علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، ویژه نامه شماره۲، پاییز ۱۳۹۵

بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران با رویکرد توسعه پایدار

ملیحه فلاح نژاد تفتی [۱*]

m_falahnezhad@yahoo.com

محمد علی عبدلی [۲]

فرشاد گلبابایی کوتنایی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۰۵ **تاریخ پذیرش:۹۳/۰۸/۲۰**

چکیده

زمینه و هدف: بحران انرژی را می‌توان مهمترین بحران پیش روی بشر دانست. در سال‌های اخیر به علت مشکلات ناشی از وابستگی گسترده به نفت و محدودیت منابع انرژی، به استفاده از بیوگاز در راستای توسعه پایدار کشور بیش‌تر توجه شده است. علاوه بر تأمین سوخت، استفاده از بیوگاز اثرات چشم‌گیری در کاهش گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه کاهش گرمایش زمین دارد. همچنین از مزایای دیگر تولید بیوگاز از منابع زیست توده، کاهش زباله و تولید کود بهداشتی است. هدف از انجام این تحقیق بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران با رویکرد تامین انرژی در محل مصرف و کاهش هزینه‌های حمل و نقل می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق با استفاده از آمار تعداد دامهای موجود در روستاهای کشور و تعیین میزان فضولات دامی قابل استحصال، پتانسیل تولید بیوگاز از منابع دامی روستایی کشور بررسی شده است.

یافته ها: با تحقیقات صورت گرفته، پتانسیل تولید بیش از یازده میلیارد و صد و نود و پنج میلیون مترمکعب بیوگاز به طور سالانه از شصت و سه میلیون دام موجود در روستاهای کشور وجود دارد. همچنین در بخش دیگر این تحقیق، میزان بیوگاز قابل استحصال از مواد زاید فسادپذیر روستایی، به عنوان یک منبع زیست توده دیگر مورد بررسی قرار گرفت که طبق این بررسی پتانسیل تولید ۴۸۷ میلیون متر مکعب از یک میلیون و دویست و چهل و نه هزار تن در سال مواد زاید فسادپذیر وجود دارد.

نتیجه گیری: به طور کلی با انجام این تحقیقات و بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران مشخص گردید که این عملیات با رویکرد تامین انرژی در محل مصرف و کاهش هزینه‌های حمل و نقل قابلیت اجرایی و صرفه اقتصادی داشته و از جمله راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در سطح کشور و ملی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیوگاز، انرژی، زیست توده، پتانسیل سنجی، فضولات دامی.

۱*- (مسوول مکاتبات): دانشجوی دکتری مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 18, Special No.2, Autumn 2016

Investigating the Potential of Biogas and Energy Generation from Biomass Resources in Villages of Iran with Sustainable Development Approach

Maliheh Fallahnejad Tafti [1]*
m_falahnezhad@yahoo.com
Mohammadali Abdoli [2]
Farshad Golbabaei Kootenaei [3]

Abstract

Background and Objective: Energy crisis is the most important crisis threatening mankind. Recently, using biogas has been put under focus due to the problems caused by widespread dependence to oil and scarcity of energy resources. In addition, using biogas as a fuel supply can saliently reduce greenhouse gases and consequently reduce global warming. Also, other advantages of biogas generation from biomass resources are waste minimization and sanitary manure generation. The aim of this study was to estimate the potential of biogas and energy production from biomass resources in the villages of Iran with anapproach to supply energy at the consumption place and to reduce transportation costs.
Method: In this study, potential of biogas production from cattle refuse is evaluated according to the numbers of cattle existing in Iran villages and determination of cattle refuse quantity.
Results: Results show that 11.195 million m^3 biogas can be produced from 63 million cattle in villages of Iran. The extractable biogas from rustic biodegradable wastes was also determined. It was found that, annually, 487 million m^3 biogas can be produced from 1249000 tons of waste per.
Conclusion: Generally, this study revealed that biogas and energy generation from biomass resources in villages of Iran with an approach to supply energy at the consumption place and to reduce transportation costs has economical efficiency and can be as a national strategy for achieving sustainable development.

Keywords: Biogas, Energy, Biomass, Potential survey, Animal waste

1- Phd Student of water and wastewater Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*
2- Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
3- Phd Student of water and wastewater Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

مقدمه

در شرایط کنونی کلیه کشورها اعم از توسعه یافته و در حال توسعه یک مسئله مشترک دارند و آن جایگزین کردن منابع تجدیدپذیر انرژی به جای منابع تجدیدناپذیر می‌باشد. یکی از منابع مهم تجدیدپذیر که می‌تواند منبع عظیم تأمین سوخت باشد، بیوگاز حاصل از منابع زیست توده می‌باشد. مشکل سوخت رسانی به مناطق دورافتاده کشور و همچنین میزان محدود منابع سوخت فسیلی و به ویژه پدیده گرمایش زمین و افزایش گازهای گلخآن های از جمله متان که در اثر تخمیر خود به خودی فضولات و مواد فسادپذیر در محیط تولید می‌شود، موجبات توجه به تولید بیوگاز و توسعه آن در کشور را فراهم می‌کند. با توجه به این که قسمت عمده سوخت کشور در حال حاضر توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، برآورد می‌شود که به زودی منابع نفتی به اتمام برسد. لیکن از هم اکنون بشر باید در پی جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی، هیدرولیکی و مخصوصاً بیوگاز به جای منابع سوخت فسیلی باشد (۳-۱).

از مباحث مهم و قابل توجه در مدیریت پسماند در سال‌های اخیر استفاده از منابع زیست توده به منظور از بین بردن زایدات و همچنین تولید انرژی از پسماندهای جامد در ابعاد شهری و روستایی می‌باشد. وفور مواد فسادپذیر و فضولات دامی در شهرها و روستاهای کشور و تدابیر مورد نیاز برای امحای آن ها و همچنین قابلیت تولید بیوگاز از این منابع ضرورت انجام این تحقیق می-باشد. تأمین سوخت از طریق دستگاه‌های بیوگاز برای مناطق محروم می‌تواند جواب‌گوی برخی از مشکلات اقتصادی- بهداشتی کشور باشد. یکی از مهم ترین موادی که از واحدهای بیوگاز به دست می‌آید، کود بهداشتی است که فاقد هر گونه علف هرز و تخم انگل و غیره است و درنتیجه امکان کنترل آلودگی‌های حاصل از سوزاندن و یا استفاده از فضولات خام به عنوان کود، تا حد زیادی فراهم می‌شود. تولید روزانه بیش از ده‌ها هزارتن زباله در سطح روستاهای کشور و نیز بالا بودن درصد مواد فسادپذیر در پسماندها، ضرورت استفاده از فن آوری بیوگاز را روشن‌تر می‌سازد (۴).

چین و هندوستان گام‌های مهمی در جهت استفاده از منابع بیوگاز به عنوان یک منبع انرژی برداشته‌اند. تعداد واحدهای بیوگاز خانگی در هندوستان در سال ۲۰۰۵ حدود ۱۶ میلیون بوده است. با در نظر گرفتن متوسط خروجی ۴ متر مکعب گاز در روز و ۳۰۰ روز طرح، این واحدها انرژی معادل ۱۳/۴ میلیون تن نفت سفید و کودی معادل ۴/۴ میلیون تن (ازت- فسفر– پتاسیم) در سال تولید می‌کنند (۵).

در کشور چین تا سال ۲۰۰۰ میلادی تعداد تشکیلات تولید بیوگاز از زیست توده بالغ بر ۲۰ میلیون واحد، برآورد گردیده است که نیازهای بیش از ۸۰ میلیون نفر را برآورد می‌کند. در این کشور تعداد زیادی ژنراتور بزرگ و کوچک با سوخت بیوگاز برای مصارف خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می-گیرد (۶).

تولید بیوگاز از مواد فسادپذیر و فضولات دامی ضمن این که مشکل کمبود سوخت را بهبود می‌بخشد، به اقتصاد روستایی کمک زیادی کرده و در حفظ جنگل‌ها و مراتع عاملی اثرگذار می‌باشد. در فرآیند تولید بیوگاز از فضولات دامی و مواد زاید فسادپذیر، گاز گلخآن های متان کنترل می‌شود و خروجی این فرایند کود بهداشتی است که عوامل بیماری زای آن از بین رفته است. خلاصه‌ای از فواید تولید انرژی از مواد فسادپذیر و فضولات دامی در این بخش آمده است :

یکی از موثرترین راه‌های حفظ حیات جنگل‌های ایران و جهان استفاده از فن آوری بیوگاز می‌باشد. به دلیل مشکلات سوخت‌رسانی فسیلی و غیراقتصادی بودن آن و روند افزایش بی‌رویه مصرف آن و در مقابل نیاز شدید روستاییان به انرژی حرارتی و عدم تامین به موقع و کافی آن به دلیل مشکلات برشمرده، باعث گردیده تا روستاییان برای تهیه و تدارک و تامین سوخت حرارتی مورد نیاز خود به ویژه سوخت زمستانی به منابع دیگر از جمله تخریب جنگل برای استفاده از چوب درختان جنگلی و یا بوته‌کنی و سوخت کود حیوانی روی آورند که استمرار آن به نابودی جنگل‌ها، مراتع، پیش‌روی مناطق کویری و بیابانی و کاهش استعداد حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی می‌انجامد. به طوری که تخریب بی‌رویه جنگل در ایران به ویژه در ناحیه زاگرس برای تأمین سوخت‌های حرارتی خسارت جبران‌ناپذیری به منابع جنگلی ایران وارد کرده است. بررسی تخریب جنگل‌های ایران نشان می‌دهد، از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۶۶ یعنی طی ۳۲ سال حدود ۱/۵ میلیون هکتار از سطح جنگل‌های شمالی ایران کاسته شده است. در سال‌های اخیر نیز به طور متوسط سالانه ۴۵ هزار هکتار جنگل در شمال ایران تخریب شده است و در مجموع به دلیل تخریب و استفاده بی‌رویه از منابع جنگلی از جمله برای سوخت‌های حرارتی سطح جنگل‌های ایران از ۱۸ میلیون هکتار به کم تر از ۱۲ میلیون هکتار تقلیل یافته است (۷).

این روند نشان‌دهنده این است که چنانچه به مسایل انرژی حرارتی و تأمین آن از منابع تجدیدشونده، به ویژه بیوگاز توجه لازم نشود، در آینده شاهد تخریب سریع‌تر و شدیدتر جنگل‌ها و مراتع، توسعه سیل‌های مخرب و به تبع آن با افزایش فرسایش خاک زراعی و رشد روزافزون مناطق کویری و بیابانی مواجه خواهیم شد که ضمن خالی‌شدن آبادی‌ها از سکنه و افزودن بر مشکلات حاشیه‌نشینی شهری و کاسته‌شدن از اراضی زیرکشت، آثار سوء آن در کاهش تولیدات روستایی محصولات کشاورزی و دامی، تولید داروهای گیاهی، تولید علوفه دامی و افزایش سرعت رسوب‌گذاری شدید پشت سدها مشاهده خواهد شد که اثرات منفی اقتصادی آن روشن و بدیهی است.

با تبدیل پسماندهای کشاورزی و فضولات دامی به بیوگاز می‌توان از این تخریب بی‌رویه جنگل‌ها جلوگیری کرد، ۱ مترمکعب بیوگاز معادل ۵/۵ کیلوگرم هیزم، انرژی حرارتی تولید می‌کند. بنابراین یکی از موثرترین راه‌های حفظ حیات جنگل‌های ایران و جهان استفاده از فن آوری بیوگاز می‌باشد (۸).

ویروس‌ها, باکتری‌ها و انگل‌های مختلف از جمله عوامل بیماری زای موجود در فاضلاب‌های انسانی, فضولات دامی و زباله‌ها می‌باشند. در صورت استفاده از کودهای گیاهی و حیوانی معمولی، این عوامل بیماری زا در طبیعت پخش می‌گردند، در حالی که با استفاده از هاضم‌های بی‌هوازی و فرایند تولید بیوگاز قسمت عمده‌ای از این عوامل بیماری زا از بین می‌رود و خروجی نیروگاه‌های

بیوگازی می‌تواند به عنوان کودی بهداشتی مورد استفاده کشاورزان قرار گیرد. بررسی و کشت مواد ورودی و خروجی به دستگاه‌های بیوگاز نشان می‌دهد که تخم علف‌های هرز در اثر هضم بی‌هوازی تا میزان بسیار زیادی از بین می‌روند. لذا روی آوردن به هضم بی‌هوازی و تولید بیوگاز می‌تواند عاملی برای کنترل و نابودی بذر علف‌های هرز و جلوگیری از شیوع این نباتات خودرو و بی‌مصرف در مزارع و مراتع و باغات باشد (۹).

تخمیر خود به خودی مواد زاید آلی در طبیعت باعث ورود میلیون‌ها تن دی اکسید کربن و متان به جو زمین می‌گردد که باعث ایجاد اثرات گلخآن های، افزایش درجه حرارت زمین و تغییرات شدید آب و هوایی می‌گردد. بررسی‌ها نشان می‌دهد دمای متوسط کره زمین طی ۱۰۰ سال گذشته به میزان ۰/۶ – ۰/۳ درجه سانتی گراد افزایش یافته است، با طراحی و ساخت هاضم‌های بی‌هوازی مناسب و هدایت آلاینده‌های مختلف به داخل آن می‌توان ضمن تولید انرژی مناسب مانع ورود گازهای فوق به جو زمین شده و از اثرات سوء گازهای گلخآن های نظیر افزایش درجه حرارت, افزایش سطح آب دریاها و پیش‌روی آن ها جلوگیری کرد (۱۰و۱۱).

تولید انرژی از مواد زاید فسادپذیر و فضولات دامی در خانوارهای روستایی باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تهیه سوخت شده و به اقتصاد خانوارها کمک می‌کند. ضمن این که از نظر بهداشت و زیبایی اثر مهمی در محیط‌زیست دارد. کشاورزان روستایی می‌توانند مستقیماً از کود بهداشتی حاصل از دستگاه‌های بیوگاز استفاده کنند که عوامل بیماری زای آن کاملاً از بین رفته است. با تولید بیوگاز از مواد زاید، این انگیزه در خانوارهای روستایی ایجاد می‌شود که به تفکیک زباله‌های خود بپردازند (۱۲).

هدف از انجام این تحقیق بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران با رویکرد تامین انرژی در محل مصرف و کاهش هزینه‌های حمل و نقل می‌باشد.

روش بررسی

منابع زیست توده‌ای که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می‌شوند. این مواد، زایدات کشاورزی و جنگلی، پسماندهای جامد و زباله‌های شهری، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و فضولات دامی را شامل می‌شوند (۱۳و۱۴). در این تحقیق میزان انرژی قابل حصول از دو منبع زیست توده بررسی شده است. ابتدا آمار و اطلاعات تعداد و نوع دام هر شهرستان، از سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۸۲ به دست آمد و آمار جمعیت روستاهای ۳۰ استان ایران از سالنامه آماری سال ۱۳۹۰ استخراج شد (۱۵). سپس با استفاده از آمار تولید فضولات سالانه هر دام میزان تولید فضولات هر نوع دام در کل روستاهای کشور محاسبه شده است.

در قسمت دوم پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز، به منبع دیگری از مواد اولیه که زباله‌های روستایی می‌باشد پرداخته شده است. میانگین تولید پسماند در روستاهای کشور به ازای نفر در روز و درصد اجزای تشکیل دهنده آن به تفکیک استان ها و نیز در کل ۳۰ استان بررسی شده است.

یافته‌ها

در جدول ۱، میزان تولید فضولات هر نوع دام در کل روستاهای کشور محاسبه شده است. نتایج مربوط به استحصال بیوگاز از دام ها در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۱- مقدار فضولات تولیدی روزانه هر نوع دام در ایران (۱۶)

Table 1- The value of each type of animal droppings produced daily in Iran (16)

گونه	میانگین وزن زنده (kg)	مقدار تولید روزانه (٪ وزن زنده)	فضولات روزانه هر دام (kg)	فضولات سالانه هر دام (kg)
گوسفند	۵۵	۱/۸۰	۰/۹۹	۳۶۱/۳۵
بز	۵۵	۲/۴۰	۱/۳۲	۴۸۱/۸
گاو	۳۱۰	۲/۹۰	۸/۹۹	۳۲۸۱/۳۵

جدول ۲- محتوای انرژی بیوگاز حاصل از فضولات دامی (۱۷)

Table 2- The energy content of the biogas produced from animal waste (17)

ماده اولیه	بیوگاز حاصله m^3/kg	درصد متان موجود در بیوگاز
فضولات گاو	۰/۲۶ -۰/۲۸	۵۰ -۶۰
فضولات گوسفند	۰/۲۲ -۰/۲۴	۴۰ -۵۰
فضولات اسب	۰/۲ -۰/۳	۵۰ -۶۰
فضولات بز	۰/۴ -۰/۶	۵۰ -۶۰

در جدول ۳، تعداد هر نوع دام مشخص و بیوگاز حاصل از فضولات هر دسته محاسبه شده است.

جدول ۳- تعداد دام‌ها و بیوگاز تولیدی از آن ها در ایران (۱۶)

Table 3- Number of animals and amount of biogas produced from them in Iran (16)

گونه	تعداد دام در کل روستاها	فضولات سالیانه (تن)	بیوگاز تولیدی (مترمکعب در سال)
گوسفند	۳۷ × ۱۰^۶	۱۳ × ۱۰^۶	۳۲۲ × ۱۰^۷
بز	۲۰ × ۱۰^۶	۹ × ۱۰^۶	۲۳۳ × ۱۰^۷
گاو	۶ × ۱۰^۶	۲۰ × ۱۰^۶	۵۶۴ × ۱۰^۷
کل	۶۳ × ۱۰^۶	۴۲ × ۱۰^۶	۱۱۱/۹ × ۱۰^۸

در قسمت دوم پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز، به منبع دیگری از مواد اولیه که زباله‌های روستایی می‌باشد پرداخته شده است. میانگین تولید پسماند در روستاهای کشور به ازای نفر در روز و درصد اجزای تشکیل دهنده آن به تفکیک استآن ها و نیز در کل ۳۰ استان در جدول ۵ ارایه شده است. میانگین تولید سرانه پسماند در کل کشور ۴۵۱/۴۴ گرم در روز و چگالی آن ۳۷۵/۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شده است (۱۸). با توجه به این که در اکثر مطالعات صورت گرفته میانگین تولید پسماند جامد شهری حدود ۱ کیلوگرم برآورد شده، به نظر می‌رسد که میزان پسماند جامد روستایی در کشور نصف میزان آن در جامعه شهری است. این اختلاف می‌تواند به عوامل متعددی مانند فرهنگ زندگی، میزان درآمد و غیره مرتبط باشد که منجر به بالا رفتن میزان مصرف در شهرها نسبت به روستاهای کشور می‌شود (۱۹).

در جدول ۴ میانگین تولید سرانه پسماند در استآن های مختلف آمده است. با فرض درصد استحصال ۷۰٪ از زباله‌های فسادپذیر و با استفاده از آمار جمعیت سال ۱۳۸۸ که جمعیت روستاها را ۲۱۳۲۵۷۸۳ نفر برآورد کرده است، میزان مواد زاید فسادپذیر روستاهای هر استان به تفکیک محاسبه شده و میزان کل پسماندهای قابل استفاده در دستگاه‌های بیوگاز در ایران به دست آمده است.

با استفاده از جدول ۴ که میزان بیوگاز قابل تولید از هر کیلوگرم زباله فسادپذیر در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد را محاسبه کرده است، پتانسیل بیوگاز قابل تولید از مواد فسادپذیر روستایی محاسبه شد (۲۰).

جدول ۴- بیوگاز تولیدی از هر کیلوگرم مواد فسادپذیر شهری (۲۱)

Table 4. Production of biogas per kilogram urban biodegradable materials (21)

پارامتر	مقدار
زمان ماند مناسب	۲۰ روز
پتانسیل تولید بیوگاز	۳۹۰ لیتر در هر کیلوگرم
درصد متان در بیوگاز	۵۷درصد

با توجه به جداول ۵ و ۶ میزان مواد زاید فسادپذیر تولیدی در روستاهای کشور با فرض۷۰٪ استحصال (۲۲)، ۳۴۲۰/۷۳۵ تن در روز بر آورد شده که میزان تولید سالیانه آن ۱۲۴۸۵۶۸ تن می‌باشد و پتانسیل بیوگاز تولیدی سالیانه نیز، ۴۸۷ میلیون مترمکعب برآورد گردید.

جدول ۵- جمعیت روستایی و سرانه تولید مواد فسادپذیر روستایی در استان های کشور

Table 5- Rural population and per capita production of biodegradable materials in rural regions in provinces of Iran

نام استان	جمعیت روستایی	سرانه تولید پسماند (گرم در روز)
آذربایجان شرقی	۱۱۲۰۱۰۲/۷۸	۲۶۹/۹۲
آذربایجان غربی	۱۱۰۱۰۲۴/۱۳	۳۵۰/۸
اردبیل	۴۶۱۶۴۷/۹۸	۳۲۹/۵۸
اصفهان	۵۹۷۶۵۹/۷۶	۵۰۱/۹۲
ایلام	۲۰۲۷۳۷/۳۰	۳۱۲/۳
بوشهر	۲۷۲۶۴۹/۶۶	۶۳۷/۶۲
تهران	۹۱۲۲۲۴/۹۱	۴۳۹/۷۶
چهارمحال و بختیاری	۴۰۵۱۶۴/۳۵	۵۲۱/۴۶
خراسان جنوبی	۲۹۴۳۳۵/۷۸	۴۶۱/۰۶
خراسان رضوی	۱۶۹۴۵۹۹/۴۷	۴۶۸/۷۴
خراسان شمالی	۳۹۹۵۸۰/۷۷	۴۸۹/۱۱
خوزستان	۱۳۶۷۰۳۸/۹۲	۳۳۰/۱۴

زنجان	۳۶۳۸۳۴/۰۷	۵۱۸/۸۲
سمنان	۱۳۹۱۷۷/۲۵	۴۲۳/۴۲
سیستان و بلوچستان	۱۳۳۲۱۸۳/۱۴	۲۹۰/۲۱
فارس	۱۶۷۲۵۰۰/۲۷	۳۶۸/۰۸
قزوین	۳۴۴۰۷۹/۰۷	۴۷۲/۳۶
قم	۵۸۰۹۰/۱۴	۶۵۵/۴۴
کردستان	۵۶۵۴۹۴ /۹۵	۳۸۶/۱۲
کرمان	۱۱۲۱۲۶۴/۷۰	۴۳۳/۴۸
کرمانشاه	۶۰۵۶۹۵ /۸۶	۲۹۲/۸۹
کهگیلویه و بویراحمد	۳۲۷۳۶۶/۳۳	۳۱۰/۳۵
گلستان	۸۰۷۴۰۵/۸۳	۵۴۰/۰۲
گیلان	۱۰۷۹۰۱۹/۸۰	۸۱۹/۹۷
لرستان	۶۸۰۷۵۷/۳۳	۴۴۴/۴۹
مازندران	۱۳۴۲۰۵۷/۰۴	۶۹۱/۶۷
مرکزی	۳۸۵۳۴۳/۰۷	۶۳۵/۴۶
هرمزگان	۷۶۳۴۲۵/۵۴	۵۸۰/۱۷
همدان	۶۸۳۷۵۷/۸۵	۴۳۲/۶۷
یزد	۱۹۱۲۰۱/۱۴	۳۲۳/۹۶
کل	۲۱۳۲۵۷۸۳	۵۰۰

مقدار کل فضولات دامی در روستاهای کشور در سال ۱۳۸۲، ۴۳ میلیون تن بوده و بیوگاز قابل تولید از آن یازده میلیارد و صد و نود و پنج میلیون متر مکعب می‌باشد. میزان کل پسماندهای قابل استفاده در دستگاه‌های بیوگاز حاصل از زباله‌های فسادپذیر در روستاها ۱۲۴۹ هزار تن در سال به دست آمد که بیوگاز قابل تولید از آن ها ۴۸۷ میلیون متر مکعب می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود با فرض این که ۷۰٪ از بیوگاز تولیدی متان است، تنها از منابع فوق به طور میانگین، سالیانه ۹۴۲۷ میلیون متر مکعب متان قابل استحصال می‌باشد. با فرض ارزش حرارتی متان برابر با ۲۱ مگاژول به ازای هر مترمربع (۲۳و۲۴)، این حجم متان معادل $۱۰^{۱۰} \times$ ۱۹/۷ مگاژول انرژی خواهد بود. در آمریکا پتانسیل تولید متان از منابع بیوگاز (فضولات حیوانی، فاضلاب، پسماندهای فساد پذیر و لندفیل ها) حدود۷۸۵۷۴۴۹ تن در سال می باشد (۲۵).

جدول ۶- بیوگاز تولیدی از مواد فسادپذیر روستایی در استان های کشور

Table 6- Biogas production from Biodegradable materials in rural regions in provinces of Iran

نام استان	مواد فسادپذیر (درصد)	مواد فساد پذیر با فرض ۷۰٪ استحصال در روز	بیوگاز تولیدی(مترمکعب در سال)
آذربایجان شرقی	۷۲/۶۶	۱۵۳۷۷۵/۲۳	۲۱۸۸۹/۹۰
آذربایجان غربی	۷۲/۴۹	۱۹۵۵۸۷/۱۳	۲۷۸۴۱/۸۳
اردبیل	۶۰/۲۸	۶۴۲۰۱/۱۹	۹۱۳۹/۰۴
اصفهان	۴۸/۲	۱۰۱۲۱۲/۳۷	۱۴۴۰۷/۵۸
ایلام	۴۷/۶۹	۲۱۱۳۶/۴۰	۳۰۰۸/۷۷
بوشهر	۴۲/۷۵	۵۲۰۲۳/۶۸	۷۴۰۵/۵۷
تهران	۴۶/۶۵	۱۳۰۹۹۸/۸۱	۱۸۶۴۷/۶۸
چهارمحال و بختیاری	۳۵/۸۶	۵۳۰۳۴/۷۵	۷۵۴۹/۵۰
خراسان جنوبی	۴۱/۸۱	۳۹۷۱۷/۲۱	۵۶۵۳/۷۴
خراسان رضوی	۴۱/۰۴	۲۲۸۱۹۴/۱۳	۳۲۴۸۳/۴۳
خراسان شمالی	۳۶/۵۲	۴۹۹۶۲/۰۱	۷۱۱۲/۰۹

خوزستان	۷۰/۸	۲۲۳۶۷۱/۳۳	۳۱۸۳۹/۶۱
زنجان	۳۷/۲۲	۴۹۱۸۰ /۶۷	۷۰۰۰/۸۷
سمنان	۵۳/۴۸	۲۲۰۶۱/۲۰	۳۱۴۰/۴۱
سیستان و بلوچستان	۴۴/۳۳	۱۱۹۹۶۹ /۸۴	۱۷۰۷۷/۷۱
فارس	۶۶/۲۴	۲۸۵۴۴۷/۸۵	۴۰۶۳۳/۵۰
قزوین	۳۹/۴۷	۴۴۹۰۵/۱۹	۶۳۹۲/۲۵
قم	۳۷/۶۵	۱۰۰۳۴/۵۶	۱۴۲۸/۴۲
کردستان	۵۱/۹۶	۷۹۴۱۷/۸۷	۱۱۳۰۵/۱۳
کرمان	۴۹/۶۵	۱۶۸۹۲۵/۲۳	۲۴۰۴۶/۵۱
کرمانشاه	۴۹/۶۵	۶۱۶۵۶/۱۶	۸۷۷۶/۷۵
کهگیلویه و بویراحمد	۳۵/۷۶	۲۵۴۳۲/۰۵	۳۶۲۰/۲۵
گلستان	۵۶/۲۴	۱۷۱۶۵۰/۵۰	۲۴۴۳۴/۴۵
گیلان	۵۴/۷	۳۳۸۷۷۶/۰۹	۴۸۲۲۴/۷۸
لرستان	۴۱/۹۳	۸۸۸۱۳/۱۴	۱۲۶۴۲/۵۵
مازندران	۵۰/۴۴	۳۲۷۷۵۰/۲۵	۴۶۶۵۵/۲۵
مرکزی	۴۲/۳۳	۷۲۵۵۷/۴۶	۱۰۳۲۸/۵۵
هرمزگان	۳۹/۶۳	۱۲۲۸۶۹/۴۹	۱۷۴۹۰/۴۷
همدان	۴۵/۹۱	۹۵۰۷۴/۵۹	۱۳۵۳۳/۸۷
یزد	۵۲/۳۵	۲۲۶۹۸/۴۷	۳۲۳۱/۱۳
کل	-	۳۴۲۰۷۳۴/۸۳	۴۸۶۹۴۱/۶۰

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اطلاعات دام سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۸۲ و آمار نفوس و مسکن سال ۱۳۸۸، سالانه ۴۳ میلیون تن فضولات دامی روستایی و یک میلیون و دویست و چهل و نه هزار تن زباله روستایی قابل استحصال در روستاهای کشور تولید می‌شود که پتانسیل تولید یازده میلیارد و ششصد و هشتاد و دو میلیون متر مکعب بیوگاز را دارا می‌باشد و البته با افزایش روز افزون جمعیت انسانی و دام در مناطق روستایی امکان استحصال انرژی بیش‌تری از منابع زیست توده روستایی میسر است. به دلیل این که حجم زیادی از زباله‌ها فسادپذیرند (حدود ۵۰٪ تا ۶۰٪ در ایران)، تولید انرژی از پسماندها باعث کاهش حجم زباله شده و در نتیجه باعث کاهش هزینه‌های دفع و انتقال زباله می‌شود. این در حالی است که در آمریکا پتانسیل تولید متان از منابع بیوگاز (فضولات حیوانی، فاضلاب، پسماندهای فساد پذیر و لندفیل ها) حدود۷۸۵۷۴۴۹ تن در سال می‌باشد (۲۵).

علاوه بر منابع فوق حجم وسیعی از زایدات کشاورزی از جمله ساقه ذرت و جو، ساقه برنج، علف و چمن تازه و غیره و همچنین فاضلاب چاه‌های خانگی در روستاهای کشور تولید می‌شوند که منابع زیست توده مهمی به شمار می‌آیند و پتانسیل تولید بیوگاز از آن ها بسیار بالاست که البته در این تحقیق بررسی نشده است.

در مجموع مزایای استفاده از طرح بیوگاز در روستاها شامل تجزیه لجن‌های فاضلاب تولیدی در روستاها، تجزیه فضولات دام و طیور و کشتارگاهی در روستاها، برآوردن انرژی در مناطق صعب‌العبور، تصفیه کودهای حیوانی از نظر پاتوژن‌ها و بذر علف‌های هرز و بهسازی محیط در مناطق روستایی می‌باشد. البته معایبی نظیر تولید بو در حد کم، هزینه‌های اولیه برای روستاییان، خطر انفجار گاز، و انتقال گاز با محدودیت فاصله را نیز دارا می‌باشد. به طور کلی با انجام این تحقیقات و بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست توده در روستاهای ایران مشخص گردید که این عملیات با رویکرد تامین انرژی در محل مصرف و کاهش هزینه‌های حمل و نقل قابلیت اجرایی و صرفه اقتصادی داشته و از جمله راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در سطح کشور و ملی می‌باشد.

منابع

۱- محمودی، س، دانه‌کار، ا، (۱۳۹۱). انرژی های نو گامی در جهت توسعه پایدار روستایی با مطالعه تحلیلی از انرژی زیست توده، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، ایران.

۲- حق‌پرست، آ، لاری، ح، بوغلان دشتی، ب، (۱۳۸۷). برآورد پتانسیل استحصال انرژی الکتریکی از منابع زیست توده استان خراسان رضوی، بیست و سومین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ایران.

3- Boyle G., (2004). Renewable Energy, Power for a Sustainable Future, Second Edition, Oxford University Publications.

۴- عبدلی، م، محبی، م، کرامتی، ن، (۱۳۸۹). ارزیابی زیست محیطی و اقتصادی فن آوری های تبدیل زیست توده به انرژی، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ایران.

۵- امینیان، ا، عباسپورفرد، م، آق‌خانی، م، (۱۳۹۱). ارزیابی پتانسیل زیست توده حاصل از محصولات زراعی و دامی استان خراسان رضوی به منظور تولید زیست انرژی، ششمین همایش ملی و اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند، مشهد، ایران.

۶- فضلی، ف، (۱۳۸۵). بیوگاز در چین، سازمان برنامه و بودجه، تهران.

۷- زندی‌پاک، ر، احمدی، ن، آشورلو، س، دانشوری، ف، (۱۳۹۱). ارزیابی استفاده از بیوگاز در آبادی های اطراف منطقه حفاظت شده لشکر در جهت دستیابی به توسعه پایدار، ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست، تهران، ایران.

۸- زارعی محمودآبادی، ه، فدائی، س، یزدی، م، (۱۳۹۱). امکان سنجی استفاده از انرژی زیست توده در راستای توسعه اقتصادی پایدار، دومین کنفرانس بین المللی سالانه انرژی پاک، کرمان، ایران

9- Angelisdimakis A., M. Biberacher, J. Dominguez, G. Fiorese, S. Gadocha, E. Gnansounou, G. Guariso, A. Kartalidis, L. Panichelli, I. Pinedo, M. Robba, (2011). Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources, Renew Sust Energy Rev, 15 (2): 1182–1200.

۱۰- معصومی، ب، معصومی، پ، (۱۳۹۱). ارزیابی پسماند های بیومس در تامین انرژی، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، ایران.

11- Yılmaz S., H. Selim, (2013). A review on the methods for biomass to energy conversion systems, Renew Sust Energy Rev, 25, 420–430.

۱۲- باوفا، م، (۱۳۹۰). ارزیابی فن آوری های گازساز جهت تولید پراکنده انرژی از منابع زیست توده در نقاط دور افتاده، دومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، تهران، ایران.

۱۳- عبدلی، م، (۱۳۶۲). مدیریت مواد زاید جامد شهری، سازمان بازیافت و تبدیل مواد، شهرداری تهران.

14- Zubaryeva A., N. Zaccarelli, C. Delgiudice, G. Zurlini, (2012). Spatially explicit assessment of local biomass availability for distributed biogas production via anaerobic co-digestion: Mediterranean case study, Renew Energy, 39, 1, 261–270.

۱۵- مرکز آمار ایران، سایت مرکز آمار ایران، http://www.sci.org.ir.

۱۶- وزارت جهاد کشاورزی، گزارش وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور دام، ۱۳۸۹.

۱۷- نجف‌پور، ق، تاسیسات واحدهای بیوگاز، (۱۳۷۴). ساسه، لودویک؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر و دانشگاه علوم و فنون مازندران.

۱۸- وزارت کشور، گزارش سازمان دهیاری‌ها و شهرداری‌های کشور، وزارت کشور، ۱۳۹۰.

۱۹- بخشی، م، خانکشی‌زاده، م، (۱۳۹۰). بررسی دسته بندی منابع زیست توده در جهان و ارایه دسته بندی مناسب برای ایران، دومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، تهران، ایران.

۲۰- کاروان، آ، عسگری، ر، (۱۳۹۰). بررسی تولید انرژی از زیست توده با استفاده از فناوری هضم بی هوازی، اولین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگه‌داشت انرژی، تهران، ایران.

۲۱- شعبانی‌کیا، ا، نظری، ع، (۱۳۸۵). بررسی پتانسیل کیفی استحصال انرژی از منابع زیست توده، پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، ایران.

22- Manzano F., A. Alcayde, F.G. Montoya, A. Zapata-Sierra, C. Gil, (2013). Scientific production of renewable energies worldwide: an overview, Renew Sust Energy Rev, 18, 134–143.

۲۳- عمرانی، ق، (۱۳۸۰). اصولی از تولید گاز متان به طریق کاربرد فضولات حیوانی و گیاهی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.

24- Deublein D., A. Steinhauser, (2008). Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction, WILEY Publications.

25- National Renewable Energy Laboratory, (2012), Annual report of the renewable energy of USA, 15013 Denver West Parkway Golden, CO 80401.