

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت معلم  
(خوارزمی)  
دانشکده فنی و مهندسی  
گروه مهندسی عمران - محیط‌زیست

عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد:

بررسی امکان کاهش آلودگی متان تولیدشده در محل دفن زباله شهری بر اساس مکانیزم توسعه پاک در شهر رشت

**(Possibility of Methane emission reduction studies in landfill according to Clean Development Mechanism (CDM) in Rasht)**

اساتید راهنما:

جناب آقای دکتر غلامرضا اسدالله فردی

جناب آقای دکتر ادوین صفری

دانشجو:

فاطمه جقتایی

شماره دانشجویی:

۸۴۱۳۵۸۲۵۰۱

اسفند ۱۳۸۶

۱۳۸۷ / ۳ / ۱۱

گروه مهندسی عمران  
دانشکده فنی و مهندسی  
دانشگاه تربیت معلم  
خوارزمی

۹۳۸۸۸

عنوان:

بررسی امکان کاهش آلودگی متان تولیدشده در محل دفن زباله شهری بر

اساس مکانیزم توسعه پاک، در شهر رشت

## چکیده

با توسعه و افزایش رفاه در شهرها نیاز انسان به مواد مصرفی و در نتیجه تولید مواد زائد که خود از عوامل آلودگی محیطزیست بشمار می‌آید روزبه‌روز بیشتر می‌شود. یکی از روش‌ها برای دفع مواد زائد جامد دفن بهداشتی زباله می‌باشد. در محل‌های دفن زباله در نتیجه تجزیه بیولوژیکی مواد آلی موجود در زباله‌ها، انواع گازهایی تولید می‌گردند که قسمت اعظم این گازها را متان و دی‌اکسیدکربن تشکیل می‌دهند. این گازها باعث ایجاد اثرات گلخانه‌ای، از جمله منابع آلوده‌کننده محیطزیست بشمار می‌روند. لذا انجام مطالعات دقیق در جهت شناخت هر چه بیشتر میزان انتشار این گازها از مراکز دفن زباله و اثرات ناشی از آنها در جهت ایجاد راهکارهای مفید برای کنترل و مدیریت صحیح آنها لازم و ضروری می‌باشد. در این تحقیق انتخاب گزینه‌ای مناسب در جهت کاهش گاز متان در محل دفن زباله شهر رشت واقع در منطقه سراوان، در ۲۰ کیلومتری جنوب شهر رشت مدنظر قرار گرفته است. با کنترل و کاهش گاز متان علاوه بر کاهش انتشار آلودگی گلخانه‌ای و قرارگیری در راستای توسعه پایدار در کشور، شرایط استفاده از مکانیزم توسعه پاک که با هدف کمک به کشورهای در حال توسعه در پروتوکل کیوتو مطرح شده فراهم می‌گردد. به این ترتیب بخشی از هزینه مدیریت مواد زائد با سود اقتصادی حاصل از این مکانیزم تأمین خواهد گردید.

در راستای رسیدن به این اهداف، تخمین میزان و روند تولید گاز در این محل دفن با استفاده از نرم‌افزار LandGEM انجام و پتانسیل تولید انرژی برای گاز متان برآورد گردیده است. سپس دو گزینه (سوزاندن گاز متان) و (استفاده از متان بعنوان منبع انرژی)، به لحاظ میزان کاهش آلودگی و بهره اقتصادی حاصل از مکانیزم توسعه پاک با یکدیگر مقایسه و مناسب‌ترین گزینه برای کاهش انتشار متان حاصل از این محل دفن انتخاب گردیده است. نتیجه حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده این است که با وجود نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای

تولید انرژی از گاز حاصل از محل دفن زباله، میزان کاهش آلودگی در این گزینه تفاوت چندانی با میزان کاهش آلودگی در روش سوزاندن متان ندارد. بعلاوه بخش قابل توجهی از هزینه سرمایه‌گذاری لازم در روش سوزاندن متان با مبلغی که به ازای این کاهش آلودگی و به واسطه مکانیزم توسعه پاک از بانک جهانی دریافت می‌گردد جبران می‌شود. محاسبات نشان می‌دهد که این گزینه نسبت به گزینه تولید انرژی دارای ارجحیت می‌باشد.

کلمات کلیدی: مکانیزم توسعه پاک، متان، دفن بهداشتی، مواد زائد، LandGEM

شماره صفحه	فهرست مطالب
۱	فصل اول-مقدمه
۲	۱-۱- ضرورت انجام مطالعات بر روی مراکز دفن زباله شهری
۲	۲-۱- هدف از انجام مطالعه
۳	۳-۱- ساختار پایان نامه
۵	فصل دوم- ادبیات موضوع و سابقه طرح
۶	۱-۲- روش‌های مختلف دفع مواد زائد
۸	۲-۲- دفن بهداشتی زباله
۸	۱-۲-۲- اجزاء تشکیل دهنده محل دفن بهداشتی زباله
۱۰	۲-۲-۲- انتخاب محل دفن
۱۲	۳-۲-۲- آماده‌سازی محل دفن
۱۳	۳-۲- ترکیب عمومی و روش دفع مواد زائد شهری در ایران
۱۴	۴-۲- تولید گاز در محل دفن زباله
۱۶	۵-۲- مکانیزم توسعه پاک
۱۸	۶-۲- فرآیند تولید گاز در محل‌های دفن زباله
۱۸	۱-۶-۲- مراحل و سینتیک تجزیه مواد آلی در محل دفن
۲۰	۲-۶-۲- گروه‌های باکتریایی مؤثر بر اکوسیستم تولید متان
۲۴	۳-۶-۲- عوامل محیطی مؤثر بر پروسه تولید گاز در محل دفن زباله
۲۷	۴-۶-۲- روند تغییرات ترکیب گاز مدفن در مراحل مختلف تجزیه زباله
۲۸	۷-۲- جمع‌بندی
۳۰	فصل سوم- مواد و روش‌ها
۳۰	۱-۳- معادلات حاکم بر تولید گاز در محل‌های دفن زباله

۳۹	۲-۳- نرم افزارهای تخمین میزان گاز تولیدی در محل دفن زباله
۳۹	۱-۲-۳- نرم افزار LandGEM
۴۰	۱-۱-۲-۳- فرضیات نرم افزار LandGEM
۴۱	۲-۱-۲-۳- قسمت های مختلف تشکیل دهنده نرم افزار LandGEM
۴۲	۳-۱-۲-۳- تغییرات ایجاد شده در نسخ جدید نرم افزار LandGEM
۴۳	۴-۱-۲-۳- تهیه مشخصه های محل دفن زباله
۴۴	۵-۱-۲-۳- پارامترهای مورد استفاده در نرم افزار LandGEM
۴۷	۶-۱-۲-۳- انتخاب گازها/آلاینده ها
۴۹	۷-۱-۲-۳- نتایج حاصل از اجرای نرم افزار LandGEM
۵۲	۲-۲-۳- نرم افزار Gassim
۵۲	۱-۲-۲-۳- بخش های اصلی نرم افزار Gassim
۵۴	۲-۲-۲-۳- قسمت های مختلف تشکیل دهنده نرم افزار Gassim
۵۶	۳-۲-۲-۳- تهیه مشخصه های محل دفن زباله
۵۹	۴-۲-۲-۳- فرضیات نرم افزار Gassim
۶۰	۵-۲-۲-۳- تغییرات ایجاد شده در نسخه جدید نرم افزار Gassim
۶۱	۶-۲-۲-۳- نتایج حاصل از اجرای نرم افزار Gassim
۶۴	۳-۳- تعیین نرم افزار مناسب جهت تخمین آلودگی ناشی از محل دفن زباله
۶۹	۴-۳- مطالعه موردی
۷۲	۵-۳- تخمین میزان گاز ناشی از محل دفن زباله شهر رشت
۷۳	۱-۵-۳- تخمین جمعیت در دوره طرح
۷۵	۲-۵-۳- تخمین میزان زباله ورودی به محل دفن

شماره صفحه	فهرست مطالب
۷۶	۳-۵-۳- تعیین پتانسیل و ثابت تولید متان
۷۸	۳-۵-۴- تخمین میزان گاز ناشی از محل دفن زباله توسط نرم افزار LandGEM
۷۹	۳-۶-۶- کنترل گاز ناشی از محل دفن زباله
۷۹	۳-۶-۱- سیستم جمع آوری گاز
۸۰	۳-۶-۲- گزینه‌های موجود برای استفاده از گاز جمع آوری شده در محل دفن زباله
۸۰	۳-۶-۲-۱- سوزاندن گاز ناشی از محل دفن زباله
۸۱	۳-۶-۲-۲- تولید انرژی از گاز محل دفن زباله
۸۲	۳-۷-۷- معادلات تخمین میزان کاهش آلودگی ناشی از محل دفن زباله
۸۲	۳-۷-۱- تخمین میزان کاهش آلودگی در روش سوزاندن
۸۳	۳-۷-۲- تخمین میزان کاهش آلودگی در روش تولید انرژی
۸۷	۳-۸- تخمین میزان سرمایه‌گذاری مورد نیاز و درآمد حاصل در دو روش سوزاندن متان و تولید انرژی
۸۷	۳-۹- جمع‌بندی
۸۸	فصل چهارم- تحلیل نتایج
۸۸	۴-۱- بررسی نتایج حاصل از تخمین میزان گاز ناشی از محل دفن زباله
	۴-۲- بررسی و مقایسه نتایج حاصل از تخمین میزان کاهش آلودگی در استفاده از دو روش سوزاندن متان و تولید انرژی
۹۵	انرژی
۱۰۱	۴-۳- تخمین میزان سرمایه لازم برای کاهش گاز متان در محل دفن زباله
۱۰۲	۴-۴- تخمین میزان درآمد حاصل از کاهش متان در محل دفن زباله
۱۰۴	فصل پنجم- جمع‌بندی و پیشنهادات
۱۰۵	۵-۱- پیشنهادات
۱۰۷	مآخذ



شماره صفحه

۱۰۹

فهرست مطالب

پیوست

شماره صفحه	فهرست شکل ها
۹	شکل (۱-۲) - اجزاء تشکیل دهنده محل دفن بهداشتی زباله
۱۸	شکل (۲-۲) - گازهای ناشی از تجزیه مواد زاید در محل دفن زباله
۱۹	شکل (۳-۲) - مراحل تجزیه مواد زائد در محل دفن زباله
۲۱	شکل (۴-۲) - مواد غذایی و گروه‌های اصلی باکتریایی در اکوسیستم تولید متان
۲۷	شکل (۵-۲) - روند تغییرات ترکیب گاز مدفن
۴۲	شکل (۱-۳) - ورودی داده‌ها در نرم‌افزار LandGEM
۵۱	شکل (۲-۳) - منحنی‌های تولید ۴ آلاینده ناشی از محل دفن بر حسب سه واحد
۵۵	شکل (۳-۳) - صفحه اصلی نرم‌افزار Gassim
۵۷	شکل (۴-۳) - نقشه توپوگرافی محل دفن زباله
۵۸	شکل (۵-۳) - مشخصات پوشش فوقانی و تحتانی
۵۸	شکل (۶-۳) - مشخصات زباله ورودی به محل دفن
۶۱	شکل (۷-۳) - بخش‌های شبیه‌سازی در نرم‌افزار Gassim
۶۲	شکل (۸-۳) - انتخاب آلاینده مورد نظر جهت رسم نمودار تغییرات آن در طول سال‌های بهره‌برداری از محل دفن
۶۳	شکل (۹-۳) - منحنی تولید کل گاز محل دفن زباله
۶۳	شکل (۱۰-۳) - منحنی تولید متان در محل دفن زباله
۶۹	شکل (۱۱-۳) - موقعیت مکانی شهرستان رشت
۸۹	شکل (۱-۴) - نمودارهای روند تولید گاز در هر سه حالت پارامتر ثابت تولید متان
۹۳	شکل (۲-۴) - مقایسه سرعت تولید گاز در سه حالت پارامتر ثابت تولید متان
۹۷	شکل (۳-۴) - میزان و روند کاهش آلودگی طی سال‌های مختلف در روش سوزاندن متان
۹۹	شکل (۴-۴) - میزان و روند کاهش آلودگی در سال‌های مختلف در روش تولید انرژی

- جدول (۱-۲) - واکنش‌های مهم مربوط به ۴ گروه از باکتری‌های موجود در فرآیند تجزیه بی‌هوازی ۲۴
- جدول (۱-۳) - آلاینده‌های مفروض در نرم‌افزار LandGEM ۴۸
- جدول (۲-۳) - تفاوت‌های اصلی دو نرم‌افزار LandGEM و Gassim ۶۸
- جدول (۳-۳) - آمار جمعیتی شهر رشت در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ ۷۳
- جدول (۴-۳) - جمعیت شهر رشت در سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۷۵ ۷۳
- جدول (۵-۳) - نرخ رشد جمعیت طی سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۸۵ ۷۴
- جدول (۶-۳) - میزان تولید زباله شهری در شهر رشت در سال ۱۳۸۵ ۷۵
- جدول (۷-۳) - مقادیر تقریبی پارامترهای ثابت تولید متان و پتانسیل تولید متان ۷۷
- جدول (۸-۳) - نیمه عمر و ثابت تولید متان برای ترکیبات گوناگون مواد زائد ۷۸
- جدول (۹-۳) - تکنولوژی‌های گوناگون تولید انرژی از گاز حاصل از محل دفن زباله ۸۵
- جدول (۱-۴) - میزان تولید متان در سال‌های اول، میانی و آخر ۹۴
- جدول (۲-۴) - میزان کاهش آلودگی در سال‌های اول، میانی و آخر در روش سوزاندن متان ۹۸
- جدول (۳-۴) - میزان کل کاهش آلودگی در روش بازیافت انرژی ۱۰۰
- جدول (۴-۴) - میزان کاهش آلودگی بر حسب تن در سال (معادل دی‌اکسیدکربن) در هر دو روش ۱۰۰
- جدول (۵-۴) - پتانسیل انرژی موجود در زباله دفن شده ۱۰۱
- جدول (۶-۴) - سرمایه لازم برای استفاده از مشعل در محل دفن زباله (میلیون ریال) ۱۰۲
- جدول (۷-۴) - سرمایه‌گذاری لازم برای بازیافت انرژی در محل دفن زباله (میلیون ریال) ۱۰۲
- جدول (۸-۴) - سود حاصل از فروش کربن بر حسب میلیون ریال ۱۰۳
- جدول (۱-۵) - مقایسه نتایج حاصل از دو روش سوزاندن متان و تبدیل متان به انرژی ۱۰۴

فهرست تصاویر

شماره صفحه

- |    |  |
|----|--|
| ۷۱ | تصویر (۱-۳) - محل دفن زباله شهر زشت - پارک جنگلی سراوان        |
| ۷۱ | تصویر (۲-۳) - تخلیه زباله در محل دفن زباله سراوان              |
| ۷۲ | تصویر (۳-۳) - تلنبار زباله در محل دفن زباله سراوان             |
| ۷۲ | تصویر (۴-۳) - تغذیه دام‌های محلی از زباله‌های موجود در محل دفن |

شماره صفحه

پیوست‌ها

- ۱۱۰ پیوست شماره (۱) - مقادیر جمعیت در سال‌های دوره طرح
- ۱۱۱ پیوست شماره (۲) - میزان زباله ورودی به محل دفن طی سال‌های دوره طرح
- ۱۱۲ پیوست شماره (۳) - مقادیر تولید گاز در محل دفن زباله
- ۱۳۲ پیوست شماره (۴) - میزان کاهش آلودگی در روش سوزاندن
- ۱۴۱ پیوست شماره (۵) - میزان کاهش آلودگی در روش تولید انرژی

## فصل اول

### مقدمه

توسعه شهرها و مراکز صنعتی و عدم توجه به اصول توسعه پایدار در استفاده از صنایع و تکنولوژی‌های جدید، بحران‌های زیست‌محیطی بسیاری را ایجاد نموده که سلامت و آرامش بشر را با مخاطرات جدی مواجه ساخته است. با توجه به افزایش سطح رفاه عمومی، میزان مصرف در جوامع مختلف به صورت تصاعدی در حال افزایش می‌باشد که این مسأله منجر به انباشته شدن مواد زاید در شکل‌ها و انواع مختلف و در احجام بسیار وسیع در نقاط مختلف کره زمین خصوصاً در نزدیکی شهرهای بزرگ گردیده است. با توجه به اصول توسعه پایدار که عبارتست از توسعه بدون تخریب محیط‌زیست، امروزه سعی می‌گردد که با استفاده از قوانین زیست‌محیطی فعالیت‌های صنعتی و روزمره بشر به گونه‌ای تنظیم گردند که تعادل و هماهنگی بین این فعالیت‌ها و توانایی سیستم‌های طبیعی برای محافظت از حیات ایجاد گردد (یغمائیان و خانی، ۱۳۸۱).

بر همین اساس تحقیقات گسترده‌ای در زمینه راه‌های مدیریتی برای محدود کردن و کاهش خطرات ناشی از آلاینده‌ها که سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست را تهدید می‌کند در حال انجام است. تحقیقات صورت گرفته راه‌حل‌های گوناگونی را برای حل مشکلات زیست‌محیطی ارائه می‌دهند که از جمله آنها می‌توان توسعه تکنولوژی‌های حفاظت از محیط‌زیست و افزایش اطلاعات علمی و مهندسی در جهت حمایت از تصمیمات اخذ شده در این زمینه را نام برد. از جمله مواردی که بخصوص در چند سال اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته مراکز دفن زباله شهری می‌باشند. امروزه تحقیقات بسیاری در جهت شناخت هر چه بیشتر مراکز دفن زباله و اثرات آنها بر محیط‌زیست و کنترل آلودگی‌های حاصل از آنها در حال انجام است. در این راستا ضرورت این بررسی‌ها در این فصل مورد بررسی قرار گرفته و اهداف مورد انتظار از این مطالعه ارائه شده‌اند.

## ۱-۱- ضرورت انجام مطالعات بر روی مراکز دفن زباله شهری

مراکز دفن بهداشتی زباله با محصورکردن زباله باعث زیبایی و پاکیزگی محیطزیست گردیده و سلامت و بهداشت را برای محیط و افراد جامعه فراهم می‌آورند اما از سوی دیگر به علت ایجاد دو فرآورده جانبی گاز و شیرابه منجر به اثرات سوء بالقوه‌ای نیز خواهند شد.

شیرابه عبارت است از عصاره حاصل از عبور آب‌های عمدتاً جوی از میان توده زباله که حاوی آلاینده‌های بسیار زیادی می‌باشد. گاز محل دفن نیز در نتیجه تجزیه و فساد بیوشیمیایی ضایعات و مواد غذایی فسادپذیر در محل دفن زباله ایجاد می‌گردد. این گاز عمدتاً شامل متان و مقدار کمتری دی‌اکسیدکربن و اسیدهای آلی فرار می‌باشد (غضبان، ۱۳۸۵). از جمله اثرات گازهای ناشی از محل دفن زباله می‌توان به اثرات گلخانه‌ای گازهای متان و دی‌اکسیدکربن و ایجاد پدیده گرمایش جهانی، خفگی ناشی از گاز دی‌اکسیدکربن و انفجارپذیری گاز متان اشاره نمود. با توجه به موارد فوق مراکز دفن زباله از جمله منابع آلوده‌کننده محیطزیست بشمار می‌آیند که می‌توانند سلامت انسان‌ها و محیطزیست را مورد تهدید قرار دهند. لذا انجام مطالعات دقیق در جهت شناخت هر چه بیشتر مراکز دفن زباله و اثرات ناشی از آنها در جهت اتخاذ راهکارهای مفید برای کنترل آلودگی‌های ناشی از آنها لازم و ضروری می‌باشد.

## ۱-۲- هدف از انجام مطالعه

عمده‌ترین گاز ناشی از محل‌های دفن زباله گاز متان می‌باشد. اثر این گاز بر اتمسفر جهانی، محیطزیست محلی و تهدید سلامت انسان‌ها حدوداً ۲۱ برابر گاز دی‌اکسیدکربن می‌باشد. با توجه به پتانسیل بالای این گاز برای تولید انرژی، در کنترل و مدیریت صحیح این گاز در محل‌های دفن زباله دو گزینه می‌توانند مورد توجه قرار بگیرند:

۱- سوزاندن گاز متان<sup>۱</sup> و تبدیل آن به دی‌اکسیدکربن

۲- استفاده از گاز متان بعنوان منبع انرژی<sup>۲</sup>

<sup>1</sup> Flare

<sup>2</sup> Energy recovery

هدف از این تحقیق، معرفی دو روش سوزاندن گاز متان و بازیافت انرژی از این گاز در جهت کاهش متان حاصل از محل دفن زباله و مقایسه این دو روش به لحاظ اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی می‌باشد. کاربرد این دو راهکار در محل دفن زباله شهر رشت واقع در منطقه سراوان مورد بررسی قرار گرفته و مناسب‌ترین روش انتخاب می‌گردد. در راستای تأمین این هدف موارد زیر مدنظر قرار گرفته‌اند:

الف- تخمین میزان گاز ناشی از محل دفن زباله و بررسی روند تولید گاز با استفاده از یک نرم‌افزار مناسب

ب- برآورد پتانسیل تولید انرژی در صورت استفاده از گاز متان بعنوان منبع انرژی

ج- بررسی تکنولوژی‌های موجود برای تولید انرژی و انتخاب یک تکنولوژی مناسب برای مدفن مورد نظر

د- بررسی و مقایسه دو گزینه ذکر شده برای کاهش متان با توجه به موارد فوق و انتخاب مناسب‌ترین گزینه برای محل دفن زباله رشت

### ۳-۱- ساختار پایان‌نامه

در مطالعه حاضر، ابتدا خلاصه‌ای در مورد روش دفن بهداشتی زباله، روش‌های دفع مواد زائد، اجزای تشکیل دهنده محل دفن بهداشتی و عوامل مهم در انتخاب محل مناسب برای دفن مواد زائد جامد ارائه گردیده است. سپس ترکیب عمومی و روش دفع مواد زائد در کشور ایران به اختصار شرح داده شده است. در ادامه با معرفی پدیده تولید گاز در محل دفن زباله بعنوان یکی از اثرات ناشی از دفن بهداشتی، فرآیند تولید آن مورد بررسی قرار گرفته است. در این قسمت ضمن معرفی گروه‌های باکتریایی مؤثر بر اکوسیستم تولید گاز در محل دفن، تأثیر عوامل مختلفی چون پروسه‌های تجزیه میکروبی و عوامل بیجان به ترتیب بر ترکیب گاز و پروسه تولید گاز در محل دفن شرح داده شده است. سپس معادلات گوناگون حاکم بر تولید گاز در محل دفن زباله و نرم‌افزارهای ایجاد شده بر پایه این معادلات معرفی و شرح داده شده‌اند. در بخش بعد با توجه به خصوصیات شرح داده شده برای هر یک از این نرم‌افزارها و با در نظر گرفتن شرایط موجود برای محل‌های دفن زباله در ایران یک نرم‌افزار مناسب برای استفاده در مراکز دفن زباله در این کشور انتخاب گردیده است. در قسمت‌های بعدی ضمن معرفی شهر رشت محل دفن زباله این شهر، شرایط و میزان زباله ورودی و سایر اطلاعات موجود در رابطه با این محل دفن مورد بررسی قرار گرفته و میزان کاهش آلودگی در این محل دفن زباله هنگام به کارگیری دو روش سوزاندن و بازیافت انرژی ارائه شده است. در انتها نیز ضمن



مقایسه نتایج حاصل از دو روش مذکور، مناسب‌ترین روش برای کاهش آلودگی گاز متان حاصل از این محل دفن زباله انتخاب گردیده است.

به طور خلاصه فصل‌های تشکیل‌دهنده پایان‌نامه حاضر به شرح زیر می‌باشد:

فصل اول- مقدمه

فصل دوم- ادبیات موضوع و سابقه طرح

فصل سوم- مواد و روش‌ها

فصل چهارم- تحلیل نتایج

فصل پنجم- جمع‌بندی و پیشنهادات

## فصل دوم

### ادبیات موضوع و سابقه طرح

ساده‌ترین راه برای دفع مواد زاید جامد، تخلیه و تلبار آن روی زمین و یا تخلیه در گودال‌ها بوده است. با افزایش نقاط شهری، تلبار زباله با اعتراضات و ناراضی‌هایی از طرف مردم مواجه گردید، ناچاراً زمین‌هایی در فواصل دور از شهر برای دفع زباله در نظر گرفته شد. در دهه ۱۹۳۰ چندین شهر در آمریکا با استفاده از ادوات و ابزار سنگین، مواد دفن شده را متراکم کردند. در این روش ضمن اینکه در زمین مورد نیاز صرفه‌جویی به عمل آمد، عمل دفن نیز به روش بهداشتی انجام می‌شد (عبدلی، ۱۳۷۲). دفن بهداشتی مؤثر در وهله اول موازنه‌ای است میان محصور کردن زباله، و مهار دو فرآورده جانبی اصلی حاصل از فساد زباله یعنی: ۱- شیرابه و ۲- گاز محل دفن زباله که عمدتاً گاز بودار و بسیار انفجارآمیز متان می‌باشد که در محل دفن زباله تجمع یافته، و بوسیله فرآیندهای فساد در زباله تولید می‌شود (هرمزی، ۱۳۸۰). با توجه به اثرات سوء ناشی از گازهای محل دفن زباله مسأله کنترل این گازها در اماکن دفن یکی از اقدامات اساسی در جهت کاهش آلودگی محیط‌زیست و تأمین سلامت انسان‌ها بشمار می‌رود. بسیاری از آژانس‌های حفاظت محیط‌زیست در دنیا سیاست‌ها و قوانین گوناگونی را برای کاهش آلودگی ناشی از این گازها به کار می‌برند. در سال ۱۹۹۸ Milich از دانشگاه آریزونا در یک پروسه تحقیقاتی ضمن معرفی منابع گوناگون تولید گاز متان و بررسی آنها، منابعی که به کارگیری روشی برای کاهش متان در آنها لازم و ضروری باشد معرفی و اثر متان را در بالا رفتن دمای کره زمین بیان کرد (Milich, 1998). در سال ۱۹۹۹ نیز تعدادی از محققین موسسه مطالعات زمین و گروه مهندسی عمران و محیط‌زیست در آمریکا تحقیقاتی در جهت کاهش متان حاصل از محل دفن زباله به انجام رساندند. در این تحقیق علاوه بر ارائه دو روش برای اندازه‌گیری مستقیم گاز متان در محل دفن، روش بازیافت انرژی برای کاهش متان ناشی از محل دفن پیشنهاد گردید (Mosher et al, 1999). در سال ۲۰۰۵، Scharff and

Jacobs, ۶ مدل گوناگون را برای اندازه‌گیری میزان متان حاصل از محل دفن زباله در سه محل دفن زباله در هلند مورد آزمایش قرار داده و نتایج حاصل را با مقادیر اندازه‌گیری مستقیم متان در محل دفن مقایسه کردند. نتایج حاصل نشان دهنده تفاوت زیاد ارقام در دو حالت بود که بر اساس آن نحوه کالیبراسیون مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفته و اصلاح گردید (Scharff and Jacobs, 2005). در سال ۲۰۰۶ نیز مطالعاتی توسط Talyan در مرکز مطالعات انرژی در موسسه تکنولوژی دهلی صورت گرفت که از روش مدل‌سازی دینامیکی برای تخمین متان حاصل از مواد زائد جامد شهری استفاده گردید. آن‌ها با استفاده از آنالیزهای گوناگون پیش‌بینی‌هایی برای چگونگی مدیریت مواد زائد جامد شهری ارائه دادند که نتایج حاصل نشان دهنده کاهش میزان متان حاصل از محل دفن در صورت استفاده از یک مدیریت صحیح در طی سال‌های آتی می‌باشد (Talyan et al, 2006). در این فصل ضمن معرفی روش دفن بهداشتی زباله بعنوان یکی از روش‌های مدیریت مواد زائد جامد عوامل مورد نیاز در بکارگیری این روش معرفی خواهند گردید.

## ۲-۱- روش‌های مختلف دفع مواد زائد

روش‌های مختلفی برای دفع مواد زائد وجود دارند که انتخاب هر یک از این روش‌ها بستگی به محدودیت‌ها و قابلیت‌های منطقه مورد نظر دارد. روش‌های مختلف موجود برای دفع زباله عبارتند از (حلم‌سرشت و دل‌پیشه، ۱۳۷۱):

- ریختن زباله در یک محل کنترل‌شده:

محل‌ها را مانند یک دره دور افتاده انتخاب و زباله‌های صنعتی و شهری را در آنجا می‌ریزند.

- ریختن زباله در آب دریا و رودخانه:

این روش با توجه به آلوده نمودن آب و استفاده‌هایی که از آب دریا و رودخانه بمنظور شنا، قایقرانی و تفریحات دیگر به عمل می‌آید، مشکلات بهداشتی عظیمی را سبب می‌گردد.

- آسیا کردن و ریختن به داخل فاضلاب:

در استفاده از این روش احتیاج به تسهیلات اضافی برای تشکیلات تصفیه فاضلاب از جمله داشتن ظرفیت اضافی و کافی مطرح است و در ضمن به میزان ذرات معلق و لجن فاضلاب افزوده خواهد شد بدین دلیل استفاده از این روش در برخی از کشورها ممنوع اعلام گردیده است.

- کمپوست:

تبدیل زباله به کود در سال‌های اخیر توسعه زیادی پیدا نموده و سیستم‌های مختلفی برای این کار بوجود آمده است. در این روش پس از جدا نمودن مواد غیر قابل تبدیل به کود از قبیل قوطی حلبی، شیشه، قطعات فلزی، البسه کهنه و غیره، بقیه زباله را در صورت لزوم خرد کرده و بصورت توده‌هایی در هوای آزاد انباشته می‌کنند. با زیرو رو کردن مرتب و مداوم زباله‌ها، بمنظور عمل هوادهی بهتر، پس از یک الی دو ماه عملیات تخمیر زباله پایان یافته و کود حاصله قابل استفاده می‌گردد.

- احیا و بازیابی زباله:

در روش بازیافت زباله معمولاً برحسب شرایط محلی و احتیاجات، قسمت‌های مختلف زباله را از یکدیگر جدا نموده و بفروش می‌رسانند. مثلاً کاغذ تمیز به مصرف تهیه مقوا می‌رسد همچنین البسه مندرس، شیشه‌ها، بطری‌ها، فلزات و پس‌مانده‌های غذایی هر یک موادی از زباله هستند که می‌توانند به مصارف مختلف برسند. بدلیل مخارج اولیه زیاد، مخارج نگهداری مواد، بوی تعفن و نیز کمبود بازار فروش محصولات تهیه شده، این روش مورد استقبال زیادی قرار نگرفته است مگر در مواردی که احیا و بازیافت مواد مختلف زباله به منظور طرح خاصی در جامعه ضرورت داشته باشد.

- سوزاندن در دستگاه‌های زباله‌سوز:

فرآیند سوزاندن زباله، با تخریب ترکیبات آلی زباله، زباله‌های خطرناک را سم‌زدایی کرده و حجم زباله‌های باقیمانده را کاهش می‌دهد. با توسعه شهرها و رشد جمعیت، مسأله دفع زباله از نظر اقتصادی و بهداشتی روز به روز غامض‌تر می‌گردد. کودسازی به طریق کمپوست نیز فقط با کاربرد بخشی از مواد فسادپذیر زباله امکان‌پذیر بوده و بقیه اجزاء زباله بایستی بنحوی دفع شوند. آنچه مسلم است تخصص ویژه جهت تهیه کمپوست بطریق سنتی از طرفی و سرمایه‌گذاری گزاف جهت تأسیس کارخانه کمپوست به طریق صنعتی از طرف دیگر در حیطه قدرت هر محل و منطقه‌ای نیست بدلائل فوق استفاده از دستگاه‌های زباله‌سوز با استقبال زیادی مواجه گردیده و در اکثر کشورها گرایشی نسبت به این دستگاه‌ها بوجود آمده است.

- سوزاندن در هوای آزاد:

سوزاندن زباله در هوای آزاد بعلت وجود مواد مختلف قابل احتراق در ترکیبات آن بویژه مواد پلاستیکی که متأسفانه امروزه بمیزان فراوانی در زباله‌ها وجود دارند تولید گازهای سمی کرده و موجب آلودگی شدید هوا می‌گردند. این