[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

ارائه طرح پایه گوارنده زیست‌توده روستایی برای تأمین انرژی با مقیاس محلی(نمونه موردی: روستای طینوج قم)

یوسف گرجی مهلبانی *، محسن سرتیپی‌پور **، مهتا تاری ***

تاریخ دریافت مقاله: 1394/06/04
تاریخ پذیرش مقاله: 1394/10/30

چکیده

استفاده از روش‌ها و فناوری‌های جدید از جمله تولید بیوگاز برای تأمین انرژی مورد نیاز روستاها نه تنها از نظر اقتصادی بلکه از نظرهای اجتماعی و زیست محیطی نیز حائز اهمیت است. با توجه به تنوع منابع زیست توده موجود در روستاهای کشور از جمله فضولات دامی، پسماند آلی خانگی و لجن تخمیری امکان تولید بیوگاز در این مناطق وجود دارد. زیست‌توده کود حیوانی، از مقدار ارزشمندی از گاز متان قابل احتراق تشکیل شده است که می‌تواند با هضم در یک گوارنده مخزن ثابت، در اجاق گاز ساده برای پخت و پز و یا تأمین برق استفاده شود. مقاله حاضر، راهنمایی کاربردی برای تأمین انرژی مورد نیاز برای نواحی روستایی با کمک بیوگاز است که اثر زیادی در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی خواهد داشت، ضمن اینکه هزینه انرژی خانوارهای روستایی را کاهش می‌دهد. در این مقاله با توجه به آنکه در ساخت و احداث واحدهای بیوگاز توجه به تعداد و نوع حیوانات و مقدار پسماندهای آلی قابل تجزیه، محل احداث واحد و درجه حرارت محیط بسیار اهمیت دارد، منطقه طینوج قم به‌عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شده است که در آن واحدهای صنعتی و سنتی دام و طیور به‌صورت متمرکز فعالیت می‌نمایند و از نظر جمع‌آوری فضولات مشکلاتی دارند. به‌علاوه مدیریت کاربرد این فضولات به‌منظور تولید انرژی برای ایجاد حرارت و روشنایی از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این قبیل روستاها با تعداد مناسبی از دام می‌توان گوارنده‌هایی با ظرفیت‌های کوچک در مقیاس خانگی و محلی احداث نمود. از دیگر موارد با اهمیت توجه به درجه حرارت محیط برای عملیات رآکتور است، زیرا فرایند هضم بی‌هوازی در درجه حرارت‌های بالاتر یعنی 30 تا 50 درجه سانتیگراد بهتر عمل می‌کند و نیاز به هزینه بیشتر برای عملیات عایق کاری بسیار زیاد و صرف انرژی بیشتر برای گرمایش رآکتور نیست. مطالعات پتانسیل‌سنجی منابع زیست‌توده نشان می‌دهند که در اکثر روستاهای کشور می‌توان در دو مقیاس خانگی و نیمه صنعتی دستگاه‌های بیوگاز را توسعه داد و از آن‌ها بهره‌گرفت.

واژگان کلیدی: زیست‌توده، بیوگاز، انرژی تجدیدپذیر، روستای طینوج، پسماند روستایی.

* دانشیار گروه معماری، قزوین دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره).
** استاد گروه ساختمان، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
*** پژوهشگر دکترا، دانشگاه امام خمینی(ره) قزوین دانشکده معماری و شهرسازی. mahtatari@gmail.com
این مقاله مستخرج از رساله دکترای نویسنده مسئول می‌باشد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

مقدمه

یکی از اهداف اصلی کشور، ارتقای سطح رفاهی و معیشتی قشر محروم و تلاشگر روستایی است که یکی از راه‌های رسیدن به این هدف تأمین برق و گاز مورد نیاز جهت روشنایی و حرارت مناطق مسکونی روستایی است. مسلماً این کار باعث کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها و رونق کشاورزی در کشور خواهد شد. مطابق آمار منتشر شده توسط وزارت نیرو تا پایان سال 1393، کلیه روستاهای بالای 20 خانوار از انرژی برق برخوردار شده‌اند. با این وجود هنوز روستاهایی با جمعیت زیر 20 خانوار هستند که به‌علت زیادی تعداد، دوری و پراکندگی، برق‌رسانی به آن‌ها هزینه سنگینی را طلب می‌کند و بدین دلیل تاکنون از نعمت برق بهره‌مند نشده‌اند. لذا بهره‌گیری مناسب و هوشمندانه از فناوری‌های نوین تولید انرژی مانند تولید بیوگاز برای تأمین برق مورد نیاز روستاها از نظر اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی بسیار مهم است. با عنایت به موارد ذکر شده و با توجه به تنوع منابع زیست توده موجود در روستاها از جمله فضولات دامی، پسماند آلی خانگی و لجن تخمیری امکان تولید بیوگاز در اغلب روستاهای ایران وجود دارد.

با در نظر گرفتن مسائل مربوط به انرژی در مناطق روستایی دور از مرکز، یکی از رویکردهای مناسب برای تأمین انرژی، تولید آن به‌صورت محلی و در مقیاس کوچک است (Tari,2015). برای ساخت و احداث واحدهای بیوگاز توجه به چند مسئله بسیار اهمیت دارد. این موارد شامل تعداد و نوع حیوانات و مقدار پسماندهای آلی قابل تجزیه، محل احداث واحد و درجه حرارت محیط است. مزارع با متوسط دو تا پنج رأس دام و بیشتر، معمولاً از نظر جمع‌آوری فضولات دامی مشکلاتی دارند (تاری،1394). از طرف دیگر پسماندهای قابل تجزیه تولیدی در مناطق روستایی با به‌کارگیری فناوری‌های جدید باعث افزایش سطح رفاه مردم آن منطقه و پاکیزگی محیط زیست می‌گردد.

بیان مسئله

یکی از این منابع تولید انرژی که در بیشتر روستاهای کشور یافت می‌شود زیست‌توده است که ماده اولیه تولید گاز متان بوده و برای مصرف سوخت خانگی با تولید الکتریسیته قابل استفاده است. کاربرد این نوع انرژی که منابع اولیه آن در برخی استان‌های ایران به وفور یافت می‌شود ضمن تأمین انرژی مورد نیاز روستاها می‌تواند به صرفه‌جویی در مصرف منابع انرژی فسیلی کشور منجر شود (سرتیپی‌پور،1388).

تأمین برق از طریق گوارنده‌های خانگی یا محلی، کوچکترین نوع نیروگاه زیست‌توده است که تنها با استفاده از فضولات حیوانی تولید انرژی می‌نماید. تکنولوژی مورد استفاده در این فرایند باید بسیار ساده و مشخص و با حداقل نیاز به تعمیرات و نگهداری باشد. ایده اصلی این تأسیسات به این صورت است که فضولات به‌طور مستقیم و بدون پمپاژ به یک گوارنده هدایت شود و از آنجا به بخش ذخیره‌سازی منتقل گردد. گوارنده تا حدود 35^{oC} مخلوط را گرم نگه داشته تا متان تولید شود.

روستای طینوج از توابع بخش دستجرد استان قم است و در این منطقه روستاییان عمدتاً به باغداری و نگهداری دام و طیور به‌صورت سنتی و صنعتی و همچنین فعالیت‌های گلخانه‌ای می‌پردازند. علاوه بر این با توجه به همجواری با منطقه مرغداری رزبند که دارای مجتمع‌های صنعتی و نیمه صنعتی پرورش ماکیان است، دارای منابع بالقوه فراوانی برای خوراک گوارنده‌های زیست‌توده است. این منابع سرشار در حال حاضر یکی از مشکلات مردم این ناحیه به‌شمار می‌رود زیرا بوی

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

نامطبوع تولید شده از این مرغداری‌ها باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی در این روستا شده و نارضایتی فراوانی ایجاد کرده است. همچنین وجود این صنایع در منطقه و همچنین گلخانه‌های متعدد، نیاز منطقه را به برق دو چندان کرده است. با استناد به تقاضای بخشداری دستجرد از وزیر نیرو در زمستان سال 1393 مبنی بر افزایش پست منطقه و همچنین قطعی‌های فراوان برق به‌ویژه در ماه‌های گرم سال، احداث یک واحد تولید برق از زیست‌توده در این منطقه، کاملاً اقتصادی و منطقی خواهد بود و هدف از این پروژه توانمندسازی روستای طینوج و رزبند با ارائه فناوری‌های مدرن و تجدیدپذیر انرژی و ادغام اصول توسعه پایدار با سیاست انرژی محلی است.

سوالات تحقیق

1. آیا زیست‌توده منبع مناسبی برای تأمین انرژی مناطق دورافتاده ایران است؟

2. حجم مورد نیاز بیوگاز برای تأمین نیاز انرژی روستای طینوج چه میزان است؟

3. طرح پایه و کلیت معماری گوارنده بیوگاز برای روستای طینوج چگونه خواهد بود؟

اهداف تحقیق

1. جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی ناشی از فضولات دام و طیور در روستای طینوج

2. تأمین برق منطقه به‌وسیله منابع محلی و تجدیدپذیر

3. ایجاد پیوندی پایدار میان صنایع دام و طیور منطقه و روستا

روش تحقیق

در این پژوهش روش تحقیق توصیفی- تحلیل محتوا به‌منظور تحلیل و طبقه‌بندی اطلاعات یافت شده جهت تعیین پتانسیل تولید انرژی از زیست‌توده و بررسی ساختگاه مورد نظر به‌کار رفته و سپس از روش‌های تحقیق توصیفی- شبیه‌سازی و مدل‌سازی به‌منظور خلق نمونه‌های کاربردی و طراحی پایه استفاده شده است.

ادبیات و چارچوب نظری

در این بخش با توجه به ادبیات و چارچوب‌های نظری موجود در زمینه موضوع مقاله، فرایندهای استحصال انرژی از زیست‌توده که در سطح جهان استفاده شده است، معرفی و سپس مشخصات روستا طینوج و برآورد و تعیین پتانسیل تولید زیست‌توده از فضولات دام و طیور در این روستا با بهره‌گیری از دیدگاه‌های جهانی ارائه می‌شود. همچنین پیشینه این تحقیق با توجه به مطالعات مرتبط با این موضوع در میان پژوهش‌های دانشگاهی و غیردانشگاهی، پایان‌نامه‌های تحصیلی و مقالات بررسی شد که نشان‌دهنده آن است که پژوهش مشخصی که دقیقاً مرتبط با این موضوع در داخل کشور باشد، وجود ندارد. با این وجود تحقیقات اندکی در زمینه بیوگاز و محیط زیست وجود دارد که می‌تواند تا حدی راهنما و راهگشا باشد. ولی چند مطالعه انجام گرفته است که استفاده از نتایج و یا مطالعات آن‌ها در این پژوهش مد نظر قرار خواهد گرفت:

1. فرایند تولید بیوگاز، جواد شیخ الاسلامی و علیرضا کشتکاو، دومین کنفرانس سراسری روستا و انرژی 1377.

2. بررسی‌های فنی تولید انرژی از منابع زیست توده، پژوهشگاه نیروی وزارت نیرو، 1378.

3. بررسی استفاده از انرژی زیست‌توده در جهان و امکان سنجی کاربرد آن در تولید انرژی در ایران، فرناز امین صالحی، دانشگاه آزاد اسلامی 1383.

4. انجام پتانسیل سنجی و تهیه اطلس زیست توده کشور، سازمان انرژی‌های نو، 1384.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

5. کاربرد انرژی‌های تجدید شونده در مسکن و توسعه روستایی، معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید بهشتی، 1388.

6. مدل سازی تجزیه و تحلیل زیست محیطی، فنی و اقتصادی تبدیل باگاس به انرژی در ایران، فرناز امین صالحی، پایان نامه دکترای دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، 1391.

پتانسیل تولید انرژی از پسماند روستایی

یکی از منابع بالقوه زیست‌توده، فضولات روستایی می‌باشد که دارای مقادیر زیادی مواد آلی و مواد تجزیه‌پذیر هستند.

کاربرد فضولات و پسماند جامد روستایی در تولید انرژی از راه‌های زیر امکان‌پذیر است (Tari,2015):

- سوزاندن مستقیم
- استخراج گاز از گوارش بی‌هوازی
- آتشکافت

سوزاندن مستقیم

یکی از موارد استفاده از انرژی زیست‌توده، احتراق مستقیم آن‌ها است. احتراق مستقیم نسبت به روش‌های دیگر استفاده از زیست‌توده دارای مزیت‌هایی است که عمده‌ترین آن تبدیل سریع انرژی نهفته در منابع زیست‌توده به انرژی گرمایی است. علاوه بر آن نسبت به روش‌های دیگر عمدتاً دارای فناوری ساده‌تر و کاربردی‌تر است. از دیدگاه روش فنی و عملی، فناوری احتراق مستقیم را می‌توان از دو کاربری زیر مورد بررسی قرار داد: کاربری خانگی و کاربری صنعتی. در فرایند احتراق مستقیم معمولاً زیست‌توده را مستقیماً در معرض هوای کافی می‌سوزانند و از انرژی آزاد شده در اثر فرایند احتراق، برای کاربردهایی مانند گرمایش، تولید بخار برای نیروگاه‌های بخار، تولید گازهای داغ برای نیروگاه‌های چرخه ترکیبی و... استفاده می‌کنند. فرایند احتراق مستقیم به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که استفاده از هر کدام از این روش‌ها بسته به شرایط مختلف قابل اجرا است. محدودیت‌هایی که برای استفاده از هر روش وجود دارد، عبارتند از: محدودیت‌های اقتصادی محدودیت‌های فنی و بازده (Xiaodong ،2002).

تولید گاز متان از گوارنده‌ها

در این روش از فرایند گوارش میکروبی برای تولید گاز متان استفاده می‌شود. مواد آلی قابل تجزیه در فضولات، طی یک فرایند هوازی توسط موجودات زنده ذره‌بینی دگرپرور (هتروتروف)[1]مصرف شده و به ترکیبات ساده نظیر گاز کربنیک، آمونیاک و آب تبدیل می‌شوند و بخشی از آن‌ها نیز به مصرف رشد و تکثیر سلولی می‌رسند و در این میان یک توده سلولی پدید می‌آید که همان لجن میکروبی واحد تصفیه زیستی است. فرمول عمومی این توده میکروبی به‌صورت $C_5 H_7 NO_2$ نمایش داده می‌شود (Metcalf, Eddy ,1991).

آتشکافت پسماندهای جامد روستایی

در اثر حرارت زبالـه در غیاب اکسیژن، مواد آلی موجود در زبالـه تحت اثر واکنش‌های شیمیایی به سوخت‌های گازی، مایع و جامد شبیه زغال تبدیل می‌شوند. این فرایند بر خلاف فرایند زباله‌سوزی گرما خواه است. سوخت مایع به‌دست آمده ترکیبی از آب، اسید استیک، استن، متانول، قطران و دیگر مواد شیمیایی است (امین صالحی، 1391).

برآورد و تعیین پتانسیل تولید زیست‌توده از فضولات دام و طیور

حدود 52٪ از پسماندهای روستایی را مواد فسادپذیر تشکیل می‌دهند و می‌توانند به‌عنوان منبع خوبی برای تولید بیوگاز مورد استفاده قرار گیرند(امین صالحی، 1383). جهت برآورد پتانسیل منابع زیست‌توده در کشور، ابتدا تمام منابع تولید زیست‌توده در استان

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

شناسایی و آمار و اطلاعات دقیق آن‌ها از مراجع ذیربط اخذ گردید و سپس با توجه به ضرایب استحصال و میزان تولید فضولات هر رأس دام، مقدار فضولات قابل دسترس هر دام برای تولید بیوگاز محاسبه گردیده است که در نتیجه آن مشخص گردید استان قم یکی از پنج استان اول، دارای منابع بالقوه زیست‌توده است (تاری،1394). در این میان بخش دستجرد با توجه به تعداد بسیار بالای مرغداری (بیش از 200 واحد فعال) و همچنین دامداری‌های صنعتی و سنتی فراوان گزینه بسیار مناسبی برای استحصال انرژی از طریق زیست‌توده است. تصویر شماره 1 موقعیت جغرافیایی روستای طینوج در بخش دستجرد را نشان می‌دهد.



ت 1. موقعیت جغرافیایی روستای طینوج. http://www.behrah.com/map.php.

طینوج و امکان سنجی احداث نیروگاه

روستای طینوج یکی از روستاهای تاریخی با قدمت بیشتر از هزار سال در شهرستان قم می‌باشد با استناد بر آثار تاریخی موجود (کاروانسرا و آب انبار) در روستا، روستای طینوج در گذشته نیز به مانند امروز بر سر راه دو شهر مهم تفرش و قم قرار داشته است.

موقعیت جغرافیایی و عوارض طبیعی

براساس تقسیمات سیاسی روستای طینوج واقع در دهستان دستجرد، از بخش خلجستان، در شهرستان قم می‌باشد و از لحاظ موقعیت ریاضی روستا با ازتفاع حدود 1640 متر از سطح دریا در طول جغرافیایی 50 درجه و 17 دقیقه شرقی و عرض 34 درجه و 33 دقیقه شمالی قرار گرفته است. این روستا در دشت خلجستان با آب و هوای خشک و نیمه خشک واقع شده است. در پیرامون روستا عوارض طبیعی و انسان ساخت بسیاری وجود دارد که در تعیین موقعیت نسبی روستا دارای اهمیت فراوانی می‌باشند و در ذیل به آن‌ها اشاره می‌شود:

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

ـ دستجرد به‌عنوان مرکز بخش و مرکز دهستان در فاصله هفت کیلومتری شمال غرب قرار گرفته است.
ـ رودخانه دستجرد در شمال آبادی.
ـ کوه پایین در دو کیلومتری شمال روستا
ـ کوه میشل در جنوب آبادی.
ـ راه ارتباطی (قم ـ تفرش) واقع در جنوب روستا.



ت 2. قلعه طوسی نوژ. (نگارندگان، تیر 1394).



ت 3. کاروانسرای عباسی. (نگارندگان، تیر 1394).

شبکه جمع‌آوری و دفع زباله و فضولات دامی

در زمینه جمع‌آوری و دفع زباله در روستای طینوج هیچ‌گونه برنامه منظمی وجود ندارد و اهالی با پخش کردن زباله‌ها در سطح شبکه معابر و رود خانه آن‌ها را بدین صورت دفع می‌نمایند. در زمینه جمع‌آوری و دفع فضولات دامی تا کنون برنامه خاصی صورت نگرفته است. در حال حاضر فضولات دامی در محوطه‌های باز دپو می‌شوند و هر چند وقت یک بار توسط خود روستاییان به مزارع انتقال داده می‌شود تا از آن‌ها به‌عنوان کود حیوانی برای تقویت خاک استفاده نمایند. که این شیوه جمع‌آوری و دفع فضولات دامی مشکلات عدیده‌ای را به قرار ذیل به وجود می‌آورد:

1. پخش بوی بد و نامطبوع در سطح روستا
2. ایجاد فضایی آلوده و در عین حال مناسب برای رشد و تکثیر حشرات موذی
3. ایجاد مشکلات بهداشتی
4. ایجاد مشکلات زیست محیطی

نحوه تأمین خوراک گوارنده در طینوج

طبق اطلاعات بخشداری خلجستان در اطراف روستای طینوج ده واحد مرغداری صنعتی با مجموع ظرفیت 27000 عدد مرغ گوشتی و تخم‌گذار در حال فعالیت هستند. شایان ذکر است که کود تولیدی این واحدها بسیار بیشتر از نیاز نیروگاه زیست‌توده برای این منطقه است و بنابراین یکی از مهمترین شاخصه‌های احداث گوارنده زیست‌توده به‌طور مناسبی تأمین می‌شود.

همچنین 32 واحد گلخانه‌های موجود در مجاورت روستای طینوج نیز می‌توانند از کود حاصله از گوارنده زیست‌توده برای تولید محصولات ارگانیک استفاده کرده و برق مورد نیاز خود را از این فرایند تأمین نمایند.



ت 4. یک واحد مرغداری گوشتی در طینوج.(نگارندگان، تیر 1394).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]



ت 5. یک واحد مرغداری گوشتی در طینوج.(نگارندگان، تیر 1394).

طرح نیروگاه

با در نظر گرفتن مسائل مربوط به انرژی در مناطق روستایی دور از مرکز، یکی از رویکردهای مناسب برای تأمین انرژی به‌صورت محلی و در مقیاس کوچک است (تاری،1394). برای مثال می‌توان یک توربین هیدرولیک کوچک به‌منظور تأمین برق برای شبکه‌های کوچک نصب شود که برق یک یا چند روستا را تأمین می‌کند. در موارد دیگر ژنراتورهای گازی کوچک می‌تواند این کار را انجام دهد(Kinoshita ,1997).

در ادامه به توضیح یک مثال عملی در روستای طینوج قم و بررسی آن پرداخته می‌شود. برای استفاده از این مخازن ابتدا باید مشکل عدم پایداری و امکان استفاده دراز مدت از این مخازن را برطرف نماییم؛ طرح‌های رایج گوارنده‌های بیوگاز دارای مشکلاتی است که امکان استفاده آن در مناطق دور افتاده نیست. عمده این مشکلات به‌علت نشت گاز و عدم امکان بازبینی توسط مردم بومی به‌وجود می‌آید. زیرا این مخازن دفنی بوده و راه حل بهتری برای ثابت نگه‌داشتن دمای مخزن تاکنون ارائه نشده است. در اینجا لازم است برای یافتن راه حل مناسب، به معماری اقلیمی ابنیه سنتی ایران نگاهی بیافکنیم؛ با مروری کوتاه بر این معماری فضاهایی را خواهیم یافت که در چهار فصل سال دمایی تقریباً یکسان دارند. به‌کارگیری کلیه عوامل اقلیمی جهت ایجاد حرارت و یا برودت مورد نیاز، جزو اصول اولیه معماری سنتی ایران بوده است. همان گونه که از تابش آفتاب و مصالح ساختمانی جهت تأمین و ذخیره نمودن حرارت استفاده می‌شده، سرمای زمستان، دمای بسیار پایین آسمان در شب هنگام و عایق بودن نسبی عمق زمین نیز به‌منظور ایجاد برودت و ذخیره آن مورد استفاده قرار می‌گرفته است. باید گفت که کاربرد معماری اقلیمی و نحوه استفاده از اقلیم و معماری در جهت تأمین شرایط بهینه عملکرد گوارنده در طی فصول مختلف سال و در مناطق آب و هوایی در جای جای قلمرو معماری گذشته ما ثبت شده است. همانگونه که در بخش‌های قبل گفته شد قرارگرفتن گوارنده در محدوده 25 تا 35 درجه سانتیگراد از الزامات عملکرد مناسب فرایند هضم است. معماری اقلیمی ایران با استفاده از فرم و مصالح ساختار پایداری را خلق کرده است که می‌تواند در مناطق کویر نیز تغییرات عمده دما شب و روز را کنترل کند (تاری،1394).



ت 6. آثار بجا مانده از معماری کویری طینوج، (نگارندگان، تیر1394).

استفاده از مصالح بوم‌آورد یک از ارکان معماری ایران است (پیرنیا،1383). این مصالح باعث تکمیل فرایند عایق‌سازی بنا در برابر تغییرات دمایی خواهد بود و مشکلات مربوط به حمل و نقل مصالح از دوردست به

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

مناطق دورافتاده و بیگانه بودن اهالی این مناطق با مصالح جدید مشاهده نخواهد شد (تاری،1394).

با نگاهی به معماری اقلیمی ایران مشاهده می‌شود، یکی از فرم‌های بسیار کاربردی در ثابت نگه‌داشتن دما، فرم گنبد دوپوش یا سه‌پوش است. این ترکیب‌ها با داشتن لایه عایق هوا در بین دو گنبد باعث حفظ دمای محیط و جلوگیری از گرم شدن زیاد در روز و سرد شدن زیاد در شب می‌شوند.

با توجه به نیاز به ثبات نسبی درجه حرارت در گوارنده، همچنین توجه به معماری ابنیه سنتی ایران به‌ویژه در مناطقی که امکان استفاده از گوارنده‌های بیوگاز وجود دارد تمهیدات و نوآوری‌های زیر در طراحی گوارنده‌ها توصیه می‌شود:

- استفاده از پوسته دوم بر روی گنبد گوارنده برای ایجاد دمای پایدار در شب و روز بین 25 تا 35 درجه سانتیگراد؛
- قرارگیری گوارنده با جهت‌گیری جنوب شرقی برای بیشترین ساعات آفتابی؛
- جانمایی تأسیسات مولد برق در غرب گوارنده برای جلوگیری از سایه‌اندازی؛
- استفاده از مصالح عایق موجود در منطقه مانند آجر برای کاهش نوسانات دمایی در دو پوسته گنبد؛
- در نظر گرفتن فضای تعمیر و نگهداری در اطراف گوارنده برای افزایش عمر مفید مخزن؛

فناوری پروژه

یک نیروگاه زیست‌توده معمولی برای 50 واحد دام با 62 مترمکعب تولید زیست‌توده به‌طور متوسط دارای خروجی گاز 2/6 متر مکعب/ساعت است، ظرفیت آن 15,6 کیلو وات در شبانه‌روز خواهد بود. امروزه در بسیاری از ایستگاه‌های زیست‌توده، زیست‌توده تولید شده به‌طور مستقیم در گوارنده استفاده می‌شود. این رایج‌ترین روش در موتورهای تولیدکننده برق و گرما (CHP همزمان برق و حرارت) است. با این حال در برخی از برنامه‌های تخصصی زیست توده، زیست‌توده تنها برای اهداف حرارتی استفاده می‌شود(Rutz, 2008).

در مقیاس خرد و متوسط، اندازه نیروگاه می‌تواند با توجه به خوراک ورودی و نیاز منطقه برای هر محدوده جداگانه محاسبه شود. در جدول شماره 1 چگونگی این طبقه‌بندی با توجه به توسعه منطقه با کمترین حجم ممکن و پوشش تمام تقاضا نشان داده شده است (Heegde, 2010). در همین جدول پارامترهای تعیین‌کننده اندازه نیروگاه جمع‌آوری شده است و خلاصه‌ای از مقادیر پارامترهای طراحی اصلی را بیان می‌کند.

پارامتر	توضیح	ارزش استفاده
نسبت فضولات / آب	از لحاظ تئوری، نسبت فضولات/آب، بستگی به کل مواد جامد [2](TS)، غلظت فضولات و به‌موجب آن نتایج مطلوب تخمیر است. TS به‌دست آمده از فضولات حیوانات مختلف، به‌طور قابل توجهی متفاوت است، ارزش TS در محدوده 10 تا 15 درصد (گاو) و 15 تا 30٪ (مرغ) خواهد بود.	ارزش TS نشان می‌دهد نسبت فضولات/آب کمی کمتر از 1:1 برای فضولات گاو و 1: 2 برای فضولات مرغ است.
میزان تولید گاز	تولید گاز از فضولات، بستگی به نوع و کیفیت فضولات دارد.	برای گاو، به‌طور معمول از 1 کیلو فضولات در یک گوارنده حدود 40 لیتر بیوگاز در روز تولید می‌شود. خوک، مرغ و فضولات انسانی به‌طور معمول بازده بالاتری دارند.
تولید گاز	بسته به هزینه‌های ساخت و ساز و الگوی تقاضای گاز، می‌توان برای تولید گاز نیز سرمایه‌گذاری شود.	یک متر مکعب زیست توده، روزانه 2/5 تا 3/5 ساعت گاز خوراک‌پزی را تولید می‌کند.
زمان نگهداری	زمان ماند هیدرولیکی[3](HRT) نسبت مدت زمان مخلوط فضولات و آب، به دوره ماند و گوارنده است که فرایند تخمیر را تکمیل می‌کند و در دمای محیط بالاتر عملکرد بهتر خواهد بود.	برای نمونه HRT برای حیوانات (مرغ و گاو) 40 تا 60 روز برای آب و هوای گرم و 50 تا 75 روز برای آب و هوای معتدل است.
حجم ذخیره‌سازی گاز	زیست‌توده تولید شده با حجم مختلف، بیشتر یا کمتر، به‌طور مداوم در حال تولید است اما مصرف در خانواده به‌طور معمول در طول 3 یا 4 دوره زمانی در طول روز است. گاز تولید شده می‌تواند در زمان‌هایی که مصرف خانوار وجود ندارد به‌صورت مستقیم به ژنراتور منتقل شود و یا در مخازن ذخیره‌سازی شود.	برای حجم ذخیره‌سازی گاز، حداکثر مقدار، 60٪ گاز در روز تولید شده در نظر گرفته می‌شود.

ج 1. پارامترهای تعیین‌کننده اندازه نیروگاه.(Heegde, 2010) .

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

محاسبات اندازه نیروگاه برای کوچک‌ترین اندازه نیروگاه "تیپ1" در مقیاس خانوار

نمونه محاسبه ذیل، استفاده از جدول شماره 1، برای آب و هوای گرم را نشان می‌دهد:

حداقل نیاز خوراک روزانه (min sub fee) با واحد کیلوگرم فضولات/ روز برابراست با حداقل نیاز تولید گاز(min gas prod) با واحد مترمکعب برای کوچکترین واحد تقسیم بر میزان تولید گاز از آن خوراک (spec gas prod) با واحد مترمکعب.

min sub fee = min gas prod / spec gas prod.

پس خواهیم داشت:

min sub fee1 = 1.00 / 0.040 = 25 kg /day

در نتیجه خوراک فضولات 25 (کیلوگرم فضولات/ روز) حداقل نیاز تولید خوراک با نسبت 1: 1 با آب خواهد بود. در نتیجه حداقل خوراک (min fee) به این نیروگاه در 50 لیتر/ روز می‌رسد.

هنگامی‌که در آن خوراک روزانه مطابق با حداقل مقدار خوراک برای نیروگاه طراحی شود، زمان ماند هیدرولیکی با واحد روز را باید حداکثر (HRT حداکثر) در نظر گرفت. نسبت حجم گوارنده مورد نیاز (dig vol) با واحد لیتر به زمان ماند هیدرولیکی ضرب در خوراک روزانه برابر است با:

dig vol = HRTmax × min fee

بنابراین: dig vol1 = 60 × 50 = 3,000 ltr

اما اگر خوراک روزانه مطابق با مقدار حداکثر در هر خانوار طراحی شود، زمان ماند هیدرولیکی را حداقل در نظر می‌گیریم. حداکثر خوراک (max fee) برابر است با حجم گوارنده تقسیم بر حداقل زمان ماند هیدرولیکی:

max fee1 = 3,000 / 40 = 75 ltr/day

این حجم با نسبت 1 به 1برابراست با 37/5 لیتر آب و 37/5 لیتر خوراک.

حداکثر تولید گاز با واحد مترمکعب (max gas prod) از این تأسیسات برابر است با حداکثر خوراک (max sub fee) ضرب در میزان تولید گاز از آن نوع خوراک:

max gas prod = max sub fee × spec gas prod

بنابراین:

max gas prod = 37.5 × 0.040 = 1.5 m^3/day

طبق جدول فوق حجم ذخیره‌سازی گاز برای این نیروگاه با واحد مترمکعب (gas stor vol) 60٪ از حداکثر تولید گاز در روز است.

بنابراین: gas stor vol = 0.6 x 1.5 = 0.9m^3

در نتیجه ابعاد اصلی اندازه نیروگاه 1 عبارتند از:

- حجم گوارنده: 3/00 مترمکعب
- حجم ذخیره‌سازی گاز: 0/90 مترمکعب
- حجم نیروگاه‌ها: 3/90 مترمکعب

محاسبات اندازه نیروگاه در مقیاس متوسط "تیپ2" در مقیاس سه خانوار

برای این طیف نیروگاه‌ها، حداقل خوراک روزانه با واحد کیلوگرم فضولات/ روز (min sub fee) را معادل حداکثر خوراک (max sub fee) در تیپ 1 در نظر می‌گیریم (Heegde , 2010).

بنابراین حداقل خوراک برای این نیروگاه 75 لیتر در روز یا برابر 37/5 کیلوگرم فضولات در روز است.

حداقل تولید گاز برای تیپ2، با حداکثر تولید گاز در تیپ 1 برابر است، و به حداقل خوراک ضرب در میزان تولید گاز از خوراک تغذیه شده است.

min gas prod = min sub fee ×spec gas prod

پس خواهیم داشت:

min gas prod = 37.5 ×0.040 = 1.5 m3 /day

مشابه با حالت قبل، برای وضعیتی که در آن خوراک روزانه معادل حداقل مقدار خوراک برای یک نیروگاه در نظر گرفته شود، زمان ماند هیدرولیکی، حداکثر (HRT) خواهد بود. حجم گوارنده مورد نیاز

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

(dig vol) برابر است با حداکثر زمان ماند هیدرولیکی ضرب در خوراک روزانه:

dig vol = HRTmax x min fee

بنابراین: dig vol = 60 x 75 = 4,500 ltr

درحالتی که که در آن خوراک روزانه مطابق با مقدار حداکثر خوراک برای یک نیروگاه طراحی شده است، زمان ماند هیدرولیکی حداقل (HRTmin) است. این مقدار برابر با حجم گوارنده تقسیم بر حداقل زمان ماند هیدرولیکی: max fee2 = dig vol2 / HRTmin

بنابراین: max fee1 = 4,500 / 40 = 112,5 ltr/day

و می‌توان گفت خوراک مورد نیاز 56/25 کیلوگرم فضولات در روز است. حداکثر تولید گاز در این گوارنده برابر است با حداکثر خوراک(max sub fee2) ضرب در میزان تولید گاز از خوراک تغذیه شده:

max gas prod = max sub fee × spec gas prod.

پس خواهیم داشت:

max gas prod = 56.25 × 0.040 = 2.25 m^3 /day

حجم ذخیره‌سازی گاز مورد نیاز برای این نیروگاه، 60٪ ، حداکثر تولید گاز در روز است.

بنابراین: gas stor vol = 0.6 × 2.25 = 1.35 m^3

در نتیجه ابعاد اصلی نیروگاه تیپ 2 عبارتند از:

- حجم گوارنده: 4/50 مترمکعب
- حجم ذخیره سازی گاز: 1/35 مترمکعب
- حجم نیروگاه ها: 5/85 مترمکعب

تعیین اندازه نیروگاه برای ناحیه

روشن است که از تکرار روال توضیح داده شده در بالا، طیف وسیعی از اندازه‌های نیروگاه را می‌توان به‌دست آورد. همانگونه که در معرفی طینوج نیز ذکر شد تعداد خانوار موجود در این روستا 60 خانوار است بنابراین با توجه به محاسبات فوق ابعاد اصلی نیروگاه این روستا عبارتند از:

- حجم گوارنده: 90 مترمکعب
- حجم ذخیره‌سازی گاز: 27 مترمکعب
- حجم نیروگاه‌ها: 117 مترمکعب

که با توجه به نمونه‌های بررسی شده در قبل حجم مناسب و منطقی برای این نوع گوارنده است.

طراحی پایه ساختمان نیروگاه

در این طرح نیمه کروی، مطابق تصویر شماره 7، حجم گوارنده در زیر پایین‌ترین سطح دوغاب[4](LSL) و حجم ذخیره‌سازی گاز بین پایین‌ترین و بالاترین سطح[5](HSL) خواهد بود. همچنین برای همه نیروگاه‌ها با ذخیره‌سازی گاز به‌صورت داخلی، حجم ذخیره‌سازی گاز در گوارنده با حجم مخزن جبرانی برابر است.

حجم کل نیروگاه

تصویر شماره 7 نشان می‌دهد، بخشی از حجم گنبد، که از سطح دوغاب بالاتر است در کارکرد عادی تأسیسات گوارنده بدون استفاده باقی می‌ماند. حجم مورد نظر، اغلب به‌عنوان "حجم مرده" نام‌گذاری می‌شود(Heegde , 2010).

علاوه بر این، هنگامی که تولید گاز کمتر از حد معمول می‌شود در (فصول سرد) و یا زمانی که گاز به آرامی نشت می‌کند، سطح دوغاب به سمت بالا (تا سطح سرریز) افزایش می‌یابد. به‌همین دلیل، 20 درصد از حجم کره برای حجم مرده در نظر گرفته می‌شود. از این رو، برای مثال با در نظر گرفتن اندازه نیروگاه 1، حجم کل (گوارنده + ذخیره‌سازی گاز + حجم مرده) برابر است با 5/85×1/2=7/02.

شعاع گنبد با واحد متر

شعاع گنبد، گنبد R، برابر:

Rdome = (V / 2/3 π)1/3

و برای نیروگاه روستا: 117×1.2=140.4

R dome= (140.4 / 2/3 π)1/3 = 4.06 m

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

محاسبه ابعاد گوارنده

این محاسبه برای پیدا کردن سطح بالایی از حجم گوارنده، یا ارتفاع از سطح دوغاب که پایین‌تر از (LSL) در گنبد است انجام شده است. برای این کار، حجم (V dig cap) "کلاه گنبد" با واحد مترمکعب را می‌توان به‌عنوان حجم گنبد کل(V dome) با واحد مترمکعب، منهای حجم گوارنده(V dig)90 مترمکعب در نظر گرفت:

V dig cap = V dome – V dig
V dig cap = 140.4 – 90.00 = 50.40 m3

فرمول حجم کلاه گنبد (بخشی از یک نیمکره) $\Pi/6 \times h \times (3a2 + h2)$ است (a, h پارامترهای انتخابی نگارنده) و در این کره به‌وسیله مدل‌سازی و آزمون و خطا در جایگذاری اعداد در فرمول h=2.1m, a=3.7m به‌دست می‌آید (50/28 نزدیکترین عدد به 50/40 در ترسیمات است):

$V\ cap = \pi/6 \times 2.1 \times (3 \times 3.72 + 2.12) = 50.28\ m^3$

در نتیجه:

V dig= Vdome – Vdome cap
$Vdig1 = 140.4 – 50.28 = 90.12\ m^3$

حجم 90/12 نزدیک به حجم 90 متر مکعب طراحی شده است و همچنین LSL برابر مقدار زیر خواهد بود (R dome -h): LSL = 4.06 – 2.1 = 1.96 m

محاسبه ابعاد حجم ذخیره‌سازی گاز

طبق محاسبات قبل حجم ذخیره‌سازی گاز باید حداقل 27 مترمکعب باشد و حجم بخشی از یک کره(V segment) با واحد مترمکعب برابر:

$V\ segment = \pi/6 \times (3R1 + 3R2 + h) \times h$

به این ترتیب R1 برابر است با مقدار a یعنی 3/7 متر و برای پیدا کردن R2 از ترسیمات دقیق استفاده می‌کنیم در نتیجه R2 برابر است با 2/82 متر و در فرمول زیر مقادیر را وارد می‌نماییم:

$Vseg1 = \pi/6 \times (3 \times 3.72 + 3 \times 2.822 \times 0.92) \times 0.92 = 30.9\ m3$

ارتفاع مخزن سرریز

ارتفاع مخزن سرریز را موارد زیر را تعیین می‌کند:

- حداکثر فشار در نیروگاه.
- تا چه میزان امکان ورود دوغاب را به داخل لوله گاز گنبد وجود دارد.

برای تعیین موقعیت سرریز، دو نظریه وجود دارد:

1- سرریز باید در پایین لوله گنبد قرار گرفته باشد. این کار از رسیدن دوغاب به پایین لوله گاز جلوگیری می‌کند. در زمانی که نیروگاه نشتی گاز پیدا کند و یا زمانی که به دلایل دما و یا دیگر موارد، تولید گاز به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از مصرف گاز در طی یک دوره زمانی طولانی باشند، دوغاب می‌تواند به زیر لوله گاز برسد.

2- سرریز باید بالاتر از لوله گنبد قرار گرفته باشد. این اجازه می‌دهد تا نیروگاه در حداکثر فشار عمل کند و عملکرد اقتصادی‌تری داشته‌باشد. دوغاب ممکن است در این حالت به لوله گنبد وارد شود و ایجاد اشکال نماید.

در حالت بهینه بالای مخزن سرریز(oh)، 5 سانتی‌متر پایین‌تر از بالای گنبد قرار می‌گیرد.

بنابراین: oh= 4.06 – 0.05 =4.01 m

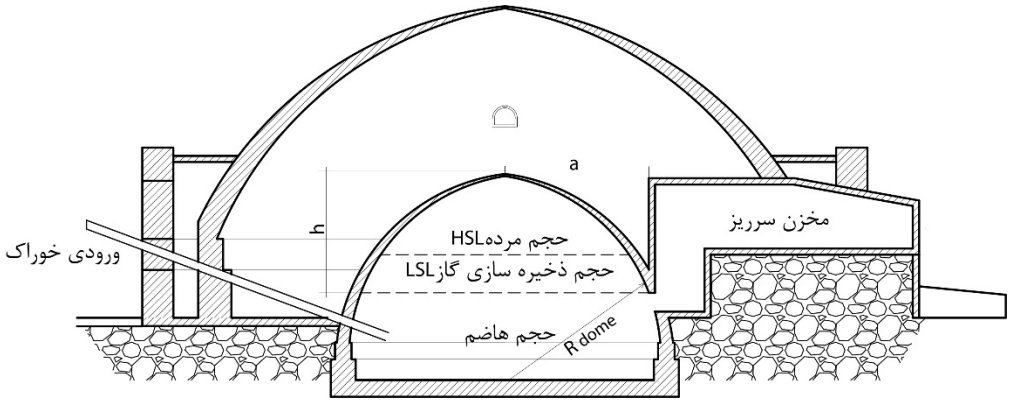
چک کردن فشار

حداکثر ارتفاع که می‌تواند تولید فشار نماید، زمانی است که در آن (LSL) به بیشترین سطح رسیده است و زیست‌توده اضافه باید را از طریق محفظه سرریز خارج شود.

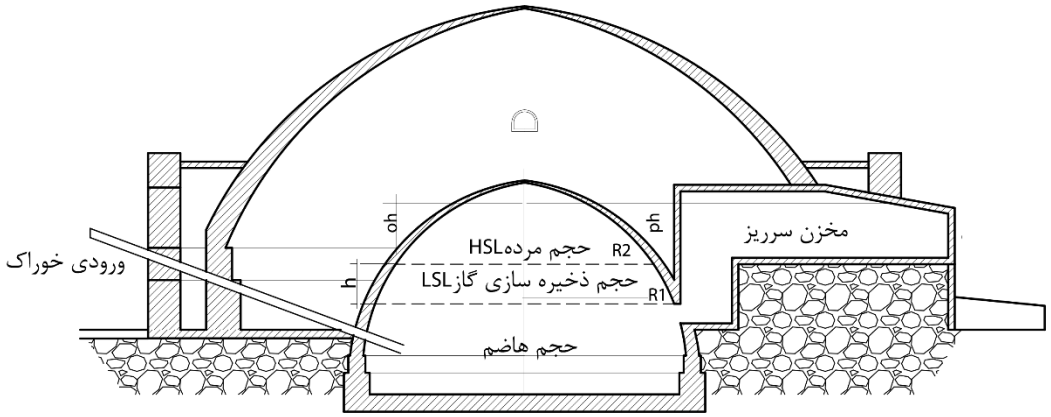
همانطور که در تصویر شماره 8 نشان داده شده است، ارتفاع فشار (ph) تفاوت بین ارتفاع سرریز (oh) و LSL است.

ph= 4.01 -1.96= 2.05 m

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]



ت 7. احجام و ابعاد گوارنده. (نگارندگان، 1394).



ت 8. حجم ذخیره‌سازی گاز، ارتفاع وحجم محفظه سرریز، محفظه ورودی و لوله ورودی. (نگارندگان، 1394).

ابعاد محفظه سرریز

حجم محفظه **سرریز** (Vcc) با واحد مترمکعب باید با حجم ذخیره‌سازی گاز نیروگاه مساوی باشد. پس این مخزن باید 27 مترمکعب حجم داشته باشد. با توجه به توضیحات قبل که سطح سرریز را پایین‌تر از بالای گنبد در نظر می‌گیرد لذا ارتفاع محفظه جبران (cch) با واحد متر، تفاوت بین ارتفاع سرریز (oh) و سطح بالاتر دوغاب (HSL) خواهد بود. اگر محفظه مکعب باشد ابعادی برابر 3 ×6/5×1/4 و یا مشابه آن خواهد داشت.

با فرض یک محفظه استوانه‌ای، شعاع محفظه سرریز (Rcc) با واحد متر به شرح زیر است :

$$R\,cc = (V\,cc / (\pi \times cch))1/2$$
$$R\,cc = (27 / (\pi \times 1.15))1/2 = 2.73\ [m]$$

محفظه ورودی و لوله ورودی

برای جلوگیری از برگشت دوغاب، ارتفاع کف مخزن ورودی باید بالاتر از ارتفاع سرریز (oh) باشد. در حالت بهینه، انتهای لوله ورودی را نیز برای جلوگیری از انسداد 15 سانتیمتر بالاتر از کف مخزن در نظر می‌گیریم.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

نتیجه

در انتخاب فناوری‌های نوین تولید انرژی کلیه شرایط اقتصادی، اجتماعی، تکنولوژیکی و درجه توسعه مناطق تأثیر گذارند و برای موفقیت طرح‌های تبدیل انرژی توجه به این عوامل بسیار حیاتی است. با توجه به آنکه تأمین انرژی مورد نیاز مناطق دور افتاده از اهمیت زیادی برخوردار است، استفاده بهینه از مواد زاید، امکان اجرای فناوری‌ها در داخل کشور، سادگی نسبی فناوری‌ها، سازگاری با فناوری‌های دیگر تبدیل و مصرف انرژی، می‌توانند عوامل مؤثری در پیشبرد طرح استحصال انرژی از زیست‌توده باشد.

استفاده از زیست‌توده به‌عنوان یک منبع انرژی نه تنها به دلایل اقتصادی، بلکه به دلایل توسعه بهداشتی و زیست‌محیطی نیز مناسب است همانگونه که در طی این پژوهش بررسی گردید، سیستم‌هایی که زیست‌توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک به‌صورت کارا عمل نمایند. همچنین تولیدات جانبی روستاها یکی از اصلی‌ترین منابع زیست‌توده هستند و می‌توانند فرصت‌های اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی فراهم می‌کنند.

در روستای طینوج به‌علت آلودگی زیست‌محیطی ناشی از وجود مرغداری‌ها، گردشگری در این روستای ییلاقی در دل کویر قم، رو به زوال دارد و می‌توان با بهره‌گیری از زیست‌توده نه تنها مشکل تأمین برق منطقه را حل کرد بلکه به بازگشت بومیان مهاجرت کرده با ایجاد اشتغال ناشی از گردشگری کمک نمود. همچنین، استفاده و بهره‌برداری تجاری از زیست‌توده، می‌تواند آلودگی‌های محیطی و مشکلات بهداشتی مربوط به فضولات دام و طیور و پسماندهای روستایی را حذف و یا کاهش دهد و پیوند مناسبی بین روستا و صنایع ایجاد کند. براساس ظرفیت‌های موجود در طینوج پیشنهادهای زیر را برای این روستا می‌توان مطرح نمود:

1- استفاده از زیست‌توده برای تأمین برق روستا و انرژی مورد نیاز مرغداری‌ها؛

2- احداث نیروگاه با توجه با مناسب بودن عوامل محیطی و تأمین خوراک؛

3- امکان احداث یک واحد 120 مترمکعبی گوارنده فضولات دامی با مشخصات ذکر شده؛

در پایان ذکر این نکته ضروریست که ادامه برنامه‌های تحقیقاتی کاربرد بیوگاز برای کشور به‌خصوص در روستاها می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، اثر چشمگیری در جلوگیری از آلودگی‌های محیط زیستی حاصل از زایدات داشته باشد.

پی‌نوشت

1. Hetertroph
2. Total Solid
3. Hydraulic Retention Time
4. Low Substrate Level
5. High Substrate Level

فهرست منابع

- امین صالحی، فرناز. (1383)، بررسی استفاده از انرژی زیست‌توده در جهان و امکان سنجی کاربرد آن در تولید انرژی در ایران، طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی.

- امین‌صالحی، فرناز. (1391)، مدل‌سازی تجزیه و تحلیل زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی تبدیل بایوگاس به انرژی در ایران، پایان‌نامه دکترای، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

- پیرنیا، محمدکریم. (1383)، سبک‌شناسی معماری ایرانی، سروش دانش، تهران.

- تاری، مهتا.(1394)، امکان‌سنجی بهره‌گیری از نیروگاه‌های زیست‌توده برای تأمین انرژی مناطق دورافتاده ایران،

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]

پایان‌نامه دکتـرای، دانشـکده معمـاری و شهرسـازی دانشـگاه بین‌المللی امام خمینی.
- سرتیپی‌پور، محسن. (1388)، فواید و آثار زیسـت محیطـی- کالبدی کاربرد بهینه زیست‌تـوده در روسـتاها، فصـلنامه علـوم محیطی، تهران.
- Heegde, F., (2010), Domestic Biogas Plants Sizes and Dimensions, SNV Renewable Energy January.
- Kinoshita, C.M. & et al (1997) power Generation Potentials of Biomass Gasification Systems, Journal of Energy Engineering.
- Metcalf & Eddy, (1991), Wastewater Engineering.
- Rutz, D., Epp, C., Köttner, M., (2008), Guidelines for Selecting Suitable Sites for Biogas Plants, WIP Renewable Energies.
-Tari, Mahta, Gorji Mahlabani, Yousef, Sartipipour, Mohsen, (2015), Feasibility of Using the Methods of Energy Production from Biomass in Rural Settlements, GMP review.
-Tari, Mahta, Gorji Mahlabani, Yousef, Sartipipour, Mohsen, (2015), The Potential Of Utilizing The Biomass For Energy Supply In Remote Areas Of Iran, IJBPAS.
-Xiaodong,L,Jianhua,Y,Yong, Mingjang, NKefa, C, (2002).Development of Municipal Solid Waste Incineration Tecnology,Better air Quality in Asian and Pacific Rim Cities.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-14]