مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۹ تا ۳۴



Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سناریوهای مختلف دفع پسماند شهری با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات (مطالعه موردی: شهر چالوس)

علی دریابیگی زند[۱،*]، مریم ربیعی ابیانه[۲]
۱- دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی محیط‌زیست، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: ارزیابی محیط‌زیستی، مدیریت پسماند شهری، ارزیابی چرخه حیات، مدل IWM-2

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

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به روند فزاینده تولید پسماندهای شهری، درصورتی‌که سیستم مدیریتی مناسبی برای چنین امری به‌کار گرفته نشود، منجر به آلودگی‌های محیط‌زیستی شده و سلامت بشر را به خطر می‌اندازد. این مطالعه با هدف مقایسه سناریوهای گوناگون مدیریت پسماند شهر چالوس، با رویکرد ارزیابی چرخه حیات و به جهت انتخاب کارآمدترین روش به لحاظ سازگاری با محیط‌زیست، انجام گرفت.

روش بررسی: پس از بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی پسماندهای تولیدی و روش دفع کنونی آنها در شهر چالوس، نتایج حاصل برای ارزیابی چرخه حیات شش سناریوی مختلف مدیریت پسماند، شامل ترکیب چهار روش کمپوست، بازیافت، زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی و دفن بهداشتی، استفاده شد. سیاهه‌نویسی چرخه حیات با کمک مدل IWM-2 صورت گرفت.

یافته‌ها: سیستم فعلی مدیریت پسماندهای شهری در چالوس (سناریوی اول) با شاخص اکولوژیکی ۱/۷۳E+۰۶ بیشترین بار آلایندگی را به محیط‌زیست وارد می‌کند. گنجاندن روش‌های دفع کمپوست بخش آلی زایدات و بازیافت از مواد قابل تجزیه، با افزایش مقدار مواد جهت بازیافت و استفاده مجدد و همچنین جلوگیری از انتشارات ناشی از تولید مواد اولیه، میزان انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهد. بطوری‌که سناریوی پنجم (۶۰ درصد کمپوست، ۳۰ درصد بازیافت و ۱۰ درصد دفن بهداشتی) با شاخص اکولوژیکی ۲/۰۰E+۰۵- کمترین آلودگی را تولید می‌کند.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه درصد بالایی از ترکیب پسماندهای شهری چالوس را مواد فسادپذیر تشکیل می‌دهند، اعمال همزمان روش‌های کمپوست و بازیافت می‌تواند گزینه مناسبی به منظور مدیریت بهینه زایدات در شهر چالوس باشد و نقش مهمی در کاهش بار آلایندگی محیط‌زیست ایفا کند.

Please cite this article as: Daryabeigi Zand A, Rabiee Abyaneh M. Environmental assessment of alternative strategies for municipal solid waste management by means of life cycle assessment modelling (a case study: Chalus, Iran). Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):19-34.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

مقدمه

رشد روز افزون تولید پسماند ناشی از افزایش جمعیت، توسعه صنایع، رشد فناوری و تغییر الگوی مصرف در جوامع شهری و روستایی (۱) باعث آلودگی‌های محیط‌زیستی و در نتیجه به خطر افتادن بهداشت و سلامت افراد جامعه شده است که نیازمند طرح‌ریزی الگوی مناسب مدیریت پسماند است (۲). در سیستم یکپارچه مدیریت پسماند، براساس میزان تولید و ترکیب پسماندها، گزینه‌های گوناگونی برای مدیریت زایدات وجود دارد که این گزینه‌ها علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، بار محیط‌زیستی گوناگونی نیز بدنبال دارند (۳). انتخاب گزینه مناسب در بین استراتژی‌های مختلف پردازش و دفع پسماند شهری، نیاز به ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری دارد.

ارزیابی چرخه حیات یك ابزار ارزشمند برای کمک به تصمیم‌گیری شهرداران و تصمیم‌گیران مدیریت پسماند شهری به منظور برنامه‌ریزی مدیریت جامع پسماند از منظر محیط‌زیستی است که در دهه اخیر معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است (۴). ارزیابی چرخه حیات یك روش‌شناسی برای ارزیابی جنبه‌های محیط‌زیستی بالقوه در ارتباط با تولید یك محصول (یا ارایه خدمات) با گردآوری اطلاعات از ورودی‌ها و خروجی‌ها از اولین تا آخرین مرحله زندگی، ارزیابی اثرات بالقوه محیط‌زیستی مرتبط با این ورودی‌ها و خروجی‌ها، و تفسیر نتایج و تاثیر آنها با توجه به اهداف مطالعه است (۵). این روش توانایی شناسایی کامل اثرات محیط‌زیستی سیستم مدیریت پسماند از مرحله جمع‌آوری تا دفن پسماند و همچنین نمایش انتشار آلاینده در هر فرایند با توجه به نوع پسماند را دارا است (۶).

در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی درخصوص ارزیابی چرخه حیات به منظور مقایسه روش‌های گوناگون مدیریت پسماند شهری در ایران و جهان صورت گرفته که نشان دهنده اهمیت بالای این موضوع است. بعنوان مثال پژوهشگران در مطالعه‌ای سناریوهای دفع پسماندهای جامد شهری منطقه نفتی بهرگان را از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای و با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات، مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از برتری سناریوی دفع شامل بازیافت، کمپوست بی‌هوازی و دفن زایدات به‌همراه استحصال گازهای لندفیل بوده است (۷). در تحقیق دیگر روش‌های مختلف مدیریت پسماند شهر سیرجان با رویکرد ارزیابی چرخه حیات مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج نشان داد سناریوی شامل بازیافت (۱۹/۲ درصد)، زباله‌سوزی (۶۹/۸ درصد) و دفن (۱۱ درصد) کمترین اثرات محیط‌زیستی را در طبقات اثر اسیدی شدن، یوتریفیکاسیون، تخریب لایه ازن و تولید ازن فتوشیمیایی در میان دیگر سناریوها دارا است (۸). ارزیابی سناریوهای مختلف سامانه پردازش و دفن پسماندهای شهری در کرج به منظور انتخاب سازگارترین گزینه با محیط‌زیست، مشخص کرد که افزایش نرخ کمپوست می‌تواند نقش مهمی در کاهش بار آلایندگی از لحاظ آلودگی آب و هوا و نیز مصرف انرژی ناشی از سامانه مدیریت پسماند داشته باشد (۹). بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماند در المپیک پارک لندن با رویکرد ارزیابی چرخه حیات نشان داده که سناریوهای تصفیه حرارتی پیشرفته و زباله‌سوزی همراه با بازیافت انرژی کمترین پتانسیل گرمایش جهانی را نسبت به دیگر سناریوها و در مقایسه با دفن مستقیم، دارا هستند (۱۰). درحالی‌که در ایالت سائوپائولو در برزیل، سناریوی کمپوست خانگی زایدات آلی با دارا بودن پایین‌ترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی، بعنوان بهترین شیوه مدیریتی پسماند معرفی شده است (۱۱). همچنین در شهر هانگژوی چین سناریوهای تفکیک در مبدا و استفاده از روش‌های تصفیه بیولوژیکی زایدات غذایی، در کاهش گرمایش جهانی نقش ایفا کرده‌اند (۱۲).

تولید انواع مختلف پسماندها و بروز ناسازگاری‌های اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی مرتبط با آنها، مدیریت پسماند را با مشکلات عدیده‌ای در زمینه جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش و دفع زایدات مواجه می‌سازد (۱۳). شهر چالوس ششمین شهر پرجمعیت استان مازندران و پرجمعیت‌ترین

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

شـهر غـرب مازنـدران اسـت. براسـاس آخریـن سرشـماری نفوس و مسـکن صورت گرفته در سـال ۱۳۹۵، جمعیت شـهر چالـوس ۶۵۱۹۶ نفـر گـزارش شـده اسـت (۱۴). از آنجایی‌که چالوس نیز، همچون سـایر شـهرهای شـمالی کشـور با مشـکل مدیریـت پسـماندهای شـهری رو بـه رو اسـت، ارزیابـی اثـرات محیط‌زیسـتی در چرخـه حیـات دفـع زایـدات، می‌توانـد نقش بسـزایی در کاهـش و حـل مشـکلات مدیریـت پسـماند ایـن شـهر داشـته باشـد. لـذا هـدف از انجـام ایـن مطالعـه، ارزیابی چرخـه حیـات سـناریوهای گوناگـون دفع پسـماند شـهری در شـهر چالـوس از نقطـه نظـر محیط‌زیسـتی و تعییـن اولویـت در تصمیم‌گیری‌هـا بـه منظـور بهبـود مدیریت پسـماند اسـت.

مواد و روش‌ها

_ *وضعیت فعلی مدیریت پسماند در شهر چالوس*

براسـاس اطلاعـات اخـذ شـده از واحـد خدمـات شـهری شـهرداری چالـوس، روزانـه حـدود ۷۵ ton پسـماند شـهری از سـطح ایـن شـهر جمع‌آوری می‌شـود. سـرانه تولید پسـماند بـرای هـر شـهروند چالوسـی ۱ kg اسـت. ترکیـب زایـدات تولیـدی در چالـوس در جـدول ۱ آورده شـده اسـت. مطابـق جـدول ۱، زایـدات غذایـی بـا سـهم ۶۵ درصدی رتبه نخسـت اجزای تشـکیل دهنده پسـماندهای شـهری چالوس را به خود اختصـاص داده‌انـد. بعد از آن، پلاسـتیک و PET، فلزات آهنی و کاغـذ و مقـوا بـه ترتیـب بـا ۱۵، ۶ و ۵ درصـد در جایـگاه دوم تـا چهـارم قـرار می‌گیرنـد. همچنیـن در محـدوده شـهر چالـوس روزانـه در حـدود ۳ ton پسـماند بیمارسـتانی تولیـد می‌شـود کـه بخـش عفونـی آن در دسـتگاه اتـوکلاو موجود در بیمارسـتان‌ها، امحاء و بعد از بی‌خطرسـازی تحویل شـهرداری داده می‌شـود. همچنیـن پسـماندهای خانگـی و شـبه خانگـی تولیـد شـده در بیمارسـتان‌ها بصـورت مخلوط با پسـماندهای عـادی بـه محـل دفـن حمـل می‌شـوند (۱۵).

در حـال حاضـر زایـدات تولیـد شـده در چالـوس توسـط ماشـین‌های حمـل پسـماند بـه تنهـا ایسـتگاه انتقـال موجـود در سـطح شـهر بـرده شـده و از آنجـا بـه مرکـز دفـن پسـماند شـهرداری چالـوس، منتقل و دفـن می‌گردند. مرکز دفن شـهر چالـوس بـه مسـاحت $10000\ m^2$ در ۷ کیلومتـری چالـوس و در دل منطقـه‌ای بکـر و جنگلـی به نـام پلهم کوتی واقع شـده و نزدیـک بـه ۲۳ سـال اسـت کـه بعنـوان مرکـز اصلـی دفـن، پذیـرای پسـماندهای شـهری چالـوس اسـت. در حـال حاضـر تنهـا شـیوه دفـع پسـماندهای تولیـدی درچالـوس، دفـن در

جدول ۱- ترکیب پسماند تولیدی در شهر چالوس (۱۵)

ترکیب پسماند	درصد وزنی	ترکیب پسماند	درصد وزنی
زایدات غذایی	٦٥	فلزات غیرآهنی	۲
کاغذ و مقوا	۵	زایدات الکتریکی و الکترونیکی	۱
PET	۷	چوب	۱
پلاستیک	۸	منسوجات	۱
فلزات آهنی	٦	شیشه	٤
مجموع کل ترکیب پسماند تولیدی			۱۰۰

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

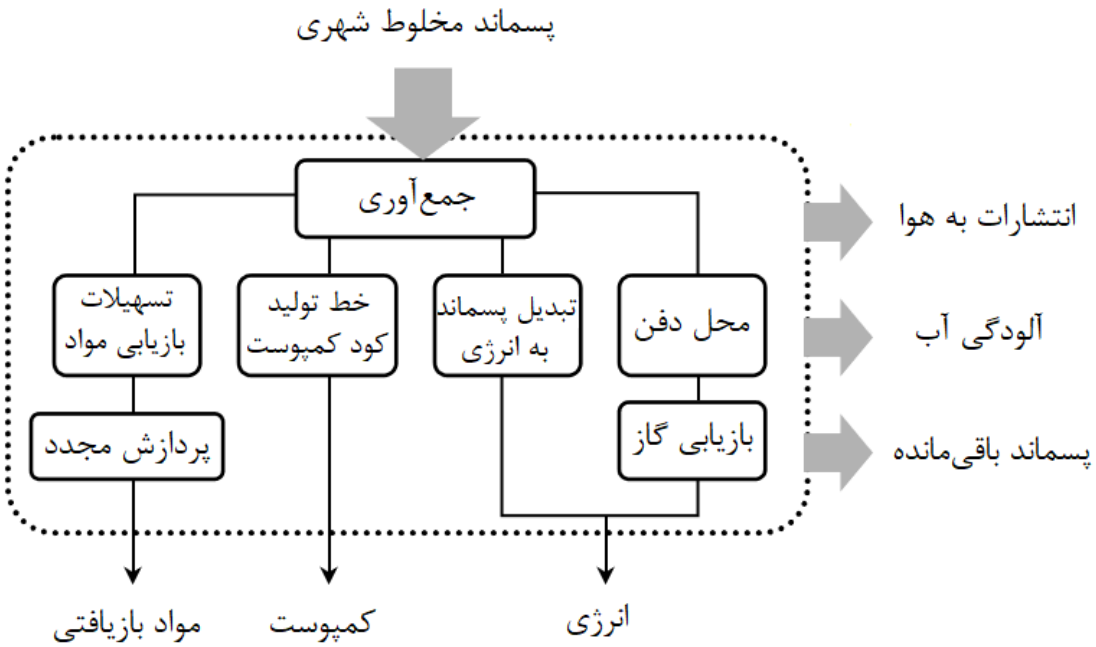
حفره‌های طبیعی و ترانشه‌های مصنوعی است (۱۵).

_ *ارزیابی چرخه حیات در سناریوهای پردازش و دفع پسماندهای شهر چالوس*

در مطالعه ارزیابی چرخه حیات چهار مرحله وجود دارد. مرحله اول، تعریف هدف و دامنه که به موضوع و استفاده مورد نظر در مطالعه بستگی دارد. مرحله دوم، تجزیه و تحلیل سیاهه که جمع‌آوری داده‌های لازم برای مطابقت با اهداف تعریف شده مطالعه را در بر می‌گیرد. مرحله سوم، ارزیابی پیامد که هدف از آن فراهم کردن اطلاعات اضافی برای کمک به ارزیابی نتایج سیاهه چرخه حیات یک سیستم برای درک بهتر اهمیت محیط‌زیستی آن است. مرحله آخر، تفسیر است که در آن نتایج یک سیاهه چرخه حیات یا ارزیابی پیامد چرخه حیات یا هر دو باهم، بعنوان پایه‌ای برای نتیجه‌گیری‌ها، پیشنهادات و تصمیم‌گیری‌ها مطابق با تعریف هدف و دامنه، خلاصه شده و مورد بحث قرار می‌گیرند (۱۶).

_ *تعیین هدف و دامنه*

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات محیط‌زیستی در چرخه حیات سناریوهای گوناگون دفع پسماند شهری در چالوس است. مرزهای ارزیابی چرخه حیات در مطالعه حاضر، جمع‌آوری پسماند، حمل به ایستگاه انتقال و محل دفن و در نهایت دفع را در بر می‌گیرد. واحد عملکردی، مقدار پسماند تولید شده سالیانه برابر با ۷۵ ton است. جهت مشخص شدن توزیع دقیق جریان پسماند در داخل زیرسامانه‌ها و انتشارات مستقیم و غیر مستقیم آلاینده‌های محیط‌زیستی ناشی از مصرف مواد، مرز سامانه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مرزهای سامانه مدیریت پسماند شهری چالوس

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

براساس شرایط موجود سیستم مدیریت پسماند شهری چالوس، امکانات قابل دسترسی و فناوری موجود و با هدف تعیین اولویت در تصمیم‌گیری‌ها به منظور ارتقای این سیستم، شش سناریوی پردازش و دفع پسماند در شهر چالوس تعریف و تعیین شدند (جدول ۲).

جدول ۲- سناریوهای پردازش و دفع پسماندهای تولیدی در شهر چالوس

سناریو	روش مدیریت پسماند
سناریو ۱	دفن غیربهداشتی (۱۰۰ درصد)
سناریو ۲	کمپوست (٦۰ درصد) + دفن بهداشتی (٤۰ درصد)
سناریو ۳	بازیافت (۳۰ درصد) + دفن بهداشتی (۷۰ درصد)
سناریو ٤	زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی (۳۰ درصد) + دفن بهداشتی (۷۰ درصد)
سناریو ۵	کمپوست (٦۰ درصد) + بازیافت (۳۰ درصد) + دفن بهداشتی (۱۰ درصد)
سناریو ٦	کمپوست (٦۰ درصد) + زباله‌سوزی بهمراه استحصال انرژی (۳۰ درصد) + دفن بهداشتی (۱۰ درصد)

_ *سیاهه‌نویسی چرخه حیات*

ارزیابی چرخه حیات برای سناریوهای پیش‌بینی شده در این مطالعه، با استفاده از مدل IWM-2 صورت می‌گیرد. مدل IWM-2 یکی از مدل‌های ارزیابی چرخه حیات است که با کمک آن می‌توان سناریوهای مختلف مدیریت پسماند را تعریف و آثار محیط‌زیستی هر سناریو را با هم مقایسه و ارزیابی کرد (۱۷). در این مدل، جریان پسماند از نقطه تولید تا دفع نهایی دنبال می‌شود. هر مرحله از چرخه حیات مدیریت پسماند در یک کادر گفتگو ارایه می‌شود. پاسخ به پرسش‌های ارایه شده وضعیت سامانه مدیریت مورد بررسی را مشخص می‌سازد. نتایج نهایی ارایه شده توسط مدل، سیاهه چرخه حیات سامانه مورد بررسی است (۱۸). داده‌های ورودی لازم جهت اجرای نرم‌افزار IWM-2 از طریق جمع‌آوری اطلاعات پیشین، مراجعه به گزارش‌های منتشر شده، مصاحبه با کارشناسان واحد مدیریت پسماند و محل دفن شهرداری چالوس و همچنین بازدید میدانی به‌دست آمد. داده‌های مذکور شامل مقدار تولید پسماند، ترکیب فیزیکی پسماند، روش مدیریت فعلی پسماند، نوع و تعداد ماشین‌آلات جمع‌آوری و حمل و نقل و اطلاعات مرتبط با محل دفن هستند.

_ *ارزیابی اثرات چرخه حیات*

طبقات اثر در این مطالعه شامل مصرف منابع انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، گازهای فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی (شامل آلاینده‌های منتشره به هوا و آب) هستند. واحد معادل هر طبقه اثر در جدول ۳ قابل مشاهده است. در ارزیابی چرخه حیات، ویژگی‌سازی و محاسبه شاخص‌های طبقات اثر با استفاده از معادله ۱ صورت می‌پذیرد.

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

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

در معادلـه ۱، پارامتـر I_i شـاخص طبقـه اثـر، C_{ij} فاکتـور ویژگی‌سـازی و X_j مقـدار مـاده j اسـت (۱۹). فاکتـور ویژگی‌سـازی بـرای هر مـاده سیاهه‌نویسـی شـده در جدول ۳ آورده شـده اسـت.

بعـد از محاسـبه نمایـه ویژگی‌سـازی و مشـخص شـدن مجمـوع اثـر بـار محیط‌زیسـتی ایجـاد شـده در هر طبقـه اثر، شـاخص‌های به‌دسـت آمـده در هر یـك از طبقات طبـق معادله ۲ در وزن نسـبی آن طبقـه ضـرب می‌شـود تـا مقـدار کل اثـر ناشـی از هـر سـناریوی پـردازش و دفـع پسـماند تولیـدی در شـهر چالـوس به‌دسـت بیایـد. اعـداد به‌دسـت آمـده، معیـار کمـی بـرای مقایسـه سـناریوها اسـت.

(۲)

$$I = \sum_{i=1}^{N} W_i I_n$$

در معادله ۲ پارامتر I معیار کمی مقایسـه سـناریوها، W_i وزن نسـبی طبقـات اثـر و I_n شـاخص طبقـه اثر اسـت. وزن نسـبی هـر یـك از طبقات اثر مصـرف منابع انرژی، گازهـای گلخانه‌ای، گازهـای اسـیدی، گازهای فتوشـیمیایی و خروجی‌های سـمی در روش مدلسـازی MET (Material Energy Toxic) به ترتیب ۰/۸۸، ۰/۸۹، ۰/۴، ۰/۲۹ و ۰/۱۳ اسـت (۲۰).

جدول ۳- واحد معادل و فاکتورهای ویژگی‌سازی طبقات اثر (۱۹)

طبقه اثر	واحد معادل	ماده سیاهه‌نویسی شده	فاکتور ویژگی‌سازی
گازهای گلخانه‌ای	CO_2	CO_2	۱
		CH_4	۲۵
گازهای اسیدی	SO_2	NOx	۰/۷
		SOx	۱
		HCL	۰/۸۸
گازهای فتوشیمیایی	C_2H_4	NOx	۲٤/۸
		VOC	۳/٦
		PM	۰
خروجی‌های سمی	1-4DCB	Pb_{air}	٤/۷E+۰۲
		Hg_{air}	٦E+۰۳
		Cd_{air}	۱/۵E+۰۵
		$Dioxin_{air}$	۱/۰۵E+۰۲
		Pb_{water}	۱/۲E+۰۱
		Hg_{water}	۱/٤E+۰۳
		Cd_{water}	۱/۳E+۰۱
		$Dioxin_{water}$	۱/۰۸E+۰۱
		COD	۱/٦E+۰۲

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

یافته‌ها

اطلاعات استعلامی از واحد خدمات شهری شهرداری چالوس بعنوان داده‌های خام ورودی نرم‌افزار IWM-2 به منظور مقایسه شش سناریوی مختلف مدیریت پسماند شامل ترکیب چهار روش دفع بصورت کمپوست، بازیافت، زباله‌سوزی بهمراه استحصال انرژی و دفن (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفت. مدل IWM-2 برای هریک از شش سناریو اجرا و اثرات محیط‌زیستی هر سناریو در پنج طبقه اثر مصرف منابع انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، گازهای فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی، مورد ارزیابی واقع شد. نتایج در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- مقادیر نرمال سیاهه چرخه حیات در سناریوهای گوناگون مدیریت پسماند شهری چالوس

نوع تنش	واحد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ٤	سناریو ٥	سناریو ٦
انرژی مصرف شده	GJ (Gigajoule)	۲/٥٥E+٠٤	۲/٦۳E+٠٤	-۳/٥۳E+٠٥	۲/۹۲E+٠۳	-۳/۳۹E+٠٥	۲/٤۹E+٠۲
CO_2	ton	۱/۷۹E+٠۳	۱/۸۳E+٠۳	-۱/٠۷E+٠٤	۲/۳٤E+٠۳	-۱/٠٠E+٠٤	٥/٤۹E+٠۳
CH_4	ton	۱/۱۲E+٠۳	۱/۷۳E+٠۲	۹/۱٦E+٠۲	۷/۹۹E+٠۲	-۳/٥۸E+٠۱	٦/۱۱E+٠۱
NOx	ton	۱/٥۱E+٠۱	۱/٥٥E+٠۱	-۲/۸٤E+٠۱	۲/٤۱E+٠۱	-۲/۹۳E+٠۱	۲/۲٥E+٠۱
SOx	ton	٤/٠۳E+٠٠	٤/۲۱E+٠٠	-٦/۸۸E+٠۱	٤/۸۱E+٠٠	-٦/٦۳E+٠۱	٦/۲٤E+٠٠
HCL	ton	۱/٠۹E+٠۱	۱/۷۸E-٠۲	-٦/۸٦E+٠۲	۱/۱۸E+٠٠	-٦/۸٦E+٠۲	۱/۱٤E+٠٠
N_2O	ton	۱/٥۱E+٠۱	۱/٥٥E+٠۱	-۲/۸٤E+٠۱	۲/٤۱E+٠۱	-۲/۹۳E+٠۱	۲/۲٥E+٠۱
PM	ton	۱/٠۱E+٠۱	۸/٦٤E+٠٠	-۸/۷۲E+٠٠	۸/۹۲E+٠٠	-۱/٠٤E+٠۱	۷/٥٦E+٠٠
VOCs	ton	۹/۹٦E+٠٠	۷/۲۲E+٠٠	-۳/٠٠E+٠۱	۸/۱٠E+٠٠	-۳/٠٥E+٠۱	۷/٦۱E+٠٠
Pb_{air}	kg	۱/٠۱E-٠۱	۱/٠٤E-٠۱	-۲/۳٥E+٠٠	٥/۹٤E+٠٠	-۲/۲۱E+٠٠	٦/٠۲E+٠٠
Hg_{air}	kg	۲/۹۹E-٠۳	۳/۲٠E-٠۳	-۱/٠۸E-٠۱	۲/۲٥E+٠٠	-۱/٠٤E-٠۱	۲/۲٥E+٠٠
Cd_{air}	kg	۲/۸۱E-٠۲	۲/۱۲E-٠۲	-٤/۷۳E-٠۲	٥/۹۹E-٠۱	-۳/٦٠E-٠۲	٦/٠٦E-٠۱
$Dioxinds_{air}$	g	٦/۹۱E-٠٤	۲/۹۱E-٠٤	۹/۸۷E-٠٤	٦/٦۳E-٠۳	۲/۳٤E-٠٤	٦/٠٥E-٠۳
Pb_{water}	kg	٤/٥٥E+٠٠	۹/٦۹E-٠۱	-٦/٤٤E+٠٠	۱/٠٠E+٠٠	-٦/٦۸E+٠٠	٦/٠٥E-٠۱
Hg_{water}	kg	٦/٠٠E-٠۲	۱/٤٥E-٠۲	۳/۷۷E-٠۲	۲/۳۱E-٠۲	۱/۹۸E-٠۲	٦/۱۲E-٠۳
Cd_{water}	kg	٦/٠۹E+٠٠	۸/۷۸E-٠۱	۱/٤٤E+٠٠	۱/٥۲E+٠٠	۳/۳٠E-٠۱	٥/٤۸E-٠۱
BOD	kg	۸/٠٦E+٠٤	٦/٥۹E+٠۳	۱/٥۹E+٠٤	۱/٠۷E+٠٤	۷/۲۱E+٠۳	۱/۹۹E+٠۳
$Dioxinds_{water}$	g	۸/٠٦E-٠٤	٦/٥۸E-٠٥	۱/۱۲E-٠٤	۱/۱٦E-٠٤	۲/٥۱E-٠٥	٤/٠۳E-٠٥

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

سناریوی ۱ نشان‌دهنده سیستم فعلی مدیریت پسماند در شهر چالوس است. در این روش زایدات پس از جمع‌آوری بصورت مخلوط، به ایستگاه انتقال برده شده و از آنجا به سمت محل دفن حمل می‌شوند. مطابق وضعیت کنونی مدیریت پسماند در شهر چالوس، تنها روش دفع زایدات، دفن غیربهداشتی است. بطوری‌که دفن زایدات در زمین بدون آستر و بدون سیستم جمع‌آوری شیرابه و گاز صورت می‌گیرد. سناریوهای ۲ تا ۴ به منظور بررسی میزان تاثیر هریک از عملیات کمپوست، بازیافت و زباله‌سوزی با استحصال انرژی در سیستم مدیریت پسماند شهری، در نظر گرفته شدند. با توجه به اینکه درصد بالایی از ترکیب پسماندهای شهری چالوس را زایدات غذایی تشکیل می‌دهند (جدول ۱)، تنها این بخش از زایدات برای تبدیل به کمپوست مد نظر قرار گرفته و روش ویندرو به منظور کمپوست زایدات غذایی انتخاب شد. کاغذ، شیشه، فلزات آهنی، فلزات غیرآهنی و پلاستیک برای فرایند بازیافت در نظر گرفته شده و در تسهیلات بازیابی مواد، باقیمانده زایدات برای دفن در زمین انتخاب شدند. همچنین بازیابی انرژی از زایدات شامل کاغذ و مقوا، شیشه، فلزات آهنی، فلزات غیرآهنی و پلاستیک، به منظور تولید الکتریسیته انجام می‌شود. لازم به ذکر است که در سناریوهای ۲ تا ۴، دفن پسماندها در لندفیل لاینر شده و دارای سیستم جمع‌آوری شیرابه صورت می‌گیرد. همچنین سناریوهای ۵ و ۶ با در نظر گرفتن سلسله مراتب مدیریت پسماند شهری و استفاده حداکثری از ظرفیت و توان بهره‌وری پسماندهای تولیدی در چالوس تدوین شدند.

نتایج حاصل از محاسبه واحد معادل فاکتورهای ویژگی‌سازی و شاخص اکولوژیکی سناریوها در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵- مقادیر نرمال و وزن نسبی طبقات شاخص اکولوژیکی سناریوهای گوناگون مدیریت پسماند شهری چالوس

سناریو	مقادیر نرمال و وزن نسبی	مصرف منابع انرژی	گازهای گلخانه‌ای	گازهای اسیدی	گازهای فتوشیمیایی	خروجی‌های سمی	شاخص اکولوژیکی
۱	مقادیر نرمال	۲/۵۵E+۰۴	۲/۹۵E+۰۴	۱/۴۷E+۰۱	۴/۱۰E+۰۲	۱/۲۹E+۰۷	۱/۷۳E+۰۶
	ضرب در وزن	۲/۵۵E+۰۴	۲/۶۳E+۰۴	۵/۸۷E+۰۰	۱/۱۹E+۰۲	۱/۶۸E+۰۶	
۲	مقادیر نرمال	۲/۶۳E+۰۴	۵/۷۷E+۰۳	۱/۵۱E+۰۱	۴/۱۱E+۰۲	۱/۰۶E+۰۶	۱/۶۹E+۰۵
	ضرب در وزن	۲/۶۳E+۰۴	۵/۱۳E+۰۳	۶/۰۴E+۰۰	۱/۱۹E+۰۲	۱/۳۷E+۰۵	
۳	مقادیر نرمال	-۳/۵۳E+۰۵	۱/۲۹E+۰۴	-۶/۹۲E+۰۲	-۸/۱۳E+۰۲	۲/۵۴E+۰۶	-۱/۱۳E+۰۴
	ضرب در وزن	-۳/۵۳E+۰۵	۱/۱۴E+۰۴	-۲/۷۷E+۰۲	-۲/۳۶E+۰۲	۳/۳۰E+۰۵	
۴	مقادیر نرمال	۲/۹۲E+۰۳	۲/۱۷E+۰۴	۲/۲۷E+۰۱	۶/۲۶E+۰۲	۱/۸۲E+۰۶	۲/۵۹E+۰۵
	ضرب در وزن	۲/۹۲E+۰۳	۱/۹۳E+۰۴	۹/۰۷E+۰۰	۱/۸۱E+۰۲	۲/۳۷E+۰۵	
سناریو ۵	مقادیر نرمال	-۳/۳۹E+۰۵	-۱/۰۲E+۰۴	-۶/۹۱E+۰۲	-۸/۳۶E+۰۲	۱/۱۵E+۰۶	-۲/۰۰E+۰۵
	ضرب در وزن	-۳/۳۹E+۰۵	-۹/۰۶E+۰۳	-۲/۷۶E+۰۲	-۲/۴۲E+۰۲	۱/۴۹E+۰۵	
سناریو ۶	مقادیر نرمال	۲/۴۹E+۰۲	۶/۴۶E+۰۳	۲/۳۰E+۰۱	۵/۸۴E+۰۲	۴/۲۶E+۰۵	۶/۱۶E+۰۴
	ضرب در وزن	۲/۴۹E+۰۲	۵/۷۵E+۰۳	۹/۱۹E+۰۰	۱/۶۹E+۰۲	۵/۵۴E+۰۴	

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

بحث

انرژی مصرفی ناخالص ارائه شده توسط مدل IWM-2نشان‌دهنده مجموع انرژی مصرفی از عملیات جمع‌آوری، انتقال، پردازش و دفن پسماند است. نسبت جانشینی مواد خام، به انرژی مصرفی کاهش یافته و ذخیره شده توسط پردازش و بازیافت زایدات در قبال استفاده از مواد خام اشاره دارد. این پارامتر به‌همراه پردازش مجدد مواد بازیافتی، از مقدار انرژی مصرفی ناخالص کم می‌شوند تا آمار انرژی مصرفی خالص حاصل شود. در تمامی سناریوهای دفع پسماند شهری چالوس، پسماندها بصورت مخلوط جمع‌آوری شده و پس از حمل به ایستگاه انتقال به سمت محل دفع و پردازش پلهم کوتی برده می‌شوند. لذا بخشی از انرژی مصرفی در جریان اجرای سناریوهای دفع پسماند، حاصل از انرژی مصرفی جهت جمع‌آوری و حمل پسماندها به سمت محل دفن است. در سناریوی اول تمامی زایدات پس از جمع‌آوری، مستقیما به محل دفن انتقال می‌یابند. از این رو انرژی مصرفی در جریان اجرای این سناریو، حاصل از انرژی مصرفی جهت جمع‌آوری و حمل پسماندها به محل دفن است. از آنجایی‌که هیچ‌گونه پردازشی بر روی زایدات صورت نمی‌گیرد، هیچگونه محصول فرعی و یا انرژی مازاد تولید نمی‌شود. بنابراین انرژی مصرفی در این سناریو جبران نمی‌شود و انرژی خالص و ناخالص مصرفی با یکدیگر برابرند. در سناریوی دوم تولید کمپوست به میزان ۶۰ درصد در برنامه مدیریتی پسماند گنجانده شده است. از این رو مقداری از انرژی مصرفی به تسهیلات موجود در این بخش اختصاص می‌یابد. این میزان انرژی همراه با انرژی مصرفی در محل دفن، مقدار کل انرژی ناخالص مصرفی را تشکیل می‌دهند. جبران انرژی در این بخش از طریق تولید کمپوست و سایر محصولات فرعی صورت می‌گیرد. در سناریوی سوم بعلت اضافه شدن گزینه بازیافت به میزان ۳۰ درصد، از مقدار پسماندهای ورودی به محل دفن کاسته شده و بنابراین میزان انرژی مصرفی جهت دفن پسماندها نیز کاهش می‌یابد. انرژی مصرفی در بخش بازیافت با مصرف انرژی در بخش جمع‌آوری و حمل پسماندها به تسهیلات بازیابی مواد مرتبط است. در هنگام اجرای شیوه مدیریتی بازیافت، مقداری انرژی در بخش پردازش مجدد زایدات مصرف شده و از طرفی، جبران انرژی از طریق تولید مواد جدید بدلیل بازیافت و جایگزینی این مواد با مواد خام مصرفی در چرخه حیات صورت می‌گیرد. لذا انرژی خالص مصرفی کاهش یافته و به نوعی جبران می‌شود. گنجاندن زباله‌سوزی با استحصال انرژی به برنامه مدیریتی دفع پسماندها، نیازمند تسهیلاتی است که موجب مصرف انرژی می‌شود. بنابراین مقداری از انرژی مصرفی در سناریوی چهارم به این بخش اختصاص می‌یابد. از طرفی بدلیل تولید انرژی، بر میزان انرژی جبرانی افزوده می‌شود که این امر موجب کاهش انرژی خالص مصرفی می‌گردد. در سناریوهای پنجم و ششم علاوه بر ۶۰ درصد کمپوست، به ترتیب بازیافت و زباله‌سوزی با استحصال انرژی هرکدام به میزان ۳۰ درصد در برنامه مدیریتی پسماندها گنجانده شده است. بنابراین میزان انرژی مصرفی مربوط به تسهیلات کمپوست همراه با انرژی مصرفی در بخش بازیافت، استحصال انرژی و جایگاه دفن، مقدار کل انرژی ناخالص مصرفی در این سناریوها را تشکیل می‌دهند. جبران انرژی در این سناریوها از طریق تولید کمپوست، بازیافت و تولید انرژی صورت می‌گیرد. در مطالعه مشابه صورت گرفته Naderi و همکاران (۲۰۱۷) سناریوهای چرخه حیات در استراتژی‌های مدیریت پسماند شهر ماهدشت را با کاربرد نرم‌افزار IWM مورد بررسی قرار دادند. از نقطه نظر محیط‌زیستی، نتایج این مطالعه نشان داد که کمپوست کردن بعنوان یکی از گزینه‌های مدیریتی و نیز عملیات بازیافت، نقش مهمی در کاهش مصرف

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

انرژی ناشی از سامانه مدیریت پسماند دارند. بدین ترتیب، سناریوی شامل کمپوست ۲۰ درصد، بازیافت ۴ درصد و انتقال پسماند به محل دفن ۷۶ درصد، با مصرف انرژی به میزان ۷۲۷ GJ بعنوان بهترین گزینه مدیریت پسماند ارائه شد (۲۱). از سوی دیگر Koroneos و همکار (۲۰۱۲) در مقایسه سناریوهای دفع پسماندهای شهر Thessaloniki یونان عنوان داشتند که سناریوهای تولید بیوگاز از طریق هضم بی‌هوازی و تبدیل آن به برق و انرژی گرمایی، انرژی کمتری نسبت به سناریوی دفن زایدات در لندفیل بیوراکتور مصرف می‌کند. اختلاف در نتایج به‌دست آمده می‌تواند ناشی از تنوع در کمیت و کیفیت زایدات تولیدی ناشی از وضعیت اقتصادی و عادات اجتماعی شهروندان در مناطق گوناگون باشد (۲۲).

دفن پسماندها در زمین انتشار گازهای محل دفن را بدنبال دارد که حاوی حدود ۵۰ درصد متان (CH_4) و ۵۰ درصد دی اکسید کربن (CO_2) است. این گازها همچنین از عملیات بازیافت، عمدتا توسط پروسه جمع‌آوری و حمل و نقل و همچنین از طریق مصرف انرژی در تسهیلات بازیابی مواد تولید می‌شوند (۲۳). عملیات زباله‌سوزی و کمپوست هوازی نیز می‌توانند باعث تولید CO_2 شوند (۱۳). هر دوی این گازها از گازهای گلخانه‌ای مهم بحساب می‌آیند و بعنوان شاخص تغییرات آب و هوایی شناخته می‌شوند. با این حال CH_4 بدلیل داشتن پتانسیل گرمایش جهانی ۲۴/۵ بار بزرگ‌تر از CO_2، یک گاز گلخانه‌ای قوی‌تر محسوب می‌شود (۲۴). مطابق جدول ۵، بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به سناریوی اول با روش دفع پسماند بصورت تماما دفن در زمین است. سناریوی مذکور، نشان‌دهنده شرایط فعلی مدیریت پسماند در شهر چالوس است. در سناریوهای دیگر متناسب با میزان کاهش پسماندی که به سمت محل دفن می‌رود، میزان انتشار این گازها نیز کاهش می‌یابد. بطوری‌که سناریوهای دوم، ششم، سوم و چهارم در مرتبه دوم تا پنجم انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار گرفته و در نهایت بیشترین کاهش در سناریوی پنجم شامل ترکیبی از روش‌های کمپوست (۶۰ درصد)، بازیافت (۳۰ درصد) و دفن بهداشتی (۱۰ درصد) یافت می‌شود. در این راستا، Rahmani و همکاران (۲۰۱۹) در ارزیابی محیط‌زیستی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل LCAIWM1، به مقایسه اثرات محیط‌زیستی سناریوهای دفع پسماند شهرستان رشت پرداختند. مطابق یافته‌ها، با دفع بخشی از پسماند در کارخانه کود آلی با روش کمپوست و دفن بخشی از آن در لندفیل بهداشتی و افزایش نرخ بازیافت، می‌توان شاهد کاهش چشمگیری در میزان انتشار آلاینده‌های محیط‌زیستی شد. با توجه به ارزیابی محیط‌زیستی و مقایسه نتایج به‌دست آمده از سیاهه‌نویسی چرخه حیات، سناریوی اول شامل کمپوست ۵۰ درصد، بازیافت ۱۵ درصد و مابقی دفن در لندفیل بهداشتی، بعنوان برترین گزینه مدیریت به لحاظ کاهش مصرف انرژی در مطالعه مذکور، معرفی شد (۲۰). از طرف دیگر، Cremiato و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی، چهار سناریوی مدیریت پسماند در شهر Caserta ایتالیا را با استفاده از ارزیابی چرخه حیات مورد مقایسه قرار دادند. براساس یافته‌ها، سناریوی شامل تفکیک زایدات توسط شهروندان به میزان ۶۰ درصد و هضم بی‌هوازی و تولید بیوگاز از زایدات آلی تفکیک شده و بازیافت حداکثری موادی همچون PET، HDPE، شیشه و فلزات، بعنوان بهترین گزینه در مقابل روش فعلی دفع پسماند در Caserta معرفی شد. چراکه در صورت اجرای این سناریوی دفع، پتانسیل گرمایش جهانی به میزان ۱۶۶ درصد نسبت به سناریوی پایه کاهش پیدا می‌کند (۲۵).

انتشار گازهای اسیدی در فرایند مدیریت پسماند، در نتیجه حمل و نقل، مصرف انرژی، زباله‌سوزی و انتشار گازهای محل دفن رخ می‌دهد (۲۶). گازهای اسیدی بعنوان شاخص بارش‌های اسیدی مد نظر قرار گرفته و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

همچنین از عوامل تهدید کننده سلامت انسان بحساب می‌آیند (۲۷). بیشترین میزان انتشار گازهای اسیدی به ترتیب در سناریوهای ششم و چهارم اتفاق افتاده است که علت اصلی آن خروجی‌های زباله‌سوز است. اشاره به این نکته حائز اهمیت است که در صورت کاربرد روش دفع زباله‌سوزی، استفاده از فیلترهای تصفیه کننده گازهای خروجی، ضروری می‌نماید. در مقابل، کمترین میزان انتشار گازهای اسیدی مربوط به سناریوی سوم است که دلیل آن عدم انتشار آلاینده‌ها در نتیجه تولید مواد جدید بدلیل بازیافت و جایگزینی آنها با مواد خام مصرفی است. در پژوهش صورت گرفته توسط Zazouli و همکاران (۲۰۲۰) به منظور انتخاب بهترین گزینه‌ها برای مدیریت پسماند شهری نور با استفاده از ابزار ارزیابی چرخه حیات، سناریوهای حاوی روش دفع زباله‌سوزی بیشترین بار آلودگی را در طبقه اثر گازهای اسیدی داشتند (۱۹). در مقابل، Nasrollahi-Sarvaghaji و همکاران (۲۰۱۶) در مقایسه اثرات محیطزیستی سناریوهای مختلف پردازش و دفع پسماند جامد شهرستان تهران به کمک روش LCA، با توجه به فرایندهای تشکیل دهنده هر کدام از زیر سامانه‌ها و و نتایج حاصل از ارزیابی نشر آلاینده‌ها در زیر سامانه‌های مورد مطالعه، عنوان داشتند که در سامانه یکپارچه مدیریت پسماند، زیرسامانه پسماندسوزی باید جزء اولویت‌های اول قرار بگیرد (۲۸).

گازهای فتوشیمیایی شامل ازن (O_3) موجود در سطح زمین و ذرات معلق (PM_{10}) هستند. O_3 سطح زمین از واکنش اکسیدهای نیتروژن (NOx) و ترکیبات آلی فرار (VOCs) در حضور نور خورشید تشکیل می‌شود. گازهای فتوشیمیایی موجب تشکیل مه دود فتوشیمیایی شده که بسیار خطرناک است و نه تنها بعنوان عامل کشنده برای انسان محسوب می‌شود، بلکه اثرات زیانباری هم بر محیطزیست دارد (۲۹). زیست تخریب‌پذیری پسماندها در محل دفن مهمترین منبع انتشار VOCs در سامانه مدیریت پسماند شهری است. همچنین بهره‌برداری از محل دفن، موجب انتشار PM_{10} می‌گردد. از طرف دیگر، تسهیلات زباله‌سوزی با استحصال انرژی انتشارات PM_{10}، VOCs و NOx را بهمراه دارد (۳۰). سناریوهای ششم و چهارم بدلیل خروجی‌های زباله‌سوز که پیش‌تر به آن اشاره گردید، بیشترین میزان انتشار آلاینده‌های تشکیل دهنده مه دود فتوشیمیایی را دارا هستند. از طرف دیگر، در سناریوی پنجم کمترین میزان انتشار گازهای فتوشیمیایی مشاهده گردید. این امر نشان‌دهنده آن است که استقرار تسهیلات کمپوست و بازیابی زایدات می‌تواند نقش بسزایی در کاهش میزان انتشار این آلاینده‌ها به محیط داشته باشد. در این زمینه، پژوهشی که با هدف ارزیابی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند در شهرستان نجف آباد از نقطه نظر محیطزیستی و تعیین اولویت در تصمیم‌گیری‌ها به منظور بهبود مدیریت پسماند صورت گرفت، نشان داد که هرچقدر نرخ کمپوست و بازیافت افزایش یابد، با توجه به افزایش مقدار مواد جهت بازیافت و باز استفاده و همچنین جلوگیری از انتشارات ناشی از تولید مواد اولیه، میزان انتشار گازهای فتوشیمیایی نیز بطور قابل توجهی کاهش پیدا خواهد کرد (۱۸). نتایج مطالعه حاضر درخصوص وضعیت کنونی سامانه مدیریت پسماند شهرستان بابل مصداق دارد و بنابراین ممکن است با نتایج بدست آمده از مطالعات مشابه در مکان‌های دیگر به دلیل ویژگی‌های متفاوت پسماند، فناوری و فاکتورهای زمانی و مکانی متفاوت باشد. بعنوان مثال، بررسی چهار روش مختلف مدیریت پسماند در چین با رویکرد ارزیابی چرخه حیات مشخص کرد که زباله‌سوزی همراه با تولید انرژی به منظور تولید برق، کمترین میزان انتشار گازهای فتوشیمیایی را به میزان ۰/۰۱ kg C_2H_2 eq در میان دیگر سناریوها دارا است (۳۱).

انواع آلاینده‌های آلی، معدنی و آلاینده‌های شیمیایی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

خطرناک ممکن است در روند اجرای سیستم مدیریت پسماند شهری به محیط انتشار بیابند. در این میان، فلزات سنگین و دیوکسین به دلایلی نظیر سمیت زیاد، سرطانزایی، پایداری، غیر قابل تجزیه و جهشزا بودن، اهمیت ویژهای دارند (۳۲). همچنین تولید شیرابه یکی از مشکلات عمده دفن پسماندهای شهری در زمین است که بسیار آلوده بوده و قابلیت آلودگی آبهای زیرزمینی و در نتیجه آلوده ساختن قسمتی از چرخه گردش آب و انتقال آلودگی به سایر منابع آب را دارا است. میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) بعنوان تاثیرگذارترین شاخص در کیفیت منابع آب در نظر گرفته میشود (۳۳). براساس نتایج بهدست آمده (جدول ۵)، سناریوی اول بدلیل دفن تمامی پسماندها بصورت غیربهداشتی، بیشترین میزان انتشار خروجیهای سمی به هوا و آب و سناریوی ششم بدلیل استفاده از روشهای دفع و پردازش جایگزین، کمترین آلایندگی را در این طبقه اثر به خود اختصاص دادهاند. در مقایسه سناریوهای مختلف انواع گزینههای دفع پسماند در شهر رامسر و انتخاب سناریوی برتر با رویکرد ارزیابی چرخه حیات، مشخص گردید که گنجاندن روشهای دفع کمپوست و بازیافت در سیستم مدیریت پسماند شهری موجب کاهش بار آلایندگی محیطزیست در طبقه اثر خروجیهای سمی خواهد شد. بدین ترتیب، سناریوی شامل ۸۰ درصد کمپوست، ۱۰ درصد بازیافت و ۱۰ درصد دفن بهداشتی با انتشار خروجیهای سمی به میزان DCB ۱۶۰/۲۴ بعنوان گزینه برتر دفع پسماند شهری انتخاب گردید (۳۴). همچنین ارزیابی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری منطقه Tricity، هند نشان داد که از نقطه نظر محیطزیستی، جمعآوری مخلوط پسماندها و دفن آنها به شکل غیر بهداشتی بیشترین میزان انتشار خروجیهای سمی را به دنبال دارد. درصورتیکه استفاده از روشهای جایگزین مانند بازیافت و کمپوست بهمراه دفن بهداشتی، موثرترین روش در کاهش بار محیطزیستی خواهد بود (۳۵).

نتیجه گیری

امروزه تولید انواع پسماند شهری و بروز انواع ناسازگاریهای محیطزیستی مربوط به آنها، مدیریت پسماندهای شهری را با مشکلات عدیدهای در زمینه دفع این زایدات مواجه ساخته است. دفع پسماندها حاوی آلایندههای مختلف که هر روز بر میزان و تنوع آنها افزوده میشود، علاوه بر نیاز به مدیریت واحد و اصولی، میبایست به روشی انجام شود که حداقل خسارتها را بر محیطزیست وارد سازد. ارزیابی چرخه حیات یك ابزار ارزشمند به منظور برنامهریزی مدیریت جامع پسماند از منظر محیطزیستی است که جنبهها و پیامدهای بالقوه محیطزیستی را از مرحله جمعآوری تا دفن پسماند در بر میگیرد. لذا کاربرد این روش، میتواند نقش بسزایی در کاهش و حل مشکلات مدیریت پسماند ایفا کند. این مطالعه با هدف مقایسه سناریوهای مختلف مدیریت پسماند شهر چالوس، با رویکرد ارزیابی چرخه حیات و به جهت انتخاب کارآمدترین روش به لحاظ سازگاری با محیطزیست، انجام گرفت. با توجه به ارزیابی محیطزیستی و مقایسه نتایج بهدست آمده از سیاههنویسی چرخه حیات، سناریوی پنجم (۶۰ درصد کمپوست، ۳۰ درصد بازیافت و ۱۰ درصد دفن بهداشتی) با شاخص اکولوژیکی ۲/۰۰E+۰۵- نقش مهمی در کاهش بار آلایندگی محیطزیست ایفا کرده و از همین رو بعنوان برترین گزینه مدیریت پسماند شهر چالوس انتخاب و در اختیار صاحب نظران و تصمیم گیران قرار میگیرد. این در حالیست که سناریوی اول (وضعیت فعلی مدیریت پسماند شهر چالوس) با شاخص اکولوژیکی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

۱/۷۳E+۰۶ در بین تمامی سناریوها بیشترین آلودگی را تولید می‌کند. لازم به ذکر است که نتایج مطالعه حاضر درخصوص وضعیت سامانه مدیریت پسماند شهر چالوس مصداق دارد و در برنامه‌ریزی مدیریت پسماند شهری، باید با توجه به کیفیت زایدات هر شهر، شیوه مدیریتی خاص آن منطقه اعمال گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

References

1. Fiorentino G, Ripa M, Protano G, Hornsby C, Ulgiati S. Life cycle assessment of mixed municipal solid waste: Multi-input versus multi-output perspective. Waste Management. 2015;46:599-611.
2. Pujara Y, Pathak P, Sharma A, Govani J. Review on Indian Municipal Solid Waste Management practices for reduction of environmental impacts to achieve sustainable development goals. Journal of Environmental Management. 2019;248:109238.
3. Di Maria F, Micale C. A holistic life cycle analysis of waste management scenarios at increasing source segregation intensity: The case of an Italian urban area. Waste Management. 2014;34(11):2382-92.
4. Kulczycka J, Lelek L, Lewandowska A, Zarebska J. Life cycle assessment of municipal solid waste management--comparison of results using different LCA models. Polish Journal of Environmental Studies. 2015;24(1):125-40.
5. Hong J, Chen Y, Wang M, Ye L, Qi C, Yuan H, et al. Intensification of municipal solid waste disposal in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017;69:168-76.
6. Rajcoomar A, Ramjeawon T. Life cycle assessment of municipal solid waste management scenarios on the small island of Mauritius. Waste Management & Research. 2017;35(3):313-24.
7. Kashefi Alasl M, Marandi R, Afrasiabi AR. Comparison of municipal solid waste disposal scenarios in Bahregan Oil district in terms of greenhouse gas emission. Journal of Marine Science and Technology Research. 2013;8(1):17-32 (in Persian).
8. Vahidi H, Rastikerdar A. Evaluation of the life cycle of household waste management scenarios in moderate Iranian cities; case study Sirjan City. Environmental Energy and Economic Research. 2018;2(2):111-21.
9. Naghibzadeh SS, Khorasani N, Yousefi J, Mousavi S, Badehian Z. Life cycle assessment of municipal waste management system (Case study: Karaj, Iran). Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2015;18(4):559-65.
10. 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.
11. Oliveira LS, Oliveira DS, Bezerra BS, Pereira BS, Battistelle RAG. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. Journal of Cleaner Production. 2017;155:229-37.
12. Chi Y, Dong J, Tang Y, Huang Q, Ni M. Life cycle assessment of municipal solid waste source-separated collection and integrated waste management systems in Hangzhou, China. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2015;17(4):695-706.
13. Wang H, Wang L, Shahbazi A. Life cycle assessment of fast pyrolysis of municipal solid waste in North Carolina of USA. Journal of Cleaner Production. 2015;87:511-9.
14. Statistical Center of Iran. Selected findings of the 2016 national population and housing census. Tehran: Statistical Centre of Iran; 2018 (in Persian).
15. Chalus Municipality. Integrated waste management plans of chalus. Chalus: Chalus Municipality; 2019.
16. Ripa M, Fiorentino G, Giani H, Clausen A, Ulgiati

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

S. Refuse recovered biomass fuel from municipal solid waste. A life cycle assessment. Applied Energy. 2017;186:211-25.

17. Nabavi-Pelesaraei A, Bayat R, Hosseinzadeh-Bandbafha H, Afrasyabi H, Chau K-W. Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management-A case study in Tehran Metropolis of Iran. Journal of Cleaner Production. 2017;148:427-40.
18. Aminshrei F, Tahery H. Life Cycle Assessment OF Urban Waste IN Najaf Abad City Using the IWM-1 software. Journal of Environmental Science Studies. 2019;4(2):1381-88.
19. Zazouli M, Karimi Z, Rafiee R. Selecting the best options of management of municipal solid waste using life cycle assessment methodology (Case study: Noor City). Iranian Journal of Health and Environment. 2020;12(4):607-20 (in Persian).
20. Rahmani K, Dadashkhah Z, Alighadri M, Mokhtari A, Nazari H. Environmental assessment of life cycle of waste management system based on LCAIWM1 modeling (Case Study: Rasht City). Journal of Environmental Health Enginering. 2019;6(4):443-56 (in Persian).
21. Moarab Y, Amiri M. Life cycle assessment (LCA) of municipal waste management strategies in Mahdasht city. Geographical Space. 2017;17(58):95-110 (in Persian).
22. Koroneos CJ, Nanaki EA. Integrated solid waste management and energy production-a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. Journal of Cleaner Production. 2012;27:141-50.
23. Liu Y, Ni Z, Kong X, Liu J. Greenhouse gas emissions from municipal solid waste with a high organic fraction under different management scenarios. Journal of Cleaner Production. 2017;147:451-57.
24. Vergara SE, Damgaard A, Horvath A. Boundaries matter: greenhouse gas emission reductions from alternative waste treatment strategies for California's municipal solid waste. Resources, Conservation and Recycling. 2011;57:87-97.
25. 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. Renewable Energy. 2018;124:180-88.
26. Tian H, Gao J, Hao J, Lu L, Zhu C, Qiu P. Atmospheric pollution problems and control proposals associated with solid waste management in China: a review. Journal of Hazardous Materials. 2013;252:142-54.
27. Li H, Guo H, Huang N, Ye J. Health risks of exposure to waste pollution: Evidence from Beijing. China Economic Review. 2020;63:101540.
28. Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi M. 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 (in Persian).
29. Islam MS, Moniruzzaman S. Simulation of sustainable solid waste management system in Khulna city. Sustainable Environment Research. 2019;29(1):1-8.
30. Fruergaard T, Hyks J, Astrup T. Life-cycle assessment of selected management options for air pollution control residues from waste incineration. Science of the Total Environment. 2010;408(20):4672-80.
31. 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.
32. Xue Q, Li JS, Wang P, Liu L, Li ZZ. Removal of heavy metals from landfill leachate using municipal solid waste incineration fly ash as adsorbent. Clean–Soil, Air, Water. 2014;42(11):1626-31.
33. Bhatt AH, Karanjekar RV, Altouqi S, Sattler ML, Hossain MS, Chen VP. Estimating landfill leachate BOD and COD based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: Exploration

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

of a MARS statistical approach. Environmental Technology & Innovation. 2017;8:1-16.
34. Shahnazary M, Jalili Ghazizadeh M, Shahbazi A. Investigation of different alternatives on municipal solid waste disposal by using life cycle assessment (LCA) approach (case study: Ramsar). Journal of Civil and Environmental Engineering. 2017;47(87):29-38.
35. Rana R, Ganguly R, Gupta AK. Life-cycle assessment of municipal solid-waste management strategies in Tricity region of India. Journal of Material Cycles and Waste Management. 2019;21(3):606-23.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

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

Orginal Article

Environmental assessment of alternative strategies for municipal solid waste management by means of life cycle assessment modelling (a case study: Chalus, Iran)

Ali Daryabeigi Zand[1,*], Maryam Rabiee Abyaneh[2]

1- School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Department of Environmental Engineering, Kish International Campus, University of Tehran, Kish, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 05 April 2020

Revised: 15 June 2021

Accepted: 20 June 2021

Published: 21 June 2021

Keywords: Environmental assessment, Municipal solid waste management, Life cycle assessment, IWM-2 model

***Corresponding Author:**
adzand@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Due to the increasing trend of municipal solid waste (MSW) production, if a suitable management system is not applied, it will lead to environmental pollution and endanger human health. The aim of this study was to compare different scenarios of waste management in Chalous city with life cycle assessment (LCA) approach and to select the most efficient method in terms of environmental adaptation.

Materials and Methods: After investigation of the quantitative and qualitative characterization of the produced wastes and the current waste disposal method in Chalous city, the obtained results were used to evaluate the life cycle of six different waste management scenarios; including the combination of four methods of composting, recycling, incineration along with energy extraction and sanitary landfilling. Emissions from various scenarios were assessed using IWM-2 model.

Results: The current system of municipal waste management in Chalus (scenario 1) with ecological index of 1.73+06 poses the highest pollution load into the environment. The inclusion of compost disposal methods in the organic waste sector and recycling of biodegradable materials significantly reduces the emissions of environmental pollutants by increasing the amount of materials for recycling and reuse, as well as preventing emissions from raw material production. The fifth scenario (60% compost, 30% recycling and 10% sanitary landfill) with ecological index of -2.00+05 was known as the lowest contamination scenario.

Conclusion: Considering that a high percentage of Chalous municipal solid waste composition is perishable materials (organic waste), simultaneous application of composting and recycling methods can be a suitable option for optimal management of wastes in Chalous city and play an important role in reducing the environmental pollution load.

Please cite this article as: Daryabeigi Zand A, Rabiee Abyaneh M. Environmental assessment of alternative strategies for municipal solid waste management by means of life cycle assessment modelling (a case study: Chalus, Iran). Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):19-34.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]