مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۷۳ تا ۲۸۸

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

مقایسه اثرات زیست محیطی سناریوهای مختلف پردازش و دفع پسماند جامد شهری به کمک روش LCA (مطالعه موردی: شهرستان تهران)

سجاد نصرالهی سروآغاجی[۱]، رضا علیمردانی[۲،*]، محمد شریفی[۳]، محمدرضا تقی زاده یزدی[۴]

۱. کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. (نویسنده مسئول): دکترای تخصصی مکاترونیک، استاد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. دکترای تخصصی مهندسی بیوسیستم، استادیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴. دکترای تخصصی مدیریت صنعتی، استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۷
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۱۴
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۶/۲۸

واژگان کلیدی: مدیریت پسماند شهری، نرم افزار SimaPro، ارزیابی چرخه زندگی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
rmardani@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: *افزایش جمعیت شهری و صنعتی شدن باعث افزایش نرخ تولید پسماند شهری و به تبع آن افزایش نگرانی‌ها در مورد پایداری محیط زیست شده است، اخیرا روش ارزیابی چرخه زندگی به عنوان ابزاری سودمند جهت حل این مشکل ارائه شده است. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه اثرات زیست محیطی سه زیرسامانه پردازش و دفع پسماند شهر تهران از قبیل هضم بی‌هوازی، پسماندسوز ایزوله و دفن سنتی است.*

روش بررسی: *در این مطالعه، ابتدا خصوصیات فیزیکی پسماندهای تولیدی و مصرف نهاده‌ها در محدوده مورد مطالعه از طریق میانگین روزانه بین مهر ماه ۱۳۹۳ تا آبان ۱۳۹۴ تعیین و سپس مراحل مختلف روش ارزیابی چرخه زندگی (LCA) در ارتباط با هر کدام از زیرسامانه‌ها پیگیری شد. نهایتا نتایج در نرم افزار SimaPro بر اساس روش CML Baseline ۲۰۰۰ ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.*

یافته‌ها: *نتایج نشان داد در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند شهری هر چقدر نرخ تفکیک و بازیافت افزایش یابد، میزان نشر آلاینده‌های زیست محیطی نیز به طور قابل توجهی کاهش پیدا خواهد کرد، به طوری‌که پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و تقلیل مواد غیرآلی به عنوان مهم‌ترین بخش‌های اثر به ازای تن پسماند ورودی روزانه در زیرسامانه هضم بی‌هوازی به ترتیب برابر با* $-۱۲۵۹۳۵\ kg\ CO_2\ eq$، $-۴۴۹\ kg\ SO_2\ eq$، $-۱۶۹۰\ kg\ PO_4^{3-}\ eq$ *و* $-۰/۴۳\ kg\ Sb\ eq$ *و در زیرسامانه پسماندسوز به ترتیب برابر با* $-۲۶۴۸۷۲\ kg\ CO_2\ eq$، $-۹۷۴\ kg\ SO_2\ eq$، $-۳۴۷۱ kg\ PO_4^{3-}\ eq$ *و* $-۰/۷۶\ kg\ Sb\ eq$ *بدست آمد در حالی که در زیرسامانه لندفیل شاخص‌های مذکور به ترتیب برابر با* $۷۴۴۷۸\ kg\ CO_2\ eq$، $۳۶۲\ kg\ SO_2\ eq$، $۱۱۸\ kg\ PO_4^{3-}\ eq$ *و* $۰/۱۳\ kg\ Sb\ eq$ *برآورد گردید.*

نتیجه‌گیری: *با توجه به فرایندهای تشکیل دهنده هر کدام از زیرسامانه‌ها و نتایج حاصل از ارزیابی نشر آلاینده‌ها در زیرسامانه‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند، زیرسامانه‌های مولد انرژی از قبیل هضم بی‌هوازی و پسماندسوزی باید در اولویت اول و زیرسامانه‌های سنتی مانند لندفیل در اولویت آخر قرار گیرد.*

Please cite this article as: Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi MR. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA) (case study: Tehran). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):273-88.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

مقدمه

در طی چند دهه اخیر رشد بی‌رویه فعالیت‌های صنعتی، بالا رفتن سطح درآمدها، گسترش شهرنشینی و تمرکز جمعیت در شهرهای بزرگ موجب تولید و انباشته شدن حجم عظیمی از پسماندها با ترکیبات فیزیکی مختلف در معابر و دفنگاه‌های پسماند شهری شده است، به نحوی که طراحان و برنامه‌ریزان شهری در اکثر کشورها با مشکلات و بحران‌های جدی زیست‌محیطی روبه رو شده‌اند (۳-۱). شدت بحران به قدری زیاد است که اکنون در مورد مدیریت صحیح پسماندهای جامد شهری (MSW) با هدف حفاظت از سلامت انسان و جلوگیری از اثرات زیست محیطی آن اجماع جهانی وجود دارد (۲). برای مثال، دستورالعمل‌های مجلس اروپا (۲۰۰۸/۹۸/EC) و شورای ۱۹ نوامبر در مورد پسماند، قانون بهترین فناوری‌های در دسترس (BAT) مرجع که با در نظر گرفتن دو دستور العمل ۲۰۰۸/۱/EC (مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیمی (IPCC)) و دستورالعمل انتشارات صنعتی (IED) تصویب شد، دستورالعمل حفاظت از منابع و بهبود عملکرد (RCRA) جهت مدیریت مناسب پسماند در آمریکا، قانون پردازش و دفع پسماند در ژاپن، سیاست‌های ملی پسماند در استرالیا و غیره از جمله قوانین سختگیرانه در این زمینه هستند. البته باید توجه داشت، هر چند از نظر منطقه جغرافیایی و نام قوانین تفاوت‌هایی وجود دارد ولی در کل تاکید همه آنها بر جلوگیری از تولید پسماند، پردازش جهت بازیافت و بازاستفاده، تبدیل پسماند به انرژی (بیوگاز و الکتریسیته) و دفن بهداشتی پسماند است (۵،۴). به عبارتی بهتر، هدف اصلی این قوانین حفاظت از سلامت انسان و محیط زیست در برابر اثرات مخرب تولید و مدیریت نامناسب پسماند و بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود است.

مدیریت نامناسب MSW از جمله عوامل بسیار مهمی است که از سهم قابل توجهی در مشکلات عدیده زیست محیطی مانند تغییرات اقلیمی، نقصان لایه اوزن، آسیب به سلامتی انسان‌ها، آسیب به اکوسیستم و تقلیل منابع برخوردار است.

بنابراین، افزایش دلهره‌آور حجم پسماندهای تولیدی و خطرات ناشی از آن، سامانه‌های مدیریت پسماند را مجاب به یافتن راه‌حلی جامع می‌کند که در نهایت محیط زیست را به سمت پایداری کامل سوق دهد (۶). در همین راستا، از اوایل سال ۱۹۹۰، روش ارزیابی چرخه زندگی (LCA) به عنوان ابزاری سودمند جهت تصمیم‌سازی و تحلیل عملکرد زیست محیطی سامانه‌های پردازش و دفع پسماند مطرح شده است که با فراهم آوردن داده‌های ورودی کارامد، روش مناسب جهت مدیریت MSW را ارائه می‌دهد، به طوری که در این روش تمام مراحل زندگی فرایند مورد نظر شامل استخراج منابع، تولید مواد، قطعات تولیدی و تولید آنها، مدیریت مصرف تولید و مدیریت پسماند (دور ریز، بازیافتی یا دفع نهایی) مورد بررسی قرار می‌گیرد (۱۴-۷).

در طول دو دهه اخیر مطالعات گسترده‌ای پیرامون ارزیابی آلاینده‌های زیست محیطی سامانه‌ها و زیرسامانه‌های مدیریت پسماند شهری انجام شده است که نشان‌دهنده اهمیت بالای این موضوع است.

Bueno و همکاران اثرات زیست محیطی دو زیرسامانه مدیریت و پردازش پسماند، یکی با تاکید بر بازیافت انرژی و دیگری بازیافت مواد را با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در صورتی که سهم بالایی از پسماند را مواد تفکیک شده تشکیل دهند، بخش اثر پتانسیل گرمایش به طور قابل توجهی بهبود خواهد یافت (۱۵). Rajaeifar و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی چرخه زندگی ۵ سامانه پردازش پسماند شامل هضم بی‌هوازی (Sc-۰، موجود)، لندفیل همراه با کمپوست‌سازی (Sc-۱، در دست اجرا)، پسماند سوزی (Sc-۲، در دست اجرا)، پسماند سوزی همراه با کمپوست سازی (Sc-۳، در دست اجرا) و هضم بی‌هوازی همراه با پسماند سوزی (Sc-۴، در دست اجرا) پرداختند. نتایج حاصل نشان داد Sc-۱ بدترین و Sc-۴ بهترین سناریو در بین تمام سناریوها است (۵). Parkes و همکاران به ارزیابی چرخه زندگی ۱۰ سامانه یکپارچه مدیریت پسماند

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

(ISWMS) در۳ سایت طراحی شده برای دهکده المپیک لندن پرداختند. نتایج نشان داد ISWMS همراه با فناوری پردازش حرارتی پیشرفته و پسماندسوزی برای بازیافت انرژی دارای کمترین اثر گرمایش جهانی نسبت به سامانه‌های دفع به صورت سنتی هست (۱۶). همچنین مطالعات دیگری با همین رویکرد در ایران و سایر نقاط دنیا صورت گرفته است (۲۳-۱۷).

با وجود مطالعات متعدد در حوزه ارزیابی چرخه زندگی مربوط به سامانه‌های مدیریت پسماند در ایران، تاکنون مطالعه‌ای با همین رویکرد در کلانشهر تهران و با هدف ارزیابی زیرسامانه‌های پسماندسوز ایزوله (مجتمع پردازش و دفع آراد کوه) و هضم بی‌هوازی (مجتمع دفع و پردازش آبعلی) که اخیرا در این شهر راه‌اندازی شده‌اند، به طور جامع صورت نگرفته است. هدف از این پژوهش، ابتدا سیاهه‌برداری از چرخه زندگی سه زیرسامانه پسماندسوز ایزوله، هضم بی‌هوازی (زیرسامانه‌های نو پا) و لندفیل (زیرسامانه سنتی) و سپس مقایسه بارهای زیست‌محیطی ناشی از فرایند پردازش و دفع پسماند در آنها انتخاب گردید. به کارگیری چنین مطالعاتی فرصتی را فراهم می‌کند تا مدیران و تصمیم‌سازان امور شهری ضمن آگاهی از وضعیت کنونی مدیریت پسماند، با استفاده از بهترین الگوی پردازش و دفع (کمترین نشر آلاینده‌های زیستی)، طرح‌ریزی‌های لازم را جهت رسیدن به محیط زیست پایدار نیز انجام دهند.

مواد و روش‌ها

توصیف مطالعه موردی (شهر تهران)

در این پژوهش، شهر تهران که روزانه حدود ۷۵۰۰ ton (۲/۵ میلیون در سال) پسماند تهران تولید می‌کند، جهت مطالعه موردی انتخاب گردیده است. پسماندهای تولیدی در این شهر پس از جمع‌آوری از معابر مناطق ۲۲ گانه به ۱۱ ایستگاه میانی منتقل می‌شود، سپس حدود ۹۶ درصد به مجتمع دفن و پردازش آراد کوه و ۴ درصد نیز به مجتمع آبعلی انتقال پیدا می‌کند.

روش تحقیق

در این پژوهش روش منتخب برای ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی سناریوهای دفع پسماند جامد شهری، روش LCA بوده است. بنابراین لازم بود ابتدا خصوصیات فیزیکی پسماندهای تولیدی و مصرف نهاده‌ها در محدوده مورد مطالعه تعیین و سپس مراحل مختلف روش LCA در ارتباط با هر کدام از زیرسامانه‌ها پیگیری شود. روزانه حدود ۷۲۰۰ و ۳۰۰ ton از پسماندها توسط کامیون‌های مخصوص حمل پسماند بارگیری شده و به ترتیب به مجتمع‌های آراد کوه و آبعلی منتقل و توزین می‌شود. در ادامه، جریان پسماندها به داخل سوله‌های پردازش جهت تفکیک مواد بازیافتی، آلی و برگشتی تزریق می‌شود. نهایتا از مواد بازیافتی جهت تولید مواد اولیه یا بازاستفاده، از مواد آلی جهت تولید بیوگاز، الکتریسیته و کود غنی کمپوست استفاده شده و مواد برگشتی نیز به دفنگاه‌های مجتمع آراد کوه منتقل می‌شود. با توجه به اینکه روزانه تمام پسماند ورودی به دو مجتمع مورد مطالعه توزین، تفکیک و ثبت می‌شود، بنابراین خصوصیات فیزیکی پسماند تولیدی و همچنین مقادیر مصرف نهاده‌ها از قبیل سوخت، الکتریسیته، آب و غیره جهت پردازش و دفع نهایی با دریافت مجوز رسمی از سازمان مدیریت پسماند شهر تهران و با استفاده اطلاعات ثبت شده در مجتمع آراد کوه و آبعلی بدست آمد، به طوری‌که جهت بدست آوردن داده‌های مصرفی و درصد فیزیکی پسماند در طول یک روز از میانگین روزانه یک سال آخر منتهی به روز داده‌گیری (مهر ماه ۱۳۹۳ تا آبان ۱۳۹۴) استفاده شد، داده‌های مربوط به تولید نهاده‌های مصرفی نیز از پایگاه‌های داده موجود در نرم‌افزار ارزیابی چرخه زندگی SimaPro بدست آمد.

ارزیابی چرخه زندگی (LCA)

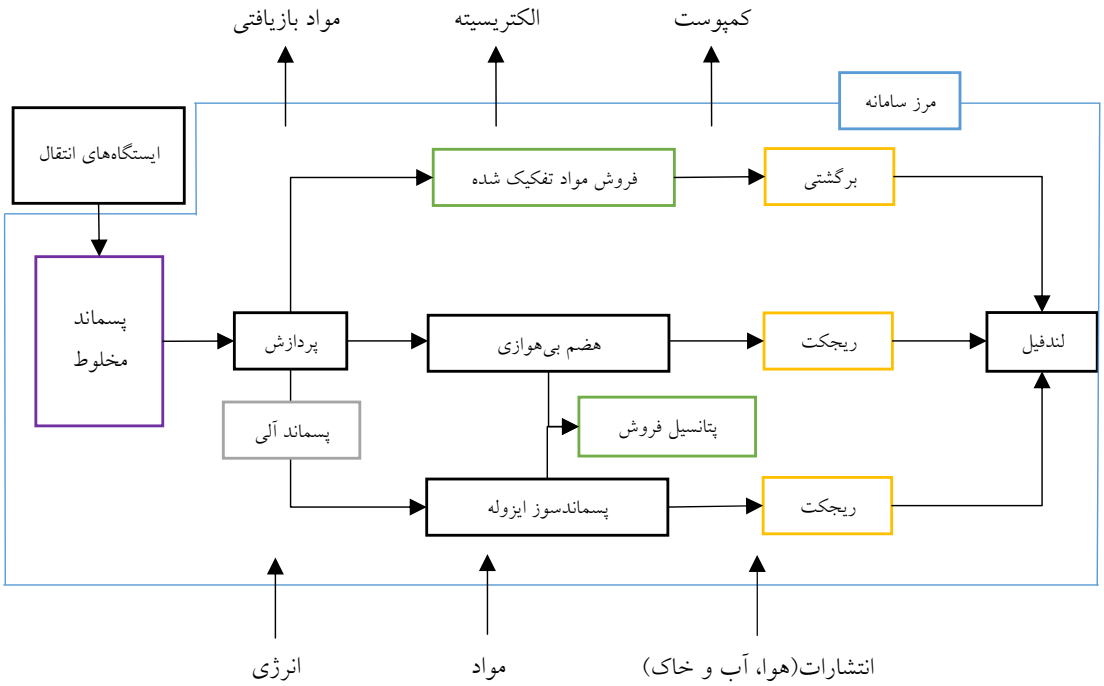
مطالعه ارزیابی چرخه زندگی حاضر بر اساس استاندارد ISO ۱۴۰۴۰ توسعه داده شده است، بر اساس این استاندارد، روند

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

ارزیابی چرخه زندگی از چهار مرحله تشکیل شده است: تعیین هدف و دامنه، تحلیل سیاهه چرخه زندگی (تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها یا انتشار آلاینده‌ها)، ارزیابی اثرات چرخه زندگی و تفسیر نتایج (۲۴). در ادامه این مراحل به طور مختصر شرح داده شده است.

مرحله اول: تعیین هدف و دامنه

در مرحله تعیین هدف و دامنه، چهارچوب کلی یک مطالعه ارزیابی چرخه زندگی شامل نتیجه و عواید حاصل از پژوهش، توصیف واحد عملکردی، سامانه تولید و مرزهای آن، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر مشخص می‌شود (۲۵). انتخاب مرز سامانه به دلیل اینکه تاثیر زیادی بر روی نتایج حاصل از ارزیابی چرخه زندگی می‌گذارد، از جمله اقدامات بسیار مهم و ضروری در این مرحله است (۲۶). در این مطالعه، به منظور بررسی دقیق اثرات زیست‌محیطی هر یک از بخش‌های مورد مطالعه، مرز زیرسامانه‌ها از ایستگاه‌های حمل میانی داخل شهر تا خروجی نهایی هر یک از زیرسامانه‌ها انتخاب شد. بدین ترتیب که پسماند تولیدی روزانه ابتدا توسط کامیون‌های حمل پسماند از ایستگاه‌های میانی داخل شهر بارگیری شده، جهت توزین و تفکیک وارد بخش پردازش و تفکیک می‌شود. سپس پسماندهای آلی وارد زیرسامانه هضم بی‌هوازی، پسماندهای خشک دارای ارزش حرارتی وارد زیرسامانه پسماندسوزی و سایر پسماندها نیز به بخش لندفیل منتقل می‌شود. جهت مشخص شدن توزیع دقیق جریان پسماند در داخل زیرسامانه‌ها و انتشارات مستقیم و غیر مستقیم آلاینده‌های زیستی ناشی از مصرف مواد، مرز سامانه به صورت شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مرزهای سامانه مدیریت پسماند شهری

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

یکـی دیگر از مراحل کلیـدی در ارزیابی چرخه زندگی تعیین واحد عملکردی است، بر اساس استاندارد ISO ۱۴۰۴۰ واحد عملکردی، عملکرد یک واحد یا سامانه تولید را به عنوان واحد مرجع تعییـن می‌کند (۲۴). در یک سـامانه یکپارچه مدیریت پسـماند واحد عملکردی شامل تمام پسـماندهای تولید شده در یک دوره زمانی تعریف شـده برای یک منطقه خاص است (۲۷). مقدار پسماند روزانه وارد شده به هر زیرسامانه به عنوان واحد عملکردی آن زیرسـامانه در مطالعه حاضر انتخاب شده است.

مرحله دوم: تحلیل سیاهه چرخه زندگی

در این مرحله، تمام منابع اسـتفاده شـده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشـی از دوره زندگی محصول یا فرایند که با توجه به واحد عملکردی و مرز سـامانه تعیین می‌شـوند، در نظر گرفته می‌شود. به عبارتی دیگر سیاهه چرخه زندگی شامل جمع‌آوری و سـازمان‌دهی داده‌های ورودی و خروجـی به منظور برآورد اهداف از پیش تعیین شـده مطالعه اسـت (۱۴). در این مطالعه میزان مصرف الکتریسـیته، گازوئیل، بنزین، آب، گاز و کیلومتر مسـافت پیموده شده توسط ماشـین‌های حمل و نقل به عنوان ورودی و همچنیـن میزان تولید بیوگاز، کود کمپوسـت، مواد بازیافتی (از طریق باز استفاده و یا استفاده به عنوان مواد اولیه)، الکتریسیته و انرژی حرارتی (پسماندسوزی) به عنوان خروجی زیرسامانه‌ها جمع‌آوری و سازماندهی شد.

مرحله سوم: ارزیابی اثرات چرخه زندگی

در این مرحله اثرات بالقوه ناشـی از مصـرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسـان و طبیعـت ارزیابی می‌گردد. در واقع هـدف از ارزیابـی اثر چرخه زندگی تفسـیر بیشـتر داده‌های سـیاهه چرخه زندگی است (۲۸). براساس دستورالعمل ISO ۱۴۰۴۲، ارزیابی اثرات چرخه زندگی از چهار مرحله تشـکیل شـده اسـت: انتخاب دسـته اثر و طبقه‌بندی، ویژگی‌سـازی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی. از آنجایی‌که دو مرحله اول اجباری و مراحل دیگر اختیاری اسـت در این مطالعه نیز ابتدا دو مرحله اول و سـپس مرحله سـوم به منظور یکسان‌سـازی واحدها و مقایسـه بخش‌های اثر مختلف با یکدیگر انجام خواهد شد، به عبارتی دیگر، یکسان‌سازی واحدها با این هدف انجام می‌شود کـه عمومـا در یک مطالعه ارزیابی چرخـه زندگی، هر یک از بخش‌هـای اثـر، دارای واحد اندازه‌گیری متفاوتی هسـتند، به طوری‌که مقایسـه اهمیت بخش‌های اثر در یک زیرسـامانه و همچنین بین زیرسـامانه‌های مختلف امکان‌پذیر نیسـت، برای همین منظور معمولا از روش نرمال‌سـازی اسـتفاده می‌شـود، بدین صورت که هر بخش اثر به یک مقدار مرجعی که معمولا متوسـط بار زیسـت محیطی سالانه در یک کشـور یا اقلیم به ازای هر فرد اسـت، تقسیم می‌شود. نرمال‌سازی بخش‌های اثر، واحدهای اندازه‌گیری این بخش‌ها را یکسـان می‌سـازد و در نتیجه مقایسـه بین آنها و کاربردشان به عنوان مقادیر هم واحد راحت‌تر می‌شود.

در این مطالعه، ارزیابی اثرات زیسـت محیطی بر اساس روش CML Baseline ۲۰۰۰ انجـام شـد. مرور منابع نشـان داده است که اغلب این روش در ارزیابی چرخه زندگی سامانه‌های مدیریت پسـماند مورد اسـتفاده قرار گرفته اسـت (۳۲-۲۹). شـاخص‌های مورد اسـتفاده در این روش به طور مختصر در جدول ۱ شرح داده شده است (۳۳).

مرحله چهارم: تفسیر نتایج

در ایـن مرحله نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی اثر مورد ارزشـیابی قرار می‌گیرد تا مراحل یا نقاطی که در مسـیر تولید و مصرف محصول بیشـترین و کمترین اثر سـوء برای محیط زیست را داشته‌اند، مشـخص گردد و در نهایت نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد بررسی قرار می‌گیرند (۳۴). جهت ارزیابی اثرات چرخه زندگی زیرسـامانه‌های تحـت مطالعه، داده‌های بدسـت آمده از مرحله سـیاهه چرخه زندگـی وارد نرم افزار SimaPro V. ۸,۰,۳ شد. این نرم افزار یکی از پرکاربردترین و محبوب‌ترین نرم افزارهای ارزیابی چرخه زندگی است (۳۵).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

جدول ۱- بخش‌های اثر، واحد اندازه‌گیری و تعریف هر بخش

بخش‌های اثر	نماد	واحد اندازه‌گیری	تعریف
تقلیل مواد غیرآلی (Abiotic Depletion)	AD	kg Sb eq	میزان مصرف منابع غیر آلی در طول چرخه زندگی محصول
اسیدی شدن (Acidification)	AC	kg SO_2 eq	تاثیر بسیار گسترده‌ای روی خاک، آب‌های سطحی و زیر زمینی، ارگانیسم‌ها و مواد دارد
اختناق دریاچه‌ای (Eutrophication)	EP	kg PO_4^{3-} eq	واکنش اکوسامانه به افزایش مواد طبیعی یا مصنوعی مانند نیترات و فسفر است که به واسطه کودهای شیمیایی و یا پساب فاضلاب‌ها به محیط اضافه می‌شود
گرمایش جهانی (Global Warming)	GW	kg CO_2 eq [a]	سهم گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از سامانه‌های تولیدی که سبب ایجاد آلودگی زیست محیطی می‌شوند را بیان می‌کند
نقصان لایه ازن (Ozone Layer Depletion)	OLD	kg CFC-۱۱ eq	باعث رسیدن بخش بزرگتری از اشعه ماوراء بنفش به سطح زمین می‌شوند. که اثرات بالقوه مضر بر سلامت انسان، سلامت حیوانات، اکوسامانه‌های زمینی و آبی، چرخه‌های بیوشیمیایی و مواد می‌گذارد
مسمومیت انسان‌ها (Human Toxicity)	HT	kg ۱،۴-DCB eq [b]	تاثیر مواد سمی موجود در طبیعت بر سلامتی انسان‌ها
مسمومیت آب‌های سطحی (Freshwater Aquatic Ecotoxicity)	FE	kg ۱،۴-DCB eq [b]	تاثیر مواد سمی موجود در طبیعت بر کیفیت آب‌های سطحی
مسمومیت آب‌های آزاد (Marine Aquatic Ecotoxicity)	ME	kg ۱،۴-DCB eq [b]	تاثیر مواد سمی موجود در طبیعت بر کیفیت آب‌های آزاد
مسمومیت خاک (Terrestrial Ecotoxicity)	TE	kg ۱،۴-DCB eq [b]	تاثیر مواد سمی حاصل از تولید و فرآوری محصول بر خاک
اکسیداسیون فتوشیمیایی (Photochemical Oxidation)	PO	kg C_2H_4 eq	شکل‌گیری واکنش ترکیبات شیمیایی مانند ازون توسط نور خورشید روی آلودگی‌های اولیه هوا

a. Considering ۱۰۰ years b. DCB= dichlorobenzene

یافته‌ها

تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه هضم بی‌هوازی: میزان انتشـــار آلاینده‌های زیست محیطی در هر بخـــش اثر و به ازای ۳۰۰ ton پســـماند ورودی روزانه به زیرسامانه هضم بی‌هوازی در جدول ۲ نشان داده شده است.

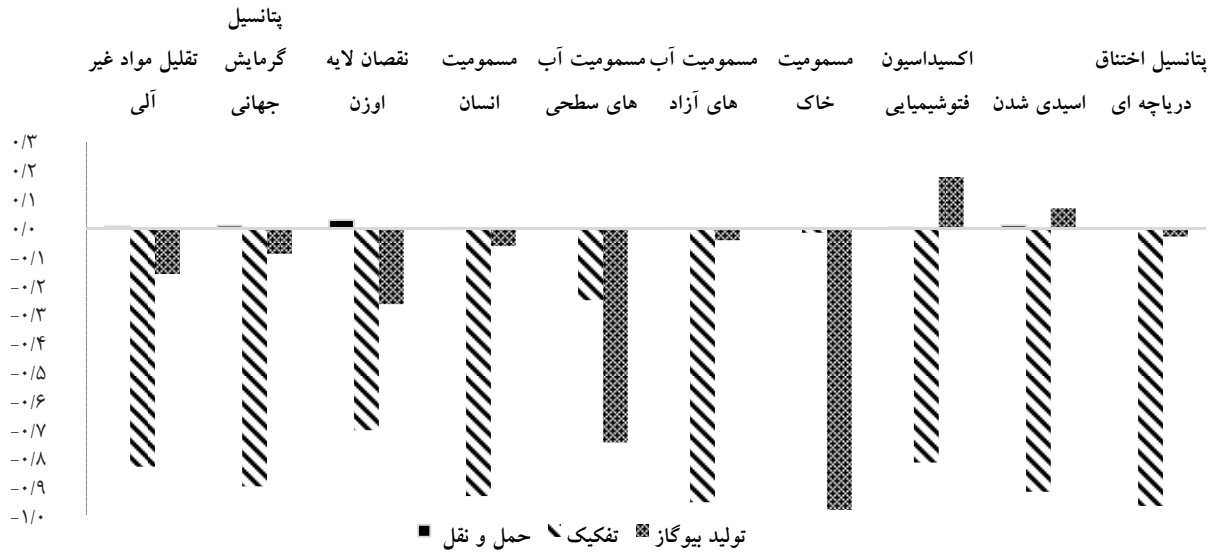
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

جدول ۲- ارزیابی اثرات چرخه زندگی زیرسامانه هضم بی‌هوازی

گروه اثر	واحد اندازه‌گیری	کل	تفکیک	حمل و نقل	تولید بیوگاز	به ترتیب اثرگذارترین بخش	
						کاهشی	افزایشی
AD	kg Sb eq	-۰/۴۳	-۰/۳۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۷	پت- کاغذ- الکتریسیته	-
AC	kg SO_2 eq	-۴۴۹	-۴۹۱	۵/۱۷	۳۷	کاغذ- پت- آلومینیوم	فرایند بیوگاز
EP	kg PO^{-3}_4 eq	-۱۶۹۰	-۱۶۴۳	۱/۸	-۴۹	پت- کاغذ- الکتریسیته	فرایند بیوگاز
GW	kg CO_2 eq	-۱۲۵۹۳۵	-۱۱۵۵۳۵	۱۰۹۲	-۱۱۴۹۳	پت-کاغذ- نایلون-الکتریسیته	فرایند بیوگاز
OLD	kg CFC۱۱ eq	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۸	-/۰۰۰۷	کاغذ-پت-فلز- الکتریسیته	سدیم-حمل و نقل
HT	kg ۱،۴-DB eq	۶۶۸۰۷	-۶۲۷۵۵	۱۰۹	-۴۲۱۸	آلومینیوم-پت- کاغذ-الکتریسیته	-
FE	kg ۱،۴-DB eq	-۱۳۲۴۱۳	-۳۳۳۵۸	۱/۰۷	-۹۹۱۶۸	آلومینیوم-پت- کاغذ-الکتریسیته	-
ME	kg ۱،۴-DB eq	-۲۹۲۸۹۱۶۵۶	-۲۸۰۹۷۰۲۸۶	۱۷۵۱۸۸	-۱۲۲۵۴۸۲۴	آلومینیوم-پت- کاغذ-الکتریسیته	-
TE	kg ۱،۴-DB eq	-۷۶۷۰	-۱۲۵	۰/۲۵	-۷۵۴۵	الکتریسیته	-
PO	kg C_2H_4	-۳۳	-۴۳	۰/۱۷	۹/۳	فلز-پت- آلومینیوم- الکتریسیته	فرایند بیوگاز

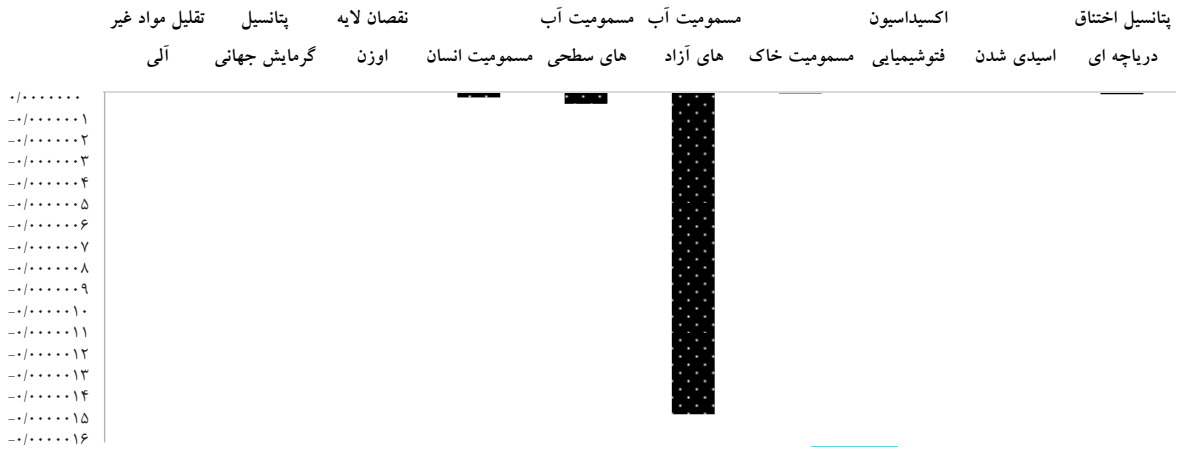
از نمودار ۱ به منظور بیان سهم نسبی هر یک از مراحل زیرسامانه مذکور در انتشار آلاینده‌های زیستی مربوط به هر بخش اثر استفاده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در بخش‌های اثر تقلیل مواد غیرآلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، گرمایش جهانی، نقصان لایه اوزن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های آزاد و اکسیداسیون فتوشیمیایی بخش تفکیک و در بخش‌های اثر مسمومیت آب‌های آزاد و مسمومیت خاک فرایند تولید بیوگاز دارای بیشترین سهم کاهشی هستند. همچنین در بخش‌های اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی و اسیدی شدن بخش تولید بیوگاز و سایر بخش‌ها نیز حمل و نقل داری بیشترین سهم در افزایش بار زیست محیطی هستند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]



نمودار ۱- سهم هر یک از فرایندها در انتشار و اجتناب از انتشار آلاینده‌های زیستی در زیرسامانه هضم بی‌هوازی

مقادیر نرمال شده هر کدام از بخش‌های اثر این زیرسامانه در نمودار ۲ نشان داده شده است. مطابق نمودار، بخش‌های اثر مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت آب‌های سطحی و مسمومیت انسان به ترتیب دارای بیشترین سهم در کاهش بارهای زیست محیطی هستند.



نمودار ۲- بخش‌های اثر نرمال شده در زیرسامانه هضم بی‌هوازی

تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه پسماندسوزی

میزان انتشار بار زیست محیطی و انتشارات اجتنابی در هر یک از بخش‌های اثر زیرسامانه پسماندسوزی به ازای ۴۰۸ ton پسماند ورودی روزانه (واحد عملکردی) در جدول ۳ آورده شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

جدول ۳- ارزیابی اثرات چرخه زندگی زیرسامانه پسماندسوزی

گروه اثر	واحد اندازه‌گیری	کل	تفکیک	حمل و نقل	پسماندسوز	به ترتیب اثرگذارترین بخش	
						کاهشی	افزایشی
AD	kg Sb_{eq}	-۰/۷۶	-۰/۷۶	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۱	پت، کاغذ	-
AC	kg $SO_{۲\ eq}$	-۹۷۴	-۱۰۴۳	۷/۱۳	۶۲	کاغذ، پت، آلومینیوم، الکتریسیته	پسماندسوز
EP	kg $PO^{-۳}_{۴\ eq}$	-۳۴۷۱	-۳۴۹۱	۲/۸	۱۷	پت، کاغذ	-
GW	kg $CO_{۲\ eq}$	-۲۶۴۸۷۲	-۲۴۵۵۱۲	۱۵۰۸	-۲۰۸۶۹	پت، کاغذ، نایلون، الکتریسیته	-
OLD	kg $CFC۱۱_{\ eq}$	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۲	کاغذ، پت، فلز، الکتریسیته	حمل و نقل، الکتریسیته
HT	kg ۱،۴-DB_{eq}	-۱۰۹۴۹۴	-۱۳۳۳۵۵	۲۲۸	۲۳۶۳۳	آلومینیوم،پت،کاغذ	پسماندسوز
FE	kg ۱،۴-DB_{eq}	-۷۰۹۸۸	-۷۰۸۵۵	۱۵۶	-۲۵۹	آلومینیوم، پت، کاغذ	لیم
ME	kg ۱،۴-DB_{eq}	-۵۶۷۹۱۱۱۸۳	-۵۹۷۰۶۱۸۵۸	۴۶۰۲۹۲	۲۸۶۹۰۳۸۰	آلومینیوم، پت،کاغذ	پسماندسوز، لیم
TE	kg ۱،۴-DB_{eq}	-۲۷۱	-۲۶۵	۰/۳۶	۴۷	کاغذ، پت، آلومینیوم	پسماندسوز
PO	kg $C_۲H_۴$	-۶/۵	-۹۸	۰/۲۳	۳/۶	فلز، پت، آلومینیوم، الکتریسیته	پسماندسوز

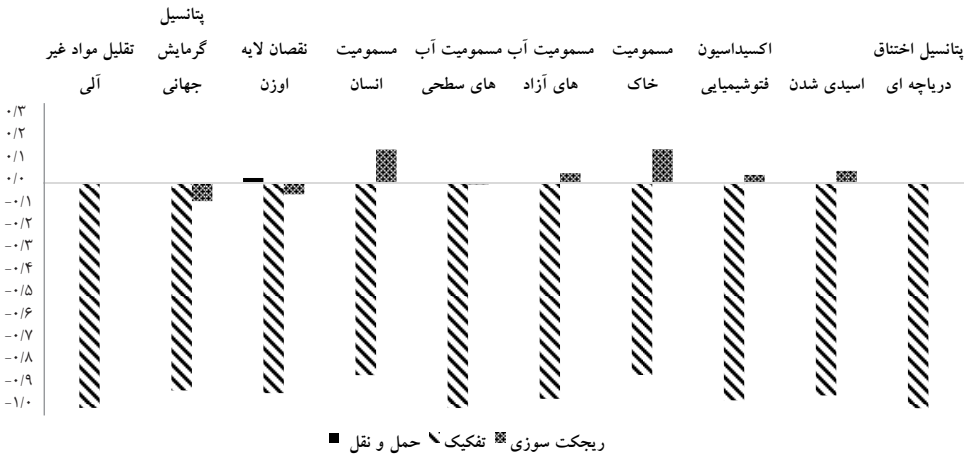
نمودار ۳ سهم نسبی هر یک از مراحل زیرسامانه پسماندسوز در انتشار آلاینده‌های زیست محیطی مربوط به هر بخش اثر نشان می‌دهد. مطابق نمودار، در تمامی بخش‌های اثر فرایند تفکیک مواد دارای سهم قابل توجهی در اجتناب از نشر آلاینده‌های زیست محیطی بود و همچنین در بخش‌های اثر مسمومیت انسان، مسمومیت خاک، اسیدی شدن، مسمومیت آب‌های آزاد و اکسیداسیون فتوشیمیایی فرایند پسماندسوزی و در بخش اثر نقصان لایه اوزن فرایند حمل و نقل بیشترین سهم افزایشی را به خود اختصاص داده است.

بر طبق نمودار ۴ که نتایج نرمال‌سازی بخش‌های اثر این زیرسامانه را نشان می‌دهد، بخش اثر مسمومیت آب‌های آزاد بیشترین سهم کاهشی در بارهای زیست محیطی را به خود اختصاص داده است.

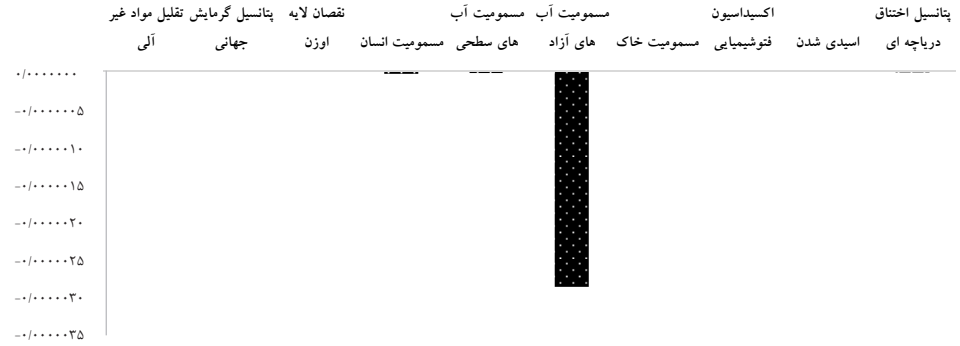
تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه لندفیل

میزان انتشار بار زیست محیطی در هر یک از بخش‌های اثر به ازای هر ton ۶۷۷۲/۷۵ (تقریبا ۹۰ درصد از کل) پسماند ورودی روزانه برای زیرسامانه لندفیل مطابق جدول ۴ خلاصه شد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]



نمودار ۳- سهم هر یک از فرایندها در انتشار و اجتناب از انتشار آلاینده‌های زیستی در زیرسامانه پسماندسوزی



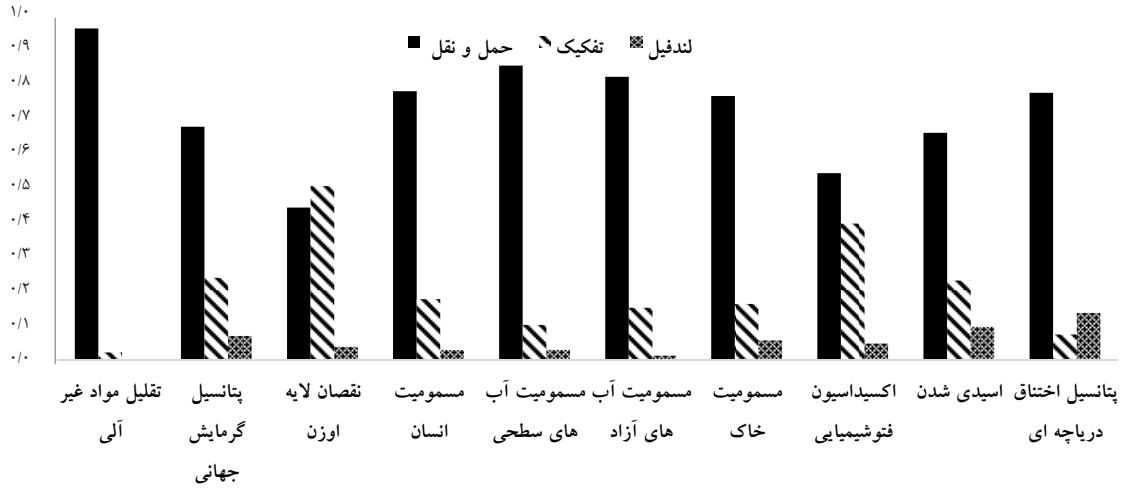
نمودار ۴- بخش‌های اثر نرمال شده در زیرسامانه پسماندسوزی

جدول ۴- ارزیابی اثرات چرخه زندگی زیرسامانه لندفیل

گروه اثر	واحد اندازه‌گیری	کل	تفکیک	حمل و نقل	پسماندسوز	به ترتیب اثرگذارترین بخش	
						کاهشی	افزایشی
AD	kg Sb_{eq}	۰/۱۳	۰/۰۰۳	۰/۱۳	۰/۰۰۰۱۹	–	حمل و نقل
AC	kg $SO_{۲\ eq}$	۳۶۲	۴۷/۷	۲۴۲	۳۵	–	حمل و نقل، جداسازی، دفن
EP	kg $PO^{-۳}_{۴\ eq}$	۱۱۸	۹	۹۳	۱۶/۵	–	حمل و نقل، دفن، جداسازی
GW	kg $CO۲_{\ eq}$	۷۴۴۷۸	۱۸۰۲۲	۵۱۲۰۶	۵۲۵۰	–	حمل و نقل، جداسازی، دفن
OLD	kg $CFC۱۱_{\ eq}$	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	–	جداسازی، حمل و نقل، دفن
HT	kg ۱،۴-DB_{eq}	۹۸۱۱	۱۷۵۶	۷۷۷۳	۲۸۲	–	حمل و نقل، جداسازی
FE	kg ۱،۴-DB_{eq}	۶۱۱۵	۶۳۰	۵۳۰۸	۱۷۷	–	حمل و نقل، جداسازی
ME	kg ۱،۴-DB_{eq}	۱۸۷۲۸۱۹۹	۲۸۷۴۳۶۱	۱۵۶۲۶۲۳۰	۲۲۷۶۰۷	–	حمل و نقل، جداسازی
TE	kg ۱،۴-DB_{eq}	۱۶	۲/۶	۱۲/۳	۰/۹	–	حمل و نقل، جداسازی، دفن
PO	kg $C_۲H_۴$	۱۵/۵	۵/۸	۸/۳	۱/۴	–	حمل و نقل، جداسازی

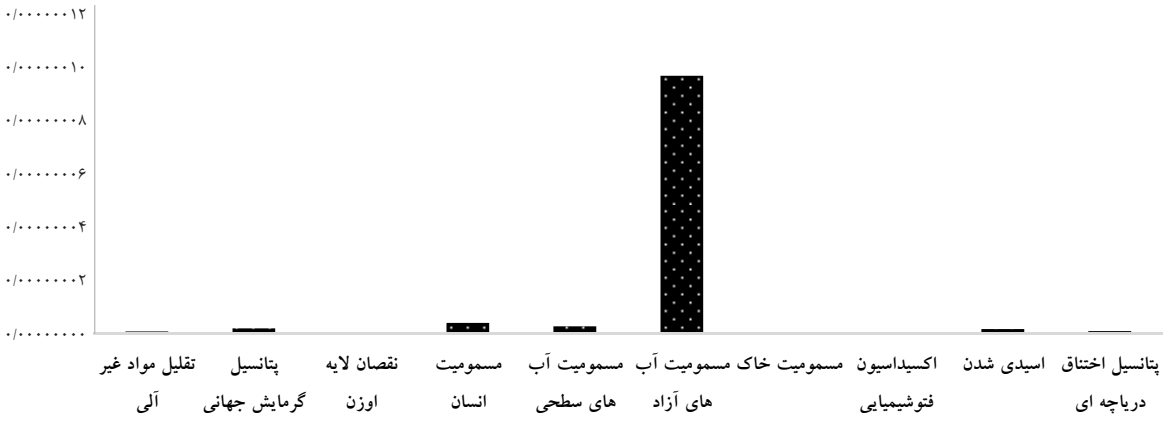
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

در نمودار ۵ سهم هر یک از نهاده‌ها و مراحل دفن (لندفیل) در هر یک از بخش‌های اثر نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد، در بخش اثر پتانسیل اختناق دریاچه‌ای به ترتیب حمل و نقل، دفن پسماند و جداسازی پسماندهای دفنی بیشترین سهم از افزایش بارهای زیست محیطی را به خود اختصاص داده‌اند در حالی‌که در سایر بخش‌های اثر به ترتیب حمل و نقل، جداسازی پسماندهای دفنی و دفن پسماند دارای سهم قابل ملاحظه‌ای بودند.



نمودار ۵- سهم هر یک از فرایندها در انتشار آلاینده‌های زیستی زیرسامانه لندفیل

نتایج نرمال‌سازی جهت مقایسه و بررسی بخش‌های اثر این زیرسامانه با یکدیگر و سایر زیرسامانه‌ها در نمودار ۶ خلاصه شده است. مطابق نمودار، بخش‌های اثر گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی دارای بیشترین بار زیست محیطی در دفن پسماند هستند.



نمودار ۶- بخش‌های اثر نرمال شده در زیرسامانه لندفیل

بحث

در این مطالعه جهت برآورد میزان آلاینده‌های ناشی از زیرسامانه‌های مختلف پردازش و دفع پسماند شهر تهران، اثرات زیست محیطی جریان پردازش و دفع پسماندهای روزانه با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی مورد بررسی قرار گرفته است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

ارزیابی نشر آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه هضم بی‌هوازی

مطابق جدول ۲، در یک زیرسامانه هضم بی‌هوازی همراه با فرایند تفکیک، جبران نشر آلاینده‌های زیست محیطی از طریق بازیافت و بازاستفاده مواد در کنار الکتریسیته حاصل از تولید بیوگاز از جمله عوامل بسیار مهم است، به عبارتی بهتر در این زیرسامانه موادی از قبیل فلز، شیشه، کاغذ، آلومینیوم، پت و پلاستیک جداسازی و جهت بازاستفاده یا استفاده به عنوان مواد اولیه وارد چرخه تولید می‌شود، به طوری‌که مقدار قابل توجهی از انتشارات ناشی از چرخه تولید آنها کاسته می‌شود (انتشارات اجتنابی). همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، میزان تاثیر بازیافت این مواد و بازیافت انرژی از پسماندهای آلی (الکتریسیته) به صورت اعداد منفی گزارش شده که نشان‌دهنده قابلیت بالایی فرایند بازیافت در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی است. همچنین در این مطالعه، پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و تقلیل مواد غیرآلی به عنوان مهم‌ترین بخش‌های اثر در نظر گرفته شدند که به ترتیب به منظور بیان سهم گازهای منتشر شده از سامانه‌ها، نشان دادن تاثیر مواد اسیدی برروی اکوسامانه، بررسی تاثیرات ناشی از مصرف ریزمغذی‌ها و انتقالشان به سامانه‌های آبزی و بیان میزان مصرف مواد غیرآلی در چرخه زندگی محصول استفاده می‌شوند. در این زیرسامانه، پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و تقلیل مواد غیر آلی به ترتیب برابر با $-۱۲۵۹۳۵\ kg\ CO_2\ eq$، $-۴۴۹\ kg\ SO_2\ eq$، $-۱۶۹۰\ kg\ PO_4^{3-}\ eq$ و $-۰/۴۳\ kg\ Sb\ eq$ برآورد شده است.

ارزیابی نشر آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه پسماندسوزی

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود در این زیرسامانه نیز فرایند تفکیک و پسماندسوزی به ترتیب با فراهم آوردن امکان بازیافت و بازاستفاده مواد و تولید انرژی (الکتریسیته) نقش به سزایی را در کاهش بارهای زیست محیطی ایفا می‌کنند، به طوری‌که میزان پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و تقلیل مواد غیرآلی به ترتیب برابر با $-۳۴۷۱\ kg\ PO_4^{3-}\ eq$، $-۹۷۴\ kg\ SO_2\ eq$، $-۲۶۴۸۷۲\ kg\ CO_2\ eq$ و $-۰/۷۶\ kg\ Sb\ eq$ برآورد شده است. البته باید توجه داشت در فرایند پسماندسوزی بخش‌های اثر مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت انسان، اسیدی شدن و مسمومیت خاک دارای سهم قابل توجهی در افزایش بارهای زیست محیطی بوده‌اند که عمدتا به دلیل مصرف دیزل، الکتریسیته و انتشار گازهای سمی و فلزات خطرناک در هوا، آب‌های زیرزمینی و خاک در حین فرایند پسماندسوزی است. برای مثال، در بخش‌های اثر مسمومیت انسان‌ها و مسمومیت آب‌های آزاد به ترتیب انتشار تالیوم و هیدروژن فلورید به هوا در حین فرایند پسماندسوزی بیشترین سهم را دارا هستند.

ارزیابی نشر آلاینده‌های زیست محیطی در زیرسامانه لندفیل

طبق نتایج بدست آمده از جدول ۴، میزان پتانسیل گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای و تقلیل مواد غیرآلی به ترتیب برابر با $۷۴۴۷۸\ kg\ CO_2\ eq$، $۳۶۲\ kg\ SO_2\ eq$، $۱۱۸\ kg\ PO_4^{3-}\ eq$ و $۰/۱۳\ kg\ Sb\ eq$ برآورد شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در این زیرسامانه استفاده از ماشین‌های سنگین و فرسوده حمل و نقل و دفن اصلی‌ترین عامل بالا بودن میزان بخش اثر پتانسیل گرمایش جهانی است به طوری‌که انتشار متان حاصل از سوخت دیزل در هوا بیش از ۹۰ درصد این بخش اثر را به خود اختصاص داده است. همچنین بخش‌های اثر پتانسیل گرمایش جهانی، مسمومیت انسان و مسمومیت آب‌های سطحی بعد از مسمومیت آب‌های آزاد به ترتیب دارای بیشترین سهم در افزایش بارهای زیست محیطی بوده‌اند.

با توجه به نتایج حاصل از سه زیرسامانه استنباط می‌شود، در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند تفکیک و بازیافت مواد در وهله اول، استفاده از پتانسیل‌های موجود (تولید بیوگاز،

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

الکتریسیته، کمپوست و غیره)، استفاده از مکان‌های دفن و پردازش با فاصله مناسب از یکدیگر و ایستگاه‌های دفن و همچنین به کارگیری ماشین‌های حمل و نقل، پردازش و دفن مناسب در وهله‌های بعدی می‌تواند کمک شایانی به کاهش بارهای زیست محیطی و در بعضی مواقع حتی جلوگیری از انتشار ناشی از تولید مواد اولیه و انرژی داشته باشد.

Nouri و همکاران در مطالعه‌ای با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی و مدل تصمیم‌گیری چند معیاره زیرسامانه‌های مختلف پردازش و دفع پسماند در شهر اصفهان به ازای واحد عملکردی ton ۱ را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد، در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند چنانچه زیرسامانه‌ای شامل پردازش و پالایش پسماند از قبیل تفکیک (بازیافت یا باز استفاده)، تولید انرژی، تولید کمپوست باشد، مقدار قابل توجهی از نشر آلاینده‌های زیست محیطی کاسته خواهد شد، همانطور که در مطالعه حاضر به وضوح رویت شد (۳۶). Hong و همکاران در پژوهشی به مقایسه اثرات زیست محیطی ۴ زیرسامانه پردازش و دفع پسماند از قبیل لندفیل، پسماندسوزی، کمپوست همراه با لندفیل و کمپوست همراه با پسماندسوزی در کشور چین پرداختند، نتایج نشان داد بخش اثر پتانسیل گرمایش جهانی به شدت از میزان پسماند ورودی به زیرسامانه لندفیل و بازیافت الکتریسته از پسماندهای تولیدی تاثیر می‌پذیرد که تا حدود زیادی با نتایج مطالعه حاضر هم راستا است (۲۲).

در نهایت باید متذکر شد، اصولا در یک مطالعه ارزیابی چرخه زندگی جهت وارد کردن و استفاده از داده‌های مربوط به تولید نهاده‌های مصرفی باید از پایگاه داده‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه استفاده شود که متاسفانه با توجه به نوپا بودن مطالعه ارزیابی چرخه زندگی در کشورهای در حال توسعه و بخصوص ایران تحقیق چنین امری با دشوارهای بسیار زیادی همراه است، به همین دلیل در مطالعه حاضر برخی موارد مربوط به داده‌های پس زمینه از استانداردهای جهانی اخذ شده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه که با هدف برآورد آلاینده‌های زیست محیطی سه زیرسامانه (پردازش و دفن) هضم بی‌هوازی، پسماندسوزی و لندفیل واقع در مجتمع‌های آراد کوه (۲۳ کیلومتری جاده قدیم قم) و آبعلی (منطقه ۴، دماوند) با استفاده از روش LCA در شهر تهران انجام پذیرفت، نتایج نشان داد در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند شهری هر چقدر نرخ تفکیک و بازیافت افزایش یابد، با توجه به افزایش مقدار مواد جهت بازیافت و بازاستفاده و همچنین جلوگیری از انتشارات ناشی از تولید مواد اولیه، میزان نشر آلاینده‌های زیست محیطی نیز به طور قابل توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. به طور کلی با توجه به فرایندهای تشکیل‌دهنده هر کدام از زیرسامانه‌ها و نتایج حاصل از ارزیابی نشر آلاینده‌ها در زیرسامانه‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت در یک سامانه یکپارچه مدیریت پسماند، زیرسامانه‌های مولد انرژی مانند هضم بی‌هوازی و پسماندسوزی باید در اولویت اول و زیرسامانه‌های سنتی مانند لندفیل در اولویت آخر قرار گیرد. همچنین مقادیر واقعی و نرمال شده بخش‌های اثر در زیرسامانه‌های مذکور نشان داد، میزان مسمومیت آب‌های آزاد در هر سه زیرسامانه به طور معنی‌داری بیشتر از سایر بخش‌های اثر است. بنابراین جهت روشن شدن دلیل این امر ضروری بود روند کلی تغییرات، پس‌زمینه زیرسامانه‌ها و عوامل نشر آلاینده‌ها با دقت بیشتری مورد بازبینی قرار گیرد، بررسی‌ها نشان داد عمده‌ترین عامل افزایش این بخش اثر ناشی از انتشار قابل توجه هیدروژن فلورید (انتشار به هوا)، برلیم، نیکل، باریم، کبالت، وانادیم، سلنیم، مس و روی(انتشار به آب) در پس زمینه زیرسامانه‌ها است و از آنجایی که کنترل چنین عواملی خارج از حیطه مدیریت پسماند هست، لذا توصیه می‌شود در مطالعه‌ای جامع و جداگانه به بررسی این عوامل و راهکارهای کاهش نشر آلاینده‌های ناشی از آنها پرداخته شود.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصـــل پایان‌نامه با عنوان "مطالعه و امکان ســـنجی برآورد کمترین هزینه و انتشار آلایندگی دفع پسماندهای جامد شـــهری به روش کمپوست با استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات در تهران" در مقطع کارشناســـی ارشـــد در سال ۱۳۹۴ اســـت که با حمایت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی اجرا شده است.

منابع

1. Sharma YC, Singh B, Madhu D, Liu Y, Yaakob Z. Fast synthesis of high quality biodiesel from 'waste fish oil'by single step transesterification. Biofuel Research Journal. 2014;1(3):78-80.
2. Eriksson O, Reich MC, Frostell B, Björklund A, Assefa G, Sundqvist J-O, et al. Municipal solid waste management from a systems perspective. Journal of Cleaner Production. 2005;13(3):241-52.
3. Haile M. Integrated volarization of spent coffee grounds to biofuels. Biofuel Research Journal. 2014;1(2):65-69.
4. Fernández-Nava Y, Del Rio J, Rodríguez-Iglesias J, Castrillón L, Marañón E. Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: A case study of Asturias (Spain). Journal of Cleaner Production. 2014;81:178-89.
5. Rajaeifar MA, Tabatabaei M, Ghanavati H, Khoshnevisan B, Rafiee S. Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;51:886-98.
6. Laurent A, Bakas I, Clavreul J, Bernstad A, Niero M, Gentil E, et al. Review of LCA studies of solid waste management systems–Part I: Lessons learned and perspectives. Waste Management. 2014;34(3):573-88.
7. Andersen JK, Boldrin A, Christensen TH, Scheutz C. Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: An environmental assessment using life cycle assessment-modelling. Waste Management. 2012;32(1):31-40.
8. Barton J, Dalley D, Patel V. Life cycle assessment for waste management. Waste Management. 1996;16(1):35-50.
9. Denison RA. Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling, and incineration: A review of recent studies. Annual Review of Energy and the Environment. 1996;21(1):191-237.
10. Ekvall T, Assefa G, Björklund A, Eriksson O, Finnveden G. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. Waste Management. 2007;27(8):989-96.
11. Finnveden G, Ekvall T. Life-cycle assessment as a decision-support tool—the case of recycling versus incineration of paper. Resources, Conservation and Recycling. 1998;24(3):235-56.
12. Morrissey AJ, Browne J. Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste Management. 2004;24(3):297-308.
13. Song Q, Wang Z, Li J. Environmental performance of municipal solid waste strategies based on LCA method: A case study of Macau. Journal of Cleaner Production. 2013;57:92-100.
14. Guinée JB. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2002;7(5):311-13.
15. Bueno G, Latasa I, Lozano P. Comparative LCA of two approaches with different emphasis on energy or material recovery for a municipal solid waste management system in Gipuzkoa. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;51:449-59.
16. Parkes O, Lettieri P, Bogle IDL. Life cycle assessment of integrated waste management systems for alternative legacy scenarios of the London Olympic Park. Waste Management. 2015;40:157-66.
17. Consonni S, Giugliano M, Grosso M. Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste: Part B: Emission and cost estimates. Waste Management. 2005;25(2):137-48.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

18. Damgaard A, Manfredi S, Merrild H, Stensøe S, Christensen TH. LCA and economic evaluation of landfill leachate and gas technologies. Waste Management. 2011;31(7):1532-41.
19. Emery A, Davies A, Griffiths A, Williams K. Environmental and economic modelling: A case study of municipal solid waste management scenarios in Wales. Resources, Conservation and Recycling. 2007;49(3):244-63.
20. Ghanbarzadeh Lak M, Sabour MR. Greenhouse gas emissions and energy consumption through solid waste disposal scenarios using LCA- case study: Siri Island. Journal of Environmental Studies. 2010;36(55):67-78 (in Persian).
21. Gunamantha M. Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of Kartamantul region, Yogyakarta. Renewable Energy. 2012;41:277-84.
22. Hong J, Li X, Zhaojie C. Life cycle assessment of four municipal solid waste management scenarios in China. Waste Management. 2010;30(11):2362-69.
23. Yi S, Kurisu KH, Hanaki K. Life cycle impact assessment and interpretation of municipal solid waste management scenarios based on the midpoint and endpoint approaches. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2011;16(7):652-68.
24. ISO. ISO 14040: Environmental management–life cycle assessment–principles and framework. Geneve: International Organization for Standardization; 2006 Jul. Report No.: ISO/TC 207/SC 5.
25. Shojaee HR. Determination of the Energy, economic and environmental index of cattle farms in Tehran province [dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2015 (in Persian).
26. Wenzel H, Villanueva A, Willum O, Bey N, Vrgoc M, Frees N. The significance of boundary conditions and assumptions in the environmental life cycle assessment of waste management strategies. Proceedings of Nor LCA; 2006 Apr 3-5; Lund, Sweden.
27. Gentil EC, Damgaard A, Hauschild M, Finnveden G, Eriksson O, Thorneloe S, et al. Models for waste life cycle assessment: Review of technical assumptions. Waste Management. 2010;30(12):2636-48.
28. Yousefinejad M. Evaluation of energy consumption and emissions from main cigarette production factories in Iran [dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2015 (in Persian).
29. Assefa G, Eriksson O, Frostell B. Technology assessment of thermal treatment technologies using ORWARE. Energy Conversion and Management. 2005;46(5):797-819.
30. Banar M, Cokaygil Z, Ozkan A. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. Waste Management. 2009;29(1):54-62.
31. El Hanandeh A, El-Zein A. Life-cycle assessment of municipal solid waste management alternatives with consideration of uncertainty: SIWMS development and application. Waste Management. 2010;30(5):902-11.
32. Laurent A, Clavreul J, Bernstad A, Bakas I, Niero M, Gentil E, et al. Review of LCA studies of solid waste management systems–Part II: Methodological guidance for a better practice. Waste Management. 2014;34(3):589-606.
33. Kouchaki H. Modelling and optimization of energy consumption and emissions of wood-based panel's production process in Iran [dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2015 (in Persian).
34. Soltani A, Rajabi MH, Zeynali A, Soltani E. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: Wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production. 2010;3(3):201-18.
35. Mousazadeh H, Keyhani A, Javadi A, Mobli H, Abrinia K, Sharifi A. Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. Energy Conversion and Management. 2011;52(3):1700-10.
36. Nouri J, Ali Omrani G, Arjmandi R, Kermani M. Comparison of solid waste management scenarios based on life cycle analysis and multi-criteria decision making (Case study: Isfahan city). Iranian Journal of Science and Technology (Sciences). 2014;38(3):257-64.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Comparison of the Environmental Impacts of Different Municipal Solid Waste Treatments using Life Cycle Assessment (LCA) (Case Study: Tehran)

S Nasrollahi-Sarvaghaji[1], R Alimardani[2,*], M Sharifi[3], MR Taghizadeh Yazdi[4]

1. MSc Graduated, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
4. Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 6 February 2016
Revised: 27 April 2016
Accepted: 3 May 2016
Published: 18 September 2016

Key words: Urban waste management, SimaPro software, Life cycle assessment

***Corresponding Author:**
rmardani@ut.ac.ir
Tel: +989123332216

ABSTRACT

Background and Objectives: The continuous increase in solid waste generation worldwide due to population growth and industrialization, calls for management strategies that integrate concerns for environmental sustainability. By quantifying environmental impacts of systems, Life Cycle Assessment (LCA) is a tool which can contribute to answering that call. The aim of this study was to evaluate environmental pollutants resulting from various treatment options including anaerobic digestion, incineration, and landfill of Municipal Solid Waste (MSW) generated daily in Tehran.

Materials and Methods: First, the physical properties of the waste and consumption of inputs in the study area were determined from September to October, 2014- 2015. Then the different steps of LCA in relation to each of the subsystems were followed (with SimaPro software). Finally, the results based on the CML Baseline 2000 were presented and analyzed.

Results: It was found that when the higher rate of separation and processing in any subsystems increases, the emission of environmental pollutants decreases, so that the global warming potential, acidification, eutrophication, and abiotic depletion as the most important impact categories in the subsystems of anaerobic digestion were obtained as -125935 kg CO_2/day, -449 kg SO_2/day, -1690 kg PO_4^{3-}/day and -0.43 kg Sb/day, respectively and in incineration were obtained as -264872 kg CO_2/day, -974 kg SO_2/day, -3471 kg PO_4^{3-}/day and -0.76 kg Sb/day, respectively, while in the landfill subsystem, they were estimated to be 74478 kg CO_2/day, 362 kg SO_2/day, 118 kg PO_4^{3-}/day, and 0.13 kg Sb/day, respectively.

Conclusion: According to the constituent processes of each of the subsystems and the results of the evaluation of exhaust emissions subsystems, it can be concluded that in an integrated system of waste management, the energy-generating systems such as anaerobic digestion and incineration should be as the first priority and the traditional subsystems such as landfill should be as the last priority.

Please cite this article as: Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi MR. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA) (case study: Tehran). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):273-88.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-07-23]