

## ارزیابی خطرپذیری‌های بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری

یاسر معرب<sup>۱\*</sup>، مصطفی نادری<sup>۲</sup>

۱- پژوهشگر دانشگاه جامع امام حسین (ع)، ۲- دانشجوی دکتری دانشگاه پیام‌نور، تهران جنوب

(دریافت: ۹۸/۰۴/۰۷، پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۰)

### چکیده

ارزیابی خطرپذیری، روشی برای تعیین اندازه کمی و کیفی خطرات و پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی بر روی افراد، مواد، تجهیزات و محیط زیست است. با انجام این کار میزان کارآمدی روش‌های کنترلی موجود مشخص شده و داده‌های با ارزشی برای تصمیم‌گیری در زمینه کاهش خطرپذیری فراهم می‌آید. اهداف تصفیه فاضلاب‌ها را می‌توان به سه گروه عمده، تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم، پاک نگهداری محیط‌زیست، استفاده مجدد از پساب (فاضلاب تصفیه شده) طبقه‌بندی نمود. در دو دهه اخیر میزان استفاده از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی به دلایل افزایش کمبود منابع آب برای کشاورزی، حصول اطمینان از اینکه مخاطرات بهداشتی و تخریب خاک در استفاده از پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی با در پیش گرفتن و عملی نمودن احتیاط‌های لازم و رعایت استانداردهای توصیه شده به حداقل خواهند رسید و همچنین درستی عمل از جنبه‌های اجتماعی - فرهنگی افزایش یافته است. در این تحقیق خطرپذیری‌های که تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری می‌توانند ایجاد کنند، مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از این تحقیق ارزیابی خطرپذیری‌های تصفیه‌خانه‌ها با روش‌ها و فنون به روز و ارایه راه‌کارهای کنترلی به منظور مدیریت این خطرپذیری‌ها است. در این تحقیق ابتدا از طریق بازدید و اخذ نظرات کارشناسان محیط‌زیست خطرپذیری‌های که تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری ایجاد می‌کنند شناسایی شد. در ادامه با استفاده از روش تحزیه و تحلیل مقدماتی خطرات میزان خطرپذیری، هر انحراف یا حادثه مشخص شد. طبق نتایج ارزیابی خطرپذیری بر اساس روش PHA، قبل از انجام اقدامات اصلاحی ۲۲ خطرپذیری زیست‌محیطی شناسایی شد که ۱۱ خطرپذیری با اولویت خیلی بالا، ۸ خطرپذیری با اولویت بالا، ۲ خطرپذیری با اولویت متوسط و ۱ خطرپذیری با اولویت ضعیف می‌باشد. به عبارت دیگر ۵۰ درصد از جنبه‌ها در سطح خطرپذیری خیلی بالا قرار دارند که بعد از اقدامات اصلاحی ۲ خطرپذیری با اولویت بالا، ۱۳ خطرپذیری با اولویت متوسط و ۷ خطرپذیری با اولویت پایین تبدیل می‌شود. که در نهایت می‌توان گفت با اقدامات اصلاحی می‌توان خطرپذیری‌های بسیار بالا را با اقدامات اصلاحی کاهش داد.

کلمات کلیدی: ارزیابی خطرپذیری، بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست

### ۱. مقدمه

استفاده از فاضلاب شده است [۴]. لذا احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای فضاهای شهری بسیار ضروری می‌باشد.

پروژه‌های طرح و توسعه شبکه آب و فاضلاب در راستای رسیدن به اهداف خود با عدم قطعیت‌هایی مواجه هستند که با اعمال روش‌های مدیریت خطرپذیری باید تحت کنترل و پاسخگویی مناسب قرار گیرند [۵]. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های شهری، وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع‌آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به عهده دارند. وقوع شکست در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب پیامدهای نامطلوبی همچون خروج پساب‌های کاملاً تصفیه نشده به محیط‌های شهری و زمین‌های کشاورزی به دنبال خواهد داشت که می‌تواند در سطح جامعه بحران‌های جدی همچون شیوع بیماری‌های واگیردار را ایجاد نماید [۶]. ارزیابی خطرپذیری یک روش سازمان‌یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرات و برآورد خطرپذیری برای رتبه‌بندی تصمیمات، جهت کاهش خطرپذیری به یک سطح قابل قبول است [۷]. ارزیابی

افزایش جمعیت در ترکیب با صنعتی شدن فرآیندها و فعالیت‌های کشاورزی باعث تولید آلاینده‌های بیشتر و در نتیجه افزایش خطر برای محیط‌طبیعی مانند آب، هوا و خاک را به وجود آورده است [۱-۲]. یکی از مشکلاتی که در ارتباط با این مسئله، جهان با آن رو به رو شده است، مدیریت فاضلاب‌های تولیدی از صنایع، فعالیت‌های کشاورزی، شهری و فعالیت‌های مختلف انسانی می‌باشد [۳]. امروزه در بیش‌تر کشورهای در حال توسعه، تصفیه و بازچرخش و استفاده از فاضلاب به‌عنوان یکی از راه‌کارهای موجود جهت جبران کمبود منابع آبی و هم‌چنین یکی از راه‌های اساسی در جهت مدیریت فاضلاب‌های تولیدی مطرح شده است. به طوری که در کشورهای در حال توسعه مستقر در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود منابع آبی و افزایش تقاضا برای آب شیرین جهت مصارف کشاورزی و صنعتی منجر به

تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر<sup>۲</sup> یک روش تجزیه و تحلیل ایمنی سیستم به منظور شناسایی و طبقه‌بندی مخاطرات بالقوه مرتبط با فعالیت یک سیستم، فرایند یا روش کار می‌باشد و عبارت است از تجزیه و تحلیل و ارزیابی گروه مخاطرات عمومی در سیستم و ارائه توصیه و پیشنهاداتی در جهت کنترل آنها است. کاربرد این روش در صنایع کانونی می‌باشد.

در این روش ابتدا مهم‌ترین مخاطرات یا خطرپذیری‌ها توسط تیم ارزیاب شناسایی می‌شوند، سپس اثرات محیط‌زیستی تعیین می‌شود، در مرحله بعد ارزیابی خطرپذیری انجام گرفته و در نهایت اقدامات مدیریتی و پایش صورت می‌گیرد. علت بروز خطرات عموماً مربوط به خطای عملیاتی، خطای طراحی، خطای انسانی، عوامل طبیعی و بهره‌برداری ناصحیح می‌باشد. هدف از ارزیابی خطرپذیری‌های انسانی و اکولوژیکی تعیین این نکته است که آیا حیات انسانی، گیاهی، جانوری و یا ارزش‌های اکولوژیکی احتمالاً در معرض اثرات سوء ناشی از آلودگی آب، هوا یا خاک قرار دارند یا خیر.

روش محاسبه خطرپذیری زیست‌محیطی حاصل‌ضرب احتمال وقوع مخاطرات زیست‌محیطی در شدت آسیب و خسارات وارده بر جوامع زنده (انسانی، جانوری و گیاهی) یا محیط‌های غیرزنده (آب، خاک، هوا و...) است. شدت خطر نشان‌دهنده وسعت و دامنه خسارات و تلفاتی است که در صورت بالفعل درآمدن خطر ایجاد خواهد شد (جدول ۱). احتمال وقوع خطر نشان‌دهنده امکان وقوع پیوستن یک خطر در یک دوره زمانی معین است (جدول ۲).

جدول (۱): تعیین شدت اثر حادثه [۱۱].

طبقه	رتبه	شرح
فاجعه بار	۱	تخریب غیر قابل جبران منابع و عدم انجام اقدامات موثر در زمینه کاهش و کنترل آن، انتشار وسیع آلودگی در داخل و خارج از محوطه مورد مطالعه / مرگ و میر یا از بین رفتن سیستم
بحرانی	۲	تخریب منابع به شکل قابل جبران همراه با اقدامات کنترلی، انتشار آلاینده‌ها در داخل سازمان، به‌همراه تاثیر حادثه در محیط سازمان، مصرف منابع طبیعی/ جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارده به سیستم شدید است.
مرزی	۳	مصرف منابع طبیعی به‌همراه کمی صرفه‌جویی و تولید آلاینده‌ها در بخش یا قسمتی از داخل سازمان/ جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارده به سیستم کوچک است.
جزئی	۴	مصرف منابع طبیعی و تولید آلاینده به میزان نه چندان قابل توجه، محدوده تاثیر بر اطراف سازمان/ جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارد به سیستم خیلی کوچک است.

خطرپذیری زیست‌محیطی گامی فراتر از ارزیابی خطرپذیری است و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف خطرپذیری، ضمن شناخت کامل محیط‌زیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیط‌زیست، همچنین ارزش‌های خاص محیط‌زیستی در نظر گرفته می‌شود. عزیزی و همکاران به ارزیابی و مدیریت خطرپذیری زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری با کاربرد روش<sup>۱</sup> FMEA می‌پردازند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ۲۰٪ جنبه‌های زیست‌محیطی در سطح خطرپذیری پایین، ۳۰٪ در سطح خطرپذیری متوسط، ۱۰٪ از جنبه‌ها در سطح خطرپذیری بالا و ۴۰٪ در سطح خطرپذیری خیلی بالا قرار گرفتند و برای این دو مورد اخیر (خطرپذیری‌های خیلی بالا و خیلی بالا) اقدامات اصلاحی و مدیریت خطرپذیری تعریف کرده‌اند [۸]. امام جمعه و همکاران نیز به ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط‌زیست و استفاده مجدد از آن پرداختند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که کیفیت پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران جهت استفاده از آن مطابق داشت اما به دلیل آلودگی میکروبی پساب و همچنین خاصیت تجمعی بعضی عناصر، انتخاب محصول و نوع مصرف پساب برای کشاورزی باید منطبق بر اصول بهداشتی باشد [۹]. بهرامی و همکاران به بررسی امکان‌سنجی و ارزیابی خطرپذیری استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در کشاورزی (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب یزد) پرداختند در این پژوهش با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر، تعداد ۱۵ خطرپذیری ایمنی، بهداشتی و محیط‌زیستی شناسایی و با استفاده از ماتریس ارزیابی خطرپذیری اولویت‌بندی گردیدند که طبق نتایج پنج خطرپذیری در محدوده غیر قابل قبول چهار خطرپذیری در محدوده لزوم اقدام برای کاهش خطرپذیری و شش خطرپذیری نیز در محدوده بهبود مستمر قرار دارند [۱۰].

تفاوت و نوآوری این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه در این است که در اکثر پژوهش‌ها ارزیابی خطرپذیری در رابطه با تصفیه‌خانه‌ها در فاز بهره‌برداری و آن هم تاثیر پساب آن بر کشاورزی و بهداشت انجام گرفته شده است اما در این مقاله ارزیابی خطرپذیری هم در فاز احداث و هم در فاز بهره‌برداری یک تصفیه‌خانه مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با بررسی روش‌ها و شیوه‌های مختلف مورد استفاده در ارزیابی خطرپذیری، از روش تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر استفاده شد.

<sup>2</sup> Preliminary Hazard Analysis

<sup>1</sup> Failure mode and effect analysis

جدول (۲): تعیین احتمال وقوع حادثه [۱۱].

طبقه	رتبه	شرح
مکرر	A	به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد
محتمل	B	در طول عمر یک سیستم (فرایند) چندین بار رخ می‌دهد
گاه به گاه	C	گاهگاهی در طول عمر سیستم (فرایند) رخ می‌دهد
خیلی کم	D	احتمال وقوع آن در طول عمر سیستم (فرایند) خیلی کم است
غیر محتمل	E	احتمال وقوع آن در طول عمر سیستم (فرایند) آنقدر پایین است که می‌توان آن را در حد صفر فرض کرد.

## ۳. تعیین درجه خطرپذیری (RPN)

با به‌کارگیری همزمان سیستم طبقه‌بندی احتمال و شدت خطر، خطرات بر حسب شدت پیامدهای بالقوه خطر و احتمال وقوع آن‌ها ارزیابی و تجزیه و تحلیل می‌گردد. برای فراهم کردن یک ابزار موثر جهت تخمین سطح قابل قبول درجه ریسک، عناصر جداول شدت و احتمال خطر در هم ادغام می‌شوند. با ایجاد یک سیستم سنجش دو کاراکنری برای وقوع ریسک بر حسب شدت و احتمال خطر، میزان خطرپذیری تحت عنوان عدد اولویت خطرپذیری یا RPN طبقه‌بندی شده و بیان می‌گردد. ماتریس ارزیابی خطرپذیری به‌صورت جدول (۳) می‌باشد.

شدت اثر  $\times$  احتمال وقوع = درجه ریسک (RPN)

جدول (۳): ماتریس ارزیابی ریسک [۱۱].

شدت اثر	فاجعه‌بار (۱)	بحرانی (۲)	مرزی (۳)	جزئی (۴)
مکرر (A)	1A	2A	3A	4A
محتمل (B)	1B	2B	3B	4B
گاه به گاه (C)	1C	2C	3C	4C
خیلی کم (D)	1D	2D	3D	4D
غیر محتمل (E)	1E	2E	3E	4E

ضعیف	متوسط	بالا	خیلی بالا
------	-------	------	-----------

جدول (۴): معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس شاخص خطرپذیری (سطوح خطرپذیری) [۱۱].

شاخص خطرپذیری	معیار تصمیم‌گیری
1A-1B-1C-2A-2B-3A	غیرقابل قبول، توقف و اصلاح سریع عملیات (خیلی بالا)
3C-3B-2D-2C-1D	نامطلوب، تصمیم مدیریت ارشد جهت پذیرش یا رد ریسک (بالا)
4B-4A-3E-3D-2E-1E	قابل قبول با بازنگری مدیریت (متوسط)
4E-4D-4C	قابل قبول بدون بازنگری (ضعیف)

## ۴. نتایج

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که به منظور تصفیه متمرکز فاضلاب شهری طراحی می‌شوند همانند سایر پروژه‌های عمرانی و زیست‌محیطی دارای دو فاز ساختمانی و بهره‌برداری می‌باشد. هر یک از این فازها دارای فعالیت‌های منحصر و مشترک هستند.

پس از مشخص شدن سطح خطرپذیری بر اساس جدول (۴) در مورد خطرپذیری تصمیم‌گیری می‌شود. بر اساس موارد ذکر شده، ارزیابی خطرپذیری زیست‌محیطی طرح تصفیه‌خانه‌های فاضلاب با روش آنالیز خطر انجام گرفت که نتایج آن در جدول (۵) ارائه گردیده است.

#### ۴-۱. فعالیتهای مرحله فاز ساختمانی

سنگین) و بهره‌برداری از تصفیه‌خانه می‌تواند مسأله‌ساز باشد که به فاصله تصفیه‌خانه از مناطق مسکونی بستگی دارد. با در نظر گرفتن بافرهای حفاظتی و فاصله مناسب از مناطق مسکونی این مشکل ایجاد نمی‌شود.

- بخشی از پساب‌ها و پسماندهای ناشی از احداث طرح با مقادیر غیرقابل پیش‌بینی، جزو زایدات صنعتی به شمار می‌روند. بخش دیگر پساب‌ها و پسماندهای احداث طرح مورد مطالعه ناشی از اسکان نیروی انسانی و دارای ماهیت خانگی خواهد بود.

- محوطه‌سازی و حصارکشی

- ایجاد فضای سبز

- ایستگاه پمپاژ

مهمترین پیامد این واحد مصارف انرژی الکتریسیته بالا و آلودگی صوتی می‌باشد.

- احداث بیوفیلتر

- ساخت جاده و آسفالت کردن

- مصرف انرژی الکتریکی و فسیلی

#### ۴-۲. فعالیتهای مرحله بهره‌برداری

پس از فاز ساخت و اجرا، فاز بهره‌برداری صورت خواهد پذیرفت که عمدتاً شامل بازرسی، تأمین، نگهداری و پایش می‌باشد. تعمیر و نگهداری منظم و بازرسی کلیه اجزای پروژه نیز مطابق با برنامه توافق شده، انجام خواهد شد. این فعالیتهای شامل مواردی چون بررسی وضعیت فیزیکی شبکه، انشعابات غیرمجاز، شرایط بهره‌برداری از تمامی بخش‌های مختلف تأسیسات فاضلاب و فعالیتهای دوره‌ای تعمیر و نگهداری می‌باشد.

پایش در تصفیه‌خانه فاضلاب عمدتاً شامل پایش فرآیندها به‌منظور کسب اطمینان از کارایی مناسب واحدهای فرآیندی و همچنین پایش زیست‌محیطی برای به حداقل رساندن اثرات منفی بالقوه طرح می‌باشد. لازم به ذکر است که در این بخش کیفیت فاضلاب خام و تصفیه شده، کیفیت لجن تصفیه شده، کیفیت خاک و محصولات کشاورزی که از لجن به عنوان کود استفاده می‌نمایند و همچنین کیفیت آب‌های سطحی پذیرنده پساب، مورد پایش قرار خواهد گرفت. بطورکلی با انجام عملیات پایش این اطمینان حاصل می‌گردد که لجن و پساب تولیدی جهت کاربری‌های پیش‌بینی شده، از کیفیت لازم برخوردارند و یا به بیان دیگر کیفیت آنها مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی می‌باشد.

از این لحاظ مهمترین فعالیتهای تعریف شده جهت پروژه در فازهای ساختمانی و بهره‌برداری شامل: خاکبرداری و تسطیح، احداث جاده ارتباطی، حمل و نقل مصالح ساختمانی، برداشت آب، ساخت تأسیسات، استخدام و اشتغال، حصارکشی و محوطه‌سازی، دفع پساب نهایی، دفع لجن نهایی، حمل و مصرف مواد شیمیایی و ایجاد فضای سبز خواهد بود. برخی از این فعالیتهای اثر منفی و برخی اثر مثبت و برخی نیز توأماً آثار مثبت و منفی بر عناصر زیست‌محیطی برجای می‌گذارند.

این پروژه در منافی مانند ایجاد اشتغال، تاثیر مثبت بر طرح‌های توسعه منطقه و اثر قابل توجهی بر بهبود شاخص‌های بهداشتی و رفاه شهروندان می‌تواند بر مثبت بودن اجرای طرح، توجیه قابل‌قبولی باشند. در مجموع عمده عملیاتی که ممکن است منجر به تخریب محیط‌زیست گردند به قرار ذیل می‌باشند:

- بوته‌کشی و برداشت پوشش گیاهی: بخش کمی از مراتع منطقه توسط پیمانکار برای ایجاد سازه‌ها پاکتراشی خواهد شد.

- تشکیلات کارگاه اجرایی و تأسیسات عمومی و ابنیه فنی مانند ساختمان‌های اسکان کارگران و مهندسان به علاوه سرویس‌های بهداشتی موقت

- خاکبرداری و خاکریزی

در مراحل احداث تصفیه‌خانه به منظور تسطیح مکان، شیب و برجستگی‌های طبیعی از بین می‌رود و خاکبرداری صورت می‌گیرد و احتمال ایجاد نشست پس از احداث تأسیسات و امکانات با گذر زمان وجود دارد که لزوماً مخرب نمی‌باشد.

- بتن‌ریزی و ساخت سازه‌ها

بر اساس نقشه سایت تانک‌های تصفیه‌ای که عملیات تصفیه و ته‌نشینی در آنها صورت می‌گیرد نیاز به بتن‌ریزی دارند.

- رفت و آمد ماشین‌آلات جهت عملیات اجرایی و حمل و نقل

- طرح‌های توسعه در مراحل ساخت با ریختن روغن، سوخت وسایل نقلیه و بهره‌برداری با دفع لجن و پساب باعث آلودگی خاک می‌شوند. فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب همانند تخلیه تانکرها، تغییرات ایجاد شده در مواد زائد (لجن سپتیک شده) موجب انتشار بوهای نامطلوب در محیط می‌شود.

- صدا در طول زمان ساخت (حمل و نقل و تردد وسایل نقلیه

جدول (۵): نتایج ارزیابی خطرپذیری تصفیه‌خانه‌ها

میزان خطرپذیری پس از اقدامات			اقدامات اصلاحی	خطرپذیری اولیه قبل از اقدامات			پیامدها	علت	انحراف، اتفاق یا حادثه
RPN	احتمال وقوع	شدت اثر		RPN	احتمال وقوع	شدت اثر			
4B	B	۴	انتخاب مسیر دسترسی به سایت تصفیه‌خانه ازمرز زمین‌های کشاورزی جلوگیری از برداشت غیر ضروری (حد اقل برداشت) کاهش حریم و استفاده حداکثری از مسیرهای موجود	3B	B	۳	حذف پوشش گیاهی، تشدید فرسایش خاک و نارضایتی عمومی	تسطیح حریم، احتمال نشت	تخریب زمین‌های کشاورزی
4B	B	۴	استفاده از مصالح و تجهیزات مطابق استاندارد های موجود؛ عایق سازی بستر حوضچه ها- نصب شیرهای ایمنی قطع اتوماتیک- بازدید و کنترل واحدهای مختلف تصفیه‌خانه	1A	A	۱	کاهش بهره‌وری، تلفات انسانی، افزایش تعمیرات، تشدید فرسایش	کیفیت پایین مصالح و خوردگی شیمیایی	نشت فاضلاب از واحدهای تصفیه‌خانه
4B	B	۴	آبیاشی مسیر قبل و در زمان عملیات خاکی و تردد ماشین آلات - توقف عملیات در زمان باد شدید و ... - استفاده از ماسک برای پرسنل در معرض گرد و خاک	3B	B	۳	آلودگی هوا برای ساکنان مناطق و کارکنان	عملیات خاکی و تردد ماشین آلات	تولید گرد و غبار در زمان خاکبرداری و خاکریزی و تسطیح
4D	D	۴	نیازی به اقدام کنترلی نیست	4D	D	۴	تغییرات محدود در بافت خاک و الگوی حرکت آب	حداث کارگاهها و فونداسیون ها و ...	بتن‌ریزی و جایگزینی خاک با بتن
4D	D	۴	نیازی به اقدام کنترلی نیست	4D	D	۴	گرمای موضعی و تاثیر منفی بر پوشش گیاهی و جانوران ریز	انجام جوشکاری	گرمای موضعی هوا در اثر جوشکاری
2E	E	2	جلوگیری از تردد غیر ضروری در مجاورت عملیات جوشکاری - گردش کاری به نحوی که زمان تماس کاهش یابد - استفاده از ماسک و لباس مقاوم به اشعه	2B	B	۲	آسیب چشمی، کلیوی، پوستی و ... برای پرسنل پروژه	انجام جوشکاری	اشعه‌های مضر ناشی از جوشکاری
4B	B	۴	با توجه به انجام جوشکاری در هوای باز نیازی به اقدام کنترلی نیست	4B	B	۴	مشکلات تنفسی برای جوشکاران	انجام جوشکاری	دود ناشی از جوشکاری
3E	E	۳	استفاده از خاک و سنگ ناشی از خاکبرداری در خاکریزی - انتقال خاک به محل‌های مناسب، پهن کردن، کوبیدن و آبیاشی جهت کاهش امکان جابجایی - استفاده جهت بسترسازی جاده‌ها و فونداسیون - دپو در فاصله مناسب از کانال‌ها بر اساس بافت و ساختمان خاک و نیروهای جانبی	3C	C	۳	افزایش فرسایش خاک و مدفون کردن پوشش گیاهی	دپوی نامناسب	حرکت خاک دپو شده از خاکبرداری
4E	E	۴	کنترل کافی و پاکسازی منطقه از انسان (پرسنل پروژه و ساکنان بومی...) و حیوانات	1B	B	۱	تلفات انسانی، تلفات گونه‌های جانوری	عدم پاکسازی و کنترل	وجود انسان یا حیوان در مجاورت طرح در زمان خاکبرداری و ساخت و ساز

3D	D	۳	رعایت کامل اصول ایمنی - استفاده از تجهیزات ایمنی	1B	B	۱	تلفات انسانی - از کار افتادگی شخص	عدم رعایت مسائل ایمنی	سقوط از ارتفاع
3D	D	۳	پایش و نمونه برداری از پساب خروجی به صورت روزانه - بازدید دوره‌ای از تجهیزات (ماهانه) - نظارت و بازرسی از سیستم - اطمینان از صحت طراحی	2B	B	۲	شیوع بیماری‌های واگیردار - تلفات انسانی - آلوده شدن آبخوان‌ها و زمین‌های کشاورزی و خاک - تلفات گونه‌های جانوری	عدم کارکرد صحیح سیستم تصفیه‌خانه - خرابی تجهیزات - عدم طراحی دقیق واحدها	آلودگی بیولوژیک و شیمیایی
4D	D	۴	برنامه بازدید، سرویس، تعمیرات و نگهداری ماشین آلات و ژنراتورها مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده - تهیه و اجرای برنامه تعمیرات پیشگیرانه - اندازه‌گیری غلظت گازهای موجود در دود خروجی اگزوز	2B	B	۲	آلودگی هوای اطراف و نیز مشکلات تنفسی برای پرسنل پروژه و ساکنین مجاور	نقص فنی	تولید دود اضافی از ماشین آلات و ژنراتورها
4E	E	۴	آموزش - تامین ظروفی جهت جداسازی ضایعات آلاینده پایدار مثل ظروف پلاستیکی - تامین امکانات انتقال و دفع اصول ضایعات مطابق ضوابط قانون دفع پسماندها	2B	B	۲	ورود آلاینده‌های پایدار به محیط خاک و آب، بیماری پرسنل و ساکنین، آلودگی بصری	ناآگاهی پرسنل از مخاطرات یا نبودن امکانات مربوطه	ریختن ضایعات غذایی و ظروف پلاستیکی در محیط اطراف
3E	E	۳	ایجاد سرویس‌های بهداشتی سیار و مناسب در طول پروژه - در جاهایی که سطح سفره آب زیر زمینی بالاست استفاده از سپتیک نفوذ ناپذیر و انتقال فاضلاب انسانی به تصفیه‌خانه‌های شهرداری‌ها - بازدید از سپتیک تانک	2B	B	۲	ایجاد بیماری برای پرسنل پروژه و ساکنین و نیز جانوران بومی منطقه، آلودگی آب	نبودن سرویس بهداشتی مناسب و عدم پیش‌بینی امکانات بهداشتی	ورود فاضلاب انسانی به آب زیرزمینی و یا پراکندگی آن در محیط اطراف
3D	D	۳	در محل تقاطع‌ها، جاده فرعی احداث شود - استفاده از حداکثر ظرفیت اجرایی جهت تسریع عملیات و کاهش زمان اجرای طرح	2C	C	۲	نارضایتی عمومی، هزینه اجتماعی، اختلال در سیستم حمل و نقل	حمل و نقل مصالح و تجهیزات، عملیات ساخت و ساز	ترافیک جاده‌های ارتباطی طی عملیات اجرای طرح و ایجاد آلودگی هوا و آلودگی صوتی
3D	D	۳	شناسایی دقیق از محل عبور کلیه لوله‌ها و کابل‌های موجود در مسیر و علامت‌گذاری آنها و رعایت فاصله ایمن از آنها و در صورت تقاطع خاکبرداری با روش مناسب و احتیاطات لازم	2B	B	۲	نشست نفت و گاز و آب و قطع ارتباطات مخابراتی، انفجار، آتش سوزی، هزینه‌های اجتماعی	برخورد ماشین‌آلات خاکبرداری با تاسیسات زیرزمینی	آسیب به لوله‌های نفت و گاز و آب و کابل‌های مخابراتی
2C	C	۲	شناسایی گسل‌ها و مناطق با ریسک بالای زلزله و تا حد امکان خودداری از ایجاد سازه‌ها در مناطق با ریسک بالای زلزله - افزایش مقاومت سازه‌ها به زلزله در مرحله طراحی	1C	C	۱	شکستن لوله، حوضچه‌ها، سازه‌ها و نشست فاضلاب - انفجار - آتش‌سوزی - تلفات انسانی -	شکستن لوله، حوضچه‌ها، سازه‌ها و نشست فاضلاب - انفجار - آتش‌سوزی - تلفات انسانی -	شکستن تصفیه‌خانه در اثر زلزله

2C	C	۲	استفاده از راننده‌های ماهر و دارای گواهینامه ویژه، استفاده از خودروهای ایمن، الزام بازدید روزانه خودروها، کنترل ساعت کار جهت جلوگیری از خستگی و خواب آلودگی رانندگان، محدود کردن رانندگی در شب به کارهای بسیار ضروری و غیر قابل اجتناب، نظارت بر رعایت قوانین رانندگی و رانندگی تدافعی، ممنوعیت استفاده از تلفن همراه، اجبار استفاده از کمربند ایمنی، استفاده از علائم رانندگی در جاده‌های دسترسی، تربیت و گماشتن پرچم‌داران ایمنی جاده در نقاط حساس و تقاطع‌های پر رفت و آمد	1C	C	۱	تلفات انسانی، آتش سوزی و تخریب پوشش گیاهی، خسارت مالی، مسائل اجتماعی	افزایش ترافیک در زمان اجرای پروژه و نیز رانندگی غیر ایمن	تصادفات جاده‌ای
4C	C	۴	رعایت کامل اصول ایمنی - استفاده از تجهیزات ایمنی - آموزش پرسنل	2C	C	۲	تلفات انسانی	ناآگاهی پرسنل از مخاطرات یا نبودن امکانات مربوطه	خطر غرق شدن در مخزن ذخیره پساب
3D	D	۳	رعایت کامل اصول ایمنی - استفاده از تجهیزات ایمنی - آموزش پرسنل	2C	C	۲	تلفات انسانی - از کار افتادگی شخص	ناآگاهی پرسنل از مخاطرات یا نبودن امکانات مربوطه	خطر برق گرفتگی
3D	D	۳	رعایت کامل اصول ایمنی - استفاده از تجهیزات ایمنی - آموزش پرسنل	2C	C	۲	تلفات انسانی	ناآگاهی پرسنل از مخاطرات یا نبودن امکانات مربوطه نقص فنی	خطرات نشت و انفجار در واحد کلر زنی
4C	C	۴	رعایت کامل اصول ایمنی - استفاده از تجهیزات ایمنی - آموزش پرسنل	2C	C	۲	تلفات انسانی	ناآگاهی پرسنل از مخاطرات یا نبودن امکانات مربوطه	خطرپذیری پر شدن و سر ریز مخزن

### ۳-۴. فرآیندهای کنترل عملیات

- راه کارهای منطقی و به لحاظ فنی توجیه پذیر
- بهتر است که در کنار توجه به اهم اثرات و پیامدهای مخاطرات، عامل اثر گذار (خطر) را نیز در رابطه با هر اثر یا پیامد در نظر داشته باشیم
- شایسته است که برای راه کارهایی که معرفی می‌گردد، برآورد هزینه‌های اقتصادی نیز انجام پذیرد.
- تدوین دستورالعمل‌های لازم جهت مدیریت خطرپذیری
- ابلاغ دستورالعمل‌ها به کلیه پرسنل
- برگزاری مانور به صورت دوره‌ای جهت حصول اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات

طبق نتایج ارزیابی خطرپذیری بر اساس روش PHA، قبل از انجام اقدامات اصلاحی ۲۲ خطرپذیری زیست‌محیطی شناسایی شد که ۱۱ خطرپذیری با اولویت خیلی بالا، ۸ خطرپذیری با اولویت بالا، ۲ خطرپذیری با اولویت متوسط و ۱ خطرپذیری با اولویت ضعیف می‌باشد. به عبارت دیگر ۵۰ درصد از جنبه‌ها در سطح خطرپذیری خیلی بالا قرار دارند که بعد از اقدامات اصلاحی ۲ خطرپذیری با اولویت بالا، ۱۳ خطرپذیری با اولویت متوسط و ۷ خطرپذیری با اولویت پایین تبدیل می‌شود، که در نهایت می‌توان گفت با اقدامات اصلاحی می‌توان خطرپذیری‌های بسیار بالا را با اقدامات اصلاحی کاهش داد.

## ۵. نتیجه‌گیری

بعد از شناسایی و کمی‌سازی و اولویت‌بندی خطرپذیری‌ها نیاز به برنامه پاسخ به خطرپذیری می‌باشد، که راه‌های مقابله با خطرپذیری‌ها و فرصت‌های مناسب را قبل از آن‌که به وقوع بپیوندد، بیان می‌کند. روش‌های متفاوتی برای پاسخ وجود دارند که عبارتند از: از بین بردن خطرپذیری، تخفیف دادن خطرپذیری، انتقال خطرپذیری و پذیرش خطرپذیری.

- از بین بردن خطرپذیری: دوری کامل خطرپذیری از طریق زدودن علت یا به‌کارگیری هزینه‌های کاری جایگزین امکان‌پذیر است این امر می‌تواند در ابتدا با دو مرحله فاز مفهومی یا طراحی در نظر گرفته شود. جایی که سطح تاثیر بالا و هزینه برای تغییرات اندک می‌باشد.

- تخفیف دادن خطرپذیری: به این معنی است که احتمال خطرپذیری و تاثیر آنها کاهش یابد. این می‌تواند از طریق فناوری‌هایی که کارایی آنها اثبات شده یا از طریق استانداردهایی برای اطمینان از کارکرد صحیح محصول به‌دست آید. بسط و توسعه الگوها، شبیه‌سازی یا مدل‌سازی با این ایده مشترک هستند.

- انتقال خطرپذیری: انتقال خطرپذیری (به‌صورت جزئی یا کلی) به سازمان یا اشخاص دیگری می‌باشد که می‌تواند خطرپذیری‌های موجود را به شکل بهتری هدایت کند، این انتقال می‌تواند از طریق به پیمان گذاشتن، ضبط یا بیمه انجام گیرد.

- پذیرش خطرپذیری: در این حالت نتایج حاصل در وقوع خطرپذیری پذیرفته می‌شود. هر چند ممکن است جهت مراقبت در مقابل خطرپذیری برنامه‌ای احتمالی را تدارک دید.

در این تحقیق با هدف ارزیابی خطرپذیری فعالیت‌های مختلف در مرحله ساخت و بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از روش تجزیه و تحلیل خطرات استفاده شده است. در ابتدا خطرپذیری‌های مربوط از طریق بازید و نظرات کارشناسان شناسایی شدند سپس شدت و احتمال حادثه توسط کارشناسان امتیازدهی شدند. در ادامه عدد خطرپذیری‌ها با استفاده از روش تجزیه تحلیل خطرات به‌دست آمد. در نهایت با استفاده و پیشنهاد اقدامات اصلاحی به کاهش خطرپذیری هر بخش پرداخته شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تمامی مخاطرات منجر به خسارت‌های جانی و آتش‌سوزی، به هر نحو از دیدگاه مدیریت خطرپذیری غیرقابل قبول ارزیابی شده که نشان‌دهنده خطرپذیری بالای این‌گونه مخاطرات است. در صورت بروز این‌گونه مخاطرات، توقف و اصلاح سریع عملیات ضروری است. توصیه‌های ارائه‌شده جهت کنترل مخاطرات، همگی باید دارای

این قابلیت باشند، که حداقل شاخص خطرپذیری را به سطح قابل قبول با بازنگری مدیریت برسانند. تصمیم‌گیری مدیریت خطرپذیری بر مبنای شاخص خطرپذیری، حتی پس از انجام توصیه ارائه شده، معمولاً در سطح قابل قبول بدون بازنگری مدیریت ارزیابی نشده است؛ مگر این که به‌دلیل ویژگی‌های فنی مسیر احتمال وقوع خطر نامحتمل باشد. این موضوع، نظارت کامل مدیریت خطرپذیری و الزام پیش‌بینی تمهیداتی جهت عدم وقوع مجدد مخاطرات را می‌رساند.

## ۶. منابع

1. R. Mandour and Y. Azab, "Toxic levels of some heavy metals in drinking groundwater in Dakahlyia Governorate," Egypt in the year 2010, Int. J. Occup. Environ. Med., vol. 2, no. 2, pp. 112-117, 2011.
2. H. H. Darvishi, M. Manshouri, and H. A. Farahani, "The effect of irrigation by domestic waste water on soil properties," J. Soil. Sci. Environ. Manage, vol. 1, no. 2, pp. 30-33, 2010.
3. O. Akpor and B. Muchie, "Environmental and public health implications of wastewater quality," Afr. J. Biotechnol., vol. 10, no. 13, pp. 2379-2387, 2011.
4. A. Thapliyal, P. Vasudevan, M. Dastidar, M. Tandon, and S. Mishra, "Irrigation with domestic wastewater: Responses on growth and yield of ladyfinger *Abelmoschus esculentus* and on soil nutrients," J. Environ. Biol., vol. 32, no. 5, pp. 645-651, 2011.
۵. سوخکیان، محمدعلی، معینی، مریم، ارزیابی و رتبه‌بندی خطرپذیری‌های پروژه‌های شبکه آب و فاضلاب با استفاده از FMEA رویکردی نوین در روش و مدیریت، اولین کنفرانس ملی حسابداری، موسسه بین‌المللی و پژوهشی خوارزمی، ۱۳۹۲.
۶. تابش، مسعود، بدلی باوانی، ابراهیم، عسگریان، مانده، روزبهانی، عباس، تدوین الگوریتمی برای تحلیل و مدیریت خطرپذیری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، فصلنامه منابع آب ایران، سال ۱۰، شماره ۳، صص. ۶۵-۵۳، ۱۳۹۳.
۷. سیدی، مجید، رضایی، کامران، نوری، بهروز، FMEA تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن، ناشران: آتنا، شرکت مشارکتی اروتوف ایران، ۱۳۸۴.
۸. عزیزی، آذین، پورخیز، حمیدرضا، جوانمردی، سعید، ارزیابی و مدیریت خطرپذیری زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری با کاربرد روش FMEA، سومین کنفرانس سالانه بین‌المللی عمران، معماری، شهرسازی، ۱۳۹۶.
۹. امام جمعه، محمد مهدی، تاری، کامران، جمالی، محمد علی، کاریاب، حمید، حسین‌خانی، مارال، ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط‌زیست و استفاده مجدد از آن، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دوره بیست و ششم، شماره ۱۴۵، ۱۳۹۵.

۱۰. بهرامی، سجاد، سودائی زاده، حمید، ایران‌نژاد پاریزی، محمدحسین، ستوده، احد، ماندگاری، علی، امکان‌سنجی و ارزیابی خطرپذیری استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در کشاورزی (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب یزد)، فصلنامه علوم و مهندسی محیط‌زیست، سال دوم، شماره ۳، ۱۳۹۴.
۱۱. کاکایی، حجت‌الله، ندوشن، رضاجعفری، کمالوندی، مائده، آزاد، پروین، نورمحمدی، پروین، کاکایی، زهرا، شناسایی و رده‌بندی خطرات و رویدادهای بالقوه به روش آنالیز مقدماتی خطر (PHA) در پالایشگاه نفت کرمانشاه، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال سوم، شماره ۱، ۱۳۹۴.

## Health, Safety and Environmental Risk Assessment of Urban Wastewater Treatment Plants

Y. Morab\*, M. Naderi

\*\*Imam Hossein University

(Received: 28/06/2019, Accepted: 11/11/2019)

### ABSTRACT

*Risk assessment is a method of determining the quality and quantity of hazards and consequences of potential casualties on individuals, materials, equipments and the environment. By doing so, the effectiveness of existing control methods will be assessed and valuable data will be provided to make risk reduction decisions. The objectives of wastewater treatment can be classified into three main groups: provision of health conditions for people's lives, environmental cleanliness, reuse of wastewater (treated wastewater). In the last two decades, scarcity of water resources for agriculture has increased the rate of wastewater used for irrigation. The health hazards and soil degradation caused thereby, have been minimized by taking the necessary precautions and observing recommended standards and this has led to better socio-cultural understanding and acceptance of this fact. The purpose of this study is to evaluate the risks of treatment plants with up-to-date methods and techniques and to provide control strategies to manage these risks. This study has assessed the risks that municipal sewage treatment plants can create. The study first identified the risks provoked by visiting urban wastewater treatment plants and consulting environmental experts. Subsequently, risk vulnerability of any deviation or accident was identified using the preliminary risk analysis method. According to the PHA risk assessment results, 22 environmental risks were identified prior to corrective actions, of which 11 were high priority, 8 high priority, 2 medium priority and 1 low priority. In other words, 50% of the aspects are at a very high, risk level which after corrective actions, 2 become high risk, 13 moderate risk and 7 low priority risk. Finally, we conclude that corrective actions can reduce very high risks.*

**Keywords:** Risk Assessment, Health, Safety, Environment

---

\* Corresponding Author Email: yassermorab@ut.ac.ir