مجلّهٔ پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، سال 3، شمارهٔ 5، بهار 1393
شاپای چاپی: 2322-2514 شاپای الکترونیکی: 2383-2495
http://jrrp.um.ac.ir

بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی

فرزانه قائمی[1] * ـ حسین صادقی[2]

1- کارشناس‌ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید بهشتی (پردیس فنی شهید عباسپور)، تهران، ایران

2- استادیار اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 1392/07/28 صص134-121 تاریخ تصویب: 1392/11/06

چکیده

هدف: هدف از انجام پژوهش حاضر آن است که بررسی نماید احداث واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز در روستاهای کشور تا چه میزان می‌تواند نیازهای مردم روستا یا خانوارهای روستایی به سوخت را پاسخ دهد و جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی آنان باشد.

روش: تحقیق حاضر با روشی توصیفی- تحلیلی، نیازهای سوختی مردم روستایی کشور و امکان تأمین آن به‌وسیلهٔ بیوگاز حاصل از فضولات دامی را بررسی می‌کند.

یافته‌ها: نتیجهٔ اولیه و کلی بررسی تناسب جمعیت دام و جمعیت انسانی روستاهای کشور از بعد تأمین سوخت آن است که (اگر توزیع جمعیت دام و انسان در روستاهای کشور یکسان باشد) سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر انسان روستایی آن قدر است که می‌تواند مصارف گاز طبیعی او را در سال به‌طور کامل پاسخ دهد. همچنین، نتایج بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز تقریباً نشان‌دهندهٔ پتانسیل زیاد تولید بیوگاز و امکان زیاد استفاده از آن در تأمین سوخت روستاهای کشور است.

محدودیت‌ها/ راهبردها: یکی از مشکلات، آگاهی‌های کم و آموزش‌های ناکافی در این‌باره است. همچنین، نبود روحیهٔ مشارکت مردم روستایی در احداث و ادارهٔ واحدهای بیوگاز روستایی و فقدان برنامهٔ جامع ملی برای گسترش این فناوری تاحدی از پیشبرد کار جلوگیری خواهد کرد که لازم است این مشکلات حل شود.

راهکارهای عملی: لازم است آگاهی‌ها و آموزش‌های لازم به مردم روستایی کشور داده شود تا با مزایای مختلف استفاده از این فناوری آشنا شوند. علاوه‌برآن، حمایت‌های دولتی ازجمله اعطای وام به روستاییان برای احداث واحدهای بیوگاز قطعاً می‌تواند در گسترش این فناوری مؤثر باشد.

اصالت و ارزش: تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی دارای مزایای بسیاری ازجمله صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش هزینه‌های لوله کشی گاز به مناطق روستایی، تولید کود غنی‌شدهٔ قابل‌استفاده در کشاورزی، افزایش سلامت انسان و محیط زیست و ... است.

کلیدواژه‌ها: بیوگاز، تأمین سوخت روستا، فضولات دامی.

*. نویسندهٔ مسؤول: Email: Ghaemi.Farzaneh@yahoo.com

1. مقدمه

1. 1. طرح مسئله

از مهم‌ترین مشکلات بخش انرژی در ایران یکی، محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی (ازجمله گاز) و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف آن‌ها است و دیگری، تأمین سوخت روستاهای دورافتاده‌ای است که به شبکهٔ سراسری گاز متصل نیستند. استفاده از فناوری بیوگاز می‌تواند به‌طور همزمان هر دو مشکل را حل نماید. بیوگاز محصول فرعی تجزیه‌وتحلیل برخی از منابع ازجمله فضولات دامی است که در فقدان اکسیژن به‌دست می‌آید. استفاده از این انرژی تجدیدپذیر علاوه‌برآنکه باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی خواهد شد، به این دلیل که از تخمیر فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا به‌وجود خواهد آمد، به‌عنوان جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی روستاهای دور از شبکهٔ سراسری گاز نیز خواهد بود.

علاوه‌بر استفاده از بیوگاز به‌عنوان یک منبع انرژی، استفاده از این فناوری از ابعاد زیست‌محیطی و کشاورزی نیز دارای اهمیت بسیار زیادی است که بخش دوم مقاله به آن اشاره می‌شود.

واحدهای بیوگاز روستایی را می‌توان به دو شکل طراحی نمود؛ یا برای کل روستا یک واحد مشترک بیوگاز احداث کرد تا نیازهای سوختی تمام مردم روستا را پاسخ دهد و یا برای هر خانوار روستایی یک واحد بیوگاز انفرادی احداث شود تا نیازهای سوختی خانوار روستایی ازطریق بیوگاز تأمین گردد.

سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود آن است که احداث این واحدها تا چه میزان می‌تواند نیازهای مردم روستا (در احداث واحدهای مشترک بیوگاز) و خانوارهای روستایی (در احداث واحدهای انفرادی بیوگاز) را به سوخت پاسخ دهد و جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی مردم روستا باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر این است که این مسئله با درنظرگرفتن پیش‌فرض‌هایی ازجمله توزیع نرمال دام در روستاهای کشور و بین خانوارهای روستایی، توزیع نرمال جمعیت در روستاهای کشور، حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری یکسان در فصول مختلف سال از انواع دام و امکان احداث واحدهای بیوگاز در تمام مناطق جغرافیایی کشور بررسی شود. به‌عبارت‌دیگر، در این مقاله تناسب جمعیت دام و جمعیت انسانی روستاهای کشور از بعد تأمین سوخت موردنیاز افراد روستا بررسی می‌گردد.

به این منظور، بعد از معرفی بیوگاز و ارائهٔ پیشینهٔ مطالعات، ابتدا در حالت کلی (بدون درنظرگرفتن واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز)، این تناسب بررسی خواهد شد. سپس، این تناسب برای واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز در روستاهای کشور بررسی خواهد گردید.

1. 2. معرفی بیوگاز

بیوگاز مخلوط گازی‌شکل سرشار از متانی است که از تخمیر بیهوازی برخی از منابع که مهم‌ترین آن‌ها فضولات دامی و لجن فاضلاب‌های شهری است، حاصل می‌شود (وایت، کیرک، و گرایدان[1]، 2011).

واحدهای بیوگاز مدل‌های گوناگونی دارند. همهٔ این مدل‌ها شامل حوضچهٔ ورودی، محفظهٔ تخمیر بیهوازی، حوضچهٔ خروجی، مخزن جمع‌آوری بیوگاز و سیستم انتقال و استفاده از بیوگاز هستند. در همهٔ این واحدها، مواد اولیه (فضولات دامی) با آب مخلوط می‌شوند و ازطریق حوضچهٔ ورودی که در سطح فوقانی زمین ساخته شده است، به قسمت تحتانی محفظهٔ تخمیر فرستاده می‌شوند. محفظهٔ تخمیر با ایجاد شرایط مناسب حرارتی، رطوبتی و نبود هوا، میزان تولید گاز متان حاصل از تجزیهٔ بیهوازی را به‌حداکثر می‌رساند. این مواد پس از تخمیر و تولید گاز، براساس قانون ظروف مرتبط، از مجرای ویژه‌ای به حوضچهٔ خروجی یا حوضچهٔ کمپوست منتقل می‌شوند. محفظهٔ گاز عموماً در بالای محفظه تخمیر قرار گرفته است و جمع‌آوری و ذخیرهٔ گاز را انجام می‌دهد. پس از شروع کار دستگاه، بیوگاز تولیدشده، روزانه ازطریق شیر مخصوص گاز که در بالای این مخزن قرار دارد، به محل مصرف فرستاده می‌شود و استفاده می‌گردد (عمرانی، 1375).

یکی از مزایای استفاده از فناوری بیوگاز، تأمین انرژی است. به‌دلیل ارزش حرارتی زیاد، بیوگاز می‌تواند به‌عنوان سوختی تمیز و دردسترس برای مصارف آشپزی و تولید آب‌گرم مصرفی استفاده شود (عادلی‌گیلانی و سوری، 1389). مزیت دیگر استفاده از این فناوری آن است که تخم علف‌های هرز موجود در فضولات دامی، طی فرایند تخمیر بیهوازی ازبین خواهد رفت (بیرایدو، گردن، و براون[2]، 2009). به‌علاوه آنکه استفاده از این کود سبب حاصل‌خیزی خاک می‌شود و بازده محصولات کشاورزی را حداقل 10 تا 20% افزایش می‌دهد (عادلی‌گیلانی و سوری، 1389). مزیت دیگر، اثرات استفاده از این فناوری در حوزهٔ کمک به سلامت انسان و حفظ محیط زیست است؛ استفاده از فناوری بیوگاز باعث کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای متان می‌شود؛ زیرا، با ورود فضولات دامی به واحدهای بیوگاز، از تخمیر خودبه‌خودی فضولات دامی و ورود متان حاصل از آن، به جو جلوگیری می‌شود. همچنین، تأمین سوخت روستا ازطریق بیوگاز مانع از استفادهٔ بی‌رویه از چوب جنگل‌ها (برای تأمین سوخت) می‌شود و این امر از

نابودی جنگل‌ها و پیشروی مناطق کویری جلوگیری خواهد کرد. افزون‌براین، با ورود فضولات دامی به واحد بیوگاز عوامل بیماری‌زای مشترک بین انسان و دام تاحدود قابل‌ملاحظه‌ای ازبین می‌روند (شعبانی‌کیا و نظری، 1388).

1. 3. پیشینهٔ تحقیق

مطالعاتی دراین‌زمینه برای بسیاری از کشورها انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد. ژوری، بنتو، کاستر، اشمیت، و ولفرینگ [3] (2010) به بررسی تولید بیوگاز به‌عنوان جایگزینی برای گاز طبیعی در کشور لوگزامبورگ، برای جلوگیری از واردات گاز طبیعی این کشور پرداختند. پترسون، استیوس، دینسدال، و گیووی[4] (2011) و لائو، آلن، تسولاکیس، گلانسکی، و ویسزینسکی[5] (2012) طی پژوهشی برای کشور انگلستان به این نتیجه رسیدند که با ایجاد تغییراتی در بیوگاز و تبدیل آن به بیومتان، می‌توانند از بیوگاز برای سوخت اتومبیل استفاده نمایند. اموبرگی، مکنزی، و اکلا [6] (2009) به بررسی موانع استفاده از فناوری بیوگاز توسط کشاورزان در کنیا پرداخته‌اند. انزیلا[7] و همکاران (2012) به بررسی اثرات اقتصادی، فنی و زیست‌محیطی احداث واحدهای بیوگاز در کنیا پرداخته‌اند. اَسَم[8] و همکاران (2011) در انجام پژوهشی آزمایشگاهی، به بررسی روش‌های افزایش متان حاصل از بیوگاز ازطریق اضافه‌کردن موادی مثل علوفهٔ ذرت و ... به مواد خام اولیه، در کشور دانمارک پرداختند. سینق و سوچ[9] (2004) به مقایسهٔ اقتصادی مدل‌های مختلف واحدهای انفرادی بیوگاز برای خانوارهای هندی پرداخته‌اند. پیپات-مانومای، کائولاآن، و ویتیدسانت[10] (2009)، به ارزیابی اقتصادی تولید برق از بیوگاز در مزارع پروررش خوک در تایلند پرداخته‌اند. کارلاس[11] و همکاران (2010)، طی پژوهشی به ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه-های تولید همزمان برق و حرارت توسط کشاورزان در کشور یونان پرداخته‌اند. ایگلینسکی و همکاران[12] (2012) پتانسیل تولید بیوگاز را برای کشور لهستان محاسبه نموده‌اند. اونرباس و تارکر[13] (2012) پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی را برای کشور ترکیه محاسبه کرده‌اند. تحلیل‌های بسیار دیگری نیز دراین‌زمینه انجام شده است که ازجمله می‌توان به تحلیل‌های سیکولی[14] و همکاران (2010) برای کشور ایتالیا، باند و تمپلتون[15] (2011) برای کشورهای درحال‌توسعه ازجمله هند و چین، لی[16] و همکاران (2012) برای کشور چین، بودزیانوسکی[17] (2011) برای کشور لهستان، میر- آریچ[18] و همکاران (2012) و ولف، کانستین، و اسچرادر[19] (2011) برای آلمان، پاوسچل، وارد و اوند[20] (2012) برای ایرلند، ریکبوش، درایولان، و وروائرن[21] (2011) برای بلژیک، کاپاراجو و رینتالا[22](2011) برای فنلاند، آتم، ایندیوری، و لی‌آماس[23] (2010) برای آرژانتین و امیری، هنینگ، و کارلسان[24] (2013) برای سوئد اشاره کرد.

برای ایران نیز پژوهش‌هایی در این حوزه انجام شده است. عادلی-گیلانی و سوری (1389) به طراحی واحدهای بیوگاز برای روستای گالش‌کلام واقع در جلگهٔ شرقی گیلان پرداخته‌اند. در این پژوهش آن‌ها برای هر 3 خانوار روستایی یک واحد بیوگاز مشترک درنظر گرفته‌اند. دهواری، ثقه‌الاسلامی، و رضوی‌طوسی (1387) به طراحی یک واحد بیوگاز برای روستایی از استان سیستان‌وبلوچستان پرداخته‌اند. عمرانی، صفا، و گلبابایی (1385) به طراحی یک واحد بیوگاز به مدل چینی در دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات واقع در حصارک تهران، پرداخته‌اند. علیدادی، کوهی‌فایق‌دهکردی، ابراهیمیان، و آقایی (1389)، به بررسی پتانسیل تولید بیوگاز در روستای صمصامی از توابع شهرستان کوهرنگ پرداخته‌اند. طالقانی و شبانی‌کیا (2005) به ارزیابی فنی و اقتصادی نیروگاه بیوگازی ساوه پرداخته‌اند. شیخ‌الاسلامی (1389) به تحلیل اقتصادی یک پایلوت آموزشی بیوگاز واقع در ماهدشت کرج پرداخته است. همچنین، امین‌صالحی و عبدلی (1388)، آستانی (1390)، رسولی‌کوهی، صفایی، طالقانی، و شعبانی‌کیا (1381)، عسگریان نجف‌آبادی و مصری گندشمین (1390)، عبدلی (1389)، کاروان و عسگری (1390) پژوهش‌هایی را انجام داده‌اند.

2. روش‌شناسی تحقیق

در تحقیق حاضر با روشی توصیفی- تحلیلی، نیازهای سوختی مردم روستایی کشور و امکان تأمین آن به‌وسیلهٔ بیوگاز حاصل از فضولات دامی بررسی می‌شود.

3. یافته‌های تحقیق

3. 1. بررسی تناسب جمعیت دام و جمعیت انسان در روستاهای کشور از بعد تأمین سوخت

هدف این بررسی آن است که بدون درنظرگرفتن واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز برای روستاهای کشور (در حالت کلی)، محاسبه نماییم در ایران به‌ازای هر فرد روستایی، چه میزان فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری وجود دارد و اینکه این مقدار فضولات تأمین-کننده چه میزان از نیازهای این فرد روستایی به سوخت خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر، هدف آن است که تناسب جمعیت دام و جمعیت انسان روستایی در حالت کلی از بعد تأمین سوخت بررسی شود. برای انجام این بررسی، ابتدا لازم است بدانیم به طور متوسط هر فرد در طول یک سال به چه میزان بیوگاز به‌عنوان جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی

نیاز دارد؟ این مورد در بخش نیاز به بیوگاز هر فرد برای جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی، محاسبه شده است. همچنین، لازم است سرانهٔ حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری هر فرد روستایی ایرانی و مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانه از آن را محاسبه نماییم که این مورد نیز در بخش سرانهٔ فضولات دامی قابل جمع‌آوری هر فرد روستایی و بیوگاز قابل‌تولید سالانه از آن، انجام خواهد شد. سپس، در قسمت نتیجه‌گیری به بررسی نهایی تناسب جمعیت دام و انسان در روستاهای ایران از بعد تأمین سوخت در حالت کلی پرداخته می‌شود.

3. 1. 1. نیاز به بیوگاز هر فرد برای جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی

برای محاسبهٔ این مهم به‌این‌ترتیب عمل می‌نماییم:

تعداد خانوارهای شهری و روستایی گازرسانی‌شده در سال 1388 به‌ترتیب 15713784 و 1939493 خانوار بوده است (مرکز آمار ایران، 1388)؛ بنابراین، درمجموع، 17653277 خانوار در این سال تحت پوشش گازرسانی بوده‌اند. ازسوی‌دیگر، متوسط بعد خانوار (تعداد اعضای خانوار) در سال‌های 1385 و 1390 به‌ترتیب 4/03 و 3/55 نفر بوده است (مرکز آمار ایران، 1390) که متوسط این عدد؛ یعنی 3/79 نفر را می‌توان به‌عنوان متوسط بعد خانوار سال 1388 درنظر گرفت؛ براین‌اساس، ازطریق حاصلضرب دو عدد 17653277 خانوار تحت‌پوشش گازرسانی و 3/79 نفر بعد خانوار، می‌توان به‌سادگی دریافت که تعداد 66905919/83 نفر جمعیت تحت‌پوشش گازرسانی در کشور در سال 1388 بوده‌اند. همچنین، ازطریق تقسیم مصرف نهایی گاز طبیعی در بخش خانگی در سال 1388 که برابر 41396200000 مترمکعب بوده است (وزارت نیرو، 1388)، بر جمعیت تحت‌پوشش گاز طبیعی در کشور که برطبق محاسبات بالا 66905919/83 نفر محاسبه گردید، می‌توان متوسط مصرف گاز طبیعی یک نفر در سال 1388 را برابربا حدود 619 مترمکعب در سال محاسبه نمود[25].

حال، باید دید این مقدار گاز طبیعی معادل با چه میزان بیوگاز است. ارزش حرارتی بیوگاز 5/96 و ارزش حرارتی گاز طبیعی 7/52 کیلووات ساعت به‌ازای هر مترمکعب است (عمرانی، 1375)؛ بنابرین ارزش حرارتی بیوگاز برابربا 0/79 ارزش حرارتی گاز طبیعی است؛ بنابراین، این مقدار گاز طبیعی با 783/5 مترمکعب بیوگاز در سال معادل خواهد بود؛ براین‌اساس، هر فرد به‌طور متوسط، به 783/5 مترمکعب بیوگاز در سال احتیاج خواهد داشت تا تمام نیازهای سوختی او تأمین شود و بیوگاز به‌طور کامل جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی او باشد.

3. 1. 2. سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر فرد روستایی و بیوگاز قابل‌تولید سالانه از آن

برآورد جمعیت دام روستایی در سال 1390 شامل 31535787 رأس گوسفند و بره، 16608157 رأس بز و بزغاله، 180200 رأس گاو اصیل، 3824584 رأس گاو دورگ، 1783054 رأس گاو بومی و 175320 رأس گاومیش است (قائمی، 1392). همچنین، جمعیت انسانی روستاهای کشور در سال 1390 برابربا 21446783 نفر بوده است (مرکز آمار ایران، 1390). حال، برای محاسبهٔ تعداد دامی که به هر فرد روستایی تعلق می‌گیرد، لازم است جمعیت هر نوع از دام را بر تعداد جمعیت انسانی روستاهای کشور تقسیم کنیم. با این کار به هر فرد روستایی 1/47 رأس گوسفند و بره، 0/77 رأس بز و بزغاله، 0/0084 رأس گاو و گوسالهٔ اصیل، 0/178 رأس گاو و گوسالهٔ دورگ، 0/549 رأس گاو و گوسالهٔ بومی و 0/00817 رأس گاومیش تعلق می‌گیرد.

حجم فضولات سالانهٔ هر رأس گوسفند و بره 1/44، هر رأس بز و بزغاله 0/945، هر رأس گاومیش 18 و هر رأس گاو و گوسالهٔ اصیل، آمیخته و بومی به‌ترتیب 20/25، 13/5 و 9 تن در سال است (عبدلی، 1389).

همچنین، باید درنظر داشته باشیم تمام فضولاتی که از انواع دام در روستاهای کشور حاصل می‌شوند، قابل‌جمع‌آوری نخواهند بود. ضرایب قابل‌استحصال فضولات دامی در جدول زیر آورده شده است.

جدول 1- ضرایب قابل‌استحصال فضولات انواع دام در روستاهای کشور

مأخذ: عبدلی، 1389

نوع دام	ضریب
گاو و گوسالهٔ اصیل	1
گاو و گوسالهٔ آمیخته	0/7
گاو و گوسالهٔ بومی	0/5
گوسفند و بره	0/2
بز و بزغاله	0/2
گاومیش	0/5

با توجه به حجم فضولات سالانهٔ انواع دام، ضرایب قابل‌استحصال فضولات دامی در روستاهای کشور و همچنین، تعداد دامی که به هر فرد روستایی تعلق می‌گیرد (که در بالا محاسبه شد)، می‌توان متوسط سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر فرد روستایی در سال 1390 = (1/47*0/2*1/44) + (0/549*0/5*9) + (0/178*0/7*13/5) + (0/0084*1*20/25) + (0/77*0/2*0/945) + (0/00817*0/5*18) = 4/96 تن در سال (1)

نتیجه آنکه، به هر فرد روستایی به طور سالانه در کشور ما 4/96 تن در سال فضولات دامی تعلق می‌گیرد. پتانسیل تولید بیوگاز از هر تن از فضولات تازهٔ گاوی 281 و از هر تن از فضولات تازهٔ بز و بزغاله و نیز گوسفند و بره 120 متر مکعب است (باتزیاس، سایدیراس، و اسپیرو[26]، 2005)؛ براین‌اساس، در این پژوهش پتانسیل تولید بیوگاز از مخلوط فضولات دامی برابربا میانگین این دو عدد؛ یعنی 200/5 متر مکعب به‌ازای هر تن فضولات تازهٔ دامی درنظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، این مقدار فضولات (4/96 تن در سال)، پتانسیل تولید 994/5 مترمکعب در سال بیوگاز را خواهد داشت.

3. 1. 3. تجزیه‌وتحلیل نتایج

همان‌طورکه در بخش نیاز به بیوگاز هر فرد برای جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی محاسبه شد، هر فرد به 783/5 مترمکعب بیوگاز در سال احتیاج خواهد داشت تا به‌این‌ترتیب تمام نیازهای سوختی او تأمین شوند و بیوگاز به‌طور کامل جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی او باشد. در بخش سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر فرد روستایی و بیوگاز قابل‌تولید سالانه از آن نیز به این نتیجه رسیدیم که به‌ازای هر فرد روستایی در کشور، 4/96 تن در سال فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری وجود خواهد داشت که این حجم فضولات پتانسیل تولید 994/5 مترمکعب بیوگاز در سال را دارد؛ بنابراین، نتیجهٔ اولیه و کلی بررسی تناسب جمعیت دام و جمعیت انسانی روستاهای ایران آن است که (اگر توزیع جمعیت دام و جمعیت انسان در روستاهای کشور یکسان باشد) سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر انسان روستایی آن قدر است که می‌تواند مصارف گاز طبیعی او را در سال به‌طور کامل پاسخ دهد (به‌عبارت‌دیگر، جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی او باشد) یا حتی اینکه بیشتر از نیازهای سوختی فرد روستایی باشد.

شاید این نتیجه‌گیری بسیار کلی باشد و ازآنجایی‌که عملاً توزیع جمعیت دام و جمعیت انسان در روستاهای کشور یکسان نیست، در همهٔ روستاهای ایران این نتیجه‌گیری صادق نباشد (یعنی، جمعیت دام نتواند جمعیت انسانی روستا را تأمین سوخت نماید و تناسب برقرار نباشد)؛ اما حداقل نشان خواهد داد که ایران پتانسیل زیادی برای استفاده از بیوگاز خواهد داشت که این امر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کلان توسعهٔ روستایی اهمیت زیادی داشته باشد.

3. 2. بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز

مسئلهٔ مهمی که برای این بررسی لازم است به آن توجه داشته باشیم، جمعیت انسانی روستا است که بایستی با جمعیت دام مقایسه شود و تناسب آن‌ها از بعد تأمین سوخت روستا بررسی گردد. برای این منظور از آمار تعداد روستاهای دارای سکنه برحسب جمعیت (مرکز آمار ایران، 1390) استفاده می‌شود. این آمار در جدول (2) نشان داده شده است:

جدول 2- تعداد روستاهای دارای سکنه برحسب جمعیت

مأخذ: مرکز آمار ایران، 1390

	جمع کل کشور	1 – 24 نفر	25 - 49 نفر	50 – 99 نفر	100 - 249 نفر	250 – 499 نفر	500 – 999 نفر	1000 – 1999 نفر	2000 – 4999 نفر	5000 نفر و بالاتر
تعداد روستا	61750	12888 (%20/87)	6215 (%10/06)	8761 (%14/18)	13490 (%21/84)	9141 (%14/8)	6222 (%10/07)	3343 (%5/41)	1482 (%2/4)	208 (%0/33)

همان‌طورکه در جدول (2) مشاهده می‌شود، 30/93% از روستاهای کشور دارای جمعیت بین 1 تا 49 نفر، 36/02% دارای جمعیت بین 50 تا 249 نفر، 14/8% دارای جمعیت بین 250 تا 499 نفر و 18/21% دارای جمعیت بالای 500 نفر هستند؛ براین‌اساس، در این پژوهش، جمعیت انسانی روستاهای ایران به چهار گروه «بسیار کم» برای روستاها با جمعیت بین 1 تا 49 نفر، «کم» برای روستاها با جمعیت بین 50 تا 249 نفر، «متوسط» برای روستاها با جمعیت بین

250 تا 499 نفر و «زیاد» برای روستاها با جمعیت بیشتر از 500 نفر دسته‌بندی می‌شوند و تجزیه‌وتحلیل می‌گردند.

قائمی (1392) با محاسبهٔ متوسط فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در هر روستا از استان‌های کشور، اعداد 1000، 2500، 4000، 5500 و 7000 کیلوگرم در روز را به تقریبی برای متوسط مقدار روزانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در یک روستا در کشور پیشنهاد کرده است. هم‌اکنون با مبناقراردادن این اعداد و دانستن مقدار بیوگاز موردنیاز هر فرد در سال، با هدف جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی که در قبل محاسبه گردید. همچنین، با دسته‌بندی جمعیت انسانی روستاهای کشور می‌توان به بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز و به‌عبارت‌دیگر، به بررسی تناسب جمعیت دام و جمعیت انسان در روستاهای کشور از بعد تأمین سوخت موردنیاز مردم روستا، ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز، پرداخت. این بررسی در جدول (3) انجام شده است:

جدول 3- بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز

مأخذ: یافته‌های پژوهش، 1392

روستا (کیلوگرم)	سالانه (مترمکعب)	تعداد نفراتی که نیازهای سوختی آن‌ها ازطریق این مقدار بیوگاز قابل تأمین است.	جمعیت انسانی روستا	بررسی تناسب جمعیت دام و انسان از بعد تأمین سوخت مردم روستا
1000	73182	93	بسیار کم	تناسب وجود دارد.
			کم	تنها درصورتی‌که جمعیت روستا کمتر از 93 نفر باشد، تناسب وجود دارد.
			متوسط	تناسب وجود ندارد.
			زیاد	تناسب وجود ندارد.
2500	182956	234	بسیار کم	تناسب وجود دارد.
			کم	تقریباً تناسب وجود دارد.
			متوسط	تناسب وجود ندارد.
			زیاد	تناسب وجود ندارد.
4000	292730	374	بسیار کم	تناسب وجود دارد.
			کم	تناسب وجود دارد.
			متوسط	تنها درصورتی‌که جمعیت روستا کمتر از 374 نفر باشد، تناسب وجود دارد.
			زیاد	تناسب وجود ندارد.
5500	402504	514	بسیار کم	تناسب وجود دارد.
			کم	تناسب وجود دارد.
			متوسط	تناسب وجود دارد.
			زیاد	تناسب وجود ندارد.
7000	512277	654	بسیار کم	تناسب وجود دارد.
			کم	تناسب وجود دارد.
			متوسط	تناسب وجود دارد.
			زیاد	تنها درصورتی‌که جمعیت روستا کمتر از 654 نفر باشد، تناسب وجود دارد.

همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، پتانسیل تولید بیوگاز از مخلوط فضولات دامی، 200/5 مترمکعب به‌ازای هر تن فضولات است؛ براین‌اساس، به‌راحتی می‌توان برای هریک از روستاهای کشور (با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری مختلف 1000، 2500، 4000، 5500 و 7000 کیلوگرم در روز) مقدار سالانهٔ فضولات قابل‌جمع‌آوری را برحسب تن محاسبه کرد و در 200/5 مترمکعب به‌ازای هر تن ضرب کرد تا مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانه برای هر روستا برحسب مترمکعب به‌دست آید. نتایج این محاسبات در جدول (3) در ستون دوم آورده شده است. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، هر فرد به 783/5 مترمکعب بیوگاز در سال احتیاج خواهد داشت تا به‌این‌ترتیب تمام نیازهای سوختی او تأمین شوند و بیوگاز به‌طور کامل جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی او باشد؛ براین‌اساس، ازطریق تقسیم مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانه در هر روستا بر عدد 783/5 مترمکعب، به‌راحتی می‌توان دریافت در هریک از روستاها (با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری مختلف)، مقدار بیوگازی که از احداث واحدهای مشترک حاصل می‌شود، می‌تواند تأمین‌کنندهٔ سوخت موردنیاز چند انسان باشد که نتایج این محاسبات در ستون سوم جدول آمده است؛ برای مثال، در روستاها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری حدود 1000 کیلوگرم در روز، سالانه بیوگازی معادل با 73182 متر مکعب تولید خواهد شد که این میزان بیوگاز می‌تواند نیازهای سوختی حدود 93 نفر انسان را در طول سال تأمین کند.

با این اطلاعات به‌راحتی می‌توان بررسی کرد که آیا به‌طور متوسط جمعیت دام روستا با جمعیت انسانی روستا تناسب دارد یا خیر؟ یا به‌عبارت‌بهتر، آیا این جمعیت دام می‌تواند تأمین‌کنندهٔ سوخت موردنیاز جمعیت انسانی روستا باشد یا خیر؟ این بررسی در ستون پنجم جدول (3) انجام شده است. همان‌گونه‌که اشاره شد، اگر حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری در روستا درحدود 1000 کیلوگرم در روز باشد، سالانه بیوگازی معادل با 73182 مترمکعب تولید خواهد شد که این میزان بیوگاز می‌تواند نیازهای سوختی حدود 93 نفر انسان را در طول سال تأمین کند؛ بنابراین، در روستایی با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 1000 کیلوگرم در روز، درصورتی‌که جمعیت انسانی روستا بسیار کم و کم (البته کمتر از 93 نفر) باشد، بین جمعیت دام و جمعیت انسانی روستا از بعد تأمین نیازهای سوختی مردم روستا تناسب وجود دارد و به‌عبارت‌دیگر، این جمعیت دام می‌تواند نیازهای سوختی جمعیت انسانی روستا را به‌طور کامل تأمین کند؛ بنابرین، اگر در روستایی با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 1000 کیلوگرم در روز، جمعیت انسانی، متوسط و زیاد باشد، بین جمعیت دام و جمعیت انسانی روستا تناسب وجود نخواهد داشت و این حجم فضولات تأمین‌کنندهٔ کامل سوخت موردنیاز مردم روستا نخواهد بود. در روستاها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 2500 کیلوگرم در روز، درصورتی‌که جمعیت انسانی روستا بسیار کم و کم باشد، در روستاها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 4000 کیلوگرم در روز، درصورتی‌که جمعیت انسانی روستا بسیار کم، کم و متوسط (البته کمتر از 374 نفر) باشد، در روستاها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 5500 کیلوگرم در روز، درصورتی‌که جمعیت انسانی روستا بسیار کم، کم و متوسط باشد و در روستاها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 7000 کیلوگرم در روز و نیز درصورتی‌که جمعیت انسانی روستا بسیار کم، کم، متوسط و زیاد (البته کمتر از 654 نفر) باشد، تناسب بین جمعیت دام و انسان از بعد تأمین سوخت موردنیاز مردم روستا تقریباً به‌صورت کامل وجود خواهد داشت.

3. 2. 1. تجزیه‌وتحلیل نتایج

نتایج حاصل از بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز نشان می‌دهد تقریباً در تمام روستاها با جمعیت انسانی بسیار کم (1 تا 49 نفر) و کم (50 تا 249 نفر) تناسب کامل جمعیت دام و جمعیت انسان از بعد تأمین سوخت موردنیاز مردم روستا ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز وجود خواهد داشت. براساس جدول (2) می‌توان به این نتیجه رسید که در 66/95% از روستاهای کشور (که دارای جمعیت بسیار کم و کم هستند)، جمعیت دام روستا می‌تواند ازطریق واحدهای مشترک بیوگاز تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی جمعیت انسانی روستا در طول سال باشد. همچنین، براساس جداول (2 و 3) می‌توان دریافت که 14/8% از روستاهای کشور که دارای جمعیت انسانی متوسط هستند، تقریباً درصورتی‌که حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا بیشتر از 4000 کیلوگرم در روز باشد، جمعیت دام روستا می‌تواند تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی جمعیت انسانی روستا در طول سال باشد. همچنین، در 18/21% از روستاهای کشور که دارای جمعیت انسانی زیاد هستند، تقریباً درصورتی‌که حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا بیشتر از 7000 کیلوگرم در روز باشد، جمعیت دام روستا می‌تواند تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی جمعیت انسانی روستا در طول سال باشد.

با توجه به آنچه شرح داده شد، در احداث واحدهای مشترک بیوگاز در روستاهایی که تناسب کامل جمعیت دام و جمعیت انسان وجود دارد، نباید تردید کرد؛ اما نکتهٔ قابل‌توجه آن است که حتی در احداث واحدهای مشترک بیوگاز در روستاهایی که این تناسب به‌طور کامل وجود ندارد و مقدار بیوگاز حاصل از نیازهای سوختی مردم روستا کمتر

است نیز نباید تردید کرد. اولین دلیل این مسئله آن است که درست است که این واحد مشترک تمام نیازهای سوختی مردم روستا را در طول سال تأمین نمی‌کند، اما بخشی از آن را که می‌تواند تأمین کند؛ برای مثال، بیوگاز حاصل حداقل می‌تواند برای گرم‌کردن اماکن عمومی روستا ازجمله گرم‌کردن حمام عمومی روستا، مسجد روستا، ساختمان-های عمومی مثل ساختمان شورای روستا و ... استفاده شود یا اینکه بخشی از سال مثلاً فصول بهار و تابستان که نیاز به سوخت هر فرد روستایی کمتر است را تأمین سوخت نماید. دومین و مهم‌ترین دلیل، سایر مزایای تولید بیوگاز از فضولات دامی (به غیر از بعد تأمین سوخت) است. همان‌طورکه قبلاً نیز شرح داده شد، استفاده از فناوری بیوگاز از دو بعد زیست‌محیطی و کشاورزی نیز مزایای بسیاری دارد. با ورود فضولات دامی روستا به واحدهای بیوگاز، بوی نامطبوع ناشی از آن‌ها کاهش می-یابد. از گرم‌شدن هوای کرهٔ زمین جلوگیری می‌شود. عوامل بیماری‌زای مشترک بین انسان و دام تا حد زیادی ازبین می‌روند. با کامل‌شدن فرایند تخمیر در هاضم، تخم علف به‌طور کامل ازبین می‌رود و به-این‌ترتیب از رشد نباتات خودروی جلوگیری می‌شود. به‌علاوه، کود غنی-شدهٔ حاصل از تخمیر که بازدهی محصولات کشاورزی را تا حد بسیار زیادی بالا می‌برد، می‌تواند تشویقی برای مردم روستا باشد که فضولات دامی خود را به واحد مشترک تحویل دهند و متناسب با مقدار تحویلی، کود غنی‌شده دریافت نمایند و در زمین‌های کشاورزی خود از آن استفاده کنند.

هر روستا در کشور تقریباً می‌تواند در یکی از این گروه‌ها قرار بگیرد؛ براین‌اساس، نتایج ذکرشده در بالا به روستاهای کشور قابل‌تعمیم خواهد بود.

3. 3. بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت خانوارهای روستایی کشور ازطریق واحدهای انفرادی بیوگاز

این بررسی در دو حالت می‌تواند انجام شود که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

3. 3. 1. حالت اول

در این حالت، براساس حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر خانوار روستایی در روز، تجزیه‌وتحلیل‌ها انجام خواهند شد. قائمی (1392) با محاسبهٔ متوسط حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر خانوار روستایی در روستاهای استان‌های کشور، اعداد 30، 50، 70، 90، 110 و 130 کیلوگرم در روز را به‌عنوان تقریبی برای متوسط مقدار روزانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر خانوار روستایی در کشور پیشنهاد نموده است. در این پژوهش نیز این اعداد مبنا قرار خواهند گرفت.

همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد، هر فرد به 783/5 متر مکعب بیوگاز در سال احتیاج دارد تا تمام نیازهای سوختی او تأمین شود. افزون‌براین، متوسط بعد خانوار روستایی در سال 1390، 3/73 نفر بوده است (مرکز آمار ایران، 1390)؛ براین‌اساس، حاصل‌ضرب این دو عدد بیوگاز موردنیاز هر خانوار روستایی در سال 1390 را برابربا 2921/3 متر مکعب در سال نشان می‌دهد که این میزان بیوگاز به‌طور کامل می‌تواند نیازهای خانوار روستایی به سوخت را پاسخ دهد و جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی خانوار روستایی باشد.

همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد، پتانسیل تولید بیوگاز از مخلوط فضولات دامی، 200/5 متر مکعب به‌ازای هر تن فضولات است؛ براین-اساس، به‌راحتی می‌توان برای هریک از خانوارهای روستایی کشور (با حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری مختلف 30، 50، 70، 90، 110 و 130 کیلوگرم در روز) مقدار سالانهٔ فضولات قابل‌جمع‌آوری را برحسب تن محاسبه کرد و در 200/5 مترمکعب به‌ازای هر تن ضرب نمود تا مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانه برای هر خانوار برحسب متر مکعب به‌دست آید. نتایج این محاسبات در جدول (4) در ستون دوم آورده شده است.

همان‌طورکه در بالا اشاره شد، هر خانوار روستایی سالانه به 2921/3 مترمکعب بیوگاز احتیاج خواهد داشت تا تمام نیازهای سوختی خانوار پاسخ داده شود؛ براین‌اساس، به‌راحتی می‌توان به بررسی تناسب جمعیت دام و جمعیت انسان از بعد تأمین سوخت خانوار روستایی پرداخت که این بررسی در ستون سوم جدول (4) انجام شده است:

جدول 4- بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای انفرادی بیوگاز (حالت اول)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، 1392

فضولات هر خانوار روستایی (کیلوگرم در روز)	بیوگاز سالانهٔ قابل‌تولید خانوار (متر مکعب)	بررسی تناسب جمعیت دام و انسان از بعد تأمین سوخت خانوار روستایی
30	2195	تناسب وجود ندارد.
50	3659	تناسب وجود دارد.
70	5123	تناسب وجود دارد.
90	6586	تناسب وجود دارد.
110	8050	تناسب وجود دارد.
130	9514	تناسب وجود دارد.

3. 3. 1. 1. تجزیه‌وتحلیل نتایج

همان‌طورکه در ستون سوم جدول (4) قابل‌مشاهده است، در خانوار روستایی با 30 کیلوگرم فضولات قابل‌جمع‌آوری در روز، بیوگازی معادل با 2195 متر مکعب در سال تولید خواهد شد؛ اما این مقدار بیوگاز پاسخ‌گوی کامل نیازهای سوختی خانوار نخواهد بود؛ زیرا، هر خانوار روستایی به 2921/3 مترمکعب بیوگاز در سال نیاز دارد؛ اما در نظر داشته باشیم این مقدار بیوگاز حداقل قسمتی از نیازهای سوختی خانوار را می‌تواند تأمین کند؛ برای مثال، صرفاً برای پخت‌وپز یا گرم‌کردن بخشی از خانه یا گرم‌کردن آب یا موارد دیگر استفاده شود؛ اما در مورد خانوارها با حجم فضولات قابل‌جمع‌آوری 50، 70، 90، 110 و 130 کیلوگرم در روز نه‌تنها این مقدار بیوگاز به‌طور کامل تأمین‌کنندهٔ سوخت موردنیاز سالانهٔ خانوار خواهد بود، بلکه بیوگاز حاصل، از نیازهای سوختی خانوار نیز به‌مراتب بیشتر است. در خانوارهایی که مقدار بیوگاز سالانهٔ قابل‌تولید بسیار بالا است، می‌توان پیشنهاد کرد که علاوه‌بر تأمین سوخت موردنیاز خانوار، با نصب یک ژنراتور از اضافهٔ بیوگاز تولیدی برق تولید کرد.

همانند آنچه که در قسمت قبلی اشاره شد، احداث واحدهای بیوگاز حتی در مواردی که تأمین سوخت موردنیاز خانوار به‌طور کامل انجام نمی‌شود نیز ضروری است. به این دلیل که حداقل می‌تواند قسمتی از نیازهای سوختی خانوار روستایی را پاسخ‌گو باشد و همچنین، مزایای زیست‌محیطی و کشاورزی را به‌وجود آورد.

اگر اطلاعاتی درمورد مقدار فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر خانوار روستایی در کشور در دسترس برنامه‌ریزان انرژی باشد، آن‌ها می‌توانند بدین‌وسیله برنامه‌هایی برای تشویق خانوارهای روستایی، به‌ویژه خانوارهای روستایی که دارای تعداد دام نسبتاً زیادی هستند، برای توسعهٔ فناوری بیوگاز داشته باشند.

3. 3. 2. حالت دوم

در این حالت، از تقسیم‌بندی روستاهای ایران ازطریق حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا برحسب کیلوگرم در روز (1000، 2500، 4000، 5500 و 7000 کیلوگرم در روز) که درمورد واحدهای مشترک انجام شد، استفاده خواهد شد. همچنین، برای انجام این بررسی لازم است که روستاهای ایران براساس تعداد خانوارهای ساکن در روستا طبقه‌بندی شوند. برای انجام این طبقه‌بندی، از آمار تعداد روستاهای دارای سکنه برحسب تعداد خانوار (مرکز آمار ایران، 1390) استفاده می‌نماییم. این آمار در جدول (5) خلاصه شده است:

جدول 5- تعداد روستاهای دارای سکنه برحسب خانوار

مأخذ: مرکز آمار ایران، 1390

	جمع کل کشور	1 - 4 خانوار	5 - 9 خانوار	10 – 19 خانوار	20 - 49 خانوار	50 - 99 خانوار	100 – 199 خانوار	200 – 399 خانوار	400 – 999 خانوار	1000 خانوار و بالاتر
تعداد روستا	61750	10395 (%16/83)	5833 (%9/44)	7389 (%11/96)	13314 (%21/56)	9920 (%16/06)	7455 (%12/07)	4579 (%7/41)	2412 (%3/9)	453 (%0/73)

براساس جدول (5)، 38/23% از روستاهای کشور دارای تعداد خانوارهای بین 1 تا 19 خانوار، 21/56% دارای 20 تا 49 خانوار، 28/13% دارای 50 تا 199 خانوار و 11/31% از روستاها دارای 200 تا 1000 خانوار هستند؛ براین‌اساس، در این بخش از پژوهش، روستاها برحسب تعداد خانوار به چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند: روستاها با تعداد خانوارهای «بسیار کم» که 1 تا 19 خانوار دارند؛ «کم» با تعداد خانوار 20 تا 49 خانوار، «متوسط» با تعداد خانوار 50 تا 199 خانوار و «زیاد» با تعداد خانوار 200 تا 1000 خانوار. اما برای اینکه برای هر گروه معیاری برای محاسبات داشته باشیم، روستاها با تعداد خانوارهای بسیار کم را حدود 10 خانوار (به‌طور متوسط)، کم را حدود 35 خانوار، متوسط را حدود 125 خانوار و زیاد را حدود 600 خانوار درنظر می‌گیریم.

در جدول (6)، برای محاسبهٔ مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانهٔ هر خانوار روستایی به‌این‌ترتیب عمل شده است که ابتدا کل فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا در حالت‌های بسیار کم، کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب بر اعداد 10، 35، 125 و 600 خانوار تقسیم شدند تا سرانهٔ فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری هر خانوار روستایی برحسب کیلوگرم در روز به‌دست آید. سپس، با محاسبهٔ سالانهٔ این فضولات

برحسب تن و با توجه به اینکه پتانسیل تولید بیوگاز از مخلوط فضولات دامی، 200/5 متر مکعب به‌ازای هر تن فضولات است (همان‌طورکه قبلاً اشاره شد)، می‌توان به‌راحتی مقدار بیوگاز قابل‌تولید سالانهٔ هر خانوار روستایی را به‌دست آورد که نتایج این محاسبه در ستون سوم جدول (6) آورده شده است.

همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، بیوگاز موردنیاز هر خانوار روستایی در سال 1390 برابربا 2921/3 مترمکعب در سال است که این میزان بیوگاز به‌طور کامل می‌تواند نیازهای خانوار روستایی به سوخت را پاسخ دهد و جایگزینی برای مصارف گاز طبیعی خانوار روستایی باشد. با توجه به این مسئله به‌راحتی می‌توان تناسب جمعیت دام و انسان از بعد تأمین سوخت موردنیاز خانوار روستایی را بررسی کرد. این بررسی در جدول (6) ستون چهارم انجام شده است:

جدول 6- بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق واحدهای انفرادی بیوگاز (حالت دوم)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، 1392

فضولات قابل جمع‌آوری کل روستا (کیلوگرم در روز)	تعداد خانوار روستا	مقدار بیوگاز قابل تولید هر خانوار (مترمکعب در سال)	بررسی تناسب جمعیت دام و انسان از بعد تأمین سوخت خانوار روستایی
1000	**بسیار کم**	7318	تناسب وجود دارد.
	کم	2091	تناسب وجود ندارد.
	متوسط	585	تناسب وجود ندارد.
	زیاد	122	تناسب وجود ندارد.
2500	**بسیار کم**	18296	تناسب وجود دارد.
	کم	5227	تناسب وجود دارد.
	متوسط	1464	تناسب وجود ندارد.
	زیاد	305	تناسب وجود ندارد.
4000	**بسیار کم**	29273	تناسب وجود دارد.
	کم	8364	تناسب وجود دارد.
	متوسط	2342	تناسب وجود ندارد.
	زیاد	488	تناسب وجود ندارد.
5500	**بسیار کم**	40250	تناسب وجود دارد.
	کم	11500	تناسب وجود دارد.
	متوسط	3220	تناسب وجود دارد.
	زیاد	671	تناسب وجود ندارد.
7000	**بسیار کم**	51228	تناسب وجود دارد.
	کم	14636	تناسب وجود دارد.
	متوسط	4098	تناسب وجود دارد.
	زیاد	854	تناسب وجود ندارد.

3. 3. 2. 1. تجزیه و تحلیل نتایج

برطبق جدول (6)، در تمام روستاهای با تعداد خانوار بسیار کم (1 تا 19 خانوار)، تناسب کامل جمعیت دام و جمعیت انسان از بعد تأمین سوخت موردنیاز خانوار روستایی وجود خواهد داشت که براساس جدول (5) می‌توان به این نتیجه رسید که در 38/23% از روستاهای کشور که دارای تعداد خانوار بسیار کم هستند، جمعیت دام روستا می‌تواند تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی جمعیت انسانی روستا در طول سال باشد.

همچنین، براساس جداول (5) و (6) می‌توان دریافت که 21/56% از روستاهای کشور که دارای تعداد خانوار کم هستند، فقط درصورتی‌که حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا بیشتر از 2500 کیلوگرم در روز باشد، جمعیت دام روستا می‌تواند تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی تعداد خانوار روستا در طول سال باشد. همچنین، در 28/13% از روستاهای کشور که دارای تعداد خانوار متوسط هستند، تنها درصورتی‌که حجم فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستا بیشتر از 5500 کیلوگرم در روز

باشد، جمعیت دام روستا می‌تواند تأمین‌کنندهٔ کامل نیازهای سوختی خانوارهای روستایی در طول سال باشد. افزون‌براین، در 11/31% از روستاهای کشور که دارای تعداد خانوار زیاد هستند، امکان تأمین کامل سوخت موردنیاز خانوارهای روستایی ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی وجود نخواهد داشت.

همان‌طورکه پیش‌تر نیز اشاره شد، احداث واحدهای بیوگاز حتی در مواردی که تناسب کامل جمعیت دام و جمعیت انسان وجود ندارد، به دلایل ذکرشده ضروری است.

در این حالت نیز بسته به اینکه هر روستا از کشور در کدام گروه قرار بگیرد، می‌توان نتایج ذکرشده در بالا را به آن روستا تعمیم داد.

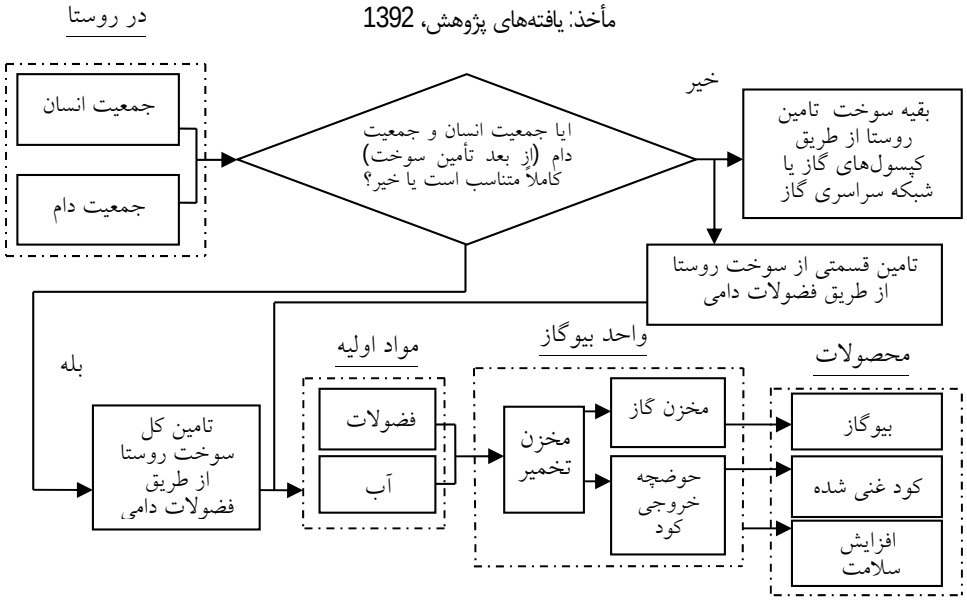
4. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی امکان‌پذیری تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی نشان‌دهندهٔ پتانسیل بسیار زیاد تولید بیوگاز و امکان زیاد استفاده از آن در روستاهای کشور است؛ زیرا، فضولات دامی قابل‌جمع‌آوری در روستاهای کشور می‌توانند تقریباً تا حد قابل‌قبولی نیازهای سوختی مردم روستا را (چه ازطریق واحدهای مشترک و چه ازطریق واحدهای انفرادی) پاسخ‌گو باشند. علاوه‌برآن، همان‌طورکه اشاره شد، با درنظرگرفتن مزایای دیگر این فناوری، نباید در احداث واحدهای بیوگاز در روستاهای کشور تردید کرد.

شکل (1) مدل مفهومی تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی را نشان می‌دهد. این مدل می‌تواند راهنمای مناسبی برای شرکت ملی گاز ایران برای گسترش خط لولهٔ گاز در مناطق روستایی کشور باشد. طبق مدل، همان‌طورکه قبلاً نیز نتیجه گرفته شد، در روستاهایی که جمعیت دام و جمعیت انسان از بعد تأمین سوخت متناسب هستند، ازطریق واحدهای مشترک یا انفرادی بیوگاز، می‌توان با استفاده از بیوگاز حاصل از فضولات دامی تمام نیازهای سوختی مردم روستا را تأمین کرد و دیگر نیازی به لوله‌کشی گاز در این روستاها نخواهد بود. دراین‌صورت، علاوه‌بر تأمین سوخت روستا ازطریق بیوگاز، کود غنی‌شده نیز به‌وجود می‌آید. همچنین، همان‌طورکه اشاره شد، با ورود فضولات دامی به واحدهای بیوگاز، اثرات مثبت در حوزهٔ افزایش سلامت انسان و محیط زیست نیز به‌وجود خواهد آمد که در مدل قابل‌مشاهده است؛ اما درمورد روستاهایی که این تناسب به‌طور کامل وجود ندارد، همان‌طورکه قبلاً نیز نتیجه گرفته شد، می‌توان تنها قسمتی از نیازهای سوختی مردم روستا را ازطریق واحدهای بیوگاز تأمین کرد و به جای آن از سایر مزایای استفاده از این فناوری (تولید کود غنی‌شده و اثرات مثبت زیست‌محیطی و افزایش سلامت انسان) بهره‌مند شد. در این حالت، بقیهٔ نیازهای سوختی مردم روستا، اگر روستا جمعیت انسانی کمی داشته باشد یا در منطقه‌ای صعب‌العبور واقع باشد که امکان لوله‌کشی گاز در آنجا وجود نداشته باشد، می‌تواند ازطریق کپسول‌های گاز تأمین شود و اگر جمعیت روستا قابل‌توجه باشد و لوله‌کشی گاز به آنجا امکان‌پذیر باشد، می‌توان این روستاها را تحت‌پوشش شبکهٔ سراسری گاز قرار داد؛ اما آنچه که مسلم است این است که در روستاهایی که جمعیت دام نسبت به جمعیت انسان بسیار زیاد است، جمعیت دام به‌راحتی نیازهای سوختی مردم روستا را تأمین می‌کند و اگر شرکت ملی گاز ایران برای این روستاها لوله‌کشی گاز انجام داده باشد، صرفاً هزینهٔ اضافه‌ای را متقبل شده است. به‌علاوه، تأمین انرژی صرفاً یک مزیت از مزایای احداث واحد بیوگاز در روستاهای کشور است.

شکل1- مدل مفهومی تأمین سوخت روستاهای کشور ازطریق بیوگاز حاصل از فضولات دامی

مأخذ: یافته‌های پژوهش، 1392



مسلم است که اجرای این طرح با چالش‌ها و مشکلاتی همراه خواهد بود. یکی از مهم‌ترین این مشکلات آگاهی‌های کم و آموزش ناکافی دراین‌زمینه است. تاکنون به‌دلیل فراوان و ارزان‌بودن سوخت-های فسیلی در کشور، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ازجمله بیوگاز کمتر موردتوجه قرار گرفته است و بسیاری از مردم از مزایای استفاده از این فناوری آگاه نیستند. همچنین، شاید نبود روحیهٔ مشارکت مردم روستایی در احداث و ادارهٔ واحدهای بیوگاز روستایی و فقدان برنامهٔ جامع ملی برای گسترش این فناوری تا حدی مانع از پیشبرد کار شود.

5. پیشنهادها

احداث واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز در روستاهای کشور و استفاده از فضولات دامی در این فرایند می‌تواند تا حد قابل‌توجهی نیازهای مردم روستایی ایران را به سوخت تأمین نماید. علاوه‌برآن، درخلال تولید بیوگاز، مقدار قابل‌توجهی کود غنی‌شدهٔ قابل‌استفاده در کشاورزی حاصل می‌شود که بازدهی محصولات کشاورزی را بالا می-برد. همچنین، تولید بیوگاز دارای مزایای زیست‌محیطی بسیاری است؛ براین‌اساس و با توجه به آنکه احداث واحدهای مشترک و انفرادی بیوگاز در همهٔ ابعاد دارای صرفهٔ اقتصادی است (قائمی، 1392)، پیشنهاد می‌شود که تمام روستاهای کشور از این فناوری استفاده نمایند.

یادداشت‌ها

1. White, Kirk, & Graydon
2. Yiridoe, Gordon, & Brown
3. Jury, Benetto, Koster, Schmitt, & Welfring
4. Patterson, Esteves, Dinsdale, & Guwy
5. Lau, Allen, Tsolakis, Golunski, & Wyszynski
6. Mwirigi, Makenzi, & Ochola
7. Nzila
8. Asam
9. Singh & Sooch
10. Pipatmanomai, Kaewluan, & Vitidsant
11. Karellas
12. lglinski
13. Onurbas & Turker
14. Ciccoli
15. Bond & Templeton
16. Li
17. Budzianowski
18. Meyer-Aurich
19. Wolf, Canstein, & Schröder
20. Poeschl, Ward, & Owende
21. Ryckebosch , Drouillon, & Vervaeren
22. Kaparaju & Rintala
23. Atem, Indiveri, & Llamas
24. Amiri, Henning, & Karlsson
25. همان‌طورکه اشاره شد، برای محاسبهٔ این عدد به‌دلیل نبود آمارهای جدید، از آمار سال 1388 استفاده گردید؛ اما ازآنجایی‌که متوسط مصرف، رقمی است که در طی سال‌ها تقریباً ثابت است و به‌راحتی تغییر نمی‌کند، تحلیل‌هایی که در ادامه خواهیم داشت، براین‌اساس انجام خواهند شد.
26. Batzias, Sidiras, & Spyrou

کتابنامه

1. آستانی، س. (1390). *بررسی و مقایسهٔ برخی از انواع دستگاه‌های تولیدکنندهٔ بیوگاز*. دومین همایش بیوانرژی ایران، 293-281.
2. امین‌صالحی، ف.، و عبدلی، م. (1388). ضرورت توسعهٔ نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت بیوگازسوز در کشور. *نشریهٔ انرژی ایران*، *12*(30)، 24-13.
3. دهواری، خ.، ثقه‌الاسلامی، ن.، و رضوی طوسی، س. (1387). *طراحی واحد بیوگاز برای مناطق روستایی استان سیستان و بلوچستان*. همایش ملی سوخت، انرژی و محیط زیست، 775-764.
4. رسولی‌کوهی، م.، صفایی، ب.، طالقانی، گ.، و شعبانی‌کیا، ا. (1381). *بررسی فنی اقتصادی فناوری انرژی بیوگاز در ایران*. دومین همایش بهینه-سازی مصرف سوخت در ساختمان، 520-513.
5. شکیبی، خ؛ شعبانی‌کیا، ا.، و نظری، ع. (1388). شناخت بیوگاز و راکتورهای بیوگازی سرعت بالا برای احداث نیروگاه با سوخت زباله‌های شهری و پسماندهای آلی فسادپذیر. *ماهنامهٔ صنعت برق*، *14*(154)، 45-34.
6. شیخ‌الاسلامی، ج. (1389). *نتایج طراحی و ساخت بزرگترین پایلوت بیوگاز دامی ایران*. نخستین همایش بیوانرژی ایران، 664-649.
7. عادلی‌گیلانی، ا.، و سوری، ف. (1389). فناوری بیوگاز گامی درراستای توسعهٔ پایدار روستایی. *ماهنامهٔ نفت و انرژی*، (51)، 30-12.

8. عبدلی، م. (1389). *امکان‌سنجی و پتانسیل‌سنجی استفاده از منابع زیست‌توده در مناطق روستایی کشور*. تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
9. عسگریان نجف‌آبادی، س.، و مصری گندشمین، ت. (1390). *معرفی دستگاه‌های تولید بیوگاز و عوامل مؤثر در انتخاب این دستگاه‌ها*. اولین همایش فناوری‌های پالایش در محیط زیست، 835-824.
10. علیدادی، ا.، کوهی‌فایق‌دهکردی، ع.، ابراهیمیان، ش.، و آقایی، ا. (1389). *بهره‌گیری از انرژی بیوگاز در روستای صمصامی در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی*. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، 972-963.
11. عمرانی، ق. (1375). *مبانی تولید بیوگاز از فضولات شهری و روستایی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
12. عمرانی، ق.، صفا، م.، و گلبابایی، ف. (1385). بررسی کارایی همزن مکانیکی از نوع پایروبی ویژهٔ دستگاه‌های بیوگاز به مدل چینی. *مجلهٔ محیط‌شناسی*، (40)، 26-19.
13. قائمی، ف. (1392). *امکان‌سنجی احداث واحدهای بیوگاز در ایران (مطالعهٔ موردی: بیوگاز حاصل از فضولات دامی)*. (پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد منتشرنشده)، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس فنی و مهندسی شهید عباس‌پور، ایران.
14. کاروان، آ.، و عسگری، س. (1390). *بررسی تولید انرژی از زیست‌توده با استفاده از فناوری هضم بیهوازی*. اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی، 530-524.
15. مرکز آمار ایران. (1388). *سالنامهٔ آماری کشور*. تهران: مرکز آمار ایران.
16. مرکز آمار ایران. (1390). *سرشماری عمومی نفوس و مسکن*. تهران: مرکز آمار ایران.
17. وزارت نیرو. (1388). *ترازنامهٔ انرژی*. تهران: وزارت نیرو.
18. Amiri, S., Henning, D., & Karlsson, B. G. (2013). Simulation and introduction of a CHP plant in a Swedish biogas system. *Renewable Energy*, *49*, 242-249.
19. Asam, Z., Poulsen, T., Nizami, A. S., Rafique, R., Kiely, G., & Murphy, J. D. (2011). How can we improve biomethane production per unit of feedstock in biogas plants? *Applied Energy, 88*(6), 2013-2018.
20. Atem, A. D., Indiveri, M. E., & Llamas, S. (2010). Biomass storage for further energy use through biogas production *International Journal of Hydrogen Energy, 35*(11), 6048-6051.
21. Batzias, F. A., Sidiras, D. K., & Spyrou, E. K. (2005). Evaluating livestock manures for biogas production: A GIS based method. *Renewable Energy, 30*(8), 1161–1176.
22. Bond, T., & Templeton, M. R. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development, 15*(4), 347-354.
23. Budzianowski, W. M., (2011). Can 'negative net CO2 emissions' from decarbonized biogas-to-electricity contribute to solving Poland's carbon capture and sequestration dilemmas? *Energy, 36*(11), 6318-6325.
24. Ciccoli, R., Cigolotti, V., Lo Presti, R., Massi, E., McPhail, S. J., Monteleone, G., Moreno, A., Naticchioni, V., Paoletti, C., Simonetti, E., & Zaza, F. (2010). Molten carbonate fuel cells fed with biogas: Combating H_2S. *Waste Management, 30*(6), 1018-1024.
25. Igliński, B., Buczkowski, R., Iglińska, A., Cichosz, M., Piechota, G., & Kujawski, W. (2012). Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economic and environmental aspects, biogas potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(7), 4890–4900.
26. Jury, C., Benetto, E., Koster, D., Schmitt, B., & Welfring, J. (2010). Life cycle assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injection into the natural gas grid. *Biomass and Bioenergy, 34*(1), 54-66.
27. Kaparaju, P., & Rintala, J. (2011). Mitigation of greenhouse gas emissions by adopting anaerobic digestion technology on dairy, sow and pig farms in Finland. *Renewable Energy, 36*(1), 31-41.

28. Karellas, S., Boukis, L., & Kontopoulos, G. (2010). Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(4), 1273-1282.
29. Lau, C. S., Allen, D., Tsolakis, A., Golunski, S. E., & Wyszynski, M. L. (2012). Biogas upgrade to syngas through thermochemical recovery using exhaust gas reforming. *Biomass and Bioenergy, 40*, 86-95.
30. Li, T., Tang, D., Li, Z., Du, J., Zhou, T., & Jia, Y. (2012). Development and test of a Stirling engine driven by waste gases for the micro-CHP system. *Applied Thermal Engineering, 33*, 119-123.
31. Meyer-Aurich, A., Schattauer, A., Hellebrand, H. J., Klauss, H., Plöchl, M., & Berg, W. (2012). Impact of uncertainties on greenhouse gas mitigation potential of biogas production from agricultural resources. *Renewable Energy, 37*(1), 277-284.
32. Mwirigi, J. W., Makenzi, P. M., & Ochola, W. O. (2009). Socio-economic constraints to adoption and sustainability of biogas technology by farmers in Nakuru Districts, Kenya. *Energy for Sustainable Development, 13*(2), 106-115.
33. Nzila, C., Dewulf, J., Spanjers, H., Tuigong, D., Kiriamiti, H., & Langenhove, H. (2012). Multi criteria sustainability assessment of biogas production in Kenya. *Applied Energy, 93*, 496-506.
34. Onurbas A. A., & Turker, U. (2012). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(3), 1557–1561.
35. Patterson, T., Esteves, S., Dinsdale, R., & Guwy, A. (2011). An evaluation of the policy and techno-economic factors affecting the potential for biogas upgrading for transport fuel use in the UK. *Energy Policy, 39*(3), 1806-1816.
36. Pipatmanomai, S., Kaewluan, S., & Vitidsant, T. (2009). Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H_2S removal by activated carbon in small pig farm. *Applied Energy, 86*(5), 669-674.
37. Poeschl, M., Ward, S., & Owende, P. (2012). Environmental impacts of biogas deployment – Part I: Life cycle inventory for evaluation of production process emissions to air. *Journal of Cleaner Production, 24*, 168-183.
38. Ryckebosch, E., Drouillon, M., & Vervaeren, H. (2011). Techniques for transformation of biogas to biomethane, *Biomass and Bioenergy. 35*(5), 1633-1645.
39. Singh, K. J., & Sooch, S. S. (2004). Comparative study of economics of different models of family size biogas plants for state of Punjab, India. *Energy Conversion and Management, 45*(9–10), 1329-1341.
40. Taleghani, G., & Shabani Kia, A. (2005). Technical–economic analysis of the Saveh biogas power plant. *Renewable Energy, 30*(3), 441-446.
41. White, A. J., Kirk, D. W., & Graydon, J. W. (2011). Analysis of small-scale biogas utilization systems on Ontario cattle farms. *Renewable Energy, 36*(3), 1019-1025.
42. Wolf, D., Canstein, H. V., & Schröder, C. (2011). Optimization of biogas production by infrared spectroscopy-based process control. *Journal of Natural Gas Science and Engineering, 3*(5), 625-632.
43. Yiridoe, E. K., Gordon, R., & Brown, B. B. (2009). Nonmarket co-benefits and economic feasibility of on-farm biogas energy production. *Energy Policy, 37*(3), 1170-1179.

Journal of Research and Rural Planning Vol.3, No.5, Spring 2014

Feasibility Study of Fueling the Iran Rural Areas by Biogas from Livestock Waste

Farzaneh Ghaemi[*1]**- Hossein Sadeghi**[2]

1- MSc. in Energy Economics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2- Assistant Prof, Economy, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

Received: 19 Oct. 2013 ***Accepted: 25 Feb. 2014***

Abstract:

Purpose: The purpose of this paper is to evaluate to what extent the construction of common and individual biogas plants can answer the fuel needs of rural people or families.

Methodology: The present study with descriptive - analytical method, examines the fuel needs of the rural people and its supply by biogas from livestock waste.

Findings: The primary outcome of the proportion of rural population and the population of animals is that (If the distribution of the livestock and human population in villages were the same) livestock wastes that can be collected for per rural person, might fully answer his needs for consuming the natural gas in one year. The results show very high potential for producing biogas and its use in rural areas; thus, livestock waste that can be collected in the villages might answer the fuel needs of rural people in acceptable level.

Research limitations: Low awareness and inadequate training in this field were one the problems in the present study. Moreover, the lack of participation in the construction of biogas plants and the lack of comprehensive national plan for developing this technology will prevent the progress of this type of activites. Therefore, it is necessary to solve these problems.

Practical implications: It is important to provide opportunities and special trainings for rural people in order to acquaint them with various advantages of using this technology. In addition, the government support, including granting loans for biogas plants construction, might be effective for developing such a technology.

Original/values: Providing fuel for rural areas by biogas from livestock waste has many advantages, including savings in the consumption of fossil fuels, reducing the cost of gas pipeline to rural areas, the production of enriched fertilizer used in agriculture, the increase in human and environment health and so on.

Key words: Biogas, rural fuel supply, livestock waste.

How to cite this article:

Ghaemi, F., & Sadeghi, H., (2014). Feasibility study of fueling the Iran rural areas by biogas from livestock waste. *Journal of Research & Rural Planning, 3*(5), 121-134.

URL http://jrrp.um.ac.ir/index.php/RRP/article/view/27218

ISSN: 2322-2514 eISSN: 2383-2495

* . Corresponding Author: Ghaemi.Farzaneh@yahoo.com Tel:+989127644057