Open Access

Urban Ecology Researches

Vol. 17(3), (Series 44): 191-214

Doi: 10.30473/grup.2025.74802.2937

E-ISSN: 2538-3949 P-ISSN: 2538-3930

ORIGINAL ARTICLE

Investigating the Challenges of Wastewater Management in Hospitals Affiliated with Shahid Beheshti University of Medical Sciences in Tehran

Sayed Ali Ebrahimi[1], Roxana Moogouei[2*], Mojgan Zaeimdar[3], Maryam Malekzadeh[4]

1. Ph.D Student, Department of Environmental Management, NT.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Environmental Management, NT.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Environmental Management, NT.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Environmental Management, NT.C. Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Correspondence
Roxana Moogouei
E-mail: moogouei_roxana@yahoo.com

Receive Date: 08/June/2025
Revise Date: 09/Dec/2025
Accept Date: 16/Dec/2025

How to cite
Ebrahimi, S.A., Moogouei, R., Zaeimdar, M., & Malekzadeh, M. (2026). Investigating the Challenges of Wastewater Management in Hospitals Affiliated with Shahid Beheshti University of Medical Sciences in Tehran.. *Urban Ecology Researches*, 17(3), 191-214.

EXTENDED A B S T R A C T

Introduction

Hospitals, despite their fundamental role in public health, are major sources of high-risk wastewater. The growth of healthcare infrastructures and urban population has intensified the generation of effluents containing various pollutants -biological pathogens, pharmaceuticals, chemical reagents, heavy metals, and sometimes radioactive isotopes. When improperly managed, these substances threaten water and soil ecosystems and promote antibiotic resistance through the spread of resistant bacteria and genes (ARB/ARG). The World Health Organization categorizes hospital effluents as one of the most hazardous waste streams and stresses the need for advanced, segregated treatment processes.

In Iran, the hospital wastewater sector remains under-regulated compared with solid waste management. Many facilities discharge effluents into municipal networks without full purification, creating secondary environmental and health risks. Within this context, hospitals affiliated with Shahid Beheshti University of Medical Sciences (SBUMS) in Tehran were selected as a representative case for examining both technical and managerial challenges. The core research problem stems from a structural gap between policy commitments to the "Green Hospital" model and the operational realities of outdated systems, financial constraints, and insufficient supervision. The study therefore seeks to characterize effluent quality, assess compliance with national and WHO standards, and design a strategic model for sustainable wastewater governance.

Mothodology

The research applied a mixed-method (qualitative–quantitative) design with a practical–applied orientation. Quantitative data were obtained from periodic sampling at the effluent outlets of nine SBUMS teaching hospitals (Akhtar, 15 Khordad, Shohada-e Tajrish, Taleghani, Tarfeh, Labafinejad, Loghman, Modarres, and Mofid). Parameters analyzed included TSS, DO, NH_4^+, NO_3^-, PO_4^{3-}, pH, temperature, and residual chlorine using international standard methods: Winkler titration for DO, arsenomolybdate spectrophotometry for phosphate, Nessler method for ammonium, and gravimetric tests for solids. Acceptable thresholds were based on Iran Standard 1053 and WHO criteria (TSS $\leq$ 40 mg/L; DO $\geq$ 2 mg/L; NH_4^+ < 5 mg/L; NO_3^- < 10 mg/L;

$PO_4^{3-} \leq 2$ mg/L).

Qualitative data were collected via semi-structured interviews with 14 environmental experts and managers, each possessing over 14 years of relevant experience. Themes extracted from interview transcripts addressed policy enforcement, infrastructure maintenance, and staff training gaps.

Quantitative results were statistically compared with standards, and deviations were categorized as "non-compliance." To integrate environmental performance with managerial assessment, a SWOT framework was applied, supported by Internal and External Factor Evaluation (IFE/EFE) matrices. This approach quantified internal strengths and weaknesses and evaluated external opportunities and threats, forming the basis for the final strategic roadmap.

Findings

Laboratory analysis showed noticeable heterogeneity among the studied hospitals. Chlorine levels (46–581 mg/L) stayed within the permissible limit of < 600 mg/L. Phosphate concentrations, however, ranged widely from 0.45 to 5 mg/L, exceeding the limit in a few sites, notably Taleghani 4 and Labafinejad 3. Ammonium values (0.02–3.25 mg/L) were mostly compliant, while TSS (3–140 mg/L) exceeded permissible levels in 15 Khordad, Taleghani, Tarfeh, and Modarres hospitals. Nitrate concentrations, varying between 3 and 100 mg/L, indicated violations at Taleghani 2, Tarfeh 3, and Mofid 3. PH (6.7–8.5) was stable and within range, but DO (1.2–6 mg/L) dropped below standard in several cases, implying inadequate aeration efficiency.

Technically, excess TSS reflected malfunction in sedimentation or outdated clarifiers, while low DO corresponded with weak aeration and the absence of advanced diffusion systems. Conversely, stable pH and effective chlorination showed that baseline controls were functioning adequately.

Expert data revealed gender balance (5 men, 9 women) and mid-career dominance (40–50 years: 57 %), signaling experienced but aging technical teams. Most respondents emphasized budget limitations, worn pipelines, and contractor non-cooperation as persistent barriers.

The IFE score (3.045 > 2.5) indicated internal strengths outweigh weaknesses, whereas the EFE score (1.97 < 2.5) showed poor exploitation of external opportunities. Strengths included recyclable containers, separate waste-transport vehicles, systematic labeling of waste, early removal of physical contaminants, and reuse of treated effluent for irrigation and cleaning. Weaknesses comprised lack of innovative segregation, insufficient specialized staff, aging facilities, and sporadic chemical supply. Environmental threats-disease outbreaks, secondary contamination, and regulatory ambiguity-remain acute. Opportunities such as adopting green technologies and improving training are underutilized.

Cross-hospital comparison identified four main points of concern: elevated suspended solids, low dissolved oxygen, localized spikes in nitrate/phosphate, and inconsistent aeration control. Modarres Hospital's effluent displayed the highest combined deviation ($NH_4^+, PO_4^{3-}, DO = 3$). Overall, most hospitals maintained compliance in residual chlorine, pH, and temperature yet required modernization in biological and tertiary treatment units.

Discussion and Conclusion

The results show that SBUMS hospitals possess a fundamental but outdated wastewater infrastructure. Basic compliance with national limits coexists with structural inefficiencies that hinder long-term sustainability. The IFE–EFE comparison highlights the internal readiness for reform but limited ability to leverage external policy and technological support. The recurring failure in DO and TSS indicators implies insufficient aeration and sedimentation capacity rather than negligence, confirming the need for process redesign and continuous monitoring.

At the managerial level, the gap between strategic commitment to "green

hospitals" and operational practice emerges from fragmented governance, inadequate funding, and minimal interdisciplinary cooperation among the Ministry of Health, municipal authorities, and environmental agencies. Findings align with global observations by Valy (2024) and Narfikri et al. (2024), who also identified institutional inertia and technical obsolescence as universal barriers to sustainable healthcare. The comparison with earlier Iranian studies (Rozbehani 2022 & Farzadkia 2021) indicates that while solid-waste management has improved, wastewater remains a neglected dimension of hospital ecology.

Synthesizing quantitative data and expert insight, this research establishes a multidimensional understanding of hospital effluent management. The combined SWOT-based model suggests that progress depends on parallel investment in technology, training, and regulatory enforcement. Key recommendations emerging from the analysis are summarized below:

1. Deployment of online monitoring systems for continuous measurement of critical indices (DO, NH_4^+, PO_4^{3-}, TSS) to enable rapid corrective action and data transparency.
2. Upgrading aeration and biological treatment infrastructures, introducing extended-aeration systems to increase DO and reduce suspended solids.
3. Institutionalizing periodic staff training linked to an incentive-based environmental performance framework.
4. Integrating waste and wastewater units into a unified "Green Hospital Department" to ensure coordinated budgeting and maintenance.
5. Adopting advanced green technologies (membrane bioreactors, nanofiltration, and biofilters) to enhance pollutant removal efficiency.
6. Establishing an internal database of effluent quality for longitudinal tracking and benchmarking across hospitals.
7. Implementing preventive equipment-maintenance schedules to mitigate leakage and malfunction in early stages.
8. Developing a national "Green Hospital Transition Strategy" through collaboration between the Ministry of Health and the Environmental Protection Organization to standardize practices and funding models.

K E Y W O R D S
Hospital Wastewater, Medical Wastewater Treatment, Green Hospital, SWOT Assessment, Sustainable Environmental Management.

Copyright © 2026, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فصلنامه علمی

پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری

سال ۱۷، شماره ۳، پیاپی ۴۴ ، پاییز ۱۴۰۵ (۲۱۶-۱۹۱)

Doi: 10.30473/grup.2025.74802.2937

E-ISSN: 2538-3949 P-ISSN: 2538-3930

«مقاله پژوهشی»

بررسی چالش‌های مدیریت پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

سید علی ابراهیمی[۱]، رکسانا موگوئی[۲*]، مژگان زعیم‌دار[۳]، مریم ملک‌زاده[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت محیطزیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه مدیریت محیطزیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران.
۳. دانشیار، گروه مدیریت محیطزیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴. استادیار، گروه مدیریت محیطزیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول:** رکسانا موگوئی
رایانامه: moogouei_roxana@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

استناد به این مقاله:
ابراهیمی، سید علی؛ موگوئی، رکسانا؛ زعیم‌دار، مژگان و ملک‌زاده، مریم (۱۴۰۵). بررسی چالش‌های مدیریت پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران. *فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۷(۳)، ۲۱۶-۱۹۱.

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل وضعیت مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران با رویکرد «بیمارستان سبز» و ارائه یک الگوی بهینه است. ابزار گردآوری داده‌ها شامل مصاحبه نیمه ساختاریافته با خبرگان و آنالیز کمی پارامترهای خروجی فاضلاب بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیطزیست بود. جامعه آماری پژوهش کارکنان و مدیران فعال در حوزه مدیریت پسماند و پساب این بیمارستان‌ها بود که ابتدا گروه خبرگان و سپس با روش نمونه‌گیری هدفمند (براساس فرمول کوکران) جامعه آماری انتخاب شدند. روش پژوهش، تلفیقی کیفی-کمی بود: داده‌های کیفی مصاحبه‌ها پس از ضبط و کدگذاری استخراج شده و عوامل داخلی و خارجی از طریق پرسشنامه وزن‌گذاری شد. نوآوری مطالعه در کاربرد ماتریس‌هایSWOT ، IFE و EFEبرای اولویت‌بندی عوامل و طراحی ۱۰ راهکار عملی در چهار حوزه آموزشی، فناوری، سازمانی و نظارتی است. یافته‌های کمی نشان داد امتیاز کل عوامل داخلی ۳/۰۴۵ (بیش از ۲/۵) و عوامل خارجی ۱/۹۷ (کمتر از ۲/۵) است. نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها شناسایی و بر پایه آن چهار گروه راهبرد SO، WO، ST و WT تدوین گردید. نتیجه پژوهش حاکی از ارتقای کیفیت مدیریت پسماند و پساب، کاهش هزینه‌های بلندمدت و تضمین سلامت محیطزیست و جوامع پیرامونی با اجرای الگوی پیشنهادی است.

واژه‌های کلیدی

پساب بیمارستانی، تصفیه فاضلاب پزشکی، بیمارستان سبز، ارزیابی SWOT، مدیریت پایدار محیطزیست.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. © ۱۴۰۵ ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
This is an open access article under the CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

فعالیت‌های حوزه بهداشت و درمان، به‌رغم نقش حیاتی خود در سلامت جامعه، یکی از منابع قابل توجه تولید انواع پسماند و پساب با پتانسیل آلودگی بالا محسوب می‌شوند (اسفندیاری[1] و همکاران، ۲۰۲۱). نرخ تولید این پساب‌ها، همگام با رشد جمعیت و گسترش خدمات درمانی، به‌طور فزاینده‌ای رو به افزایش است. این مواد زائد، در صورت عدم مدیریت صحیح و اصولی، می‌توانند به‌طور جدی منابع آب، هوا و خاک را آلوده کرده و پیامدهای جبران‌ناپذیری بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها داشته باشند (Khan, et al., 2024). بنابراین، مدیریت پایدار و مسئولانه پساب‌های بیمارستانی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر برای حفاظت از محیط‌زیست و سلامت عمومی است (Hanmanop et al., 2025).

فعالیت‌های بیمارستانی، یکی از منابع مهم تولید پساب یا فاضلاب با آلودگی بالا هستند. نرخ تولید این فاضلاب‌ها با رشد جمعیت و توسعه مراکز درمانی افزایش یافته و مدیریت ناکافی آن می‌تواند تأثیرات زیان‌باری بر محیط‌زیست، منابع آب، خاک و سلامت انسان داشته باشد. فاضلاب این مراکز علاوه‌بر پاتوژن‌ها، مواد دارویی، مواد شیمیایی، فلزات سنگین و گاهی مواد رادیواکتیو را شامل می‌شود. خطر دیگر، حضور بالای ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها در این پساب‌ها است که می‌تواند سلامت جامعه را تهدید کند (Niu et al., 2025). مدیریت نادرست این مواد، نه‌تنها سلامت کارکنان درمانی و مسئولان جمع‌آوری پساب را تهدید می‌کند، بلکه می‌تواند موجب شیوع بیماری‌ها و آلودگی گسترده محیط‌زیست گردد. این مسئولیت سنگین بر عهده مراکز درمانی است که باید اطمینان حاصل کنند دفع پساب‌ها عاری از هرگونه خطر باشد.

پسماندها و پساب‌های بیمارستانی نیز منبع مهمی از آلاینده‌های ویژه و خطرناک محسوب می‌شوند و حاوی غلظت بالایی از پاتوژن‌ها، باقیمانده‌های دارویی (از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها) و مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایندهای درمانی و آزمایشگاهی هستند. غلظت برخی آلاینده‌ها در فاضلاب بیمارستانی می‌تواند تا پنج برابر بیشتر از فاضلاب شهری باشد. این امر، به‌ویژه وجود باکتری‌ها و ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک (ARB)، نگرانی جدی برای سلامت عمومی و توسعه مقاومت آنتی‌بیوتیکی در محیط‌زیست ایجاد می‌کند (Coulibaly et al., 2025). سازمان جهانی بهداشت[2] پساب‌های پزشکی یا بیمارستانی را این‌گونه تعریف می‌کند: «پساب‌های پزشکی شامل هرگونه پساب جامد یا مایعی است که در فرایندهای تشخیص، درمان، ایمن‌سازی، تحقیقات یا آزمایش‌های بیولوژیکی تولید می‌شود؛ از جمله باندهای آلوده به خون، ظروف کشت، سرنگ‌ها، ابزار جراحی دورریختنی، اندام‌ها، نمونه‌های تشخیصی، خون، مواد شیمیایی، داروها، وسایل پزشکی و مواد رادیواکتیو» (WHO, 2020).

اگرچه ممکن است کیفیت پساب برخی بیمارستان‌ها مشابه فاضلاب خانگی باشد، اما به‌طور کلی پساب بیمارستانی دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی است. شاخص اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و میزان مواد جامد معلق در پساب بیمارستانی معمولاً به‌مراتب بالاتر از فاضلاب شهری است. علاوه‌بر این، تعداد واحدهای تشکیل پلاک (PFU) برای ویروس‌هایی نظیر نورو‌ویروس‌ها و آدنوویروس‌ها نیز در این پساب‌ها بیشتر گزارش شده است. این ویژگی‌ها، مدیریت صحیح پساب بیمارستانی را برای جلوگیری از گسترش آلودگی میکروبی و شیمیایی ضروری می‌سازد (Tilahun et al., 2025).

در بسیاری از بیمارستان‌های کشور، فاضلاب بیمارستانی بدون تصفیه یا با تصفیه ناکامل وارد شبکه فاضلاب شهری یا محیط‌های طبیعی می‌شود که تبعاتی مثل شیوع بیماری‌های عفونی، مقاوم شدن میکروارگانیسم‌ها و آلودگی منابع آب را به همراه دارد. کنترل، پایش و تصفیه اصولی فاضلاب بیمارستانی، بخش کلیدی مدیریت محیط‌زیستی و گامی مهم در دست‌یابی به استانداردهای «بیمارستان سبز» است (Luo et al., 2025). با این حال، فرایندهای متداول تصفیه فاضلاب شهری اغلب قادر به حذف کامل آلاینده‌های نوظهور و پاتوژن‌های مقاوم موجود در پساب‌های بیمارستانی نیستند که این موضوع چالش بزرگی برای بیمارستان‌هایی که قصد دارند به استانداردهای بیمارستان سبز دست یابند، ایجاد می‌کند. ارزیابی منظم پارامترهای کلیدی فاضلاب (BOD، COD، جامدات، کلر، چربی، pH و...) و مقایسه نتایج با استانداردهای ملی، برای کنترل آلاینده‌ها و ارتقای سطح تصفیه اهمیت دارد. در صورت مدیریت علمی، تصفیه‌خانه‌های بیمارستانی قادرند تأثیر آلاینده‌های خطرناک را تا حد زیادی کاهش دهند و سلامت عمومی را تضمین کنند. (Kökalp et al., 2025).

مدیریت فاضلاب بیمارستانی به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی نظام سلامت و محیط‌زیست، اهمیت فزاینده‌ای یافته است و نادیده گرفتن آن می‌تواند پیامدهای جدی برای بهداشت عمومی و اکوسیستم‌ها به همراه داشته باشد (جهانگیری، ۱۴۰۳).

فاضلاب بیمارستانی به سبب وجود آلاینده‌های نوظهور مانند داروها، ترکیبات شیمیایی مقاوم، هورمون‌ها، رادیوداروها و عوامل پاتوژنیک همچون ویروس‌ها و باکتری‌ها، به‌مراتب خطرناک‌تر از سایر پساب‌ها تلقی می‌شود و مدیریت ناکارآمد آن بستر تهدیدات

1. Esfandyari
2. WHO

بهداشتی و زیست‌محیطی گسترده را فراهم می‌سازد (عسگری و همکاران، ۱۴۰۳).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که حجم قابل‌توجهی از ضایعات پزشکی اعم از پسماندهای عفونی، شیمیایی و رادیواکتیو، همراه با پساب دفع شده در مراکز درمانی تولید می‌شود که در صورت عدم تفکیک و تصفیه مناسب، نه‌تنها منابع آب و خاک را آلوده می‌کند (میرباقری و صادقیان، ۱۴۰۰)، بلکه تهدیدی بالقوه برای سلامت عمومی و ایمنی زیستی مناطق شهری و روستایی است (درگاهی و همکاران، ۱۴۰۲). مسائل دیگری چون بقای ویروس‌هایی مانند کرونا در فاضلاب، ورود باقی‌مانده داروها به چرخه آب، دشواری حذف برخی آلاینده‌ها و نبود زیرساخت‌های مناسب برای تفکیک، بی‌خطرسازی و تصفیه مدرن، بر پیچیدگی مدیریت این نوع فاضلاب می‌افزاید. این شرایط، ضرورت مطالعات تخصصی، تدوین راهبردهای ترکیبی و ارتقای فناوری‌های تصفیه و دفع را نشان می‌دهد تا ضمن کاهش اثرات زیان‌بار فاضلاب بیمارستانی، سلامت جامعه و محیط‌زیست تضمین شود (نعمت‌پور و همکاران، ۱۴۰۳).

چالش اصلی این پژوهش در واقع ناشی از شکاف میان الزامات نظری «بیمارستان سبز» و وضعیت واقعی مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های مورد مطالعه است. به بیان دقیق‌تر، اگرچه سیاست‌های کلان زیست‌محیطی و اسناد بالادستی حوزه سلامت بر ضرورت کاهش آلودگی و پایداری در فرایندهای درمانی تأکید دارند، اما نبود زیرساخت‌های فنی کارآمد برای تصفیه کامل فاضلاب‌های بیمارستانی، ضعف در نظارت مستمر، کمبود منابع مالی و انسانی متخصص، ناکارآمدی الگوهای تفکیک پسماند و فقدان نظام داده‌محور برای پایش کیفیت پساب‌ها موجب شده تا بخش قابل‌توجهی از بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی از دست‌یابی به استانداردهای بیمارستان سبز باز بمانند. افزون بر این، ناهماهنگی نهادی میان دستگاه‌های متولی (مانند وزارت بهداشت، سازمان محیط‌زیست و شهرداری تهران (و فقدان فناوری‌های نوین تصفیه برای حذف آلاینده‌های نوظهور دارویی و میکروبی، شکاف میان اهداف راهبردی و عملکرد واقعی را تشدید کرده است. در نتیجه، چالش اصلی این پژوهش را می‌توان در تعارض میان تعهد ساختاری به پایداری زیست‌محیطی و محدودیت‌های عملیاتی در تحقق آن دانست؛ تضادی که تحلیل نظام‌مند آن در قالب مدل تلفیقی SWOT و ارزیابی عوامل داخلی و خارجی، مبنای طراحی الگوی پیشنهادی پژوهش قرار می‌گیرد.

با توجه به اهمیت فزاینده مدیریت پایدار در حوزه سلامت و ضرورت حرکت به سوی بیمارستان‌های سبز و همچنین خطرات بالقوه ناشی از پساب‌های بیمارستانی بر سلامت عمومی و محیط‌زیست، شناسایی و بررسی چالش‌های موجود در این زمینه امری حیاتی است. این پژوهش با تمرکز بر بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران که بخشی مهم از زیرساخت درمانی پایتخت هستند، با هدف بررسی چالش‌های مدیریت پسماند و پساب در این مراکز با رویکرد دست‌یابی به استانداردهای بیمارستان سبز انجام می‌گیرد تا به این سؤال پاسخ دهد که چالش‌های مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران با رویکرد بیمارستان سبز چیست؟

مبانی نظری

چارچوب نظری

مدیریت پسماند و پساب

سازمان جهانی بهداشت پسماندهای پزشکی را پسماندهای تولید شده از طریق فعالیت‌های مراقبت‌های بهداشتی شامل طیف گسترده‌ای از مواد، از سوزن‌ها و سرنگ‌های استفاده شده تا پانسمان‌های آلوده، اعضای بدن، نمونه‌های تشخیصی، خون، مواد شیمیایی، داروها، وسایل پزشکی و مواد رادیواکتیو تعریف می‌کند (Kettman et al., 2023).

پسماندهای بهداشتی و درمانی به کلیه انواع پسماندهایی گفته می‌شود که در مراکز بهداشتی و درمانی مانند بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی و درمانی و مغازه‌های دارویی تولید می‌شوند. اکثریت (۸۵٪) پسماندها غیرخطرناک، قابل کمپوست/تخریب‌پذیری زیستی و غیرقابل کمپوست هستند که نیازی به دفع تخصصی ندارند. باقیمانده پسماندهای خطرناک عبارت‌اند از: ۱۰٪ عفونی و بسیار عفونی، و ۵٪ مواد شیمیایی سمی، رادیواکتیو و داروها هستند، که همه آن‌ها نیاز به مراقبت و پردازش ویژه دارند. جفت‌ها در مکان‌هایی مانند اوگاندا که ویروس‌های منتقله از طریق خون رایج هستند به‌عنوان بسیار عفونی طبقه‌بندی می‌شوند و باید با دقت مورد استفاده قرار گیرند (Rana et al., 2023).

پسماندهای ناشی از فعالیت‌های مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند تأثیر طولانی‌مدتی بر سلامت انسان داشته باشند، از جمله افرادی که پسماندها را مدیریت می‌کنند و عموم مردم (۷ تا ۱۰) و محیط‌زیست می‌تواند از طریق منابع آب زیرزمینی آلوده به پسماندهای پزشکی تصفیه نشده مدفون شده در آن یا زهکشی شده به زمین آلوده شود (Osman et al., 2023).

افراد می‌توانند از طریق تماس مستقیم با پسماندهای آلوده یا افراد آلوده یا به‌طور غیرمستقیم از طریق آلودگی خاک، آب‌های

زیرزمینی، آب‌های سطحی یا هوا و یا از طریق حیوانات مبتلا به این بیماری آلوده شوند. قرار گرفتن در معرض مستقیم یا غیرمستقیم از طریق آلودگی محیطی به وسیله پسماندهای دارویی و آزمایشگاهی نیز می‌تواند منجر به بیماری، هم در جمعیت انسان و هم در حیوانات شود (Altman et al., 2023).

بیمارستان سبز

مفهوم «بیمارستان سبز» به رویکردی جامع در مدیریت مراکز درمانی اطلاق می‌شود که فراتر از ارائه خدمات پزشکی، به مسئولیت‌های زیست‌محیطی و اجتماعی خود نیز توجه دارد. بیمارستان‌های سنتی، به دلیل مصرف بالای انرژی و آب، تولید حجم قابل‌توجهی پساب و استفاده از مواد شیمیایی، ردپای زیست‌محیطی قابل ملاحظه‌ای دارند. بیمارستان‌های سبز تلاش می‌کنند با اتخاذ استراتژی‌های پایدار، این اثرات منفی را به حداقل برسانند. هدف اصلی این بیمارستان‌ها، ایجاد محیطی سالم برای بیماران، کارکنان و جامعه، هم‌زمان با حفاظت از منابع طبیعی و کاهش آلودگی است. این رویکرد نه‌تنها به بهبود محیط‌زیست کمک می‌کند، بلکه از نظر اقتصادی نیز در بلندمدت سودمند است (Luo et al., 2025).

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های نقش بیمارستان‌های سبز در ارتقای کیفیت محیط‌زیست، تمرکز آن‌ها بر بهره‌وری انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر است. بیمارستان‌ها از مصرف‌کنندگان عمده انرژی هستند و کاهش مصرف انرژی به معنای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا از نیروگاه‌هاست. بیمارستان‌های سبز با اقداماتی نظیر بهینه‌سازی سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، استفاده از نور طبیعی و روشنایی LED، نصب عایق‌های حرارتی کارآمد و حتی بهره‌گیری از پنل‌های خورشیدی یا توربین‌های بادی، مصرف انرژی خود را به شکل چشمگیری کاهش می‌دهند. این اقدامات مستقیماً به بهبود کیفیت هوای منطقه و کاهش تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند. مدیریت پایدار منابع آب و تصفیه پیشرفته پساب، حوزه دیگری است که بیمارستان‌های سبز نقش حیاتی در آن ایفا می‌کنند. بیمارستان‌ها مقادیر زیادی آب مصرف می‌کنند و پساب آن‌ها حاوی پاتوژن‌ها، مواد شیمیایی و باقی‌مانده‌های دارویی است که می‌تواند منابع آب را آلوده کند. بیمارستان‌های سبز با نصب شیرآلات کم‌مصرف، استفاده مجدد از آب خاکستری برای مصارف غیرشرب و پیاده‌سازی سیستم‌های تصفیه پیشرفته‌تر از حد استاندارد، اطمینان حاصل می‌کنند که پساب خروجی آن‌ها کمترین بار آلودگی را داشته باشد. این اقدامات به حفاظت از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع آب زیرزمینی کمک کرده و کیفیت آب را برای استفاده‌های بعدی بهبود می‌بخشد (Elgazzar et al., 2025).

مدیریت صحیح پسماند و پساب، سنگ بنای عملکرد زیست‌محیطی یک بیمارستان سبز است. این بیمارستان‌ها بر کاهش تولید پسماند از مبدأ، تفکیک دقیق انواع آن‌ها، بازیافت تا حد امکان مواد قابل بازیافت و انتخاب روش‌های تصفیه و دفع ایمن و سازگار با محیط‌زیست (مانند اتوکلاو به جای سوزاندن در صورت امکان) تمرکز دارند. جلوگیری از دفن پسماندهای خطرناک در محل‌های دفن زباله عمومی یا سوزاندن آن‌ها بدون کنترل آلودگی، از آلودگی خاک و انتشار مواد سمی در هوا جلوگیری می‌کند. این رویکرد نه‌تنها سلامت عمومی را در برابر پساب‌های عفونی محافظت می‌کند، بلکه آلودگی بلندمدت محیط‌زیست را نیز کاهش می‌دهد. فراتر از مدیریت انرژی، بیمارستان‌های سبز به جنبه‌های دیگری نیز برای ارتقای کیفیت محیط‌زیست توجه دارند. استفاده از مواد ساختمانی و رنگ‌های دوستدار محیط‌زیست، خرید محصولات محلی و پایدار، کاهش استفاده از مواد شیمیایی مضر در نظافت و گندزدایی، و ایجاد فضاهای سبز در محوطه بیمارستان، همگی به بهبود کیفیت هوای داخلی، کاهش آلودگی‌های شیمیایی و ایجاد محیطی سالم‌تر کمک می‌کنند. این اقدامات مجموعاً منجر به کاهش ردپای اکولوژیکی بیمارستان شده و نقش مهمی در ترویج فرهنگ پایداری در حوزه سلامت و در سطح جامعه ایفا می‌کنند.

ارتباط میان مبانی نظری مدیریت پسماند و پساب با مفهوم بیمارستان سبز، بر محور تکامل رویکرد از مدیریت واکنشی به مدیریت پیشگیرانه و یکپارچهٔ زیست‌محیطی استوار است.

در سطح نخست، مدیریت پسماند و پساب در مراکز درمانی بر شناسایی، جداسازی، جمع‌آوری، انتقال، تصفیه و دفع ایمن مواد و پساب‌های خطرناک تمرکز دارد تا از انتشار آلودگی به منابع خاک و آب جلوگیری کند. این چارچوب، جنبهٔ عملی سلامت عمومی و محیطی را پایه‌گذاری کرده و به‌مثابهٔ بنیان عملکردی برای نظام بهداشتی محسوب می‌شود. اما وقتی همین مفهوم به ساحت توسعهٔ پایدار وارد می‌شود، رویکرد بیمارستان سبز آن را از سطح واکنش به آلودگی به سطح پیشگیری از تولید آلودگی ارتقا می‌دهد. در این حالت، تمرکز صرفاً بر دفع مواد خطرناک نیست، بلکه بر کاهش تولید آن‌ها در مبدأ، بازیافت مؤثر منابع، بهینه‌سازی مصرف انرژی و آب، و طراحی معماری و مدیریتی سازگار با محیط استوار است. بنابراین «مدیریت پسماند» در اینجا به‌عنوان زیرسیستمی حیاتی برای کارکرد کل‌نگر «بیمارستان سبز» عمل می‌کند و از حیث نظری، پیوندی درونی میان سلامت انسان، سلامت محیط و پایداری اقتصادی برقرار می‌سازد.

در سطح دوم، انسجام نظری میان این اجزا با در نظر گرفتن هر دو دیدگاه، در چارچوب سلامت سیستمی شکل می‌گیرد؛ مفهومی که هم‌زمان به پویایی گرما، مواد شیمیایی، منابع آب و جریان‌های زیستی توجه دارد. از این منظر، پساب بیمارستانی نه یک پدیدهٔ صرفاً فنی بلکه بخشی از زنجیرهٔ سلامت اکولوژیک است که با تغییر در شیوه‌های مصرف، تصفیه و بازچرخانی، بر بقا و تعادل زیستی تأثیرگذار است. بیمارستان سبز با انضمام شاخص‌های مدیریت پسماند در سیاست‌های کلان خود، «سلامت محیطی» را از وضعیت تبعی به جایگاه هم‌سطح با سلامت بالینی ارتقا می‌دهد. بنابراین، مبانی نظری هر دو حوزه در امتداد یکدیگر معنا می‌یابند: مدیریت پسماند و پساب، بنیان‌گذار استانداردهای سلامت زیست‌محیطی است و بیمارستان سبز با نهادینه‌سازی این استانداردها در مدیریت انرژی، آب، مواد و فضا، آن را به پارادایمی جامع برای توسعه پایدار در نظام سلامت تبدیل می‌کند.

پیشینه پژوهش

پژوهش فغانی و همکاران (۱۴۰۴)، به ارزیابی کمی و کیفی پساب سه تصفیه‌خانه شهری در استان گلستان برای کاربردهای کشاورزی پرداخت. نتایج نشان داد وجود فلزات سنگین مانند جیوه و وانادیوم، تراکم بالای کلیفرم میکروبی و غلظت نامطلوب کلراید و منیزیم، کیفیت پساب را در برخی ایستگاه‌ها از حدود استاندارد خارج کرده است. در نتیجه، استفاده از این پساب‌ها در آبیاری تنها با اجرای تصفیهٔ تکمیلی، گندزدایی مؤثر و پایش مستمر قابل توصیه است.

صباغ و ملاشاهی (۱۴۰۳)، در پژوهش به بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین کروم، سرب، نیکل و روی در شیرابه مرکز دفن پسماند سمسکنده ساری پرداخت. نتایج نشان داد مقادیر این فلزات به‌ویژه کروم و سرب در اغلب ایستگاه‌ها و نمونه‌های خاک، بالاتر از حدود استاندارد بوده و با فاصله گرفتن از محل دفن، غلظت آن‌ها کاهش یافته است. در نهایت مشخص شد که منطقه مورد مطالعه به‌شدت در معرض آلودگی فلزات سنگین قرار دارد و خطر جدی برای خاک، پوشش گیاهی و منابع آب ایجاد می‌کند.

روزبهانی، خامسی و معدنی (۱۴۰۲)، وضعیت مدیریت پسماند را در مسیر تحقق استانداردهای بیمارستان سبز در مرکز دکتر مسیح دانشوری بررسی می‌کند. آن‌ها میزان تولید، تفکیک، ذخیره‌سازی، جمع‌آوری، حمل‌ونقل و دفع انواع زباله‌های بیمارستانی را در سال ۱۴۰۲ ارزیابی کردند و دریافتند که ۶۰٪ زباله‌ها عفونی، ۳۶٪ عادی و کمتر از ۲٪ شیمیایی یا تیز هستند. مدیریت مطلوب تفکیک زباله در اکثر بخش‌ها گزارش شد و در بخش‌هایی چون اتاق عمل و دیالیز کاهش قابل‌توجهی در تولید زباله دیده شد. فرایند استریلیزاسیون فقط با دستگاه بدون خردکن انجام می‌شود و زباله استریل شده به‌عنوان عادی به شهرداری تحویل می‌گردد. نتیجه‌گیری پژوهش نشان می‌دهد استقرار کامل استانداردهای بیمارستان سبز به آموزش، بودجه و سیاست‌گذاری دقیق‌تر نیاز دارد.

فرزادکیا و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی مدیریت پسماند را در یک بیمارستان فوق تخصصی تهران بررسی کردند و نشان دادند که عدم جداسازی صحیح پسماندهای عفونی و عادی وجود داشته و مدیریت پسماند مطلوب نیست. حجم قابل‌توجهی از پسماند روزانه تولید می‌شود و وضعیت فعلی نیازمند اقدامات جدی برای بهبود جداسازی و مدیریت پسماند است. مجموع این یافته‌ها نشان می‌دهد که اگرچه تلاش‌هایی برای بهبود مدیریت پسماند و پساب و استفاده از روش‌های بی‌خطرسازی انجام شده است، اما چالش‌های جدی درزمینهٔ تفکیک در مبدأ، نسبت بالای پساب‌های خطرناک/عفونی و اجرای جامع استانداردهای مدیریت در راستای رویکرد بیمارستان سبز همچنان وجود دارد و نیازمند توجه و اقدامات بیشتر است.

والی[1] (۲۰۲۴)، در پژوهش‌های خارجی نیز گزارش داد تغییرات آب و هوایی تهدیدی بزرگ برای سلامت جهانی است و سالانه صدها هزار مرگ و میر اضافی پیش‌بینی می‌شود، در حالی که سیستم‌های بهداشتی نیز در انتشار کربن نقش دارند. مفهوم «بیمارستان سبز» با تمرکز بر بهره‌وری منابع و پایداری، راهکاری برای کاهش این تأثیرات منفی ارائه می‌دهد. با این حال، چالش‌های مدیریتی و موانع اجرایی نیازمند اصلاح فوری سیستم‌های بهداشتی برای حرکت به سوی شیوه‌های پایدارتر هستند.

نارفیکری و همکاران[2] (۲۰۲۴)، نیز گزارش دادند بیمارستان‌ها علاوه‌بر ارائه خدمات درمانی، می‌توانند عامل تولید آلودگی‌های زیست‌محیطیِ خطرناک و تغییرات اقلیمی باشند، ازاین‌رو راه‌اندازی «بیمارستان سبز» با تکیه‌بر حمایت و پذیرش جامعه ضروری است. این پژوهش با روش رگرسیون خطی ساده و پرسشنامه از ۴۰۰ کاربر بیمارستان سبز در اندونزی و تایوان و آزمون‌های نرمالیتی، خطی بودن و هتروسکداستیسیته، تأثیر آگاهی، نگرش، رفتار و هنجارهای عمومی را بر قدرت بیمارستان سبز بررسی کرد. یافته‌ها نشان داد افزایش هریک از این ابعاد به‌طور معناداری قدرت و تصویر بیمارستان سبز را تقویت می‌کند و برای پایداری این طرح باید علاوه‌بر اجرای اصول فنی، به ادراک و حمایت جامعه نیز توجه شود. برای تثبیت مفهوم بیمارستان سبز جلب حمایت و پذیرش جامعه و اصلاح ساختارهای مدیریتی ضرورت دارد. با وجود تمرکز گسترده بر زباله‌های بیمارستانی جامد، بررسی نظام‌مند چالش‌های مدیریت پسماند و پساب ـ از قبیل حجم تولید، کیفیت خروجی، روش‌های تصفیه و انطباق با معیارهای بیمارستان سبز ـ در مراکز تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران هنوز انجام نشده است. این کمبود

1. Vallée
2. Nurfikri et al

مانع از تدوین راهبردهای جامع و بومی درزمینهٔ حفاظت از منابع آب و ارتقای پایداری زیست‌محیطی در این مجموعه بیمارستانی می‌شود.

روش انجام پژوهش

روش این پژوهش بر پایه طرحی ترکیبی (کیفی–کمی) و رویکردی کاربردی تنظیم شده است تا هم داده‌های تجربی حاصل از پایش پساب بیمارستانی و هم دیدگاه‌های متخصصان حوزه محیط‌زیست و سلامت ارزیابی گردد. جامعه آماری شامل کارکنان و مدیران فعال در بخش‌های مختلف مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران بود. داده‌های کیفی از طریق مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته گردآوری گردید تا عوامل مؤثر محیطی، سازمانی و رفتاری در مدیریت پسماند مشخص شود. مصاحبه‌ها ضبط، بازخوانی و تحلیل مضمون شدند. داده‌های کمی مربوط به پساب نیز براساس نمونه‌برداری منظم از خروجی تصفیه‌خانه‌های بیمارستانی و آزمایش پارامترهای کلیدی مطابق با دستورالعمل سازمان حفاظت محیط‌زیست انجام گرفت. به‌منظور اطمینان از دقت نتایج، کلیه آزمون‌ها مطابق با استاندارد روش‌های بین‌المللی انجام و نمونه‌ها در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی آنالیز شدند.

در فرایند آزمایش، برای سنجش پارامترهای کیفی پساب از روش‌های معتبر استفاده شد: کلر کل و آزاد با روش یدومتری یا معرف DPD، فسفات با واکنش آرسنومولیبدات در طول موج ۸۸۰ نانومتر، آمونیوم با روش نسر در طول موج ۴۲۵ نانومتر، نیترات با روش کادمیوم رداکسیون یا اسپکتروفتومتری، جامدات معلق کل و جامدات محلول کل به روش وزنی و تبخیری، pH با pH متر دیجیتال، چربی و روغن با استخراج هگزان، دما با ترمومتر و اکسیژن محلول به روش کلاسیک وینکلر اندازه‌گیری گردید. داده‌های به دست آمده با حدود مجاز استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳ و راهنمای سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد تا میزان انطباق یا تخطی از حدود مجاز مشخص شود. در مواردی که تغییرات روزانه شدید بود، برای کاهش خطا میانگین‌های فصلی محاسبه شد.

برای تحلیل تطبیقی داده‌ها، محدوده مجاز هر پارامتر براساس «استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳ و دستورالعمل کیفیت پساب سازمان جهانی بهداشت تعیین شد. رنج مجاز مطابق این منابع برای شاخص‌ها عبارت است از:

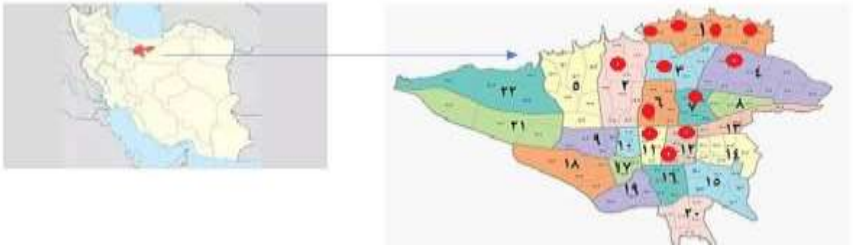
- کل جامدات معلق (TSS): حداکثر ۳۰ تا ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر؛
- اکسیژن محلول (DO): حداقل ۲ تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر؛
- آمونیوم (NH_4^+): کمتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر؛
- نیترات (NO_3^-): کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر؛
- فسفات (PO_4^{3-}): ۱ تا ۲ میلی‌گرم بر لیتر.

مقادیر مشاهده شده در هر بیمارستان با رنج‌های فوق مقایسه و در صورت تجاوز از حدود مجاز، به‌عنوان «تخطی از استاندارد» طبقه‌بندی شدند. در مواردی که مقادیر در محدوده مرزی نوسان داشتند، ارزیابی به صورت میانگین فصلی انجام شد تا اثر ناپایداری روزانه کاهش یابد.

در بخش تحلیلی، داده‌های توصیفی و مقادیر مشاهده شده در قالب جدول و نمودار با حدود استاندارد تطبیق یافت و به تفکیک هر بیمارستان ارزیابی گردید. در ادامه، بر پایه مدل ارزیابی استراتژیک، عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) شناسایی و از طریق پرسشنامه کمی امتیازدهی شدند. این داده‌ها در قالب ماتریس‌های IFE و EFE تنظیم شد و سپس ماتریس جامع SWOT تشکیل گردید تا اولویت‌بندی و تبیین راهبردهای مدیریتی در چهار گروه SO، WO، ST و WT صورت گیرد. تلفیق داده‌های تجربی و تحلیلی به استخراج الگویی بهینه برای ارتقای مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های دانشگاه منجر شد که ضمن توجه به معیارهای فنی و زیست‌محیطی، راهکارهای آموزشی، فناورانه و نظارتی را نیز برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی مراکز درمانی ارائه می‌کند.

محدودهٔ مورد مطالعه

محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش، بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران شامل بیمارستان‌های اختر، ۱۵ خرداد، شهدای تجریش، طالقانی، طرفه، لبافی‌نژاد، لقمان، مدرس و مفید بود که همگی در شهر تهران قرار داشتند. محدودهٔ مطالعاتی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعه پژوهش

در این پژوهش، خبرگان پـژوهش کـه شـامل ۱۴ نفـر از متخصصـان درزمینهٔ مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های تابعـه دانشـگاه علـوم پزشکی شهید بهشتی بودند، انتخاب شدند. این افراد که بیشترین تجربه در حوزه مورد مطالعه را داشتند، حداقل ۱۴ سال سابقه کاری داشـتند و به‌عنوان خبرگان و صاحب‌نظران درزمینـهٔ مـدیریت پسـماند و پسـاب شناخته شده بودند. از نظر توزیع جنسیتی، مشخص گردید که بـین ۱۴ خبرگان، ۵ نفر به‌عنـوان مـرد و ۹ نفـر بـه‌عنـوان زن حضـور داشـتند. همچنین بررسی گروه سنی نشان داد که بیشتر خبرگان در گروه سـنی ۴۰ تا ۵۰ سـال قـرار داشـتند (۵۷/۱ درصـد) و بخشـی از آنـان (۲۸/۵ درصد) در گروه سنی بالای ۵۰ سال بودند. در قسـمت تحصـیلات، ۸ نفر از خبرگان دارای مدرک کارشناسی، ۵ نفر دارای کارشناسی ارشـد و ۱ نفر دارای مدرک دکتری بودند. علاوه‌بر ایـن، مسـئولیت‌های شـغلی خبرگان از مسئول واحد، کارشناس بهداشت، سوپروایزر در بخش‌هـای مختلف تا مدیرعامل پیمانکاری و ناظر قرارداد در میان شرکت‌کنندگان توزیع شده بود.

نتایج با استفاده از مقادیر مرجع ارزیابی شدند؛ بدین معنا کـه بـرای هر پارامتر، میانگین اندازه‌گیری شده در مقایسه با حد مجـاز اسـتاندارد سازمان بهداشت جهانی قرار گرفت. چنانچـه مقـدار انـدازه‌گیری شـده بیش از حد مجاز بـود، وضـعیت «نـامطلوب» و در غیـر ایـن صـورت «مطلوب» در جـدول دوم علامت‌گـذاری گردیـد. ایـن شـیوه امکـان مقایسه نظام‌مند میان بیمارستان‌ها را فراهم کـرد و از ابهـام در تفسـیر داده‌ها جلوگیری کرد.

تحلیل وضع موجود

در این بخش از مطالعات به بیان و تحلیـل مـدیریت پسـماند و پسـاب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شـهید بهشـتی تهـران پرداختـه خواهد شد. قابلیت‌ها و تنگناها نقـاط قـوت و ضـعف داخلـی در زمـره فعالیت‌های قابل کنترل قرار می‌گیرند. رویکردهای مـدیریت پسـماند و پساب می‌کوشند استراتژی‌هایی را به اجرا درآورند که نقاط قوت داخلی آن‌ها تقویت گردد و ضعف‌های داخلی‌شان برطرف شود یا بهبود یابد.

در جـدول ۱، میـانگین سـالیانهٔ پارامترهـای اصـلی پسـاب بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشـتی تهـران ارائـه شده است. این پارامترها شامل شـاخص‌های کیفـی مهـم نظیـر کلـر، فسفات، آمونیوم، جامدات معلق و محلـول، چربـی، نیتـرات و اکسـیژن محلول در نمونه‌های پساب هستند که هـر یـک در ارزیـابی وضـعیت زیست‌محیطی و بهداشتی نقش تعیین‌کننده دارند. داده‌هـا نشـان‌دهندهٔ تنوع قابل توجه غلظت آلاینده‌ها میان مراکـز مختلـف بـوده و بیـانگر تفاوت‌های زیرساختی و عملکردی تصفیه‌خانه‌های بیمارسـتانی اسـت. هدف از این جدول، مقایسه تطبیقی کیفیـت پسـاب در مراکـز درمـانی منتخب و ارزیابی میزان انطباق آن‌ها با حدود مجاز استانداردهای ملی و الزامات بیمارستان سبز می‌باشد.

براساس داده‌ها، مقدار کلر کل از ۴۶ میلی‌گرم بر لیتر در بیمارستان شهدای تجریش تا ۵۸۱ میلی‌گرم بر لیتـر در بیمارسـتان طرفـه تغییـر کرده است. با توجه به اینکه حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست برای کلر کل کمتر از ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است، تمـامی مقادیر در محدوده مجاز قرار دارند. مقدار فسفات بـین ۰/۴۵ میلی‌گـرم بر لیتر در بیمارستان مدرس تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر در بیمارستان طالقانی ۴ متغیر است، در حالی که حد مجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست ۱ تـا ۲ میلی‌گرم بر لیتر اعلام شده است؛ بنابراین بخشی از نمونه‌ها (از جمله طالقانی ۴ و لبافی‌نژاد ۱ و ۳) بالاتر از محـدوده مجـاز هسـتند و سـایر موارد در بازه قابل‌قبول قرار دارند. آمونیوم در محـدوده‌ای از ۰/۰۲ تـا ۳/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نوسان دارد و مقدار اسـتاندارد آن کمتـر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر است؛ لذا مقادیر ثبت‌شده در کلیـه بیمارسـتان‌ها در محدوده مجاز قرار داشته‌اند. شـاخص جامـدات معلـق کـل در ایـن مراکز از ۳ تا ۱۴۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر اسـت، در حـالی کـه حـد مجاز استاندارد ۳۰ تا ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد؛ ازایـن‌رو، مقـادیر مشاهده‌شـده در بیمارسـتان‌های پـانزده خـرداد ۲ (۷۱ mg/L)، طالقانی، طرفه و مدرس از حد مجاز فراتر رفته‌اند.

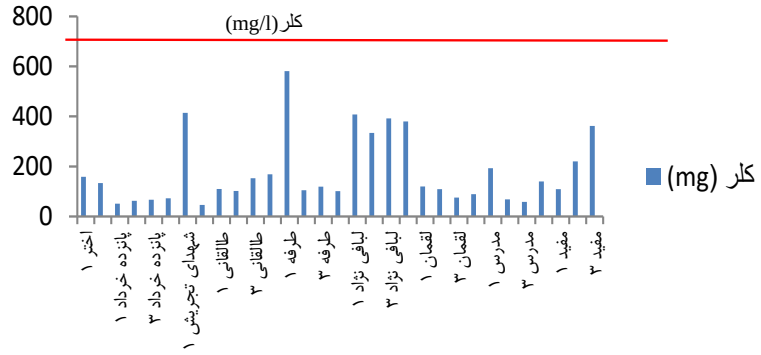
میزان نیترات در محدوده ۳ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گـزارش شـده است و با در نظر گرفتن استاندارد حداکثر ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، مشخص می‌شود که در برخی موارد مانند طالقانی ۲، طرفه ۳ و مفید ۳، مقادیر از حـدود مجـاز فراتـر رفته‌انـد. در مقابـل، شـاخص pH در تمـامی بیمارستان‌ها بین ۶/۷ تا ۸/۵ نوسان دارد و با توجه به محدوده مجـاز ۶ تا ۸/۵ در استاندارد ملی، وضعیت مطلـوبی دارد. در خصـوص اکسـیژن محلول مقدار اندازه‌گیری شده بین ۱/۲ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده است، در حالی که مقدار استاندارد باید حداقل ۲ میلی‌گرم بر لیتر باشـد؛ ازاین‌رو در برخی نمونه‌ها، مانند مـدرس ۱ بـا ۱/۸ میلی‌گـرم بـر لیتـر، پساب از نظر اکسیژن محلول در وضعیت نامطلوب قرار دارد. بنابراین در اکثر بیمارستان‌های مورد مطالعه، پارامترهای کلـر، آمونیـوم، و pH در محدوده مجاز بوده‌انـد؛ امـا پارامترهـای حسـاس‌تر از جملـه فسـفات، جامدات معلق، نیتـرات و اکسـیژن محلـول در برخـی مراکـز از حـدود تعیین‌شده سازمان حفاظت محیط‌زیست فراتر رفته و نیازمنـد بـازنگری در فرایند تصفیه و هوادهی هستند.

جدول ۱. میانگین سالیانهٔ پارامترهای پساب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

نام بیمارستان	کلر (mg)	فسفات (mg)	دما (درجه سانتی‌گراد)	آمونیوم (mg)	جامدات معلق (mg)	جامدات محلول (mg)	PH	چربی (mg)	اکسیژن محلول (mg)	کلر آزاد (mg)	نیترات (mg)
اختر ۱	۱۵۹	۴/۱	۲۳	۱/۲	۸	۵۹۸	۶/۹	۰/۵	۲/۱	۰/۱	۷
اختر ۲	۱۳۴	۲/۴	۲۰	۰/۷	۱۸	۶۹۵	۷/۷	۰/۲	۳/۳	۰/۱	۱۲
پانزده خرداد ۱	۵۱	۲/۹	۳۳	۰/۴۲	۲۴	۳۹۵	۷/۵	۰/۱	۲/۳	۰/۷	۸
پانزده خرداد ۲	۶۳	۵/۱	۳۰	۰/۹۲	۷۱	۴۴۶	۷/۶	۱/۳	۲	۱/۸	۵
پانزده خرداد ۳	۶۷	۲/۷	۱۸	۰/۸	۶	۴۷۸	۷/۹	۰/۱	۲/۲	۰/۸	۶
پانزده خرداد ۴	۷۳	۲/۹	۱۷	۰/۷	۱۱	۴۵۸	۷/۲	۰/۲	۲/۶	۱	۹
شهدای تجریش ۱	۴۱۴	۴/۱	۳۰	۰/۸۸	۲۳	۸۹۰	۷/۶	۰/۹	۲/۱	۰/۱	۸
شهدای تجریش ۲	۴۶	۲/۶	۲۹	۰/۵	۳۹	۳۲۵	۷/۷	۰/۱	۲/۳	۱	۱۰
طالقانی ۱	۱۰۹/۸	۰/۹	۲۴/۳	۱/۱	۴۵	۶۰۰	۶/۷۹		۲/۱۲	۱	۲۱
طالقانی ۲	۱۰۲/۵	۱,۲	۲۴/۲	۱/۰۶	۵۵	۶۷۰	۷/۰۶		۲/۰۳	۳	۸۰
طالقانی ۳	۱۵۳	۲/۹	۲۲/۳	۲/۴	۴۵	۶۰۰	۷/۲۳		۲/۲۵	۰/۲	۴۴
طالقانی ۴	۱۶۹	۵	۲۲/۱	۲/۲۵	۶۰	۵۹۰	۷/۷۲		۲/۱۴	۰/۵	۴۱
طرفه ۱	۵۸۱	۵/۱	۲۱/۲	۰/۸	۵۸		۷/۴۶		۴		۹
طرفه ۲	۱۰۵	۰/۵۸	۲۴/۴	۰/۹	۳۵	۵۵۰	۷/۸۲		۲/۲۳	۳	۴۰
طرفه ۳	۱۱۹/۱	۱/۱	۲۳/۳	۰/۵	۱۴۰	۷۸۰	۷/۸۳		۲/۰۳	۱	۱۰۰
طرفه ۴	۱۰۵/۵	۰/۹	۲۵/۲	۱/۳	۱۲	۷۳۰	۷/۳۶		۲/۲۳	۱	۱۴
لبافی‌نژاد ۱	۴۰۸	۴/۸	۱۸	۱/۹	۳۶	۱۱۸۵	۷/۸	۰/۹	۲	۰/۸	۱۳
لبافی‌نژاد ۲	۳۳۴	۳/۷	۲۸/۵	۱/۸	۱۳	۱۰۰۷	۷/۲	۰/۵	۲/۲	۱	۸
لبافی‌نژاد ۳	۳۹۲	۴/۹	۳۱	۲/۱	۱۹	۱۱۳۶	۷/۴	۱/۹	۲	۰/۷	۷
لبافی‌نژاد ۴	۳۸۰	۲/۴	۲۱	۱/۲	۱۶	۱۱۰۴	۷/۶	۱/۲	۲/۲	۰/۷	۱۰
لقمان ۱	۱۲۰	۴/۹	۱۴/۷	۰/۰۶۲۵	۱۱/۸۲		۸/۰۵		۴/۰۵		۴/۷
لقمان ۲	۱۰۹/۱۸	۴/۸	۱۶/۲	۰/۰۵۴	۱۱/۷۱		۸/۱۳		۳/۹۵		۴/۶
لقمان ۳	۷۵/۹	۰/۳۵۸	۱۳/۵	۰/۰۲۱	۱۱/۸۲		۷/۷۲		۳/۳۵		۴/۱
لقمان ۴	۸۹/۶	۰/۴۲۳	۱۰/۲	۰/۲۳	۲۰		۷/۸۴		۳/۴۵		۴/۷
مدرس ۱	۱۹۲/۸	۰/۴۵	۲۴/۲	۲/۴۹	۴۹		۶/۹۳		۵/۸۹	۰	۲۵
مدرس ۲	۶۸/۴۸	۲/۴۱	۲۵/۸	۲/۲	۸		۷/۱۴		۶/۵۲	۰	۲
مدرس ۳	۵۸/۳۹	۱/۶	۲۴/۳	۰/۱۶	۱۲		۷/۴۱		۴/۹۲	۰	۸/۸
مدرس ۴	۱۴۰/۲۷	۱/۶	۲۶/۹	۳/۱۶	۳		۷/۳۷		۴/۶۱	۰/۲	۳
مفید ۱	۱۰۹/۶	۰/۸	۲۳/۵	۰/۵۴	۲۶	۸۷۰	۷/۰۵		۲/۳۶	۱	۴۶
مفید ۲	۲۲۰	۱/۷	۲۳/۵	۱/۴	۳۵	۸۱۰	۷/۷۲		۲/۲۶	۱	۲۴/۳
مفید ۳	۳۶۲	۱/۲۵	۲۳/۵	۱/۵	۱۸	۱۰۹۰	۷/۱۸		۲/۳	۱	۴۸

با توجه به اطلاعات به دست آمده از جدول بالا نمودارهای مقایسه‌ای به شکل زیر گزارش می‌شود:

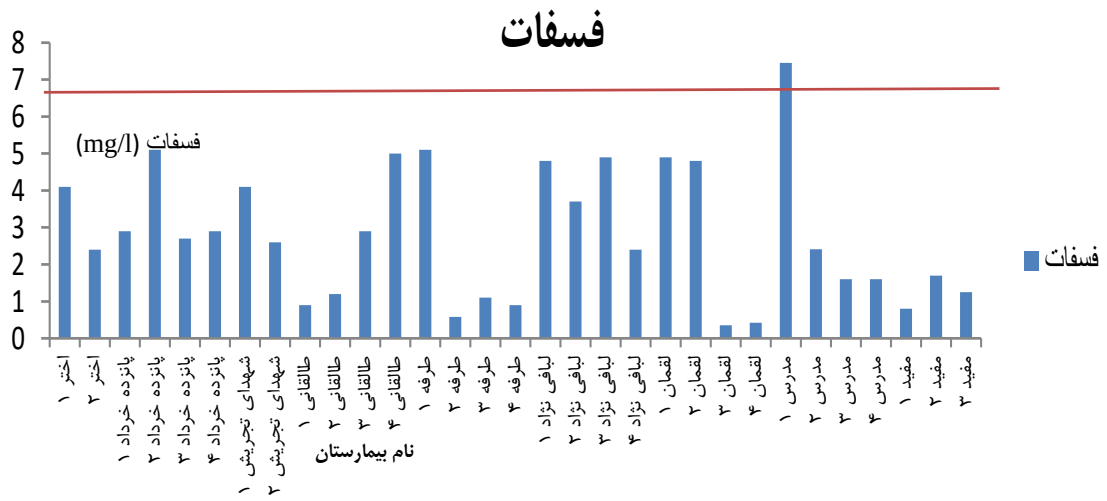
در نمودار ۱، میزان کلر برحسب میلی‌گرم در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی تهران گزارش شده است. میزان کلر باید کمتر از ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. با توجه به نمودار بالا مشخص می‌شود که آلودگی کلر در فاضلاب‌های بیمارستانی موجود نیست.



نمودار ۱. وضعیت کلر (mg/l) گزارش شده در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

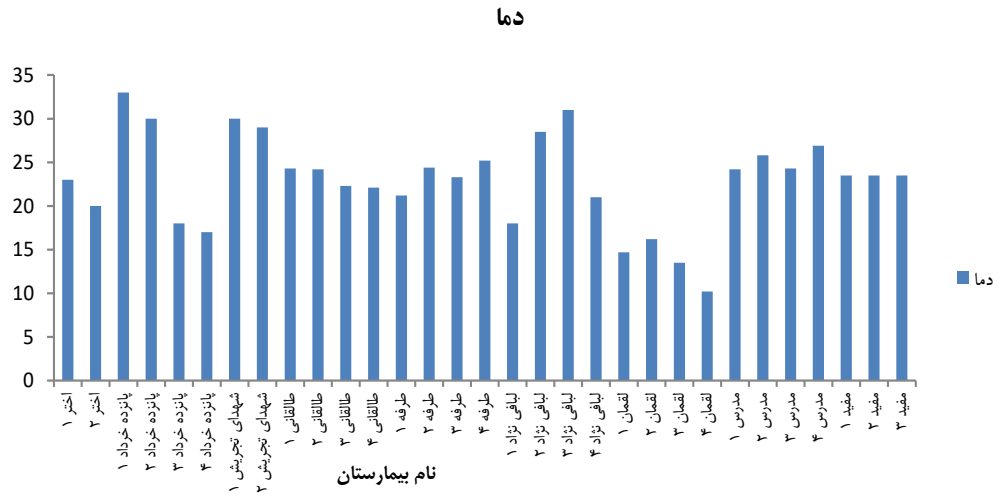
نام بیمارستان

در نمودار ۲، میزان فسفات برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. بر اساس استاندارد خروجی فاضلاب، میزان فسفات باید کمتر از ۶ میلی‌گرم بر لیتر باشد. بنابراین تنها بیمارستان مدرس در گزارش اول خود دارای آلودگی فسفات در پساب بوده است. از جدیدترین تکنولوژی‌های تصفیه فاضلاب ترکیب سیستم‌های غشایی و بیولوژیکی است که از آن جمله می‌توان به بیوراکتورهای غشایی اشاره کرد. بیوراکتور غشایی ترکیبی از فرآیند لجن فعال و جداسازی غشایی را بیان می‌کند. متأسفانه بیمارستان شهید مدرس از این نظر در وضعیت مناسبی قرار ندارد و عدم استفاده از این تکنولوژی در تصفیه پساب سبب شده که آلودگی فسفات در بیمارستان مدرس گزارش شود.



نمودار ۲. وضعیت فسفات گزارش شده (mg/l) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

در نمودار ۳، میزان درجه حرارت در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. در این مورد استانداردها توضیحی در مورد محدودهٔ استاندارد دما ارائه نکرده‌اند با این حال دمای فاضلاب کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است.

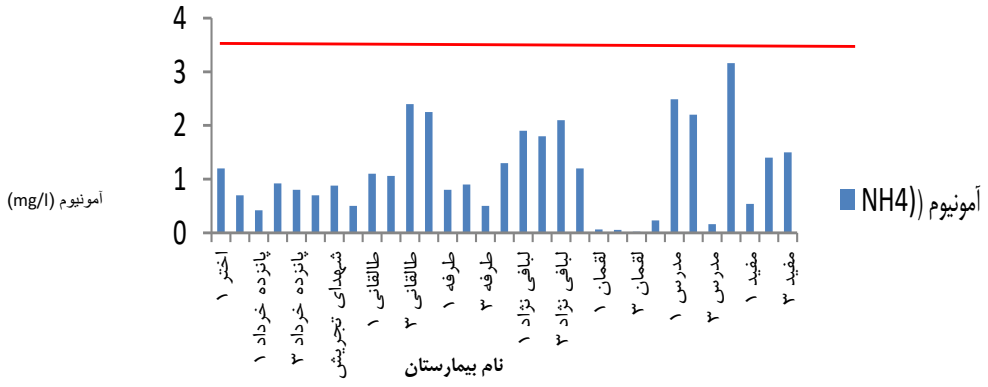


نمودار ۳. وضعیت دمای گزارش شده (درجه سانتی‌گراد) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

در نمودار ۴، میزان آمونیوم در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. حد مجاز آمونیوم در گزارش‌های استاندارد باید کمتر از ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد بنابراین فاضلاب بیمارستان شهید مدرس در گزارش چهارم خود دارای آلودگی آمونیوم بوده است. علاوه‌بر آن فاضلاب این بیمارستان در گزارش اول خود نیز نزدیک به حد مجاز این آلودگی بوده است. استفاده زیاد از سرم و به‌تبع آن استفاده زیاد از سرویس‌های بهداشتی در بیمارستان‌ها، باعث بالا رفتن مقدار آمونیاک در فاضلاب بیمارستان می‌شود. به نظر می‌رسد که

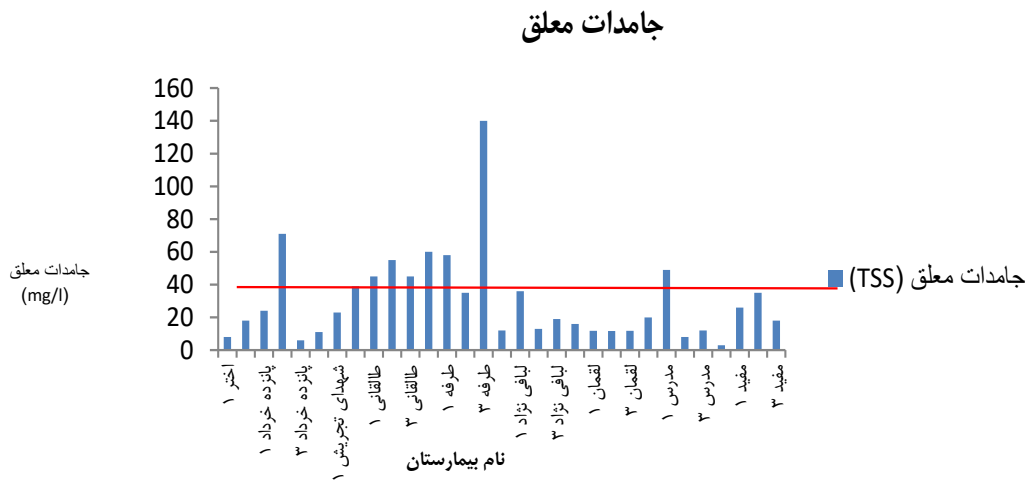
غلظت نیتروژن کل و پروتئین‌ها در فاضلاب بیمارستانی کمی بیشتر از فاضلاب شهری یا بهداشتی است. در نتیجه در اثر هوادهی و تجزیه مواد آلی ازت‌دار، آمونیاک تولید می‌شود. بخشی از آن با عمل نیترات‌سازی (نیتریفیکاسیون) به نیترات تبدیل می‌شود، ولی مقداری هم بدون تغییر باقی می‌ماند. برای کاهش آمونیاک، نیاز به افزایش اکسیژن محلول، افزایش MLVSS (جامدات معلق فرار مایع مخلوط) و افزایش SRT (سن لجن) است. هم‌چنین ممکن است لازم شود تا حجم حوض هوادهی افزایش یابد. برای حذف کامل ازت (دینیتریفیکاسیون) باید واحد انوکسیک مناسب و برگشت داخلی جریان نیز فراهم شود.

یکی دیگر از روش‌های حذف آمونیاک از پساب بیمارستانی، استفاده از فرایند اکسیداسیون پیشرفته نظیر اکسیداسیون فنتون است که یک فناوری مقرون‌به‌صرفه می‌باشد. این فرآیند تصفیه، تضمین ضدعفونی فاضلاب با تأیید عدم وجود کلی‌فرم را می‌دهد و این موضوع برای جلوگیری از انتشار بیشتر باکتری‌های مقاوم به محیط بسیار مهم است.



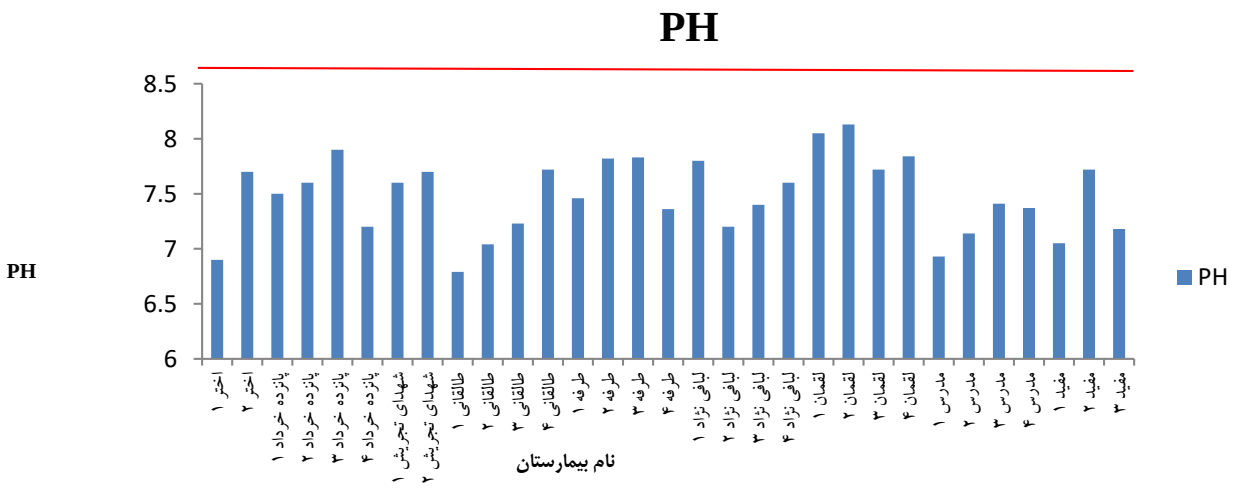
نمودار ۴. وضعیت آمونیوم گزارش شده (mg/l) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

در نمودار ۵، میزان جامدات معلق در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. حد مجاز جامدات معلق در گزارش‌های استاندارد باید کمتر از ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد. بر این مبنا بیمارستان‌های پانزده خرداد، طالقانی، طرفه و شهید مدرس از نظر جامدات معلق در محدودهٔ غیرمجاز قرار دارند. بالا بودن مقدار کل جامدات معلق فاضلاب می‌تواند به دلایلی از قبیل خراب بودن پاروی حوضچه ته‌نشینی، مناسب نبودن شیب پارو، ساخت‌وساز مجاور بیمارستان، پساب ناشی از دستگاه پساب-سوز و یا دوده ناشی از آن مربوط باشد. برای جلوگیری از خروج بیش از حد مواد جامد معلق، باید از تمیز بودن سرریزهای حوض ته‌نشینی ثانویه، تنظیم دبی ورودی به حوض ته‌نشینی ثانویه، سرعت حرکت پاروی لجن‌روب، تخلیه به‌موقع و مناسب لجن حوض ته‌نشینی ثانویه اطمینان حاصل نمود.



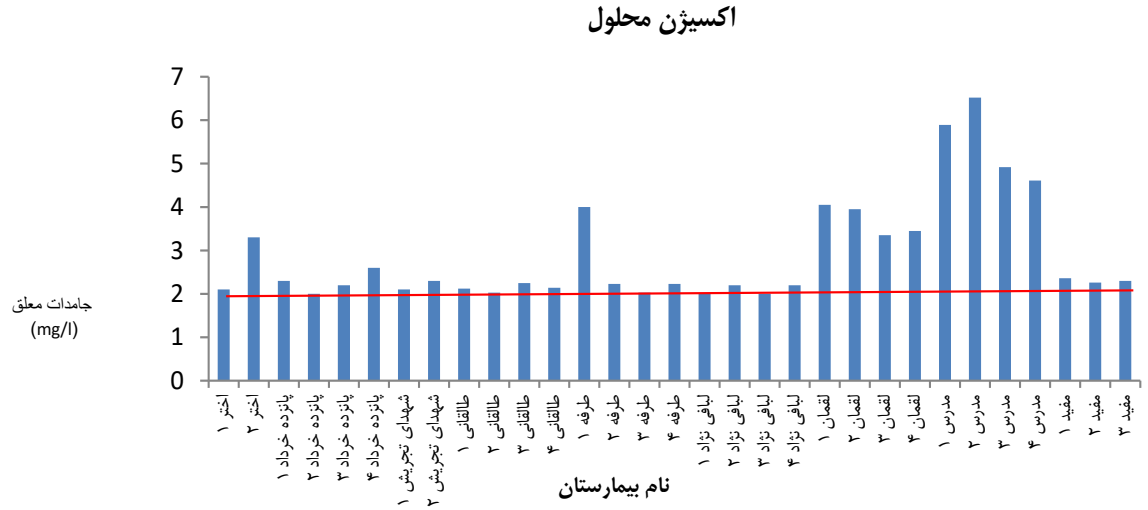
نمودار ۵. وضعیت جامدات معلق گزارش شده (mg/l) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی سال ۱۴۰۳

در نمودار ۶ میزان pH در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. حد مجاز pH در گزارش‌های استاندارد باید کمتر از ۸/۵ باشد بنابراین هیچ خطری از نظر pH در فاضلاب این بیمارستان‌ها مشاهده نمی‌شود.



نمودار ۶. وضعیت pH گزارش شده در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

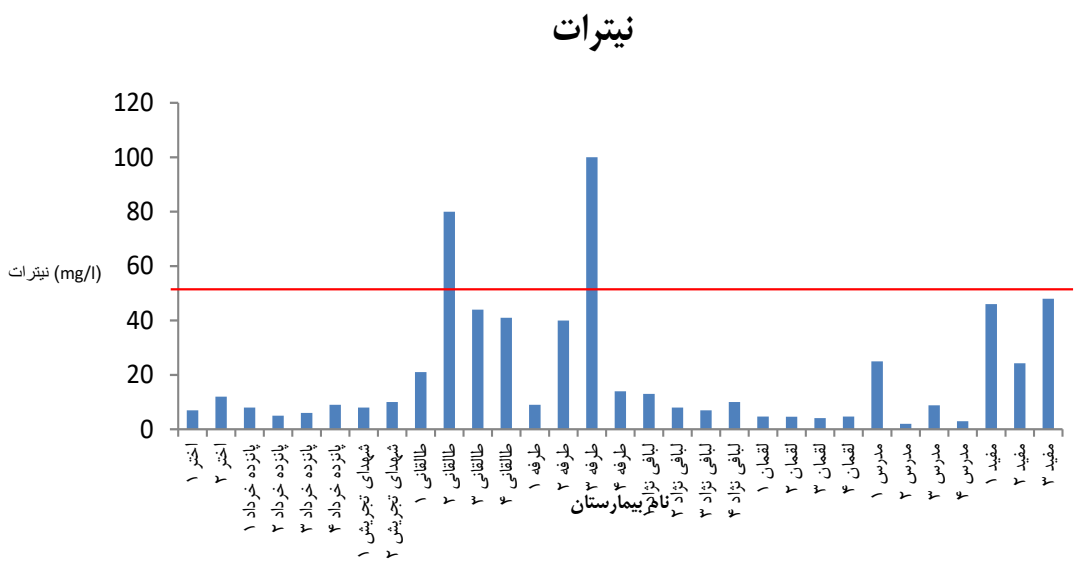
در نمودار ۷، میزان اکسیژن محلول در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. حد مجاز اکسیژن محلول در گزارش‌های استاندارد باید کمتر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر باشد. بنابراین تقریباً فاضلاب تمامی بیمارستان‌ها از نظر اکسیژن محلول در محدودهٔ غیراستاندارد قرار دارند. دلیل وجود مشکل در این زمینه عدم وجود تجهیزاتی مانند پکیج هوادهی گسترده است. سیستم تصفیه هوادهی گسترده با فراهم کردن شرایط ایده‌آل برای باکتری‌های هوازی و سایر میکروارگانیسم‌ها کار می‌کند. این میکروارگانیسم‌ها سپس آلاینده‌های بیولوژیکی را در فاضلاب خام تجزیه می‌کنند. در سیستم تصفیه هوادهی گسترده، هوا (۲۹٪ اکسیژن) توسط دمنده‌ها وارد می‌شود و باکتری‌ها برای تغذیه از فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه استفاده کرده و رشد می‌کنند. باکتری‌های موجود در مخزن هوادهی، فاضلاب را تجزیه کرده و لجن معلق را تشکیل می‌دهند.



نمودار ۷. وضعیت اکسیژن محلول گزارش شده (mg/l) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

در نمودار ۸، میزان نیترات در فاضلاب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی گزارش شده است. حد مجاز نیترات در گزارش‌های استاندارد باید کمتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد بنابراین فاضلاب‌های بیمارستان طالقانی در گزارش دوم و بیمارستان طرفه در گزارش سوم دارای آلودگی با نیترات بوده‌اند.

دلیل وجود مشکل در آلودگی نیترات این است که فرایند بیولوژیکی به‌تنهایی قادر به حذف کامل نیتروژن از پساب نبوده و جهت جداسازی صد در صد این عنصر، لازم است پساب تصفیه شده پس از پیش تصفیه مناسب، توسط واحد اسمز معکوس و یا در صورت لزوم فرایندهای تبادل یون مورد تصفیه نهایی قرار گیرد و طبق بررسی‌های صورت گرفته در بیمارستان طالقانی و بیمارستان طرفه چنین ضعف‌هایی در این زمینه وجود دارد؛ بنابراین حذف آلودگی نیترات در این بیمارستان‌ها نیازمند نوآوری درزمینهٔ تکنولوژی است.



نمودار ۸. وضعیت نیترات گزارش شده (mg/l) در بیمارستان‌های دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۱۴۰۳

در مورد مدیریت پسماند و پساب می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد:

نقاط قوت

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش، نقاط قوت مدیریت پسماند و پساب این است که در پساب‌ها آلودگی کلر در هیچ‌کدام از بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی تهران مشاهده نمی‌شود. در مورد آلودگی فسفات نیز همین نظر را می‌توان داد زیرا تنها بیمارستان مدرس در گزارش اول خود دارای آلودگی فسفات در پساب بوده است که در گزارش‌های بعدی این آلودگی وجود ندارد و این بیمارستان توانسته است این آلودگی را حذف کند. با توجه به اینکه دمای پساب‌ها از ۳۰ درجه کمتر بوده مشخص می‌شود که مشکل دمایی نیز در پساب بیمارستان‌ها وجود ندارد. در مورد آلودگی آمونیوم، فاضلاب بیمارستان شهید مدرس در گزارش چهارم خود دارای آلودگی آمونیوم بوده و هیچ‌یک از بیمارستان‌های دیگر این آلودگی را نداشتند. با توجه به اینکه تنها در یک گزارش، آلودگی آمونیوم در بیمارستان شهید مدرس گزارش شده می‌توان آن را مقطعی دانست که یا ناشی از حجم بالای تولید پساب یا ضعف در مدیریت پسماند و پساب به صورت مقطعی می‌باشد. PH پساب‌ها نیز در محدودهٔ مجاز قرار دارند. بنابراین هیچ خطری از نظر pH در فاضلاب این بیمارستان‌ها مشاهده نمی‌شود و این نیز یکی از نقاط قوت در مدیریت پسماند و پساب است. آلودگی نیترات در وضعیت خوبی قرار دارد و بیمارستان‌های معدودی در برخی از گزارش‌ها دچار آلودگی نیترات در پساب بوده‌اند. فاضلاب‌های بیمارستان طالقانی در گزارش دوم و بیمارستان طرفه در گزارش سوم دارای آلودگی با نیترات بوده‌اند که نشان می‌دهد این آلودگی به صورت مقطعی بوده و مدیریت پسماند و پساب بیمارستان توانسته بر این مشکل فائق شود. یک مورد دیگر که از اهمیت زیادی برخوردار است این است که در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی تهران از پساب‌های تصفیه شده برای آبیاری گیاهان و نظافت استفاده می‌شود.

نقاط ضعف

ضعف در مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی تهران به صورت مقطعی است. به‌عنوان نمونه آلودگی فسفات در گزارش اول بیمارستان مدرس گزارش شده است که نشان می‌دهد در برخی موارد توجه لازم به آلودگی فسفات نشده است. به نظر می‌رسد سهل‌انگاری در مدیریت پسماند و پساب، باعث بروز چنین مشکلی شده، زیرا این آلودگی

تنها در یک دوره گزارش شده است. همین وضعیت برای آلودگی آمونیوم نیز وجود دارد زیرا پساب بیمارستان شهید مدرس در گزارش چهارم خود دارای آلودگی آمونیوم بوده و در گزارش‌های دیگر به چشم نمی‌خورد. دلیل این موضوع نیز احتمالاً سهل‌انگاری در مدیریت پسماند و پساب بوده است. در مورد وجود جامدات معلق در پساب‌ها وضعیت متفاوت است. متأسفانه جامدات معلق در پساب‌ها بیشتر از دیگر آلودگی‌ها است.

نتایج پژوهش نشان داد بیمارستان‌های پانزده خرداد، طالقانی، طرفه و شهید مدرس از نظر جامدات معلق در محدودهٔ غیرمجاز قرار دارند. در این مورد احتمالاً عدم وجود دستگاه‌های مدرن در تصفیه پساب نقش داشته باشد. در مورد اکسیژن محلول نیز همین ضعف وجود دارد. تقریباً پساب تمامی بیمارستان‌ها از نظر اکسیژن محلول در محدودهٔ غیراستاندارد قرار دارند که نشان از ناکارآمدی روش‌های تصفیهٔ پساب در بیمارستان‌ها است. پساب بیمارستان طالقانی در گزارش دوم و بیمارستان طرفه در گزارش سوم دارای آلودگی با نیترات بوده‌اند که نشان می‌دهد آلودگی نیترات نیز به صورت مقطعی رخ داده است و قابل مدیریت می‌باشد. عدم وجود تجهیزات مدرن و روش‌های نوآورانه، مشکلات مدیریت پسماند و پساب، هزینهٔ بالای کنترل آلودگی پساب، ضعف منابع انسانی می‌تواند باعث بیشتر شدن نقاط ضعف در آلودگی پساب شود. نتایج به دست آمده از پژوهش نشان می‌دهد که آلودگی فسفات، آلودگی آمونیوم، جامدات معلق، اکسیژن محلول و آلودگی با نیترات از عوامل ضعف هستند که می‌توانند برای سلامتی بسیار مضر باشند و سبب بروز بیماری‌های گوناگون شوند. به نظر می‌رسد مدیریت پسماند و پساب در این زمینه نیازمند همسویی بیشتر با استانداردهای جهانی باشد. استفاده از تجهیزات قدیمی در مدیریت پسماند و پساب نیز می‌تواند تهدیدی مهم در مدیریت آلودگی پساب باشد.

تهدیدها

فاضلاب بیمارستانی به دلیل وجود مقدار قابل‌توجهی از آلاینده‌های خطرناک، یک تهدید شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی را برای محیط‌زیست ایجاد می‌کند. این امر همچنین برای سلامتی عمومی خطر زیادی دارد بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش می‌توان گفت آلودگی پساب مهم‌ترین تأثیرات منفی پساب‌های بیمارستانی شامل رشد و تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا و مسری، ایجاد جهش ژنتیکی، افزایش احتمال سرطان و شیوع بیماری‌های مختلف می‌باشد. علیرغم راه‌اندازی واحدهای تصفیه در بیمارستان‌ها، مقدار زیادی از این فاضلاب‌ها به آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌کنند و تهدیدی برای سلامت انسان و طبیعت و حیوانات به شمار می‌روند. علاوه بر این، ورود بدون تصفیه این پساب‌ها می‌تواند شرایط را برای رشد جلبک در رودخانه‌ها فراهم می‌کند. شیوع بیماری‌های مسری از قبیل وبا، هپاتیت، کرم‌های حلقوی و همچنین پاتوژن جهش یافته و مقاوم در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها گردد. به‌طور کلی عدم تصفیه فاضلاب بیمارستانی تأثیر بسیار گسترده و نامطلوبی بر طبیعت خواهد داشت. به‌طوری که می‌تواند دلیل بسیار مهمی بر شیوع بیماری‌های واگیردار و همچنین جهش‌های ژنتیکی برای نسل‌های آینده باشد. از نمونه این تأثیرات نامطلوب می‌توان به گسترش و افزایش تعداد ویروس‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا اشاره کرد. همچنین همان‌طور که کمی قبل‌تر اشاره شد، جهش ژنتیکی یکی دیگر از نتایج نامطلوب عدم تصفیه فاضلاب‌های بیمارستانی است. همچنین از دیگر نتایج و تأثیرات فاضلاب‌های بیمارستانی بر طبیعت می‌توان به رشد و گسترش و شیوع بیماری‌های واگیرداری همچون وبا، کرم حلقوی، هپاتیت و... اشاره کرد. همچنین علاوه‌بر موارد ذکر شده، در بسیاری از موارد احتمال مبتلا شدن به سرطان در مناطقی که فاضلاب‌های بیمارستانی آن‌ها تصفیه نمی‌شوند، بسیار بالا خواهد بود.

فرصت‌ها

نتایج پژوهش نشان می‌دهد آلودگی در پساب، قابل مدیریت هستند زیرا عوامل آلوده‌کننده به صورت مقطعی و تنها در بعضی از دوره‌های نمونه‌گیری گزارش شده‌اند بنابراین استفاده بهتر از توانمندی‌های متخصصان، توسعه فن‌آوری‌های جدید در تصفیه پساب، آموزش کارکنان، نظارت بر مدیریت پسماند و پساب و استفاده از تجارب بیمارستان‌های دیگر می‌تواند فرصت بهبود مدیریت پسماند و پساب را فراهم آورد.

مقصود از فرصت‌ها و تهدیدات خارجی، رویدادها و روندهای اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، بوم‌شناسی، محیطی، سیاسی، قانونی، دولتی، فن‌آوری و رقابتی است که می‌توانند به میزان زیادی در آینده سود یا زیان برسانند. به صورت کلی منظور از عوامل داخلی، شناسایی نقاط قوت و ضعف مدیریت کنونی پساب در بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران است و منظور از عوامل خارجی، فرصت‌ها و تهدیدها است. در ادامه با توجه به این عوامل به تحلیل وضع موجود مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران پرداخته خواهد شد.

جدول ۲. نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای پیش روی مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران بر اساس نظر نخبگان

	عوامل و متغیرهای محیط درونی و بیرونی
نقاط قوت	استفاده از ظروف قابل بازیافت
	اختصاص ماشین حمل پسماند
	وزن‌گیری و لیبل‌گذاری پسماند
	حذف آلاینده‌های فیزیکی در مراحل ابتدایی تفکیک
	استفاده از پساب‌های تصفیه شده برای آبیاری گیاهان و نظافت
نقاط ضعف	عدم وجود روش‌های نوآورانه در تفکیک پسماند
	عدم تعامل پیمانکاران با مدیران
	به‌کارگیری نیرو و شرکت‌های خصوصی به دلیل غیرمتخصص بودن کارکنان
	عدم انعقاد قرارداد با پیمانکاران به جهت عدم پرداخت به موقع مطالبات
	لوله‌کشی قدیمی و فرسوده در سیستم‌های انتقال پسماند و پساب
	گران شدن مواد تصفیهٔ پساب
	عدم سرویس‌دهی در زمان مناسب
	تعداد کم کارکنان بخش پسماند
	وجود آلودگی عناصری مانند نیترات و فسفات در پساب بیمارستانی
	استفاده از تجهیزات قدیمی در مدیریت پسماند و پساب
فرصت‌ها	استفاده بهتر از توانمندی‌های سخت‌افزاری و مهارت‌های کارکنان
	حمایت از متخصصان
	لزوم توسعه فن‌آوری‌های جدید در تصفیه پساب
	توسعه شیوه‌های جدید و کارآمد آموزشی
	ایجاد سیستم تشویق و تنبیه در آموزش کارکنان
	همکاری کارکنان بیمارستان و پسماند با یکدیگر
	افزایش نظارت
تهدیدها	فاصله از استانداردهای جهانی
	گسترش آلودگی محیط‌زیست
	مبهم بودن برخی بندهای آیین‌نامه مدیریت پسماند و پساب
	شیوع بیماری‌های ناشی از آلودگی پسماند و پساب

در توضیح جدول ۲، می‌توان گفت یکی از مواردی که در مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های شهید بهشتی تأثیر دارد استفادهٔ مناسب کارکنان و بیماران از وسایلی است که مورد استفاده قرار می‌دهند. این مسئله ضرورت آموزش را درزمینهٔ پساب در این بیمارستان‌ها نشان می‌دهد. بهداشت شخصی کارکنان بیمارستان‌های شهید بهشتی جزء عواملی هستند که نیاز به آموزش‌های مرحله به مرحله دارند و نیازمند برنامه‌ریزی بلندمدت هستند که مدیریت این بیمارستان‌ها باید آن‌ها را مورد توجه قرار دهند. در این بیمارستان‌ها جداسازی پساب‌ها در مبدأ مهم‌ترین سیاست‌گذاری‌های پساب به شمار می‌رود که تأثیر قابل توجهی بر کیفیت مدیریت پسماند و پساب دارد. مدیریت پسماند و پساب‌های بیمارستان‌های شهید بهشتی به عواملی همچون تولید زواید، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، دفن پساب و بازیافت آن بستگی دارد، بنابراین محدوده مدیریت آن نیز بسیار مهم است و مدیران این بیمارستان‌ها باید به این موضوع توجه داشته باشند؛ به نظر می‌رسد برای چنین موضوعی راهی جز مدیریت و برنامه راهبردی وجود ندارد.

یکی دیگر از موارد مهم در مدیریت پسماند و پساب، همکاری کارکنان بیمارستان با بخش بازیافت است؛ اهمیت این مسئله در تفکیک پساب‌ها در داخل بیمارستان است و کارکنان بخش‌های مختلف می‌باید پساب‌ها را پیش از رسیدن به بخش بازیافت تفکیک نمایند. از سوی دیگر درزمینهٔ تفکیک پساب سخت‌افزارهایی که با استفاده از علوم پیشرفته ساخته و پرداخته شده و بهترین امکان را برای کاهش آسیب‌های پساب‌ها و بهره‌وری بهینه از آن فراهم می‌کنند باید در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی استفاده شود متأسفانه بسیاری از سیستم‌های اجرایی و عملیاتی مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی دچار این مشکل هستند که از استانداردهای جهانی عقب‌ترند. نوآوری می‌تواند در این زمینه از حجم مشکلات کم کند. یکی از مواردی که مدیریت این بیمارستان‌ها باید مدنظر داشته باشند این است که به‌گونه‌ای جدی به پیشنهادهای متخصصان مدیریت پسماند و پساب توجه نمایند.



شکل ۱. دستگاه امحای پسماند در بیمارستان شهید بهشتی



شکل ۲. تفکیک پسماندها در بیمارستان تشکیل ماتریس عوامل داخلی مدیریت پسماند و پساب بیمارستان

تعداد جامعهٔ آماری برای پرسشنامه با استفاده از فرمول کوکران محاسبه شد که نحوهٔ آن در فصل سوم تشریح گردید. در این مرحله به‌منظور تشکیل جدول ارزیابی عوامل داخلی مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی تهران، با استفاده از نظرات کارشناسان، نقاط قوت و ضعف شناسایی شدند در این مرحله وزن‌دهی انجام می‌شود و در ادامه وزن هر یک از عوامل، نرمالیزه می‌شوند و به آن‌ها عددی بین ۰ و ۱ تعلق می‌گیرد و مجموع آن‌ها نیز باید برابر با عدد ۱ شود. در ادامهٔ کار به‌منظور تعیین امتیاز وضع موجود براساس وضعیت فعلی هریک از عوامل امتیازدهی می‌شوند. امتیازات داده شده به صورت زیر هستند:

عدد ۴ برای قوت جدی، عدد ۳ برای قوت معمولی، عدد ۲ برای ضعف معمولی و عدد ۱ برای ضعف جدی تعلق خواهد گرفت. در ادامه با ضرب ستون وزن نرمالیزه شده با ستون امتیاز وضع موجود، امتیاز وزن‌دار ماتریس به دست خواهد آمد که با جمع آن عددی بین ۱ تا ۴ حاصل می‌شود و چنانچه این عدد از ۲/۵ بیشتر باشد نشان‌دهندهٔ برتری نقاط قوت بر نقاط ضعف است.

جدول ۳. ماتریس عوامل داخلی

نقاط قوت و ضعف	نماد	مؤلفه‌ها	وزن	امتیاز وضع موجود	امتیاز وزن‌دار
نقاط قوت	S1	استفاده از ظروف قابل بازیافت	۰/۱۲۳	۴	۰/۴۹۲
	S2	اختصاص ماشین حمل پسماند	۰/۱۴۱	۴	۰/۵۶۴
	S3	وزن‌گیری و لیبل‌گذاری پسماند	۰/۱۳۶	۴	۰/۵۴۴
	S4	حذف آلاینده‌های فیزیکی در مراحل ابتدایی تفکیک	۰/۱۹۲	۳	۰/۵۷۶
	S5	استفاده از پساب‌های تصفیه شده برای آبیاری گیاهان و نظافت	۰/۱۶۳	۳	۰/۴۸۹
نقاط ضعف	W1	عدم وجود روش‌های نوآورانه در تفکیک پسماند	۰/۰۳	۲	۰/۰۶
	W2	عدم تعامل پیمانکاران با مدیران	۰/۰۱	۲	۰/۰۲
	W3	به‌کارگیری نیرو و شرکت‌های خصوصی به دلیل غیرمتخصص بودن کارکنان	۰/۰۲	۱	۰/۰۲
	W4	عدم انعقاد قرارداد با پیمانکاران به جهت عدم پرداخت به موقع مطالبات	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
	W5	لوله‌کشی قدیمی و فرسوده در سیستم‌های انتقال پسماند و پساب	۰/۰۳	۱	۰/۰۳
	W6	گران شدن مواد تصفیهٔ پساب	۰/۰۲	۲	۰/۰۴
	W7	عدم سرویس‌دهی در زمان مناسب	۰/۰۱	۲	۰/۰۲
	W8	تعداد کم کارکنان بخش پسماند	۰/۰۱۵	۲	۰/۰۳
	W9	وجود آلودگی عناصری مانند نیترات و فسفات در پساب بیمارستانی	۰/۰۲۵	۲	۰/۰۵
	W10	استفاده از تجهیزات قدیمی در مدیریت پسماند و پساب	۰/۰۲۵	۲	۰/۰۵
جمع کل	–	–	۱	–	۰/۰۴۵

با توجه به اینکه عدد به دست آمده از ماتریس برابر ۳/۰۴۵ است و این عدد از ۲/۵ بزرگ‌تر شده است نشان می‌دهد که نقاط قوت بر نقاط ضعف برتری دارد.

تشکیل ماتریس عوامل خارجی مدیریت پسماند و پساب بیمارستان

به‌منظور تشکیل جدول ارزیابی عوامل خارجی مدیریت پسماند و پساب بیمارستان‌های دانشگاه شهید بهشتی تهران، همانند مرحلهٔ قبلی عمل شد یعنی با استفاده از نظرات کارشناسان، فرصت‌ها و تهدیدها شناسایی شدند. فرصت‌ها و تهدیدها از ۱ تا ۴ امتیازدهی شدند. در این مرحله وزن‌دهی انجام می‌شود و در ادامه وزن هریک از عوامل، نرمالیزه می‌شوند و به آن‌ها عددی بین ۰ و ۱ تعلق می‌گیرد و مجموع آن‌ها نیز باید برابر با عدد ۱ شود. در ادامه با ضرب ستون وزن نرمالیزه شده با ستون امتیاز وضع موجود، امتیاز وزن‌دارِ ماتریس به دست خواهد آمد که با جمع آن عددی بین ۱ تا ۴ حاصل می‌شود و چنانچه این عدد از ۲/۵ کمتر باشد نشان‌دهندهٔ این است که از فرصت‌ها در مقابل تهدیدات به‌خوبی بهره‌برداری نمی‌شود. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود عدد به دست آمده در مجموع برابر ۱/۹۷ به دست آمده است و با توجه به اینکه این عدد از ۲/۵ کمتر است نشان می‌دهد که از فرصت‌ها در مقابل تهدیدات به‌خوبی بهره‌برداری نمی‌شود.

جدول ۴. ماتریس عوامل خارجی

فرصت‌ها و تهدیدها	نماد	مؤلفه‌ها	وزن	امتیاز وضع موجود	امتیاز وزن‌دار
فرصت‌ها	O1	استفاده بهتر از توانمندی‌های سخت‌افزاری و مهارت‌های کارکنان	۰/۰۹	۲	۰/۱۸
	O2	حمایت از متخصصان	۰/۱۲	۲	۰/۲۴
	O3	لزوم توسعه فن‌آوری‌های جدید در تصفیه پساب	۰/۱۴	۳	۰/۴۲
	O4	توسعه شیوه‌های جدید و کارآمد آموزشی	۰/۱۷	۲	۰/۳۴
	O5	ایجاد سیستم تشویق و تنبیه در آموزش کارکنان	۰/۱۸	۲	۰/۳۶
	O6	همکاری کارکنان بیمارستان و پسماند با یکدیگر	۰/۰۵	۱	۰/۰۵
	O7	افزایش نظارت	۰/۰۷	۱	۰/۰۷
تهدیدها	T1	فاصله از استانداردهای جهانی	۰/۰۷	۲	۰/۱۴
	T2	گسترش آلودگی محیط‌زیست	۰/۰۶	۲	۰/۱۲
	T3	مبهم بودن برخی بندهای آیین‌نامه مدیریت پسماند و پساب	۰/۰۳	۱	۰/۰۳
	T4	شیوع بیماری‌های ناشی از آلودگی پسماند و پساب	۰/۰۲	۱	۰/۰۲
جمع	–	–	۱	–	۱/۹۷

در جدول ۵ ماتریس SWOT مربوط به تحلیل جامع مدیریت پسماند و پساب در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران ارائه شده است. این ماتریس با هدف شناسایی و تلفیق عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها)، روابط میان متغیرهای اثرگذار را نشان می‌دهد تا زمینه‌سازی لازم برای تدوین راهبردهای کارآمد در راستای دستیابی به معیارهای «بیمارستان سبز» فراهم گردد. همان‌طور که ماتریس نشان می‌دهد، برخی نقاط قوت مانند استفاده از ظروف قابل بازیافت، اختصاص ماشین حمل پسماند، و حذف آلاینده‌های فیزیکی در مراحل اولیه، ارتباط مستقیم با فرصت‌هایی نظیر توسعه فناوری‌های نوین و ارتقای آموزش کارکنان دارند. در مقابل، ضعف‌هایی چون فرسودگی لوله‌کشی، کمبود نیروی متخصص و استفاده از تجهیزات قدیمی، پیوند قابل‌توجهی با تهدیدهایی همچون آلودگی محیط‌زیست و فاصله از استانداردهای جهانی دارند. بنابراین، جدول ۵ نه‌تنها وضعیت موجود را ترسیم می‌کند، بلکه زمینه تحلیل تعاملات متقابل میان عوامل مؤثر و مسیرهای بهبود در سیاست‌گذاری زیست‌محیطی بیمارستان‌ها را نیز فراهم می‌آورد.

جدول ۵. ماتریس SWOT

		فرصت‌ها						تهدیدها					
		استفاده بهتر از توانمندی‌های سخت‌افزاری و مدل‌های کارکنان	حمایت از متخصصان	لزوم توسعه فن‌آوری‌های جدید در تصفیه پساب	توسعه شیوه‌های جدید و کارآمد آموزشی	ایجاد سیستم تشویق و تنبیه در آموزش کارکنان	همکاری کارکنان بیمارستان و پساب با یکدیگر	افزایش نظارت	فاصله از استانداردهای جهانی	گسترش آلودگی محیط‌زیست	مهم بودن برخی بندهای آیین‌نامه مدیریت و پساب	شیوع بیماری‌های ناشی از آلودگی پساب
نقاط قوت	استفاده از ظروف قابل بازیافت			*	*		*	*	*	*	*	*
	اختصاص ماشین حمل پسماند	*			*		*	*	*	*	*	*
	وزن‌گیری و لیبل‌گذاری پسماند	*	*	*	*			*	*	*		
	حذف آلاینده‌های فیزیکی در مراحل ابتدایی تفکیک	*	*	*	*		*	*	*	*		*
	استفاده از پساب‌های تصفیه شده برای آبیاری گیاهان و نظافت	*	*				*	*		*		*
	عدم وجود روش‌های نوآورانه در تفکیک پسماند	*	*			*		*	*	*		
	عدم تعامل پیمانکاران با مدیران			*	*	*	*					
	به‌کارگیری نیرو و شرکت‌های خصوصی به دلیل غیرمتخصص بودن کارکنان		*			*	*				*	
نقاط ضعف	عدم انعقاد قرارداد با پیمانکاران به جهت عدم پرداخت به موقع مطالبات						*	*				
	لوله‌کشی قدیمی و فرسوده در سیستم‌های انتقال پسماند و پساب	*	*	*	*				*	*		
	گران شدن مواد تصفیهٔ پساب		*	*	*							*
	عدم سرویس‌دهی در زمان مناسب	*					*	*				
	تعداد کم کارکنان بخش پسماند					*	*		*			*
	وجود آلودگی عناصری مانند نیترات و فسفات در پساب بیمارستانی		*	*						*		*
	استفاده از تجهیزات قدیمی در مدیریت پسماند و پساب	*		*				*		*		*

همان‌گونه که در ماتریس مشاهده می‌شود استفاده از ظروف قابل بازیافت در بیمارستان به‌عنوان یک نقطهٔ قوت با لزوم توسعه فناوری‌های جدید، ارتباط دارد زیرا استفاده از این ظروف علاوه‌بر تصمیم‌گیری مدیران بیمارستان‌ها، باز هم نیاز به مدیریت و تفکیک از پسماندهای دیگر دارد به همین دلیل با گزینهٔ توسعه شیوه‌های جدید و کارآمد آموزشی نیز ارتباط پیدا می‌کند. اگرچه در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی، ماشین حمله پسماند مخصوص وجود دارد و در این زمینه کاستی در این بیمارستان نیست اما استفاده از ماشین‌های حمل پسماند به معنای استفادهٔ درست از توانمندی‌های سخت‌افزاری نیز هست. از سوی دیگر با توسعهٔ فناوری‌های جدید نیز ارتباط پیدا می‌کند زیرا ارتقای کیفیت ماشین‌های حمل پسماند می‌تواند در کاهش آلودگی‌ها و به‌ویژه تفکیک پسماندها مؤثر باشد. ممکن است ماشین‌های حمل پسماند در بیمارستان‌های مذکور از استانداردهای جهانی فاصله داشته باشند اما نظارت کلان بر میزان آلودگی‌هایی که در انتقال پسماند از مبدأ به مقصد نقش

دارد می‌تواند گام مهمی در مدیریت پسماند و پساب باشد. وزن‌گیری و لیبل‌گذاری پسماند نیز به همین‌گونه تفسیر می‌شود. وزن‌گیری و لیبل‌گذاری پسماند باید توسط نیروی متخصص انجام شود و در این راستا نیاز است تا از متخصصان، حمایت کافی صورت گیرد؛ به عبارت دیگر بنای مدیریت بیمارستان بر رویکردِ حمایت از نخبگان در مدیریت پسماند باشد. چنانچه از نیروهای متخصص استفاده نشود یا نسبت آن‌ها به کل نیروها کمتر باشد، فاصله از استانداردهای جهانی افزایش پیدا می‌کند.

در جدول ۶ خلاصه‌ای از پارامترهای کیفی پساب بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی که خارج از حدود مجاز استاندارد ملی قرار گرفته‌اند، ارائه شده است. هدف اصلی از تدوین این جدول، شناسایی نقاط بحرانی در عملکرد سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستانی و تحلیل فنی علل احتمالی انحراف از استانداردهاست. همان‌گونه که داده‌ها نشان می‌دهد، مقادیری چون جامدات معلق کل، نیترات، آمونیوم و فسفات در برخی بیمارستان‌ها از حد مجاز فراتر رفته و در مواردی نیز میزان اکسیژن محلول کمتر از مقدار توصیه شده بوده است. این وضعیت بیانگر مشکلات محتمل در فرایندهای ته‌نشینی، فیلتراسیون، هوادهی و یا رسوب‌دهی شیمیایی است که می‌تواند ناشی از فرسودگی تجهیزات، نبود نظارت مستمر، یا کارکرد نامناسب حوض‌های بی‌هوازی و هوادهی باشد. بدین ترتیب، جدول ۶ تصویری دقیق از کاستی‌های فنی و مدیریتی ارائه می‌دهد که باید در برنامه‌های اصلاحی و راهبردی «بیمارستان سبز» مورد توجه قرار گیرد تا ضمن بهبود عملکرد تصفیه‌خانه‌ها، میزان آلاینده‌های خروجی کاهش یافته و سلامت محیط‌زیست شهری تضمین شود.

جدول ۶. خلاصه موارد خارج از رنج استاندارد در پساب بیمارستان‌ها

بیمارستان	پارامتر خارج از رنج	مقدار مشاهده‌شده (mg/L)	حد مجاز استاندارد	وضعیت مقایسه	توضیح فنی کوتاه
پانزده خرداد	TSS	۶۵	≤۴۰	بالاتر از حد مجاز	احتمال عملکرد ناکافی در ته‌نشینی یا فیلتراسیون اولیه
طالقانی	TSS / NO_3^-	۱۴ / ۵۸	≤۴۰ / ≤۱۰	بالاتر از حد مجاز	بار آلی بالا و نفوذ نیترات در فاضلاب
طرفه	TSS / NO_3^-	۱۳ / ۶۲	≤۴۰ / ≤۱۰	بالاتر از حد مجاز	ضعف در پیش‌تصفیه فیزیکی و بی‌هوازی
مدرس	$NH_4^+ / PO_4^{3-} /$ DO	۱۸ / ۳ / ۸	≤۵ / ≤۲ / ≤۲	NH_4^+ و PO_4^{3-} بالاتر، DO پایین‌تر از حد مجاز	ناپایداری فرآیند هوادهی و رسوب‌دهی شیمیایی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که اگرچه ساختار کلی مدیریت پسماند و پساب در این بیمارستان‌ها از نظر رعایت ضوابط زیست‌محیطی در سطح قابل‌قبولی قرار دارد، اما شکاف‌هایی بنیادین در زمینه نوسازی فناوری، آموزش نیروی انسانی و استقرار سامانه‌های هوشمند پایش موجب شده است تا پایداری زیست‌محیطی در عمل تحقق کامل نیابد. ارزیابی ماتریس داخلی (IFE) با امتیاز کل ۳/۰۴۵ گویای آن است که نقاط قوت غالب بر ضعف‌ها هستند و بستر ذهنی و سازمانی لازم برای پیشبرد سیاست‌های سبز وجود دارد، اما در عین حال وجود ضعف‌های عملیاتی مانند تجهیزات فرسوده، کمبود نیروی متخصص و افت مقطعی کنترل برخی شاخص‌ها (به‌ویژه کل جامدات معلق، آمونیوم و فسفات) بیانگر ضرورت اصلاح ساختار اجرایی و به‌کارگیری راهکارهای فناورانه نوین است.

بررسی تطبیقی داده‌های کمی حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای کیفی پساب با استاندارد ملی ایران و دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت نشان داد که بیشترین انحراف از حدود مجاز مربوط به میزان جامدات معلق در بیمارستان‌های پانزده خرداد، طرفه و طالقانی بوده و کمترین انحراف در شاخص نیترات در گزارش دوم طالقانی ثبت گردید. این نوسانات عمدتاً ناشی از ضعف در سیستم هوادهی و افت کارایی تصفیهٔ ثانویه است که بر کیفیت نهایی پساب تأثیر می‌گذارد. تثبیت حرارت، pH، کلر و فسفات در محدوده استاندارد، امتیاز مثبتی است که نشان‌دهندهٔ کارکرد مناسب سیستم‌های کنترل پایه است و می‌تواند به‌عنوان مبنای توسعهٔ فناوری‌های فرایندی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین تناقض میان موفقیت در کنترل برخی پارامترها و ضعف در سایر شاخص‌ها، ضرورت بازنگری در الگوی مدیریتی و استقرار سامانه‌های پایش برخط را برجسته می‌سازد تا نوسانات فصلی و مقطعی کاهش یابد.

از دیدگاه محیطی، فرصت‌های بیرونی شناسایی‌شده نشان دادند که توسعه ظرفیت‌های آموزشی، بهره‌مندی از انگیزش کارکنان متخصص و پشتیبانی نهادی دانشگاه در ارتقای مدیریت پسماند می‌تواند نقش کلیدی در اصلاح ساختار موجود داشته باشد. وجود توان فنی داخلی در حوزه طراحی و تعمیر تأسیسات،

فرصت ارزشمندی برای خودکفایی تدریجی و کاهش وابستگی به شرکت‌های خدماتی پرهزینه محسوب می‌شود. در مقابل، تهدیدهایی مانند عدم ثبات در تأمین بودجهٔ مواد شیمیایی، ناهماهنگی در نظارت بین‌بخشی و افزایش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از پساب‌های آلوده، چالش‌هایی جدی‌اند که در صورت بی‌توجهی می‌توانند پیامدهای بهداشتی و اعتباری قابل‌توجهی برای بیمارستان‌ها به همراه داشته باشند. این روند در مقایسه با مطالعات داخلی اخیر نیز تأیید می‌شود؛ جایی که پژوهش‌های مشابه اغلب بر تفکیک پسماند جامد متمرکز بوده و ارزیابی هم‌زمان مؤلفه‌های پساب را نادیده گرفته‌اند، در حالی‌که پژوهش حاضر کوشیده است این خلأ را از طریق ترکیب تحلیل SWOT با ماتریس‌های وزنی IFE و EFE برطرف سازد و تصویری جامع از وضعیت واقعی زیست‌محیطی ترسیم کند.

نتایج مقایسه‌ای با مطالعات ملی و بین‌المللی بیانگر آن است که ماهیت مشکلات ساختاری مدیریت پسماند و پساب در ایران با الگوهای جهانی قابل مقایسه است؛ چنان‌که مطالعات والی (۲۰۲۴) و نارفیکری و همکاران (۲۰۲۴) نیز به ضعف هماهنگی نهادی، کمبود بودجه و فقدان فناوری‌های نوین اشاره دارند. این یافته‌ها هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر تأکید می‌کنند که صرف ارتقای تجهیزات فیزیکی کافی نیست و باید اصلاحات اجتماعی–مدیریتی، آموزش هدفمند و نظارت میدانی هم‌زمان اجرا گردد. دسته‌بندی نهایی راهبردها در قالب چهار گروه SO، ST، WO و WT نشان داد که ترکیب رویکردهای فرصت‌محور (مانند آموزش و فناوری پاک) با کاهش تهدیدها (نظیر آلایندگی ثانویه و خلأ قانونی) می‌تواند چشم‌اندازی پایدار برای تحقق کامل مفهوم بیمارستان سبز فراهم کند.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که اکثر پژوهش‌ها تمرکز خود را بر مدیریت پسماند جامد، تفکیک در مبدأ و اصول کلی بیمارستان سبز قرار داده‌اند، در حالی که متغیرهای اصلی پساب بیمارستانی مانند میزان کل جامدات، اکسیژن محلول، آمونیاک، نیترات و فسفات کمتر به صورت هم‌زمان در چارچوب مدیریتی پایدار ارزیابی شده‌اند. یافته‌های پژوهش حاضر با گسترش دامنه تحلیل به بخش پساب و تلفیق شاخص‌های کمی (IFE/EFE) و کیفی (SWOT) نسبت به تحقیقات پیشین جامع‌تر است. همچنین، برخلاف مطالعه روزبهانی، خامسی و معدنی (۱۴۰۲) که بر آموزش و بودجه متمرکز بودند، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بخش مهمی از ناکارآمدی مدیریت در نبود پایش برخط و فرسودگی زیرساخت انتقال نهفته است. در مقایسه با تحقیق فرزادکیا و همکاران (۱۴۰۱) که ضعف اصلی را در جداسازی پسماند عفونی گزارش کردند، داده‌های حاضر رفتار مشابهی را در آلاینده‌های محلول نظیر کل جامدات معلق و کاهش اکسیژن محلول نمایان می‌سازد که به معنای تداوم حلقه ناکارآمدی در کنترل آلودگی‌های مایع است. هم‌چنین یافته‌های بین‌المللی والی (۲۰۲۴) و نارفیکری و همکاران (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که آلودگی و ضعف سیستم‌های مدیریتی در کشورهای مختلف، از جمله ایران، ساختاری مشابه دارد و تأثیر اصلاحات فناورانه و اجتماعی باید هم‌زمان ارزیابی شود؛ این پژوهش دقیقاً در همین راستا با ارائه مدل راهبردی برای بیمارستان‌های سبز شکل گرفته است.

پیشنهادهای حاصل از این پژوهش بر پایه تحلیل‌های کمی و کیفی و با تکیه‌بر نتایج ماتریس‌های راهبردی و داده‌های آزمایشگاهی پساب شکل گرفته و ناظر بر ارتقای جامع مدیریت زیست‌محیطی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی است. نخستین پیشنهاد، استقرار سامانه پایش برخط و هوشمند کیفیت پساب است تا نوسانات مربوط به شاخص‌هایی نظیر کل جامدات معلق، آمونیوم و فسفات به‌صورت پیوسته رصد و اصلاح گردد. این اقدام با توجه به بیشترین میزان انحراف در همین پارامترها، سبب کنترل دقیق‌تر و واکنش سریع‌تر در برابر افت کیفی آب خروجی خواهد شد. دومین پیشنهاد، نوسازی و بهسازی سیستم‌های تصفیه فیزیکی و بیولوژیکی به‌ویژه در بخش هوادهی تصفیه‌خانه‌هاست تا افت اکسیژن محلول و افزایش مواد معلق کاهش یابد. با عنایت به اینکه این دو شاخص بیشترین تأثیر را بر سلامت اکولوژیک پساب داشته‌اند، جایگزینی تجهیزات قدیمی با فناوری‌های مدرن، بر اساس مدیریت انرژی و بازچرخانی، می‌تواند نقش مؤثری در دستیابی به شرایط استاندارد ایفا کند.

سوم آن‌که، برنامه آموزش تخصصی و بازآموزی مداوم برای کارشناسان پسماند و تصفیه‌خانه‌ها طراحی گردد تا کنترل کیفیت در همه سطوح عملیاتی تقویت شود. یافته‌های پژوهش نشان داد که کمبود نیروی متخصص و سهل‌انگاری دوره‌ای یکی از ضعف‌های ساختاری محسوب می‌شود؛ بنابراین آموزش هدفمند همراه با نظام ارزیابی عملکرد و پاداش‌دهی، درون‌سازمانی بودن کنترل را نهادینه می‌سازد. چهارمین پیشنهاد، یکپارچه‌سازی مدیریت پسماند و پساب در قالب واحد سبز بیمارستانی است تا تعامل مدیریت فنی و اداری تثبیت و تصمیم‌گیری‌ها در سطح مانیتورینگ، تأمین مواد شیمیایی و نگهداری تجهیزات هم‌افزا گردد. این یکپارچگی می‌تواند از دوباره‌کاری‌ها و ناهماهنگی بین‌بخشی که در تهدیدهای ماتریس SWOT شناسایی شد، جلوگیری کند.

پنجم، ایجاد نظام انگیزشی، تشویقی و تنبیهی بر پایه شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی ضروری است؛ به‌گونه‌ای که

بیمارستان‌هایی با حداقل انحراف از استانداردهای ملی و بین‌المللی از مزایای مالی یا اعتباری برخوردار شوند و مراکزی که در کنترل مؤلفه‌هایی چون کل جامدات معلق یا آمونیوم شکست داشته‌اند، ملزم به بازنگری فوری فرایندها گردند. این سیاست، مدیریت را از سطح واکنشی به سطح پاسخ‌محور و پیشگیرانه سوق می‌دهد. ششمین پیشنهاد، گسترش استفاده از فناوری‌های نوین سبز نظیر فیلترهای نانویی، سیستم‌های بیوفیلتری و تصفیه غشایی است تا حذف مؤثر آلاینده‌های محلول تضمین گردد. بر اساس داده‌های تحقیق، محدودیت کارایی روش‌های فعلی در تصفیه ثانویه یکی از مهم‌ترین عوامل انحراف از حد مجاز بوده است، لذا معرفی فناوری‌های کم‌مصرف و با راندمان بالا می‌تواند مکمل فرایندهای سنتی باشد.

هفتم، با توجه به وجود فرصت‌های بیرونی شناسایی‌شده در پژوهش، بهره‌گیری از ظرفیت‌های داخلی دانشگاه برای پژوهش، توسعه و خودکفایی در خدمات مهندسی تصفیه پیشنهاد می‌شود تا اتکا به شرکت‌های بیرونی و هزینه‌های تکرارشونده کاهش یابد. هشتم، ایجاد بانک اطلاعاتی جامع کیفیت پساب بیمارستانی در سطح دانشگاه مورد تأکید است؛ این پایگاه داده امکان تحلیل‌های مقایسه‌ای، شناسایی الگوهای رفتاری شاخص‌ها در فصول مختلف و مستندسازی نظام‌مند پیشرفت‌ها را فراهم می‌سازد. نهم، طراحی طرح جامع نگهداری پیشگیرانهٔ تجهیزات برای تصفیه‌خانه‌ها ضروری است تا فرسودگی خطوط انتقال و نشت احتمالی در مراحل اولیه کنترل گردد. این اقدام با یافته‌های پژوهش که ضعف تجهیزات و نوسانات عملکردی را عامل اصلی افت کیفیت پساب دانسته، کاملاً همخوانی دارد.

پیشنهاد دیگر بر تدوین راهبرد ملی تحول سبز در بیمارستان‌های دانشگاهی تأکید دارد؛ راهبردی که از همگرایی میان سیاست‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت بهداشت بر پایه تحلیل‌های جامع حاصل از IFE، EFE و SWOT ناشی شود. چنین رویکردی می‌تواند مسیر گذار از مدیریت سنتی به مدیریت نوین مبتنی بر پایداری را هموار کرده، هزینه‌های بلندمدت را کاهش دهد و اعتبار زیست‌محیطی بیمارستان‌ها را ارتقا بخشد. اجرای مجموعه این پیشنهادها، تضمین‌کننده حرکت تدریجی بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به سمت تحقق واقعی مفهوم «بیمارستان سبز» خواهد بود؛ نهادی که نه‌تنها در کاهش آلودگی نقش دارد، بلکه در بازتولید سرمایهٔ طبیعی و ارتقای سلامت اکوسیستم شهری نیز مشارکت فعال ایفا می‌کند.

سپاسگزاری

در انجام این پژوهش از مدیران محترم بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه شهید بهشتی در شهر تهران کمال تشکر را داریم.

References

Altin, F. G., Budak, İ., & Özcan, F. (2023). Predicting the amount of medical waste using kernel-based SVM and deep learning methods for a private hospital in Turkey. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 33, 101060. (In Persian)https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101060

Coulibaly, B., Pastor-López, E. J., Diawara, A., Savane, F. B., Escolà-Casas, M., Matamoros, V., & Ba, S. (2025). Occurrence of antibiotics in hospital wastewater effluents discharged into the Niger River in Bamako, Mali. Risk assessment and solutions. *Environmental Pollution*, 371, 125912. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.125912

Esfandyari, Y., Mahdavi, Y., Seyedsalehi, M., Hoseini, M., Safari, G.H., Ghozikali, M.G., Kamani, H. and Jaafari, J. (2021) 'Degradation and biodegradability improvement of the olive mill wastewater by peroxi-electrocoagulation/electrooxidation-electroflotation process with bipolar aluminum electrodes', *Environmental Science and Pollution Research*, 22(8), 1-10. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3832-5

Faghani, M., Nouri, M., & Faghani, F.Z. (2025). Evaluation of wastewater from urban wastewater treatment plants in Golestan Province for agricultural and irrigation purposes. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 19(4), 583-593. (In Persian)

Farzadkia, M., Ansari, A., & Emamjomeh, M.M. (2013). Review of Hospital Waste Management in one of the Highly Specialized Hospitals of Tehran. *Journal of Inflammatory Diseases*, 16(4), 106-109. (In Persian)

Gökalp, Y., Eti, S., Yüksel, S., & Dinçer, H. (2025). Towards Sustainable Healthcare: A Fuzzy Multi-Criteria Framework for Green Hospital Investments. *Computer and Decision Making: An International Journal*, 2, 419-424. https://doi.org/10.59543/comdem.v2i.10969

Hamza Elgazzar, S., Moustafa Ayoub, Y., & Ramadan shabib, E. (2025). The Universal Green Hospital Framework: A Narrative Blueprint for Eliminating PVC and DEHP, Reducing Medical Waste, and Advancing Sustainable Nursing-Led Healthcare Transformation. *Egyptian Journal of Health Care*, 16(2), 1413-1440. 10.21608/EJHC.2025.448339

Hounmanou, Y. M. G., Houefonde, A., I-CRECT Consortium, Nguyen, T. T., & Dalsgaard, A. (2025). Mitigating antimicrobial resistance through effective hospital wastewater management in low-and middle-income countries. *Frontiers in Public Health*, 12, 152-184. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1525873

Khan, M. T., Ahmad, R., Liu, G., Zhang, L., Santagata, R., Lega, M., & Casazza, M. (2024). Potential environmental impacts of a hospital wastewater treatment plant in a developing country. *Sustainability*, 16(6), 22-33. https://doi.org/10.3390/su16062233

Luo, J., Zaman, S. I., Jamil, S., & Khan, S. A. (2025). The future of healthcare: green transformational leadership and GHRM's role in sustainable performance. *Benchmarking: An International Journal*, 32(3), 805-837. https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2023-0523

Niu, J., Liu, Y., Ma, C., Lu, Y., Wang, H., & Dong, Q. (2025). Analysis of the effects, existing problems and flexible management suggestions in hospital wastewater treatment: A systematic perspective. *Journal of Water Process Engineering*, 72, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107565

Nurfikri, A., Kesa, D. D., Wu, M., Roselina, E., & Hidayat, A. (2024). Public awareness, attitudes, behavior and norms building green hospitals' power. *Heliyon*, 10(20), e39336. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39336

Osman, A. M., Ukundimana, Z., Wamyil, F. B., Yusuf, A. A., & Telesphore, K. (2023). Quantification and characterization of solid waste generated within Mulago national referral hospital, Uganda, East Africa. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7, 100334. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100334

Quitmann, C., Sauerborn, R., Danquah, I., & Herrmann, A. (2023). 'Climate change mitigation is a hot topic, but not when it comes to hospitals': a qualitative study on hospital stakeholders' perception and sense of responsibility for greenhouse gas emissions. *Journal of Medical Ethics*, 49(3), 204-210. https://doi.org/10.1136/medethics-2021-107971

Rana, A., Sharma, N., & Hasan, I. (2023). A review on hospital waste as a potential environmental pollution and their remediation mechanisms. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2535, No. 1). AIP Publishing. https://doi.org/10.1063/5.0145241

Roozbahani R., Khamsi S. M., Manaani M., Saeedi Fard M., Varhram M., Bahreini Moghaddam S. A., & Ghazanchai A. (2024). Investigating the status of waste management in line with the establishment of accreditation standards for the Green Hospital in the Dr. Masih Daneshvari Educational, Research and Treatment Center for Tuberculosis and Pulmonary Diseases in 1402. *Nafas Quarterly*, 11(4), 21-28. (In Persian)

Sabbagha, M., & Mollashahib, M. (2025). Assessment of Heavy Metal Pollution (Chromium, Lead, Nickel and Zinc) in a Municipal Solid Waste Landfill (Case Study: Semeskandeh Forest, Sari). *Climate and ecosystems of arid and semi-arid regions journal*, 2(1), 138-148. (In Persian) Doi: 10.22075/CEASR.2025.37176.1046

Sahabi, A., Nasseri, S. H., & Paydar, M. M. (2024). Study of a Mathematical Model for the Hospital Waste Management Problem. *Journal of Operational Research in Its Applications (Applied Mathematics)-Lahijan Azad University*, 21(3), 81-97. (In Persian) Doi: 10.71773/jamlu-2024-1-2273

Tilahun, M., Shibabaw, A., & Adane, M. (2025). Prevalence and multidrug resistance patterns of bacterial pathogens in wastewater and drinking water systems from hospital and non-hospital environments in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Infectious Diseases*, *25*(1), 250. https://doi.org/10.1186/s12879-025-10660-9

Vallée, A. (2024). Green hospitals face to climate change: Between sobriety and resilience. *Heliyon*, *10*(2). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24769

World Health Organization. (2020). *Technical brief on water, sanitation, hygiene and wastewater management to prevent infections and reduce the spread of antimicrobial resistance*. World Health Organization.

Zazouli, M. A., Alavinia, S. M., & Bay, A. (2016). Medical waste generation in gorgan hospitals, 2014. *J Mazandaran Univ Med Sci*, *25*(132), 304-8. (In Persian)