

ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر

پایه مدل سازی LCAIWM1

مطالعه موردی: شهر رشت

کوروش رحمانی^۱، زینب داداش خواه^{۲*}، مرتضی عالیقدری^۳، احمد مختاری^۳، هادی نظری^۴

^۱ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده پیراپزشکی ممسنی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

^۳ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

^۴ دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۷/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۸

چکیده

زمینه و هدف: امروزه رشد جمعیت و افزایش فعالیت های انسانی در جوامع شهری سبب تولید حجم زیاد پسماند شده است. حجم پسماند سبب بروز مشکلاتی در سلامتی انسان ها و آلودگی های زیست محیطی می باشد. اخیراً جهت بهبود شرایط، ابزاری به نام ارزیابی چرخه حیات ابداع شده است. هدف از این مطالعه، مقایسه اثرات زیست محیطی چهار سناریو دفع پسماند شهری شهرستان رشت می باشد.

مواد و روش ها: در این تحقیق کمیت زباله و داده های مورد نیاز برای سیاهه نویسی تعیین و سپس مراحل چهار گانه ارزیابی چرخه زندگی در ارتباط با هر یک از سناریوهای تعریف شده انجام شد. در نهایت نتایج حاصله از مدل IWM1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: نتایج حاصل نشان داد که با دفع بخشی از پسماند در کارخانه کود آلی با روش کمپوست و دفن بخشی از آن در لندفیل بهداشتی و استحصال انرژی و افزایش نرخ بازیافت، می توان شاهد کاهش چشمگیری در میزان انتشار آلاینده های زیست محیطی شد. به طوری که شاخص اکولوژیکی برترین سناریو $2/10E+06$ ، و برای مخرب ترین سناریو $2/39E+07$ به دست آمد.

نتیجه گیری: با توجه به ارزیابی زیست محیطی و مقایسه نتایج به دست آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات سناریو اول (جمع آوری، کمپوست، بازیافت، لندفیل بهداشتی) با شاخص اکولوژیکی نقش مهمی در کاهش بار آلاینده و مصرف انرژی دارد و به عنوان برترین گزینه مدیریت انتخاب و در اختیار صاحب نظران و تصمیم گیران قرار گرفت.

کلمات کلیدی: پسماند شهری، ارزیابی چرخه حیات، مدل LCAIWM1، شهر رشت

مقدمه

جمعیت جهان نزدیک به ۷/۲ میلیارد نفر تا سال ۲۰۱۵ تخمین زده شده است. همراه با رشد سریع شهرنشینی، حدود دوسوم از مردم جهان در سال ۲۰۲۵ در شهرها سکونت خواهند داشت^۱. افزایش جمعیت در مناطق شهرنشینی، فعالیت های انسانی را پیش رو دارد که سبب تولید پسماند و از طرفی تغییرات جهانی آب و هوا می شود^۲. تولید پسماند در جهان سالانه چیزی حدود ۱۷ میلیارد تن می باشد که انتظار می رود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۹ میلیارد تن برسد^۳. تعاریف متعددی از واژه پسماند توسط سازمان ها و اشخاص مختلف وجود دارد. بر اساس توصیف سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) پسماند عبارت است از موادی اجتناب ناپذیر از فعالیت های انسانی که در حال حاضر و در آینده نزدیک نیازی به آن نیست و پردازش و یا دفع آن ضروری می باشد^۴. برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد UNEP (United Nation Environment Programme) اشیایی که مالکانشان آن ها را نمی خواهند، یا از آن ها استفاده نمی کنند و به پردازش یا دفع نیاز دارند را به عنوان پسماند معرفی کرده است^۵.

این حجم پسماند سبب ایجاد آلودگی ها، تخریب محیط زیست، بیماری واگیردار و بروز مشکلات برای سلامتی انسان ها می شود. لذا مدیریت ضایعات جامد شهری در تمام مراحل آن نیاز به برنامه ریزی دارد^۶. ارزیابی اثرات زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه با شناسایی موانع و انگیزه ها جهت مدیریت صحیح پسماند و همچنین شناسایی روابط در میان عوامل به منظور درک ماهیت MSW (Municipal Solid Waste) و بررسی ارتباط آن با جامعه از نظر ابعاد زیست محیطی و اقتصادی مطالعه می گردد^۱.

روش های اولیه مدیریت پسماند اغلب به صورت کیفی مورد ارزیابی قرار می گرفتند که از اعتبار کمتری برخوردار بودند اما برای بهبود شرایط و در نظر گرفتن معیار آب و هوا، منطقه جغرافیایی، نوع ترکیبات، انرژی و سایر فاکتورهای اثرگذار، ابزاری به نام ارزیابی چرخه حیات ابداع شد^{۷-۱۰}. ارزیابی چرخه حیات محیط زیستی در سه دهه گذشته به سرعت توسعه یافته است^{۱۱}. این روش استاندارد بین المللی را می توان برای شناسایی اثرات زیست محیطی^{۱۲}، ابزاری جهت حل مسائل زیست محیطی^{۱۳} و مقایسه گزینه های مختلف مدیریت پسماند استفاده کرد^{۱۴، ۱۵}. در مطالعه ای که در کشور اندونزی توسط Gunamantha در سال ۲۰۱۲ انجام شد^{۱۶} مقایسه میان گزینه های مختلف با تعیین انرژی توسط آنالیز LCI (Life Cycle Impact) در راستای تعیین بارهای زیست محیطی انجام شد. از جمله نتایج درخور توجه این بررسی، برتری سناریوی گازی سازی مستقیم نسبت به سناریو لندفیل با بازیابی انرژی، ترکیب زباله سوزی و حذف بی هوازی، ترکیب گازی سازی و حذف بی هوازی، و زباله سوزی مستقیم بوده است. در مطالعه دیگری که توسط Mufid Banar و همکاران (۲۰۰۹) در شهر اسکی ترکیه انجام شد^{۱۷}، پنج سناریو جایگزین از طریق روش CMLCA2000 (Chain Management by Life Cycle Assessment) مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به مقایسه و تجزیه و تحلیل حساسیت، سناریو کمپوست به عنوان جایگزین سازگار با محیط زیست تعیین شد. Manfredi و همکاران (۲۰۱۱) در دانمارک^{۱۸} عملکرد زیست محیطی سه گزینه اصلی مدیریتی لندفیل، بازیافت و زباله سوز را از طریق مدل Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies (EASEWASTE) مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر مناسب بودن عملکرد زیست محیطی

گرمایش جهانی، پدیده اسیدی شدن، اکسیداسیون فتوشیمیایی، کاهش منابع انرژی و آثار سمی بر انسان به صورت شاخه در مرحله سوم (Life Cycle Assessment) LCA بررسی می‌گردد. سرانجام در آخرین مرحله روش ارزیابی چرخه حیات، نتایج حاصل در راستای هدف تحقیق تفسیر شده و راهکارهای مدیریتی ارائه خواهد شد.^{۲۳} با توجه به اهمیت موضوع و روش پیش رو، بر آن شدیم تا مطالعه‌ای را با هدف ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل‌سازی LCAIWM1 (مطالعه موردی: شهر رشت) به انجام برسانیم.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه، شهر رشت است. شهر رشت در منطقه شمال ایران و در مرکز استان گیلان قرار گرفته است. جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ حدود ۷۴۸۷۱۱ نفر می‌باشد. این جمعیت به علت تعداد زیادی از گردشگران در تعطیلات بهار و تابستان دارای تغییرات فصلی است. جمعیت شهر رشت در طول روز حدود ۳۰ درصد بیشتر از جمعیت در طول شب می‌باشد. مدیریت پسماندها در شهر رشت توسط دو موسسه بازیافت و تبدیل مواد شهرداری رشت و موسسه مدیریت پسماندهای جامد استان گیلان انجام می‌گیرد. کارخانه کمپوست رشت در سال ۱۳۸۱ با هدف مدیریت پسماند آلی، با ظرفیت اسمی ۲۵۰ تن احداث شد.^{۲۴} شناخت کمیت و کیفیت زائدات تولیدی از سیستم مدیریت، بهره برداران را قادر خواهد ساخت تا طرح‌های نظارتی و کنترلی خود را در زمینه زائدات تولیدی تبیین و با شناخت کامل، نسبت به اجرای برنامه‌هایی از قبیل پردازش، دفع و دفن زائدات تولیدی از منابع مختلف اقدام نمایند.^{۲۵}

آخرین عنصر موظف در مدیریت پسماند شهری، دفن پسماند می‌باشد. در وضعیت موجود مدیریت پسماند رشت، روزانه حدود ۱۰۰۰ تن زباله به محل دفن منتقل می‌شود که از

زباله‌سوزی و لندفیل با بازیابی انرژی در مورد مواد آلی و کاغذ قابل بازیافت مطرح گردید. همچنین در مورد تمرکز و تأکید بر گرمایش جهانی، گزینه بازیافت مورد تأیید قرار گرفت.

Cherubini Francesco و همکاران (۲۰۰۹)^{۱۹} در مطالعه‌ای ۴ استراتژی مدیریت زباله را مورد ارزیابی قرار دادند که سیستم دفن به عنوان بدترین گزینه جهت مدیریت زباله و تخریب زیست محیطی در مقیاس جهانی انتخاب گردید. Koroneos و همکاران (۲۰۱۲)^{۲۰} با روش ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند و تولید انرژی را مورد آنالیز قرار دادند. در این مطالعه اثرات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند شامل لندفیل، بازیافت کاغذ و هضم بی‌هوازی مواد غذایی مقایسه گردید. افزودن گزینه بازیابی انرژی، منجر به کاهش اثرات زیست محیطی شد. همچنین نتایج برتری بازیافت کاغذ و هضم بی‌هوازی پسماند مواد غذایی را نسبت به لندفیل نشان می‌دهد.

ارزیابی چرخه حیات سیستم مدیریت پسماند توسط مدل-LCAIWM1 های مختلف قابل اجراست که از بین آنان، مدل (Life Cycle Assessment Integrated Waste Management) علاوه بر دسترسی آسان، از لحاظ علمی معتبر است و روش‌های نوینی را جهت دفع و تصفیه در اختیار کاربران قرار داده است. وجه تمایز این مدل، توانایی شناسایی کامل اثرات زیست محیطی سیستم مدیریت پسماند از مرحله جمع‌آوری تا دفن پسماند و همچنین نمایش انتشار آلاینده در هر فرآیند با توجه به نوع پسماند، می‌باشد.^{۲۲، ۲۱} ارزیابی چرخه حیات شامل مراحل چهارگانه: تعریف هدف و دامنه، تحلیل سبانه چرخه حیات، ارزیابی اثرات و تفسیر آن‌ها است. در ابتدا هدف مطالعه، سناریوهای انتخابی، مرز سیستم و نحوه تصمیم‌گیری و گردآوری داده‌ها مشخص می‌گردند. سپس در مرحله فهرست چرخه حیات کلیه جریان‌های ورودی و خروجی سیستم ترسیم می‌گردد. از جمله آثار

میزان، مقدار ۷۰۰ تن پسماند تولیدی شهر رشت می‌باشد. ورودی فعلی کارخانه کود آلی پسماند روزانه ۳۰۰ تن است که باقی مانده فعلی آن به دفنگاه سراوان ۱۵۰ تن در روز می‌باشد.

در این مطالعه ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهر رشت، با توجه به مقدار تن زباله تولیدشده و نیز مقدار خروجی و مقدار انرژی و سوخت مورد استفاده در هر سیستم، انجام گردید. در ادامه کار جهت مقایسه آثار هر یک از این سناریوها توسط IWM-1 (Integrated Waste Management) سیاهه نویسی قرار گرفت. در ارزیابی اثرات چرخه حیات، نتایج به دست آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات به واحدهای فیزیکی تبدیل می‌شوند تا از آن‌ها روش‌های مدیریتی به دست آیند. تاکنون برای انجام ارزیابی اثرات چرخه حیات روش‌شناسی یکسان و استاندارد که مقبولیت جهانی داشته باشد ارائه نشده است، این مرحله خود شامل مراحل زیر است:

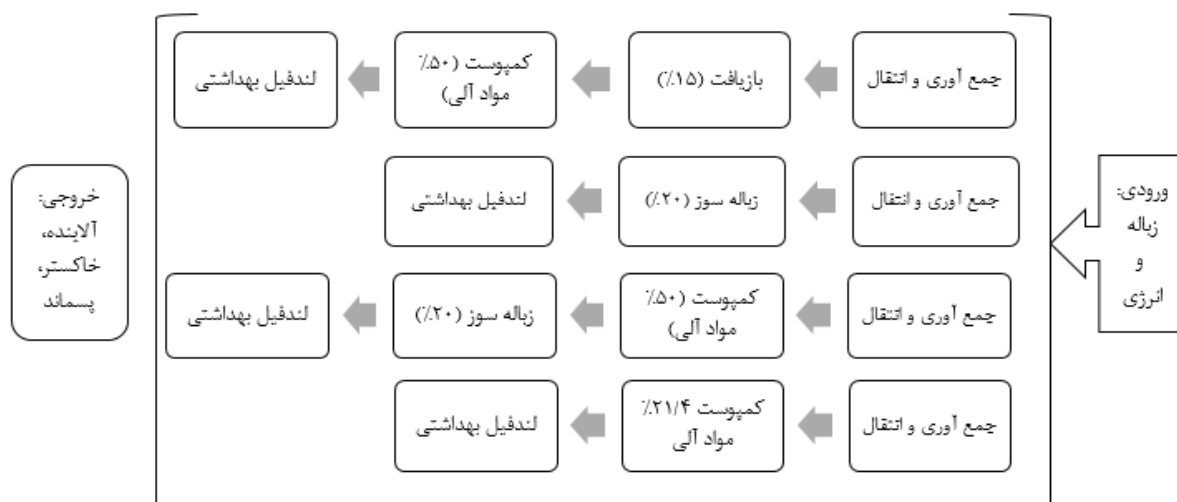
۱- طبقه‌بندی و ویژه سازی اثرات به دست آمده از مرحله

فهرست نویسی

۲- وزن دهی به هر طبقه بر طبق فرمول مربوطه و به دست آوردن شاخص هر اثر

اهداف این مطالعه مقایسه ۴ سناریو است که دربرگیرنده روش‌های مختلف دفع پسماند سیستم مدیریت پسماند شهر رشت است که در شکل ۱ نشان داده شده است. اجزای و

قسمت‌های سیستم مدیریت پسماند که توسط سناریوها بررسی گردیدند عبارتند از: مرحله جمع‌آوری و حمل و نقل زباله، واحد و تجهیزات بازیافت مواد، کمپوست، زباله‌سوز و لندفیل است. مرزهای سیستم با جمع‌آوری زباله از درب منزل آغاز می‌گردد و با دفن زباله و یا تبدیل کردن به کمپوست در کارخانه کود آلی پایان میابد. مؤلفه‌های مورد ارزیابی در برآورد بار محیط زیستی شامل: آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به جا مانده است. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی تولید کمپوست بر اساس میزان متان تولید شده (در صورتی که کمپوست به صورت غیر هوازی تولید شود و یا اینکه هوادهی به اندازه کافی صورت نگیرد، گاز متان تولید می‌شود)، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و سوخت‌های مورد استفاده در فرایند تولید کمپوست در نظر گرفته شد. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی زباله‌سوز بر اساس میزان آلاینده‌های رها شده از دودکش، خاکستر فرار و خاکستر کف، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و تجهیزات کوره زباله‌سوز در نظر گرفته شد. مقدار بار زیست محیطی سناریوی لندفیل، بر اساس میزان مصرف سوخت ماشین‌های مورد استفاده و نیز آلودگی‌های ناشی از آن‌ها و نیز آلودگی حاصل از شیرابه و گاز متان تولید شده برآورده و محاسبه شدند و در ارزیابی نهایی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل ۱: سناریوهای مورد مقایسه در مدل

جدول ۱: تفکیک وزنی اجزاء تشکیل دهنده مواد زائد جامد

ترکیب	درصد	کیلوگرم
پسماندهای غذایی	۶۲/۰	۱۵۸۴۱۰
کاغذ	۴/۳	۱۰۹۸۶/۵
شیشه	۱/۴	۳۵۷۷
ترکیبات فلزی	۰/۹۵	۲۴۲۷/۲۵
آلومینیوم	۰/۱۲	۳۰۶/۶
PET	۱۱/۶	۲۹۶۳۸
HDPE	۲/۸	۷۱۵۴
LLDPE	۱/۸	۴۵۹۹
PP	۲	۵۱۱۰
PS	۰/۹	۲۲۹۹/۵
مواد زائد باغبانی	۲/۳	۵۸۷۶/۵
خاکروبه و خاکستر و غیره	۹/۸۳	۲۵۱۱۵/۶۵

مدل سازی مرحله فهرست نویسی داده ها

داده های مورد نیاز این پژوهش از سازمان مدیریت پسماند شهرداری رشت، دفتر آمار و اطلاعات و GIS استانداری رشت، بازدیدهای میدانی، استناد به مقالات موجود، مصاحبه های شخصی مستقیم از کارکنان شهرداری به دست آمد. در این مرحله ویژگی های پسماند تولیدی شهر رشت از قبیل مقدار تولید پسماند، آنالیز فیزیکی پسماند، چگالی

پسماند، و نیز روش مدیریت فعلی پسماند و داده های مربوط به جمع آوری و حمل و نقل جمع آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

به منظور کمیت زباله، ترکیب پسماند شهر رشت در منطقه سروشیده کارخانه کود آلی به مدت ۱۰ روز مورد آنالیز قرار گرفت. در هر روز نمونه از قبل مشخص، در بشکه طراحی شده به حجم ۰/۱۹۶ مترمکعب بر روی ترازو دیجیتال

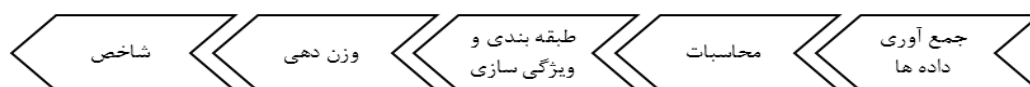
چرخه حیات سیستم می باشد. بر اساس دستورالعمل ISO ۱۴۰۴۲ ارزیابی اثرات چرخه زندگی LCIA بر اساس شکل ۲، از مراحل تعیین و تعریف گروه های اثر، مشخصه سازی، نرمال سازی و تجمیع یا وزن دهی تشکیل شده است. در مرحله ارزیابی چرخه حیات نتایج به دست آمده در مرحله آنالیز فهرست نویسی، در راستای هدف و دامنه براساس دستورالعمل با استفاده از مراحل، چهارگانه محاسبه گردید^{۳۶}.

تخلیه شد و تجزیه و تحلیل گردید. وزن خالص زباله داخل شبکه با بلند کردن تا ارتفاع نیم متر و رها کردن و تکرار این عمل تا ۳ مرتبه تعیین شد. میانگین خصوصیات کمی و کیفی زوائد تولیدی شهر رشت در جدول (۱) ذکر شده است.

ارزیابی چرخه حیات سناریوهای مدل سازی شده

سیستم مدیریت پسماند شهر رشت

این مرحله کمک کننده جهت ارزیابی صحیح نتایج سیاهه



شکل ۲: مراحل انجام ارزیابی اثرات چرخه حیات (۱)

Ii: شاخص طبقه اثر، Cij: فاکتورهای ویژگی سازی، Xj: مقدار ماده j است. در نهایت شاخص های به دست آمده در هر یک از طبقات، طبق رابطه (۲) در وزن نسبی آن طبقه جدول (۳) ضرب شد تا نمایه های قابل جمع کردن و مقایسه شدن با یکدیگر باشند.

$$I = \sum_{i=1}^N W_i I_n \quad (2) \text{ رابطه}$$

که در آن I معیار کمی مقایسه دو سامانه و W_i وزن نسبی طبقات اثر و I_n شاخص طبقه اثر است. بدین ترتیب برای سناریو اول، نمایه بوم شناختی به دست آمد. نمای اکولوژیکی سناریو یک $1/2E+6$ است. علامت منفی به خاطر مقدار انرژی ذخیره شده از مرحله بازیافت و تولید برق از گاز لندفیل است.

فهرست نویسی کل آلاینده های وارد شده به آب، به تفکیک هر بخش انجام می گردد. مرحله طبقه بندی با توجه به طبقات اثر مورد نظر انجام گردید و مقادیر سیاهه شده بر اساس پسماند مدیریت شده در سناریو اول نرمال گردید. در مرحله بعد، این مقادیر در فاکتورهای ویژگی سازی جدول (۲) طبق فرمول اساسی ویژگی سازی رابطه (۱) ضرب گردیدند تا در هر یک از طبقات اثرات مدنظر، مقادیر سیاهه شده بر اساس واحد معادل محاسبه گردند. به این ترتیب، در پایان مرحله ویژگی سازی برای هر طبقه اثر شاخص طبقه اثر، محاسبه شد که نشان دهنده مجموع اثر بار محیط زیستی ایجاد شده در طبقه های یاد شده است.

$$I_i = \sum C_{ij} \times X_j \quad (1) \text{ رابطه}$$

که در آن:

جدول ۲: فاکتورهای ویژگی سازی طبقه اثر^{۳۴-۳۷}

فاکتور ویژگی سازی	ماده سیاهه نویسی شده	طبقه اثر (واحد معادل)
۱	CO ₂	گازهای گلخانه ای (CO ₂)
۲۵	CH ₄	
۰/۷	NO _x	گازهای اسیدی (SO ₂)
۱	SO _x	

	HCL	۰/۸۸
مه دود فتوشیمیایی (C ₂ H ₄)	VOC	۳/۶
	NO _x	۲۴/۸
	PM	۰
خروجی‌های سمی (DCB ۱-۴)	سرب	۴/۷E۲
	جیوه	۶E۳
	کادمیوم	۱/۵E۵
	دی اکسین	۱/۰۵E۲
	سرب	۱/۲E۱
	جیوه	۱/۴E۳
	کادمیوم	۲/۳E۱
	دی اکسین	۱/۰۸E۱
	اکسیژن خواهی زیستی	۱/۶E۲

جدول ۳: وزن نسبی طبقات اثر در روش مدل‌سازی MET^{۳۵}

وزن	طبقه اثر
۰/۸۸	مصرف منابع انرژی
۰/۸۹	گازهای گلخانه‌ای
۰/۴۰	گازهای اسیدی
۰/۲۹	مه دود فتوشیمیایی
۰/۱۳	خروجی‌های سمی

نتایج

با لحاظ کردن سهم هر یک از روش‌های مدیریت پسماند در هر سناریو و با استفاده از سایر داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل IWM1 راه‌اندازی شد. در این مدل، مقدار آلاینده تولیدشده در مراحل مختلف مدیریت پسماند تعیین گردید. برای مرحله طبقه‌بندی، تنش‌های سیاهه شده مرحله

فهرست‌نویسی سناریوها با توجه به طبقات اثر موردنظر طبقه‌بندی گردید. سپس در هریک از طبقات اثر مقادیر سیاهه شده بر اساس پسماند مدیریت‌شده در سناریو موردنظر نرمال شد. جدول ۴ نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر سیاهه شده سناریو اول، دوم، سوم و چهارم را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقادیر نرمال سیاهه چرخه حیات پسماند شهری رشت برحسب پسماند مدیریت‌شده در سناریوی اول

نوع تنش	واحد	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو یک	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو دو	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو سه	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو چهار
CO ₂	گرم/تن پسماند	-۱/۱۷E+۰۵	۱/۸۹E+۰۵	۱/۰۴E+۰۵	۱/۵۷E+۰۵
CH ₄	گرم/تن پسماند	۸/۳۶E+۰۴	۲/۰۵E+۰۵	۹/۷۴E+۰۴	۲/۰۷E+۰۵
NO _x	گرم/تن پسماند	-۲/۲۳E+۰۲	۲/۵۳E+۰۱	۱/۴۶E+۰۱	۵/۷۲E+۰۰

SOx	گرم/تن پسماند	-۳/۷۵E+۰۲	۲/۵۰E+۰۰	۸/۰۰E-۰۱	۱/۲۰E+۰۰
HCl	گرم/تن پسماند	-۱/۴۶E+۰۳	۶/۵۱E+۰۰	۶/۳۴E+۰۰	۳/۵۲E-۰۱
N ₂ O	گرم/تن پسماند	-۷/۹۱E+۰۳	۸/۹۸E+۰۲	۵/۱۸E+۰۲	۲/۰۳E+۰۲
PM	گرم/تن پسماند	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰
VOCs	گرم/تن پسماند	-۱/۱۱E+۰۳	۴/۱۸E+۰۱	۲/۰۹E+۰۱	۵/۲۹E+۰۱
Pb	گرم/تن پسماند	-۲/۰۷E+۰۳	۱/۷۰E+۰۴	۱/۷۰E+۰۴	۴/۷۰E+۰۱
Hg	گرم/تن پسماند	-۷/۲۶E+۰۳	۸/۳۰E+۰۴	۸/۲۸E+۰۴	۶/۰۰E+۰۱
Cd	گرم/تن پسماند	-۸/۷۰E+۰۴	۵/۴۶E+۰۵	۵/۴۲E+۰۵	۶/۰۰E+۰۳
Dioxins	گرم/تن پسماند	۴/۲۰E-۰۱	۴/۵۲E+۰۰	۴/۱۰E+۰۰	۷/۳۵E-۰۱
Pbwater	گرم/تن پسماند	-۳/۱۸E+۰۲	۱/۱۳E+۰۲	۴/۰۸E+۰۱	۷/۲۲E+۰۲
Hgwater	گرم/تن پسماند	۲/۳۵E+۰۲	۵/۲۵E+۰۲	۲/۸۸E+۰۲	۱/۱۷E+۰۳
Cdwater	گرم/تن پسماند	۲/۷۲E+۰۱	۵/۹۸E+۰۲	۳/۷۹E+۰۲	۱/۹۶E+۰۳
BOD	گرم/تن پسماند	۷/۱۹E+۰۶	۳/۱۷E+۰۷	۱/۹۶E+۰۷	۱/۸۱E+۰۸
Dioxinswater	گرم/تن پسماند	۰/۰۰E+۰۰	۲/۱۹E-۰۲	۱/۳۹E-۰۲	۱/۲۲E-۰۱

جدول ۵: شاخص اکولوژیکی، سناریوهای اول تا چهارم

طبقه اثر	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
خروجی	ضرب در	خروجی	ضرب در	خروجی
سمی	وزن	سمی	وزن	سمی
مصرف منابع انرژی	-۳/۳۹E+۰۶	-۲/۹۹E+۰۶	-۵/۷۸E+۰۵	-۵/۰۸E+۰۵
گازهای گلخانه‌ای	-۳/۳۵E+۰۴	-۲/۹۸E+۰۴	۳/۹۴E+۰۵	۳/۵۱E+۰۵
گازهای اسیدی	-۲/۰۶E+۰۳	-۸/۲۴E+۰۲	۳/۴۴E+۰۱	۱/۳۷E+۰۱
مه دود فتوشیمیایی	-۹/۰۲E+۰۳	-۲/۶۱E+۰۳	۹/۴۰E+۰۲	۲/۷۲E+۰۲
خروجی‌های سمی	۷/۰۹E+۰۶	۹/۲۲E+۰۵	۳/۲۳E+۰۷	۴/۲۰E+۰۶

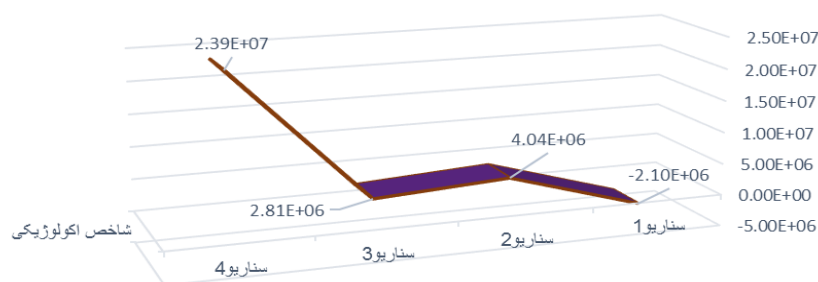
باعث جلوگیری از تولید آلاینده‌گی در مقایسه با تولید همان مقدار از این مواد بازیافتی که از مواد خام تولید می‌شود خواهد شد. در پیش فرض این مطالعه ظرفیت نیروگاه زباله‌سوز در سناریوی دوم و سوم برابر فرض شده است. به دلیل در نظر گرفتن کارخانه کمپوست برای مواد آلی و مدیریت آن، شاخص اکولوژیکی سناریوی دوم نیز از سناریوی سوم بیشتر است. پس می‌توان گفت سناریوی سوم از لحاظ زیست محیطی نسبت به سناریوی دوم برتری دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تقریباً با سه برابر شدن ظرفیت کارخانه کود آلی در سناریوی سوم نسبت به سناریوی چهارم، آلودگی ناشی از

در مرحله بعد این مقادیر در فاکتور ویژگی سازی بر طبق فرمول ضرب شدند و تا واحد معادل محاسبه شود. در نتیجه شاخص طبقه اثر در پایان ویژگی سازی محاسبه شد. در نهایت شاخص‌های به دست آمده در وزن نسبی آن طبقه ضرب می‌شود تا نمایه‌ها قابل جمع کردن و مقایسه کردن با یکدیگر باشند. بنابراین هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد اثرات زیست محیطی کمتری دارد.

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، شاخص اکولوژیکی سناریوی اول منفی به دست آمد، این علامت منفی به دلیل بازیافت بیشتر پسماند است که بازیافت این مقدار مواد

بیشتر است. بار زیست‌محیطی سناریوی چهارم از سناریوهای دیگر بیشتر است، چون هیچ‌گونه بازیافت مواد و انرژی در سناریوی چهارم صورت نمی‌گیرد و لندفیل به‌صورت غیربهداشتی در نظر گرفته شده است.

گازهای اسیدی آن‌هم حدود سه برابر شده است. در سناریو چهارم به دلیل دفن غیربهداشتی در لندفیل و انتقال کمتر از ۲۰٪ پسماند آلی به کارخانه کود آلی سبب افزایش شاخص اکولوژیک سناریوی چهارم نسبت به سناریوی سوم شده است. در تمام طبقات اثر وزن سناریوی چهارم از سناریوی یک



نمودار ۱: شاخص اکولوژیکی به‌دست‌آمده در سناریوها

بحث

تحلیل آنالیز فیزیکی پسماند شهری رشت

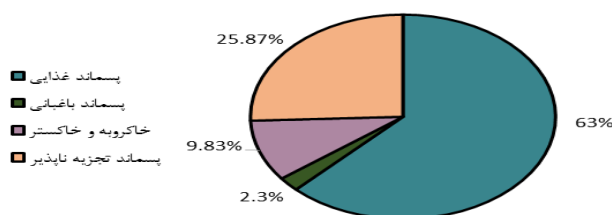
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آنالیزها، بیشترین بخش از مواد زائد شهری را پسماند مواد غذایی به خود اختصاص می‌دهد. در مطالعه‌ای که در خصوص درصد وزنی مواد آلی موجود در شهرهای هند گزارش شده است، این بخش از مواد زائد ۶۰-۴۰ درصد از پسماندهای شهرهای مختلف هند را شامل می‌شود.^{۳۸} در مطالعه‌ای دیگر که در شهر پکن چین انجام‌یافته است، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که بخش آلی پسماند شهری پکن، در سال ۲۰۱۰، حدود ۶۵ درصد از پسماندهای شهری را شامل می‌شود. در همین مطالعه برای شهرهای مختلف کشور چین و همچنین سال‌های مختلف، عددهای متفاوتی از پسماند آلی شهری را گزارش کرده‌اند، به‌عنوان مثال برای شهر لیویانگ چین، در حدود ۲۶ درصد از کل پسماند برای مواد آلی نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر و مطالعات مشابه در سایر شهرها ترکیب پسماندهای شهر متفاوت می‌باشند.^{۳۹} نکته‌ی مشترک در بین پسماندهای شهری، بالا بودن پسماند آلی می‌باشد. دلیل بالا

با توجه به اهمیت موضوع بازیافت، امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته، مواد زائد مسیرهای مختلفی را طی می‌کند و بر اساس ماهیت مواد از آن‌ها استفاده می‌شود و بخشی از آن‌ها قابل استفاده مجدد نمی‌باشند و به مراکز دفن پسماند انتقال می‌یابد.^{۳۶} نتایج بررسی‌های به‌عمل‌آمده در مطالعه حاضر، نشان می‌دهد که در شهر رشت بخش قابل‌توجهی از مواد زائد تولیدشده با مقدار کمی بازیافت به مرکز دفن پسماند منتقل می‌گردد.

همان‌طور که ذکر شد دلیل متفاوت بودن سرانه زباله تولیدی در شهرهای مختلف تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر فرهنگ و آداب‌ورسوم، کیفیت زندگی، مسافر پذیر بودن منطقه و ... می‌باشد. به‌عنوان مثال در شهرهای شمالی ایران علت رقم بالا سرانه زباله، مسافر پذیر بودن این شهرها می‌باشد. از طرفی در کشورهایی نظیر آمریکا تولید پسماند در مقایسه با سایر شهرها و کشورها بالاتر است به دلیل مصرف بالای جمعیت می‌باشد که در نهایت منجر به تولید بالای پسماند می‌گردد.^{۳۷}

بودن این بخش از پسماند شهری که تقریباً در تمامی جوامع به این شکل می باشد، مصرف بالای مواد آلی و غذایی در مقایسه با سایر بخش های پسماند شهری می باشد. این موضوع، استفاده از پسماند آلی به عنوان کود کمپوست را حائز اهمیت می کند. پلاستیک بعد از مواد آلی دومین جزء قابل توجه از پسماند شهری رشت می باشد که به طور متوسط حدود ۱۹/۱ درصد از کل پسماند را به خود اختصاص

می دهد. در مطالعه ای که در ۳ روستا از شهرستان بابل انجام یافته است، نتایج نشان می دهد که به طور متوسط ۱۱/۹ درصد از پسماند روستایی را پلاستیک و ۱۰/۹ درصد از آن را کاغذ تشکیل می دهد^{۴۰}. در شهر پکن نیز در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۵ درصد از پسماند را پلاستیک و ۱۳ درصد از آن را کاغذ تشکیل می دهد^{۳۹}.



نمودار ۲: ترکیب پسماند شهر رشت

مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از تمام سناریوها

یکی از مهم ترین اثراتی که مدیریت پسماند بر محیط زیست می تواند وارد کند، اثر مدیریت پسماند بر اقلیم جهانی یا اثر بر گرمایش جهانی است، گاز دی اکسید کربن و گاز متان از جمله گازهای اصلی مشارکت کننده در بحث گرمایش جهانی است، یکی از منابع اصلی این دو گاز به خصوص گاز متان، محل های دفن بهداشتی و غیر بهداشتی پسماند است. در این مطالعه پتانسیل مشارکت در تولید گاز متان تمام سناریوها باهم مقایسه می شوند. همان طور که مشاهده می شود به ترتیب بیشترین و کمترین نقش در تولید گاز متان را سناریوی چهارم و اول دارند. علت اصلی بالا بودن تولید گاز متان در سناریو چهارم دفن غیر بهداشتی پسماند است. در سناریو دوم، انتشار بالای گازهای گلخانه ای جدول ۶ به دلیل احتراق زوائد پلاستیکی می باشد که با بازیافت پسماند غیر قابل تجزیه می توان انتشار گازهای گلخانه ای را به حداقل رساند. در مطالعه ای مشابه، قنبرزاده و همکاران در سال ۲۰۰۹ اثرات چرخه عمر سناریوهای دفع پسماند در جزیره سیری مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان می دهد که در صورت استحصال

انرژی گاز مرکز دفن، می توان شاهد کاهش چشم گیری در میزان انتشار گازهای گلخانه ای بود. و تولید گازهای گلخانه ای در سناریو دفن غیر بهداشتی و بدون استحصال انرژی بیشتر از سناریو زباله سوز می باشد^{۴۱}. در ارتباط با طبقه اثر اسیدی، بالاترین نقش در این طبقه را مرحله جمع آوری دارد، با توجه به اینکه در فرآیند کمپوست به دلیل تفکیک از مبدأ، تعداد دفعات جمع آوری کاهش می یابد سناریو اول کمترین پتانسیل اثر بر این طبقه را خواهد داشت جدول ۶. مصرف انرژی در سناریو چهارم جدول ۶ به دلیل افزایش پسماند ورودی در لندفیل، بالاتر از سناریوهای دیگر می باشد و سناریو سوزاندن از دیدگاه مصرف انرژی بهترین انتخاب است. به عنوان مثال نصرالهی و همکاران زیرسامانه مولد انرژی از قبیل زباله سوز را در اولویت اول و زیرسامانه سستی مانند لندفیل را در اولویت آخر معرفی نموده اند^{۴۲}. در طبقه اثر خروجی های سمی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن یا بار آلودگی را سناریوی چهارم و اول دارند جدول ۶. در مقابل نصرالهی و همکاران در مطالعه خود فرایند زباله سوز را مؤثرترین عامل در افزایش بارهای زیست محیطی در طبقه سمیت عنوان نموده اند^{۴۳}. در

مطالعه‌ای دیگر که در اصفهان توسط Kermani و همکاران انجام یافته است، سوزاندن را عامل انتشار کادمیوم، سرب، مس، جیوه و دی اکسین معرفی نموده‌اند^{۲۳}. با در نظر گرفتن شاخص اکولوژیکی، که حاصل جمع تمامی طبقات اثر است، سناریوی اول نسبت به سایر سناریوها وضعیت مناسب‌تری دارد. در نتیجه از نظر بار زیست محیطی به ترتیب بیشترین و کمترین بار آلودگی مربوط به سناریوی چهارم و اول است. با توجه به درصد بالای مواد آلی در پسماند تولیدی روزانه خانوار که قابل استفاده در کارخانه کود آلی می باشد مدیریت ۵۰ درصد از مواد آلی به شکل کمپوست، سبب کاهش حجم پسماند دوریز در لندفیل سروان که امروزه به دلیل عوامل زیست محیطی و کمبود زمین مورد نیاز با مشکل مواجهه است، می‌گردد. بازیافت پسماند خشک و تجزیه ناپذیر در

سناریو اول، سبب کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و گازهای فتوشیمیایی شده است. Alen Hadzic و همکاران در سال ۲۰۱۷ گزینه بازیافت کاغذ و پلاستیک را به دلیل عملکرد موثر در مدیریت پسماند با در نظر گرفتن روش مناسب مکانیکی به عنوان امر مهم در اجرای الزامات قانونی مطرح نموده اند^{۲۴}. در خصوص استفاده از کمپوست نیز برای مدیریت پسماند، نتایج متفاوتی به دلیل ویژگی‌های پسماند تولیدی و شرایط اجتماعی - اقتصادی مطرح می‌شود. به عنوان مثال رفیعی و همکاران در مشهد^(۲۲)، با در نظر گرفتن کاهش بار آلاینده و نیز مصرف انرژی ناشی از سامانه مدیریت، گزینه کمپوست را از نظر زیست محیطی با روش LCAIWM1 آنالیز و به عنوان سناریو برتر معرفی نمودند.

جدول ۶: شاخص طبقه اثر به دست آمده در سناریوها

طبقه اثر	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
مصرف منابع انرژی	-۲/۹۹E+۰۶	-۵/۰۸E+۰۵	-۵/۸۹E+۰۵	۱/۹۵E+۰۴
گازهای گلخانه ای	-۲/۹۸E+۰۴	۳/۵۱E+۰۵	۱/۷۹ E+۰۵	۳/۲۴E+۰۵
گازهای اسیدی	-۸/۲۴E+۰۲	۱/۳۷E+۰۱	۸/۷۱E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰
گازهای فتوشیمیایی	-۲/۶۱E+۰۳	۲/۷۲E+۰۲	۱/۵۶E+۰۲	۷/۴۳E+۰۱
خروجی های سمی	۹/۲۲E+۰۵	۴/۲۰E+۰۶	۲/۶۳E+۰۶	۲/۳۵E+۰۷
شاخص اکولوژیکی	-۲/۱۰E+۰۶	۴/۰۴E+۰۶	۲/۸۱E+۰۶	۲/۳۹E+۰۷

نتیجه گیری

در این تحقیق از روش ارزیابی اثرات چرخه حیات برای بررسی اثرات زیست محیطی گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند شهر رشت استفاده شد. بدین منظور پس از بررسی روش مدیریت کنونی و نحوه دفع پسماند در شهر رشت و با اطلاع از کمیت و کیفیت پسماند تولیدی، همچنین با در نظر گرفتن روش‌های نوین دفع پسماند، اقدام به تعریف و مدل سازی چهار سناریو شد. سپس سناریوهای تعریف شده با استفاده از مدل ۱ IWM- مدل سازی گردید، تا اثرات زیست محیطی سناریوها برآورد شود. در نهایت در آخرین

مرحله مناسب ترین سناریو از لحاظ زیست محیطی مشخص و پیشنهاد گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد، از بین چهار سناریوی تعریف شده برای سیستم مدیریت پسماند رشت، سناریوی اول با فرض این که از کل پسماند وارد شده به این سناریو، حدود ۱۵٪ آن تفکیک و بازیافت، و حدود ۵۰٪ آن به کارخانه کمپوست منتقل شد و بقیه پسماند و باقی مانده تولیدی از مرحله MRF و کارخانه کمپوست سازی به سایت لندفیل منتقل و به صورت بهداشتی به همراه جمع آوری گاز مرکز دفن به منظور استحصال انرژی دفن شوند، به عنوان بهترین سناریو از لحاظ بار زیست محیطی انتخاب شد. بنابراین می توان

سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل سازی LCAIWM1 (مطالعه موردی: شهر رشت) به شماره کد IR.ARUMS.REC. 1396.93 تحت حمایت های مادی و معنوی معاون پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و همچنین پرسنل زحماتکش مدیریت پسماند شهری رشت انجام گرفته است. لذا بدین ترتیب مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را اعلام می نمایم.

نتیجه گرفت که سناریوی اول نسبت به بقیه سناریوهای تعریف شده برای این مطالعه برای سیستم مدیریت پسماند رشت مناسب تر باشد. سناریوی چهارم که مدیریت پسماند کنونی شهر رشت را نشان می دهد، از لحاظ زیست محیطی نامناسب ترین سناریو انتخاب گردید.

تقدیر و تشکر

این طرح با عنوان ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات

References

1. Troschinetz AM, Mihelcic JR. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste Manag* (New York, NY) 2009;29(2):915-23.
2. Dong J, Tang Y, Nzihou A, Chi Y, Weiss-Hortala E, Ni M, et al. Comparison of waste-to-energy technologies of gasification and incineration using life cycle assessment: Case studies in Finland, France and China. *J Cleaner Prod* 2018;203:287-300.
3. World Bank waste generation 2010.
4. Michael A, M.U.; Ekpete, S.B.O. Adding Value to Municipal Solid Waste in Nigeria through Mapping: FIG Working Week, Environment for Sustainability; 2013.
5. Mohammadi HN, A. Study and Evaluation of Waste Management in Metropolitan Regions of Iran) Case Study: Tehran - Tabriz -Mashhad, First International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises in Iran, Solutions and Challenges, Ardebil, Inc. Kian Knowledge Plan, Shahrekord University Water Resources Research Center. 2016 [In Persian].
6. Hadzic A, Voca N, Golubic S. Life-cycle assessment of solid-waste management in city of Zagreb, Croatia. *J Mater Cycles Waste Manage* 2018;20(2):1286-98.
7. Rigamonti L, Niero M, Haupt M, Grosso M, Judl J. Recycling processes and quality of secondary materials: Food for thought for waste-management-oriented life cycle assessment studies. *Waste Manag* (New York, NY) 2018;76:261-5.
8. Dong J, Tang Y, Nzihou A, Chi Y, Weiss-Hortala E, Ni M. Life cycle assessment of pyrolysis, gasification and incineration waste-to-energy technologies: Theoretical analysis and case study of commercial plants. *Sci Total Environ* 2018;626:744-53.
9. Ikhlail M. Development of management systems for sustainable municipal solid waste in developing countries: a systematic life cycle thinking approach. *J Cleaner Prod* 2018;180:571-86.
10. Li Y, Manandhar A, Li G, Shah A. Life cycle assessment of integrated solid state anaerobic digestion and composting for on-farm organic residues treatment. *Waste Manag* 2018;76:294-305.
11. Astrup TF, Pivnenko K, Eriksen MK, Boldrin A. Life Cycle Assessment of Waste Management: Are We Addressing the Key Challenges Ahead of Us. *J Ind Ecol* 2018;22(5):1000-4.
12. Zhou Z, Tang Y, Dong J, Chi Y, Ni M, Li N, et al. Environmental performance evolution of municipal solid waste management by life cycle assessment in Hangzhou, China. *J Environ Manage* 2018;227:23-33.
- 13- Lazarevic D. The legitimacy of life cycle assessment in the waste management sector. *Int. J Life Cycle Assess* 2018;23(7):1415-28.
14. Çetinkaya AY, Bilgili L, Kuzu SL. Life cycle assessment and greenhouse gas emission evaluation from Aksaray solid waste disposal facility. *Air Qual Atmos Health* 2018;11(5):549-58.
15. Hou P, Xu Y, Taiebat M, Lastoskie C, Miller SA, Xu M. Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste. *J Cleaner Prod* 2018;201:1052-60.
16. Gunamantha M, Sarto. Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of KARTAMANTUL region, Yogyakarta. *Renew Energy* 2012;41:277-84.
17. Banar M, Cokaygil Z, Ozkan A. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. *Waste Manag* 2009;29(1):54-62.
18. Manfredi S, Tonini D, Christensen TH. Environmental assessment of different management options for individual waste fractions by means of life-cycle assessment modelling. *Resour Conserv Recycl* 2011;55(11):995-1004.
19. Cherubini F, Bargigli S, Ulgiati S. Life cycle assessment

- (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. *Energy* 2009;34(12):2116-23.
20. Koroneos CJ, Nanaki EA. Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. *J Cleaner Prod* 2012;27:141-50.
 21. McDougall FR, White PR, Franke M, P H. Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory: John Wiley & Sons; 2008.
 22. Rafiei R SMA, Khorasani N. Environmental Assessment of Life Cycle of Urban Waste Management System (Case Study: Mashhad City). *J Agric Sci Natur Resour* 2008;16.[In Persian]
 23. Cremiato R, Mastellone ML, Tagliaferri C, Zaccariello L, Lettieri P. Environmental impact of municipal solid waste management using Life Cycle Assessment: The effect of anaerobic digestion, materials recovery and secondary fuels production. *Renew Energy* 2018;124:180-8.
 24. Dian B, Khezri SM, Tavakoli B. Environmental audit of Rasht Compost Plant. *Int J Life Sci Biotechnol Pharma Res* 2009;4:21-29. [In Persian]
 25. m H. Environmental Assessment of Life Cycle of Isfahan Waste Management System, 2012. 120 p.[In Persian]
 26. Rajaeifar MA, Tabatabaei M, Ghanavati H. Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste. *Renew Sust Energ Rev* 2015;51:677-81.
 27. Houghton JT, Meiro Filho L, Callander BA, Harris N, Kattenburg A, Maskell K. Climate change 1995: the science of climate change. *Clim Change* 1996:584.
 28. Houghton JT, Ding Y, Griggs D, Noguer M, Van Der Linden P, Dai X, et al. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Clim Change The scientific basis* 2001;388.
 29. Solomon S, Qin D, Manning M, Averyt K, Marquis M. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC: Cambridge university press; 2007.
 30. Hauschild MZ, Wenzel H, Hauschild M. Environmental assessment of products: volume 2: scientific background: Springer Science & Business Media; 1997.
 31. Potting J, Schöpp W, Blok K, Hauschild M. Site-dependent life-cycle impact assessment of acidification. *J Ind Ecol* 1998;2(2):63-87.
 32. Carter WP. Development of the SAPRC-07 chemical mechanism and updated ozone reactivity scales: Citeseer; 2007.
 33. Carter WP. Estimation of the Maximum Ozone Impacts of Oxides of Nitrogen. 2008.
 34. Huijbregts MA, Schöpp W, Verkuijlen E, Heijungs R, Reijnders L. Spatially explicit characterization of acidifying and eutrophying air pollution in life-cycle assessment. *J Ind Ecol* 2000;4(3):75-92.
 35. Boustead I, Chaffee C, Dove W, Yaros B. Eco-Indices: What can they tell us. *ICME doc.* 2000;16752.
 36. Gerard Meurant. International Perspectives on Municipal Solid Wastes and Sanitary Landfilling: academic press; 2012.
 37. Dyson B, Chang N-B. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Manag* 2005;25(7):669-79.
 38. Sharholly M, Ahmad K, Mahmood G, Trivedi R. Municipal solid waste management in Indian cities—A review. *Waste Manag* 2008;28(2):459-67.
 39. Zhou H, Meng A, Long Y, Li Q, Zhang Y. An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: physical, chemical composition and heating value. *Renew Sustain Energy Rev* 2014;36:107-22.
 40. Amouei, AA, Asgharnia H, Khodadadi A. Quantitative And Qualitative Characteristics Of Rural Solid Wastes (Babol, Iran 2007). *Iran J Health Saf Environ* 2008;10(5):74-80.[In Persian]
 41. Ganbarzadeh Lak M SM. Evaluation of the life cycles of urban waste solid waste disposal scenarios Greenhouse Gases and Energy Consumption - Case Study: Siri Island. *J Environ Manage* 2008;5: 2647-52[In Persian].
 42. Nasrollahi S-Sarvagahaji AR, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi MR. Comparison of the Environmental Impacts of Different Municipal Solid Waste Treatments using Life Cycle Assessment (LCA) (Case Study: Tehran). *INT J Hydrogen Energ* 2016;9(2):273-88[In Persian].
 43. Kermani M, Nouri J, Omrani A, Arjmandi R. Comparison of solid waste management scenarios based on life cycle analysis and multi-criteria decision making (Case study: Isfahan city). *Iran J Sci Technol* 2014;38(3):257-64.

Environmental Assessment of Life Cycle of Waste Management System Based on LCAIWM1 Modeling (Case Study: Rasht City)

Kourosh Rahmani¹, Zeynab Dadashkhah^{2*}, Morteza Alighadri³, Ahmad Mokhtari³, Hadi Nazari⁴

1. Department of Environmental Health Engineering, Mamsani School of Allied Medical Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2. Student of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran
4. Student of Environmental Engineering, Faculty of natural resources, Isfahan University of Environment, Isfahan, Iran

* E-mail: mdadshkhah@yahoo.com

Received: 24 Sep 2018; Accepted: 29 Dec 2018

ABSTRACT

Background: Population growth and increased human activities in urban communities lead to large volumes of waste. This waste volume causes problems for human health and environmental pollution. Recently, a living environment assessment has been developed to improve the situation. The purpose of this study is to compare the environmental impacts of four urban waste disposal scenarios in Rasht city.

Methods: In this research, the amount of waste and the data required for logging were first determined and then the four life cycle assessment stages were performed in relation to each of the defined scenarios. Finally, the results were analyzed using the IWM1 model it placed.

Results: The results of this study indicate that by disposing of some of the waste in the organic fertilizer plant by composting and landfilling, part of it in the district of sanitary and energy extraction and increasing the recovery rate, we can see a significant reduction in the emission of pollutants was environmental. The ecological index was the best scenario is $-2.10E+6$ And for the most devastating scenario $+2.39E+07$ was obtained.

Conclusion: According to the environmental assessment and comparison of the results of the life cycle logbook, the first scenario (collection; compost; recycling; landfill) with an ecological index plays an important role in reducing pollution and energy consumption and the title has been chosen as the top management option and has been made available to experts and decision-makers.

Keywords: Municipal waste, Life cycle assessment, LCAIWM1 model, Rasht city