

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره اول، شماره ۲، تابستان ۹۹

برآورد پتانسیل تولید گاز متان از محل‌های دفن زباله در کلان‌شهرهای ایران

(تهران، شیراز، مشهد، اصفهان، کرج)

نرگس محسنی^{*۱}

mohseninarges@gmail.com

قاسمعلی عمرانی^۲

سید امیرناصر هراتی^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۹

چکیده

بازیابی انرژی از زباله روش مهم و مناسبی برای کاهش میزان انرژی الکتریکی تولیدی با استفاده از سوخت‌های فسیلی و منابع غیر قابل تجدید انرژی است. ارزیابی و پیش‌بینی نرخ تولید و انتشار گاز از محل‌های دفن، جهت طراحی این محل‌ها و بهره‌برداری موفق گازهای تولیدی به عنوان منابع انرژی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری LandGEM v302^۱ و با در نظر گرفتن درصد حجمی محتوی متان ۶۱ درصد و محاسبه $164 \text{ m}^3/\text{Mg}$ به عنوان ضریب پتانسیل تولید گاز برای محل‌های دفن زباله به طور اختصاصی شهرهای تهران، شیراز، مشهد، اصفهان و کرج و ثابت نرخ تولید متان ۰/۰۶، انتشار گاز و آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان آنالیز حساسیت با در نظر گرفتن k (نرخ تجزیه) مختلف این ارزیابی نشان داد که میزان گاز متان و کربن دی‌اکساید تولیدی از کل این ۵ محل دفن زباله به ترتیب $11/15 \times 10^7$ و $8/25 \times 10^7$ متر مکعب در سال و در سایت کهریزک 934554 تن دی‌اکسید کربن، در شیراز و کرج، متان و کربن دی‌اکساید به ترتیب $1/5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ و $9/6 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{year}$ ، آنالیز گاز متان در سایت اصفهان $8/46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ و در مشهد به ترتیب گاز متان و دی‌اکسید کربن هر کدام $3/37 \times 10^7$ و $1/72 \times 10^7$ متر مکعب در سال برآورد گردید. همچنین آلاینده‌های وینیل کلراید، بوتان، کربن دی‌سولفاید، کلرو دی‌فلوئورومتان، بنزن، دی‌کلرو دی‌فلوئورومتان، دی‌کلرو فلئورو متان، هگزان، پنتان، زایلن در میان سایر آلاینده‌ها بیش‌تر از حد استاندارد بوده‌اند. با توجه به مقدار زیاد گاز متان تولیدی در محل دفن زباله شهرهای مذکور و با توجه به اقدامات لوله‌کشی که جهت استحصال گاز در این محل‌ها صورت گرفته است، استفاده کاربردی از انرژی حاصل از این گاز با تاکید بر تصفیه و پالایش گاز خروجی نظیر محل دفن زباله شیراز، گزینه مناسب جهت حذف این گاز گلخانه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل، متان، زباله، محل دفن.

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *مسئول مکاتبات.

۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه عمران، دانشکده آزاد اسلامی، واحد قزوین، ایران.

Potential prediction of Methane production from landfill in Iranian metropolises (Tehran, Shiraz, Mashhad, Esfahan, Karaj)

Narges Mohseni^{1*}

mohseninarges@gmail.com

Ghasem Ali Omrani²

Seyed Amir Naser Harati³

Abstract

Energy recovery from waste is an important and appropriate method for reduction of electrical energy generated from fossil fuel and nonrenewable source of energy.

Assessment and prediction of production and emission gas from landfill is important to design of this sites and successful use for Methane as a sources of energy. In this study is used from LandGEM v302 software and it is applied volume percentage 61% Methane and it is calculated 164 m³/Mg constant of potential production of landfill Gas for Tehran, Shiraz, Mashhad, Esfahan, Karaj cities and rate constant of methane production 0,06 and considered gas emission and pollutants in those sites. At last, sensitive analyze with different k (distract rate) showed that rate of methane and carbon dioxide from these 5 landfills are 11.15×10^7 , 8.25×10^7 m³/year. Also in Tehran landfill 934554 tone Co² will produce and in Shiraz and Karaj 1.5×10^6 CH⁴, 9.6×10^5 Co² m³/year and in Esfahan site 8.46×10^6 CH⁴ m³/year and in Mashhad site 3.37×10^7 CH⁴, 1.72×10^7 CO² was estimated. Pollutants consist of Vinil colored, Botan, Carbon di sulfide, Choloro di feleoro methane, Banzen, Di choro di feleoro methane, Di choro feleoro methane, Pentane, Hexane, Xylen were over limited standard. Attention to high rate of methane in Iran's Landfills and piping operations for gas extraction in these sites, will be best alternative for eliminating of this greenhouse gas with applied used from this gas with treatment of it.

Keywords: Potential, Methane, Waste Landfill.,

1- MSc Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*(Corresponding Author).

2- Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, University of Medical Science, Tehran, Iran.

3- Assistant professor, Civil Engineering .Islamic Azad University, Ghazvin, Iran.

زمینه و هدف

یکی از معضلات بزرگ محل‌های دفن زباله ایران که متشکل از محل‌های دفن سنتی و بدون در نظر گرفتن سلول‌های دفن بهداشتی و مهندسی می‌باشد، مربوط به تولید گاز محل دفن که به LFG هم نامیده می‌شود، می‌باشد. این گاز از انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های زیست شیمیایی^۱ بر روی مواد آلی تجزیه‌پذیر موجود در زباله در شرایط بی‌هوازی به دست می‌آید (۱۵). آنالیز فیزیکی زباله اکثر شهرهای ایران با سرانه تولید هر نفر ۰/۸۲ کیلوگرم در روز نشان می‌دهد ۷۰ درصد از زباله‌های شهری را مواد فساد پذیر آلی تشکیل می‌دهند (۵۳).

عمده گازهای محل دفن شامل متان، کربن دی‌اکساید و گازهای هیدروژن، هیدروژن سولفاید، ترکیبات آلی فرار و ... می‌باشد (۱۶ و ۱۹). تحقیقات نشان می‌دهد در ۳۵ درصد از محل‌های دفن ایران خطر حریق و آتش سوزی وجود دارد که ناشی از گاز کنترل نشده متان در این محل‌ها می‌باشد (۸). استحصال و بازیابی موثر این گاز به روش‌های علمی، یکی از راه‌های کنترل حریق و آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و حاصل چنین عملکردی دستیابی به اهداف پروتکل کیوتو می‌باشد (۴ و ۱۴). در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری LandGEM، پتانسیل گاز استحصال از محل‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور با محاسبه دو عامل K (ثابت نرخ تجزیه) و L_0 (پتانسیل تولید متان) مختص هر محل دفن، مقدار تولید گاز پیش‌بینی شده است. در جدول ۱، اختصاصات کلی محل‌های دفن مورد بررسی، آورده شده است.

در ایران قدمت استفاده از بیوگاز به سه قرن قبل برمی‌گردد. کنترل گاز محل دفن در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده، در جایی که محل‌های دفن عظیمی به وجود آمده بودند، شروع شد. اولین دستگاه در اروپا در کشور آلمان در اواسط دهه ۱۹۷۰، با کمک تجربیات زیاد ایالات متحده، به کار گرفته شد. سپس تکنولوژی محل دفن به تمام اروپا و سایر کشورها گسترش یافت. در کشورهای پیشرفته دنیا، طراحی مراکز دفن با دید بهره‌برداری از حداکثر انرژی قابل استحصال از آن‌ها انجام می‌شود. در زمینه بهره‌برداری از گاز، تولید الکتریسیته شامل انتقال متان جمع‌آوری شده به دستگاه‌های مولد نیرو یا توربین‌ها و ژنراتورها از طریق خط لوله است. در حالی که در این کشورها علاوه بر توجه به تولید متان به آلاینده‌های سرطان‌زا موجود در محل‌های دفن پرداخته می‌شود (۱۲). در کشور ما مطالعات و اقداماتی جهت بهره‌برداری از این گاز صورت گرفته است. ترکیبات آلی فرار نیز به عنوان آلاینده‌های هوا، مقدار کمتر از ۱ درصد حجمی را نشان می‌دهد، اما از نظر کیفیتی مهم هستند، چون غالب آن‌ها به طور ذاتی سمی و در بعضی موارد سرطان‌زا هستند (۲۱).

مهم‌ترین اهداف این تحقیق عبارتند از برآورد پتانسیل تولید گاز و آلاینده‌های غیرمجاز احتمالی و معرفی مزایای ایجاد تسهیلات استحصال گاز متان در محل‌های دفن با تاکید بر ضرورت احداث آن می‌باشد.

جدول ۱- اختصاصات محل‌های دفن زباله مناطق مورد بررسی در ایران (۲،۷،۹۶،۱۳)

شهر	جمعیت ساکن	درصد مواد آلی موجود در زباله	درجه حرارت محل دفن	رطوبت	pH	سرانه زباله (gr/per cap.day)	آنالیز گاز متان تولیدی
شیراز	۱۱۹۷۰۸۲	٪۷۱	۴۰-۴۵	۸۰	۵/۸-۶/۵	۷۴۴	٪۶۰
تهران	۷۹۶۹۳۱۹	٪۵۶/۴	۲۶-۴۰	۶۵-۷۰	۷/۱-۶/۲	۸۲۵	٪۵۵
مشهد	۲۴۲۷۳۱۶	٪۷۵	۱۵-۳۵	۶۰-۷۰	-	۶۲۸/۷	٪۶۰-۵۰
کرج	۱۳۸۶۰۳۰	٪۶۹/۱	۱۰-۲۸	۶۵-۷۰	۶/۳-۶/۹	۶۲۴	٪۶۰
اصفهان	۱۹۸۶۵۴۲	٪۷۸/۳	۱۰-۲۷	۶۰-۷۰	-	۶۴۵	٪۶۰-۴۵

سعی دارد پتانسیل بالقوه کشور ما را در تولید و استحصال متان به اثبات برساند.

روش بررسی

روش تحقیق، توصیفی - تحلیلی از نوع کاربردی می‌باشد. بسته نرم‌افزاری LandGEM توسط مرکز کنترل تکنولوژی وابسته به آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تهیه شده و می‌تواند به عنوان یک ابزار تخمین جهت مدل‌سازی انتشار گاز از محل‌های دفن مواد زائد جامد شهری مورد استفاده قرار گیرد. این بسته نرم‌افزاری علاوه بر محاسبه میزان گاز تولیدی از دفن‌گاه‌ها قادر به تخمین میزان ۴۶ مورد آلاینده هوا و فرار از دفن‌گاه‌ها نیز می‌باشد.

از معادله درجه اول تجزیه برای LandGem

k تخمین سالانه گاز استفاده می‌کند. پارامترهای اصلی مدل هستند. L_0 و

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k_{L0} \left[\frac{M1}{10} \right] e^{-ktij}$$

Q_{CH_4} : تولید سالانه متان در سال محاسبه (متر

مکعب در سال)

در سال ۱۹۸۸ شورائی به نام «مجمع بین الدول در خصوص تغییرات آب و هوا» (IPCC) جهت بررسی تغییرات آب و هوا ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان ساخت تشکیل دادند (۱۱). این مجمع به این نتیجه رسید که میانگین درجه حرارت جهانی در صد سال گذشته ۰/۳ و ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (۲۰). متان با توانایی گرمایش جهانی ۱۱ در دوره ۱۰۰ ساله گزارش شده است. اصولاً پدیده تغییر آب و هوا به طور عمده مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است (۱۸).

مشارکت متان به بازارها فرصت منحصر به فردی در اختیار دولت‌ها و سازمان‌ها در سراسر دنیا برای همکاری با یکدیگر جهت پرداختن به موضوع انتشار متان و در عین حال دستیابی به مزایای اقتصادی، محیط‌زیستی و انرژی قرار می‌دهد. ایالات متحده پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۱۵ برنامه متان به بازارها، ظرفیت کاهش انتشار متان در حد معادل ۵۰ میلیون تن کربن در سال، یا بازیابی ۱۵ میلیارد تن گاز طبیعی را خواهد داشت (۱۹). به همین دلیل این مطالعه

زباله شهرها ۰/۳ تعریف خواهد شد.
MCF: ضریب تصحیح تولید متان ۰/۸ (این ضریب مورد تأیید سازمان انرژی نو می‌باشد).
DOCf: این ضریب درصدی از مواد آلی است که قابلیت تبدیل به گاز متان و کربن دی‌اکساید را دارند. مقدار این ضریب بر حسب دمای محل دفن و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{DOCf} = 0.14T + 0.28$$

با فرض میانگین دمای ۳۵ درجه، ضریب **DOCf** در حدود ۰/۸۴ محاسبه می‌گردد.

F: در صد متان موجود در گاز لندفیل که با استفاده از آنالیز گازهای محل دفن زباله شهرهای ایران ۶۱ درصد می‌باشد.

OX: میزان اکسیداسیون در لایه‌های محل دفن با توجه به بالا بودن عمق ترانشه‌ها و لایه‌ها اکسیداسیون در محاسبات صفر در نظر گرفته شده است.

بنابراین با انجام محاسبات، مقدار **L₀** برای پسماندهای شهری $164 \text{ m}^3/\text{tone}$ به دست می‌آید. درصد خطای استفاده از معادله درجه اول برای تولید گاز تا ۲۲ درصد می‌باشد. ثابت نرخ تولید متان:

ثابت نرخ تولید متان (**k**) تعیین‌کننده رژیم تولید گاز در لندفیل است که با افزایش **k** سرعت تولید گاز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر افزایش مقدار **k** موجب تولید گاز بیش‌تر در مدت زمان معین و مقدار مشخص پسماند در شرایط یکسان می‌باشد. رنج **k** بین ۰/۰۰۳ تا ۰/۲۱ در نظر گرفته می‌شود (۱۰).

از این رو مقدار نرخ تولید گاز متان به رطوبت موجود در زباله شهر و دما و **pH** وابسته خواهد بود. با در نظر گرفتن کلیه شرایط فوق مقدار 0.06 y^{-1} برای **k** مناسب خواهد بود.

i: افزایش در یک سال
n: (سال محاسبه) - (اولین سال پذیرش زباله)
j: ۰/۱ زمان افزایش در سال
k: میزان تولید متان (year^{-1})
L₀: پتانسیل تولید متان (m^3/Mg)
Mi: توده زباله پذیرش شده در سال **i** ام (**Mg**)
tij: سن بخش **j** ام توده زباله **Mi** پذیرش شده در سال **i** ام (decimal years, eg., 3.2 years)
پتانسیل تخمینی تولید گاز متان در محل دفن زباله سنتی شهرهای ایران (**L₀**):

L₀، مقدار به‌دست آمده از هر تن پسماند بر اساس ترکیب پسماند و وضعیت محل‌های دفن در ایران و شرایط محیطی مطابق با استاندارد **IPCC** ۱ (کمیته بین‌الدول در خصوص تغییرات آب و هوا) در سال ۱۹۹۶ طبق رابطه زیر محاسبه شده است:

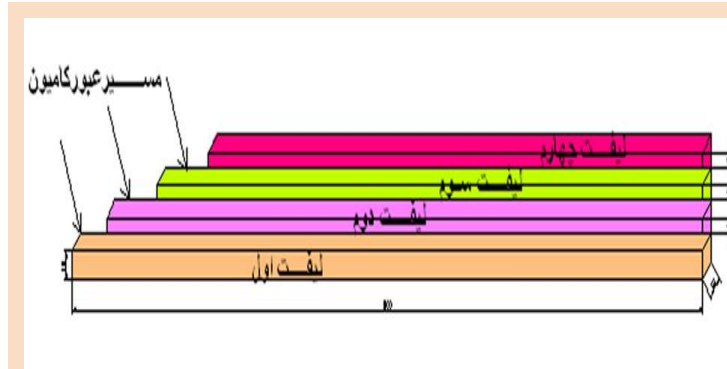
$$L_0 = \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times F \times 16/12 \times (1 - \text{OX})$$

مقادیر پارامترهای فوق در زیر آمده است:

DOC: محتوای کربن آلی قابل تجزیه در زباله است که جزء ضروری محاسبات تولید گاز می‌باشد و تغییرات جزئی در مقدار **DOC** می‌تواند موجب تغییرات بسیار بزرگی در محاسبات گاز متان تولیدی گردد.

با توجه به این‌که ترکیب پسماند در کشورهای مختلف متفاوت است، لذا مقادیر **DOC** نیز دامنه گسترده‌ای دارد و از این رو بهتر است جهت تعیین این پارامتر به داده‌های واقعی مراجعه گردد. براساس دستورالعمل **IPCC** و مطابق آنالیز فیزیکی زباله شهرهای مورد مطالعه، در نتیجه مقدار **DOC** پسماندهای غذائی و کاغذ و مقوا به ترتیب (۰/۲۸) و (۰/۰۲) خواهد بود و مقدار **DOC** نهائی برای محل‌های دفن

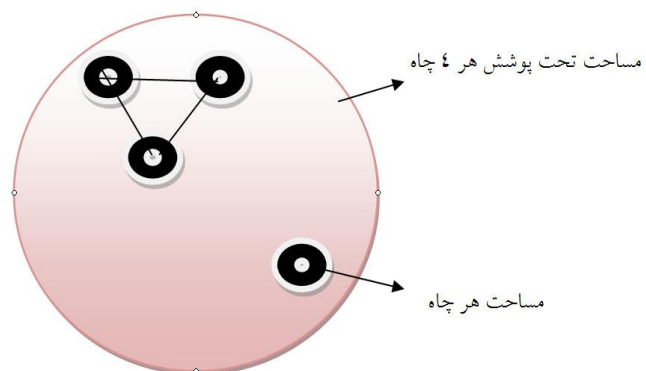
یافته‌ها



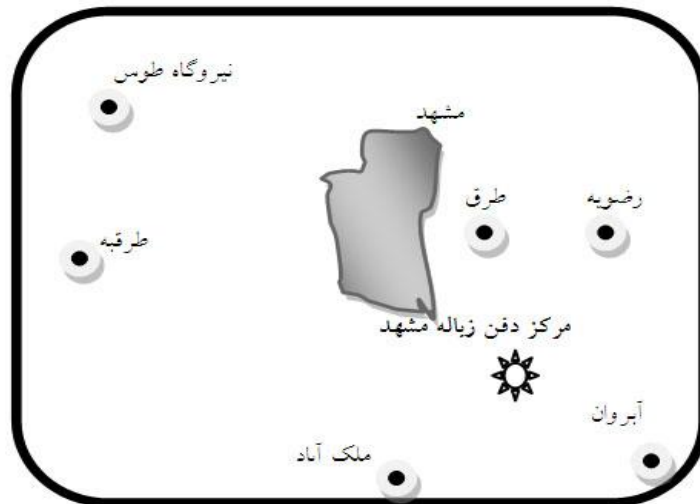
شکل ۱- دیاگرام وضعیت لایه‌های زباله در محل دفن زباله شهر شیراز (۱۳)



شکل ۲- وضعیت قرارگیری مشعل‌های استحصال گاز در اصفهان (۱۳)



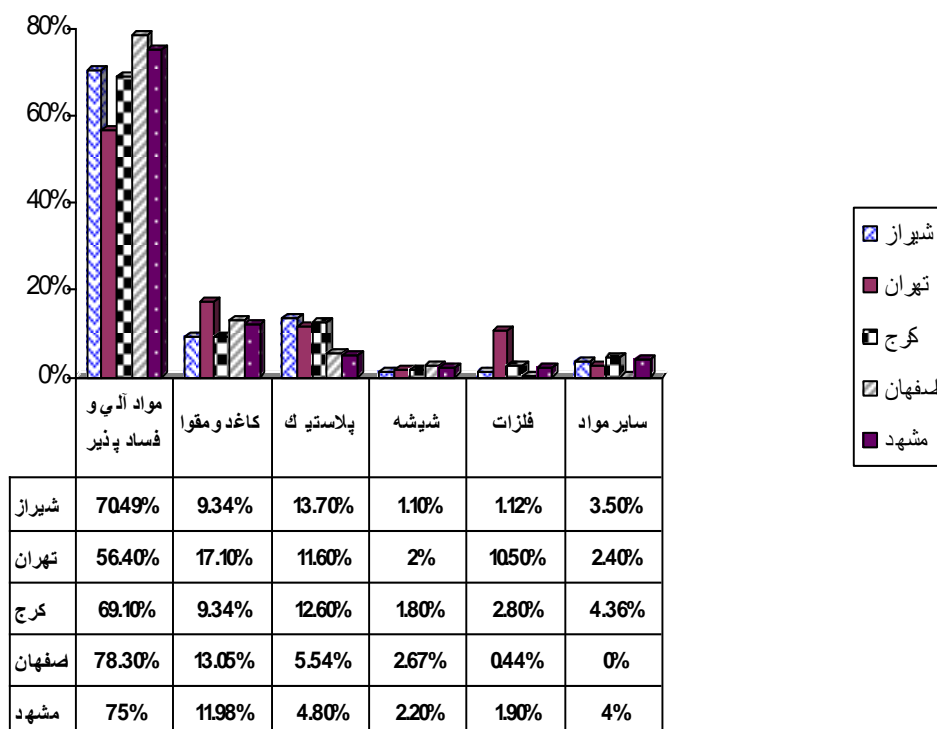
شکل ۳- موقعیت چاه‌های استحصال گاز در محل دفن کهریزک تهران (۱۳ و ۱۳)



شکل ۴- موقعیت محل دفن زیاله مشهد (۱۳۹۹)



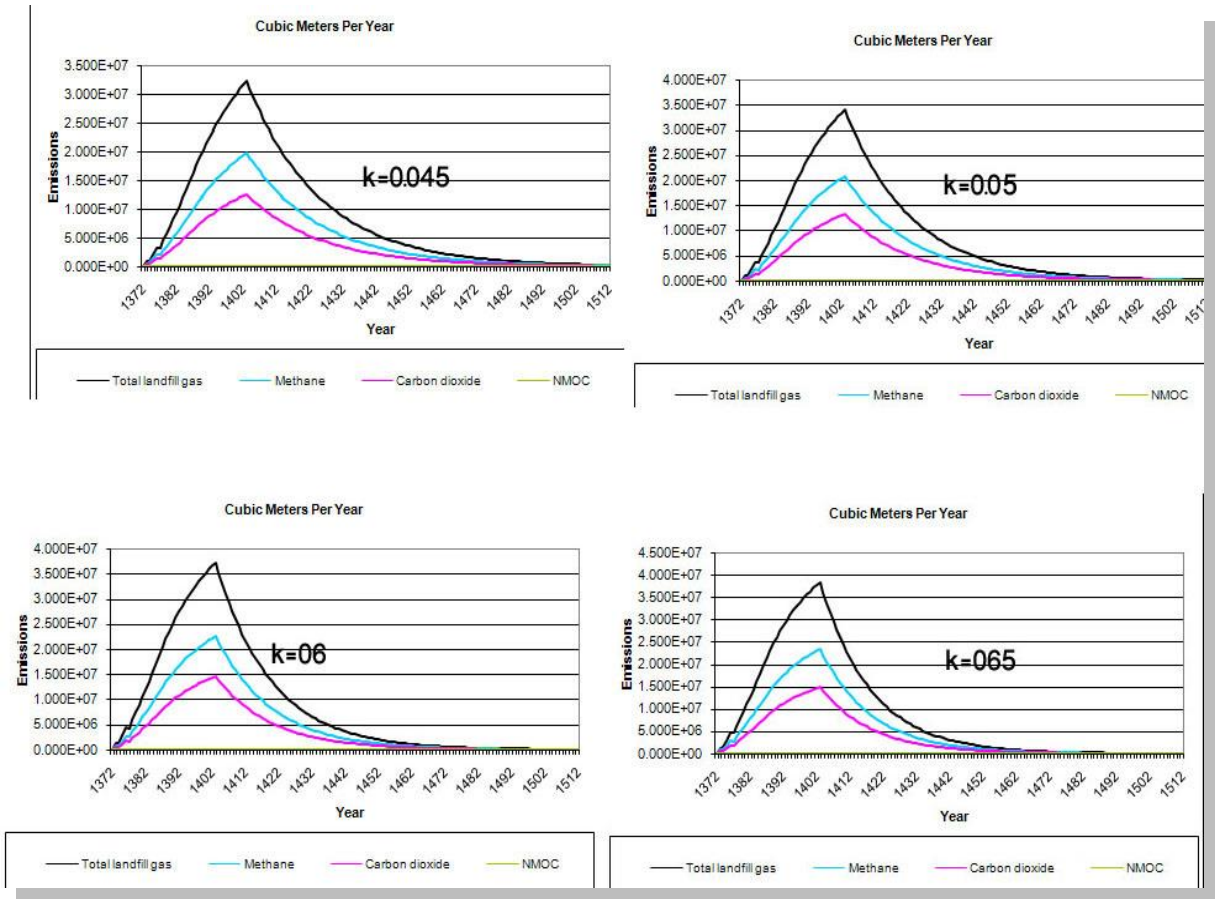
شکل ۵- وضعیت مشعل های استحصال گاز متان در محل دفن سنتی کرج (۱۳)



نمودار ۱- آنالیز فیزیکی زباله‌های شهرهای مورد بررسی (۱۳)

در میان آلاینده‌های مذکور، از نظر خطرپذیری بنزن جزء آلاینده‌های مطنون به سرطان‌زایی و وینیل کلراید سرطان‌زا برای انسان است که مقدار آن‌ها بالاتر از حد استاندارد تخمین زده شده با استفاده از این نرم افزار می‌باشد. شکل ۶ منحنی تولید گاز متان را در محل‌های دفن مورد مطالعه با L_0 $164\text{m}^3/\text{Mg}$ و $k=0.06\text{ year}^{-1}$ تخمین می‌زند. شکل ۶ منحنی تولید گاز با مقادیر متفاوت k و $L_0=164$ m^3/Mg را نشان می‌دهد.

شکل ۵ موقعیت و وضعیت محل‌های دفن مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در کلیه موارد بررسی آنالیز دفن‌گاه‌ها با ۶۰ درصد متان، به نظر می‌رسد این گاز بتواند به عنوان منبع انرژی در محل دفن مورد استفاده قرار گیرد. چنانچه در نمودار ۱ مشاهده می‌شود آنالیز فیزیکی زباله‌ها، وجود ترکیبات آلی فسادپذیر و پتانسیل تولید گاز را اثبات می‌کند. جدول ۲ مقدار آلاینده‌های موجود در محل‌های دفن را عنوان می‌کند.



شکل ۶- منحنی تولید گاز از محل دفن زباله‌های ۵ کلان‌شهر با نرخ تجزیه متفاوت

نیروگاه سوز به ظرفیت ۵۰۰ کیلو وات بوده که از طریق پست اصلی به شبکه ۲۰ کیلو ولت توزیع برق شیراز متصل خواهد شد .

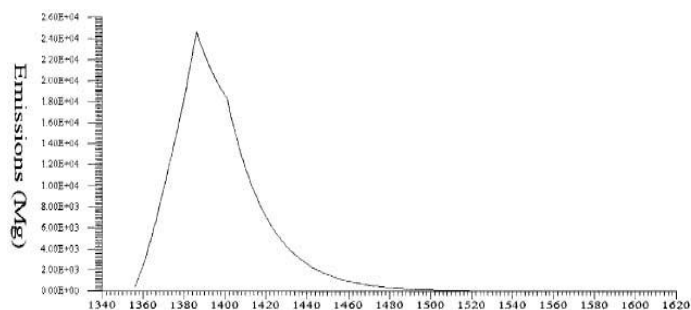
گاز مصرفی دو نیرو گاه ۷۴۰ متر مکعب در ساعت می باشد این نیروگاه در هر سال ۷۱۸۸/۸ مگا وات ساعت در سال برق تولید خواهد نمود با توجه به ظرفیت و پیش بینی افزایش گازهای تولیدی هم‌چنین حجم پسماندهای شهر شیراز امکان توسعه طرح برای تولید حداقل ۶ مگاوات برق فراهم می نماید . هزینه فاز اول اجرای طرح ۱۴ میلیارد ریال برآورد گردیده است.

نیروگاه برق بیوگاز با ظرفیت یک هزار و ۶۵ کیلووات ساعت به وسیله سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز و با مشارکت بخش خصوصی در محل سایت پسماندهای شیراز واقع در برم شور احداث شده است. برق تولیدی به شبکه برق سراسری به طور متوسط هر کیلووات ساعت ۵۵ هزار تومان فروخته می‌شود که قرارداد آن منعقد شده و سازمان انرژی نو متعهد شده به مدت ۱۳ سال برق تولیدی این نیروگاه را خریداری کند. نیروگاه بیوگاز سوز سایت دفن پسماند شیراز در مساحتی یک هکتاری که شامل دو واحد موتور ژنراتور

جدول ۳- روند افزایش تولید زباله در شهر مشهد از سال ۱۳۵۵ و پیش‌بینی آن تا سال ۱۴۰۰

سال	میزان کل زباله دفن شده در هر سال (تن)	میزان زباله قابل تجزیه در هر سال (تن)
۱۳۵۵	۱۰۰/۰۵۰	۷۵/۰۳۷
۱۳۶۰	۱۷۱/۸۵۸	۱۲۸/۸۹۳
۱۳۶۵	۲۴۳/۶۶۶	۱۸۲/۷۵۰
۱۳۷۰	۳۰۵/۸۲۱	۲۲۹/۳۶۶
۱۳۷۵	۴۴۱/۹۱۰	۳۳۰/۹۳
۱۳۸۰	۴۴۱/۲۸۰	۳۳۰/۹۶۰
۱۳۸۵	۵۲۶/۳۳۹	۳۹۴/۷۵۵
۱۳۸۶	۱۴۶/۰۰۰	۱۰۹/۵۰۰
۱۴۰۰	۱۴۶/۰۰۰	۱۰۹/۵۰۰

Projected Methane Emissions



شکل ۷- منحنی تولید گاز متان در محل دفن زباله شهر مشهد

نصب شده، حذف بخارات اسیدی و فیلتراسیون کامل گازهای تولیدی برای مصرف در نیروگاه دانست و ۲ دستگاه پس از پالایش گازها مشابه پایه گازسوز خودروها انرژی تولیدی را به ژنراتور منتقل می‌کند و برق تولید می‌شود، ظرفیت اسمی هر موتور را ۳۳۰ کیلووات می‌باشد.

اگر گاز متان تولیدی با این روش تنها برای تولید الکتریسیته بکار رود، ۹۸۲۲۳۰۴۱ کیلوژول در ساعت ارزش گرمایی خواهد داشت. هم‌اکنون نیروگاه استحصال گاز متان در سایت مشهد احداث گردیده است که یکی از مزایای این نیروگاه و سیستم بیوگاز

محافظه کارانه به ترتیب گاز متان و دی‌اکسید کربن هر کدام $10^7 \times 3/37$ و $10^7 \times 1/72$ متر مکعب در سال برآورد کرد..

براساس برآورد حجم گازهای تولیدی در سال ۱۳۸۴ با مدل سازی مرکز دفن زباله شهر مشهد میزان تولید خوش‌بینانه و

جدول ۲- جدول تولید آلاینده‌های گازی در محل‌های دفن زباله مذکور

Compound	(ppmv)	Molecular Weight
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	۰/۴۸	۱۳۳/۴۱
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	۱/۱	۱۶۷/۸۵
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	۲/۴	۹۸/۹۷
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	۰/۲۰	۹۶/۹۴
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	۰/۴۱	۹۶/۹۶
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	۰/۱۸	۱۱۲/۹۹
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	۵۰	۶۰/۱۱
Acetone	۷/۰	۵۸,۰۸
Acrylonitrile - HAP/VOC	۶/۳	۵۳/۰۶
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	۱/۹	۷۸/۱۱
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	۱۱	۷۸/۱۱
Bromodichloromethane - VOC	۳/۱	۱۶۳/۸۳
Butane - VOC	۵/۰	۵۸/۱۲
Carbon disulfide - HAP/VOC	۰/۵۸	۷۶/۱۳
Carbon monoxide	۱۴۰	۲۸/۰۱
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	۰/۰۰۴	۱۵۲/۸۴
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	۰/۴۹	۶۰/۰۷
Chlorobenzene - HAP/VOC	۰/۲۵	۱۱۲/۵۶
Chlorodifluoromethane	۱/۳	۸۶/۴۷
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	۱/۳	۶۴/۵۲
Chloroform - HAP/VOC	۰/۰۳	۱۱۹/۳۹
Chloromethane - VOC	۱/۲	۵۰/۴۹
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	۰/۲۱	۱۴۷
Dichlorodifluoromethane	۱۶	۱۲۰/۹۱
Dichlorofluoromethane - VOC	۲/۶	۱۰۲/۹۲
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	۱۴	۸۴/۹۴
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	۷/۸	۶۲/۱۳
Ethane	۸۹۰	۳۰/۰۷
Ethanol - VOC	۲۷	۵۶/۰۸

جدول ۳- نتایج آنالیز بیوگاز حوزه پایلوت دفن زباله شهری اصفهان

نتایج آنالیز مرحله چهارم					نتایج آنالیز مرحله سوم					چاهک	درصد گاز
H ₂ S (ppm)	CO (ppm)	O ₂ (vol)	CO ₂ (vol)	CH ₄ (vol)	H ₂ S (ppm)	CO (ppm)	O ₂ (vol)	CO ₂ (vol)	CH ₄ (vol)		
۲۰	۲۶	۱۴/۷	۵/۵۱	۹/۵	۴۸	-	۱۷/۴	۸/۵	۱۵/۳	چاهک اول	
۱۵۰	۶۰۰	۱۶/۲	۱۸/۷۵	۴۱	۱۶۵	-	۱۶/۵	۲۱/۵	۴۳/۹	چاهک دوم	
۲۷۴	۶۰۹	۱۴/۶	۲۶/۵۶	۵۴/۲	۲۲۰	-	۱۳/۹	۲۶/۴	۵۴/۲	چاهک سوم	
۱۴۷	۵۱۲	۱۵/۶	۲۳/۲۳	۵۲/۴	۱۶۷	-	۱۴/۷	۲۴	۵۳/۱	چاهک چهارم	
۱۵۹	۶۳۲	۱۷	۲۲/۹۸	۵۱/۹	۱۷۲	-	۱۶/۳	۲۳/۵	۵۲	چاهک پنجم	

بیوگاز در شرایط آب و هوایی سردتر کم تر می باشد. این در حالی است که آنالیز گاز متان در سایت اصفهان $۸/۴۶ \times ۱۰^۶$ متر مکعب در سال برآورد گردید.

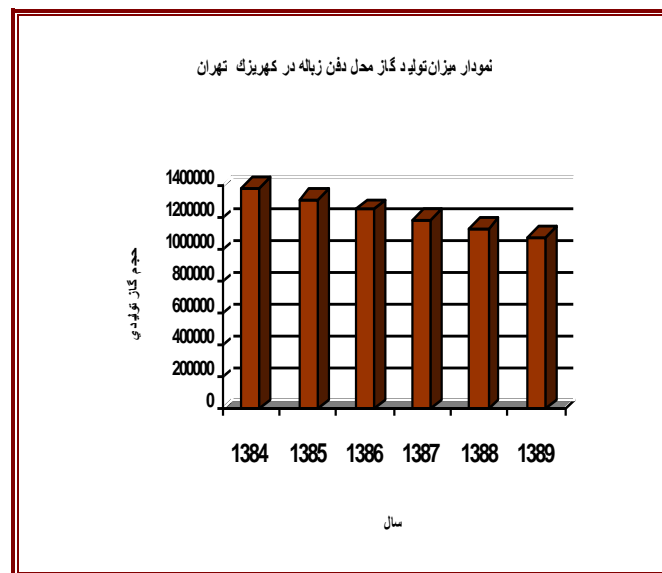
با توجه به نتایج برآورد حجم بیوگاز تولیدی حوزه دفن زباله مورد مطالعه در فروردین، مهر و آبان که به ترتیب برابر $۱۰^۶ \times ۱/۳$ ، $۱۰^۶ \times ۱/۰۱$ ، $۱۰^۳ \times ۸۱۰/۲$ متر مکعب در سال حاصل شده است. می توان انتظار داشت که سرعت تخمیر و تولید

جدول ۴- آنالیز گاز در محل دفن زباله اصفهان

هیدروژن سولفاید	نیتروژن	دی اکسید کربن	متان	نام گاز
۱۸۰-۲۲۰ ppm	۴-۶	۳۰-۴۰	۴۵-۶۰	(درصد حجمی)

جدول ۵- میزان تولید گاز در محل دفن کهریزک تهران

year	Ton CO ₂ /year
۲۰۰۵	۱۳۸۲۵۳۵
۲۰۰۶	۱۳۱۵۳۵۶
۲۰۰۷	۱۲۵۱۱۱۷
۲۰۰۸	۱۱۹۰۱۱۲
۲۰۰۹	۱۱۳۲۰۴۷
۲۰۱۰	۱۰۷۶۷۷۵
۲۰۱۱	۱۰۲۴۲۹۶
۲۰۱۲	۹۷۴۳۱۶
جمع کل	۹۳۴۵۵۴



نمودار ۱- میزان تولید گاز در سایت کهریزک تهران

بحث و نتیجه گیری

منطقه به عنوان سایت دفن) از وقوع حوادثی چون انفجار و آتش سوزی جلوگیری کرده و تا حد بسیار زیادی از ایجاد

نتایج بررسی حاصل نشان می دهد که با شیوه لوله گذاری صحیح و مهندسی و به موقع (همزمان با در نظر گرفتن

پیشنهادات

با توجه به این که سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری شیراز استفاده کاربردی از گاز متان استحصالی از طریق کارگذاری ژنراتور و تولید برق در سایت دنبال می کند، پیشنهاد می شود شرایط استحصال بیشینه این گاز مثل تفکیک و جداسازی کیسه های پلاستیکی از زباله های حاوی آن ها (که به حتم ترکیبات کلره حاصل از آن ها تولید متان را کند یا متوقف می کند) در محل دفن گاه صورت گیرد. هم- چنین توصیه می شود در محل های دفن جهت افزایش بازده تولید گاز به منظور استفاده کاربردی از تلفیق لوله گذاری عمودی و افقی استفاده گردد. هم چنین به بررسی و اندازه گیری آلاینده های به خصوص آلاینده های سرطان زای احتمالی منتشره از این سایت ها پرداخته شود.

منابع

- ۱- ابراهیمی، ابوالفضل. هراتی، امیر. کاوه، رشید. جمشیدی، رضا. ۱۳۸۵. «ارزیابی و مطالعه پتانسیل استحصال گاز متان از مراکز دفن سنتی زباله». سومین همایش ملی روز هوای پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری.
- ۲- آخرین سرشماری جمعیت در سال ۱۳۸۵. مرکز آمار ایران.
- ۳- دومین گزارش وضعیت محیط زیست ایران. ۱۳۸۴.
- ۴- تقدسیان، حسین و میناپور، سعید. ۱۳۸۱. «تغییرات آب و هوا»، سازمان حفاظت محیط-زیست، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا.
- ۵- جوزی، سید علی. افسانه جباری، محمدرضا جباری. ۱۳۸۵. ((بررسی اقتصادی در استراتژی تفکیک از مبدأ زباله های خانگی)). سومین همایش ملی روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری.
- ۶- سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شهر شیراز، مطالعات شرکت ورازیست. ۱۳۸۱.

بوهای نامطبوع در اماکن دفن زباله ها کاسته می شود. به طوری که هیچ گونه انفجار یا آتش سوزی در محل مذکور گزارش نشود.

ضمن آن که سالانه از انتشار مقدار زیاد گاز متان در این سایت ها جلوگیری می شود، مشکلات زیست محیطی مرتبط با انتشار گاز لندفیل از جمله بوی نامطبوع، آلودگی هوا و همچنین آلودگی آب های زیرزمینی در حد قابل ملاحظه برطرف خواهد شد. با احداث نیروگاه های بیوگاز ضمن جمع آوری و کنترل آلاینده های زیست محیطی و کمک به حفظ بهداشت و سلامت عمومی جامعه می توان بخشی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز را تأمین نمود. با توجه به آنالیز فیزیکی زباله های محل های دفن مذکور میزان گاز متان و کربن دی اکساید تولیدی از این ۵ محل دفن زباله به ترتیب $10^7 \times 11/15$ و $8/25 \times 10^7$ متر مکعب در سال و در سایت کهریزک 934554 تن دی اکسید کربن، در شیراز و کرج، متان و کربن دی اکساید به ترتیب $1/5 \times 10^6 m^3/year$ و $9/6 \times 10^6 m^3/year$ ، آنالیز گاز متان در سایت اصفهان $8/46 \times 10^6$ متر مکعب در سال و در مشهد به ترتیب گاز متان و دی اکسید کربن هر کدام $10^7 \times 3/37$ و $1/72 \times 10^7$ متر مکعب در سال برآورد گردید که این نشان دهنده پتانسیل بالقوه تولید و استحصال گاز در این محل ها می باشد و آلاینده های وینیل کلراید، بوتان، کربن دی سولفاید، کلرو دی فلوروئورومتان، بنزن، دی کلرو دی فلوروئورومتان، دی کلرو فلوروئورومتان، هگزان، پنتان، زایلن در میان سایر آلاینده ها بیشتر از حد استاندارد بوده اند.

نظر به این که هر متر مکعب گاز که از زباله استحصال می شود $5/22$ کیلووات ساعت برق تولید می کند، با ساخت و توسعه نیروگاه های بیوگاز علاوه بر تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز کشور، می توان گامی موثر در زمینه بحران عظیم ناشی از زباله های شهری و کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی برداشت که دارای اثرات اقتصادی و اجتماعی چشم گیری خواهد بود.

- 15- Gendebin, A., Pauwels, M., et al., 1992, "Landfill Gas from Environment to Energy, Office for Official Publications of the tropean Communities, Luxembourg."
- 16- H.Christensen, Thomas, et al., 1996, "Lanfilling of Waste: Biogas",
- 17- Mor, Suman., Ravindra Khaiwal., Visscher Alex De., Dahiya, R.P., Chandra, A., 2006, "Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methan generation: A case study", Science of the Environment 371(2006), Page 1-10.
- 18- United States Environmental Protection Agency, May 2005, "Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide".
- 19- www.methanetomarkets.org, August 2006.
- 20- International Information Programs and USINFO.STATE.GOV url.
- 21- Sormunen, Kai, et al., 2007 "Leachate and gaseous emissions from initial phases of landfilling mechanically and mechanically-biologically treated municipal solid waste rediduals", www. Sciencedirect.com.
- ۷- سایت سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز. ۱۳۸۶.
- ۸- عالی، رحیم. محمدی مقدم، فاضل. ۱۳۸۵. رویکردی آسیب شناختی بر دستیابی به محیط زیست مطلوب در چشم انداز ۲۰ ساله کشور، سومین همایش ملی روز زمین پاک.
- ۹- قره، سهیل و شریعتمداری. ۱۳۸۵. (مدل سازی مرکز دفن زباله شهر مشهد جهت برآورد میزان گازهای تولیدی).
- ۱۰- گزارش پتانسیل سنجی انرژی زیست توده و سهم آن در انرژی کشور. ۱۳۷۸. پژوهشکده انرژی و محیط زیست- پژوهشگاه نیرو- توسعه کاربرد انرژی های نو- وزارت نیرو.
- ۱۱- محرم نژاد، ناصر. ۱۳۸۵. (مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۱۲- معتمدی مهر، شهریار. ۱۳۸۳. (بررسی نظری تولید بیوگاز در زمین های دفن زباله شهری و تأثیر بازچرخش شیرابه بر تولید گاز). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.
- ۱۳- محسنی غریب دوستی، نرگس. ۱۳۸۷. (بررسی فنی - اقتصادی - بهداشتی استحصال گاز متان از محل های دفن زباله در ایران). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- 14- Iran's Initional Communication to UNFCC", Climate Change Office, Department of Environment, March 2003.