کاربرد فناوری بیوگاز در روستاهای ایران؛ برآورد صرفه جویی انرژی حاصل از کاربرد فناوری بیوگاز در روستای گالش کلام (گیلان)

الهیار عادلی گیلانی*/ فیروزه سوری*/ مجتبی پور احمدی**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۲۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۸/۰۵

چکیده

مروری بر پژوهش‌های انجام شده در زمینه توسعه کشور در سال‌های اخیر، موید اهمیت و لزوم توجه به توسعه پایدار روستایی به عنوان یکی از ارکان زیربنایی توسعه پایدار شهری و ملی است. با دقت در آسیب‌شناسی روستاهای امروزی با مقولاتی چون معضلات کالبدی، اقتصادی، فرهنگی- اجتماعی، زیست‌محیطی و تأمین انرژی مواجه می‌شویم. دقت در هریک از مشکلات مذکور و ارایه پیشنهادهای مناسب می‌تواند گامی در راستای بهبود کیفیت و ماهیت روستاهای کشور بوده و زمینه رشد و رونق مجدد آنان را فراهم آورد.

با توجه به اینکه امروزه تأمین تمامی و یا بخشی از انرژی مصرفی جوامع انسانی، از منابع انرژی تجدیدپذیر، یکی از اصول توسعه پایدار به‌شمار می‌رود، مسئله و هدف پژوهش حاضر، بررسی و ارزیابی استفاده از فناوری بیوگاز جهت تأمین بخشی از انرژی مصرفی جوامع روستایی کشور با زمینه دامداری، از یک منبع انرژی ارزان قیمت و حل مشکلات زیست‌محیطی ناشی ازعدم مدیریت صحیح جمع‌آوری و دفع فاضلاب و فضولات روستایی است. بخش اول مقاله با استفاده از روش تحقیق کتابخانه‌ای، به معرفی اجمالی فناوری بیوگاز و مزایای استفاده از آن در مقیاس روستایی پرداخته، سپس در بخش دوم، برای عینی ساختن نتایج حاصل از به‌کارگیری این فناوری در مقیاس روستایی و تخمین میزان صرفه‌جویی انرژی، امکان استفاده از این فناوری در روستای گالش‌کلام، مورد بررسی قرار گرفته‌است. الویت طرح ساماندهی پسماندهای روستایی، آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه، عدم اتصال به شبکه سراسری گاز شهری و همچنین زمینه دامپروری روستا سبب شده‌است تا این روستا به‌عنوان نمونه موردی در پژوهش حاضر انتخاب و مورد بررسی قرار گیرد. در این بخش پس از انجام مطالعات میدانی، به‌منظور تخمین میزان صرفه‌جویی انرژی از دو روش استفاده شده‌است. در روش اول میزان صرفه‌جویی بر اساس میزان کنونی مصرف انرژی خانوارهای روستایی در بخش‌های پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم، حدود ۲۸٪ محاسبه شده‌است. در روش دوم درصد صرفه‌جویی براساس میزان مصرف در بخش‌های مختلف پخت‌وپز، تأمین آب‌گرم مصرفی و گرمایش بنا، براساس استانداردها و مقررات ملی ساختمان مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. محاسبات انجام شده نشان داده‌است که استفاده از فناوری بیوگاز با اصلاح الگوی مصرف و استانداردسازی ساختمان‌ها می‌تواند سبب ۱۷٪ تا ۳۹/٤ ٪ صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی خانواده‌های روستایی شود.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار روستایی، فناوری بیوگاز، بیوگاز روستایی، تصفیه فاضلاب روستایی، روستای گالش‌کلام.

* کارشناس ارشد انرژی معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. adeli@ut.ac.ir
** مربی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

مقدمه

پیشرفت شگرف علـم و فنـاوری در جهـان امـروز، آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده، امـا جهـان را با بحـران‌هـای جـدی زیسـت‌محیطـی و انـرژی مواجـه ساخته‌است. به‌گونه‌ای که این بحران‌ها نـه تنهـا تهدیـدی برای کیفیت زندگی جوامع بشری به‌شمار می‌روند، بلکـه ادامه روند کنونی، حیات بشر را با خطری جـدی مواجـه خواهد ساخت.

بحران‌های زیست‌محیطی جهان امـروز، بـه‌گونـه‌ای است که امروزه جایگزینی سوخت‌های فسیلی، مـدیریت ضایعات و بهره‌گیری از شیوه‌های مناسب جهـت دفـع و بازیافـت انـواع آلاینـده‌هـا در اکثـر کشـورها، اعـم از توسـعه‌یافتـه و یـا درحـال‌توسـعه، از اهمیـت فراوانـی برخوردار است.

از سوی دیگر بحران انـرژی کـه حاصـل وابسـتگی شدید جوامع به منابع انرژی فسیلی و رونـد رو بـه رشـد مصرف سالانه انرژی است، اتمام منابع فسیلی را به‌دنبـال خواهد داشت که هم تهدیـدی بـرای اقتصـاد کشـورهای صادرکننده است و هم نسل‌های آتی را با مشـکل جـدی تأمین انرژی مواجه خواهد ساخت.

در راسـتای نیـل بـه توسـعه پایـدار در کشـورمان، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بر مبنای محورهـای توسـعه پایـدار در کلیـه بخـش‌هـای شـهری و روسـتایی امـری ضروری است. با وجود نقش مهـم روسـتاها در رشـد و توسعه کشور (به‌عنـوان جوامـع تولیدکننـده، محصـولات کشاورزی، دامی و باغی) توسعه پایدار روستایی کـم‌تـر مورد توجه قرار گرفته‌است. با توجه بـه میـزان جمعیـت روستایی کشور، پراکندگی جوامـع روسـتایی و هزینـه‌بـر بودن اتصال آن‌ها به شبکه سراسری انرژی از یـک‌سـو و عدم بهره‌مندی روستاها ازسیستم بهداشتیِ دفع فاضـلاب و آلودگی‌های زیسـت‌محیطـی ناشـی از آن[1]، اسـتفاده از فناوری بیوگاز در مقیاس روستایی در طی چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته‌است.

استفاده از فناوری بیوگاز علاوه بر پاسـخ‌گـویی بـه مشکلات دفع و تصفیه آلاینده‌هـای آلـی تولیـد شـده در جوامع روستایی و تبدیل آن‌ها به منابعی با ارزش جهـت تولید انرژی پاک و ارزان بـه دلیـل تولیـد پسـاب و کـود طبیعی با درصد بالای نیتروژن، زمینه تقویت طبیعی خاک و توسعه کشاورزی در روستاها را نیز فراهم می‌آورد.

بررسی نتایج حاصـل از تحقیقـات و پـژوهش‌هـای انجام شده نشان می‌دهـد بهـره‌گیـری از فنـاوری بیوگـاز روستایی، علاوه بر پاسخ‌گویی به چالش‌های مطرح شده، با بسترسازی مناسب جهت رشـد هماهنـگ اقتصـادی و اجتماعی، زمینه توسعه پایدار و عمران و آبادانی روستاها را فراهم کرده و تأثیر به‌سزایی در راستای تحقـق توسـعه پایدار ملی و منطقه‌ای دارد.

مـروری بـر تاریخچـه اسـتفاده از فنـاوری بیوگـاز روستایی به‌صورت نوین در ایران نشـان مـی‌دهـد اولـین واحد بی‌هوازی تولید متان در روسـتای نیـاز آبـاد اسـتان لرستان در سال ۱۳۵٤مورد بهره‌برداری قرار گرفتـه‌اسـت. سپس در دهه شصت پژوهش‌های ویـژه‌ای توسـط مرکـز انرژی‌های نو درسازمان انرژی‌های اتمـی[2]، وزارت جهـاد سـازندگی[3] و مراکـز دانشـگاهی و تحقیقـاتی همچـون دانشگاه شریف و جهاد دانشـگاهی دانشـکده کشـاورزی کرج انجام شد. از آخرین واحدهـای سـاخته شـده، یـک واحد بیوگاز برای هضم فاضلاب انسانی در جزیره کـیش و یـک واحـد تخمیـر فضـولات دامـی(دامـداری) در ماهدشت کرج بوده‌اند که هر دو توسـط سـازمان انـرژی اتمی در دهه هفتـاد طراحـی و مـورد بهـره‌بـرداری قـرار گرفتند (شیخ‌احمدی، ۱۳۸٦، ۵).پژوهش حاضر با مـدنظر قرار دادن تجربیات بـه‌دسـت آمـده از بـه‌کـارگیری ایـن فناوری در ایران و جهان، بـه دنبـال پاسـخی بـرای ایـن

پرسش است که "میزان صرفه‌جویی احتمالی حاصل از به‌کارگیری فناوری بیوگاز در روستایی با زمینه دامداری در جلگه شرقی گیلان (گالش‌کلام) چقدر است؟" و "آیا امروزه با توجه به نوع زندگی روستایی و تعداد دام روستاییان، استفاده از این فناوری با وجود سختی‌هایی که برای اجرای آن وجود دارد، توجیه‌پذیر می‌باشد یا خیر؟"

برای دستیابی به پاسخ این سوالات، پس از معرفی فناوری فوق و اهمیت استفاده از آن در توسعه پایدار روستایی، به مطالعه میدانی در روستای گالش‌کلام ومحاسبات عددی در زمینه میزان مصرف انرژی خانگی روستا پرداخته خواهد شد و در نهایت نتایج به‌دست آمده ارزیابی شده و پیشنهادهای لازم ارائه می‌گردد.

فناوری بیوگاز[٤]

فناوری بیوگاز که هم به‌عنوان حلقه‌ای از تصفیه فاضلاب و هم به‌عنوان شیوه‌ای جهت دستیابی به انرژی شناخته می‌شود، شامل فرآیندی است که در طی آن بر اثر تجزیه و تخمیر فضولات و ضایعات آلی ناپایدار، اعم از انسانی، گیاهی و حیوانی، درفقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی خصوصاً باکتری‌های متان‌زا، بیوگاز و پساب تولید می‌شود. بیوگاز هم‌چنین به گاز مرداب[٥]و گاز باتلاق نیز معروف است وگازی است تمیز، احتراق پذیر و سبک‌تر از هواکه نوعی سوخت محسوب می‌شود. در جدول ۱ اجزای تشکیل دهنده بیوگاز قابل مشاهده می‌باشد.

دمای احتراق بیوگاز حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گرادو دمای شعله حاصل از آن ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد است. بیوگاز مانند سایر سوخت‌های گازی، قابل احتراق بوده و با نسبت ۱به۲۰ با هوا مخلوط شده و سرعت اشتعال بالایی دارد.

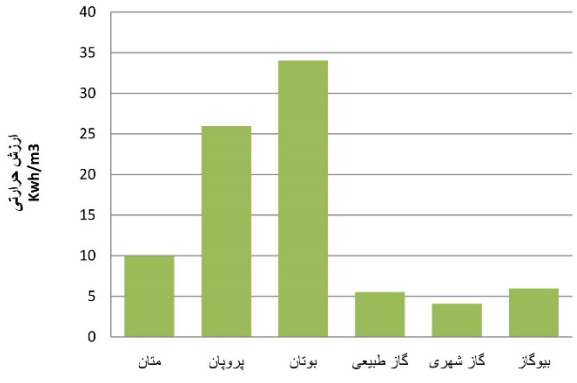
ارزش حرارتی آن ٥٦٥٠ کیلوکالری و یا درحدود ٦ کیلووات ساعت بر مترمکعب است (ساسه،٦٥،١٣٧٤). در جدول شماره ۲ خواص بیوگاز و سایر گازهای مشابه قابل مشاهده است.

نام گاز	فرمول	درصدترکیب
متان	CH_4	٦٥- ٥٥
گازکربنیک	Co_2	٤٥- ٣٥
ازت	N_2	٣- ٠
هیدروژن	H_2	١- ٠
اکسیژن	O_2	١- ٠
هیدروژن سولفوره	H_2S	١- ٠

ج۱. اجزا تشکیل‌دهنده بیوگاز(علی‌عمرانی،۵،۱۳۷۵).

نوع گاز	هوای مورد نیاز m3	سرعت فشار در هوا cm/s	وزن مخصوص نسبت به هوا	ارزش حرارتی Kwh/m^3	ترکیبات	
					درصد	عناصر
متان	٩/٥	٤٣	٪٥٥	٩/٩٤	١٠٠	CH_4
پروپان	٢٣/٨	٥٧	١/٥٦	٢٥/٩٤	١٠٠	C_4Hg
بوتان	٣/٩	٤٥	٢/٠٧	٣٤/٠٢	١٠٠	CH_4H_{10}
گاز طبیعی	٧	٦٠	٪٣٨	٧/٥٢	٦٥،٣٥	CH_4,H_2
گاز شهری	٣/٧	٨٢	٪٤١	٤/٠٧	٥٠،٢٦،٢٤	$CH_4,O,2N_2$
بیوگاز	٥/٧	٤٠	٪٩٤	٥/٩٦	٦٠،٤٠	CH_4,CO_2

ج۲. مقایسه خواص گازهای متداول با بیوگاز(علی‌عمرانی،۵،۱۳۷۵).

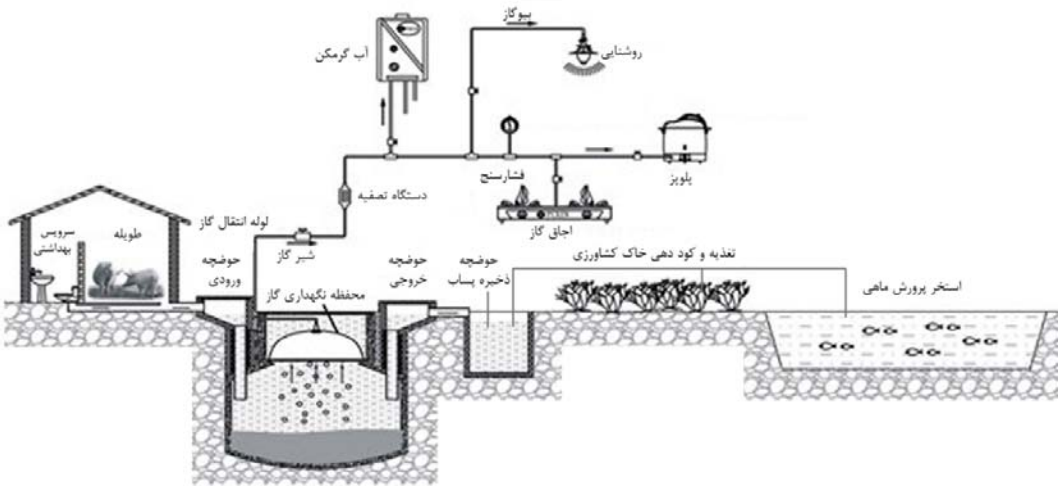


ن۱. ارزش حرارتی گازهای متداول در مقایسه با بیوگاز (ماخذ: نگارندگان).

همان‌گونه که در نمودار ۱ملاحظه می‌شود بیوگاز در مقایسه با سایر گازها دارای ارزش حرارتی قابل ملاحظه‌ای است و می‌تواند به‌عنوان یک منبع انرژی در دسترس به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم مورد بهره‌برداری قرار گیرد (ساسه،۱۳۷٤،٦٥).

به‌دلیل فراوانی و در دسترس بودن منابع تولید بیوگاز در روستاها به‌ویژه در روستاهای با زمینه غالب دامداری و همچنین سادگی ساختمان دستگاه‌های بیوگاز، می‌توان از واحدهای مجزای بیوگاز برای هر خانواده و یا به‌طور مشترک برای چند خانواده استفاده کرد(URL1). این سیستم شامل محفظه تخمیر ٦-۱۰ مترمکعبی، سیستم انتقال بیوگاز و تجهیزات تبدیل بیوگاز به انرژی مورد نظر
است. در این سیستم فضولات و ضایعات آلی تولید شده در یک خانواده روستایی به همراه فضولات ۲-٤ راس گاو، می‌تواند میزان بیوگاز لازم جهت پخت‌وپز و روشنایی را تأمین کند(URL2).

علاوه بر آن به علت وجود مواد کودی در پساب تصفیه شده، استفاده از آن برای آبیاری کشاورزی، افزون بر صرفه‌جویی در مصرف آب شیرین، می‌تواند منبعی غنی برای گیاهان و تقویت کشتزارها نیز باشد.(منزوی، ۱۳۸۸، ۳) و (میسمی، ۱۳۸۸، ٦۳). هم‌چنین به دلیل وجود مواد مغزی فراوان در پساب تصفیه شده، ماده‌ای مناسب برای رشد آبزیان و ماهیان می‌باشد (تصویر۱) (میسمی، ۱۳۸۸، ٦٤).



ت۱. نمونه موردی استفاده از واحد خانگی بیوگاز (URL1).

فناوری بیوگاز و توسعه پایدار روستایی

طبیعت به‌عنوان خاستگاه انسان و بستر فعالیت وی، توانایی پذیرش و پالایش میزان معینی از آلاینده‌ها را دارا است. متأسفانه امروزه در مناطق روستایی، به‌خصوص در روستاهای کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، عدم به‌کارگیری شیوه‌های بهداشتی جمع‌آوری و دفع ضایعات و آلاینده‌های تولید شده، سبب شده‌است تا بسیاری از بسترهای طبیعیِ اطراف این اجتماعات (رودخانه‌ها، مسیل‌ها، تالاب‌ها و زمین‌های بایر) به زباله‌دانی تبدیل شوند (کریشنارائو، ۱۳۸۵،؟؟). این امر علاوه بر آن‌که سبب آلودگی منابع و اکوسیستم‌های طبیعی پیرامونی آن‌ها خواهد شد، به دلیل وابستگی جوامع روستایی به طبیعت، آب و خاک، تهدیدی جدی برای توسعه پایدار روستایی نیز به‌شمار خواهد رفت.

در دهه‌های اخیر استفاده از فناوری بیوگاز به‌عنوان رویکردی نویدبخش، به‌خصوص در طرح‌های توسعه، مدیریت و ساماندهی ضایعات آلی تولید شده در مناطق روستایی، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه مورد توجه قرار گرفته‌است. علت این امر را می‌توان استفاده از بیوگاز تولیدی به‌عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر، نقش به‌سزای آن در حل معضلات زیست‌محیطی ناشی از آلاینده‌های آلی تولید شده در جوامع انسانی، دسترسی آسان و منافع اقتصادی- اجتماعی بیوگاز دانست که آن را از سایر منابع انرژی تجدیدپذیر متمایز می‌سازد. در جدول ۳ به برخی از مزایای استفاده از فناوری بیوگاز از نظر معیارهای توسعه پایدار اشاره شده است.

معیارهای توسعه پایدار	زیست محیطی	جلوگیری از تولید و انتشار سالانه میلیون‌ها تن دی‌اکسیدکربن و گازهای گلخانه‌ای از محل دفع این آلاینده‌ها (رسولی کوهی، ۱۳۸۱، ۲) تأمین بخشی از نیاز انرژی روستایی از منابع انرژی تجدیدپذیر و درنتیجه کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی در بخش روستایی جلوگیری از آلودگی خاک و سفره‌های آب زیرزمینی بر اثر نفوذ فاضلاب، به‌خصوص در مناطق با میزان بالای بارش و یا سطح بالای سفره‌های آب زیرزمینی(شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۹۶۰) کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی، حذف بوهای مشمئزکننده و کنترل مگس،جانوران و حشرات موذی در مناطق آلوده روستاها(شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۲۰۹) جلوگیری از آلودگی‌های محیطیِ مختل‌کننده اکوسیستم‌های موجود(منزوی، ۱۳۸۷، ۵) بازیابی فاضلاب جهت مصارف کشاورزی، صنعتی، تغذیه مصنوعی منابع آب(میسمی، ۱۳۸۸، ٦٦)
	اقتصادی	کمک به توسعه منابع انرژیِ منطقه‌ای جهت کاهش میزان تلفات ناشی از انتقال انرژی در شبکه کشوری ایجاد درآمد از طریق فروش انرژی،کود آلی و آب قابل استفاده در کشاورزی، به مردم و یا شبکه دولتی(شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۲۱۰). تصفیه فاضلاب و جلوگیری از هزینه‌های دراز مدت بعدی برای رفع آلودگی آب و خاک بهینه‌سازی خاک و افزایش بهره‌وری در کشاورزی به‌دلیل استفاده از کود آلی تولید شده در محفظه تخمیر بی‌هوازی بیوگاز و اثرات بلند مدت آن در اصلاح ساختار خاک و حاصلخیزی آن(شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۲۰۹). جلوگیری از خروج ارز، با توجه به تولید کود آلی و کاهش مصرف کود شیمیایی، کاهش تقاضا برای دفع آفات و علف‌هرزکش‌ها(شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۲۱۰). تولید متان و دی‌اکسیدکربن به‌عنوان محصولات فرعی حاصل از تجزیه بی‌هوازی مواد آلی، به‌عنوان مواد اولیه صنعتی. متان ماده اولیه استیلن، الکل، متانول، آمونیاک، کود و حتی ویتامین B12و ... است. از دی‌اکسیدکربن می‌توان در تهیه کود، یخ خشک و ... استفاده کرد(خدادادی، ۱۳۸۱، ١٤٤٧). گستردگی و تنوع در منابع تأمین کننده انرژی روستایی و درنتیجه امکان تامین انرژی در صورت قطع شبکه اصلی تأمین سوخت مورد نیاز روستاهای دور از شبکه گاز کشور، بدون نیاز به زیرساخت‌های هزینه‌بر سادگی، کم‌هزینه بودن و قابلیت نصب و راه‌اندازی راحت دستگاه‌های تولیدکننده بیوگاز در مقیاس‌های کوچک
	اجتماعی و فرهنگی	ایجاد اشتغال در بخش روستایی بهینه‌سازی وضعیت بهداشتی روستاها بر اثر از بین رفتن درصد قابل توجهی از عوامل بیماری‌زا در فرایند تصفیه بی‌هوازی.(علی عمرانی، ۱۳۷۵، ٦٦). بهینه‌سازی وضعیت حاشیه روستاها و بسترهای طبیعی محل دفع زباله و فاضلاب

ج۳. ضرورت‌ها و مزایای استفاده از فناوری بیوگاز در مقیاس روستایی.

نمونه موردی؛روستای گالش‌کلام

دربخش دوم این پژوهش به‌منظور تخمین میزان صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش روستایی کشور با بهره‌گیری از فناوری بیوگاز، روستای گالش‌کلام واقع در جلگه شرقی گیلان به‌عنوان نمونه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته‌است.

روستای گالش‌کلام با ۲۱۲ خانوار و جمعیتی بالغ بر ٦٦٤نفر[٦] در شرق شهرستان لنگرود از توابع استان گیلان، به مرکز ۳۷ درجه شمالی و۵۰ درجه شرقی قرارگرفته است. این روستا در ۲کیلومتری جاده اصلی لنگرود- چمخاله و ١٤ کیلومتری مرکز شهر لنگرود قرار دارد. شغل اصلی ساکنین روستا کشاورزی بوده و در کنار کشت برنج، باغداری، دامداری، ماهیگیری و نوغان‌داری نیز از مشاغل عمده این روستا محسوب می‌شود. روستای گالش‌کلام مرکز اصلی پرورش گاومیش در شهرستان لنگرود بوده و براساس آمار به‌دست آمده از شورای روستا، هم‌اکنون تعداد ۱۲۰ راس گاومیش، ۱۵۰ راس گاو و٤۳۰ راس گوسفند در روستا وجود دارد.

قرارگیری روستای گالش‌کلام در ارتفاع ۲۸- متری از سطح آب‌های آزاد و درنتیجه بالا بودن تراز آب‌های زیرزمینی و نیز دفع فاضلاب روستا به‌صورت ترانشه‌های جذبی، سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه شده‌است. همین امر سبب شده‌است در اولویت‌بندی برنامه‌ها و پروژه‌های پیشنهادی ارائه شده توسط مشاور معین بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان گیلان[۷] براساس نیازهای اساسی در سطح روستا ، ساماندهی فاضلاب و زباله روستایی[۸]را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین اولویت‌ها در بخش زیست‌محیطی روستای مذکور قرار دهند. همچنین در حال حاضر این روستا به سیستم گاز شهری متصل نبوده و روستاییان از کپسول‌های گاز مایع و یا نفت برای تأمین انرژی لازم برای پخت‌وپز، آب‌گرم مصرفی و نیز گرمایش استفاده می‌کنند.

در این راستا باتوجه به مطالب ارائه‌شده در قسمت نظری پژوهش، نگارندگان برای مرتفع کردن دو مشکل فوق (عدم دسترسی به گاز شهری و سیستم جمع‌آوری فاضلاب)، استفاده از سیستم تصفیه بی‌هوازی فاضلاب را مدنظر قرار داده‌اند تا علاوه بر دفع بهداشتی فاضلاب و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، بخشی از گاز مصرفی و کود طبیعی مورد نیاز برای باغات و مزارع روستاییان تأمین گردد.

نگارندگان از دو طریق به انجام محاسبات پرداخته‌اند. در روش اول با مطالعات میدانی درباره‌ی نوع سوخت و میزان مصرف انرژی ساکنین روستا در بخش‌های گرمایش، پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی، مشخص شد که روستاییان، در حال حاضر برای تأمین انرژی مورد نیاز جهت پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی از کپسول‌های گاز مایع ۱۱کیلوگرمی و برای گرمایش بنا از نفت و گازوییل استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است با توجه به محدودیت‌های موجود در این تحقیق، در این روش نگارندگان تنها میزان مصرف انرژی در بخش‌های پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی (گاز مایع) را در محاسبات دخالت داده و از محاسبه میزان سوخت مصرفی برای گرمایش صرف نظر نموده‌اند. در ادامه با فرض استفاده از فناوری بیوگاز در روستا و میزان انرژی به‌دست آمده از به‌کارگیری این فناوری و مقایسه آن با میزان انرژی مورد نیاز روستاییان، درصد صرفه‌جویی انرژی در دو بخش پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی ارائه شده است.

در روش دوم با استفاده از میزان مصرف بر اساس استانداردها و مقررات ملی و نیز روزدرجه گرمایی به محاسبه بارگرمایی مورد نیاز روستاییان پرداخته و در نهایت با مقایسه مقدار انرژی تولیدی از طریق فناوری

بیوگاز و مقدار بار گرمایشی تمام ساختمان و یا بخش‌هایی از آن (بارگرمایشی پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی)، درصد صرفه‌جویی در هر بخش بیان شده است.

در این راستا برای سادگی در محاسبات، نگارندگان به انتخاب یک نمونه اقدام کرده‌اند تا در نهایت با تعمیم دادن نتیجه محاسبات به کل روستا، درصد صرفه‌جویی در کل روستا مشخص گردد. با توجه به کمبود نسبی و عدم توازن تعداد دام روستاییان و درنهایت با بررسی موقعیت قرارگیری و پراکندگی بناهای مسکونی در روستا، این نتیجه حاصل شد که برای هر سه خانوار، ساخت یک واحد بیوگاز پیشنهاد گردد. با توجه به تعداد دام و خانوار، متوسط تعداد دام برای هر خانوار در جدول ٤ ارائه شده است.

	گاومیش	گاو	گوسفند و بز
روستا	۱۲۰	۱۵۰	٤۳۰
سرانه هر خانوار	۰/٥٤	۰/٦۸	۱/۹٥
سرانه ۳خانوار	۲	۲	٦

ج٤. متوسط تعداد دام برای هر خانوار (مأخذ: نگارندگان).

طبق نمودار ۲ میزان بیوگاز تولید شده به‌ازای هر کیلوگرم فضولات تازه هر راس گاومیش با توجه به زمان ماند (RT) ۹۰ روز و دمای مخزن تخمیر(T) ۲۸-۲٦درجه سانتی‌گراد معادل٤۳ لیتر در روز خواهد بود.

حجم مخزن تخمیر (VD)، تابعی از مقدار لجن ورودی[9](SD) و زمان ماند(RT)، می‌باشد:

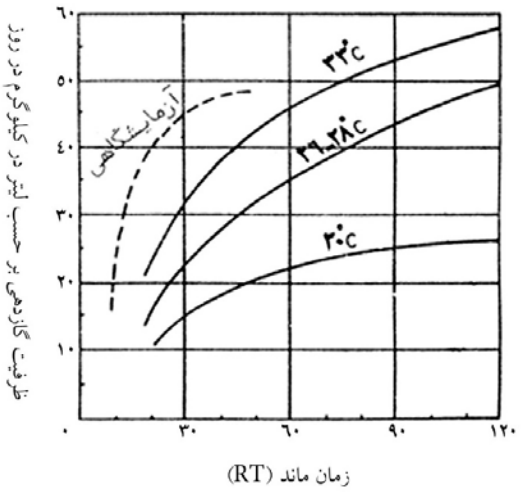
$$VD = SD * RT \quad (۱)$$

$$SD: \ 88\ kg + 88\ lit^{10} = 176\ lit \quad (۲)$$

$$; \quad RT: 90\ day$$

با توجه به این‌که به‌صورت مداوم روزانه ۱۷٦لیتر لجن وارد مخزن تخمیر خواهد شد، بنابر رابطه (۱) خواهیم داشت:

$$VD = 176 * 90 = 15{,}840\ lit \quad (۳)$$



ن۲. ظرفیت تولید بیوگاز به‌ازای هر کیلوگرم فضولات تازه گاو با توجه به زمان ماند(RT) و دمای مخزن تخمیر(T) (ماخذ:علی‌عمرانی،۱۳۷٥، ٥٤).

درنتیجه اندازه مخزن تخمیر(VD) برابر با ۱٦مترمکعب خواهد شد. با توجه به اینکه ظرفیت متعارف مخزن گاز(VG)، برای مصارف خانه‌های روستایی در کشورهای جهان سوم ٥۰ تا ٦۰ درصد اندازه مخزن تخمیر می‌باشد (عمرانی، ۱۳۷٥، ٥٤)، در مجموع حجم مورد نیاز یک واحد بیوگاز براساس شرایط این پژوهش، برابر ۲٥مترمکعب خواهد بود (مجموع VG و VD).

$$VG = VD * 60\% \quad (۴)$$

$$VG: 15{,}840 * 60\% = 9{,}504\ lit$$

همانطور که اشاره شد، طبق مطالعات میدانی انجام شده، ساکنین روستا درحال‌حاضر برای پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی جهت استحمام، از کپسول‌های گاز مایع ۱کیلوگرمی استفاده می‌کنند. این کپسول‌ها حاوی ٥۰٪ پروپان و ٥۰٪ بوتان می‌باشند. با توجه به این‌که ارزش حرارتی پروپان برابر با ٤۹/٦ مگاژول برکیلوگرم و ارزش حرارتی بوتان برابر با ٤۹/۱ مگاژول برکیلوگرم است،

بنابراین در محاسبات پیش رو، ارزش حرارتی گاز مایع برابر با ۴۹/۳ مگاژول برکیلوگرم درنظر گرفته می‌شود (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۲۵۴).

طبق اطلاعات به‌دست آمده از ساکنین و شورای روستا، یک خانواده ۳ نفره[11] در تمامی طول سال به‌طور میانگین هر ۱۰ روز، از یک کپسول ۱۱کیلوگرمی برای پخت‌وپز استفاده می‌کند. هم‌چنین خانواده فوق برای آب‌گرم مصرفی به‌طور متوسط در فصول گرم هر ۱۵روز و در فصول سرد هر ۷ روز، از یک کپسول ۱۱کیلوگرمی گاز مایع استفاده می‌کند. با توجه به جدول ۵، مصرف یک خانواده ۳ نفره به‌طور میانگین در هر سال برابر با ۷۲ و در هر ماه برابر با ۶ و در هر هفته تقریباً برابر با ۱/۵ کپسول۱۱کیلوگرمی و در هر روز تقریباً برابر با ۲/۳۶ کیلوگرم گاز مایع می‌باشد.

با توجه به ارزش حرارتی گاز مایع، انرژی هر کپسول ۱۱ کیلوگرمی برابر با ۵۴۲/۳ مگاژول و در نتیجه کل انرژی مصرفی یک خانواده ۳ نفره برای پخت‌وپز و گرمایش آب‌مصرفی، در طول سال برابر با ۳۹۰۴۵ مگاژول می‌باشد؛

*11 Kg * 49.3 Mj/Kg = 542.3 Mj*(۵)
*542.3 Mj * 72 = 39045 Mj/year*(۶)

بنابراین کل انرژی مصرفی ۳ خانوار در زمینه پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی برابر با ۱۱۷,۱۳۵ مگاژول در سال و یا به عبارتی برابر با ۱۱۱,۰۲۲,۵۰۰ بی‌تی‌یو[12] در سال خواهد بود؛

*39045 Mj/year * 3 = 117,135 Mj/year*(۷)
*117,135 Mj/year * 947.82 = 111,022,896 Btu/year*(۸)

حال اگر این مقدار انرژی از طریق بیوگاز تأمین شود، سالانه به۱۹۱۰۸۹/۳ فوت‌مکعب بیوگاز[13] و یا به عبارتی ۵۴۱۱ مترمکعب بیوگاز[14] نیاز خواهیم داشت (جدول ۷)؛

111,022,896 Btu/year ÷ 581 Btu/ft^3 = 191089.3Ft^3/year =5411M^3/year(۹)

از سوی دیگر براساس جدول ۶، با توجه به میزان فضولات حاصل از انواع دام ۳ خانوار و زمان ماند ۹۰ روز و دمای مخزن تخمیر ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد، روزانه به مقدار ۴/۱۹ مترمکعب از تخمیر بی‌هوازی فضولات حیوانی، بیوگاز تولید خواهدشد. بنابراین بیوگاز تولیدی در سال برابر با ۱۵۲۹/۳ مترمکعب خواهد بود؛

*4.19 M^3 * 365 = 1529.35 M3/year* (۱۰)

	آمار به‌دست آمده در هر ماه			آمار به‌دست آمده در هرسال		
	کپسول ۱۱ کیلویی مصرفی (عدد)	انرژی هر کپسول ۱۱کیلویی (مگاژول برکیلوگرم)	میانگین انرژی مصرفی ماهانه (مگاژول برکیلوگرم)	کپسول ۱۱ کیلویی مصرفی (عدد)	انرژی هر کپسول ۱۱ کیلویی (مگاژول برکیلوگرم)	میانگین انرژی مصرفی سالانه (مگاژول برکیلوگرم)
پخت و پز	۳	۵۴۲/۳	۱۶۲۶/۹	۳۶	۵۴۲/۳	۱۹۵۲۲/۸
آب‌گرم مصرفی	۳	۵۴۲/۳	۱۶۲۶/۹	۳۶	۵۴۲/۳	۱۹۵۲۲/۸
مجموع	۶	۵۴۲/۳	۳۲۵۳/۸	۷۲	۵۴۲/۳	۳۹۰۴۵/۶

ج۵. میانگین مصرف انرژی ماهانه و سالانه براساس مطالعه میدانی برای یک خانوار ۳ نفره (ماخذ: نگارندگان).

	منبع تولید بیوگاز	تعداد دام	میزان فضولات تولیدی هر راس دام (کیلوگرم در روز)	کل فضولات تولیدی در یک روز (کیلوگرم در روز)	میزان بیوگاز تولیدی از هر کیلوگرم فضولات (مترمکعب)	کل بیوگاز تولیدی در روز(مترمکعب)
۱	گاومیش	۲	۲۰	٤۰	۰/۰٤۳	۱/۷۲
۲	گاو	۲	۱۲	۲٤	۰/۰٤۳	۱/۰۳
۳	گوسفند و بز	٦	٤	۲٤	۰/۰٦	۱/٤٤
	مجموع	-	۳٦	۸۸	-	٤/۱۹

ج٦. میزان فضولات و بیوگاز حاصل از انواع دام برای ۳خانوار(ماخذ: (نگارندگان)، (علی‌عمرانی،۱۳۷۵، ٥٦)، (URL3)).

میانگین مصرف انرژی سالانه براساس مطالعه میدانی برای ۳خانوار(Btu/Year)	ارزش حرارتی گاز شهری (Btu/ft^3)	مقدار گاز شهری مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (Ft^3)	مقدار گاز شهری مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (M^3)	ارزش حرارتی بیوگاز (Btu/ft^3)	مقدار بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (Ft^3)	مقدار بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (M^3)
۱۱۱،۰۲۲،۸۹٦	۱۰۰۰	۱۱۱،۰۲۳	۳۱٤٤	٥۸۱	۱۹۱،۰۸۹	٥٤۱۱

ج۷. مقایسه مقدار گازشهری و بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه براساس مطالعه میدانی برای سه خانوار (ماخذ: نگارندگان).

با یک تقسیم ساده، نسبت بیوگاز تولیدی به بیوگاز مورد نیاز و درنتیجه، میزان صرفه‌جویی در بخش پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی برابر با ۲۸٪ به‌دست می‌آید؛

$$[1529.35M^3/year \div 5411M^3/year]*100= 28\% \quad (۱۱)$$

بنابراین با مصرف فعلی این سه خانوار که با توجه به شواهد به‌دست آمده، به‌علت ارزانی انرژی‌های در دسترس و فرهنگ مصرف انرژی حاکم بر روستا (به‌خصوص روستاهای شمالی کشور)، از حد معمول بالاتر می‌باشد، درصورت استفاده از فناوری بیوگاز بر اساس تعداد دام این سه خانوار به ۲۸٪ صرفه‌جویی در بخش پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی دست خواهیم یافت.

در روش دوم ابتدا به محاسبه بار گرمایشی ساختمان در دو بخش پخت‌وپز و تأمین بارگرمایی آب‌گرم مصرفی، براساس استانداردها و روزدرجه گرمایی پرداخته و نتایجِ نسبتِ انرژی تولیدی (بیوگاز) و بارگرمایی محاسبه‌شده در این بخش را با نتیجه حاصله از روش اول مقایسه می‌کنیم. سپس بارگرمایشی کل بنا (اعم از پخت‌وپز، آب‌گرم و گرمایش) را براساس روز درجه گرمایی محاسبه نموده و نسبت این بار با انرژی تولیدشده از طریق بیوگاز را به‌دست می‌آوریم.

با در نظر گرفتن حداکثر مصرف آب‌گرم (GPH) بر اساس لوازم بهداشتی و نوع کاربری ساختمان، مقدار آب‌گرم مصرفی هر خانوار از طریق دوش حمام، توالت

و سینک آشپزخانه به ترتیب برابر ۳۰، ۲ و ۱۰ گالن درهرساعت می‌باشد. بنابراین حداکثر مصرف ساعتی آب‌گرم برای هر خانوار برابر با ۴۲ گالن در هر ساعت و یا به عبارتی ۱۹۰ لیتر در ساعت خواهد بود[۱۵] (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۳۳۲)؛

$$30GPH + 2GPH + 10GPH = 42GPH = 0.19M^3 = 190LPH \quad (۱۲)$$

با در نظر گرفتن ضریب تقاضای (DF) ۰/۳، مصرف واقعی آب‌گرم هر خانوار برابر با ۱۲/۶ گالن درهر ساعت یا ۵۷/۳ لیتردر ساعت خواهدبود (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۳۳۳)؛

$$42\ GPH * 0.3 = 12.6\ GPH = 57.3\ LPH \quad (۱۳)$$

بنابراین مقدار گرمای مورد نیاز برای تولید آب‌گرم هرخانوار برابر با ۸۳۹۷ بی‌تی‌یو بر ساعت خواهد بود (سلطاندوست،۱۳۸۸، ۳۳۳)؛

$$Q = V * 8.33 * (T_2 - T_1) \quad (۱۴)$$

$$Q = 12.6\ GPH * 8.33 * (140^F - 60^F) = 8397 Btu/hr$$

با یک معادله و براساس روز درجه گرمایی شهر لنگرود برابر با ۱۶۴۰ درجه فارنهایت[۱۶](مبحث۱۴ مقررات ملی ساختمان،۱۳۸۰، ۶۷)، بارگرمایی مورد نیاز تأمین آب گرم مصرفی برای هر خانوار در طول سال برابر ۸,۰۳۰,۰۰۰ بی‌تی‌یو به‌دست می‌آید (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۲۶۶)؛

$$THERM^{17} = \frac{(Btu/hr) * (\text{روز درجه گرمایی})}{(\Delta T) * 3500} = \frac{8397\ Btu/hr * 1640}{(77-28) * 3500} = 80.3\ Therm \quad (۱۵)$$

$$80.3 * 100000\ Btu = 8,030,000\ Btu/year \quad (۱۶)$$

بنابراین این مقدار برای سه خانوار برابر ۲۴,۰۹۰,۰۰۰ بی‌تی‌یو در سال و یا ۲۵,۴۱۶ مگاژول در سال خواهد بود؛

$$8,030,000\ Btu/year * 3 = 24,090,000 Btu/year = 25,416 Mj/year \quad (۱۷)$$

با توجه به آمار به‌دست آمده از ساکنین روستا، هرخانواده ۳نفره به‌طور میانگین در سال ۳۶ کپسول گاز مایع ۱۱کیلوگرمی را برای پخت‌وپز مصرف می‌کند. با توجه به ارزش حرارتی هرکپسول که از رابطه (۵) به‌دست آمده است، انرژی مصرفی هر خانواده در سال جهت پخت‌وپز برابر ۱۹۵۲۳ مگاژول است؛

$$36 * 542.3\ Mj = 19523\ Mj/year \quad (۱۸)$$

بنابراین برای سه خانوار مقدار مصرف در بخش پخت‌وپز برابر ۵۸,۵۶۹ مگاژول و یا به عبارتی ۵۵,۵۱۲,۸۶۹ بی‌تی‌یو در طول یک‌سال خواهد بود؛

$$19523\ Mj/year * 3 = 58,569\ Mj/year \quad (۱۹)$$

$$58,569\ Mj/year * 947.82 = 55,512,869\ Btu/year \quad (۲۰)$$

درمجموع میزان بارگرمایی مورد نیاز جهت پخت‌وپز و تأمین آب‌گرم مصرفی سه‌خانوار نمونه در طول یک سال برابر با ۷۹,۶۰۲,۸۶۹ بی‌تی‌یو خواهد بود؛

$$55,512,869\ Btu/year + 24,090,000\ Btu/year = 79,602,869\ Btu/year \quad (۲۱)$$

این مقدار انرژی به‌وسیله ۱۳۷,۰۱۰فوت‌مکعب و یا ۳۸۸۰ مترمکعب بیوگاز قابل تأمین است؛

$$79,602,869\ Btu/year \div 581\ Btu/ft^3 = 137,010\ Ft^3/year \quad (۲۲)$$

$$137,010\ Ft^3 * 0.028 = 3880\ m^3/year \quad (۲۳)$$

با توجه به رابطه (۱۰) و (۲۳)، با یک تقسیم ساده مشخص می‌شود ۳۹/۴٪ از انرژی مورد نیاز در این دو بخش، از طریق بیوگاز به‌دست آمده، قابل تأمین است.

$$\frac{1529.38\ M3/year}{3880\ m3/year} * 100 = 39.4\% \quad (۲۴)$$

با مقایسه درصد صرفه‌جویی شده در این بخش(۳۹/۴٪) و میزان صرفه‌جویی شده در قسمت اول(۲۸٪) می‌توان نتیجه گرفت که درحال حاضر میزان مصرف انرژی در این خانوارها بالاتر از بار گرمایشی استاندارد محاسبه شده می‌باشد. به نظر می‌رسد علاوه بر فرهنگ ناصحیح مصرف در این خانوارها، قیمت پایین انرژی دردسترس نیز در این امر مؤثر است.

درقسمت بعد، کل بار گرمایشی مورد نیاز جهت پخت‌وپز، تأمین آب‌گرم مصرفی و گرمایش بنا در طول سال محاسبه شده است و در نهایت درصد قابل تأمین انرژی از طریق بیوگاز ارائه شده‌است.

برای تأمین گرمایش ساختمان به‌ازای هرمترمربع بنا، ۹۰ کیلوکالری بر ساعت و یا ۳۶۰ بی‌تی‌یو بر ساعت (که عملاً با محاسبات دقیق این مقدار کم‌تر خواهد بود) در نظر گرفته شده است (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۱۵۳)، بنابراین بار گرمایشی مورد نیاز برای یک خانه ۱۰۰ مترمربعی برابر با ۳۶۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت خواهد بود؛

$$360\ Btu/hr * 100 = 36000\ Btu/hr \quad (۲۵)$$

بنابراین جمع بارگرمایشی و آب‌گرم مصرفی (۱۴) هر خانوار برابر با ۴۴۳۹۷ بی‌تی‌یو بر ساعت به‌دست می‌آید؛

$$36000\ Btu/hr + 8397\ Btu/hr = 44397\ Btu/hr \quad (۲۶)$$

با یک معادله و با در نظرگرفتن روزدرجه گرمایی شهر لنگرود برابر با ۱۶۴۰ درجه فارنهایت (مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۰، ۶۷)، بارگرمایی مورد نیاز در این دو بخش برای هر خانوار در طول سال برابر ۴۲,۴۰۰,۰۰۰ بی‌تی‌یو به‌دست می‌آید؛

$$THERM = \frac{(Btu/hr) * (\text{روزدرجه گرمایی})}{(\Delta T) * 3600} = \frac{44397\ Btu/hr * 1640}{(77-68) * 3600} = 424\ Therm \quad (۲۷)$$

$$424 * 100000\ Btu = 42,400,000\ Btu/year \quad (۲۸)$$

بنابراین برای سه خانوار خواهیم داشت:

$$42,400,000\ Btu/year * 3 = 127,200,000\ Btu/year \quad (۲۹)$$

درنتیجه با توجه به روابط (۲۰)و(۲۹)، میزان کل بارگرمایی مورد نیاز سه خانوار نمونه برابر است با:

$$127,200,000\ Btu/year + 55,512,869\ Btu/year = 182,712,862\ Btu/year \quad (۳۰)$$

این مقدار انرژی به‌وسیله ۳۱۴,۴۸۰ فوت‌مکعب و یا ۸۸۰۵ مترمکعب بیوگاز قابل تأمین است؛

$$182,712,862\ Btu/year \div 581\ Btu/ft^3 = 314,480\ Ft^3/year \quad (۳۱)$$

$$314,480 Ft^3 * 0.028 = 8,805\ m^3/year \quad (۳۲)$$

با توجه به رابطه (۱۰) و (۳۲)، با یک تقسیم ساده مشخص می‌شود ۱۷٪ از کل انرژی مورد نیاز، از طریق بیوگاز به‌دست آمده، قابل تأمین است.

$$\frac{1829.88\ M3/year}{8805M3/year} * 100 = 17\% \quad (۳۳)$$

درصد صرفه‌جویی حاصل از استفاده بیوگاز		
نسبت به مصرف فعلی خانوار روستایی(تأمین انرژی پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی)	نسبت به محاسبه بارگرمایی بر اساس روزدرجه گرمایی و مصرف استاندارد(تأمین انرژی پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی)	نسبت به محاسبه بارگرمایی بر اساس روزدرجه گرمایی و مصرف استاندارد (تأمین انرژی پخت-وپز و آب‌گرم مصرفی و گرمایش ساختمان)
٪۲۸	٪۳۹/۴	٪۱۷

ج۸. مقایسه درصد صرفه‌جویی انرژی به‌واسطه استفاده از تکنولوژی بیوگاز در حالت‌های مختلف محاسباتی (ماخذ: نگارندگان).

قابل ذکر است که میزان صرفه‌جویی‌های محاسبه‌شده، که نتایج آن در جدول ۸ نیز قابل مشاهده می‌باشد، بدون در نظر گرفتن فاضلاب انسانی این سه خانوار و گاز حاصل از تخمیر بی‌هوازی آن می‌باشد. درصورت محاسبه فاضلاب انسانی در این نوشتار، میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد نیاز افزایش پیدا می‌کند. بدیهی‌است درصورت استفاده از تجهیزات با راندمان بالا، عایق‌کاری مناسب ساختمان و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی روستاییان، با همین تعداد دام، میزان مصرف انرژی به‌مراتب کاهش پیدا خواهد کرد.

به‌علاوه میزان صرفه‌جویی یادشده، تنها در بخش انرژی بوده و مواردی چون حذف کامل هزینه جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، کاهش چشم‌گیر هزینه خرید کودهای

شیمیایی و نیز سود ناشی از افزایش محصول در این نوشتار محاسبه نشده است.

نتیجه

توسعه پایدار روستایی و اهمیت دادن به آن در قالب طرح‌های توسعه ملی، برای نیل به توسعه پایدار منطبق با اهداف ملی و منطقه‌ای، مورد تأکید سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور است. از جمله اصلی‌ترین چالش‌های پیش روی توسعه پایدار در جوامع روستایی می‌توان به مسایل انرژی و زیست‌محیطی اشاره کرد. این امر برای روستاهای دور از شبکه سراسری گاز شهری و یا روستاهایی که با خطر آلودگی‌هایی زیست‌محیطی ناشی از عدم مدیریت جمع‌آوری و دفع فضولات حیوانی و فاضلاب انسانی روبه‌رو هستند از اهمیت بالاتری برخوردار است.

فناوری بیوگاز در مقیاس روستایی، به دلیل سادگی و هزینه پایین ساخت گزینه‌ای مناسب در پاسخ‌گویی به مسایل مذکور بوده و با مهیا کردن بستری مناسب، از طریق توسعه متناسب اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، گامی مؤثر در راستای توسعه پایدار روستایی است.

در پژوهش حاضر براساس نتایج حاصل از مطالعات میدانی و محاسبات یک واحد بیوگاز ساده در روستای گالش‌کلام، با بهره‌گیری از این فناوری می‌توان به میزان ۱۷ تا ۳۹/٤ درصد در میزان انرژی مصرفی جهت مصارف پخت‌وپز، تأمین آب‌گرم مصرفی و گرمایش ساختمان صرفه‌جویی نمود. بنابراین چنانچه بخواهیم فناوری بیوگاز را صرفاً از دیدگاه انرژی مورد ارزیابی قرار دهیم، در شرایط کنونی استفاده از این فناوری صرفاً در روستاهای با زمینه دامپروری مقرون‌به‌صرفه است. اما در ارزیابی نهایی منافع حاصل از کاربرد این فناوری چنانچه به فواید زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی توجه شود،استفاده از فناوری بیوگاز در سایر روستاهای کشور که از لحاظ دامی غنی نمی‌باشد نیز توصیه می‌شود.

بدیهی است درصورت به‌کارگیری سیاست‌های تشویقی دولت در زمینه افزایش پرورش دام و بالابردن فرهنگ مصرف انرژی در روستاهای کشور، به‌میزان بالاتری از تأمین انرژی از این منبع پاک خواهیم رسید. افزایش دام در روستاهای کشور علاوه بر افزایش بیوگاز تولیدی، موجب افزایش درآمد و رونق اقتصادی روستا شده و بازگشت دوباره به ماهیت تولیدی روستا را در پی دارد.

پی نوشت

۱.طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، در کشور ٦۳۸٦۸ روستا با جمعیتی بالغ بر ۲۲,۲۳۵,۸۱۸نفر (معادل ۳۱/۵درصد جمعیت کل کشور) وجود دارد. در اکثر روستاهای کشور، دفع فاضلاب عمدتاً از طریق چاه‌های جذبی، تخلیه در آب‌های سطحی و پخش در معابر، کوچه‌ها و اطراف روستا صورت می‌گیرد. در سال‌های اخیر، مطالعات دفع بهداشتیِ فاضلابِ ۵۰۰ روستای کشور انجام شده و یا درحال انجام است و در تعدادی از این روستاها عملیات اجرایی نیز شروع شده است (میسمی، ۱۳۸۸، ۱۱).

۲. احداث ۱۰ واحد بیوگاز در استان‌های سیستان و بلوچستان، ایلام و کردستان.

۳. واحد آزمایشی حیدرآباد کرج (۱۳٦۳)، یک واحد نمونه در روستای چین‌سیب‌لی از توابع بخش آق‌قلا در استان گرگان (۱۳٦٤)، ٤۰ واحد بیوگاز در بخش‌های مختلف کشور که ۱۸ واحد آن به بهره‌برداری رسید.

4. Biogas
5. Marsh Gas

٦. سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵

۷. مهندسین مشاور خزر بنیان درفک (مشاور طرح هادی روستا)

۸. در حال حاضر جمع‌آوری و حمل زباله در روستای گالش‌کلام توسط شهرداری و هفته‌ای دو روز انجام می‌گیرد(منبع: شورای روستا).

۹. مقدار فضولات تولیدی که به میزان مساوی با آب مخلوط شده‌است.

۱۰. معادل وزن فضولات، آب اضافه می‌شود.

۱۱. طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، روستای گالش‌کلام با جمعیتی برابر ٦٦٤ نفر و تعداد ۲۱۲خانوار دارای بعدخانواری برابر ۳/۱۳ نفر بوده و براساس آمار به‌دست آمده از خانه بهداشت در سال۱۳۹۰ جمعیت روستا برابر ٦۳۸ نفر و تعداد ۱۹۷خانوار و بعد خانوار برابر ۳/۲۳ نفر بوده است.

۱۲. هر کیلوژول برابر۰/۹٤۷۸۲ بی‌تی‌یو است (سلطاندوست،۱۳۸۸، ۱۰۹).

۱۳.ارزش حرارتی هر فوت‌مکعب بیوگاز برابر با ۵۸۱ بی‌تی‌یو می‌باشد (کریشنارائو،۱۳۸۵،؟؟).

۱٤.هر قوت مکعب برابر ۰/۰۲۸ مترمکعب می‌باشد (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۱۰٤).

۱۵. هرگالن(uk) برابر ٤/٥٤ لیتر می‌باشد (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۱۰۵).

۱٦.با توجه به عدم دسترسی به عدد روزدرجه گرمایی شهر لنگرود از عدد روزدرجه گرمایی نزدیک‌ترین شهر یعنی شهر رشت استفاده شده است.

۱۷. هر ترم برابر ۱۰۰،۰۰۰ بی‌تی‌یو می‌باشد (سلطاندوست، ۱۳۸۸، ۲٦٦).

منابع

- ساسه، لودویک. (۱۳۷٤)، تأسیسات واحدهای بیوگاز، ترجمه قاسم نجفپور،دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- علی عمرانی، قاسم. (۱۳۷۵)، مبانی تولید بیوگاز از فضولات شهری و روستایی، دانشگاه تهران، تهران.
- میسمی، حسین. سعیدی، سعیده. (۱۳۸۸)، جمع آوری ودفع پساب مجامع کوچک، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران.
- منزوی، محمدتقی.(۱۳۸۷)، فاضلاب شهری: تصفیه فاضلاب، جلد اول، دانشگاه تهران، تهران.
- منزوی، محمدتقی. (۱۳۸۸)، فاضلاب شهری: تصفیه فاضلاب، جلد دوم، دانشگاه تهران، تهران.
- شیخ احمدی، امین. زرگرزاده، مجید. (۱۳۸٦)، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی.
- رسولی کوهی، مجتبی. صفائی، بتول. طالقانی، گیتی.شعبانی کیا، اکبر. (۱۳۸۱)، بررسی فنی اقتصادی فناوری بیوگاز در ایران. دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، صص ۳۸- ۲۳۳.
- گودرزی، کوروش.کشتکار جعفری، امیر. خاکپور،حامد. (۱۳۸۵)، کنترل آلودگی هوا در اثر وجود زباله ها با استفاده از نیروگاه بیوگاز. اولین کنفرانس بین المللی مدیریت و برنامه ریزی انرژی.
- شعبانی کیا، اکبر. نظری، علی. (۱۳۸۲)، بررسی میزان تولید بیوگاز از هضم بی‌هوازی لجن حاصل از تخلیه چاه‌های جذبی. سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز توسعه انرژی های نو، بخش بیوگاز، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان،صص ٦۸-۱۹٦۰.
- شعبانی کیا، اکبر. نظری، علی. (۱۳۸۲)، انتخاب جایگاه مناسب برای نیروگاه های بیوگاز در تأمین انرژی کشور در برنامه پنج ساله چهارم. سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز توسعه انرژی های نو، بخش بیوگاز، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، صص ۱٤-۱۲۰۷.
- خدادادی، محمد. حقیقیت مصباحی، داود. (۱۳۸۱)، فناوری سوخت‌های تجدیدپذیر بیوگاز. دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، صص ٦۱-۱٤٤۷.
- کریشنارائو، پی نینتی. (۱۳۸۵)، اقتصاد و راه‌کارهای توسعه پایدار، ترجمه رضا یاوری، دانشگاه تهران، تهران.
- مقررات ملی ساختمان.(۱۳۸۰)، مبحث چهاردهم: تأسیسات گرمایی تعویض هوا و تهویه مطبوع، نشر توسعه ایران، تهران.
- سلطاندوست، محمدرضا. (۱۳۸۸)، مراجعات سریع: ویرایش دوم،یزدا، تهران.
- URL1: www.puxinbiogas.com
- URL2: www.ashdenawards.com
- URL3:http://www.cseered.co.uk/folk96.htm