Water and Wastewater, Vol. 35, No. 3, pp: 104-119

Evaluation of Water Quality of Water Storage Cisterns in Apartments (Case Study of Kermanshah City)

Mohana Faraji[1], Milad Roshanbas[2], Mitra Javan[3*]

1. PhD. Student of Water Engineering, Dept. of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
2. MSc. Student of Water Engineering, Dept. of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Assoc. Prof., Dept. of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
(Corresponding Author) Javanmi@gmail.com

https://doi.org/10.22093/wwj.2024.464867.3425 **Case Study**

Abstract

Water quality control in terms of solutes, color, taste, odors and existing bacteria is of vital importance from a health point of view. Water quality problems in storage facilities can be classified as microbiological, chemical and physical. Water stagnation in many storage facilities is probably the most important factor associated with declining water quality. Accumulation of sediment in cisterns leads to potential water quality problems and increased demand for disinfectants, microbial growth, water turbidity and chlorine depletion. To investigate the safety of the stored water, further research is needed. Requirements outlined in Issue Sixteen of the Iranian National Building Code emphasize specifications related to water storage tanks. In this research, the field observation method was employed to investigate the requirements of the national building regulations for 105 cisterns of apartments in Kermanshah city in two types of polyethylene and galvanized steel. Additionally, the factors affecting the problems that have been created inside the cisterns of the apartments have been evaluated. The results showed that in 8% of the apartments, the subscribers used direct pumping, which contravenes the established requirements. Furthermore, in 26% of the cisterns, the amount of residual free chlorine is lower than the recommended amount specified in Publication 1053 of the National Standard of Iran. In 7% of the cisterns, the water temperature is higher than the value suggested in the English standard (BS 8558:2015). All cisterns are not equipped with warning pipes, overflow pipes, drain pipes, or vent pipes. Rust was clearly seen inside the galvanized steel cisterns. There is accumulated sediment at the bottom of all cisterns. In 86% of cisterns with a volume of more than 1000 liters, water stagnation occurs due to the inlet and outlet being located on the same side. Therefore, legal follow-ups and periodic visits to the cisterns of buildings are essential.

Keywords:
Drinking Water Storage Tanks, Drinking Water Quality, National Building Code, Sediment of Building Cisterns, Washing Building Cisterns.

Received: Apr. 25, 2024
Revised: July 7, 2024
Accepted: Sep. 18, 2024

To cite this article:
Faraji, M., Roshanbas, M. and Javan, M., 2024. Evaluation of water quality of water storage cisterns in apartments (case study of Kermanshah City). *Water and Wastewater*, 35(3), 104-119. https://doi.org/10.22093/wwj.2023.464867.3425.

Use your device to scan and read the article online

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

1. Introduction

Access to safe drinking water is a fundamental need and a human right, but the root cause of many health issues, especially in developing countries, is related to providing safe drinking water (WHO, 2008). Drinking water can be contaminated through various ways, including contact with household and industrial wastewater, poor sanitation practices, and contaminated collection, transportation, and storage systems. The most fundamental and professional method of water extraction for domestic use is utilizing water storage cisterns. One of the influential factors affecting water quality is the lack of flow and stagnant water, which leads to changes in the quality properties of water and its physical characteristics such as odor, taste, and turbidity. A study on the impact of storage tanks on household water quality in the Wakiso area revealed that coliforms cause contamination, and the type, age, and connections of the tank significantly affect water quality, with stainless steel tanks exhibiting the lowest levels of contamination (Manga et al., 2022).

The method of water storage in tanks, the manner in which water is stored in them, and the materials used for the cisterns all significantly impact the microbial quality of water. Water stagnation in storage tanks often results from poor management and the large capacities of the tanks. Stagnation can lead to the considerable depletion of residual chlorine and the growth of microorganisms (Miyagi et al., 2017).

While the quality of drinking water in distribution networks is usually monitored regularly, the assessment of water quality in pipes and cisterns within buildings, and the effects of plumbing and internal equipment on the quality characteristics of consumed water, is rarely conducted (Lautenschlager et al., 2010).

In the issue Sixteen of the Iranian National Building Code, laws have been established for drinking water cisterns, but there is insufficient supervision over the implementation of these laws. In this study attempts to evaluate and examine the factors influencing the quality of drinking water in residential building cisterns in Kermanshah city in accordance with Section 16 of the National Building Regulations and National Standard 1053 of Iran. Through field visits, each of the relevant requirements for drinking water tanks used by the residents of the study area has been examined (National Building Regulations of Iran).

2. Methodology

In the present study, an attempt has been made to examine Issue Sixteen of the Iranian National Building Code for apartments in Kermanshah city using the field observation method, focusing on two types of polyethylene and galvanized steel cisterns. The cisterns of the apartments have been evaluated. Considering that the number of apartments in Kermanshah city is rising, it is advisable to consider the study population as unlimited. The Cochran formula is one of the important and widely used methods for calculating the sample size. This formula for calculating the sample size when the population is unlimited is expressed as follows (Cochran, 1977):

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2} \quad (1)$$

The accuracy of sampling depends on the parameter e, which in the present study is considered to be equal to 0.1. Based on the mentioned value, the number of cisterns studied in the apartments is calculated using the Cochran formula (Equation 1) to be 96. However, in this study, the number of cisterns examined is slightly higher, with 105 samples considered.

49% of the studied cisterns are galvanized steel and 51% are polyethylene. A simple and reliable method for evaluating the amount of chlorine in treated water is to use a chlorine test kit. By using these kits, the amount of free chlorine remaining in the cisterns is measured. To ensure compliance with the amounts of free chlorine remaining in the cisterns, the National Standard of Iran Publication 1053 is used. An alcohol thermometer is suitable for measuring the water temperature. By using this type of thermometer, the temperature of the water cisterns is measured, and then compared to the standard water temperature mentioned in the (BS 8558:2015) publication.

3. Discussion and results

The results showed that in 8% of the apartments, the subscribers used direct pumping, which contravenes the recommended guidelines. In 26% of the cisterns, the amount of residual free chlorine is lower than the amount recommended in the publication 1053 of the national standard of Iran. In 7% of the cisterns, the water temperature is higher than the value suggested in the English standard (BS 8558:2015). Fig. 1 illustrates the graph of water temperature, date, and time of measurement in cisterns with a water temperature of 20 ºC or higher. Two of the cisterns are made of polyethylene, and five are galvanized steel. It is important to note that a temperature of 20 ºC or higher can occur at any hour of the day. Water temperature is one of the control parameters, and arrangements should be made for adequate monitoring and control by qualified individuals to prevent microbial growth, including Legionella.

53% of the cisterns had a capacity greater than the capacity mentioned in the national building regulations, which means that the water needs of the people living in the apartment are well supplied. All cisterns do not have warning pipes, overflow pipes, drain pipes or vent pipes. Rust

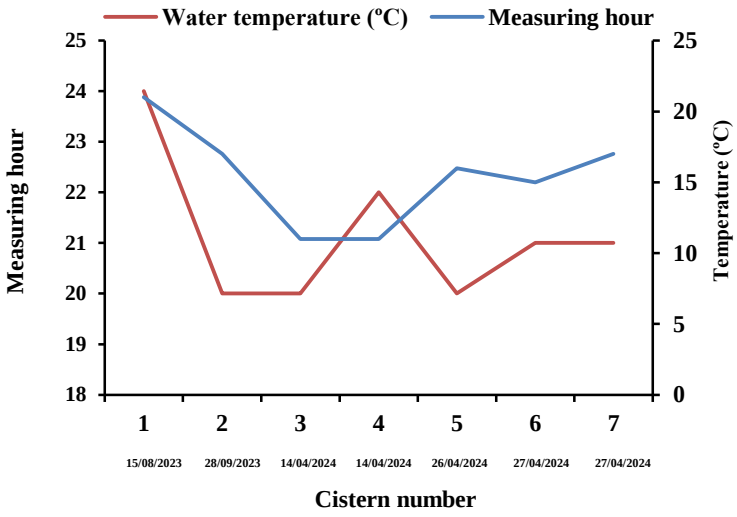

Fig. 1. Water temperature and the time of its measurement in the studied cisterns

Table 1. Water quality problems associated with water storage facilities

Chemical issues	Biological issues	Physical issues
Disinfectant decay	* Microbial regrowth	Corrosion
* Chemical contaminants	* Nitrification	Temperature
*DBP formation	* Pathogen contamination	* Sediment
Taste and odors	Taste and odors	

was clearly seen inside the galvanized steel cisterns and there is accumulated sediment at the bottom of all cisterns. In 86% of cisterns with a volume of more than 1000 liters, water stagnation results from the inlet and outlet being located on the same side. A summary of water quality issues related to water storage tanks is presented in Table 1. All items listed in Table 1 lead to water quality deterioration, and those with potential direct health effects are marked with an asterisk* (AWWA, 2002). Therefore, legal follow-ups and periodic visits to the buildings' cisterns are essential.

4. Conclusions

Cisterns were not built in places where sewage pipes or non-potable water pass over them. Only 8% of the three-layer polyethylene cisterns had thermal and cold insulation. Therefore, annual inspection of water storage tanks should be carried out to assess their internal and external condition, as well as the water inside them. The cistern condition can be confirmed if the cistern lid is fully installed and in good condition, and insects and vermin have no way to enter the cistern. Overflow pipes, warning pipes, and all valves must be in good working order. The thermal insulation must be in good condition to protect against extreme temperatures. The water surface should be clean and free from any visible and significant contamination. The water storage tank must be clean, disinfected, and any problems should be removed. If residues or traces of vermin are found, further inspection should be conducted. It is essential to have a plan that can be implemented by individuals with appropriate expertise, sufficient supervision, and control to prevent microbial growth, including Legionella. In the summer when the air temperature is high, it may be necessary to assess the risk and take appropriate measures to reduce the risk to ensure the regular flow of water through the cisterns.

آب و فاضلاب، دوره ۳۵، شماره ۳، صفحه: ۱۱۹-۱۰۴

تأثیر مخازن ذخیره آب داخل ساختمان بر پارامترهای کیفی آب (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)

مهنا فرجی[۱]، میلاد روشن‌بس[۲]، میترا جوان[۳*]

۱- دانشجوی دکترای گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
(نویسنده مسئول) Javanmi@gmail.com

https://doi.org/10.22093/wwj.2024.464867.3425

مطالعه موردی

چکیده

کنترل کیفیت آب از نظر املاح محلول، رنگ، بو، مزه و باکتری‌های موجود از لحاظ بهداشتی واجد اهمیت حیاتی است. مشکلات کیفیت آب در تأسیسات ذخیره‌سازی را می‌توان به‌عنوان مشکلات میکروبیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی طبقه‌بندی کرد. رکود آب در بسیاری از تأسیسات ذخیره‌سازی احتمالاً مهمترین عامل مرتبط با کاهش کیفیت آب است. انباشته شدن رسوب در مخازن، مشکلات بالقوه در کیفیت آب و افزایش تقاضای ضدعفونی‌کننده، رشد میکروبی، کدورت آب و زوال کلر را به‌دنبال دارد. برای بررسی بی‌خطر بودن آب ذخیره باید پژوهش‌هایی انجام شود. مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان الزاماتی را درباره بهره‌برداری و طراحی مخازن ذخیره‌سازی آب تأکید کرده است. در این پژوهش با روش مشاهده میدانی سعی شد الزامات مقرارت ملی ساختمان برای ۱۰۵ مخزن آپارتمان‌های شهر کرمانشاه در دو جنس پلی‌اتیلن و فولادی گالوانیزه بررسی شود و عوامل مؤثر بر مشکلات به‌وجود آمده در داخل مخازن آپارتمان‌ها ارزیابی شود. نتایج نشان داد در ۸ درصد از آپارتمان‌ها مشترکین اقدام به پمپاژ مستقیم کرده که خلاف الزامات است. در ۲۶ درصد از مخازن مقدار کلر آزاد باقیمانده کمتر از مقدار توصیه شده در نشریه ۱۰۵۳ استاندارد ملی ایران است. در ۷ درصد از مخازن دمای آب بالاتر از مقدار پیشنهاد شده در استاندارد انگلیس (BS 8558:2015) است. تمامی مخازن فاقد لوله هشداردهنده، لوله سرریز، لوله تخلیه و لوله هواکش هستند. درون مخازن فولادی گالوانیزه زنگ‌زدگی به‌وضوح رویت می‌شود. تمامی مخازن دارای رسوب انباشته شده هستند. در ۸۶ درصد از مخازن با حجم بیش از ۱۰۰۰ لیتر به‌علت در یک سمت قرارگرفتن دهانه ورودی و خروجی رکود آب وجود دارد. ازاین‌رو پیگیری‌های قانونی و بازدیدهای دوره‌ای از مخازن ساختمان‌ها امری ضروری است.

واژه‌های کلیدی:
رسوب مخازن ساختمان، شستشوی مخازن ساختمان، کیفیت آب مصرفی، مخازن ذخیره آب شرب، مقررات ملی ساختمان

دریافت: ۱۴۰۳/۲/۶
اصلاح: ۱۴۰۳/۴/۱۷
پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۸

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
فرجی، م.، روشن‌بس، م.، جوان، م.، ۱۴۰۳، تأثیر مخازن ذخیره آب داخل ساختمان بر پارامترهای کیفی آب (مطالعه موردی شهر کرمانشاه). *آب و فاضلاب*، ۳۵(۳)، ۱۱۹-۱۰۴.
https://doi.org/10.22093/wwj.2023.464867.3425

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

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

dx.doi.org/10.22093/wwj.2024.464867.3425

۱- مقدمه

دسترسی به آب آشامیدنی سالم یک نیاز اساسی و یک حقوق انسانی است، اما هنوز ریشه اصلی بسیاری از مسائل بهداشتی به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه مربوط به تأمین آب آشامیدنی سالم است (WHO, 2008). آب آشامیدنی از راه‌های مختلفی از جمله تماس با فاضلاب خانگی و صنعتی، اقدامات ضعیف بهسازی و نیز از طریق سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و ذخیره‌سازی آلوده می‌شود. اصولی‌ترین و حرفه‌ای‌ترین روش برداشت آب برای مصارف خانگی استفاده از مخازن ذخیره آب است. این روش علاوه بر قانونی بودن، فشار آب موردنیاز ساکنین را تأمین می‌کند. با قطع آب شبکه می‌توان تا مدتی که در مخزن آب وجود دارد آب موردنیاز را تأمین کرد (Hadizadeh, 2017).

از ذخیره‌سازی به‌منظور ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب و به‌منظور تأمین آب در مناطقی که با کمبود مواجه هستند استفاده می‌شود؛ به این منظور از مخازنی با جنس‌های مختلف به‌ویژه پلی‌اتیلن بهره گرفته می‌شود. مخازن ذخیره‌سازی می‌توانند یکی از مسیرهای ورود آلودگی به درون آب، قبل از مصرف باشند جایی که دیگر هیچ گونه عملیات تصفیه و گندزدایی انجام نمی‌شود (Nath et al., 2006).

پژوهش‌های بسیاری به‌منظور بررسی تأثیر مخازن ذخیره‌سازی بر کیفیت آب آشامیدنی به‌خصوص مخازن پلی‌اتیلنی انجام شده است. اغلب این پژوهش‌ها تأثیر نامطلوب مخازن ذخیره‌سازی بر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و به‌ویژه میکروبی آب را تأیید کرده‌اند و عمده این اثرات را تغییر در دما، کدورت، pH، مهاجرت فلزات سنگین مورد استفاده در ساخت مخازن به درون آب، رشد پاتوژن‌ها به خصوص کل کلیفرم‌ها[1]، کلیفرم مدفوعی[2] و باکتری‌های هتروتروف[3] بیان کرده‌اند (Momba and Mnqumevu, 2000).

ماند آب در مخازن فولادی گالوانیزه به‌دلیل نشت فلزات سنگین، وجود ناهمواری و نواحی گوشه‌ای در سطح داخلی مخازن از عوامل مهم تأثیرگذار در کاهش کیفیت آب به شمار می‌رود (Bajan et al., 2016). کیفیت آب شرب در شبکه‌های توزیع معمولاً به‌طور منظم بررسی می‌شود، در حالی که بررسی کیفیت آب در لوله‌ها و مخازن داخل ساختمان‌ها و همچنین بررسی تأثیر لوله‌کشی و تجهیزات داخلی ساختمان بر مشخصات کیفی آب مصرفی به ندرت انجام می‌شود (Lautenschlager et al., 2010).

یکی از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب عدم جریان و راکد ماندن آب است که باعث تغییر خواص کیفی آب و مشخصات ظاهری آن مانند بو، طعم و کدورت آب می‌شود (Mallevialle et al., 1987). روش ذخیره‌سازی آب در مخازن و نحوه نگهداری آب در آنها و جنس مخازن بر کیفیت میکروبی آب اثر دارد (Packiyam et al., 2016). رکود آب در مخازن و لوله‌ها در طول شب، سبب افزایش قابل ملاحظه تعداد باکتری‌های هتروتروف شده و کاهش کیفیت آب را به دنبال دارد (Shahrouzi et al., 2016).

بررسی تأثیرات مخازن ذخیره‌سازی بر کیفیت آب خانگی در منطقه واکیسو نشان داد کلیفرم‌ها سبب آلودگی شده و نوع، سن و اتصالات مخزن به طور قابل‌توجهی بر کیفیت آب اثر می‌گذارد و مخازن استیل ضدزنگ دارای کمترین سطوح آلودگی هستند (Manga et al., 2022). رکود آب در مخازن ذخیره‌سازی اغلب به‌دلیل مدیریت غیرمنطقی و ظرفیت‌های بزرگ مخازن رخ می‌دهد. رکود آب می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی باعث از بین رفتن کلر باقیمانده و رشد میکروارگانیسم‌ها شود(Miyagi et al., 2017).

هو و همکاران با بررسی ۱۲ واحد مسکونی یک منطقه خطرات میکروبی مخازن ذخیره ساختمان‌ها را بررسی کردند. نتایج نشان داد خطرات میکروبی در واقع بر اساس تشخیص میکروارگانیسم‌های خاص و غیرقابل تنظیم از طریق PMA-qPCR افزایش یافته، همچنین افزایش قابل‌توجهی در فراوانی ژن 16S-rRNA باکتریایی و لژیونلا در مخازن مشاهده شد. این مخازن محل مناسبی برای پاتوژن‌های فرصت‌طلب و روده‌ای هستند. به‌طور خاص، پتانسیل رشد مجدد میکروبی در تابستان آشکارتر بود. باقیمانده‌های کم کلر عامل اصلی رشد مجدد میکروبی و تغییرات جامعه میکروبی در مخازن بودند، اگرچه مواد مخزن تأثیر کمی بر کاهش باقیمانده کلر در منطقه داشت (Hu et al., 2021).

تغییرات فصلی بر غلظت فلزات سنگین آب مخازن اثر دارد. غلظت آهن، منگنز و روی در بهار و تابستان به طور قابل‌توجهی افزایش یافت، به‌ویژه برای نمونه‌های آبی که برای مدت طولانی راکد بودند. هم‌بستگی منفی بین اکثر فلزات سنگین و کلر باقیمانده مشاهده شد. همچنین آهن و منگنز هم‌بستگی مثبت با کدورت

[1] Total Coliform (TC)
[2] Fecal Coliforms (FC)
[3] Plate Count Heterotrophic (HPC)

جدول ۱- مشکلات کیفیت آب مرتبط با مخازن ذخیره‌سازی آب

Table 1. Water quality problems associated with water storage facilities

Chemical issues	Biological issues	Physical issues
Disinfectant decay * Chemical contaminants	* Microbial regrowth * Nitrification	Corrosion Temperature
*DBP formation	* Pathogen Contamination	* Sediment
Taste and odors	Taste and odors	

دارند (Hu et al., 2022). در مخازن سقفی تغییرات فصلی که به‌شدت با دمای آب مرتبط است تأثیرگذارترین عامل در رشد میکروبی مخازن به‌شمار می‌رود (Hu et al., 2023). خلاصه‌ای از مشکلات کیفیت آب مرتبط با مخازن ذخیره‌سازی آب در جدول ۱ ارائه شده است. همه موارد فهرست شده در جدول ۱ می‌توانند کیفیت آب را بدتر کنند و مواردی که اثرات بالقوه مستقیم بر سلامتی دارند با علامت ستاره مشخص شده‌اند (AWWA, 2002).

مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان قوانینی برای ذخیره آب شرب سالم در مخازن وضع کرده است که عدم اجرای هر یک از آن قوانین این مورد را می‌تواند به خطر بیندازد. با توجه به فقدان مطالعه در این زمینه به بررسی میدانی الزامات این مقررات اثرگذار بر کیفیت آب شرب پرداخته شده است. در این پژوهش سعی شد به بررسی و ارزیابی هر یک از موارد بیان شده در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان در ارتباط با مخازن ذخیره آب شرب و برخی از پارامترهای نشریه ۱۰۵۳ استاندارد ملی ایران پرداخته شود (Iran National Standard 1053). بازدیدهای میدانی برای بررسی هر یک از الزامات مربوطه برای مخازن آب شرب مورد استفاده ساکنین شهر کرمانشاه انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

شهر کرمانشاه مرکز استان کرمانشاه، نهمین شهر پرجمعیت و یکی از کلان شهرهای ایران است. شهر کرمانشاه مهمترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران است. با توجه به افزایش جمعیت، ساختمان‌های مرتفع به‌دلیل کمبود زمین‌های مسکونی به‌شدت افزایش یافته است. نیاز به آب سالم و بهداشتی و تأمین شدت جریان کافی آب با فشار متناسب یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های کنونی است. فشار آب ساختمان باید به اندازه‌ای باشد که آب را به بالاترین واحد ساختمان برساند. با اجرایی شدن قانون منع نصب مستقیم پمپ روی شبکه آب‌رسانی، نصب مخزن با حجم کافی برای واحدهای مسکونی نوساز اجباری شد. بخش نهایی یک سیستم آب‌رسانی به شبکه داخلی ساختمان و محل‌های مصرف منتهی می‌شود، بنابراین تأمین و حفظ کیفیت آب در داخل ساختمان‌ها بسیار بااهمیت است. با توجه به اینکه تعداد آپارتمان‌ها در شهر کرمانشاه رو به افزایش می‌باشد، بهتر آن است که جامعه آماری مورد مطالعه نامحدود در نظر گرفته شود. معادله کوکران یکی از روش‌های مهم و پرکاربرد برای محاسبه حجم نمونه آماری به شمار می‌رود. این معادله برای محاسبه حجم نمونه زمانی که جامعه نامحدود است به صورت معادله ۱ می‌باشد (Cochran, 1977)

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2} \quad (۱)$$

که در آن

مقدار ثابت z به فاصله اطمینان و سطح خطا بستگی دارد. معمولاً سطح خطا ۵ یا ۱ درصد در نظر گرفته می‌شود. در سطح خطا ۱درصد، سطح اطمینان ۹۹درصد است و در نتیجه مقدار z برابر ۲/۵۸ به‌دست می‌آید. همچنین در سطح خطا ۵ درصد، سطح اطمینان برابر ۹۵ درصد و مقدار z برابر ۱/۹۶ به‌دست خواهد آمد. p احتمال وجود صفت در جامعه و q احتمال عدم وجود صفت در جامعه است. دقت نمونه‌گیری به پارامتر e بستگی دارد که در این پژوهش مقدار e برابر ۰/۱ در نظر گرفته شد. با توجه به مقدار بیان شده تعداد مخازن مورد مطالعه در آپارتمان‌ها با استفاده از معادله کوکران (معادله ۱) برابر ۹۶ به‌دست می‌آید که در این پژوهش تعداد مخازن مورد مطالعه اندکی بیشتر و ۱۰۵ نمونه در نظر گرفته شد. لازم به‌ذکر است در ابتدا پرسش‌نامه‌ای مبتنی بر جزئیات بندهای مختلف مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان در ارتباط با ذخیره‌سازی آب مخزن، محل مخزن، حفاظت مخزن ذخیره و

dx.doi.org/10.22093/wwj.2024.464867.3425

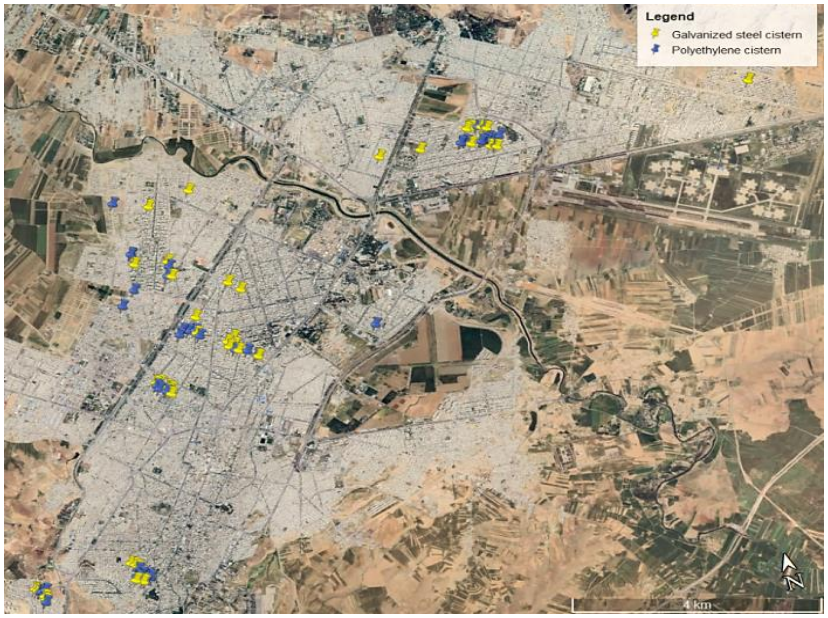

Fig. 1. Location of polyethylene and galvanized steel cisterns investigated in Kermanshah City

شکل ۱- موقعیت قرارگیری مخازن پلی‌اتیلن و فولادی گالوانیزه بررسی شده در سطح شهر کرمانشاه

اتصالات مخزن ذخیره تهیه شد و برای هر یک از نمونه‌ها این پرسش‌نامه‌ها تکمیل شد.

با توجه به ضرورت بررسی مخازن خانگی و نبود بازرسی‌های مداوم برای اطمینان از سلامت آب موجود درون مخازن، بر اساس پرسش‌نامه‌های تهیه شده، نتایج بررسی ۱۰۵ نمونه مخزن خانگی درون شهر کرمانشاه در این پژوهش آمده است. دو منطقه به‌علت تعداد طبقات بالا بیشترین مخازن را دارند. شکل ۱ موقعیت قرارگیری مخازن بررسی شده در سطح شهر را نمایش می‌دهد.

مشاهده، بررسی میدانی، ثبت داده‌های فیزیکوشیمیایی (دما و کلر آزاد باقیمانده) انجام شد. با توجه به اینکه بیشترین نوع مخازن مورد استفاده در شهر کرمانشاه از جنس پلی‌اتیلن و فولادی گالوانیزه هستند، بنابراین هر دو نوع مخزن مورد مطالعه قرار گرفتند. ۴۹ درصد از مخازن مورد مطالعه فولادی گالوانیزه و ۵۱ درصد پلی‌اتیلن بودند. محل نصب اکثر مخازن ذخیره در ساختمان‌های شهر کرمانشاه مطابق شکل ۲ در زیرزمین یا پشت‌بام بود. در این پژوهش تعداد آحاد ۶ درصد از آپارتمان‌ها کمتر از ۱۰ نفر، ۳۷ درصد بین ۱۰ تا ۲۰ نفر، ۳۷ درصد بین ۲۰ تا ۳۰ نفر، ۱۴ درصد بین ۳۰ تا ۴۰ نفر و ۶ درصد بیش از ۴۰ نفر بود.

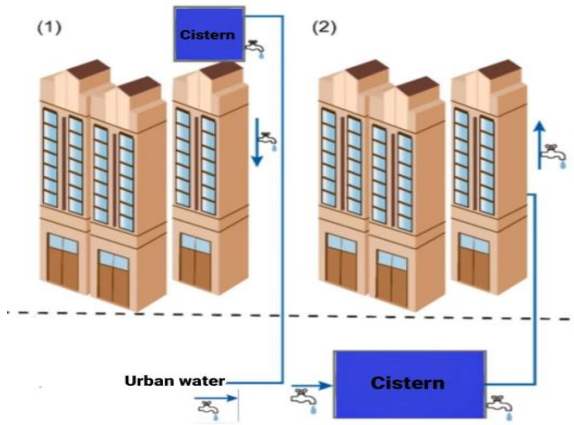

Fig. 2. Location of cisterns installation in buildings in Kermanshah City

شکل ۲- محل نصب مخازن در ساختمان‌های شهر کرمانشاه

به‌منظور ضدعفونی کردن آب آشامیدنی امروزه افزودن کلر به آب بسیار محبوبیت دارد. یک روش ساده و مطمئن برای ارزیابی سطح کلر در آب تصفیه شده استفاده از کیت کلرسنج است. کیت اندازه‌گیری کلر از ترکیب شیمیایی موسوم دی‌اتیل پی‌فنیلن دی آمین[1] استفاده می‌کند. این ترکیب را می‌توان به‌صورت قرص یا مایع تهیه کرد. DPD به سرعت با کلر موجود در آب واکنش می‌دهد

[1] Diethyl-p-Phenylene Diamine (DPD)

و رنگ صورتی را تولید می‌کند. علاوه بر کلر، اندازه‌گیری دما توسط دماسنج الکلی انجام شده است. دماسنج الکلی برای اندازه‌گیری دمای آب مناسب‌تر است، زیرا الکل دارای نقطه ذوب پایینی نسبت به جیوه است و می‌تواند دمای آب را در دماهای کمتر از دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری کند.

۳- نتایج و بحث

در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان بندهایی به‌منظور ایمنی مخازن ساختمان‌ها آمده که پس از بررسی مخازن و اندازه‌گیری پارامترهای بیان شده به مقایسه مخازن با الزامات مربوطه پرداخته و نتیجه مقایسه برای هر بند شرح داده شده است. به‌منظور بررسی رعایت مقدار کلر آزاد باقیمانده در مخازن از نشریه ۱۰۵۳ استاندارد ملی ایران استفاده شده است. در استاندارد انگلیس (BS 8558:2015) نیز ضوابطی برای طراحی و بهره‌برداری مخازن آمده و مقدار استاندارد دمای آب مخازن تعیین شده که از این مقدار برای بررسی مخازن مورد مطالعه استفاده شده است. مخازن در اشکال مختلف بررسی شدند، شکل ۳ درصد اشکال مخازن تعبیه شده در آپارتمان‌ها را نشان می‌دهد.

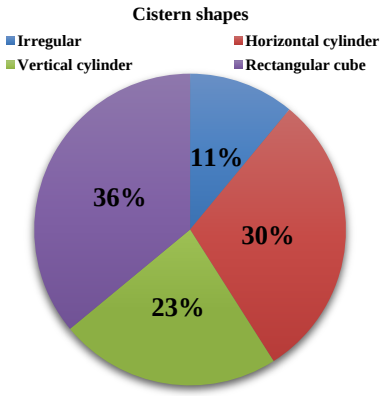

Fig. 3. The percentage of cistern shapes installed in the studied apartments

شکل ۳- درصد اشکال مخازن تعبیه شده در آپارتمان‌ها

در ۸ درصد از بازدیدهای انجام شده، مخزنی برای تأمین آب ساختمان وجود نداشت و مستقیماً پمپ بر روی لوله شبکه اصلی نصب شده است که خلاف مقررات بیان شده در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان است. پمپاژ مستقیم در آپارتمان‌ها افزایش قابل‌توجهی در هزینه، افت فشار و خرابی کنتور را به دنبال دارد.

مطابق با الزامات مربوط به ساختمان در مبحث ۱۶ مقررات ملی چون اکثر ساختمان‌ها بیش از ۳ طبقه هستند، با توجه به حجم ۷۵ لیتر پیش‌بینی شده برای هر نفر و تعداد افراد ساکن در ساختمان احجام موردنیاز به‌دست آمده و در مواردی که حجم مخزن موجود کمتر از حجم محاسبه شده برای گنجایش مخزن باشد با مشکل تأمین آب در ساختمان مواجه بوده و این بند رعایت نشده است.

در شکل ۴ مقایسه حجم مخزن تعبیه شده در آپارتمان‌ها با حجم پیشنهادی مبحث ۱۶ مقررات ملی (۷۵ لیتر برای هر نفر در آپارتمان) نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود ۵۳ درصد از مخازن حجمی بیش از حجم بیان شده در آیین‌نامه را داشتند که نیاز آب افراد ساکن در ساختمان به‌خوبی تأمین می‌شود و ۴۷ درصد از مخازن درون ساختمان‌ها با مشکل گنجایش کم مواجه هستند، گرچه در این مخازن رکود آب بسیار کم است.

مطابق با مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان مخزن ذخیره‌سازی آب باید با گنجایش دست کم ۷۵ لیتر برای هر نفر پیش‌بینی شود. شکل ۵ مقایسه مقدار ذخیره آب برای هر نفر در مخازن تعبیه شده در آپارتمان‌های مورد مطالعه با ذخیره پیشنهادی مقررات ملی برای هر نفر را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود نیمی از مخازن حجمی کمتر از حجم پیشنهادی در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان را دارند، اما با توجه به تغییرات الگوی مصرف ساعتی، روزانه و فصلی آب ساکنین این ساختمان‌ها با مشکل کمبود آب مواجه نبوده‌اند. نیمی دیگر از ساختمان‌ها مخزنی با حجم بیش از حجم توصیه شده در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان دارند که ممکن است رکود آب سبب کاهش کیفیت آب شرب در آنها شود.

با توجه به اهمیت سلامت آب مخازن خانگی، باید مخازن در معرض نفوذ سیلاب و یا آب زیرزمینی نباشند و در تمامی مخازن مورد مطالعه این نکته رعایت شده است. تنها در یک درصد مخزن در معرض سیلاب واقع شده است که محل نصب مخزن در اتاقکی حفر شده در داخل حیاط ساختمان است. تمامی مخازن ذخیره آب در محلی که لوله فاضلاب یا آب غیربهداشتی از روی آن عبور کرده باشد که موجب آلودگی آب مخازن شود احداث نشده است. با توجه به محل نصب مخازن احتمال نفوذ آب زیرزمینی در هیچ‌کدام از مخازن وجود ندارد. مخازن مورد مطالعه در دو جنس پلی‌اتیلن و فولادی گالوانیزه بودند که در هر دو حالت در بالای مخازن

Fig. 4. Comparing the volume of the cistern installed in the apartment with the volume of the cistern required for the people living in the apartment according to national regulations

شکل ۴- نمودار مقایسه حجم مخزن تعبیه شده موجود در آپارتمان با حجم مخزن موردنیاز برای افراد ساکن در آپارتمان مطابق با مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان

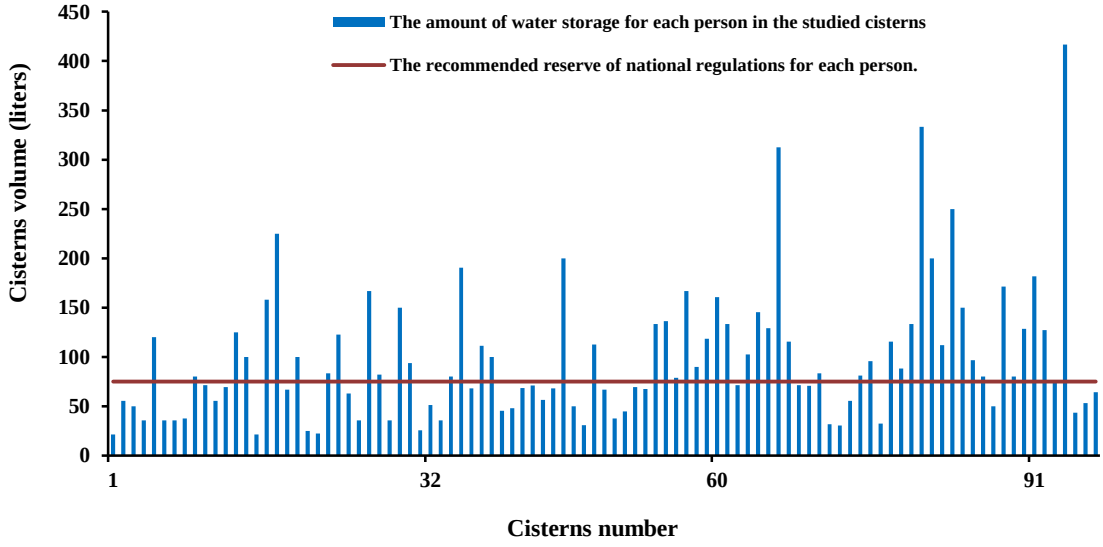

Fig. 5. Comparing the amount of water storage for each person in the cisterns installed in the studied apartments with the recommended storage of the national regulations for each person

شکل ۵- نمودار مقایسه مقدار ذخیره آب برای هر نفر در مخازن تعبیه شده در آپارتمان‌های مورد مطالعه با ذخیره پیشنهادی مقررات ملی برای هر نفر

درب‌های کوچکی به‌منظور بازرسی و تعمیر تعبیه شده است، اما در ۶۶ درصد از مخازن محل نصب و قرارگیری مخازن در زیر راه‌پله یا مکانی بود که بازدید آسانی به داخل مخزن نمی‌توان داشت همچنین سنجش کلر و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی به سختی انجام شد. شکل ۶ نمونه‌ای از مخازنی را نشان می‌دهد که به‌دلیل موقعیت قرارگیری آنها بازدید از داخل مخازن امکان‌پذیر نبود.

Fig. 6. An example of non-visitable polyethylene cisterns

شکل ۶- نمونه‌ای از مخازن پلی‌اتیلن غیر قابل بازدید

طبق یکی دیگر از بندهای مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان، مخزن‌های خانگی باید در برابر گرما و سرما حفاظت شوند به این منظور باید از عایق‌بندی استفاده کرد. تعداد محدودی از مخازن پلی‌اتیلن مورد مطالعه سه لایه بودند. ویژگی‌های مخازن پلی‌اتیلن سه لایه شامل مقاومت زیاد در برابر خوردگی، زنگ‌زدگی، ترکیدگی و نشت هستند. همچنین به‌دلیل وجود سه لایه در ساختار آنها، این نوع مخازن آب دارای عایق حرارتی و صوتی بوده و همچنین جلوگیری از نفوذ آلودگی آب درون مخزن را فراهم می‌کنند. موارد بیان شده فوق در تفاوت مخزن پلی‌اتیلن تک لایه و مخزن پلی‌اتیلن سه لایه حائز اهمیت هستند. ۸ درصد از مخازن مورد بازدید سه لایه بودند که در برابر گرما و سرما عایق هستند. طبق استاندارد انگلیس (BS 8558:2015) برای جلوگیری از آلودگی باکتریایی، مخازن آب باید طوری طراحی و نصب شود که آب سرد در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس ذخیره و توزیع شود. تمامی مخازن سه لایه دمای آب کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس داشتند. با توجه به اینکه نمونه‌گیری از مخازن در ساعت‌ها و ماه‌های مختلف سال انجام شده، در ۷ درصد از مخازن دمای آب ۲۰ و یا بیش از ۲۰ درجه سلسیوس بود. شکل ۷ نمودار مقدار دمای آب، تاریخ و ساعت اندازه‌گیری آن را در مخازنی با دمای آب ۲۰ درجه سلسیوس یا بیشتر نشان می‌دهد. ۲ مورد از مخازن از جنس پلی‌اتیلن و ۵ مورد فولادی گالوانیزه هستند. لازم به ذکر است دمای ۲۰ درجه سلسیوس یا بیشتر در هر ساعتی از شبانه‌روز امکان اتفاق دارد. دمای آب یکی از پارامترهای کنترلی است و باید ترتیبی اتخاذ شود توسط افرادی که تخصص مناسبی دارند نظارت و کنترل کافی برای جلوگیری از رشد میکروبی از جمله لژیونلا انجام شود. در تابستان و در دمای هوا زیاد، ممکن است لازم باشد ارزیابی خطر بررسی شود و اقدامات مناسب برای کاهش خطر برای اطمینان از جریان منظم آب از طریق مخازن انجام شود (HSG274 Part 2, 2014).

برای ۳ درصد از مخازن اتاقکی برای قرارگیری مخزن در ساختمان به همراه کف‌شوی و تهویه هوا در نظر گرفته شده است. در مورد مخازنی که روی بام نصب شده‌اند عایق مناسب به‌منظور جلوگیری از یخ زدن آب یا گرم شدن آن وجود نداشت. ۲ درصد از مخازن مورد مطالعه بر روی بام نصب شده‌اند که از جنس فولادی گالوانیزه بودند و دمای آب آنها در ساعتی که دمای هوا در طول روز بیشینه نبوده است، ۲۴ و ۲۱ درجه سلسیوس ثبت شد. این مقدار دما بیش از استاندارد انگلیس(BS 8558:2015) بوده بنابراین باید به دمای آب این مخازن توجه بیشتری شده و از عایق مناسب استفاده شود. ذخیره آب باید در برابر اثر آب مقاوم باشد، سطوح داخلی و خارجی باید با مواد مناسب اندود شود به طوری که در رنگ، طعم، بو و گوارا بودن آب اثر نگذارد. بنابراین مخازن باید از نظر خوردگی و زنگ‌زدگی بررسی شوند. در این پژوهش ۵۱ درصد از مخازن فاقد هرگونه زنگ‌زدگی و خوردگی بودند که همه آنها از پلی‌اتیلن ساخته شده‌اند. در مخازن با جنس فولادی گالوانیزه فارغ از سال ساخت آنها درون مخازن زنگ‌زدگی به وضوح مشاهده شد.

شکل ۸ شماتیکی از مخازن فولادی زنگ‌زده را نشان می‌دهد. بنابراین بی‌توجهی به مخازن آب می‌تواند به بدتر شدن کیفیت آب منجر شود. رسوبات و زنگ‌زدگی می‌توانند از نظر بصری ناخوشایند باشند و احتمالاً باعث ایجاد طعم و بوی نامطبوع شوند. آشامیدن آب آلوده اندک اندک بر سلامت انسان اثر گذاشته و سبب ایجاد بیماری‌هایی مانند بیماری‌های روده‌ای می‌شود. با توجه به پرسش از افراد ساکن در ساختمان، تغییری در رنگ بو و طعم آب مشاهده نکردند. در یکی دیگر از بندهای مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان بیان

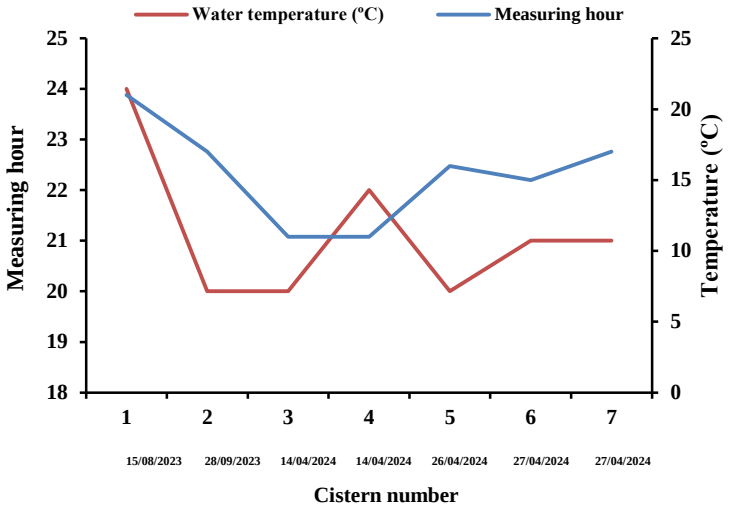

Fig. 7. Water temperature and the time of its measurement in the studied cisterns

شکل ۷- نمودار مقدار دمای آب و ساعت اندازه‌گیری آن را در مخازن مورد مطالعه

Fig. 8. Schematic of galvanized steel cistern with rust

شکل ۸- شماتیک مخزن فولادی گالوانیزه دارای زنگ‌زدگی

Fig. 9. An example of sediment accumulation at the bottom of the cistern

شکل ۹- نمونه‌ای تجمع رسوبات در کف مخزن

شده که مخزن ذخیره آب باید دریچه مناسب برای بازرسی و تمیز کردن مخزن داشته باشد، در برخی مخازن درب آنها بسیار کوچک بوده و امکان بازرسی مخزن وجود نداشت. در کف تمامی مخازن تجمع رسوبات یافت شد.

شکل ۹ نمونه‌ای از تجمع رسوب در کف مخزن پلی‌اتیلنی را نشان می‌دهد. تجمع رسوب در مخازن به‌دلیل شرایط سکون که باعث ته‌نشین شدن ذرات می‌شود رخ می‌دهد. مشکلات بالقوه کیفیت آب مرتبط با تجمع رسوب شامل افزایش تقاضای ضدعفونی‌کننده، رشد میکروبی و افزایش کدورت در آب است (AWWA, 2002).

این رسوبات می‌توانند باعث کاهش کیفیت آب شده و عوارض بهداشتی برای مصرف‌کنندگان داشته باشند. تمیز کردن منبع آب به از بین بردن این رسوبات و ذرات معلق کمک می‌کند تا آب تمیز و سالم باقی بماند. رشد این باکتری‌ها در مخزن موجب اضافه شدن طعم و بو به آب درون مخزن می‌شود که این اتفاق امکان استفاده از آب را سلب می‌کند. در یک مورد

از مخازن روی لوله ورود آب به مخزن فیلتری تعبیه شده است، اما با وجود فیلتر هم رسوب در داخل مخزن رویت شده و فیلتر نصب شده نتوانسته که کیفیت آب را افزایش دهد.

شایع‌ترین مشکلات گزارش شده توسط بازرسان مخازن که مربوط به کیفیت آب است شامل خوردگی بیش از حد داخلی، رویداد کدورت در هنگام پر شدن مخزن به‌دلیل رسوب بیش از حد کف، لیچینگ شیمیایی غیر کامل پوشش داخلی، لیچینگ شیمیایی پوشش‌های غیر استاندارد و لیچینگ سرب از پوشش‌های داخلی مبتنی بر سرب است (Kirmeyer et al., 1999).

در روی لوله ورود آب به مخزن در تمامی مخازن مورد مطالعه شیر قطع و وصل و شیر کنترل از نوع شناور نصب شده است و از سرریز شدن و اتلاف آب جلوگیری می‌شود. در یکی از بندهای مقررات ملی ساختمان آمده است که لبه زیر دهانه لوله ورود آب به مخزن باید دست کم ۱۰۰ میلی‌متر از روی دهانه لوله سرریز بالاتر باشد تا فاصله هوایی لازم تأمین شود. قطر نامی لوله سرریز باید دست کم ۲ برابر قطر لوله ورود آب به مخزن ذخیره باشد. روی لوله سرریز نباید هیچ شیری نصب شود. لوله سرریز نباید از جنس قابل انعطاف باشد. انتهای لوله سرریز باید دست کم ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر از کف‌شوی یا هر نقطه تخلیه دیگر باشد. انتهای لوله سرریز نباید قابل اتصال به شلنگ باشد و باید توری مقاوم در برابر خوردگی داشته باشد. لوله سرریز باید در مسیری کشیده شود که احتمال یخ زدن نداشته باشد یا آنکه با عایق گرمایی مناسب در برابر یخ زدن حفاظت شود و پیش‌بینی لازم از ایجاد سطح یخ‌زده لغزنده در محل تخلیه آن انجام شود. لبه زیر دهانه سرریز باید دست کم ۴۰ میلی‌متر از حداکثر سطح آب بالاتر باشد که متأسفانه این بند در مخازن مورد بازدید رعایت نشده است.

مخزن ذخیره آب باید لوله هواکش داشته باشد تا فشار داخل مخزن همواره برابر فشار جو باشد. قطر نامی لوله هواکش باید دست کم برابر قطر نامی لوله خروج آب از مخزن باشد و دهانه انتهای آن توری مقاوم در برابر خوردگی داشته باشد. این دهانه باید در محل کاملاً محفوظ و دور از دسترس افراد غیرمسئول باشد. در این پژوهش در هیچ‌کدام از مخازن بند مذکور رعایت نشد. مخزن ذخیره آب باید در پایین‌ترین نقطه، لوله تخلیه داشته باشد که با باز کردن شیر آن بتوان تمام آب مخزن را تخلیه کرد. لوله تخلیه مخزن نباید از جنس قابل انعطاف باشد. انتهای لوله تخلیه باید دست کم ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر از کف‌شوی یا هر نقطه تخلیه دیگر باشد. انتهای لوله تخلیه نباید قابل اتصال به شلنگ باشد و باید با توری مقاوم در برابر خوردگی محافظت شود. لوله تخلیه باید در مسیری کشیده شود که احتمال یخ زدن نداشته باشد. مخازن مورد مطالعه فاقد لوله تخلیه بودند. در همه مخازن روی لوله ورودی آب به مخزن شیر قطع و وصل نصب شده بود.

اگر حجم مخزن بیش از ۱۰۰۰ لیتر باشد، دهانه خروجی و دهانه ورودی آب باید در دو سمت مخزن و در مقابل هم قرار گیرند تا از راکد ماندن آب جلوگیری شود. هر چه زمان ماند آب بیشتر باشد، تعداد باکتری‌های موجود درون مخزن افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. در بین مخازن مورد مطالعه ۷۳ درصد از مخازن حجم بیش از ۱۰۰۰ لیتر را داشتند و در ۸۶ درصد از این مخازن دهانه خروجی و دهانه ورودی آب در یک سمت قرار گرفته که سبب رکود آب می‌شوند. بنابراین باید مخزن بررسی شود تا اطمینان حاصل شود که گردش آب در مخزن وجود دارد و مخزن در معرض خطر لژیونلا قرار نگرفته است (HSG274 Part 2, 2014).

اگر حجم ذخیره موردنیاز آب بیش از ۴۰۰۰ لیتر باشد، باید به جای یک مخزن دست کم دو مخزن به طور موازی نصب شود تا هنگام تعمیر یا تمیز کردن یکی از مخازن، آب قطع نشود. در این حالت هر مخزن باید به‌طور جداگانه و مستقل شیرهای ورودی و خروجی آب، شیر کنترل، شیر تخلیه، لوله سرریز و لوله هواکش مجهز باشد. در این پژوهش در ۶ درصد موارد حجم مخازن بیش از ۴۰۰۰ لیتر بود و بند مذکور فقط در ۱ درصد از مخازن رعایت شد که حجم آن ۴۵۰۰ لیتر بود و به‌صورت دو مخزن موازی نصب شد. در ۱۴ درصد مخازن این پژوهش تعداد مخازن ذخیره در یک ساختمان بیش از یک مخزن بود که مجموع گنجایش چند مخزن، بیش از حجم ذخیره موردنیاز ساکنین بود.

یکی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب مطابق استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ حداقل مقدار مجاز کلر باقیمانده آب است که این مقدار باید بین ۰/۲ تا ۰/۸ باشد. پس از اندازه‌گیری کلر

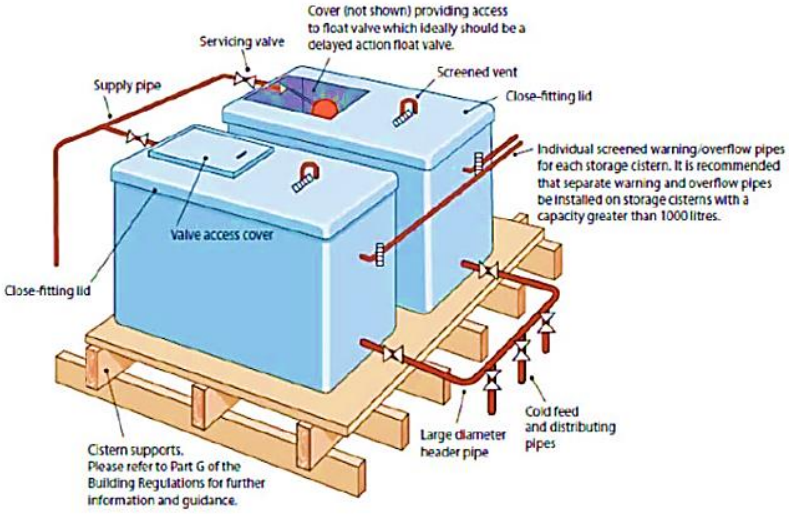

Fig. 10. Schematic of potable water storage tank and its connections recommended by (BS 8558:2015)

شکل ۱۰- شماتیکی از مخزن ذخیره آب شرب و اتصالات آن توصیه شده (BS 8558:2015)

توسط کیت‌های کلرسنجی و بررسی مقدار کلر آزاد باقیمانده نتایج نشان داد در ۲۶ درصد از مخازن مقدار کلر آزاد باقیمانده رعایت نشده است. اندازه‌گیری مقدار کلر در ساعات مختلفی از شبانه‌روز انجام شد. این اندازه‌گیری در ساعات اولیه روز نبود که مخزن احتمالاً دارای آب راکد باشد. با این حال در بعضی از مخازن که حجم آنها کمتر از ۱۰۰۰ لیتر بود و احتمال رکود آب در مخزن کم بود، به‌علت نوسانات مصرف مقدار کلر آزاد باقیمانده رعایت نشد. در تمامی مخازنی که حجم آنها بیش از ۱۰۰۰ لیتر بود و کلر در حد استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ نبود، می‌تواند علت ناشی از در یک سمت قرار گرفتن دهانه ورودی و خروجی مخزن باشد. همچنین مخازن ذخیره آب آشامیدنی نباید طعم، رنگ، بو یا سمیّت را به آب دهند و رشد میکروبی را ترویج یا تقویت کنند. در این پژوهش با پرسش و پاسخ این نکته از ساکنین ساختمان‌ها می‌توان نتیجه گرفت در تمامی مخازن تغییری در طعم، رنگ و بو وجود ندارد. کلیه لوله‌های توزیع‌کننده آب سرد از مخازن درپایین‌ترین نقطه مخزن به هم متصل شدند. هیچ‌کدام از مخازن مجهز به لوله‌های هشداردهنده نیستند. مخازن باید از نظر آب راکد بررسی شوند. در صورت یافتن آب راکد، مخزن‌ها باید شسته شوند و پیکربندی جریان اصلاح شود. در ۶۵ درصد از مخازن مورد مطالعه احتمال رکود آب وجود دارد. در مخازنی که حجم آنها بیش از ۱۰۰۰ لیتر بوده در یک سمت قرار گرفتن دهانه ورودی و خروجی مخزن سبب رکود آب شده و در مخازنی که حجم آنها کمتر از ۱۰۰۰ لیتر می‌باشد اما حجمی بیش از حجم موردنیاز برای تأمین آب افراد ساکن در ساختمان دارند، رکود آب در مخزن اتفاق می‌افتد (مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان). حفظ حرکت منظم آب در بخش‌هایی که مستعد رکود هستند و محافظت در برابر افزایش حرارت بیش از حد با استفاده از عایق روی مخازن آب و لوله‌کشی مؤثرترین اقدام کنترل لژیونلا است. برای اکثر ساختمان‌ها، انجام این اقدامات ضروری است (HSG274 Part 2, 2014).

بر اساس یکی از الزامات مبحث ۱۶ مقررات ملی مخزن ذخیره آب باید دریچه آدم‌رو داشته باشد. این دریچه به‌منظور تمیز کردن، بازرسی و تعمیر داخلی است و باید در زمان بسته بودن، کاملاً آب‌بند و هوابند باشد. دریچه آدم‌رو باید دور از دسترسی اشخاص غیرمسئول باشد و در برابر نفوذ مواد آلاینده و حشرات و کرم‌ها کاملاً حفاظت شود. در هیچ یک از مخازن مورد مطالعه این دریچه رویت نشده است. طبق استاندارد انگلیس (BS 8558:2015) این دریچه باید مطابق شکل ۱۰ طراحی شود. همان گونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود باید درب این مخازن به‌طور کامل باز شوند که به راحتی بتوان داخل آنها را پاکیزه کرد. علاوه بر این، مخازن باید بر روی سکویی

قرار داده شوند و از سطح زمین فاصله بگیرند. چنانچه درب مخزن به‌طور کامل باز نشود تمیز کردن آن شامل کار در محیط بسته شده و قوانین مخصوصی دارد که برای ورود به فضای بسته حتماً باید از واحد ایمنی، مجوز گرفته شود و افراد باید از وسایل حفاظت فردی مناسب استفاده کنند. هوای داخل مخزن باید به‌طور دائم کنترل شود. سیستم روشنایی بهتر است ضدجرقه و ضدانفجار باشد. تمام لوله‌های ورودی و خروجی مواد مخزن باید به‌صورت فیزیکی مسدود شده باشد و اتمسفر مخزن از نظر کمبود یا افزایش غلظت اکسیژن و گازهای سمّی ارزیابی شود.

مطابق شکل ۱۰ برای مخازن باید لوله‌های هشدار، لوله سرریز و لوله هواکش تعبیه شود، این لوله‌ها باید هر چند وقت بررسی شوند تا از مطابقت آنها با آیین‌نامه اطمینان حاصل شود. برای مخازن درپوش‌های مناسب و ایمن قرار داده شود و نباید هیچ نشانه‌ای از نشتی یا خراب شدن احتمالی منجر به نشتی وجود داشته باشد. طبق استاندارد انگلیس (BS 8558:2015) در مخازن با حجم کمتر از ۱۰۰۰ لیتر به‌منظور بازرسی وضعیت مخزن از طریق دریچه، باید حداقل ۳۵۰ میلی‌متر فضای خالی بالای دریچه مخزن در نظر گرفته شود. در مخازنی که حجم آنها بیش از ۱۰۰۰ لیتر است، دو دریچه تعبیه می‌شود. فضای خالی بالای دریچه شیر شناور به‌منظور بازرسی آن باید حداقل ۳۵۰ میلی‌متر و حداقل فضای بالای دریچه بازرسی وضعیت مخزن باید ۵۰۰ میلی‌متر باشد.

۴- نتیجه‌گیری

افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آب و آلودگی آنها، تأمین آب آشامیدنی را با مشکل مواجه کرده است. در ساختمان‌های مرتفع برای تأمین فشار موردنیاز از تأسیسات داخلی شامل مخزن ذخیره و پمپ استفاده می‌شود. عدم اجرای صحیح مخازن ذخیره‌سازی آب می‌تواند سبب تغییر کیفیت آب درون آنها شود. برای طراحی و بهره‌برداری این مخازن قوانینی در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان بیان شده است.

در این پژوهش برای بررسی اجرای این قوانین مخازن آب شرب ساختمان‌ها در سطح شهر کرمانشاه بررسی شدند. تمامی مخازن شهر کرمانشاه از دو جنس پلی‌اتیلن و فولادی گالوانیزه ساخته شده‌اند. با توجه به نامحدود بودن جامعه آماری با استفاده از معادله کوکران حجم نمونه آماری برای این پژوهش در سطح اطمینان ۵ درصد برابر ۹۶ به‌دست آمد. به این منظور ۱۰۵ نمونه مخزن آب شرب در سطح شهر کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی این مخازن مشاهده شد هیچ‌کدام از مخازن دارای لوله هواکش، لوله تخلیه در پایین‌ترین نقطه مخزن، لوله سرریز و لوله هشداردهنده نیستند. در تمامی مخازن تجمع رسوب به وضوح یافت شد و حتی نصب فیلتر هم در یک مورد از مخازن مطالعه شده نتوانسته از تجمع رسوب درون مخزن جلوگیری کند. در ۸۶ درصد از مخازن با ظرفیت بیش از ۱۰۰۰ لیتر به علت قرارگیری دهانه ورودی و خروجی مخزن در یک سمت احتمال رکود آب وجود دارد. ۴۷ درصد از مخازن مورد مطالعه گنجایش کمتر از گنجایش توصیه شده در مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان را داشتند. هیچ‌کدام از مخازن در معرض نفوذ آب زیرزمینی نبودند و تنها در یک مورد به‌علت نصب مخزن در اتاقکی حفر شده در حیاط ساختمان، مخزن در معرض سیلاب قرار داشت. مخازن ذخیره آب در جایی که لوله فاضلاب یا آب غیربهداشتی از روی آن عبور کند احداث نشدند. تنها ۸ درصد از مخزن‌های پلی‌اتیلن سه لایه عایق گرما و سرما بودند. تمامی مخازن فولادی گالوانیزه سطح داخلی آنها کاملاً دچار زنگ‌زدگی شد. در ۲۶ درصد از مخازن مقدار کلر آزاد باقیمانده رعایت نشد.

با توجه به اقلیم‌های متفاوت در کشور باید اثر اقلیم بر حجم ذخیره‌سازی برای هر نفر در نظر گرفته شود. حتی در اقلیم یکسان علاوه بر تعداد مصرف‌کنندگان مقدار آب ورودی به مخزن می‌تواند بر حجم مخزن اثرگذار باشد. درب‌های کوچک نصب شده در مخازن مورد مطالعه مانع تمیز کردن مخازن می‌شود، مطابق شکل ۱۰ توصیه می‌شود، درب مخازن به صورتی طراحی شود که بدون اعمال قانون کار در محیط‌های محدود تمیز کردن مخازن انجام شود.

۵- قدردانی

نویسندگان از آقای رامک حمیدی‌جو دبیر کارگروه مصالح و تجهیزات صنعت ساخت شورای فنی بابت مطرح کردن موضوع در شورای فنی استان کرمانشاه کمال قدردانی را دارند.

References

BSI, 2015. Guide to the Design, Installation, Testing and Maintenance of Services Supplying Water for Domestic Use Within Buildings and Their Curtilages - Complementary Guidance to BS EN 806. [Link]

AWWA, 2002. Finished Water Storage Facilities. PREPARED for: U.S. Environmental Protection Agency Office of Groundwater and Drinking Water Standards and Risk Management Division 1200 Pennsylvania Ave., NW Washington DC 20004, USA. [Link]

Bajan, M., Jalili Ghazizadeh, M. R. and Rashidi Mehrabadi, A., 2016. Laboratory Study of Water Quality Changes in Domestic Polyethylene Tanks. *The 8th National Conference and Exhibition on Environmental Engineering University of Tehran*, Tehran. [Link]

Cochran, W. G., 1977. Sampling Techniques (3rd ed.). John Wiley & Sons. Inc. New York. [Link]

Hadizadeh, D., 2017. The Complete Reference of Design and Implementation of Mechanical Facilities, Volume 1, Noavar Publications. (In Persian) [Link]

Hu, D., Hong, H., Rong, B., Wei, Y., Zeng, J., Zhu, J., et al. 2021. A comprehensive investigation of the microbial risk of secondary water supply systems in residential neighborhoods in a large city. *Water Research*, 205, 117690. https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117690.

Hu, D., Zeng, J., Chen, J., Lin,W., Xiao, X., Feng, M., et al. 2023. Microbiological quality of roof tank water in an urban village in southeastern China. *Journal of Environmental Sciences*, 125, 148-159. https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.01.036.

Hu, D., Zeng, J., Hu, Y., Fei, X., Xiao, X., Feng, M., et al. 2022. A survey on heavy metal concentrations in residential neighborhoods: the influence of secondary water supply systems. *Journal of Environmental Sciences*, 117, 37-45. https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.12.032.

Iran National Standard 1053, Drinking water - physical and chemical specifications. ICS:13.060.020. (In Persian) [Link]

Kirmeyer, G., Kirby, L., Murphy, B., Noran, P., Martel, K., Lund, T., et al. 1999. Maintaining and operating finished water storage facilities. *AWWA and AwwaRF*, Denver. [Link]

Lautenschlager, K., Boon, N., Wang, Y., Egli, T. and Hammes, F., 2010. Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. *Water Research*, 44, 4868-4877. https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.07.032.

Mallevialle, J. L., Suffet, I. H., Foundation, A. R. and Lyonnaise Des, E., 1987. *Identification and treatment of tastes and odors in drinking water, Denver*, CO, American Water Works Association. [Link]

Manga, M., Okeny, L. O., Ngobi, T. G., Pamela, A. O., Namakula, H., Kyaterekera, E., et al. 2022. Impacts of storage tanks under the indirect cold water supply system on household water quality: a case of Wakiso District, Uganda. *Water Supply*, 22, 3072-3085. https://doi.org/10.2166/ws.2021.411.

Miyagi, K., Sano, K. and Hirai, I., 2017. Sanitary evaluation of domestic water supply facilities with storage tanks and detection of Aeromonas, enteric and related bacteria in domestic water facilities in Okinawa Prefecture of Japan. *Water Research*, 119, 171-177. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.002.

Momba, M. N. and Mnqumevu, B. V., 2000. Detection of faecal coliform bacteria and heterotrophic plate count bacteria attached to household containers during the storage of drinking water in rural communities. *WISA Annual Conference, Sun City, South Africa*. [Link]

National Building Regulations of Iran, 2017. Chapter Sixteen: Sanitary Installations. Ministry of Roads and Urban Development, Road, Housing and Urban Development Research Center. Fourth Edition. (In Persian) [Link]

Nath, K. J., Bloomfeild, S. F. and Jones, M., 2006. Household water storage, handling and point of-use treatment. *A Review Commissioned by IFH*. Geneva, Switzerland. [Link]

Packiyam, R., Kananan, S., Pachaiyappan, S. and Narayanan, U., 2016. Effect of storage containers on coliforms in household drinking water. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5, 461-477. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.501.047.

Shahrouzi, S., Ghazizadeh, M. & Shakerifard, P., 2016. Effect of water stagnation in households pipes and tanks on drinking water quality (case study: some areas in Tehran). *Journal of Water and Wastewater*, 26, 115-120. (In Persian) [Link]

World Health Organization (WHO), 2008. Access to improved drinking-water sources and to improved sanitation (Percentage) Available.