دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست
دانشکده محیط زیست
شهرداری تهران
شرکت مهندسی و ساخت تاسیسات دریایی ایران
انجمن علمی مهندسی و مدیریت پسماند ایران
The 2nd Conference on ENVIRONMENTAL PLANNING and MANAGEMENT

بررسی روش‌های مختلف مدیریت پسماند اصفهان با رویکرد ارزیابی چرخه حیات

محسن حسنی
دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(hasanimohsen19@yahoo.com)
حسین مرادی
استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(hossein.moradi@cc.iut.ac.ir)
محمد جمالی نژاد
کارشناس ارشد محیط زیست، معاونت خدمات شهری، شهرداری اصفهان
(mohammadjamalinejad@yahoo.com)
مرضیه خداشناس
مدرس دانشگاه پیام نور، واحد مه ولات

چکیده

امروزه تولید انواع زایدات جامد و بروز انواع ناسازگاری‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی مربوط به آنها، مدیریت خدمات و پسماندهای شهری را با مشکلات عدیده ای در زمینه جمع آوری، حمل و نقل، پردازش و دفع این‌گونه زایدات مواجه ساخته است. ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه مدیریت پسماند طبیعتاً نقش بسزایی در کاهش و حل مشکلات مدیریت خدمات شهری به عهده خواهد داشت. در این مطالعه ۲ سناریوی مختلف مدیریت پسماند مورد نظر قرار گرفت، سناریوی اول دفع مستقیم زباله در لندفیل و سناریوی دوم کمپوست کردن، بود. سپس با استفاده از نرم افزار IWM-1بار زیست محیطی هر سناریو، سیاهه نویسی و ارائه شد. در این مطالعه ارزیابی اثرات چرخه حیات انجام نشد و فقط با مقایسه نتایج به دست آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات، گزینه مناسب مدیریتی انتخاب و در اختیار تصمیم گیران قرار گرفت.

کلمات کلیدی: زباله جامد شهری، روش‌های مدیریت زباله جامد، ارزیابی چرخه حیات، اصفهان

مقدمه

افزایش سریع جمعیت، توسعه صنایع، پیشرفت تکنولوژی و تمایل بشر به افزایش مواد مصرفی در نتیجه تولید زباله بیشتر از جمله مسائلی است که اخیراً در جوامع بشری بحران‌های عظیم اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را به وجود آورده است[4].

امروزه با افزایش جمعیت و گسترش دائمی شهرها، نیاز انسان به مواد مصرفی روزبه روز بیشتر می‌شود و زیاد شدن مواد مصرفی موجب افزایش زباله می‌گردد که انسان‌ها به نحو فزاینده‌ای آنها را به محیط زیست تحمیل می‌نمایند. مواد زائد جامد شهری نتیجه طبیعی فعالیت‌های انسان می‌باشد. در صورتی که سیستم مدیریت مناسبی برای چنین امری به کار گرفته نشود، این مواد باعث آلودگی‌های زیستی و محیطی زیادی می‌شوند و سلامت بشر را به خطر می‌اندازند. در قرن بیستم، فن‌آوری‌های مدیریت پسماند توسعه قابل توجهی داشته است. تا قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی در بیشتر نقاط جهان، پسماند شهری به طور عمده در گودال‌های روباز دفع می‌شد، اما امروزه مدیریت پسماند شهری شامل فن‌آوری‌های پیشرفته است که سلامت اجتماع و محیط زیست را بیشتر تأمین می‌کند[۷].

روزانه بیش از ۵/۳ میلیون تن زباله در جهان تولید می‌شود که سهم کشور ما از این میزان ۵۰ هزار تن است. سالانه ۱۸ میلیون تن زباله در کشور تولید می‌شود. با توجه به حجم بالای تولید پسماند، در صورتی که سیستم مدیریت مناسبی برای آنها به کار گرفته نشود، این مواد باعث آلودگی‌های زیستی و محیطی زیادی می‌شوند و سلامت بشر را به خطر می‌اندازند. مدیریت پسماند یکی از نیازهای اصلی، جوامع انسانی است. از این رو، استقرار سامانه مدیریت پسماند ضروری است. در سیستم مدیریت مواد زاید جامد، با توجه به میزان تولید و ترکیب پسماند، گزینه‌های مختلفی برای مدیریت آن وجود دارد که علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، بار محیط زیستی مختلفی را در بر دارند[۱].

یکی از این روش‌های کامپیوتری که اخیراً در زمینه مدیریت زباله جامد شهری کاربرد زیادی پیدا کرده است، روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) است. کاربرد روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) برای ارزیابی سیستم‌های مدیریت زباله جامد شهری، به خصوص در زمینه فرایند تصمیم گیری، طراحی استراتژی‌ها و روش‌های مختلف دفع، رو به افزایش است[۱۲].

ارزیابی چرخه حیات (LCA) روش استانداردی است که مطابق با استانداردهای ISO در سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۶ ایجاد شد. بر اساس استاندارد ISO، ارزیابی چرخه حیات (LCA) از چهار بخش زیر تشکیل شده است که این مراحل عبارتند:(۱) تعریف اهداف و قلمرو مطالعات[۱] (۲) تهیه فهرست چرخه حیات (LCI)[۲] (۳) ارزیابی آثار بالقوه در چرخه حیات (LCIA)[۳] و (۴) تفسیر نتایج در ارتباط با هدف.[۱]

1- Goal and Scope Definition

اوزلر و همکاران (۲۰۰۵) برای مقایسه روش‌هایی مختلف مدیریت پسماند در آنکارا رویکرد ارزیابی چرخه حیات را به کار بردند. در این مطالعه ۵ سناریوی مختلف مدیریت پسماند مورد نظر قرار گرفت، سپس بار زیست محیطی هر سناریو، سیاهه نویسی و ارائه شد. در این مطالعه ارزیابی اثرات چرخه حیات انجام نشد و فقط با مقایسه نتایج به دست آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات، گزینه مناسب مدیریتی انتخاب و در اختیار تصمیم گیران قرار گرفت. در این پژوهش کاهش از مبدأ کم‌ترین اثرات زیست محیطی را داشت و به عنوان بهترین روش مدیریت پسماند شهری معرفی شد[۱۳].

بوویا و پاول (۲۰۰۵) به منظور مشخص کردن نقش ایستگاه‌های انتقال در بخش جمع آوری و انتقال پسماند شهر در کاهش بار زیست محیطی بخش حمل و نقل، رویکرد ارزیابی چرخه حیات را به کار بردند. در این پژوهش دو سناریو جهت حمل و نقل در نظر گرفته شد. سناریوی اول حمل بدون ایستگاه انتقال و سناریوی دوم حمل به کمک ایستگاه انتقال بود. مقایسه نتایج ارزیابی چرخه حیات نشان داد که ۱۶/۸ درصد در کاهش بار، به‌کارگیری ایستگاه انتقال زیست محیطی نقش دارد[۸].

اسکو ردی لیس (۲۰۰۴) نظام جامع مدیریت پسماند جامد در یک جزیره توریستی را ارائه کرد. در این مطالعه معیارهای مختلف مالی، فنی و اجتماعی و زیست محیطی در انتخاب نوع مدیریت پسماند مورد نظر قرار گرفت. در تجزیه و تحلیل معیارهای زیست محیطی در انواع مختلف مدیریت از رویکرد ارزیابی چرخه حیات استفاده کرد و نتایج این مطالعه نشان داد که مؤثرترین روش در کاهش بار زیست محیطی و در عین حال کاهش هزینه‌ها، تهیه کمپوست از بخش آلی آن می‌باشد[۱۴].

فینودن و اکوال (۱۹۹۸) دو شیوه مدیریتی بازیافت یا سوزاندن کاغذهای جعبه‌های بسته‌بندی را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه از ارزیابی چرخه حیات به عنوان ابزار پشتیبان تصمیم گیری، در نظام مدیریت پسماند استفاده شد. دو سناریو مورد نظر از نقطه نظر محیط زیستی مورد توجه قرار گرفت و بار محیط زیستی مراحل مختلف چرخه آن سیاهه نویسی شد. نتایج نشان داد که چنانچه سوخت جایگزین در مورد کوره‌های زباله سوز کاغذ، سوخت‌های فسیلی باشد، سوزاندن کاغذ و تولید انرژی از آن موجب

2- Life Cycle Inventory (LCI)
3- Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
4- Functional Unit (FU)

کاهش بار CO_2می‌شود. چنانچه سوخت جایگزین بیوگاز حاصل شده از محل دفن باشد سوزاندن کاغذ بستگی به تصمیم گیری-های طولانی مدت اتخاذ شده در سامانه مدیریت پسماند در ارتباط با بازیافت یا کاهش از مبدأ دارد[۱۱].

چایا و گیوالا (۲۰۰۶) در مطالعه دو گزینه تولید انرژی از پسماند در تایلند از نقطه نظر محیط زیستی رویکرد ارزیابی چرخه حیات را مورد استفاده قرار دادند. در این مطالعه تولید انرژی در کوره‌های زباله سوز و نیز هضم هوازی مورد نظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که آثار بالقوه کوره‌های زباله سوز در مقابل تولید انرژی الکتریکی یکسان، بیشتر از هضم هوازی است [۹].

دی از و واریث (۲۰۰۵) به منظور ارائه مدل کامل‌تر در ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند جامد شهری مدل WASTEDرا ارائه نمودند. این مدل با هدف در اختیار گذاردن مدل رایانه‌ای ارزیابی چرخه حیات پسماند شهری ارائه شد[۱۰].

یان زاو و همکاران (۲۰۱۰) برای مقایسه روش‌هایی مختلف مدیریت پسماند رویکرد ارزیابی چرخه حیات مدل EASEWASTE را برای بررسی سیستم مدیریت پسماند جامد در شهر بیجینگ (چین) به کار بردند. در این مطالعه ۳ سناریوی مختلف مدیریت پسماند مورد نظر قرار گرفت، سپس بار زیست محیطی هر سناریو، سیاهه نویسی و ارائه شد. سناریو (۱) بر سیستم مدیریت زباله جامد رایج شهر بیجینگ یعنی دفن کامل زباله‌ها در لندفیل تمرکز داشت. سناریو (۲) برای مدیریت کوتاه مدت سیستم مدیریت پسماند، که روش کوره سوزانی بود طراحی شد. سناریو (۳) برای روش تفکیک در مبدأ زباله‌های، به همراه انجام روش هضم بی هوازی و نیز استفاده از روش کوره سوزانی برای دوره بلند مدت طراحی شد. در این مطالعه ارزیابی اثرات چرخه حیات توسط مدل EASEWASTEانجام و با مقایسه نتایج به دست آمده از فهرست نویسی چرخه حیات گزینه مناسب مدیریتی انتخاب و در اختیار تصمیم گیران قرار گرفت. در این پژوهش پس از انجام آنالیز تحلیل حساسیت، سناریو (۳) به عنوان بهترین گزینه برای سیستم مدیریت زباله جامد شهر بیجینگ معرفی شد[۱۵].

تاکنون تنها سه پژوهش در ارتباط با سیستم مدیریت زباله جامد شهری به وسیله روش ارزیابی چرخه حیات در ایران انجام گردیده است.

قنبر زاده لک و دیگران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی چرخه عمر سناریوهای دفع پسماند شهری در جزیره سیری، ۳ سناریو برای سیستم مدیریت پسماند شهری، تعریف کردند. این سه سناریو عبارتند از: (۱) زباله سوزی به همراه استحصال انرژی و

دفن خاکستر؛ (۲) دفن بهداشتی و جمع‌آوری گاز مرکز دفن به منظور استحصال انرژی؛ و (۳) دفن بهداشتی بدون جمع‌آوری گاز مرکز دفن. نتایج این مطالعه نشان داد سناریو اول یعنی روش زباله سوزی به همراه جمع آوری انرژی نسب به دو سناریوی دیگر برتری دارد[۵].

رفیعی و دیگران (۲۰۰۹) برای نخستین بار در ایران برای مقایسه روش‌هایی مختلف مدیریت پسماند در شهر مشهد رویکرد ارزیابی چرخه حیات مدل IWM-1 را به کار بردند به این منظور، ۳ سناریو شامل: (۱) انتقال مستقیم پسماند، (۲) کمپوست کردن و (۳) انتقال غیرمستقیم از راه ایستگاه‌های انتقال در نظر گرفته شد. سیاهه نویسی چرخه حیات به کمک مدل (IWM -۱) صورت پذیرفت. سپس نتایج حاصل از سیاه نویسی به ۵ طبقه اثر، شامل مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای، گازهای اسیدی، مه دود فتوشیمیایی و خروجی‌های سمی تخصیص داده شد. از نقطه نظر محیط زیستی، نتایج این مطالعه نشان داد که کمپوست کردن به عنوان یکی از گزینه‌های مدیریتی و نیز کاربرد ایستگاه‌های انتقال پسماند در مواردی که محل دفن و سایر تأسیسات سامانه مانند کارخانه بازیافت و کمپوست در فواصل دور از نقاط ثقل تولید قرار می‌گیرند، نقش مهمی در کاهش بار آلاینده‌ها و نیز مصرف انرژی ناشی از سامانه مدیریت پسماند دارد[۱].

عبدلی و دیگران (۲۰۱۰) با استفاده از ارزیابی اثرات چرخه حیات ۲ سناریو مختلف مدیریت زباله در تهران را مقایسه و ارزیابی کردند. هدف این مطالعه مقایسه اثرات زیست محیطی ۲ روش مدیریت زباله بود. دامنه این مطالعه شامل ۲ سناریو : ۱- لندفیل کردن و ۲- سناریو کمپوست بعلاوه لندفیل کردن. واحد کار این مطالعه ۱ تن زباله بود. برای مرحله فهرست نویسی این مطالعه از داده‌های بدست آمده از کاربرد واقعی این روش‌ها در تهران، مقالات و نشریات منتشر شده مربوطه و نیز پایگاه داده مدل LAND Gem استفاده شد. فرضیات این مطالعه این بود که فرض شد لندفیل دارای سیستم جمع آوری گاز با کارایی ۵۰٪ است. مرحله ارزیابی اثرات چرخه حیات در این مطالعه انجام شد که در این ارتباط ۵ طبقه اثر زیست محیطی مدیریت زباله در تهران مورد بررسی قرار گرفت: تغییرات اقلیمی، اسیدی ته شدن، اثرات تنفسی، سرطان زایی، سمیت زیستی، تهی سازی لایه اوزون و استخراج انرژی مازاد بر مصرف آینده بود. نتایج اصلی این مطالعه نشان دهنده این بود که سناریو ۲ (کمپوست بعلاوه لندفیل) برای تهران و

این مطالعه اثرات زیست محیطی بیشتری در مقایسه سناریو لندفیل داشت. با وجود این حقیقت که اجزای آلی زباله بیشتر باشد[۶].

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه: برای انجام ارزیابی چرخه حیات زباله‌های شهری، به تعریف و اجرای سناریوهایی مختلف نیاز است. با توجه به اینکه در سیستم مدیریت زباله جامد شهری اصفهان در حال حاضر روش‌های کمپوست، لندفیل و بازیافت در حال اجراست، از این رو امکان تعریف سناریوهای مختلف نیز برای سیستم مدیریت زباله این شهر قابل اجراست. مرور منابع نشان دهنده این است که تاکنون مطالعه LCA در مورد سیستم مدیریت زباله شهر اصفهان انجام نشده منطقه مورد مطالعه برای این پژوهش شهر اصفهان انتخاب گردید.

بر اساس برآورد انجام شده توسط معاونت برنامه ریزی شهرداری اصفهان در سال ۱۳۸۸، جمعیت شهر اصفهان۱،۷۴۵،۴۲۸ نفر بوده است که این میزان معادل ۸۴ درصد جمعیت شهرستان و ۳۷ درصد جمعیت استان می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- جمعیت شهر اصفهان در سال ۱۳۸۸

کشور	استان اصفهان	شهرستان اصفهان	شهر اصفهان
۷۳،۶۵۱،۰۰۰	۴،۷۴۱،۶۱۵	۲،۰۶۵،۹۹۹	۱،۷۴۵،۴۲۸

مأخذ: آمارنامه شهر اصفهان ۱۳۸۸ از انتشارات شهرداری اصفهان

بر اساس تقسیمات جدید شهرداری اصفهان شهر را به ۱۴ منطقه تقسیم کرده است شکل (۱).

شکل ۱ - **نقشه جانمایی مناطق چهارده‌گانه شهر اصفهان (مأخذ :آمارنامه شهر اصفهان سال ۱۳۸۸).**

مطالعه و بررسی وضعیت موجود مدیریت پسمانده شهر اصفهان

پسماند عادی تولید شده در شهر اصفهان در ساعات شب جمع آوری می‌گردد، این پسماند حاصل فعالیت فیزیولوژیک و اجتماعی بیش از ۱/۶ میلیون نفر ساکن در محدوده مطالعه می‌باشد که با انواع خودرو سبک و سنگین جمع آوری شده و به مرکز دفع و تبدیل پسماندهای شهر اصفهان (کارخانه کمپوست) واقع در شرق این شهر در گردنه‌ای به نام زینل انتقال می‌یابد. روند جمع آوری و انتقال پسماند از دورترین تا نزدیک‌ترین مبادی تولید پسماند تا مرکز دفع فاصله‌ای ۵۰- ۵ کیلومتر را طی می‌کند. علاوه بر آن، پسماند ذکر شده در محدوده طرح به صورت خانه به خانه جمع آوری می‌شود. ضایعات فرآیند تولید کمپوست پس از جداسازی بخشی از اقلام قابل بازیافت موجود در آن پرس شده و به محل دفن پسماندهای عادی شهر اصفهان در منطقه سجزی منتقل می‌شود. فاصله این محل از کارخانه کمپوست در حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد. با توجه به اینکه طرح تفکیک مواد قابل بازیافت از پسماندهای غذایی از سال ۱۳۷۴ در شهر اصفهان اجرا گردیده است، عملاً پسماندهای عادی شهر به دو بخش پسماند تر و پسماند خشک تقسیم شده‌اند. شهر اصفهان با دارا بودن ۱۴ منطقه شهری در حدود ۱۰۰۰ تن در روز پسماند عادی تولید می‌کند که در بر گیرنده پسماندهای عادی خانگی، پسماندهای عادی شهری شامل ضایعات فضای سبز و نخاله‌های ساختمانی و غیر ساختمانی می‌باشد. در حال حاضر برنامه جمع آوری پسماند تر شهروندان اصفهان با به کار گیری ۱۸۴ دستگاه انواع مکانیزم جمع آوری پسماند شامل، ۵۲ دستگاه خودرو نیسان ویژه جمع آوری پسماند تر (مسقف شده)، ۶۹ دستگاه کامیونت ایسوزو پرس دار و مشابه، ۲۲ دستگاه خودروی پیشرو، ۴۱ دستگاه خودروی روباز اجرا می‌گردد. با توجه به بررسی‌های انجام شده و مسایلی ترافیکی شهر

ساعت جمع آوری پسماندهای خانگی در شهر اصفهان از ساعت ۲۱ شروع و تا حدود ساعت ۴ بامداد به پایان می‌رسد. شیوه جمع آوری ضایعات فضای سبز شهری نیز با توجه به زمان فعالیت کارکنان فضای سبز در ساعات روز تعیین گردیده است و عملاً ضایعات فضای سبز شهری در ساعات روز بسته به نیاز کاری جمع آوری می‌گردد. نخاله‌های ساختمانی و غیر ساختمانی حاصل از فعالیت‌های عمرانی شهر نیز از محل پروژه‌های عمرانی به وسیله کامیون‌های معمولی حمل این‌گونه مواد بارگیری و به محل دفع واقع در منطقه زنیل و منطقه فرودگاه شهید بهشتی اصفهان حمل می‌گردد. لازم به ذکر است مقدار تولید این نوع پسماند بسته به شرایط پروژه‌های عمرانی، طرح‌های آزاد سازی بناهای واقع در مسیر و روند عمومی ساخت و ساز در کشور بسیار متغیر است و حداقل از ۶۰۰ سرویس کامیون کمتر نیست. تعداد کل کارکنان شاغل در مدیریت پسماند مناطق چهارده‌گانه نیز شامل ۲۳۰۸ نفر می‌باشد که از این تعداد ۴۱۵ نفر در بخش جمع آوری پسماند تر و ۱۸۹۶ نفر در بخش نظافت شهری مشغول به کار می‌باشند. پسماند شهر اصفهان به طور تقریبی از ۴۱ درصد کاغذ و مقوا،۸ درصد پلاستیک، ۳ درصد فلز،۱۲ درصد نان و خشک،۲۲ درصد شیشه، ۱۲ درصد ضایعات و ۲ درصد پت تشکیل شده است.

جدول ۲- **جمع بندی کلی میزان مواد بازیافتی از زباله جمع آوری شده شهر اصفهان را نشان می‌دهد.**

پت	ضایعات	نان خشک	فلزات	شیشه	کاغذ و مقوا	پلاستیک	ماده
۱۸۱،۷۸۵	۱،۰۶۵،۲۳۳	۱،۰۷۸،۶۶۱	۲۷۵،۶۲۰	۱،۹۶۴،۶۳۰	۳،۶۱۸،۰۹۵	۷۲۰،۷۱۹	کیلوگرم
۲	۱۲	۱۲	۳	۲۲	۴۱	۸	درصد

مأخذ: آمارنامه شهر اصفهان ۱۳۸۸ از انتشارات شهرداری اصفهان

لندفیل پسماند شهر اصفهان

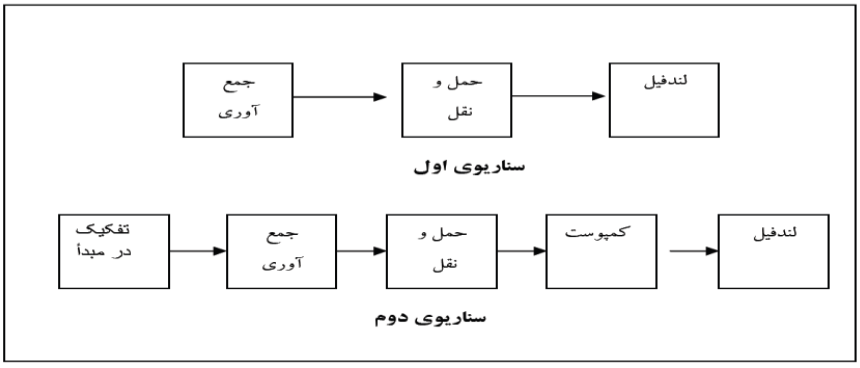
لندفیل پسماند شهر اصفهان در منطقه سجزی واقع شده‌اند و ضایعات حاصل از تولید کمپوست که در حال حاضر متأسفانه امکان بازیافت آنها فراهم نیست، جهت دفن به لندفیل پسماند منتقل می‌شود. پسماند شهرهای اقماری اصفهان شامل خوراسگان، بهارستان، درچه و ۱۰ شهر دیگر نیز مستقیماً از مبادی تولید به این لندفیل منتقل می‌شود.

نحوه عملیات دفن پسماندهای شهر اصفهان

پسماندهای حاصل از تولید کمپوست و پسماندهای شهرهای اقماری اصفهان پس از عملیات توزین در لندفیل پسماند که ترانشه هایی هستند که قبلاً حفاری شده‌اند تخلیه می‌گردد .ابعاد لندفیل هل متغیر ولی به طور معمول عرض ۳۰ متر، طول ۲۰۰ تا ۵۰۰

متر و عمق ۵ متر است. پسماندها پس از تخلیه درون لندفیل به وسیله بلدوزر با خاک‌های موجود در نخاله‌های ساختمانی شهر پوشش داده می‌شود. همان طور که قبلاً اشاره شد ضایعات کارخانه کمپوست به صورت پرس شده به محل دفن منتقل شده و در این محل دفن می‌گردد. مدیریت پسماند شهر اصفهان امیدوار است در آینده بتواند از این بخش از پسماند به عنوان منبعی برای تولید انرژی استفاده نماید.

تعیین اهداف و برد : هدف انجام این مطالعه ارزیابی چرخه حیات سامانه مدیریت کنونی پسماند در شهر اصفهان از نقطه نظر محیط زیستی و تعیین اولویت‌ها در تصمیم گیری‌ها به منظور بهبود مدیریت پسماند است. مرزهای مجموعه مورد مطالعه از جمع آوری زباله از درب منازل شروع می‌شود و با دفن زباله در محل دفن یا تبدیل به کمپوست در کارخانه کود آلی پایان می‌پذیرد. واحد کارکردی مورد نظر میان آلاینده تولید شده و انرژی مصرف شده به ازای هر تن پسماند مدیریت یافته و چارچوب زمانی مورد مطالعه سال ۱۳۸۸ است. بر اساس وضعیت کنونی در مدیریت پسماند شهر اصفهان، ۲ سناریو تعریف و توسعه داده شد(شکل ۲).



شکل ۲ سناریوهای مورد نظر

سپس سناریوها بر اساس بار محیط زیستی خود با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. جنبه‌های مورد ارزیابی در برآورد بار محیط زیستی شامل آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به جا مانده است. آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی دوم یعنی تولید کمپوست بر اساس میزان متان تولید شده و انرژی مصرفی ماشین آلات و سوخت‌های مورد استفاده در فرایند تولید کمپوست مورد نظر قرار گرفتند. در مورد سناریوی اول یعنی دفن در لندفیل نیز میزان مصرف سوخت ماشین‌های مورد استفاده و نیز آلودگی‌های ناشی از آن برآورد و محاسبه شد و در ارزیابی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از مدل IWM- 1این امکان را فراهم آورد که بتوان ۲ سناریوی یاد شده را با هم مورد مقایسه قرار داد.

سیاهه نویسی (تهیه چک لیست) چرخه حیات: سیاهه نویسی چرخه حیات در سناریوی های یاد شده به کمک مدل IWM-1 در محیط Excel و ارتباط گرافیکی با کاربر در ویژوال‌بیسیک، انجام می‌شود.

مدل IWM-1 یکی از مدل‌های LCA است که با کمک آن می‌توان سناریوهای مختلف را تعریف و سپس آثار زیست محیطی هر سناریوها را با هم مقایسه و ارزیابی کرد. این مدل در سال ۱۹۹۶ توسط شورای محیط زیست و صنعت پلاستیک و دانشگاه واترلو کانادا، بر پایه ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهری طرح ریزی و ارائه شده این مدل توسط کمیته‌های مربوطه هم‌زمان با پیشرفت تکنولوژی‌های جدید مورد استفاده در مدیریت پسماند جامد شهری، توسعه و به روز شده و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. این مدل از دو زیر مدل اقتصادی و محیط زیستی تشکیل شده است. در زیر مدل محیط زیستی چرخه حیات، جریان پسماند شهری از نقطه تولید تا دفع نهایی دنبال می‌شود؛ و آثار زیست محیطی هر مرحله توسط مدل فهرست نویسی می‌شود. این مدل شامل ۱۲ پنجره یا کادر گفتگو برای ورود داده‌ها است، که پاسخ به پرسش‌های ارائه شده وضعیت سامانه مدیریت مورد بررسی را مشخص می‌کند. داده‌های مورد نیاز برای سیاهه نویسی چرخه حیات از گزارش‌های سازمان بازیافت و تبدیل مواد، شهرداری‌های اصفهان و طرح‌ها و مطالعات انجام شده و نیز کار صحرایی و تهیه پرسش نامه و تکمیل آن به کمک مسئولان سازمان بازیافت و نیز مصاحبه حضوری با پرسنل خدمات شهری به دست می‌آید. با استفاده از داده‌های تعریف شده استاندارد موجود در مدلIWM-1 می‌توان میزان مواد آلاینده ناشی از هر کدام از سناریوها و نیز انرژی مصرفی در آنها را به دست آورد. این داده‌ها به طور کلی برآوردی عمومی از وضعیت مصرف انرژی و تولید آلاینده‌ها را نشان می‌دهند که برای ارزیابی تخصصی‌تر این موارد، لازم است در شرایط محلی دوباره به اندازه گیری آنها پرداخت شود. البته قابل ذکر است که داده‌های تعریف شده مدل نیز پرت نیستند و بر اساس آنها می‌توانیم تخمینی از شرایط کلی به دست آورد. در مرحله فهرست نویسی چرخه حیات کمیت همه مواد ورودی (مواد و منابع انرژی مصرفی) و همه خروجی‌های سیستم (آلاینده‌های منتشر شده و محصولات مفید) تعیین و شناسایی می‌گردند.

نتایج

مدل IWM-1برای هر یک از سناریوهای مورد نظر اجرا شد .نتایج به دست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول۳- نتایج بدست آمده فهرست نویسی مدل IWM-1

سناریو	NESEP	SW nonhazardous	SW hazardous	GWP	AP	EP	HTP
۱	۱۵۱/۲۹	۲/۳۴۱۴	۰/۰۰۳۹	۵۳۱۲/۱۷	۳۱/۲۵۰۱	۱۲۹/۸۹۴۲	۷۶/۶۰
۲	۱۰۱/۰۱۰	۱/۵۶۷۸	۰/۰۰۲۹۲۵	۴ ۴۲۳/۳۷	۲۳/۴۹۲۵	۸۱/۸۹۲۷	۴۴/۷۸۵۶

(زباله مدیریت شده NESEP (GJTh./tone : پتانسیل تهی سازی منابع انرژی غیر قابل تجدید

(زباله مدیریت شده SW nonhazardous(t/tone: زباله‌های جامد غیر خطرناک

(زباله مدیریت شده SW hazardous(t/tone: زباله‌های جامد خطرناک

(زباله مدیریت شده GWP CO_2 eq/ tone: پتانسیل گرمایش جهانی

(زباله مدیریت شده AP SO_X eq/ tone: پتانسیل اسیدی ته شدن

(زباله مدیریت شده EP O_2 eq/ tone: پتانسیل پر غذایی

(زباله مدیریت شده / وزن بدنHTP: پتانسیل سمیت برای انسان

بررسی داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که مدیریت پسماند به شکل کمپوست (سناریوی ۲) بار محیط زیستی کمتری در بر دارد. سناریو ۱، انتقال مستقیم پسماند به محل دفن بیشترین میزان مصرف انرژی به ازای هر تن پسماند مدیریت شده را در بر دارد و سناریوی ۲(کمپوست) به دلیل انجام تفکیک در مبدأ زباله، و نیز تعداد دفعات (تکرار)، کم‌تر مرحله جمع آوری زباله، مصرف انرژی کمتری دارد. با توجه به وضعیت حاضر مدیریت پسماند در شهر اصفهان، مهم‌ترین دلیل بالا بودن مصرف انرژی در سناریو ۱ را باید در بخش جمع آوری و حمل و نقل زباله جستجو کرد. با توجه به اینکه در سناریوی ۲ تفکیک در مبدأ زباله انجام می‌گردد و حجم زباله کمتری به لندفیل وارد می‌شود این سناریو در طبقه اثر زباله خطرناک و غیر خطرناک، اثر کمتری دارد. همچنین در طبقه اثر

گرمایش جهانی، سناریوی ۲ نقش(اثر)،کمتری دارد. دلیل اصلی آن کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای در نتیجه بازیافت و تصفیه بیولوژیکی است. در ارتباط با طبقه اثر اسیدی ته شدن، بالاترین نقش در این طبقه را مرحله جمع آوری زباله دارد. از آنجا که در سناریوی ۲ تعداد دفعات جمع آوری زباله کمتر شده است، کم‌ترین پتانسیل اثر در این طبقه نیز در این سناریوی مشاهده می‌شود. همچنین در جدول مشاهده می‌شود بالاترین اثر در طبقه اثر پر غذایی مربوط به سناریوی ۱ (لندفیل) است. دلیل اصلی آن شاید ورود شیرابه(محتوی فسفر و نیتروژن بالا) به محیط باشد. همچنین سناریوی ۲ پایین‌تری نقش در طبقه اثر سمیت برای انسان را دارد. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه، سناریوی ۲ (تفکیک در مبدأ+ جمع آوری + حمل و نقل + کمپوست کردن + لندفیل) به عنوان سناریوی برتر از لحاظ زیست محیطی برای سیستم مدیریت زباله جامد اصفهان پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است به دلیل کم بودن زمان پژوهش، مرحله ارزیابی اثرات چرخه حیات و مرحله تفسیر نتایج چرخه حیات، در این مطالعه انجام نگردید. همچنین در این مطالعه اثرات اقتصادی و اجتماعی سامانه مدیریت زباله شهر اصفهان در نظر گرفته نشد.

منابع و مراجع

[۱]رفیعی، ر. ماهینی، ع. ر. خراسانی، ن. ۱۳۸۸، «ارزیابی محیط زیستی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری»، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم، زمستان ۸۸.

[۲]صبور، م. ر. قنبر زاده لک، م. ۱۳۸۸، «چالش‌های پیش رو در کاربرد روش ارزیابی چرخه عمر در مدیریت مواد زاید جامد تولیدی کشور»، دومین سمپوزیوم بین‌المللی مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

[۳]عبدلی، محمد علی، ۱۳۷۲، «سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری و روش‌هایی کنترل آن»، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری کشور.

[۴]عبدلی، محمد علی،1379، «مدیریت مواد زاید جامد شهری، وزارت کشور»، دفتر برنامه ریزی مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، جلد اول.

[۵]قنبر زاده لک، م. صبور، م. ر. ۱۳۸۹، «ارزیابی چرخ عمر سناریوهای دفن پسماند جامد شهری از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی»، مجله محیط شناسی، شماره ۵۵، پاییز ۸۹

[6] Abduli M .A., Naghib A., Yonesi M., & Akbari A. (2010). Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill .Environment. Assess., DOI: 10.1007/s10661-010-1707-x

[۷] Arena, U., Mastellone, M.L., Perugini, F., 2003. The environmental performance of alternative solid waste management options: a life cycle assessment study. Chem. Eng. J. 96, 207–222.

[۸] Bovea, M.D., and Powell, J.C. 2005. Alternative scenario to meet the demands of sustainable waste management. Environmental Management, 79: 115-132.7.

[9] Chaya, W., and Gheewalla, H.S. 2006. Life cycle assessment of MSW to energy schemes in Thailand. J. Cleaner Production, 15: 15. 1463-1468.

[10]Diaz, R. 2004. Life cycle assessment of municipal solid wastes: development of wasted software. Master's thesis. Ryerson University, 123p.

[11] Finnveden, G., and Ekvall, T. 1998. Life cycle assessment as a decision support tool - The case of recycling versus incineration of paper. Resource Conservation and Recycling, 24: 3-4. 235-256.5.

[12] Liamsanguan,C. and S.H.,Gheewala. 2007. LCA: A Decision Support Tool for Environmental

Assessment of MSW Management Systems, Journal of Environmental Management, 87, pp 132-138.

[13] Ozeler, D., Yetis, U., and Demirer, G.N. 2005. Life cycle assessment of MSW management methods: Ankara case study. Environment International, Pp: 405-411.

[14] Skordilis, A. 2004. Modeling of integrated solid waste management systems in an island. Resources, Conservation and Recycling, 41: 243-254.6.

[15] Zhao, Y., Damgaard, A., Wang, H., Lu, W., Christensen, T.H., 2011. Environmental impact assessment of solid waste management in Beijing City, China. Waste Management 31 (2011) 793–799.