

تولید بیوگاز در شمال غرب ایران: از نقطه نظر ارزیابی چرخه حیات

زهرا وحیدی اضماره^{۱*}، ترحم مصری گندشمین^۱، علی میرزازاده^۱^{۱*} - مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: mesrightm@uma.ac.ir zhr.vahidi23@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

چکیده

اثرات زیست محیطی سیستم های تولید بیوگاز به مفاهیم فنی و شرایط استفاده از آن بستگی دارد. ارزیابی چرخه حیات تولید بیوگاز تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند بستر تولید بیوگاز و مسیرهای استفاده از بیوگاز و باقی مانده های هضم شده است. هدف از ارائه این مطالعه، ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید بیوگاز در مقیاس کوچک در شمال-غرب ایران می باشد. به منظور محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه ای خاص از تولید بیوگاز، روش استاندارد ارزیابی چرخه حیات به کار گرفته شد. بسترهای انتخاب شده برای تولید بیوگاز در مقیاس کوچک در ایران شامل ضایعات رایج خانوارهای روستایی در این مناطق است. اکثر کشاورزان در این مناطق گاو شیری دارند، بنابراین انتخاب کود گاوی به عنوان بستر اولیه منطقی به نظر می رسد. این بستر را می توان مستقیماً از گاوداری ها، در صورت وجود، یا مراتع جمع آوری شود و سپس با آب مخلوط شود تا یک ماده همگن برای تغذیه هضم کننده بیوگاز به دست آید. در جایی که مردم آشپزی می کنند، زباله تولید می شود، در اینجا ما به زباله های آشپزخانه با محتوای چربی متوسط به عنوان یک گزینه ورودی برای دستگاه تخمیر نگاه می کنیم. یک محصول ضایعاتی خاص از پخت روزانه، پوست سیب زمینی است، زیرا سیب زمینی در این منطقه از ایران، به دلیل تولید بال، به عنوان غذای اصلی محسوب می شود. بستر مشترک برای سناریوی سوم، کاه گندم است. سناریو دوم با ۷۰٪ کود گاو و ۳۰٪ پوست سیب زمینی کمترین میزان تولید بیوگاز در سال را با ۶۹٫۶ متر مربع نشان می دهد. اما سناریو سوم بیشترین خروجی بیوگاز را در این مقایسه دارد. نتایج نشان می دهد که سناریو اول با ۰٫۲۳۶ کیلوگرم معادل CO₂ معادل کمترین و سناریوی سوم را با ۰٫۳۳۳ کیلوگرم CO₂ معادل، بیشترین مقدار معادل CO₂ منتشر می کند.

کلمات کلیدی

"بیوگاز"، "ارزیابی چرخه حیات"، "کود گاوی"، "گازهای گلخانه ای"، "انرژی های فسیلی"

۱- مقدمه

میلیون نفر برای پخت و پز به زیست توده سنتی مانند هیزم، زغال سنگ یا سرگین خشک استفاده می کنند (Sheinbaum-Pardo & Ruiz, 2012). توسعه در مناطق روستایی در ۱۰۰ سال گذشته از درگیری های مسلحانه رنج برده و مردم به شهرها یا کشورهای همسایه فرار کرده اند. در برخی روستاهای مناطق شمال غرب ایران، شبکه خط لوله گاز گسترده ای ندارد. حمل و نقل گاز مایع راه حلی برای انتقال انرژی به روستاهای دور افتاده است. همچنین استفاده گسترده از هیزم برای اهداف انرژی تأثیر شدیدی بر جنگل های محلی دارد. این باعث می شود یکی از علل اصلی افزایش انتشار گازهای گلخانه ای، جنگل زدایی و تخریب زمین باشد. تخمین زده می شود که جایگزینی این روش های تولید گرمایش، با هضم کننده بیوگاز به میزان قابل توجهی می تواند از تولید آلاینده ها، تخریب زمین و جنگل ها، و جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی کمک کند. این وضعیت در مناطق خشک و نیمه خشک آسیا نیز مشابه است (Omar Hijazi et al., 2014). استفاده از بیوگاز به عنوان منبع انرژی مزایای زیادی دارد. کارآمد، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست است. در اکثر مناطق روستایی، آشپزی در داخل خانه روی اجاق گازهای معمولی یا اجاق گازهای سنتی طبخ می شود که در آن زیست توده به طور مستقیم سوزانده می شود و

پسماند گاوداری ها مناسبترین ترین ماده برای تولید بیوگاز است، اما همیشه بهترین ماده نیست. اگر گاوها در یک گاوداری با سیستم دفن نگهداری می شوند، جمع آوری مدفوع آنها برای بیوگاز بسیار آسان است. در حالی که معمولاً در ایران، گاوداری ها به صورت سنتی بوده و در بعضی ماه های سال حتی در زمین مرتعی زندگی می کنند. در نتیجه، برای به دست آوردن کود باید به احتمال زیاد آن را از روی زمین جمع آوری کرد که باعث افزایش کار برای تولید بیوگاز می شود (Jafari-Sejehrood et al., 2019). در غیر این صورت این بستر به سادگی در محدوده بدون استفاده باقی می ماند. سایر بسترهای مناسب که همیشه یکبار مصرف هستند، پوست سیب زمینی و کاه گندم هستند که همه آنها در مناطق شمال غرب ایران به وفور یافت می شوند. این محصولات به اصطلاح جانبی یا زباله های آشپزخانه اگر قبلاً به قطعات کوچک بریده شوند، بسترهای مناسبی برای هضم کننده بیوگاز تشکیل می دهند و به دلیل تقویت سطح، فرآیند تخمیر را تسهیل می کنند. از قسمت های دیگر گیاهان نیز می توان استفاده کرد، مانند کاه گندم، مگر اینکه میزان لیگنین آنها بسیار زیاد باشد (Mancini, Papirio, Lens, & Esposito, 2018). طبق گفته پارو و همکاران (۲۰۱۲)، ۸۵

هیدرولیتیک یا تخمیر کننده با آزادسازی آنزیم های خارج سلولی، تحول را تسهیل می کنند. سپس ترکیبات محلول در اسیدوزنر توسط باکتری های اسیدوزنر به دی اکسید کربن، هیدروژن، الکل و اسیدهای چرب فرار با وزن مولکولی کم (VFAs) تبدیل می شوند. به عنوان مثال، اسیدهای پروپیونیک و بوتیریک در طول استوزنر، باکتری های استروژن ساز هیدروژن الکل ها و VFA ها را بی هوازی به استات، H_2 و دی اکسید کربن (CO_2) اکسید می کنند. راه دیگر تشکیل استات از طریق H_2 و CO_2 توسط باکتری های استونیک اکسید کننده هیدروژن معروف به هموستون ها است. در مرحله نهایی، متانوزن های استروتروف و هیدروژنوتروف استات، H_2 و CO_2 را به مخلوطی از متان (CH_4) و CO_2 تبدیل می کنند. در مرحله متانوزنر، استاتروفیک متانوزن های استاتروفیک از استات به عنوان بستر استفاده می شود. متانوزن های هیدروژنوتروفیک با استفاده از H_2 به عنوان دهنده الکترون در متانوزنر هیدروژنوتروفیک، CO_2 را به CH_4 و H_2O کاهش می دهند. حدود ۷۰ درصد از کل CH_4 تولید شده از دکربوکسیلاسیون استات سرچشمه می گیرد، در حالی که CH_4 باقی مانده بیشتر از کاهش CO_2 تولید می شود. اسیدهای فرمیک، پروپیونیک و بوتیریک و سایر بسترهای آلی نیز مقادیر کمی CH_4 را از طریق متانوزن تولید می کنند (Fardad et al., 2018; Najafi, Ardabili, & Recycling, 2018; Surendra et al., 2014) ترکیب بیوگاز به ترکیب بستر و پارامترهای عملکرد بستگی دارد، از ۵۰ تا ۷۵ درصد CH_4 ، ۲۵ تا ۵۰ درصد CO_2 و ۱ تا ۱۵ درصد گازهای دیگر) به عنوان مثال بخار آب، H_2S و NH_3 . از آنجا که این ترکیب گاز حامل انرژی در ترکیب بیوگاز گازها است، محتوای CH_4 بالا مورد پسند است. به طور کلی، عملکرد هضم بی هوازی به پارامترهای خاصی مانند ترکیب بستر، غلظت مواد جامد، اختلاط، دما، زمان احتباس هیدرولیکی (HRT) و میزان بارگذاری آلی (OLR) بستگی دارد. شرایط ایده آل می تواند محیط دمایی مزوفیلی بین ۳۲ تا ۴۲ درجه سانتی گراد و pH بین ۶.۷ تا ۷.۵ باشد زیرا اکثر متانوزن ها در محدوده pH خنثی رشد می کنند. با توجه به تعادل، ترکیب بستر در نسبت C/N در ۱۵-۴۵ مطلوب خواهد بود، مقادیر کمتر ممکن است باعث مهار آمونیوم شود در حالی که نسبت بالاتر می تواند سرعت واکنش را کاهش دهد. سایر مواد مغذی مانند فسفر و گوگرد نیز نقش مهمی در ترکیب بستر بازی می کنند. درصد بسیار زیادی از جامدات یا بسترهای حاوی سهم بالای سلولز یا لیگنین، فرآیند تخمیر را مهار می کنند زیرا میکروب ها برای تجزیه قطعات جامد به زمان بیشتری نیاز دارند و بنابراین باید از آنها اجتناب کرد. یکی دیگر از عوامل کلیدی برای تولید بیوگاز خوب، اختلاط است. اختلاط زیاد عملکرد را کاهش می دهد اما بدون مخلوط شدن، مواد جامد ته نشین شده و مواد فومی شکل شروع به ساختن می کند. میزان تولید بیوگاز، به دلیل فوم ایجاد شده، کاهش یافته و از

منجر به انتشار بیشتر مونوکسید کربن و هیدروکربن ها می شود. آلودگی هوای داخل ساختمان بیشتر زنان و کودکان را تحت تأثیر قرار می دهد زیرا آنها معمولاً مسئول آشپزی هستند و زمان زیادی را در محیط آلوده به دود می گذرانند که می تواند منجر به مشکلات جدی بهداشتی مانند سرطان ریه، ذات الریه یا سایر بیماری های ریوی شود (Maghanaki, Ghobadian, Najafi, Galogah, & reviews, 2013). هدف این مطالعه این است که سه سناریوی مختلف ممکن را برای یک هضم کننده بیوگاز در مقیاس کوچک در مناطق مختلف شمال غرب ایران با تکنولوژی کم تنظیم کند. استفاده از زیست توده همیشه موجود مانند کود گاوی به عنوان پایه، همراه با ضایعات آشپزخانه (چربی متوسط)، پوست سیب زمینی یا کاه گندم به دریافت گاز ثابت در طول سال بدون نیاز به انبارهای بزرگ به عنوان زیرپایه ها کمک می کند. این منابع روزانه ارائه می شوند و برای مدت طولانی در دسترس هستند. علاوه بر این، انتشار گازهای گلخانه ای برای هر سناریو محاسبه می شود تا تفاوت رد پای کربن را در مقایسه با استفاده از هیزم یا گاز مایع برای پخت و پز به جای بیوگاز، نشان دهد. در نهایت، مفید بودن محصول جانبی، بستر تخمیر شده نیز یک نکته مهم است، برای بررسی قابلیت استفاده از آن به عنوان کود گیاهی. همه این ها به ترسیم آینده هضم کننده های بیوگاز در مقیاس کوچک در مناطق روستایی در مناطق کوهستانی کمک می کند.

• روش انجام تحقیق

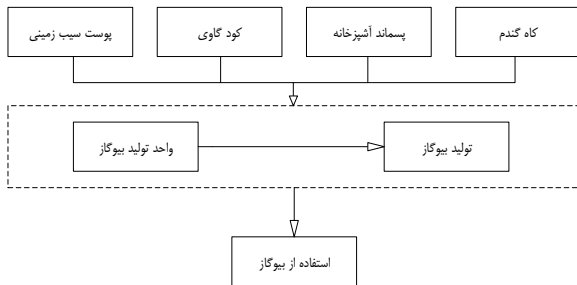
• هاضم بیوگاز

در حوزه هضم کننده های مقیاس کوچک سه گزینه محبوب وجود دارد (Ferrer et al., 2011; Surendra, Takara, Hashimoto, Khanal, & Reviews, 2014): هضم کننده لوله ای، هضم کننده پوشش شناور و هضم کننده گنبد ثابت. طرح یکسان است و تغییرات در اجرا همیشه انجام می شود زیرا نوع ساختمان خاص باید با آب و هوا، محیط، در دسترس بودن مصالح، هزینه ها و اندازه مطلوب سازگار باشد. این مطالعه یک هضم کننده گنبد ثابت با ذخیره گاز شناور را مورد بررسی قرار می دهد.

• فرآیند تخمیر

میکروارگانسیم ها بازیگران اصلی در فرآیند تبدیل مواد آلی به بیوگاز هستند، فرآیندی که دارای یک سری مراحل متابولیسی است. در غیاب اکسیژن، بسترها توسط جوامع مختلف باکتریایی طی چند مرحله متابولیسی به متان تجزیه می شوند: هیدرولیز، اسیدوزنر، استوزنر و متانوزنر. در مرحله اول، ترکیبات آلی پیچیده مانند لیپیدها، پروتئین ها و پلی ساکاریدها از طریق هیدرولیز به مونومرها یا لیگومرهای محلول (مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب زنجیره بلند، قندها و الکل ها) تبدیل می شوند. باکتری های

تولید و استفاده از بیوگاز به عنوان منبع انرژی است. بنابراین، از انرژی مفید به عنوان واحد عملکردی یک مگاژول استفاده شد. مرزهای سیستم در شکل ۱ نشان داده شده است. برای سیستم های بیوگاز، موجودی چرخه زندگی (LCI) از پایگاه داده بیوگاز LfL گردآوری شده است.



شکل ۱- مرز سیستم

برای توصیف تأثیر سیستم های بیوگاز بر گرمایش زمین، عمده گازهای گلخانه ای CH_4 ، CO_2 و اکسید نیتروژن (NO_2)، با استفاده از عوامل هم ارزی CO_2 (بر اساس جرم) برای افق زمانی ۱۰۰ ساله ۲۹۸ برای N_2O (بدون با توجه به بازخورد چرخه آب و هوا) و ۲۵ برای متان (Hijazi, Munro, Zerhusen, Effenberger, & Reviews, 2016) تولید گازهای گلخانه ای که در تولید بیوگاز اتفاق می افتد، در حدود ۱ درصد از تولید CH_4 تخمین می شوند. انتشار در بخش ماشین آلات و تجهیزات و تولید مخزن تخمیر در محاسبات انجام می شود. با فرض حداقل طول عمر ۱۰ سال برای هاضم بیوگاز، ۰/۱ از تولید گازهای گلخانه ای برای تولید هاضم بیوگاز برای محاسبه در نظر گرفته می شود، مانند همیشه در این مطالعه سناریوی یک ساله در نظر گرفته می شود. یک ظرف با حجم ۱۰۰۰ لیتر از گرانول پلی وینیل کلراید ساخته شده است. وزن یک دستگاه هضم کننده ۵۰ کیلوگرم است و برای تولید ۱ کیلوگرم پلاستیک PVC، انتشار ۲،۱۷ کیلوگرم معادل CO_2 رخ می دهد. در نتیجه، برای تولید یک واحد تخمیرکننده ۱۰،۸۵ کیلوگرم معادل CO_2 ایجاد می شود اما تنها یک سال در نظر گرفته می شود که عدد واقعی در اینجا ۱۰،۸۵ کیلوگرم است (Omar, Hijazi et al., 2021).

• سناریوها

بسترهای انتخاب شده نشان دهنده ضایعات رایج خانوارهای روستایی در شمال غرب ایران است. اکثر کشاورزان در این مناطق، گاو شیری دارند، بنابراین انتخاب کود گاوی به عنوان بستر اساسی یک نتیجه منطقی است. این بستر را می توان مستقیماً از گاوداری خارج کرد یا باید از زمین مراتع جمع آوری شود و سپس ۵۰:۵۰ با آب مخلوط شود تا مایع همگن برای تغذیه هضم کننده بیوگاز به دست آید. در جایی که مردم آشپزی می کنند، زباله تولید می شود، در اینجا ما به زباله های آشپزخانه با

تخمیر جلوگیری می شود. بنابراین، اختلاط مناسب باعث می شود که بیوگاز تولید و خارج شده و سپس جمع آوری شود، در حالی که رسوب جامدات بی اثر طول عمر راکتور را کاهش می دهد. مهمتر از همه، بدون مخلوط کردن تماس بین باکتریها و بستر کاهش می یابد (Garfí, Martí-Herrero, Garwood, Ferrer, & reviews, 2016). علاوه بر این، زمان نگهداری بیان زمان متوسط بستر در هضم کننده نیز برای تولید بهینه بیوگاز قابل توجه است. با توجه به KTBL (2007) میزان حفظ هیدرولیک (HRT) باید حداقل ۳۰ روز باشد اما بسته به میزان بارگذاری آلی (OLR) می تواند تا ۱۰۰ روز طول بکشد (Doehler, Eckel, & Froeba, 2009). هرچه مواد آلی بیشتری در هر زمان تحویل داده شود، HRT کمتر است و بار هضم (B) بیشتر است. زمان بسیار کم ماندن در زیر زمان تولید میکروارگانیسم های متانوژن منجر به تجزیه ناقص بسترها می شود. OLR بهینه بستگی به ترکیب بستر و مدل و اندازه هضم کننده دارد. این پارامتر یک عامل اصلی در محاسبه ورودی بستر و خروجی گاز هر ماده است. رابطه زیر، پارامترهای موثر در محاسبه را ارائه می دهند:

$$B = \frac{m \times c}{V} \rightarrow m = \frac{B \times V}{c} \quad (1)$$

که در آن:

B= digester load [kg oDM/m³]

m= added substrate per time [kg/d]

c= concentration of oDM

V= net-digester volume [m³]

این فرمول مقدار ورودی روزانه مورد نیاز را نشان می دهد، اما از آنجا که به همه سناریوها به عنوان سناریوی یک ساله نگاه می شود، باید نتیجه را با ۳۶۵ ضرب کرد. سپس، برای به دست آوردن تولید گاز سالانه، مقدار ورودی را باید با تعداد خاص گاز خروجی در هر تن بستر تازه موجود در پایگاه داده محاسبه کرد. با این حال، تنها قسمت متان بیوگاز گازی است که در شعله اجاق گاز پخته می شود، بنابراین باید محاسبه شود که هر زیرلایه در سال چقدر متان تولید می کند. این اعداد خاص نیز در همان منبع خروجی گاز در هر تن بستر تازه یافت می شود.

• انتشار گازهای گلخانه ای و ارزیابی چرخه حیات

به منظور محاسبه انتشارات اختصاصی گازهای گلخانه ای تولید بیوگاز، روش استاندارد ارزیابی چرخه حیات (LCA) با استفاده از ابزار SIMAPRO دنبال شد. هدف از این مطالعه ارائه تأثیرات ویژه بر کاهش گرمایش جهانی/کاهش گازهای گلخانه ای در

جدول ۳- اطلاعات بسترها در سناریو سوم

| سوستر | کننده | oDM | m ³ /t FM | CH ₄ |
|----------|-------|------|----------------------|-----------------|
| کود گاوی | 0.57 | 80 | 90 | 55 |
| کاه گندم | 0.38 | 92.3 | 157.6 | 51.5 |

۳- نتایج

• خروجی گاز

سناریو اول: این ترکیب بستر منجر به ورودی مورد نیاز ۱,۴۲۵ کیلوگرم کود و ۰,۸۷۷۶ کیلوگرم ضایعات آشپزخانه در روز می شود. در چرخه یک ساله، ۵۲۰,۱۲۵ کیلوگرم کود گاو و ۳۲۰,۳۲۳ کیلوگرم ضایعات آشپزخانه باید به تخمیر دهنده تحویل داده شود. در نتیجه مجموع خروجی بیوگاز ۷۶,۲۸۱ متر مربع در سال است. از آنجا که میزان متان بیوگاز تولید شده برای کود گاوی ۵۵ درصد و برای ضایعات آشپزخانه ۶۰,۲ درصد است، مجموع خروجی متان ۲۵,۷۴۶ متر مربع در سال به دست می آید.

سناریوی دوم: با داشتن ۷۰٪ کود گاوی در ترکیب، ورودی روزانه ۱,۶۶۳ کیلوگرم و ورودی مورد نیاز سالانه ۶۰۶,۸۱۳ کیلوگرم کود گاوی و روزانه ۰,۶۰۸ کیلوگرم پوست سبب زمینی باید وارد شود که در یک سال ۲۲۱,۸۰۲ کیلوگرم است. تولید بیوگاز در سال ۶۹,۶۲۹ متر مربع بیوگاز به دست می آید. با سهم متان ۵۵ درصد در کود گاوی و ۵۱,۴ درصد در پوست سبب زمینی، در مجموع به ۳۰,۰۳۷ متر مربع تولید متان در سال می رسد.

سناریوی سوم: میزان مصرف کود گاوی در روز و سال مشابه سناریوی اول است زیرا هر دو سهم ۶۰ درصدی دارند. نتایج نشان می دهد که ورودی روزانه ۰,۸۲۳ کیلوگرم و ۵۰۰,۵۴۲ کیلوگرم در سال برای کاه گندم ضروری است. این منجر به خروجی کل بیوگاز ۹۴,۱۷۷ متر مربع در سال در این سناریو می شود. با ۵۵ درصد متان در کود گاوی و ۵۱,۵ درصد در کاه گندم، مجموعاً ۲۵,۷۴۶ متر مربع متان در سال تولید می شود.

• انتشار GHG

سناریو اول: تعداد کل انتشار گازهای گلخانه ای در اولین سناریو تا ۰,۲۳۶ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز می باشد. این عدد از مجموع جریان انتشار ناشی از فرآیند تولید بیوگاز 0.161 کیلوگرم CO₂ معادل بر هر مگاژول بیوگاز و جریان

چربی متوسط به عنوان یک گزینه ورودی برای دستگاه تخمیر نگاه می کنیم. یک محصول ضایعاتی خاص از پخت روزانه پوست سبب زمینی است، زیرا سبب زمینی نه تنها در شمال غرب ایران بلکه در نقاط دیگر ایران نیز به عنوان غذای اصلی محسوب می شود. بستر مشترک برای سناریوی سوم، کاه گندم پس از برداشت و فراوری گندم است. به جای استفاده نکردن از آن یا استفاده ضعیف از این ماده، یک راه کارآمدتر این است که بیوگاز با برش به قطعات کوچک و تخمیر از آن استخراج شود. به طور خلاصه، همه مواد در تمام طول سال در دسترس هستند و اگر برای تولید بیوگاز مورد استفاده قرار نگیرند، هیچ کاربردی ندارند و یا کاربرد کمی خواهند داشت.

• کود گاو و ضایعات آشپزخانه (چربی متوسط)

در این سناریو ترکیبی با ۶۰٪ کود گاوی و ۴۰٪ ضایعات آشپزخانه انتخاب شد و هضم کننده به حجم ۱ متر مربع نباید به طور کامل پر شود تا به گاز کمی فضای خروجی از دوغاب داده شود. در مجموع ۰,۹۵ متر مربع، حجم پر شده بود. جدول ۱، اطلاعاتی را در مورد بسترها ارائه می دهد.

جدول ۱- اطلاعات بسترها در سناریو اول

| سوستر | حجم تخمیر کننده | oDM | m ³ /t FM | CH ₄ |
|-----------------|-----------------|------|----------------------|-----------------|
| کود گاوی | 0.57 | 80 | 90 | 55 |
| پسماند آشپزخانه | 0.38 | 86.6 | 92 | 60.2 |

• کود گاو و ضایعات آشپزخانه (چربی متوسط)

در سناریوی دوم، ترکیبی با ۷۰ درصد کود گاو و ۳۰ درصد پوست سبب زمینی از پیش تعیین شده بود زیرا مقدار زیادی پوست سبب زمینی به اندازه ضایعات عمومی آشپزخانه با چربی متوسط در روز وجود نخواهد داشت. جدول ۲ اطلاعات را در مورد بسترها در سناریو دوم ارائه می دهد.

جدول ۲- اطلاعات بسترها در سناریو دوم

| سوستر | کننده | oDM | m ³ /t FM | CH ₄ |
|----------------|-------|------|----------------------|-----------------|
| کود گاوی | 0.665 | 80 | 90 | 55 |
| پوست سبب زمینی | 0.285 | 93.8 | 67.7 | 51.4 |

• کود گاوی و کاه گندم

در آخرین سناریو ترکیبی با ۶۰٪ کود گاو و ۴۰٪ کاه گندم تعریف شد. جدول ۳ اطلاعات را در مورد بسترها در سناریو سوم ارائه می دهد.

اغلب از LPG و NG استفاده می شود، سناریوهای بیوگاز بسیار کمتر از این سوخت به آب و هوا آسیب می رسانند. انتشار گازهای گلخانه ای گاز مایع 1.59 کیلوگرم معادل CO₂ است. که بسیار بیشتر از بیوگاز است شکل ۲ کل تولید گاز را نشان می دهد، در حالی که قسمت مهم آن محتوای متان است زیرا متان نشان دهنده قسمت حاوی انرژی گاز است. در شمال غرب ایران، اکثر دستگاه های هضم کننده باید برای استفاده مستقیم از گاز و برای سوزاندن مستقیم گاز برای اهداف پخت و پز ساخته شوند. بنابراین، تجزیه و تحلیل متان نگرانی اصلی در این بخش است. نوارهای آبی رنگ در نمودار (شکل ۲) کل تولید بیوگاز هر سناریو را نشان می دهد. بنابراین، استفاده مستقیم از متان تولید شده از فرایند تخمیر و تولید بیوگاز (و نه آزاد کردن آن در هوا) عامل مهمی در کاهش اثرات زیست محیطی بیوگاز تولید شده خواهد بود.

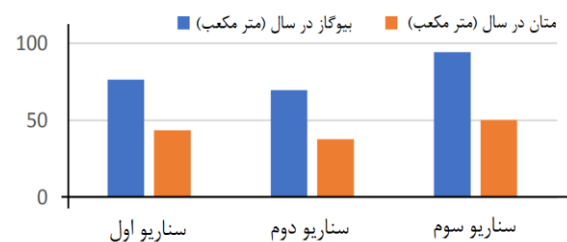
۴- نتیجه گیری

بیوگاز قبلاً پتانسیل خود را برای تبدیل شدن به یک مدل موفق برای تولید انرژی پایدار در سایر کشورها ثابت کرده است. مزایای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی آن نه تنها برای کاربران بلکه برای کل کشورها قابل مشاهده است. در شمال غرب ایران، اشتغال در جامعه روستایی را می توان با ایجاد تعاونی های محلی برای نصب و نگهداری سیستم های تولید بیوگاز ایجاد کرد. زنان توانمند می شوند زیرا دیگر از آلودگی هوا رنج نمی برند. از آنجایی که هزینه های سوخت و کود به طور کامل یا حداقل در قسمت های بزرگ کاهش می یابد، بیوگاز به معنای کمک مالی برای خانواده ها در بلند مدت است. با این حال، یک محدودیت بزرگ برای پیشرفت در اجرای بیوگاز در مناطق روستایی، بودجه است. در اکثر کشورها، نصب دستگاه هضم کن برای کشاورزان معیشتی بدون هیچ گونه یارانه ای نه مقرون به صرفه است و نه پایدار. راه حل ها و گزینه های بیشتری برای کاهش هزینه های دستگاه های هاضم باید برای هر کشوری تدوین شود تا بتواند به هدف سال ۲۰۳۰ یعنی انرژی سبز مقرون به صرفه برای همه برسد. ارزیابی تجارت انتشار کربن یا سایر مکانیسم های یارانه پایدار می تواند به مقرون به صرفه تر شدن بیوگاز کمک کند. هزینه های دارایی نه تنها از گسترش سیستم های بیوگاز بلکه از عدم دانش جلوگیری می کند. بنابراین، سرمایه گذاری در آموزش و پرورش برای افزایش علاقه به بیوگاز در بین مردم بسیار مهم است. جامعه روستایی باید بیشتر با این فناوری در ارتباط باشند تا آن را به عنوان منبع انرژی مناسب برای خانواده خود درک کنند. تحقیقات بیشتری در مورد این موضوع باید انجام شود زیرا تقریباً هیچ پایگاه داده ای در مورد بیوگاز در ایران وجود ندارد.

ماشین آلات و تجهیزات (0.070) کیلوگرم CO₂ معادل بر هر مگاژول بیوگاز تشکیل شده است.

سناریو دوم: در این مورد، میزان کل انتشار معادل ۰,۳۱۶ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز است. در تولید بیوگاز جریان ۰,۱۵۱ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز محاسبه می شود و ۰,۱۵۵ کیلوگرم معادل CO₂ معادل بر هر مگاژول بیوگاز از ماشین آلات و تجهیزات منتشر می شود. اینها همراه با انتشار گازهای گلخانه ای کل معادل CO₂ منتشر شده بر هر مگاژول بیوگاز را تشکیل می دهند که منجر به ۰,۳۱۶ معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز می شود.

سناریو سوم: آخرین سناریو منجر به انتشار کل ۰,۳۳۳ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز به هوا می شود. این عدد از جریان تولید ۰,۱۸۲ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز، جریان ماشین آلات و تجهیزات ۰,۱۴۱ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز و منابع استفاده شده از بخش ماشین آلات و تجهیزات با ۰,۰۰۹ کیلوگرم معادل CO₂ بر هر مگاژول بیوگاز محاسبه شده است (شکل ۲).



شکل ۲- حجم بیوگاز و متان در هر سناریو

• بحث

با توجه به نتایج ارائه شده، تفاوت های قابل توجهی در خروجی گاز سه حالت قابل تشخیص است و در شکل ۲ نشان داده شده است. سناریو دوم با ۷۰٪ کود گاو و ۳۰٪ پوست سیب زمینی کمترین میزان تولید بیوگاز در سال را با ۶۹,۶ مترمربع نشان می دهد. با تولید سالیانه بیوگاز ۷۶,۳ مترمربع، سناریوی اول در حال حاضر از سناریو II پربرتر است، اما سناریو سوم بیشترین خروجی بیوگاز را در این مقایسه دارد. این مدولاسیون شامل ۶۰٪ کود گاو و ۴۰٪ کاه گندم، به تولید بیوگاز سالانه ۹۴,۲ متر مربع می رسد و در نتیجه از بین سه سناریو، کارآمدترین است. سناریو اول با ۰,۳۳۶ کیلوگرم معادل CO₂ کمترین و سناریوی سوم با ۰,۳۳۳ کیلوگرم معادل CO₂ معادل بیشترین مقدار معادل دی اکسیدکربن را منتشر می کند. از آنجا که انتشارات تولید بیوگاز کاملاً مشابه است (۰,۱۵۱-۰,۱۸۲ کیلوگرم معادل CO₂)، ارزش ماشین آلات و تجهیزات بین ۰,۰۷۰-۰,۱۵۵ کیلوگرم معادل CO₂ در سه سناریو متفاوت است. با این حال، بر خلاف منبع انرژی فسیلی که

- Doehler, H., Eckel, H., & Froeba, N. (2009). Rough index biogas. ; Faustzahlen Biogas.
- Fardad, K., Najafi, B., Ardabili, S. F., Mosavi, A., Shamshirband, S., & Rabczuk, T. J. C. M. C. (2018). Biodegradation of medicinal plants waste in an anaerobic digestion reactor for biogas production. 55, 318-392.
- Ferrer, I., Garfí, M., Uggetti, E., Ferrer-Martí, L., Calderon, A., Velo, E. J. B., & bioenergy. (2011). Biogas production in low-cost household digesters at the Peruvian Andes. 35(5), 1668-1674.
- Garfí, M., Martí-Herrero, J., Garwood, A., Ferrer, I. J. R., & reviews, s. e. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. 60, 599-614.
- Hijazi, O., Berg, W., Moussa, S., Ammon, C., von Bobrutski, K., & Brunsch, R. J. J. o. t. S. S. o. A. S. (2014). Comparing methane emissions from different sheep-keeping systems in semi-arid regions: A case study of Syria. 13(2), 139-147.
- Hijazi, O., Mettenleiter, S., Bauerdick, J., Treiber, M., Gräff, A., & Bernhardt, H. (2021). Sustainability of biogas production with small-sized plant in South America. In Bio-Economy and Agri-production (pp. 147-158): Elsevier.
- Hijazi, O., Munro, S., Zerhusen, B., Effenberger, M. J. R., & Reviews, S. E. (2016). Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. 54, 1291-1300.
- Jafari-Sejahrood, A., Najafi, B., Faizollahzadeh Ardabili, S., Shamshirband, S., Mosavi, A., & Chau, K.-w. J. E. A. o. C. F. M. (2019). Limiting factors for biogas production from cow manure: energo-environmental approach. 13(1), 954-966.
- Maghanaki, M. M., Ghobadian, B., Najafi, G., Galogah, R. J. J. R., & reviews, s. e. (2013). Potential of biogas production in Iran. 28, 702-714.
- Mancini, G., Papirio, S., Lens, P. N., & Esposito, G. J. R. E. (2018). Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments. 119, 608-614.
- Najafi, B., Ardabili, S. F. J. R., Conservation, & Recycling. (2018). Application of ANFIS, ANN, and logistic methods in estimating biogas production from spent mushroom compost (SMC). 133, 169-178.
- Sheinbaum-Pardo, C., & Ruiz, B. J. J. E. (2012). Energy context in Latin America. 40(1), 39-46.
- Surendra, K., Takara, D., Hashimoto, A. G., Khanal, S. K. J. R., & Reviews, S. E. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. 31, 846-859.

Biogas production in northwestern Iran: from the point of view of life cycle assessment

Zahra Vahidi ezmareh^{1*}; Tarahom Mesri-Gundoshmian^{1*}; Ali Mirzazadeh¹

*1- Biosystem engineering, Faculty of agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Email Address: *zhr.vahidi23@gmail.com mesrigtm@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Livestock waste is the most suitable material for biogas production, but it is not always the best material. If cows are kept on a farm with a burial system, collecting their feces for biogas is very easy. While usually, in Iran, farms are traditional and even live in rangeland in some months of the year. As a result, it is likely to have to be collected from the ground to obtain fertilizer, which increases the workload for biogas production. Otherwise, the substrate remains in the new range. Other parts of the plant can also be used, such as wheat straw, unless they have a high lignin content. Development in rural areas has suffered from armed conflict for the past 100 years, and people have fled to neighboring cities or countries. In some villages in northwestern Iran, the gas pipeline network is not extensive. Liquefied natural gas transportation is a solution for transferring energy to remote villages. Extensive use of firewood for energy purposes also severely impacts local forests. This phenomenon is one of the main reasons for increasing greenhouse gas emissions, deforestation, and land degradation. It is estimated that replacing these heat generation methods with biogas digesters can significantly contribute to the production of pollutants, land and forest degradation, and the prevention of environmental pollution. The situation is similar in arid and semi-arid regions of Asia. There are many benefits to using biogas as an energy source. Efficient, reliable, cost-effective, and environmentally friendly. In most rural areas, home cooking is cooked on a conventional stove or traditional stove, where the biomass is burned directly, leading to further emissions of carbon monoxide and hydrocarbons. Indoor air pollution primarily affects women and children because they are usually responsible for cooking and spend much time in a smoke-contaminated environment, leading to serious health problems such as lung cancer, pneumonia, or other lung diseases. Be. This study aims to set up three different possible scenarios for a small-scale biogas digester in different regions of northwestern Iran with low technology. The use of ubiquitous biomass such as cow manure as a base, kitchen waste (medium fat), potato peel, or wheat straw helps obtain a constant gas throughout the year without the need for ample storage as substrates. These resources are provided daily and are available for a long time. In addition, greenhouse gas emissions are calculated for each scenario to show the difference in carbon footprint compared to using firewood or liquefied petroleum gas for cooking instead of biogas. Finally, the usefulness of the by-product, fermented litter, is also an important point to check its usability as a plant fertilizer. This study helps to map out the future of small-scale biogas digesters in rural, mountainous areas.

Methodology

In order to calculate the specific emissions of biogas emissions, the standard method of life cycle assessment (LCA) was used using the SIMA PRO tool. This study aims to provide special effects on global warming/greenhouse gas reduction in production and the use of biogas as an energy source. Therefore, helpful energy was used as the functional unit of one megajoule. The system boundaries are shown in Figure 1. For biogas systems, life cycle inventory (LCI) is collected from the LfL biogas database. The selected beds represent the typical waste of rural households in northwestern Iran. Most farmers in these areas have dairy cows, so choosing cow manure as the primary substrate is a logical consequence. This

substrate can be removed directly from the farm or must be collected from the pasture ground and then mixed with water 50:50 to obtain a homogeneous liquid to feed the biogas digester. Where people cook, waste is generated; here, we look at medium-fat kitchen waste as an input option for the fermenter. A unique waste product of daily cooking is potato skin because potatoes are considered the leading food in northwestern Iran and other parts of Iran. The common substrate for the third scenario is wheat straw after harvest and wheat processing. Instead of not using it or using it poorly, a more efficient way is to extract the biogas by cutting it into small pieces and fermenting it. In short, all materials are available all year round, and if they are not used to produce biogas, they have no or little use.

Conclusion

According to the presented results, significant differences in the gas output of the three modes are detectable and are shown in Figure 2. The second scenario with 70% cow manure and 30% potato skin shows the lowest biogas production per year with 69.6 square meters. With an annual biogas production of 76.3 square meters, the first scenario is currently more productive than Scenario II, but the third scenario has the highest biogas output. This modulation, including 60% cow manure and 40% wheat straw, produces 94.2 square meters of biogas per year and is the most efficient of the three scenarios. The first scenario emits the lowest CO₂ equivalent with 0.236 kg, and the third scenario emits the highest CO₂ equivalent with 0.333 kg CO₂ equivalent. Because biogas emissions are pretty similar (0.151-0.182 kg equivalent to CO₂), the value of machinery and equipment varies between 0.070-0.155 kg equivalent to CO₂ in three scenarios. However, unlike the fossil fuel source, which often uses LPG and NG, biogas scenarios do much less damage to the climate than this fuel. Greenhouse gas emissions are 1.59 kg, equivalent to CO₂. Which is much larger than biogas; Figure 2 shows the total gas production, while the critical part is the methane content because methane represents the energy content of the gas. Most digesters must be built for direct gas use and direct gas combustion in northwestern Iran for cooking purposes. Therefore, methane analysis is a significant concern in this area. The blue bars in the diagram (Figure 2) show the total biogas production of each scenario. Therefore, the direct use of methane produced by the fermentation process and biogas production (rather than releasing it into the air) will be an essential factor in reducing the environmental impact of the biogas produced. Biogas has already proven its potential to become a successful model for sustainable energy production in other countries. Its environmental, social, and economic benefits are visible to users and all countries. In northwestern Iran, employment in rural communities can be created by establishing local cooperatives to install and maintain biogas production systems. Women become empowered because they no longer suffer from air pollution. Because fuel and fertilizer costs are reduced entirely or at least in large part, biogas means financial support for families in the long run. However, budget is a significant constraint on progress in implementing biogas in rural areas. In most countries, installing a digester for subsistence farmers without subsidies is neither cost-effective nor sustainable. More solutions and options to reduce the cost of digestive systems must be developed for each country to reach the goal of 2030, namely green energy for all. Evaluating carbon emissions trading or other sustainable subsidy mechanisms can help make biogas more cost-effective. Asset costs prevent the spread of biogas systems and the lack of knowledge. Therefore, investing in education is very important to increase the interest in biogas among the people. Rural communities need to be more involved with this technology to understand it as a good energy source for their families. More research needs to be done because there is almost no biogas database in Iran.

Keywords

Biogas, life cycle assessment, cattle manure, greenhouse gases, fossil fuels