پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات حیوانی در مناطق روستایی شهرستان ایوان غرب، استان ایلام

حامد مرادی[۱*]، حسین مبلی[۲]، علی جعفری[۳] و مجید خانعلی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۷

۱- گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران
*مسئول مکاتبه: Hamed.moradi@ut.ac.ir

چکیده

در دسترس نبودن گاز طبیعی، قیمت بالای سوخت‌های فسیلی و نیز کمبود جایگاه‌های تأمین سوخت در بخش قابل‌توجهی از مناطق روستایی، موجب مصرف بی‌رویه زیست‌توده جامد (هیزم، بوته، چوب و ذغال چوب) جهت تأمین انرژی موردنیاز خانوارهای روستایی شده است. استفاده از سوخت‌های فسیلی، عواقب زیست‌محیطی متعددی را ایجاد خواهد کرد که در این میان، تخریب منابع طبیعی و جنگل‌ها از بارزترین آن‌ها می‌باشد. بیوگاز به‌عنوان یکی از منابع مهم انرژی، از تخمیر بی‌هوازی موادآلی مانند فضولات دامی تولید می‌شود که به‌دلیل ارزش حرارتی بالا نسبت به‌سوزاندن مستقیم زیست‌توده، می‌تواند به‌عنوان سوخت جایگزین در مصارف روستایی مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، پتانسیل‌سنجی سالیانه تولید بیوگاز از فضولات گاوی و گوسفندی و هم‌چنین میزان مصرف انرژی هر خانوار در شهرستان ایوان غرب، استان ایلام، مورد مطالعه قرار گرفت. میانگین حجم کل بیوگاز تولیدی سالیانه از فضولات دامی قابل جمع‌آوری در هر خانوار، برابر ۹۳۴۳/۴۴ مترمکعب (انرژی معادل ۳۵۵۰۵/۰۷ کیلووات ساعت) برآورد شد. هم‌چنین میانگین انرژی مصرفی سالیانه هر خانوار در سال از چوب، نفت سفید و گاز مایع معادل ۳۷۳۷۴/۶ کیلووات ساعت محاسبه شد. بنابراین در صورت تولید بیوگاز، هر خانوار متوسط (۴نفر) می‌تواند تمام نیازهای حرارتی خود را تأمین نماید.

واژه‌های کلیدی: فضولات گاوی، فضولات گوسفندی، سوخت فسیلی، ارزش حرارتی، بیوگاز.

۱- مقدمه

برای دستیابی به‌توسعه پایدار، استفاده از فناوری‌های مدرن که از نظر محیط‌زیست پاک‌تر و قابل‌دسترس‌تر می‌باشند و پایداری بالاتری دارند، ضروری به‌نظر می‌رسد. مدیریت یک‌پارچه پسماندها (ISWM[1]) یکی از نگرش‌های جامع برای مدیریت منابع و محیط‌زیست می‌باشد که از اعمال مفهوم توسعه پایدار به وجود آمده است (عابدین‌زاده و منوری، ۱۳۸۶). هر صنعت در کنار فرایند تولید محصول خود، باعث تولید زباله و زائده‌های مختلفی می‌شود (غضبان و همکاران، ۱۳۹۳). پسماند بر پایه تعریف برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد اشیایی تعریف می‌شوند که دارندگانشان آن‌ها را نمی‌خواهند، یا نیازی به‌آن‌ها ندارند و یا از آن‌ها بهره نمی‌جوید. از این رو بازفرآوری و پردازش آن‌ها نیاز است (بی‌نام، ۱۳۹۲ ؛ رحمانی، ۱۳۹۴). از مباحث مهم و قابل‌توجه در مدیریت پسماند در سال‌های اخیر استفاده از منابع زیست‌توده به‌منظور از بین بردن زائدات و هم‌چنین تولید انرژی از پسماندهای جامد در ابعاد گسترده می‌باشد (فلاح نژاد تفتی و همکاران، ۱۳۹۵). امروزه دست‌یابی به‌منابع انرژی پاک و مطمئن از ابزارهای اصلی برای توسعه پایدار می‌باشند (بهرامی، ۱۳۹۶). عدم دسترسی بخش قابل‌توجهی از خانوارهای روستایی به‌نفت و گاز، بهای گران سوخت‌های فسیلی و نیز کمبود جایگاه‌های تأمین سوخت موجب شده که زیست‌توده جامد (هیزم، بوته، ذغال چوب و فضولات دامی) درصد بالایی از کل انرژی مصرفی این خانوارها را به‌خود اختصاص دهد. بدیهی است استفاده روزافزون از سوخت‌های فسیلی عواقب زیست‌محیطی ناگوار خاص خود را به‌دنبال خواهد داشت که در این میان، تخریب منابع طبیعی و جنگل‌ها از بدیهی‌ترین آن‌ها است. فضولات حیوانی یکی دیگر از گونه‌های سنتی تأمین سوخت در روستاها (به‌ویژه نواحی کوهستانی) به شمار می‌رود؛ که پس از خشک‌شدن در تابستان به همراه هیزم، جهت گرم‌کردن منازل در فصول سرد سال و نیز پخت‌وپز مورداستفاده قرار می‌گیرد (پاپ زن و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از این روش‌ها، تبدیل این ضایعات به‌بیوگاز می‌باشد. بیوماس به‌مواد بیولوژیکی (گیاهی و حیوانی) مرده یا زنده گفته می‌شود که هنوز کاملاً تجزیه یا

[1] Integrated solid waste mangment

تخمیر نشده باشند و از تخمیر آن‌ها گاز مرداب یا بیوگاز تولید می‌شود. بیوگاز یا گاز مرداب مخلوطی است قابل اشتعال که در اثر تخمیر موادآلی در یک دامنه دمای معین و PH مشخص در شرایط بی‌هوازی توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌گردد (امرائی و همکاران، ۱۳۸۹). این مخلوط گازی که از تخمیر مواد زائد آلی در شرایط بی‌هوازی حاصل می‌شود دارای میزان۲۰-۷۰ درصد متان، ۳۰-۴۰ درصد دی‌اکسید کربن و مقادیر ناچیز از گازهای نظیر هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن، منواکسید کربن و سولفید هیدروژن است و همان‌طور که مشخص است اعظم این گاز از متان و دی‌اکسیدکربن تشکیل‌شده است ولی درعین‌حال نسبت ترکیبات مختلف آن بستگی به‌نوع مواد اولیه و نیز تا حدودی به‌میزان حرارت محیط و زمان ماند مواد در مخزن تخمیر دارد (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۱). پر واضح است که شرایط اقلیمی مختلف تأثیر بسزایی بر رشد و پرورش دام و طیور می‌گذارد.

کشور ایران نیز با داشتن شرایط اقلیمی مناسب و مختلف، شرایط دامداری و دام‌پروری بسیار مطلوبی را در نقاط مختلف خود دارد. لذا برنامه‌ریزی برای تولید انرژی زیستی از فضولات دامی یکی از اقدامات مهمی است که بایستی در رأس برنامه‌های جامع توسعه کاربرد انرژی‌های تجدید پذیر باشد. منابع پسماندهای حیوانی به‌منظور تولید بیوگاز سال‌هاست موردتوجه کشورهای توسعه‌یافته بوده است که پس از اعمال یکسری فرآیندهای تصفیه‌ای مطابق استانداردهای جهانی و زیست‌محیطی (مانند ISO: TC 255) بر روی این گاز می‌توان آن را به‌عنوان یک حامل انرژی در نظر گرفت. با به‌کاربردن مستقیم این گاز می‌توان طیف وسیعی از صنایع و سامانه‌های موجود را راه‌اندازی نمود و موجب ذخیره‌سازی منابع با ارزش سوخت‌های فسیلی نظیر نفت و گاز گردید. هم‌چنین کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی قابل‌انتشار را به همراه خواهد داشت. کاربرد عمومی این گاز که در بیشتر کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد در پخت‌وپز و روشنایی بوده و سایر کاربردهای دیگر این گاز محدود می‌باشد (نورالهی و همکاران، ۲۰۱۵). در یک دسته‌بندی کلی سهم هر یک از منابع تولید بیوگاز در جهان مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- دسته‌بندی منابع تولید بیوگاز (نورالهی و همکاران ۲۰۱۵)

ردیف	منابع	درصد
۱	فاضلاب‌های شهری و فسادپذیر صنایع	۲
۲	مواد فسادپذیر شهری(زباله‌ها)	۱۱
۳	فضولات دامی	۲۸
۴	زائدات جامد کشاورزی	۵۹

همان‌طورکه ملاحظه می‌شود زائدات جامد کشاورزی و فضولات دامی عمده‌ترین منابع زیست‌توده در میان بقیه منابع هستند (نورالهی و همکاران، ۲۰۱۵). توسعه مناطق روستایی خصوصاً در کشورهای در حال توسعه که اکثریت مردم در آنجا زندگی می‌کنند و معمولاً از فقر بیشتری برخوردارند، ضروری است. دسترسی آسان مردم بومی و دیگر گروه‌های آسیب‌پذیر به‌زمین، آب، منابع مالی و فن‌آوری‌ها به توسعه روستایی کمک می‌نماید (پیرایش و همکاران، ۱۳۹۲). اساساً حوزه‌های روستایی به‌عنوان قاعده نظام از نظر سکونت و فعالیت ملی، نقش مهمی در توسعه ملی ایفا می‌کنند، چرا که توسعه پایدار سرزمین در گرو پایداری نظام روستایی به عنوان زیر نظام تشکیل‌دهنده نظام سرزمین است و پایداری فضاهای روستایی در ابعاد مختلف می‌تواند نقش مؤثری در توسعه منطقه‌ای و ملی داشته باشد (نوروزی و حیاتی، ۱۳۹۴). توسعه دامپروری و مرغداری باعث افزایش آلودگی حاصل از فضولات می‌شود در صورت عدم توجه و مدیریت صحیح در فرآوری این فضولات، می‌تواند مشکلات زیست‌محیطی ایجاد نماید. این مواد زائد می‌توانند بخش بزرگی از منابع انرژی به‌صورت بیوگاز را تأمین می‌نمایند. لذا استفاده از آن‌ها به‌عنوان منابع انرژی تجدیدپذیر و هم به‌عنوان کاهش‌دهنده آلودگی محیط‌زیست در دنیا در حال گسترش و توسعه است (عباسی‌دشتکی و ملکی، ۱۳۹۶).

پیشینه تحقیق

در ایران و جهان تحقیقات گسترده‌ی در زمینه‌ی پتانسیل سنجی بیوگاز صورت گرفته است که به‌برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

پراسرت سانا و همکاران (۲۰۰۶) پتانسیل تولید انرژی از بیوگاز را برای کشور تایلند از فضولات دامی ۱۳۰۰۰ تراژول در هر سال محاسبه کرد. رائو و همکاران (۲۰۱۰)، پتانسیل تولید بیوگاز را در کشور هند از منابع مختلف آن اعم از پسماند محصولات کشاورزی، لجن حاصل از فاضلاب، فضولات دامی و برخی از صنایع (مانند تولید شیر، تولید شکر، مرغ داری و ....) محاسبه و به‌این نتیجه رسیدند که پتانسیل تولید بیوگاز در این کشور سالانه حدود ۴۰۷۳۴ مگا مترمکعب($۱۰^{۶}\times$ ۴۰۷۳۴ مترمکعب) است. اونورباش و تورکر (۲۰۱۲)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در کشور ترکیه را محاسبه و به‌این نتیجه رسیدند که بیوگاز حاصله از فضولات دامی این کشور سالانه حدود ۲/۱۸ میلیارد مترمکعب در سال است. نورالهی و همکاران (۲۰۱۵) به-

بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از ضایعات حیوانی در ایران پرداختند. آنان در این تحقیق توان تولید بیوگاز به‌عنوان یکی از محصولات انرژی زیست‌توده (از زیست‌توده از فضولات دامی در استان‌های مختلف ایران) را برآورد و ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که هفت استان ایران (شامل استان‌های: سیستان و بلوچستان، ایلام، گلستان، خراسان جنوبی، چهارمحال و بختیاری، همدان و لرستان) امکان تأمین بیش از ۳ ٪ از گاز طبیعی مورد نیازشان را از منابع زیست‌توده دارند. در این میان استان سیستان و بلوچستان اولویت اول با ۳۴/۳۳ ٪ و ایلام با ۸/۵۷ ٪ رتبه دوم را دارد. عدل (۱۳۷۸) به‌پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز از منابع مختلف پرداخته است. بر اساس نتایج، مقدار فضولات دامی قابل‌دسترس در ایران ۷۴۹۴۶ هزار تن در سال بوده که بیوگاز قابل‌تولید از آن ۸۶۶۸ میلیون مترمکعب می‌باشد.

عبدلی (۱۳۸۹) نیز به‌محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در کشور پرداخته است، نتایج ایشان نشان می‌دهد مقدار فضولات دامی قابل دسترس به‌منظور تولید بیوگاز در ایران ۲۶۱۳۴۰ هزار تن در سال بوده که بیوگاز قابل‌تولید از آن ۶۵۳۳۵ میلیون مترمکعب است.

قائمی و صادقی (۱۳۹۲) با بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در ایران دریافتند که پتانسیل سنجی نشان می‌دهد که اگر از کل فضولات دامی قابل‌جمع آوری در کشور (حدود ۹۷/۵ میلیون تن در سال) استفاده شود، حجم قابل‌توجهی برابر با ۲۳/۸ میلیارد مترمکعب در سال بیوگاز تولید خواهد شد. این مقدار بیوگاز می‌تواند حدود ۱۸ درصد از کل مصرف نهایی گاز طبیعی در کشور را (طبق آمار سال ۱۳۹۰) پاسخگو باشد.

تمامی نتایج حاصل از این پژوهش‌ها به‌صورت کلی بوده و با آمار و نتایج ضد و نقیض و هم‌چنین تاکنون پژوهشی در مورد روستاهای فاقد دسترسی به‌شبکه گازرسانی و همچنین مصرف‌کننده چوب و نفت سفید صورت نگرفته است. بنابراین در این پژوهش هدف این است که با پرسش چهره‌به‌چهره از دامدار به‌روزترین آمار تولید فضولات دامی (گاو و گوسفند) هر خانوار عشایر و هم‌چنین به‌روزترین مقدار موارد مصرف انرژی آن‌ها آگاه شده و سپس میزان تولید بیوگاز برای هر خانوار دامدار را محاسبه کرده و میزان جایگزینی آن با موارد مصرفی انرژی (کپسول گاز، نفت سفید، چوب) مورد مقایسه قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

مطالعه مورد نظر در سال ۹۶ با هدف کلی پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز از فضولات گاوی و گوسفندی موجود و جایگزینی آن با انرژی‌های تجدیدناپذیر (چوب،نفت سفید،گاز مایع) عشایر شهرستان ایوان غرب واقع در استان ایلام انجام گرفت. علت اصلی انتخاب این منطقه این است که شغل اصلی بیش‌تر روستاییان و عشایر، دامداری بوده و هم‌چنین منطقه مذکور از وجود پتانسیل بالایی برای تولید بیوگاز از فضولات حیوانی برخوردار می‌باشد.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان ایوان غرب در شمال استان ایلام قرار دارد. از شمال به استان کرمانشاه و شهرستان اسلام‌آباد غرب از شرق به شهرستان چرداول و از غرب به شهرستان گیلان غرب و قصر شیرین و کشور عراق محدود است. آب‌وهوای ایوان معتدل و نیمه مرطوب است. بیش‌ترین درجه حرارت ۳۴ درجه و کم‌ترین درجه حرارت ۱۰- بوده و میزان بارندگی ۶۳۵ میلی‌متر است. اقتصاد ایوان مبتنی بر کشاورزی و دامداری است. آب کشاورزی از رودها و چاه‌های عمیق فراهم می‌شود و محصولات کشاورزی آن عبارت‌اند از: گندم، جو، تره‌بار، ذرت، سیب‌زمینی، گلابی، انار، انگور، هلو و زردآلو. دامداری نیز هم چون کشاورزی از رونق خاصی برخوردار است و محصولات آن (فراورده‌های دامی) به‌سایر شهرستان‌ها صادر می‌شود (مرادی، ۱۳۹۶). انرژی مورد نیاز روستاهای این شهرستان از طریق گاز طبیعی، نفت سفید و چوب می‌باشد، اما برای غالب عشایر کوچ‌رو، چوب می‌باشد.

۲-۲- روش‌های جمع‌آوری اطلاعات نمونه‌گیری

این پژوهش در استان ایلام که به‌عنوان یکی از استان‌های قطب تولید پرورش دام می‌باشد صورت پذیرفت. روند جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش به شرح زیر است:

۱- پرسش‌نامه ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌ها از دام‌پروران است.

موارد پرسشی در این پژوهش شامل:

- ✓ تعداد دام‌ها به تفکیک گاو و گوسفند
- ✓ مدت ییلاق
- ✓ مقدار مصرف چوب در ماه
- ✓ تعداد کپسول گاز مصرفی در ماه
- ✓ مقدار سوخت فسیلی (نفت سفید) مصرفی در ماه بود

۲- در پاره‌ی از موارد با دامداران و کارشناسان خبره نیز مصاحبه به‌عمل آمد.

- ✓ که شامل جهاد کشاورزی منطقه و تحصیل‌کرده‌های بخش کشاورزی می‌شود.

داده‌های مربوط به تولید ضایعات دامی از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. برای به‌دست آوردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شد (خانعلی و همکاران، ۲۰۱۷).

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (۱)$$

که در آن؛ n حجم نمونه، t برابر با ۱/۹۶، N حجم جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و S انحراف معیار جامعه می‌باشد. با توجه به‌رابطه (۱) حجم نمونه ۴۵ به‌دست آمد ولی برای افزایش دقت ۵۰ دامدار مورد بررسی قرارگرفته شد.

۲-۳- محاسبه جمعیت دام

با توجه به‌پژوهش‌های انجام‌شده میانگین جمعیت دام‌ها در جدول۲ برای هر خانوار در سال آمده است:

در این پژوهش از ۱۰ روستا و ۵۰ دامدار پرسش به عمل آمد. هر خانوار تعدادی مرغ و الاغ و سایر حیوانات را دارا بودن اما به‌دلیل تعداد ناچیز و هم‌چنین قابل جمع‌آوری نبودن ضایعات از آن‌ها صرف‌نظر شد.

جدول ۲- میانگین تعداد دام برای هر خانوار(پژوهش حاضر)

تعداد رأس دام	نوع دام
۴	گاو
۱۲۴	گوسفند

۲-۴- برآورد حجم فضولات دامی

حجم فضولات هر رأس دام در جدول۳ آمده است:

جدول ۳- حجم فضولات هر رأس دام (عبدلی، ۱۳۸۹).

حجم فضولات هر رأس دام (تن در سال)	نوع دام
۹	گاو و گوساله بومی
۱/۴۴	گوسفند و بره

۲-۵- ضرایب قابل استحصال فضولات دامی

چون کل فضولات دام قابل جمع‌آوری نیست بنابراین ضرایبی تحت عنوان "ضرایب قابل استحصال فضولات" به‌کار می‌رود. منظور از این ضرایب این است که چند درصد از فضولات دامی قابل جمع‌آوری است (جدول۴).

جدول ۴- ضرایب قابل استحصال از فضولات انواع دام در روستاهای کشور (قائمی، ۱۳۹۲)

ضریب	نوع دام
۰/۵	گاو و گوساله بومی
۰/۲	گوسفند و بره

۲-۶- محاسبه‌ای حجم فضولات قابل جمع‌آوری

با توجه به‌جداول ۳ و ۴ می‌توان "حجم فضولات قابل جمع‌آوری دام‌ها" را از رابطه‌ای زیر به‌دست آورد:

$$Vwc = N \times Vw \times B \quad (۲)$$

در این رابطه Vwc حجم فضولات قابل جمع‌آوری از دام برحسب تن در طول یک سال، N تعداد دام‌ها، Vw حجم فضولات هر رأس دام برحسب تن در طول یک سال، B ضریب تبدیل (قائمی، ۱۳۹۲). به‌دلیل فاصله کم روستاها از هم و هم‌چنین مسافت کم ییلاق و قشلاق از هم معمولاً تمام طول سال دام‌ها در روستا هستند بنابراین جمع‌آوری فضولات راحت و مسافت کوتاه است بنابراین در این پژوهش از بعد مسافت و مکان صرف‌نظر شد (پژوهش حاضر).

۲-۷- محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز

پتانسیل تولید بیوگاز از هر تن فضولات تازه گاوی ۲۸۱ مترمکعب و از هر تن فضولات تازه گوسفند و بره ۱۲۰ مترمکعب است (باتزیاس و همکاران، ۲۰۰۵).

الماسی سال ۱۳۹۱ و افاضلی در سال ۱۳۹۳ و نیز مرادی در سال ۱۳۹۶ به‌مقدار بیوگاز مشابه و حتی بالاتری دست یافتند.

پتانسیل تولید بیوگاز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = Vwc \times Pq \quad (۳)$$

در این رابطه Q کل بیوگاز تولیدی برای هر نوع دام برحسب مترمکعب، Vwc کل حجم فضولات قابل جمع‌آوری برای هر نوع دام برحسب تن در طول یک سال، Pq پتانسیل تولید بیوگاز برای هر دام برحسب مترمکعب از هر تن فضولات دام (برای هر نوع دام متفاوت است) (نورالهی و همکاران، ۲۰۱۵).

۲-۸- محاسبه پتانسیل نظری انرژی حاصل از بیوگاز تولیدی در قالب انرژی حرارتی و الکتریکی

با توجه به‌مقدار ارزش حرارتی بیوگاز و به کمک روابط هم‌ارز انرژی می‌توان گفت که از هر ۱ مترمکعب بیوگاز می‌توان در شرایط ایده‌ال ۳/۸ kWh انرژی حرارتی تولید نمود. برای محاسبه مقدار انرژی حاصل از تولید بیوگاز در قالب انرژی حرارتی از روابط زیر استفاده شد (تریکاس و لومیوردی، ۲۰۰۹).

$$\text{گرما (kWh/year)} = \text{بیوگاز } (m^3/year) \times ۳/۸ \ (kWh/m^3) \quad (۴)$$

۲-۹- مقدار مصرف انرژی هر خانوار

موارد مصرف انرژی هر خانوار در جدول ۵ آمده است:

جدول ۵- مقدار مصرف انرژی هر خانوار در سال (پژوهش حاضر)

واحد	مقدار مصرف در سال	موارد مصرف
Kg	۸۲۵۰	چوب
m^3	۰/۶	گاز طبیعی
m^3	۰/۴۷۷	نفت

ارزش حرارتی موارد مصرفی در جدول۶ آمده است :

جدول ۶- ارزش حرارتی واحد موارد مصرفی هر خانوار (مقدم تبریزی و کاظمی، ۱۳۸۴).

واحد	ارزش حرارتی	نوع انرژی مصرفی
kWh/m^3	۱۲/۸	گاز مایع (LPG)
kWh/m^3	۱۰۱۶۶/۶۶	نفت سفید
kWh/kg	۵/۲۷	چوب

با استفاده از جداول ۵ و ۶ و رابطه (۳) مقدار انرژی مصرفی بر حسب kWh در سال برای هر خانوار محاسبه شد:

$$D=Ec\times C \quad (۵)$$

در این رابطه Ec مقدار انرژی حرارتی مصرفی برای هر خانوار در سال (در اینجا چون خانوار شش ماه از سال را در ییلاق سپری می‌کنند لذا مقدار چوب مصرفی برای شش ماه از سال است و چون شش ماه بعد در قشلاق سپری می‌کنند، چوب مصرفی بسیار ناچیز است لذا از آن صرف‌نظر شد برای بقیه موارد در طول سال است)، D مقدار مصرف (واحد آن برای هر مورد مصرفی متفاوت است)، C ارزش حرارتی واحد (واحد آن برای هر محصول متفاوت است) (تریکاس، ۲۰۰۹).

۳- بحث و نتایج

با استفاده از جدول‌های ۲، ۳ و۴ و رابطه‌های (۲)، (۳) و (۴) ذکر شده در مواد و روش‌ها نتایج حاصل شده در جدول۷ آمده است:

جدول ۷- ارزش حرارتی تولید هر خانوار در سال از فضولات حیوانی

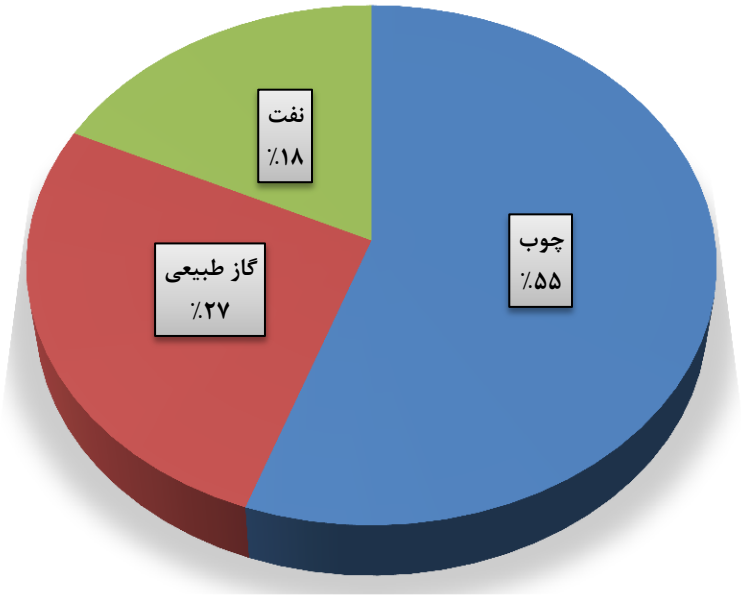
نوع دام	تعداد	حجم فضولات قابل جمع‌آوری هر خانوار (تن در سال)	پتانسیل تولید بیوگاز (مترمکعب)	ارزش حرارتی تولیدی (کیلووات ساعت)
گاو	۴	۱۸	۵۰۵۸	۱۹۲۲۰/۴
گوسفند	۱۲۴	۳۵/۷۱۲	۴۲۸۵/۴۴	۱۶۲۸۸/۴۷۲
جمع کل	۱۲۸	۵۳/۷۱۲	۹۳۴۴/۴۴	۳۵۵۰۵/۰۷

همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود اگر فضولات قابل جمع‌آوری برای تولید بیوگاز استفاده شود. ارزش حرارتی تولیدی (حدود ۳۵۵۰۵/۰۷ کیلووات ساعت) قابل ملاحظه‌ای برای هر خانوار به‌دست می‌آید. با توجه به‌جدول‌های ۲، ۳ و ۴ می‌توان یافت که اگرچه این خانوارها بیشتر مشغول به‌پرورش گوسفند هستند، اما بیشترین سهم تولید بیوگاز از فضولات گاو است بنابراین می‌توان با تشویق کشاورزان به‌سمت پرورش گاو پتانسیل استحصال انرژی را افزایش داد. یکی از دلایل اصلی بالا بودن پتانسیل تولید بیوگاز (۵۰۵۸ مترمکعب برای هر خانوار در سال) از فضولات گاوی ضریب قابل استحصال بالای آن است. این مقدار ارزش حرارتی پتانسیل بالایی را برای هر خانوار نشان می‌دهد.

برای تولید بیوگاز در روستاها پتانسیل و محصولات زیادی به غیر از ضایعات حیوانی وجود دارد که می‌تواند این مقدار بیوگاز را به‌مقدار قابل‌توجهی افزایش دهد. با استفاده از جدول ۵ ارزش حرارتی مصرفی هر خانوار در سال در جدول ۸ آمده است:

جدول ۸- ارزش حرارتی مصرفی هر خانوار متوسط (۴ نفر) در سال

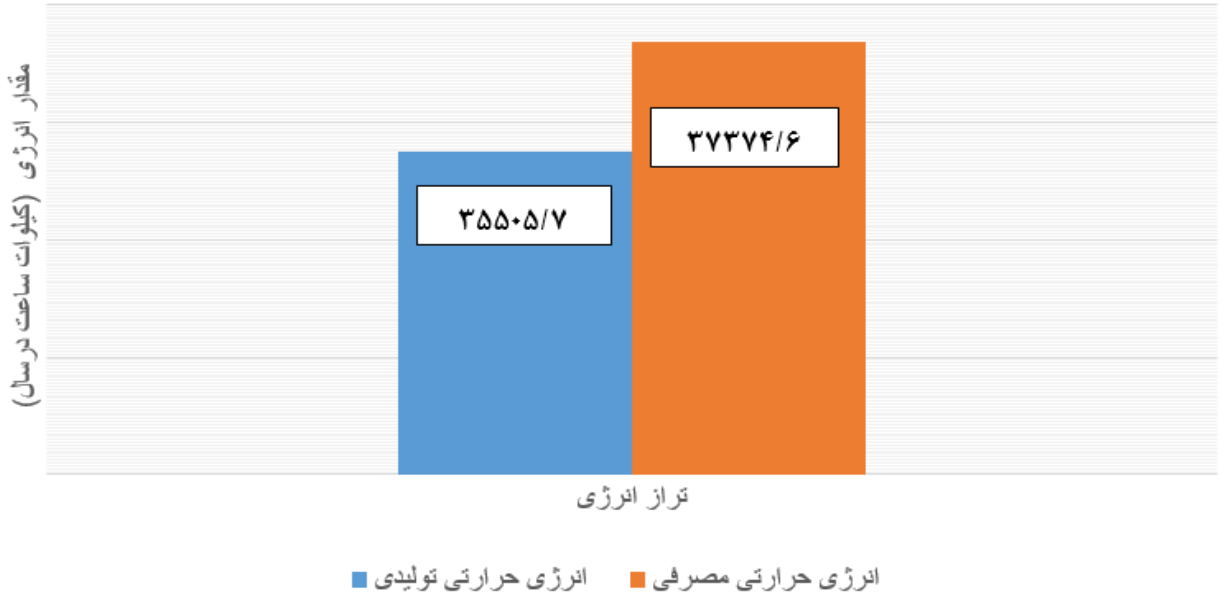
نوع انرژی مصرفی	ارزش حرارتی مصرفی (کیلووات ساعت)
نفت سفید	۶۶۷۹.۵
گاز طبیعی	۹۹۸۴
چوب	۲۰۷۱۱/۱
مجموع	۳۷۳۷۴/۶



شکل ۱- درصد مصرف چوب ، نفت سفید و گاز مایع برای هر خانوار در سال

نتایج جدول ۸ و شکل ۱ مقدار انرژی مصرفی هر خانوار و درصد آن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌کنید، عدد انرژی حرارتی (۳۷۳۷۴/۶ کیلووات ساعت) به‌دست‌آمده بزرگ است. مقدار انرژی مصرفی برای این خانوارها بسیار بالاست، چراکه این خانوارها به‌دلیل اینکه بیشتر اوقات روز را بیرون از خانه مشغول به کار هستند و بیشتر این انرژی صرف پخت‌وپز و استحمام می‌شود و همچنین این نتایج نشان می‌دهد بیشتر سهم مصرف انرژی مربوط به-چوب است علت این امر آن است که بیشتر خانوارها در فصل کوچ برای گرمایش، پخت‌وپز، استحمام و شست‌وشو با آب گرم از چوب استفاده می‌کنند. در این تحقیق خانواده‌های با جمعیت بالا و پرمصرف دامدار مورد سؤال قرار گرفتند (اما میانگین خانوار معمولی ۴ نفر است)، به‌همین علت است که ارزش حرارتی مصرفی برای هر خانوار نسبت به‌خانواده‌های معمولی بیشتر است. همان‌طور که در "شکل ۱" مشاهده می‌کنید بیشتر مصرف انرژی در این خانوارها از چوب (که برای شش ماه اندازه‌گیری شد زیرا در طول شش ماه کوچ مقدار چوب وجود و در شش ماه دیگر مصرف بسیار ناچیز و صرف‌نظر شد) است که چیزی بیشتر از نصف انرژی حرارتی مصرفی هر خانوار در سال را تشکیل می‌دهد از عوامل بالا بودن این امر می‌توان به در دسترس بودن، رایگان‌بودن و همچنین فراوانی درختان بلوط و عدم فرهنگ حفظ جنگل و محیط‌زیست در بین عشایر و روستاییان این منطقه اشاره داشت. این مقدار مصرف بالای چوب باعث از بین‌رفتن اکوسیستم منطقه، فرسایش خاک، بیابان‌زایی و از همه بدتر از بین رفتن مراتع طبیعی که دلیل اصلی مردم این منطقه برای دامداری است شده است. دو عامل انرژی مصرفی دیگر یعنی نفت سفید و گاز مایع که جز منابع انرژی تجدید ناپذیر هستند و همچنین پتانسیل بالایی در تولید گازهای گلخانه‌ای دارند را تشکیل می‌دهد. با تولید بیوگاز به‌عنوان سوخت پاک می‌توان مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر را کاهش داد.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌کنید مقدار ارزش حرارتی تولیدی بسیار نزدیک به‌ارزش حرارتی مصرفی برای هر خانوار است، همچنین این ارزش حرارتی مصرفی در فصل تابستان بسیار کمتر خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد که هر خانوار می‌تواند با صرفه‌جویی و بهره‌گیری از منابع دیگر جهت تولید بیوگاز به‌خودکفایی از لحاظ تأمین انرژی حرارتی موردنیاز خود برسد. هم‌چنین سهم عظیم در حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست داشته باشند و از کود غنی حاصل شده از این فرایند تولید بیوگاز در زمین‌های کشاورزی خود بهره گرفته و با رونق کشاورزی خود هزینه‌های دامپروری خود را نیز کاهش دهند. از طرف دیگر به‌دلیل پراکنده بودن روستاها از هم و هم‌چنین عدم امکان لوله‌کشی به‌بعضی از آن‌ها و دور بودن از شبکه توزیع گاز، امکان گازرسانی به‌صورت لوله‌کشی به این روستاها میسر و ازنظر اقتصادی توجیح پذیر نخواهد بود. ما می‌توانیم با داشتن چنین پتانسیل عظیمی از بیوگاز با ایجاد ایستگاه مرکزی بزرگ تولید بیوگاز، مقدار انرژی مصرفی خانوارها را تأمین کرده، همچنین به‌دلیل عدم لوله‌کشی به‌بیشتر روستاهای این منطقه می‌توان بیوگاز تولیدی



شکل ۲- نمودار مقایسه انرژی حرارتی مصرفی و انرژی تولیدی بیوگاز حاصل از فضولات گاوی و گوسفندی برای هر خانوار در طول سال

را در کپسول ذخیره و در اختیار روستاییان قرارداد که این کار با تحقیق مرادی، ۱۳۹۶ مطابقت دارد. به‌دلیل فاصله نزدیک روستاها و حمل و نقل راحت فضولات، هر روستا می‌تواند با تحویل فضولات حیوانی خود به این مرکز تولید بیوگاز، بیوگاز مصرفی خود را در قالب کپسول تحویل بگیرد. روستاها با تحویل فضولات بیشتر نه‌تنها می‌توانند هزینه پرداخت نکنند بلکه می‌توانند بیوگاز مازاد دریافتی خود را به‌سایر روستاها بفروشند که این کار باعث تشویق روستاییان به‌دام‌پروری، رونق اقتصادی روستاها، کاهش مهاجرت روستاییان به شهر و ایجاد شغل و ... شود. هم‌چنین ذخیره‌سازی بیوگاز درون مخازن ذخیره‌سازی باعث می‌شود که بیوگاز برای مصرف، همیشه در دسترس باشد هم‌چنین حمل‌ونقل آن آسان و عشایر کوچ رو می‌توانند در فصول کوچ این کپسول‌ها را با خود به‌ییلاق و قشلاق برده که این عمل مقدار مصرف چوب را به‌صورت قابل‌توجهی کاهش خواهد داد.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان می‌دهد که اگر فضولات دامی قابل‌جمع هر خانوار (حدود ۵۳/۷۱۲ تن در سال) استفاده شود، حجم قابل‌توجهی برابر با ۹۳۴۳/۴۴ مترمکعب در سال بیوگاز تولید که ارزش حرارتی معادل ۳۵۵۰۵/۰۷ کیلووات ساعت تولید خواهد شد.

۲- این پتانسیل‌سنجی تنها فضولات دامی را دربر می‌گیرد. چنانچه از منابع دیگر نیز برای تولید بیوگاز استفاده شود، حجم بیوگاز تولیدی و همچنین ارزش حرارتی تولیدی برای هر خانوار بسیار بیشتر بوده و می‌تواند جایگزین درصد بالاتری از چوب و نفت و گاز باشد. که در این صورت صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف سوخت‌های فسیلی صورت خواهد گرفت.

۳- نتایج پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز از فضولات دامی راه‌کارهای بسیار مهمی برای برنامه‌ریزان در حوزه‌ی انرژی، خصوصاً برای تأمین انرژی محل‌های دورافتاده‌ی که دارای دام هستند خواهد داشت.

۴- با تولید این مقدار بیوگاز و ایجاد یک مرکز بزرگ فشرده‌سازی و ذخیره در کپسول می‌توان به‌نتایج زیردست یافت:

- ✓ تأمین گاز مناطق دورافتاده و صعب‌العبور
- ✓ ایجاد اشتغال
- ✓ عدم مهاجرات روستاییان به شهر
- ✓ رونق کشاورزی و دام‌پروری
- ✓ کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی
- ✓ حفظ جنگل‌ها و کاهش آلودگی و حفظ

منابع

احمدپور، ا.، متقی، ر.،پاکدل، م.،۱۳۹۱. .**بررسی فرایند تولید بیوگاز**. سومین همایش بیوانرژی ایران،تهران.

افاضلی، ه.، ۱۳۹۳. **مطالعه فنی و اقتصادی تولید بیوگاز از زیست‌توده‌های کلان کشور**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

الماسی، ف.، (۱۳۹۱). **طراحی و ساخت دستگاه تولید بیوگاز در مقیاس آزمایشگاهی**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

امرائی، ا.، امرائی، ف.، امرایی، ا.،۱۳۸۹. **نقش مؤثر بیوگاز در تأمین انرژی حال و آینده و بررسی تأثیر آن بر رشد اقتصادی، اجتماعی و حفاظت از محیط‌زیست**، نخستین همایش بیوانرژی ایران، تهران.

بهرامی، ر.ا.،۱۳۹۶.**ارزیابی توان تولید بیوگاز از فضولات حیوانی در نواحی روستایی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)**، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی،۱۲(۲)،۳۷۳-۳۵۸.

بی نام، ۱۳۹۲. **بررسی مدیریت پسماند**. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری تهران.

پاپ زن، ع.، مرادی، خ.، درگاهی، ب.، ۱۳۹۲. **طراحی و اجرای پلنت بومی بیوگاز : دستاوردی کاربردی در بهره‌گیری از بیوگاز در مناطق روستایی کشور**. چهارمین همایش بیوانرژی ایران، تهران، نهم آبان ۱۳۹۲.

پیرایش، پ. فضلی، م. قاسمی، ت. (۱۳۹۲). **نقش توسعه پایدار روستایی در توسعه ملی و توسعه پایدار**. اولین همایش ملی گردشگری، جغرافیا و محیطزیست پایدار.

نوروزی، م. حیاتی، د. (۱۳۹۴). **سازه‌های مؤثر بر معیشت پایدار روستایی از دیدگاه کشاورزان استان کرمانشاه**. مجله علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران/ جلد ۱۱ / شماره ۱.

رحمانی، م.، ۱۳۹۴. **مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و ژئوالکتریک در شهرستان زنجان**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه گاوزنگ-زنجان.

عابدین‌زاده،ف.، منوری،س،م.،۱۳۸۶. **بررسی مدیریت پسماندها در شهر صنعتی رشت**. علـوم محـیـطی سال چهارم، شماره چهارم ، ۱۱۸-۱۰۱.

عباسی‌دشتکی، ب.، ملکی، ع.، ۱۳۹۶. **تولید بیوگاز از فضولات دامی، راهکاری برای جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست**. سومین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران.ص۱-۵.

عبدلی، م. (۱۳۸۹)، **امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی استفاده از منابع زیست‌توده در مناطق روستایی کشور**، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

عدل، م. (۱۳۷۸)، **برآورد قابلیت‌های تولید انرژی از زائدات زیستی**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

غضبان، ف.، وحیدی، ح.، طایفه، س،م.، احمدزاده، ع.، موسوی،س،ا.،۱۳۹۳. **بررسی وضعیت مدیریت پسماند در شهرک صنعتی چرمشهر و سالاریه با دیدگاه توسعه پایدار TBL و تحلیل سلسله مرتبی**. نشریه علمی– پژوهشی امیرکبیر (مهندسی عمران و محیط‌زیست).(۱)۴۶: ۹۰-۷۷.

فلاح‌نژاد تفتی، م.، عبدلی، م،ح.، گلبابایی کوتنایی، ف.،۱۳۹۵. **بررسی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از منابع زیست‌توده در روستاهای ایران با رویکرد توسعه پایدار**، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(۲)، ص ۳۹۴-۳۸۹.

قائمی، ف ، صادقی، ح ، ۱۳۹۳. **فنّاوری بیوگاز در ایران**. نشر نور علم ، چاپ اول.

مرادی، ح. ۱۳۹۶. **تولید بیوگاز از ترکیب کود گاوی و گوسفندی و ذخیره آن درون کپسول‌های بیوگاز**.پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

مقدم تبریزی، م ع. و کاظمی، خ. (۱۳۸۴) **ارزیابی اقتصادی جایگزینی فرآورده‌های نفتی با گاز طبیعی یا برق در استان سیستان و بلوچستان**.

Batzias, F.A., Sidiras, D.K. and Spyrou, E.K. 2005. **Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method**, Renewable Energy, Volume 30, Issue 8, Pages 1161–1176.

Khanali M., Mobli H. and Hosseinzadeh-Bandbafha H. 2017. **Modeling of yield and environmental impact categories in tea processing units based on artificial neural networks**. Environmental Science and Pollution Research 24(34): 26324–26340.

Noorollahi, Y. Kheirrouz, H. FarabiAsl, H. Yousefi, A., 2015., **Biogas production potential from livestock manure in Iran.** Renewable and Sustainable Energy Reviews50. pages 748–754.

Onurbas A., A. and Turker, U. 2012. **Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 3, Pages 1557–1561.

Prasertsana, S. and Sajjakulnukitb, B. 2006. **Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers**, Renewable Energy, Volume 31, Issue 5, Pages 599–610.

Rao, P. V, Baral, S. S. Dey, R. and Mutnuri, S. 2010. **Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in india**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14:2086-2094.

Tricase, C. Lombardi, M. 2009. **State of the art and prospects of Italian biogas production from animal sewage:Technical-economic considerations**. Renewable Energy, 34, 477–485.

.

Potential of Biogas Production from Animal Waste in Rural Areas of West Eyvan County, Ilam Province

H. Moradi[1], H. Mobli[*1], A. Jafari[1] and M. Khanali[1]

Received: 14 November 2018 Accepted: 8 July 2019
[1]Department of Agricultural Machinery, Faculty of Engineering and Technology of Agriculture, University of Tehran
*Corresponding author: Hamed.moradi@ut.ac.ir

Abstract

The inaccessibility of natural gas, the high price of fossil fuels and shortage of fuel stations in major part of rural areas caused the huge glut of solid biomass (wood coal) for provision of energy demand by rural households. The consumption of fossil fuels resulted in various environmental impacts, in which, the depletion of natural resources and jungles is the most obvious one. Biogas as an important energy source is produced by anaerobic digestion of organic wastes such as animal waste. Due to the high heating value of biogas than the direct burning of biomass, it can be used as an alternative to energy resource in rural areas. In this study, the potential of average annual biogas production from the accessible livestock waste in each rural houshod at West Eyvan County, Ilam province, was investigated as 9343.44 m3 (energy equivalent of 35505.07 kWh). Also, the average energy consumption from wood, petroleum and liquid gas was calculated as 37374.6 kWh). Therefore, in the case of biogas production, each average household (4 people) 1 can supply all its thermal requirements.

Keywords: Cattle waste, Sheep waste, Fossil fuel, Heating value, Biogas.