

محاسبه مقدار انتشار گاز متان از مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از

برنامه LANDGEM

تهیه کنندگان: محوی، امیر حسین^۱ - رودباری، علی اکبر^۲

۱. دکتری بهداشت محیط، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲. دانشجوی دکتری بهداشت محیط، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود

آدرس نویسنده مسئول: تهران، خیابان انقلاب، خیابان ۱۶ آذر، خیابان پورسینا، دانشگاه علوم
پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، طبقه پنجم، گروه مهندسی بهداشت محیط، امیرحسین محوی
شماره تماس: ۰۹۱۲۳۲۱۱۸۲۷

آدرس e-mail: ahmahvi@yahoo.com

محاسبه مقدار انتشار گاز متان از مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از

برنامه LANDGEM

مقدمه

گاز متان یکی از مهمترین گازهای گلخانه ای با ارزش سوختی فراوان است که در صورت عدم جمع آوری و راهیابی آن به فضای آزاد و رسیدن مقدار آن به ۵ تا ۱۵ درصد حجم هوا منفجر می گردد. به این دلایل برآورد مقدار انتشار و تولید این گاز از منابع آن بسیار حائز اهمیت است ضمن آنکه اندازه گیری مقدار گاز متان منتشره از اماکن دفن بهداشتی می تواند به تعیین سهم ایران در انتشار جهانی گازهای گلخانه ای کمک کند. هدف از اجرای این مطالعه محاسبه مقدار انتشار گاز متان از مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از برنامه LANDGEM می باشد

مواد و روشها

نوع مطالعه، توصیفی مقطعی و جامعه مورد مطالعه آن را زباله های تولیدی شهروندان شاهرودی تشکیل می دهد. برای انجام این پژوهش در مرحله اول بر اساس دستورالعمل کتاب waste management practices اثر John Pitchel عملیات نمونه برداری از زباله ها انجام شد سپس جمع آوری اطلاعات مربوط به مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود و برآورد جمعیت شهر شاهرود در سالهای مختلف دوره طرح با توجه به ضریب رشد انتخابی و با در نظر گرفتن فاکتورهای موثر در نرخ رشد انجام شد. در مرحله آخر، عملیات تعیین مقدار ثابت انتشار گاز متان و مقدار پتانسیل تولید متان در محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از داده های جمع آوری شده در محل و ورود اطلاعات به برنامه انجام شد.

نتایج

نتایج مطالعه نشان داد که در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۳۸ متر مکعب بر ساعت، در سال ۱۳۹۵ حدود ۲۸۳ متر مکعب بر ساعت، در سال ۱۴۰۰ حدود ۳۸۳ متر مکعب بر ساعت و در سال ۱۴۰۵ حدود ۴۷۲ متر مکعب بر ساعت گاز در این مرکز دفن تولید خواهد شد. همچنین سرعت تولید گاز از سال ۱۳۹۵ با شیب کمتری ادامه پیدا خواهد کرد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از آن می تواند در برنامه ریزیهای تولید انرژی و سایر کاربردها از گازهای محل دفن و نیز تعیین سهم ایران در انتشار جهانی گازهای گلخانه ای مرتبط با زباله مورد توجه قرار گیرد. ضمن آنکه می توان با توجه به مقدار گاز متان محاسبه شده، سیستمهای جمع آوری گاز متان را برای هر محل دفنی طراحی و اجراء کرد تا بدینوسیله علاوه بر بکارگیری گاز از تجمع آن در اماکن دفن و ایجاد انفجار و نشست های احتمالی جلوگیری کرد.

واژگان کلیدی: متان، شاهرود، مرکز دفن، LANDGEM

گاز متان یکی از مهمترین گازهای گلخانه ای است که از نظر پتانسیل بیشترین سهم را در پدیده گرمایش جهانی دارد (پتانسیل ۲۵ تا ۳۰ برابر CO₂) ضمن اینکه از نظر کمی نیز با سهم ۱۸ درصد در رتبه دوم گازهای گلخانه ای قرار دارد. (۱) یکی از مهمترین منابع انتشار گاز متان، اماکن دفن بهداشتی زباله می باشد. تجربه بیهوای زباله ها در لایه های دفن با کمک میکروارگانیزمها منجر به انتشار گاز متان و دی اکسید کربن در مقادیر زیادتر و گازهایی نظیر H₂S و NO_x در مقادیر بسیار کمتر می گردد. (۳)(۴) گاز متان دارای ارزش حرارتی بسیار بالایی می باشد (ارزش حرارتی هر متر مکعب متان تقریباً معادل ارزش حرارتی یک لیتر نفت سفید می باشد فلذا از نظر اقتصادی نیز قابل توجه است. همچنین در صورت عدم جمع آوری گاز متان و راهیابی آن به فضای آزاد و رسیدن مقدار آن به ۵ تا ۱۵ درصد حجم هوا منفجر می گردد و خساراتی را به بار می آورد. به دلایل مذکور برآورد مقدار انتشار و تولید این گاز از منابع آن بسیار حائز اهمیت است ضمن آنکه اندازه گیری مقدار گاز متان منتشره از اماکن دفن بهداشتی می تواند به تعیین سهم ایران در انتشار جهانی گازهای گلخانه ای کمک کند. روشهای مختلفی برای برآورد نمودن مقدار انتشار گاز متان وجود دارد که عبارتند از: ارزیابی محل دفن (site evaluation)، آزمایشهای میدانی (field testing) و مدل سازی ریاضی (mathematical modeling). در این مطالعه از روش مدل سازی ریاضی استفاده شده است. مدلهای ریاضی مختلفی در دنیا توسعه یافته است که مهمترین و انعطاف پذیرترین مدل، LANDGEM MODEL می باشد. این مدل توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ابداع شده است و برآورد بسیار دقیقی از میزان گاز متان تولیدی در سالیان مختلف را ارائه می دهد.

هدف کلی از اجرای این طرح عبارت است از: محاسبه مقدار انتشار گاز متان از مرکز دفن

بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از برنامه LANDGEM

مروری بر مطالعات گذشته

در داخل کشور تاکنون مطالعه جامعی با این وسعت با استفاده از این برنامه برای محاسبه مقدار تولید گاز متان در مراکز دفن بهداشتی زباله صورت نگرفته است لیکن تعدادی مطالعه در جهت اندازه گیری و برآورد مقدار تولید گاز متان به روشهای دیگر صورت گرفته است. در دنیا نیز مطالعات متعدد و فراوانی با هدف تعیین مقدار انتشار گاز متان بر روی اماکن دفن بهداشتی زباله انجام شده است که در ادامه خواهد آمد لیکن مطالعاتی که به طور اختصاصی با استفاده از برنامه کامپیوتری LANDGEM صورت گرفته باشد انگشت شمار می باشد. به هر حال تعدادی از این مطالعات عبارتند از:

۱- Liming Shao, Houhu Zhang و Pinjing He تولید گاز متان را در یک محل دفن بهداشتی زباله که دارای سیستم برگردانی شیرابه بود مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گیری کردند که بازگردانی شیرابه می تواند پتانسیل تولید گاز متان را افزایش دهد. البته در صورتی که pH شیرابه کنترل نگردد می تواند باعث توقف فعالیت باکتریها و کاهش تولید شیرابه گردد. (۱۱)

EPA-۴ در سال ۲۰۰۵ از این مدل در برآورد انتشار گاز متان در امریکای مرکزی استفاده کرد و نتیجه گیری کرد که مقدار K یا نرخ تولید متان برای مناطق پر باران، برابر ۰.۲۳ عکس روز، برای مناطق کم باران، برابر ۰.۲ عکس روز و برای مناطق خشک برابر ۰.۱۸ عکس روز می باشد. (۱۴)

۵- سازمان حفاظت محیط زیست امریکا در سال ۲۰۰۶ با استفاده از مدل LANDGEM در مناطق مرکزی امریکا مقدار ظرفیت تولید بالقوه متان را برای مناطق مختلف بین ۷۸ تا ۱۰۱ مترمکعب به ازای هر مگاگرم برآورد کردند. (۱۵)

مواد و روشها

نوع این مطالعه، توصیفی مقطعی است و جامعه مورد مطالعه آن را زباله های تولیدی شهروندان شاهرودی و نیز مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود تشکیل می دهند. برای انجام این پژوهش در مرحله اول بر اساس دستورالعمل کتاب waste management practices اثر john pitchel عملیات نمونه برداری از زباله ها به روش زیر انجام شد تا مشخصات کمی و کیفی زباله های شهروندان شاهرودی برای استفاده در برنامه LANDGEM مشخص گردد:

تعداد ۴ عدد کامیون از کامیونهای حمل زباله انتخاب شد و حجم کانتینر و وزن کلی آنها اندازه گیری شد. سپس یک روز خاص در هفته انتخاب شد و این کامیونها در آن روز سه بار زباله هایی را که از سطح شهر جمع آوری کرده بودند و قصد تخلیه در محل دفن را داشتند در یک محل ویژه ای که حجم آن از قبل مشخص شده بود تخلیه می کردند و وزن و حجم آنها و در نتیجه دانسیته آنها اندازه گیری می شد. این کار در ماههای بعدی به صورت یک بار در هر ماه ادامه یافت. لازم به ذکر است که سعی شد روزهای اندازه گیری، قبل و بعد از روزه های تعطیل نباشد تا نمونه های مورد سنجش واقعی بوده و کمترین خطا را داشته باشد. همچنین یک نمونه ترکیبی نیز از کل زباله ها جدا شد و مشخصات کمی و کیفی اجزای تشکیل دهنده آن شامل درصد بخش قابل فساد و غیر قابل فساد، درصد رطوبت و میزان مواد آلی و مواد آلی فرار مشخص گردید.

در مرحله دوم، جمع آوری اطلاعات مربوط به مرکز دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود و برآورد جمعیت شهر شاهرود در سالهای مختلف دوره طرح نیز با توجه به ضریب رشد انتخابی و با در نظر گرفتن فاکتورهای موثر در نرخ رشد انجام شد.

در مرحله سوم، عملیات تعیین مقدار ثابت انتشار گاز متان و مقدار پتانسیل تولید متان در محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با استفاده از داده های جمع آوری شده در محل نظیر سطح آب زیرزمینی، جنس خاک، نوع مدیریت مرکز دفن، میزان بارش و نوع خاک پوششی مورد استفاده و همچنین مرتب کردن و وارد کردن اطلاعات به برنامه یا مدل LANDGEM و محاسبه میزان گاز متان تولیدی در طی سالهای مختلف دوره طرح صورت گرفت.

این برنامه (LANDGEM MODEL) توسط سازمان حفاظت محیط زیست امریکا ابداع شده است و برآورد بسیار دقیقی از میزان گاز متان تولیدی در سالیان مختلف را ارائه می دهد. فرمول مورد استفاده در این مدل فرمول زیر می باشد: (۱۴)

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

که در آن:

Q_{CH_4} = میزان متان تولیدی سالیانه در سال انجام محاسبات بر حسب متر مکعب در سال

i = فواصل زمانی یک سال یک سال

n = سال انجام محاسبات - اولین سال پذیرش زباله در محل دفن

$J =$ فواصل زمانی یک سال یک سال
 $K =$ نرخ تولید متان بر حسب عکس سال
 $L_0 =$ ظرفیت بالقوه تولید متان بر حسب مترمکعب بر مگا گرم
 $M_i =$ وزن زباله پذیرفته شده در سال i ام بر حسب مگاگرم
 $t_{ij} =$ سن بخش i ام جرم M_i زباله پذیرفته شده در سال i ام (مثلا ۳.۲ سال)
 پارامترهای مجهول در معادله فوق، K ، L_0 ، M_i و t_{ij} می باشد.

یافته ها

الف: محاسبه جمعیت در طی سالهای دوره طرح:

نرخ رشد جمعیت برای شهر شاهرود بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ برابر ۱.۱ درصد می باشد. دوره طرح انتخابی برای مرکز دفن زباله شهر شاهرود نیز بر اساس طرح جامع مدیریت پسماند زباله شهر شاهرود ۲۰ سال می باشد. برای محاسبه جمعیت شهر شاهرود در سالهای مختلف دوره طرح از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$P_n = P_0(1+r)^n$$

لذا بر اساس فرمول فوق جمعیت شهر شاهرود در طی سالهای مختلف دوره طرح خواهد

شد:

جدول شماره یک: جمعیت شهر شاهرود در سالهای مختلف دوره طرح

سال	جمعیت	سال	جمعیت
۱۳۸۷	۱۴۰۰۰۰	۱۳۹۷	۱۵۷۹۰۳
۱۳۸۸	۱۴۳۰۹۶	۱۳۹۸	۱۵۹۶۴۰
۱۳۸۹	۱۴۴۶۷۱	۱۳۹۹	۱۶۱۳۹۶
۱۳۹۰	۱۴۶۲۶۲	۱۴۰۰	۱۶۳۱۷۱
۱۳۹۱	۱۴۷۸۷۱	۱۴۰۱	۱۶۴۹۶۶
۱۳۹۲	۱۴۹۴۹۷	۱۴۰۲	۱۶۶۷۸۰
۱۳۹۳	۱۵۱۱۴۲	۱۴۰۳	۱۶۸۶۱۵
۱۳۹۴	۱۵۲۸۰۴	۱۴۰۴	۱۷۰۴۷۰
۱۳۹۵	۱۵۴۴۸۵	۱۴۰۵	۱۷۲۳۴۵
۱۳۹۶	۱۵۶۱۸۵	۱۴۰۶	۱۷۴۲۴۱

ب: نتایج آنالیز کمی و کیفی زباله ها

اندازه گیری وزن زباله های تولیدی شهروندان شاهرودی از مهر ماه آغاز و به مدت یک سال بر اساس روش ذکر شده در قسمت مواد و روشها صورت گرفت. جدول شماره دو متوسط وزن زباله های تولیدی شهروندان شاهرودی در فصول مختلف را نشان می دهد

جدول شماره دو: وزن زباله های تولیدی روزانه شهروندان در فصول مختلف

فصل	وزن بر حسب کیلوگرم = میانگین وزن زباله هر کامیون (kg) * تعداد کامیونهای حمل روزانه
پائیز	$94646.25 = 25 * 3785.85$
زمستان	$92558.25 = 25 * 3702.33$
بهار	$93218.75 = 25 * 3728.75$
تابستان	$94018.75 = 25 * 3760.75$

بنابراین اگر از مقادیر زباله های تولیدی روزانه شهروندان در فصول مختلف میانگین بگیریم
 به عده ۹۳۶۱۰.۵ کیلوگرم می رسیم
 $(93610.5 = 4 / (94018.75 + 93218.75 + 92558.25 + 94646.25))$ که متوسط زباله تولیدی روزانه شهروندان شاهرودی در طول سال می باشد. با تقسیم این مقدار بر جمعیت شهر شاهرود، سرانه تولید زباله هر شهروند خواهد شد: $93610.5 / 140000 = 669$ گرم.

برای محاسبه کردن مقدار تولید گاز متان از طریق برنامه LANDGEM باید وزن زباله های تولید شده در سالهای مختلف دوره طرح به نحوی مناسب برآورد گردد. بر اساس دستورالعمل های پیشنهادی در کتاب waste management practices اثر john pitchel نرخ تولید سرانه زباله در کشورهای در حال توسعه در یک افق ۲۰ ساله، سالیانه ۲ تا ۵ درصد است که بستگی به میزان جمعیت شهر دارد و برای شهرهای با جمعیت کمتر از ۵۰۰ هزار نفر ۲ درصد فرض می شود. لذا سرانه تولید زباله و در نتیجه وزن کل زباله تولیدی شهروندان شاهرودی در طی سالهای دوره طرح به شرح جدول زیر خواهد بود:

جدول شماره ده: سرانه تولید زباله و وزن کل زباله تولیدی شهروندان شاهرودی در طی سالهای دوره طرح

سال	جمعیت	سرانه تولید (زباله گرم)	وزن زباله سالیانه به تن	سال	جمعیت	سرانه تولید زباله	وزن زباله سالیانه به تن
۱۳۸۷	۱۴۰۰۰۰	۶۶۸.۶۴	۳۴۱۶۷.۵	۱۳۹۷	۱۵۷۹۰۳	۸۱۴.۲۸	۴۶۹۳۰.۷
۱۳۸۸	۱۴۳۰۹۶	۶۸۱.۳۶	۳۵۵۸۷.۵	۱۳۹۸	۱۵۹۶۴۰	۸۳۰.۵۷	۴۸۳۹۶.۲
۱۳۸۹	۱۴۴۶۷۱	۶۹۴.۹۸	۳۶۶۹۸.۴	۱۳۹۹	۱۶۱۳۹۶	۸۴۷.۱۸	۴۹۹۰.۷
۱۳۹۰	۱۴۶۲۶۲	۷۰۸.۸۸	۳۷۸۴۴	۱۴۰۰	۱۶۳۱۷۱	۸۶۴.۱۳	۵۱۴۶۵.۳
۱۳۹۱	۱۴۷۸۷۱	۷۲۳.۰۶	۳۹۰۲۵.۷	۱۴۰۱	۱۶۴۹۶۶	۸۸۱.۴۱	۵۳۰۷۲
۱۳۹۲	۱۴۹۴۹۷	۷۳۷.۵۲	۴۰۲۴۳.۸	۱۴۰۲	۱۶۶۷۸۰	۸۹۹.۰۴	۵۴۷۲۸.۸
۱۳۹۳	۱۵۱۱۴۲	۷۵۲.۲۷	۴۱۵۰۰.۴	۱۴۰۳	۱۶۸۶۱۵	۹۱۷.۰۲	۵۶۴۳۷.۵
۱۳۹۴	۱۵۲۸۰۴	۷۶۷.۳۲	۴۲۷۹۶.۱	۱۴۰۴	۱۷۰۴۷۰	۹۳۵.۳۶	۵۸۱۹۹.۵
۱۳۹۵	۱۵۴۴۸۵	۷۸۲.۶۷	۴۴۱۳۲.۴	۱۴۰۵	۱۷۲۳۴۵	۹۵۴.۰۷	۶۰۰۱۶.۷
۱۳۹۶	۱۵۶۱۸۵	۷۹۸.۳۲	۴۵۵۱۰.۲	۱۴۰۶	۱۷۴۲۴۱	۹۷۳.۱۵	۶۱۸۹۰.۴

بر اساس آنالیزهای انجام شده، درصد زباله های آلی خشک و زباله های آلی سریع التجزیه (فرار) در زباله های شهروندان شاهرودی به طور متوسط به ترتیب برابر ۶۶.۵۸ و ۴۴.۹۶ می باشد.

ج: نتایج مربوط به اطلاعات محلی، آب و هوایی و زمین شناختی

محل دفن بهداشتی شهر شاهرود در فاصله ۷ کیلومتری شهر شاهرود، در مجاورت جاده شاهرود-سبزواری و منطقه پشت کارخانه گچ قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات جمع آوری شده، میانگین بارندگی سالیانه در شهر شاهرود در یک دوره ۲۳ ساله از سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۷۰ برابر با ۱۷۶ میلی متر بوده است و نیز طبق داده های موجود در خصوص بارندگی از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۷۹ این میزان برابر با ۱۷۲ میلی متر بوده است. از نظر زمین شناسی و دانه بندی خاک، منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود سنگهای کنگلومرایی و ماسه سنگی و شیلتی در شرایط مطلوب، نفوذپذیری خیلی بطنی داشته و خاکها اکثراً رسی بوده و خاصیت تورم قوی دارد و لایه زیر خاک غیر قابل نفوذ می باشد. سطح آبهای زیرزمینی منطقه حدود ۱۸ متر می باشد و شرایط طبیعی منطقه اجازه تشکیل آبخان سنگی و یا آبرفتی را نداده است. به همین دلیل هیچ منبع آبی به خصوص چشمه در حوضه قابل مشاهده نیست. مساحت کل محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود ۲۵ هکتار می باشد. نوع سیستم دفن، ترانشه ای و به عرض ۸ متر، طول ۶۰ متر و عمق ۹ متر می باشد. همچنین حدود ۵۰۰ متر جاده دسترسی به عرض ۶ متر در داخل مرکز دفن ایجاد شده است، ۶۴۰۵ متر مکعب کانال زه کشی در اطراف محل دفن حفر شده است و ۳۲۰۴ متر حصار برای دور محل دفن ایجاد شده است.

اندیس الکنو بر اساس شرایط میدانی برای این محل دفن نیز ۴۱ بدست آمده است که چون بین ۲۴ تا ۴۲ قرار دارد پس محل انتخابی مناسب است.

د: نتایج حاصله از برنامه LANDGEM

در این طرح از برنامه LANDGEM مدل:

LMOP CENTRAL AMERICA BIOGAS MODEL v.2 JULY 2007 استفاده شده است.

همان طور که در جدول زیر دیده می شود مهمترین ورودیهای مورد نیاز در این برنامه در قسمت بالایی عبارتند از:

جدول شماره چهارده: پارامترهای ورودی برنامه LANDGEM

LMOP CENTRAL AMERICA BIOGAS MODEL v.2 JULY 2007

PROJECTION OF BIOGAS GENERATION AND RECOVERY

Site-Specific Waste Composition Data?

Year Opened:

Estimated Growth in Annual Disposal:

Average annual precipitation:

Average Landfill Depth:

Site Design and Management Practices:

Methane Content of Landfill Biogas Adjusted to:

Methane Correction Factor (MCF):

Fast-decay Organic Waste Methane Generation Rate (k):

Slow-decay Organic Waste Methane Generation Rate (k):

Potential Methane Generation Capacity (L_0):

Fast-decay Organic Waste L_0 :

Slow-decay Organic Waste L_0 :

در قسمت پائینی صفحه ورود اطلاعات نیز باید مقدار وزنی زباله های تولیدی در سالهای مختلف دوره طرح بر حسب متریک تن وارد گردد. همچنین ستونی نیز با عنوان راندمان سیستم جمع آوری وجود دارد که مربوط به اماکن دفنی است که دارای یک سیستم فعال جمع آوری گاز می باشند. از آنجائیکه در محل دفن شهر شاهرود چنین سیستم جمع آوری گازی وجود ندارد لذا مقدار آن برای سالهای مختلف، صفر منظور می گردد.

اطلاعات ورودی به برنامه برای شهر شاهرود در دو جدول زیر ارائه شده اند:
 جدول شماره هفده: صفحه اطلاعات ورودی به برنامه LANDGEM برای شهر شاهرود(قسمت اول)

LMOP CENTRAL AMERICA BIOGAS MODEL v.2 JULY 2007

PROJECTION OF BIOGAS GENERATION AND RECOVERY

SHAHROOD LANDFILL-IRAN

Country:	Iran
Site-Specific Waste Composition Data?	Yes
Year Opened:	1387
Estimated Growth in Annual Disposal:	2.0%
Average annual precipitation:	172
Average Landfill Depth:	9.0
Site Design and Management Practices:	2
Methane Content of Landfill Biogas Adjusted to:	50%
Methane Correction Factor (MCF):	1.0
Fast-decay Organic Waste Methane Generation Rate (k):	0.18
Slow-decay Organic Waste Methane Generation Rate (k):	0.020
Potential Methane Generation Capacity (L ₀):	170.0
Fast-decay Organic Waste L ₀ :	67.5
Slow-decay Organic Waste L ₀ :	31.5

جدول شماره هیجده: صفحه اطلاعات ورودی به برنامه LANDGEM برای شهر شاهرود(قسمت دوم)

<u>Year</u>	<u>Metric Tones Disposed</u>	<u>Cumulative Metric Tones</u>	<u>Collection System Efficiency</u>
1387	34,168	34,168	0%
1388	35,588	69,755	0%
1389	36,698	106,453	0%
1390	37,844	144,297	0%
1391	39,026	183,323	0%
1392	40,244	223,567	0%
1393	41,500	265,067	0%
1394	42,796	307,863	0%
1395	44,132	351,996	0%
1396	45,510	397,506	0%
1397	46,931	444,437	0%
1398	48,396	492,833	0%
1399	49,907	542,740	0%
1400	51,465	594,205	0%
1401	53,072	647,277	0%
1402	54,729	702,006	0%
1403	56,438	758,444	0%
1404	58,200	816,643	0%
1405	59,000	875,643	0%
1406	61,890	937,533	0%

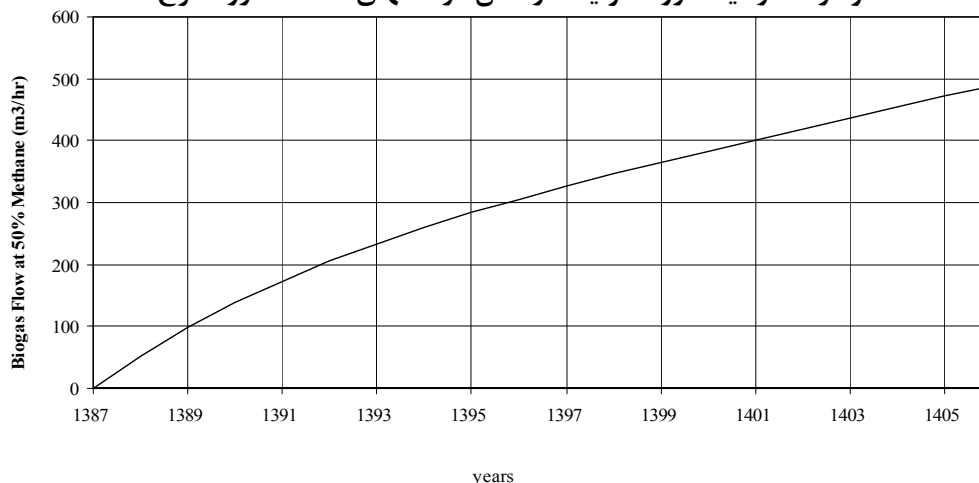
جدول زیر نتایج برآورد مقدار تولید گاز متان در سالهای مختلف دوره طرح در محل دفن بهداشتی زباله های خانگی شهر شاهرود را نشان می دهد.

جدول شماره نوزده: نتایج برآورد مقدار تولید گاز متان در سالهای مختلف دوره طرح در محل دفن بهداشتی زباله های خانگی شهر شاهرود

Year	Disposal Rate	Refuse In-Place	LFG Generation		
	(Mg/yr)	(Mg)	(m ³ /hr)	(cfm)	(mmBtu/hr)
1387	34,168	34,168	0	0	0.0
1388	35,588	69,755	52	31	0.9
1389	36,698	106,453	98	58	1.7
1390	37,844	144,297	138	81	2.5
1391	39,026	183,323	173	102	3.1
1392	40,244	223,567	205	121	3.7
1393	41,500	265,067	234	137	4.2
1394	42,796	307,863	259	153	4.6
1395	44,132	351,996	283	167	5.1
1396	45,510	397,506	305	180	5.5
1397	46,931	444,437	326	192	5.8
1398	48,396	492,833	346	204	6.2
1399	49,907	542,740	365	215	6.5
1400	51,465	594,205	383	226	6.9
1401	53,072	647,277	401	236	7.2
1402	54,729	702,006	419	247	7.5
1403	56,438	758,444	437	257	7.8
1404	58,200	816,643	454	267	8.1
1405	59,000	875,643	472	278	8.4
1406	61,890	937,533	488	287	8.7

نمودار زیر نیز روند تولید گاز متان در سالهای مختلف دوره طرح را در محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود نشان می دهد.

نمودار شماره یک: روند تولید گاز متان در سالهای مختلف دوره طرح



بحث و نتیجه گیری

این مطالعه اولین مطالعه برآورد مقدار تولید گاز متان در اماکن دفن زباله در داخل کشور می باشد و نتایج بدست آمده از آن می تواند در برنامه ریزیهای تولید انرژی و سایر کاربردها از گازهای محل دفن و نیز تعیین سهم ایران در انتشار جهانی گازهای گلخانه ای مرتبط با زباله مورد توجه قرار گیرد. ضمن آنکه می توان با توجه به مقدار گاز متان محاسبه شده، سیستمهای جمع آوری گاز متان را برای هر محل دفنی طراحی و اجراء کرد تا بدینوسیله علاوه بر بکارگیری گاز از تجمع آن در اماکن دفن و ایجاد انفجار و نشست های احتمالی جلوگیری کرد.

نتایج حاصله نشان داد که مقدار تولید گاز متان در محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود با مقدار زباله سالیانه بین ۳۴۱۶۷.۵ تا ۶۱۸۹۰.۴ تن بین ۵۲ تا ۴۸۸ متر مکعب در ساعت متغیر خواهد بود. در مطالعه انجام شده در السالوادور مقدار تولید گاز متان در مرکز دفن بهداشتی زباله این شهر با مقدار زباله سالیانه بین ۱۷۵۰۰۰ تا ۲۶۲۰۰۰ تن بین ۳۸۰ تا ۳۶۸۰ متر مکعب متغیر بود. مقدار گاز متان محاسبه شده برای السالوادور اندکی بیشتر از شاهرود می باشد که دلیل آن نیز مقدار بارش بیشتر در السالوادور و افزایش میزان رطوبت در توده زباله و در نتیجه افزایش پتانسیل تولید متان می باشد. همچنین افزایش مقدار رطوبت در توده زباله در السالوادور منجر به شیب بیشتر منحنی تولید گاز متان در سالهای مختلف شده است. راندمان جمع آوری گاز در این مطالعه صفر درصد منظور شده است که دلیل آن نیز در نظر نگرفتن و تعبیه نکردن سیستمهای جمع آوری فعال گاز در مرحله دفن می باشد. این مقدار در مطالعات السالوادور، مکزیکو، بلیز، کاستاریکا، گواتمالا و هندوراس نیز صفر درصد منظور شده است که نشان دهنده فراهم نبودن سیستمهای جمع آوری فعال گاز متان در مراکز دفن بهداشتی این مناطق می باشد.

ظرفیت بالقوه تولید متان برای مرکز دفن بهداشتی شهر شاهرود برابر ۱۷۰ مترمکعب بر تن بدست آمده است در حالیکه این مقدار در مطالعه السالوادور برابر ۹۱ می باشد.

برنامه توسعه سازمان ملل متحد (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM) سرانه زباله برای شهروندان کشورهای در حال توسعه را بین ۵۰۰ تا ۹۰۰ گرم در روز پیشنهاد کرده است (۱۰) که در این مطالعه نیز سرانه تولید زباله برای شهروندان شاهرودی برابر ۶۶۹ گرم بدست آمد که با مقادیر پیشنهادی UNDP مطابقت دارد.

در این مطالعه دانسیته زباله شهروندان شاهرودی برای فصول مختلف بین ۳۰۸.۵۲ تا ۳۱۵.۴۸ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. در مطالعه انجام شده توسط یغمائیان در سمنان نیز دانسیته زباله برابر ۲۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمده است که اختلاف موجود مربوط به تفاوت میزان بارش و رطوبت زباله های این دو شهر می باشد. در مطالعه انجام شده در همدان نیز دانسیته زباله برابر ۱۹۸.۰۳ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد.

- 1-Tchobanoglous G, Theisen H, and Vigil S. 1993. Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill, Inc. pp. 381-417.
- 2- Crawford JF and Smith PG. 1985. Landfill technology. London: Butter worth. DOE. 1995. U.S. Department of Energy. Greenhouse gases. 1987-1994.
- 3-EPA. 1995. U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emissions Factors, AP-42, Fifth Addition, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. January 1995. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/> Section 2.4—Municipal Solid Waste Landfills.
- 4-ATSDR. 1998. Agency for Toxic Substances Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services. Investigation of cancer incidences and residence near 38 landfills with soil gas migration conditions. PB 98-142144. June 1998.
- 5-SWANA. 1997. Solid Waste Association of North America. Landfill Gas Operation and Maintenance Manual of Operation. SR-430-23070. Available at the Department of Energy Information Bridge at theWeb site: http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=314156.
- 6-O’Leary P, Walsh P. 1995. C240-A180 Solid waste landfills correspondence course. Lesson 3: Landfill gas movement, control, and uses. Madison, WI: University of Wisconsin, Solid and Hazardous Waste Education Center (originally printed in Waste Age Magazine January1991–March 1992). January 1995. <http://wissago.uwex.edu/uwex/course/landfill/1.html>.
- 7-EPA. 1992. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Seminar Publication. Organic air emissions from waste management facilities.EPA/625/R-92/003.
- 8-Haubrichs, R., Widmann, R., 2006. Evaluation of aerated biofilter systems for microbial methane oxidation of poor landfill gas. Waste Management 26, 408–416.
- 9-Watzinger, A., Reichenauer, T.G., Blum, W.E.H., Gerzabek, M.H., Zechmeister-Boltenstern, S., 2005. The effect of landfill leachate irrigation on soil gas position: methane oxidation and nitrous oxide formation. Water, Air, and Soil Pollution 164, 295–313.
- 10-Sanphotia, N., Towprayoona, S., Chaiprasertc, P., Nopharatanad, A., 2006. The effects of leachate recirculation with supplemental water addition on methane production and waste decomposition in a simulated tropical landfill. Journal of Environmental Management 81, 27–35.