موجود در نمونه‌هاي مورد مطالعه، مورد بررسي و تحليل قرار گرفته‌است.

مواد و روش‌ها

رودخانه هراز

رودخانه هراز از نوع رودخانه‌های دایمی و یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز دریای خزر می‌باشد. حوضه آبریز هراز در شمال ایران- استان مازندران و در بخش شمالی سلسله جبال البرز در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. مساحت حوضه آبریز هراز برابر ۴۱۷۶ کیلومترمربع و محیط آن برابر ۳۲۴ کیلومتر می‌باشد. طول شاخه اصلی رودخانه هراز ۱۸۰ کیلومتر است. این حوضه بین دو حد ارتفاعی حداقل ۱۰- متر تا حداکثر ۳۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این حوضه از نظر اقلیمی مرطوب و معتدل بوده و متوسط درجه حرارت سالانه آن ۱۴/۹درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پهنای رودخانه در مناطق کوهستانی از هشت تا ۱۸ متر و در مناطق جلگه‌ای از ۱۵ تا ۲۵ متر متغیر می‌باشد. حوضه آبریز رودخانه مرتفع و کوهستانی بوده و قسمت اعظم آن در مناطق کوهستانی واقع شده است. این حوضه دارای بارندگی متوسط ۵۵۰ میلی‌متر در دوره آبی ۳۰ ساله بوده که در بخش کوهستانی آن بیشتر بارش‌ها به صورت برف و در بخش دشتی به صورت باران است. اقلیم بخش کوهستانی آن نیمه مرطوب و در بخش دشتی آن مرطوب می‌باشد (۸).

شهر آمل

شهر آمل در موقعیت جغرافیایی ″۲۱ ′۵۲ ° طول شرقی و ″۱۵ ′۲۸ ° ۳۶ عرض شمالی قرار دارد. این شهر مرکز شهرستان آمل می‌باشد که در قسمت شمالی شهرستان بر سر راه تجارتی و گردشگری تهران به سواحل جنوبی دریای خزر از طریق محور هراز قرار دارد. فاصله این شهر تا مرکز کشور برابر ۱۸۱ کیلومتر و تا مرکز استان ۶۹ کیلومتر است. شهر آمل با ارتفاع متوسط ۷۴ متر از سطح دریا در جلگه‌ای در حد فاصل ارتفاعات البرز و دریای خزر قرارگرفته است. از نظر پستی و بلندی به استثنای بریدگی‌های مربوط به سواحل رودخانه هراز و نهرهای منشعب از آن که شهر را به دو بخش شرقی و غربی و بخش‌های فرعی دیگر تقسیم می‌نماید، اراضی شهری دارای شیب ملایمی از جهت جنوب غربی به شمال شرقی ۱/۲ درصد است. در سال ۹۱ شهر آمل دارای جمعیت ۲۸۰۶۷۶ نفر بوده که در سلسله مراتب شهری استان مازندران، شهر آمل سومین شهر پرجمعیت استان به شمار می‌آید (۱۰).

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی شهری آمل، استان مازندران

انتخاب مقاطع

با توجه به موضوع این پژوهش و بررسی و تحقیقات انجام‌شده در طول رودخانه هراز مقاطع مورد نظر انتخاب شد. به دلیل طول تقریبی هشت

[5] Principal Component Analysis

کیلومتری رودخانه در محدوده شهری، دو مقطع یکی در ورودی شهر و دیگری خروجی شهر انتخاب شده است و مختصات جغرافیایی مقاطع با استفاده از دستگاه GPS[6] مشخص شد. موقعیت مقاطع در شکل ۲ نشان داده شد.

شکل ۲- موقعیت مقاطع مورد مطالعه

نمونه‌برداری

در بیست دوره از دی ۱۳۹۴ تا شهریور ۱۳۹۵ از آب رودخانه هراز در دو مقطع که ده دوره آن مربوط به قبل و ده دوره نیز مربوط به وضعیت رودخانه پس از وقوع بارندگی بوده، نمونه‌برداری انجام شد. تاریخ‌های نمونه‌برداری به همراه میزان بارندگی در جدول ۱ ارائه شده‌است. نمونه‌گیری در زمان بارندگی زمانی انجام شد که رواناب در سطح شهر ایجاد شده بود.

جدول ۱- تاریخ‌های نمونه‌برداری و مقدار بارندگی

تاریخ		ارتفاع بارش
قبل از بارندگی	پس از بارندگی	(میلی متر)
۹۵/۶/۱۶	۹۵/۶/۱۷	۴/۶
۹۵/۴/۱۳	۹۵/۴/۱۴	۸
۹۵/۳/۷	۹۵/۳/۸	۲۸
۹۵/۲/۳۰	۹۵/۲/۳۱	۱۶
۹۵/۲/۱۷	۹۵/۲/۱۹	۲/۹
۹۵/۲/۱۰	۹۵/۲/۱۱	۲/۵
۹۵/۱/۱۶	۹۵/۱/۱۶	۲۱
۹۴/۱۱/۱۶	۹۵/۱۱/۱۹	۳/۵
۹۴/۱۱/۵	۹۵/۱۱/۶	۵/۱
۹۴/۱۰/۱۳	۹۵/۱۰/۱۴	۱۲/۲

پارامترهای مورد بررسی

کلیه‌ی نمونه‌های آب بلافاصله پس از نمونه‌برداری به آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان مازندران و مرکز بهداشت آمل انتقال داده شد. در آزمایشگاه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی نمونه‌ها تعیین شد. در جدول ۲ کلیه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری شده به همراه نحوه اندازه‌گیری آن‌ها ارائه شده‌است.

جدول ۲- واحدها و دستگاه‌های اندازه‌گیری

پارامترها	اختصارات	واحد	روش‌های تجزیه‌ای
دما	T	^0C	دماسنج الکلی
pH	pH	pH unit	دستگاهی – pH متری
کدورت	Turb	NTU	2100p-turbidmeter
مواد جامد محلول	TDS	mg/L	گراویمتری
سختی کل	TH	mg/lit/ $Ca\ CO_3$	تیتراسیونی – حجم سنجی با EDTA
کلیفرم مدفوعی	FC	MPN/100 ml	روش چند لوله‌ای
اکسیژن محلول	DO	mg/ L	صحرایی (غشایی)
نیاز اکسیژن خواهی بیوشیمیایی	BOD	mg/ L	به صورت ۵ روزه
نیترات	NO_3^{1-}	mg/L	اسپکتروفتومتری
فسفات	PO_4^{3-}	mg/L	اسپکتروفتومتری
کلسیم	Ca	mg/L	تیتراسیونی
پتاسیم	K	mg/L	روش نشر شعله ای – فلیم فتومتری
منیزیم	Mg	mg/L	تیتراسیونی
سدیم	Na	mg/L	روش نشر شعله ای – فلیم فتومتری
هدایت الکتریکی	EC	µS /cm	دستگاهی – هدایت سنجی
سولفات	$SO4^{2-}$	mg/L	اسپکتروفتومتری
سرب	Pb	mg/lit	دستگاه جذب اتمی– GBC SAVANT Σ

اندازه‌گیری دبی رودخانه

[6] Global Positioning System

در این روش، طولی از مسیر آب (L) که دارای زبری بستر، پهنا و عمق یکسان است انتخاب شد. سپس جسم شناوری (یک بطری نیمه پر از آب) را چندمتر بالاتر از شروع طول L به داخل آب پرتاپ کرده تا با رسیدن به نقطه شروع L، نظم لازم را پیدا نموده باشد و زمان لازم برای این که جسم شناور این مسیر را طی کند اندازه‌گیری شد (T). سرعت حرکت جسم شناور از تقسیم طول مسیر به زمان اندازه‌گیری شده، محاسبه شد (۱۶).

$$V=L/T \qquad (۱)$$

در ورودی شهر آمل، رودخانه از یک کانال ذوزنقه‌ای عبور می‌کند. با اندازه‌گیری سرعت و مشخصات هیدرولیکی کانال، دبی ورودی در مقطع یک را محاسبه کرده و در امتداد مسیر رودخانه دو قسمت خروجی توسط دو کانال مستطیل شکل قرار دارد که دبی هریک محاسبه شد و سپس با استفاده از قانون پیوستگی، دبی در مقاطع یک و دو محاسبه شد. مشخصات کانال‌های موجود در مسیر در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- مشخصات کانال‌ها

کانال	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)
ذوزنقه‌ای هزارسنگر	۳۸/۰۵	۸/۴۰	۳/۸۵
مستطیلی ۱	۱۱/۲۸	۵	۲
مستطیلی ۲	۲۷/۹۰	۴/۶	۱/۳۰

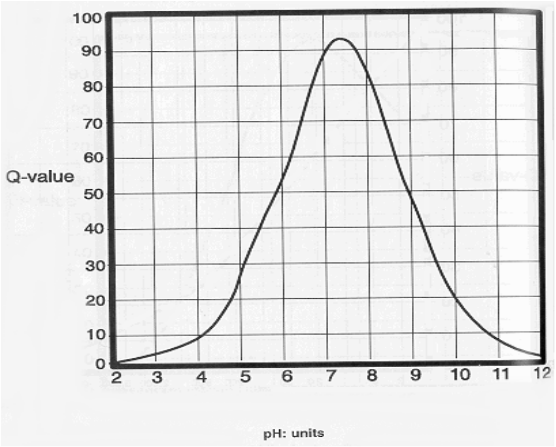
سرب

آلودگی محیط با فلزات سنگین به ویژه در محیطهای ساحلی اهمیت بیشتری دارد؛ چرا که این محیطها فلزات سنگین حمل شده به‌وسیله رودخانه‌ها را دریافت می‌کند. این فلزات سنگین هم حاصل فرسایش سنگ‌های حوضه آبریز و هم حاصل فعالیت‌های انسانی است.

سرب یکی از عناصر سمی قابل تجمع برای بدن به شمار می‌آید و طی سالیان بی‌شماری خطرات ناشی از آن به اثبات رسیده است. مقدار سرب در غالب آب‌های طبیعی ندرتا بیش از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد به جز در مناطقی که آب‌های اسیدی سبک با سنگ گالن و سنگ‌های دیگر سرب در تماس قرار می‌گیرد (۱۱). عوامل مختلفی از جمله وسایل نقلیه موتوری، کارخانجات، صنایع فلزی و شیمیایی و ...در این امر دخیل می‌باشند. سرب و ترکیبات آلی و معدنی آن به سهولت از طریق پوست، تنفس و گوارش جذب می‌شود. از عوامل موثر و تاثیرگذار در مسمومیت با سرب می‌توان به تغذیه، هوا و آب اشاره کرد (۷).

شاخص کیفی سازمان بهداشت ملی آب آمریکا (NSFWQI)

شاخص کیفیت آب (WQI) یک مقیاس ۱۰۰ نقطه‌ای است که به‌صورت کیفیت عالی، خوب، متوسط، بد و بسیار بد خلاصه و طبقه‌بندی می‌شود. چندین پارامتر می‌تواند برای اندازه‌گیری اشکال خاص آب در زمان و مکان خاص در نظر گرفته شود. یکی از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری کیفیت آب‌های سطحی، شاخص کیفی NSFWQI می‌باشد. این شاخص اطلاعات پیچیده‌ی کیفیت آب را به شکل ساده‌تر و قابل درک ارائه می‌کند. شاخص کیفیت آب مورد استفاده توسط بنیاد بهداشت ملی در سال ۱۹۷۰ توسط براون و همکاران توسعه داده‌شد. در این روش مشخصه‌های کیفی، عوامل وزنی مشخصه‌ها، منحنی تبدیل مشخصه‌ها به زیرشاخص آن‌ها، بر اساس نظرخواهی‌های انجام شده به دست آمده است (۱۷).پارامترهای اندازه‌گیری شده در این شاخص شامل نه پارامتر تغییر درجه حرارت، pH، کلیفرم‌های مدفوعی، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، فسفات، نیترات، کدورت و کل مواد جامد می‌باشد (۱۳). پس از اندازه‌گیری پارامترها، زیرشاخص هر یک از آن‌ها از روی منحنی تبدیل ارایه شده در این روش به دست می‌آید (نمونه‌ای از این منحنی‌ها در شکل ۳ ارایه شده است) (۱۵).



شکل۳- منحنی زیر شاخص pH برای محاسبه شاخص NSFWQI (۲۰)

در این شاخص، برای منظور کردن میزان اثر هر پارامتر به هر یک از آن‌ها یک وزن یا ارزش عددی نسبت داده می‌شود (جدول ۴).

جدول ٤- فاکتور وزنی نهایی در شاخص NSFWQI (۲۰)

پارامتر آلودگی	دما	کدورت	DO	BOD	pH	کلیفرم	نیترات	فسفات	جامدات کل محلول
فاکتور وزنی	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱	۰/۱	۰/۰۷

شاخص کیفیت آب از صفر تا صد کلاس‌بندی می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵-طبقه‌بندی شاخص کیفیت NSFWQI (۲۰)

کیفیت	محدوده

عالی	۱۰۰-۹۰
خوب	۹۰-۷۰
متوسط	۷۰-۵۰
بد	۵۰-۲۵
بسیار بد	۲۵-۰

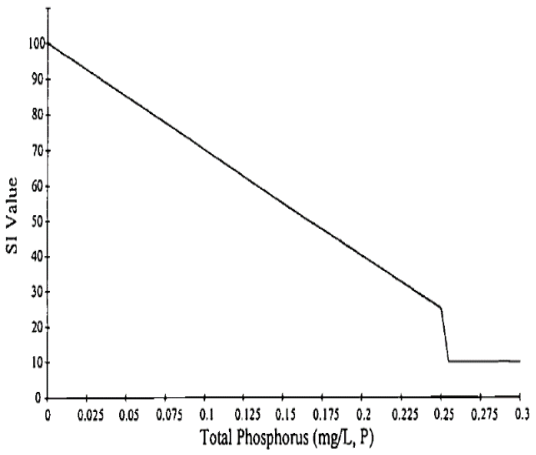
برای به دست آوردن مقدار نهایی این شاخص از رابطه ۲ استفاده می‌شود(۳).

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^{n} W_i Q_i \qquad (۲)$$

که در آن Wi ضریب وزنی پارامتر iام و Qi مقدار پارامتر iام می‌باشد.

شاخص کیفی اورگان

شاخص کیفی OWQI برای اولین بار در ایالات اورگان توسط یک گروه بررسی‌کننده مسایل کیفی محیطزیست در سال ۱۹۷۹ جهت ارزیابی شرایط و روند کیفی آب ارائه گردید. این شاخص جزو شاخص‌های مصارف آب طبقه‌بندی شده است و بیشتر برای مصارف تفریحی استفاده می‌شود (۱). این شاخص که به صورت یک شاخص کاهشی می‌باشد، برای ارزیابی کیفی آب جهت مصارف تفریحی استفاده می‌شود. منحنی‌ها و روابط تعیین زیر شاخص‌ها در این شاخص همانند شاخص NSFWQI به صورت توابع تغییر شکل لگاریتمی به وجود آمده است. سادگی و در دسترس بودن پارامترهای کیفی مورد نیاز که هشت پارامتر شامل : اکسیژن محلول (DO)، کلیفرم‌های مدفوعی، pH، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، تغییر درجه حرارت، کل فسفات، کل نیترات و کل مواد جامد می‌باشد و تعیین زیر شاخص‌ها با استفاده از نمودار یا روابط تحلیلی از مزایای این روش است. نمونه‌ای از این منحنی‌ها به صورت شکل ۴ آمده است.



شکل٤- منحنی تبدیل فسفات برای محاسبه شاخص کیفی OWQI (۲۲).

در شاخص OWQI از نمودارهای اختصاصی تعیین این شاخص، برای به دست آوردن زیر شاخص‌های آن و از رابطه OWQI (رابطه ۳) که یک تابع متوسط هارمونیک غیر وزنی است، برای جمع‌بندی شاخص استفاده شد و در جدول ۶ مقادیر و توصیف شاخص نشان داده شده است (۱۲).

$$WQI = {}^{2}\sqrt{n \Big/ \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s_i^2}} \qquad (۳)$$

که n تعداد زیرشاخه‌های استفاده‌شده در شاخص و Si مقدار زیر شاخص هر پارامتر می‌باشد.

جدول ٦-جدول شاخص کیفیت OWQI (۲۲).

وضعیت آب	مقدار شاخص	توصیف کیفی آب
نامناسب برای همه‌ی اهداف	۲۴-۰	به شدت آلوده
تصفیه ویژه	۴۹-۲۵	ضعیف
نیاز به تصفیه(فیلتراسیون و ضدعفونی)	۷۴-۵۰	متوسط
قابل‌قبول	۹۴-۷۵	خوب
کیفیت طبیعی و دست‌نخورده	۱۰۰-۹۵	عالی

شاخص کیفی ویلکوکس

طبقه‌بندی ویلکوکس در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکوکس ارائه شده و سه سال بعد توسط تورن تکمیل شد. این شاخص امروزه روش بسیار متداولی در طبقه‌بندی آب‌ها به لحاظ کشاورزی محسوب می‌گردد. در این طبقه‌بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در نظر گرفته‌شده و هر یک از آن‌ها به چهار قسمت تبدیل می‌گردند که در مجموع باعث پدید آمدن ۱۶ گروه می‌گردد (۵). در این شاخص، S نماینده‌ی SAR است که از طریق رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌گردد. C نیز نماینده‌ی EC (هدایت الکتریکی) می‌باشد.

$$SAR = Na^{+} / \sqrt{(Ca + Mg)/2} \qquad (۴)$$

گروه‌های مذکور در دیاگرام به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۱.آب‌های خیلی خوب که دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده و در کلاس C1S1 قرار دارند.

۲.آب‌های خوب که مربوط به یکی از کلاس‌های C2S1، C2S2 می‌باشند.

۳.آب‌های متوسط که مربوط به کلاس‌های C1S3، C1S3، C3S1، C3S2، C3S3 بوده و برای آبیاری زمین‌های درشت بافت و با زهکشی مناسب می‌باشد.

۴.آب‌های نامناسب که در کلاس‌های C1S4، C4S4، C3S4، C2S4، C1S4، C4S2، C4S3 قرار دارند. هرچه اندیس بزرگ‌تر باشد کیفیت آب نامناسب‌تر است (۴).

آنالیز داده‌ها

با نتایج بدست آمده از نمونه برداری‌ها، در نرم افزار Excel ثبت و نمودارهای مربوطه رسم گردیدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از

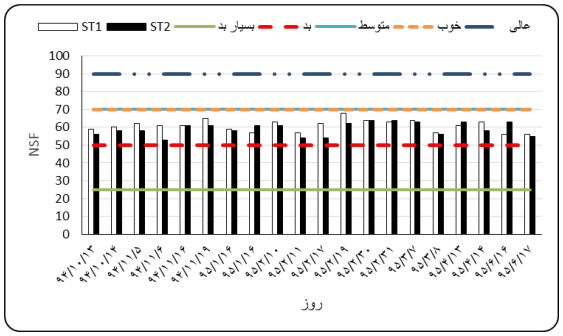
نرم‌افزار SAS7 9.1.3 استفاده شد. اختلاف بین مقطع‌ها و زمان، با استفاده از آنالیز واریانس آشیانه‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی تعیین شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD که یکی از مزایای آن سادگی و سرعت عمل آن است انجام شد.

نتایج و بحث

در این بخش نتیجه بررسی پارامتر سرب و شاخص‌های کیفی ارائه شده است و به‌دنبال آن تجزیه و تحلیل‌های آماری لازم برای آشکارسازی وجود ارتباط معنادار میان منطقه‌ی شهری و کیفیت نمونه‌های اندازه‌گیری شده، انجام شد.

تغییرات شاخص کیفی NSFWQI

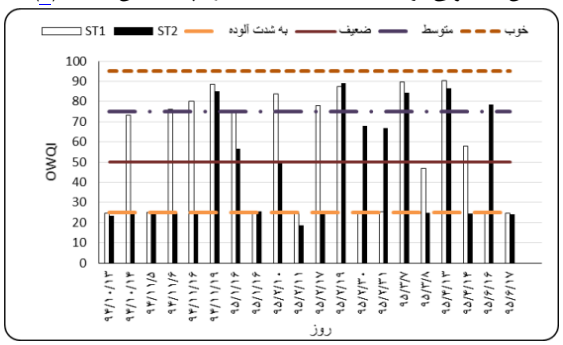
شکل ۵ تغییرات شاخص کیفی سازمان ملی بهداشت آمریکا محاسبه شده در طی نمونه‌برداری‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ تمام نمونه‌برداری‌ها در محدوده‌ی متوسط ۷۰–۵۰ قرارداشتند که نشان دهنده‌ی وضعیت کیفی متوسط رودخانه می‌باشد. تقریبا در اکثر نمونه‌برداری‌ها کیفیت آب مقطع یک بهتر از کیفیت آب در مقطع دو بود که نشان دهنده‌ی اثر منفی شهر نشینی در اطراف رودخانه می‌باشد. در شانزدهم فروردین نمونه‌برداری قبل و پس از باران در یک روز انجام شد با توجه به این‌که در قبل باران تفاوت آنچنانی در کیفیت آب در مقطع یک و دو مشاهده نمی‌شود ولی در پس از بارندگی به دلیل افزایش دبی رودخانه و پایین بودن دمای آب و برداشت نمونه در نیمه‌های شب کیفیت آب مقطع دو نسبت به مقطع یک مناسب‌تر بود. نتیجه‌ی حاصل با پژوهش بر رودخانه زرین‌گل استان گلستان مطابقت دارد. شاخص کیفی NSFWQI رودخانه زرین‌گل در حد متوسط قرارگرفته که دلیل این قرارگیری، همانند مطالعه‌ی انجام شده بر رودخانه هراز وجود مقدار بالای مواد مغذی و کلیفرم مدفوعی که ناشی از زه‌آب‌های کشاورزی و شهری و فعالیت‌های تفریحی در مسیر رودخانه بود (۱۸). سامانتری و همکاران با پژوهشی بر روی چند رودخانه در هند و ارزیابی شاخص NSFWQI به نتایجی مشابه با مطالعه مورد نظر دست یافت مبنی بر این‌که هر چه به سمت پایین دست می‌رویم به دلیل شهرنشینی و صنعتی شدن از کیفیت آب کاسته می‌شود (۲۶).



شکل ۵- تغییرات شاخص کیفی NSFWQI آب رودخانه هراز برای وقایع مورد مطالعه

تغییرات شاخص کیفی اورگان

شکل ۶ تغییرات شاخص کیفی اورگان محاسبه شده را در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. تغییرات مقدار شاخص در اکثر نمونه‌برداری‌ها در محدوده‌ی ضعیف بود که تهدید جدی برای آلودگی آب رودخانه بود. محدوده تغییرات مقدار شاخص ۹۰–۱۸ بود که کمترین آن در یازدهم اردیبهشت در مقطع دو و زمان پس از بارش و بیشترین در سیزدهم تیر در مقطع یک و زمان قبل از بارش رخ داد. میانگین شاخص کیفی اورگان آب رودخانه هراز در طی مدت نمونه‌برداری ۵۰/۳۹ بود که در طبقه متوسط قرار گرفت اما با اهمال در امر تصفیه آب و جلوگیری از آلودگی، آب رودخانه از نظر شاخص کیفی اورگان وضعیت نامناسبی داشته و نیازمند تغییر در سیاست‌های مدیریتی بود. در فصل‌هایی که بارندگی بیشتر است هر چند کیفیت بعضی از پارامترهای دخیل در محاسبه شاخص بهبود پیدا می‌کند؛ اما مقدار فسفات و نیترات آب رودخانه به دلیل شستشوی کودهای فسفاته و نیتراته مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی اطراف بیشتر می‌شود. نتیجه مقایسه مقدار شاخص اورگان رودخانه هراز با پژوهشی بر دریاچه زریوار در یک راستا قرار داشته و آب دریاچه زریوار در بعضی از ماه‌ها در محدوده ضعیف قرارگرفته و در مناطقی از اطراف دریاچه که به مناطق مسکونی نزدیک است کیفیت آب دریاچه کاهش داشت (۱).



شکل ۶- تغییرات شاخص کیفی OWQI آب رودخانه هراز برای وقایع مورد مطالعه

تغییرات شاخص کیفی ویلکوکس

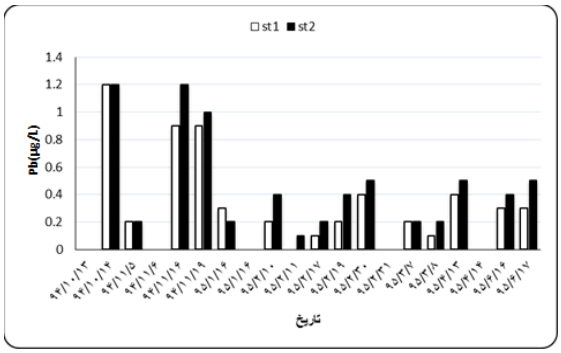
شاخص کیفی ویلکوکس شاخصی برای تعیین کیفیت آب مورد بررسی برای کشاورزی فاریاب می‌باشد که بر اساس هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم تعیین می‌شود. در تمامی اندازه‌گیری‌ها نمونه‌های آب در کلاس C_2S_1 قرارگرفته که این سری از آب‌ها را می‌توان تقریبا برای تمام خاک‌ها مورد استفاده قرار داد و گیاهانی را که تحمل شوری متوسط و در حد متعارفی دارند، آبیاری نمود. مطالعه حاضر با تحقیقی بر کیفیت آب رودخانه دز در ایستگاه آب سنجی دزفول نتیجه یکسانی داشته و آب رودخانه دز نیز در کلاس C_2S_1 قرار داشت (۱۴).

تغییرات سرب

شکل ۷ تغییرات سرب آب رودخانه هراز در مدت مطالعه را نشان می‌دهد. محدوده‌ی تغییرات سرب در نمونه‌برداری مورد مطالعه بین

[7] Statistical Analysis System

۰/۲-۱ میکروگرم بر لیتر بود که این مقدار در همه موارد کمتر از محدوده‌ی مجاز آب شرب ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که بیان‌گر نیاز به تصفیه آب رودخانه با این شرایط را نداشت. عوامل موثر در ورود آلودگی‌های فلزات سنگین به آب‌های زیرزمینی و سطحی شامل زباله‌ی جامد، فاضلاب شهری، سموم دفع و آفات علف‌کش‌ها، فاضلاب صنعتی، آلودگی حاصل از حمل و نقل جاده‌ای می‌باشد (۹). هم‌جواری رودخانه هراز با جاده‌ی پر تردد هراز و وجود زباله‌ها در مسیر رودخانه و نیز بارش باران و ورود رواناب‌های حاوی سرب به رودخانه موجب ورود آلودگی آب رودخانه با سرب بود.



شکل ۷- تغییرات سرب آب رودخانه هراز برای وقایع مورد مطالعه

آنالیز آماری پارامترهای کیفی رودخانه

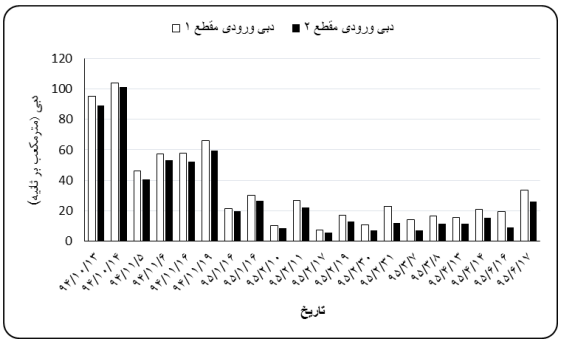
نتایج آنالیز واریانس اثر محل نمونه‌برداری و زمان نمونه‌برداری بر پارامتر سرب و شاخص‌های کیفی مختلف در جدول ۷ ارائه شده‌است. با توجه به داده‌های آنالیز واریانس پارامترهای کیفی مورد مطالعه، با این‌که آلودگی آب رودخانه هراز در این بازه رخ داده است اما مقدار آن معنی‌داری نبوده و رودخانه توان پالایش خود و ثابت نگه داشتن غلظت‌ها را تا حدود قابل قبولی حفظ نموده است. با توجه به مطالعه‌ای که توسط اسلامی پریخانی و همکاران در سال ۱۳۹۲ بر روی رودخانه هراز انجام شد یکی از دلایلی که می‌توان با استناد به آن بیان نمود که رودخانه هراز هنوز در طبقه بسیار آلوده قرار نگرفته است بکر و پاک بودن سرچشمه آن است (۲).

جدول ۷- تجزیه واریانس تاثیر محل و زمان نمونه‌برداری بر میانگین مربعات پارامترها و شاخص‌های کیفی آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		سرب	NSFWQI	OWQI
S	۱	۰/۰۲۲ ns	۰/۱۲ ns	۵/۱ ns
P	۱	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۵۷ ns	۴/۰۷ ns
خطا	۳۷	۰/۳۸ ns	۰/۰۴۹ ns	۳/۸۶ ns

تغییرات دبی آب

شکل ۸ تغییرات دبی آب رودخانه هراز در طی نمونه برداری را نشان می‌دهد. دبی آب رودخانه با استفاده از سرعت سطحی اندازه‌گیری شده و عمق آب جریان داشته در کانال‌ها، محاسبه شد. میانگین مقدار دبی در فصل زمستان و مقطع یک و دو به ترتیب ۷۱/۰۱ و ۶۵/۸۹ مترمکعب بر ثانیه بود. میانگین دبی در فصل‌های گرم در مقطع یک و دو به ترتیب ۱۹/۱۲ و ۱۴/۰۳ مترمکعب بر ثانیه بود. دبی رودخانه هراز در فصل زمستان بالا بوده و با گرم شدن هوا، ذوب برف در محدوده‌ی شهری افزایش یافته اما به علت وجود زمین‌های کشاورزی و استخرهای پرورش ماهی در بالادست و هدایت آب به این مناطق و همچنین آبرسانی به شهر بابل، دبی آب ورودی به محدوده‌ی مورد مطالعه کاهش یافت. رودخانه هراز در محدوده‌ی شهری هیچ ورودی قابل توجه و دایمی نداشته بلکه دو خروجی داشته که با در نظر گرفتن مقدار دبی خروجی از این دو کانال، دبی مقطع دو محاسبه شد. دبی در مقطع دو به علت وجود دو خروجی بیان شده همیشه کاهش داشت اما در زمان بارندگی اختلاف دبی دو مقطع مورد نظر کاهش یافته که این کاهش تفاوت، متاثر از تداوم باران، ارتفاع بارندگی و باز شدگی دریچه دو کانال خروجی بود.



شکل ۸- تغییرات دبی جریان آب رودخانه هراز برای وقایع مورد مطالعه

نتیجه گیری

در این مطالعه اثر وجود شهر آمل بر کیفیت آب رودخانه هراز بررسی شد. آنالیز کیفیت آب در ابتدا و انتهای این شهر از تاریخ سیزدهم دی ۱۳۹۴ تا هفدهم شهریور ۱۳۹۵ نشان داد که:

با بررسی شاخص کیفی آب سازمان ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI)، آب رودخانه هراز در تمام نمونه‌برداری‌ها در محدوده‌ی متوسط قرارگرفته که حاکی از آن است شهر آمل در کیفیت آب رودخانه هراز تاثیر به سزایی نداشته اما اگر روند کنونی ادامه پیدا کند احتمال پایین آمدن کیفیت آب رودخانه دور از انتظار نیست.

شاخص کیفی اورگان در اکثر نمونه‌برداری‌ها در محدوده به شدت آلوده قرارگرفته است. انجام بازدیدهای میدانی از محدوده مورد مطالعه، چندین پارک تفریحی در اطراف رودخانه مشاهده شد و با توجه به این که شاخص مذکور نمایان‌گر استفاده تفریحی از آب رودخانه می‌باشد، لزوما باید تدابیری جهت بهبود کیفیت آب برای استفاده تفریحی اندیشیده شود.

آب رودخانه هراز برای شاخص کیفی کشاورزی ویلکوکس در محدوده متوسط قرار گرفت؛ که مفهوم آن این می‌باشد که کیفیت آب در این محدوده مشکلی برای آبیاری کشاورزی در پایین‌دست ایجاد نمی‌کند. از نظر زمانی عواملی همچون زیاد بودن دبی رودخانه در فصول زمستان و پاییز و وقوع بارش‌های متمادی در این فصل و نیز کاهش تعداد مسافران موجب می‌شود که کیفیت آب رودخانه در مقطع دو نسبت به مقطع یک بهتر باشد و در واقع تاثیر منطقه‌ی شهری بر کیفیت آب رودخانه به دلیل عوامل مذکور ناچیز و قابل اغماض خواهد بود. در فصول بهار و تابستان به دلیل دبی کم و باران‌هایی با شدت بالا و مدت کم، آلودگی را از سطح شهر شسته و وارد آب رودخانه می‌کند که باعث بالا رفتن غلظت آلودگی می‌شود و در این زمان اثر منطقه‌ی شهری بر کاهش کیفیت آب رودخانه بیشتر بوده‌است.

پیشنهادها

نتایج نشان داد رودخانه هراز در معرض آلودگی می‌باشد که علت این آلودگی بیشتر به منطقه بالادست هراز مربوط به آلودگی‌های کشاورزی، جاده‌ای، وجود معادن بی رویه، مزارع پرورش ماهی، انباشت زباله شهری در بالادست رودخانه و... می‌باشد. اثر شهر بر کیفیت رودخانه در برابر آلودگی‌های بالادست قابل اغماض می‌باشد تا زمانی که به رفع منشا آلودگی بالادست اقدام نشود نمی‌توان نظر قطعی درباره آلودگی شهری داد. نمونه‌برداری برای تعیین کیفیت آب رودخانه باید پیوسته و در گستره زمانی زیاد و در شرایط آب و هوایی متفاوت اندازه گیری شود که بتوان راهکارهای مناسب‌تر و بهتری ارائه داد. با توجه به نتایج بدست آمده رودخانه هراز از نظر تفریحی در محدوده شهری دارای کیفیت پایینی می‌باشد که براساس این که پارک تفریحی و ساحلی رودخانه در شهر احداث شده و در ادامه مسیر در دست احداث است باید به فکر رفع و ازبین بردن منابع آلودگی بود.

ملاحظات اخلاقی پیروی از اصول اخلاق پژوهش

کلیه‌ی داده‌های مورد نیاز برای انجام این تحقیق توسط نویسنده اول از محل رودخانه مورد مطالعه اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شد و نمونه‌های کیفی جمع‌آوری شده در آزمایشگاه آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران و مرکز بهداشت آمل مورد آنالیز قرار گرفت.

حامی مالی

از آنجا که مقاله حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول این مقاله است بنابراین بخشی از هزینه‌های مطالعه حاضر توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و بخشی نیز توسط نویسندگان مقاله تامین شده است.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: رامین فضل‌اولی

روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: فاطمه اختر

نظارت و نگارش نهایی: فاطمه اختر، رامین فضل‌اولی، عبداله درزی نفت چالی، فرهاد مشهدی خلردی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده‌است.

References

1. Abbasi T, Abbasi SA. Water Quality Indices. Amsterdam: Elsevier; 2012.
2. Amin Pourshiani S, Mohsen M, MohammadReza Kh, Mirroshandel AS. Water quality evaluation of Gazroudbar River using NSFWQI and Liou indices. Wetland Ecobiology. 2016;8(1):63-74. [In Persian].
3. Buck O, Niyogi DK, Townsend CR. Scale-dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. Environmental Pollution. 2004;130(2).
4. Cude CG. Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of the American Water Resources Association. 2001;37(1).
5. Debels P, Figueroa R, Urrutia R, Barra R, Niell X. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified Water Quality Index. Environmental Monitoring and Assessment. 2005;110(1-3).
6. Delgosha F, Misaghi F. Assessment of water quality of Ghezel Ozan river in terms of agriculture using BCWQI and CWQI quality indicators. در: Conference and Exhibition Water Engineering. undefined; 2015. 10. [In Persian].
7. Ebadati N, Hoshmandzade M. Water Quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station. Iranian Journal of Eco Hydrology. 2014;1(2):69. [In Persian].
8. Ebrahimpour, Salahuddin Mohammadzadeh H, Mohammadi I. Investigation of water quality of Zarivar wetland lake and its zoning using OWQI and NSFWQI quality indicators and using GIS. 4th Iran Water Resources

Management Conference. 2011;4(7):137–46. [In Persian].

9. Guide to Capacity Studies of Rivers (Journal 481). Publications and technical criteria. 2009;168.
10. Hosseinzadeh I, Rahimi N, Rahmani A, Ezzati L. Quality Assessment of Takab Sarugh River Right Branch by Wilcox Index and Its Zoning Using Geographical Information System. J Mazandaran Univ Med Sci. 2013;23(103):77–87[In Persian].
11. Islami Parikhani H, Kavian A, Habib Nejadroshan M. Relationship between Water Quality Chemical Parameters and Discharge in Haraz River. The Second National Conference on Planning and Environmental Protection,Hamadan. 9. [In Persian].
12. Mahdavi M. Applied hydrology. University of Tehran Press; 2011. 437. [In Persian].
13. Meftah Halaqi M. Use of Different Water Quality Indexes for Puriification of Water, Case Study; Atrak river. Water and Soil Conservation. 2012;18(2):11[In Persian].
14. Mirmoshtaghi M, amirnezhad R. Sefidroud river water quality assessment and its mapping according to nsfwqi and owqi water quality indicators. journal of wetland ecobiology. 2011;3(9):23–34. [In Persian].
15. Mirzaei M, Bakhtiari AR, Mahini ARS, Fard MGA. Analysis of physical and chemical quality of rivers in Mazandaran province using multivariate statistical methods. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2013;23(108):41–52. [In Persian].
16. Mohseni-Bandpei A, Yousefi Z. Status of water quality parameters along haraz river. International Journal of Environmental Research. 2013;7(4).
17. Parastar S, Poureshg B, Rezaei M, Dargahi A, Poureshg Y, Vosoughi;Mahdi Quality Assessment of Hiroo River by NSFWQI and WILCOX Indices in Khalkhal. j.health. 2013;4(3):273–83. [In Persian].
18. Radmehr B, Nemat Parvar M, Farhoudi Moghadam M, Mehrdad K. Correlation between Lead Concentration in Produced Milk and Drinking Water in a few Dairy Farms of Tehran Province. JOURNAL OF VETERINARY CLINICAL RESEARCH. 2010;1(1):49–56. [In Persian].
19. Rezwani M, GHorbanian AA, Nojavan M, Sahba M. Evaluation of heavy metal pollution (cadmium, cobalt, lead, zinc and manganese) in Eshtehard aquifer. Journal of Environmental Science and Engineering. 1393;6(0):13–21. [In Persian].
20. Rocha FC, Andrade EM, Lopes FB. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;187(1).
21. Rustaei M. Evaluation of Amol physical development system using GIS. 2006. 82. [In Persian].
22. Sadeghi M, Bay A, Bay N, Soflaie N, Mehdinejad MH, Mallah M. The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and IRWQISC. Journal of Health in the Field. 2015;3(3):27–33. [In Persian].
23. Samantray P, Mishra BK, Panda CR, Rout SP. Assessment of Water Quality Index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip Area, India. Journal of Human Ecology. 2009;26(3).
24. Shamsai A, Orei Zare S, Sarang A. Comparative study of quality indicators and qualitative zoning of Karun and Dez rivers. Journal of Water and Wastewater. 2005;16(55):10. [In Persian].
25. Shareatpanahi M. Principles of water quality and water and wastewater treatment. 1992.8. 202. [In Persian].
26. Trivedi P.R. Environmental Impact Assessment.
27. Vafakhah M, Sadeghi SH. Relationship between Water Quality Chemical Parameters and Discharge in Haraz River. Fifth National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran. 1388. [In Persian].
28. Varanka S. Multiscale influence of environmental factors on water quality in boreal rivers. Application of spatial-based statistical modelling. University of Oulu Graduate School; University of

Oulu, Faculty of Science Acta Univ. 2016;665.