Journal of Research in Environmental Health

Volume 6, Issue 3, Autumn 2020

Survey of Nitrate and Nitrite in Drinking Water and Carcinogenic Risk Assessment in Urban Water Distribution Network System of Evaz City, Fars Province, Iran

Mohammad Reza Zare
Ph.D., Department of Environmental Health, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran

Mohammad Reza Shooshtarian
Department of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran.

Jahangir Otofat Shoare Jahromi
MSc., Water Civil Engineering, ABFA Evaz County, Larestan, Iran

Marzieh Honarbakhsh
MSc., Department of Occupational Health, School of health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran

Mahvash Haghjoo
Department of Public Health, Student Research Committee, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran.

Hosseini
Department of Public Health, Student Research Committee, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran.

Jamal Mehralipour
Ph.D. Student, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran Student Research Committee, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Zohreh berizi
* MSc., Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran. (Corresponding author):
Email: z.berizi@yahoo.com

Received: 2020/10/11
Accepted: 2020/10/26

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Today, the supply of qualified drinking water has become the main concern of the authorities. In addition to the appropriate quantity, drinking water must have appropriate standards regarding physicochemical and microbial properties. Nitrate and nitrite ions are of special importance due to their adverse environmental and health effects. This study aimed to determine the concentration of these ions in the drinking water of Evaz city and perform a health risk assessment.

Materials and Methods: In this study, five points were selected for sampling and 50 samples (10 samples from each point) were collected at various time intervals. After transferring the samples to an environmental chemistry laboratory, the concentrations of nitrate and nitrite ions were determined by a spectrophotometer (DR6000) according to the instructions provided by the HACH.

Results: The concentrations of nitrate and nitrite ions in all parts of the network were lower than the standard set by the WHO. The highest and lowest concentrations of nitrate and nitrite ions were obtained at the sampling sites of Patrice Restaurant (1.04 and 0.021 mg/L) and ABFA (0.8 and 0.0162 mg/L), respectively. Also, the risk assessment based on the age range of infants, children, and adults showed the values of 0.125, 0.00375, and 0.043, respectively, which showed that long-term water consumption would not impose a negative impact on human health.

Conclusion: The physicochemical quality of Evaz drinking water was acceptable and human exposure to this water had a non-carcinogenic risk of much less than the critical range.

Keywords: Nitrate; Nitrite; Non-carcinogenic; Risk Assessment; Evaz City

▶ **Citation:** Zare MR, Shooshtarian MR, Otofat Shoare Jahromi J, Honarbakhsh M, Haghjoo M, Hosseini F, Mehralipour J, Berizi Z. Survey of Nitrate and Nitrite in Drinking Water and Carcinogenic Risk Assessment in Urban Water Distribution Network System of Evaz City, Fars Province, Iran. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2020; 6(3): 229-238.

اندازه‌گیری غلظت یون‌های نیترات و نیتریت آب آشامیدنی و ارزیابی خطر سرطان‌زایی آنها در سیستم شبکه توزیع آب شهری شهر اوز، استان فارس، ایران

محمدرضا زارع
استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
محمدرضا شوشتریان
مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
جهانگیر عطوفت شعار جهرمی
کارشناسی ارشد عمران آب، آبفا شهرستان اوز، لارستان، ایران.
مرضیه هنربخش
مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
مهوش حق‌جو
کارشناسی بهداشت عمومی، کمیته تحقیقات، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
فاطمه حسینی
کارشناسی بهداشت عمومی، کمیته تحقیقات، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
جمال مهرعلی‌پور
دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
زهره بریزی
مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران. (نویسنده مسئول): پست الکترونیک:
z.berizi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۱
نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: امروزه تأمین آب آشامیدنی باکیفیت، دغدغه اصلی مراجع ذی‌صلاح است. آب آشامیدنی در کنار کمیت مناسب، باید دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی استاندارد باشد. یون‌های نیترات و نیتریت به‌دلیل ایجاد عوارض سوء زیست‌محیطی و بهداشتی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند. مطالعه حاضر با هدف تعیین غلظت یون‌های مذکور در آب آشامیدنی شهر اوز و انجام محاسبات مربوط به ارزیابی ریسک خطر سلامتی انجام شد.
مواد و روش‌ها: در این مطالعه ۵ نقطه در نقاط مختلف شهر اوز انتخاب شد و طی فواصل زمانی، ۵۰ نمونه (۱۰ نمونه از هر نقطه) برداشت شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه شیمی محیط، غلظت یون‌های نیترات و نیتریت بر اساس دستورالعمل ارائه شده توسط شرکت هک با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (DR6000) تعیین شد.
یافته‌ها: غلظت یون‌های نیترات و نیتریت در تمامی نقاط شبکه، پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت بود. بالاترین و پایین‌ترین غلظت یون‌های نیترات و نیتریت به‌ترتیب در محل نمونه‌برداری رستوران پاتریس (۱/۰۴ و ۰/۰۲۱ میلی‌گرم در لیتر) و شرکت آبفا (۰/۸ و ۰/۰۱۶۲ میلی‌گرم در لیتر) به‌دست آمد. همچنین ارزیابی خطر بر اساس محدوده سنی نوزادان، کودکان و بزرگسالان به‌ترتیب برابر ۰/۰۱۲۵، ۰/۰۰۳۷۵ و ۰/۰۴۳ تعیین شد که نشان می‌دهد مصرف آب در طولانی‌مدت تأثیر سوء بر سلامت افراد نخواهد داشت.
نتیجه‌گیری: کیفیت فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی شهرستان اوز در حد قابل قبول بود و مواجهه انسانی با این آب دارای ریسک غیرسرطان‌زایی به میزان بسیار کمتر از حدود بحرانی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی خطر، شهر اوز، غیرسرطان‌زایی، نیترات، نیتریت

◀ **استناد:** زارع م، شوشتریان م، عطوفت شعار جهرمی ج، هنربخش م، حق‌جو م، حسینی ف، مهرعلی‌پور ج، بریزی ز. اندازه‌گیری غلظت یون‌های نیترات و نیتریت آب آشامیدنی و ارزیابی خطر سرطان‌زایی آنها در سیستم شبکه توزیع آب شهری شهر اوز، استان فارس، ایران. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۹؛۶ (۳): ۲۲۹-۲۳۸.

مقدمه

منابع آبی، یک منبع باارزش برای وجود بشر است. مردم در سراسر دنیا از این منابع جهت فعالیت‌های مختلفی مانند شرب، کشاورزی و مصارف صنعتی استفاده می‌کنند (۱). آب‌های زیرزمینی در ایران، تأمین کننده حدود ۶۳٪ از کل آب مورد نیاز است و این تنها منبع آب آشامیدنی برای برخی از شهرهای بزرگ و بسیاری از جوامع روستایی در این کشور است (۲). آلودگی منابع زیرزمینی در سالیان اخیر، همواره مورد توجه محققان، سازمان‌های دولتی و سازمان‌های مربوطه بوده است. آلودگی این منابع بر سلامتی انسان تأثیر منفی می‌گذارد و همچنین اکوسیستم را از طریق انرژی و چرخه مواد تهدید می‌کند. انواع گوناگونی از آلاینده‌های آلی و غیرآلی از جمله نیترات می‌توانند از داخل خاک عبور کرده و به‌طور بالقوه آب‌های زیرزمینی را آلوده کنند. در زمین‌های کشاورزی، شکل غالب نیتروژن غیرآلی به‌صورت یون نیترات (NO_3^-) است. این یون به‌دلیل انحلال بالا در آب، انتقال سریع و انتشار بالقوه از لایه‌های خاک، به‌راحتی می‌تواند به آب‌خوان‌های زیرزمینی منتقل شود (۳). یون نیترات در منابع آب زیرزمینی پایدار است و سالانه به غلظت آن افزوده می‌شود. مطالعات پیشین مشخص کرده‌اند که انتشار یون نیترات به منابع آب زیرزمینی به‌صورت منابع نقطه‌ای (مانند سیستم سپتیک، لاگون‌های تصفیه فاضلاب، پساب خروجی از دامداری و چاه‌های جاذب) و منابع سطحی (مانند استفاده از کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، فلزات سنگین و ریزش‌های جوی) صورت می‌گیرد (۴). از دیدگاه سلامت انسان، غلظت‌های بالاتر از حد مجاز تعیین شده نیترات، می‌تواند اثرات سوء بر سلامتی انسان بگذارد. غلظت مناسب نیترات در رژیم غذایی دارای طیف وسیعی از اثرات مثبت بر روی انسان است. این اثرات شامل: کاهش فشار خون، مهار تجمع پلاکتی، حفظ یا بهبود عملکرد اندوتلیال و تقویت عملکرد ورزش در افراد سالم و بیماران مبتلا به بیماری شریانی است (۵). با این حال نیترات در غلظت‌های بالاتر در آب آشامیدنی می‌تواند باعث به خطر افتادن سلامت افراد شود. این مشکلات شامل تبدیل هموگلوبین به متهموگلوبین و کاهش ظرفیت انتقال اکسیژن در کودکان و ایجاد بیماری کودک آبی، مشکلات گوارشی در بزرگسالان، کاهش عملکرد غده تیروئید و سرطان به‌دلیل تشکیل نیتروزآمین‌ها هستند. بنابراین برخی کشورها و سازمان‌ها، محدودیت‌هایی در غلظت یون نیترات در آب آشامیدنی تعیین کرده‌اند. به‌عنوان مثال، سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (US-EPA) [1] حد استاندارد NO_3-N در آب آشامیدنی را ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و سازمان جهانی بهداشت (WHO) [2] و اتحادیه اروپا، میزان NO_3-N در آب آشامیدنی را ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین کرده‌اند (۶). ارزیابی ریسک [3] آلودگی منابع آبی که به فرآیند تعیین تأثیرات احتمالی هر آلاینده اشاره دارد، ابزاری مؤثر برای طراحی استراتژی‌های کارآمد مدیریتی و حفاظت از این منابع است. ارزیابی ریسک، نوعی روش ارزیابی است که برای برآورد میزان تأثیرات بهداشتی احتمالی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ممکن است در نتیجه قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های غیرسرطان‌زا و سرطان‌زا از طریق مسیرهای مواجهه باشد (۷). در مطالعه هوان و همکاران که به بررسی غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی در کشور چین پرداختند، خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی در ناحیه phreatic aquifer (۴۵/۲۷٪) و در ناحیه semi-confined aquifer (۳۰/۲۹٪) رتبه‌بندی شد (۸). شای و همکاران به‌منظور اطلاع دقیق از وضعیت آلودگی نیترات آب زیرزمینی در دشت Songnen در شمال شرقی چین و برآورد خطر بالقوه آن برای سلامتی ساکنان محلی، نمونه‌های آب زیرزمینی را از مناطق مسکونی و چاه‌های تأمین آب برداشت نمودند. مقدار متوسط نیترات ۳۹/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر بود که به وضوح، آلودگی با منشأ انسانی را نشان می‌داد. نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که ریسک احتمالی در افراد بالغ، کودکان و نوزادان به‌ترتیب در ۴۰، ۵۱ و ۶۳ درصد از موارد فراتر از حد قابل قبول می‌باشد (۹). بر مطالعه آهادا و سوتار در پنجاب هند که به‌منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات در آب زیرزمینی و ارزیابی ریسک سلامتی آن انجام شد، غلظت نیترات در ۹۲٪ از مکان‌های نمونه‌برداری بیشتر از حدود

1. US- Environmental Protection Agency
2. World Health Organization
3. Risk Assessment

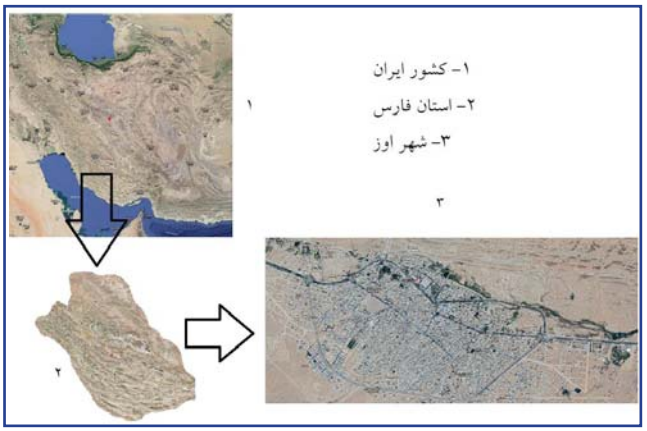
مجاز ملی و بین‌المللی بود. این مطالعه نشان داد که ۹۳/۴۲٪ از بزرگسالان و ۱۰۰٪ جمعیت جوان در این منطقه به‌واسطه دریافت مقادیر نیترات بیش از حد، در معرض خطر بالاتری از سمیت مزمن قرار دارند (۱۰). در مطالعه چیونگ و همکاران که بر روی آب زیرزمینی منطقه کشاورزی Gimpo در کره جنوبی انجام شد، میانگین غلظت نیترات ۷۹/۴ میلی‌گرم بر لیتر بود که از استاندارد ملی کره (۴۴/۳ میلی‌گرم بر لیتر) فراتر بود. ارزیابی ریسک انجام شده نشان داد که شاخص خطر در دامنه کمتر از یک قرار دارد که به‌معنای عدم خطر سلامتی می‌باشد. بنابراین مواجهه انسانی با خاک آلوده به نیترات، زیر حد بحرانی خطر تشخیص داده شد (۱۱).

بر اساس توضیحات ارائه شده و عدم دسترسی به اطلاعات مربوط به آلودگی نیترات در شبکه توزیع آب شهر اوز در استان فارس، مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت نیترات در سیستم توزیع آب شرب شهر اوز و ارزیابی خطر سلامتی ناشی از مصرف آب حاوی نیترات انجام شد. جهت ارزیابی ریسک سلامتی نیترات آب آشامیدنی، مقادیر دریافتی مزمن روزانه (CDI) [1] و مقدار خطر (HQ) [2] مورد بررسی قرار گرفتند.

روش کار

مکان مطالعه:

در این مطالعه توصیفی- مقطعی، مکان مورد مطالعه شهرستان اوَز در جنوب استان فارس بود. اوز در ۴۰ کیلومتری شمال غربی لار و ۳۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز در دشتی میان دو رشته کوه از دنباله کوه‌های زاگرس جنوبی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۶ متر است (شکل ۱). طبق آخرین سرشماری، این شهر دارای ۲۵۰۰۰ نفر جمعیت است. در این مطالعه ۵ نقطه شهری انتخاب شد. مناطق نمونه‌برداری به‌گونه‌ای انتخاب شدند تا علاوه بر وجود امکان نمونه‌برداری، کل آب مصرفی در محدوده شهرستان را تحت پوشش قرار دهند و نماینده کل سیستم توزیع آب باشند. مشخصات نقاط انتخاب شده در جدول ۱ ارائه شده است. نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۷ در فاصله ۱۴ آذر ماه تا ۱۵ دی ماه صورت گرفت. در این بازه زمانی ۱۰ نوبت نمونه‌برداری به فواصل هر ۳ یا ۴ روز به‌ترتیب در تاریخ‌های ۹/۱۴، ۹/۱۷، ۹/۲۱، ۹/۲۴، ۹/۲۸، ۱۰/۱، ۱۰/۵، ۱۰/۸، ۱۰/۱۲ و ۱۰/۱۵ صورت گرفت (با توجه به ۵ مکان نمونه‌برداری در مجموع ۵۰ نمونه اخذ شد).



شکل ۱. نقشه مکان مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات نقاط انتخاب شده در شهر اوز

کد محل نمونه‌برداری	نام محل نمونه‌برداری	مشخصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۱	رستوران پاتریس	N= 27° 45/121 “ E= 054° 00/723 “	۹۲۰
۲	شهرداری	N= 27° 46/121 “ E= 053° 57/444 “	۹۱۰
۳	بخشداری	N= 27° 46/532 “ E= 053° 57/444 “	۹۱۶
۴	آتش‌نشانی	N= 27° 45/121 “ E= 054° 00/738 “	۹۵۱
۵	اداره آبفا	N= 27° 46/022 “ E= 053° 59/614 “	۹۶۶

نمونه‌برداری و دستورالعمل اندازه‌گیری:

در این مطالعه، غلظت یون نیترات و نیتریت در شبکه توزیع آب آشامیدنی به‌عنوان پارامترهای اصلی در نظر گرفته شدند. در کنار این پارامترها، میزان پارامترهای کلر آزاد باقی‌مانده، رنگ، دما و کل جامدات محلول (TDS) [3] اندازه‌گیری شدند. غلظت یون نیترات و نیتریت بر اساس استاندارد ارائه شده توسط شرکت

1. Chronic daily intakes
2. Hazard Quotation
3. Total Dissolved Solids

هک (HACH) اندازه‌گیری شدند؛ بدین‌منظور ابتدا نمونه‌برداری صورت گرفت. قبل از نمونه‌برداری، بطری‌های نمونه‌برداری توسط آب منبع نمونه‌برداری شستشو داده شد و سپس از آب همان منبع پر گردید. نمونه‌های آب توسط بطری‌های پلاستیکی به آزمایشگاه شیمی محیط با حفظ دمای ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل و با استفاده از معرف‌های استاندارد ارائه شده توسط این شرکت و دستگاه اسپکتروفوتومتر (DR6000)، غلظت نیترات و نیترات تعیین شد. pH و دمای نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پرتابل در محل اندازه‌گیری تعیین گردید. اندازه‌گیری سایر پارامترهای مورد مطالعه بر اساس روش‌های کتاب استاندارد متد آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گردید (۱۲).

ارزیابی ریسک سلامت:

در بخش دیگر از مطالعه، ارزیابی ریسک ناشی از مصرف آب حاوی غلظت‌های نیترات و نیتریت تعیین شد. ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زا[1] با استفاده از (HQ) با در نظر گرفتن دوز مصرف مزمن روزانه (CDI)، محاسبه شده برای نیترات بر اساس نتایج تشخیص شیمیایی برای نمونه‌های آب در مناطق مورد مطالعه انجام شد. جهت تعیین CDI از رابطه ۱ استفاده شد (۱۳).

رابطه ۱

$$CDI(mg/kg/\ Day) = \frac{C \times DI \times F \times ED}{BW \times AT}$$

در این رابطه BW، ED، F، DI، C و AT به‌ترتیب شامل: غلظت یون نیترات و نیتریت (میلی‌گرم در لیتر)، میزان مصرف روزانه آب (لیتر در روز)، تناوب مواجهه (روز در سال)، مدت زمان مواجهه (سال)، وزن بدن (کیلوگرم) و میانگین مدت زمان خطر غیرسرطانی (روز) بودند.

اطلاعات برای پارامترهای انتخاب شده در رابطه ۱ و مقادیر آن‌ها برای تعیین CDI از طریق تماس ناشی از آشامیدن برای بزرگسالان، کودکان و نوزادان در جدول ۲ ارائه شده است (۷).

جدول ۲. پارامترهای به‌کار برده شده برای ارزیابی مواجهه ریسک در آب

پارامتر غلظت نیترات	محدوده سنی انتخاب شده			واحد
	بزرگسالان (بالای ۲۰ سال)	کودکان (بین ۶-۱۲)	نوزادان (کمتر از یک سال)	میلی‌گرم در لیتر
DI	۲	۱/۵	۰/۸	لیتر در روز
F	۳۶۵	۳۶۵	۳۶۵	روز
ED	۴۰	۱۰	۱	سال
BW	۷۰	۲۰	۱۰	کیلوگرم
AT	۳۶۵	۳۶۵	۳۶۵	روز

با استفاده از رابطه ۲، مقدار HQ برای ارزیابی خطر نیترات استفاده شد (۱۴).

$$HQ = \frac{CDI}{RfD}$$

رابطه ۲

RfD[2] (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) دوز مرجع برای نیترات است. در این مطالعه مقدار دوز مرجع بر اساس US-EPA ۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز در نظر گرفته شد (۱۵). منابع آبی با HQ بالاتر از ۱، به‌دلیل آلودگی نیترات خطر سلامتی قابل توجهی ایجاد می‌کنند. برای ارائه نتایج این مطالعه از آمار توصیفی و نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج مربوط به اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی در این مطالعه به‌صورت جدول و نمودار ارائه شده است. در جداول ۳ تا ۷ به‌ترتیب مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب آشامیدنی در فواصل زمانی مختلف در محل‌های نمونه‌برداری تعیین شده شامل رستوران پاتریس (کد ۱)، شهرداری (کد ۲)، بخشداری (کد ۳)، آتش‌نشانی (کد ۴) و شرکت آبفا (کد ۵) ارائه شده‌اند. این جداول همچنین مقادیر میانگین پارامترها در هر یک از نقاط نمونه‌برداری را نیز نشان می‌دهند. بر این اساس میانگین pH نمونه‌ها از ۷/۳۲ تا ۷/۷۸ در نقاط مختلف متغیر بود. همچنین حداکثر مقدار میانگین رنگ TCU ۴ در نمونه‌های مربوط به بخشداری و آتش‌نشانی و حداقل مقدار میانگین رنگ TCU ۲/۹ در رستوران پاتریس تعیین شد. بیشترین میانگین کلر در آب آشامیدنی مربوط

1. Non-carcinogenic risk assessment

2. Reference of Dose

به رستوران پاتریس با ۰/۳۶ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میانگین نیز مربوط به بخشداری با ۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. میزان جامدات محلول در آب مناطق مختلف بسیار به هم نزدیک و میانگین آن در محدوده بین ۸۲۳/۹ و ۸۷۳/۴ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشت.

به‌منظور درک بهتر وضعیت آب آشامیدنی منطقه مورد مطالعه از حیث پارامترهای نیترات و نیتریت، مقادیر میانگین این پارامترها در نقاط مختلف نمونه‌برداری، در جداول ۳ تا ۷ قابل مقایسه می‌باشند. بالاترین میانگین غلظت یون نیترات مربوط به رستوران پاتریس (۱/۰۴ میلی‌گرم در لیتر) و پایین‌ترین میانگین غلظت یون نیترات مربوط به شرکت آبفا (۰/۸ میلی‌گرم در لیتر) بود. همچنین بالاترین (۰/۰۲۱ میلی‌گرم در لیتر) و پایین‌ترین (۰/۰۱۶۲ میلی‌گرم در لیتر) غلظت یون نیتریت به‌ترتیب در همان نقاط بود. میانگین کل نیترات و نیتریت در آب شهرستان اوز به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۰۱۸۱۸ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد.

جدول۳. مقادیر پارامترها در رستوران پاتریس

پارامتر نمونه‌برداری	واحد	نوبت									میانگین
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	
pH	-	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۷/۳	۷/۳	۷/۲	۷/۳	۷/۴	۷/۳	۷/۸	۷/۳۲
دما	°C	۲۶/۸	۲۹/۲	۲۹	۲۷/۵	۳۰	۲۹/۵	۳۰	۲۸	۲۶/۵	۲۵/۵	۲۸/۲
رنگ	TCU	۴	۵	۴	۱	۲	۵	۴	۲	۱	۱	۲/۹
کلر	mg/l	۰	۰/۷	۱/۵	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۱/۲	۰	۰/۳۶
TDS	mg/l	۱۰۰۰	۸۵۴/۷	۸۹۲/۵	۸۷۲/۲	۸۳۹/۳	۸۴۱/۴	۸۳۷/۹	۸۵۵/۴	۸۶۴/۵	۸۷۶/۴	۸۳۷/۴
نیترات	mg/l	۱/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۹	۰/۹	۱	۱	۱/۲	۱/۱	۱/۴	۱/۰۴
نیتریت	mg/l	۰/۰۴۵	۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۰/۰۷۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۲۱

جدول ۴. مقادیر پارامترها در شهرداری

پارامتر نمونه‌برداری	واحد	نوبت									میانگین
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	
pH	-	۷/۵	۷/۳	۷/۵	۷/۴	۷/۶	۷/۶	۷/۵	۷/۶	۷/۳	۷/۹	۷/۵۲
دما	°C	۲۵/۴	۲۴/۹	۲۹	۲۵	۳۰	۲۹	۳۰	۲۵/۵	۲۶/۵	۲۵	۲۷/۰۳
رنگ	TCU	۶	۴	۲	۵	۱	۵	۱	۳	۲	۱	۳
کلر	mg/l	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۴	۰/۱۴
TDS	mg/l	۵۳۴/۱	۸۵۴/۷	۸۲۹/۵	۸۸۱/۳	۸۴۸/۴	۸۴۵/۶	۸۶۱	۸۵۶/۱	۸۶۶/۶	۸۶۱/۷	۸۲۳/۹
نیترات	mg/l	۰/۵	۰/۶	۰/۹	۰/۹	۱	۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۴	۰/۹۶
نیتریت	mg/l	۰/۰۳۴	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷۴

جدول ۵. مقادیر پارامترها در بخشداری

پارامتر نمونه‌برداری	واحد	نوبت									میانگین
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	
pH	-	۷/۵	۷/۵	۷/۶	۷/۵	۷/۸	۷/۶	۷/۶	۷/۶	۷/۵	۷/۹	۷/۶۱
دما	°C	۲۵/۹	۲۴/۶	۲۹	۲۷	۳۰	۲۹/۵	۳۰	۲۶/۵	۳۰	۲۵	۲۷/۷
رنگ	TCU	۴	۵	۶	۵	۳	۶	۵	۵	۰	۱	۴
کلر	mg/l	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰/۱۲
TDS	mg/l	۸۸۲/۷	۸۷۷/۸	۹۱۰	۹۰۰/۲	۸۴۸/۴	۸۵۳/۳	۸۶۵/۲	۸۷۴/۳	۸۵۴/۷	۸۶۸	۸۷۳/۴
نیترات	mg/l	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۰/۹	۰/۳	۱	۱/۱	۱/۱	۱/۴	۱/۴	۰/۹
نیتریت	mg/l	۰/۰۳۷	۰/۰۳۴	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸۹

جدول ۶. مقادیر پارامترها در آتش‌نشانی

پارامتر نمونه‌برداری	واحد	نوبت									میانگین
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	
pH	-	۷/۶	۷/۶	۷/۷	۷/۶	۸	۷/۷	۷/۸	۷/۷	۷/۷	۸	۷/۷۴
دما	°C	۲۶/۷	۲۳/۵	۲۹	۲۵/۵	۲۸	۲۸	۲۵	۲۶/۵	۲۹	۲۵	۲۶/۶
رنگ	TCU	۷	۵	۷	۶	۴	۶	۳	۲	۰	۰	۴
کلر	mg/l	۰	۰	۱/۵	۰/۳	۰	۰	۰	۰	۰/۳	۰/۲	۰/۲۳
TDS	mg/l	۸۸۲	۸۷۵/۷	۹۱۶/۳	۸۷۴/۳	۸۷۸/۵	۸۳۹/۳	۸۵۶/۸	۸۶۵/۹	۸۷۲/۵	۸۶۳/۱	۸۷۲/۴
نیترات	mg/l	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱	۱	۱/۱	۱	۱	۱/۳	۰/۹
نیتریت	mg/l	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷۴

جدول ۷. مقادیر پارامترها در شرکت آبفا

پارامتر نمونه‌برداری	واحد	نوبت									میانگین
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	
pH	-	۷/۷	۷/۷	۷/۷	۷/۷	۸	۷/۶	۷/۸	۷/۷	۷/۹	۸	۷/۷۸
دما	°C	۲۷/۹	۲۳/۹	۲۴/۵	۲۶/۵	۲۸	۲۷	۲۴	۲۶/۵	۲۹	۲۴	۲۶/۱۳
رنگ	TCU	۸	۶	۴	۶	۲	۶	۲	۲	۱	۱	۳/۸
کلر	mg/l	۰	۰	۱/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۱۷
TDS	mg/l	۸۵۹/۶	۸۷۴/۳	۹۱۴/۹	۸۸۳/۴	۸۷۰/۸	۸۶۷/۳	۸۵۷/۵	۸۶۵/۹	۸۶۹/۴	۸۵۹/۶	۸۷۲/۲۷
نیترات	mg/l	۰/۴	۰/۶	۰/۷	۰/۹	۱	۱	۱/۱	۱	۰	۱/۳	۰/۸
نیتریت	mg/l	۰/۰۳۴	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶۲

شکل ۲. میانگین غلظت یون‌های نیترات و نیتریت در مناطق مختلف نمونه‌برداری

نتایج مربوط به ارزیابی ریسک سلامت:

بر اساس روابط ارائه شده برای ارزیابی ریسک، مقادیر CDI برای برآورد ارزیابی ریسک سلامتی غیرسرطان‌زا انجام شد. مقادیر CDI برای بزرگسالان، کودکان و نوزادان به تفکیک در جدول ۸ ارائه شده است. میانگین غلظت یون‌های نیترات و نیتریت به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۰۱۸۱۸ در نظر گرفته شد.

جدول ۸. محاسبه میزان CDI مربوط به نیترات و نیتریت آب آشامیدنی

میزان	بزرگسالان	کودکان	نوزادان
مقدار CDI	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۷
مقدار HQ	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۳۷۵	۰/۰۴۳

بحث

هدف اصلی این مطالعه، اندازه‌گیری غلظت یون‌های نیترات و نیتریت در سیستم توزیع آب شرب شهر اوز و ارزیابی خطر سلامتی ناشی از مصرف آب حاوی نیترات بود. همانگونه که در مقدمه اشاره شد، یون‌های نیترات و نیتریت دارای عوارض منفی بر روی انسان و محیط زیست می‌باشند، بنابراین رعایت استانداردهای ارائه شده توسط سازمان‌های مربوط به غلظت این یون‌ها می‌تواند سبب حفظ سلامت مصرف‌کنندگان شود. حداکثر مجاز یون‌های نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی بر اساس استاندارد ملی آب ایران ۱۰۵۳ و بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت به‌ترتیب ۵۰ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است (۱۶). در مطالعه حاضر میانگین نیترات و نیتریت به‌ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۰۱۸۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. در مطالعه محمدی و همکاران در بابل، میانگین نیترات و نیتریت به‌ترتیب ۱/۸۶ و ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد (۱۶). تفاوت میزان نیترات بین دو مطالعه می‌تواند ناشی از تفاوت در منبع تأمین آب بین دو شهر باشد؛ به‌صورتی‌که منبع تأمین آب در مطالعه بابل آب زیرزمینی بوده است. در مطالعه عمارلویی و همکاران بر روی آب‌های زیرزمینی شهر ایلام، غلظت یون‌های نیترات و نیتریت در ۹۸/۳۳٪ نمونه‌ها پایین‌تر از مقدار استاندارد و در ۱/۶۷٪ نمونه‌ها بالاتر از مقدار استاندارد بود. میانگین غلظت ثبت شده برای یون‌های نیترات و نیتریت در آب‌های شهری به‌ترتیب معادل ۳/۷۹ و ۰/۰۱۳۴ میلی‌گرم بر لیتر بود (۱۷). در مطالعه نوربخش و همکاران بر روی آب آشامیدنی شهر سبزوار، میانگین غلظت یون نیترات و نیتریت در کل نمونه‌های برداشت شده ۱۳/۶۵ و ۰/۰۳۹ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۸). فاصله زیاد مقدار یون نیتریت از حداکثر مجاز می‌تواند به‌دلیل ناپایدار بودن این یون در طبیعت و تبدیل سریع آن به یون نیترات و طولانی بودن مسافت انتقال آب‌ها به شهرها باشد (۱۸).

نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی پایین‌تر از حداکثر مجاز در استانداردهای ارائه شده است. از دلایل پایین بودن غلظت نیترات و نیتریت در سیستم توزیع آب آشامیدنی می‌توان به این نکات اشاره نمود که تأمین آب آشامیدنی این شهر از منابع آب سطحی از سد سلمان فارسی طی خط آب‌رسانی لارستان انجام می‌گیرد. این خط آب‌رسانی از تصفیه‌خانه آب حضرت ابی‌طالب (ع) ۹ شهر جنوبی استان فارس شامل امام شهر، کارزین، خنج، اوز، گراش، لار، فیشور، خور و لطیفی و ۴۰ روستای واقع در مسیر را آب‌رسانی می‌کند. بر همین اساس، غلظت زمینه‌ای نیترات و نیتریت در منبع تأمین به‌دلیل سطحی بودن منبع ناچیز است. همچنین نحوه دفع فاضلاب در شهر اوز به‌صورت چاه جذبی است که حداکثر عمق گزارش شده توسط شرکت آبفا ۵ متر می‌باشد، همین عامل باعث شده است که ورود یون‌های نیترات و نیتریت به منبع تأمین آب آشامیدنی کاهش پیدا کند. یکی دیگر از منابع ورود یون‌های نیترات و نیتریت به آب آشامیدنی، کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن مورد استفاده در بخش کشاورزی است. در محدوده مورد مطالعه به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی موجود، کشاورزی رونق چندانی ندارد. زمین‌های مزروعی طبق مطالعات میدانی، دارای فاصله نسبتاً زیادی از شهر هستند که منبع تأمین آب آنها به‌صورت چاه‌های عمیق است که حضور ترکیبات شیمیایی موجود در کودهای مورد استفاده تأثیری بر میزان ترکیبات شیمیایی آب آشامیدنی شهر ندارد.

در این مطالعه سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب نیز

بررسی شدند. بر اساس استاندارد ملی آب ایران (۱۰۵۳) حداکثر مجاز هر یک از پارامترهای pH، رنگ، کلر و جامدات محلول در آب آشامیدنی به‌ترتیب در محدوده ۶/۵ تا ۹، ۱۵ TCU ، ۰/۲-۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند. در مطالعه حاضر مقادیر اندازه‌گیری شده هیچ یک از پارامترها در هیچ‌کدام از نقاط نمونه‌برداری از حد استاندارد مجاز فراتر نرفته بود، بنابراین کیفیت آب آشامیدنی شهرستان اوز در رابطه با پارامترهای مورد مطالعه در حد مجاز استاندارد ملی می‌باشد. هرچند با توجه به ضرورت وجود حداقل ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر کلر باقی‌مانده در محل مصرف، میزان میانگین کلر باقی‌مانده در ۳ نقطه از ۵ نقطه مورد مطالعه از ۰/۲ کمتر و در عین حال از ۰/۱ بیشتر بود. کاهش میزان کلر در نقطه مصرف می‌تواند ناشی از فرسودگی لوله‌های آب‌رسانی و یا وجود رسوبات در آنها باشد (۱۹).

بر اساس ارزیابی ریسک انجام شده مشخص شد که مصرف آب آشامیدنی در گروه‌های سنی مختلف در طی زندگی افراد، خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد. بر اساس مطالعات مشابه صورت گرفته در سراسر دنیا، مشخص شد که حضور یون‌های نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی بر سلامت انسان تأثیرگذار است و مراجع ذی‌صلاح به‌دنبال ارزیابی مستمر کیفیت آب آشامیدنی هستند. در مطالعه ادیمالا و همکاران که به بررسی تأثیر یون نیترات موجود در آب آشامیدنی بر روی سلامت انسان در جنوب کشور هند پرداخت، میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های آب آشامیدنی ۵۸/۷۴ میلی‌گرم در لیتر بود که ۵۷٪ نمونه‌ها دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت بودند. همچنین ارزیابی ریسک این مطالعه نشان داد که شاخص خطر HI [1] کل برای مردان، زنان و کودکان به‌ترتیب ۱/۴۲، ۱/۶۷ و ۱/۹۵ می‌باشد که کودکان بیشترین مواجهه با خطر را دارند (۲۰). همچنین در مطالعه سلیمانی و همکاران جهت تعیین کیفیت آب زیرزمینی و ارزیابی ریسک مصرف آن در استان کردستان، غلظت یون نیترات در نمونه‌های برداشت شده بین ۱۴/۳۲ تا ۳۶/۰۶ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان HQ برای نوزادان، کودکان، جوانان و بزرگسالان به‌ترتیب برابر ۰/۹، ۱/۱۷، ۰/۹ و ۰/۷ بود و بیشترین حساسیت به خطر غیرسرطانی به یون نیترات مرتبط بود و نیازمند توجه ویژه می‌باشد (۲۱).

1. Hazardous Index

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر غلظت یون‌های نیترات و نیتریت بسیار پایین‌تر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ایران بود. دلیل این موضوع می‌تواند ناشی از تأمین آب شهر از منابع سطحی و عدم آلودگی منبع تأمین توسط فاضلاب‌های شهری و کشاورزی باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر تحت عنوان پروژه تحقیقاتی دانشجویی به شماره طرح ۲۵۲-۱۳۹۶ با استفاده از منابع مالی معاونت پژوهشی دانشکده علوم پزشکی لارستان انجام شده است. بدین‌وسیله از همکاری آن معاونت به‌دلیل حمایت مالی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Huan H, Zhang B-T, Kong H, Li M, Wang W, Xi B, et al. Comprehensive assessment of groundwater pollution risk based on HVF model: A case study in Jilin City of northeast China. Science of The Total Environment. 2018;628:1518-30.
2. Sajedi-Hosseini F, Malekian A, Choubin B, Rahmati O, Cipullo S, Coulon F, et al. A novel machine learning-based approach for the risk assessment of nitrate groundwater contamination. Science of the total environment. 2018;644:954-62.
3. Hutchins M, Abesser C, Prudhomme C, Elliott J, Bloomfield J, Mansour M, et al. Combined impacts of future land-use and climate stressors on water resources and quality

in groundwater and surface waterbodies of the upper Thames river basin, UK. Science of the Total Environment. 2018;631:962-86.
4. Arauzo M, Martínez-Bastida JJ. Environmental factors affecting diffuse nitrate pollution in the major aquifers of central Spain: groundwater vulnerability vs. groundwater pollution. Environmental earth sciences. 2015;73(12):8271-86.
5. Elisante E, Muzuka AN. Assessment of sources and transformation of nitrate in groundwater on the slopes of Mount Meru, Tanzania. Environmental earth sciences. 2016;75(3):277.
6. Fabro AYR, Ávila JGP, Alberich MVE, Sansores SAC, Camargo-Valero MA. Spatial distribution of nitrate health risk associated with groundwater use as drinking water in Merida, Mexico. Applied Geography. 2015;65:49-57.
7. Qasemi M, Afsharnia M, Farhang M, Bakhshizadeh A, Allahdadi M, Zarei A. Health risk assessment of nitrate exposure in groundwater of rural areas of Gonabad and Bajestan, Iran. Environmental earth sciences. 2018;77(15):551.
8. Huan H, Hu L, Yang Y, Jia Y, Lian X, Ma X, et al. Groundwater nitrate pollution risk assessment of the groundwater source field based on the integrated numerical simulations in the unsaturated zone and saturated aquifer. Environment International. 2020;137:105532.
9. Zhai Y, Zhao X, Teng Y, Li X, Zhang J, Wu J, Zuo R. Groundwater nitrate pollution and human health risk assessment by using HHRA model in an agricultural area, NE China. Ecotoxicology and environmental safety. 2017;137:130-42.
10. Ahada CP, Suthar S. Groundwater nitrate contamination and associated human health risk assessment in southern districts of Punjab, India. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(25):25336-47.
11. Cheong JY, Hamm SY, Lee JH, Lee KS, Woo NC. Groundwater nitrate contamination and risk assessment in an agricultural area, South Korea. Environmental Earth Sciences. 2012;66(4):1127-36.
12. American Public Health Association (APHA): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation publication. APHA, Washington D.C; 2005
13. Ghaderpoori M, Paydar M, Zarei A, Alidadi H, Najafpoor AA, Gohary AH, et al. Health risk assessment of fluoride in water distribution network of Mashhad, Iran. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2019;25(4):851-62.
14. Das S, de Oliveira LM, da Silva E, Liu Y, Ma LQ. Fluoride concentrations in traditional and herbal teas: Health risk assessment. Environmental Pollution. 2017;231:779-84.
15. Agency UEP. 2018 edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 822-F-18-001. Office of Water, US Environmental Protection Agency Washington (DC); 2018.
16. Mohammadi A, Amouei A, Tabarinia H, Faraji H. Investigating the physicochemical analysis of potable ground water resources in rural area of Babol city. J Neyshabur Univ Med Sci. 2015;3(2):61-9.
17. Amarlooei A, Nazeri M, Nourmoradi H, Sayehmiri K, Khodarahmi F. Investigation on the Concentration of Nitrate and Nitrite in Ilam ground waters. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2014;22:34-41.
18. Nourbakhsh MH, Kheirkhah M, Rahmani Sani A, Allah Abad A, Tabaraee Y, Asadi M. Evaluation of nitrate and nitrite content of drinking water of Sabzevar in fall 2010. The journal of research committee of students at Sabzevar University of Medical Sciences. 2011; 23(1&2): 7-18.
19. Panahi fardM, Mahvi AH., Asgari A, Nazemi S, Moradnia M. A Survey on Drinking Water quality in Qazvin in 2015. J Rafsanjan Univ Med Sci. 2017;16(1):3-16.
20. Adimalla N. Spatial distribution, exposure, and potential health risk assessment from nitrate in drinking water from semi-arid region of South India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2020;26(2):310-34.
21. Soleimani H, Nasri O, Ghoochani M, Azhdarpoor A, Dehghani M, Radfard M, et al. Groundwater quality evaluation and risk assessment of nitrate using monte carlo simulation and sensitivity analysis in rural areas of Divandarreh County, Kurdistan province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020:1-19.