Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره چهار، ویژه نامه زمستان ۸۷

ارزیابی فنی و بهداشتی استحصال گاز متان از محل دفن زباله شهر شیراز

قاسمعلی عمرانی[۱]

نرگس محسنی[۲] (عهده دار مکاتبات)

کاظم حقیقت[۳]

امیرحسین جاوید[۴]

تاریخ دریافت:۸۵/۶/۲۰ تاریخ پذیرش:۸۶/۹/۲۸

چکیده

در جهان امروز، زباله‌ها یک آلایندهٔ زیست محیطی شناخته شده هستند، که اگر نسبت به آن چاره‌اندیشی ننشینیم و از بار آلودگی‌ها و پسماندها نکاهیم، تندرستی، سلامت و بهداشت همگانی با ناهنجاری‌های فراوانی روبه‌رو خواهد شد. در این میان محل دفن زباله، نقش مهمی را در شبکه دفع زباله بازی می‌کند و جزئی از راهبرد جدید مدیریت جامع مواد زاید جامد محسوب می‌شود.

*در سال‌های اخیر طرح محل دفن شامل تجهیزاتی برای کنترل و انتقال گاز و استفاده از انرژی مربوط به بیوگاز می‌باشد. گاز محل دفن که به اختصار **LFG**[5] هم نامیده می‌شود، از انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های زیست شیمیایی[۶] بر روی مواد آلی تجزیه‌پذیر موجود در زباله در شرایط بی‌هوازی به‌دست می‌آید و این گازها شامل متان، کربن دی‌اکساید و گازهای هیدروژن، هیدروژن سولفاید، ترکیبات آلی فرار و ... می‌باشد.*

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. گازهای تولیدی در محل‌های دفن، پس از استحصال و تصفیه می تواند به طور مستقیم برای تامین انرژی مورد نیاز در صنعت، نظیر روشنایی، تأمین انرژی مورد نیاز توربین‌های گازی و موتورهای تولید برق و حتی در راه اندازی واحدهای تولید هم زمان حرارت و برق مورد استفاده قرار گیرد.

در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری LandGEM و با در نظر گرفتن درصد حجمی محتوای متان ۶۱٪و محاسبهٔ ۱۶۴ m^3/Mg به عنوان ضریب پتانسیل تولید گاز ، و ثابت نرخ تولید متان۰/۰۶، انتشار گاز و آلاینده‌ها از مرکز دفن زباله شهر شیراز

۱- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- کارشناس ارشد رشتهٔ مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- معاون اجرایی خدمات شهری شهرداری شهر شیراز

۴- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

5 -Landfill Gas

6 -Bio-Chemical Reactions

www.SID.ir

Archive of SID

مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان آنالیز حساسیت با در نظر گرفتن نرخ های تجزیه (k) مختلف این ارزیابی نشان داد که میزان گاز متان و کربن دی‌اکساید تولیدی از این محل هر کدام به ترتیب $1/5\times10^{6} m^3/year$ و $9/6\times10^{5} m^3/year$ می‌باشد.

بیشترین میزان متان و کربن دی‌اکساید تولیدی مربوط به سال ۱۴۰۰ شمسی می‌باشد و آلاینده های وینیل کلراید ،بوتان، کربن دی سولفاید، کلرودی فلوئورومتان، بنزن، دی کلرو دی فلوئورومتان، دی کلروفلوئورومتان، هگزان، پنتان، زایلن در میان سایر آلاینده ها بیشتر از حد استاندارد بوده‌اند.

با توجه به مقدار زیاد گاز متان تولیدی در محل دفن زباله شهر شیراز که ماکزیمم تولید آن تا سال ۱۴۰۰ هم ادامه می‌یابد و با توجه به اقدامات لوله کشی که جهت استحصال گاز در این محل صورت گرفته است، استفاده کاربردی از انرژی حاصل از این گاز با تأکید بر تصفیه و پالایش گاز خروجی گزینه مناسب جهت حذف این گاز گلخانه‌ای می‌باشد.

در این تحقیق بررسی وضعیت استحصال گاز متان از جنبه‌های فنی و بهداشتی استحصال گاز متان صورت پذیرفته است که بر مبنای تحلیل داده‌ها ارایه شده و متغیرهای مؤثر بر میزان استحصال گاز بر پایهٔ چهارچوب نظری و تجربی انتخاب شده ، طرح‌ریزی شده است.

واژه های کلیدی: متان، محل دفن، فنی، بهداشتی، شیراز

مقدمه

محل دفن زباله شهر شیراز، زباله‌های جمعیت ساکن ۱۱۹۷۰۸۲ نفر را در خود جای می‌دهد. (۱) گاز محل دفن که به اختصار ***LFG***[1] هم نامیده می‌شود، از انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های زیست شیمیایی[2] بر روی مواد آلی تجزیه‌پذیر موجود در زباله در شرایط بی‌هوازی به‌دست می‌آید(۲). عمده گازهای محل دفن شامل متان، کربن دی‌اکساید و گازهای هیدروژن، هیدروژن سولفاید، ترکیبات آلی فرار و ... می‌باشد (۳).

در کشورهای پیشرفته دنیا، طراحی مراکز دفن با دید بهره‌برداری از حداکثر انرژی قابل استحصال از آن ها انجام می‌شود. در زمینه بهره‌برداری از گاز، تولید الکتریسیته شامل انتقال متان جمع‌آوری شده به‌دستگاه‌های مولد نیرو یا توربین‌ها و ژنراتورها از طریق خط لوله است. (۴)

ترکیبات آلی فرار نیز به عنوان آلاینده های هوا، مقدار کمتر از ۱٪ حجمی را نشان می دهد، اما از نظر کیفیتی مهم است، چون غالب آن ها ذاتاً سمی و در بعضی موارد سرطان زا است.(۳)

مهاجرت و انتشار گاز دفنگاه، به طور بالقوه اثرات متفاوتی در محیط‌ها دارد. مهم ترین این اثرات عبارت است از (۳)

- خطرات آتش‌سوزی و انفجار
- خطرات بهداشتی
- تخریب گیاهی
- آلودگی آب های زیرزمینی
- تأثیر جهانی بر تغییرات آب و هوا
- مشکلات ایجاد بو

این بررسی با هدف کلی تعیین وضعیت استحصال گاز متان از محل دفن زباله شهر شیراز صورت گرفته است تا به پیامدهای ناشی از ایجاد این تسهیلات در مکان فوق از دیدگاه‌های مختلف زیست‌محیطی، فنی و بهداشتی پرداخته شود. مهم ترین اهداف این تحقیق عبارتند از برآورد پتانسیل تولید گاز و آلاینده های غیرمجاز احتمالی و معرفی مزایای ایجاد تسهیلات استحصال گاز متان در محل‌های دفن با تأکید بر ضرورت احداث آن.

1 -Landfill Gas
2 -Bio-Chemical Reactions

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

روش تحقیق ، توصیفی – تحلیلی از نوع کاربردی می‌باشد.

بسته نرم‌افزاری LandGEM توسط مرکز کنترل فن آوری وابسته به آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تهیه شده و می‌تواند به عنوان یک ابزار تخمین اتوماتیکی جهت مدل‌سازی انتشار گاز از محل دفن مواد زاید 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. (۵)

landGem از معادله درجه اول تجزیه برای تخمین سالانه گاز استفاده می کند. پارامترهای اصلی مدل k و L_0 هستند.

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

Q_{CH4}: تولید سالانه متان در سال محاسبه (متر مکعب در سال)

i: افزایش در یک سال

n: سال محاسبه – اولین سال پذیرش زباله

j: ۰/۱ زمان افزایش در سال

k: میزان تولید متان ($year^{-1}$)

L_0: پتانسیل تولید متان (m^3/Mg)

Mi: تودهٔ 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 شهر شیراز(L_0)

L_0، مقدار به دست آمده از هر تن پسماند بر اساس ترکیب پسماند و وضعیت مرکز دفن در ایران و شرایط محیطی مطابق با استاندارد IPCC[1](کمیتهٔ بین‌الدول در خصوص تغییرات آب و هوا) در سال ۱۹۹۶ طبق رابطهٔ زیر محاسبه شده است:

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

مقادیر پارامترهای فوق در زیر آمده است:

DOC[2]: 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(۶).

با توجه به این که 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. بر اساس دستورالعمل IPCC و مطابق آنالیز فیزیکی زباله شهر شیراز در نمودار ۱ و در نظر گرفتن ۹/۲۷٪ کاغذ و مقوا (محتوای ۰/۲۲ کربن آلی قابل تجزیه)، ۷۱٪ پسماندهای غذایی (محتوای۰/۳۸ کربن آلی قابل تجزیه) در نتیجه مقدار DOC پسماندهای غذایی و کاغذ و مقوا به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۰۲ خواهد بود و مقدار DOC نهایی برای زباله شیراز ۰/۳ تعریف خواهد شد.

MCF: ضریب تصحیح تولید متان ۰/۸

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 : $DOCf = 0.14T + 0.28$

با فرض میانگین دمای ۴۰ درجه، ضریب DOCf در حدود ۰/۸۴ محاسبه می‌گردد.

F : در صد متان موجود در گاز لندفیل که با استفاده از جدول ۱، ۶۱٪ 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 L_0 برای پسماندهای شهری شیراز ۱۶۴ $m^3/tone$ به دست می‌آید. درصد خطای استفاده از معادلهٔ درجه اول برای تولید گاز تا ۲۲٪ می‌باشد. (۲)

1-Intergovermental Panel on Climate Change

2 -Decomposition Organic Compound

www.SID.ir

Archive of SID

ثابت نرخ تولید متان

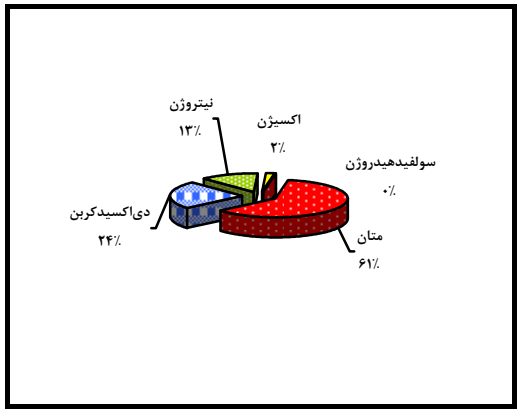
ثابت نرخ تولید متان (k) تعیین کننده رژیم تولید گاز در لندفیل است که با افزایش k سرعت تولید گاز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر افزایش مقدار k موجب تولید گاز بیشتر در مدت زمان معین و مقدار مشخص پسماند در شرایط یکسان می‌باشد. دامنه k بین ۰/۰۰۳ تا ۰/۲۱ در نظر گرفته می شود. (EPA,1991) و از این رو مقدار نرخ تولید گاز متان به رطوبت موجود در زباله شهر شیراز (به طور میانگین ۸۷٪ در تودهٔ زباله)، دما (۴۵-۴۰ درجه سانتی گراد در تودهٔ زباله های دفن شده) و pH (۵/۸) وابسته خواهد بود. (۴و۷) با در نظر گرفتن کلیه شرایط فوق مقدار $۰/۰۶y^{-1}$ برای k مناسب است.

بحث و گفتگو

در سال ۱۹۸۸ شورایی به نام ***«مجمع بین الدول در خصوص تغییرات آب و هوا»*** (IPCC) جهت بررسی تغییرات آب و هوای ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان‌ساخت تشکیل شد(۸). این مجمع به این نتیجه رسید که میانگین درجه حرارت جهانی در صد سال گذشته ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (۹). متان با توانایی گرمایش جهانی ۱۱ در دوره ۱۰۰ساله گزارش شده است. اصولا پدیدهٔ تغییر آب و هوا عمدتاً مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است.(۱۱)

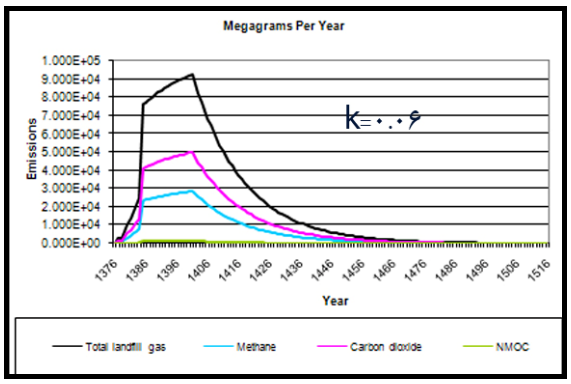
ارایه متان به بازارها فرصت منحصربه فردی در اختیار دولت‌ها وسازمان‌ها در سراسر دنیا برای همکاری با یکدیگر جهت پرداختن به موضوع انتشار متان و در عین حال دستیابی به مزایای اقتصادی، زیست محیطی و انرژی زایی قرار می‌دهد(۱۰). ایالات متحده پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۱۵ برنامه ارایه متان به بازارها، ظرفیت کاهش انتشار متان معادل ۵۰ میلیون تن کربن در سال، یا بازیابی ۱۵ میلیارد تن گاز طبیعی را دارد. (۱۰)

با توجه به مقدار بالای ۶۰٪ متان در این آنالیز، به نظر می‌رسد این گاز بتواند به عنوان منبع انرژی در محل دفن مورد استفاده قرار گیرد.



نمودار۲- آنالیز لندفیل گاز در سایت دفن شیراز

جدول ۲ مقدار آلاینده های موجود در محل دفن را عنوان می‌کند.در میان آلاینده های مذکور، از نظر پرخطر بودن از نظر سلامتی بنزن جزء آلاینده های مظنون به سرطان زایی و وینیل کلراید سرطان زا برای انسان است که مقدار آن ها بالاتر از حد استاندارد تخمین زده شده است.



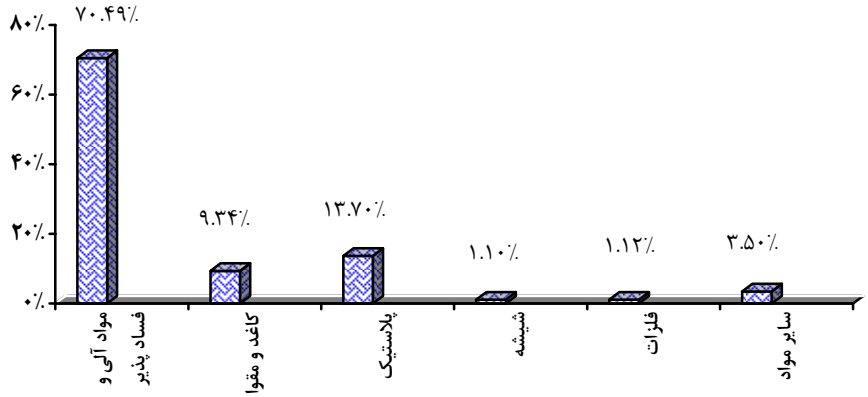
نمودار ۳- نمودار منحنی انتشار متان (مگا گرم در سال) در محل دفن زباله شیراز، k=۰/۰۶

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- آنالیز گاز محل دفن زباله شیراز (۴)

اجزا	متان	دی‌اکسیدکربن	نیتروژن	اکسیژن	سولفیدهیدروژن	آمونیاک	مونوکسیدکربن
درصد	۶۱	۲۴	۱۳	۲	۰/۰۰۱۵	ناچیز	ناچیز



نمودار ۱- آنالیز فیزیکی زباله‌های شهر شیراز (۴)

جدول۲- غلظت آلاینده‌های موجود در محل دفن زباله شهر شیراز

پارامترهای آلاینده/گاز		
ترکیب	غلظت (ppm)	وزن مولکولی
متان		۱۶/۰۴
کربن دی اکساید		۴۴/۰۱
متیل کلروفرم	۰/۴۸	۱۳۳/۴۱
۱و۱و ۲و۲-تترا کلرواتان	۱/۱	۱۶۷/۸۵
اتیلیدن دی کلروید	۲/۴	۹۸/۹۷
ونیل کلراید	۰/۲۰	۹۶/۹۴
اتیلن دی کلراید	۰/۴۱	۹۸/۹۶
پروپیلن دی کلراید	۰/۱۸	۱۱۲/۹۹
ایزوپروپیل الکل	۵۰	۶۰/۱۱
استان	۷/۰	۵۸/۰۸
بنزن	۱/۹	۷۸/۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

برومو دی کلرومتان	۳/۱	۱۶۳/۸۳
بوتان	۵/۰	۵۸/۱۲
کربن دی سولفاید	۰/۵۸	۷۶/۱۳
کربن منواکساید	۱۴۰	۲۸/۰۱
کربنیل سولفاید	۰/۴۹	۶۰/۰۷
کلروبنزن	۰/۲۵	۱۱۲/۵۶
کلرودی فلورومتان	۱/۳	۸۶/۴۷
اتیل کلراید	۱/۳	۶۴/۵۲
کلروفرم	۰/۰۳	۱۱۹/۳۹
کلرومتان	۱/۲	۵۰/۴۹
دی کلروبنزن	۰/۲۱	۱۴۷
دی کلرودی فلوئورمتان	۱۶	۱۲۰/۹۱
دی کلرو فلوئوررومتان	۲/۶	۱۰۲/۹۲
متیلن دی کلراید	۱۴	۸۴/۹۴
متیل سولفاید	۷/۸	۶۲/۱۳
اتان	۸۹۰	۳۰/۰۷
اتانول	۲۷	۴۶/۰۸

نتیجه

نتایج بررسی حاصل نشان می‌دهد که با شیوهٔ لوله‌گذاری صحیح و مهندسی و به موقع (هم زمان با در نظر گرفتن منطقه به عنوان سایت دفن) از وقوع حوادثی چون انفجار و آتش‌سوزی جلوگیری شده و تا حد بسیار زیادی از ایجاد بوهای نامطبوع در اماکن دفن زباله‌ها کاسته می‌شود. به طوری که هیچ گونه انفجار یا آتش‌سوزی در محل مذکور گزارش نشده است.

ضمن آن که سالانه از انتشار m^3 ۳۰۰۰ گاز متان در این سایت جلوگیری می‌شود، مشکلات زیست محیطی مرتبط با انتشار گاز لندفیل از جمله ایجاد 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 می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز را تأمین نمود. با توجه به آنالیز فیزیکی زباله شهر شیراز و همچنین آنالیز گاز دفن گاه برمشور، میزان گاز متان و کربن دی‌اکساید تولیدی از این محل هر کدام به ترتیب $۱/۵\times۱۰^{۶} m^3/year$ و $۹/۶\times۱۰^{۵} m^3/year$ می‌باشد،

www.SID.ir

Archive of SID

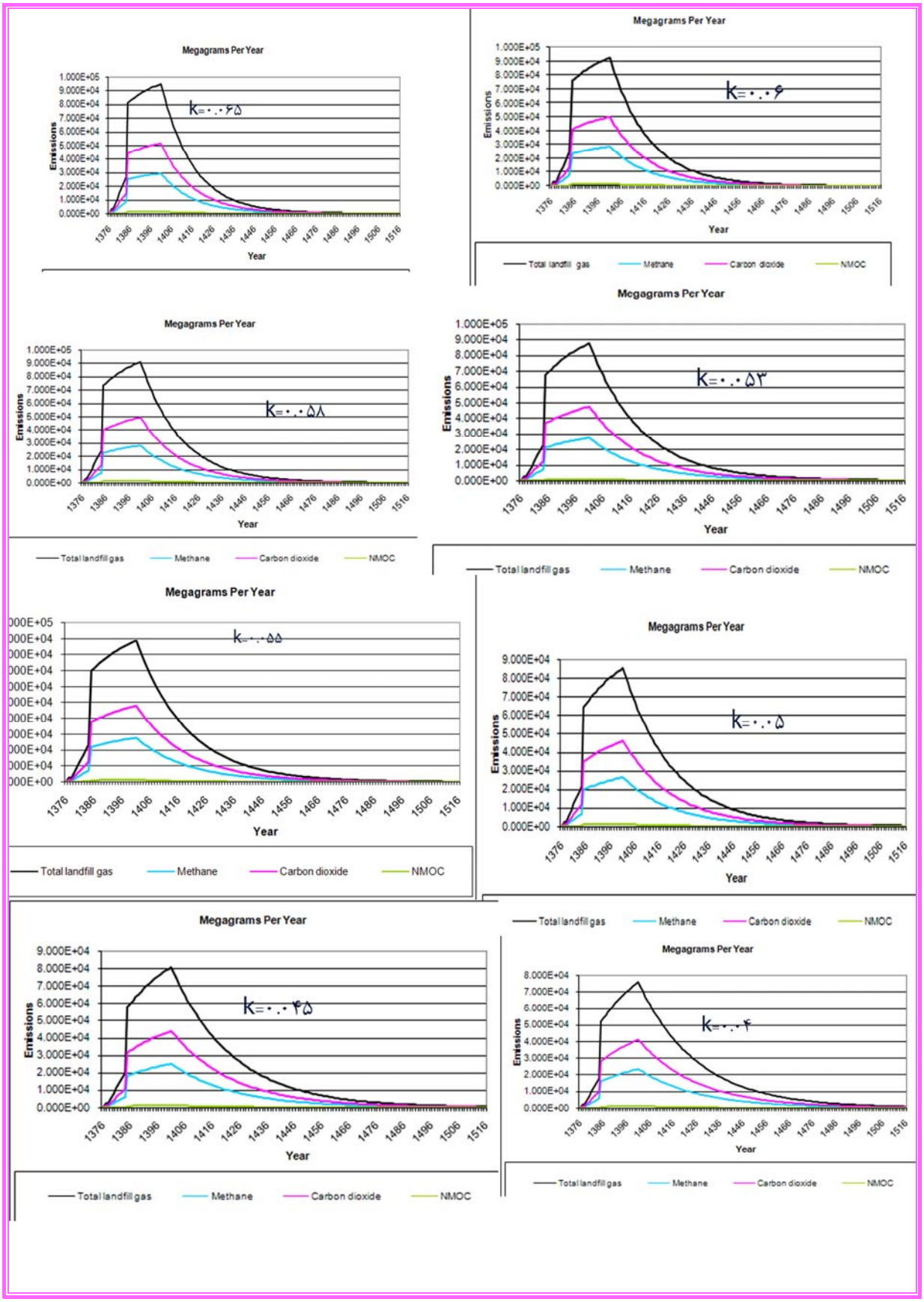
هر متر مکعب گاز که از زباله استحصال می شود ۵/۲۲ کیلووات ساعت برق تولید می‌کند که با ساخت و توسعه نیروگاه های بیوگاز علاوه بر تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز کشور، می‌توان گامی موثر در زمینه بحران عظیم ناشی از زباله‌های شهری و کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی برداشت که دارای اثرات اقتصادی و اجتماعی چشمگیری خواهد بود.

پیشنهادها

با توجه به این که سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری شیراز درصدد استفاده کاربردی از گاز متان استحصالی از طریق کارگذاری ژنراتور و تولید برق در سایت می‌باشد، پیشنهاد می‌شود شرایط استحصال بیشینهٔ این گاز مثل تفکیک و جداسازی کیسه‌های پلاستیکی از زباله‌های حاوی آن ها که حتماً ترکیبات کلرهٔ حاصل از آن ها تولید متان را کند یا متوقف می‌کند(۳)، در محل دفنگاه صورت گیرد. همچنین توصیه می‌شود در محل‌های دفن جهت افزایش بازده تولید گاز به منظور استفاده کاربردی از تلفیق لوله‌گذاری عمودی و افقی استفاده گردد. شماتیک شیوهٔ لوله‌گذاری پیشنهادی در دیاگرام ۱ زیر نمایش داده شده است.

www.SID.ir

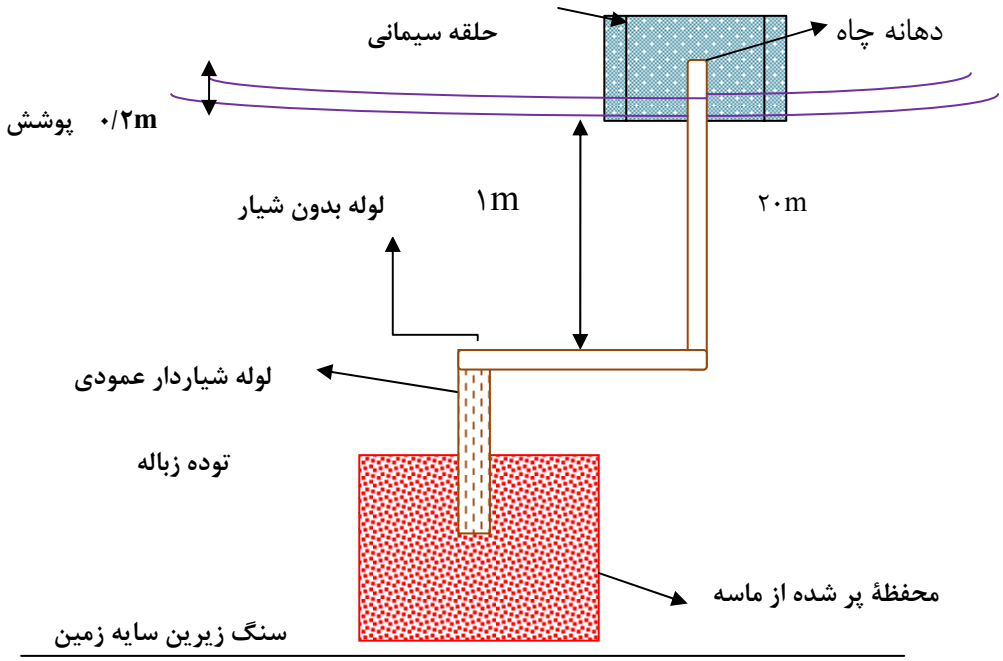
Archive of SID



شکل ۱- منحنی تولید گاز با مقادیر مختلف k و تأثیر آن در میزان تولید گاز

www.SID.ir

Archive of SID



دیاگرام ۱- شماتیک یک چاه هیبریدی (۸)

در این شیوه لوله‌گذاری گاز، ترکیب هر دو چاه افقی و عمودی نیز برای استحصال گاز پیشنهاد شده است. لوله‌های شیاردار در لوله‌های عمودی جایگزین شده است. چاه‌های عمودی گاز را جمع کرده و وارد چاه‌های افقی می‌کنند. ثابت گاز چاه ۰/۶ $m^3/h.mm\ H_2O$ می‌باشد.

منابع

۱. آخرین سرشماری جمعیت در سال ۱۳۸۵، مرکز آمار ایران.

2. Gendebin, A.,Pauwels,M.,et al., 1992, “ Landfill Gas from Environment to Energy, Office for Official Publications of the tropean Communities, Luxembourg.”

3. H.Christensen,Thomas, et al.,1996, “Lanfilling of Waste:Biogas”,

۴. سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شهر شیراز، مطالعات شرکت ورازیست، ۱۳۸۱.

5. United States Environmental Protection Agency, May 2005, “Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User’s Guide”.

۶. 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 برنامه‌ریزی شهری

۷. سایت سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز،۱۳۸۶.

8. Iran’s Initional Communication to UNFCC” ,Climate Change Office, Department of Environment,March 2003

۹. تقدسیان، حسین و سعید میناپور،۱۳۸۱،«تغییرات آب و هوا»، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا

10. www.methanetomarkets.org , Auguest 2006.

www.SID.ir