

## ارزیابی بهینه سازی تولید انرژی با اجرای تکنیک جاروب کشی ثقلی پلکانی بیوگاز با آب در نیروگاه زیست توده سازمان پسماند شهرداری مشهد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰

کد مقاله: ۳۴۳۵۲

حسین نوروزی مقدم<sup>۱</sup>، اقدس بنایی<sup>۲\*</sup>، ابولفضل کریمیان<sup>۳</sup>

### چکیده

در حال حاضر در کشور سهم تولید انرژی از زیست توده بسیار ناچیز و در حد ۱۰/۵۶ مگاوات می باشد. یکی از نیروگاه هایی که در فرایند تولید انرژی زیست توده نقش دارد. نیروگاه سازمان پسماند شهرداری مشهد است که به منظور بهینه کردن تولید این نیروگاه، تکنیک جاروب کشی بیوگاز تولیدی با آب به صورت ثقلی پلکانی در آن اجرا شد نتایج مبین این مسئله است؛ که خالص سازی بیوگاز از سولفید هیدروژن بسته به شرایط بین ۳۱ تا ۹۷ درصد بوده است و متوسط درصد میزان حذف سولفید هیدروژن برابر ۶۰ درصد بوده است. در این تکنیک با استفاده از آب بدون سیرکولاسیون در سیستم باز هر مترمکعب آب قادر به تصفیه حدود ۶۳۰ مترمکعب بیوگاز بوده است. از طرف دیگر بررسی ها نشان داد؛ اگر زباله ها قبل از دفن تفکیک شوند و بیوگاز تولیدی از آن خالص سازی شود. ارزش ریالی انرژی تولید شده به میزان ۲۷/۷ درصد افزایش خواهد یافت هزینه این تکنیک با اتکا به تجهیزات داخل کشور در مقایسه با نمونه مشابه خارجی در حدود ۸۹ درصد کمتر خواهد شد.

واژگان کلیدی: بیوگاز، زیست توده، تولید انرژی، جاروب کشی، سولفید هیدروژن

۱- مربی پژوهشی، بخش تولید حیوانات آزمایشگاهی موسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی شعبه شمال شرق کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- استادیار پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول)، [banaei@acecr.ac.ir](mailto:banaei@acecr.ac.ir)

۳- مدیریت سازمان پسماند شهرداری مشهد

سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد مقدس با دفن زباله در محل مجتمع صنعتی شماره یک خود اقدام به استحصال بیوگاز نموده است بیوگاز سوختی سازگار با شرایط محیط زیست است که با دفن و هضم مواد آلی نظیر فضولات حیوانی، دورریز مواد غذایی، بقایای گیاهی به میزان فراوان تحت شرایط بی‌هوازی تولید و در دسترس قرار می‌گیرد. به‌طور عمومی بیوگاز دارای ۶۵-۵۵ درصد متان، ۳۵-۴۵ درصد دی‌اکسید کربن، ۱-۰/۵ درصد سولفید هیدروژن و مقدار کمی بخار آب است. از بیوگاز تولیدی در این سایت به میزان ۴۰۰ مترمکعب به کمک سه ژنراتور یک نیروگاه ۶۲۰ کیلوواتی فعال است ولی حضور سولفید هیدروژن در بیوگاز تولیدی باعث خوردگی تجهیزاتی نظیر لوله‌ها، مخازن گازی، کمپرسورها و موتورهای می‌شود و برای کاتالیزوهای اصلاح‌کننده و پیل‌های سوختی سمی است. علاوه بر این، سوختن سولفید هیدروژن منجر به خروج دی‌اکسید گوگرد که اثرات زیست‌محیطی مخربی دارد. بنابراین به‌واسطه توان این ماده در ایجاد مشکلات، می‌بایست در ابتدا با فرایند خالص‌سازی بیوگاز، مقدار سولفید هیدروژن را تا میزانی که مقدار آن با سطح تحمل تجهیزات مورد استفاده متناسب گردد، کاهش دهند. جدول ۱ میزان تحمل تجهیزات مختلف نسبت به سولفید هیدروژن موجود در بیوگاز را مشخص کرده است (Allegue and Hinge 2014).

جدول ۱ میزان تحمل تجهیزات مختلف نسبت به سولفید هیدروژن (Allegue and Hinge 2014)

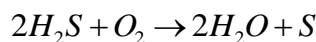
میزان تحمل سولفید هیدروژن ppm	تکنولوژی
< ۱۰۰۰	موتورهای حرارتی
< ۱۰	فر و اجاق گاز آشپزخانه
بسته به نوع موتور ۵۰ تا < ۵۰۰	موتورهای احتراقی
< ۱۰۰۰۰	توربین‌های بزرگ
< ۷۰۰۰	توربین‌های کوچک
بسته به نوع پیل < ۱ تا < ۲۰	انواع پیل‌های سوختی
< ۴	گاز طبیعی ارتقا یافته

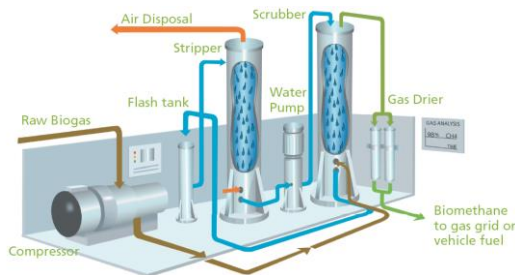
برای حذف سولفید هیدروژن از بیوگاز فناوری‌های متعددی وجود دارد. این فناوری‌ها بسته به سیستم بیوگاز مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. انتخاب بهترین فناوری به استفاده نهایی که از آن خواهد شد، ترکیب، تنوع، حجم گازی که باید خالص شود، غلظت سولفید هیدروژن در آن و میزان سولفید هیدروژنی که باید حذف شود، وابسته است (Allegue and Hinge 2014).

## ۲- مواد و روش‌های بررسی

### ۲-۱- اجرای سازه جاروب کشی بیوگاز با آب

با انجام محاسبات لازم با تکیه بر هدف گذاری مبنی بر خالص‌سازی پنج مترمکعب بیوگاز تولیدی در ساعت و برآورد آب لازم در گردش با توجه به میزان خالص‌سازی، ابتدا سازه فلزی پلکان دار عمودی با تعداد پلکان لازم جهت استقرار مخازن طراحی و ساخته شد. در قدم بعدی مخازن به تعداد و حجم لازم خریداری و بوشن گذاری و اتصالات شیرالات بر روی آنها انجام شد. همزمان سازه فیلتر اصلی تصفیه کننده و فیلتر خشک کننده از جنس استیل ساخته شدند. تجهیزات شامل پمپ آب، هوا، همزن، پمپ واکيوم خریداری شدند. با اتمام خرید تجهیزات انتقال آب، کمپرسور هوا به منظور فشرده کردن و انتقال گاز خریداری شد و تغییرات لازم ایمنی بر روی آن پیش بینی و طراحی شد. پس از این مراحل طراحی تابلو کنترل برق انجام شد و تجهیزات جهت استفاده در طرح به برق با ولتاژ لازم متصل گردیدند. لوله های انتقال آب و گاز تأمین و اتصالات لازم برقرار شد. علاوه بر اینها یک دستگاه کنتور گاز و آب خریداری و در سازه استقرار داده شدند. روش کار در این تکنیک براین اساس است که جریان آب و گاز با فشار بالا و در جهت عکس یکدیگر در داخل فیلتر تصفیه در بستر مناسب با هم برخورد کرده و شرایط خالص‌سازی بیوگاز از سولفید هیدروژن فراهم می‌شود. در این تکنیک که بنام جاروب کشی گاز با آب شناخته می‌شود (شکل ۱) آب همراه با ناخالصی‌های جذب شده از بیوگاز، وارد مخزن آزادسازی می‌شود که در آن شرایط لازم از طریق هوا و الکتروموتور جهت آزادسازی دی‌اکسید کربن حل شده در آب فراهم می‌شود و همچنین واکنش سولفید هیدروژن و اکسیژن که منجر به تولید گوگرد و آب می‌شود در این مخزن انجام می‌شود (Cebula 2009).





شکل ۱- نمایشی از فناوری جاروب کشی با آب (Hudde 2010).

## ۲-۲- روند اجرای تکنیک جاروب کشی بیوگاز با آب در سیستم‌های بدون سیرکولاسیون

طراحی این سیستم براین اصل است که سیستم به صورت پویا و دینامیک و باز باشد و آبی که وارد فیلتر تصفیه می‌شود گردش مجدد در سیستم نداشته باشد به طوری که آب از طریق شیلنگ با دبی شناخته شده از بالا وارد مخزن اصلی شود و پس از پمپاژ به فیلتر تصفیه و خالص سازی بیوگاز با چرخش در مخازن شامل مخزن استراحت کاهش فشار، مخزن واکنش گر آزادسازی، مخزن واکیوم، وارد مخزن اصلی شود و همان میزان آب ورودی از ته مخزن اصلی خارج شود در این حالت با نصب کنتور بر مسیر آب ورودی و آب خروجی دبی آب در هر دو را یکسان در نظر می‌گیریم و هنگام خاموش بودن سیستم شیر کنتور خروجی را باید ببندیم تا از هدر رفتن آب جلوگیری کنیم. در این صورت امکان حل شدن مقادیر بیشتری از سولفید هیدروژن در هر مترمکعب آب وجود خواهد داشت.

## ۲-۳- مزایای روش جاروب کشی بیوگاز با آب نسبت به سایر روش‌های حذف

- ۱- نتایج بررسی ها در مقیاس آزمایشگاهی مبین این مسئله بود که آب توانایی حذف هیدروژن سولفید را دارا است.
- ۲- قابلیت و توان بسیار بالای آب به عنوان یک حلال در حل شدن همزمان سولفید هیدروژن و منواکسید کربن و حتی دی‌اکسید کربن در آن و استفاده از این قابلیت در حذف این مواد از بیوگاز که مورد نظر می‌باشد.
- ۳- عدم انحلال یا قابلیت انحلال بسیار کم متان همراه با بیوگاز در آب که ویژگی مهمی برای تصفیه بیوگاز می‌باشد.
- ۴- واکنش های بعدی مورد انتظار پس از جذب سولفید هیدروژن در آب براحتی و در شرایط بی خطر قابل انجام است به طوری که به کمک تزریق هوا که دارای اکسیژن می‌باشد به آب حاوی گازهای دی‌اکسید کربن و سولفید هیدروژن اول باعث خروج سایر گازها از آب شویم و در ثانی انجام واکنش سولفید هیدروژن با آب و رسوب گوگرد تسریع شود.
- ۵- در طول انجام واکنش pH با توجه به نوع واکنش‌ها تقریباً ثابت باقی می‌ماند
- ۶- آب پسماند ناشی از واکنش‌های حذفی پس از رسوب گوگرد قابلیت استفاده در آبیاری را دارد حتی اگر رسوب گذاری و جداسازی گوگرد انجام نشود برای آبیاری زمین‌های کشاورزی مناسب است به طوری که امروزه یکی از عناصر قابل توصیه در کشاورزی گوگرد می‌باشد.
- ۷- نیازی به تأمین حلال‌های گران قیمت نظیر سلکسول (پلی اتیلن گلیکول) نمی‌باشد و مخاطرات کار با آب بسیار اندک می‌باشد.
- ۸- نیازی به تأمین فشار و دماهای بسیار بالا در مقایسه با سایر روش‌ها نظیر روش حذف با کربن فعال که در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود نیست.
- ۹- نیازی به تأمین دمای بسیار پایین نظیر آنچه در روش جداسازی با انجماد صورت می‌گیرد نیست.
- ۱۰- در دسترس بودن تجهیزات و مواد لازم واکنش گر در فرایند اجرای طرح جاروب کشی بیوگاز با آب در داخل کشور
- ۱۱- امکان ارتقاء روش مورد نظر از سطح آزمایشگاهی به پایلوت و در نهایت به طرح صنعتی در داخل کشور
- ۱۲- هزینه تمام شده طرح در مقایسه با سایر طرح‌هایی که به مقیاس صنعتی رسیده‌اند کمتر می‌باشد.

## ۲-۴- نوآوری در اجرای تکنیک جاروب کشی در مقایسه با نمونه کارهای مشابه خارج کشور

اغلب نمونه های مشابه خارجی طراحی شده به منظور جاروب کشی دارای چیدمان افقی هستند بر همین اساس به لحاظ صرفه جویی در مصرف انرژی و استفاده کمتر از پمپ های انتقال آب بر خلاف نمونه های مشابه خارجی که دارای چیدمان افقی می‌باشند، در این طرح چیدمان مخازن به صورت پلکانی عمودی انجام شده است تا انتقال آب بین مخازن بر مبنای نیروی ثقل صورت گیرد. به همین دلیل بر خلاف نمونه های خارجی از پمپ های متعدد آب جهت انتقال استفاده نشده است. همچنین یک

فرق اساسی دیگر در مقایسه با نمونه های طراحی شده در سایر کشورها استفاده از پمپ واکيوم به منظور مکش مانده گاز در آب می‌باشد.

## ۲-۵- ثبت نتایج

در این سیستم در ابتدای ورودی بیوگاز به کمپرسور و پس از خروج بیوگاز خالص شده، از کنتور گاز شیلنگ رابط مجهز به شیر پنوماتیک تعبیه شده است. از این دو شیلنگ جهت آنالیز گاز ورودی قبل از تصفیه و گاز خروجی بعد از تصفیه استفاده شده است. سنجش گاز با آنالیزور ژئوتک انجام شده است. برای سنجش، شیلنگ ورودی گاز را به ورودی آنالیزور وصل کرده و کار با دستگاه را شروع می‌کنیم. مدت زمان لازم تا سنجش کامل را صبر کرده و نتایج را در فرمهای بهره برداری ثبت می‌نماییم.

## ۳- نتایج

### ۳-۱- خلاصه نتیجه اجرای تکنیک جاروب کشتی

خلاصه ای از نتایج حاصل از کارکرد تکنیک در خالص سازی بیوگاز تولیدی در زمنه حذف سولفید هیدروژن و سایر فاکتورها در جدول ۲ بیان شده است نتایج مبین این مسله است که میزان خالص سازی بیوگاز از سولفید هیدروژن بسته به شرایط بین ۳۱ تا ۹۷ درصد بوده است و متوسط درصد میزان حذف سولفید هیدروژن برابر ۶۰ درصد بوده است در این تکنیک با استفاده از آب بدون سیرکولاسیون در سیستم باز هر مترمکعب آب قادر به تصفیه حدود ۶۳۰ مترمکعب بیوگاز خواهد بود. یعنی هر لیتر آب حدود ۰/۶ مترمکعب گاز را تصفیه خواهد نمود.

جدول ۲ بخشی از نتایج تکنیک اجرا شده جاروب کشتی بیوگاز با آب

نوع پارامتر	بیشترین	کمترین	واحد
جریان بیوگاز	۷/۳	۲/۱	مترمکعب بر ساعت
جریان آب	۳	۰/۱	مترمکعب بر ساعت
فشار بیوگاز	۱۰	۲/۵	بار
فشار آب	۱۱	۱/۵	بار
دمای بیوگاز	۱۷	۴	درجه سانتی گراد
دمای آب	۱۱	۳	درجه سانتی گراد
میزان متان در بیوگاز	۵۳/۴	۴۴/۲	درصد
میزان سولفید هیدروژن حذف شده	۹۷	۳۱	درصد
مقدار سولفید هیدروژن لود شده	۴۰/۸	۸/۹	گرم بر مترمکعب بیوگاز
مقدار سولفید هیدروژن حذف شده	۲۰/۹	۵/۲	گرم بر مترمکعب بیوگاز

### ۳-۲- ارزش اقتصادی انرژی تولیدی در نیروگاه زیست توده سازمان پسماند شهرداری مشهد از

#### دفن زباله شهری تحت شرایط مختلف

با توجه به گزارشها مبنی بر اینکه از دفن هر یک تن زباله شهری تفکیک نشده ۱۰/۵ مترمکعب بیوگاز تولید می‌شود (Achinan et al. 2017). از طرف دیگر این که روازنه به میزان ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری به طور متوسط در سایت پسماند مشهد دفن می‌شود (بخشی زاده)، ارزش ریالی بیوگاز تولیدی محاسبه و در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۳- ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن زباله تفکیک نشده شهری در سایت سازمان پسماند مشهد

منبع	واحد	میزان	نوع
(Achinas et al. 2017)	مترمکعب	۱۰۱/۵	متوسط بیوگاز تولیدی حاصله از دفن یک تن زباله تفکیک نشده شهری
محاسبه نگارندگان	مترمکعب	۱۰۱۵۰۰	متوسط بیوگاز تولیدی حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری
لاری و همکاران ۱۳۹۱	کیلووات ساعت	۱/۶	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از سوختن یک مترمکعب بیوگاز (دارای ۵۰ درصد متان) تولیدی ناخالص
محاسبه نگارندگان	کیلووات ساعت	۱۶۲۴۰۰	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری
سایت ساتبا	ریال / هر کیلو وات	۵۶۷۰	ارزش ریالی (قیمت خرید) برق تولیدی از نیروگاه زیست توده
محاسبه نگارندگان	میلیون ریال	۹۲۰/۸	ارزش ریالی حاصل از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری

از طرف دیگر اگر زباله دفن شده از قبل تفکیک شود به طوری که فقط ضایعات غذایی آشپزخانه در سایت دفن شوند که این کار مستلزم این است که از خانواده ها درخواست شود ضایعات آشپزخانه را جداگانه بسته بندی کنند با توجه به گزارشها مبنی بر اینکه از دفن یک تن ضایعات غذایی میزان ۱۱۰ مترمکعب بیوگاز تولید می شود (Achinas et al. 2017) ارزش ریالی بیوگاز تولیدی از دفن روزانه ۱۰۰۰ تن ضایعات غذایی محاسبه و در جدول ۴ بیان شده است. همچنین برآورد ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن زباله تفکیک نشده شهری در سایت سازمان پسماند مشهد با بیوگاز خالص شده در جدول ۵ و برآورد ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن ضایعات غذایی در سایت سازمان پسماند مشهد با بیوگاز خالص شده در جدول ۶ محاسبه و گزارش شده است.

جدول ۴- ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن ضایعات غذایی در سایت سازمان پسماند مشهد

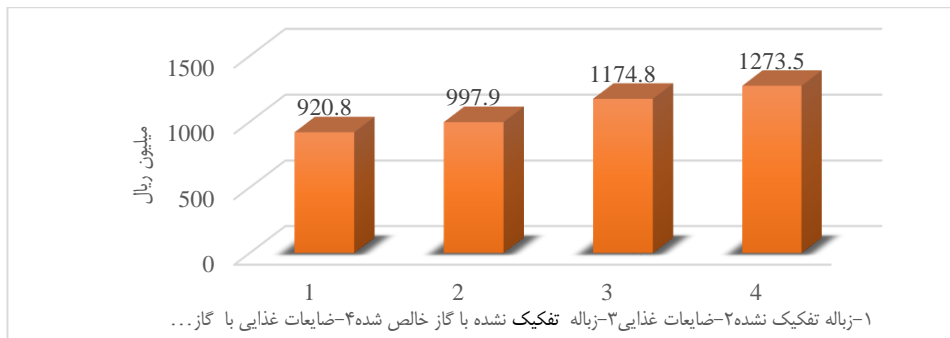
منبع	واحد	میزان	نوع
(Achinas et al. 2017)	مترمکعب	۱۱۰	بیوگاز تولیدی از دفن ۱ تن ضایعات غذایی (زباله تفکیک شده شهری)
محاسبه نگارندگان	مترمکعب	۱۱۰۰۰۰	متوسط بیوگاز حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن ضایعات غذایی (زباله تفکیک شده شهری)
لاری و همکاران ۱۳۹۱	کیلووات ساعت	۱/۶	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از سوختن یک مترمکعب بیوگاز (دارای ۵۰ درصد متان) تولیدی ناخالص
محاسبه نگارندگان	کیلووات ساعت	۱۷۶۰۰۰	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری
سایت ساتبا	ریال / هر کیلو وات	۵۶۷۰	ارزش ریالی (قیمت خرید) برق تولیدی از نیروگاه زیست توده
محاسبه نگارندگان	میلیون ریال	۹۹۷/۹	ارزش ریالی حاصل از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری

جدول ۵- ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن زباله تفکیک نشده شهری در سایت سازمان پسماند مشهد با بیوگاز خالص شده

منبع	واحد	میزان	نوع
(Achinas et al. 2017)	کیلووات ساعت	۲۰۷/۲	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱ تن زباله تفکیک شده شهری
محاسبه نگارندگان	کیلووات ساعت	۲۰۷۲۰۰	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک شده شهری
سایت ساتبا	ریال / هر کیلو وات	۵۶۷۰	ارزش ریالی (قیمت خرید) برق تولیدی از نیروگاه زیست توده
محاسبه نگارندگان	میلیون ریال	۱۱۷۴/۸	ارزش ریالی حاصل از دفن ۱۰۰۰ تن زباله تفکیک نشده شهری

جدول ۶- ارزش ریالی بیوگاز قابل استحصال از دفن روزانه هزار تن ضایعات غذایی در سایت سازمان پسماند مشهدبا بیوگاز خالص شده

منبع	واحد	میزان	نوع
(Achinas et al. 2017)	کیلو وات ساعت	۲۲۴/۶	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱ تن ضایعات غذایی (زباله تفکیک شده شهری)
محاسبه نگارندگان	کیلو وات ساعت	۲۲۴۶۰۰	متوسط برق تولیدی از بیوگاز حاصله از دفن ۱۰۰۰ تن ضایعات غذایی (زباله تفکیک شده شهری)
سایت ساتبا	ریال / هر کیلو وات	۵۶۷۰	ارزش ریالی (قیمت خرید) برق تولیدی از نیروگاه زیست توده
محاسبه نگارندگان	میلیون ریال	۱۲۷۲/۵	ارزش ریالی حاصل از ۱۰۰۰ تن ضایعات غذایی (زباله تفکیک شده شهری)

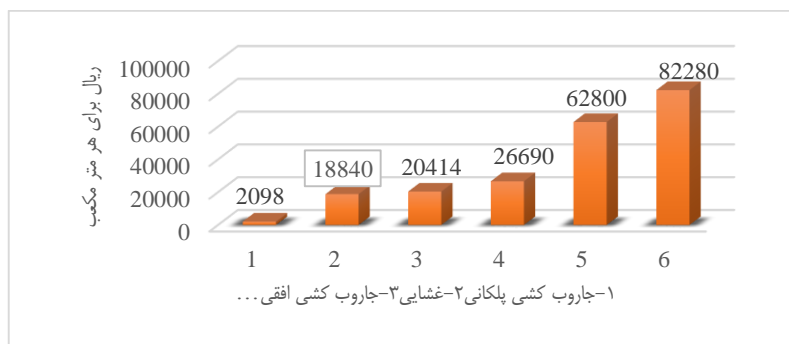


نمودار ۱- نمایش ارزش ریالی حاصل از چهار روش مختلف تولید انرژی از پسماند شهری

نتایج مبین این است که با توجه به ارزش انرژی تولیدشده کارایی روش تفکیک زباله در میدابه میزان ۰/۷ درصد از روش دفن زباله تفکیک نشده کاراتر است که رقمی معادل ۳۶/۸ میلیون ریال برای هر هزار تن می باشد هزینه ها در این روش در نظر گرفته نشده است و فرض براین است که با فرهنگ سازی و درخواست از شهروندان این تفکیک در مبدا صورت گیرد. از سوی دیگر در صورت خالص سازی بیوگاز تولیدی از ضایعات غذایی با یکی از تکنیکهای رایج انرژی تولیدی به مقدار ۲۷/۷ در مقایسه با روش دفن زباله تفکیک نشده افزایش خواهد یافت.

### ۳-۳- مقایسه هزینه لازم در اجرای تکنیک های مختلف خالص سازی بیوگاز

خالص سازی بیوگاز با این تکنیک ها وابسته به عوامل متعددی می باشد که هر یک از این عوامل قادرند به طور مستقل یا با اثرگذاری بر روی سایر فاکتورها نقش خود را در حذف بهتر یا ناقص اعمال نمایند. از جمله مهمترین آنها در تکنیک جاروب کشی با آب فشار آب و گاز، دمای آب، ارتفاع ستون فیلتر تصفیه، میزان پکینگ ستون، نوع مواد ستون، می باشند. مرجع های مختلف اعداد متفاوتی را در میزان حذف با این تکنیک گزارش کرده اند، با توجه به نتایج این طرح که در مقیاس نیمه صنعتی اجرا گردیده است و بررسی هزینه اجرای آن در مقیاس صنعتی، نسبت به نمونه جاروب کشی افقی حدود ۸۹ درصد کمتر است.



نمودار ۲- نمایش مقایسه هزینه برای خالص سازی یک مترمکعب بیوگاز با تکنیک های مختلف (یورو به نرخ روز معادل ۲۷۶۰۰ ریال تبدیل و توسط نگارندگان محاسبه شده است) (De Hullu et al. 2008)

## ۴- بحث

علت اینکه ارزش ربالی گاز استحصال شده از دفن ۱۰۰۰ تن ضایعات غذایی خیلی بیشتر از ۱۰۰۰ تن زباله شهری خواهد شد ناشی از این مسئله است که چون زباله شهری علاوه بر ضایعات غذایی دارای مقادیر زیادی از ظروف شستشو دهنده و بهداشتی و آرایشی و پلاستیکی می‌باشد. این ظروف با هر مهارتی دفن شوند به دلیل داشتن فضاهای خالی عملاً اکسیژن زیادی را در خود محبوس خواهند داشت و در نتیجه پس از دفن شرایط تولید بیوگاز هواری خواهد شد و تحت این شرایط در عمل تولید بیوگاز کمتر انجام خواهد شد. لازمه اینکه شرایط برای تولید بهینه و کافی بیوگاز تأمین شود، ایجاد هر چه بیشتر محیط بی‌هواری است. لذا اگر تمرکز و هدف‌گذاری تولید بیوگاز به منظور ایجاد نیروگاه‌های بیوگاز باشد باید از دفن ضایعات غیر آشپزخانه و مواد غیر آلی پرهیز شود که برای تأمین این خواسته تفکیک ضایعات غذایی از سایر زباله‌ها لازم خواهد بود. علت کاهش هزینه‌ها در تکنیک اجرا شده نسبت به سایر تکنیکها اتکا به تأمین تجهیزات از تولیدات داخل کشور می‌باشد.

## ۵- نتیجه گیری

علی‌رغم منابع سرشار انرژی شامل ضایعات کشاورزی، فضولات حیوانی، ضایعات جنگلی، زباله‌های شهری و فاضلاب‌های شهری سهم تولید انرژی از زیست‌توده در ایران بسیار ناچیز و در حد ۱۰/۵۶ مگاوات می‌باشد که کمتر از یک هزارم درصد از مجموع انرژی تجدید پذیر تولیدی کشور است (ساتبا ۱۳۹۸) که این مقدار از طریق پنج نیروگاه تأمین می‌شود و با توجه به منابع کشور بسیار ناچیز است و باید تلاشها در جهت توسعه این نیروگاهها انجام گیرد از طرف دیگر در این نیروگاهها اتکابه یک روش کامل خالص‌سازی بیوگاز به منظور ارتقاء بیوگاز تولیدی به طور جدی و مدون انجام نشده است که این مهم برای افزایش تولید ضروری است و اجرای تکنیک جاروب کشتی با آب در کشور گره گشای حل این مسله می‌باشد به طوری که اگر این تکنیک با سیستم بازیعی در حالتی که آب گردش مجدد نداشته باشد اجرا گردد بسیار مناسب و قابل توصیه است به طوری که این آب غنی شده با گوگرد برای کشاورزی مناسب می‌باشد. نظر به اینکه وجود سولفید هیدروژن در بیوگاز در ترکیب با بخار آب سبب ایجاد اسید سولفوریک شده و باعث خوردگی در ژنراتورها می‌شود حتی اگر کاهش دی‌اکسید کربن مورد نظر نباشد حذف آن لازم است اگر چه کمی کردن هزینه مرتبط با سولفید هیدروژن با توجه به قابلیت‌های متفاوت ژنراتورهای تولیدی توسط شرکت‌های سازنده مشکل می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

از همه بزرگوارانی که در مراحل مختلف اجرای طرح از همیاری و مساعدت‌هایشان بهره‌مند شده ایم: آقایان علی آدینه نیا، علینزاده، رامشینی، خورشیدی، ابراهیمی، ثنائی، رضوانی، خانمها: نوروزی و موسوی و خلیلی همچنین از آقایان حسن زاده و پژمان قدردانی و تشکر می‌نمائیم.

## منابع

۱. بخشی زاده، عبدالامیر (۱۳۹۵)، روابط عمومی سازمان مپ شهرداری مشهد <https://wmo.mashhad.ir>
۲. لاری حمید رضا، کریمیان ابولفضل، ادینه نیا علی (۱۳۹۱) تحلیل اقتصادی احداث نیروگاه بیوگاز سوز مشهد، نشریه سبز جامگان، مرداد، شماره ۵۰
۳. سایت سایت سازمان انرژیهای تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) <http://www.satba.gov.ir>
4. Achinas S., Achinas V. & Euverink G.J.W. (2017). A technological overview of biogas production from biowaste. Engineering 3: 299-307.
5. Allegue L.B. & Hinge J. (2014). Biogas upgrading Evaluation of methods for H2S removal. Danish technological institute 31.
6. Cebula J. (2009). Biogas purification by sorption techniques. ACEE Journal 2: 95-103.
7. De Hullu J., Maassen J., Van Meel P., Shazad S., Vaessen J., Bini L. & Reijenga J. (2008). Comparing different biogas upgrading techniques. Eindhoven University of Technology, The Netherlands.
8. Hudde J. (2010). Experience with the Application of Water Scrubbing Biogas Upgrading Technology: On the Road with CNG and Biomethane European Best Practice Examples: The Madagascar Project. In: The Madagascar Project Final Conference.

**مطالعات طراحی شهری  
و پژوهش‌های شهری**

فصلنامه علمی تخصصی مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری

سال چهارم، شماره ۲ (پیاپی: ۱۵)، تابستان ۱۴۰۰، جلد یک