Archive of SID

دکتر نعمت اله خراسانی[1]
رضا رفیعی[2]

مقایسه دو روش انتقال مستقیم و استقرار ایستگاههای انتقال در سیستم مدیریت مواد زائد جامد شهری
(مطالعه موردی مشهد مقدس)

چکیده

افزایش جمعیت و به ویژه تغییر در الگوهای مصرف در دهه های اخیر، سبب شده است که حجم پسماند تولید شده در شهرها افزایش یابد. در مقابل، افزایش سطح استانداردهای زیست محیطی و مخالفتهای همگانی باعث شده است انتخاب محلهای مناسب دفن و سایر تاسیسات در فواصل نزدیک شهرها غیر ممکن شود. هدف از این مطالعه بررسی به کارگیری ایستگاههای انتقال در شبکه جمع آوری و حمل ونقل مواد زائد جامد در شهر مشهد است. به این منظور با توجه به وضعیت حاضر نظام مدیریت شهر، دو سناریو حمل مستقیم و انتقال با به کارگیری ایستگاه انتقال در نظر گرفته شد. برای محاسبه فاصله ها، مرکز ثقل در هر یک از مناطق مشخص شد و با توجه به این نقاط فواصل بین مراکز تولید، ایستگاه انتقال و محل دفن محاسبه شد و بر اساس این فواصل، کل سوخت مصرفی و

۱ - دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه محیط زیست،
Khorasan@chamran.ut.ac.ir
۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه محیط زیست،
rezarafiee@nrf.ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

میزان آلاینده خروجی محاسبه و نتایج به دست آمده به وزن کل پسماند حمل شده در هر سناریو تقسیم شد. برای انجام مقایسه، آلاینده های خروجی و میزان مصرف انرژی، در سه طبقه مصرف منابع انرژی، صدمه به سلامت انسانها و صدمه به اکوسیستم طبقه بندی شد و به هر طبقه با توجه به اهمیت آن وزن داده شد و امتیاز نسبی در هر سناریو محاسبه و بر اساس آن گزینه مناسبتر انتخاب گردید. نتایج نشان داد، علی رغم این که محل دفن در سناریوی دوم به مراتب دورتر از محل دفن در سناریوی اول بود، مقادیر کمتری آلاینده به ازای هر کیلوگرم پسماند انتقال یافته تولید می شود و همچنین انرژی کمتری مصرف می شود. با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می شود در مواردی که فاصله محل دفن از مراکز ثقل تولید پسماند زیاد است، برای کاهش هزینه های مدیریت پسماند شهری، گزینه احداث ایستگاه انتقال مورد بررسی قرار گیرد.

کلید واژه ها: مدیریت پسماند شهری، جمع آوری و انتقال، ایستگاه انتقال، شهر مشهد.

۱. سرآغاز

شهرنشینی یکی از مهمترین تغییرات جهانی است، در دویست سال گذشته در حالی که جمعیت جهان ٦ برابر شده است، جمعیت شهرها صد برابر شده است. امروزه حدود ۵۰ درصد جمعیت جهان در شهر ها زندگی می کنند(Leao, ۲۰۰٤). رشد جوامع شهری و توسعه شهری، تهدیدی جدی برای محیط زیست و بهداشت افراد جامعه است. موازی با بروز این معضلات، مدیریت پسماند شهری نیز به نحو قابل ملاحظه ای طی قرن بیست میلادی، پیشرفت کرده است. اصولا قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی، مواد زائد جامد شهری شامل دفن پسماند در گودالهای روباز می شد. اما امروزه ملاحظات زیست محیطی بیشتری به منظور تامین سلامت شهروندان، در نظر گرفته می شود (Hickman, ۲۰۰۰). چنین ملاحظاتی و به ویژه پدیده NIMBY[۱] منجر می شود که محلهای دفن

۱ :Not In My Back Yard

www.SID.ir

Archive of SID

در فاصله دورتر از شهر قرار بگیرند. محلهای دفن بهداشتی(لندفیل ها) معمولا برای دوره های طولانی مدت طراحی می شوند و باید دور از شهر و توسعه شهر در آینده باشند. بنابراین چنین مکانهایی در شهر های بزرگ معمولا بیش از ١٦ کیلومتر از شهر فاصله دارند (عبدلی، ۱۳۷۹). بنابراین برای افزایش کارایی سیستم جمع آوری و انتقال پسماند شهری، به استقرار ایستگاه انتقال نیاز است. ایستگاه های انتقال تاسیساتی هستند که در نزدیک نقاط ثقل تولید پسماند یا مناطق تجاری قرار دارند، در این محل پسماند های دریافتی از وسایل کوچکتر تخلیه و در وسایل با ظرفیت بیشتر بارگیری می شود(US EPA, ٢٠٠٤). از طرفی دیگر می توان در ایستگاه ها به منظور کاهش حجم پسماند فشرده سازی پسماند را انجام داد یا این که تاسیسات جداسازی مواد قابل بازیافت (MRF[1]) ، را مستقر کرد(US EPA, ٢٠٠٤).

به کار گیری ایستگاه انتقال در سیستم مدیریت مواد زائد به دلیل هزینه هایی که راه اندازی و دایر داشتن ایستگاه به دنبال دارد، نیازمند تجزیه و تحلیل سود به هزینه[2] است، که معمولا معیار های اقتصادی در تصمیم گیری لحاظ می شود، در حالی که ایستگاه های انتقال علاوه بر سودمندی اقتصادی - مشروط بر این که در مکان یابی ایستگاهها معیار های فنی، اقتصادی و فرهنگی اجتماعی لحاظ شده باشد- نقش مهمی نیز در کاهش آلودگی محیط زیست و مصرف سوخت دارند، که بایستی شناسایی شوند و در تصمیم گیریها لحاظ گردند.

۲. روش

مشهد مقدس، مرکز استان خراسان رضوی دومین شهر کشور و همچنین دومین کلان شهر مذهبی جهان است. شهر مشهد با بیش از ۲ میلیون نفر جمعیت، روزانه به طور متوسط دارای حدود ۱۳۰۰ تن زباله است. که این میزان در ایام پذیرایی از زائران تا روزانه ۱۷۰۰ تن در روز بالغ می شود.

---

۱ :Material Recovery Facility
۲ : Cost and Benefit Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور مقایسه دو روش انتقال و جمع آوری پسماند شهری، با توجه به وضعیت حال حاضر نظام مدیریت مواد زائد جامد در شهر مشهد، دو سناریو ارائه شد. سناریوی اول، انتقال مستقیم پسماندها به محل دفن است. این رویه در مناطق ۱و ۲ و ۳ و مناطق ۷ تا ۱۲، شهرداری مشهد صورت می پذیرد. زباله های خانگی پس از جمع آوری به طور مستقیم به محل دفن واقع در کیلومتر ۵ جاده نیشابور منتقل می شود. سناریوی دوم شامل جمع آوری و انتقال به ایستگاه انتقال و سپس از ایستگاه با سمی ترلر به محل دفن منتقل می شود. این رویه در سه منطقه ٥،٤ و ٦ شهرداری مشهد انجام می پذیرد (شکل ۱). واحد کارکردی میزان آلاینده تولید شده به ازای میزان پسماند انتقال یافته در هر سناریو است. مقایسه دو سناریو بر اساس نتایج سیاهه نویسی چرخه حیات[1] انجام پذیرفت (Production Ecology Consultants , ۲۰۰٦). در مرحله اول برای هر یک از مناطق بر اساس مختصات جغرافیایی یک نقطه ثقل تعیین شد. فاصله طی شده از این نقطه تا ایستگاه یا محل دفن به عنوان مبنای محاسبات مصرف سوخت در نظر گرفته شد. مصرف انرژی در ماشین آلات انتقال و جمع آوری پسماند شهری مهمترین ورودی فرآیند و آلاینده های ناشی از احتراق سوخت های فسیلی مهمترین خروجی فرآیند است که به عنوان مهمترین فاکتور در مقایسه سناریو ها مد نظر قرار گرفته است. به دلیل این که همه ماشین ها در پایان شیفت کاری مورد شستشو قرار می گیرند از آلاینده های ناشی از شستشو ماشین آلات که شامل BOD و COD می شود، صرف نظر شد و تنها به ارائه آلاینده های هوا اکتفا شده است. میزان آلاینده های خروجی در موتور های دیزل بر اساس گزارش Haight(۲۰۰٤) در جدول ۱ ارائه شده است. مدل انجام محاسبات در شکل ۲ ارائه شده است. میانگین انرژی مصرفی برق در ایستگاه انتقال به ازای هر تن پسماند فرآوری شده در سال ۱۳۸۳، معادل ۲/۵ کیلوات برآورد شد. بر اساس گزارش EPA(۲۰۰۲) میزان انتشار آلاینده ها مطابق جدول ۲ برای نیروگاههای مختلف است (PA, ۲۰۰۲). از اطلاعات این گزارش برای محاسبه میزان آلاینده های هوا ناشی از ایستگاه انتقال استفاده شد. پس از محاسبه مقادیر کل انتشار آلاینده ها و همچنین مصرف انرژی در هر یک از سناریوها، مقادیر مذکور بر حسب میزان وزن

---

۱ : Life Cycle Inventory

www.SID.ir

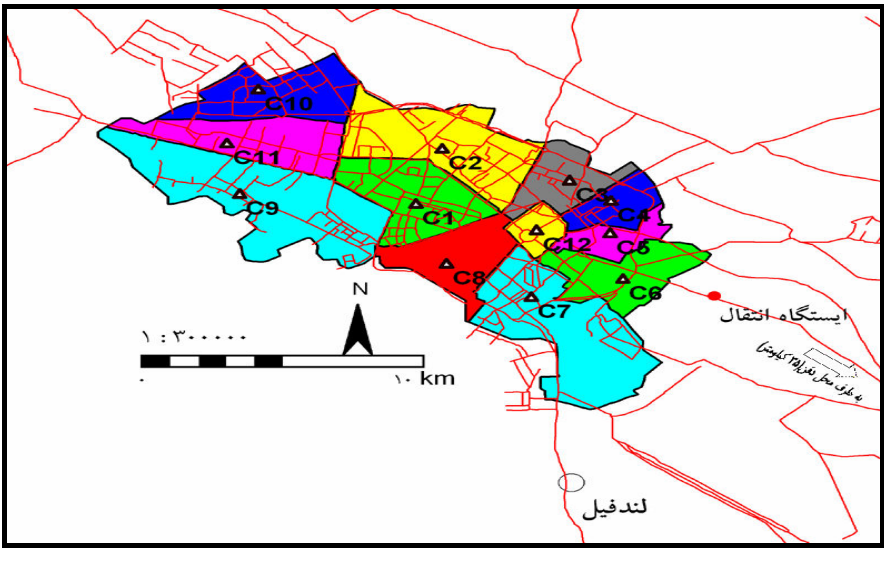
Archive of SID

پسماند انتقال یافته در هر سناریو نرمال شد. در مرحله بعد آلاینده های خروجی و نیز مقدار مصرف انرژی به منظور مقایسه دو سناریو در سه طبقه شامل صدمه به کیفیت اکوسیستمها، صدمه به سلامت انسانها و مصرف منابع انرژی، طبقه بندی شد. وزن هر طبقه با توجه به اهمیت طبقه تعیین شد. سپس در مورد هر سناریو، مجموع آلاینده های تولید شده (بر حسب گرم) به ازای هر کیلوگرم پسماند انتقال یافته (gr/kg waste)، در هر طبقه محاسبه شد و در وزن طبقه ضرب شد. امتیاز هر سناریو با جمع جبری مقادیر فوق مطابق معادله ۱ به دست آمد و با توجه به امتیاز هر سناریو، گزینه مناسب تر انتخاب می شود.

$$\text{امتیاز نسبی سناریو} = \sum_{n=1}^{3} W_i(\sum X_i) \qquad (\text{معادله } ۱)$$

که W_i وزن نسبی طبقه و ΣX_i مجموع وزن آلاینده تولید شده در طبقه است. در مورد طبقه مصرف انرژی، X_i به میزان انرژی مصرف شده بر حسب Mj/Kg Waste بر می گردد.

محدوده مطالعه، نقاط ثقل تعیین شده، موقعیت محلهای دفن و ایستگاه انتقال نیز در شکل ۳ ارائه شده است.

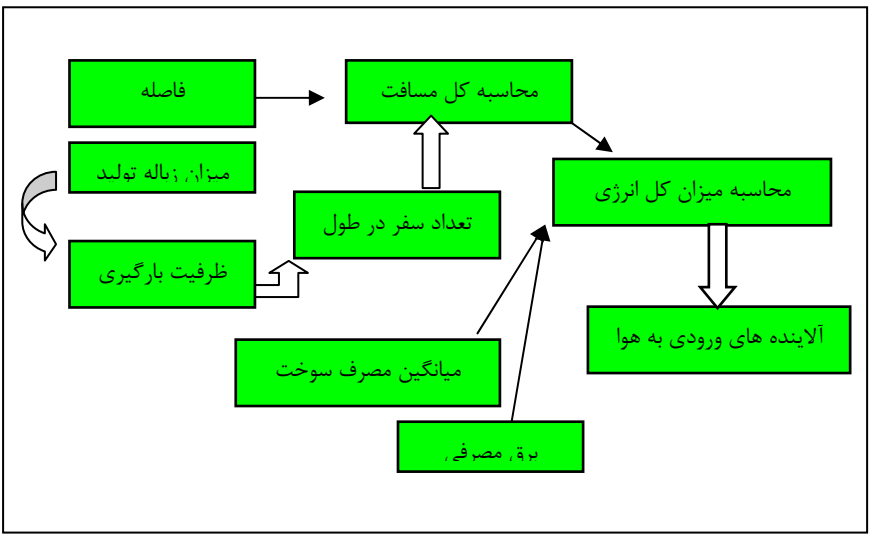


www.SID.ir

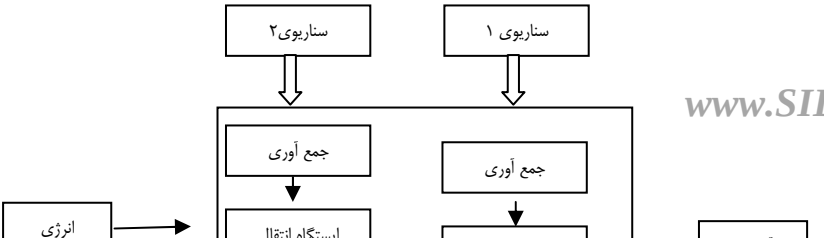
Archive of SID

شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

(مراکز ثقل هر منطقه با حروف C مشخص شده است)



شکل (۲): مدل انجام محاسبات



www.SID.ir

Archive of SID

شکل(۳): مرز مراحل مورد نظر از نظام مدیریت مواد زائد شهری در هر سناریو

جدول (۱): آلاینده های ورودی به هوا ناشی از احتراق سوخت در موتور های دیزل(۲۰۰٤ ,Haight).

آلاینده	CO	CO_2	CH_4	NO_X	VOCs	SO_X	PM	Pb Air
میزان تولید(g/l)	/٤۰۰ ۲٦۳٤	۰/۰۱۰	۰/۰۳٦	/۸٦۸ ۱۸	۲/۳٥۰	/۳۱۱ ۳	٤٦۳ ۰/	-٤ ۲۸*۱۰ ۱/

آلاینده	Hg Air	Cd Air	Pb Water	Hg Water	BOD	Mj/l
میزان تولید(g/l)	-٦ /۲٤*۱۰ ٤	-٥ ۰٤*۱۰ ۳/	-٤ ۷٤*۱۰ ٤/	-۷ ۸۸*۱۰ ٤/	-۳ ۹۹*۱۰ ۳/	/٦۰ ۳٥٤

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): میزان آلاینده های خروجی از نیروگاه گازی (kg/kw) بر اساس گزارش EPA, ۲۰۰۲ و Haight, ۲۰۰٤.

آلاینده	CO_2	CH_4	NO_X	SO_X	PM	VOC_S	Pb Air
میزان تولید(kg/kw)	۰/٤٥٤	٤/۰۹٥*۱۰$^{-٤}$	۲/٥۰۰*۱۰$^{-٤}$	۲/٥۰۰*۱۰$^{-٥}$	۷/۰۰۰*۱۰$^{-٦}$	۱/۷۱٤*۱۰$^{-٤}$	۱/٦۲۰*۱۰$^{-۸}$

آلاینده	Hg Air	Cd Air	Pb Water	Hg Water	BOD
میزان تولید(kg/kw)	۳/۱٦۸*۱۰$^{-۹}$	۸/۲۸۰*۱۰$^{-۱۰}$	٥/٤۰۰*۱۰$^{-۷}$	۷/۹۲۰*۱۰$^{-۱۰}$	٤/٦۸۰*۱۰$^{-۸}$

۳. نتایج

بر اساس مدل ارائه شده در بخش ۲، میزان آلاینده فاکتور های ارائه در جدول ۱ بر حسب گرم به ازای هر کیلوگرم زباله انتقال یافته در هر یک از سناریوها محاسبه شد. در نتیجه این تحقیق مقادیر آلاینده ناشی از احتراق سوخت، در وسایل نقلیه و نیروگاه، محاسبه شد(جدول ۳). بر اساس نتایج مشاهده می شود که در تمام فاکتورها به جز CH_4، Pb_{water}، Hg_{water} جمع آوری و انتقال به وسیله ایستگاه انتقال، میزان آلاینده کمتری را تولید می کند(شکل ٤). ملاحظه می شود علی رغم این که محل دفن در سناریو دوم به مراتب دورتر از محل دفن در سناریوی اول است، مقادیر آلاینده کمتری به ازای انتقال هر کیلوگرم پسماند، انتشار یافته است. همچنین میزان مصرف انرژی در سناریوی دوم ۳۸/٥ درصد کاهش یافته است.

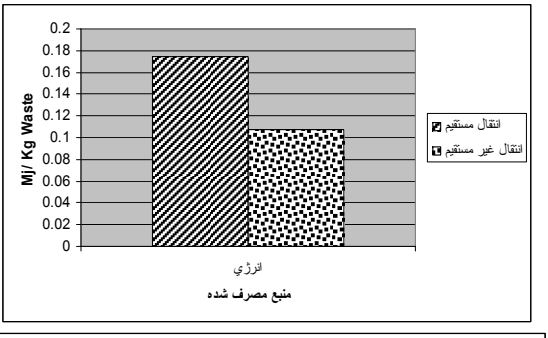
جدول(۳): مقادیر آلاینده تولیدی بر حسب گرم/ کیلوگرم پسماند انتقال یافته

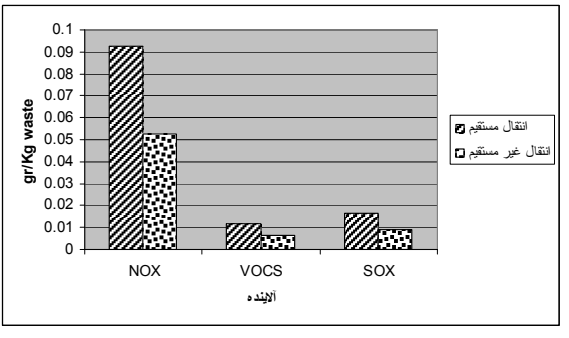
آلاینده	انتقال با ایستگاه انتقال(gr/kg waste)	انتقال مستقیم(gr/kg waste)
CO	۲,۷٦E-۰٥	٤,۹۱E-۰٥

www.SID.ir

Archive of SID

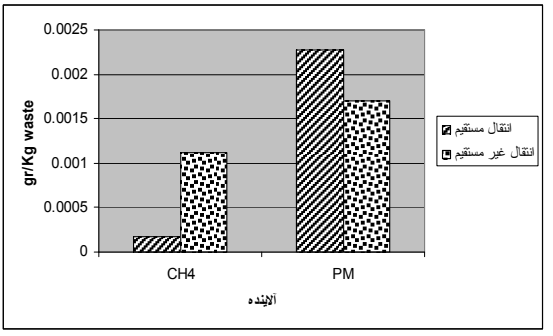
CO_2	۸,٤۰۹۲٥۸۱٥۸	۱۲,۹۳٤٤۰۰۲۸
CH_4	۰,۰۰۱۱۲۳۱٥٥	۰,۰۰۰۱۷٦۷٥۳
NO_X	۰,۰٥۲۷۲٤٤۱۷	۰,۰۹۲٦۳۸۲۷۲
VOC_S	۰,۰۰٦٥٥۱٤٥٦	۰,۰۱۱٥۳۸۰٥۱
SO_X	۰,۰۰۹۱٦۰۰۲٥	۰,۰۱٦۲٥٦۳۷۷
PM	۰,۰۰۱۷۰٦۹٦۲	۰,۰۰۲۲۷۳۲٤۱
Air Pb	۳,۹٤E-۰۷	٦,۲۸E-۰۷
Air Hg	۱,۹٦E-۰۸	۲,۰۸E-۰۸
Air Cd	۸,٦۰E-۰۸	۱,٤۹E-۰۷
Water Pb	۲,٦٦E-۰٦	۲,۳۳E-۰٦
Water Hg	۳,۳۳E-۰۹	۲,٤۰E-۰۹
BOD	۱,۱۱E-۰٥	۱,۹٦E-۰٥
انرژی (Mj/Kg Waste)	۱,۰۷E-۰۱	۰,۱۷٤۷

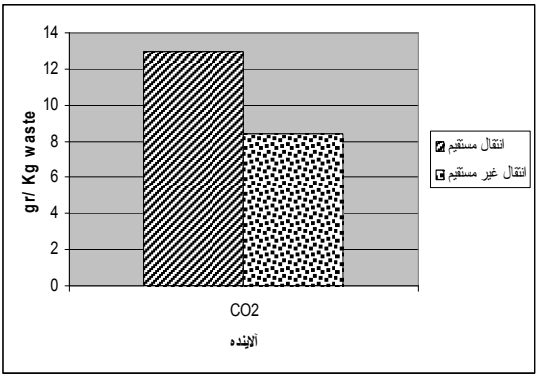




www.SID.ir

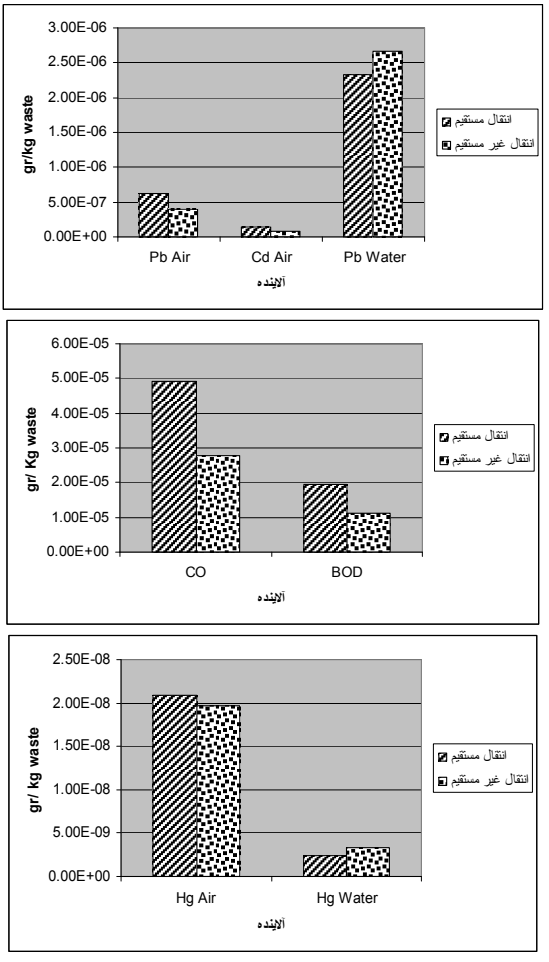
Archive of SID





www.SID.ir

Archive of SID



شکل (٤): نمودار های مقایسه دو سناریو در هر یک از فاکتور آلاینده های وروی به هوا

آلاینده خروجی ناشی از فرآیند احتراق (جدول ۳)، بسته به اثری نهایی که خواهند داشت در سه طبقه، صدمه به کیفیت اکوسیستم، صدمه به سلامت انسانها و مصرف منابع انرژی قرار داده شد. وزن طبقات با توجه به اهمیت نسبی هر طبقه، به ترتیب، ۰/۲ ، ۰/۳ و۰/۵ تعیین شد. So_x ,CO_2 ,CH_4 BOD و NO_x در طبقه صدمه به کیفیت

www.SID.ir

Archive of SID

اکوسیستم و در طبقه صدمه به سلامت انسانها PM, Pb_{air}, Cd_{air}, Pb_{water}, Hg_{water}, Hg_{air}, $VOCs$ و CO قرار داده شد (جدول ٤).

جدول (٤): عنوان، اجزا موثر و وزن نسبی طبقات اثرات نهایی آلاینده های ورودی به هوا طی فرآیند جمع آوری و انتقال پسماند

طبقه اثرات نهایی	اجزای موثر	وزن نسبی
صدمه به کیفیت اکوسیستم	NO_x , BOD CH_4, CO_2, So_x	۰/۲
صدمه به سلامت انسان ها	PM, Pb_{air}, Cd_{air}, Pb_{water}, Hg_{water}, Hg_{air}, CO, $VOCs$,	۰/۳
مصرف انرژی	میزان انرژی مصرف شده(Mj/Kg waste)	۰/۵

با استفاده از معادله۱ امتیاز نسبی هر سناریو برابر است:

امتیاز سناریوی اول = ۰/۲ × (۱۳/۰٤۳٤۹۱۲۷) +۰/۳ × (۱/۳۹×۱۰$^{-۲}$) +۰/۵ × (۰/۱۷٤۷) = ۲/۷۰۰۲۰۷

امتیاز سناریو دوم = ۰/۲ × (۸/٤۷۲۲۷۹۸۵۵) + ۰/۳× (۸/۲۹×۱۰$^{-۲}$) + ۰/۵ ×(۰/۱۰۷۰) =۱/۷۵۰٤٤۲

با توجه به این که سناریوی دوم امتیاز کمتری کسب کرده است نتیجه می شود، ایستگاه انتقال بار زیست محیطی کمتری در بر دارد و بنابراین می تواند موجب کاهش مصرف انرژی و آلاینده های ورودی به محیط زیست شود.

۵. بحث

www.SID.ir

Archive of SID

توسعه شهرها گاه منجر به مجاورت سکونت گاه های شهری با ایستگاههای انتقال می شود که با مخالفتهای همگانی زیادی همراه است. در سالها اخیر، افزیش سهم سرانه تولیدپسماند در شهرها و از طرفی دیگر افزایش ملاحظات زیست محیطی در استقرار محلهای دفن، منجر شده است که مکان یابی سایتهای مناسب محلهای دفنی بهداشتی در فواصل نزدیک شهرها غیر ممکن شود. با دورتر شدن فاصله محلهای دفن و سایر تاسیسات مربوط به مدیریت مواد زائد جامد شهری از نقاط ثقل تولید پسماند، کارایی وسایل نقلیه کوچک که جمع آوری پسماند را از سطح شهر انجام می دهند سیر نزولی دارد و در مقابل مصرف انرژی و آلاینده های ورودی به محیط زیست (هزینه ها) سیر صعودی دارد (US EPA, ۲۰۰۲). علاوه بر هزینه های اقتصادی و زیست محیطی، با تاسیس ایستگاههای انتقال زمان لازم برای انتقال و جمع آوری مقدار معین پسماند نیز کاهش می یابد وکارکنان وقت بیشتری برای جمع آوری پسماند شهری صرف خواهند کرد و لذا منجر به افزایش کیفیت نظام مدیریت مواد زائد جامد شهری خواهد شد.

مدیریت پسماندهای شهری، امروزه یکی از محورهای عمده در توسعه پایدار است(Fatta et al., ۲۰۰۳). پسماند شهری در بر گیرنده مقادیر قابل توجهی مواد قابل بازیافت است، بنابراین برای نیل به پایداری در این بخش نیاز است زیر ساختهای مناسب (مانند کارخانه کمپوست، کارخانه بازیافت پلاستیک و کاغذ) ، در فرآیند نظام مدیریت مواد زائد جامد استقرار یابد. با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می شود برای جلوگیری از هزینه های اضافی، در محل ایستگاه های انتقال تاسیسات جداسازی مواد بازیافتی (MRF) نیز استقرار یابد و همچنین در مکان یابی تاسیسات وابسته دیگر مانندکارخانه کمپوست و کارخانه بازیافت، معیار فاصله از MRF نیز لحاظ گردد.

در مقابل سودمندی ایستگاه های انتقال در نظام مدیریت مواد زائد جامد شهری، استقرار ایستگاه در مناطق همجوار باعث بروز مشکلاتی می شود. و اغلب در محل استقرار ایستگاه ها تعارضات اجتماعی بروز می کند، پیشنهاد می شود به سبب تاثیرات منفی چنین تاسیساتی بر مناطق مسکونی همجوار، قبل از مکان یابی آنها، روند توسعه شهر با توجه به سوابق تاریخی، مورد توجه قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع و مآخذ

۱.عبدلی، محمد علی، *مدیریت مواد زائد جامد*، ج۲، تهران، مرکز مطالعات برنامه ریـزی شهری وزارت کشور،۱۳۷۹.

۲. Fatta, D., Moll, S. and ETC/WMF. (۲۰۰۳). Assessment of information related to waste and material flows (A catalogue of methods and tools). EEA, Technical Report No.۹٦. ٦۳pp.

۳. Haight, M., ۲۰۰٤. Technical Report: Integrated Solid Waste Management Model, School of Planning, University of Waterloo, Waterloo,ON.

٤. Hickman, H.L., ۲۰۰۰. A Brief History of Solid Waste Management in the US, ۱۹۵۰ to ۲۰۰۰, Part ٤: Building a National Movement, MSW Management, March/April ۲۰۰۰. Available from: www.forester.net/msw_۰۰۰۳_history.html.

۵. EPA. (Environmental Protection Agency)., ۲۰۰۲. Solid Waste Management and Greenhouse Gases. A Life-cycle Assessment of Emissions and Sinks, ۲nd ed., Contract EPA۵۳۰-R-۰۲-۰۰٦, US Environmental Protection Agency., Washington, DC.

www.SID.ir

Archive of SID

٦. Leao, S., Bishop, I. and Evans, D. (٢٠٠٤). Simulating urban growth in a developing nation's region using a CA-based model. Journal of Urban Planning and Development, ١٣٠(٣): ١٤٥-١٥٨.

٧. Production Ecology Consultants. ٢٠٠٦., Introduction into LCA. Available from: www.pre.nl.html

٨. United States Environmental Protection Agency, June ٢٠٠٢. Contract EPA٥٣٠-R-٠٢-٠٠٢ US Environmental Protection Agency., Washington, DC.

٩. United States Environmental Protection Agency, ٢٠٠٤, Waste Transfer Station: A Manual for Decision-Making . Available from:http://www.epa.gov/ebtpages/waste.html.

www.SID.ir