

## مدیریت HSE، و مدیریت پایدار آب

فاطمه فیاض\*<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، از عوامل موثر در کنترل و بهره وری برنامه های توسعه، تأمین ایمنی کارکنان، تجهیزات و تأسیسات و به صفر رساندن حوادث و آسیب های ناشی از آن است. تصفیه فاضلاب یکی از پایدارترین روش های حفاظت آب، تولید انرژی و بهره وری کشاورزی است. روش تحقیق در این پژوهش مرور نظام مند ادبیات است. در مجموع ۳۵ مقاله برای بررسی روش های تصفیه خانه ها، ارتباط با مدیریت پایدار و براساس روایی محتوایی، ارتباط با سوال تحقیق، قدرت شواهد، سال انتشار (۱۴۰۳-۱۳۹۵ش) و (۲۰۲۴ - ۲۰۱۳ م) از منابع معتبر داخلی و خارجی انتخاب شدند. مقالات انتخابی ارزیابی شدند تا مناسب ترین مقالات برای گنجاندن شناسایی شوند. هدف اصلی این مقاله، ارزیابی شواهد موجود از تصفیه خانه های فاضلاب، برای رسیدن به پایداری اقتصادی و زیست محیطی با توجه به مدیریت HSE، مدیریت پایدار منابع آب بود. نتایج نشان داد با توجه به اهمیت حفظ محیط زیست، ضروری است که تصفیه خانه های آب و فاضلاب از اصول توسعه پایدار در حوزه فعالیت خود بهره مند شوند و با به حداقل رساندن فشار بر منابع طبیعی، بهبود تامین آب پاک، بازیافت انرژی و حمایت کشاورزی میسر می شود و در هنگام تهیه قوانین جدید برای ایجاد تصفیه خانه های مدرن، از نتایج عملکرد تصفیه خانه های دیگر بهره برد.

واژگان کلیدی: مدیریت HSE، مدیریت پایدار، پساب تصفیه شده

## مقدمه (فونت B Nazanin - اندازه ۱۲ - پررنگ)

یکی از ضروری ترین کالاهای دنیا آب است. ۷۱ درصد از سطح زمین را پوشش می دهد و در قلب همه حیات شناخته شده قرار دارد. به دلیل تولید صنعتی و شهرنشینی، قوام بدنه های آبی با دفع آب صنعتی آسیب می بیند و به دلیل امکانات ناکافی تصفیه، جمع آوری و مدیریت زباله در کشورهای در حال توسعه به یک مشکل بزرگ تبدیل شده است. (Priya et al; 2021) شهرنشینی سریع و صنعتی شدن به طور جدایی ناپذیری با مصرف آب و تولید فاضلاب ارتباط دارد. انقلاب صنعتی و شهرنشینی سریع به سرعت افزایش یافته و منجر به تولید حجم عظیمی از فاضلاب در سراسر جهان شده است.

تصفیه فاضلاب صنعتی برای منابع قابل استفاده مجدد به دلیل مشکلات و موانع متعددی مانند تصفیه ناکارآمد، هزینه های گزاف، زیرساخت ضعیف، عدم حمایت مالی و فنی، به یک کار خسته کننده برای تصمیم گیرندگان تبدیل شده است. اغلب روش های موجود مرسوم بوده و در ارائه یک مزیت اقتصادی برای صنایع و داشتن معایب خاص ناموفق هستند. همچنین فاضلاب صنعتی بدون تصفیه به داخل زهکش های باز، دریاچه ها و رودخانه های منتهی به آلودگی محیط زیست و خطرات بهداشتی شدید تخلیه می شود. حدود ۸۰ درصد از کل فاضلاب تولید شده در کانال های آبی تخلیه می شوند که آلودگی زیست محیطی و تهدید به سلامت انسان و زندگی آبیان را ایجاد می کند (Dutta et al; 2021) تامین آب برای سلامت عمومی، کیفیت زندگی، حفاظت از محیط زیست، فعالیت اقتصادی و توسعه پایدار ضروری است. در این زمینه، تضمین بهبود مستمر تمامی فرآیندها و اقدامات موثر در تضمین کیفیت و ایمنی آب ضروری است. (Roeger & Tavares; 2018) توسعه زیرساخت یک کشور به ساخت و ساز، تعمیر، نوسازی و مدرن سازی تاسیسات عمومی مانند نیروگاه های برق، نیروگاه های آبی، مخبرات، تامین آب لوله کشی، خطوط لوله گاز، زهکش ها، جاده ها و فرودگاه ها اشاره دارد. توسعه زیرساخت های یک کشور و خدماتی که فراهم می کند، مرکز رفاه و پیشرفت ملت است (Alsulaiman; 2015)

براساس طرح سازمان ملل در سال ۲۰۱۸، نزدیک به ۹۰۰ میلیون نفر در جهان می توانند تا سال ۲۰۵۰ با کمبود شدید آب مواجه شوند. نه تنها کمبود آب یک مشکل است، بلکه کیفیت آب نیز تحت تاثیر فعالیت های انسانی قرار می گیرد. توسعه صنعتی شدن جمعیت را افزایش داده و منجر به حجم زیادی از فاضلاب صنعتی و فاضلاب خانگی شده است که بار آلاینده بدنه های آبی را افزایش می دهد. آب یکی از مهم ترین منابع روی زمین است که از بقای حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم ها حمایت می کند. با توجه به توسعه سریع اقتصاد و شهرنشینی، تقاضا برای منابع آب روز به روز در حال افزایش است و آب آلوده است که منجر به استفاده ناکارآمد از منابع آب می شود. در سطح جهانی، انتظار می رود تقاضا و مصرف آب به طور قابل توجهی افزایش یابد، به ویژه در بخش های صنعتی. با توسعه سریع شهرنشینی و صنعتی شدن، منابع آب به طور فزاینده ای در دسترس نیستند و ساخت نیروگاه های تصفیه فاضلاب می تواند توسعه پایدار منابع آب را تضمین کند. تصفیه فاضلاب برای توسعه پایدار منابع آب ضروری است. در سال ۲۰۲۱، سازمان ملل "آب تمیز و بهداشت همگانی" را به عنوان هدف توسعه پایدار جهانی تعیین کرد. ساخت تصفیه خانه های فاضلاب یکی از راهکارهای موثر می باشد. (Wu et al; 2023) نیز الگوی افزایشی رشد جمعیت و مصرف گرایی منجر به تولید بیشتر و متنوع تر پسماندها و زباله ها می گردد. از طرفی مواد زائد به عنوان یکی از آلاینده های اصلی محیط زیست مورد توجه می باشند. پس لزوم هدایت پسماندها و مدیریت مواد زائد به محل دفن مناسب با رعایت اصول بهداشتی، ایمنی و محیط زیست امری لازم و ضروری به نظر می رسد. (جوادی و همکاران؛ ۱۴۰۳) فرضیه کیفی این تحقیق این است که با کمک مدیریت HSE تصفیه فاضلاب منجر به مدیریت پایدار منابع آب می شود. این امر نشان می دهد که تصفیه فاضلاب تضمین می کند که آب کافی برای برآورده کردن نیازهای مردم و حفاظت از منابع طبیعی در برابر تخلیه بالقوه وجود دارد. در این تحقیق به بررسی میزان تولید پساب و مدیریت پایدار منابع آب پرداخته شده است. پژوهش حاضر با هدف آزمون این فرضیه با استفاده از شواهد به دست آمده از مطالعات مختلف انجام شده است.

این مقاله دیدگاه روشنی را به محققین صنایع موجود در مورد سناریوی موجود، گزینه های تصفیه، چالش ها و فرصت های مرتبط با روش های تصفیه فاضلاب ارائه می دهد. همچنین، این مقاله ابزارهای نوید بخش برای یافتن راه حل فاضلاب و تبدیل آن به دسترسی به منابع آب تصفیه شده را که در نهایت به اهداف توسعه پایدار می انجامد را معرفی می کند.

با توجه به موارد ذکر شده، مطالعه جامع تصفیه خانه های فاضلاب صنایع بسیار ضروری است. در مطالعات بسیاری از محققان ویژگیهای فاضلابها و اثرات محیط زیستی آنها بررسی شده است. اگرچه تصفیه فاضلاب مورد توجه تحقیقات زیادی قرار گرفته است، اما مدیریت HSE و مدیریت پایدار منابع آب به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است. بیشتر تحقیقات اخیر بر روی روشهای مختلف تصفیه فاضلاب متمرکز شده اند و تاثیر چندانی بر پایداری ندارند و مطالعات مدیریت پایدار منابع آب و استفاده مجدد سباب تصفیه شده صنایع با کمبودهای اساسی مواجه است. به همین دلیل در این مطالعه یک بررسی جامع پیرامون دانش انباشته شده در خصوص ویژگیهای تصفیه خانه های فاضلاب و آخرین سطح نوآوریها در فرآیندهای تصفیه فاضلاب آنها انجام شده است. برای رسیدن به این هدف به بررسی میزان افزایش پایداری روشهای تصفیه فاضلاب می پردازد.

## مدیریت HSE

ارتقای سلامت و ایمنی شاغلان و حفظ محیط زیست یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار در هر جامعه است. این امر سبب شده تا توجه سیاستگذاران به استفاده از سیستم مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست در مشاغل جلب شود تا در اقداماتی هماهنگ و ادغام یافته موضوع سلامت، ایمنی و توجه به محیط زیست در مشاغل مورد توجه قرار گیرد. HSE تلاش می کند با رویکردی سیستماتیک و منظم تمام خطرات سلامتی، ایمنی و زیست محیطی مشاغل را پیش بینی و شناسایی نماید و با برنامه ریزی، مستندسازی و تغییر روشها، آنها را کنترل و عوامل خطر را مدیریت کند. از این طریق، این سیستم نقش مؤثری در کاهش خطرات شغلی برای انسان و محیط زیست در سالهای اخیر داشته است. (پاراحمدی و همکاران؛ ۲۰۲۰)

پیشگیری از بروز صدمات و حوادث بهداشتی، ایمنی و محیط زیست در راستای افزایش بهره‌وری با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارکنان، مشتریان، پیمانکاران و دیگر افراد مستلزم وجود ساختار سیستم مدیریت HSE است. این نظام مدیریتی با پیشگیری از بروز صدمات و وقایع بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی و با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارکنان و دیگر افراد متاثر از فعالیت‌های جاری سازمان، در جهت توسعه پایدار، کاهش هزینه ها و افزایش بهره‌وری گام بر می‌دارد. مهمترین خدمت و سهم و نقش مدیریت در قرن بیستم و یکم، همانا افزایش پنجاه برابری در بهره‌وری کارکنان است. (مردانی و دیگران، ۱۳۹۲) امروزه سازمان ها تلاش می کنند مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، یک سیستم مناسب در جهت حفظ و ارتقاء محیط کار سالم بدون هیچ گونه حادثه، آسیب و آلودگی ایجاد کنند. سیستم مدیریت HSE ابزاری است برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط کار در کلیه برنامه های توسعه‌ای صنعتی و غیر صنعتی. (خالقی نژاد و همکاران؛ ۱۳۹۵)

یکی از مهمترین نیازمندی‌های صنایع امروزی، برنامه‌های بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست مناسب می‌باشد. (ارجمندی؛ ۱۳۹۱) بهبود سطح عملکرد در زمینه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست موجب ارتقای پایداری شرکت‌ها در دو بعد اجتماعی (مسئولیت‌پذیری اجتماعی) و زیست‌محیطی می‌شود. سیستم مدیریت اچ اس ای ابزار مدیریتی برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط زیست در برنامه های توسعه یا تشکیلات سازمانی بوده است و سبب تأمین ایمنی همه جانبه کارکنان، تجهیزات و تأسیسات و به صفر رساندن حوادث و آسیب‌های ناشی از کار می‌شود. از این رو برای استقرار یک سیستم مدیریتی یکپارچه در جهت کاهش تلفات ابتدا باید برنامه‌های HSE متناسب با نیازمندیهای هر سازمان شناسایی می‌گردد. انواع گوناگونی از خطرات در زمینه ی سلامت و ایمنی و محیط زیست در مدیریت پسماند وجود دارد. این خطرات در مراحل قرارگیری در معرض پسماند تا کار با تجهیزات سنگین وجود دارند. داشتن علم و آگاهی در ارتباط با هر یک از عوامل خطر برای سلامت شغلی ضروری است تا از صدمات و آثار مخرب روی سلامتی کارکنان جلوگیری شود. لذا با پیشگیری از بروز حوادث، بیماریهای ناشی از کار و معضلات زیست محیطی با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارگران، مستلزم به کارگیری ملاحظات بهداشتی، ایمنی و محیط زیست و نهادینه کردن آن در مدیریت اجرایی پسماندها می‌باشد و هدف نیز ایمن سازی محیط کار و صیانت از نیروی انسانی و منابع مادی و پیشگیری از حوادث ناشی از کار در محل‌های دفن زباله پسماندهای عادی می‌باشد (مداح و همکاران؛ ۱۳۹۸) سیستم مدیریت یکپارچه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS) با ارائه ساختار و مدل مناسب، به مدیریت کلیه این طرح ها و سیاست‌ها پرداخته و علاوه بر ایجاد نظمی خاص در اجرایی نمودن این برنامه ها به متمرکز ساختن هزینه ها و بهبود وضعیت اقتصادی سازمان و دستیابی به توسعه پایدار شهری کمک می‌کند. (فلاحتی؛ ۱۳۹۸) ملاحظه همزمان

موضوعات بهداشتی، ایمنی و محیط زیست، علاوه بر حذف فعالیت‌های موزی به دلیل ایجاد تعادل فنی و اقتصادی سبب سهولت در افزایش بهره‌وری و توسعه پایدار نیز می‌گردد. (خالقی‌نژاد و همکاران؛ ۱۳۹۵) بنابراین رعایت الزامات سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست یکی از عوامل اثرگذار در بهره‌وری و در نهایت عملکرد سازمانها است. موفقیت سیستم مذکور مستلزم مشارکت و درگیر شدن کلیه کارکنان در اجرای الزامات بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی و به بیان بهتر، عملکرد بالای HSE کارکنان است، به گونه ای که نیروی انسانی به عنوان یکی از مهمترین عوامل اثرگذار بر شرایط بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی در نظر گرفته می‌شود. (مردانی و همکاران؛ ۱۳۹۲)

### بهره‌وری آب در مدیریت پایدار منابع

یکی از مهمترین دغدغه‌ها در بسیاری از کشورهای جهان، تأمین آب در راستای توسعه پایدار است. (رحمانی و همکاران؛ ۱۴۰۰) با افزایش تغییرات آب و هوایی و اجتماعی، چالش امنیت آبی شهرها پررنگ‌تر می‌شود و تصمیم‌گیران شهری برای دستیابی به مدیریت پایدار آب شهری در زمینه‌هایی مانند بهره‌وری آب و استفاده مجدد از فاضلاب حرکت می‌کنند. (نظامی و همکاران؛ ۱۴۰۱) امروزه راهبردهای مدیریتی بسیار توسعه یافته، در بخش انرژی و آب ارائه شده‌اند که بر ساختار، مالکیت و راهبردهای نظارتی آن بخش تأثیر گذاشته‌است، یکی از این راهبردها، مدیریت راهبردهای منابع آب است که نقش بلند مدتی در تخصیص منابع و تصمیم‌گیری دارد. رویکرد راهبردهای مدیریت منابع آب بر اساس مجموع دیدگاه‌ها، سیاست‌ها، ساختارها و سیستم‌های موجود در این زمینه، از حوادث ناگهانی آینده و بروز شرایط بحرانی جلوگیری کرده و به توسعه پایدار منابع منجر می‌شود. توسعه پایدار یک قاعده اخلاقی و یک مفهوم علمی است. توسعه پایدار متکی به ارزش‌ها و محدود به یک جامعه خاص نیست و نشان‌دهنده اهداف توسعه نه فقط در سطح ملی است بلکه چشم‌اندازی جهانی دارد توسعه پایدار به عنوان یک فرایند مستمر و هدایت شده از تغییرات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی با هدف رفاه شهروندان در حال و آینده است. نتایج پژوهش‌های انجام شده در حوزه مدیریت جامع منابع آب نشان می‌دهد منابع آب در کنار عوامل ساختاری، محیط طبیعی -اکولوژیک، اجتماعی و فرهنگی، اقتصادی و سیاسی جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار دارد. (شیرین‌حصار و گواهی؛ ۱۴۰۲)

روش‌های سنتی تصفیه آب و توزیع با چالش‌های فزاینده‌ای در برآوردن نیازهای رشد شهرنشینی، آلودگی و تغییرپذیری آب و هوا مواجه هستند. (Dada et al;2024) از جمله راهکارهای نوین در زمینه مدیریت فاضلاب خانگی و صنایع درون‌شهری، بازیافت آب و استفاده مجدد از آن است. در جهان امروز، به فاضلاب تصفیه‌شده یا آب بازیافتی به عنوان منبع جدیدی برای آب می‌نگرند. نکته مهم اینکه با افزایش شهرنشینی و سطح رفاه جوامع، مصرف آب افزایش یافته و میزان فاضلاب جمع‌آوری شده نیز بیشتر می‌شود و می‌توان گفت استفاده مجدد از آب بازیافتی در تقابل با رشد جامعه نبوده، بلکه همخوان با آن است، زیرا باید برای این فاضلاب تولید شده فکری اندیشید. (اسدی و همکاران، ۱۴۰۲) آب بازیافت شده، که به عنوان آب احیا شده یا آب خاکستری نیز شناخته می‌شود، به فاضلاب تصفیه‌شده اطلاق می‌شود که برای رعایت استانداردهای کیفیت سخت و ایمن برای کاربردهای غیر شرب اشاره دارد. این منبع آب جایگزین وسیله‌ای مناسب برای کاهش فشار بر منابع آب شیرین سنتی و کاهش تخلیه فاضلاب تصفیه نشده به بدنه‌های آبی طبیعی ارائه می‌دهد. در نتیجه یک چشم‌انداز ساخت‌وساز پایدارتر و سازگار با محیط‌زیست را ترویج می‌کنند. برای بهبود امنیت منابع، صرفه-جویی در مصرف آب در مناطق شهری از طریق بازیابی و مصرف موثر انرژی بسیار مهم است. (Chen et al;2024)

بازیافت و بازچرخانی پساب به عنوان یکی از منابع مطمئن و باکیفیت آب نامتعارف در راستای پاسخ به دغدغه‌های اخیر آبی مطرح گردیده‌است. یکی از مهمترین مزایای بازیافت پساب در جهان، سهم غیرقابل انکار آن برای افزایش پایداری مدیریت منابع آب طی دهه-های آتی خواهد بود. در مقابل باید توجه نمود که این مفهوم برای گسترش و کاربردی شدن، نیازمند همگرایی در عرصه‌های مختلف حکمرانی، قانونگذاری، سلامت، فرهنگ و اقتصاد می‌باشد. (کازمی‌نژادفرد و همکاران؛ ۲۰۲۴) با توجه به محدود بودن منابع آب در جهان، مدل‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای کیفی پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب، نقش مهمی را در حوزه مدیریت منابع آب در مناطق مختلف جهان ایفا می‌کند. محدود بودن منابع آب شیرین در جهان و همچنین رشد روزافزون جمعیت و توسعه شهرنشینی،



رویکرد استفاده مجدد از پساب‌های شهری را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. در چنین شرایطی، استفاده از آب بازیافتی می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های غلبه بر کم‌آبی و جلوگیری از هدر دادن منابع آب تلقی شود. (حاجی‌زاده و همکاران؛ ۲۰۲۴) البته استفاده مجدد از پساب در بسیاری از صنایع و کشاورزی به منظور مدیریت منابع آبی رایج شده است. پساب تصفیه‌شده با کیفیت متوسط قابلیت استفاده در کشاورزی، صنعتی و آبیاری را داشته و با کیفیت ضعیف در خنک‌کننده‌ها می‌توان از آن استفاده کرد. (سمعی‌بیرق و همکاران؛ ۱۴۰۳)

### تصفیه فاضلاب

آب بخشی اجتناب‌ناپذیر از زندگی روزمره همه موجودات زنده است. بسیاری از مناطق جهان در سال‌های اخیر کمبود شدید آب را تجربه کرده‌اند. (Priya et al;2021) توسعه اقتصادی یک کشور به شدت متکی به دسترسی آن به منابع آب است. با ورود به قرن بیست و یکم، عوامل متعددی از جمله صنعتی شدن شهرها، شهرنشینی و رشد سریع جمعیت تأثیر زیادی بر کیفیت آب در سراسر جهان داشته است. در این راستا، معضل آلودگی آب، به ویژه پسابهای صنعتی، برای کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته به یک نگرانی قابل توجه تبدیل شده است. (عبداله‌زاده شرقی و فریدی‌زاد؛ ۱۴۰۳).

دلایل مهم آلودگی آب عبارت‌اند از: رشد جمعیت و افزایش نیاز به آب (افزایش جمعیت و نیاز به آب برای مصارف مختلف، به عنوان یکی از علل اصلی آلودگی آب در سالهای اخیر مطرح می‌شود) استفاده بی‌رویه از کود و سموم شیمیایی (در کشاورزی، استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی برای کشت محصولات، باعث ورود عناصر سنگین مانند فسفر و نیتروژن به آب و نهایتاً آلودگی آب شده است) انتشار پسماندها (انتشار پسماندها به دلیل نبود سامانه‌های دفن و جمع‌آوری پسماندها به صورت صحیح، باعث آلودگی منابع آبی شده است) صنایع (فعالیت‌های صنعتی، تخریب زیست‌محیطی و نیز تخلیه پسابهای صنعتی با محتوای کیفیت پایین، باعث آلوده شدن منابع آبی شده است) شهرنشینی (رشد شهرنشینی و بیشتر شدن شهرها و روستاها به صورت غیرمنظم، باعث ایجاد تغییراتی در چرخه آب شده است که با تغییر جریانهای آب و نیز تجمع زباله‌های شهری در نزدیکی منابع آبی، آلودگی آب را افزایش داده است) تغییرات آب و هوایی (تغییرات آب و هوایی و جوی نیز می‌تواند علتی برای آلودگی آب در سالهای اخیر باشد. به عنوان مثال، تغییر الگوی بارش‌ها و خشکسالی‌های متعدد، باعث کاهش جریان آب در رودخانه‌ها و در نتیجه، تجمع زباله‌ها و مواد آلوده در رودخانه‌ها و سایر منابع آبی می‌شود) از اینرو، مدیریت و کنترل منابع آبی به منظور کاهش آلودگی آب و حفظ آنها برای نسل‌های آینده بسیار اهمیت دارد. تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب یک فرصت منحصربه‌فرد برای برطرف کردن این چالش‌ها است. (خلیلی و مریدی، ۲۰۲۳) فاضلاب حاوی مقادیر قابل توجهی انرژی شیمیایی است. که می‌تواند به انرژی الکتریکی یا گرما تبدیل شود. تصفیه فاضلاب ممکن است به جای مصرف‌کنندگان به تولیدکنندگان انرژی خالص تبدیل شود. (قیمیرو همکاران، ۲۰۲۱) بنابراین روش‌های استفاده مجدد از فاضلاب باید به روز شوند. تامین آب شیرین برای تامین نیازهای کره زمین کافی نیست و بیشتر آب شیرین در مناطق قطبی از یخ و برف استفاده می‌کند. دنیای دریایی نیز به دلیل دارا بودن آلودگی‌های جدید و آلودگی دارویی نیازمند نگرانی زیادی است. آب تمیز برای رشد جمعیت نوشیدنی، بهداشت، آبیاری و کاربردهای مختلف دیگر مورد نیاز است. برای اطمینان از ثبات در وجود آب آشامیدنی، ایجاد تصفیه‌خانه های فاضلاب اجتناب‌ناپذیر است. (Priya et al;2021)

تصفیه فاضلاب شامل حذف آلاینده‌ها و آلاینده‌ها از فاضلاب قبل از تخلیه به بدنه‌های آبی طبیعی یا استفاده مجدد است. این فرآیند برای کاهش آلودگی محیط‌زیست، جلوگیری از گسترش بیماری‌های آب و حفظ منابع آب شیرین ضروری است. بدون تصفیه مناسب، پساب می‌تواند خطرات قابل توجهی برای اکوسیستم‌های آبی، سلامت انسان و کیفیت کلی محیط‌زیست ایجاد کند. تصفیه فاضلاب به عنوان یک جز حیاتی در کاهش آلودگی محیط‌زیست و حفظ سلامت عمومی است. (Obiuto et al;2024) در دهه‌های اخیر با افزایش رشد جمعیت و با وجود آمدن فعالیت‌های صنعتی جدید، تولید مواد زائد افزایش یافته است. دفع و تصفیه این مواد زائد اغلب در تصفیه‌خانه های فاضلاب، مراکز بازیافت مواد زائد و تهیه کمپوست انجام می‌شود. تصفیه فاضلاب، یکی از شاخص‌های اصلی نوسازی شهری محسوب می‌شود. درصد جمعیتی که توسط تصفیه‌خانه‌های فاضلاب خدمات‌رسانی می‌شوند به عنوان شاخصی در بعد "سلامت و محیط زیست" برای زندگی ذکر شده است. تصفیه فاضلاب یک فرآیند ضروری در جامعه است و بنابراین در زمره اهداف توسعه پایدار

قرار گرفته است. تصفیه خانه‌های فاضلاب دارای واحدهای مختلف فرآیندی و عملیاتی شامل آشغال‌گیر، دانه‌گیر، ته‌نشین اولیه، هوادهی، ته‌نشین ثانویه، تغلیظ کننده لجن، هاضم‌های بی‌هوازی و گندزدایی به وسیله UV هستند. این فرآیندها منجر به انتشار بیوآئروسولها، گازها و بخارات مواد شیمیایی و ورود برخی سموم به محیط اطراف آن می‌شوند که می‌توانند منجر به آلودگی‌های زیست-محیطی و همچنین بروز برخی عوارض و بیماریها در شاغلین و ساکنین اطراف آنها شوند. (رفیعی منش، ۲۰۲۳) حفاظت از محیط زیست و بازیافت پسماندها در جوامع صنعتی و علمی بسیار اهمیت دارد فاضلاب حاصل از فرایند صنعتی مهمترین نقش را در آلودگی محیط زیست دارد و گاهی غلظت COD و BOD و یا غلظت ترکیبات موجود در آن به ده‌ها هزار میلی گرم در لیتر می‌رسد. تخلیه این فاضلاب در محیط طبیعی پذیرنده همواره توأم با اثرات جبران ناپذیر بوده‌است. فاضلاب صنایع عموماً بر تمام خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محیط پذیرنده اثر سوء گذاشته و به مرور زمان آنرا دگرگون می‌سازد. فاضلابهای صنعتی یکی از منابع مهم آلاینده محیط زیست‌اند به طوری که گاهی غلظت COD و BOD و یا غلظت ترکیبات موجود در آنها به ده‌ها هزار میلی گرم در لیتر می‌رسد. (Merouani et al;2010)

### نیاز و ضرورت مدیریت آب

امروزه بحران آب بیش از هر مشکل دیگری، حیات بشریت را تهدید می‌کند و اغلب مشکلات و تنگناهای زیست محیطی، صرفاً یک موضوع محلی و یا حتی ملی به شمار نمی‌آیند، زیرا با توجه به وابستگی متقابل و غیر متقابل تفکیک محیط زیست با مباحث کلان اجتماعی از جمله اقتصاد، فرهنگ، توسعه، سیاست و بسیاری دیگر از جنبه‌های مادی و معنوی حیات انسان‌ها، در واقع هر مشکل زیست محیطی در هر منطقه و حتی در محدوده مرزهای قراردادی یک کشور، می‌تواند مشکلی برای کل جهان و نوع بشر به شمار آید. (نیکبخت و الهی منش، ۱۴۰۱) آب عاملی کلیدی در توسعه اجتماعی و اقتصادی است و بحران موجود آب نتیجه حکمرانی نامناسب آن و نه فقط محدودیت منابع آب در کشور است. توجه به دانش بومی به لحاظ اینکه راه‌حلهایی مبتنی بر طبیعت ارائه می‌کند در مدیریت پایدار منابع آب از نقش سازنده‌ای برخوردار است. (اسلامی و جلالی، ۱۴۰۱) در دنیای امروز، بیش از سه دهه است که موضوع آب و مباحث پیرامون آن، از گردونه فنی و خدماتی فراتر رفته و به عنوان کالایی با ماهیت راهبردی و قدرت اثرگذاری بر تحولات سیاسی، اقتصادی، زیست‌محیطی و حتی نظامی بدل گشته‌است. این حساسیت مضاعف و بی‌سابقه، ثمره افزونی تقاضا و کمیابی منابع آب با کمیت و کیفیت مناسب است. با گذشت زمان و کمیابی بیشتر آب، تصمیم‌گیری برای آن، بیشتر تابع تصمیم‌های سیاسی خواهد شد. در این شرایط مدیریت کارآمد آب و حفظ منابع آبی برای آینده، بر چهار محور: جلب حمایت سیاسی به منظور بهبود خدمات آب و فاضلاب و مدیریت آن، درگیر ساختن مصرف‌کنندگان در چاره‌اندیشی برای تنگناهای آب، تحکیم مشارکتهای منطقه‌ای و بین بخشی به منظور نیل به امنیت آبی و تحرک بخشیدن و جلب توجه مصرف‌کنندگان به بحران آب باید متمرکز شود. پرواضح است که نیل به موفقیت در چهار رویکرد گفته شده، نیازمند ورود عرصه اجتماعی در مدیریت خدمات آب و فاضلاب است. (پاکروح و قنادی، ۱۳۹۷) به همین منظور، همگام با افزایش اهمیت مسائل محیط زیستی در توسعه پایدار، تلاش تمامی صنایع بر این است که با برنامه‌ریزی صحیح و به کارگیری روش‌های مناسب، علاوه بر دستیابی به اهداف اقتصادی خود و کسب مزیت رقابتی، آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های صنعتی بر محیط زیست را به حداقل برسانند. اما تحقق این امر بدون اطلاع از مؤلفه‌های تأثیرگذار در توسعه پایدار و اقدامات اصلاحی در کاهش اثرات مخرب محیط زیستی میسر نخواهد شد. (شهرجردی، و همکاران. ۱۴۰۲).

### عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب

محیط‌زیست بهداشتی و آب آشامیدنی سالم از نیازهای اساسی حمایت از زندگی سالم است. آب تمیز یکی از عناصر ضروری برای مصارف خانگی است و برای کاربردهای صنعتی و کشاورزی مورد نیاز است. افزایش مصرف آب در نهایت منجر به تولید فاضلاب بزرگ‌تر می‌شود. منابع آب جهان به دلیل فاضلاب‌های بزرگ حاوی آلاینده‌های سمی مانند رنگ‌ها، فلزات سنگین، مواد فعال سطحی، محصولات مراقبت شخصی، آفت‌کش‌ها و داروهای کشاورزی، صنعتی و شهری به رودخانه‌های آبی آلوده شده‌اند. آلودگی آب و درمان آن به عنوان

چالشی فزاینده در سطح جهانی مطرح شده است. تلاش‌های زیادی برای غلبه بر چالش‌های تصفیه فاضلاب در سال‌های اخیر صورت گرفته است. روش‌های مختلفی مانند اکسیداسیون فنتون و اکسیداسیون الکتروشیمیایی، فرآیندهای فیزیکی مانند جذب و فیلتراسیون غشایی و روش‌های بیولوژیکی متعددی برای تصفیه فاضلاب جذب سطحی یک روش ساده، پایدار، مقرون به صرفه و دوست‌دار محیط‌زیست برای تصفیه فاضلاب شناسایی شده‌اند. محققان بسیاری اخیراً تلاش‌های خود را برای جستجوی جاذب‌های با نواحی وسیع سطحی، هزینه پایین و دوستی با محیط‌زیست انجام داده‌اند. با این حال، نیاز به تحقیقات و توسعه بیشتر، بهینه‌سازی و پیاده‌سازی عملی فرآیند یکپارچه برای گستره وسیعی از کاربردها دارد. (Rashid et al; 2024) آب یکی از اجزای مهم زندگی است و از این رو نقش بسیار مهمی در تمامی جنبه‌های تعادل انرژی در طبیعت، صنعت، بدن انسان، تولید آب آشامیدنی، آب برای صنعت و همچنین تصفیه فاضلاب شامل فرآیندهای مختلفی دارد. پمپاژ آب، تصفیه، سیستم‌های توزیع و عرضه، جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه از جمله گام‌های مهم فن‌آوری در سیستم چرخه آب - فاضلاب هستند. فرآیندهای موجود در تقاضای چرخه آب - فاضلاب بخش مهمی از مصرف انرژی جهانی را نشان می‌دهند. یکی از علل اصلی آلودگی آب، تصفیه فاضلاب بی‌اثر است که منجر به برگشت آب خاکستری به محیط‌زیست بدون انجام فرآیند یک فرآیند ضد آلودگی می‌شود. در حالت ایده‌آل، پساب باید کم‌ترین غلظت مواد آلاینده را داشته باشد تا در سایر فعالیت‌ها مانند کشاورزی یا تولید انرژی تجدیدپذیر مورد استفاده مجدد و بهره‌برداری قرار گیرد. با این حال، پیشرفت فن‌آوری در اشکال مختلف آن نقش حیاتی در بهبود فرآیندهای تصفیه فاضلاب ایفا می‌کند و به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در بهبود کیفیت تصفیه فاضلاب محسوب می‌شود. (Khan et al; 2022)

سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب بخش مهمی از انرژی مصرفی در کل چرخه آب - فاضلاب هستند. سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب عمدتاً برای حفاظت از سلامت انسان و محیط‌زیست و انتقال فاضلاب از منبع آلودگی به تاسیسات تصفیه طراحی و اجرا می‌شوند. از طرفی سیستم‌های تصفیه فاضلاب برای کاهش آلودگی منتقل شده و رقیق شده در آب طراحی و اجرا می‌شوند. تمامی مراحل تصفیه فاضلاب و فن‌آوری‌های دفع لجن نیازمند انرژی برای پمپاژ، اختلاط و هوادهی آب، فاضلاب یا لجن است. تقاضای انرژی فن‌آوری تصفیه فاضلاب به موقعیت نیروگاه، اندازه آن (معادل جمعیت، بار آلی یا هیدرولیکی)، نوع فرآیند تصفیه و سیستم هوادهی، الزامات کیفیت پساب، سن کارخانه، تجربه مدیران آن بستگی دارد. یک تصفیه‌خانه فاضلاب شهری متداول شامل سه مرحله تصفیه اصلی (حذف مواد جامد معلق)، ثانویه (حذف آلودگی آلی) و مرحله سوم (حذف نیتروژن و فسفر) است. مرحله اولیه تصفیه شامل جمع‌آوری و پمپاژ فاضلاب، غربال‌گری، برداشت شن و رسوب در مخازن اولیه رسوب می‌باشد. فرآیندهای موجود در این مرحله تصفیه، تقاضای انرژی پایین (به جز پمپاژ فاضلاب) هستند. داده‌های مربوط به شدت انرژی فرآیند تصفیه اولیه در ادبیات مختلف متفاوت است. تصفیه‌خانه فاضلاب زیستی یکی از تاسیسات حذف آلودگی آلی از فاضلاب است. به طور کلی، فرآیندهای تصفیه یک نیروگاه نیازمند انرژی زیادی است. (Bodik, 2013)

وو و همکاران (۲۰۲۳) فرآیند تصفیه خانه‌های فاضلاب را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند: «تصفیه خانه‌های فاضلاب مکان‌هایی هستند که در آن فاضلاب یا آب با میزان آلودگی بالا به آب‌های با آلودگی کم تبدیل می‌شود. این فرآیند عمدتاً به مراحل زیر تقسیم می‌شود: (۱) پیش تصفیه - عمدتاً فیلتر کردن زباله‌های بزرگتر یا شن و ماسه (۲) تصفیه اولیه - تصفیه جامدات کوچکتر و جامدات معلق با روش‌های فیزیکی (۳) تصفیه ثانویه - حذف مواد جامد معلق غیر قابل رسوب و مواد آلی قابل تجزیه زیستی محلول با روش‌های بیولوژیکی / شیمیایی و فیزیکی. (۴) تصفیه سوم - نمک‌زدایی و حذف نیترات / نیتريت. و در نهایت، (۵) درمان چهارتایی - حذف باقیمانده مواد آلی / مواد شیمیایی / داروها، ویروس‌ها، تک‌یاخته‌ها، باکتری‌ها، هاگ‌های قارچ و انگل‌ها. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در نتیجه رشد جمعیت شهری و صنعت تحت فشار بیشتری برای تصفیه فاضلاب هستند. علاوه بر این، حوادث ایمنی (شوک الکتریکی، غرق شدن، مسمومیت و خفگی، انفجار و غیره) اغلب در این تاسیسات رخ می‌دهند. کارایی تصفیه فاضلاب را کاهش می‌دهند و پایداری بلندمدت منابع آب را تحت‌تاثیر قرار می‌دهند.» (Wu et al; 2023)

راه‌های تصفیه پساب

هوش مصنوعی یکی از ابزارهای کلیدی در حل مسائل زیست محیطی مانند حذف و جذب آلاینده‌های آلی و فلزی در آب است. یکی از روش‌هایی که می‌توان از هوش مصنوعی برای حل این موضوع استفاده کرد، استفاده از یادگیری ماشین است. با استفاده از یادگیری ماشین، می‌توان اطلاعاتی همچون خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آلاینده‌ها، خصوصیات آب و شرایط محیطی را به برنامه‌های هوش مصنوعی منتقل کرد. سپس، با شناسایی آلاینده‌ها، مقدار آنها و نیز شناسایی منابع آلاینده، هوش مصنوعی می‌تواند شرایط بهینه برای حذف و جذب این آلاینده‌ها را پیشنهاد دهد. الگوریتم‌های مختلف هوش مصنوعی در فرآیندهای تصفیه آب و فاضلاب بر روی جذب آلاینده و در اکثر موارد بر روی عملکرد جاذب‌ها جهت حذف آلاینده‌های آلی و فلزی تمرکز دارد. ابزارهای هوش مصنوعی دارای پتانسیل‌های بالا برای متحول کردن فرآیند و برنامه‌های تصفیه فاضلاب دارد. در سال‌های اخیر این الگوریتم‌ها در زمینه فرآیندهای تصفیه آب و فاضلاب برای مدل‌سازی، بهینه‌سازی و ارائه راه‌حل‌هایی جهت مدیریت راهبردی، کاهش آلودگی آب، کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهینه‌سازی مصرف موارد شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته‌است. همچنین، ابزارهای بهینه‌سازی و مدل‌سازی نیز برای ارزیابی عملکرد و بهبود کارایی فرآیندهای تصفیه آب مورد توجه قابل توجهی قرار گرفته‌است. (خلیلی، ۲۰۲۳)

مناطق شهری حدود ۳ درصد از کل سطح زمین را تشکیل می‌دهند و بیش از ۵۵ درصد از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند. تمایل بیشتر مردم به تمرکز در شهرهای بزرگ، همچنان در دهه‌های آینده افزایش خواهد یافت. این امر منجر به این می‌شود که دو سوم جمعیت جهان، یعنی ۷ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ در مناطق شهری زندگی کنند. این پدیده اجتماعی نیاز به حفظ کارآمد و پایدار سامانه‌های تصفیه آب و فاضلاب برای تضمین تأمین آب کافی در مراکز بزرگ شهری و جلوگیری از آلودگی زیست بوم‌های طبیعی را مضاعف می‌کند. (مقیسه و همکاران؛ ۲۰۲۴) استفاده از پساب تصفیه‌شده به منظور مصارف کشاورزی و مدیریت منابع آب زیرزمینی، از اهمیت بالایی برخوردار است. حال با توجه به مخاطرات بهداشتی ناشی از تخلیه پساب‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به منابع آب، دستیابی به طراحی دقیق و نیز راهبردی صحیح تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از جمله چالش‌های مهم برای مدیریت پایدار منابع آب و همچنین موضوع مهمی برای سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان آن است. (حاجی زاده و همکاران؛ ۲۰۲۴)

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب جنبه‌های متعدد بالقوه، خطرات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای و زیست‌محیطی وجود دارند که بروز هر یک از آنها پیامدهای ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی نامطلوبی را از جمله بروز حوادث شغلی برای پرسنل و خروج پساب کاملاً تصفیه‌نشده که باعث آلودگی خاک و آلودگی زمین‌های کشاورزی و شیوع انواع بیماری‌های واگیردار و غیره می‌شود. توسعه صنایع و پیشرفت فناوری در کنار آثار مثبت و ارزشمند خود همواره با آثار و پیامدهایی نظیر افزایش کمیت و کیفیت آلودگی‌های محیط کار و زندگی حوادث و بیماری‌های ناشی از کار مواجه بوده‌است که بیش از پیش زندگی انسانها و به ویژه کارکنان صنایع را مورد تهدید می‌دهد. از جمله این صنایع می‌توان به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اشاره نمود. در حال حاضر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم پاک نگه‌داشتن محیط زیست و بازیابی فاضلاب احداث شده و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع‌آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به عهده دارند و ریسک خطرات تصفیه خانه‌های فاضلاب از جنبه‌های ایمنی بهداشت و زیست محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است. (ستوده مرام و همکاران، ۱۳۹۸)

شیوه‌های کنونی مدیریت آب شهری توان پاسخگویی به تغییرات ناشی از رشد جمعیت، افزایش رسانه درخواست آب و تغییرات اقلیمی را ندارند. در سال ۲۰۱۴، ۵۴ درصد مردم دنیا در شهرها ساکن بودند ولی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، ۷۰ درصد جمعیت جهان ساکن بخش‌های شهری باشند. این رشد شتابنده می‌تواند شهرها را با توجه به محدودیت منابعی مانند آب، انرژی و مواد غذایی در فراهم کردن نیازهای اساسی ساکنان دچار چالش‌های بنیادی کند. در حال حاضر، بسیاری از شهرها در سراسر جهان در برابر کمبود آب آسیب‌پذیر هستند و پیش‌بینی می‌شود که شاید یک شهر از هر شش شهر بزرگ دنیا تا سال ۲۰۵۰ درگیر خطر کسری چشمگیر آب باشند. این استفاده فزاینده از منابع به دست شهرها گویای رشد آنها، افزایش آلودگی و همچنین فشار بر محیط طبیعی است. آب یک منبع بنیادی در سیستم شهری است که نیاز به توجه و مدیریت ویژه دارد. توجه به منابع آب و راندمان آب یا چگونگی به حداکثر رساندن بهره‌وری هر واحد آب ورودی از طریق استفاده بهینه و بازیافت داخلی، یکی از اهداف مهم شهرها است. (نظامی و دیگران، ۱۴۰۱) در سال‌های اخیر به دلیل حکمرانی و مدیریت نامناسب منابع آب، افزایش تقاضا، توسعه صنعتی و کشاورزی و تخصیص نامتعادل آب به



مصارف مختلف، مدیریت حوضه‌های آبریز با چالش‌های بسیاری مواجه شده‌است. توسعه پایدار راهکارهایی را برای توسعه در جهت حل مشکلات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ارائه می‌نماید. بررسی روابط میان فرایندهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در رویکردهای مدیریتی به عنوان توسعه پایدار پذیرفته شده اما مدیران و تصمیم‌گیران هنوز در به‌کارگیری و ارزیابی آن با مشکل مواجه هستند. مدیران می‌توانند با توجه به نتایج ارزیابی از جهت و سرعت حرکت خود به سمت اهداف، اطمینان حاصل نمایند. در سال ۱۹۹۲ در دوبلین در کنفرانس آب و محیط زیست سازمان ملل، کارشناسان خواستار رویکردهای جدید برای ارزیابی و مدیریت منابع آب شدند. نتیجه این کنفرانس اطلاعیه دوبلین در مورد آب و توسعه پایدار بود. همچنین کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد محیط زیست و توسعه در ریو در ژوئن ۱۹۹۲ به کشورها توصیه می‌کند که اصل دوبلین را اعمال کنند و آن را به برنامه عملیاتی برای مدیریت منابع آب خود اضافه نمایند. براساس برنامه ارزیابی جهانی آب سازمان ملل متحد یک چالش جهانی برای قرن بیست و یکم، مدیریت منابع آب موجود و دسترسی به آب آشامیدنی و بهداشت است. (رحمانی و دیگران، ۱۴۰۰) بنابراین شناخت روشهای تأمین و بهره‌گیری اصولی از منابع آبی در اختیار و قابل استحصال و استفاده از مدل‌های مدیریتی به عنوان اساسی‌ترین راه حل برای ارزیابی و بهینه‌سازی مصرف است. (کاظمی نژادفرد و دیگران، ۲۰۲۴) در پاسخ به چالش‌ها، یکپارچه‌سازی فن‌آوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک راه‌حل امیدبخش برای بهینه‌سازی فرایندهای تصفیه آب و فاضلاب مطرح شده‌است. مدیریت هوشمند آب، که به واسطه تعامل یکپارچه بین دستگاه‌های زیادی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی توانمند است، می‌تواند پایش، تحلیل و مدیریت منابع آب را متحول سازد. (دادا و همکاران، ۲۰۲۴)

وجود مواد آلاینده در فاضلاب و ورود آن به سیستم تغذیه موجودات زنده و انسانها اثرات خطرناکی بر سلامتی آنها خواهد گذاشت. کاربرد و استفاده مجدد پساب در صنایع و کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان از جمله آمریکا، کانادا، فرانسه، آلمان، مکزیک، برزیل، مصر، چین، مراکش و عربستان رایج شده است. متداولترین روشها برای تصفیه فاضلابهای صنعتی فرایندهای هوازی، بی‌هوازی و زیست‌شناختی ترکیبی (هوازی و بی‌هوازی و آنوکسیک) هستند. سیستم‌های ترکیبی رشد معلق و چسبیده، اخیراً مورد توجه بوده‌است و به عنوان فرایندهای پیشرفته فاضلاب در حذف فسفر و نیتروژن مؤثر هستند. سیستم‌های تلفیقی لجن فعال با رشد چسبیده (IFAS) در تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی بکار گرفته می‌شوند. این عمل برای ارتقا دادن تصفیه‌خانه‌های لجن فعال موجود و نیترات‌سازی و نیترات زدایی در آنها به کار رود. روش تلفیقی لجن فعال با رشد چسبیده و سیستم راکتور بی‌هوازی عملکرد بهتر و مناسبی برای ارتقای فاضلاب تصفیه‌خانه‌های موجود دارد. این سیستم با استفاده از مدیا یا بستر ثابت طراحی شده و نیازی به ساخت واحدهای دیگر ندارد. HRT، عامل مهمی در تعیین عملکرد تصفیه فاضلاب است. با افزایش نادرست HRT هزینه تجهیزات افزایش و کارایی سیستم کاهش می‌یابد با کاهش بیش از حد HRT غلظت ترکیبات آلی در خروجی افزایش می‌یابد. در صورتیکه میزان ترکیبات آلی و غلظت ترکیبات فسفر بیشتر باشد؛ فرایند به یک تصفیه بی‌هوازی (پیش از تصفیه فاضلاب با راکتور هوازی) نیاز دارد. (سمیعی و همکاران، ۱۴۰۳)

با استفاده از تکنولوژی مناسب تصفیه می‌تواند وابستگی به منابع آبهای سطحی و زیرزمینی را کاهش داد. (عبداله‌زاده و فریدی‌زاد، ۱۴۰۳)

## روش تحقیق

### روش پژوهش

پژوهش حاضر به روش مروری و از نوع سیستماتیک انجام شد.

### جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری پژوهش، شامل پژوهش‌هایی است که در سال‌های (۱۴۰۳-۱۳۹۵ش) و (۲۰۱۳ - ۲۰۲۴ م) انجام شده‌است. منابع اطلاعاتی معتبر با کلید واژه‌های: مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست، مدیریت پایدار، پساب تصفیه‌شده و تصفیه‌خانه بود. در این تحقیق که با روش سیستماتیک انجام پذیرفته، به دنبال این است که آیا تصفیه فاضلاب از مدیریت پایدار منابع آب پشتیبانی می‌کند یا



خبر. روش سیستماتیک در شناسایی شکاف‌های موجود در شواهد و ارائه موضوعات مطالعاتی در آینده مفید است. همچنین با توجه به معیارهایی که در انتخاب مقالات در نظر گرفته شد، مقالاتی که اطلاعات جدیدی را در مورد موضوع ارائه می‌کردند، توسط محقق انتخاب شدند و همچنین به داده‌های اصلی که با استفاده از روش‌های تحقیق اولیه به دست آمده‌است، اولویت قابل توجهی قائل است. زیرا آنها اطلاعات جدیدی را ارائه می‌دهند که در سایر انتشارات وجود ندارد. مقالاتی که به سوال تحقیق مربوط نبودند و یا خیلی قدیمی بودند تا جایی که نمی‌توان آن‌ها را در این مطالعه وارد کرد، حذف شدند. به عنوان مثال، مطالعات انجام‌شده در دهه های قبل در این مطالعه مورد استفاده قرار نگرفته اند زیرا بسیار قدیمی بوده تا جایکه نمی‌توانستند آخرین یافته‌های یک موضوع را منعکس کنند. علاوه بر این، هدف از این مطالعه ارائه شواهد کافی برای پشتیبانی از مدیریت HSE و استفاده از تصفیه فاضلاب برای دستیابی به مدیریت پایدار منابع است. فضاهای باز شناسایی شده در این تحقیق همچنین در توسعه و انجام مطالعات آبی برای ارائه پاسخ به پرسش‌هایی که در مطالعات قبلی به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته اند، کمک می‌نماید. در مرحله اول از ۱۲۰ مقاله بررسی شده در مجموع ۳۸ مقاله با معیارهای نهایی مطابقت داشتند و براساس تناسب و دقت آن‌ها در پاسخ به سوال پژوهش انتخاب شدند. مقاله باقیمانده در فهرست منابع گنجانده شده‌اند تا چشم‌انداز بیشتری به استدلال‌های مطرح‌شده در این مقاله اضافه شود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها مقالات بازیابی شده (n = 38) برای تحلیل به ابعاد مختلف طبقه‌بندی شدند، همانطور که در شکل ۱ نشان‌داده شده‌است. طبقه‌بندی اصلی شامل عنوان، نوع سند، نویسندگان و مکان اجرا بود. تجزیه و تحلیل شامل بررسی هر یک از یافته‌ها برای تعیین چگونگی ارتباط آن‌ها با مدیریت پایدار منابع است. هر یک از یافته‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفت تا ارتباط بین تصفیه فاضلاب و پایداری تعیین شود.

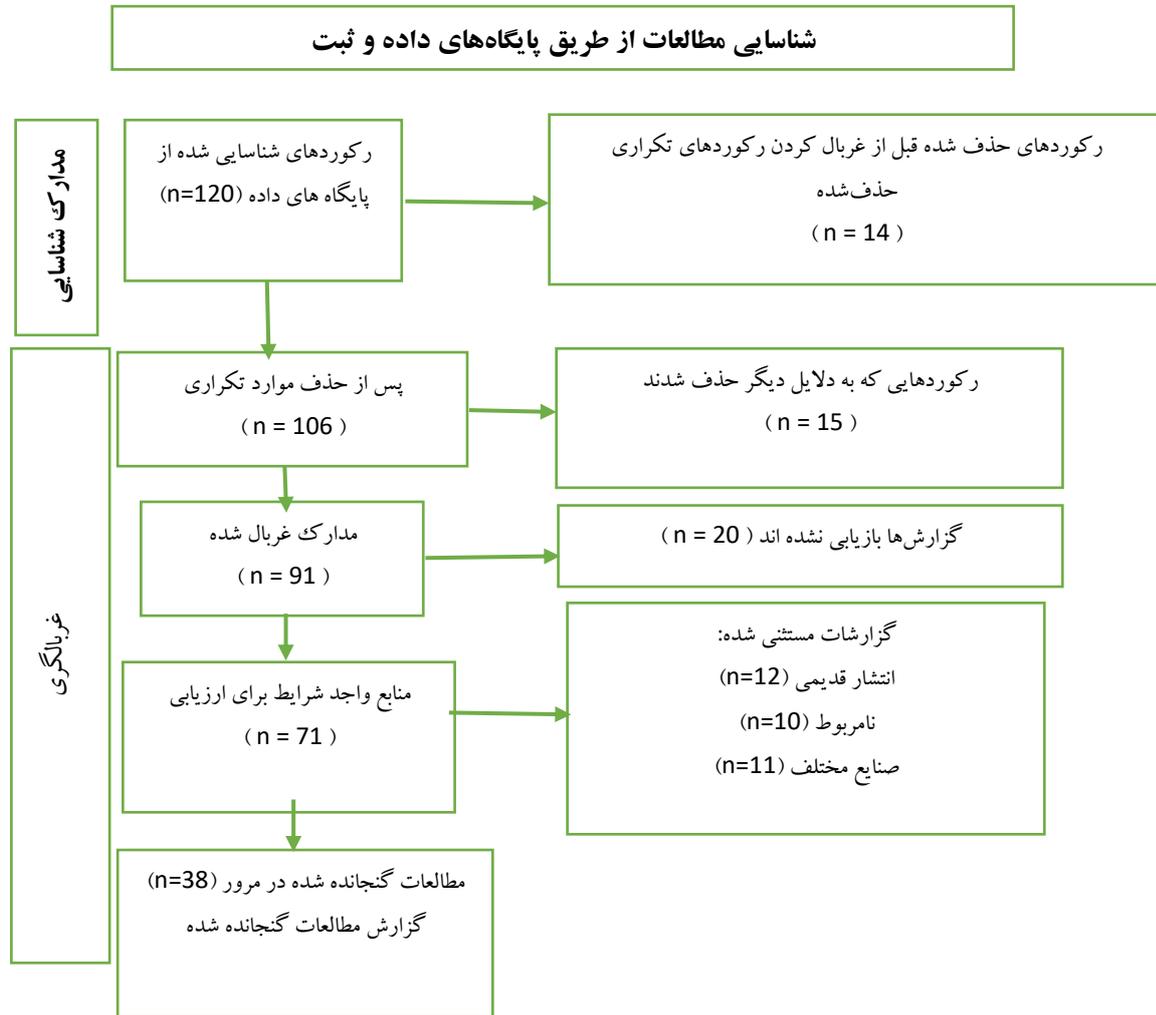
### مشخصات مدارک واجد شرایط برای ارزیابی

ردیف	عنوان تحقیق	نوع منبع	سال پژوهش	پژوهشگران
۱	سیستم مدیریت HSE، پدافند غیر عامل و نقش آن در توسعه پایدار	کنفرانس ملی پدافند غیرعامل و توسعه پایدار، ۷۴۲-۷۵۶.	۱۳۹۵	خالقی نژاد سیدآیت، روح الهی مجید، بهادر ریحان
۲	رویکرد اجتماعی و درون سازمانی، نیاز و ضرورت مدیریت آب کشور	علوم و مهندسی آب و فاضلاب ۳(۴)، ۷۲-۶۵.	۱۳۹۷	پاکروح، شاهین؛ قنادی، مجید
۳	ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA.	علوم و مهندسی آب و فاضلاب ۴(۱)، ۳۳-۲۳.	۱۳۹۸	ستوده مرام، کبری؛ خواجه پاشا، طاهر؛ علیزاده، رحیمه
۴	ارائه چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد سلامت، ایمنی و محیط زیست با رویکرد مهندسی تاب‌آوری (مطالعه موردی: صنعت خودروسازی)	مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، ۶(۴) ۵۰-۵۸.	۱۳۹۸	مداح سعید، نبی بیدهندی غلامرضا، طالعی زاده عطاله، هویدی حسن
۵	بررسی پارامترهای شاخص آلاینده‌گی در پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب شهرک های صنعتی استان گیلان	پژوهش و فناوری محیط زیست، ۶(۱۰)، ۱۰۹-۱۰۱.	۱۴۰۰	یزدی، محمد؛ میربلوکی، هانیه
۶	بررسی و انتخاب شاخص های ارزیابی مدیریت پایدار آب در حوضه های آبریز	علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۱)، ۱۵۴-۱۴۱.	۱۴۰۰	رحمانی، مهسا؛ داوری، کامران؛ ابوالحسنی، لیلی؛ ثابت تیموری، مزگان؛ شفیعی، مجتبی
۷	فناوری‌های هوشمند و نوآوری سبز در صنعت تصفیه فاضلاب: نقش میانجی پایداری شرکت و استراتژی‌های پایداری	علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۷(۴)، ۷۴-۶۰.	۱۴۰۱	پورمحمود، محسن؛ حسینی شکیب، مهرداد، خمسه، عباس
۸	آسیب شناسی سیاست گذاری زیست محیطی جمهوری اسلامی ایران بر مبنای توسعه پایدار (با تاکید بر مدیریت	ماهنامه جامعه شناسی سیاسی ایران، ۱۲(۵)،	۱۴۰۱	نیکبخت، مهدی؛ الهی منش، محمدحسن

		۲۱۸۶-۲۱۹۹	(آب)	
۹	متابولیسم آب شهری، ابزاری کارآمد جهت ارزیابی عملکرد مدیریت آب شهری (مطالعه موردی شهر اصفهان)	آب و توسعه پایدار، ۹(۴)، ۳۳-۳۶.	۱۴۰۱	نظامی، نیما؛ تیزقدم، مصطفی؛ ضرغامی، مهدی، عباسی، مریم
۱۰	تصفیه فاضلاب کارخانجات نساجی به روش انعقاد الکتریکی.	آب و فاضلاب، ۳۳(۴)، ۱۳۳-۱۴۳.	۱۴۰۱	نظری علوی، علیرضا؛ سجادی، علی اکبر؛ میرزایی، محمد؛ حسینیان، حامد
۱۱	فناوری‌های هوشمند و نوآوری سبز در صنعت تصفیه فاضلاب: نقش میانجی‌پایداری شرکت و استراتژی‌های پایداری	علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۷(۴)، ۶۰-۷۴.	۱۴۰۱	پورمحمود، محسن؛ حسینی شکیب، مهرداد، خمسه، عباس
۱۲	آسیب شناسی سیاست گذاری زیست محیطی جمهوری اسلامی ایران بر مبنای توسعه پایدار (با تاکید بر مدیریت آب)	ماهنامه جامعه شناسی سیاسی ایران، ۵(۱۲)، ۲۱۸۶-۲۱۹۹.	۱۴۰۱	نیکبخت، مهدی؛ الهی منش، محمدحسن
۱۳	مدیریت جامع منابع آب برای آینده‌ای پایدار با استفاده از مدل (SWOT) مطالعه موردی: شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی	آب و توسعه پایدار، ۱۰(۴)، ۱۵-۲۸.	۱۴۰۲	شیرین حصار، راضیه؛ گواهی، امیر.
۱۴	بررسی آلاینده های محیط کار و تاثیر آن بر وضعیت سلامت جسمی و روانی کارکنان تصفیه خانه های فاضلاب شهر مشهد	سلامت و محیط زیست، ۱۶(۲)، ۳۳۸-۳۲۵.	۱۴۰۲	رفیعی منش، احسان؛ اسماعیلی، حبیب ا...؛ رحیم پور، فرزانه؛ فحول، محمدجواد؛ هراتی، حبیب؛ جاحد طاهرانی، حسن.
۱۵	طراحی مدل مدیریت تهدیدات فاضلاب خانگی و صنایع درون شهری در زنجیره تأمین آب شرب کلانشهر رشت	نشریه علمی پدافند غیرعامل، ۱۴(۳)، ۵۳-۶۴.	۱۴۰۲	اسدی، سید عباس؛ زعیم دار، مزگان؛ جوزی، سید علی
۱۶	ارزیابی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات دارایی‌های فیزیکی شرکت‌های خدمات‌رسان با رویکرد سبز به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مطالعه موردی: شرکت آب و فاضلاب استان تهران.	علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۸(۴)، ۷۰-۸۴.	۱۴۰۲	شهرجردی، رضا؛ قربانپور دلیوند، مصطفی
۱۷	بهبود سازی چندهدفه و مدیریت تخصیص پساب تصفیه شده به منظور آبیاری فضای سبز شهری.	فصلنامه علمی مهندسی منابع آب، ۱۶(۵۹)، ۶۱-۷۸.	۱۴۰۳	کاظمی نژادفرد، سیدعلی؛ لاهیجانیان، اکرم الملوک؛ نیکو، حسنی، امیرحسام
۱۸	تصفیه پساب صنعتی با روش تلفیقی سامانه راکتور بی‌هوازی و لجن فعال با رشد چسبیده (IFAS)، مروری بر فاضلاب حاوی مواد شوینده: خصوصیات و روش‌های تصفیه	محیط زیست و مهندسی آب، ۱۰(۳)، ۳۱۷-۳۳۰.	۱۴۰۳	سمیعی بیرق، عبدالله؛ مشکینی، محمد؛ ذاکری خطیر، مهدی
۱۹	مروری بر فاضلاب حاوی مواد شوینده: خصوصیات و روش‌های تصفیه	علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۹(۱)، ۱۸-۴.	۱۴۰۳	عبداله زاده شرقی، الهام؛ فریدی زاده، غزاله
۲۰	پیش بینی پارامترهای کیفی پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب مبتنی بر اصول و روش های داده کاوی (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب بروجن)	نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۴(۴)، ۳۳۱-۳۰۲.	۱۴۰۳	حاجی زاده، شهرزاد؛ قنبری عدیوی، الهام؛ اسدی آقبلاغی، مهدی؛ رئیسی، علی
۲۱	تاثیر میدان الکتریکی پالسی (PEF) در غیر فعال نمودن عوامل بیولوژیکی در فرآیند پساب تصفیه خانه‌های متداول آب	علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۹(۱)، doi: 10.22112/jwwse.2024.422486.1379	۱۴۰۳	اصول دینی، محمد؛ عبدالله زاده، محمد
۲۲	Energy and sustainability of operation of a wastewater treatment plant.	<i>Environment Protection Engineering</i> , 39(2), 15-24.	2013	Bodik, I., & Kubaska, M.
۲۳	Risk management in independent Water and Power Plant (IWPP) projects in Saudi Arabia: a grounded theory study to improve effectiveness	Doctoral dissertation, Heriot-Watt University	2015	Alsulaiman, Y. S

H. Poursultan Mohammadi, M. Chehel Amirani, and F. Faghihi	2016	Environmental Science and Technology Quarterly. (In Persian)	Non-agent defense in the face of cyber-attacks to deal with intentional environmental pollution and biological pests of water and wastewater treatment plants (case study: Quds city treatment plant)	۲۴
Zeng, S.; Chen, X.; Dong, X.; Liu, Y	2017	. Resour. Conserv. Recycl., 120, 157–165.	Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions	۲۵
Rasoul Yarahmadi, Fereshteh Taheri, Ali Asghar Farshad, Bita Hedayati, Masoud Motalebi Gh	2020	Iran Occupational Health .(28 Nov);17:33.	Mirkazemi. Ranking Research Roksana Priorities in Health, Safety and Environment (HSE)	۲۶
Dutta, D., Arya, S., & Kumar, S	2021	Chemosphere, 285, 131245	Industrial wastewater treatment: Current trends, bottlenecks, and best practices	۲۷
Priya, A. K., Pachaiappan, R., Kumar, P. S., Jalil, A. A., Vo, D. V. N., & Rajendran, S.	2021	<i>Environmental Pollution</i> , 275, 116598.	The war using microbes: A sustainable approach for wastewater management	۲۸
K. Jain, A. S. Patel, V. P. Pardhi, and S. J. S. Flora	2021	Molecules, vol. 6, pp. 17-97	Nanotechnology in wastewater management: A new paradigm towards wastewater treatment	۲۹
Rashid, R., Shafiq, I., Akhter, P., Iqbal, M. J., & Hussain, M.	2021	<i>Environmental Science and Pollution Research</i> , 28, 9050-9066.	A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: the effectiveness of adsorption method.	۳۰
Ghimire, U., Sarpong, G., & Gude, V. G.	2021	ACS Omega 6: 11794–11803.	Transitioning wastewater treatment plants toward circular economy and energy sustainability.	۳۱
Khan, S. A. R., Ponce, P., Yu, Z., Golpîra, H., & Mathew, M.	2022	. <i>Chemosphere</i> , 286, 131532.	Environmental technology and wastewater treatment: Strategies to achieve environmental sustainability	۳۲
Giwa, A. S., & Ali, N.	2023	Processes, 11(10), 3010.	An extensive analysis of the engineering design of underground sewage plants in China	۳۳
Wu, J., Liu, X., Pan, D., Zhang, Y., Zhang, J., & Ke, K	2023	Sustainability, 15(11), 8796.	Research on Safety Evaluation of Municipal Sewage Treatment Plant Based on Improved Best-Worst Method and Fuzzy Comprehensive Method	۳۴
Chen, L., Chen, Z., Liu, Y., Lichtfouse, E., Jiang, Y., Hua, J., ... & Yap, P. S.	2024	<i>Environmental Chemistry Letters</i> , 22(2), 785-814	Benefits and limitations of recycled water systems in the building sector: a review	۳۵
Dada, M. A., Majemite, M. T., Obaighbena, A., Daraojimba, O. H., Oliha, J. S., & Nwokodiegwu, Z. Q. S.	2024	<i>World Journal of Advanced Research and Reviews</i> , 21(1), 1373-1382	Review of smart water management: IoT and AI in water and wastewater treatment	۳۶
Kodešová, R., Švecová, H., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., Fedorova, G., ... & Grabic, R.	2024	Science of the Total Environment, 907, 167965.	Contamination of water, soil, and plants by micropollutants from reclaimed wastewater and sludge from a wastewater treatment plant	۳۷
Obiuto, N. C., Ugwuanyi, E. D., Ninduwezor-Ehiobu, N., Ani, E. C., & Olu-lawal, K. A	2024	World Journal of Advanced Research and Reviews, 21(3), 019-031.	Advancing wastewater treatment technologies: The role of chemical engineering simulations in environmental sustainability	۳۸

شکل ۱. جدول مشخصات مدارک واجد شرایط برای ارزیابی



شکل ۲. نمودار جریان بررسی سیستماتیک

## بحث و نتیجه‌گیری

پیگیری موضوعات بهداشت، ایمنی و محیط زیست، علاوه بر کمک به حذف فعالیت‌های موزی به افزایش بهره‌وری و توسعه مدیریت پایدار منجر می‌شود. با وجود اینکه آب یکی از فراوان‌ترین محصولات روی کره زمین است، دسترسی به آن همچنان یک چالش مهم است. اغلب مکان‌هایی که کمبود آب را تجربه می‌کنند، احتمالاً در ده سال آینده با چالش‌های بزرگ‌تری مواجه خواهند شد، زیرا مشکل شدت می‌یابد. اگر کاری برای برطرف کردن چالش‌های فعلی انجام نپذیرد، احتمال دارد بخش عظیمی از جمعیت جهانی با کمبود آب و پیامدهای بالقوه‌ای مواجه شوند. سیاست‌گذاران و مدیران پایدار منابع آب، با در اولویت قرار دادن نیاز به منبع پاک انرژی با کم‌ترین تاثیر بر محیط‌زیست، انرژی پاک را برای تغذیه خانه‌ها و تاسیسات تجاری مورد استفاده قرار می‌دهند.

سوال تحقیق آیا با مدیریت hse، تصفیه فاضلاب منجر به مدیریت پایدار منابع آب می‌شود؟ با توجه به فرضیه این تحقیق، یافته‌های تحقیق نشان داد که با مدیریت hse، تصفیه فاضلاب به پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی کمک می‌کند. تامین آب تمیز برای مصارف خانگی و تجاری با حفاظت از منابع آب طبیعی به مدیریت پایدار منابع آب کمک می‌کند. تا تضمین کند روش‌های موجود برای

نسل‌های آینده مفید هستند. جلو هدر رفت حجم زیادی از آب گرفته می‌شود و بوسیله فرآیند تصفیه، ضایعات بالقوه به محصولات ارزشمندی تبدیل می‌شود. در این صورت جهان از خطرات بالقوه مرتبط با کمبود آب محافظت می‌شود. با آگاهی‌بخشی در خصوص حفاظت از آب می‌توان جامعه را در پیوستن به سیستم تاسیسات تصفیه آب متقاعد نمود و به دولت در افزایش حفاظت از آب کمک کرد و در نتیجه ضایعات ناشی از آن را کاهش داد.

در این تحقیق، مشخص شد که فن‌آوری به جمع‌آوری داده‌های ضروری کمک می‌کند و با استفاده از فن‌آوری می‌توان به مدیریت پایدار آب دست‌یافت. نتایج پژوهش‌های محققان در رسیدن به تکنولوژی حذف مواد سمی از فاضلاب و تولید منابع انرژی پاک کمک می‌کند. نقش فن‌آوری در تصفیه فاضلاب و تصفیه پایدار فاضلاب ممکن است بدون استفاده از فن‌آوری‌های مختلف برای دستیابی به اهداف مطلوب چالش برانگیز باشد. در تصفیه فاضلاب از طریق مجموعه‌ای از مراحل انعقاد، لخته سازی، ته‌نشینی، فیلتراسیون و گندزدایی صورت می‌گیرد. معمولاً در هر مرحله از فرآیند تصفیه فاضلاب فناوری دخالت دارد. مدیریت پایدار منابع علاوه بر سیاستگذاری به استفاده از فن‌آوری برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری را انجام می‌دهد. مدیریت منابع پایدار شامل نظارت بر منابع طبیعی و اتخاذ اقدامات فوری برای حذف تهدیدهای بالقوه است

## منابع:

- اسدی، س.ع؛ زعیب، م؛ جوزی، س.ع. (۱۴۰۲). "طراحی مدل مدیریت تهدیدات فاضلاب خانگی و صنایع درون شهری در زنجیره تأمین آب شرب کلانشهر رشت"، نشریه علمی پدافند غیرعامل، ۱۴(۳)، ۶۴-۵۳.
- ارجمندی، ر؛ نصیری، پ؛ اسماعیلی، ا. (۱۳۹۱). "تعیین برنامه های بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) متناسب با ویژگی های مراحل عمر سازمانی"، فصلنامه بهداشت و ایمنی کار، ۲(۴)، ۸۰-۷۱.
- پاکروح، ش؛ قنادی، م. (۱۳۹۷). "رویکرد اجتماعی و درون سازمانی، نیاز و ضرورت مدیریت آب کشور". علوم و مهندسی آب و فاضلاب ۳(۴)، ۷۲-۶۵.
- پورحمود، م؛ حسینی شکیب، م، خمسه، ع. (۱۴۰۱). "فناوری‌های هوشمند و نوآوری سبز در صنعت تصفیه فاضلاب: نقش میانجی پایداری شرکت و استراتژی‌های پایداری". علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۷(۴)، ۷۴-۶۰.
- جوادی، ف؛ علیزاده، ا؛ رضایی، م. (۱۴۰۳). "بررسی روش دلفی در رتبه بندی شاخص های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست محل دفن پسماند شهری (یک مطالعه موردی)". مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۱۰(۱)، ۷۶-۶۵.
- حاجی زاده، ش؛ قنبری عدیوی، ال؛ اسدی آقبلاغی، م؛ رئیسی، ع. (۲۰۲۴). "پیش بینی پارامترهای کیفی پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب مبتنی بر اصول و روش های داده کاوی (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب بروجن)". نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۴(۴)، ۳۳۱-۳۰۲.
- خلیلی، ر؛ مریدی، ع. (۲۰۲۳). "مروری بر کاربردهای هوش مصنوعی در مدل سازی و فرایندهای حذف آلاینده های محلول در آب و فاضلاب". تحقیقات منابع آب ایران، ۱۹(۱)، ۱۶۶-۱۳۶.
- خالقی نژاد سیدآیت، روح الهی مجید، بهادر ریحان، ۱۳۹۵. "سیستم مدیریت HSE پدافند غیر عامل و نقش آن در توسعه پایدار"، کنفرانس ملی پدافند غیرعامل و توسعه پایدار، ۷۴۲-۷۵۶.
- رحمانی، م؛ داوری، ک؛ ابوالحسینی، ل؛ ثابت تیموری، م؛ شفیعی، م. (۱۴۰۰). "بررسی و انتخاب شاخص های ارزیابی مدیریت پایدار آب در حوضه های آبریز". علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۱)، ۱۵۴-۱۴۱.
- رفیعی منش، ا؛ اسماعیلی، ح؛ رحیم پور، ف؛ فحول، م؛ ج؛ هراتی، ح؛ جاحد طاهرانی، ح. (۲۰۲۳). "بررسی آلاینده های محیط کار و تاثیر آن بر وضعیت سلامت جسمی و روانی کارکنان تصفیه خانه های فاضلاب شهر مشهد". سلامت و محیط زیست، ۱۶(۲)، ۳۲۵-۳۳۸.
- ستوده مراد، ک؛ خواجه پاشا، ط؛ علیزاده، ر. (۱۳۹۸). "ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA. علوم و مهندسی آب و فاضلاب" ۴(۱)، ۳۳-۲۳.
- شهرجردی، ر؛ قربانپور دیبوند، م. (۱۴۰۲). "ارزیابی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات دارایی‌های فیزیکی شرکت‌های خدمات‌رسان با رویکرد

سبز به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مطالعه موردی: شرکت آب و فاضلاب استان تهران". علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۸(۴)، ۷۰-۸۴.

شیرین حصار، ر؛ گواهی، ا. (۱۴۰۲). "مدیریت جامع منابع آب برای آینده‌ای پایدار با استفاده از مدل (SWOT) مطالعه موردی: شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی. آب و توسعه پایدار"، ۱۰(۴)، ۲۸-۱۵.

کازمی نژادفرد، س ع؛ لاهیجانیان، ا؛ نیکوحسنی، ا. (۲۰۲۴). "بهینه سازی چندهدفه و مدیریت تخصیص پساب تصفیه شده به منظور آبیاری فضای سبز شهری". فصلنامه علمی مهندسی منابع آب، ۱۶(۵۹)، ۷۸-۶۱.

سمیعی، ع؛ مشکینی، م؛ ذاکری خطیر، م. (۱۴۰۳). "تصفیه پساب صنعتی با روش تلفیقی سامانه راکتور بی‌هوازی و لجن فعال با رشد چسبیده (IFAS)، محیط زیست و مهندسی آب"، ۱۰(۳)، ۳۳۰-۳۱۷.

عبداله زاده ش؛ ا؛ فریدی زاد، غ. (۱۴۰۳). "مروری بر فاضلاب حاوی مواد شوینده: خصوصیات و روش‌های تصفیه. علوم و مهندسی آب و فاضلاب"، ۱۹(۱)، ۱۸-۴.

فلاحتی، م؛ ذکایی، م؛ اسدی، ه؛ نجفی مجره، م؛ بیابانی، ا؛ فقیه نیاتریشیزی، ی. (۱۳۹۸)، "ارائه مدل تعیین و وزن دهی شاخص های ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت HSE شهری، سلامت کار ایران"، ۱۶(۱)، ۶۰۰-۷۱.

مردانی، ش؛ نصیری پور، ا؛ نیکو مرام، ه؛ بهزادی، م ح؛ مردانی، ن. (۱۳۹۲)، "بررسی رابطه بین رضایت شغلی و عملکرد HSE کارکنان در صنعت قالب سازی، سلامت کار ایران"، ۱۰(۶)، ۱۰۶-۱۲۰.

مداح سعیدن؛ بیدهدندی، غ؛ طالعی زاده، عطااله؛ هویدی حسن. (۱۳۹۸). ارائه چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد سلامت، ایمنی و محیط زیست با رویکرد مهندسی تاب‌آوری (مطالعه موردی: صنعت خودروسازی). مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، ۶(۴): ۵۸-۵۰.

نیکبخت، م؛ الهی منش، م. (۱۴۰۱). آسیب شناسی سیاست گذاری زیست محیطی جمهوری اسلامی ایران بر مبنای توسعه پایدار (با تاکید بر مدیریت آب). ماهنامه جامعه شناسی سیاسی ایران، ۵(۱۲)، ۲۱۹۹-۲۱۸۶.

نظامی، ن؛ تیزقدم، م؛ ضرغامی، م، عباسی، م. (۱۴۰۱). "متابولیسم آب شهری، ابزاری کارآمد جهت ارزیابی عملکرد مدیریت آب شهری (مطالعه موردی شهر اصفهان)". آب و توسعه پایدار، ۹(۴)، ۳۶-۲۳.

نظری علوی، ع؛ سجادی، ع؛ میرزایی، م؛ حسینیان، ح. (۱۴۰۱). "تصفیه فاضلاب کارخانجات نساجی به روش انعقاد الکتریکی". آب و فاضلاب، ۳۳(۴)، ۱۳۳-۱۴۳.

یزدی، محمد؛ میربلوکی، هانیه. (۱۴۰۰). بررسی پارامترهای شاخص آلاینده‌گی در پساب خروجی تصفیه خانه های فاضلاب شهرک های صنعتی استان گیلان، پژوهش و فناوری محیط زیست، ۶(۱۰)، ۱۰۹-۱۰۱.

Alsulaiman, Y. S. (2015). Risk management in independent Water and Power Plant (IWPP) projects in Saudi Arabia: a grounded theory study to improve effectiveness (Doctoral dissertation, Heriot-Watt University).

Chen, L., Chen, Z., Liu, Y., Lichtfouse, E., Jiang, Y., Hua, J., ... & Yap, P. S. (2024). Benefits and limitations of recycled water systems in the building sector: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(2), 785-814.

Dada, M. A., Majemite, M. T., Obaigbena, A., Daraojimba, O. H., Oliha, J. S., & Nwokediegwu, Z. Q. S. (2024). Review of smart water management: IoT and AI in water and wastewater treatment. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 1373-1382.

Dutta, D., Arya, S., & Kumar, S. (2021). Industrial wastewater treatment: Current trends, bottlenecks, and best practices. *Chemosphere*, 285, 131245.

Priya, A. K., Pachaiappan, R., Kumar, P. S., Jalil, A. A., Vo, D. V. N., & Rajendran, S. (2021). The war using microbes: A sustainable approach for wastewater management. *Environmental Pollution*, 275, 116598.

H. Poursultan Mohammadi, M. Chehel Amirani, and F. Faghihi, "Non-agent defense in the face of cyber-attacks to deal with intentional environmental pollution and biological pests of water and wastewater treatment plants (case study: Quds city treatment plant)," *Environmental Science and Technology Quarterly*, 2016. (In Persian)

Rasoul Yarahmadi, Fereshteh Taheri, Ali Asghar Farshad, Bita Hedayati, Masoud Motalebi Gh., Roksana Mirkazemi. Ranking Research Priorities in Health, Safety and Environment (HSE). *Iran Occupational Health*. 2020 (28 Nov);17:33.



- Mahmoodi, N. M., Arami, M. 2006. "Bulk phase degradation of acid red 14 by nano photocatalysis using immobilized titanium (IV) oxide nano particles", *Journal of Photochemistry Photobiology A: chemistry.*, (182): 60-66.
- Kodešová, R., Švecová, H., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A., Fedorova, G., ... & Grabic, R. (2024). Contamination of water, soil, and plants by micropollutants from reclaimed wastewater and sludge from a wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment*, 907, 167965.
- Giwa, A. S., & Ali, N. (2023). An extensive analysis of the engineering design of underground sewage plants in China. *Processes*, 11(10), 3010.
- Wu, J., Liu, X., Pan, D., Zhang, Y., Zhang, J., & Ke, K. (2023). Research on Safety Evaluation of Municipal Sewage Treatment Plant Based on Improved Best-Worst Method and Fuzzy Comprehensive Method. *Sustainability*, 15(11), 8796.
- Obiuto, N. C., Ugwuanyi, E. D., Ninduwezuor-Ehiobu, N., Ani, E. C., & Olu-lawal, K. A. (2024). Advancing wastewater treatment technologies: The role of chemical engineering simulations in environmental sustainability. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 019-031.
- Zeng, S.; Chen, X.; Dong, X.; Liu, Y. Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions. *Resour. Conserv. Recycl.* 2017, 120, 157–165.
- Bodik, I., & Kubaska, M. (2013). Energy and sustainability of operation of a wastewater treatment plant. *Environment Protection Engineering*, 39(2), 15-24.
- Ghimire, U., Sarpong, G., & Gude, V. G. (2021). Transitioning wastewater treatment plants toward circular economy and energy sustainability. *ACS Omega* 6: 11794–11803.
- Rashid, R., Shafiq, I., Akhter, P., Iqbal, M. J., & Hussain, M. (2021). A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: the effectiveness of adsorption method. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 9050-9066.
- Khan, S. A. R., Ponce, P., Yu, Z., Golpîra, H., & Mathew, M. (2022). Environmental technology and wastewater treatment: Strategies to achieve environmental sustainability. *Chemosphere*, 286, 131532.



## HSE management, Sustainable water management

Fatemeh Fayaz<sup>1\*</sup>,

Occupational health engineering and Safety expert, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

### Abstract

The health, safety and environment management system is one of the effective factors in the control and productivity of development programs, ensuring the safety of employees, equipment and facilities and reducing the accidents and injuries caused by them to zero. Wastewater treatment is one of the most sustainable methods of water conservation, energy production and agricultural productivity. The research method in this study is a systematic literature review. A total of 35 articles were selected for review from reliable domestic and foreign sources. Selected articles were evaluated to identify the most appropriate articles for inclusion. The main purpose of this article was to evaluate the available evidence from wastewater treatment plants to achieve economic and environmental sustainability with regard to HSE management, sustainable management of water resources. The results showed that considering the importance of preserving the environment, it is necessary for water and wastewater treatment plants to benefit from the principles of sustainable development in their field of activity and by minimizing the pressure on natural resources, improving the supply of clean water, recycling energy and Agricultural support becomes possible, and while preparing new laws for the establishment of modern treatment plants, it benefits from the performance results of other treatment plants.

**Keywords:** Management HSE, safety and environmental management, sustainable management, treated wastewater