

# بررسی پتانسیل مراکز دفن پسماند در مشارکت در مکانیسم توسعه پاک (CDM)

علی نجفی<sup>۱</sup>، رضا عبدالله زاده<sup>۲</sup>، محمد سهرابی<sup>۳</sup>

مدیرعامل سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد<sup>۱</sup>

کارشناس پژوهش سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد<sup>۲</sup>

مشاور جوان سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد<sup>۳</sup>

## چکیده:

امروزه گرمایش زمین و تخریب لایه ازن منجر به ایجاد مشکلات متعددی در اکوسیستم های زمین و بیوسفر گردیده است. عامل اصلی این مسئله رشد صنعتی جوامع بدون توجه به مسائل زیست محیطی می باشد. برای رفع این معضل جامعه جهانی از دهه ۹۰ اقدام به برگزاری کنفرانسها و ایجاد معاهده های بین المللی در راستای تلاش برای کاهش اثرات گازهای گلخانه ای و به تبع آن کاهش سرعت گرم شدن زمین نموده است. در حال حاضر گاز منتشر شده از مراکز دفن پسماند ۳۰ درصد گازهای گلخانه ای تولیدی جهان را تشکیل می دهند. یکی از موثرترین روشهای کاهش میزان گازهای گلخانه ای مراکز دفن در کشورهای در حال توسعه، استحصال این گاز به منظور تولید انرژی الکتریکی و جذب اعتبارات جهانی در قالب CDM می باشد. این تحقیق تلاش دارد تا ضمن بررسی و امکانسنجی اجرای مکانیسم توسعه پاک برای مراکز دفن ایران یک طرح اجرا شده در این خصوص را در ایران مورد بررسی قرار دهد.

## واژه های کلیدی:

بیوگاز، مکانیسم توسعه پاک، استحصال انرژی، مرکز دفن

## ۱- مقدمه :

یکی از معضلات پیش روی بشر تولید پسماند و افزایش میزان تولید آن می باشد. زباله یکی از عوامل گازهای گلخانه ای می باشد که در مرحله پس از دفن تولید گازهای گلخانه ای را دارند این امر منجر به تخریب لایه ازن و گرم شدن سیاره می گردد. مکانیسم توسعه پاک CDM یک متد برای کاهش گازهای گلخانه ای می باشد این مکانیسم در پروتکل کیوتو تعبیه گردید تا به موجب آن کشورهای صنعتی طرحهایی را به منظور تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار گازهای گلخانه به اجرا در آورند. [۱] در این بین کشورهای در حال توسعه نیازمند تعریف طرحهایی در این خصوص می باشند تا به تعهدات بین المللی خود در خصوص پیمانهای ریو و کیوتو عمل نمایند و از سوی دیگر نسبت به جذب سرمایه و فناوری از کشورهای صنعتی اقدام نمایند.

## ۱-۲- پدیده گازهای گلخانه ای و افزایش دمای زمین :

تولید گازهای گلخانه ای در خلال قرن گذشته و به واسطه توسعه صنایع منجر به ایجاد پدیده ای به نام پدیده گلخانه ای در جو کره زمین نمود. این گازها شامل دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)، اکسید نیتروژن (N<sub>2</sub>O)، متان (CH<sub>4</sub>) هیدروفلوئورو کربنها (HFCS)، پروفلوئورو کربنها (PFCS) و سولفور هگزا فلوراید (SF<sub>6</sub>) می باشد. [۲] این گازها موجب می شوند انرژی مادون قرمز انعکاس یافته از سطح زمین از جو خارج نگردد که موجب افزایش دمای سیاره زمین می گردد. (شکل ۱)



شکل ۱- پدیده گلخانه ای و گرمایش زمین

تراکم گاز دی اکسید کربن در سال ۲۰۰۶ در هوا برابر با ۳۸۱/۲ PPM بود که نشاندهنده ۰/۵۳ درصد افزایش نسبت به سال قبل از آن و ۳۶ درصد بیشتر از قرن گذشته و در زمان انقلاب صنعتی به وقوع پیوست، بوده است. همچنین در سال ۲۰۰۶ تراکم اکسید نیتروژن ۰/۲۵ نسبت به سال ۲۰۰۵ میلادی بیشتر بوده است. این امر موجب گردیده که دمای متوسط زمین در طی قرن گذشته ۵ درجه سانتیگراد افزایش یافته است و برآورد می گردد که در طول ۱۰۰ سال آینده متوسط دمای زمین ۵/۱ تا ۵/۳ درجه سانتیگراد افزایش یابد. [۳]

## ۱-۲- مکانیسم توسعه پاک<sup>۱</sup> CDM

کنواسیون تغییر آب و هوا در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه ناشی از فعالیتهای صنعتی که موجب افزایش دمای زمین می شود، در سطحی که از آسیبهای ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد تدوین گردید و توسط ۱۵۴ کشور امضاء شد و از سال ۱۹۹۴ اجرایی گردید. این کنوانسیون در ۲۱ مارس ۱۹۹۴ یعنی ۹۰ روز پس از تصویب آن در ۵۰ کشور اجرایی گردید، این کنوانسیون در سال ۱۳۷۵ توسط مجلس شورای اسلامی تصویب شد. در راستای کنفرانس تغییر آب و هوا سومین کنفرانس اعضا در ۱۹۹۷ در کیوتو برگزار گردید. در این کنفرانس متعاهدین کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل پرتکلی را به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به تصویب رساندند که به پروتکل کیوتو معروف شد. این پروتکل با الحاق روسیه در سال ۲۰۰۵ اجرایی شد. همچنین قانون الحاق ایران به پروتکل مذکور در سال ۱۳۸۴ به تایید شورای نگهبان رسید. [۴]

اعضای این پروتکل متعهد شدند که انتشار گازهای گلخانه ای را حذف و یا کاهش دهند، به نحوی که میزان انتشار شش گاز گلخانه ای کشورهای توسعه یافته در خلال سالهای ۲۰۰۸-۲۰۱۲ به ۵/۲ درصد زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. ایران به دلیل قرار گرفتن در بین کشورهای در حال توسعه در این دوره مکلف به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای ندارد. [۵]

<sup>۱</sup>. Clean Development Mechanism

ایجاد چنین تعهداتی برای کشورمان در دوره سوم تعهدات چندان دور از ذهن نیست چرا که رتبه ایران در انتشار دی اکسید کربن از بخش احتراق سوخت از رتبه هیجدهم دنیا در سال ۱۹۹۶ به رتبه دهم در سال ۲۰۰۷ رسیده است. [9]

با توجه به عدم الزام ایران در دوره اول به کاهش تولید گازهای گلخانه ای تلاشهایی در این خصوص در ایران آغاز گردید که عمده این تلاشها در مراکز دفن پسماند و صنایع پتروشیمی به وقوع پیوست. یکی از عمده ترین منابع انتشار گازهای گلخانه ای و به ویژه متان، مراکز دفن پسماندهای جامد می باشند. بر اساس بررسیهای صورت گرفته در آمریکا ۳۷ درصد گازهای گلخانه ای منتشره در آن کشور، ناشی از مراکز دفن پسماندهای آن کشور می باشد. سهم مراکز دفن از تولید گازهای گلخانه ای جهان ۳۰ درصد می باشد. در صورت دفن پسماندهای خانگی و در حالت عدم حضور اکسیژن بخش آلی پسماندهای دفنی تجزیه شده و ترکیبی از گازهای متان، دی اکسید کربن، هیدروژن، ازت و مقدار کمی ترکیبات فلوئور و کلر و رطوبت تولید می شود. معمولاً تولید این گاز پس از دو ماه از دفن آغاز می شود و تا ۱۰۰ سال نیز ادامه می یابد. [۶]

## ۲- مواد و روشها:

گاز مرکز دفن، گازی است که در اثر تجزیه مواد آلی فساد پذیر موجود در زباله های دفن شده به وسیله باکتریهای بی هوازی تولید می شود که به نام گاز مرکز دفن زباله شناخته می گردد. در واقع این گاز یک نوع بیوگاز محسوب می گردد. این گاز حاوی ترکیباتی به شرح جدول ۱ می باشد. [۲] در جدول ۲ توان عملی تولید گاز متان و درصد جامدات در انواع پسماندها به نمایش در آمده است. [۷]

جدول ۱- ترکیبات و درصد حجمی مواد موجود در گاز مرکز دفن

| نام ترکیب                       | درصد حجمی     |
|---------------------------------|---------------|
| متان CH <sub>4</sub>            | ۴۰-۶۰         |
| دی اکسید کربن CO <sub>2</sub>   | ۳۵-۵۰         |
| نیتروژن N <sub>2</sub>          | ۲-۲۰          |
| اکسیژن O <sub>2</sub>           | ۰-۳           |
| سولفید هیدروژن H <sub>2</sub> S | ۱۰-۲۰۰۰ PPM   |
| آمونیاک                         | جزئی          |
| ترکیبات آلی غیر متانی           | ۲۰۰-۱۴۰۰۰ PPM |

جدول ۲- توان عملی تولید متان و درصد جامدات انواع پسماندها

| نوع پسماند                       | توان تولید گاز           | درصد جامدات |
|----------------------------------|--------------------------|-------------|
| زباله شهری (۳۰٪ تجزیه پذیر)      | ۴۰ m <sup>3</sup> /ton   | ۳۰-۳۵       |
| زباله شهری (۷۰٪ تجزیه پذیر)      | ۹۵ m <sup>3</sup> /ton   | ۳۵-۴۰       |
| زباله آلی                        | ۱۲۵ m <sup>3</sup> /ton  | ۳۰-۳۵       |
| کاغذ و مقوا                      | ۱۰۰ m <sup>3</sup> /ton  | ۹۵-۱۰۰      |
| پسماندهای گیاهی                  | ۲۵۰ m <sup>3</sup> /ton  | ۱۰-۳۰       |
| پسماندهای غذایی رستوران و هتل ها | ۴۰۰ m <sup>3</sup> /ton  | ۱۰-۴۰       |
| الکل (اتانول یا متانول)          | ۷۵۰ m <sup>3</sup> /ton  | -           |
| ملاس چغندر یا نیشکر              | ۳۰۰ m <sup>3</sup> /ton  | -           |
| فاضلاب الکل سازی و صنایع تقطیری  | ۲۰۰ m <sup>3</sup> /ton  | -           |
| پسماندهای صنایع غذایی            | ۴۰۰ m <sup>3</sup> /ton  | -           |
| فضولات گاوی تازه                 | ۰/۴ m <sup>3</sup> /day  | ۱۵-۲۵       |
| فضولات تازه خوک                  | ۰/۱ m <sup>3</sup> /day  | ۲۵-۴۰       |
| فضولات مرغداری                   | ۰/۱۱ m <sup>3</sup> /day | ۳۰          |
| لجن فاضلاب                       | ۲۵ m <sup>3</sup> /ton   | ۵           |

## ۱-۲- طراحی مرکز دفن جهت استحصال گاز متان

دفع زائدات با استفاده از روشهای مختلفی چون بازیافت، کمپوست، سوزاندن و دفن مواد زائد انجام می‌شود. اما در این میان استفاده از مراکز دفن بهداشتی یک انتخاب غالب برای دفع زائدات بوده، چراکه به عنوان مثال، در مقایسه با روش سوزاندن ارزانتر بوده و به نسبت روشهای بازیافت و کمپوست، محدودیت کمتری دارد. در نتیجه با وجود افزایش فعالیتهایی نظیر بازیافت، کمپوست و سوزاندن MSW، در سال ۱۹۹۷ تقریباً ۵۵ درصد وزنی زائدات تولید شده در آمریکا در مراکز دفن بهداشتی دفن شده است.

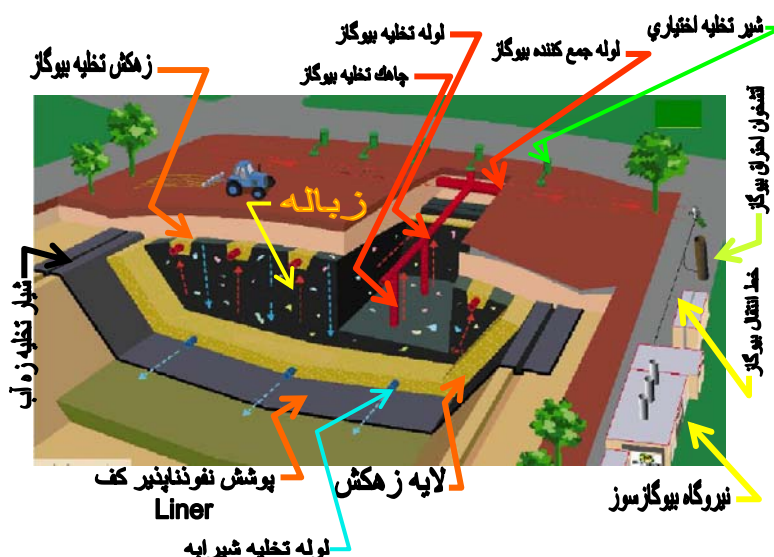
اما روشهای مختلف دفن زائدات به ترتیب زیر است:

۱. تلنبار کردن<sup>۲</sup>
۲. مراکز دفن بهداشتی
۳. مراکز دفن به صورت بیورآکتور

روش تلنبار کردن به عنوان ساده ترین و ابتدایی ترین روش دفن زائدات از زمانهای دور مورد استفاده قرار می گرفته است. در این روش زائدات تولید شده، بدون در نظر گرفتن تمهید خاصی، در یک محل جمع آوری شده و بعضاً روی آن با یک لایه خاک، پوشیده می شود و به همین دلیل نیز این روش بیشترین تأثیر را بر محیطزیست برجا می گذارد.

به خاطر مشکلات این روش بود که از اوایل قرن ۱۹ میلادی، محققین استفاده از روشهای بهتر دفن زائدات یا ایده مرکز دفن بهداشتی<sup>۳</sup> را مطرح کردند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود در یک مرکز دفن بهداشتی، پس از ایجاد لاینرها و لایه های عایق تحتانی، زباله هر روز در محل قرار گرفته و با پوشش روزانه پوشیده می شود. پس از اتمام هر لایه، پوشش میانی را خواهیم داشت و هنگامیکه ظرفیت مرکز دفن به حد نهایی خود رسید، روی مرکز دفن را با پوشش نهایی می پوشانیم و سیستم را به حالت خود رها می کنیم. البته معمولاً برای جمع آوری شیرابه تولید شده نیز، زهکش هایی در پایین مرکز دفن تعبیه می شود. اما مراکز دفن بهداشتی معایبی دارند که برخی از مهمترین آنها در زیر می آیند:

- تولید مقدار زیاد شیرابه
- هزینه بالای تصفیه شیرابه
- طولانی بودن مدت پایدار شدن زباله (چند دهه)
- آلودگی آبهای زیرزمینی بر اثر فرسودگی لایه های پوشش مرکز دفن
- هزینه های بالای کنترل در طول عمر مرکز دفن
- فضای زیاد اشغال شده برای دفن زائدات [10]



شکل ۲- نمایی شماتیک از یک مرکز دفن بهداشتی با سیستم جمع آوری بیوگاز [۷]

این مسائل سبب شد تا محققین، در زمینه بهبود این مشکلات مطالعات بیشتری انجام دهند، که نتیجه این تحقیقات استفاده از مراکز دفن به صورت بیورآکتور است. در اکوسیستم یک مرکز دفن، فرآیندهای بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی باعث تسریع تجزیه بیولوژیکی پسماندهای آلی موجود در توده زباله می شود. در مراکز دفن معمولی به علت احداث موانع و پوشش ها، رطوبت لازم برای انجام فعالیتهای بیولوژیکی به زائادات نمی رسد. در نتیجه، زائادات در یک "گور بی آب"<sup>۴</sup> برای دوره ای طولانی از ۳۰ تا ۲۰۰ سال دست نخورده باقی مانده، که ممکن است این زمان از طول عمر پوشش ها و موانع نیز فراتر رود.

امروزه "مراکز دفن از نوع رآکتورهای بیولوژیکی"<sup>۵</sup> ایده ای بوده که توجهات زیادی را به خود معطوف ساخته است. یک بیورآکتور مرکز دفن، یک مرکز دفن بهداشتی است که با استفاده از فرآیندهای میکروبیولوژیکی تسهیل شده، مواد زائد آلی را در طول ۵ تا ۱۰ سال تبدیل کرده و آنها را به صورت پایدار در می آورد. در یک بیورآکتور مرکز دفن به طور مشخص، میزان تجزیه زائادات آلی، نرخ تبدیل و کارایی فرآیندها در مقایسه با یک مرکز دفن معمولی بیشتر است. در بیورآکتور مرکز دفن، فرآیندها از طریق فاکتورهای نظیر افزودن شیرابه یا سایر مایعات افزودنی، افزودن لجن فاضلاب یا مواد دیگر، کنترل دما و تأمین مواد مغذی برای میکروارگانیسمها به صورت بهینه در می آیند. به علاوه ممکن است که به بیورآکتور مرکز دفن، هوا نیز تزریق گردد.[10]

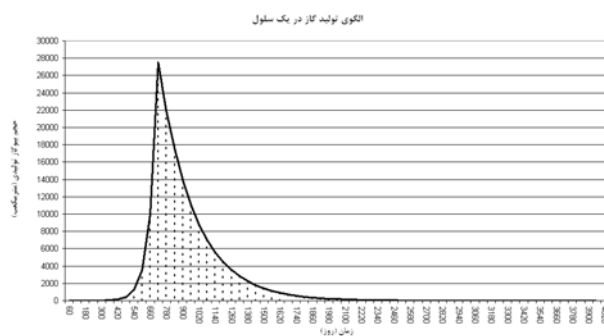


شکل ۳- طراحی شماتیک از بیورآکتور بی هوازی

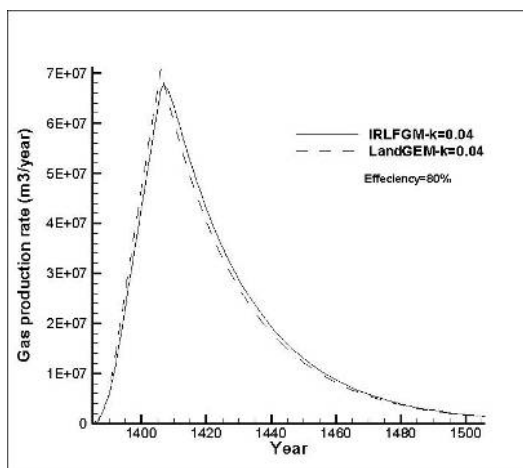
## ۲-۲- نرخ تولید گاز مرکز دفن مشهد

عوامل موثر بر بازده تولید گاز و سرعت فرایند بی هوازی شامل درصد مواد آلی، تجزیه پذیری مواد آلی، وجود رطوبت، دما، pH، مواد مغذی و ریز مغذی، اختلاط مواد می باشد.

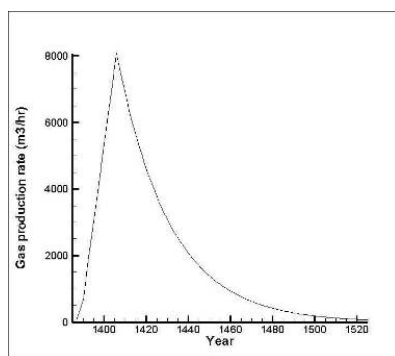
بر اساس فرضیات صورت گرفته و محاسبات انجام شده، نرخ تولید گاز به ازاء یک سلول زباله که در یک روز دفن می شود، در محل فعلی شهر مشهد در نمودار ۳ نشان داده شده است.[۷]



نمودار ۱: روند تولید بیوگاز نسبت به زمان در یک سلول در وضعیت موجود



نمودار ۲: پیش بینی روند تولید گاز مرکز دفن



نمودار ۳: روند تولید گاز مرکز دفن بر حسب  $m^3/hr$

با توجه به اینکه شدت جریان گاز استخراجی در سال ۱۴۰۶ به  $۶۲۷۷ Nm^3/h$  خواهد رسید لذا با فرض وجود ۵۰ درصد متان در گاز مرکز دفن ارزش حرارتی معادل ۱۸/۱۵ مگا ژول بر متر مکعب و آهنگ انرژی در سال فوق برابر با  $۱۱۲۹۸۶ mj/h$  خواهد بود. با فرض ۳۰ درصد بازده الکتریکی سیستم بیوگاز سوز ۱۰ مگاوات برق از این گاز قابل تولید می باشد. بنابراین در سال ۱۴۰۶ تولید مصرف گاز متان معادل  $۳۱۳۹ Nm^3/h$  می باشد. [۸]

### ۲-۳- جمع آوری گاز مرکز دفن مشهود

به منظور اجرای طرح استحصال گاز متان و تولید انرژی نیاز به ایجاد برخی امکانات و تجهیزات در مرکز دفن می باشد که در دو حالت قبل از اجرای مرکز دفن و بعد از اجرا قابل انجام می باشد. در حالت اول قبل از ایجاد مرکز دفن ابتدا طراحی لازم جهت لوله گذاری و طراحی چاهکها انجام می شود و در زمان ساخت مرکز دفن اجرایی می گردد. اما در حالت دوم برای مرکز دفن بسته شده یا در حال بهره برداری می توان بعد از طراحی لازم اقدام به حفر چاهکها و لوله گذاری نمود. برای این منظور نیاز است تا موارد زیر به اجرا در آید.

- چاه های عمودی در داخل زباله
- یک سیستم جمع آوری که گاز تجمع یافته در داخل چاه را جمع آوری کند.
- یک مشعل برای سوزاندن گاز جمع آوری شده در مواردی که استفاده دیگری از گاز به عمل نیاید.
- سیستمی برای استفاده از گاز جمع آوری شده، نظیر ژنراتور تولید برق که گاز حاصل را به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار دهد. [۹]

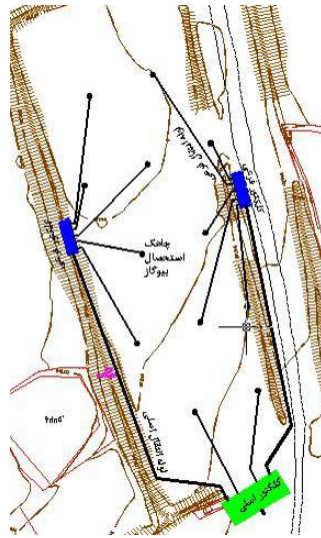
به منظور طراحی سیستم جمع آوری گاز نیاز است تا مبنای ارائه شده در زیر رعایت گردد.

### - شعاع نفوذ چاهها یا لوله‌ها

به دلیل نبود آگاهی کافی نسبت به نفوذپذیری عملی زباله‌های دفن شده در مراکز دفن کشور و یکنواخت نبودن بافت زباله‌ها و همچنین رطوبت بالای زباله‌های ایران، که سطح بالای شیرابه را در محل‌های دفن به دنبال دارد، در محاسبات چیدمان چاه‌های قائم استخراج گاز، حد پایین شعاع نفوذ (۳۰ تا ۴۰ متر) در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن آرایش مثلی، فاصله مستقیم بین چاهک‌ها، ۶۰ متر در نظر گرفته می‌شود.

### - محل جایگذاری چاهها یا لوله‌ها

محل جایگذاری لوله‌ها و یا چاه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شود که گاز از راحت‌ترین مسیر به سمت آنها حرکت کند و مسیر را ترجیحاً به سمت آنها انتخاب نماید. استفاده از مواد متخلخل (نظیر نوارهای شنی در پوشش موقت) برای هدایت گاز به سمت لوله‌ها و یا چاه‌ها در این مورد می‌تواند مفید واقع شود. شکل ۴ نمایی یک سیستم جمع‌آوری گاز را در ترانشه‌های مرکز دفن را نشان می‌دهد. جنس لوله‌ها HDPE یا PVC می‌باشد که متخلخل می‌باشد در سیستم جمع‌آوری گاز مرکز دفن مشهد قطر لوله چاه ۴ اینچ و قطر سوراخها یک سانتیمتر می‌باشد.



شکل ۴- سیستم جمع‌آوری گاز در مرکز دفن

### ۴-۲- تجهیزات استحصال و جمع‌آوری گاز

#### - تله قطره‌گیر

برای حذف مایع حاوی گاز مرکز دفن دو روش وجود دارد. روش اول استفاده از لوله سیفونی شکل و روش دوم استفاده از یک محفظه استوانه‌ای شکل استفاده از وسایل بسیار ساده در حذف رطوبت از مهم‌ترین مزایای این روش محفظه استوانه‌ای است که قابلیت انطباق با شرایط محل محل‌های دفن ایران را دارد. باید توجه کرد که مایع جمع‌شده در استوانه را می‌بایست به سیستم تصفیه شیرابه منتقل کرد. شکل ۵ شمایی از این نوع تله قطره‌گیر را نشان می‌دهد.



شکل ۵- حذف رطوبت از مسیر انتقال بیوگاز

### - خطوط لوله

طول خطوط لوله در شبکه جمع‌آوری گاز در محل دفن زباله باید حداقل باشد تا اثرات منفی ته‌نشین شدن را کاهش دهد. بدین دلیل، خطوط مختلف یا به یک خط جمع‌آوری محیطی با افزایش قطر متصل می‌شوند، که در محدوده مرز خارجی محل دفن زباله قرار گرفته است، یا به لوله جمع‌کننده (کلکتور) متصل می‌شوند که متناسب با سیستم تنظیم و کنترل برای همه چاه‌ها می‌باشد. برای محل دفن بزرگ مانند مرکز دفن مشهد به منظور کاهش طول لوله‌کشی، استفاده از کلکتورهای فرعی مد نظر قرار داده می‌شود. بدین منظور دو کلکتور فرعی در دو سمت هر ترانشه در نظر گرفته می‌شود. سپس از هر کلکتور فرعی یک لوله اصلی انتقال خارج شده و گاز جمع‌شده را به کلکتور اصلی می‌رساند.

### - کلکتور فرعی

کلکتور لوله قطوری است که حکم یک مخزن کوچک را دارد و هنگامی که قرار است گاز از چند مسیر مختلف به دستگاه‌هایی مثل پمپ، دمنده و دیگ وارد یا خارج شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش کلکتور عبارتست از ایجاد جریان صحیح گاز در هر یک از مسیرها. طول کلکتور به این ترتیب تعیین می‌گردد که فاصله بین لوله‌هایی که به کلکتور وارد یا از آن خارج میشوند، حداقل ۱۲ اینچ و از طرفین نیز حدود ۸ اینچ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به چیدمان چاهک‌های جمع‌آوری بیوگاز در ترانشه‌های موجود، هر کلکتور فرعی می‌تواند پنج چاهک جمع‌آوری بیوگاز را پوشش دهد.

### - ایستگاه جمع‌آوری گاز

#### - طراحی کلکتور اصلی و لوله خروجی از آن

کلکتور اصلی شامل چند ورودی می‌باشد که عبارتند از لوله انتقال ۶ اینچی که از کلکتورهای فرعی می‌آیند و دو لوله PVC ۴ اینچی که از چاهک‌های نزدیک کلکتور اصلی به کلکتور وصل می‌شوند. قطر لوله خروجی از کلکتور نیز براساس حداکثر دبی ورودی به آن (دبی گاز تولیدی در کل ترانشه) محاسبه می‌شود.

#### - دمنده‌ها و کمپرسورها

انتقال گاز مرکز دفن در مسیرهای طولانی‌تر از چند ده متر، بدون شک با افت فشار همراه خواهد بود، ضمن آنکه پیش از این گفته شد، گاز مرکز دفن در هنگام خروج از محل دفن دارای فشار چندانی نیست. بنابراین، در یک سامانه جمع‌آوری و انتقال فعال، برای جبران افت فشار در لوله‌های انتقال گاز، تعبیه وسایل تقویت فشار ضروری است. در انتقال گاز، این کار را دمنده‌ها (بلوئر) ۱ و یا کمپرسورها انجام می‌دهند.

#### - طراحی دمنده

دمنده‌ها در سیستم‌های جمع‌آوری بیوگاز جهت جبران افت فشار بکار می‌روند. دمنده می‌بایست در یک فضای سرپوشیده (آلونک) قرار گیرد. ارتفاع محل قرارگیری دمنده معمولاً کمی بالاتر از انتهای لوله انتقال اصلی می‌باشد تا رطوبت‌گیری از گاز راحت‌تر صورت گیرد. اندازه دمنده بر اساس مجموع فشار منفی که باید در سیستم ایجاد شود و همچنین دبی گاز طراحی می‌شود. باید دقت کرد که در صورتی که که توان دمنده بیش از پنج اسب بخار باشد، می‌بایست از برق سه فاز جهت تأمین انرژی موتور آن استفاده کرد. اگر امکان ایجاد برق سه فاز در محل دفن وجود نداشته باشد، می‌بایست از چند دمنده با توان موتور کمتر از پنج اسب بخار استفاده کرد. برای این منظور در مرکز دفن مشهد برای تأمین فشار لازم، توان ۲۱/۵ اسب بخار مورد نیاز است که با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد، توان موتور دمنده ۲۷ اسب بخار محاسبه شده است.

به منظور تولید انرژی الکتریکی از گاز جمع‌آوری شده نیاز است تا گاز پس از فرایند توسط موتور-ژنراتورهای مخصوص سوزانده شود تا از انرژی حاصله برق استحصال گردد. برای این منظور این موتورها باید مخصوص برق با فرکانس ۵۰ هرتز باشد و میزان مصرف گاز توسط آنها بر مبنای ۵۰٪ متان باشد.

### -۳- بحث و نتیجه‌گیری

زباله شهری از اجزای مختلفی تشکیل شده که پاره‌ای از آنها تجزیه پذیر بوده و می‌توانند بیوگاز تولید کنند و پاره‌ای دیگر تجزیه ناپذیر هستند و نقشی در تولید گاز ندارند. فرآیند تولید بیوگاز یک فرآیند زیست‌شناختی (بیولوژیکی) است و میزان تولید گاز از مواد آلی بستگی به تجزیه پذیری آنها دارد. برای برآورد تولید گاز از زباله باید میزان تولید گاز از مواد آلی موجود در آن را تخمین زد. این رقم وابسته به چند عامل می‌باشد که شامل درصد کربن در ماده آلی، درصد رطوبت، قابلیت تجزیه پذیری ماده آلی می‌باشد. پس از تعیین میزان تولید گاز از اجزاء آلی موجود در زباله، بر اساس درصد مواد آلی تجزیه پذیر موجود در زباله، توان تولید گاز آن برآورد می‌گردد. براساس مطالعات انجام شده در سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد توان کلی تولید بیوگاز زباله شهری مشهد ۱۹۲ متر مکعب



بیوگاز به ازای هر تن زباله خام می باشد که این میزان حاوی ۹۶ متر مکعب گاز متان و ۷۷ متر مکعب دی اکسید کربن می باشد. این امر فرصتهای زیر را فراهم می آورد.

- استفاده از مکانسیم های مالی کنوانسیون و تسهیلات محیط زیست جهانی (GEF) در خصوص بهره وری انرژی، توسعه انرژیهای تجدید پذیر و پروژه های کاهش اثرات سوی تغییر آب و هوا

- استفاده از فرصتهای موجود تحت مکانسیمهای انعطاف پذیر پروتکل کیوتو نظری مکانسیم توسعه پاک و ایجاد درآمد از طریق فروش گواهی کاهش نشر برای پروژه های مرتبط

- جذب تکنولوژیهای دوستدار محیط زیست تحت مصوبات مرتبط با انتقال تکنولوژی در کنوانسیون

- اکتساب درآمد از محل تولید انرژی الکتریکی و فروش به شبکه برق سراسری

براین اساس سازمان بازیافت و تبدیل مواد مشهد با هدف کاهش اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای متصاعد شده از محل دفن زباله در فضا، توسعه استفاده از انرژی های نو و جایگزین آن با سوخت های فسیلی، کاهش بوی بد منتشر شده در محل های دفن زباله از طریق جمع آوری و سوزاندن گازهای حاصله و بهره گیری از منافع اقتصادی در قالب فروش برق تولیدی و مزایای مرتبط در قالب مکانیزم توسعه پاک (CDM) از سال ۱۳۸۰ طرح استخراج گاز از زباله های مدفون، با ساخت یک شبکه لوله گذاری در بخش شمالی مرکز دفن، آغاز گردید و با گسترش این اقدامات، هم اکنون در سه بخش از محل دفن، یعنی بخش شمالی، بخش مرکزی و بخش غربی (شکل ۶)، شبکه های استخراج گاز به طول ۱۵۰۰ متر اجرا شده است. گاز تولیدی ابتدا توسط تعدادی آتشدان سوزانده می شد. در سال ۱۳۸۳ در یک طرح مشترک مطالعاتی با همکاری سازمان انرژی های نو مطالعاتی جهت برآورد پتانسیل گاز تولیدی و نحوه استحصال انرژی آن و جذب اعتبارات CDM به اجرا در آمد که هدف از آن استحصال انرژی الکتریکی با ظرفیت ۶۰۰ کیلووات در ساعت برق از گاز مرکز دفن و سوزاندن گاز باقی ماند تحت شرایط استاندارد جهت مشارکت در مکانسیم توسعه پاک بود. این طرح با جمع آوری گاز مرکز دفن در سه محور لوله گذاری شده و انتقال آن به یک سیستم بیوگاز سوز جهت تولید انرژی الکتریکی در تیرماه سال ۱۳۸۸ به بهره برداری رسید و همزمان با ثبت میزان مشارکت در مکانسیم توسعه پاک نسبت به اخذ CDM و گواهی میزان کاهش نشر از مراجع ذی صلاح اقدامات لازم صورت گرفت.

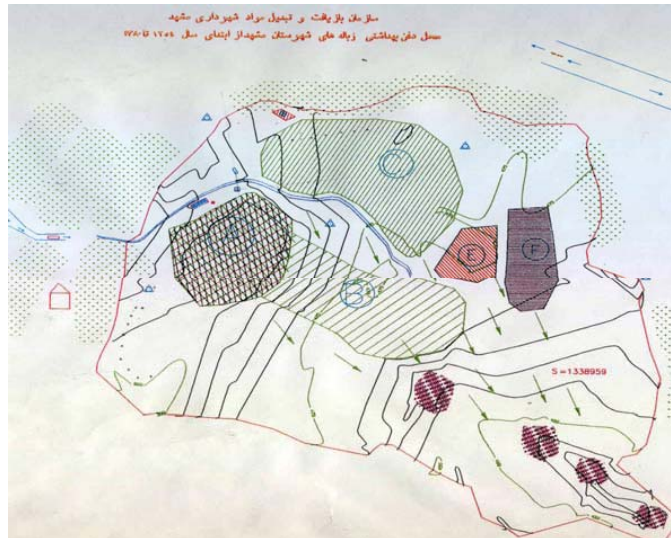
مشخصات کلی طرح به شرح زیر می باشد.

- شبکه جمع آوری و خط انتقال گاز دفنگاه بطول تقریبی ۱۵۰۰ متر
- ایستگاه تقویت فشار و پالایش گاز ساخت شرکت وندوریل هلند به ظرفیت ۶۰۰ مترمکعب در ساعت
- دو دستگاه موتور بیوگازسوز به ظرفیت کل ۶۶۰ کیلووات ساعت ساخت شرکت مان آلمان
- دو دستگاه ژنراتور به ظرفیت کل ۶۶۰ کیلووات ساخت شرکت استانفورد انگلیس
- تجهیزات سوزاندن گازهای اضافی به ظرفیت ۶۰۰ مترمکعب در ساعت ساخت شرکت وندوریل هلند
- سامانه اتصال نیروگاه به شبکه برق ۲۰ کیلوولت به همراه کلیه تجهیزات حفاظتی و اندازه گیری
- سایت اصلی پروژه به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع و ساختمان نیروگاه به سطح ۱۱۰ مترمربع

- مزایای زیست محیطی پروژه :

بازیافت گاز مرکز دفن و تبدیل آن به انرژی علاوه بر آنکه به طور مستقیم از انتشار آلاینده ها جلوگیری می کند، به طور غیرمستقیم نیز موجب کاهش انتشار آلاینده ها می شود، چون در این روش جایگزین نفت و زغال سنگ شده و از انتشار شماری از آلاینده ها مثل دی اکسید کربن، گازهای گوگردی (یکی از عوامل عمده باران اسیدی) می کاهد.

همچنین بازیافت انرژی موجود در گاز مرکز دفن این مزیت را دارد که به طور قابل توجهی می تواند خطر تغییرات آب و هوا را کاهش دهد. چراکه این گاز بزرگترین منبع انتشار گاز متان ناشی از فعالیتهای انسان است و برآورد می شود هر تن گاز متان منتشر شده در هوا به اندازه ۲۱ تن دی اکسید کربن در طول یک دوره زمانی ۱۰۰ ساله، بر گرمایش آب و هوای جهانی اثر می گذارد؛ افزون بر این، متان حدود ۲۴ مرتبه سریعتر از دی اکسیدکربن دوره تناوب و تغییرات خود را در هوا طی می کند و این بدین معنی است که توقف تولید و انتشار متان می تواند روند کاهش تغییر آب و هوای جهانی را سریعتر کند.



شکل ۶- پهنه های تعیین شده جهت استحصال گاز مرکز دفن

## مراجع:

- ۱- پیرهادی، نجمه، مدیریت پسماند با استفاده از اعتبارات جهانی در قالب CDM، سومین همایش مدیریت پسماند، تهران، ۱۳۸۵
- ۲- نودل، توحید، مقدمه ای بر مکانیسم توسعه پاک و فرصتهای موجود در صنعت پتروشیمی کشور، همایش توسعه صنعت پتروشیمی، تهران، ۱۳۸۸
- ۳- عبدالله زاده، رضا، شاه علی، عباس علی، گزارش آژانس بین المللی انرژی ۲۰۰۶، جلد یک، سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، ۱۳۸۷
- ۴- مزرعتی، محمد، پیمان کیوتو، پروژه های CDM و صرفه جویی انرژی در صنایع ایران، اولین کنفرانس صرفه جویی در صنعت، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، ۱۳۸۳
- ۵- احدی، محمد صادق، کنوانسیون تغییر آب و هوا، پروتکل کیوتو فرصتها و چالشهای پیش روی کشور، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا ی سازمان حفاظت محیط زیست کشور، ۱۳۸۴
- ۶- عبدالله زاده، رضا، شاه علی، عباس علی، بررسی روشهای استحصال انرژی از پسماند، اولین همایش محیط زیست و انرژی، مشهد دانشگاه علمی و کاربردی، ۱۳۸۷
- ۷- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، بررسی دفن زباله و تولید گاز دفنگاه مشهد، سازمان انرژی های نو ایران (سانا)، ۱۳۸۳
- ۸- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، مطالعات و طراحی سیستم مدیریت و بهره برداری بیوگاز در دفنگاه جدید زباله های شهر مشهد، سازمان انرژی های نو ایران (سانا)، ۱۳۸۷
- ۹- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری مشهد، مبنای طراحی محل دفن زباله و تولید انرژی از گاز دفنگاه، سازمان انرژی های نو ایران (سانا)، ۱۳۸۳

9- International Energy Agency (IEA), CO2 Emission from Fuel Combustion, 2009 Edition.

10- Amir N. Harati, R. J. Jamshidi, A. Abdollahi Nasab, Landfill Gas Extraction Potential from Conventional Landfills-Case study of Kahrizak Landfill (Sardinia - 2007)