Journal of Marine Medicine
Winter 2022, Volume 3, Issue 4
Pages: 218-228
10.30491/3.4.218

Risk Identification and Assessment in Hashtgerd Drinking Water Facilities by FMEA Method

Hossein Masoumbeigi [1, 2], Mahdi Sadat Rasul [1, 2], Ghader Ghanizadeh [1, 3 *]

[1] *Health Research Center, Life Style Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2] *Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Health Management Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 26 June 2021 **Accepted:** 22 August 2021

Abstract

Background and Aim: Strengthening the security and flexibility of critical infrastructure such as water facilities, which are part of the main assets and vital centers of cities and are very vulnerable to possible attacks, has a very important role in reducing vulnerability in critical situations. The aim of this study was to identify and assess the risk of drinking water facilities in Hashtgerd city by Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).

Methods: The present analytical study was conducted in the all water facility of Hashtgerd city, Alborz, Iran in 2020. Identification and determination of the types of potential hazards and threats of water facilities in Hashtgerd city related to the quantity and quality of water and operation and maintenance was done by reviewing the necessary documents, field visits, observation, interviews and opinion polls of Alborz province water supply experts. Then, risk assessment was performed using FMEA technique. The risk priority number was calculated by multiplying the three factors of severity, probability of occurrence and probability of discovery, and based on that, risk prioritization was performed and the necessary solutions to reduce the risk were presented.

Results: In this study, 42 potential risks were identified. The highest risks belonged to water wells (35.71%). The identified risks were 10, 33 and 57%, related to the quantity, quality of water and operation and maintenance, respectively. The highest risk priority number were 576, 448 and 392, related to the critical threats that belonged to improper selection of water well location, possibility of physical attacks on reservoirs and long life of pumping station and water distribution network, respectively. 47.6, 40.5 and 11.9% of the risks were at the critical, moderate and non-critical levels, respectively. Risk priority number range of critical level threats for water wells with 8 risks was 192-448, for pumping stations with 8 risks was 280-576 and for reservoirs and water distribution network with 4 risks was 336-392.

Conclusion: The findings showed that all of the Hashtgerd water facilities are vulnerable to identified potentially critical threats and require serious corrections, control, monitoring and up-to-date and frequent staff training. Corrections implementation, especially for critical level threats, in order of priority for water tanks and distribution network, pumping station and then water wells, can play an effective role in reducing the risk potential and destructive effects of threats in crises and need to be seriously considered by water industry officials.

Keywords: Failure Modes and Effects Analysis, Risk Assessment, Risk Priority Number, Water Facilities, Water Well.

*Corresponding author: Ghader Ghanizadeh, **Email**: Qanizadeh@yahoo.com
Address: Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]

مجله طب دریا
دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
صفحات: ۲۲۸-۲۱۸
10.30491/3.4.218

شناسایی و ارزیابی ریسک در تأسیسات آب شرب شهر هشتگرد به روش FMEA

حسین معصوم بیگی [۱،۲]، مهدی سادات رسول [۱،۲]، قادر غنی زاده [۱،۳] *

[۱] مرکز تحقیقات بهداشت نظامی، پژوهشکده سبک زندگی اسلامی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران
[۳] مرکز تحقیقات مدیریت سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۵ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: تقویت امنیت و انعطاف پذیری زیرساخت‌های حیاتی مانند تأسیسات آبی که بخشی از دارایی‌های اصلی و مراکز حیاتی شهرها بوده و در برابر حملات احتمالی بسیار آسیب‌پذیرند، نقش بسیار مهمی در کاهش آسیب پذیری در شرایط بحرانی دارد. مطالعه حاضر با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک تأسیسات آب شرب شهر هشتگرد به روش بررسی حالات بالقوه خطر و تحلیل اثرات ناشی از آن انجام شد.

روش‌ها: مطالعه تحلیلی حاضر در سال ۱۳۹۹ در کل تأسیسات آبی شهر هشتگرد انجام شد. شناسایی و تعیین انواع خطرات و تهدیدات بالقوه تأسیسات آبی شهر هشتگرد در مورد کمیت و کیفیت آب و بهره برداری و نگهداری، از طریق بررسی مستندات لازم، بازدیدهای میدانی، مشاهده، مصاحبه و نظرخواهی از متخصصان آبفای استان البرز و شهر هشتگرد انجام شد. در ادامه به کمک تکنیک FMEA ارزیابی ریسک انجام گرفت. عدد اولویت ریسک با ضرب سه عامل شدت، احتمال وقوع و احتمال کشف محاسبه شد و بر اساس آن، اولویت بندی خطرات انجام و راه کارهای لازم برای کاهش خطر ارائه گردید.

یافته‌ها: در این مطالعه ۴۲ خطر بالقوه شناسایی شد. بیشترین خطرات متعلق به چاه‌های آب (۳۵/۷۱٪) بود. خطرات شناسایی شده ۱۰، ۳۳ و ۵۷ درصد به ترتیب مرتبط با کمیت، کیفیت آب و بهره‌برداری و نگهداری بودند. بالاترین عدد اولویت ریسک به ترتیب ۵۷۶، ۴۴۸ و ۳۹۲ مرتبط با تهدیدات بحرانی متعلق به انتخاب نامناسب محل چاه آب، احتمال حملات فیزیکی به مخازن و بالا بودن عمر ایستگاه پمپاژ و شبکه توزیع آب بود. به ترتیب ۴۷/۶، ۴۰/۵ و ۱۱/۹ درصد ریسک‌ها در سطح بحرانی، متوسط و غیربحرانی بودند. عدد اولویت ریسک برای تهدیدات در سطح بحرانی در مورد چاه‌های آب با ۸ ریسک در رنج ۴۴۸-۱۹۲، برای ایستگاه‌های پمپاژ با ۸ ریسک در رنج ۵۷۶-۲۸۰ و برای مخازن و شبکه توزیع آب با ۴ ریسک در رنج ۳۹۲-۳۳۶ بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد کل تأسیسات آبی هشتگرد تحت تاثیر تهدیدات بالقوه بحرانی شناسایی شده، آسیب‌پذیرند و نیازمند اصلاحات، کنترل و نظارت جدی و آموزش و مهارت افزایی به روز و مکرر کارکنان هستند. انجام اصلاحات به خصوص برای تهدیدات در سطح بحرانی، به ترتیب اولویت برای مخازن آب و شبکه توزیع، ایستگاه پمپاژ و سپس چاه‌های آب، می‌تواند نقش موثری در کاهش پتانسیل خطر و اثرات مخرب تهدیدات در بحران داشته باشد و لازم است مورد توجه جدی مسئولین صنعت آب قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: حالات بالقوه خطر و تحلیل اثرات، ارزیابی ریسک، عدد اولویت ریسک، تأسیسات آب شرب، آب چاه.

*نویسنده مسئول: **قادر غنی زاده**. پست الکترونیک: Qanizadeh@yahoo.com
آدرس: گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، تهران، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]
[DOI: 10.30491/3.4.218]

مقدمه

تقویت امنیت تأسیسات شهری به خصوص تأسیسات آبی در بهبود عرضه خدمات و کاهش آسیب پذیری در زمان بحران، نقش اساسی دارد. سیستم آبرسانی شهرها از جمله سرمایه‌های اصلی و مراکز و تأسیسات حیاتی شهرها هستند که در مقابل حملات نظامی و تروریستی بسیار آسیب پذیرند. آب همیشه در معرض عملیات خرابکاری عمدی ناشی از جنگ و تروریسم بوده و آسیب‌پذیر است (۱،۲). همواره یکی از وظایف اصلی مسئولین صنعت آب، تامین آب کافی و با کیفیت استاندارد و سالم برای مصرف‌کننده است (۲). یکی از اقداماتی که می‌تواند کمک بزرگی به صنعت آب کشور باشد انجام تحقیقات مورد نیاز این صنعت است. از جمله تحقیقات بسیار مهم و اساسی که توجه به آن در قوانین بالادستی هم پیش‌بینی شده است، بررسی و ارزیابی جنبه‌های امنیتی و ارزیابی ریسک و شناسایی خطرات و تهدیدات بالقوه و نقاط آسیب‌پذیر تأسیسات آبی است تا با اصلاحات لازم منجر به ارتقاء پایداری سیستم در برابر تهدیدات و مشکلات و بحران‌های احتمالی گردد (۳). بی‌توجهی به آن‌ها می‌تواند سبب قطع خدمات آبرسانی ضروری و مورد نیاز مردم و حتی منجر به تشدید اثرات بحران‌های احتمالی شود.

ارزیابی ریسک می‌تواند کمک موثری به کنترل وضع موجود و ارتقاء عملکرد سامانه‌های آبی نماید. برای ارزیابی ریسک باید مواردی از قبیل نوع اشتباهی که ممکن است رخ دهد، میزان احتمال رخداد، پیامدها و شدت اثرات و آسیب پذیری‌های احتمالی و احتمال کشف آن تعیین شود (۴). روش Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) یکی از روش‌های با کاربرد گسترده در ارزیابی ریسک وضعیت ایمنی و بهداشتی و زیست محیطی در صنایع و تأسیسات مختلف زیربنایی است و تا به حال در مطالعات زیادی مرتبط با تأسیسات آب و فاضلاب انجام شده است و هنوز به عنوان یکی از روش‌های مطرح و قابل استناد و پرکاربرد است. برقراری یک ارتباط و تعامل مثبت دو طرفه بین دانشگاه و صنعت آب ضروری است و می‌تواند کمک موثری در راستای اجرای این گونه تحقیقات باشد. تا به حال مطالعات زیادی مرتبط با ارزیابی ریسک تأسیسات آبی در سطح کشور و جهان به روش‌های مختلفی انجام شده است که در ادامه به بعضی موارد اشاره می‌شود.

رادپور و همکاران طی مطالعه ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشتی شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر هشتگرد به ترتیب مواردی مثل اتمسفر سمی و قابل اشتعال، برخورد با تأسیسات زیرزمینی، سقوط به منهول و برخورد با ماشین آلات را دارای بالاترین ریسک معرفی کردند و راهکارهای لازم برای کنترل و کاهش موثر ریسک موارد فوق و کاهش عدد اولویت ریسک، ارائه نمودند (۵). محسن زاده و همکاران طی مطالعه ارزیابی ریسک در واحدهای کلرزنی تصفیه آب و فاضلاب به روش FMEA در ۴ تصفیه خانه آب مشهد خطرات بالقوه تصفیه‌خانه‌های منتخب را لیست کردند. سپس مقادیر شدت، احتمال وقوع و قابلیت شناسایی خطر را از طریق مصاحبه با متخصصان مشخص نمودند. بعد از محاسبه مقادیر عدد اولویت ریسک، اولویت‌بندی خطرات در هر حوزه انجام شد. نتایج نشان دادند به‌صورت کلی خطرات بالقوه با اولویت نخست بیشتر مربوط به سیستم‌های الکتریکی و در بخش حمل و نقل است که راهکار لازم ارائه شد (۶). شکوهیان و همکاران در مطالعه تحلیل خطر واحدهای کلرزنی تصفیه آب به روش‌های FMEA و Fault Tree Analysis (FTA) عوامل موثر بر واحد کلرزنی، انبار سیلندرهای گاز، حمل و نقل سیلندرهای گاز و اتصالات کلرزن‌ها را اولویت‌بندی نموده و در انتهای پژوهش فرآیندهای کنترل و نظارت بر واحدهای کلرزنی تصفیه خانه‌های آب را مدل‌سازی و شبیه‌سازی کردند (۷). سوخکیان و معینی در مطالعه ارزیابی و رتبه بندی ریسک‌های پروژه‌های شبکه آب و فاضلاب با استفاده از رویکردی نوین در روش FMEA ریسک‌های مؤثر در پروژه‌های طرح و توسعه شبکه آب و فاضلاب را شناسایی و با کمک تکنیک FMEA اقدام به کمی نمودن و اولویت‌بندی ریسک‌ها نمودند (۸). شیخعلی و همکاران طی مطالعه ارزیابی آسیب‌پذیری تأسیسات آبرسانی شهری به روش تلفیقی گزارش کردند بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، دارایی‌های سد لتیان با قرار گرفتن در رتبه نخست، آسیب پذیرترین نقطه در بین سایر تأسیسات آبرسانی شهر تهران است (۴). نخعی و همکاران طی مطالعه خود نسبت به شناسایی واحدهای آسیب‌پذیر و توصیه به ارائه راهکارهایی که بتوان به کمک آن‌ها میزان آسیب‌پذیری را قبل از وقوع بحران کاهش داد، اقدام کردند (۹). شیخعلی و همکاران طی مطالعه خود، آسیب‌پذیری سدها و تصفیه‌خانه‌ها به خصوص تأسیسات آبرسانی تهران را بر مبنای معیارهای ارزش اقتصادی و عملکردی و منحصربه فرد بودن رتبه‌بندی کردند (۱۰). موسوی و همکاران طی مطالعه خود برای شناسایی تهدیدات از تجارب خبرگان و مطالعه اسناد و سوابق تهدیدات استفاده کردند. آنها گزارش کردند تصفیه خانه‌های آب شهر بندرعباس از نظر ارزیابی ریسک در اولویت دوم قرار دارند (۱۱). Szpak در مطالعه تجزیه و تحلیل و ارزیابی ایمنی مصرف کنندگان آب به روش FMEA اشاره کرد. این روش با شناسایی حوادث و رویدادهای نامطلوب بالقوه، به ارزیابی اثرات و تعیین احتمال کشف و علل حوادث و امکان تشخیص، معرفی نحوه جلوگیری از وقایع ناخواسته، بررسی مجدد و ارزیابی این موارد می‌پردازد (۱۲). Carneiro و همکاران با استفاده از دستورالعملهای برنامه ایمنی آب (Water Safety Plan (WSP)) به شناسایی و ارزیابی خطرات و بهینه سازی تأسیسات آبی EPAL پرداختند. پس از ارزیابی، ۵۹۹ تهدید در حوضه‌های آبریز تا شیر آب جهت مصرف نهایی شناسایی کردند (۱۳).

در خصوص اهمیت و ضرورت اقدامات پیشگیرانه و توجه به وضعیت امنیت و بهداشت آب، به مواردی از حوادث عمدی دهه اخیر اشاره می‌شود. حملات رژیم آل سعود از جمله کشورهای حوزه

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]

خلیج فارس به مخازن و تأسیسات آبی یمن (۱۳۹۶)، بستن منابع آب مصرفی دمشق توسط داعش در سوریه و حملات امریکا به منبع آب عراق (۱۳۶۹)، حملات عراق به تصفیه خانه آب خرمشهر با راکت‌های گاز شیمیایی اعصاب سارین (۱۳۶۵) و پیدا شدن جسد در مخزن آب پونک (۱۳۸۸) قابل ذکر است. استفاده عمدی از آرسنیک، لاشه حیوانات آلوده مرده، باکتری‌های تیفوئید و وبا، سموم شیمیایی و فاضلاب برای آلودگی منابع آب دشمن موارد زیادی در تاریخ ذکر شده است (۱،۲). پس آلوده‌سازی منابع آب در سطوح بین‌المللی یک مسئله جدیدی نیست.

بر اساس طرح ایمنی آب سازمان جهانی بهداشت لازم است مطالعات ارزیابی ریسک و تهدیدات متصور بر تأسیسات آبی شهرها هر دو الی ۵ سال یک بار و یا متناسب با شرایط بحرانی پیش آمده و بر اساس نیاز و تغییرات معنی‌دار ایجاد شده در تأسیسات آبی شهرها از قبیل بروز یک حادثه، تغییر کارکنان، تغییر سازماندهی، بروز شرایط بحرانی، مشکلات و خطاها و اتفاقاتی که نزدیک تأسیسات آبی بروز می‌نماید، انجام شوند (۱۴).

با توجه به این که تا به حال مطالعه مشابهی در این شهر انجام نشده است مطالعه حاضر با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک در تأسیسات آب شرب شهر هشتگرد به روش FMEA انجام شد.

روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی است که در سال ۱۳۹۹ در کل تأسیسات آبی فعال شهر هشتگرد شامل ۶ چاه آب، ۱ ایستگاه پمپاژ و ۲ مخزن و شبکه توزیع تحت پوشش انجام شد. این شهر دارای جمعیت ۵۵۶۴۰ نفر بوده و در غرب استان تهران و استان البرز در دامنه جنوبی کوه‌های البرز و حاشیه شمال کویر مرکزی ایران واقع شده و از لحاظ آب و هوایی، بین اقلیم کوهستانی و نیمه خشک و خشک است. در ارتفاع ۱۳۱۰ تا ۱۶۱۰ متر از سطح دریا و بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۵ دقیقه و عرض‌های ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه قرار دارد.

ابتدا مجوزهای لازم جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از وضعیت امنیت و تهدیدات احتمالی موجود تأسیسات آب شرب این شهر، از اداره آبفای استان البرز اخذ شد. در ادامه تهدیدات احتمالی بر اساس تهدیداتی که بیشتر متصور و مورد تاکید بودند و با استفاده از نتایج سایر مطالعات لیست شدند (۱۶،۱۵). سپس شناسایی و تعیین انواع خطرات و تهدیدات بالقوه تأسیسات آبی شهر هشتگرد در سه بخش کمیت آب، کیفیت آب و بهره برداری و نگهداری، از طریق بررسی مستندات لازم، بازدیدهای میدانی و مشاهده (بازدید از نزدیک به همراه مسئولین آبفای شهر هشتگرد و تکمیل لیست تهدیدات موجود و تهیه تصویر در موارد لازم)، مصاحبه و نظرخواهی از متخصصان آبفای استان و شهر هشتگرد (تمام کارشناسان و مسئولین صنعت آب استان و شهر هشتگرد مطلع از وضعیت تأسیسات آبی در این مطالعه همکاری داشتند) انجام شد. در ادامه به کمک تکنیک FMEA ارزیابی ریسک و اولویت بندی تهدیدات انجام گرفت (۱۱).

ابتدا احتمال وقوع با اختصاص نمره ۱ (پایین‌ترین احتمال خطر) الی ۱۰ (بالاترین احتمال خطر) به ترتیب بر اساس نظرات افراد خبره تعیین شد. شدت پیامد بر نیروی انسانی و تجهیزات با اختصاص نمره بین ۱ (بدون اثر) تا ۱۰ (خطر مرگ و تخریب) تعیین شد. احتمال کشف خطر نوعی ارزیابی از میزان توانایی در شناسایی یک علت یا مکانیزم وقوع خطر است. به عبارت دیگر احتمال کشف خطر قبل از رخداد است. رتبه بندی احتمال کشف خطر با نمره ۱ (حتما قابل کشف است) الی ۱۰ (قابل کشف نیست) تعیین شد. در ادامه مقادیر عدد اولویت ریسک (Risk Priority Number (RPN)) و سطح ریسک هر خطر محاسبه و بر اساس آن ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات به شرح ذیل انجام و اقدامات مدیریتی لازم بر اساس اولویت و سطح بحرانی تعیین شد.

تعیین سطح ریسک و محاسبه RPN

RPN عددی بین ۱ و ۱۰۰۰ و حاصلضرب سه عدد رخداد (O)، وخامت (S)، و احتمال کشف (D) که بصورت زیر محاسبه شد:

عدد اولویت ریسک = احتمال وقوع خطر * شدت (تأثیر) * احتمال کشف

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

$$RPN = S \cdot O \cdot D$$

برای تعیین ریسک‌های نیازمند اقدامات اصلاحی از عدد ریسک معیار استفاده شد. ریسک معیار، شاخصی برای جداسازی میزان ریسک قابل قبول و غیرقابل قبول می‌باشد. هر ریسکی که عدد RPN آن بالاتر از ریسک معیار بود غیرقابل قبول و اگر پایین‌تر از ریسک معیار بود قابل قبول معرفی شد.

برای تعیین میزان ریسک معیار برای هر جزء بر اساس عدد RPN و سطح بحران آن جزء، نمودار نقطه‌ای ترسیم شد. با توجه به نمودار اولین نقطه‌ای که در سطح بحران ۳ قرار گرفت به عنوان ریسک معیار در نظر گرفته شد.

سطوح بحرانی و تصمیمات مدیریتی لازم عبارتند از:

سطح ۱: سطح عادی که در آن عدد هر سه فاکتور RPN، دارای عددی کمتر از ۶ می‌باشند، یعنی نیاز به اقدامات پیشگیرانه احساس نمی‌شود.

سطح ۲: سطح نیمه بحرانی که در آن حداکثر عدد یک فاکتور از سه فاکتور RPN، دارای مقادیری بالاتر از ۶ است ولی عدد RPN پایین است. در این‌صورت اقدامات پیشگیرانه ضروری است.

سطح ۳: سطح بحرانی که در آن حداقل عدد دو فاکتور از سه فاکتور RPN، دارای مقادیر بالاتر از ۶ باشند و عدد RPN نیز بالا است. مسلم است که این سطح نیاز به اقدامات پیشگیرانه فوری دارد.

پس از مشخص شدن سطح ریسک با کمک روش FMEA در هر یک از اجزای شبکه (۸)، بر اساس ریسک‌ها و نقاط ضعف

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]

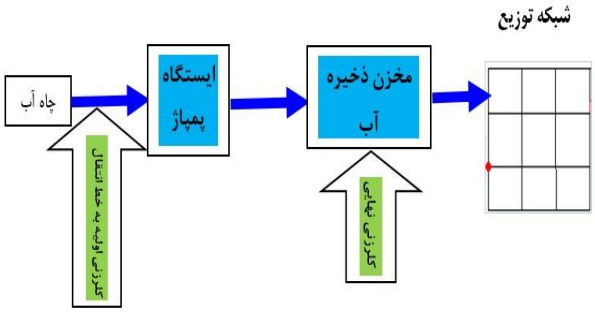
هر یک از بخش‌ها، پیشنهادات لازم جهت کنترل، اصلاح یا کاهش و تقلیل احتمال مخاطرات و تهدیدات ارائه شد.

ملاحظات اخلاقی: این مقاله منتج از طرح تحقیقاتی دارای کد اخلاق (IR.BMSU.REC.1399.470) از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) است. پیش از اجرای پژوهش، ابتدا مجوزهای لازم جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از وضعیت تهدیدات امنیتی تأسیسات آب شرب این شهر از اداره آبفای استان البرز و شهر هشتگرد اخذ و هماهنگی‌های لازم انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: به منظور واردکردن داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن، از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و به کمک روش‌های آمار توصیفی پردازش اطلاعات انجام و نتایج بر اساس درصد فراوانی و میانگین امتیازات کسب شده و خطرات بالقوه مرتبط با کمیت و کیفیت آب و نگهداری و بهره‌برداری تأسیسات آبی گزارش شد و در بخش ارزیابی خطر نیز به کمک تکنیک FMEA طبق شرح فوق تهدیدات در سطوح بحرانی، نیمه بحرانی و غیربحرانی تعیین و اقدامات اصلاحی لازم معرفی شد.

نتایج

در شهر هشتگرد ۶ چاه عمیق تا نیمه‌عمیق به عنوان منبع تامین آب شرب با فلودیاگرام زیر مورد مطالعه قرار گرفت (شکل-۱).



شکل-۱. فلودیاگرام تأسیسات آبی شهر هشتگرد

مخاطرات شناسایی شده عبارتند از:

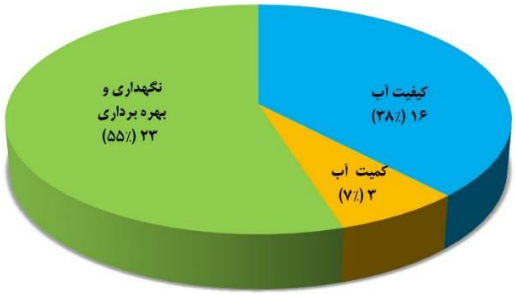
مخاطرات مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری

ضعف حفاظت فیزیکی تمام اجزای سیستم از منبع تا مصرف، انتخاب محل استقرار نامناسب بعضی تأسیسات، عدم رعایت بهداشت محیط محل، ضعف کنترل عملکرد سامانه‌های ایمنی موجود، عدم دسترسی به سوابق حوادث، قرارگیری چاه‌های آب در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای پر رفت وآمد و عدم رعایت حریم تأسیسات آبی نسبت به اماکن و دسترسی‌های اطراف، ضعف رعایت استانداردها در محل استقرار شیرهای آتش نشانی و کیفیت و شرایط خاک منطقه قابل ذکر است.

مخاطرات مرتبط با کمیت و کیفیت آب

تهدیدات احتمالی شامل تزریق مستقیم آب چاه به شبکه، فعالیت‌های مرتبط با جنگل‌داری، کشاورزی، دامپروری، دامداری، صنعتی، معدن کاوی شهری و منابع نقطه‌ای آلودگی، عدم بهسازی و آب بندی نامناسب چاه‌های آب، خوردگی و یا کامل نبودن جدار و ضعف بهسازی دهانه چاه، تخلیه پساب تصفیه‌خانه فاضلاب به چاه جاذب برای تغذیه مصنوعی آبخوان، محتمل بودن آلوده‌سازی عمدی آب توسط عوامل خرابکار در شبکه و مخازن ذخیره، برنامه-ها و تناوب شستشوی مخازن آب، بررسی فواصل منابع آلودگی با مکان‌های مورد نظر، عمر شبکه و مخازن و تأسیسات موجود، مشکلات مرتبط با سامانه گندزدایی و ذخیره‌سازی آب، شناسایی منابع آلودگی احتمالی در محل و عدم تامین آب کافی در شبکه به خصوص در فصول گرم سال بودند.

در این مطالعه جمعاً ۴۲ خطر و تهدید بالقوه احتمالی در چاه‌ها، مخازن و شبکه توزیع و ایستگاه پمپاژ شناسایی شد (نمودار-۱). نمودار-۱ فراوانی و درصد خطرات بالقوه مرتبط با کمیت آب، کیفیت آب و بهره‌برداری و نگهداری تأسیسات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین خطرات مربوط به نگهداری و بهره‌برداری با ۵۵ درصد است.



نمودار-۱. فراوانی و درصد خطرات بالقوه مرتبط با کمیت و کیفیت آب و نگهداری و بهره‌برداری تأسیسات آبی

خطرات بالقوه مرتبط با چاه‌های مورد مطالعه ۱۵ مورد با دامنه میانگین امتیازات ۱ تا ۷ شناسایی و RPN و سطح بحرانی هر خطر محاسبه و تعیین شد (جدول-۱). طبق نمودار-۲ RPN ریسک معیار برای انواع خطرات چاه‌های آب ۱۹۲ است.

خطرات بالقوه مرتبط با مخازن آب و شبکه توزیع ۱۴ مورد با دامنه میانگین امتیازات ۱ تا ۸ شناسایی و RPN و سطح بحرانی هر خطر محاسبه و تعیین شد (جدول-۲). طبق نمودار-۳ RPN ریسک معیار برای انواع تهدیدات موثر بر مخازن و شبکه توزیع آب ۲۸۰ است.

خطرات بالقوه مرتبط با تأسیسات ایستگاه پمپاژ ۱۳ مورد با دامنه میانگین امتیازات ۱ تا ۸ شناسایی و RPN و سطح بحرانی هر خطر محاسبه و تعیین شد (جدول-۳). طبق نمودار-۴ RPN ریسک معیار برای انواع تهدیدات موثر بر ایستگاه پمپاژ ۳۳۶ است.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]
[DOI: 10.30491/3.4.218]

جدول-۱. RPN خطرات بالقوه چاه‌های آب مورد مطالعه

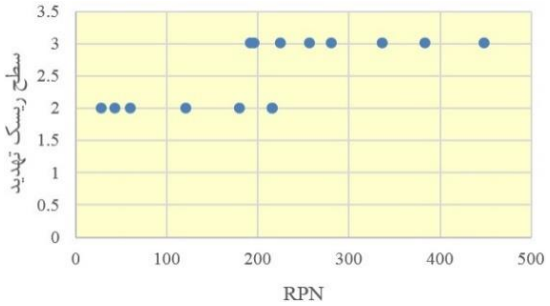
مخاطرات تهدیدکننده چاه‌ها	احتمال وقوع (O)	شدت اثر (S)	قابلیت کشف (D)	RPN	سطح ریسک
قرارگیری چاه‌ها در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای شلوغ	۷	۸	۸	۴۴۸	بحرانی
شرایط خاک منطقه	۶	۸	۸	۳۸۴	بحرانی
فعالیت‌های شهری، منابع نقطه‌ای آلودگی مانند پساب‌های فاضلاب خانگی، خروجی سپتیک تانک‌ها	۷	۶	۸	۳۳۶	بحرانی
آبخوان آلوده و افزایش میزان سختی و کل جامدات محلول ناشی از تخلیه پساب تصفیه خانه فاضلاب به چاه برای تغذیه مصنوعی آبخوان (نوسانات سطح تراز آب چاه)	۵	۷	۸	۲۸۰	بحرانی
آلوده سازی عمدی آب طی عملیات خرابکارانه	۴	۸	۸	۲۵۶	بحرانی
آبخوان آلوده و ورود مواد معدنی سمی به درون آب ناشی از تخلیه پساب تصفیه خانه فاضلاب به چاه برای تغذیه مصنوعی آبخوان	۴	۷	۸	۲۲۴	بحرانی
عدم بهسازی و آب بندی نامناسب چاه‌ها، خوردگی و یا کامل نبودن جداره چاه	۶	۶	۶	۲۱۶	نیمه‌بحرانی
عدم حفاظت سر چاهی مناسب	۶	۶	۶	۲۱۶	نیمه‌بحرانی
حفاظت پیرامونی و فیزیکی ناکافی	۴	۷	۷	۱۹۶	بحرانی
حملات فیزیکی	۳	۸	۸	۱۹۲	بحرانی
عدم رعایت حریم و تجاوز از حریم چاه	۶	۶	۵	۱۸۰	نیمه‌بحرانی
فعالیت‌های جنگلداری و کشاورزی	۳	۵	۸	۱۲۰	نیمه‌بحرانی
تزریق مستقیم آب چاه به شبکه	۲	۵	۶	۶۰	نیمه‌بحرانی
فعالیت‌های دامپروری و دامداری	۱	۶	۷	۴۲	نیمه‌بحرانی
فعالیت‌های صنعتی و معدن کاوی	۱	۴	۷	۲۸	نیمه‌بحرانی

جدول-۲. RPN تهدیدات بالقوه مؤثر بر مخازن و شبکه توزیع آب

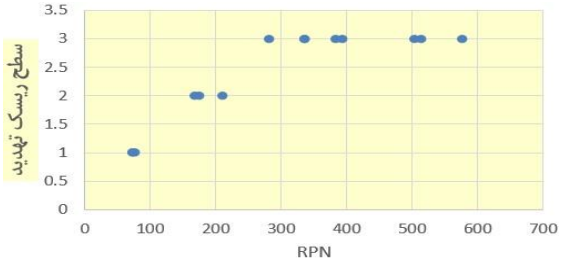
مخاطرات تهدیدکننده مخازن و شبکه توزیع آب	احتمال وقوع (O)	شدت اثر (S)	قابلیت کشف (D)	RPN	سطح ریسک
حملات فیزیکی(سرقت)	۸	۸	۹	۵۷۶	بحرانی
فرسایش و خوردگی تأسیسات زیربنایی و فرسودگی اتصالات و خطوط لوله‌ها	۸	۸	۸	۵۱۲	بحرانی
قرارگیری مخازن و تأسیسات کلرزنی در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای پر رفت‌وآمد	۹	۷	۸	۵۰۴	بحرانی
نوسانات فشار و تغییر در جریان	۷	۸	۷	۳۹۲	بحرانی
بالا بودن عمر شبکه توزیع	۸	۸	۶	۳۸۴	بحرانی
انشعابات غیر قانونی و غیر مجاز	۷	۶	۸	۳۳۶	بحرانی
حفاظت پیرامونی و فیزیکی ناکافی	۷	۶	۸	۳۳۶	بحرانی
آلوده سازی عمدی آب طی عملیات خرابکارانه	۵	۷	۸	۲۸۰	بحرانی
فاصله بسیار نزدیک لوله‌های آب با شبکه‌ها و چاه‌های فاضلاب	۶	۵	۷	۲۱۰	نیمه بحرانی
نقص و نبود تجهیزات هشداردهنده و پایش در هنگام بروز مشکلات و حوادث	۷	۵	۵	۱۷۵	نیمه بحرانی
شستشوی دیربه‌دیر مخازن	۴	۶	۷	۱۶۸	نیمه بحرانی
انبار نمودن نامناسب مواد شیمیایی	۵	۳	۵	۷۵	غیر بحرانی
مخازن حفاظت نشده و روباز و دارای نشتی	۳	۵	۵	۷۵	غیر بحرانی
عملکرد ضعیف و نقص در سیستم گندزدایی و گندزدایی ناکافی	۳	۶	۴	۷۲	غیر بحرانی

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

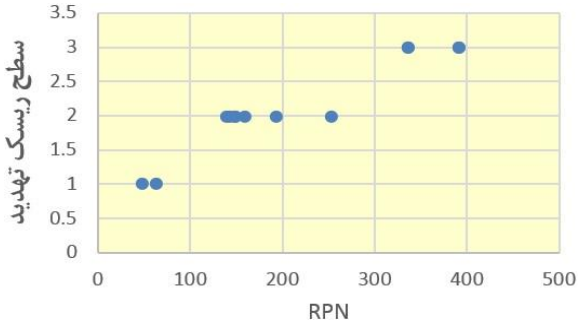
[DOI: 10.30491/3.4.218]



نمودار-۲. میزان ریسک معیار تهدیدات احتمالی مؤثر بر چاه‌های آب مورد مطالعه بر اساس RPN در روش FMEA



نمودار-۳. معیار ریسک تهدیدات احتمالی مؤثر بر مخازن و شبکه توزیع آب بر اساس RPN در روش FMEA



نمودار-۴. میزان معیار ریسک تهدیدات احتمالی مؤثر بر ایستگاه پمپاژ بر اساس RPN در روش FMEA

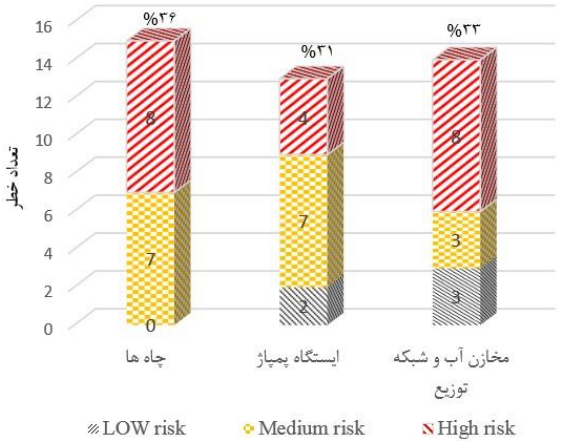
جدول-۳. RPN تهدیدات بالقوه مؤثر بر ایستگاه پمپاژ

مخاطرات تهدیدکننده ایستگاه پمپاژ	احتمال وقوع (O)	شدت اثر (S)	قابلیت کشف (D)	RPN	سطح ریسک
بالا بودن عمر ایستگاه پمپاژ و شبکه انتقال	۸	۷	۷	۳۹۲	بحرانی
قرارگیری تأسیسات کلرزنی در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای پر رفت وآمد	۷	۷	۸	۳۹۲	بحرانی
نوسانات فشار و جریان آب	۸	۶	۷	۳۳۶	بحرانی
فرسایش و خوردگی تأسیسات زیربنایی و فرسودگی اتصالات و خطوط لوله‌ها	۸	۷	۶	۳۳۶	بحرانی
فاصله کم لوله‌های آب با شبکه‌ها و چاه‌های فاضلاب	۷	۶	۶	۲۵۲	نیمه بحرانی
آلوده‌سازی عمدی آب طی عملیات خرابکارانه	۶	۸	۴	۱۹۲	نیمه بحرانی
حفاظت پیرامونی و فیزیکی ناکافی	۸	۵	۴	۱۶۰	نیمه بحرانی
نقص و نبود تجهیزات هشداردهنده و پایش در هنگام بروز مشکلات و حوادث	۵	۵	۶	۱۵۰	نیمه بحرانی
نبود برق اضطراری	۵	۵	۶	۱۵۰	نیمه بحرانی
عملکرد ضعیف و نقص در سیستم گندزدایی و گندزدایی ناکافی	۴	۶	۶	۱۴۴	نیمه بحرانی
حملات فیزیکی (سرقت)	۷	۴	۵	۱۴۰	نیمه بحرانی
انبار نمودن نامناسب مواد شیمیایی	۴	۴	۴	۶۴	غیر بحرانی
تأسیسات حفاظت نشده و روباز و دارای نشتی	۴	۳	۴	۴۸	غیر بحرانی

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]

فراوانی، درصد و سطح خطرات بالقوه تأسیسات آبی با توجه به RPN آنها در سه سطح بحرانی، متوسط و غیر بحرانی طبقه بندی شد (نمودار-۵).



نمودار-۵. فراوانی، درصد و سطح خطرات بالقوه تأسیسات آبی

بحث

امروزه مطالعات مرتبط با شناسایی ریسک‌های بالقوه تأسیسات آبی و اولویت بندی آنها جهت اقدامات پیشگیرانه ضروری است. در همین رابطه مطالعه حاضر در اولویت قرار گرفت تا ضمن شناخت تهدیدات بالقوه موجود در تأسیسات آبی شهر هشتگرد، بتوان راهکارها و اقدامات پیشگیرانه لازم را برای کنترل و ممانعت از وقوع آنها ارائه نمود. نتایج این مطالعه نشان داد در کل تأسیسات مورد مطالعه ۴۲ خطر بالقوه و ۲۰ ریسک در سطح بحرانی وجود دارد و لازم است اقدامات اصلاحی پیشنهادی برای کاهش اثر و یا حذف آنها انجام شود.

در بین۴۲ تهدید شناسایی شده ۱۵ تهدید متوجه چاه‌های آب بود که ۸ تهدید در سطح بحرانی و مرتبط با کیفیت و بهره برداری چاه‌ها بودند و به ترتیب شامل ۱- قرارگیری چاه‌ها در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای شلوغ ۲- شرایط و کیفیت خاک منطقه ۳- فعالیت‌های شهری و دفع نقطه‌ای آلودگی ۴- آلودگی آبخوان با افزایش میزان سختی و کل جامدات محلول ۵- احتمال الودگی عمدی آب توسط عوامل خرابکار ۶- آلودگی آبخوان با ورود آلاینده‌ها به درون آب ۷- ضعف حفاظت فیزیکی ۸- احتمال حملات فیزیکی و سرقت، می‌باشند.

برای رفع اشکال و کنترل تهدید اول و دوم با توجه به انتخاب نامناسب محل حفاری چاه کار زیادی نمی‌توان انجام داد. در این خصوص تشدید اقدامات مراقبتی و حفاظت فیزیکی و تقویت سازه‌ها ضروری است. ضمناً لازم است با مطالعه دقیق از احداث تأسیسات حیاتی در مناطقی که خاک از استحکام لازم برخوردار نیست ممانعت شود و در صورت اجبار به استفاده از زمین‌های با خاک نامناسب، نسبت به تقویت و افزایش استحکام سازه‌های مربوطه، اقدام شود. معصوم بیگی و همکاران در مطالعه وضعیت پدافند غیرعامل تأسیسات آبی شهرهای طالقان و هشتگرد گزارش کردند وضعیت متوسط حیطه مکان‌یابی، نشان‌دهنده عدم توجه کافی به این امر در هنگام جانمایی چاه‌ها بوده است (۱۸،۱۷).

جهت کنترل و رفع تهدیدات سوم و چهارم و ششم انجام اقدامات ذیل ضروری است. بر اساس قوانین زیست محیطی مربوط به کنترل دفع آلاینده‌ها به محیط زیست و استانداردهای دفع پساب، با استفاده از بازدیدهای میدانی کافی، نظارت و کنترل و در موارد لازم اعمال قانون شود. سخت‌گیری و نظارت بیشتری بر منابع نقطه‌ای دفع آلودگی اعمال و مانع از دفع چنین آلاینده‌هایی در حوزه آبریز چاه‌ها شوند. رعایت حداقل فاصله به شعاع ۵۰ متر منابع دفع آلودگی از چاه‌ها با توجه به سطح تراز آب‌های زیرزمینی ضروری است. تغییرات کیفیت آب چاه ها ناشی از برداشت بی‌رویه و افت سطح تراز آب به‌خصوص در فصول گرم سال هم باید مورد توجه قرار گیرد. پیش‌بینی منابع جایگزین مناسب انجام شود. در صورت افزایش بیش از حد استاندارد کل جامدات محلول باید بهره‌برداری از چاه متوقف و از منابع جایگزین استفاده شود. هر گونه تغذیه آب‌های زیرزمینی با استفاده از پساب‌ها باید با اعمال کنترل‌های بهداشتی لازم بر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب چاه‌های منطقه اطراف، بخصوص چاه‌های پایین دست باشد. از بهترین و ضروری‌ترین اقدامات لازم برای کنترل تهدیدات بحرانی فوق، افزایش بازدیدهای مرتب میدانی و نظارت کارشناسان و خبرگان صنعت آب بر عملکرد بخش‌های خصوصی و دولتی و صنایع موجود در منطقه برای پیشگیری از دفع غیرقانونی آلاینده‌هایی مثل فاضلاب و زباله به محیط زیست و پیگیری‌های لازم است. Nijhawan و همکاران هم به منابع آلودگی نقطه‌ای و تهدید آلودگی آب از این طریق و ضرورت پایش مداوم کیفیت آب منابعی که از این طریق در معرض تهدید هستند، تاکید کردند (۱۹).

کنترل تهدید پنجم، هفتم و هشتم نیازمند ایجاد حفاظت فیزیکی چندلایه کافی در عمق به صورت آشکار و پنهان در اطراف چاه‌ها و ایستگاه پمپاژ با بهره گیری از تجهیزات مناسب و نگهبانان آموزش دیده است. برای مقایسه می‌توان این طرح حفاظتی را با یک پیاز مقایسه کرد که باید قبل از رسیدن به مرکز آن لایه‌لایه از روی آن کنده شود (۱). معصوم بیگی و همکاران در مطالعه وضعیت پدافند غیرعامل تأسیسات آبی شهر طالقان تاکید کردند نظارت بیشتر بر وضع موجود و اجرای دوره‌های آموزش تخصصی علمی و عملی و انگیزشی به خصوص با رویکرد پیاده‌سازی اصول پدافند غیرعامل ضروری است (۱۸).

در تأسیسات مخازن و شبکه توزیع آب با توجه به تجمع تجهیزات اسقاطی در محوطه، بیشتر تهدیدات در زمان‌های بحرانی و از طریق اختلال در امدادرسانی محتمل است. پوسیدگی و فرسودگی و در پی آن نشت و ترکیدگی لوله‌ها با توجه به عمر بالای شبکه توزیع در سطح شهر، از زمینه‌های بروز تهدیدات است. در بین تهدیدات شناسایی شده در مخازن و شبکه توزیع آب، ۸

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]
[DOI: 10.30491/3.4.218]

مورد تهدیدات زیر مرتبط با کمیت و کیفیت آب و بهره برداری در سطح بحرانی بودند که شامل ۱- احتمال حملات فیزیکی و سرقت ۲- فرسایش و خوردگی و فرسودگی اتصالات و خطوط لوله‌ها ۳- قرارگیری مخازن و تأسیسات کلرزنی در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای پر رفت‌وآمد ۴- نوسانات فشار و تغییر میزان جریان ۵- بالا بودن عمر شبکه توزیع ۶- انشعابات غیرقانونی و غیرمجاز ۷- ضعف حفاظت فیزیکی ۸- احتمال آلوده سازی عمدی آب توسط عوامل خرابکار می باشند.

جهت رفع اشکال وکنترل تهدید اول، سوم، هفتم و هشتم در این خصوص تشدید اقدامات مراقبتی و حفاظت فیزیکی و تقویت سازه‌ها ضروری است. کنترل تهدید سوم و هشتم نیازمند ایجاد حفاظت فیزیکی چند لایه در عمق اطراف تأسیسات مخازن است. حفاظت فیزیکی پروژه‌های مهم به‌ویژه تصفیه‌خانه‌ها و مخازن آب از مرحله احداث کارگاه تا پایان عملیات اجرائی و تحویل و همچنین در طول بهره‌برداری ضروری است. مخازن آب از حملات فیزیکی آسیب‌پذیر هستند و با یک انفجار کوچک ممکن است غیرفعال شوند و تخریب آنها معمولاً طی یک عملیات تروریستی دور از انتظار نیست. وضع تأسیسات آبی در سطح ایران نیازمند تقویت و اصلاح مهندسی مجدد است تا پتانسیل لازم برای مقابله با عملیات خرابکاری تامین شود.

در تهدید دوم و پنجم با توجه به عمر بالای این مجموعه نیازمند نوسازی و کنترل کیفیت اتصالات و جایگزینی در موارد لازم است. میرمحمدصادقی و نبویان‌پور گزارش کردند شکست لوله‌های فرسوده با عمر بالا، ترکیدگی، فشار زیاد در شبکه و نشت در شبکه آبرسانی می‌تواند خسارات زیادی به صنعت آب یک شهر وارد و منجر به اتلاف و کمبود آب شود (۲۰) که نتایجی مشابه تحقیق حاضر است.

جهت کنترل و رفع تهدید چهارم شناسایی و علت‌یابی نقاطی که دچار افت فشار می‌شوند و سپس اقدامات لازم برای رفع مشکل از قبیل ایجاد ایستگاه پمپاژ در منطقه در صورت لزوم توصیه می‌شود. گل‌خانی و همکاران هم در مطالعه خود گزارش کردند فشار زیاد آب در شبکه آبرسانی یکی از تهدیدات بالقوه و عوامل شکست لوله‌های آب است. این مطالعه نشان می‌دهد علاوه بر افت فشار، گاهی فشار بالا در شبکه آبرسانی می‌تواند به یک تهدید تبدیل شود (۲۱).

جهت کنترل و رفع تهدید ششم تامین نیاز مردم به روش قانونی و اطلاع‌رسانی در خصوص عواقب استفاده از انشعابات غیرقانونی و غیرمجاز و افزایش کنترل‌ها و نظارت در کاهش و حذف این مزاحمت‌ها موثر است. ضمناً انجام اصلاحات فوق تا حد زیادی بر کنترل تهدیدات در سطح نیمه بحرانی هم موثر است.

ایستگاه پمپاژ باید از ضریب امنیتی بالا و مطمئنی برخودار باشد. گرچه نسبت به حملات فیزیکی آسیب‌پذیری کمی دارد، ولی غالباً بدلیل در دسترس بودن نسبت به آلودگی‌های عمدی و یا سهوی آسیب‌پذیرند. حفاظت کافی تمام قسمت‌های تأسیسات آبی به‌نحوی‌که یک تروریست به آن دسترسی نداشته باشد نیازمند توجه خاص و کنترل‌های ویژه است (۱). با محاسبه RPN و تعیین تهدیدات ایستگاه پمپاژ، ۴ مورد تهدیدات زیر مرتبط با کمیت و کیفیت آب و بهره برداری به ترتیب در سطح بحرانی قرار گرفتند که شامل بالا بودن عمر شبکه انتقال، قرارگیری تأسیسات کلرزنی در کنار بزرگراه‌ها، جاده‌ها، اجتماعات و مسیرهای پر رفت‌وآمد، نوسانات فشار و تغییر میزان جریان، فرسایش و خوردگی تأسیسات زیربنایی و فرسودگی اتصالات و خطوط لوله می‌باشد که باید اقدامات اصلاحی از جمله تامین برق اضطراری مورد توجه قرار گیرد. امیدوار و همکاران هم طی مطالعه ارزیابی تاثیر زلزله بر تصفیه خانه یک تهران تاکید کردند در صورت انتقال ثقلی آب به مخازن ذخیره و یا تامین برق اضطراری، می‌تواند در صورت بروز مشکل قطع برق در ایستگاه‌های پمپاژ، مشکلات و تهدیدات کمتری متوجه سیستم شود (۲۲).

جهت کنترل تهدید اول و چهارم با توجه به عمر بالای این مجموعه نوسازی و کنترل کیفیت اتصالات ضروری است. Carneiro و همکاران هم در پژوهش خود بر ضرورت بازسازی زیرساخت ایستگاه پمپاژ مورد مطالعه خود به عنوان یک راهکار کنترل تهدید تاکید کردند (۱۳).

در تهدید دوم کار زیادی نمی‌توان انجام داد لذا توصیه می‌گردد که در بحث مکان‌یابی برای احداث تأسیسات جدید به این موضوعات توجه بیشتری شود و با مطالعه دقیق از احداث تأسیسات حیاتی در مناطق شلوغ ممانعت شود و در صورت اجبار به استفاده، تشدید اقدامات مراقبتی و ارتقاء وضعیت حفاظت فیزیکی و تقویت سازه‌ها ضروری است.

برای کنترل و رفع تهدیدات دوم افزایش بازدیدهای مرتب میدانی توسط کارشناسان و متخصصین بصورت دوره‌ایی و با تکمیل بازبینه‌های تخصصی به خصوص مرتبط با پدافند غیرعامل، بر امنیت فیزیکی تأسیسات موجود نظارت شده و پیگیری‌های لازم انجام شود (۱۵). برای کنترل و رفع تهدیدات سوم شناسایی و علت‌یابی نقاطی که دچار افت فشار می‌شوند و سپس اقدامات لازم برای رفع مشکل در ایستگاه پمپاژ و یا ایجاد ایستگاه پمپاژ جدید در منطقه در صورت لزوم و با اصلاحات کارشناسی توصیه می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد (نمودار-۵) در بین کل خطرات بالقوه شناسایی شده به ترتیب ۱۰ و ۳۳ و ۵۷ درصد مرتبط با کمیت، کیفیت آب و بهره برداری و نگهداری است و ۲۰ (۴۷/۶) و ۱۷ (۴۰/۵) و ۵ (۱۱/۹ درصد) مورد ریسک‌ها به ترتیب در سطح بحرانی، متوسط و غیربحرانی هستند. بیشترین خطرات احتمالی متعلق به چاه‌های آب با ۳۵/۷۲ درصد، مخازن آب و شبکه توزیع با ۳۳/۳۳ درصد و ایستگاه پمپاژ با ۳۰/۹۵ درصد است. در صورت تحقق هر کدام از تهدیدات مذکور می‌تواند خسارات زیادی به جای بگذارد و سلامت مردم را تحت تاثیر قرار دهد لذا انجام اصلاحات

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]

توصیه شده ضروری است. مشکلات هماهنگی جهت ورود به تأسیسات آبی از محدودیت‌های این پژوهش بود.

Szpak طی مطالعه خود گزارش کرد در صورت بروز حوادث نامطلوب با انجام پیش‌بینی‌های انجام شده در تأسیسات مورد مطالعه، سلامت و ایمنی مصرف کنندگان آب در حد مطلوبی حفظ خواهد شد و آثار ریسک‌های احتمالی به حداقل کاهش می‌یابد (۱۲). لذا کنترل و کاهش آثار حوادث و تهدیدات احتمالی مستلزم اقدامات اصلاحی بلافاصله بعد از شناسایی به موقع آن خطرات است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در همه تأسیسات آبی شهر هشتگرد شامل چاه‌ها، مخازن و ایستگاه پمپاژ ۲۰ خطر در سطح بحرانی شناسایی شده وجود دارد. تمام بخش‌های مورد مطالعه در مقابل آن تهدیدات آسیب‌پذیر و نیازمند رسیدگی جدی توسط مسئولین ذیربط هستند. معصوم بیگی و همکاران گزارش کردند تهیه شناسنامه امنیتی با رویکرد پدافند غیرعامل برای هر کدام از تأسیسات آبی می‌تواند کمک موثری به اصلاح وضع موجود نماید (۱۸). نخعی و همکاران هم ریسک سامانه‌های آبرسانی را مطالعه و تهدیدات مربوط به آن را شناسایی و به ارزیابی شدت آسیب پذیری و ریسک آن‌ها پرداختند و در نهایت ایستگاه پمپاژ، تصفیه خانه‌های آب و چاه‌ها را به عنوان واحدهای آسیب‌پذیر و آلودگی احتمالی آب طی عملیات خرابکاری و حملات تروریستی را به عنوان مهمترین تهدید برای سامانه‌های آب معرفی کردند (۹). گل‌خانی و همکاران هم گزارش کردند استفاده از روش‌های جدید در ارزیابی ریسک و تصمیم‌گیری‌ها، می‌تواند نقش موثری در به حداقل رساندن تاثیر سوء قضاوت‌های فردی مدیران داشته باشد (۲۱) و کمک موثری در تصمیم‌گیری صحیح و با کمترین خطا و هزینه معقول نماید.

شناسایی تهدیدات به خصوص تهدیدات در سطح بحرانی در تأسیسات آبی هشتگرد از مزایای این مقاله است که می‌تواند بیان‌کننده ضرورت توجه مسئولین آبفای شهر هشتگرد و استان البرز به اصلاح سریع وضع موجود باشد. همچنین مستند به نتایج این تحقیق و اسناد بالادستی، پیشنهاد می‌شود جهت اصلاح وضع موجود مسئولین صنعت آب کشور در رده راهبردی و عملیاتی، به مطالعه و بررسی دقیق و جامع ریسک‌های بالقوه تأسیسات آب شرب شهرهای دیگر به‌خصوص شهرهای با جمعیت بالا و مراکز استان توجه بیشتری نمایند.

با توجه به این که رعایت بالاترین سطح ایمنی و اقدامات پیشگیرانه در سطح مراکز نظامی و به خصوص نیروی دریایی راهبردی که باید در شرایط خاصی خدمت نمایند مورد انتظار است، توصیه می‌شود استفاده از روش‌های جدید ارزیابی ریسک و دستاوردهای تحقیقاتی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد کل تأسیسات آبی هشتگرد تحت تاثیر تهدیدات بالقوه بحرانی شناسایی شده، آسیب‌پذیرند و نیازمند اصلاحات، کنترل و نظارت جدی و آموزش و مهارت افزایی به روز و مکرر کارکنان هستند. با توجه به این که پیامد مخاطرات از دو جنبه سلامتی و تعداد مردم تحت تاثیر حائز اهمیت است و انجام اصلاحات ارائه شده می‌تواند نقش موثری در کاهش RPN و پتانسیل خطر و کاهش اثرات مخرب تهدیدات داشته و عواقب خطرناک آن را به حداقل برساند، لازم است در اولویت اول رهنمودهای اصلاحی جهت حذف و یا کاهش تهدیدات به خصوص تهدیدات در سطح بحرانی، به ترتیب ابتدا در مخازن آب و شبکه توزیع که به مصرف کنندگان نزدیک‌تر هستند، سپس ایستگاه‌های پمپاژ و چاه‌های آب، مورد توجه جدی مسئولین صنعت آب قرار گیرند. در اولویت دوم اصلاحات لازم جهت رفع تهدیدات دارای سطح نیمه بحرانی انجام شود.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) برای همکاری و تصویب طرح تحقیقاتی با کد ۹۹۰۰۰۵۴۰ و همچنین مسئولان محترم آبفای استان البرز و شهر هشتگرد نهایت تشکر و قدردانی به عمل می آید.

نقش نویسندگان: نویسندگان در ارائه ایده و طرح اولیه، جستجوی منابع و بررسی مقالات، نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Masoumbeigi H, Ramavandi b. Security of water supply facilities from source to consumption. Baqiyatallah University Press, (2014).
2. Masoumbeigi H, Jalili Ghazizadeh R. Passive Defense Engineering in Downstream Hydroelectric Facilities, second International Conference on Dam and Hydroelectric Power Plants. 1999.
3. Code of Crisis Management and Passive Defense of the Ministry of Energy, notified by the Minister of Energy No. 100/11/37825 dated 27/9/2012.
4. Sheykhali M, Asadollahfardi Gh, Emamzadeh S Sh. Evaluation of the vulnerability of water supply facilities with the AHP and RAMCAP combined methods. Amirkabir J Civil Eng. 2020; 52(5): 1-15.
5. Radpour J, Khodabandeh Lou H, Hassanzadeh S. Assessment of safety and health risks of sewage collection network by FMEA method (Case study: Hashtgerd new city). 2nd Iranian Water and Wastewater Science and Engineering Congress, Isfahan 2018.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]
[DOI: 10.30491/3.4.218]

6. Mohsenzade H, Razmara H, Dashti A, Roosta H, Nakhaee Fadafan H, Tavakoli Aminian S. Risk assessment for gas chlorination units of water and wastewater treatment with fmeamethod. Journal of Water and Wastewater Science and Engineering. 2021; 5 (4): 31-40.
7. Shokoohian M, Gheibi M, Shadmehri Tusi A H. Analyzing the risk of chlorination units of water treatment by FMEA and FTA methods, prioritizing effective factors by Shannon and SAW entropy methods and providing a model for safety monitoring and control by PetriNet method. Published in the International Conference of Civil, Architecture and Urban Planning Elites in 2016.
8. Soukhkian MA, Moeini M. Evaluation and ranking of risks of water and sewage network projects using a new approach in the FMEA method. The first national conference on accounting and management. 2013.
9. Nakhaie j, Bitarafan M, Joneidi M, Sattari F. Risk Assessment of Urban Water Supply Systems of the Country against Threats Using RAMCAP. 2017; 28 (4): 10-20.
10. Sheykhali M, Asadollahfardi Gh R, Emamzadeh S Sh. Identification and prioritization of the criteria and indicators of the urban water system by AHP and RAMCAP, Quranic Knowledge Research. 2020; 20(4), 121-133.
11. Mousavi SR, Peyvstehgar Y, Khalilabad H K. Risk assessment of key assets of bandar abbas with passive defense approach. Quarterly of New Attitudes in Human Geography. 2020;12(4):743-762.
12. Szpak D. Method of water consumer's safety analysis and assessment. E3S Web of Conferences 17, 00092 (2017). doi:10.1051/e3sconf/20171700092
13. Carneiro RN, Damiao S, Benoliel MJ. Water safety plans at EPAL's water supply system-tool to prioritize investments and mitigation actions. Water Science and Technology: Water Supply. 2015: 15(5); 1106-1114. doi:10.2166/ws.2015.070
14. WHO. Water Safety Plans Managing drinking-water quality from catchment to consumer. 2005. P 117 and 188.
15. Adibzadeh AH, Tavakoli H, Parj H. Final report of master's thesis. Investigating and evaluating the threats of drinking water and providing a solution to promote the health and safety of drinking water in Semnan city with passive defense approach. Baqiyatallah University of Medical Sciences. 2020.
16. Tabesh M, Roozbehani A, Hadigol F. Risk assessment of water treatment plant using fuzzy tree analysis (Case Study: Jalaliyeh Refinery in Tehran). Water and Wastewater.2018; 29(4):132- 144.
17. Masoumbeigi H, Ghanizadeh Gh, Sadat Rasul S M. Assessment the security status of drinking water facilities of Hashtgerd City with passive defense approach. Journal of Police Medicine. 2021; 10 (3): 167-175.
18. Masoumbeigi H, Ghanizadeh Gh, Sadat Rasul S M. Assessment the security status of drinking water facilities of Taleghan City with passive defense approach. Journal of Military Health Promotion. 2021; 2 (1): 267-276.
19. Nijhawan A, Jain P, Sargaonkar A, Labhasetwar P.K. Implementation of water safety plan for a large-piped water supply system. Environmental monitoring and assessment. 2014; 186(9): 5547-5560. doi:10.1007/s10661-014-3802-x
20. Mirmohammadsadeghi SO, Nabavianpour M. Investigating the Risk of Garmsar Water Distribution Network through Binary and TOPSIS Methods Using GIS. Journal of Water and Sustainable Development. 2019; 6 (1): 15-22.
21. Golkhani F, Ghotbi Ravandi MR, Baesmat S, Abasi Balochkhane F. The Use of Failure Mode Effects Analysis (FMEA) and Analytic Hi-erarchy Process (AHP) Methods to Determine the Most Important Safety Hazards. Health Education and Health Promotion. 2018; 6(1):17-21. doi:10.29252/HEHP.6.1.17
22. Omidvar B, Mahmoodian M, Kakaiee S. Seismic Risk Analysis and Scenario Development of Water Supply Systems, Emergency Management. 2018; 6 (2): 29-44.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2025-07-09]

[DOI: 10.30491/3.4.218]