Original Paper
dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

Journal of Water and Wastewater, Vol. 31, No.7, pp: 120-131

Risk Identification of Critical Urban Wastewater Infrastructure with Passive Defense Approach

M. Mirza Ebrahim Tehrani[1], N. Pishro[2]

1. Assist. Prof., Dept. of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
(Corresponding Author) tehrani.mah@gmail.com
2. Former Gratuated Student of Geotechnics, Scientific Association of Passive Defense of Iran, Tehran, Iran

(Received Apr. 7, 2020 Accepted Sep. 13, 2020)

To cite this article:
Mirza Ebrahim Tehrani, M., Pishro, N. 2021. "Risk identification of critical urban wastewater infrastructure with passive defense approach". Journal of Water and Wastewater, 31(7), 120-131.
Doi: 10.22093/wwj.2020.225964.3007. (In Persian)

Abstract

Sewage collection, transmission and treatment systems are among the basic infrastructures of any city that should be designed to have the least vulnerability during crises caused by intentional or unintentional disruptions. Therefore, observing the principles of passive defense and safety in the sewage sector to protect and reduce vulnerability with the aim of continuing the necessary services, protection of sewage facilities and equipment, meeting the needs of the people, protecting people's lives (preventing the spread of microbial and chemical contamination), continuing to manage, and managing the people (preventing discontent and creating chaos) and, consequently, stabilizing the country's top management are essential and inevitable. Methods: This paper identifies the risks to the critical infrastructure of the municipal sewer system with a passive defense approach as the first step in assessing the sustainability of urban sewer systems and the overlooked points in the design and construction of collection, transmission and transmission network systems and provides wastewater treatment. The present research method is a descriptive survey and is a type of applied research and distinguishes between risk or actual risk (Danger) and threat or potential hazard (Hazard); it also examines the status of asset parameters, threat and vulnerability in design, and has developed urban sewage systems. Results: The results of the research indicate that the regulations and methods of designing urban sewage systems in Iran are not sufficient to protect and increase the sustainability and resilience of the aforementioned systems and therefore, the solutions of defense knowledge. Passive can be considered a good complement to existing methods of designing and constructing urban sewer systems. The research results also show that these systems have been designed or built in the cities of our country, with the least attention to the principles of passive defense. Conclusion: Based on the findings of this study and the nature of urban sewage systems, 48 types of threats and weaknesses and serious vulnerabilities of urban sewage systems were enumerated.

Keywords: Risk Assessment, Vital Infrastructure, Sewage, Vulnerability, Passive Defense.

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

مجله آب و فاضلاب، دوره 31، شماره 7، صفحه: 131-120

شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل

مهناز میرزا ابراهیم طهرانی[۱]، نیما پیشرو[۲]

۱- استادیار، گروه آموزشی مهندسی محیط‌زیست دانشکده فنی
دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران شمال، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) tehrani.mah@gmail.com
۲- کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، انجمن علمی پدافند غیرعامل ایران، تهران، ایران

(دریافت ۹۹/۱/۱۹ پذیرش ۹۹/۶/۲۳)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
میرزا ابراهیم طهرانی، م.، پیشرو، ن.، ۱۳۹۹، "شناسایی ریسک زیرساخت‌های حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل"
مجله آب و فاضلاب، ۳۱(۷)، ۱۳۱-۱۲۰. Doi: 10.22093/wwj.2020.225964.3007

چکیده

سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب از زیرساخت‌های اولیه هر شهر محسوب می‌شوند که باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که کمترین آسیب‌پذیری را در زمان بحران‌های ناشی از وقوع اختلال‌های تعمدی یا غیرعمدی داشته باشند. بنابراین رعایت اصول پدافند غیرعامل و ایمن‌سازی در بخش فاضلاب برای مصون‌سازی و کاهش آسیب‌پذیری با هدف استمرار خدمات ضروری، حفاظت از تأسیسات و تجهیزات فاضلاب، تأمین نیازهای مردم، حفاظت از جان مردم (جلوگیری از انتشار آلودگی‌های میکربی و شیمیایی)، تداوم اداره و مدیریت مردم (جلوگیری از نارضایتی و ایجاد هرج‌ومرج) و به‌تبع آن پایدارسازی مدیریت عالی کشور، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. این پژوهش، به شناسایی ریسک‌های متوجه زیرساخت حیاتی سیستم فاضلاب شهری با رویکرد پدافند غیرعامل به‌عنوان اولین گام برای بررسی پایداری سیستم‌های فاضلاب شهری پرداخته و نکاتی مغفول مانده در طراحی و احداث سیستم‌های شبکه جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب را ارائه می‌دهد. روش این پژوهش توصیفی پیمایشی و نوع پژوهش کاربردی است و میان ریسک یا خطر بالفعل و تهدید یا خطر بالقوه تمایز قائل شده و به‌طور هم‌وزن به بررسی وضعیت پارامترهای دارایی، تهدید و آسیب‌پذیری در طراحی و احداث سیستم‌های فاضلاب شهری پرداخته است. نتایج پژوهش حاکی از عدم کفایت آیین‌نامه‌ها و روش‌های طراحی سیستم‌های فاضلاب شهری در کشور ایران برای حفاظت و افزایش پایداری و تاب‌آوری سیستم‌های پیش‌گفته بوده و بنابراین راه‌حل‌های دانش پدافند غیرعامل می‌تواند مکمل مناسبی برای روش‌های موجود طراحی و احداث سیستم‌های فاضلاب شهری در نظر گرفته شوند. همچنین نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این سیستم‌ها در شهرهای کشورمان، با کمترین توجه به اصول پدافند غیرعامل، طراحی یا احداث شده‌اند. بر اساس یافته‌های این پژوهش و ماهیت سیستم‌های فاضلاب شهری، ۴۸ نوع تهدید و نقاط ضعف و آسیب‌پذیری‌های جدی سیستم‌های فاضلاب شهری احصا شدند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، زیرساخت حیاتی، فاضلاب، آسیب‌پذیری، پدافند غیرعامل

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

۱- مقدمه

در عصر حاضر شهرها مهم‌ترین مراکز سکونتگاهی بشر محسوب می‌شوند و ازاین‌رو شاهد تمرکز زیاد سرمایه، مراکز و تاسیسات در آنها هستیم. تمرکز و تراکم جمعیت، سرمایه و مراکز و تأسیسات مختلف در ضمن این که در بردارنده آثار و پیامدهای مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیط زیستی است، از نظر دفاعی آنها را به اهدافی استراتژیک در جنگ و حملات نظامی و تروریستی تبدیل کرده است. تجربه جنگ‌های گذشته و کنونی در عراق، کوزوو و یمن نشان می‌دهد که مراکز و تأسیسات حیاتی شهرها جزء اهداف اولیه و اصلی هستند که مورد تهاجم قرار می‌گیرند (Bakhshi et al., 2016).

تأسیسات و زیرساخت‌هایی که به واسطه آنها، مردم اداره می‌شوند و تهدیدات سعی می‌کنند با حذف عملکرد زیرساخت، کنترل مردم را به‌دست بگیرند. به هر مقدار که زیرساخت‌ها در زندگی مردم نقش بیشتری داشته باشند، اهمیت بیشتری دارند. تغییر هدف در استراتژی‌های تهدید یک اقدام جدی و اساسی از منظر پدافند غیرعامل است (Jalali, 2017). یکی از بخش‌های سخت‌افزاری پدافند غیرعامل در کشور، شبکه‌ها و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هستند که باید کمترین آسیب‌پذیری را در زمان بحران ناشی از تهدیدات دشمن داشته باشند.

اگرچه اختلال تعمدی یا غیرعمدی در کارکرد زیرساخت‌هایی مانند سوخت‌رسانی، شبکه‌های آب، برق، مخابرات و راه‌های مواصلاتی، موجب بروز خسارت و ایجاد بحران و نابسامانی در تداوم فعالیت‌های ضروری هر شهر خواهد شد، اما عامل زمان برای وقوع بحران در هر یک از زیرساخت‌های پیش‌گفته، فرصتی را برای انجام و حفظ کارکرد حداقلی تا هنگام بازیابی سیستم زیرساخت به مدیران بحران خواهد داد. به‌عنوان مثال: با اختلال در سیستم آب‌رسانی، می‌توان با توزیع آب بسته‌بندی در میان مردم، از فشار بحران بی‌آبی بر شهروندان کاست، تا شبکه آب‌رسانی احیا شود. یا در مورد برق نیز با اطلاع‌رسانی مناسب، شهروندان می‌توانند زمان قابل‌قبولی را برای احیای سیستم برق‌رسانی تحمل کنند.

می‌توان چنین مثال‌هایی برای هر زیرساخت به میان آورد ولی برای سیستم جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب این موضوع سخت‌تر است، به‌عبارتی نمی‌توان از مردم خواست تا تولید فاضلاب را کاهش دهند، در صورت تسری فاضلاب به میان زندگی شهروندان، زندگی معمول و فعالیت‌های ضروری شهری دچار اختلال جدی شده و معمولاً متوقف خواهند شد. بر این اساس، قطع عملکرد شبکه و سرازیر شدن فاضلاب در حوزه زیست انسانی، موجب توقف فعالیت‌های ضروری و به‌طبع آن صدمه به عوامل بازدارنده و باز گذاشتن دست خراب‌کاران برای خراب‌کاری است. در نگرشی خوش‌بینانه نیز شاهد نارضایتی شدید عامه مردم و ایجاد مشکلات حاد امنیتی خواهیم بود که جامعه در حوزه مردم‌محور متحمل ضربات جدی و با امکان جبران دیرهنگام خواهد شد.

از سوی دیگر، با حل بحران و اختلال در عملکرد سایر زیرساخت‌ها، کار آنها از سر گرفته می‌شود و پس از مدتی نیز پایدار می‌شوند. اما در بحران ناشی از توقف عملکرد شبکه فاضلاب، محتویات شبکه به فضای عمومی شهر و در مواردی به فضاهای خصوصی شهروندان نفوذ کرده و تا مدتی موجب پلشتی و آلودگی محیط‌زیست انسانی خواهد شد. به موارد پیش‌گفته نارضایتی عمومی شهروندان و حتی خانواده خدمتگزاران نظام را نیز می‌توان اضافه کرد. چنان‌که در فروردین‌ماه ۱۳۹۸، پس از وقوع طغیان رودخانه کارون در شهر اهواز و پس زدن فاضلاب به درون محلات و فضاهای درون شهر (IRNA, 2019)، تا میانه تابستان نیز جداول بتنی حاشیه خیابان‌ها و کوچه‌های شهر - با وجود تلاش‌های پرتوان مجموعه مدیریت شهری - همچنان آغشته به فاضلاب بودند. حتی شستن کف کوچه‌ها و خیابان‌ها و کاهش بوی نامطبوع نیز تا دو ماه پس از وقوع رخداد طغیان رودخانه به طول انجامید. ازاین‌رو، توجه به حفاظت از زیرساخت فاضلاب و ورود دانش مهندسی پدافند غیرعامل به آن ضروری بوده و لزوم تهیه و تدوین الزامات، ملاحظات و انجام مطالعات پدافند غیرعامل در حوزه سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری غیرقابل‌انکار به نظر می‌رسد.

این پژوهش تلاش دارد تصویری کلی و بزرگ از تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های سیستم فاضلاب شهری در کشور ایران به‌دست بدهد که در آن، تهدید با رویکردی تازه در ادبیات فنی پدافند غیرعامل، به دو نوع ریسک یا خطر بالفعل[1] و تهدید یا خطر بالقوه[2]

[1] Danger
[2] Hazard

تقسیم شده است. زیرا تهدیدی مانند سیل که برای شبکه جمع‌آوری فاضلاب در شمال شهر تهران بالقوه است در همان زمان در بخش‌های میانی و جنوبی شهر تهران می‌تواند بالفعل باشد. ازاین‌رو، هر یک از یافته‌های این پژوهش می‌تواند موضوعی برای پژوهش در خصوص تهدیدات احصا شده برای شهرهای مختلف و نیز، گزاره‌ای برای در نظر داشتن در طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری باشد.

۱-۱- دارایی‌های بررسی شده

حدود و دامنه کار این پژوهش، دارایی‌های سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری در گستره جغرافیایی کشور ایران را در بر می‌گیرد که بعد از انشعاب ساختمان‌ها آغاز شده و به محل تخلیه پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب منتهی می‌شود. در این پژوهش به تحلیل ریسک سیستم‌های فاضلاب روستایی، صنعتی و یا شبکه‌های غیرمتعارف پرداخته نمی‌شود و مقصود ارائه دیدگاهی کلی به ریسک‌های معطوف به سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری بوده است.

فاضلاب ترکیبی است از فاضلاب خام به‌علاوه هر نوع نشتاب و آب‌های نفوذی که به‌صورت اتفاقی وارد شبکه شده باشد (EN, 2008).

سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری شامل اجزای زیر هستند (شکل ۱):

- فاضلابرو: خط لوله یا مجرایی که برای انتقال فاضلاب‌های تولید شده در بیش از یک منبع تولید فاضلاب، به کار می‌رود (EN, 2008).

فاضلابروها را می‌توان بر اساس شکل یک به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- فاضلابرو فرعی: خط فاضلابرویی که جمع‌کننده انشعابات ساختمانی است.
- فاضلابرو نیمه اصلی: فاضلابرویی است که جریان فاضلاب را از دو یا چند فاضلابرو فرعی دریافت می‌کند.
- فاضلابرو اصلی: فاضلابرویی است که جریان فاضلاب را از دو یا چند فاضلابرو نیمه اصلی یا اصلی دریافت می‌کند.
- خط انتقال فاضلاب: جمع‌کننده فاضلاب از چند خط اصلی است که فاضلاب را در نهایت به تصفیه‌خانه می‌رساند.
- لوله انشعاب: انشعاب ساختمانی: لوله‌ای که فاضلاب ساختمان‌های مسکونی و تجاری را به خطوط فاضلابرو واقع در کوچه یا خیابان منتقل می‌کند (EN, 2008).
- چاهک بازدید (منهول): چاهک یا اطاقکی است با درپوش متحرک که در قسمت‌های مختلف شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب ساخته می‌شود تا امکان ورود کارکنان یا تجهیزات بهره‌برداری به داخل فاضلابروها را فراهم آورد (EN, 2008).
- شبکه فاضلاب: شبکه‌ای از خطوط لوله و تأسیسات جانبی که فاضلاب را از محل تولید به تصفیه‌خانه فاضلاب یا یک تخلیه‌گاه منتقل می‌کند (EN, 2008).
- ایستگاه پمپاژ (تلمبه‌خانه): مجموع ساختمان و تجهیزات استفاده شده برای افزایش ارتفاع جریان و انتقال آن به سطحی بالاتر و هدایت جریان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر از شبکه است (EN, 2008).
- ایستگاه بالابر: مجموع ساختمان و تجهیزات لازم برای افزایش ارتفاع جریان و انتقال آن به سطحی بالاتر، در یک مکان معین (تغییر عمده ارتفاع بدون تغییرات عمده مختصات جغرافیایی جریان)

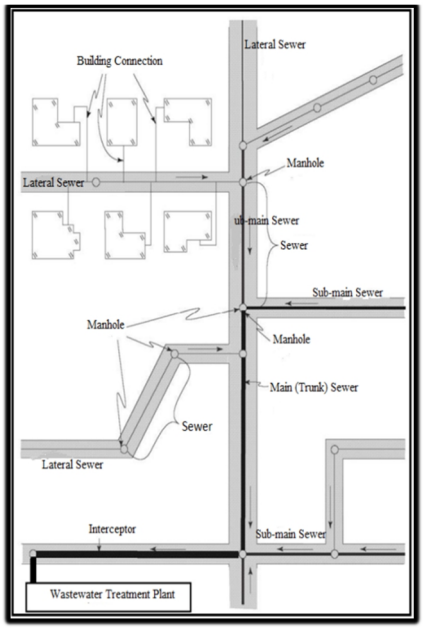

Fig. 1. Descriptive form of system components (IRIPBO Criteria No.118, 2017, Davis, 2010)

شکل ۱- شکل توصیفی اجزای سیستم

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

- تخلیه‌گاه (خروجی شبکه): سازه یا محلی است که فاضلاب را به آب‌های پذیرنده یا تصفیه‌خانه فاضلاب تخلیه می‌کند (EN, 2008).

- تصفیه‌خانه فاضلاب: مجموعه تأسیسات و تجهیزاتی که برای تصفیه فیزیکی، بیولوژیکی یا شیمیایی فاضلاب به‌کار می‌رود (EN, 2008). دسته‌بندی دارایی‌های سیستم در این پژوهش به شرح جدول ۱ انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

به‌منظور تدوین عناصر و شاخص های تأثیرگذار و همچنین یافتن ایده‌ها و تدابیر علاج‌بخش در حوزه موضوع این پژوهش از روش دلفی استفاده شد. انتخاب حلقه صاحب نظران، بخش مهمی از روش دلفی است. آگاهی این گروه، از موضوع موردنظر تضمین خوبی برای کیفیت بالای نتایج دلفی است. بنابراین حلقه اعضای دلفی در یک پژوهش، بر اساس تخصص انتخاب شدند، نه بر اساس فرایند انتخاب تصادفی. پژوهشگر، حلقه دلفی را بر اساس آگاهی‌شان از موضوع موردنظر انتخاب می‌کند (Turoff and Listone, 2002).

بر همین اساس، در این پژوهش ابتدا لیست ۷ نفره‌ای از صاحب‌نظران و متخصصین حوزه‌های طراحی، اجرا، بهره‌برداری و مدیریت سیستم زیرساخت فاضلاب انتخاب شدند. پس از توجیه ایشان در خصوص موضوع پژوهش، روایی پرسش های پژوهش که ترکیبی از کلید واژه‌های پژوهش بودند ارزیابی شدند که در نهایت اعتبار محتوای ۷ پرسش در سه بخش، به‌عنوان سوالات بنیادی پژوهش پذیرفته شد (CVR=۰/۱).

سپس از اعضای گروه خواسته شد که در مرحله اول پاسخ‌های خود را در خصوص سوالات بنیادی پژوهش بیان کنند (۵۹ ایده پاسخ مطرح شد) و در مرحله بعدی، پس از توزیع کلیه ایده‌ها، گروه دلفی مقدار اهمیت هر ایده را در قالب طیف لیکرت، امتیازدهی از ۱ تا ۱۰: ۱، به معنای فراوانی یا اهمیت بسیار کم و ۱۰، یعنی فراوانی یا اهمیت بسیار زیاد اعلام کرد و موارد کم اثر از لیست ایده‌ها حذف شدند و در نتیجه ۴۸ ایده به‌عنوان ریسک‌های قابل‌توجه، انتخاب و بررسی شدند (شکل ۲).

وضعیت انطباق اجزای سیستم‌های جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری شامل طرح‌های اجرا شده و در دست طراحی و اجرا، در سطح کشور با اصول پدافند غیرعامل کالبدی، نیز بر اساس روش دلفی بررسی شد و گروه حلقه دلفی در قالب طیف لیکرت در خصوص تطابق اجزای اصلی سیستم شامل: ۱- شبکه جمع‌آوری فاضلاب ۲- ایستگاه‌های پمپاژ فاضلاب ۳- خطوط انتقال فاضلاب از شبکه به تصفیه خانه ۴- تصفیه خانه فاضلاب، با اصول پیش‌گفته شامل: استتار، اختفا، پوشش، فریب، پراکندگی، استحکامات، اعلام خبر، قابلیت بقا و مرمت‌پذیری، موضع فریبنده اعلام‌نظر کرد.

وضعیت انطباق اجزای سیستم جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب با اصول پدافند غیرعامل کالبدی، مطابق شرح مرحله سوم شکل شماره یک در گروه دلفی بررسی و نتیجه آن در جدول ۲، ارائه شده است. رعایت اصول پدافند غیرعامل، نشان‌دهنده وجود نگرش پایدار محور برای حفظ خدمت رسانی مداوم، به این زیرساخت خواهد بود ولی در نتایج بررسی به‌عمل آمده نشانی از توجه به اصول و رویکردهای پدافند غیرعامل دیده نمی‌شود و بنابراین زیرساخت‌های فاضلاب شهری، با وجود داشتن آسیب پذیری های جدی در برخی از عناصر، از خود دفاع نمی‌کنند و نقاط ضعف شان در برابر تهدیدات تعمدی و حتی غیرعمدی نیز شکننده خواهد بود.

البته برخی از اصول پدافند غیرعامل کالبدی با ذات زیرساخت فاضلاب شهری انطباق‌پذیر نخواهند بود، به عنوان مثال: با بیشترین تلاش هم نمی‌توان به روشی اقتصادی تصفیه‌خانه‌های گسترده فاضلاب را استتار کرد. بر این اساس، برای تدقیق بررسی وضعیت انطباق سیستم با اصول پدافند غیرعامل، شایسته است، به تأثیرگذاری هر یک از اصول پدافند غیرعامل در زیرساخت فاضلاب شهری وزن مناسب داده شود. بدیهی است که این وزن‌دهی برای اجزای متفاوت سیستم نیز متغیر خواهد بود. بنابراین جدول ۱، تنها نمایی کلی از وضعیت تطابق زیرساخت فاضلاب شهری با اصول پدافند غیرعامل را به‌دست می‌دهد و ضروری است که بررسی تطابق زیرساخت فاضلاب شهری با اصول پدافند غیرعامل، برای هر شهر به‌طور جداگانه انجام شود تا مبنایی برای تحلیل ریسک واقع شود.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش، ۵۹ مورد تهدید برای زیرساخت سیستم جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری احصا شدند که شامل ۳۳ فقره خطر بالفعل و ۲۶ فقره خطر بالقوه بودند که از میان آنها

جدول ۱- دسته‌بندی دارایی‌های سیستم جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب شهری

Table 1. Classification of assets of the municipal sewage collection, transfer and treatment system

No.	Asset	Components
1	Sewage collection network	Sewage manholes
2	Pumping stations (inside the sewer network)	Pumping stations Lifting stations
3	Sewage treatment plant	Network outfall Sewage treatment plant The output of the treatment plant and the effluent discharge site

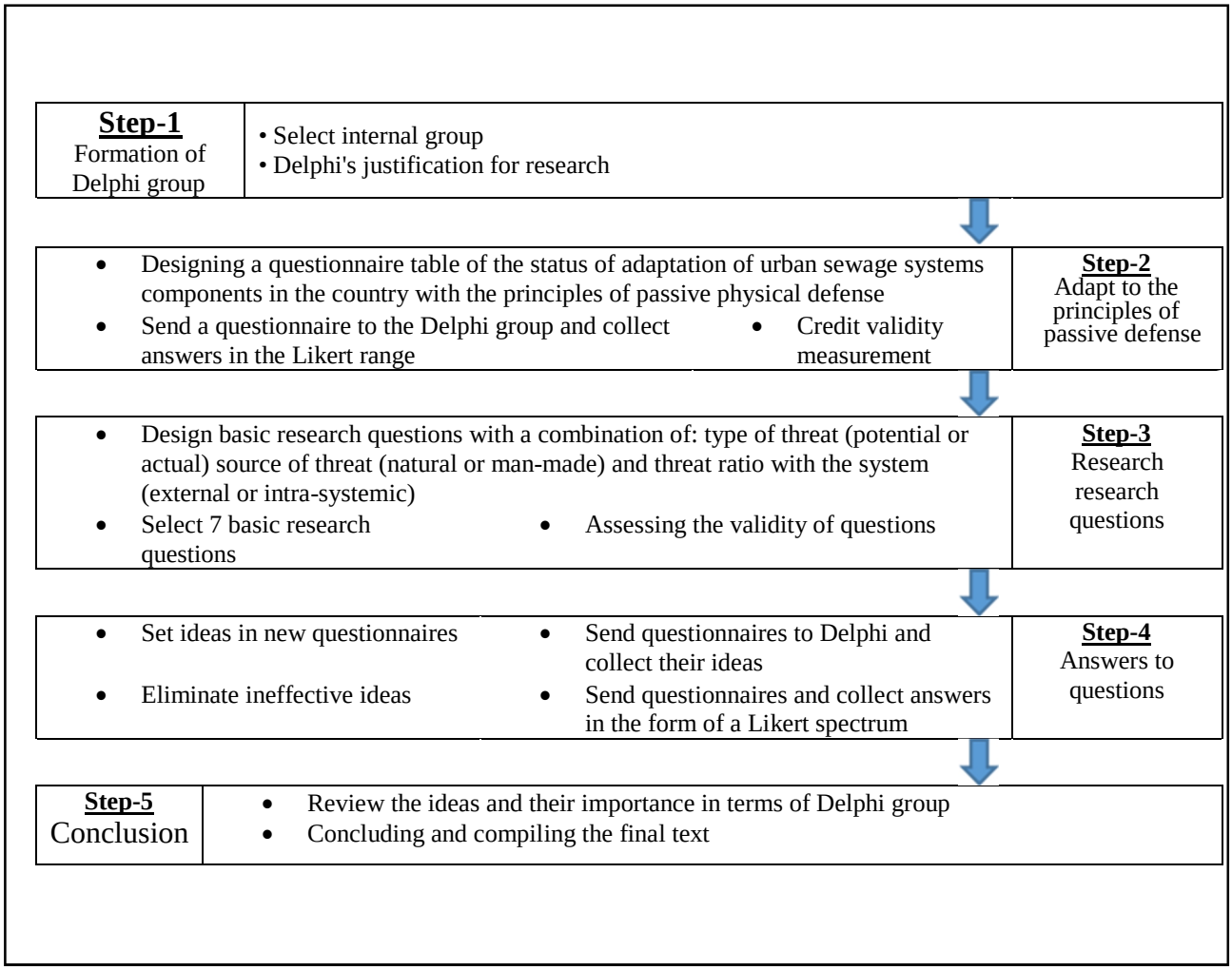

Fig. 2. Research steps

شکل ۲- مراحل انجام پژوهش

۴۸ مورد قابل‌توجه تشخیص داده شد. تهدیدها بر اساس عدد ریسک به‌دست آمده، مرتب شدند که نشان‌دهنده اولویت توجه به تهدید بر اساس عواملی چون: احتمال وقوع تهدید، اهمیت دارایی تحت تأثیر و شدت پیامد و آسیب‌های ناشی از تهدید بود. به استناد از معادله محاسبه ریسک مطابق روش FEMA[1] داریم

[1] Federal Emergency Management Agency (FEMA)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

$$R = A \times V \times T \quad (۱)$$

که در آن منظور از R ریسک، A دارایی، V آسیب‌پذیری و T تهدید است.

نتیجه تهدید بر روی دارایی تحت تاثی منجر به ایجاد پیامد یا پیامدهایی می‌شود. توجه به منشأ تهدید احتمال وقوع آن و نوع تهدید در برآورد سطح ریسک مهم است. بنابراین به‌منظور محاسبه ریسک این سه فاکتور مطابق جدول ۳ شناسایی شدند.

جدول ۲- تفکیک اصول پدافند غیرعامل با توجه به اجزای سیستم فاضلاب

Table 2. Separation of passive defense principles according to the components of the sewage system

No.	Principles of passive defense	Sewage collection network	Sewage pumping stations	Sewage transmission lines from the network to the treatment plant	Sewage treatment plant
1	Camouflage	5.4	3.4	4.3	2.6
2	Hide	5.3	3.4	5.0	2.3
3	Cover	4.6	2.4	4.9	3.4
4	Deception	2.0	2.1	2.4	2.0
5	Distribution	5.4	3.4	2.4	3.3
6	Strengths	6.9	6.3	7.3	7.4
7	Announcing the news	3.1	3.6	3.3	5.4
8	Survival capability	5.0	5.4	5.9	6.0
9	Deceptive position	1.9	1.9	1.3	2.1

جدول ۳- رتبه‌بندی ریسک بر اساس تهدید و دارایی تحت تأثیر و پیامد

Table 3. Risk classification based on threat and asset under impact and consequence

No.	Threat	Assets affected	Consequences	Classification of threats			Estimating the number of risks
				Possibility	The origin	Type	
1	Severe flooding	Sewage collection and transmission network	Accumulation of sedimentation and rejection and sewage flow in the city	Danger	natural	External system	578
2	Problems in the operation of the input pumping stations of the wastewater treatment plants	Intra-city treatment plants	Sewage rejection and abandonment in cities (Farhoudi, 2009)	Danger	human made	Inside the system	428
3	Accidents for cars carrying chlorine gas capsules	Urban settlements and passages	Chlorine gas emissions within the scene and human casualties	Danger	human made	Inside the system	411
4	Sabotage by enemy infiltrators or spies	Network pumping facilities located in the network	Waste and sewage flow in the city	Danger	human made	External system	408
5	Fire caused by the connection of electrical systems	Network pumping stations	Sewage and sewage disposal in cities	Hazard	human made	Inside the system	406

ادامه جدول ۳- رتبه‌بندی ریسک بر اساس تهدید و دارایی تحت تأثیر و پیامد

Cont. Table 3. Risk classification based on threat and asset under impact and consequence

No.	Threat	Assets affected	Consequences	Classification of threats			Estimating the number of risks
				Possibility	The origin	Type	
6	Malfunctions of in-city pumping stations (on the network)	Network pumping stations	Waste disposal in cities (Farhoudi, 2009)	Danger	human made	Inside the system	397
7	Sewage rejection and abandonment in cities	Sewage collection and transmission network	Social tensions (Farhoudi, 2009)	Hazard	human made	Inside the system	369
8	Natural threats and power outages for a significant period of time (Farhoudi, 2009)	Network pumping facilities located in the network	Waste and sewage flow in the city	Hazard	natural	External system	365
9	Normalization of sewage clogs for water and sewage exporters and their failure to solve or fix them with delay (Qomshi, 1398)	Sewage collection and transmission network	Waste dumping and discharge of sewage in cities during a crisis	Danger	human made	Inside the system	355
10	Sabotage by enemy infiltrators or spies	Chlorination facilities	Chlorine gas emissions	Danger	human made	External system	347
11	Diesel emergency generators do not work	Pumping stations in the network	Sewage rejection and abandonment in cities	Hazard	human made	Inside the system	343
12	Normalization of sewage clogs for water and wastewater exporters and their failure to solve or fix them with delay (Qomshi, 1398)	Sewage collection and transmission network	Sewage sedimentation and blockage	Danger	human made	Inside the system	342
13	Sewage rejection and abandonment in cities	Sewage collection and transmission network	Along with creating an unpleasant odor and unsanitary environment	Hazard	human made	Inside the system	336
14	Lack of sufficient fuel for emergency diesel generators	Pumping stations in the network	In neighborhoods and homes covered by the network	Hazard	human made	Inside the system	333
15	Intra-network Pumping stations in an emergency	Sewage collection and transmission network	Pollution and diseases related to wastewater disposal in the environment (Farhoudi, 2009)	Hazard	human made	Inside the system	330
16	Sewage rejection and abandonment in cities	Water supply networks	Sewage rejection and abandonment in cities	Hazard	human made	Inside the system	311
17	Wrong design of sewage collection networks	Network pumping facilities located in the network	Financial losses due to the presence of sewage	Hazard	human made	External system	308

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

ادامه جدول ۳- رتبه‌بندی ریسک بر اساس تهدید و دارایی تحت تأثیر و پیامد

Cont. Table 3. Risk classification based on threat and asset under impact and consequence

No.	Threat	Assets affected	Consequences	Classification of threats			Estimating the number of risks
				Possibility	The origin	Type	
18	And their unnecessary contact with water supply networks (Farhoudi, 2009)	Sewage collection and transmission network	In the place where citizens live and work	Danger	human made	External system	307
19	Power outage due to a malfunction in the country's electricity system	Sewage collection and transmission network	Urban drinking water pollution	Danger	human made	Inside the system	302
20	By the enemy, such as an attack with graffiti bombs, etc. (Farhoudi, 2009)	Sewage collection and transmission network	Sewage and sewage flow in the city	Danger	human made	Inside the system	284
21	Leakage from the sewer system	Sewage collection and transmission network	Pollution of groundwater resources	Danger	human made	Inside the system	276
22	Increase the flow in the sewer network to a greater extent than the network capacity	Sewage collection and transmission network	Throwing sewage back into homes	Danger	human made	Inside the system	263
23	Increase the flow in the sewer network to a greater extent than the network capacity	Sewage collection and transmission network	Combining wastewater and surface water	Danger	human made	Inside the system	253
24	Increase the flow in the sewer network to a greater extent than the network capacity	Sewage collection and transmission network	Creating unpleasant odors and unhygienic environments in networked neighborhoods and homes	Danger	human made	Inside the system	253
25	Wastewater system components burnout	Wastewater treatment plant	Leakage from the sewer system	Danger	human made	Inside the system	248
26	Problems with chlorine gas disinfection facilities (Farhoudi, 2009)	Wastewater treatment plant	Chlorine gas emissions within the facilities and surroundings (Farhoudi, 2009)	Hazard	human made	Inside the system	242
27	Wastewater system components burnout	Wastewater treatment plant	Increase operating and maintenance costs	Danger	human made	Inside the system	233
28	Earthquake and destruction of the collection and treatment plant network	Sewage treatment plant	Severe injury	Hazard	natural	External system	231
29	Earthquake and destruction of the collection and treatment plant network	Sewage collection and transmission network	Severe injury	Hazard	natural	External system	226

ادامه جدول ۳- رتبه‌بندی ریسک بر اساس تهدید و دارایی تحت تأثیر و پیامد

Cont. Table 3. Risk classification based on threat and asset under impact and consequence

No.	Threat	Assets affected	Consequences	Classification of threats			Estimating the number of risks
				Possibility	The origin	Type	
30	Direct enemy attack	Sewage collection and transmission network	Severe injury	Hazard	human made	External system	224
31	Using a variety of unconventional nuclear weapons (Farhoudi, 2009)	Network pumping facilities located in the network	Severe injury	Danger	human made	External system	213
32	Direct enemy attack using a variety of conventional weapons, including aerial bombardment, missile strikes,	Wastewater treatment plant	(Destroying or stopping the operation of the pumping station)	Hazard	human made	External system	205
33	Artillery, mortars, armor (Farhoudi, 2009)	Intra-city treatment plants	Severe injury	Danger	human made	Inside the system	205
34	Direct enemy attack	Wastewater treatment plant	Sewage release in cities (Farhoudi, 2009)	Danger	human made	Inside the system	205
35	Using a variety of unconventional nuclear weapons (Farhoudi, 2009)	Out-of-town treatment plants	Chlorine gas leak	Danger	human made	Inside the system	201
36	Fire caused by the connection of electrical systems.	Wastewater treatment plant	Sewage release at the effluent disposal site	Hazard	human made	Inside the system	200
37	Level the higher of sewage than the crown of pipes in manholes (Farhoudi, 2009)	Sewage collection and transmission network	Sedimentation and blockage of sewage flow along with creating unpleasant odors and unsanitary environment in neighborhoods and houses covered by the network	Danger	human made	Inside the system	198
38	Deterioration of components of the collection system, sewage transfer	Sewage collection and transmission network	Reduce network capacity	Danger	human made	Inside the system	198
39	Wastewater system components burnout	Wastewater treatment plant	Reduce treatment capacity	Danger	human made	Inside the system	195
40	Wastewater system components burnout	Wastewater treatment plant	Partial or total failure of the wastewater treatment process	Danger	human made	Inside the system	195
41	Natural threats and power outages	Wastewater treatment plant	Disconnect the wastewater treatment and overflow process to wastewater disposal sites	Hazard	natural	External system	189

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.225964.3007

ادامه جدول ۳- رتبه‌بندی ریسک بر اساس تهدید و دارایی تحت تأثیر و پیامد

Cont. Table 3. Risk classification based on threat and asset under impact and consequence

No.	Threat	Assets affected	Consequences	Classification of threats			Estimating the number of risks
				Possibility	The origin	Type	
42	For a considerable period of time (Farhoudi, 2009)	Wastewater Treatment Plant	Disconnect the wastewater treatment and overflow process to wastewater disposal sites	Hazard	human made	External system	175
43	Power outage due to a malfunction in the country's electricity system	Wastewater Treatment Plant	Output effluent pollution	Hazard	human made	External system	174
44	By the enemy, such as an attack with graffiti bombs, etc. (Farhoudi, 2009)	Sewage collection and transmission network	Explosion and severe damage at the scene	Hazard	human made	Inside the system	173
45	Direct enemy attack	Sewage collection and transmission network	Output effluent pollution	Hazard	human made	External system	169
46	Using a variety of unconventional chemical weapons (Farhoudi, 2009)	Wastewater treatment plant	Early shutdown of wastewater treatment in an emergency	Hazard	human made	Inside the system	163
47	Explosives or incendiary substances at methane gas accumulation site (Farhoudi, 2009)	Network pumping facilities located in the network	Waste and sewage flow in the city	Danger	human made	External system	161
48	Direct enemy attack	Wastewater treatment plant	Disconnect the wastewater treatment and overflow process to wastewater treatment plants	Danger	human made	External system	157

پس از برآورد سطح ریسک نسبت به تبیین مهم‌ترین تهدیدها و دارایی‌های تحت و پیامدهای حاصل از آن اقدام شده است که نتیجه در جدول ۴ نمایش داده شده است.

بر اساس نتایج ارزیابی ریسک و ریسک‌های بارز به‌دست آمده تهدیدات مطابق جدول ۵ رتبه‌بندی می‌شوند.

جدول ۴- مهم‌ترین تهدیدها، دارایی‌های تحت تأثیر و پیامدها در سیستم فاضلاب شهری

Table 4. The most important threats, affected assets and consequences in the municipal sewage system

No.	The main parameters of risk analysis	Description
1	The main threats	Flood Obstruction of the main sewage transmission lines Burning of system components
2	The main assets that are affected	Residential and urban thoroughfares hosting the sewage collection network Pumping stations inside the network The main lines of sewage transfer
3	The main consequences	Degradation and leakage of sewage in the city's thoroughfares Social tensions Distribution of chlorine gas pollution

جدول ۵- نوع تهدیدها در میان ریسک‌های قابل‌توجه

Table 5. Types of threats among significant risks

No.	Type of threat		Abundance
1	Possibility	Danger	27
		Hazard	21
2	The origin	Human made	43
		Natural	5
3	Type	External system	17
		Inside the system	31

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به ارزیابی ریسک انجام شده مشاهده شد که اصلی‌ترین ریسک در زیرساخت فاضلاب، پس‌زدگی و جاری شدن فاضلاب در معابر شهر است که دارای هر دو منشأ طبیعی و انسان ساخت است و در اثر تهدیدهای درون سیستمی و برون سیستمی می‌تواند رخ دهد که مهم‌ترین پیامد آن، ایجاد تنش‌های اجتماعی و امنیتی خواهد بود. پس‌زدگی و جاری شدن فاضلاب در معابر شهر در این پژوهش، در ۱۷ مورد ریسک به‌عنوان تهدید (۲مورد) و همچنین پیامد ناشی از تهدیدات گوناگون (۱۵ مورد)، مطرح شد که در ۱۵ مورد دارای منشأ انسان ساخت است.

این پژوهش نشان داد که نقطه آسیب‌پذیر و ضعف اصلی سیستم‌های فاضلاب شهری، ایستگاه‌های پمپاژ درون شبکه بوده و مهم‌ترین تهدیدها، دارایی‌های تحت تأثیر و پیامدهای ناشی از تهدیدها نیز به شرح جدول ۴ احصا شدند.

در این پژوهش، ۴۸ ریسک قابل‌توجه تشخیص داده شدند که نوع تهدید در ریسک‌های سیستم فاضلاب شهری به شرح جدول ۵ طبقه‌بندی شدند.

تهدیدات بالقوه که منشأ انسانی و درون سیستمی دارند، قابل‌توجه بوده و به‌این منظور پیشنهاد می‌شود که بر مبنای نتایج این پژوهش نسبت به برنامه‌ریزی استراتژیک اقدام و اسناد بالادستی صنعت فاضلاب در وزارت نیرو و همچنین سازمان پدافند غیرعامل بازنگری شد.

۵- قدردانی

این پژوهش با حمایت علمی نخبگان از شرکت‌های مهندسین مشاور ایراناب، مهندسین مشاور ری آب صنعت و شرکت آبفای اهواز تهیه شده است که از ایشان قدردانی می‌شود.

References

Bakhshi Shadmehri, F., Zarghani, S. H. & Kharazmi, O. R. 2016. Analysis of passive defense considerations in urban infrastructure with emphasis on water infrastructure. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 31(3), 103-117. (In Persian)

Davis, M. L., 2010. *Water and wastewater engineering: design principles and practice*. McGraw-Hill, Pub., USA.

EN, B. 2008. 752: 2008. Drain and sewer systems outside buildings. *British Standards Institution*. BSI Pub., UK.

Farhoudi. M. 2009. The role of passive defense in reducing damage to water and wastewater facilities. *1st National Conference on Infrastructure Engineering and Management*. Tehran, Iran. (In Persian)

IRNA. 2019 .Sewage overflow in Ahvaz: it is more dangerous than flooding in the city:https://www.irna.ir/news/83274259. (In Persian)

IRIPBO (Islamic Republic of Iran Plan and Budget Organization) 2017. Guidelines for design of wastewater collection systems (POB Criteria No.118). (In Persian)

Jalali, G. R. 2017. At the conference on passive defense and security of urban transportation infrastructure: http://paydarymelli.ir/fa/news/30878. (In Persian)

Turoff, M. & Linstone, H. A. 2002. The Delphi method-techniques and applications. University of Southern California Pub., USA.