Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems

Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Investigation of the microbial and physicochemical quality of drinking water in Ardabil city in 2019-2020

Mahsa Hasanpour Kashani[*1], **Maliheh Shahmorad Moghanlou**[2]

1. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Science & Technology of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: m.hkashani@uma.ac.ir
2. Ph.D. Student, Department of Science and Environmental Engineering, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Ardabil, Iran, Email: Maliheh_shahmorad@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article history

Received: 30 July 2025

Revised: 22 September 2025

Accepted: 24 September 2025

Published online: 12 November 2025

Keywords:

Physicochemical quality, Drinking water, National and international standards, Seasonal changes, Ardabil.

ABSTRACT

The microbial and physicochemical characteristics of drinking water in terms of type and quantity are the basis for judging its potability and the impact of each of the above components on improving its quality, increasing its acceptability, or threatening its consumers' health. This study aims to investigate the microbial and physicochemical parameters and heavy elements of lead and cadmium in drinking water in Ardabil city and compare it with national and international standards to answer whether Ardabil drinking water is in a healthy state or not. This cross-sectional study was conducted by sampling from four regions of the north, south, east, and west of Ardabil city in the summer of 2019 and winter of 2020 to monitor the quality of water resources. Chemical analysis and examination of the elements present in the water were performed on the samples, and the samples were analyzed for the presence of heavy metals lead and cadmium, total hardness based on carbonate-calcium, total dissolved solids (TDS), pH, chlorine (CL), fluoride, phosphate, nitrate, nitrite, sulfate, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen (BOD), chemical oxygen (COD), turbidity, fecal coliform and total coliform using standard methods and were compared with the Iranian National Standard 1053 and the WHO International Standard. The results showed that the values of the measured parameters, except for the average cadmium (in 53% of cases, the concentration of this metal exceeded the World Health Organization guideline value), phosphate, maximum total hardness, fluoride, and nitrite, were lower than the values of the Iranian National Standard 1053 and the WHO International Standard. Seasonal changes also affect the quantity and quality of drinking water, so that the highest values for the parameters studied were obtained in the winter (cold season of the year).

Citation: Hasanpour Kashani, M., & Shahmorad Moghanloo, M. (2025). Investigation of the microbial and physicochemical quality of drinking water in Ardabil city in 2019-2020. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(3), 21-36.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association

© Author(s)

***Corresponding author:** Mahsa Hasanpour Kashani

Address: Department of Water Engineering, Faculty of Sciences and Technological Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Tel: +989144008020

Email: m.hkashani@uma.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Investigation of the microbial and physicochemical quality of drinking water in Ardabil city in 2019-2020

Mahsa Hasanpour Kashani*[1], Maliheh Shahmorad Moghanlou[2]

1. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Science & Technology of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: m.hkashani@uma.ac.ir
2. Ph.D. Student, Department of Science and Environmental Engineering, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Ardabil, Iran, Email: Maliheh_shahmorad@yahoo.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The largest proportion of the world's population deprived of access to safe water lives in Asia and Africa and resides in rural areas. About 80% of the Earth's surface is covered with water, of which about 97% is in the oceans and seas, which are too salty and unfit for human consumption, and about 2.4% is trapped in large glaciers and polar ice caps. Therefore, less than 1% of water resources are available for drinking, agricultural, domestic, and industrial use. Water quality is a very important issue in public health and health management. Before addressing practical solutions for its extraction, transport, purification, and distribution, it is necessary to recognize this vital element that affects health and is related to sustainable development. Understanding water in terms of quantity and quality, and how it is obtained, is a fundamental step towards its improvement and use. In general, water quality depends on the geology of the area (weathering and erosion) and the ecosystem, as well as wastewater disposal, industrial pollution, use of water for heat reduction, and overuse (which may reduce the amount of water available). The development process in Iran has led to widespread problems, including water pollution. This issue becomes more important when our country is located in an arid and semi-arid region, and groundwater accounts for about 52% of fresh water consumption. Therefore, due to the environmental and health importance of the issue of water pollution, the present study examines the microbial and physicochemical quality of drinking water sources in Ardabil city and compares it with the national standard of Iran and the guidelines of the World Health Organization.

Methodology: This descriptive-cross-sectional study was conducted seasonally during the winter of 2019 and summer of 2020 to determine the microbial and physicochemical quality of drinking water in Ardabil city in the north, south, east, and west regions of the city. For this purpose, sampling was carried out from four different areas of Ardabil city in two drinking water distribution networks using special containers. Then, the prepared samples were transferred to the laboratory for analysis, interpretation and reporting of the quality of the samples. In the laboratory microbial tests, in addition to the colorimetric test, the presence of coliforms was determined by the multi-tube test method, and in the chemical tests, titrimetric and device methods were mainly performed based on the standard method. In total, the samples were analyzed for 17 quality parameters including total dissolved solids (TDS), pH, sulfate, phosphate, nitrite, nitrate, total hardness based on calcium carbonate, fluoride, chlorine, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), lead, cadmium, turbidity, fecal coliforms, and total coliforms using standard methods and compared with the Iranian National Standard 1053 and the WHO international standard.

Results and Discussion: As mentioned, in order to further ensure the quality of drinking water in Ardabil city, drinking water samples were collected from four different regions of the north, south, east, and west of the city, and also to investigate the impact of climate change on drinking water quality. The samples were collected at two different times, winter and summer. After obtaining the values of water quality parameters from the laboratory, the statistical characteristics of the values of these parameters were calculated using SPSS software. In general, it can be said that the values of cadmium, phosphate, maximum hardness, and fluoride in Ardabil drinking water are higher than the standards in some samples (50%, 62%, 37%, and 37% of samples, respectively). Cadmium is naturally found in small amounts in drinking water. However, values higher than the

***Corresponding author:** Mahsa Hasanpour Kashani
Address: Department of Water Engineering, Faculty of Sciences and Technological Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Tel: +989144008020
Email: m.hkashani@uma.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

permissible limit indicate environmental pollution, such as the entry of wastewater or the use of chemical fertilizers in agriculture and their entry into drinking water sources. Considering that this metal is mostly introduced into the environment through chemical toxins or phosphorus fertilizers and enters groundwater sources, it can be said that agricultural activities and human wastewater are important reasons affecting the concentration of cadmium in drinking water sources. The amount of cadmium storage in the body increases with zinc deficiency. Therefore, an increase in cadmium is accompanied by a decrease in zinc in the body, which causes a decrease in enzymatic reactions in the body. In the present study, the amount of cadmium in drinking water in Ardabil city was higher than the Iranian standard 1053 and also higher than the World Health Organization guideline values.

Conclusion: It could be concluded that the levels of phosphate, cadmium, fluoride, and hardness parameters in some drinking water samples from Ardabil city were higher than the Iranian standard 1053 and also higher than the World Health Organization guideline values, which requires further studies in this regard. While the measurement results for other drinking water quality parameters, including lead, showed lower values than the standards under study, this indicates that the drinking water in this city is safe. Due to the presence of the dangerous element cadmium, it can be said that the water is not in a healthy state, which, of course, applies to 50 % of the samples prepared. Besides, observations indicated that seasonal changes affect the quality of drinking water resources.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: This research has not received any financial support.

Authors' contribution: Mahsa Hasanpour Kashani and Maliheh Shahmorad Moghanlou, as the authors of the paper, conducted all parts of the research and wrote the whole manuscript.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The authors of this article would like to thank the officials of the Ardabil Water Quality Laboratories for conducting the requested tests.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

بررسی کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹

مهسا حسنپور کاشانی*[۱]، ملیحه شهمراد مغانلو[۲]

۱. دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، m.hkashani@uma.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی علوم و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اردبیل، اردبیل، ایران، Maliheh_shahmorad@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۰۸ مرداد ۱۴۰۴
بازنگری: ۳۱ شهریور ۱۴۰۴
پذیرش: ۰۲ مهر ۱۴۰۴
انتشار برخط: ۲۱ شهریور ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
کیفیت فیزیکوشیمایی، آب شرب، استانداردهای ملی و بین‌المللی، تغییرات فصلی، اردبیل

چکیده

ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی برحسب نوع و مقدار، مبنای قضاوت دربارهٔ قابل شرب بودن و تأثیرگذاری هر کدام از اجزاء فوق بر بهبود کیفیت، افزایش مقبولیت و یا تهدید سلامت مصرف‌کننده آن است. هدف این تحقیق، بررسی پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی و عناصر سنگین سرب و کادمیوم آب شرب شهر اردبیل و مقایسه آن با استاندارد ملی و بین‌المللی به‌منظور پاسخ به این سوال که آیا آب شرب اردبیل در وضعیت سالم قرار دارد یا نه، است. این مطالعه مقطعی به‌صورت نمونه‌برداری از چهار منطقه شمال، جنوب، شرق و غرب شهر اردبیل در تابستان سال ۱۳۹۸ و زمستان ۱۳۹۹ به‌منظور پایش کیفی منابع آب انجام شد. تحلیل شیمیایی و بررسی عناصر موجود در آب روی نمونه‌ها انجام شد و نمونه‌ها از نظر وجود فلزات سنگین سرب و کادمیوم، سختی کل بر اساس کربنات-کلسیم، کل ذرات محلول در آب (TDS)، اسیدیته (pH)، کلر (CL)، فلوراید، فسفات، نیترات، نیتریت، سولفات، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن زیست-شیمیایی (BOD)، اکسیژن شیمیایی (COD)، کدورت، کلیفرم مدفوعی و کلیفرم کل به روش استاندارد تحلیل شدند و با استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ و استاندارد بین‌المللی WHO مقایسه شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده به غیر از میانگین کادمیوم (که در ۵۳ درصد موارد غلظت این فلز فراتر از مقدار رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بوده است)، فسفات، حداکثر مقدار سختی کل، فلوراید و نیز نیتریت از مقادیر استانداردهای ملی ایران ۱۰۵۳ و استاندارد بین‌المللی WHO پایین‌تر بوده است. هم‌چنین، تغییرات فصلی نیز در کمیت و کیفیت آب شرب تأثیرگذار است، به‌طوری که بالاترین مقادیر، برای پارامترهای مورد بررسی در فصل زمستان (فصل سرد سال) به‌دست آمده است.

استناد: حسنپور کاشانی، مهسا و شهمراد مغانلو، ملیحه. (۱۴۰۴). بررسی کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۳)، ۲۱-۳۶.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** مهسا حسنپور کاشانی
نشانی: گروه مهندسی آب، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تلفن: ۰۹۱۴۴۰۰۸۰۲۰
پست الکترونیکی: m.hkashani@uma.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

مقدمه

بیش‌ترین جمعیتی که در جهان از نعمت داشتن آب شرب سالم و بهداشتی محروم هستند، در روستاهای قاره‌های آسیا و آفریقا زندگی می کنند (Sepehr, 2006). حدود ۸۰ درصد از سطح زمین با آب پوشیده شده است که از این مقدار آب، حدود ۹۷ درصد در اقیانوس‌ها و دریاها قرار گرفته و بیش از حد شور است و به‌طور مستقیم برای فعالیت‌های انسان غیر قابل شرب و استفاده هستند، هم‌چنین، حدود ۲/۴ درصد در یخچال‌های طبیعی بزرگ و یخ‌های قطبی موجود است. بنابراین، کم‌تر از ۱ درصد منابع آبی برای شرب، کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی و گیاهان و جانوران موجود است (اسم حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). کیفیت آب، موضوعی بسیار مهم در بهداشت عمومی و مدیریت سلامت است. قبل از پرداختن به راهکارهای عملی استحصال، انتقال، بهسازی و توزیع آن، لازم است این عنصر حیاتی موثر بر سلامت و مرتبط با توسعه پایدار شناخته شود. شناخت آب از نظر کمیت، کیفیت و چگونگی حصول آن، قدمی اساسی در جهت بهسازی و مصرف آن است (عنبرستانی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌طورکلی، کیفیت آب بستگی بـــه زمین‌شناسی منطقه (هوازدگی و فرسایش کانی‌ها مورد بحث در علم زمین‌شناسی پزشکی) و بوم‌سازگان و هم‌چنین، دفع فاضلاب، آلودگی صنعتی، استفاده از آب برای کاهش حرارت و استفاده بیش از حد (ممکن است باعث کاهش مقدار آب موجود شود) دارد (Arain et al., 2014; Manickum et al., 2014). از فعالیت های مهم انسانی در تولید آلودگی، فعالیت‌های صنعتی و تجاری (به‌عنوان مثال، تولید، معادن، ساختمان‌سازی، حمل و نقل) است و یکی از عمده‌ترین منابع آلودگی آب، رواناب حاصل از کشاورزی، رواناب شهری و فاضلاب تصفیه‌نشده است، آلاینده‌هایی که به‌طور طبیعی ممکن است در آب تصفیه نشده نباشند (Manickum et al., 2014). علاوه‌براین، عوامل دیگری مانند شرایط جغرافیایی، نوع منبع (چشمه، چاه، رودخانه و ...)، بهسازی منابع، ذخیره آب در مخازن، نوع و قدمت شبکه انتقال و توزیع، نزدیکی به منابع آلاینده و نیز تغییرات آب و هوایی می‌توانند کیفیت میکروبی آب را هدف قرار دهند (Almasi et al., 2013). میکروارگانیسم‌ها (ویروس‌ها، پروتوزوآها و باکتری‌ها)، آلودگی معدنی (نمک و فلزات)، شیمیایی آلی (آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، فرآیندهای صنعتی و استفاده از مواد نفتی) و آلاینده‌های رادیواکتیو از جمله عوامل آلودگی منابع آب هستند (Volker et al., 2010). منشاء آلودگی آب به فلزات سنگین، از دو طریق طبیعی (هوازدگی و فرسایش سنگ‌ها) و انسان‌ساخت (معدن‌کاری، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی) امکان‌پذیر است که می‌تواند کیفیت آب برای مصارف آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی را تنزل دهد (Wuana & Okieimen, 2011). آب آشامیدنی ایده‌آل باید شفاف، بدون بو و مزه، پایدار (موجب خوردگی یا رسوب‌گذاری نشود)، عاری از ارگانیسم‌های بیماری‌زا و دیگر ترکیبات مضر باشد. وبا، تیفوئید، اسهال باسیلی، لپتوسپیروز، هپاتیت عفونی و گاستروآنتریت از جمله بیماری‌هایی هستند که توسط ویروس‌ها، باکتری‌ها و پروتوزوآها ایجاد و به وسیله آب منتقل می‌شوند (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۸). ارزیابی کیفیت میکروبی آب مستلزم بررسی تمام پاتوژن‌هایی است که عامل ایجاد عفونت در انسان هستند، اما به‌دلیل نیاز به وقت و هزینه زیاد برای تجزیه و تحلیل، معمولا ارگانیسم‌های شاخص پرکاربرد مانند کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی بررسی می‌شود. عدم کنترل کیفیت شیمیایی آب، صرف‌نظر از اثرات نامطلوب بهداشتی باعث وقوع پدیده خوردگی و یا رسوب گذاری در شبکه توزیع و انتقال آب می‌شود (Melidisa, 2009).

تاکنون مطالعات زیادی بر روی کیفیت آب آشامیدنی شهرهای مختلف انجام گرفته است. برای نمونه، دیندارلو و همکاران (۱۳۸۵)، نشان دادند که کیفیت شیمیایی آب شرب شهر بندرعباس از دیدگاه بهداشتی مشکل‌آفرین نیست. در ادامه، اصل هاشمی و همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی فیزیکوشیمیایی شهر اردبیل پرداختند و به موضوع مشکل آب شرب اردبیل به لحاظ بالا بودن سولفات، سختی و فسفات پی بردند. هم‌چنین، عالیقدر و همکاران (۱۳۸۶)، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شهر اردبیل و نیز میزان غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، سرب، کروم، نیکل، آهن، منگنز و روی) را در دو فصل کم‌آبی و پرآبی بر مبنای روش‌های استاندارد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که در تمام نمونه‌ها، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و نیز غلظت فلزات آهن، منگنز، روی، سرب و نیکل در حد استانداردهای تعیین شده برای این عناصر بودند، ولی غلظت مس، کروم و کادمیوم در مرز استاندارد قرار داشت. علاوه بر این، نصرالهی و همکاران (۱۳۸۹)، کیفیت آب شهر گرگان را بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که آب شرب مصرفی از لحاظ پارامترهای شیمیایی و میکروبی مشکلی ندارد. شبانکاره‌فرد و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب شرب شهر بوشهر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که غیر از TDS و سولفات، مقادیر بقیه پارامترها از حد استاندارد پایین بودند. احمدی‌زاده فینی و همکاران (۱۳۹۳)، میزان غلظت عناصر سنگین مانند کادمیوم، سرب و روی را در چاه‌های آب شرب روستاهای بندرعباس بررسی نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که در برخی مناطق، حداکثر غلظت این فلزات بالاتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی و آژانس حفاظت محیطزیست آمریکا است. پور اکبر و همکاران (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی کیفیت آب شهرستان سراب را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه، بالا بودن املاح محلول در غرب شهرستان از نکات قابل توجه بود. غلظت آرسنیک در دو مورد از نمونه‌ها و جیوه در یکی از نمونه

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

ها بالا بود. آزمون تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که آب‌های بررسی شده از لحاظ پارامترهای فیزیکوشیمیایی در سه دسته قابل تقسیم-بندی هستند.

بهبهانی‌نیا و همکاران (۱۳۹۶)، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه لاسم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج، حاکی از کم بودن مقدار اکسیژن محلول در اکثر رودخانه‌ها از مقدار حد مجاز استاندارد بود. هم‌چنین، کیفیت آب رودخانه در فصل تابستان پایین‌تر از فصل پاییز بود. هم‌چنین، مطالعه حسینی و فولادی فرد (۱۳۹۷) نشان داد که تغییر فصول باعث تغییراتی در برخی از شاخص‌های تحت بررسی در آب شرب روستای سفیدالله استان قم می‌شود. در ادامه، طریقی و همکاران (۱۳۹۸)، آب شرب اردبیل را در چهار فصل با انتخاب ۴ ایستگاه نمونه‌برداری برای پایش پارامترهای دما، pH، کدورت، EC، نیترات، نیتریت، فسفات، سولفات، کلرور، فلوئور، سختی کل، قلیائیت، TDS و شوری مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد مقادیر پارامترهای فیزیکو شیمیایی در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف از مقادیر استانداردهای WHO، EPA و استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ به صورت معناداری پایین‌تر است. پورفرج و مختاری (۱۴۰۰)، به بررسی کیفیت آب شرب روستاهای شهرستان نیر پرداختند و دریافتند که مقادیر ۱۳ پارامتر کیفی سنجش شده در آب آشامیدنی در ۲۶ روستا از روستاهای نیر کم‌تر از استاندارد حداکثر مطلوب و در ۸۲ روستا از روستاهای نیر کم‌تر از استاندارد حداکثر مجاز توصیه شده توسط استاندارد ملی ایران است. اصل هاشمی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی کیفیت آب شرب تبریز پرداختند و چنین دریافتند که عمده مشکل آب شهر، بو و طعم آن است. عیسی و همکاران (۱۴۰۲)، آب شرب شهرستان نهاوند را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق، نشان داد که هدایت الکتریکی آب از حد مجاز بیش‌تر است، ولی به لحاظ نیترات و اسیدیته مشکلی ندارد. ارسخان و همکاران (۱۴۰۳)، کیفیت آب آشامیدنی را در روستاهای شهرستان یزد مورد بررسی قرار دادند. نتایج روند زمانی نشان داد که تغییرات کدورت، کل جامدات، سولفات و برخی فلزات سنگین شامل جیوه، روی، سرب، کادمیوم، کروم و منگنز افزایشی بوده است.

با توجه به مطالعات فوق، می‌توان دریافت که مطالعات زیادی در مورد بررسی وضعیت کیفی آب‌های شرب به‌دلیل اهمیت بهداشتی زیاد آن انجام شده است. مطالعه کیفی آب شرب در شهرهای مختلف کشور ایران از اهمیت بالاتری برخوردار است، زیرا فرآیند توسعه در کشور ایران، مشکلات گسترده‌ای از جمله کمبود آب و افزایش شدید آلودگی‌های صنعتی، کشاورزی و شهری آب را به‌دنبال داشته است، و در نتیجه نیاز به پایش مستمر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شرب ضروری بنظر می‌رسد. این مسئله زمانی اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند که کشورمان در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و آب‌های زیرزمینی حدود ۵۲ درصد مصرف آب شیرین را تشکیل می‌دهند. لذا، تحقیق حاضر به‌منظور پاسخ به این سوال که آیا آب شرب اردبیل در وضعیت سالم قرار دارد یا نه، به بررسی کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی منابع آب شرب شهر اردبیل، یکی از شهرهای بزرگ و صنعتی ایران، و مقایسه آن با استاندارد ملی ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی می‌پردازد.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی، شهر اردبیل، مرکز استان اردبیل است که در موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۵ متر بوده و در میان کوه‌های سبلان و تالش قرار دارد. جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۳۹۵، ۵۲۹۳۷۳ نفر بوده است. شرایط اقلیمی منطقه با متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۳۰/۲ میلی‌متر به‌صورت برف و باران، میانگین دمای سالیانه حدود ۹/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بیشینه سرعت باد حدود ۲۵ متر بر ثانیه است. بر اساس اقلیم نمای آمبروژه، این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد است.

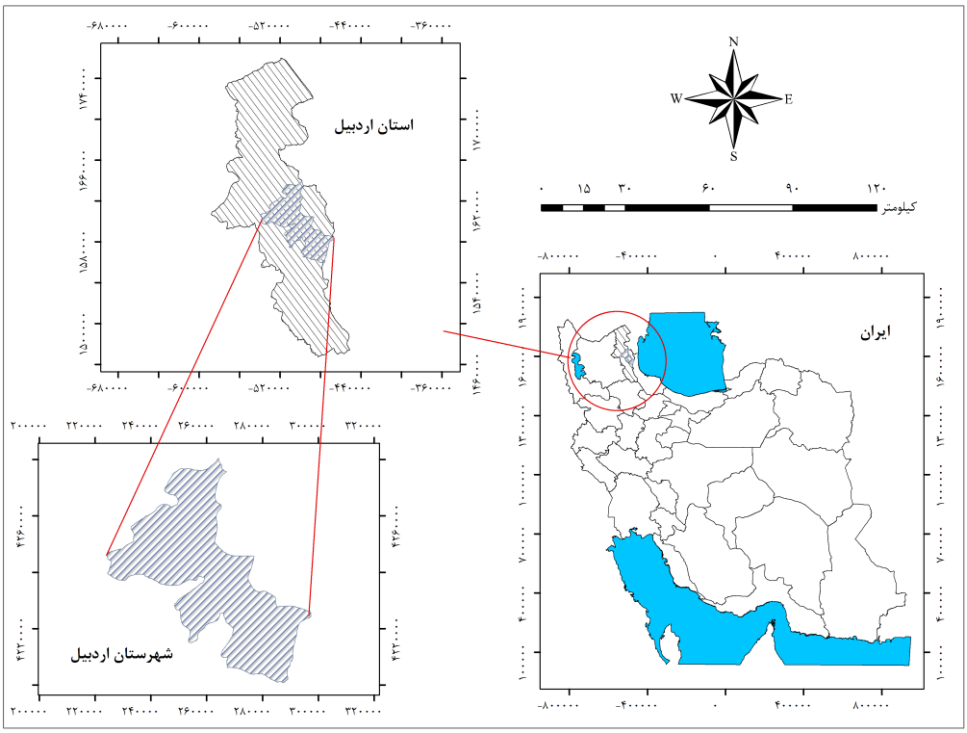
روش تحقیق

این مطالعه توصیفی-مقطعی به‌صورت فصلی طی زمستان سال ۱۳۹۸ و تابستان ۱۳۹۹ جهت تعیین وضعیت کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اردبیل در مناطقی از شمال، جنوب، شرق و غرب شهر انجام شد. بدین منظور، نمونه‌برداری از چهار منطقه مختلف شهر اردبیل در دو شبکه توزیع آب آشامیدنی با استفاده از ظروف مخصوص صورت گرفت. از هر منطقه دو نمونه تهیه شد که در مجموع ۸ نمونه به آزمایشگاه ارسال شد. سپس نمونه‌های تهیه شده برای تحلیل، تفسیر و گزارش کیفیت نمونه‌ها، به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در آزمایشات میکروبی آزمایشگاه، علاوه‌بر تست کلرسنجی، حضور کلیفرم‌ها به روش آزمایشات چند لوله‌ای تعیین و در آزمایشات شیمیایی در قالب تیتراسیون و دستگاهی بر اساس استاندارد متد انجام گرفت. در کل، نمونه‌ها از نظر ۱۷ پارامتر کیفی که عبارتند از کل ذرات محلول در آب (TDS)، pH، سولفات (SO_4^-)، فسفات (PO_4^-)، نیتریت (No_2^-)، نیترات (No_3^-)، سختی کل بر اساس کربنات

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

کلسیم (TH)، فلوراید (F^-)، کلر (Cl^-)، اکسیژن محلول در آب (DO)، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، سرب (Pb)، کادمیوم (Cd)، کدورت (Turbidity)، کلیفرم مدفوعی (Focal Coliform) و کل کلیفرم (Total Coliform) به روش استاندارد تحلیل شده و با استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ و استاندارد بین‌المللی WHO مقایسه می‌شوند.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

Figure 1– Map of the study area

اکسیژن محلول در آب (DO) از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب و فاضلاب است که کل اکسیژن محلول در فاضلاب و آب را اندازه گیری می‌کند. اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD)، معیاری برای تعیین مقدار اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه مواد آلی موجود در یک نمونه آب یا فاضلاب در شرایط هوازی است. به عبارت دیگر، BOD نشان‌دهنده میزان آلودگی آب به مواد آلی قابل تجزیه توسط باکتری‌ها است. اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، یک معیار مهم برای سنجش میزان آلودگی آب و فاضلاب است. این معیار نشان‌دهنده میزان اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون شیمیایی تمام مواد آلی موجود در نمونه آب یا فاضلاب است. به عبارت دیگر، COD نشان می‌دهد که چه مقدار اکسیژن برای تجزیه مواد آلی موجود در نمونه آب با استفاده از یک اکسید کننده قوی نیاز است. کل ذرات محلول در آب (TDS)، به مجموع تمام مواد معدنی، نمک‌ها و یون‌های موجود در آب اشاره دارد. این مواد می‌توانند شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بی‌کربنات‌ها، کلریدها، سولفات‌ها و سایر مواد معدنی باشند. سختی کل آب (TH)، به مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم در آب گفته می‌شود. این یون‌ها می‌توانند از منابع مختلفی مانند سنگ‌های آهکی و دولومیتی وارد آب شوند. سختی آب بر اساس میلی‌گرم در لیتر (ppm) یا میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم (mg/L CaCO3) اندازه‌گیری می‌شود. کلیفرم، گروهی از باکتری‌ها هستند که به‌طور طبیعی در روده انسان و حیوانات و هم‌چنین، در محیط‌هایی مانند خاک و آب وجود دارند. وجود کلیفرم در آب می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی مدفوعی و احتمال وجود سایر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا باشد. به همین دلیل، بررسی وجود کلیفرم‌ها در آب به عنوان یک شاخص مهم برای ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی و سطح خطر آلودگی میکروبی انجام می‌شود.

مقادیر مطلوب پارامترهای کیفی آب در چندین استاندارد تعیین شده است که در این مطالعه، دو استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ و استاندارد بین‌المللی WHO در نظر گرفته شده است که در ادامه توضیح کوتاهی از آن‌ها ارائه می‌شود. استاندارد "آب آشامیدنی-ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی" نخستین بار در سال ۱۳۴۵ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط کمیسیون فنی کشاورزی و غذایی برای پنجمین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در نهصد و نوزدهمین جلسه کمیته‌های استاندارد کشاورزی و غذایی مورخ ۸۸/۱۲/۱۱ تصویب شد. سپس، به‌استناد بند ۱ ماده ۳ قانون اصلاحی قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر شد. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدید نظر شده و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد. این استاندارد، جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۰۵۳ سال ۱۳۷۶ شد. پیشرفت روش‌های شناسایی، اندازه‌گیری و حذف آلاینده‌ها از یک طرف و شناسایی اثرات جامع‌تر آن‌ها بر سلامت انسان و به‌کارگیری روش مدیریت و ارزیابی ریسک در تدوین استانداردها سبب شده‌است‌که استانداردهای آب آشامیدنی در دنیا به‌طور مداوم بازنگری و مقادیر جدیدی برای مواد معدنی، آلی و غیره تعریف و یا پارامترهای جدیدی معرفی شوند. حد مجاز و مطلوب پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و رادیواکتیو استاندارد ۱۰۵۳ با توجه به ویرایش سال ۱۹۹۷ سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سایر مراجع معتبر آن زمان، تعیین شده است. نظر به این‌که مقررات WHO در سال ۲۰۰۸ تغییر نموده و هم‌چنین، برخی از پارامترها اضافه و بعضی دیگر حذف شده‌اند و از طرفی سایر مقادیری که در استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳ سال ۱۳۷۶ استفاده شده، مورد بازنگری قرار گرفته‌اند، بنابراین، بازنگری استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳ با توجه به تغییرات مراجع معتبر و شرایط کشور، ضروری است.

دستورالعمل WHO در سال ۱۹۹۳ برای تنظیم استاندارد و ایمنی کیفیت آب آشامیدنی در ژنو تنظیم شد. به عبارت دیگر، سازمان بهداشت جهانی (WHO) رهنمودهایی برای کیفیت آب آشامیدنی منتشر می‌کند که به‌عنوان "استانداردهای WHO برای آب آشامیدنی" شناخته می‌شود.

نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد، به‌منظور اطمینان بیش‌تر از کیفیت آب شرب شهر اردبیل، نمونه‌های آب شرب از چهار منطقه مختلف شمال، جنوب، شرق و غرب شهر و نیز به‌منظور بررسی تاثیر تغییر فصول بر کیفیت آب آشامیدنی، نمونه‌ها در دو نوبت زمانی مختلف زمستان و تابستان تهیه شدند. پس از اخذ مقادیر پارامترهای کیفی آب از آزمایشگاه، خصوصیات آماری این پارامترها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 محاسبه شد (جدول ۱). با توجه به جدول ۱، ملاحظه می‌شود که مقدار میانگین (۰/۰۰۲۷) و حداکثر مقدار (۰/۰۰۳۵) عنصر سمی سرب از مقدار استاندارد ملی (۰/۰۵) و جهانی (۰/۰۱) کم‌تر است. به عبارت دیگر، آب شرب شهر اردبیل به لحاظ وجود عنصر خطرناک سرب مشکلی ندارد. مقدار میانگین فلز سنگین و سمی کادمیوم (۰/۰۴۶) و حداکثر مقدار آن (۰/۰۵۶۲) از مقدار استاندارد ملی (۰/۰۰۵) و جهانی (۰/۰۰۳) بیش‌تر است. لذا، به‌نظر می‌رسد آب شرب اردبیل به لحاظ وجود عنصر خطرناک کادمیوم در وضعیت سالم قرار ندارد که این شرایط فقط مربوط به ۵۰ درصد از نمونه‌های تهیه شده است. قابل ذکر است که با توجه به جدول ۱، مقدار استاندارد برای عنصر سرب و کادمیوم به‌صورت حداکثر مطلوب و حداکثر مجاز تعیین نشده است. در خصوص سختی آب، زمانی که مقدار آن بالاتر از۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب بر حسب کربنات کلسیم باشد، در زمره آب‌های خیلی سخت محسوب می‌شود. میانگین سختی کل آب (۱۸۴/۲۵) هم نسبت به استاندارد حداکثر مطلوب ملی (۲۰۰) و هم نسبت به حداکثر مجاز ملی (۵۰۰) و جهانی (۳۰۰) کم‌تر بوده ولی نسبت به حداکثر جهانی (۲۰۰–۱۰۰) بیش‌تر است. هم‌چنین، حداکثر مقدار سختی مشاهده شده (۲۴۵) از مقدار حداکثر مطلوب ملی و جهانی (۲۰۰ و ۲۰۰–۱۰۰) کمی بیش‌تر است. به عبارت دیگر، در ۳۷ درصد از نمونه‌های تهیه شده در مناطق شمال، جنوب و شرق، مقدار سختی از مقدار حداکثر مطلوب ملی و جهانی بیش‌تر است. با توجه به مقادیر سختی آب در نمونه‌های مختلف، می‌توان گفت نوع آب شهر اردبیل از طبقه آب کمی سخت تا سخت است. علت عمده افزایش سختی آب می‌تواند به جنس زمین مربوط باشد که این موضوع، مشکل بهداشتی خاصی در مناطق مورد بررسی ایجاد نمی‌کند ولی در برخی موارد در استفاده‌های صنعتی می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. میانگین و حداکثر مقدار کل ذرات محلول در آب (۴۸۳/۸۷ و ۵۴۴) هم نسبت به استاندارد حداکثر مطلوب ملی (۱۰۰۰) و جهانی (۶۰۰) و هم نسبت به حداکثر مجاز ملی (۱۵۰۰) و جهانی (۱۰۰۰) کم‌تر است که این نشان‌گر وضعیت مناسب آب شرب اردبیل به لحاظ پارامتر TDS است. مقدار میانگین و حداکثر مقدار پارامتر کلر (۹۳/۴۱۱ و ۱۲۷/۸۰) از مقدار استاندارد ملی (۲۵۰ و ۴۰۰) و جهانی (۲۰۰) کم‌تر است که نشان می‌دهد وضعیت کیفی آب شرب به لحاظ عنصر کلر نیز مناسب است. میانگین و حداکثر مقدار پارامتر سولفات (۶۸/۱۲ و ۸۴/۷۲) نسبت به استاندارد حداکثر مطلوب ملی (۲۵۰) و جهانی (۲۵۰) و هم نسبت به حداکثر مجاز ملی (۴۰۰) و جهانی (۵۰۰) کم‌تر است که این بیان‌گر وضعیت کیفی خوب آب شرب اردبیل به لحاظ پارامتر سولفات است. مقدار میانگین و حداکثر مقدار پارامتر اکسیژن محلول (۴/۶۹ و ۷/۲۴) از مقدار استاندارد ملی (۹ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) کم‌تر است که البته قضاوت در مورد کم بودن اکسیژن محلول در آب، بستگی به دمای آب در حین آزمایش نیز دارد. مقدار این پارامتر استاندارد جهانی ندارد. حداقل و حداکثر مقدار پارامتر pH آب شرب (۶/۸۷ و ۷/۲۶) در محدوده استاندارد ملی (۸/۵–۶/۵) و جهانی (۸/۵–۶/۵) قرار دارد که حاکی از وضعیت قابل قبول آب شرب اردبیل به لحاظ پارامتر pH است. قابل ذکر است که آب شرب شهر تا حدی حالت اسیدی دارد ولی به لحاظ خاصیت خورندگی (pH کم‌تر از ۷) مشکل

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

خاصی ندارد. حداقل و حداکثر مقدار پارامتر فلوراید آب شرب (۰/۳۳ و ۱/۹۴) به‌ترتیب کم‌تر و بیش‌تر از مقادیر استاندارد ملی (۱/۵–۰/۵) و جهانی (۱/۵–۰/۵) است، ولی مقدار میانگین فلوراید (۰/۹۹) در هر دو محدوده استاندارد ملی و جهانی (۱/۵–۰/۵) است که می‌توان گفت آب شرب شهر به لحاظ پارامتر فلوراید نیز مشکل خاصی ندارد و فقط در ۳۷ درصد از نمونه‌های تهیه شده از شمال، جنوب و شرق اردبیل، مقدار فلوراید از محدوده استاندارد بالاتر است. دلیل زیاد بودن فلوراید می‌تواند بخاطر ساختار زمین‌شناسی منطقه و یا افزودن فلوراید به آب به‌منظور افزایش سلامت دهان و دندان باشد. مقادیر فلوراید بالاتر از حد مجاز در آب شرب می‌تواند فلوئوروزیس دندان و مقادیر بسیار بالاتر، فلوئوروزیس اسکلتی را باعث شود. مقدار میانگین و حداکثر پارامتر اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (۰/۷۵ و ۳) مطابق با استاندارد ملی (کم‌تر از ۷) و جهانی (۱۰) است که نشان از سالم بودن آب دارد. برای پارامتر اکسیژن‌خواهی شیمیایی مقدار استانداردی وجود ندارد، ولی با توجه به نزدیکی مقادیر میانگین و حداکثر مقدار آن (۱/۱۵ و ۳/۹) با مقادیر متناظر اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی به‌نظر می‌رسد در حد قابل قبولی هستند. میانگین و حداکثر مقدار پارامتر فسفات (۰/۳۱ و ۰/۷۵) اندکی از مقادیر استاندارد ملی و جهانی (۰/۲ و ۰/۱) بالاتر است. به‌عبارت دیگر، در ۸۷ درصد از نمونه‌های تهیه شده از همه مناطق شهر، مقدار فسفات بالاتر از حد مجاز ملی است. علت آن می‌تواند به‌دلیل وارد شدن شوینده‌ها و یا آلودگی-های صنعتی و کشاورزی انجام شده در محدوده شهر به داخل آب‌ها باشد. با توجه به مقادیر کدورت، نیتریت و نیترات که به‌ترتیب کم‌تر از ۵، ۰/۰۳ و ۴ هستند، از حداکثر مجاز ملی (۵، ۳ و ۵۰) و استاندارد جهانی (۵، ۰/۰۰۴ و ۱۰) کم‌تر بوده (به‌غیر از نیتریت) ولی از حداکثر مطلوب ملی (کم‌تر از ۱، ۰ و ۰) زیاد هستند. در نتیجه مشکل شربی از لحاظ پارامترهای کدورت و نیترات وجود ندارد و در مورد پارامتر نیتریت نیاز به مطالعه بیش‌تر مخصوصا در قسمت‌های شرق و غرب اردبیل است. علت زیاد بودن احتمالی نیتریت در آب شرب می‌تواند مربوط به ساختار زمین‌شناسی منطقه، ورود آلودگی‌های صنعتی و کشاورزی به آب‌ها و نیز وجود مشکلات در تصفیه‌خانه باشد. مقدار پارامترهای کلیفرم مدفوع و کلیفرم کل برابر صفر هستند که مطابق با هر دو استانداردها (صفر) هستند.

به‌طور کلی، می‌توان گفت مقادیر پارامترهای کادمیوم، فسفات، حداکثر مقدار سختی، فلوراید و نیز نیتریت در آب شرب اردبیل در برخی نمونه‌ها (به‌ترتیب در ۵۰ درصد، ۸۷ درصد، ۳۷ درصد، ۳۷ درصد و ۳۷ درصد نمونه‌ها) بالاتر از حد استاندارد هستند. وجود کادمیوم به‌طور طبیعی به میزان کمی در آب شرب یافت می‌شود. اما مقادیر بالاتر از حد مجاز نشان‌دهنده آلودگی‌های محیطی مثل ورود فاضلاب یا استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و ورود آن‌ها به منابع آب شرب است (ناهید و همکاران، ۱۳۸۳). با توجه به این‌که این فلز بیش‌تر از طریق سموم شیمیایی و یا کودهای فسفره به محیطزیست وارد شده و به منابع آب‌های زیرزمینی راه می‌یابد، می‌توان گفت فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب‌های انسانی از دلایل مهم تأثیرگذار بر میزان غلظت کادمیوم در منابع آب شرب همه مناطق اردبیل هستند. میزان ذخیره کادمیوم در بدن با کمبود روی افزایش می‌یابد. لذا افزایش کادمیوم با کاهش روی در بدن همراه است که باعث کاهش واکنش‌های آنزیمی در بدن می‌شوند (World Health Organization, 2011). در مطالعه حاضر، میزان کادمیوم در آب آشامیدنی شهر اردبیل بالاتر از حد استاندارد ۱۰۵۳ ایران و نیز بالاتر از مقادیر رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بود که مطابق با نتایج مطالعه انجام‌یافته توسط عالیقدر و همکاران (۱۳۸۶) است، که نشان دادند در اردبیل، در ۳۵ درصد از نمونه‌های آب شرب تهیه شده، غلظت کادمیوم بالاتر از حد استاندارد ملی ایران و استاندارد اولیه آمریکا بود و در ۵۳ درصد موارد، غلظت این فلز فراتر از مقدار رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بوده است. طبق نتایج استاندارد سازمان حفاظت محیطزیست آمریکا (USEPA) و استاندارد ۱۰۵۳ ایران، حداکثر مجاز غلظت کادمیوم در آب آشامیدنی به‌ترتیب ۵ و ۳ میکروگرم بر لیتر نیز تعیین شده است. رهنمود سازمان بهداشت جهانی در مورد این عنصر ۳ میکروگرم بر لیتر است (Mebrahtu & Zerabruk, 2011). درحالی‌که در مطالعه انجام شده توسط Karbasi و همکاران (۲۰۰۹) در شهرستان الشتر چنین نتیجه‌گیری شد که منابع آب شرب شهرستان به فلزات سنگین مانند کادمیوم آلوده نیستند. هم‌چنین، در مطالعه پورفرج و مختاری (۱۴۰۰)، مقادیر میانگین فلوراید و فسفات آب شهرستان نیر بالاتر از حد مجاز استاندارد نبودند، ولی میزان سختی آب بیش‌تر از حد مطلوب استاندارد بود. نتایج مطالعه ناهید و همکاران (۱۳۸۳) در مناطق مختلف تهران نشان داد که غلظت فلز سرب در منابع آب آشامیدنی بیش از حد استاندارد بود که با مطالعه حاضر همسو نیست، ولی در مطالعه محمدیان و همکاران (۱۳۸۷) در شهرستان زنجان و نیز عالیقدر و همکاران (۱۳۸۶) در شهر اردبیل، غلظت سرب در هیچ یک از نمونه‌ها بیش‌تر از مقدار مجاز استانداردها گزارش نشد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارند. همانطور که گفته شد، از علل احتمالی بالا بودن میزان پارامتر فسفات در آب شرب شهر می‌توان به فعالیت مناطق صنعتی در نزدیکی شهر، ورود فاضلاب و مواد پاک‌کننده موجود در آن، هم‌چنین، ترکیبات فسفاته موجود در کودهای شیمیایی کشاورزی مورد استفاده در مناطق اطراف شهر اشاره نمود. در مطالعه اصل هاشمی و همکاران (۱۳۸۵) نیز میزان فسفات شهر اردبیل بیش‌تر از حد استاندارد گزارش شده است، ولی نتایج مطالعه شبانکاره‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) در بوشهر منطبق با مقادیر استاندارد ملی گزارش شده است که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد. علت بالا بودن میزان فلوراید (میانگین ۰/۹۹، حداقل ۰/۳۳ و حداکثر ۱/۹۴ میلی‌گرم بر

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

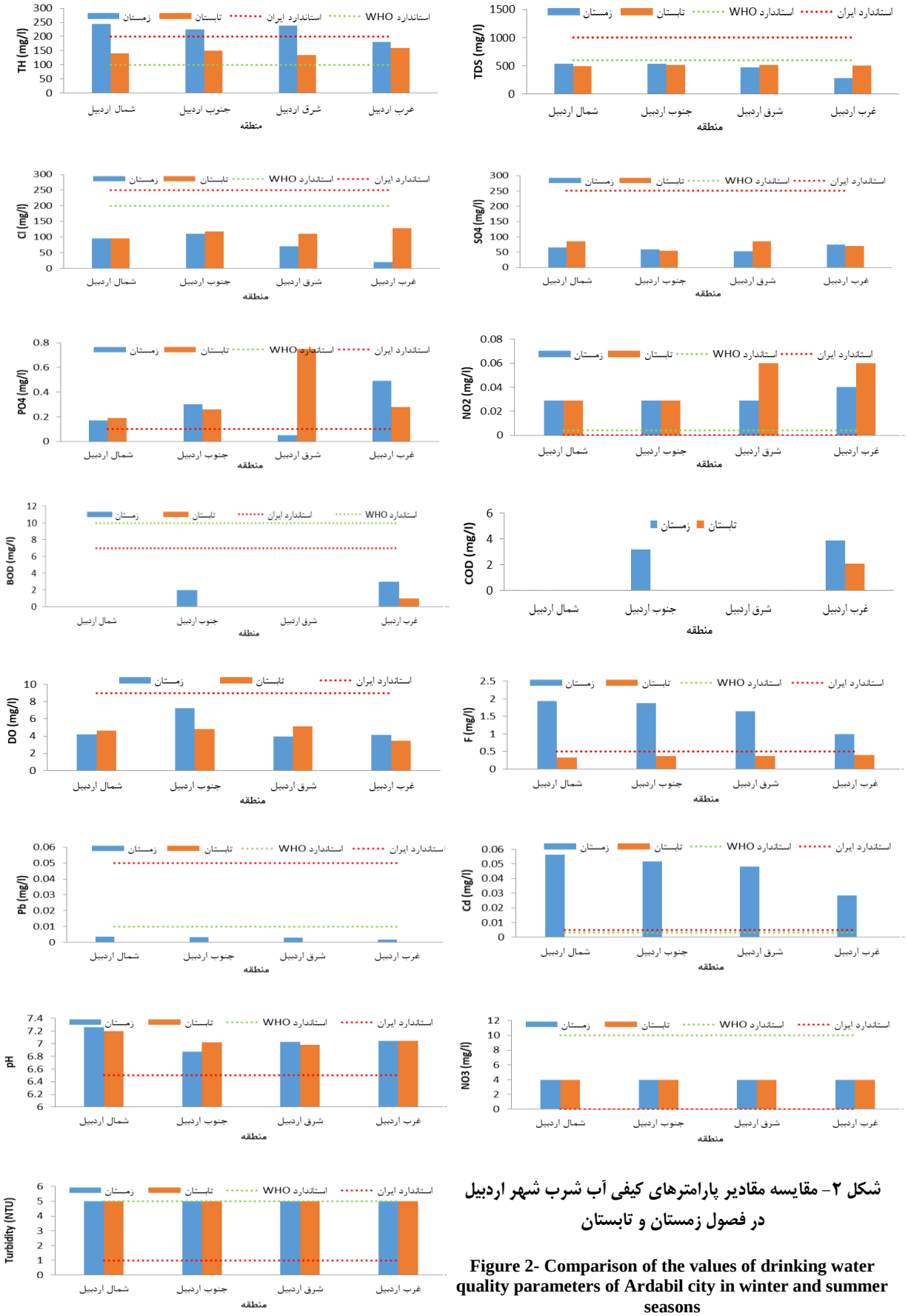
جدول ۱- خصوصیات آماری مقادیر پارامترهای کیفی آب شرب شهر اردبیل بر اساس استانداردهای ملی و بهداشت جهانی

Table 1- Statistical characteristics of the values of drinking water quality parameters in Ardabil city based on national and global health standards

WHO drinking water standard in 2003	Iranian national standard	Max	Min	Mean	Standard diversion	Unit	Quality parameters	Number
0.01	0.05	0.0035	0.0015	0.0027	0.0007	mg/l	Pb	1
0.003	0.005	0.0562	0.0276	0.046	0.0005	mg/l	Cd	2
Optimal max: 100-200 Max allowed: 300	Optimal max: 200 Max allowed: 500	245	135	184.25	45.53	mg/l	TH	3
Optimal max: 600 Max allowed: 1000	Optimal max: 1000 Max allowed: 1500	544	285	483.87	83.78	mg/l	TDS	4
200	Optimal max: 250 Max allowed: 400	127.80	19.52	93.41	34.38	mg/l	Cl^-	5
Optimal max: 250 Max allowed: 500	Optimal max: 250 Max allowed: 400	84.72	52.88	68.12	12.60	mg/l	SO_4^-	6
---	9 mg/L at 25˚c	7.24	3.44	4.69	1.16	mg/l	DO	7
6.5-8.5	6.5-8.5	7.26	6.87	7.05	0.12	---	pH	8
0.5-1.5	0.5-1.5	1.94	0.33	0.99	0.73	mg/l	F^-	9
10	Less than 7	3.00	0.00	0.75	1.16	mg/l O_2	BOD	10
---	---	3.90	0.00	1.15	1.66	mg/l O_2	COD	11
0.1	Optimal max: 0.1 Max allowed: 0.2	0.75	0.04	0.31	0.22	mg/l	PO_4^-	12
5	Optimal max: less than 1 Max allowed: 5	Less than 5	Less than 5	Less than 5	Less than 5	NTU	Turbidity	13
0.004	Optimal max: 0 Max allowed: 3	Less than 0.03	Less than 0.03	Less than 0.03	Less than 0.03	mg/l	No_2^-	14
10	Optimal max: 0 Max allowed: 50	Less than 4	Less than 4	Less than 4	Less than 4	mg/l	No_3^-	15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Mpn/100	Focal Coliform	16
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Mpn/100	Total Coliform	17

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]



شکل ۲- مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب شرب شهر اردبیل در فصول زمستان و تابستان

Figure 2- Comparison of the values of drinking water quality parameters of Ardabil city in winter and summer seasons

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

لیتر) در آب شرب برخی نمونه‌ها از مقادیر استانداردهای ملی و جهانی (۱/۵– ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر) را می‌توان مربوط به منشاء آب و ساختار زمین شناختی محل استقرار منابع تامین آب ارتباط داد. این پارامتر در مطالعه شبانکاره‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) در بوشهر منطبق با استاندارد ملی است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد. این تحقیق با نتایج نوشادی و همکاران (۱۳۸۸) که در مطالعه کیفیت آب شرب شهر اردبیل مشخص کردند که میانگین غلظت فلوئور آب ۰/۶ میلی گرم بر لیتر و پایین‌تر از استاندارهای ملی و جهانی است، نیز هم‌خوانی ندارد. با این‌حال، دیندارلو و همکاران (۱۳۸۵) در نتایج مطالعات خود، مقدار این پارامتر را در بندرعباس مغایر با استاندارد ملی بیان کردند که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. با وجود مشکل‌دار شناخته شدن آب شرب اردبیل به لحاظ پارامترهای فسفات، نیتریت، سختی و فلوراید در پژوهش حاضر، طریقی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که آب شرب اردبیل به لحاظ این پارامترها و برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی دیگر، مشکل خاصی ندارد. لذا به‌نظر می‌رسد طبق مطالعات انجام‌شده در شهر اردبیل، مقادیر برخی پارامترهای کیفی آب شرب اردبیل در طی سال‌های گذشته دچار نوساناتی بصورت کاهشی و سپس افزایشی شده است.

تاثیر تغییرات فصلی بر کیفیت آب شرب شهر اردبیل

به‌منظور بررسی بهتر تاثیر تغییرات فصلی بر روی کیفیت منابع آب شرب شهر اردبیل، اقدام به ترسیم نمودارهای مقادیر پارامترهای کیفی در دو زمان زمستان و تابستان به‌صورت شکل (۲) شد. توجه شود که در شکل (۲)، به‌منظور جلوگیری از ازدحام خطوط استانداردها، فقط مقادیر حداقل استانداردهای ایران و WHO رسم شده‌اند. هم‌چنین، طبق گزارشات آزمایشگاهی، در نمودار مربوط به پارامترهای No_3^- و کدورت همه مقادیر به‌ترتیب کم‌تر از ۴ و ۵ بوده و نیز در پارامتر No_2^-، مقادیر آن در شمال و جنوب در دو فصل زمستان و تابستان و نیز در شرق در فصل زمستان کم‌تر از ۰/۰۳ هستند. همانطور که این شکل‌ها نشان می‌دهند، مقادیر پارامتر TH آب در همهٔ مناطق چهارگانهٔ اردبیل در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان است. مقادیر پارامتر TDS در مناطق شمال و جنوب شهر در فصل زمستان و در مناطق شرق و غرب در فصل تابستان بیش‌تر است که در کل نمی‌توان تاثیر تغییرات فصلی را بر روی این پارامتر تایید نمود. علت تغییرات TDS در آب شرب در فصل‌های مختلف سال، می‌تواند به تغییرات دما و میزان تبخیر آب، تغییر در میزان نزولات جوی و منابع آب سطحی و زیرزمینی، تغییر در میزان انحلال مواد در آب و تغییر در میزان مصرف آب ربط داده شود. در تابستان، به‌دلیل افزایش دما و در نتیجه، افزایش تبخیر، افزایش انحلال مواد در آب، افزایش مصرف آب و نیز کاهش نزولات جوی، انتظار می‌رود میزان TDS افزایش یابد. مقادیر پارامتر Cl^- آب شرب در حالت کلی در فصل تابستان بیش‌تر از فصل زمستان است که این تفاوت در نواحی شرقی و غربی محسوس‌تر است. علت زیاد بودن Cl^- در تابستان، افزایش دما و در نتیجه افزایش فعالیت‌های میکروبی در آب‌ها و نیز افزایش فعالیت‌های انسانی است، لذا، به‌منظور ضدعفونی کردن آب شرب از Cl^- بیش‌تری استفاده می‌شود. مقادیر پارامتر SO_4^- در غرب و جنوب اردبیل در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان است، ولی تفاوت چندان محسوس نیست، ولی در شمال و شرق اردبیل در تابستان بیش‌تر از زمستان است که این تفاوت قابل ملاحظه است. به‌طور کلی، می‌توان گفت مقدار پارامتر SO_4^- در فصل تابستان حالت افزایشی دارد. مقدار پارامتر PO_4^- نیز همانند سولفات، در غرب و جنوب اردبیل در زمستان مقدار بیش‌تری دارد که محسوس نیست، ولی در شمال و شرق شهر در تابستان حالت افزایشی دارد که در قسمت شرق این افزایش بسیار چشم‌گیر است. غلظت SO_4^- و PO_4^- در آب شرب می‌تواند با تغییر فصل تغییر کند. این تغییرات به‌دلیل تغییر در میزان بارندگی، میزان دما و تبخیر آب‌ها، میزان ترکیب مواد معدنی در آب‌ها و میزان فعالیت‌های انسانی اتفاق می‌افتند، که در تابستان بدلیل کم شدن بارندگی، افزایش دما، تبخیر، فعالیت‌های انسانی و حل شدن زیاد مواد در آب‌ها انتظار می‌رود میزان SO_4^- و PO_4^- در آب شرب بیش‌تر از زمستان باشد. با توجه به مقادیر No_2^- در غرب و شرق اردبیل می‌توان گفت مقدار این پارامتر نیز در تابستان روند افزایشی دارد. مقادیر هر دو پارامتر BOD و COD در مناطق شمال و شرق اردبیل صفر است که نشان از آلوده نبودن آب شرب این مناطق دارد، ولی در مناطق جنوب و غرب شهر در فصل زمستان مقادیر بیش‌تری نسبت به تابستان دارند که این نشان می‌دهد کیفیت آب شرب در فصل تابستان بهتر از زمستان است. علت این امر می‌تواند به‌دلیل زیاد بودن Cl^- در تابستان باشد. در مورد پارامتر DO، نمی‌توان گفت تغییر فصل در آن تاثیر محسوسی داشته است، به‌دلیل اینکه مقدار این پارامتر در دو منطقه (جنوب و غرب) در فصل زمستان بیش‌تر بوده و در دو منطقه دیگر (شمال و شرق) در تابستان زیاد بوده است. نکته قابل توجه در مورد سه پارامتر F^- و فلزات سنگین و سمی Pb و Cd این است که به‌طور قابل توجهی مقدار آن در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان است. به‌طور معمول، در فصول سرد سال (زمستان)، به دلیل کاهش دمای آب و کند شدن فرآیند تصفیه آب، ممکن است میزان این عناصر در آب شرب افزایش یابد. این موضوع نشان می‌دهد که آب شرب اردبیل در فصل تابستان از کیفیت بهتری برخوردار است. در مورد پارامتر pH آب، همانطور که مشاهده می‌شود، در منطقه

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

غرب اردبیل هیچ تفاوتی در مقدار زمستانی و تابستانی وجود ندارد و در سایر مناطق نیز میزان تفاوت‌ها ناچیز هست و در کل می‌توان گفت pH آب با تغییر فصل تغییر زیادی نمی‌کند. قابل ذکر است که به‌دلیل صفر بودن مقادیر کلیفرم‌ها و معلوم نبودن مقدار دقیق No_3^-ها و کدورت‌ها نمودار این پارامترها ارائه نشده است.

به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات فصلی بر کیفیت آب شرب شهر اردبیل تاثیرگذار است و باعث شده است تا کیفیت آب در فصل تابستان بهتر از زمستان باشد، هرچند در تابستان مقادیر SO_4^- و PO_4^- و No_2^- حالت افزایشی داشتند، ولی به لحاظ بقیه پارامترها (TH، BOD، COD، F^-، Pb و Cd) آب از کیفیت بالاتری در تابستان برخوردار است. به‌نظر می‌رسد بقیه پارامترهای کیفی آب (TDS، DO، pH، کلیفرم مدفوع، کلیفرم کل، No_3^- و کدورت) به شکل قابل توجهی تحت تاثیر تغییرات دمایی هوا قرار نمی‌گیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان پارامترهای فسفات، فلز کادمیوم، فلوراید، سختی و نیتریت در برخی نمونه‌های آب آشامیدنی شهر اردبیل بالاتر از حد استاندارد ۱۰۵۳ ایران و نیز بالاتر از مقادیر رهنمودی سازمان بهداشت جهانی است. درحالی‌که، نتایج اندازه‌گیری برای سایر پارامترهای کیفی آب شرب از جمله فلز سمی سرب، مقادیری پایین‌تر از استانداردهای مورد بررسی را نشان داد که این موضوع، بیان‌گر سالم بودن آب شرب این شهر به لحاظ وجود سرب، نیترات، کلی‌فرم و غیره است. با توجه به افزایش جمعیت در شهر اردبیل طی سال‌های اخیر، افزایش فعالیت‌های صنعتی و تغییر کاربری‌های صورت گرفته بصورت گسترش شهر و زمین‌های کشاورزی و در نتیجه کاهش منابع آب و افزایش آلاینده‌های ورودی به آب‌های منطقه، بالا بودن مقادیر برخی پارامترهای ذکر شده در آب شرب شهر دور از انتظار نمی‌باشد. با این حال، جهت اطمینان بیش‌تر از نتایج این تحقیق و در نظر گرفتن خطاهای نمونه‌برداری و آزمایشگاهی، نیاز به مطالعات دقیق‌تر و بیش‌تر در آینده است. چرا که با توجه به مطالعات انجام‌شده در شهر اردبیل نیز، مقادیر برخی پارامترهای کیفی آب شرب مانند سولفات و سختی در طی سالیان گذشته دچار نوسانات بوده است. نتایج هم‌چنین، حاکی از این بود که تغییرات فصلی بر کیفیت منابع آب شرب تاثیرگذار است.

پیشنهاد می‌شود: (۱) در مطالعات آتی، نمونه‌های آب شرب در سایر ماه‌ها یا فصل‌های سال نیز تهیه شده و کیفیت آب شرب با دقت بیش‌تری بررسی و منابع آلاینده احتمالی بیان شود. (۲) کیفیت آب شرب از لحاظ سایر پارامترهای کیفی نظیر مس، نقره، جیوه، منگنز و نیز آلاینده‌های نوظهوری مانند مواد دارویی، آرایشی و استروئیدها که در فاضلاب‌های صنعتی و خانگی یافت می‌شوند و اکثر تصفیه‌خانه‌ها امکان حذف کامل آن‌ها را ندارند، بررسی شود. (۳) به‌منظور افزایش و بهبود کیفیت آب شرب شهر اردبیل، از ورود فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی به منابع آبی و نیز از بروز مشکلات در تصفیه‌خانه و سیستم‌های توزیع آب شهر تا حد امکان جلوگیری شود.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش هیچ حمایت مالی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان: مهسا حسنپور کاشانی و ملیحه شهمراد مغانلو: بخش‌های مختلف مقاله توسط نام‌بردگان انجام و نگاشته شده است.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از مسئولین آزمایشگاه‌های کیفی آب اردبیل بدلیل انجام آزمایشات درخواستی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. احمدی‌زاده فینی، اکرم، رازمند، نواب، و زمانی، امان‌اله. (۱۳۹۳). بررسی میزان غلظت عناصر سنگین (کادمیوم، سرب، روی) در منابع تأمین آب آشامیدنی در روستاهای شهرستان بندرعباس. *پزشکی هرمزگان*، ۱۸(۳)، ۲۳۹-۲۴۵. **URL: https://sid.ir/paper/60511/fa**

۲. ارسخان، مریم، مسعودی‌نژاد، محمدرضا، سعیدی، رضا، محققیان، آزیتا، و ابطحی، مهرنوش. (۱۴۰۳). پهنه‌بندی کیفیت آب آشامیدنی در روستاهای شهرستان یزد بر اساس شاخص‌های کیفیت آب. *بهداشت در عرصه*، ۱۲(۲)، ۲۳-۳۴. **doi: 10.22037/jhf.v12i2.44580**

۳. اصل هاشمی، احمد، روح‌اللهی، صالح، ضرابیان، مریم، و ضرابیان، افشینه. (۱۳۸۵). بررسی وضعیت فیزیکوشیمیایی آب شرب شهر اردبیل. مجموعه مقالات نهمین همایش ملی محیط زیست، اصفهان. **URL: https://civilica.com/doc/227838/**

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

۴. اصل هاشمی، احمد، صفری، غلام‌حسین، و خیری، نیلوفر. (۱۴۰۰). مروری اجمالی به بررسی کیفیت آب آشامیدنی شهر تبریز. *فصل‌نامه کاربرد شیمی در محیط‌زیست*، ۱۲(۴۷)، ۱–۱۲. **URL: https://journals.iau.ir/article_698683.html**

۵. بهبهانی‌نیا، آزیتا، اکبری، مائده، و خرم‌نژادیان، شهرزاد. (۱۳۹۶). تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی آب در رودخانه لاسم در شهرستان آمل. *فصل‌نامه علوم و فناوری دریا*، ۲۱(۸۴)، ۷۷–۹۱. **URL: https://www.magiran.com/p1836601**

۶. پورفرج، فرهاد، و مختاری، سید احمد. (۱۴۰۰). تحلیلی بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان نیر و مقایسه نتایج با استاندارد ملی ایران. *سلامت و بهداشت*، ۱۲(۲)، ۲۴۶–۲۶۴. **doi: 10.52547/j.health.12.2.246**

۷. پوراکبر، مجتبی، مسافری، محمد، خطیبی، محمدشاکر، و مرادی، عادل. (۱۳۹۴). بررسی کیفیت منابع آب شرب زیرزمینی از دیدگاه هیدروژئوشیمیایی (مطالعه موردی: شهرستان سراب). *آب و فاضلاب*، ۲۶(۲۰)، ۱۱۶–۱۲۶. **URL: https://www.wwjournal.ir/article_7936.html**

۸. اسم حسینی، مجید، صولتی‌فر، سیما، میرزانژاد، امیر، و صولتی‌فر، نادر. (۱۳۸۹). بررسی روش‌های تصفیه آب و فاضلاب در کشورهای توسعه‌یافته (مطالعه موردی: ایالات متحده آمریکا). *شیمی کاربردی روز*، ۵(۱۴)، ۷۵–۸۴. **doi: 10.22075/chem.2017.571**

۹. حسینی، محمدرضا، و فولادی فرد، رضا. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات فصلی خصوصیات فیزیکی–شیمیایی آب آشامیدنی روستای سفیدالله استان قم. *پژوهش در بهداشت محیط*، ۴(۴)، ۳۲۱–۳۲۹. **doi: 10.22038/jreh.2019.35088.1240**

۱۰. دیندارلو اینالو، کاووس، علی‌پور، ولی، و فرشیدفر، غلامرضا. (۱۳۸۵). کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس. *مجله پزشکی هرمزگان*، ۱۰(۱)، ۵۷–۶۲. **URL: https://sid.ir/paper/60696/fa**

۱۱. دهقانی، محمدهادی، قادرپوری، منصور، فضل‌زاده دویل، مهدی، و گل‌محمدی، سهراب. (۱۳۸۸). بررسی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان سقز. *سلامت و محیط*، ۲(۲)، ۱۳۲–۱۳۹. **URL: http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-162-fa.html**

۱۲. شبانکاره فرد، الهام، حیاتی، رقیه، و دوبرادران، سینا. (۱۳۹۳). بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر بوشهر در سال ۱۳۹۱. *دوماهنامه طب جنوب*، ۱۷(۶)، ۱۲۲۳–۱۲۳۵. **URL: http://ismj.bpums.ac.ir/article-1-639-fa.html**

۱۳. طریقی، محمد، خلیلی ارجقی، شایان، و فتایی، ابراهیم. (۱۳۹۸). تغییرات مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب خام، خروجی تصفیه‌خانه و شبکه آب شرب شهرستان اردبیل. *مدیریت محیط زیست و توسعه پایدار*، ۲، ۱–۵. **URL: https://www.sid.ir/paper/514594/fa**

۱۴. عالیقدر، مرتضی، حضرتی، صالح، و قنبری، محسن. (۱۳۸۶). اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در منابع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۸۴–۸۵. *مجموعه مقالات دهمین همایش ملی بهداشت محیط، اردبیل، دانشگاه علوم پزشکی همدان*.

۱۵. عنبرستانی، صغرا، خاکزاد، احمد، و ناوی، پدرام. (۱۳۹۱). کیفیت آب شرب و کشاورزی منطقه عنبرستان (سبزوار در دوره مهر ۸۷). *فصل‌نامه زمین*، ۷(۲۴)، ۱۴۷–۱۵۹. **URL: https://sid.ir/paper/193007/fa**

۱۶. عیسی، سلگی، بیگ‌محمدی، فوزیه، و معافی، اسما. (۱۴۰۲). بررسی وضعیت نیترات در آب آشامیدنی شهر نهاوند و پهنه‌بندی کیفیت آن. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۴(۵۴)، ۳۵۷–۳۷۸. **doi: 10.22125/iwe.2023.383319.1706**

۱۷. کرباسی، مهدی، کرباسی، الهام، صارمی، علی، و قربانی‌زاده خرازی، حسین. (۱۳۸۹). بررسی میزان غلظت عناصر سنگین در منابع تأمین‌کننده آب شرب شهرستان الشتر در سال ۱۳۸۸. *فصل‌نامه علمی پژوهشی یافته*، ۱۲(۱)، ۱۰–۱۲. **URL: https://yafte.lums.ac.ir/article-1-306-fa.html**

۱۸. محمدیان، مهران، نوری، جعفر، افشاری، ناصر، نصیری، جلیل، و نورانی، معصومه. (۱۳۸۷). بررسی غلظت فلزات سنگین در چاه‌های مجاور کارخانه سرب و روی زنجان. *سلامت و محیط*، ۱(۱)، ۵۱–۵۶. **URL: https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-187-fa.html**

۱۹. ناهید، پروین، مصلحی مصلح‌آبادی، پریوش، و حسام‌پور، مهرداد. (۱۳۸۳). بررسی و آنالیز عناصر فلزی سنگین در آب‌های آشامیدنی مناطق مختلف تهران در سطح ppb و روش‌های حذف آن‌ها. *مجموعه مقالات نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، تهران*. **URL: https://civilica.com/doc/29422/**

۲۰. نصرالهی عمران، آیت، بای، ابوطالب، پورشمسیان، خلیل، کریمی، خسرو، هاشمی، مسعود، و مقصودلو، بیژن. (۱۳۹۰). تعیین پارامترهای فیزیک و شیمیایی و باکتریولوژیکی آب شرب شهر گرگان در سال ۱۳۸۹. *علوم آزمایشگاهی*، ۵(۱)، ۱۳–۱۷. **URL: https://www.sid.ir/paper/194795/fa**

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

۲۱. نوشادی، مسعود، طبل بیدختی، ناصر، و یوسفی، مسعود. (۱۳۸۸). بررسی و اندازه‌گیری کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نورآباد ممسنی. *مجموعه مقالات دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط، تهران*. **URL: https://civilica.com/doc/82427**/

References

1. Ahmadizadeh Fini, A., Razmand, N., & Zamani, A. (2014). Evaluation of heavy metal concentrations (Zn, Cd, Pb) in drinking water wells in the rural areas of Bandar Abbas, Iran. *Hormozgan Medical Journal*, 18(3), 239-245. http://sid.ir/paper/60511/fa [In Persian]
2. Alighadr, M., Hazrati, S., & Ghanbari, M. (2007). Measuring the concentration of heavy metals in drinking water resources of Ardabil. *Proceedings of the 10th National Congress on Environmental Health*, Ardabil, Iran. http://civilica.com/doc/74881 [In Persian]
3. Anbarestani, S., Khakzad, A., & Navi, P. (2012). The quality of drinking and agricultural water in Anbarestan area (Sabzevar) during September 2008. *Journal of the Earth*, 7(24), 147-159. http://sid.ir/paper/193007/fa [In Persian]
4. Arain, M. B., Ullah, I., Niaz, A., Shah, N., Shah, A., Hussain, Z., Tariq, M., Afridi, H. I., Baig, J. A., & Tazi, T. G. (2014). Evaluation of water quality parameters in drinking water of district Bannu, Pakistan: Multivariate study. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 3, 114-123. doi: 10.1016/j.swaqe.2014.12.005
5. Asl Hashemi, A., Rouhollahi, S., Zarrabian, M., & Zarrabian, A. (2006). Investigating the physicochemical status of drinking water in Ardabil city. *Proceedings of the 9th National Congress on Environmental Health*, Isfahan, Iran. http://civilica.com/doc/227838 [In Persian]
6. Asl Hashemi, A., Safari, G. H., & Kheyri, N. (2021). A brief review of the quality of drinking water in Tabriz city. *Application of Chemistry in Environment*, 12(47), 1-12. http://journals.iau.ir/article_698683.html [In Persian]
7. Behbahani Nia, A., Akbari, M., & Khoramnezhadian, S. (2018). Determination of physical and chemical properties of water in the Laasm River in Amol. *Iranian Journal of Marine Science and Technology*, 21(84), 77-91. http://www.magiran.com/p1836601 [In Persian]
8. Dehghani, M. H., Ghaderpoori, M., Fazlzadeh, M., & Gol Mohammadi, S. (2009). Survey of bacteriological quality of the drinking water in rural areas of Saqqez city. *Iranian Journal of Health and Environment*, 2(2), 132-139. http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-162-fa.html [In Persian]
9. Dindarloo, K., Alipure, V., & Farshidfar, G. (2006). Chemical quality of drinking water in Bandar Abbas. *Hormozgan Medical Journal*, 10(1), 57-62. http://sid.ir/paper/60696/fa [In Persian]
10. Eisa, S., Beigmohammadi, F., & Moafi, A. (2023). Investigating the status of nitrates in Nahavand drinking water and its quality zoning. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 14(54), 357-378. doi: 10.22125/iwe.2023.383319.1706 [In Persian]
11. Esm Hosseini, M., Solatifar, S., Mirzanejad, A., & Solatifar, N. (2010). Study on methods for water and sanitation in developing countries (Case study: United States of America). *Applied Chemistry Today*, 5(14), 75-84. doi: 10.22075/chem.2017.571, [In Persian]
12. Karbasi, M., Karbasi, E., Saremi, A., & Ghorbanizade Kharazi, H. (2010). Determination of heavy metals concentration in drinking water resources of Aleshtar in 2009. *Yafteh Journal*, 12(1), 10-12. http://yafte.lums.ac.ir/article-1-306-fa.html [In Persian]
13. Manickum, T., John, W., Terry, S., & Hodgson, K. (2014). Preliminary study on the radiological and physicochemical quality of the Umgeni Water catchments and drinking water sources in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Environmental Radioactivity*, 137, 227-240. doi: 10.1016/j.jenvrad.2014.07.015
14. Mebrahtu, G., & Zerabruk, S. (2011). Concentration and health implication of heavy metals in drinking water from urban areas of Tigray region, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 3(1), 105-121. http://journal.mu.edu.et/index.php/mejs/article/view/95
15. Mohammadian, M., Nouri, J., Afshari, N., Nassiri, J., & Nourani, M. (2008). Investigation of heavy metals concentrations in the water wells close to Zanjan zinc and lead smelting plant. *Iranian Journal of Health and Environment*, 1(1), 51-56. http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-187-fa.html [In Persian]
16. Nahid, P., Moslehi Mosleh Abadi, P., & Hesampour, M. (2008). Heavy metals concentrations in drinking water in different areas of Tehran as ppb and methods of removal. *Proceedings of the 9th National Congress of Iranian Chemical Engineering*, Tehran, Iran. http://civilica.com/doc/29422 [In Persian]
17. Nasrolahi Omran, A., Bay, A., Poorshamsian, K., Karimi, K., Hashemi, M., & Maghsodlo, B. (2012). Determination of bacteriological and physicochemical parameters of drinking water of Gorgan city, Iran (2010). *Medical Laboratory Journal*, 5(1), 13-17. http://www.sid.ir/paper/194795/fa [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]

18. Noshadi, M., Table Bidokhti, N., & Yousefi, M. (2009). Investigation of quality of groundwater in Norabad. *Proceedings of the 12th National Conference on Environmental Health*, Tehran, Iran. http://civilica.com/doc/82427 [In Persian]
19. Oroskhan, M., Massoudinejad, M., Saeedi, R., Mohagheghian, A., & Abtahi, M. (2024). Zoning of drinking water quality in villages of Yazd County based on water quality indices. *Journal of Health in the Field*, 12(2), 23-34. doi: 10.22037/jhf.v12i2.44580 [In Persian]
20. Pourakbar, M., Mosaferi, M., Khatibi, M., & Moradi, A. (2015). Groundwater quality assessment from a hydrogeochemical viewpoint: A case study of Sarab County. *Journal of Water and Wastewater*, 26(3), 116-126. http://www.wwjournal.ir/article_7936.html [In Persian]
21. Pourfaraj, F., & Mokhtari, S. A. (2021). Analysis of physicochemical quality of drinking water in villages of Nir County and comparison with national standard. *Journal of Health and Hygiene*, 12(2), 246-264. doi: 10.52547/j.health.12.2.246 [In Persian]
22. Sepehr, M. (2006). *Management of supply drinking water in rural areas*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 706 pages.
23. Shabankareh Fard, E., Hayati, R., & Dobaradaran, S. (2014). Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinking water in Bushehr, Iran. *Iranian South Medical Journal*, 17(6), 1223-1235. http://ismj.bpums.ac.ir/article-1-639-fa.html [In Persian]
24. Tarighi, M., Khalili Arjaghi, S., & Fatayi, A. (2019). Changes in the values of physicochemical parameters of raw water, treatment plant output, and drinking water network in Ardabil city. *Environmental Management and Sustainable Development*, 2, 1-5. http://www.sid.ir/paper/514594/fa [In Persian]
25. Volker, S., Schreiber, C., & Kistemann, T. (2010). Drinking water quality in household supply infrastructure—A survey of the current situation in Germany. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213(3), 204-209. doi: 10.1016/j.ijheh.2010.04.005
26. World Health Organization. (2011). *Nitrate and nitrite in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf
27. Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology*, 2011, 402647. doi: 10.5402/2011/402647

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-12-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.3.2.6]