

## بررسی بهسازی دفن‌گاه زباله شهر رشت و مدیریت شیرابه آن در راستای کاهش آلودگی تالاب انزلی

احمد حاجی‌نژاد<sup>\*</sup>، عماد ضیائی حلیمه‌جانی<sup>۲</sup>

۱. استادیار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۳/۲۸)

### چکیده

تالاب انزلی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی شمال ایران به‌شمار می‌رود که اهمیت بسیار زیادی از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی دارد. روند نابودی تالاب انزلی از مهم‌ترین دغدغه‌های پژوهشگران محیط زیست به‌شمار می‌رود. یکی از عوامل آلوده‌سازی تالاب انزلی، آلودگی رودخانه‌های ورودی به آن است. با بررسی دفن‌گاه زباله شهر رشت، به چگونگی مدیریت شیرابه‌های زباله در این دفن‌گاه پرداخته شده است. شیرابه‌های ناشی از دفن‌گاه از عوامل آلوده‌سازی تالاب انزلی به‌شمار می‌رود. همچنین مقدار متان تولیدی در دفن‌گاه جدید با بهسازی دفن‌گاه کنونی، بررسی شده است. با ایجاد دفن‌گاه جدید، دبی خروجی شیرابه از دفن‌گاه از ۱/۵ درصد به ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که در این صورت از آلودگی آب‌های زیرزمینی جلوگیری خواهد شد. با توجه به بارندگی زیاد در شهر رشت، دبی شیرابه به ۱۲۰ متر مکعب در روز خواهد رسید. با ایجاد تأسیسات جمع‌آوری متان در دفن‌گاه می‌توان از متان تولیدی نیز برای تولید انرژی استفاده کرد که این مقدار در سال ۲۰۱۵ بیش از  $10^6$  متر مکعب در سال است. با فرض ثابت بودن مقدار پسماند ورودی به دفن‌گاه تا سال ۲۰۵۰ متان تولیدی به  $10^6 \times 1/4$  می‌رسد. مقدار شیرابه تولیدی در دفن‌گاه ۱۲۰ متر مکعب در روز و مقدار پساب تولیدی در هاضم بی‌هوازی ۲۱۰۰۰۰ متر مکعب در روز خواهد شد. می‌توان با تأسیس واحد تصفیه از ورود مقادیر یادشده به آب‌های سطحی و زیرزمینی جلوگیری کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تالاب انزلی، دفن‌گاه سراوان، شهر رشت، شیرابه، گاز متان.

## مقدمه

امروزه آلودگی ناشی از دفن غیراصولی پسماندهای شهری از معضلات اساسی مؤثر بر آلودگی محیط زیست است. این معضل در مناطق شمالی ایران از اهمیت بیشتری برخوردار است. در شمال ایران به دلیل تراکم زیاد جمعیت و همچنین مسافرپذیر بودن، تولید زباله بسیار زیاد می‌شود. این پسماندها رطوبت بیشتری نسبت به پسماندهای تولیدشده در دیگر مناطق دارند [۱]. نفوذ شیرابه‌های ناشی از دفن غیراصولی زباله تأثیرات جبران‌ناپذیری در آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی، خاک، محیط زیست اطراف و همچنین آب‌های سطحی می‌گذارد. شیرابه‌ها در مناطق ساحلی دریای خزر به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و همچنین تعداد زیاد رودخانه‌ها و سرازیر شدن شیرابه به رودخانه‌ها از عوامل اصلی آلوده‌کننده آب‌های سطحی و زیرزمینی شمال کشور است [۲].

تالاب انزلی یکی از مناطق مهم زیست‌محیطی استان گیلان است. این تالاب اهمیت زیادی در اکوسیستم جنگلی، جانوری و زیست‌محیطی دارد. این تالاب به دلیل ثبت بین‌المللی، در فهرست مونترآل قرار گرفته است [۸]. قرار گرفتن در این فهرست به معنای این است که تالاب در حال خشک شدن است و به مراقبت نیاز دارد. از عوامل مؤثر در آلودگی تالاب انزلی ورود آلودگی از طریق رودخانه پیربازار است. این رود از دو رود زرجوب و گوهررود که از شهر رشت عبور می‌کنند تشکیل شده است. این دو رود از آلوده‌ترین رودخانه‌های کشورند. شیرابه‌های دفن‌گاه زباله‌های شهر رشت و شهرهای اطراف که در منطقه سرراوان دفن می‌شوند از طریق رودخانه سیاهرود و سپس زرجوب و پیربازار وارد تالاب انزلی می‌شوند. دفن‌گاه زباله شهر رشت در منطقه سرراوان به صورت کاملاً غیراصولی طراحی شده و تأثیرات نامطلوب فراوانی بر محیط زیست اطراف می‌گذارد.

در این مقاله با بررسی مقدار پسماند دفن‌شده در سرراوان به اهمیت آلوده‌سازی این دفن‌گاه بر تالاب انزلی پرداخته شده و تأثیرات بهسازی این دفن‌گاه و همچنین اهمیت از بین رفتن این دفن‌گاه بررسی شده است. مقدار متان تولیدی در صورت طراحی مهندسی دفن‌گاه و نیز ضرورت احداث تصفیه‌خانه برای شیرابه‌های دفن‌گاه با در نظر گرفتن مدیریت شیرابه نیز لحاظ شده است.

## تالاب انزلی

تالاب انزلی از نوع تالاب‌های ساحلی<sup>۱</sup> است و از راه یک کانال کشتیرانی که با دو موج‌شکن واقع در تأسیسات بندرگاه انزلی حمایت می‌شود به دریای خزر متصل است. مساحت حوضه آبریز تالاب در حدود ۳۷۴ هزار هکتار است. تالاب انزلی در سال ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسید. کنوانسیون رامسر ۱۹۷۵ و نیز سازمان بین‌المللی حیات پرندگان این تالاب را زیستگاه بااهمیت برای پرندگان تشخیص داده‌اند. تالاب انزلی جزء تالاب‌های طبیعی و آب شیرین کشور است و ۱۱ رود اصلی و ۳۰ رود فرعی دارد که پس از آبیاری مزارع و شالیزارها به همراه جریان‌های سطحی حوضه آبریز تالاب به آن وارد می‌شوند. حداکثر عمق آب تالاب در بهار و در نواحی غربی تالاب به ۲/۵ متر می‌رسد که به دلیل نوسان‌های سطح آب دریای خزر، این مقدار متغیر است. میانگین عمق تالاب در سال ۱۳۹۳، ۱ متر بود [۹]. این تالاب که در جنوب غربی سواحل دریای خزر واقع شده است. از شرق به روستای پیربازار، از غرب به کپورچال و آبکنار، و از جنوب به صومعه‌سرا و قسمتی از رشت محدود می‌شود. در شکل ۱ نمایی از تالاب انزلی نشان داده شده است [۳].

مشکل مهم تالاب انزلی آلودگی روزافزون آب آن است. بیشتر فاضلاب خانه‌های مسکونی و اغلب کارخانه‌ها و کارگاه‌های صنعتی واقع در اطراف تالاب به درون آن یا به داخل رودخانه‌هایی که به تالاب می‌ریزند سرازیر می‌شوند. بنابر نظر مؤسسه استاندارد در صورتی که مقدار آمونیاک از ۵ درصد بیشتر شده و زباله‌های این ناحیه به داخل مرداب ریخته شود، بی‌تردید با آلوده شدن بیش از پیش آب مرداب که در گذشته بزرگ‌ترین محل زایش و پرورش انواع ماهی فلس‌دار از جمله ماهی سفید به‌شمار می‌رفت باقی‌مانده منابع آبی مرداب هم در معرض خطر انهدام قطعی قرار خواهد گرفت. از دیگر عوامل تهدیدکننده تالاب انزلی، افزایش سطح رسوب‌ها (که سبب کاهش عمق این تالاب شده) و تغییر کاربری زمین‌ها و تبدیل بخشی از «اراضی حاشیه تالاب» به زمین‌های کشاورزی است. در همین حال فاضلاب گوهررود و زرجوب بعد از ریخته‌شدن به رودخانه پیربازار، راهی تالاب انزلی می‌شود و آلودگی آن را تشدید می‌کند.

1. Coastal Wetland



شکل ۱. موقعیت تالاب انزلی در شمال ایران [۳]

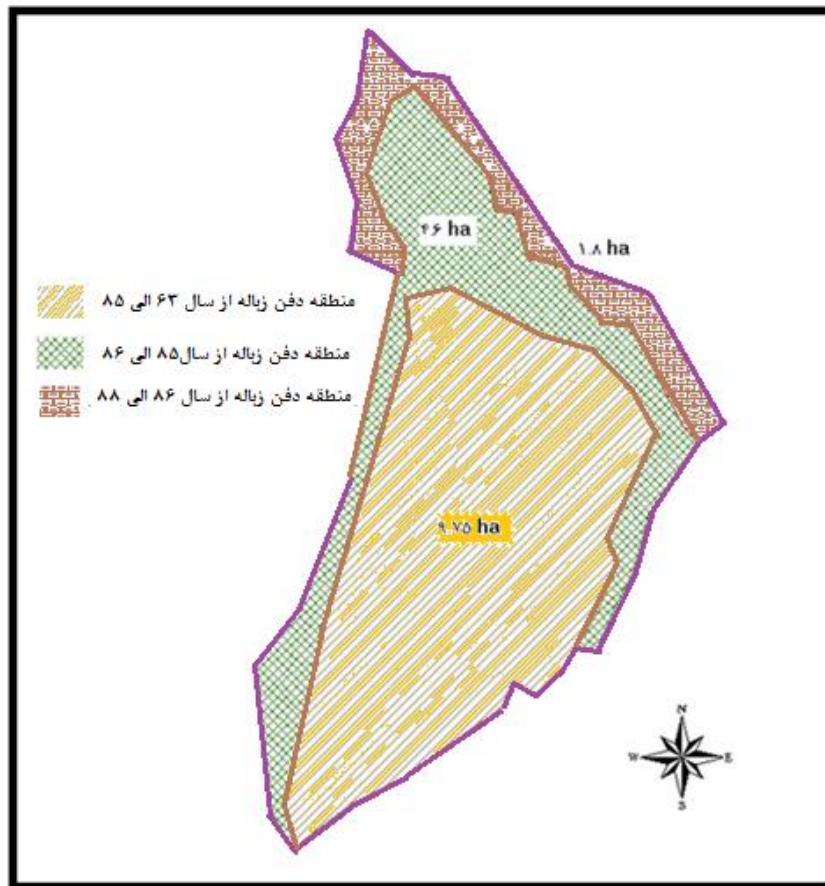
گسترش جنگل سراوان در جنوب شرقی رشت، با جنگل احاطه شده است. این محل دفن را نمی‌توان بهداشتی دانست، زیرا فاقد اکثر معیارها و تجهیزات و تمهیدات دفن بهداشتی است و کمبودهایی شامل خاک پوششی مورد نیاز روزانه، حفاظ پوششی، زهکشی شیرابه، سیستم جمع‌آوری و تصفیه شیرابه و سیستم جمع‌آوری و تصفیه گاز در آن محسوس است.

این محل از امکانات و تجهیزات لازم برای جانمایی و فشرده‌سازی پسماندها بی‌بهره است. همیشه یک طرف محل دفن باز است و به هوای آزاد راه دارد، ولی سطوح بالایی با مقادیر محدود شن و ماسه ورودی به محل دفن پوشانده می‌شود. مقدار کمی از شیرابه تولیدی در لایه‌های خاک زیرسطحی نفوذ می‌کند و احتمالاً وارد سیستم آب‌های زیرزمینی محلی می‌شود. بیشتر شیرابه تولیدی با توجه به شیب طبیعی محل به سمت رودخانه چپلی رودخان که یکی از سرشاخه‌های رودخانه سیاهرود است، جریان پیدا می‌کند [۱۰، ۴].

#### وضعیت محل دفن زباله

محل دفن زباله‌های شهر رشت در سال ۱۳۶۳ به منطقه جنگلی سراوان انتقال یافت. این مکان در ۲۰ کیلومتری جنوب رشت در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی واقع شده است. فاصله این محل تا جاده اصلی قزوین - رشت حدود ۲ کیلومتر است، ارتفاع این محل از سطح دریا ۲۰۰ متر است و روزانه بیش از ۸۵۰ تن زبال به‌صورت غیراصولی در آن دفن می‌شود. این مکان ۲۹ سال محل دفن زباله شهرهای رشت، فومن، شفت، صومعه‌سرا، خشکبیجار، کوچصفهان و لشت‌نشا بوده است که سهم شهر رشت بیش از ۶۸۰ تن زباله در روز است. ۹۰ درصد از زباله انتقال‌یافته به مرکز دفن زباله سراوان در شهر رشت تولید می‌شود. شیرابه‌های زباله سراوان از طریق رودخانه‌های زرجوب و پیربازار وارد تالاب انزلی می‌شود [۳].

محل دفن زباله در شکل ۲ نشان داده شده است. این محل تلنبار در یک دره دارای پوشش گیاهی طبیعی قرار دارد و مشابه همه مناطق شمالی ایران به‌علت



شکل ۲. نحوه گسترش محل دفن زباله در سراوان

مسائل زیست محیطی شناخته شده در این محل دفن عبارتند از:

- آلودگی آب های سطحی در اثر انتشار شیرابه؛
- نفوذ شیرابه به لایه های زیرین و احتمال آلودگی آب های زیرزمینی؛
- انتشار گاز در اتمسفر؛
- تغذیه حیوانات بومی از زباله ها؛
- آسیب دیدگی پوشش گیاهی و حیات وحش موجود.

#### آلودگی آب های سطحی

دو رودخانه اصلی به نام های سفیدرود و سیاهرود در محدوده اطراف محل دفن سراوان وجود دارد و شیرابه های ناشی از دفنگاه سراوان مشرف به این دو رودخانه است. شیرابه ها از طریق چپلی رود وارد سیاهرود و از آنجا با گذر از شهر رشت وارد تالاب انزلی می شود. همچنین این رودها پس از عبور از شهر رشت و ادغام در غرب این شهر با نام رود پیربازار وارد تالاب انزلی می شود. به دلیل ورود رود

هم اکنون پسماندهای جامد شهری ورودی به این محل روی نقاط پرشده قبلی تخلیه می شود و به سمت قسمت باز محل دفن در حال پیشروی است. این محل مشرف بر دو جریان آب سطحی مهم و اصلی سفیدرود (از مهم ترین منابع آب در استان گیلان برای مصارف کشاورزی، شهری و نیروگاهی) و سیاهرود است. سفیدرود در نهایت به دریای خزر می ریزد، در حالی که سیاهرود به سمت تالاب انزلی (که دارای اهمیت بین المللی در حفظ اکوسیستم هاست) جریان دارد [۵].

#### تأثیرات محل دفن بر محیط زیست

محل تلنبار زباله سراوان رشت براساس اصول مهندسی این گونه مکان ها طراحی و اجرا نشده و فاقد اجزای لازم محل های دفن بهداشتی مانند لاینر، پوشش روزانه خاک، سیستم جمع آوری کننده گاز و شیرابه و سیستم های تصفیه ای و سایر سیستم های لازم این کار است. مهم ترین

آب های سطحی و زیرزمینی و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌طور مستمر به محیط زیست اطراف آسیب می‌رساند. افزون‌بر این به دلیل عدم کنترل محوطه دفن، چرای دام در این محل سبب ایجاد مخاطرات مستقیم در جوامع مسکونی اطراف می‌شود. حوادث متعدد آتش‌سوزی گذشته از اینکه برای کارگران محل دفن به لحاظ ایمنی خطرناک است، به انتشار مواد سمی در جو منجر می‌شود.

- به دلایل فنی نیز با توجه به ساختار و نحوه عملیات فعلی دفن زباله در محل دفن سراوان، استفاده از گاز محل دفن در حال حاضر امکان‌پذیر نیست. شیب‌های تند و غیرپایدار، نبود پوشش مؤثر نفوذناپذیر فوقانی، حرکت ماشین‌آلات سنگین بر روی بدنه اصلی محل دفن از جمله مسائلی است که باید برای بهره‌برداری از گاز این محل رفع شوند.

بر همین اساس، محل دفن جدید زباله نباید هیچ یک از مشکلات یادشده را داشته باشد و باید به‌صورت بهداشتی شامل سیستم جمع‌آوری و کنترل شیرابه و گاز و پوشش نهایی مناسب احداث شود. برپایه بررسی‌ها و مذاکره با مسئولان و کارشناسان شهرداری رشت محل جدیدی برای احداث محل دفن زباله در دسترس نیست. واضح است که محل دفن موجود زباله از ظرفیت کافی برای تداوم عملیات در درازمدت برخوردار نیست و زمین جدیدی باید برای ادامه عملیات دفن زباله تخصص داده شود. در نتیجه تصمیم گرفته شد که از دو محل دفن زباله متفاوت همراه با سیستم‌های گازسوز جداگانه استفاده شود. محل دفن زباله سراوان از طریق تصحیح شیب و نصب پوشش مناسب ساماندهی خواهد شد. شیرابه تولیدی نیز از طریق لوله های زهکش در پایین شیب محل دفن جمع‌آوری شده و پس از تصفیه در تصفیه‌خانه شیرابه به آب‌های سطحی تخلیه خواهد شد. چاه‌های جمع‌آوری گاز در بدنه محل دفن به‌صورت عمودی حفر شده و به سرلوله‌های جمع‌آوری گاز متصل خواهند شد. محل دفن موجود به سیستم مجزایی برای تولید انرژی مجهز خواهد بود.

محل دفن جدید به‌صورت بهداشتی احداث شده و دارای پوشش کف مرکب رسی - ژئوممبرینی (یا لایه رسی

پیربازار به تالاب انزلی از سمت شرق، بخش شرقی تالاب بسیار آلوده است. این قسمت از تالاب در اثر گسترش نيزارها و آزولا که بیشتر به دلیل ورود آب‌های آلوده است، در حال از دست دادن حیات جانوری خود است. رودخانه‌های گوهررود و زرجوب که باید شریان‌های حیاتی تالاب باشند، هم‌اکنون به شاهراه مرگ تالاب بدل شده‌اند و با شتابی نگران‌کننده، مواد سمی و زباله‌های خطرناک بیمارستانی را به همراه پساب‌ها و فاضلاب‌های شهر رشت به درون این پهنه آبی می‌ریزند [۵].

### آلودگی آب‌های زیرزمینی

آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر نفوذ آلودگی از سطح زمین یا اطراف منبع آن صورت می‌گیرد. آلودگی آب‌های زیرزمینی ممکن است از آب‌هایی که به منطقه وارد می‌شود یا از منابع دوردست باشد؛ اگر آلودگی از منابع دوردست وارد آب شود، تعیین محل آلوده‌کننده بسیار مشکل است. بارش سالیانه باران در استان گیلان بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر است. در اثر بارش شدید باران شیرابه‌های ناشی از تجزیه زباله‌های دفن‌شده به راحتی وارد شبکه‌های زهکشی می‌شوند و از این طریق به سایر محیط‌های آبی و خاکی انتقال می‌یابند و علاوه بر آلودگی این محیط‌ها، سبب آلودگی زیرزمینی می‌شوند [۶]. در منطقه سراوان به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، انتقال آلودگی ناشی از نفوذ شیرابه‌های محل دفن به آب‌های زیرزمینی بسیار زیاد است. نفوذ این شیرابه آلوده، تهدیدی جدی برای آب‌های زیرزمینی و خاک مناطق اطراف لندفیل است. شیرابه زباله حاوی ترکیبات و آلاینده‌های گوناگون از جمله فلزات سنگین است. بهترین مکان‌های دفن مواد زاید برای جلوگیری از نفوذ شیرابه به آب‌های زیرزمینی، مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در چنین مکان‌هایی به دلیل وجود زمین کافی و پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی شرایط دفن به نسبت ایمن است.

### محل دفن جدید

راهکار مناسب برای مدیریت شیرابه در محل کنونی دفن زباله شهر رشت در سراوان به دو دلیل اصلی زیست‌محیطی و فنی، باید راهکاری مناسب در نظر گرفته شود.

- حفاظت از محیط زیست: محل دفن زباله در سراوان از طریق انتشار کنترل‌نشده شیرابه به

بارش به شیرابه ۱/۵ درصد در نظر گرفته شد. در سیستم جدید دفن، ضریب تبدیل بارش به شیرابه در محاسبات ۲۰ درصد منظور شده است که بر این اساس دبی شیرابه در محل دفن جدید در حدود ۱۲۰ متر مکعب در روز تخمین زده می‌شود [۳].

متوسط حداکثر دبی در طول دوره آماری بررسی شده در ایستگاه هیدرومتری بهدان معادل ۳/۷۱ متر مکعب بر ثانیه است. در دو ایستگاه پل سازمان آب و محمودآباد که در مسیر سیاهرود قرار دارد، مقدار دبی به ترتیب به ۹/۵ و ۱۴/۲۵ متر مکعب بر ثانیه رسیده است که نشان می‌دهد با دور شدن از سرچشمه به علت دریافت پساب‌های شهری و صنعتی دبی افزایش می‌یابد. حداقل دبی در مرداد به ۰/۰۵ متر مکعب بر ثانیه می‌رسد.

در ارزیابی فرایندهای تصفیه نباید تنها به مقادیر و کیفیت پساب نهایی اندیشید، بلکه باید تولید مواد زائد و باقی‌مانده را که پتانسیل جدیدی برای آلاینده‌گی دارند در نظر گرفت. یک سیستم تصفیه بیولوژیکی با زمان ماند سلولی طولانی برای شیرابه (هوادهی گسترده و لجن فعال) لازم است. متعادل‌سازی جریان، کاری سودمند در تصفیه شیرابه است. در بلندمدت ترکیب شیرابه متفاوت بوده و حجم شیرابه نیز در کوتاه‌مدت با توجه به میزان نفوذ متغیر است و به همین دلیل بهترین راه تصفیه شیرابه باید به صورت سیستم انعطاف‌پذیر طراحی و راهبری شود.

شیرابه تولیدی در لندفیل طراحی شده به صورتی است که با تعبیه شیب مناسب در کف لندفیل و استفاده از لایه‌های نفوذپذیر، رطوبت و شیرابه را از خود عبور می‌دهد و به لوله‌های زهکش می‌رساند. خصوصیات شیرابه در محل دفن سراوان در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات شیرابه در محل دفن سراوان و قابلیت تجزیه بیولوژیکی شیرابه [۳]

آلاینده	مقدار (میلی‌گرم بر لیتر)
COD	۷۰۰۰ تا ۹۰۰۰
BOD	۲۴۰۰ تا ۳۸۰۰
BOD/COD	قابلیت تجزیه
< ۰/۵	کم
۰/۵ - ۰/۷	متوسط
> ۰/۷۵	بالا

ژئوسنتتیک GCL در صورت لزوم، تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه شیرابه، چاه‌های عمودی جمع‌آوری گاز و پوشش مناسب خواهد بود.

شیب‌های جانبی محل دفن جدید ۳:۱ بوده و این محل دارای سیستم زهکشی آب‌های سطحی نیز خواهد بود [۱۱].

از جمله راهکارهای ساماندهی محل دفن زباله، مدیریت شیرابه تولیدی در آن است. تولید شیرابه اجتناب‌ناپذیر است و باید شیرابه تولیدی را به تصفیه‌خانه شیرابه منتقل کرد.

#### مدیریت شیرابه دفن‌گاه زباله

یکی از روش‌های تخمین مقدار شیرابه تولیدی، اختصاص درصدی از بارش‌های جوی به محل دفن زباله است. روش دیگر محاسبه مقدار شیرابه تولیدی، استفاده از فرایندهای تبخیر و بیوشیمیایی است که موجب خروج آب از روند تولید شیرابه می‌شود [۷، ۱۲]. برای محل دفن زباله کنونی، ضریب تبدیل بارش به شیرابه در محاسبات در بخش عمده‌ای از محل دفن ۱/۵ درصد در نظر گرفته شده است [۳].

از آنجا که جای مشخصی برای احداث محل جدید دفن زباله در نظر گرفته نشده است، ویژگی‌های هندسی محل دفن کنونی براساس شرایط استاندارد برای محل دفن جدید در نظر گرفته می‌شود [۱۳، ۱۴]. بر این اساس محل دفن با عمق ۴۰ متر و شیب ۳۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

جمع‌آوری و تصفیه شیرابه در محل دفن جدید با بهره‌گیری از سیستم جدید انجام می‌گیرد. برای محل دفن قدیم با در نظر گرفتن پوشش نهایی و همچنین نبود سیستم جمع‌آوری شیرابه در بخش بزرگی از آن، ضریب

دارد. با هدایت شیرابه به تصفیه‌خانه هدف حذف مقدار COD و BOD در شیرابه است.

با توجه به جدول‌های ۱ و ۲ می‌توان با استفاده از روش لجن فعال - کربن فعال تقویت‌شده و روش اکسیژن‌دهی شیمیایی و همچنین لاگون هوادهی بیش از ۹۰ درصد امکان حذف BOD و COD را فراهم آورد.

از آنجا که خواص شیرابه جمع‌آوری شده بسیار متغیر است، از چند نوع عملیات برای تصفیه شیرابه استفاده می‌شود. در تصفیه شیرابه بسته به نوع آلاینده‌های موجود در آن از فرایندهای مختلف فیزیکی و شیمیایی برای تصفیه شیرابه استفاده می‌شود. قابلیت تجزیه بیولوژیکی شیرابه به نسبت BOD/COD مطابق جدول ۱ بستگی

جدول ۲. مهم‌ترین روش‌های تصفیه فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی شیرابه

توضیحات	هدف تصفیه	نوع تصفیه
بهترین روش برای شیرابه تازه، قابلیت انعطاف، بیش از ۹۰ درصد حذف BOD	BOD_COD	لجن فعال
بهترین کاربرد برای جریان‌های ضعیف، بیش از ۹۰ درصد امکان حذف BOD_COD	BOD_COD	لاگون هوادهی
لزوم polishing برای به‌دست آوردن خروجی با کیفیت مطلوب	BOD_COD	بی‌هوای
برای تصفیه شیرابه کهنه، مناسب هر مرحله	BOD_COD	لجن فعال / کربن فعال تقویت‌شده
حذف شدید آهن و روی، حذف متوسط کروم، مس و منگنز، حذف ضعیف کادمیوم، سرب و نیکل	فلزات سنگین	انعقاد/ ترکیب
تصفیه شیرابه خام، مصرف زیاد مواد شیمیایی	COD	اکسیژن‌دهی شیمیایی

با احداث دفن‌گاه جدید که براساس اصول استاندارد است می‌توان علاوه بر مدیریت شیرابه، متان تولیدی از دفن‌گاه را نیز استحصال کرد. متان تولیدی از دفن‌گاه با توجه به نوع و مقدار پسماند در دفن‌گاه، همچنین مقدار تولید سالانه آن در طول سال‌های گذشته محاسبه می‌شود که در رابطه ۱ مقدار متان تولیدی مشخص شده است [۱۵]:

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0,1}^1 kL_i \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{ij}} \quad (1)$$

که در آن:

$Q_{CH_4}$ : مقدار متان تولیدی در سال ( $m^3/year$ )

$M_i$ : مقدار پسماند سالانه دفن‌شده در دفن‌گاه

$t_{ij}$ : میزان عمر پسماند دفن‌شده در سال  $j$

$k$ : نرخ متان سالانه تولیدی

$L_0$ : پتانسیل ( $m^3/Mg$ )

صرفیت متان تولیدی با فرض ثابت بودن مقدار پسماند تولیدی از سال ۲۰۱۵ مقدار متان تولیدی در دفن‌گاه جدید به شرح زیر محاسبه می‌شود [۳، ۱۵]:

#### استحصال گاز متان از دفن‌گاه

روش‌های کنترل گاز محل دفن، هم برای کاهش پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی ناشی از انتشار گاز و هم برای کاهش گازهای مخرب لایه ازن (ترکیبات آلی فرار و اکسیدهای نیتروژن)، متان، و ترکیبات آلی بدون متان (NMOCS) و ترکیبات آروماتیک، مورد نیاز است. علاوه بر این، ضرورت‌های دیگر کنترل انتشار گاز به شرح زیر است:

- شکایت از انتشار بو (انتشار گازهای سولفیدی، متداول‌ترین علت شکایت از بوی بد در محل دفن است)؛
  - نگرانی‌های بالقوه در زمینه ایمنی و بهداشت ناشی از افزایش کنترل نشده گازهای محل دفن (مثل چند مورد آتش‌سوزی که از محل‌های دفن مختلف در ایران گزارش شده است)؛
  - برنامه‌های تشویقی اخیر دولت، در خصوص تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر.
- هدف اصلی این بخش، فراهم آوردن دیدی کلی در مورد تولید و کاربرد گاز محل دفن است. مقادیر مختلفی از بهره‌برداری از گاز محل دفن و همچنین نظریه تولید گاز محل دفن در این بخش بررسی خواهد شد.

جدول ۳. مقدار پسماند سالانه تولیدی شهر رشت و دفن شده در دفن‌گاه سراوان [۱۵، ۳]

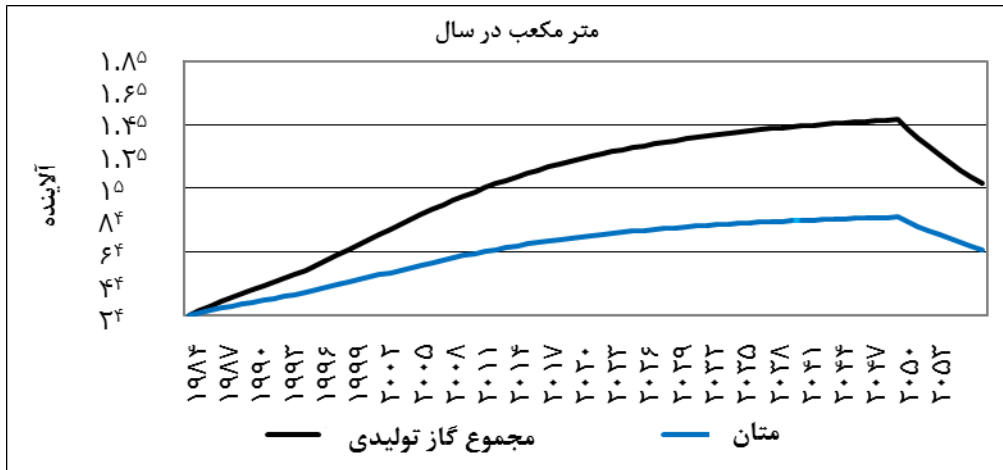
سال	پسماند تولید شده		پسماند موجود در دفن‌گاه	
	(Mg/year)	(short tons/year)	(Mg)	(short tons)
۱۹۸۴	۲۲۰	۲۴۲	۰	۰
۱۹۸۵	۲۲	۲۴۴	۲۲۰	۲۴۲
۱۹۸۶	۲۲۶	۲۴۹	۴۴۲	۴۸۶
۱۹۸۷	۲۳۰	۲۵۳	۶۶۸	۷۳۵
۱۹۸۸	۲۳۸	۲۶۲	۸۹۸	۹۸۸
۱۹۸۹	۲۱۸	۲۴۰	۱۱۳۶	۱۲۵۰
۱۹۹۰	۲۳۰	۲۵۳	۱۳۵۴	۱۴۸۹
۱۹۹۱	۲۴۵	۲۷۰	۱۵۸۴	۱۷۴۲
۱۹۹۲	۲۵۸	۲۸۴	۱۸۲۹	۲۰۱۲
۱۹۹۳	۲۷۰	۲۹۷	۲۰۸۷	۲۲۹۶
۱۹۹۴	۲۹۵	۳۲۵	۲۳۵۷	۲۵۹۳
۱۹۹۵	۳۲۰	۳۵۲	۲۶۵۲	۲۹۱۷
۱۹۹۶	۳۵۶	۳۹۲	۲۹۷۲	۳۲۶۹
۱۹۹۷	۳۸۶	۴۲۵	۳۳۲۸	۳۶۶۱
۱۹۹۸	۳۹۰	۴۲۹	۳۷۱۴	۴۰۸۵
۱۹۹۹	۳۹۰	۴۲۹	۴۱۰۹	۴۵۱۴
۲۰۰۰	۳۹۶	۴۳۶	۴۴۹۴	۴۹۴۳
۲۰۰۱	۴۰۰	۴۴۰	۴۸۹۰	۵۳۷۹
۲۰۰۲	۴۲۲	۴۶۲	۵۲۹۰	۵۸۱۹
۲۰۰۳	۴۳۴	۴۷۷	۵۷۱۲	۶۲۸۳
۲۰۰۴	۴۵۶	۵۰۲	۶۱۴۶	۶۷۶۱
۲۰۰۵	۴۶۲	۵۰۸	۶۶۰۲	۷۲۶۲
۲۰۰۶	۴۷۰	۵۱۷	۷۰۶۴	۷۷۷۰
۲۰۰۷	۴۷۱	۵۱۸	۷۵۳۴	۸۲۸۷
۲۰۰۸	۴۷۱	۵۱۸	۸۰۰۵	۸۸۰۶
۲۰۰۹	۴۷۳	۵۲۰	۸۴۷۶	۹۳۲۴
۲۰۱۰	۴۷۲	۵۱۹	۸۹۴۹	۹۸۴۴
۲۰۱۱	۴۷۴	۵۲۱	۹۴۲۱	۱۰۳۶۳
۲۰۱۲	۴۷۵	۵۲۳	۹۸۹۵	۱۰۸۸۵
۲۰۱۳	۴۷۵	۵۲۳	۱۰۳۷۰	۱۱۴۰۷
۲۰۱۴	۴۷۸	۵۲۶	۱۰۸۴۵	۱۱۹۳۰
۲۰۱۵	۴۷۸	۵۲۶	۱۱۳۲۳	۱۲۴۵۵
۲۰۱۶	۴۷۸	۵۲۶	۱۱۸۰۱	۱۲۹۸۱
۲۰۱۷	۴۷۸	۵۲۶	۱۲۲۷۹	۱۳۵۰۷
۲۰۱۸	۴۷۸	۵۲۶	۱۲۷۵۷	۱۴۰۳۳



ادامه جدول ۳. مقدار پسماند سالانه تولیدی شهر رشت و دفن‌شده در دفن‌گاه سراوان [۳، ۱۵]

سال	پسماند تولیدشده		پسماند موجود در دفن‌گاه	
	(Mg/year)	(short tons/year)	(Mg)	(short tons)
۲۰۱۹	۴۷۸	۵۲۶	۱۳۲۳۵	۱۴۵۵۹
۲۰۲۰	۴۷۸	۵۲۶	۱۳۷۱۳	۱۵۰۸۴
۲۰۲۱	۴۷۸	۵۲۶	۱۴۱۹۱	۱۵۶۱۰
۲۰۲۲	۴۷۸	۵۲۶	۱۴۶۶۹	۱۶۱۳۶
۲۰۲۳	۴۷۸	۵۲۶	۱۵۱۴۷	۱۶۶۶۲
۲۰۲۴	۴۷۸	۵۲۶	۱۵۶۲۵	۱۷۱۸۸
۲۰۲۵	۴۷۸	۵۲۶	۱۶۱۰۳	۱۷۷۱۳
۲۰۲۶	۴۷۸	۵۲۶	۱۶۵۸۱	۱۸۲۳۹
۲۰۲۷	۴۷۸	۵۲۶	۱۷۰۵۹	۱۸۷۶۵
۲۰۲۸	۴۷۸	۵۲۶	۱۷۵۳۷	۱۹۲۹۱
۲۰۲۹	۴۷۸	۵۲۶	۱۸۰۱۵	۱۹۸۱۷
۲۰۳۰	۴۷۸	۵۲۶	۱۸۴۹۳	۲۰۳۴۲
۲۰۳۱	۴۷۸	۵۲۶	۱۸۹۷۱	۲۰۸۶۸
۲۰۳۲	۴۷۸	۵۲۶	۱۹۴۴۹	۲۱۳۹۴
۲۰۳۳	۴۷۸	۵۲۶	۱۹۹۲۷	۲۱۹۲۰
۲۰۳۴	۴۷۸	۵۲۶	۲۰۴۰۵	۲۲۴۴۶
۲۰۳۵	۴۷۸	۵۲۶	۲۰۸۸۳	۲۲۹۷۱
۲۰۳۶	۴۷۸	۵۲۶	۲۱۳۶۱	۲۳۴۹۷
۲۰۳۷	۴۷۸	۵۲۶	۲۱۸۳۹	۲۴۰۲۳
۲۰۳۸	۴۷۸	۵۲۶	۲۲۳۱۷	۲۴۵۴۹
۲۰۳۹	۴۷۸	۵۲۶	۲۲۷۹۵	۲۵۰۷۵
۲۰۴۰	۴۷۸	۵۲۶	۲۳۲۷۳	۲۵۶۰۰
۲۰۴۱	۴۷۸	۵۲۶	۲۳۷۵۱	۲۶۱۲۶
۲۰۴۲	۴۷۸	۵۲۶	۲۴۲۲۹	۲۶۶۵۲
۲۰۴۳	۴۷۸	۵۲۶	۲۴۷۰۷	۲۷۱۷۸
۲۰۴۴	۴۷۸	۵۲۶	۲۵۱۸۵	۲۷۷۰۴
۲۰۴۵	۴۷۸	۵۲۶	۲۵۶۶۳	۲۸۲۲۹
۲۰۴۶	۴۷۸	۵۲۶	۲۶۱۴۱	۲۸۷۷۵
۲۰۴۷	۴۷۸	۵۲۶	۲۶۶۱۹	۲۹۲۸۱
۲۰۴۸	۴۷۸	۵۲۶	۲۷۰۹۷	۲۹۸۰۷
۲۰۴۹	۴۷۸	۵۲۶	۲۷۵۷۵	۳۰۳۳۳
۲۰۵۰	۴۷۸	۵۲۶	۲۸۰۵۳	۳۰۸۵۸

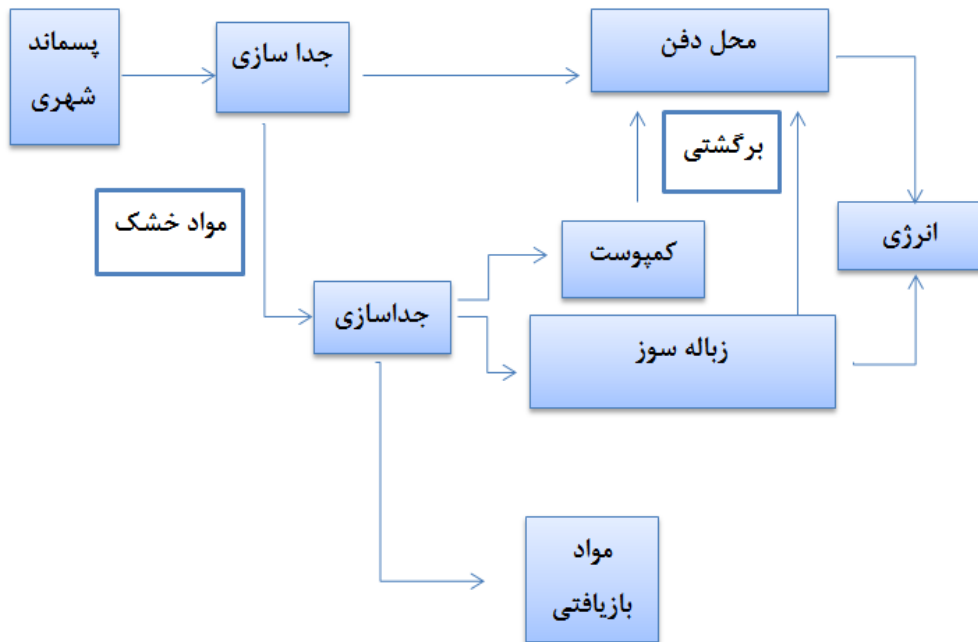
مقدار متان سالانه تولیدی در شکل ۳ نشان داده شده است [۳، ۱۴]:



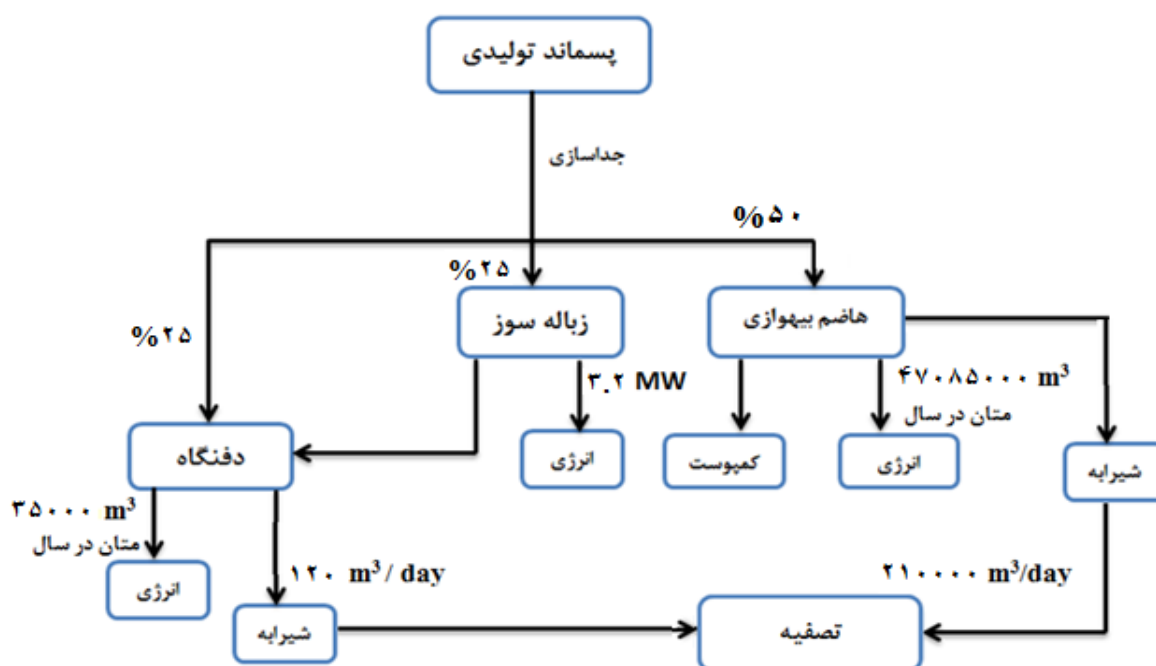
شکل ۳. مقدار سالانه متان تولیدی در دفن‌گاه (اگر لندفیل در سال ۲۰۵۰ بسته شود) [۳، ۱۵]

با توجه به الزام تغییر مکان دفن زباله و الگوی مطرح شده پیشنهاد می‌شود که مکان دفن‌گاه در نزدیکی کارخانه پسماند در نظر گرفته شود. همچنین با راه‌اندازی زباله‌سوز می‌توان طرح مطلوب‌تری را ارائه کرد که به صورت شکل ۴ در نظر گرفته شده است. برای مدیریت پسماند تولیدی شهر رشت طرح زیر پیشنهاد می‌شود. چارت پیشنهادی این طرح در شکل ۵ نشان داده شده است.

با توجه به مقدار زباله در شهر رشت که بین ۷۰۰-۶۳۰ تن در روز است و حدود ۵۲۰ تن آن در منطقه سراوان دفن می‌شود، توانستیم مقدار گاز متان و دی‌اکسید کربن تولیدی را با برنامه LANDGEM محاسبه کنیم. به دلیل دفن غیراصولی و غیربهداشتی در منطقه سراوان، هرچه سریع‌تر باید برای تغییر مکان آن اقدام کرد، زیرا ادامه وضعیت کنونی، تأثیرات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست اطراف، شهر رشت و به خصوص تالاب انزلی بر جای خواهد گذاشت.



شکل ۴. الگوی پیشنهادی برای استحصال انرژی با در نظر گرفتن زباله‌سوز



شکل ۵. طرح پیشنهادی برای مدیریت پسماند شهر رشت

شد. برای کاهش آلودگی تالاب انزلی باید از ورود فاضلاب شهری و نیز شیرابه‌های دفن‌گاه‌ها به رودخانه‌های منتهی به تالاب جلوگیری کرد. به این منظور باید دفن‌گاه جدیدی احداث یا دفن‌گاه قدیمی بهسازی شود. در دفن‌گاه جدید باید سیستم تصفیه پسماند تعبیه شود و با ایجاد شیب و عمق مناسب و زهکشی، زمینه هرچه بهتر انتقال یافتن شیرابه‌ها به محل تصفیه فراهم آید. با احداث دفن‌گاه جدید از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی اطراف محل دفن جلوگیری می‌شود و زمینه بهره‌گیری از متان تولیدی از دفن‌گاه فراهم می‌آید. با ایجاد دفن‌گاه جدید، دبی خروجی شیرابه از ۱/۵ درصد به ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت که در این صورت از آلودگی آب‌های زیرزمینی جلوگیری خواهد شد. با توجه به بارندگی زیاد در شهر رشت، دبی شیرابه به ۱۲۰ متر مکعب در روز خواهد رسید. با ایجاد تأسیسات جمع‌آوری متان در دفن‌گاه می‌توان انرژی تولید کرد که مقدار آن در سال ۲۰۱۵ به بیش از  $10^5$  متر مکعب در سال خواهد بود. با فرض ثابت بودن مقدار پسماند ورودی به دفن‌گاه تا سال ۲۰۵۰ متان تولیدی به  $10^5 \times 1/4$  خواهد رسید.

پیشنهاد می‌شود که پسماند پس از جداسازی به سه واحد جداگانه انتقال یابد. بدین صورت که مواد آلی که بیشتر مواد تشکیل‌دهنده پسماند را شامل می‌شود به واحد هاضم بی‌هوازی انتقال یابد تا پس از تولید انرژی از متان تولیدشده، مواد آلی باقی‌مانده به کارخانه کمپوست منتقل شود؛ باقی‌مانده پسماند شهری شامل پلاستیک، کاغذ و ... به کارخانه زباله‌سوز انتقال داده شود؛ در کارخانه زباله‌سوز ۵ درصد حجمی و ۲۰ درصد وزنی پسماند به صورت خاکستر باقی می‌ماند که باید برای دفن به دفن‌گاه انتقال پیدا کند. مواد دیگر مانند شیشه و فلز و زباله‌های خطرناک به دفن‌گاه انتقال داده می‌شوند. در دفن‌گاه نیز می‌توان از متان تولیدشده انرژی تولید کرد. با ایجاد یک واحد تصفیه پسماند از انتقال آلودگی جلوگیری خواهد شد. شیرابه تولیدی در دفن‌گاه ۱۲۰ متر مکعب در روز و پساب تولیدی در هاضم بی‌هوازی ۲۱۰۰۰ متر مکعب در روز خواهد بود که می‌توان با تأسیس واحد تصفیه از ورود مقادیر یادشده به آب‌های سطحی و زیرزمینی جلوگیری کرد.

#### نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی دفن‌گاه زباله شهر رشت با هدف جلوگیری از ورود شیرابه‌های آن به تالاب انزلی پرداخته

[10]. Abedinzadeh, F., & MONAVARI, S. (2007). Study of solid waste management in industrial estate of rasht. 151-174. doi:10.1016/j.jconhyd.2010.08.009.

[11]. Abedinzadeh, Farimah, Manavari, Masoud, Study of solid waste management in industrial Estate of RASHT, Environ. Sci. : 151-174. doi:10.1016/j.jconhyd.2010.08.009.

[12]. Valencia, R., Van der Zon, W., Woelders, H., Lubberding, H. J., & Gijzen, H. J. (2009). Achieving "Final Storage Quality" of municipal solid waste in pilot scale bioreactor landfills. *Waste management*, 29(1), 78-85. Valencia, Roberto, et al. "Achieving "Final Storage Quality" of municipal solid waste in pilot scale bioreactor landfills." *Waste management* 29.1: 78-85.

[13]. El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., & Alayli, B. (2002). Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste management*, 22(3), 269-282. M. El-Fadel, E. Bou-Zeid, W. Chahine, B. Alayli, Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content, *Waste Manag.* 22 : 269-282. doi:10.1016/S0956-053X(01)00040-X.

[14]. Simon, F. G., & Müller, W. W. (2004). Standard and alternative landfill capping design in Germany. *Environmental Science & Policy*, 7(4), 277-290. Simon, Franz Georg, Müller, Werner W., Standard and alternative landfill capping design in Germany, *Environ. Sci. Policy.* 7 : 277-290. doi:10.1016/j.envsci.2004.04.002.

[15]. Brunner, D. R., & Keller, D. J. (1972). Sanitary landfill design and operation: US Environmental Protection Agency. *Solid Waste Management series SW-65ts*. Brunner, DR, Keller, DJ, Sanitary landfill design and operation: US Environmental Protection Agency.

[16]. Alexander, A., Burklin, C. E., & Singleton, A. (2005). *Landfill gas emissions model (LandGEM) version 3.02 user's guide*. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. Alexander, Amy, Burklin, Clint, Singleton, Amanda, Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide : 1-56.

## منابع

[۱]. عبدلی، محمدعلی؛ ریاحی بختیاری، علیرضا؛ محمدی، صمد، ۱۳۸۴، امکان‌سنجی تولید بیوکمپوست از

زباله‌های شهری بابل. محیط‌شناسی شماره ۳۸: ۲۲-۱۹.

[۲]. شهبازی، افسانه؛ مهرجو، فرزاد، ۲۰۱۳، منابع آلودگی آب‌های زیرزمینی و روش‌های احیا، انسان و محیط زیست، شماره ۱۱: ۱۳-۲۱.

[۳]. پارک علم و فناوری، ۱۳۸۹، گیلان، طرح جامع مدیریت پسماند، حوزه مرکزی گیلان، سازمان مدیریت پسماند شهرداری رشت.

[۴]. کرباسی، عبدالرضا؛ صابری، مجید؛ کاظمی، زیبا، ۲۰۰۶، مدیریت محیط زیست رودخانه سیاهرود و بررسی اقتصادی تصفیه پساب‌های ورودی به رودخانه، محیط‌شناسی شماره ۲۶.

[۵]. رحمت، زرکامی. ۱۳۸۰، بررسی و مقایسه وضعیت عناصر غذایی در ۴ رودخانه منتهی به تالاب انزلی، پژوهش و سازندگی، ۴۵-۴۱.

[۶]. منوری، مسعود عمرانی، قاسمعلی، قنبری. فاطمه، ۱۳۸۹، بررسی آلودگی ناشی از شیرابه در محل دفن پسماندهای شهر رشت، انسان و محیط زیست شماره ۸: ۲۹-۳۴.

[۷]. ذوقی، محمدجواد؛ قویدل، آریامن، ۱۳۸۹، کاربرد مدل HELP در تخمین میزان شیرابه تولیدی در دفن‌گاه زباله، مطالعه موردی: محل دفن سمنان، سلامت و محیط شماره ۴، ۱: ۶۵-۷۶.

[8]. Foltz, R. C. (2001). Environmental initiatives in contemporary Iran. *Central Asian Survey*, 20(2), 155-165.

[9]. De Grave, S., & Ghane, A. (2006). The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran. *Aquatic Invasions*, 1(4), 204-208. De Grave, Sammy, Ghane, Ahmad, The establishment of the Oriental River Prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran, *Aquat. Invasions*. 1 : 204-208. doi:10.3391/ai.2006.1.4.2.