فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

۵۷-۷۰

ارزیابی ریسک مصرف¬های پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شمال شهر اصفهان)

الهه واثقی [۱*]، محمدرضا زارع مهرجردی [۱]، علیرضا نیکویی [۲] و حسین مهرابی بشرآبادی [۱]

[۱] گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

[۲] بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۰

واثقی، ا.، م.ر. زارع مهرجردی، ع. نیکویی و ح. مهرابی بشرآبادی. ۱۴۰۰. ارزیابی ریسک مصرف‌های پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شمال شهر اصفهان). فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۲): ۵۷-۷۰.

سابقه و هدف: با توجه به کمبود منابع آب در بسیاری از منطقه‌های کشور، نیاز روزافزون بخش‌های مختلف به آب، افزایش حجم فاضلاب‌های شهری، برنامه‌ریزی جهت استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری با لحاظ کردن جنبه‌های محیط زیستی به‌عنوان راهکاری مناسب برای جبران بخشی از این کمبودها و همچنین کاهش آلودگی‌ها مورد توجه می‌باشد. پساب فاضلاب شهری بازیافت شده با مزایا و خطرات زیادی برای سلامت انسان و محیط زیست همراه است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ریسک کاربرد پساب در بخش‌های متقاضی با توجه به اولویت کاهش خطرهای استفاده از آن انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها: مقاله حاضر در سال ۱۳۹۵ با هدف ارزیابی ریسک کاربردهای پساب خروجی از تصفیه‌خانه شمال اصفهان انجام شد. اطلاعات آماری کیفیت پساب از نتایج آزمایشگاه‌های سازمان‌ها و ارگان‌های مربوطه به‌صورت ماهانه جمع‌آوری و میانگین‌گیری شد. با درنظر گرفتن ۶ پارامتر کیفی مهم (pH، COD، BOD، TSS، TDS و TC) و با استفاده از استانداردهای محیط زیستی مرتبط با این پارامترها، سنجه‌ای برای ارزیابی کیفیت فاضلاب تصفیه شده با عنوان سنجه جامع آلودگی (CPI)[۱] مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مطالعات منطقه‌ای و همچنین نشست‌های تخصصی با کارشناسان مطلع از وضعیت پساب خروجی از این تصفیه‌خانه چک لیست خطرها و چک لیست کنترل در قالب پرسشنامه تهیه شد. چک لیست‌ها توسط ۶۹ کارشناس خبره تکمیل شد و با تعمیم روش فرانک و مورگان سنجه ریسک (RI)[۲] برای کاربردهای نهفته پساب در منطقه مطالعاتی محاسبه و با سنجه آلودگی مقایسه شد.

نتایج و بحث: نتایج چک لیست‌های تکمیل شده نشان داد، بخش کشاورزی بیشترین نمره خطر را در مقابل بخش صنعت و بخش صنعت بیشترین نمره کنترل را در مقابل بخش کشاورزی داشته است. به‌طور کلی میانگین نمره موارد ششگانه چک لیست خطرها در بخش کشاورزی از تمام بخش‌ها بیشتر می‌باشد و خطرهای وارده بر انسان در هر چهار بخش نسبت به دیگر خطرها نمره بالاتری دارد. مقایسه استانداردهای کیفی استفاده از پساب و کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه نیز نشان داد که پارامتر کلیفرم اندازه‌گیری شده نسبت به بقیه

* Corresponding Author: *Email Address*. evaseghi.agr.uk.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33315

پارامترها بیشترین فاصله را با حد استاندارد خود دارد، بنابراین اهمیت بالای این پارامتر در سلامت عمومی و ایمنی جامعه در محاسبه دو سنجه آلودگی و ریسک تأثیر زیادی داشته است. به‌طوریکه سنجه ریسک برای چهار بخش کشاورزی، فضای سبز، منابع طبیعی و صنعت به ترتیب ۵۴/۷۱ درصد، ۲۳/۹۷ درصد، ۱۵/۱ درصد، ۶/۲۲ درصد و سنجه نسبی آلودگی به ترتیب ۴۳ درصد، ۲۸ درصد، ۲۱ درصد و ۸ درصد به‌دست آمد. نتایج این دو سنجه به‌طور کامل با هم مطابقت دارد و بخش کشاورزی دارای بیشترین سنجه آلودگی و ریسک بوده و اولویت کاهش ریسک را به خود اختصاص می‌دهد و کاربرد پساب به ترتیب در بخش‌های صنعت، منابع طبیعی و فضای سبز بحران‌های کمتری برای انسان و محیط در پی خواهد داشت.

نتیجه گیری: بنابر نتایج این تحقیق، استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال در شرایط موجود برای مصرف‌های صنعتی و منابع طبیعی (احیای بیابان‌ها) نسبت به مصرف‌های کشاورزی و آبیاری فضای سبز خطرهای کمتری دارد. به‌طور کلی کاربرد پساب در صنایع آب‌بر و کاشت گیاهان غیرمثمر، افزایش دسترسی کشاورزان به منابع آبی با کیفیت بهتر و افزایش سلامت انسان و محیط زیست را به همراه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: پساب فاضلاب شهری، سنجه ریسک، سنجه جامع آلودگی، تصفیه‌خانه شمال اصفهان.

مقدمه

رشد تصاعدی جمعیت و گرایش به توسعه صنعت همگام با توسعه کشاورزی نیازمندی به آب را افزایش داده است. در چنین شرایطی استفاده دوباره از فاضلاب می‌تواند یک راهکار مناسب در برنامه ریزی توسعه منابع آب و تأمین نیازهای آبی درنظر گرفته شود. فاضلاب تصفیه شده یک منبع جدید آب به شمار می‌آید که به‌دلیل سهولت دسترسی و نبود نوسان تولید آن در طول سال می‌تواند به یک منبع قابل اطمینان جهت مصرف‌های مختلف تبدیل شود (Motahari *et al.*, 2013). ولی تاکنون حجم قابل توجهی از این منابع به‌دلیل کیفیت پایین مورد استفاده قرار نگرفته و یا در استفاده از آن‌ها ضوابط و معیارهای محیط زیستی لحاظ نگردیده است. بنابراین باور بر این است که بخشی از این منابع که مشکل‌های کیفی کمتری داشته یا مشکل‌های آن‌ها با اتخاذ روش‌های کاربردی مناسب قابل چشم پوشی می‌باشد، باید با در نظرگیری مسئله‌های محیط زیستی در برنامه‌های توسعه و بهره‌وری منابع آب گنجانده شوند (Vice president for planning and strategic supervision in Iran, 2010).

به‌طور کلی پساب یا فاضلاب تصفیه شده[۳]، فاضلابی است که از منابع مختلف تأمین شده و برای استفاده دوباره در معرض انواع تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار داده شده است. معمول‌ترین نوع پساب، فاضلاب تصفیه شده با منشأ فاضلاب شهری است (Cirelli, 2012; Mirzashahi, 2015). استفاده از این نوع پساب در بخش‌های اقتصادی مزیت‌های زیادی از قبیل فراهم نمودن یک منبع آب ارزان و دائمی، کاهش هزینه‌های تصفیه، آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصرف‌ها و کاهش اثرهای محیط زیستی دفع پساب به منابع آبی را به دنبال دارد (Reznik *et al.*, 2017; Toze, 2006). ولی استفاده از آن در هر یک از بخش‌های اقتصادی می‌تواند در کنار آثار مثبت دارای آثار منفی نیز باشد و بحران‌هایی را به همراه داشته باشد. بنابراین با عنایت به اهمیت بحران‌های موجود در استفاده از پساب برای آب، خاک، هوا، موجودات زنده، دستگاه‌ها و تجهیزات، به‌نظر می‌رسد قبل از تصمیم‌گیری در مورد نوع استفاده از پساب‌های شهری، لازم است تناسب کیفیت پساب با استانداردهای محیط زیستی بوسیله سنجه جامع آلودگی و همچنین خطرهای و اقدام‌های کنترلی برای کاربردهای مختلف بوسیله سنجه ریسک در بین تقاضاکنندگان پساب شهری محاسبه و مقایسه شود. این درحالی است که بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد بیشتر مطالعات گذشته کاربردها و پیامدهای استفاده از پساب را در بخش کشاورزی (Ganoulis, 2012; Elsokkary, 2014; Taheriyoun, 2016; Kibuye *et al.*, 2019)، صنعت (Mehrdadi, 2009; Barbosa *et al.*, 2014; Hansen *et al.*,

2016) فضای سبز (Abrishami, 2014) و منابع طبیعی (Al-Jamal, 2000; Rezaei, 2012; Vali *et al*., 2018) به‌طور مجزا بررسی کرده‌اند. البته مطالعات اندکی نیز استفاده از پساب تصفیه شده را در بخش‌های مختلف با استفاده از سنجه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و محیطی ارزیابی و مقایسه کرده‌اند (Gazor Habibabadi, 2017; Ramos *et al*., 2019). ارزیابی این مطالعات نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای به‌صورت اختصاصی به ارزیابی ریسک استفاده از پساب در بخش‌های مختلف نپرداخته است که این مهم از هدف‌های اصلی این مقاله می‌باشد.

برای تعیین سطح کیفی قابل دستیابی توسط فرآیندهای تصفیه و مقایسه عملکرد آن‌ها، استفاده از سنجه کیفیت پساب ضروری می‌باشد. بگونه‌ای که بوسیله سنجه کیفیت بتوان سازو کاری برای ارائه یک توصیف عددی و تلفیقی جهت مشخص نمودن میزان مطلوبیت کیفیت پساب توسعه داد. در مطالعات گذشته سنجه‌های مختلفی برای تعیین کیفیت آب و پساب استفاده شده است که در بیشتر مواقع سهم وضعیت موجود نسبت به استانداردهای تعریف شده بررسی شده است (Yu, 2013; Chen, 2016; Shakir, 2016). در این مطالعه نیز به کمک سنجه جامع آلودگی، کیفت پساب در کاربردهای مختلف بررسی می‌شود.

روش‌های ارزیابی ریسک شامل مدل‌هایی است که پیامدهای نهفته حادثه‌های ناشی از خطاهای انسانی یا طبیعی، بزرگی و شدت اثرهای یک حادثه را پیش‌بینی و توصیف می‌کنند (Ricci, 2006). در سال‌های اخیر روش‌های متعددی برای ارزیابی و تجزیه ریسک‌ها معرفی و نشان داده شده‌اند که تعداد آن‌ها به بیش از ۶۰ روش می‌رسد (Tixier *et al*., 2002). ولی از آنجا که هدف این مطالعه محاسبه و مقایسه سنجه ریسک بین بخش‌های مختلف تقاضاکننده پساب فاضلاب شهری می‌باشد، با اقتباس از روش‌های محاسبه ریسک در واحدهای مختلف یک شرکت تولیدی که با نام نوآور آن یعنی فرانک و مورگان[۴] نام گرفته است، ریسک استفاده از پساب در بخش‌های مختلف از حالت کیفی به کمی تبدیل و سنجه ریسک محاسبه شد. روش فرانک و مورگان یکی از روش‌های کمی موجود جهت ارزیابی ریسک است که توسط محققان و کارشناسان ایمنی برای تعیین و ارزیابی ریسک واحدهای کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Brauer, 2006; Golmohamadi, 2013; Zarei *et al*., 2014). البته در این مطالعه با الهام از این روش، به‌جای واحدهای مختلف در یک صنعت از بخش‌های اقتصادی در یک منطقه استفاده شد و با استفاده از نظرهای کارشناسان خبره در منطقه، چک لیست‌های خطر و کنترل تهیه شد. در مرحله‌های بعدی، خطرها و کنترل‌های محتمل در هر بخش نمره‌گذاری و نمره ریسک و درصد سنجه ریسک نسبی برای هر بخش محاسبه و مقایسه گردید.

بنابر گزارش دفتر معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری کشور ایران (Vice president for planning and strategic supervision in Iran, 2010)، در بین ۳۰ زیرحوضه کشور، زیر حوضه گاوخونی از حوضه‌های آبریز مرکزی که در استان اصفهان واقع شده است، در اولویت اول برنامه‌ریزی مصرف‌های پساب‌های شهری قرار گرفته است. ۲۳ تصفیه‌خانه فاضلاب در این استان وجود دارد که در بین آن‌ها تصفیه‌خانه شمال واقع در شمال شهر اصفهان با مساحت ۶۸ هکتار و ظرفیت ۲۵۰۰۰۰ مترمکعب در روز، بزرگترین تصفیه‌خانه استان است که محدوده زمین‌های تحت پوشش آن به‌عنوان محدوده مطالعاتی این پژوهش انتخاب شد. طرح این تصفیه‌خانه از سال ۱۳۶۰ طی یک پروژه ۱۵ ساله با عنوان تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال در دو فاز آغاز گردید و در سال ۱۳۶۶، فاز اول با ظرفیت اسمی ۴۰۰۰۰۰ نفر و در سال ۱۳۸۵ فاز دوم تصفیه‌خانه با ظرفیت اسمی ۸۰۰۰۰۰ نفر به بهره‌برداری رسید (Isfahan Wastewater Comprehensive Study Plan, 2017). براساس مدیریت پایدار منابع آب، آب مصارفی از قبیل آشامیدن و کشاورزی که نیازمند آب با کیفیت بالا می‌باشند باید از منابع طبیعی تأمین شود و آب مصارفی چون صنایع، امور شهری و طرح‌های بیابان‌زدایی را می‌توان

با آب‌های نامتعارف تأمین کرد (Eslamian, 2011). ولی متأسفانه در حال حاضر کمابیش ۸۰ درصد از پساب تصفیه‌خانه شمال شهر اصفهان در کشاورزی مصرف می‌گردد. یکی ازدلیل‌های این امر این است که پساب خروجی از این تصفیه‌خانه به کانال ذوزنقه‌ای شکل واقع در ضلع شرقی تصفیه‌خانه هدایت می‌شود و دسترسی کشاورزان به پساب خروجی را تسهیل می‌کند. روال تقسیم پساب در این منطقه به این صورت می‌باشد که زمین‌های مجاور کانال خروجی پساب به ۴ قسمت تقسیم گردیده و هر قسمت به مدت ۳ تا ۴ روز از پساب بهره‌برداری می‌نمایند (Isfahan effluent Comprehensive Study Plan, 2017). طول این کانال ۳۵ کیلومتر بوده و همانطور که شرح داده شد از بین مزرعه‌های کشاورزی شهرستان برخوار از توابع دشت برخوار عبور می‌کند. این شهرستان با مساحت ۱۹۵۳ کیلومترمربع، دارای ۱۲۲۴۱۹ نفر جمعیت، ۱۵۳۷۲ هکتار سطح زیرکشت زراعی و باغی، ۱۰۵۴ هکتار فضای سبز، ۴۷۳۹ هکتار جنگل‌های دست کاشت، ۴۵۰۹ هکتار جنگل بیابانی و دو شهرک صنعتی دولت آباد و کمشچه می‌باشد (City Statistical Yearbook, 2016). بنابراین، از نظر کارشناسان منطقه، امکان استفاده از پساب این تصفیه‌خانه در هر چهار بخش کشاورزی، صنعت (به استثنای صنایع غذائی)، فضای سبز شهری و منابع طبیعی (طرح‌های بیابانزدایی) وجود دارد، بنابراین در این مطالعه هر چهار بخش متقاضی برای استفاده از پساب کانال خروجی تصفیه‌خانه با کمک دو سنجه آلودگی و ریسک مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، یک پژوهش مقطعی - تحلیلی است که برای انجام آن، آمار و اطلاعات پارامترهای متداول کیفیت پساب از سازمان محیط زیست، سازمان آب و فاضلاب و اداره آب منطقه‌ای استان اصفهان جمع آوری شد. همچنین پرسشنامه‌های مربوط به چک لیست‌های خطرها و کنترل به‌صورت مصاحبه حضوری با کارشناسان خبره در منطقه تکمیل و اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبه و ارزیابی سنجه ریسک استخراج گردید.

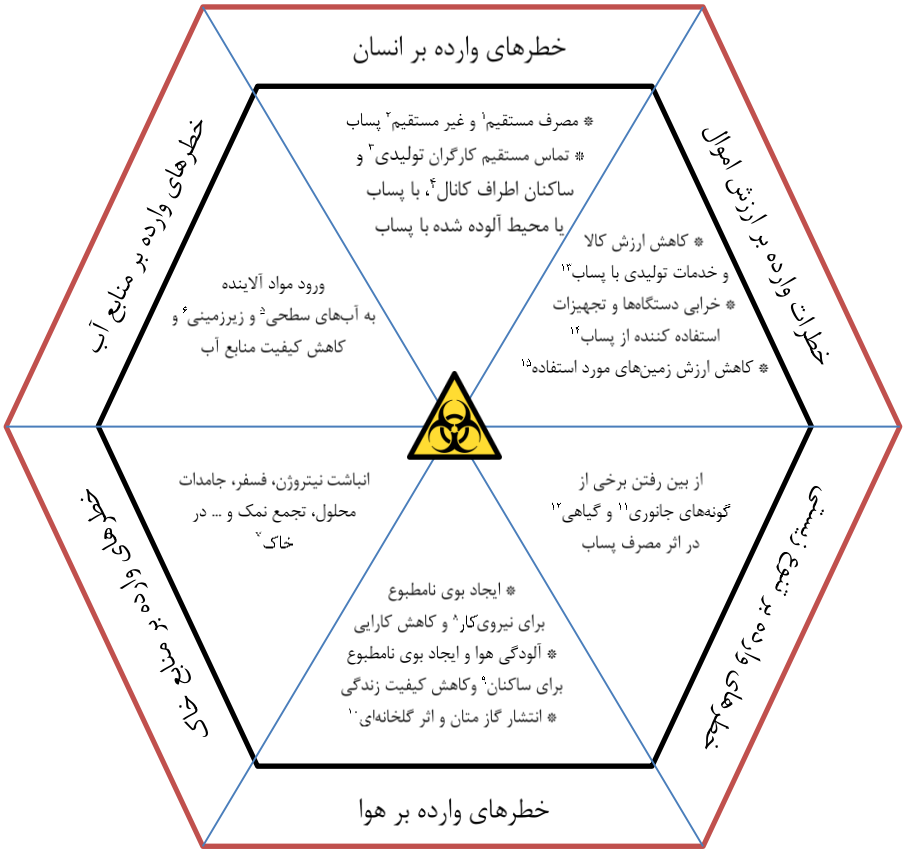
در این تحقیق با بررسی محدوده زمین‌های تحت پوشش تصفیه‌خانه شمال اصفهان، ابتدا بخش‌های اقتصادی متقاضی استفاده از پساب شناسایی شدند و با توجه به اطلاعات کیفی و مقایسه آن با استانداردهای محیط زیستی، سنجه جامع آلودگی (CPI) در بین بخش‌های مختلف محاسبه و بررسی شد (رابطه ۱). در این رابطه PI نسبت پارامترهای موجود به مقدار استاندارد و n نیز تعداد پارامترهای مورد نظر می‌باشد (Shakir, 2016). هرچه این سنجه بزرگتر باشد، آلودگی بیشتر و فاصله بیشتر با استانداردها را نشان می‌دهد. برای مقایسه این سنجه بین بخش‌های متقاضی پساب در این تصفیه‌خانه، مقادیر به‌دست آمده به‌صورت نسبی محاسبه و مقایسه شد.

$$\mathrm{CPI}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} PI \qquad (۱)$$

خاصیت اسیدی (pH)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD[۵])، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD[۶])، کل مواد معلق (TSS[۷])، غلظت کل جامدات محلول (TDS[۸]) و کلیفرم کل (TC[۹]) پارامترهای مورد بررسی در این سنجه هستند. هدف اصلی از محاسبه سنجه آلودگی، مقایسه نتایج این سنجه با شاخصی است که با اجماع نظر خبرگان منطقه حاصل می‌شود (سنجه ریسک). بنابراین با استفاده از رویکرد عمومی ارزیابی ریسک و الهام از روش ارزیابی فرانک و مورگان سنجه ریسک در هر چهار بخش اقتصادی محاسبه و مقایسه شد. به‌طور کلی گام‌های انجام این مطالعه بعد از بررسی کیفی پساب تصفیه‌خانه، شامل انتخاب گروه خبرگان، تهیه چک لیست‌های خطر و کنترل، محاسبه سنجه ریسک در هر بخش و رده بندی بخش‌ها براساس سنجه ریسک می‌باشد. بر این اساس بعد از تشکیل جلسه‌های تخصصی با مدیران سازمان آب و فاضلاب، اداره آب منطقه‌ای، سازمان پارک‌ها و فضای سبز، سازمان جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی، اداره

منابع طبیعی و آبخیزداری، شهرداری‌ها و فرمانداری‌های شهرستان اصفهان و برخوار، ۱۷ نفر از مدیران مطلع از تولید و توزیع پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان به‌عنوان گروه اصلی متخصصان انتخاب شدند. سپس با توجه به روش نمونه‌گیری زنجیره‌ای یا گلوله برفی[۱۰]، هر یک از مدیران منتخب نیز کارشناسان مطلعی را در اصفهان و برخوار جهت تکمیل پانل خبرگان معرفی نمودند. زنجیره معرفی کارشناسان با تعداد نهایی ۶۹ کارشناس خبره به پایان رسید.

چک لیست‌های از پیش تعیین شده مورگان دارای تعداد مشخصی گروه و زیرگروه خطر و کنترل است و هر گروه و یا زیرگروه دارای امتیاز یا فاکتوری برای تعیین نمره خطر و کنترل می‌باشند (Zarei *et al.*, 2014). بنابراین برخلاف مطالعات برگرفته از روش مورگان که از چک لیست‌های از پیش تعیین شده مورگان استفاده می‌کنند، در این مطالعه چک لیست‌های بیان شده متناسب با موضوع و از طریق نشست‌های تخصصی متعدد با اعضای پانل خبرگان تهیه شد. در نهایت به کمک خبرگان، چک‌لیست خطر در شش گروه خطر و پانزده زیرگروه (شکل ۱) و چک لیست کنترل (روش‌هایی که امکان کنترل خطرهای استفاده از پساب وجود دارد) با ۱۲ سنجه کنترل تهیه و تنظیم گردید. سؤال‌های چک لیست خطرها به ترتیبی طراحی شد که جواب‌ها وجود نداشتن (نمره صفر) یا وجود هر خطر (مقیاس پنج درجه‌ای لیکرت[۱۱]) را در هر بخش به‌صورت مقایسه‌ای نشان دهد. سنجه‌های تدابیر کنترلی نیز به‌گونه‌ای طراحی شدند که امکان‌پذیر بودن (نمره ۱) یا نبودن (نمره صفر) اجرای چنین تدابیری در هر بخش توسط کارشناس مربوطه تعیین گردد.



شکل ۱- موارد شش‌گانه چک‌لیست خطر و شرح مختصری از ۱۵ زیرگروه خطر

Fig. 1- Six-item risk checklist and a brief description of 15 risk subgroups

جدول ۱- شرح امتیازهای شدت و احتمال وقوع خطرها و اقدام‌های کنترلی ۵ رتبه‌ای
Table 1. Description for risk severity and risk occurrence probability scores and control measures

امتیاز Score	احتمال وقوع خطر Risk occurrence probability	شدت وقوع خطر Risk severity	احتمال انجام کنترل Possibility of controlling	شدت اثرگذاری اقدام‌های کنترلی Effect severity of control measures
0	اصلا اتفاق نمی‌افتد It does not occur at all	بدون آسیب (آسیب وارده قابل چشم پوشی) No damage (negligible damage)	اصلا در این بخش امکان پذیر نمی‌باشد It is not possible in this sector	بی اثر (اثری بر کاهش خطرهای ندارد) Ineffective (no effect on risk reduction)
1	ممکن است اتفاق بیفتد اما غیر محتمل / بعید است It might occur but is improbable/unlikely	آسیب کم و گذرا (نیاز به کمک اولیه) Low damage (first aid required)	ممکن است امکانپذیر باشد اما غیر محتمل / بعید است It might be possible but is improbable /unlikely	اثرگذاری کم (به مقدار کمی خسارت ناشی از خطرها را کاهش می‌دهد) Low effect (it slightly reduces the damage caused by risks)
2	می‌تواند بعضی اوقات اتفاق بیفتد ولی استثنایی/ نامعمول It could occur sometimes but is exceptional/unusual	آسیب متوسط (نیاز به درمان پزشکی) Medium damage (medical treatment required)	می‌تواند بعضی اوقات این کنترل انجام شود ولی استثنایی/ نامعمول It could be controlled sometimes but is exceptional/unusual	اثرگذاری متوسط (در سطح متوسط خسارت ناشی از خطرها را کاهش می‌دهد) Medium effect (it moderately reduces the damage caused by risks)
3	احتمال دارد بعضی اوقات اتفاق بیفتد / کاملا محتمل It might occur sometimes/quite possible	آسیب بالا (آسیب وارده بیش از حد) High damage (excessive damage)	احتمال دارد بعضی اوقات این کنترل انجام شود / کاملا محتمل It might be controlled sometimes/quite possible	اثرگذاری بالا High effect
4	در بیشتر شرایط اتفاق خواهد افتاد / بعید نیست It will occur in most situations/not rare	آسیب بالا در حد مرگ بعضی از افراد High damage to the extent of death for a few people	در بیشتر شرایط امکان‌پذیر است / بعید نیست It is possible in most situations /not rare	اثرگذاری خیلی بالا Very high effect
5	انتظار داریم در بیشتر شرایط اتفاق بیفتد We expect it to occur in most situations	فاجعه آمیز / چندین مرگ Catastrophic/multiple deaths	انتظار داریم در بیشتر شرایط این اقدام کنترلی امکان پذیر باشد We expect that this control measure is possible in most situations	کاملا رفع کننده خطرهای احتمالی می‌باشد It completely eliminates the possible risks

در طراحی پرسشنامه ویژه این مطالعه، برای تعیین امتیاز گروه خطرها و سنجه‌های کنترلی، از رویکرد عمومی ارزیابی ریسک استفاده شد (جدول ۱). در نهایت پرسشنامه‌ای تلفیقی از چک لیست‌ها و امتیازها تهیه شد و بین پانل خبرگان توزیع و تکمیل گردید.

چک لیست خطر تهیه شده شامل J بخش و K گروه از خطرها است که هر گروه به نوبه خود به i زیرگروه تقسیم شده است. برای محاسبه نمره خطر هر بخش، ابتدا با توجه به طیف لیکرت پنج درجه‌ای، نمره هر زیرگروه مشخص شده و از جمع نمرات زیرگروه‌ها، نمره گروه خطر kام در بخش jام (X_{kj}) محاسبه می‌شود. سپس امتیاز گروه خطر kام در بخش jام (Y_{kj}) از حاصل ضرب شدت اثرگذاری در احتمال وقوع گروه خطر kام در بخش jام محاسبه می‌شود. در نهایت نمره خطر بخش jام (H_j) از رابطه (۲) به‌دست می‌آید.

$$H_j = \sum_{k=1}^{K} (X_{kj} \times Y_{kj}) \qquad (۲)$$

از آنجا که برخی از تدابیر کنترلی در بین گروه‌های خطر مشترک هستند، نمی‌توان آن‌ها را مشابه با خطرها گروه‌بندی کرد. بنابراین امتیاز هر یک از تدابیر کنترلی در صورتیکه احتمال انجام آن در بخش مربوطه صفر نباشد، معادل با نمره کنترل آن بخش می‌باشد. بنابراین، اگر Z تعداد تدابیر کنترلی موجود در چک لیست کنترل باشد، نمره کنترل بخش jام (C_j) از حاصل ضرب شدت اثرگذاری اقدام کنترلی zام برای کاهش خطرات بخش jام در احتمال اجرای اقدام کنترلی zام در بخش jام محاسبه می‌شود. در نهایت با کم کردن نمره خطر بخش jام از نمره کنترل آن، نمره ریسک بخش jام (r_j) به‌دست می‌آید (رابطه ۳).

$$r_j = C_j - H_j \quad (۳)$$

از آنجا که رده بندی بخش‌های مختلف هدف اصلی این روش است و درصد ریسک نسبی هر بخش نشان دهنده نقش آن بخش در ریسک کل منطقه است، برای محاسبه آن از ماکزیمم مقدار r_jها، به‌عبارت دیگر بالاترین نمره ریسک (Mr) به‌عنوان مبنایی برای بخش‌های دیگر استفاده می‌شود و با استفاده از رابطه (۴) درصد نمره ریسک نسبی بخش jام (rr_j) محاسبه می‌شود.

$$rr_j = \frac{Mr - r_j}{\sum_{j=1}^{J}(Mr - r_j)} \quad (۴)$$

از آنجا که تمام روابط (۲) تا (۴) برای هر کارشناس خبره به‌صورت مجزا محاسبه می‌شود، در مرحله نهایی با میانگین‌گیری از نظرات، سنجه ریسک هر بخش (RI_j) محاسبه و ارزیابی می‌شود[۱۲].

نتایج و بحث

بنابر بخشنامه تخصیص پساب در ایران (۲۰۱۴)، شرکت آب و فاضلاب موظف است قبل از هرگونه برنامه‌ریزی برای استفاده از پساب، نسبت به اعلام کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها اقدام نماید. متقاضی نیز براساس کیفیت پساب اعلام شده نسبت به تعریف مصرف‌های مورد نظر اقدام می‌کند و در صورتیکه کیفیت اعلام شده پایین‌تر از استاندارد کیفی برای مصرف مورد نظر باشد، تصفیه تکمیلی جهت ارتقا کیفیت بر عهده متقاضی می‌باشد. بنابراین در این مطالعه چهار بخش کشاورزی، صنعت، فضای سبز و منابع طبیعی که پتانسیل استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال شهر اصفهان را دارند با توجه به شرایط موجود، جهت بررسی سلامت محیط براساس دو سنجه CPI و RI مورد بررسی قرار گرفتند.

بوسیله آمار کیفی جمع‌آوری شده از وضعیت موجود پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان[۱۳] و حد مطلوب[۱۴] هر پارامتر که براساس استانداردهای EPA[۱۵]، WHO[۱۶] و FAO[۱۷] در جدول ۲ نشان داده شده‌است، سنجه CPI به‌صورت نسبی برای چهار بخش کشاورزی، فضای سبز، منابع طبیعی و صنعت به ترتیب ۴۳، ۲۸، ۲۱ و ۸ درصد محاسبه شد.

جدول ۲- وضعیت موجود و حد مطلوب مصرف پساب در بخش‌های مختلف

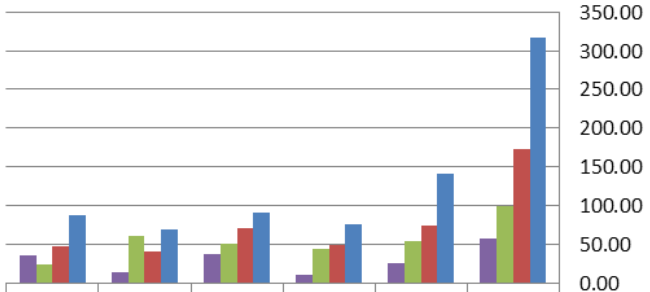
Table 2. Current status and desirable level of effluent use in different sectors

مقادیر مجاز توصیه شده در بخش‌های اقتصادی Permissible values suggested in economic sectors				وضعیت موجود Current situation	واحد اندازه گیری Unit of measurement	پارامتر Parameter
منابع طبیعی Natural resources	فضای سبز Green space	صنعت Industry	کشاورزی Agriculture			
9	8.4	9	8.5	7.62	Mg/l	pH
200	200	75	200	237.05	Mg/l	COD
30	30	50	100	84.32	Mg/l	BOD
40	40	100	100	116.14	Mg/l	TSS
750	450	500	450	551.75	Mg/l	TDS
400	300	1000	200	1507625	MPN/100	TC

CPI نشان‌دهنده فاصله پارامترهای کیفیتی در وضعیت موجود با مقادیر استاندارد است. نتایج این سنجه کمترین فاصله را در بخش صنعت و بیشترین فاصله را در بخش کشاورزی نشان می‌دهد. همانطور که در روش تحقیق اشاره شد، در این مطالعه جهت بررسی بهتر موضوع و مقایسه نظرهای کارشناسی با مقادیر سنجه آلودگی، روش فرانک و مورگان جهت ارزیابی ریسک استفاده از پساب توسعه داده شد. در این راستا ابتدا میانگین نمرات خطرهای وارده بر انسان (H-H)، منابع آب (H-W)، خاک (H-S)، هوا (H-A)، تنوع زیستی (H-B)، و ارزش اموال (H-P) محاسبه شد (شکل ۲). با توجه به نتایج محاسبه شده، میانگین نمره موارد ششگانه چک لیست خطرها در بخش کشاورزی از تمام بخش‌ها بیشتر می‌باشد و خطرهای وارده بر انسان در هر چهار بخش نسبت به سایر خطرها نمره بالاتری دارد. از طرف دیگر خطرهای وارده بر انسان در بخش کشاورزی کمابیش ۵ برابر صنعت، ۳ برابر منابع طبیعی و۲ برابر فضای

سبز ارزیابی شده است. با توجه به وسعت بالای زمین‌های کشاورزی در مجاورت کانال توزیع پساب و استفاده از آبیاری غرقابی در مزرعه‌های کشاورزی و به‌دنبال آن بالا بودن سطوح تماس کارگران و انواع گونه‌های حیوانی اهلی (دام و طیور) و غیر اهلی (پرنده های مهاجر) و گیاهی (گیاهان کشت شده در مزرعه‌ها و انواع گونه‌های خودرو که مصرف خوراکی برای انسان و دام دارند) با پساب مورد استفاده، متصاعد شدن بوی نامطبوع در منطقه مطالعاتی و بالا بودن احتمال و شدت آسیب‌های وارده بر منابع آب، خاک، هوا و تنوع زیستی سبب شده است نمره این خطرها نیز در بخش کشاورزی بالاتر از سایر بخش‌ها برآورد شود. از طرف دیگر با توجه به نظر کارشناسان منطقه، استفاده از پساب در بخش‌های مختلف می‌تواند به دستگاه‌ها و ماشین‌آلاتی که در تماس با پساب هستند آسیب وارد کند و موجب کاهش ارزش این دستگاه‌ها شود و از آن مهمتر معتقدند استفاده از پساب در بخش کشاورزی افزون بر کاهش ارزش دستگاه‌ها، کاهش ارزش زمین‌های کشاورزی آبیاری شده با پساب را نیز در بلندمدت به‌دنبال خواهد داشت. بنابراین بالا بودن شدت و احتمال وقوع این خطرها در بخش کشاورزی سبب شده است میانگین نمره خطرهای وارده بر ارزش اموال در این بخش در صدر بخش‌های دیگر باشد. به‌طور کلی این نتایج گویای این مطلب هستند که از دیدگاه کارشناسان منطقه مطالعاتی، با توجه به وضعیت موجود، خطرهای استفاده از پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر می‌باشد.

مقایسه هر گروه خطر در بخش‌های اقتصادی نیز گویای این مطلب است که چهار بخش کشاورزی، فضای سبز، منابع طبیعی و صنعت در گروه خطرهای H-H، H-W، H-S و H-A به ترتیب بیشترین تا کمترین نمره خطر را به خود اختصاص داده‌اند. در گروه خطرهای H-B، به‌دلیل اینکه گونه‌های جانوری و گیاهی در معرض خطر در مرتع‌ها و بیابان‌های اطراف کانال توزیع پساب بیشتر از فضای سبز شهری است، خطرهای وارده بر تنوع زیستی در بخش منابع طبیعی بیشتر از فضای سبز برآورد شده است، بنابراین در این گروه خطر بعد از کشاورزی، بخش‌های منابع طبیعی، فضای سبز و صنعت به ترتیب بیشترین تا کمترین نمره خطر را به خود اختصاص داده‌اند. در ارتباط با گروه خطر H-P نیز به‌دلیل بالابودن شدت و احتمال آسیب وارده به دستگاه‌ها و تجهیزات بخش صنعت و کاهش ارزش این دارایی‌ها و همچنین به‌دلیل اینکه ارزش زمین‌های فضای سبز شهری بیشتر از منابع طبیعی می‌باشد، نمره خطرهای وارده بر ارزش اموال در بخش منابع طبیعی کمتر از بخش‌های دیگر برآورد شده است.



		H-P	H-B	H-A	H-S	H-W	H-H
Agriculture	کشاورزی	87.35	69.78	90.35	75.52	140.96	316.35
Green space	فضای سبز	46.87	39.91	71.00	49.39	73.87	172.22
Natural resources	منابع طبیعی	23.26	61.13	51.26	43.83	53.13	99.65
Industry	صنعت	35.52	13.39	36.78	10.48	25.78	57.61

شکل ۲- نتایج محاسبه نمرات شش گروه خطر و مقایسه بین بخشی

Fig. 2- Results of calculating the scores of six risk groups and inter-sectional comparisons

برای محاسبه ریسک استفاده از پساب، تنها محاسبه نمره خطرات کافی نمی‌باشد و باید احتمال انجام اقدام‌های کنترلی در هر بخش در نظر گرفته شود و حتی شدت اثر گذاری هر اقدام کنترلی نمره گذاری شود. بنابراین با توجه به این موارد، نتایج محاسبه نمره خطر و کنترل در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس این نتایج، بخش کشاورزی بیشترین نمره خطر را در مقابل بخش صنعت و بخش صنعت بیشترین نمره کنترل را در مقابل بخش کشاورزی داشته است.

در نهایت سنجه ریسک در بخش کشاورزی، فضای سبز، منابع طبیعی و صنعت با استفاده از روابط (۲) تا (۴) روش تحقیق به ترتیب ۴۵/۷۱ درصد، ۲۳/۹۷ درصد، ۱۵/۱ درصد و ۶/۲۲ درصد به‌دست آمد. این نتایج به‌طور کامل با نتایج سنجه آلودگی مطابقت دارد و به‌طور کلی بخش کشاورزی دارای بیشترین سنجه آلودگی و ریسک بوده و اولویت کاهش ریسک را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین همانطور که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، استفاده از پساب در بخش‌های صنعت، منابع طبیعی و فضای سبز به ترتیب خطرهای کمتری را به همراه دارد.

جدول ۳- نتایج محاسبه سنجه ریسک بخش‌های مختلف

Table 3. Results of risk index calculation for different sectors

منابع طبیعی Natural resources	فضای سبز Green space	صنعت Industry	کشاورزی Agriculture	نمرات و سنجه‌ها Scores and indices
332.26	453.26	179.57	780.30	میانگین نمره خطرها Average risk score
148.52	163.43	175.17	139.09	میانگین نمره کنترل Average control score
15.10	23.97	6.22	54.71	سنجه ریسک (درصد) Risk index (%)

نتیجه گیری:

نتایج دو سنجه آلودگی و ریسک گویای این مطلب هستند که استفاده از پساب در بخش‌های صنعت و منابع طبیعی به ترتیب نسبت به دو بخش دیگر خطرهای کمتری دارند. با توجه به موقعیت قرارگیری صنایع و شهرک‌های صنعتی در مجاورت تصفیه‌خانه شمال، تنها شهرک صنعتی دولت آباد به‌دلیل فاصله کم تا تصفیه‌خانه، قابلیت استفاده از پساب را خواهد داشت. البته نتایج مصاحبه با خبرگان نشان داد به‌دلیل رکود اقتصادی صنایع مورد بررسی در منطقه، در حال حاضر تقاضایی برای استفاده صنایع از پساب در این منطقه وجود ندارد، بنابراین تا زمانیکه وضعیت به این صورت باقی بماند، پاسخگویی به تقاضای بخش منابع طبیعی در طرح‌های بیابان‌زدایی می‌تواند کمترین خطرهای محیط زیستی را به‌دنبال داشته باشد. بنا بر نظر خبرگان، بیابان‌های موجود و روبه گسترش می‌توانند سبب بروز مشکل‌های زیاد محیط زیستی، اقتصادی و بهداشتی شوند. بنابراین تخصیص پساب به بخش منابع طبیعی در راستای کاشت گونه‌های مختلف گیاهی (تاغ، اتریپلکس، قره داغ و گز)[18] می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های پوشش گیاهی شود و مقداری از مشکل‌های بیان شده را کاهش دهد (Rezaie, 2012). بنابراین پیشنهاد می‌شود سازمان آب فاضلاب استان این مهم را در تخصیص بهینه و کاراتر پساب در نظر گیرد و صدور مجوز استفاده از پساب برای صنایع آب‌بر و همچنین توسعه طرح‌های بیابان‌زدایی با پساب فاضلاب شهری در دستور کار شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب استان قرار گیرد.

از طرف دیگر بخش کشاورزی در منطقه مطالعاتی بیشترین استفاده را از پساب خروجی دارد و این در حالی است که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد ریسک استفاده از پساب در این بخش از سایر بخش‌ها بیشتر است.

نتایج پژوهش‌هایی که پیامدهای استفاده از پساب در مزرعه-های کشاورزی را بررسی کردند نیز نشان می‌دهد، استفاده از پساب در مزرعه‌ها اگرچه سبب رونق نسبی کشاورزی می‌شود اما به لحاظ بحران‌های محیط زیستی نگرانی و نارضایتی‌هایی را به‌همراه داشته است (Alipour, 2016; Taheriyoun, 2016). بنابراین مسئولان باید با تعریف الگوی کشت مناسب برای استفاده قانونی و رسمی، استفاده از پساب برای این بخش را محدود کنند و کشاورزان را از پیامدهای بهداشت عمومی و محیط زیست مطلع کنند.

با توجه به نتایج برگرفته از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود با استفاده از خبرگان هر منطقه و نیز اطلاعات آزمایشگاهی پساب‌های شهری، بحران‌های استفاده از پساب برای تمام تصفیه‌خانه‌های استان اصفهان ارزیابی شود تا بدین وسیله به نتایج کلی و عام‌تری در استان دست یافت.

پی‌نوشت‌ها

[1] CPI (Comprehensive Pollution Index)
[2] RI (Risk Index)
[3] Reclaimed or Treated Wastewater
[4] Frank & Morgan (1979)
[5] Chemical Oxygen Demand
[6] Biochemical Oxygen Demand
[7] Total Suspended Solid
[8] Total Dissolved Solids
[9] Total Coliform
[10] Chain – referral / Snowball Sampling
[11] Five-point Likert scale
[12] روش فرانک و مورگان در مقاله‌های مختلف به‌صورت توصیفی ارائه شده است (Golmohamadi, 2013; Zarei *et al*., 2014). بنابراین در راستای تسهیل در محاسبات این روش، روابط ۲ تا ۴ توسط نویسندگان این مقاله فرموله شده است.
[13] آمار کیفی پساب به زمان، مکان و حتی آزمایشگاه اندازه گیری کننده بستگی دارد، بدین‌وسیله مقادیر اندازه گیری شده کیفیت پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان از سازمان محیط زیست و سازمان آب و فاضلاب به‌صورت ماهانه گردآوری و متوسط گیری شد.
[14] بررسی استانداردهای داخلی کشور نشان می‌دهد که این استانداردها به‌طور عمده برگرفته از استانداردهای مشابه خارجی است. بنابراین با توجه به نوع تولیدات و هدف‌های کاربردهای پساب در منطقه مطالعاتی، تمامی استانداردها مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت حد استاندارد برای محاسبه سنجه آلودگی با توجه به نظر کارشناسان منتخب (پانل خبرگان) به‌طوریکه بیشترین اشتراک و همخوانی را در بین استانداردها داشته باشد در نظر گرفته شد.
[15] Environmental Protection Agency
[16] World Health Organization
[17] Food and Agriculture Organization
[18] گونه‌های پیشنهادی اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان (پروژه‌های نهالکاری در طرح های بیابان‌زدایی با استفاده از پساب در استان اصفهان).

منابع

Abrishami, A., 2014. Reuse of treated wastewater in landscape irrigation (case study: Mahallati wastewater treatment plant effluent). M.Sc Thesis: Shahid Beheshti University. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Alipour, M., 2016. Investigation of economic, social and environmental consequences of urban wastewater in agricultural fields. M.Sc Thesis. Payame Noor University of Khorasan Razavi Province, Iran. (In Persian with English abstract).

Al-Jamal, M.S., Sammis, T.W., Mexal, J.G., Picchioni, G.A. and Zachritz, W.H., 2000. A growth irrigation scheduling model for wastewater use in forest production. Agricultural Water Management. 56(1), 57-79.

Anonymous, 2010. Vice president for planning and strategic supervision in the Islamic Republic of Iran. Environmental rules of reusing recycled water and effluents, Ministry of Energy, Deputy of Water and Wastewater Affaires. vol. 535. (In Persian).

Anonymous, 2014. Water and wastewater macro planning bureau, Iran. Section of the policies, rules and criteria related to allocating and using effluent, the circular of allocating effluent. Announcement 700/42623/93. (In Persian).

Anonymous, 2016. City Statistical Yearbook. Isfahan province, Iran. (In Persian)

Anonymous, 2017. Isfahan Effluent Comprehensive Study Plan. Regional Water

Company of Isfahan. Abgostran Mihan Consulting Engineers Company, Iran. (In Persian)

Barbosa, B., Costa, J. and Fernando, AL., 2014. Wastewater reuse for fiber crops cultivation as a strategy to mitigated desertification. Industrial Crops and Products. 68, 17–23.

Brauer, R.L. 2006. Safety and Health for Engineers. Part 4, Chapter 35, 2nd ed: Wiley. USA P: 654-661.

Chen, C.W., Ju, Y.R., Chen, C.F. and Cheng-Di Dong, C.D., 2016. Evaluation of organic pollution and eutrophication status of Kaohsiung Harbor, Taiwan. International Biodeterioration and Biodegradation. 113, 318-324.

Cirelli, G.L., Consoli, S., Licciardello, F., Aiello, R., Giuffrida, F. and Leonardi, C., 2012. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. Agricultural Water Management. 104,163-170.

Elsokkary, I.H. and Abukila, A.F., 2014. Risk assessment of irrigated lacustrine and calcareous soils by treated wastewater. Water Science. 28, 1-17.

Eslamian, S.S. and Tarkesh Isfahany, S., 2011. Water Reuse (Urban wastewater application). Arkan danesh, Iran. (In Persian)

Frank, K.H. and Morgan, H.W., 1979. A logical process risk analyses. Professional Safety, June: 23–30.

Ganoulis, J., 2012. Risk analysis of wastewater reuse in agriculture. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 1(1), 1-9.

Gazor Habibabadi, N., 2017. Studying the existing standards and criteria in effluent's usage for agriculture. M.Sc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract).

Golmohamadi, R., Mohammadfam, E., Shafie Motlagh, M. and Faradmal, J., 2013. Developing the Frank and Morgan technique for industrial fire risk assessment. Journal of Health and Safety at Work. 3(3), 1-10. (In Persian with English abstract).

Hansen, E., Rodrigues, M.A.S. and Aquim, P.M.D., 2016. Wastewater reuse in a cascade based system of a petrochemical industry for the replacement of losses in cooling towers. Journal of Environmental Management. 181, 157-162.

Kibuye, F.A., Gell, H.E., Elkin, K.R., Ayers, B., Veith, T.L., Miller, M., Jacob, SH., Hayden, K.R., Waston, J.E. and Elliott, H.A., 2019. Fate of pharmaceuticals in a spray-irrigation system: From wastewater to groundwater. Science of the Total Environment. 654, 197–208.

Mehrdadi, N., Akbarian, A. and Haghollahi, A., 2009. Using treated domestic wastewater in concrete mixing. Journal of Environmental Studies. 35(51), 129-136. (In Persian with English abstract).

Mirzashahi, K., Bazargan, K. and Balghuri, A., 2015. Wastewater and its application in agriculture. Ministry of Agriculture - Jahad. Soil and Water Research Institute. Technical Journal, Vol. 534. (In Persian with English abstract).

Motahari, A., Nazarzadeh, M. and Oveisi D., 2013. Investigating the challenges of wastewater reuse in cities (Qom city case study). 1th National congress on water reuse. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Ramos, A.V., Gonzalez, E.N.A., Echeverri, G.T., Moreno, L.S., Jiménez, L.D. and Hernández, S.C.,

2019. Potential uses of treated municipal wastewater in a semiarid region of Mexico. Sustainability. 11(8), 1-24.

Rezaie, R., 2012. Effects of wastewater and sewage sludge of urban on the growth characteristics of desert plants (case study: Eset of Isfahan). M.Sc Thesis. University of Technology Isfahan, Isfahan, Iran. (In Persian with English abstract).

Reznik, A., Feinerman, E., Finkelshtain, I., Fisher, F., Huber-Lee, A., Joyce, B. and Kan, I., 2017. Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective. Ecological Economics. 135, 222–233.

Ricci, P.F., 2006. Environmental and Health Risk Assessment and Management Principles and Practices. Springer. Netherland.479 pp.

Santos, V.L., Veiga, A.A., Mendonça, R.S., Alves, A.L., Pagnin, S. and Santiago, V.M.J., 2015. Reuse of refinery's tertiary-treated wastewater in cooling towers: microbiological monitoring. Environmental Science and Pollution Research International. 22, 2945-2955.

Shakir, E., Zahraw, Z. and M.J. Al-Obaidy, A.H., 2017. Environmental and health risks associated with reuse of wastewater for irrigation. Egyptian Journal of Petroleum. 26 (1), 95-102.

Taheriyoun, M., Alavi, V. and Ahmadi, A., 2016. Risk analysis of wastewater reuse in agriculture using Baysian Network. Amirkabir Journal of Civil Engineering. 48(1), 101-109.

Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O. and Gaston, D., 2002. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 15, 291–303.

Toze, S., 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks. Agricultural Water Management. 80, 147–159.

Vali, A., Hassan Barabadi, H. and Amirahmadi, A., 2018. Evaluation the effectiveness of the use of urban wastewater on management of desertification hazard (a case study: Barabad desert area of Sabzevar). Eco Hydrology. 5(1), 279-292. (In Persian with English abstract).

Yu, D., Shi, P., Liu, Y. and Xun, B., 2013. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. Ecological Engineering. 53, 205– 216.

Zarei, E., Sarsangi, V., Falah, H., Gholami, A., Miri, S.S., Mortazavi, A. and Rahimizade, A., 2014. Risk assessment of different units in Brake Pads manufacture by using Frank Morgan method. Journal of Neyshabur University of Medical Sciences. 2(2), 32-36. (In Persian with English abstract).

Environmental Sciences Vol.19 / No.2 / Summer 2021

57-70

Risk assessment of using output effluent of urban wastewater treatment plants (Case study: Northern Isfahan wastewater treatment plant)

Elahe Vaseghi [1*], Mohammad Reza Zare Mehrjerdi [1], Alireza Nikouei [2] and Hossein Mehrabi Boshrabadi [1]

[1] Department of Agricultural Economics, Faculty Agricultural, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2] Department of Economics, Social and Extension Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Received: 2020.07.07 Accepted: 2020.09.10

Vaseghi, E., Zare Mehrjerdi, M.R., Nikouei, A. and Mehrabi Boshrabadi, H., 2021. Risk assessment of using output effluent of urban wastewater treatment plants (Case study: Northern Isfahan wastewater treatment plant). Environmental Sciences. 19(2): 57-70.

Introduction: Given the scarcity of water resources in many parts of the country, the increasing need for water, and increased volume of urban wastewater, planning to use the effluent of urban wastewater treatment plants by considering the environmental aspects as an appropriate solution is regarded to compensate for some of these scarcities and to reduce the pollutions. The recycled urban wastewater effluent is associated with many benefits and risks for human and environmental health. This research is aimed to evaluate the risk of using effluent in demanding sectors with respect to the priority of risk reduction.

Material and methods: In 2016, this research was conducted with the aim of assessing the risk of using the output effluent of the Northern Isfahan wastewater treatment plant. The statistical information of effluent quality was collected monthly and averaged from the laboratories of the relevant organizations. Considering six major qualitative parameters (pH, COD, BOD, TSS, TDS, and TC) and using environmental standards related to these parameters, an index was evaluated to assess the quality of treated wastewater as the Comprehensive Pollution Index (CPI). Then, using the library studies, regional studies, as well as specialized meetings with experts with knowledge about the status of output effluent of this treatment plant, risk and control checklists were prepared in the form of a questionnaire. The checklists were completed by 69 experts, and by

[*] Corresponding Author: *Email Address*. evaseghi.agr.uk.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.33315

generalizing the Frank and Morgan method, the Risk Index (RI) was calculated for potential effluent use in the study area and compared with the pollution index.

Results and discussion: Results of the completed checklists showed that the agricultural sector had the highest risk score against the industrial sector and the industrial sector had the highest control score against the agricultural sector. In general, the mean score of 6-item risk checklist in the agricultural sector was higher than all sectors and the risks posed to humans in all four sectors had a higher score than other risks. Comparison of the qualitative standards of using effluent and quality of output effluent of the wastewater treatment plant also showed that the measured coliform parameter had the highest distance to its standard limit compared to other parameters. Therefore, the significance of this parameter in public health and community safety had a great impact on the calculation of pollution and risk indices. Hence, the risk index for the four sectors of agriculture, green space, natural resources, and industry was 54.71%, 23.97%, 15.1%, 6.22%, respectively, and the relative pollution index was 43%, 28%, 21%, and 8%, respectively. The results of these two indices were completely matched and the agricultural sector had the highest pollution and risk indices and accounted for the priority of risk reduction, and the effluent usage in the industrial, natural resources, and green space sectors will have lower risks to humans and the environment.

Conclusion: According to the results of this study, using the effluent of the wastewater treatment plant in the current conditions has lower risks for industrial use and natural resources (non-desertification) than agricultural use and green space irrigation. In general, the effluent use in water-based industries and growing unproductive plants will be followed by increased access of farmers to higher quality water resources and improved human and environmental health.

Keywords: Urban wastewater effluent, Risk index, Comprehensive pollution index, Northern Isfahan wastewater treatment plant