

پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در ایران

فرزانه قائمی^۱، حسین صادقی^۲

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور
Ghaemi.farzaneh@yahoo.com

چکیده

محدودیت منابع انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، توجه کشورهای مختلف جهان را به منابع تجدیدپذیر معطوف کرده است. یکی از این منابع مهم انرژی، بیوگاز است. بیوگاز از تخمیر بیهواری منابعی چون فضولات دامی در یک محفظه تخمیر به وجود می‌آید. استفاده از فناوری بیوگاز از جنبه‌های مختلفی دارای اهمیت است؛ اول آن که بیوگاز به دلیل داشتن ارزش حرارتی بالا، می‌تواند به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد و جایگزین مناسبی برای مصارف گاز طبیعی باشد. دوم آن که استفاده از این فناوری اثرات اجتماعی قابل توجهی در حوزه‌ی حفظ محیط‌زیست و کمک به سلامت انسان خواهد داشت و سوم آن که لجن خروجی از واحد بیوگاز، کودی غنی شده خواهد بود که می‌تواند بازده محصولات کشاورزی را به شدت افزایش دهد. در این مقاله پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در ایران محاسبه شده است. بدین منظور ابتدا انواع دام بر اساس محل‌های مختلف نگهداری آنها تفکیک شده، سپس با اعمال ضرایب قابل استحصال فضولات دامی، میزان فضولات قابل جمع‌آوری در کشور و میزان بیوگاز حاصل از آن محاسبه گردید. نتایج حاصل از پتانسیل‌سنجی نشان می‌دهد که اگر از کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری در کشور (حدود ۹۷,۵ میلیون تن در سال) استفاده شود، حجم قابل توجهی از بیوگاز برابر با ۲۳,۸ میلیارد متر مکعب در سال تولید خواهد شد که با در نظر گرفتن ارزش حرارتی، می‌تواند حدود ۱۸ درصد از مصرف نهایی گاز طبیعی در کشور را پاسخ گو باشد.

واژه‌های کلیدی: ایران، بیوگاز، پتانسیل، تخمیر بیهواری، فضولات دامی.

^۱ کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور (نویسنده مسئول).

^۲ دانشیار دانشکده‌ی اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس.

۱- مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت در کنار شهرنشینی و توسعه زندگی نوین، تقاضا برای مصرف انرژی بیش از پیش افزایش یافته است. محدودیت منابع انرژی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، باعث توجه کشورهای مختلف به منابع تجدیدپذیر در جهان گردیده است. فراوانی، در دسترس بودن و عدم ایجاد مشکلات زیست‌محیطی باعث گردیده است که مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر سهم روز افزونی را در تامین انرژی در راستای توسعه پایدار جهانی به عهده گیرند. یکی از این منابع تجدیدپذیر، بیوگاز است. به مجموعه گازهای تولید شده از تجزیه و تحلیل برخی منابع از جمله فضولات دامی و مواد آلی فسادپذیر، که در نتیجه فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های غیرهوازی، به ویژه باکتری‌های متان‌زا در یک محفظه تخمیر به وجود می‌آید، اصطلاحاً بیوگاز گفته می‌شود [۱]. بیوگاز از منابع مختلفی از جمله سبزیجات و تلفات کشاورزی، چوب و ضایعات جنگلی، فضولات دامی، فضلاب شهری، فضلاب و پسماند صنعتی و زباله‌های شهری به دست می‌آید [۲]. شایان ذکر است که در این مقاله صرفاً بر تولید بیوگاز از فضولات دامی تمرکز می‌شود.

هدف این مقاله آن است که پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را در کشور از طریق تفکیک جمعیت دام و اعمال ضرایب قابل استحصال فضولات دامی محاسبه نماید.

۲- معرفی بیوگاز

بیوگاز محصول فرعی تجزیه و تحلیل فضولات و ضایعات آلی ناپایدار، اعم از حیوانی، گیاهی و انسانی، در فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی خصوصاً باکتری‌های متان‌زا در محفظه تخمیر است. بیوگاز همچنین به گاز مرداب و گاز باتلاق نیز معروف است و گازی است تمیز، احتراق پذیر و سبک‌تر از هوا که نوعی سوخت محسوب شده و دارای مشخصات زیر است: دمای احتراق بیوگاز حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای شعله حاصل از آن ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد است. بیوگاز مانند سایر سوخت‌های گازی، قابل احتراق بوده و با نسبت ۱ به ۲۰ با هوا مخلوط شده و سرعت اشتعال بالایی دارد. در جدول ۱ خواص بیوگاز و سایر گازها قابل مشاهده است [۴].

جدول ۱. مقایسه خواص گازهای متداول با بیوگاز [۴]

ترکیبات		ارزش حرارتی KWh/m ³	وزن مخصوص نسبت به هوا (درصد)	سرعت فشار در هوا cm/s	هوای موردنیاز m ³	نوع گاز
عناصر	درصد					
CH ₄	۱۰۰	۹,۹۴	۵۵	۴۳	۹,۵	متان
C ₄ H ₈	۱۰۰	۲۵,۹۴	۱,۵۶	۵۷	۲۳,۸	پروپان
CH ₄ H ₁₀	۱۰۰	۳۴,۰۲	۲,۰۷	۴۵	۳,۹	بوتان
CH ₄ , H ₂	۳۵,۶۵	۷,۵۲	۳۸	۶۰	۷	گاز طبیعی
CH ₄ , O ₂ , 2N ₂	۲۴,۲۶,۵۰	۴,۰۷	۴۱	۸۲	۳,۷	گاز شهری
CH ₄ , CO ₂	۴۰,۶۰	۵,۹۶	۹۴	۴۰	۵,۷	بیوگاز

همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیوگاز در مقایسه با سایر گازها دارای ارزش حرارتی قابل ملاحظه‌ای است و می‌تواند به عنوان یک منبع انرژی در دسترس، به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۳- پیشینه مطالعات

در زمینه محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز از منابع مختلف آن و به خصوص از فضولات دامی پژوهش‌هایی برای کشورهای مختلف جهان انجام گرفته است که در ادامه به برخی از این پژوهش‌ها و نتایج حاصل از آنها اشاره خواهد شد.

ایگلینسکی^۱ و همکاران (۲۰۱۲)، پتانسیل تولید بیوگاز را برای کشور لهستان محاسبه نموده‌اند؛ نتایج حاصل از پژوهش آنان نشان می‌دهد که بیوگاز حاصله از فضولات تازه گاوی در این کشور ۳۶۴۶ میلیون متر مکعب، از فضولات تازه خوک ۲۵۸۱ میلیون متر مکعب و از فضولات مرغی ۷۱۷ میلیون متر مکعب می‌باشد [۲۱].

اونورباس^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را برای کشور ترکیه محاسبه کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که بیوگاز حاصله از فضولات دامی در این کشور حدود ۲,۱۸ میلیارد متر مکعب در سال می‌باشد [۲۲].

ونکاتسوارا راتو^۳ 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 پسماند برخی از صنایع (مانند تولید شیر، تولید شکر، مرغ‌داری و ...) محاسبه و به این نتیجه رسیدند که پتانسیل تولید بیوگاز در این کشور سالانه حدود ۴۰۷۳۴ مگامتر مکعب است [۲۴].

آرتور^۴ و همکاران (۲۰۱۱)، میزان تولید بیوگاز از فاضلاب سرویس‌های بهداشتی چهار دانشگاه در کشور غنا را مورد بررسی قرار داده و میزان تولید بیوگاز را از این منبع در حدود ۸۱۵۱۰۹ متر مکعب در سال به دست آورده‌اند [۱۷].

امجید^۵ و همکاران (۲۰۱۱)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی شامل گاو و بوفالو را برای کشور پاکستان محاسبه کرده و به این نتیجه رسیدند که پاکستان با داشتن تقریباً ۱۵۹ میلیون گاو و بوفالو، روزانه ۶۵۲ میلیون کیلوگرم فضولات تولید می‌کند، که این حجم فضولات، ۱۶,۳ میلیون متر مکعب بیوگاز را در روز و ۲۱ میلیون تن کود غنی شده را در سال تولید می‌نماید [۱۶].

پراسرت‌سانا^۶ و همکاران (۲۰۰۶)، در سال ۲۰۰۶، پتانسیل تولید انرژی از بیوگاز را برای کشور تایلند از فضولات دامی، ۱۳۰۰۰ تراژول در هر سال محاسبه کرده‌اند [۲۳].

چانگ^۷ و همکاران (۲۰۱۱)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی (گاو و خوک) را برای ناحیه‌ی مغولستان داخلی^۸ در کشور چین محاسبه نموده‌اند. براساس یافته‌های ایشان این ناحیه دارای ۴,۴۸۳ میلیون گاو است که می‌توانند ۳,۲۵۴ صد میلیون متر مکعب در سال بیوگاز تولید نمایند و نیز دارای ۳,۰۸۷ میلیون خوک است که امکان تولید ۰,۰۷۲ صد میلیون متر مکعب بیوگاز را در سال ایجاد می‌کند [۱۹].

¹ Iglinski

² Onurbas

³ Venkateswara Rao

⁴ Arthur

⁵ Amjid

⁶ Prasertsana

⁷ Chang

⁸ Inner Mongolia

باتزیاس^۱ و همکاران (۲۰۰۵)، پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را برای کشور یونان در سال ۲۰۱۰، به اندازه ۱۶۸۹۴ کیلو تن فضولات دامی و تولید ۱۰۶ * ۴۲۳،۶ متر مکعب بیوگاز تخمین زده بودند [۱۸].

فریرا^۲ و همکاران (۲۰۱۲)، پتانسیل تولید بیوگاز از منابع مختلف را برای چند کشور اروپایی مورد مقایسه قرار دادند، بر اساس گزارش ایشان فضولات دامی قابل جمع‌آوری در سال ۲۰۰۸، در کشور استرالیا ۱۷۴،۵ کیلو تن، در دانمارک ۹۳،۸ کیلو تن، در آلمان ۴۲۲۹،۵ کیلو تن، در پرتغال ۲۲ کیلو تن، در اسپانیا ۲۰۳،۲ کیلو تن و در سوئد ۱۰۲،۴ کیلو تن بوده است [۲۰].

برای ایران نیز تاکنون دو محاسبه در زمینه تعیین پتانسیل تولید بیوگاز انجام شده است؛ که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

عدل (۱۳۷۸) به پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز از منابع مختلف آن در ایران پرداخته است. بر اساس نتایج ایشان، مقدار فضولات دامی قابل دسترس در ایران ۷۴۹۴۶ هزار تن در سال بوده که بیوگاز قابل تولید از آن ۸۶۶۸ میلیون متر مکعب می‌باشد [۶].

عبدلی (۱۳۸۹) نیز به محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در کشور پرداخته است، نتایج ایشان نشان می‌دهد مقدار فضولات دامی قابل دسترس به منظور تولید بیوگاز در ایران ۲۶۱۳۴۰ هزار تن در سال بوده که بیوگاز قابل تولید از آن ۶۵۳۳۵ میلیون متر مکعب است [۵].

نتایج پژوهش اول به جهت اینکه محاسبات صورت گرفته در آن براساس آمار تعداد دام سال ۱۳۷۸ و یا ماقبل آن است و جمعیت دام در سال‌های اخیر کاملاً تغییر کرده است، مسلماً برای سیاست‌گذاری‌های فعلی مورد اطمینان نخواهد بود. پژوهش دوم نیز که براساس آمار جمعیت دام سرشماری کشاورزی سال ۱۳۸۲ صورت گرفته است، به جهت اینکه در آن انواع دام براساس محل‌های مختلف نگهداری آنان تفکیک نشده است، حجم فضولات قابل جمع‌آوری بیش از حد واقعی به دست آمده است. هدف این مقاله این است که ابتدا انواع دام را براساس محل‌های مختلف نگهداری آنها تقسیم کرده و بعد برای انواع دام در محل‌های مختلف، یک ضریب قابل استحصال فضولات دامی خاص اعمال شود تا نتایج واقعی‌تری به دست آید. به عبارت دیگر، در این مقاله حجم فضولات قابل جمع‌آوری انواع دام (اعم از گاو و گوساله، گوسفند و بره، بز و بزغاله و گاومیش)، در محل‌های مختلف نگهداری آنان (اعم از روستاها، پروراندی‌ها، عشایر، گاوداری‌های صنعتی) یکسان نبوده و با توجه به ویژگی‌های آن محل محاسبه خواهد شد. علاوه بر آن، در این مقاله، برای محاسبه درصد تعداد دام در محل‌های مختلف نگهداری آنها ابتدا از آمار سرشماری کشاورزی ۱۳۸۲ استفاده خواهیم کرد، اما به جهت این که این آمارها کمی قدیمی بوده و ممکن است محاسبات ما را تحت تاثیر منفی قرار دهند، ما درصدهای به دست آمده را بر روی جمعیت سال ۱۳۹۰ پیاده کرده و حجم فضولات قابل جمع‌آوری در کشور و نیز بیوگاز حاصله از آن را برای جمعیت دام سال ۱۳۹۰ محاسبه خواهیم نمود.

۴- تفکیک جمعیت انواع دام بر حسب محل‌های مختلف نگهداری آنها

در این مقاله به منظور محاسبه تولید بیوگاز از فضولات دامی در ایران، فرض بر آن است که نگهداری انواع دام، اعم از گاو و گوساله (شامل اصیل، آمیخته و بومی)، گوسفند و بره، بز و بزغاله و گاومیش به شرح زیر می‌باشد:

¹ Batzias

² Ferreira

- گاو و گوساله: فرض بر آن است که گاو و گوساله‌های اصیل یا در گاوداری‌های صنعتی و یا در روستاها، گاو و گوساله‌های آمیخته و بومی یا در گاوداری‌های صنعتی یا در روستاها و یا به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند. (علت اینکه گاو و گوساله‌های اصیل به عنوان دام عشایری در نظر گرفته نمی‌شوند، این است که گاو و گوساله‌های اصیل به دلیل وزن بالایشان نسبت به سایر انواع گاو و گوساله، به راحتی نمی‌توانند کوچ کنند).

- گوسفند و بره: فرض بر آن است که گوسفند و بره‌های کشور یا در روستاها یا در پرواربندی‌های گوسفند و یا به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند.

- بز و بزغاله: فرض بر آن است که بز و بزغاله‌های کشور یا در روستاها و یا به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند.

- گاومیش: فرض بر آن است که گاومیش‌های کشور یا در روستاها و یا به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند.

بر این اساس اکنون، جمعیت دام کشور بر حسب محل‌های مختلف نگهداری آنان، تفکیک می‌گردد:

✓ گاو و گوساله اصیل:

$$(1) \quad \frac{\text{تعداد گاو و گوساله اصیل گاوداری‌های صنعتی در سال ۱۳۸۹ (۸)}}{\text{کل تعداد گاو و گوساله اصیل کشور در سال ۱۳۸۹ (۱۳)}} = \frac{۸۴۷۲۱۶}{۱۰۰۹۰۰۰} = ۰,۸۳$$

نتیجه آنکه ۸۳ درصد از کل گاو و گوساله‌های اصیل کشور در گاوداری‌های صنعتی و ۱۷ درصد مابقی در روستاها نگهداری می‌شوند.

✓ گاو و گوساله آمیخته:

$$(2) \quad \frac{\text{تعداد گاو و گوساله آمیخته گاوداری‌های صنعتی در سال ۱۳۸۹ (۸)}}{\text{کل تعداد گاو و گوساله آمیخته کشور در سال ۱۳۸۹ (۱۳)}} = \frac{۳۵۵۱۱۸}{۴۶۹۰۰۰۰} = ۰,۰۷$$

$$(3) \quad \frac{\text{تعداد گاو و گوساله آمیخته روستاهای کشور در سال ۱۳۸۲ (۹)}}{\text{کل تعداد گاو و گوساله آمیخته کشور در سال ۱۳۸۲ (۱۱)}} = \frac{۲۰۱۲۴۸۲}{۲۶۳۳۰۰۰} = ۰,۷۶۴$$

نتیجه آنکه ۷۶,۵ درصد از کل گاو و گوساله‌های آمیخته کشور در روستاها، ۷ درصد در گاوداری‌های صنعتی و ۱۶,۵ درصد مابقی به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند.

✓ گاو و گوساله بومی:

$$(4) \quad \frac{\text{تعداد گاو و گوساله بومی گاوداری‌های صنعتی در سال ۱۳۸۹ (۸)}}{\text{کل تعداد گاو و گوساله بومی کشور در سال ۱۳۸۹ (۱۳)}} = \frac{۹۲۲۵۵}{۲۷۱۱۰۰۰} = ۰,۰۳$$

$$(5) \quad \frac{\text{تعداد گاو و گوساله بومی روستاهای کشور در سال ۱۳۸۲ (۹)}}{\text{کل تعداد گاو و گوساله بومی کشور در سال ۱۳۸۲ (۱۱)}} = \frac{۲۹۶۰۹۵۸}{۴۱۸۵۰۰۰} = ۰,۷۰۷$$

نتیجه آنکه ۷۱ درصد از کل گاو و گوساله‌های بومی کشور در روستاها، ۳ درصد در گاوداری‌های صنعتی و ۲۶ درصد مابقی به عنوان دام عشایری نگهداری می‌شوند.

✓ گوسفند و بره:

$$(6) \quad \frac{\text{تعداد گوسفند و بره عشایر کوچنده‌ی کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۰)}}{\text{کل تعداد گوسفند و بره کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۲)}} = \frac{۱۳۵۸۵۶۸۹}{۵۲۲۱۹۰۰۰} = ۰,۲۶$$

$$(7) \quad \frac{\text{تعداد گوسفند و بره روستاهای کشور در سال ۱۳۸۲ (۹)}}{\text{کل تعداد گوسفند و بره کشور در سال ۱۳۸۲ (۱۱)}} = \frac{۳۱۸۷۳۳۳۴}{۵۱۹۵۹۰۰۰} = ۰,۶۱$$

نتیجه آن که ۶۱ درصد از کل گوسفند و بره‌های کشور در روستاها، ۲۶ درصد به عنوان دام عشایری و ۱۳ درصد مابقی در پرواریندی‌های گوسفند نگهداری می‌شوند.

✓ بز و بزغاله:

$$(8) \quad \frac{\text{تعداد بز و بزغاله عشایر کوچنده‌ی کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۰)}}{\text{کل تعداد بز و بزغاله کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۲)}} = \frac{۸۳۴۸۵۲۹}{۲۵۸۰۷۰۰۰} = ۰,۳۲$$

$$(9) \quad \frac{\text{تعداد بز و بزغاله روستاهای کشور در سال ۱۳۸۲ (۹)}}{\text{کل تعداد بز و بزغاله کشور در سال ۱۳۸۲ (۱۱)}} = \frac{۱۶۷۱۰۰۸۶}{۲۵۶۷۹۰۰۰} = ۰,۶۵$$

نتیجه آنکه تقریباً ۶۶ درصد از کل بز و بزغاله‌های کشور در روستاها و ۳۴ درصد مابقی در دام عشایری نگهداری می‌شوند.

✓ گاومیش:

$$(10) \quad \frac{\text{تعداد گاومیش عشایر کوچنده‌ی کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۰)}}{\text{کل تعداد گاومیش کشور در سال ۱۳۸۷ (۱۲)}} = \frac{۹۲۷۱}{۴۴۷۰۰۰} = ۰,۰۲$$

نتیجه آنکه ۲ درصد از کل گاومیش‌های کشور در دام عشایری و ۹۸ درصد مابقی در روستاها نگهداری می‌شوند. بر اساس آنچه که تاکنون توضیح داده شده است می‌توان جمعیت دام کشور در سال ۱۳۹۰ را به این شکل تفکیک نمود:

جدول ۲. تفکیک جمعیت انواع دام بر حسب محل‌های مختلف نگهداری آنها (واحد: راس)

نوع دام	جمعیت دام کشور در سال ۱۳۹۰ (۱۴)	تفکیک جمعیت دام بر حسب محل‌های مختلف نگهداری آنها
گاو و گوساله	۱۰۶۰۰۰۰	- تعداد گاو و گوساله اصیل موجود در گاوداری‌های صنعتی (۸۳٪): ۸۷۹۸۰۰
اصیل		- تعداد گاو و گوساله اصیل موجود در روستاها (۱۷٪): ۱۸۰۲۰۰
گاو و گوساله آمیخته	۵۰۰۶۰۰۰	- تعداد گاو و گوساله آمیخته موجود در گاوداری‌های صنعتی (۷٪): ۳۵۰۴۲۰
		- تعداد گاو و گوساله آمیخته موجود در روستاها (۷۶,۵٪): ۳۸۲۹۵۹۰

تعداد گاو و گوساله آمیخته موجود در دام عشایری (۱۶,۵٪) :	۸۲۵۹۹۰	
تعداد گاو و گوساله بومی موجود در گاوداری‌های صنعتی (۳٪) :	۷۵۶۶۰	
تعداد گاو و گوساله بومی موجود در روستاها (۷۱٪) : ۱۷۹۰۶۲۰	۲۵۲۲۰۰۰	گاو و گوساله بومی
تعداد گاو و گوساله بومی موجود در دام عشایری (۲۶٪) : ۶۵۵۷۲۰		
تعداد گوسفند و بره موجود در پرواربندی‌ها (۱۳٪) : ۶۷۲۰۷۴۱		
تعداد گوسفند و بره موجود در روستاها (۶۱٪) : ۳۱۵۳۵۷۸۶	۵۱۶۹۸۰۱۰	گوسفند و بره
تعداد گوسفند و بره موجود در دام عشایری (۲۶٪) : ۱۳۴۴۱۴۸۳		
تعداد بز و بزغاله موجود در روستاها (۶۶٪) : ۱۶۸۶۳۶۶۰		
تعداد بز و بزغاله موجود در دام عشایری (۳۴٪) : ۸۶۸۷۳۴۰	۲۵۵۵۱۰۰۰	بز و بزغاله
تعداد گاو میش موجود در روستاها (۹۸٪) : ۴۷۷۲۶۰		
تعداد گاو میش موجود در دام عشایری (۲٪) : ۹۷۴۰	۴۸۷۰۰۰	گاو میش

۵- حجم فضولات انواع دام

حجم فضولات هر راس دام در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. حجم فضولات هر راس دام (واحد: تن در سال) [۵]

نوع دام	حجم فضولات هر راس
گاو و گوساله اصیل	۲۰,۲۵
گاو و گوساله آمیخته	۱۳,۵
گاو و گوساله بومی	۹
گوسفند و بره	۱,۴۴
بز و بزغاله	۰,۹۴۵
گاو میش	۱۸

۶- ضرایب قابل استحصال فضولات دامی

باید توجه داشته باشیم که کل فضولاتی که از انواع دام حاصل می‌شود، قابل جمع‌آوری نیست، بنابراین لازم است ضرایبی تحت عنوان "ضرایب قابل استحصال فضولات" با این مفهوم که چند درصد از فضولات دامی قابل جمع‌آوری است، در نظر گرفته شود. این ضرایب به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

- در این مقاله فرض شده است که فضولات حاصل از انواع دام عشایری قابل جمع آوری نبوده، بنابراین ضریب قابل استحصال برای انواع دام عشایری صفر در نظر گرفته شده است.
- فرض شده است که کل فضولات حاصل از انواع گاو و گوساله موجود در گاوداری‌های صنعتی قابل جمع آوری است. بنابراین ضریب قابل استحصال برای انواع گاو و گوساله موجود در گاوداری‌های صنعتی یک در نظر گرفته شده است.
- فرض شده است که کل فضولات گوسفند و بره‌های موجود در پرواربندی‌ها قابل جمع آوری بوده، بنابراین ضریب قابل استحصال برای این مورد نیز یک در نظر گرفته شده است.
- در مورد دام روستایی ضرایب قابل استحصال فضولات انواع دام به شرح جدول ۴ در نظر گرفته شده است:

جدول ۴. ضرایب قابل استحصال فضولات انواع دام در روستاهای کشور [۵]

نوع دام	ضریب
گاو و گوساله اصیل	۱
گاو و گوساله آمیخته	۰,۷
گاو و گوساله بومی	۰,۵
گوسفند و بره	۰,۲
بز و بزغاله	۰,۲
گاومیش	۰,۵

۷- محاسبه حجم فضولات قابل جمع آوری در کشور

با توجه به به جدول ۳ و اعمال ضرایب قابل استحصال فضولات دامی که در بالا شرح داده شد، می‌توان "حجم فضولات قابل جمع آوری از انواع دام" را به شکل زیر محاسبه نمود:

جدول ۵. حجم فضولات قابل جمع آوری از انواع دام در کل کشور (واحد: تن در سال)

نوع دام	حجم فضولات قابل جمع آوری در کل کشور
گاو و گوساله اصیل	$(۸۷۹۸۰۰ * ۲۰,۲۵ * ۱) + (۱۸۰۲۰۰ * ۲۰,۲۵ * ۱) = ۲۱۴۶۵۰۰$
گاو و گوساله آمیخته	$(۳۵۰۴۲۰ * ۱۳,۵ * ۱) + (۳۸۲۹۵۹۰ * ۱۳,۵ * ۰,۷) + (۸۲۵۹۹۰ * ۱۳,۵ * ۰) = ۴۰۹۲۰۲۹۵,۵$
گاو و گوساله بومی	$(۷۵۶۶۰ * ۹ * ۱) + (۱۷۹۰۶۲۰ * ۹ * ۰,۵) + (۶۵۵۷۲۰ * ۹ * ۰) = ۸۷۳۸۷۳۰$
گوسفند و بره	$(۳۱۵۳۵۷۸۶ * ۱,۴۴ * ۰,۲) + (۱۳۴۴۱۴۸۳ * ۱,۴۴ * ۰) = ۱۸۷۶۰۱۷۳,۴۱$
بز و بزغاله	$(۶۷۲۰۷۴۱ * ۱,۴۴ * ۱)$
گاومیش	$(۱۶۸۶۳۶۶۰ * ۰,۹۴۵ * ۰,۲) + (۸۶۸۷۳۴۰ * ۰,۹۴۵ * ۰) = ۳۱۸۷۲۳۱,۷۴$
جمع کل فضولات قابل جمع آوری در کشور	$(۴۷۷۲۶۰ * ۱۸ * ۰,۵) + (۹۷۴۰ * ۱۸ * ۰) = ۴۲۹۵۳۴۰$
	۹۷۳۶۶۷۷۰,۶۵

۸- محاسبه پتانسیل تولید بیوگاز

پتانسیل تولید بیوگاز از هر تن از فضولات تازه گاوی ۲۸۱ و از هر تن از فضولات تازه بز و بزغاله و نیز گوسفند و بره ۱۲۰ مترمکعب می‌باشد [۱۸]. در این پژوهش فرض بر آن است که پتانسیل تولید بیوگاز از هر تن از فضولات تازه گاومیش نیز ۲۸۱ مترمکعب است. بر این اساس می‌توان پتانسیل بیوگاز تولیدی از فضولات دامی قابل جمع‌آوری در یک سال در کشور را به این شکل محاسبه کرد:

$$(281 * 295,5 * 4092) + (281 * 2146500) = \text{پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی در ایران (متر مکعب در سال)}$$

$$(11) \quad 23826530320 = (3187231,74 * 120) + (18760173,41 * 120) + (4295340 * 281) + (8738730 * 281)$$

مشاهده می‌شود اگر از همه فضولات دامی کشور (حدود ۹۷,۵ میلیون تن در سال) استفاده شود، در سال حدود ۲۳,۸ میلیارد مترمکعب بیوگاز تولید خواهد شد.

طبق جدول ۱ ارزش حرارتی بیوگاز ۵,۹۶ و ارزش حرارتی گاز طبیعی ۷,۵۲ کیلووات ساعت به ازای هر مترمکعب می‌باشد. بنابراین ارزش حرارتی بیوگاز برابر ۰,۷۹ ارزش حرارتی گاز طبیعی است. همان‌طور که اشاره شد اگر از کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری در کشور استفاده شود، بیوگازی حدود ۲۳,۸ میلیارد متر مکعب در سال ایجاد خواهد شد که این میزان بیوگاز با در نظر گرفتن ارزش حرارتی آن، معادل با ۱۸,۸ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی خواهد بود. از طرف دیگر کل مصرف نهایی گاز طبیعی در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۰۳,۵ میلیارد متر مکعب بوده است [۱۵]. در این صورت می‌توان به سادگی دریافت که اگر از کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری در کشور استفاده و بیوگازی حدود ۲۳,۸ میلیارد متر مکعب در سال ایجاد شود، حدود ۱۸ درصد از کل مصرف نهایی گاز طبیعی در کشور را می‌توان به وسیله بیوگاز حاصل از فضولات دامی تامین نمود.

۹- نتایج و بحث

نتایج حاصل از پتانسیل‌سنجی نشان می‌دهد که اگر از کل فضولات دامی قابل جمع‌آوری در کشور (حدود ۹۷,۵ میلیون تن در سال) استفاده شود، حجم قابل توجهی برابر با ۲۳,۸ میلیارد مترمکعب در سال بیوگاز تولید خواهد شد. این مقدار بیوگاز می‌تواند با در نظر گرفتن ارزش حرارتی بیوگاز و گاز طبیعی، حدود ۱۸ درصد از کل مصرف نهایی گاز طبیعی در کشور را (طبق آمار سال ۱۳۹۰) پاسخ‌گو باشد.

در نظر داشته باشیم که نتایج به دست آمده پتانسیل تولید بیوگاز را تنها از یکی از منابع مختلف تولید بیوگاز که در قسمت مقدمه به آن اشاره شد، یعنی فضولات دامی دربرمی‌گیرد. چنانچه از منابع دیگر نیز برای تولید بیوگاز استفاده شود، حجم بیوگاز تولیدی در کشور بسیار بیشتر بوده و درصد بالاتری از گاز طبیعی کشور را می‌تواند تامین کند، که در این صورت صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف سوخت‌های فسیلی صورت خواهد گرفت.

نتایج پتانسیل‌سنجی تولید بیوگاز از فضولات دامی، راهکارهای بسیار مهمی برای برنامه‌ریزان در حوزه‌ی انرژی، خصوصاً برای تامین انرژی محل‌های دور افتاده که دارای دام هستند (از جمله روستاهای دور افتاده و یا گاوداری‌های صنعتی که عموماً در محدوده شهری نبوده و تحت پوشش شبکه سراسری گاز نمی‌باشند)، خواهد داشت.

همچنین توجه داشته باشیم که این فناوری، علاوه بر تولید انرژی، دارای مزیت‌های دیگری نیز می‌باشد. متناسب با فضولات دامی که به مخزن وارد می‌شوند، کود غنی شده تولید خواهد شد که علاوه بر از بین رفتن تخم علف‌های هرز در آن، بازده محصولات کشاورزی را به شدت افزایش می‌دهد. از آنجایی که بر اساس نتایج، پتانسیل تولید بیوگاز در کشور بالاست، قابلیت تولید مقدار قابل توجهی کود غنی شده نیز در کشور وجود خواهد داشت. همچنین این حجم فضولات قابل جمع‌آوری، چنانچه به همین شکل در فضا رها شوند، متان حاصله از آن، که در فضا رها شده و مصرف نمی‌شود، علاوه بر اینکه باعث گرم شدن هوای کره زمین می‌گردد، مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را نیز به وجود می‌آورد. بنابراین پتانسیل بالای تولید بیوگاز در کشور نشان می‌دهد که با احداث واحدهای بیوگاز تا حد بالایی از این مشکلات جلوگیری می‌شود. همچنین استفاده از این فناوری، ارزش افزوده قابل ملاحظه‌ای ایجاد خواهد کرد. با توجه به پتانسیل بالای کشور در تولید بیوگاز، چنانچه همه روستاها و گاوداری‌های صنعتی کشور از این فناوری استفاده نمایند، به دلیل تولید کود غنی شده، ارزش افزوده بخش کشاورزی و به دلیل تولید بیوگاز و بعد هم برق، ارزش افزوده بخش انرژی افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. بنابراین استفاده از این فناوری علاوه بر سایر مزایا، می‌تواند به رشد اقتصادی نیز کمک بسیاری نماید. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که همه گاوداری‌های صنعتی و روستاها از این فناوری استفاده نمایند؛ تا علاوه بر حصول مزیت‌های اشاره شده، رشد اقتصادی کشور نیز بالا رود.

شایان ذکر است تاکنون به دلیل پایین بودن قیمت انرژی در کشور، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر مورد توجه بوده است؛ اما اکنون به دلیل گران شدن انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله فناوری بیوگاز، کاملاً ضروری خواهد بود. بر این اساس لازم است دولت با دادن وام و یا سایر مزایا و تشویقات، حمایت‌های لازم از بخش خصوصی را در خصوص گسترش استفاده از این فناوری انجام دهد.

فهرست منابع:

۱. آستانی، س. (۱۳۹۰)، بررسی و مقایسه برخی از انواع دستگاه‌های تولیدکننده بیوگاز، دومین همایش بیوانرژی ایران.
۲. پاکدامن، ج. و زمردی، م. (۱۳۸۹)، بررسی میزان بیوگاز قابل استحصال از گاوداری‌های استان تهران و آنالیز اقتصادی استفاده از سیستم تولید همزمان برق و حرارت در یک گاوداری ۱۰۰۰ راسی، کنفرانس بهینه‌سازی مصرف انرژی.
۳. پورخباز، ع. و حاجی زاده، ف. (۱۳۸۸)، ارزیابی زیست‌محیطی اقتصادی انرژی بیوگاز، اولین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران.
۴. عادل‌گیلانی، ا. و سوری، ف. (۱۳۸۹)، فناوری بیوگاز گامی در راستای توسعه پایدار روستایی، ماهنامه نفت و انرژی، شماره ۵۱.
۵. عبدلی، م. (۱۳۸۹)، امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی استفاده از منابع زیست‌توده در مناطق روستایی کشور، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۶. عدل، م. (۱۳۷۸)، برآورد قابلیت‌های تولید انرژی از زائادات زیستی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
۷. کاروان، آ. و عسگری، س. (۱۳۹۰)، بررسی تولید انرژی از زیست‌توده با استفاده از فناوری هضم بیهوازی، اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی.
۸. مرکز آمار ایران (۱۳۸۹)، چکیده نتایج آمارگیری از گاوداری‌های صنعتی کشور.
۹. مرکز آمار ایران (۱۳۸۲)، سرشماری کشاورزی.
۱۰. مرکز آمار ایران (۱۳۸۷)، چکیده نتایج سرشماری اجتماعی و اقتصادی عشایر کوچنده کل کشور.

۱۱. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۲)، جمعیت دام کشور.
۱۲. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۷)، جمعیت دام کشور.
۱۳. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۹)، جمعیت دام کشور.
۱۴. وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۰)، جمعیت دام کشور.
۱۵. وزارت نیرو (۱۳۹۰)، ترازنامه انرژی.
16. Amjid, S.S., Bilal, M.Q., Nazir, M.S. and Hussain, A. (2011), Biogas, renewable energy resource for Pakistan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 6, Pages 2833–2837.
17. Arthur, R., Francisca Baidoo, M., Brew-Hammond, A. and Cudjoe Bensah, E. (2011), Biogas generation from sewage in four public universities in Ghana: A solution to potential health risk, *Biomass and Bioenergy*, Volume 35, Issue 7, Pages 3086–3093.
18. 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.
19. Chang, I.S., Zhao, J., Yin, X., Wu, J., Jia, Z. and Wang, L. (2011), Comprehensive utilizations of biogas in Inner Mongolia, China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 3, Pages 1442–1453.
20. Ferreira, M., Paula Marques, I. and Malico, I. (2012), Biogas in Portugal: Status and public policies in a European context, *Energy Policy*, Volume 43, Pages 267–274.
21. Igli ski, B., Buczkowski, R., Igli ska, A., Cichosz, M., Piechota, G. and Kujawski, W. (2012), Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 16, Issue 7, Pages 4890–4900.
22. 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.
23. 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.
24. Venkateswara Rao, P., 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*, Volume 14, Issue 7, Pages 2086–2094.

