

ضرورت توسعه نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز در کشور

فرناز امین صالحی^۱، محمدعلی عبدلی^۲

تاریخ دریافت مقاله:

۸۸/۴/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۸/۶/۱۰

چکیده:

ازدیاد روزافزون مواد زائد آلی حاصل از فعالیت‌های مختلف در کشور، یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط زیست می باشد. امروزه با توجه به پایین بودن بازده بهره‌گیری روش‌های سنتی، هزینه بالای دفن مواد زائد و آلودگی‌های زیست محیطی، استفاده از روش‌های مدرن نظیر هضم بی‌هوازی برای تولید بیوگاز متداول شده است. بیوگاز جمع‌آوری شده از فرآیند هضم بی‌هوازی، بعنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر مشابه با گاز طبیعی ولی با مقدار متان و ارزش حرارتی کمتر قابل استفاده می باشد. اما امروزه با کمک فن‌آوری‌های تصفیه و آماده‌سازی مناسب، دسترسی به بیوگاز با خصوصیات کاملاً مشابه با گاز طبیعی امکان‌پذیر شده است [۱]. در حال حاضر بیوگاز بعنوان یکی از منابع عمده تأمین انرژی الکتریکی و حرارتی و ضمناً یک گزینه مناسب برای استفاده در موتور چهار ضربه ای، موتور دیزل، موتور استرلینگ، توربین گاز، میکرو توربین گازی و پیل‌های سوختی جهت تولید برق می باشد [۲]. استفاده از بیوگاز به علل متفاوتی که به مزایای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن بر می گردد، در نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت برای تولید انرژی مورد توجه جهان واقع شده است [۳و۴]. تولید بیوگاز از فن‌آوری هضم بی‌هوازی و کاربرد آن در نیروگاه‌های CHP در ایران می تواند ضمن تأمین قسمتی از انرژی مورد نیاز کشور، حرکت در راستای توسعه پایدار را نیز محقق سازد. در این مقاله به ضرورت توسعه نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت بیوگازسوز در کشور، با توجه به بررسی‌هایی که از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی صورت گرفته است، پرداخته می شود. همچنین برای اثبات اهمیت ضرورت احداث اینگونه نیروگاه‌ها از دیدگاه اقتصادی محاسبات لازم برای یک نیروگاه بیوگاز تولید همزمان برق و حرارت بصورت مطالعه موردی انجام گردیده است.

کلمات کلیدی:

بیوگاز، توسعه پایدار، زائدات آلی، تولید همزمان برق و حرارت، هضم بی‌هوازی

مقدمه

در سالهای اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی، موجب بحران انرژی در جهان گردیده است. مصرف روز افزون انرژی حاصل از سوختهای فسیلی اگر چه رشد سریع اقتصادی جوامع مختلف را به همراه داشته است، اما بواسطه انتشار آلاینده های حاصل از احتراق سوختهای فسیلی و افزایش دی اکسید کربن در اتمسفر و پیامد های ناشی از آن، جهان را با تغییرات تهدیدآمیزی روبرو کرده است. از سوی دیگر محدودیت منابع فسیلی و تجدید ناپذیر بودن این منابع موجب گردیده است تا سیاستگذاران و برنامه ریزان بخش انرژی با انجام مطالعات ساختاری، جایگزینی حامل های انرژی، حرکت به سوی سوختهای پاک را در رئوس برنامه های خود قرار دهند. یکی از این گزینه ها، استفاده از حاملان انرژی حاصل از منابع بیوماس مانند بیوگاز می باشد. بیوگاز می تواند برای تولید برق یا حرارت استفاده شود. از آنجائیکه در فرآیند تولید برق معمولاً حرارت نیز به موازات آن تولید می گردد بنابراین بازیافت حرارت در چنین فرآیندی امکان پذیر است. این چنین نیروگاههایی را نیروگاه یا واحدهای تولید همزمان برق و حرارت می نامند (CHP=Combined Heat & Power) [۲].

امروزه کشور های بسیاری در جهان به اهمیت این موضوع پی برده و در این زمینه فعالیت می نمایند. انگلستان در حال حاضر بیش از ۱۰۰ میلیون تن در سال مواد آلی شامل زائدات غذایی، لجن فاضلاب و محصولات انرژی زا تولید می نماید که برای تولید بیوگاز قابل استفاده هستند. برنامه ی این کشور تولید ۰/۸ تراوات ساعت در سال برق از طریق بیوگاز حاصل از هضم بی هوازی در نیروگاه های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز می باشد [۵].

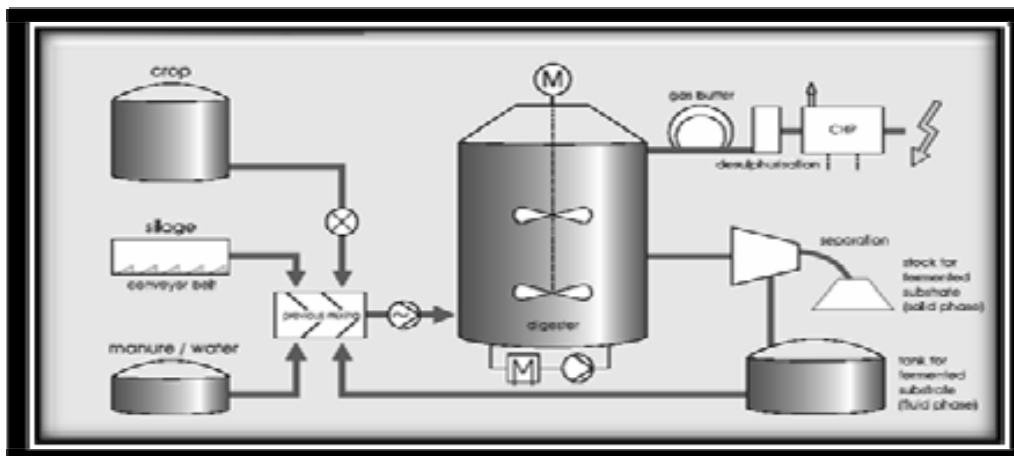
در کشورهای اروپای شرقی مانند بلغارستان، یونان، کرواسی، رومانی و لیتوانی مناسب ترین روشی که برای تولید انرژی از منابع بیوماس شناخته شده، نیروگاه های تولید همزمان بیوگاز سوز می باشد. مهمترین عواملی که توجه این کشورها را به این فن آوری جلب نموده است، راندمان بالای تولید انرژی و اقتصادی بودن آن به علت بازیافت حرارت تولیدی بوده است. معمولاً قسمتی از حرارت برای گرم کردن هاضم و مابقی آن برای کاربری های دیگر استفاده می شود [۳].

در آمریکا نیز مطالعات و تحقیقات زیادی بر روی تولید بیوگاز به روش هضم بی هوازی و احداث نیروگاه های CHP بیوگاز سوز صورت گرفته است. نتیجه این بررسی ها نشان داده است که این کشور در حال حاضر با استفاده از منابع بیوماس موجود چون فاضلاب های صنایع لبنی، فضولات دامی دامداریها و محصولات انرژی زا قادر است ۳ گیگاوات برق با احداث نیروگاه های CHP بیوگازسوز تولید نماید [۷].

در ایران نیز از سال ۱۳۵۳ مطالعات پراکنده ای توسط مؤسسات تحقیقاتی و دانشگاهی انجام گرفته است که منتهی به ساخت چندین دستگاه بیوگاز به صورتهای آزمایشی گردیده است. اولین هاضم تولید گاز متان در ایران در روستای نیاز آباد لرستان در سال ۱۳۵۴ ساخته شد. این دستگاه به گنجایش ۵ متر مکعب، از فضولات گاوی روستا تغذیه کرده و سوخت مورد نیاز حمام مجاور را تأمین می نمود. از سال ۱۳۶۱ مرکز تحقیقات انرژیهای نو در سازمان انرژی اتمی پژوهشهای ویژه‌ای را در این زمینه به انجام رسانده که از جمله می توان به احداث ۱۰ واحد بیوگاز در استانهای سیستان و بلوچستان، ایلام و کردستان اشاره نمود. ضمناً احداث یک دستگاه بیوگاز طرح چینی با مدل آدم رو با ظرفیت ۱۳ متر مکعب در سال ۱۳۷۷ به صورت پایلوت برای شرکت خدماتی کیش طراحی و احداث کرده است که از پسماندهای جامد و مایع تغذیه شده است. در دهه ۱۳۶۰ وزارت جهاد سازندگی نیز در این راستا اقداماتی صورت داده است، بدین صورت که ابتدا در سال ۱۳۶۳ یک واحد آزمایشی در حیدر آباد کرج ساخته شد و سپس در سال ۱۳۶۴ یک نمونه واقعی در یکی از روستاهای شهر گرگان احداث کرد. همچنین جهاد سازندگی ۴۰ هاضم دیگر در مناطق مختلف کشور (۱۹ استان) بنا نمود که تنها ۱۸ واحد آن به مرحله گاز دهی رسیده است. در سال ۱۳۷۸ سازمان انرژیهای نو ایران پروژه ای را در زمینه احداث یک نیروگاه بیوگازسوز در ساوه تعریف نمود که با ساخت سایت تحقیقات بیوگاز با ۳ راکتور و آزمایشگاه مجهز به منظور تحقیقات، در ساوه آغاز گردید. لذا قدم های اولیه برای رسیدن به تکنولوژی نیروگاهی بیوگاز در کشور برداشته شده است، از آنجائیکه بهبود کارایی انرژی در تولید انرژی و اصلاح تولید برق از سیاستهای بنیادین کشور بشمار می آید بنابراین ضرورت مطالعه و بررسی برای ترویج و توسعه احداث نیروگاه های CHP بالخصوص با استفاده از منابع بیوماس احساس می گردد. با توجه به این موضوع در این مقاله یک نیروگاه تولید همزمان بیوگازسوزی با فن آوری هضم بی هوازی از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد.

واحد بیوگاز فرآیند هضم بی هوازی

یک واحد بیوگاز در واقع یک مخزن تخمیر (یا هاضم بی هوازی) ساده است. تخمیر بر روی مواد آلی ورودی مانند زائادات کشاورزی و فضولات حیوانی که در شکل (۱) نشان داده شده، صورت گرفته و از سوی دیگر گازهای حاصله (از جمله متان) و لجن باقیمانده (غنی از مواد حاصلخیزکننده‌ی خاک مانند پتاسیم، نیتروژن و فسفر) خارج می گردند. بطور کلی، انواع فن آوریهای بیوراکتور را می توان در صنعت یافت که در هر یک از انواع فرآیندها نکته مهم مخازن مقاومی است که می باید در اختیار باشد تا از تغییرات ناگهانی خوراک هاضم و قطع موقت عملیات اجتناب شود و بار متان سازی ثابت باشد.



شکل ۱: یک نوع از واحدهای بیوگاز برای زائدات کشاورزی و فضولات دامی

نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت (CHP) بیوگاز سوز

کاربرد نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت برای واحدهای بیوگاز خیلی مرسومند. همگام با تولید برق، حرارت نیز با درصدی کمتر یا بیشتر بسته به فن آوری مولد برق تولید می شود. تقریباً ۵۰٪ نیروگاه های تولید همزمان حرارت و برق نصب شده برای واحدهای بیوگاز در اروپا با موتورهای چهار مرحله ای جرقه ای و حدود ۵۰٪ با موتورهای تراکمی کار می کنند. فن آوریهای جدیدتر مانند پیلهای سوختی یا میکروتوربین های گازی بندرت استفاده می شوند. راندمان کلی یعنی مجموع راندمان های حرارتی و الکتریکی در محدوده ی بین ۹۰-۸۵ درصد برای نیروگاه های تولید همزمان برق و حرارت جدید قرار دارد. بنابراین فقط ۱۵-۱۰ درصد انرژی بیوگاز تلف می شود. مزایا و معایب نیروگاه های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز که به هاضم های بی هوازی مرتبط می باشد، در جدول (۱) آمده است:

جدول ۱: مزایا و معایب نیروگاه های CHP بیوگاز سوز مرتبط با هاضم های بی هوازی [۶]

مزایا	معایب
<ul style="list-style-type: none"> - حذف بو و حیوانات موذی - مدیریت مواد زائد - بهداشتی بودن - صرفه جویی انرژی - صرفه جویی حرارت - کاهش هزینه برق 	<ul style="list-style-type: none"> - مدیریت سیستم هاضم (نیروی کار، تعمیر و نگهداری) - تعمیر و نگهداری CHP - هزینه های اصلی

عوامل مشوق در احداث نیروگاه های تولید همزمان بیوگاز سوز در ایران

عوامل متعددی مشوق افزایش تولید و کاربرد بیوگاز در نیروگاه های بیوگاز سوز هستند، از جمله اصلی ترین آنها می توان به پتانسیل بالای منابع بیوماس، تولید انرژی برای کاهش مصرف گاز طبیعی، مشکلات دفع مواد زائد و هزینه های پنهان تولید انرژی از سوخت های فسیلی اشاره نمود، که در زیر به آنها پرداخته شده است.

پتانسیل موجود منابع بیوماس

کلیه موادی که در طبقه بندی منابع بیوماس قرار می گیرند، دارای مواد آلی هستند و توانایی انجام واکنش هضم بی هوازی برای تولید بیوگاز را دارند. منابع اصلی بیوماس شامل زائدات کشاورزی، پسماند های شهری، فضولات دامی، فاضلاب های شهری و صنعتی می گردد.

مقدار انرژی حاصل از بیوماس به طور منطقه ای فرق می کند و تا حد زیادی به شرایط آن منطقه بستگی دارد. به طور مثال، درصد مواد زاید آلی در پسماند شهری ایران حدود ۷۵٪، در حالیکه در آمریکا ۲۵٪ می باشد [۸]. این خصوصیت پسماند های شهری در ایران آن را برای کاربرد در هاضم های بی هوازی برای تولید بیوگاز مناسب تر می کند.

با توجه به مقادیر چشمگیر تولید سالیانه منابع بیوماس در ایران که در جدول (۲) به آن اشاره شده است، اهمیت استفاده از این منابع جهت تولید بیوگاز مشخص تر می گردد.

جدول ۲: پتانسیل تولید سالیانه منابع بیوماس و تولید بیوگاز در ایران [۹]

منبع بیوماس	میزان تولید سالیانه	پتانسیل تولید بیوگاز (میلیون مترمکعب)
فضولات دامی	۷۴۹۴۶ (هزار تن)	۸۶۶۸
فاضلاب های شهری	۲۵۱۷۶ (هزار تن)	۱۰۸-۲۴۵
فاضلاب های صنعتی	۳۶۲۴۵ (هزار لیتر)	۸۲-۲۸۰
زائدات کشاورزی	۲۳۱۴۷ (هزار لیتر)	۵۴۷۵
زباله های شهری	۱۳/۸۷ (میلیون تن)	۱۶۴۶

تولید انرژی برای جبران بخشی از مصرف گاز طبیعی

مجموع گاز متان قابل تولید از زائدات زیستی در ایران ۹۱۷۵/۲ میلیون متر مکعب می باشد که در مقایسه با مصرف نهایی گاز در بخش های خانگی، تجارتي و صنعتی کشور ۱۵٪ مصرف آن را تشکیل می دهد. این مقدار در مقایسه با مصرف گاز طبیعی در کلیه نیروگاه های کشور در سال ۱۳۸۶ حدود ۲۵٪ می باشد [۱۰].

مشکل دفع مواد زائد

از مهمترین عوامل و فاکتورهای تشویق کننده استفاده از منابع بیوماس برای تولید بیوگاز، دفع مواد زائد آلاینده ای است که در واقع خوراک واحد های هاضم برای تولید بیوگاز می باشند. به عبارت بهتر، موادی که در حالت معمولی غیرقابل مصرف، زائد و آلوده کننده هستند، منابع بالقوه ی انرژی می باشند. یعنی استفاده از این مواد دو گونه سود آوری برای جوامع استفاده کننده به همراه دارند:

اولین سود کاربرد آنها کاهش چشمگیر هزینه های جمع آوری، دفع و هزینه های زیست محیطی بوده و دومین مزیت آن مصرف بیوگاز تولیدی در بخشهای مختلف تولید انرژی می باشد. برای روشن تر شدن این موضوع به ذکر چند نکته پرداخته می شود. با توجه به تولید روزانه زباله حدود ۴۰ هزار تن در کشور، هزینه جمع آوری، پردازش و اضمحلال این حجم که رقم سرسام آوری خواهد بود، حذف می گردد. به عنوان مثال اگر چگالی زباله ی ایران و متوسط عمق دفن به ترتیب ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۵ متر در نظر گرفته شود. مقدار زمینی که روزانه برای دفن بهداشتی چنین زباله ای لازم است، حدود ۲۱۷۱۵ متر مربع و سالیانه حدود ۷۹۳ هکتار خواهد بود. هزینه دفن به تنهایی (هزینه های جمع آوری، جداسازی و حمل و نقل در نظر گرفته نشده است) حدود ۱۴ میلیارد تومان در سال خواهد بود.

نمونه ی دیگری از کاربرد منابع بیوماس، فاضلابهای شهری و صنعتی می باشد که سالیانه حدود ۴/۶ میلیارد مترمکعب تولید می شود. هزینه های جمع آوری، تصفیه و دفع این حجم فاضلاب، طبق برآورد های انجام شده برابر ۱۸۰۰ میلیارد ریال می باشد [۱۱].

هزینه های پنهان تولید انرژی از سوخت های فسیلی

هم اکنون تولید انرژی از سوخت های فسیلی با هزینه های پنهان متعددی همراه است. یکی از مهمترین این هزینه ها صدمات زیست محیطی است که این منابع انرژی ایجاد می کنند. هزینه های اجتماعی - زیست محیطی نیروگاه های فسیلی تولید برق در ایران بالغ بر ۱۸۰۷۴ میلیون ریال در سال ۱۳۸۶ بوده است [۸]. با توجه به این موضوع جایگزینی نیروگاه های مرسوم فسیلی با نیروگاه های بیوگازسوز از نظر اجتماعی و زیست محیطی بسیار مفید خواهد بود.

اهمیت نیروگاه تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز از دیدگاه توسعه پایدار

کاربرد نیروگاه های بیوگاز سوز مزایای زیادی از دیدگاه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به همراه دارد. از مهمترین این مزایا می توان به کاهش اثرات زیست محیطی با مدیریت مواد زائد آلی، ارتقاء سطح رفاه جامعه با اشتغال زایی و تولید برق و حرارت با هزینه کمتر و بهبود کارایی انرژی اشاره نمود. بنابراین نیروگاه های بیوگاز سوز قادر است، نقش

مؤثری در پیشبرد جامعه به سمت توسعه پایدار ایفاء نماید. با توجه به این اهمیت ویژه، در بخشهای بعدی به اثرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی کاربرد این نیروگاه ها پرداخته شده است.

بررسی اقتصادی احداث یک نمونه از نیروگاه بیوگاز سوز در ایران (مطالعه موردی)

عمده ترین چالش فراوری انرژی بیوماس، مسائل اقتصادی آن است. در حال حاضر هزینه تولید انرژی بیوگاز معمولاً با توجه به تکنولوژی مورد استفاده، کمی بیشتر از سایر انواع انرژی است. با این وجود هزینه در طول سالهای اخیر به دلیل پیشرفت فن آوری بشدت کاهش یافته و در صورت ادامه این روند، آهنگ رشد تولید انرژی بیوگاز بیشتر خواهد شد [۱۲].

به منظور بررسی اقتصادی نیروگاه CHP بیوگازسوز، کلیه مواردی که بایستی در سرمایه گذاری در نظر گرفته شود بصورت خلاصه در جدول (۳) آورده شده است.

به منظور بررسی اقتصادی نیروگاه های CHP بیوگاز سوز به یک مطالعه موردی از این نیروگاه که خوراک آنها زائدات کشاورزی و فضولات دامی می باشد، پرداخته شده است. در این مطالعه موردی حجم بیوراکتور نمونه ۴۳۱ مترمکعب و ظرفیت اسمی نیروگاه CHP بیوگاز سوز، ۱۱۱kW محاسبه شده است. مطابق جدول (۳) هزینه سرمایه گذاری برای راکتور ۴/۶۴ میلیون ریال بر متر مکعب و همچنین هزینه سرمایه گذاری ویژه برای CHP در واحد انرژی الکتریکی برای یک نیروگاه ساده CHP حدود ۶/۵ میلیون ریال بر کیلو وات تعیین گردیده است. در محاسبات اقتصادی هزینه سرمایه گذاری بدون در نظر گرفتن CHP حدود ۲ میلیارد ریال و برای تأسیسات مربوط به CHP حدود ۷۲۰ میلیون ریال برآورد شده است. هزینه های CHP شامل هزینه های اتصال الکتریکی بین نیروگاه و شبکه برق بر اساس امکانات فنی و منطقی برای کوتاهترین فاصله می باشد. بنابراین هزینه کل برابر ۲/۷۲۰ میلیارد ریال برآورد شده است. در واحد بیوگاز CHP مورد مطالعه انرژی بصورت برق و حرارت مصرف می گردد که در جدول (۴) توان مصرفی برق و حرارت به ترتیب ۱۵/۳ و ۲۵/۸ آورده شده است.

در جداول (۵، ۶ و ۸) به ترتیب هزینه های اصلی، مصرفی، عملیاتی و در آمد سالیانه با ارائه جزئیات برای نیروگاه محاسبه گردیده است.

این نیروگاه از نوع موتورهای احتراقی تراکمی (CI) (دوگانه سوز) می باشد، که با توجه به شرایط نیروگاه های بیوگاز سوز کوچک حدود ۱۰٪ از سوخت گازوئیل استفاده می شود.



جدول ۳: مقادیر نمونه برای هزینه های نیروگاه های بیوگاز سوز با خوراک زواید کشاورزی [۱۳]

مقادیر نمونه (US\$)	هزینه پایه
۵۰۰-۱۵۰۰	هزینه سرمایه گذاری برای CHP بر kW_e
۳۰۰-۵۰۰	هزینه سرمایه گذاری بر $1m^3$ حجم راکتور
۴۵۰-۷۰۰ (سازه شخصی) ۶۵۰-۱۸۰۰ (سازه صنعتی)	هزینه سرمایه گذاری بر ۱ واحد فضولات دامی
۲۴۰۰ (واحد های بزرگتر از ۳۰۰ کیلووات) ۶۰۰۰ (واحد های کوچک)	هزینه سرمایه گذاری بر $1 kW$ نیروگاه نصب شده
۴۰۰۰-۷۰۰۰ (واحد به تنهایی) ۵۵۰۰-۹۰۰۰ (شامل سیلو برای زائدات ذرت)	هزینه سرمایه گذاری بر $1m^3/h$ بیوگاز

جدول ۴: فهرست مصرف کنندگان و توان مصرفی آنان در واحد تولید بیوگاز

توان (kW)	مصرف کنندگان
۱۳/۴	همزن ها
۰/۶	پمپ
۰/۸	نقاله پیچشی برای ذرت و علف
۰/۵	کمپرسور هوا
۱۵/۳	توان کل برق مصرفی
۸/۸	اتلاف حرارت از طریق دیوار بیوراکتور
۱۷	حرارت برای گرم کردن خوراک
۲۵/۸	توان کل حرارت مصرفی

جدول ۵: هزینه های اصلی (سالیانه/هزار ریال)

۶۳۰۰۰	هزینه های بتن ریزی هاضم
۷۴۰۰۰	هزینه های تجهیزات فنی
۱۸۰۰۰۰	هزینه های CHP
۳۲۶۴۰۰	هزینه های بهره وام (۱۲٪)
۶۴۳۴۰۰	جمع کل

در جدول (۶) میزان سوخت مصرفی ۱۰۰ لیتر در روز که هزینه آن لیتری ۲۵۰ ریال یعنی با قیمت واقعی و بدون یارانه سوختی در نظر گرفته شده است.

با توجه به هزینه های آورده شده، هزینه کل این نیروگاه بیوگازسوز ۸۳۲ میلیون ریال در سال برآورد می شود. ضمناً این نیروگاه همراه با فروش برق و حرارت اضافی و باقیمانده حاصل از فرآیند تخمیر که برای استفاده کود بسیار مناسب است، نیز درآمد خواهد داشت.

جدول ۶: هزینه های مصرفی در سال (سال/هزار ریال)

هزینه برق	۶۶۰۹
هزینه سوخت	۱۰۰۰۰
هزینه حرارت	۱۵۳۸۰
هزینه کل	۳۱۹۰۹

جدول ۷: هزینه های عملیاتی سالیانه (سال/هزار ریال)

هزینه های تعمیر و نگهداری بتن ریزی	۶۳۰۰
هزینه های تعمیر و نگهداری تجهیزات فنی	۲۲۲۰۰
هزینه های تعمیر و نگهداری CHP	۲۸۸۰۰
هزینه کارکنان	۱۰۰۰۰۰
جمع کل	۱۵۷۳۰۰

این درآمذایی بصورت سالیانه در جدول (۸) آورده شده است. ضمناً در محاسبات میزان ساعت کارکرد نیروگاه ۸۶۴۰ ساعت در سال، میزان ظرفیت توان الکتریکی و حرارتی عملی به ترتیب ۸۵/۴ و ۱۴۲ کیلووات در نظر گرفته شده است.

جدول ۸: درآمد سالیانه (سال/هزار ریال)

فروش برق	۹۰۷۵۶۳/۸۸۰
فروش حرارت	۸۴۶۵۴/۷۲۰
فروش کود	۱۰۰۰۰
درآمد کل	۱۰۰۲۲۱۷/۶

بنابراین درآمد سالیانه نیروگاه بیوگازسوز مطالعه شده که با توجه به نرخ خرید برق برای انرژی های تجدید پذیر، هر کیلو وات ساعت برق ۱۲۳۰ ریال و برای انرژی حرارتی هر ۱۰ کیلو وات ساعت حرارتی برابر قیمت ۱ متر مکعب گاز طبیعی، ۶۹۰ ریال، محاسبه شده است (بخشنامه وزارت نیرو). در صورت حذف مخارج سالیانه (۸۳۲ میلیون ریال در سال) از درآمد سالیانه (۱۰۰۲۲۱۷/۶ میلیون ریال)، سود سالیانه نیروگاه ۱۷۰ میلیون ریال در سال خواهد بود که از نظر ملی اقتصادی و قابل توجهی می باشد و دوره بازگشت سرمایه آن کمتر از ۶ سال بدون در نظر گرفتن مقدار کاهش گازهای گلخانه ای و صرفه جویی گاز طبیعی معادل خواهد بود.

بررسی اجتماعی احداث نیروگاه‌های بیوگاز سوز

سیستم های انرژی های تجدیدپذیر نسبت به سیستم های انرژی سوخته های فسیلی به نیروی کار بیشتری احتیاج دارد. ضمناً از میان فن آوری های انرژی تجدیدپذیر، مشاغل مربوط به فن آوری های بیو انرژی به علت تفاوتی که با دیگر فن-آوری ها دارد، تنوع و تعداد موقعیت های شغلی آن بیشتر می باشد. این موضوع در جدول (۹) نشان داده شده است.

جدول ۹: موقعیت شغلی سالیانه بر مبنای ۱۰۰ GWh تولید برق [۱۴]

۱-۶	تکنولوژی های سوخت فسیلی
۱۵-۲۰	باد
۵۰-۵۴	فتوولتائیک
۲۵-۲۷	حرارت خورشیدی
۸-۹	آبی کوچک
۱۸-۱۹	بیوماس - زائدات جنگلی
۶۴	بیوماس - گیاهان انرژی زا
۵۸	بیوگاز - زائدات کشاورزی

جدول ۱۰: مثال هایی از مشاغل حاصل از پروژه های بیوانرژی [۱۵]

کشور	کل مشاغل در PJ	مشاغل القایی	مشاغل غیر مستقیم	مشاغل مستقیم	پروژه بیوماس
فرانسه	۱۱۵	۳۰	۳۳	۵۲	زائدات جنگلی CHP
ایتالیا	۶۵	۱۳	۱۱	۴۱	زائدات صنعتی CHP
هلند	۴۲	۲۷	۲	۱۳	پسماند شهری CHP

انواع شغل ها بر اساس پروژه های بیو انرژی شامل مشاغل مستقیم، غیر مستقیم و القایی (induced employment) می شود. مشاغل مستقیم شامل تولید سوخت؛ ساخت، عملیات و تعمیر و نگهداری واحد تبدیل و حمل و نقل سوخت ها است. مشاغل غیر مستقیم به کلیه مشاغل ناشی از کلیه فعالیت های مرتبط گفته می شود. مشاغل القایی مشاغلی است که مرتبط با فروش برق اضافی می باشد. در جدول (۱۰) مثال هایی از مشاغل حاصل از پروژه های بیوانرژی آمده است.

بررسی زیست محیطی احداث نیروگاه بیوگاز سوز

آنچه که انرژی بیوگاز را از نظر زیست محیطی، نسبت به سایر انرژی های تجدیدپذیر متمایز می کند، جمع آوری و کنترل مواد آلی زائد شهرها و صنایع، کاهش اثرات گازهای گلخانه ای، جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی، از بین بردن تخم علف های هرز و انگلها می باشد. همچنین استفاده از زائدات آلی در فن آوری هضم بی هوازی باعث کاهش تولید متان، دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن می شود که اثر گلخانه ای این گازهای متان و اکسید نیتروژن از CO₂ بیشتر است، بطور مثال اثر گلخانه ای متان حدود ۲۱ برابر CO₂ می باشد این نسبت در جدول (۱۱) ارائه شده است.

جدول ۱۱: نسبت اثر گاز های گلخانه ای [۳]

۱	CO ₂
۲۱	CH ₄
۳۱۰	N ₂ O
۲۳۹۰۰	SF ₄
۶۵۰۰-۹۲۰۰	PFC
۱۴۰-۱۱۷۰۰	HFC

همچنین نتایج مطالعات بر روی یک نمونه دامداری با ۲۰۶۹ رأس دام که روزانه حدود ۲۰ متر مکعب فضولات دامی در یک هاضم با حجم ۳۰۰ متر مکعب پردازش می گردد، نشان داده است که در بهترین حالت بیوگاز تولیدی ۱۱۹۸ متر مکعب می باشد. با توجه به اینکه ۶۵٪ بیوگاز تولیدی، متان بوده است. لذا حجم متان در این وضعیت ۱۵۰ متر مکعب در روز، یعنی معادل وزنی ۱۰۷/۵۵ کیلو گرم در روز یا معادل ۳۹ تن CO₂ در سال می باشد [۱۶]. در این شرایط مقدار ۳۵٪ از CO₂ تولیدی کسر می شود.

نتیجه گیری

تولید حجم وسیعی از منابع بیوماس در ایران حکایت از قابلیت بالای بیوماس برای تولید انرژی در کشور دارد. در این میان فن آوری های تولید بیوگاز از روش هضم بی هوازی در جهان توسعه بسیاری نموده است، بخصوص زمانی که بیوگاز حاصل از آن در نیروگاههای تولید همزمان برق و حرارت استفاده می شود. با احداث این نوع نیروگاهها نه تنها سالانه مقدار چشمگیری برق و حرارت، بلکه هزاران تن کود طبیعی برای کشاورزی تولید خواهد شد که اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی چشمگیری را به همراه دارد. محاسبات اقتصادی برای یک نمونه از نیروگاههای بیوگاز سوز با ظرفیت ۱۱۱ kW_e که بیوگاز مصرفی را از یک بیوراکتور نمونه ۴۳۱ متر مکعبی تأمین می نماید، انجام گردید. مخارج این نیروگاه که شامل هزینه های اصلی، مصرفی و عملیاتی می باشد، برابر ۸۳۲ میلیون ریال در سال است. در حالیکه درآمد نیروگاه به فروش برق و حرارت اضافی و کود حاصله منحصر می گردد، برابر ۱۰۰۲/۲۱۷ میلیون ریال در سال می باشد. با توجه به مخارج و درآمد سالیانه نیروگاه، سود سالیانه حاصل ۱۷۰ میلیون ریال در سال است. نتایج محاسبات نشان می دهد که احداث نیروگاه بیوگاز سوز اقتصادی است و از بازگشت سرمایه قابل قبولی برخوردار است. ضمن آنکه با افزایش ظرفیت نیروگاه به علت کاهش در هزینه سرمایه گذاری نسبت به تولید برق و حرارت، سود بیشتری را به همراه خواهد داشت.

همچنین مهمترین مزایای اجتماعی که برای این نیروگاه های بیوگاز سوز می توان برشمرد، شامل موارد زیر می گردد:

- ایجاد موقعیت های شغلی بیشتر نسبت به نیروگاههای فسیلی
- بهبود وضعیت سلامت و بهداشت برای عموم مردم
- تولید کود بهبود دهنده خاک (بخصوص با توجه به فقر عمومی خاک در کشور)



اثر زیست محیطی کاربرد این نیروگاه ها نیز بسیار چشمگیر است، زیرا استفاده از زائدات آلی در فن آوری هضم بی هوازی باعث کاهش تولید گازهای گلخانه ای چون متان، دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن می گردد. بنابر این نتایج حاصله بخوبی نمایانگر ضرورت ترویج و توسعه در احداث نیروگاه های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز، که راهی به سوی توسعه پایدار در کشور خواهد بود، می باشد.

منابع

- [1] Berglund, M., Borjesson, P. (2006) "Assessment of Energy Performance in the Life- Cycle of Biogas Production", Biomass and Bio-energy No.30, pp.254-266.
- [2] Rutledge, B., (2005) "California Biogas Industry Assessment", White paper.
- [3] Finsterwalder, T., Rutz, D., (2008) "Technical Opportunities for the Utilization of Biogas in Eastern Europe", Finsterwalder Umwelttechnik Project, Germany.
- [4] Nielsen, J.B.H.; Oleskowicz-popiel, P. (2007) "The Future Biogas in Europe: Visions and Targets Until 2020", European Biogas Workshop, The Future of Biogas in Europe-III, 14-16 June, Denmark, pp. 101-108.
- [5] www.energy.co.uk/, available 2009.08.09.
- [6] Cuttica, j. (2006) "CHP-The Concept", Midwest CHP Application Center, University of Illinois at Chicago.
- [7] Kramer, J. (2008) "Wisconsin Agricultural Biogas Case book", Prepared for focus on Energy, Energy Center of Wisconsin.
- [۸] عبدلی، محمد علی (۱۳۸۷) "بازیافت مواد زاید جامد شهری"، انتشارات دانشگاه تهران
- [۹] پژوهشگاه نیرو، وزارت نیرو (۱۳۷۸) "پتانسیل سنجی انرژی زیست توده و سهم آن در کشور ایران"، طرح توسعه انرژی های نو
- [۱۰] وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی (۱۳۸۶) "ترازنامه انرژی".
- [۱۱] شریفی سیستانی، محمد (۱۳۷۸) "تصفیه فاضلاب در ایران: گذشته، حال و آینده"، مجله آب و محیط زیست، شماره ۳۸.
- [12] Godfrey, B. (2004) "Renewable Energy: Power for a Sustainable Development" Second Edition, Published by Oxford University.
- [13] Wu, D.W., Wang, R.Z. (2006) Combined Cooling, Heating and Power: A Review, Progress in Energy and Combustion Science, Elsevier, Vol.32, PP. 459-495.
- [14] Sims, R.E.H. (2004) "Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies", OECD Publication, Paris, PP. 91-103.
- [15] Tossero, M. A. (2005) "Socio-Economic Aspects of Wood Energy Systems in Developing Countries: A Focus on Employment, FAO-Rome.
- [16] Promotion of Renewable Energy, Efficiency and Green house Gas Abatement (PREGA)(2006) "Biogas Product at Vanith Farm", A Pre-feasibility Study Report, Lao PDR.