



شپږشکاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

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

الهیار عادل‌گیلانی\* / فیروزه سوری\*\* / مجتبی پور احمدی\*\*\*

۱۳۹۲/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۲/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله:

## 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 از عدم 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 عینی‌ساختن نتایج حاصل از به‌کارگیری این فناوری در مقیاس روستایی و تخمین میزان صرفه‌جویی انرژی، امکان استفاده از این فناوری در روستای گالش کلام، 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 آب گرم، حدود ۲۸٪ محاسبه شده‌است. در روش دوم درصد صرفه‌جویی براساس میزان مصرف در بخش‌های مختلف پخت‌وپز، تأمین آب گرم 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 ۳۹/۴٪ صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی خانواده‌های روستایی شود. **واژگان کلیدی:** توسعه پایدار روستایی، فناوری بیوگاز، بیوگاز روستایی، تصفیه فاضلاب روستایی، روستای گالش کلام.

\* 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 علم و فناوری در جهان امروز، آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده، اما جهان را با بحران‌های جدی زیست‌محیطی و انرژی مواجه ساخته است. به گونه‌ای که این بحران‌ها نه تنها تهدیدی برای کیفیت زندگی جوامع بشری به شمار می‌روند، بلکه ادامه روند کنونی، حیات بشر را با خطری جدی مواجه خواهد ساخت.

بحران‌های زیست‌محیطی جهان امروز، به گونه‌ای است که امروزه جایگزینی سوخت‌های فسیلی، مدیریت ضایعات و بهره‌گیری از شیوه‌های مناسب جهت دفع و بازیافت انواع آلاینده‌ها در اکثر کشورها، اعم از توسعه‌یافته و یا در حال توسعه، از اهمیت فراوانی برخوردار است.

از سوی دیگر بحران انرژی که حاصل وابستگی شدید جوامع به منابع انرژی فسیلی و روند رو به رشد مصرف سالانه انرژی است، اتمام منابع فسیلی را به دنبال خواهد داشت که هم تهدیدی برای اقتصاد کشورهای صادرکننده است و هم نسل‌های آتی را با مشکل جدی تأمین انرژی مواجه خواهد ساخت.

در راستای نیل به توسعه پایدار در کشورمان، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بر مبنای محورهای توسعه پایدار در کلیه بخش‌های شهری و روستایی امری ضروری است. با وجود نقش مهم روستاها در رشد و توسعه کشور (به‌عنوان جوامع تولیدکننده، محصولات کشاورزی، دامی و باغی) توسعه پایدار روستایی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به میزان جمعیت روستایی کشور، پراکندگی جوامع روستایی و هزینه‌بر بودن اتصال آن‌ها به شبکه سراسری انرژی از یک‌سو و عدم بهره‌مندی روستاها از سیستم بهداشتی دفع فاضلاب و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از آن<sup>۱</sup>، استفاده از

فناوری بیوگاز در مقیاس روستایی در طی چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

استفاده از فناوری بیوگاز علاوه بر پاسخ‌گویی به مشکلات دفع و تصفیه آلاینده‌های آلی تولید شده در جوامع روستایی و تبدیل آن‌ها به منابعی با ارزش جهت تولید انرژی پاک و ارزان به دلیل تولید پساب و کود طبیعی با درصد بالای نیتروژن، زمینه تقویت طبیعی خاک و توسعه کشاورزی در روستاها را نیز فراهم می‌آورد.

بررسی نتایج حاصل از تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد بهره‌گیری از فناوری بیوگاز روستایی، علاوه بر پاسخ‌گویی به چالش‌های مطرح شده، با بسترسازی مناسب جهت رشد هماهنگ اقتصادی و اجتماعی، زمینه توسعه پایدار و عمران و آبادانی روستاها را فراهم کرده و تأثیر به‌سزایی در راستای تحقق توسعه پایدار ملی و منطقه‌ای دارد.

مروری بر تاریخچه استفاده از فناوری بیوگاز روستایی به‌صورت نوین در ایران نشان می‌دهد اولین واحد بی‌هوازی تولید متان در روستای نیاز آباد استان لرستان در سال ۱۳۵۴ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. سپس در دهه شصت پژوهش‌های ویژه‌ای توسط مرکز انرژی‌های نو در سازمان انرژی‌های اتمی<sup>۲</sup>، وزارت جهاد سازندگی<sup>۳</sup> و مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی همچون دانشگاه شریف و جهاد دانشگاهی دانشکده کشاورزی کرج انجام شد. از آخرین واحدهای ساخته شده، یک واحد بیوگاز برای هضم فاضلاب انسانی در جزیره کیش و یک واحد تخمیر فضولات دامی (دامداری) در ماهدشت کرج بوده‌اند که هر دو توسط سازمان انرژی اتمی در دهه هفتاد طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گرفتند (شیخ‌احمدی، ۱۳۸۶، ۵). پژوهش حاضر با مدنظر قرار دادن تجربیات به‌دست آمده از به‌کارگیری این فناوری در ایران و جهان، به دنبال پاسخی برای این

اثر تجزیه و تخمیر فضولات و ضایعات آلی ناپایدار، اعم از انسانی، گیاهی و حیوانی، در فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی خصوصاً باکتری‌های متان‌زا، بیوگاز و پساب تولید می‌شود. بیوگاز هم‌چنین به گاز مرداب<sup>۵</sup> و گاز باتلاق نیز معروف است و گازی است تمیز، احتراق پذیر و سبک‌تر از هوا که نوعی سوخت محسوب می‌شود. در جدول ۱ اجزای تشکیل دهنده بیوگاز قابل مشاهده می‌باشد.

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.

ارزش حرارتی آن ۵۶۵۰ کیلوکالری و یا در حدود ۶ کیلووات ساعت بر مترمکعب است (ساسه، ۱۳۷۴، ۶۵). در جدول شماره ۲ خواص بیوگاز و سایر گازهای مشابه قابل مشاهده است.

نام گاز	فرمول	درصد ترکیب
متان	CH <sub>4</sub>	۵۵-۶۵
گاز کربنیک	CO <sub>2</sub>	۳۵-۴۵
ازت	N <sub>2</sub>	۰-۳
هیدروژن	H <sub>2</sub>	۰-۱
اکسیژن	O <sub>2</sub>	۰-۱
هیدروژن سولفور	H <sub>2</sub> S	۰-۱

ج ۱. اجزا تشکیل دهنده بیوگاز (علی‌عمرانی، ۱۳۷۵، ۵).

نوع گاز	هوای مورد نیاز m <sup>3</sup>	سرعت فشار در هوا cm/s	وزن مخصوص نسبت به هوا	ارزش	
				حرارتی Kwh/m <sup>3</sup>	ترکیبات
متان	۹/۵	۴۳	٪۵۵	۹/۹۴	عنصر درصد
پروپان	۲۳/۸	۵۷	۱/۵۶	۲۵/۹۴	CH <sub>4</sub>
بوتان	۳/۹	۴۵	۲/۰۷	۳۴/۰۲	C <sub>4</sub> H <sub>g</sub>
گاز طبیعی	۷	۶۰	٪۳۸	۷/۵۲	CH <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
گاز شهری	۳/۷	۸۲	٪۴۱	۴/۰۷	CH <sub>4</sub> H <sub>2</sub>
بیوگاز	۵/۷	۴۰	٪۹۴	۵/۹۶	CH <sub>4</sub> O,2N <sub>2</sub>
					CH <sub>4</sub> CO <sub>2</sub>

ج ۲. مقایسه خواص گازهای متداول با بیوگاز (علی‌عمرانی، ۱۳۷۵، ۵).

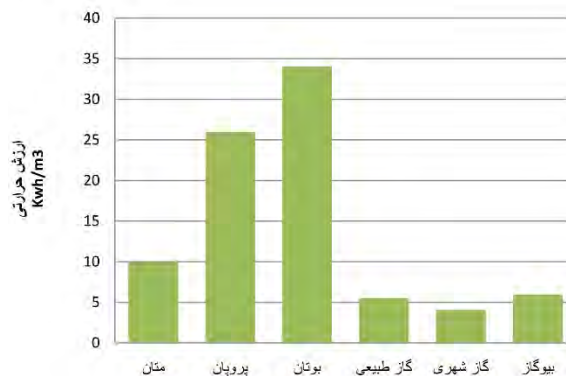
پرسش است که "میزان صرفه‌جویی احتمالی حاصل از به‌کارگیری فناوری بیوگاز در روستایی با زمینه دامداری در جلگه شرقی گیلان (گالش‌کلام) چقدر است؟" و "آیا امروزه با توجه به نوع زندگی روستایی و تعداد دام روستاییان، استفاده از این فناوری با وجود سختی‌هایی که برای اجرای آن وجود دارد، توجیه‌پذیر می‌باشد یا خیر؟" 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 و محاسبات 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<sup>۶</sup>

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

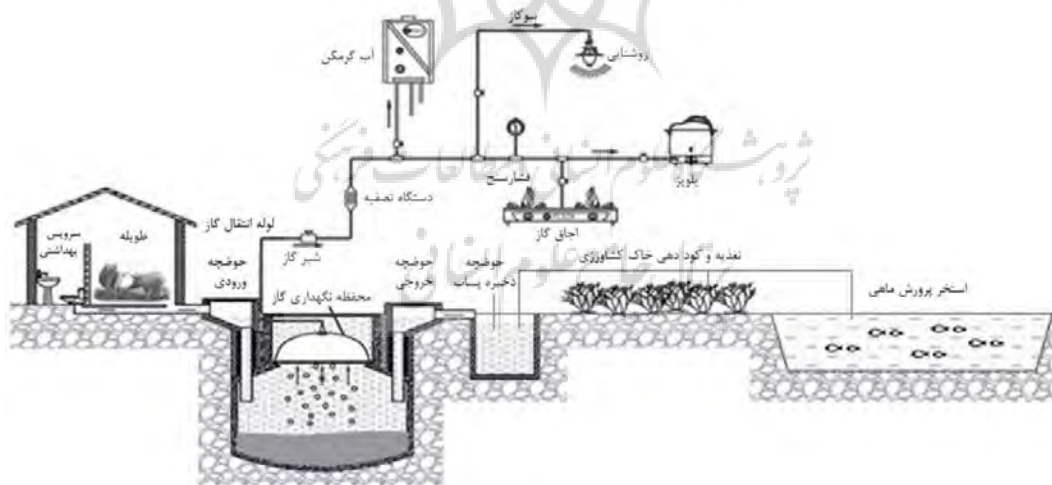
دامداری و همچنین سادگی ساختمان دستگاه‌های بیوگاز، می‌توان از واحدهای مجزای بیوگاز برای هر خانواده و یا به‌طور مشترک برای چند خانواده استفاده کرد (URL1). این سیستم شامل محفظه تخمیر ۶-۱۰ مترمکعبی، سیستم انتقال بیوگاز و تجهیزات تبدیل بیوگاز به انرژی مورد نظر است. در این سیستم فضولات و ضایعات آلی تولید شده در یک خانواده روستایی به همراه فضولات ۲-۴ 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، ۶۳). هم‌چنین به دلیل وجود مواد مغزی فراوان در پساب تصفیه شده، ماده‌ای مناسب برای رشد آبزیان و ماهیان می‌باشد (تصویر ۱) (میسمی، ۱۳۸۸، ۶۴).



ن ۱. ارزش حرارتی گازهای متداول در مقایسه با بیوگاز (ماخذ: نگارندگان).

همان‌گونه که در نمودار املاحظه 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، ۱۳۷۴، ۶۵). به‌دلیل فراوانی و در دسترس بودن منابع تولید بیوگاز در روستاها به‌ویژه در روستاهای با زمینه غالب



ت ۱. نمونه موردی استفاده از واحد خانگی بیوگاز (URL1).

## فناوری بیوگاز و توسعه پایدار روستایی

روستایی نیز به شمار خواهد رفت.

در دهه‌های اخیر استفاده از فناوری بیوگاز به عنوان رویکردی نویدبخش، به خصوص در طرح‌های توسعه، مدیریت و ساماندهی ضایعات آلی تولید شده در مناطق روستایی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است. علت این امر را می‌توان استفاده از بیوگاز تولیدی به عنوان 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.

طبیعت به عنوان خاستگاه انسان و بستر فعالیت وی، توانایی پذیرش و پالایش میزان معینی از آلاینده‌ها را دارا است. متأسفانه امروزه در مناطق روستایی، به خصوص در روستاهای کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، عدم به‌کارگیری شیوه‌های بهداشتی جمع‌آوری و دفع ضایعات و آلاینده‌های تولید شده، سبب شده است تا بسیاری از بسترهای طبیعی اطراف این اجتماعات (رودخانه‌ها، مسیل‌ها، تالاب‌ها و زمین‌های بایر) به زباله‌دانی تبدیل شوند (کریشنارائو، ۱۳۸۵، ۹۹). این امر علاوه بر آن که 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

معیارهای توسعه پایدار	زیست محیطی	اقتصادی	فرهنگی اجتماعی و
	<p>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 در نتیجه کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی در بخش روستایی جلوگیری از آلودگی خاک و سفره‌های آب زیرزمینی بر اثر نفوذ فاضلاب، به خصوص در مناطق با میزان بالای بارش و یا سطح بالای سفره‌های آب زیرزمینی (شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۹۶۰)</p> <p>کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی، حذف بوهای مشمئزکننده و کنترل مگس، جانوران و حشرات موذی در مناطق آلوده روستاها (شعبانی‌کیا، ۱۳۸۲، ۱۲۰۹)</p> <p>جلوگیری از آلودگی‌های محیطی مختل‌کننده اکوسیستم‌های موجود (منزوی، ۱۳۸۷، ۵)</p> <p>بازیابی فاضلاب جهت مصارف کشاورزی، صنعتی، تغذیه مصنوعی منابع آب (میسمی، ۱۳۸۸، ۶۶)</p>	<p>کمک به توسعه منابع انرژی 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).</p> <p>تصفیه فاضلاب و جلوگیری از هزینه‌های دراز مدت بعدی برای رفع آلودگی آب و خاک بهبودسازی خاک و افزایش بهره‌وری در کشاورزی به دلیل 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).</p> <p>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).</p> <p>تولید متان و دی‌اکسیدکربن به عنوان محصولات فرعی حاصل از تجزیه بی‌هوازی مواد آلی، به عنوان مواد اولیه صنعتی. متان ماده اولیه استیلن، الکل، متانول، آمونیاک، کود و حتی ویتامین B12 ... است. از دی‌اکسیدکربن می‌توان در تهیه کود، پخ خشک و ... استفاده کرد (خدادادی، ۱۳۸۱، ۱۴۴۷).</p> <p>گسترده‌گی و تنوع در منابع تأمین کننده انرژی روستایی و در نتیجه امکان تأمین 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</p>	<p>ایجاد اشتغال در بخش روستایی بهبودسازی وضعیت بهداشتی روستاها بر اثر از بین رفتن درصد قابل توجهی از عوامل بیماری‌زا در فرایند تصفیه بی‌هوازی (علی عمرانی، ۱۳۷۵، ۶۶). بهبودسازی وضعیت حاشیه روستاها و بسترهای طبیعی محل دفع زباله و فاضلاب</p>

ج ۳. ضرورت‌ها و مزایای استفاده از فناوری بیوگاز در مقیاس روستایی.

## نمونه موردی؛ روستای گالش کلام

در بخش دوم این پژوهش به منظور تخمین میزان صرفه‌جویی مصرف انرژی در بخش روستایی کشور با بهره‌گیری از فناوری بیوگاز، روستای گالش کلام واقع در جلگه شرقی گیلان به‌عنوان نمونه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته است.

روستای گالش کلام با ۲۱۲ خانوار و جمعیتی بالغ بر ۶۶۴ نفر<sup>۱</sup> در شرق شهرستان لنگرود از توابع استان گیلان، به مرکز ۳۷ درجه شمالی و ۵۰ درجه شرقی قرار گرفته است. این روستا در ۲ کیلومتری جاده اصلی لنگرود- چمخاله و ۱۴ 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 گالش کلام مرکز اصلی پرورش گاو میش در شهرستان لنگرود بوده و براساس آمار به‌دست آمده از شورای روستا، هم‌اکنون تعداد ۱۲۰ راس گاو میش، ۱۵۰ راس گاو و ۴۳۰ راس گوسفند در روستا وجود دارد.

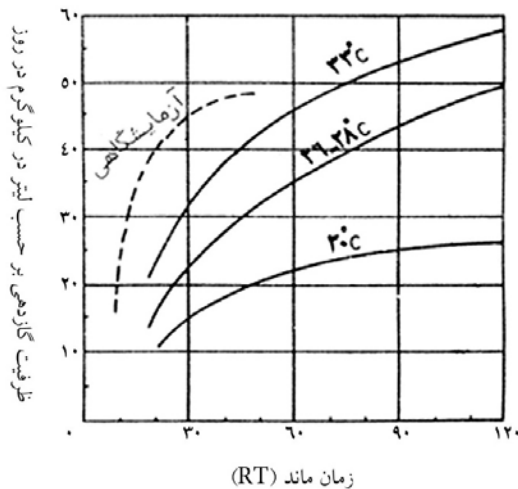
قرارگیری روستای گالش کلام در ارتفاع ۲۸- متری از سطح آب‌های آزاد و در نتیجه بالا بودن تراز آب‌های زیرزمینی و نیز دفع فاضلاب روستا به‌صورت ترانشه‌های جذبی، سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. همین امر سبب شده است در اولویت‌بندی برنامه‌ها و پروژه‌های پیشنهادی ارائه شده توسط مشاور معین بنیاد مسکن انقلاب اسلامی استان گیلان<sup>۲</sup> براساس نیازهای اساسی در سطح روستا، ساماندهی فاضلاب و زباله روستایی<sup>۳</sup> 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، آب گرم مصرفی و نیز گرمایش استفاده می‌کنند.

در این راستا با توجه به مطالب ارائه شده 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 آب گرم مصرفی، مشخص شد که روستاییان، در حال حاضر برای تأمین انرژی مورد نیاز جهت پخت‌وپز و تأمین آب گرم مصرفی از کپسول‌های گاز مایع ۱۱ کیلوگرمی 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 آب گرم 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 آب گرم 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



۲. ظرفیت تولید بیوگاز به ازای هر کیلوگرم فضولات تازه گاو با توجه به زمان ماند (RT) و دمای مخزن تخمیر (T) (مأخذ: علی عمرانی، ۱۳۷۵، ۵۴).

در نتیجه اندازه مخزن تخمیر (VD) برابر با ۱۶ مترمکعب خواهد شد. با توجه به اینکه ظرفیت متعارف مخزن گاز (VG)، برای مصارف خانه‌های روستایی در کشورهای جهان سوم ۵۰ تا ۶۰ درصد اندازه مخزن تخمیر می‌باشد (عمرانی، ۱۳۷۵، ۵۴)، در مجموع حجم مورد نیاز یک واحد بیوگاز براساس شرایط این پژوهش، برابر ۲۵ مترمکعب خواهد بود (مجموع VG و VD).

$$VG = VD * 60\% \quad (۴)$$

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

همانطور که اشاره شد، طبق مطالعات میدانی انجام شده، ساکنین روستا در حال حاضر برای پخت و پز و آب گرم مصرفی جهت استحمام، از کپسول‌های گاز مایع اکیلوگرمی استفاده می‌کنند. این کپسول‌ها حاوی ۵۰٪ پروپان و ۵۰٪ بوتان می‌باشند. با توجه به این که ارزش حرارتی پروپان برابر با ۴۹/۶ مگاژول بر کیلوگرم و ارزش حرارتی بوتان برابر با ۴۹/۱ مگاژول بر کیلوگرم است،

بیوگاز و مقدار بار گرمایشی تمام ساختمان و یا بخش‌هایی از آن (بار گرمایشی پخت و پز و آب گرم 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 در نهایت 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 ۴ ارائه شده است.

گاو میش	گاو	گوسفند و بز	
۱۲۰	۱۵۰	۴۳۰	روستا
۰/۵۴	۰/۶۸	۱/۹۵	سرانه هر خانوار
۲	۲	۶	سرانه ۳ خانوار

ج. ۴. متوسط تعداد دام برای هر خانوار (مأخذ: نگارندگان).

طبق نمودار ۲ میزان بیوگاز تولید شده به ازای هر کیلوگرم فضولات تازه هر راس گاو میش با توجه به زمان ماند (RT) ۹۰ روز و دمای مخزن تخمیر (T) ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد معادل ۴۳ لیتر در روز خواهد بود.

حجم مخزن تخمیر (VD)، تابعی از مقدار لجن ورودی<sup>۹</sup> (SD) و زمان ماند (RT)، می‌باشد:

$$VD = SD * RT \quad (۱)$$

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

$$; RT: 90 \text{ day}$$

با توجه به این که به صورت مداوم روزانه ۱۷۶ لیتر لجن وارد مخزن تخمیر خواهد شد، بنابر رابطه (۱) خواهیم داشت:

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



بنابراین در محاسبات پیش رو، ارزش حرارتی گاز مایع برابر با ۴۹/۳ مگاژول برکیلوگرم در نظر گرفته می شود (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۲۵۴).

طبق اطلاعات به دست آمده از ساکنین و شورای روستا، یک خانواده ۳ نفره<sup>۱۱</sup> در تمامی طول سال به طور میانگین هر ۱۰ روز، از یک کپسول ۱۱ کیلوگرمی برای پخت و پز استفاده می کند. هم چنین خانواده فوق برای آب گرم مصرفی به طور متوسط در فصول گرم هر ۱۵ روز و در فصول سرد هر ۷ روز، از یک کپسول ۱۱ کیلوگرمی گاز مایع استفاده می کند. با توجه به جدول ۵، مصرف یک خانواده ۳ نفره به طور میانگین در هر سال برابر با ۷۲ و در هر ماه برابر با ۶ و در هر هفته تقریباً برابر با ۱/۵ کپسول ۱۱ کیلوگرمی و در هر روز تقریباً برابر با ۲/۳۶ کیلوگرم گاز مایع می باشد.

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 پخت و پز و گرمایش آب مصرفی، در طول سال برابر با ۳۹۰۴۵ مگاژول می باشد؛

$$11 \text{ Kg} * 49.3 \text{ Mj/Kg} = 542.3 \text{ Mj} \text{ (۵)}$$

$$542.3 \text{ Mj} * 72 = 39045 \text{ Mj/year} \text{ (۶)}$$

بنابراین کل انرژی مصرفی ۳ خانوار در زمینه پخت و پز و تأمین آب گرم مصرفی برابر با ۱۱۷،۱۳۵ مگاژول در سال و یا به عبارتی برابر با ۱۱۱،۰۲۲،۵۰۰ بی تی یو<sup>۱۲</sup> در سال خواهد بود؛

$$39045 \text{ Mj/year} * 3 = 117,135 \text{ Mj/year} \text{ (۷)}$$

$$117,135 \text{ Mj/year} * 947.82 = 111,022,896 \text{ Btu/year} \text{ (۸)}$$

حال اگر این مقدار انرژی از طریق بیوگاز تأمین شود، سالانه به ۱۹۱۰۸۹/۳ فوت مکعب بیوگاز<sup>۱۳</sup> و یا به عبارتی ۵۴۱۱ متر مکعب بیوگاز<sup>۱۴</sup> نیاز خواهیم داشت (جدول ۷)؛

$$111,022,896 \text{ Btu/year} \div 581 \text{ Btu/ft}^3 = 191089.3 \text{ Ft}^3/\text{year} = 5411 \text{ M}^3/\text{year} \text{ (۹)}$$

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 سانتی گراد، روزانه به مقدار ۴/۱۹ متر مکعب از تخمیر بی هوازی فضولات حیوانی، بیوگاز تولید خواهد شد. بنابراین بیوگاز تولیدی در سال برابر با ۱۵۲۹/۳ متر مکعب خواهد بود؛

$$4.19 \text{ M}^3 * 365 = 1529.35 \text{ M}^3/\text{year} \text{ (۱۰)}$$

آمار به دست آمده در هر سال			آمار به دست آمده در هر ماه			
میانگین انرژی مصرفی سالانه (مگاژول برکیلوگرم)	انرژی هر کپسول ۱۱ کیلوگرمی (مگاژول برکیلوگرم)	کپسول ۱۱ کیلوگرمی (عدد)	میانگین انرژی مصرفی ماهانه (مگاژول برکیلوگرم)	انرژی هر کپسول ۱۱ کیلوگرمی (مگاژول برکیلوگرم)	کپسول ۱۱ کیلوگرمی (عدد)	
۱۹۰۲۲/۸	۵۴۲/۳	۳۶	۱۶۲۶/۹	۵۴۲/۳	۳	پخت و پز
۱۹۰۲۲/۸	۵۴۲/۳	۳۶	۱۶۲۶/۹	۵۴۲/۳	۳	آب گرم مصرفی
۳۹۰۴۵/۶	۵۴۲/۳	۷۲	۳۲۵۳/۸	۵۴۲/۳	۶	مجموع

ج ۵. 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)
گاو میش	۲	۲۰	۴۰	۰/۰۴۳	۱/۷۲
گاو	۲	۱۲	۲۴	۰/۰۴۳	۱/۰۳
گوسفند و بز	۶	۴	۲۴	۰/۰۶	۱/۴۴
مجموع	-	۳۶	۸۸	-	۴/۱۹

ج ۶. میزان فضولات و بیوگاز حاصل از انواع دام برای ۳ خانوار (ماخذ: نگارندگان)، (علی عمرانی، ۱۳۷۵، ۵۶)، (URL3).

میانگین مصرف انرژی سالانه براساس مطالعه میدانی برای ۳ خانوار (Btu/Year)	ارزش حرارتی گاز شهری (Btu/ft <sup>3</sup> )	مقدار گاز شهری مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (ft <sup>3</sup> )	مقدار گاز شهری مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (M <sup>3</sup> )	ارزش حرارتی بیوگاز (Btu/ft <sup>3</sup> )	مقدار بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (ft <sup>3</sup> )	مقدار بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه (M <sup>3</sup> )
۱۱۱،۰۲۲،۸۹۶	۱۰۰۰	۱۱۱،۰۲۳	۳۱۴۴	۵۸۱	۱۹۱،۰۸۹	۵۴۱۱

ج ۷. مقایسه مقدار گاز شهری و بیوگاز مورد نیاز جهت تأمین انرژی سالانه براساس مطالعه میدانی برای سه خانوار (ماخذ: نگارندگان).

در روش دوم ابتدا به محاسبه بار گرمایشی ساختمان در دو بخش پخت و پز و تأمین بار گرمایی آب گرم مصرفی، براساس استانداردها و روزدرجه گرمایی پرداخته و نتایج نسبت انرژی تولیدی (بیوگاز) و بار گرمایی محاسبه شده در این بخش را با نتیجه حاصله از روش اول مقایسه می کنیم. سپس بار گرمایشی کل بنا (اعم از پخت و پز، آب گرم و گرمایش) را براساس روز درجه گرمایی محاسبه نموده و نسبت این بار با انرژی تولید شده از طریق بیوگاز را به دست می آوریم.

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

با یک تقسیم ساده، نسبت بیوگاز تولیدی به بیوگاز مورد نیاز و در نتیجه، میزان صرفه جویی در بخش پخت و پز و آب گرم مصرفی برابر با ۲۸٪ به دست می آید؛

$$[11529.35M^3/year \div 5411M^3/year] * 100 = 21.49\% \approx 21\%$$

بنابراین با مصرف فعلی این سه خانوار که با توجه به شواهد به دست آمده، به علت ارزانی انرژی های در دسترس و فرهنگ مصرف انرژی حاکم بر روستا (به خصوص روستاهای شمالی کشور)، از حد معمول بالاتر می باشد، در صورت استفاده از فناوری بیوگاز بر اساس تعداد دام این سه خانوار به ۲۸٪ صرفه جویی در بخش پخت و پز و تأمین آب گرم مصرفی دست خواهیم یافت.

با توجه به آمار به دست آمده از ساکنین روستا، هر خانواده ۳ نفره به طور میانگین در سال ۳۶ کیپسول گاز مایع ۱۱ کیلوگرمی را برای پخت و پز مصرف می کند. با توجه به ارزش حرارتی هر کیپسول که از رابطه (۵) به دست آمده است، انرژی مصرفی هر خانواده در سال جهت پخت و پز برابر ۱۹۵۲۳ مگاژول است؛

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

بنابراین برای سه خانوار مقدار مصرف در بخش پخت و پز برابر ۵۸،۵۶۹ مگاژول و یا به عبارتی ۵۵،۵۱۲،۸۶۹ بی تی یو در طول یک سال خواهد بود؛

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

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

در مجموع میزان بار گرمایی مورد نیاز جهت پخت و پز و تأمین آب گرم مصرفی سه خانوار نمونه در طول یک سال برابر با ۷۹،۶۰۲،۸۶۹ بی تی یو خواهد بود؛

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

این مقدار انرژی به وسیله ۱۰،۳۷،۰۱۰ فوت مکعب و یا ۳۸۸۰ متر مکعب بیوگاز قابل تأمین است؛

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

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

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

$$\frac{1329.29 \text{ Mj/year}}{3390 \text{ m}^3/\text{year}} * 100 = 39.4\% \quad (۲۴)$$

با مقایسه درصد صرفه جویی شده در این بخش (۳۹/۴٪) و میزان صرفه جویی شده در قسمت اول (۲۸٪) می توان نتیجه گرفت که در حال حاضر میزان مصرف انرژی در این خانوارها بالاتر از بار گرمایشی استاندارد محاسبه شده می باشد. به نظر می رسد علاوه بر فرهنگ ناصحیح مصرف در این خانوارها، قیمت پایین انرژی در دسترس نیز در این امر مؤثر است.

و سینک آشپزخانه به ترتیب برابر ۳۰، ۲ و ۱۰ گالن در هر ساعت می باشد. بنابراین حداکثر مصرف ساعتی آب گرم برای هر خانوار برابر با ۴۲ گالن در هر ساعت و یا به عبارتی ۱۹۰ لیتر در ساعت خواهد بود<sup>۱۵</sup> (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۳۳۲)؛

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

با در نظر گرفتن ضریب تقاضای (DF) ۰/۳، مصرف واقعی آب گرم هر خانوار برابر با ۱۲/۶ گالن در هر ساعت یا ۵۷/۳ لیتر در ساعت خواهد بود (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۳۳۳)؛

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

بنابراین مقدار گرمای مورد نیاز برای تولید آب گرم هر خانوار برابر با ۸۳۹۷ بی تی یو بر ساعت خواهد بود (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۳۳۳)؛

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

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

با یک معادله و براساس روز درجه گرمایی شهر لنگرود برابر با ۱۶۴۰ درجه فارنهایت<sup>۱۶</sup> (مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۰، ۶۷)، بار گرمایی مورد نیاز تأمین آب گرم مصرفی برای هر خانوار در طول سال برابر ۸،۰۳۰،۰۰۰ بی تی یو به دست می آید (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۲۶۶)؛

$$\text{THERM}^{17} = \frac{(\text{Btu/hr}) * (\text{روز درجه گرمایی})}{(24) * 3600} =$$

$$\frac{8397 \text{ Btu/hr} * 1640}{(24) * 3600} = 80.3 \text{ Therm} \quad (۱۵)$$

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

بنابراین این مقدار برای سه خانوار برابر ۲۴،۰۹۰،۰۰۰ بی تی یو در سال و یا ۲۵،۴۱۶ مگاژول در سال خواهد بود؛

$$\frac{8,030,000 \text{ Btu/year}}{3} = 2,676,667 \text{ Btu/year} * 3 = 24,090,000 \text{ Btu/year} = 25,416 \text{ Mj/year} \quad (۱۷)$$

$$182,712,862 \text{ Btu/year} \div 581 \text{ Btu/ft}^3 = 314,480 \text{ Ft}^3/\text{year} \quad (31)$$

$$314,480 \text{ Ft}^3 * 0.028 = 8,805 \text{ m}^3/\text{year} \quad (32)$$

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

$$\frac{182712862 \text{ Btu/year}}{8805 \text{ m}^3/\text{year}} * 100 = 17\% \quad (33)$$

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 پخت‌وپز و آب‌گرم مصرفی و گرمایش ساختمان)
۲۸٪	۳۹/۴٪	۱۷٪

ج ۸. 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. در صورت محاسبه فاضلاب انسانی در این نوشتار، میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد نیاز افزایش پیدا می‌کند. بدیهی است در صورت استفاده از تجهیزات با راندمان بالا، عایق‌کاری مناسب ساختمان و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی روستاییان، با همین تعداد دام، میزان مصرف انرژی به مراتب 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

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 شده است.

برای تأمین گرمایش ساختمان به‌ازای هر مترمربع 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؛

$360 \text{ Btu/hr} * 100 = 36000 \text{ Btu/hr} \quad (25)$   
بنابراین جمع بارگرمایشی و آب‌گرم مصرفی (۱۴) هر خانوار برابر با ۴۴۳۹۷ بی‌تی‌یو بر ساعت به دست می‌آید؛

$$36000 \text{ Btu/hr} + 8397 \text{ Btu/hr} = 44397 \text{ Btu/hr} \quad (26)$$

با یک معادله و با در نظر گرفتن روزدرجه گرمایی شهر لنگرود برابر با ۱۶۴۰ درجه فارنهایت (می‌حس ۱۴ مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۰، ۶۷)، بارگرمایی مورد نیاز در این دو بخش برای هر خانوار در طول سال برابر  $42,400,000$  بی‌تی‌یو به دست می‌آید؛

$$THERM = \frac{(Btu/hr) * (24 \text{ hr})}{(57 - 68) * 3600} = \frac{44397 \text{ Btu/hr} * 1040}{(17 - 18) * 3600} = 424 \text{ Therm} \quad (27)$$

$$424 * 100000 \text{ Btu} = 42,400,000 \text{ Btu/year} \quad (28)$$

بنابراین برای سه خانوار خواهیم داشت:  
 $42,400,000 \text{ Btu/year} * 3 = 127,200,000 \text{ Btu/year} \quad (29)$

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

$$127,200,000 \text{ Btu/year} + 55,512,869 \text{ Btu/year} = 182,712,869 \text{ Btu/year} \quad (30)$$

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

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 ۳۹/۴ درصد در میزان انرژی مصرفی جهت مصارف پخت‌وپز، تأمین آب گرم 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 مقرون به صرفه 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 در صورت 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.

### پی‌نوشت

۱. طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، در کشور ۶۳۸۶۸ روستا با جمعیتی بالغ بر ۲۲،۲۳۵،۸۱۸ نفر (معادل ۳۱/۵ درصد 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 بهداشتی فاضلاب ۵۰۰ روستای کشور انجام شده و یا در حال انجام است و در تعدادی از این روستاها عملیات اجرایی نیز شروع شده است (میسسی، ۱۳۸۸، ۱۱).
۲. احداث ۱۰ واحد بیوگاز در استان‌های سیستان و بلوچستان، ایلام و کردستان.
۳. واحد آزمایشی حیدرآباد کرج (۱۳۶۳)، یک واحد نمونه در روستای چین‌سیبلی از توابع بخش آق‌قلا در استان گرگان (۱۳۶۴)، ۴۰ واحد بیوگاز در بخش‌های مختلف کشور که ۱۸ واحد آن به بهره‌برداری رسید.

4. Biogas

5. Marsh Gas

۶. 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 شده است.
- ۱۰ - معادل وزن فضولات، آب اضافه می شود.
- ۱۱ - طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، روستای گالش کلام با جمعیتی برابر ۶۶۴ نفر و تعداد ۲۱۲ خانوار دارای بعدخانواری برابر ۳/۱۳ نفر بوده و براساس آمار به دست آمده از خانه بهداشت در سال ۱۳۹۰ جمعیت روستا برابر ۶۳۸ نفر و تعداد ۱۹۷ خانوار و بعد خانوار برابر ۳/۲۳ نفر بوده است.
- ۱۲ - هر کیلوژول برابر ۰/۹۴۷۸۲ بی تی یو است (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۹).
- ۱۳ - ارزش حرارتی هر فوت مکعب بیوگاز برابر با ۵۸۱ بی تی یو می باشد (کریشنارائو، ۱۳۸۵، ۴۹).
- ۱۴ - هر فوت مکعب برابر ۰/۰۲۸ متر مکعب می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۴).
- ۱۵ - هر گالن (uk) برابر ۴/۵۴ لیتر می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۵).
- ۱۶ - با توجه به عدم دسترسی به عدد روزدرجه گرمایی شهر لنگرود از عدد روزدرجه گرمایی نزدیک ترین شهر یعنی شهر رشت استفاده شده است.
- ۱۷ - هر ترم برابر ۱۰۰،۰۰۰ بی تی یو می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۲۶۶).
- شیخ احمدی، امین. زرگرزاده، مجید. (۱۳۸۶)، بهره گیری از انرژی های 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 بی هوازی لجن حاصل از تخلیه چاه های جذبی. سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز توسعه انرژی های نو، بخش بیوگاز، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، صص ۶۸-۱۹۶۰.
- 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 ۱۴-۱۲۰۷.
- خدادادی، محمد. حقیقت مصباحی، داود. (۱۳۸۱)، فناوری سوخت های تجدیدپذیر بیوگاز. دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، صص ۶۱-۱۴۴۷.
- کریشنارائو، پی نیستی. (۱۳۸۵)، اقتصاد و راه کارهای توسعه پایدار، ترجمه رضا یآوری، دانشگاه تهران، تهران.
- مقررات ملی ساختمان. (۱۳۸۰)، مبحث چهاردهم: تأسیسات گرمایی تعویض هوا و تهویه مطبوع، نشر توسعه ایران، تهران.
- سلطان دوست، محمدرضا. (۱۳۸۸)، مراجعات سریع: ویرایش دوم، یزدا، تهران.

- URL1: [www.puxinbiogas.com](http://www.puxinbiogas.com)  
 - URL2: [www.ashdenawards.com](http://www.ashdenawards.com)  
 - URL3: <http://www.cseered.co.uk/folk96.htm>

- ۹ - مقدار فضولات تولیدی که به میزان مساوی با آب مخلوط شده است.
- ۱۰ - معادل وزن فضولات، آب اضافه می شود.
- ۱۱ - طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، روستای گالش کلام با جمعیتی برابر ۶۶۴ نفر و تعداد ۲۱۲ خانوار دارای بعدخانواری برابر ۳/۱۳ نفر بوده و براساس آمار به دست آمده از خانه بهداشت در سال ۱۳۹۰ جمعیت روستا برابر ۶۳۸ نفر و تعداد ۱۹۷ خانوار و بعد خانوار برابر ۳/۲۳ نفر بوده است.
- ۱۲ - هر کیلوژول برابر ۰/۹۴۷۸۲ بی تی یو است (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۹).
- ۱۳ - ارزش حرارتی هر فوت مکعب بیوگاز برابر با ۵۸۱ بی تی یو می باشد (کریشنارائو، ۱۳۸۵، ۴۹).
- ۱۴ - هر فوت مکعب برابر ۰/۰۲۸ متر مکعب می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۴).
- ۱۵ - هر گالن (uk) برابر ۴/۵۴ لیتر می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۱۰۵).
- ۱۶ - با توجه به عدم دسترسی به عدد روزدرجه گرمایی شهر لنگرود از عدد روزدرجه گرمایی نزدیک ترین شهر یعنی شهر رشت استفاده شده است.
- ۱۷ - هر ترم برابر ۱۰۰،۰۰۰ بی تی یو می باشد (سلطان دوست، ۱۳۸۸، ۲۶۶).

## منابع

- ساسه، لودویک. (۱۳۷۴)، 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 و دفع 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.