

## ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر

## پایه مدل سازی LCAIWM1

## مطالعه موردی: شهر رشت

کوروش رحمانی<sup>۱</sup>، زینب داداش خواه<sup>۲\*</sup>، مرتضی عالیقدری<sup>۳</sup>، احمد مختاری<sup>۳</sup>، هادی نظری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده پیراپزشکی ممسنی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران  
<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران  
<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران  
<sup>۴</sup> 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 فعالیت‌های انسانی در جوامع شهری سبب تولید حجم زیاد پسماند شده است. حجم پسماند سبب بروز مشکلاتی در سلامتی انسان‌ها و آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. 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 می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق کمیت زیاده و داده‌های مورد نیاز برای سیاهه‌نویسی 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.

**یافته‌ها:** 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، می‌توان شاهد کاهش چشمگیری در میزان انتشار آلاینده‌های 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 (جمع‌آوری، 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<sup>۱</sup>. افزایش جمعیت در مناطق شهرنشینی، فعالیت‌های انسانی را پیش رو دارد که سبب تولید پسماند و از طرفی تغییرات جهانی آب‌وهوا می‌شود<sup>۲</sup>. تولید پسماند در جهان سالانه چیزی حدود ۱۷ میلیارد تن می‌باشد که انتظار می‌رود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۹ میلیارد تن برسد<sup>۳</sup>. تعاریف متعددی از واژه پسماند توسط سازمان‌ها 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 اجتناب‌ناپذیر از فعالیت‌های انسانی که در حال حاضر و در آینده نزدیک نیازی به آن نیست و پردازش و یا دفع آن ضروری می‌باشد<sup>۴</sup>. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد UNEP (United Nation Environment Programme) اشیایی که مالکانشان آن‌ها را نمی‌خواهند، یا از آن‌ها استفاده نمی‌کنند و به پردازش یا دفع نیاز دارند را به‌عنوان پسماند معرفی کرده است<sup>۵</sup>.

این حجم پسماند سبب ایجاد آلودگی‌ها، تخریب محیط‌زیست، بیماری و آلودگی و بروز مشکلات برای سلامتی انسان‌ها می‌شود. لذا مدیریت ضایعات جامد شهری در تمام مراحل آن نیاز به برنامه‌ریزی دارد<sup>۶</sup>. ارزیابی اثرات زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه با شناسایی موانع و انگیزه‌ها 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 می‌گردد<sup>۱</sup>.

روش‌های اولیه مدیریت پسماند اغلب به‌صورت کیفی مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند 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<sup>۷-۱۰</sup>. ارزیابی چرخه حیات محیط زیستی در سه دهه گذشته به‌سرعت توسعه یافته است<sup>۱۱</sup>. این روش استاندارد بین‌المللی را می‌توان برای شناسایی اثرات زیست‌محیطی<sup>۱۲</sup>، ابزاری جهت حل مسائل زیست‌محیطی<sup>۱۳</sup> و مقایسه گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند استفاده کرد<sup>۱۴، ۱۵</sup>. در مطالعه‌ای که در کشور اندونزی توسط Gunamantha در سال ۲۰۱۲ انجام شد<sup>۱۶</sup> مقایسه میان گزینه‌های 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 زباله‌سوزی و حذف بی‌هوازی، ترکیب گازی سازی و حذف بی‌هوازی، و زباله‌سوزی مستقیم بوده است. در مطالعه دیگری که توسط Mufid Banar و همکاران (۲۰۰۹) در شهر اسکی ترکیه انجام شد<sup>۱۷</sup>، 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 به‌عنوان جایگزین سازگار با محیط زیست تعیین شد. Manfredi و همکاران (۲۰۱۱) در دانمارک<sup>۱۸</sup> عملکرد زیست‌محیطی سه گزینه اصلی مدیریتی لندفیل، بازیافت و زباله‌سوزی را از طریق مدل Environmental Assessment of Solid Waste (EASEWASTE) (Waste Systems and Technologies) مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر مناسب بودن عملکرد زیست‌محیطی

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.<sup>۲۳</sup> 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.<sup>۲۴</sup> 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.<sup>۲۵</sup>

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.

Francesco Cherubini و همکاران (۲۰۰۹)<sup>۱۹</sup> 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)<sup>۲۰</sup> 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 -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 جمع آوری تا دفن پسماند و همچنین نمایش انتشار آلاینده در هر فرآیند با توجه به نوع پسماند، می‌باشد.<sup>۲۲، ۲۱</sup> 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

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.

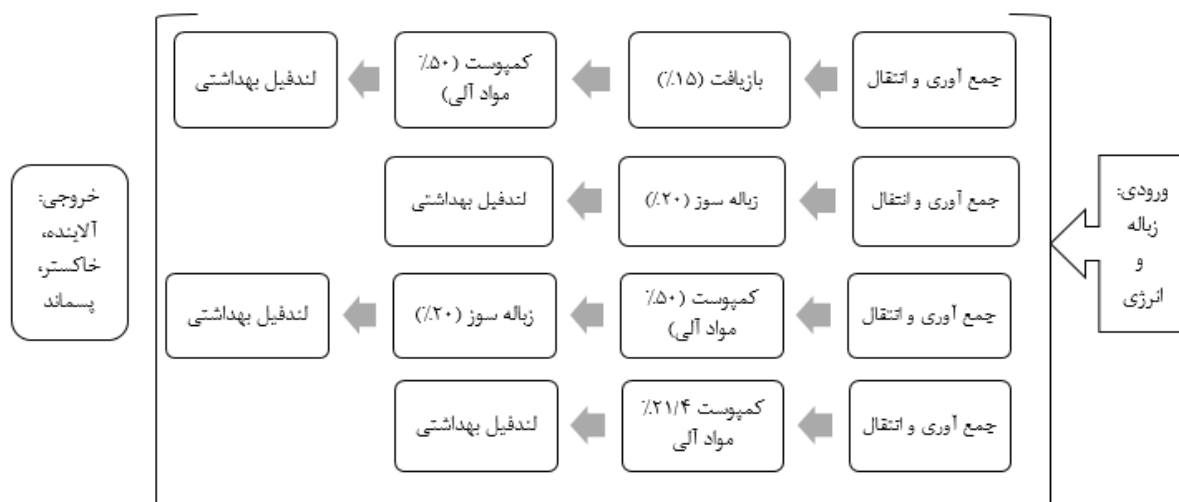
میزان، مقدار ۷۰۰ تن پسماند تولیدی شهر رشت می‌باشد. ورودی فعلی کارخانه کود آلی پسماند روزانه ۳۰۰ تن است که باقی مانده فعلی آن به دفن‌گاه سراوان ۱۵۰ تن در روز می‌باشد.

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



شکل ۱: سناریوهای مورد مقایسه در مدل

جدول ۱: تفکیک وزنی اجزاء تشکیل دهنده مواد زائد جامد

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

### 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.

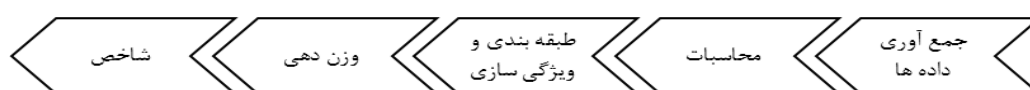
به منظور کمیت زباله، ترکیب پسماند شهر رشت در منطقه سرپوشیده کارخانه کود آلی به مدت ۱۰ روز مورد آنالیز قرار گرفت. در هر روز نمونه از قبل مشخص، در بشکه طراحی شده به حجم ۰/۱۹۶ مترمکعب بر روی ترازو دیجیتال

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<sup>۳۶</sup>.

تخلیه شد و تجزیه و تحلیل گردید. وزن خالص زباله داخل بشکه 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.

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

که در آن I معیار کمی مقایسه دو سامانه و  $W_i$  وزن نسبی طبقات اثر و  $I_i$  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.

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

که در آن:

جدول ۲: فاکتورهای ویژگی سازی طبقه اثر<sup>۳۴-۳۷</sup>

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

	HCL	۰/۸۸
مه دود فتوشیمیایی (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	VOC	۳/۶
	NO <sub>x</sub>	۲۴/۸
	PM	۰
	سرب	۴/۷E۲
خروجی‌های سمی (DCB ۱-۴)	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<sup>۳۰</sup>

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 جمع‌آوری شده، 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 هر یک 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 <sub>2</sub>	گرم/تن پسماند	-۱/۱۷E+۰۵	۱/۸۹E+۰۵	۱/۰۴E+۰۵	۱/۵۷E+۰۵
CH <sub>4</sub>	گرم/تن پسماند	۸/۳۶E+۰۴	۲/۰۵E+۰۵	۹/۷۴E+۰۴	۲/۰۷E+۰۵
NO <sub>x</sub>	گرم/تن پسماند	-۲/۲۳E+۰۲	۲/۵۳E+۰۱	۱/۴۶E+۰۱	۵/۷۲E+۰۰

1/20E+00	8/00E-01	2/50E+00	-3/75E+02	گرم/تن پسماند	SOx
3/52E-01	6/34E+00	6/51E+00	-1/46E+03	گرم/تن پسماند	HCl
2/03E+02	5/18E+02	8/98E+02	-7/91E+03	گرم/تن پسماند	N <sub>2</sub> O
0/00E+00	0/00E+00	0/00E+00	0/00E+00	گرم/تن پسماند	PM
5/29E+01	2/09E+01	4/18E+01	-1/11E+03	گرم/تن پسماند	VOCs
4/70E+01	1/70E+04	1/70E+04	-2/07E+03	گرم/تن پسماند	Pb
6/00E+01	8/28E+04	8/30E+04	-7/26E+03	گرم/تن پسماند	Hg
6/00E+03	5/42E+05	5/46E+05	-8/70E+04	گرم/تن پسماند	Cd
7/35E-01	4/10E+00	4/52E+00	4/20E-01	گرم/تن پسماند	Dioxins
7/22E+02	4/08E+01	1/13E+02	-3/18E+02	گرم/تن پسماند	Pbwater
1/17E+03	2/88E+02	5/25E+02	2/35E+02	گرم/تن پسماند	Hgwater
1/96E+03	3/79E+02	5/98E+02	2/72E+01	گرم/تن پسماند	Cdwater
1/81E+08	1/96E+07	3/17E+07	7/19E+06	گرم/تن پسماند	BOD
1/22E-01	1/39E-02	2/19E-02	0/00E+00	گرم/تن پسماند	Dioxinswater

جدول ۵: شاخص اکولوژیکی، سناریوهای اول تا چهارم

سناریو ۴		سناریو ۳		سناریو ۲		سناریو ۱		طبقه اثر
خروجی	ضرب در وزن	خروجی	ضرب در وزن	خروجی	ضرب در وزن	خروجی	ضرب در وزن	
۲/۲۱E+۰۴	۱/۹۵E+۰۴	۲/۲۱E+۰۴	۱/۹۵E+۰۴	۲/۲۱E+۰۴	۱/۹۵E+۰۴	۲/۲۱E+۰۴	۱/۹۵E+۰۴	مصرف منابع انرژی
۳/۶۴E+۰۵	۳/۲۴E+۰۵	۳/۶۴E+۰۵	۳/۲۴E+۰۵	۳/۶۴E+۰۵	۳/۲۴E+۰۵	۳/۶۴E+۰۵	۳/۲۴E+۰۵	گازهای گلخانه‌ای
۷/۲۷E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰	۷/۲۷E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰	۷/۲۷E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰	۷/۲۷E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰	گازهای اسیدی
۲/۵۶E+۰۲	۷/۴۳E+۰۱	۲/۵۶E+۰۲	۷/۴۳E+۰۱	۲/۵۶E+۰۲	۷/۴۳E+۰۱	۲/۵۶E+۰۲	۷/۴۳E+۰۱	مه دود فتوشیمیایی
۲/۶۳E+۰۶	۲/۳۵E+۰۷	۲/۶۳E+۰۶	۲/۳۵E+۰۷	۲/۶۳E+۰۶	۲/۳۵E+۰۷	۲/۶۳E+۰۶	۲/۳۵E+۰۷	خروجی‌های سمی

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

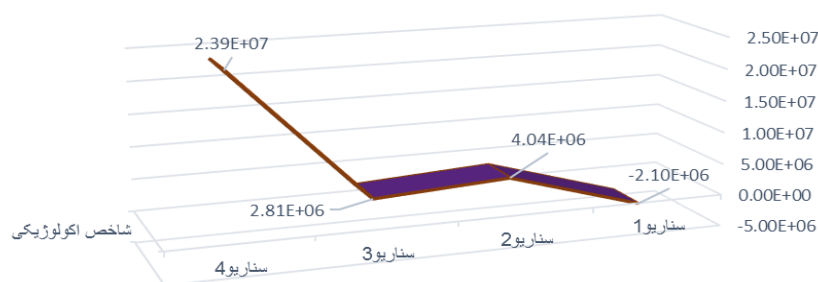
در مرحله بعد این مقادیر در فاکتور ویژگی سازی بر طبق فرمول ضرب شدند و تا واحد معادل محاسبه شود. در نتیجه شاخص طبقه اثر در پایان ویژگی سازی محاسبه شد. در نهایت شاخص‌های به دست آمده در وزن نسبی آن طبقه ضرب می‌شود تا نمایه‌ها قابل جمع کردن و مقایسه کردن با یکدیگر باشند. بنابراین هر سناریو که امتیاز پایین‌تری 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 به صورت غیربهداشتی در نظر گرفته شده است.

گازهای اسیدی آن‌هم حدود سه برابر شده است. در سناریوی 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 به دست آمده در سناریوها

## بحث

### تحلیل آنالیز فیزیکی پسماند شهری رشت

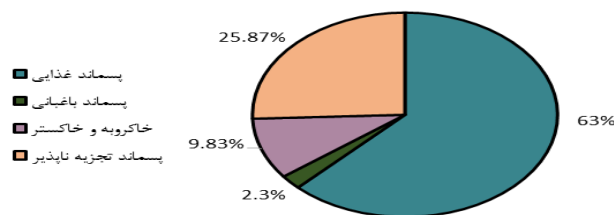
بر اساس نتایج به دست آمده از این آنالیزها، بیشترین بخش از مواد زائد شهری را پسماند مواد غذایی به خود اختصاص می‌دهد. در مطالعه‌ای که در خصوص درصد وزنی مواد آلی موجود در شهرهای هند گزارش شده است، این بخش از مواد زائد ۶۰-۴۰ درصد از پسماندهای شهرهای مختلف هند را شامل می‌شود.<sup>۳۸</sup> در مطالعه‌ای دیگر که در شهر پکن چین انجام یافته 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، به عنوان 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.<sup>۳۹</sup> 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 مسیره‌های 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.<sup>۳۶</sup> نتایج بررسی‌های به عمل آمده در مطالعه حاضر، نشان می‌دهد که در شهر رشت بخش قابل توجهی 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 آداب و رسوم، کیفیت زندگی، مسافر پذیر بودن منطقه و ... می‌باشد. به عنوان 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.<sup>۳۷</sup>

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<sup>۴۱</sup>. در شهر پکن نیز در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۵ درصد از پسماند را پلاستیک و ۱۳ درصد از آن را کاغذ تشکیل می دهد<sup>۳۹</sup>.

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



نمودار ۲: ترکیب پسماند شهر رشت

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<sup>۴۱</sup>. 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 سنتی مانند لندفیل را در اولویت آخر معرفی نموده اند<sup>۴۲</sup>. 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 فرآیند زباله سوز را مؤثرترین عامل در افزایش بارهای زیست محیطی در طبقه سمیت عنوان نموده اند<sup>۴۲</sup>.

### 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

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.<sup>۱</sup> 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<sup>(۲۲)</sup>، 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.

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<sup>۲۳</sup>. 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 می‌باشد 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

جدول ۶: شاخص طبقه اثر به دست آمده در سناریوها

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

مرحله مناسب‌ترین 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 جمع‌آوری گاز مرکز دفن به منظور استحصال انرژی دفن شوند، به عنوان بهترین سناریو از لحاظ بار زیست محیطی انتخاب شد. بنابراین می‌توان

## 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 مدل‌سازی چهار سناریو شد. سپس سناریوهای تعریف شده با استفاده از مدل ۱- IWM- مدل‌سازی گردید، تا اثرات زیست محیطی سناریوها برآورد شود. در نهایت در آخرین

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 زحمتکش 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. Ikhlal 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, Bargigil 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 Energy 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-Sarvaghaji 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 Energy* 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 Rahmani<sup>1</sup>, Zeynab Dadashkhah<sup>2\*</sup>, Morteza Alighadri<sup>3</sup>, Ahmad Mokhtari<sup>3</sup>, Hadi Nazari<sup>4</sup>

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