



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۳۹۷، دوره ۱، شماره ۱

بررسی و شناخت بیوماس با تاکید بر مکانسیم‌های تولید بیوگاز به عنوان انرژی پاک با رویکرد توسعه پایدار شهری

هانیه توکلی^{۱*}، الهه کنارکوهی^۲

۱-دانشجوی دکترا گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد ایران

۲-دانشجوی دکترا گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد ایران

tavakoli.h67@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۱

چکیده

با توجه به نیاز توسعه کشورها میزان به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر نیز در کشورهای جهان رو به افزایش بوده، بطوریکه یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی مصرف انرژی محسوب می‌شود، با توجه به پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی و پایین آمدن ظرفیت تولید این نوع سوخت‌ها در جهان و حتی در ایران جستجوی منابع جایگزین به لحاظ اقتصادی مهم می‌باشد. انرژی‌های تجدید پذیر انواع گوناگونی دارند که از محدوده انرژی خورشیدی گرفته تا انرژی زمین گرمایی را شامل می‌شوند. یکی از مناسبترین منابع انرژی تجدید شونده انرژی بیوماس است. این انرژی علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن، سازگار با محیط زیست است. منابع انرژی بیوماس می‌تواند به انرژی الکتریسیته یا به صورت حامل‌های از انرژی مانند سوخت‌های گازی یا مایع با توجه به نیاز بخش‌های مختلف جامعه تبدیل شوند. منابع انرژی بیوماس به طور کلی به موادی از گیاهان و موجودات زنده بدست می‌آید اطلاق می‌شود. منابع انرژی بیوماس برخلاف سوخت‌های فسیلی رایج که به صورت لایه‌های متمرکز در جهان یافت می‌شود بیشتر به صورت پراکنده هستند و در نتیجه جمع آوری منابع انرژی بیوماس در حجم‌های بالا قابل ملاحظه است. از سوی دیگر حفاظت از محیط زیست و کاهش اثرات زیانبار فعالیت‌های اقتصادی بر شرایط محیطی زندگی انسان‌ها در چارچوب مفهوم توسعه پایدار، تغییر در نوع نگرش به تخصیص منابع و دستیابی به حداکثر کارایی اقتصادی را طلب می‌نماید. مطالعه حاضر ضمن بررسی مکانسیم‌های ایجاد بیوگاز، نشان می‌دهد که با بکار بردن مستقیم این گاز میتوان طیف وسیعی از صنایع و سیستم‌های موجود را راه اندازی کرد و موجب صرفه جویی منابع با ارزش سوخت‌های فسیلی نظیر نفت و گاز و غیره شد. لذا با توسعه نیروگاه‌های بیوگازی، ضمن اثرات قابل توجه اقتصادی و اجتماعی، معضلات محیط زیست شهری کمتر خواهد شد و دستیابی به اهداف توسعه پایدار شهری آسان‌تر خواهد گردید.

کلیدواژه‌ها: بیوماس، انرژی پاک، توسعه پایدار، بیوگاز

با توجه به نیاز توسعه کشورها میزان به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر نیز در کشورهای جهان رو به افزایش بوده بطوریکه یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی مصرف انرژی محسوب می‌شود، استفاده روز افزون از سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی و کاهش ذخایر موجود سبب گسترش تحقیقات در زمینه منابع جدید و تجدید پذیر انرژی و تلاش در جهت کاهش تکیه بر سوخت‌های فسیلی از جمله نفت و محصولات نفتی شده است (ثقفی، ۱۳۸۲). با توجه به پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی و آلودگی‌های زیست محیطی و پایین آمدن ظرفیت تولید این نوع سوخت‌ها در جهان و حتی در ایران جستجوی منابع جایگزین به لحاظ اقتصادی مهم می‌باشد. برنامه ریزی‌های بعمل آمده این نوع انرژی روز به روز سهم بیشتری در سیستم تأمین انرژی ایجاد نموده، در این زمینه در سال ۲۰۰۸ بیش از ۱۲۰ میلیارد دلار در بخش افزایش ظرفیت‌ها، احداث نیروگاه‌ها و تحقیق و توسعه انرژی‌های نو سرمایه‌گذاری شده است. تا انتهای سال ۲۰۱۰، ظرفیت‌های موجود در انرژی‌های تجدیدپذیر ۳/۸ درصد در تولید الکتریسیته جهان سهم داشته‌اند (این ارقام بدون در نظر گرفتن انرژی آبی می‌باشد، زیرا این انرژی به تنهایی ۱۵ درصد در تولید الکتریسیته دنیا سهم دارد)، هم‌اکنون انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از ۱۴ درصد از انرژی اولیه جهان را تأمین می‌نمایند. اما متأسفانه در کشور ما سهم چندانی نداشته که این موضوع زنگ خطری در مصرف سوخت‌های فسیلی برای کشور محسوب می‌شود (زرگر زاده و شیخ محمدی، ۱۳۸۶). یکی از مناسبترین منابع انرژی تجدید شونده انرژی بیوماس است. این انرژی علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن سازگار با محیط زیست است. منابع انرژی بیوماس می‌توانند به انرژی الکتریسیته یا به صورت حامل‌های از انرژی مانند سوخت‌های گازی یا مایع با توجه به نیاز بخش‌های مختلف جامعه تبدیل شوند. منابع انرژی بیوماس به طور کلی به موادی از گیاهان و موجودات زنده بدست می‌آید اطلاق می‌شود. منابع انرژی بیوماس برخلاف سوخت‌های فسیلی رایج که به صورت لایه‌های متمرکز در جهان یافت می‌شود بیشتر به صورت پراکنده هستند و در نتیجه جمع‌آوری منابع انرژی بیوماس در حجم‌های بالا قابل ملاحظه است، از سوی دیگر حفاظت از محیط زیست و کاهش اثرات زیانبار فعالیت‌های اقتصادی بر شرایط محیطی زندگی انسان‌ها در چارچوب مفهوم توسعه پایدار تغییر در نوع نگرش به تخصیص منابع و دستیابی به حداکثر کارایی اقتصادی را طلب می‌نماید (پاگ، ۱۳۸۳). در این رهگذر استفاده از ابزار و چارچوب‌های سیاستگذاری نوین، که شرایط توسعه پایدار را مهیا می‌سازد، پسندیده و مفید به نظر می‌رسد. با افزایش بیش از پیش جمعیت کره زمین و تاثیر انسان بر محیط زیست و توسعه شهرها کره زمین دچار بحران شده، آثار منفی زیست محیطی شهر تا آن اندازه افزایش یافته که بزرگترین تهدید در مقابل این زیست بوم‌ها شمرده می‌شود. مصرف بی رویه منابع (بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی) نگران‌کننده است (صالحی و عبدلی، ۱۳۸۸) و یکی از تبعات آن مورد تهدید واقع شدن و عدم پایداری در کیفیت زندگی است. یعنی اگر با همین وضع به این ساختار اتلافی ادامه دهیم در سال‌های آینده با بحرانی مواجه می‌شویم، این ناپایداری در عرصه‌های ذخایر طبیعی، تکنولوژی، شهرسازی، حقوق بشر، جامعه و غیره می‌باشد، از این رو استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بویژه بیوماس امری الزامی است بیوماس علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن، دوستدار محیط زیست نیز محسوب می‌شود.

زیست توده یا بیوماس

یک منبع تجدید پذیر انرژی است که از مواد زیستی به دست می‌آید. مواد زیستی شامل موجودات زنده یا بقایای آن‌ها است. نمونه این مواد، چوب، زباله و الکل هستند. زیست توده معمولاً شامل بقایای گیاهی است که برای تولید الکتریسیته یا گرما به کار می‌رود. برای مثال بقایای درختان جنگلی، مواد هرس شده از گیاهان و خرده‌های چوب می‌توانند به عنوان زیست توده به کار گرفته شوند. زیست توده به مواد گیاهی یا حیوانی که برای تولید الیاف و مواد شیمیایی به کار می‌روند نیز اطلاق می‌گردد (Cao & Li, 2011). زیست توده شامل زباله‌های زیستی قابل سوزاندن هم می‌شود، اما شامل مواد زیستی مانند سوخت فسیلی که طی فرایندهای زمین شناسی تغییر شکل یافته‌اند، مانند ذغال سنگ یا نفت نمی‌شود. اگرچه سوخت‌های فسیلی ریشه در زیست توده‌های موجود در زمان بسیار قدیم دارند، به دلیل اینکه کربن موجود در آن‌ها از چرخه زیستی طبیعت خارج شده است و سوزاندن آن‌ها تعادل دی اکسید کربن موجود در جو را به هم می‌زند، عنوان زیست توده به آن‌ها اطلاق نمی‌گردد. زیست توده یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدید شونده محسوب می‌شود و به هر موجود زنده که قابلیت رشد و نمو داشته و بر مبنای قوانین طبیعی تقسیم شوند اطلاق می‌شود و شامل جنگلها، اجزاء گیاهان، برگها، موجودات زنده اقیانوسها، زائادات حیوانی، پسماندهای شهری و غذایی و... می‌شوند. این مواد قابلیت ذخیره انرژی در خود را دارا می‌باشند (علی زاده، ۱۳۸۰). در واقع در خلال پدیده فتوسنتز، دی اکسید کربن از طریق آب و خاک و هوا توسط انرژی خورشیدی در گیاهان ذخیره می‌شود و باعث رشد و نمو آنها می‌گردد این انرژی خورشیدی در مواقع مصرف، قابلیت تبدیل به انرژی را دارا می‌باشد. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوختهای مایع، سوختهای گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد. زیست توده سهم بزرگی در میان دیگر انواع منابع انرژی‌های نو دارا می‌باشد. تعاریف متعدد و گوناگونی از این منابع شده است. تعریف اتحادیه اروپا از زیست توده که در راهنمای EC ۷۷/۲۰۰۱ به تاریخ ۲۷ سپتامبر ۲۰۰۱ میلادی عنوان شده، عبارت است از: "اجزا قابل تجزیه زیستی از محصولات، پسماندها و زائادات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و دامی)، جنگلها و صنایع وابسته و همچنین زائادات صنعتی و شهری قابل تجزیه". بر اساس تعریف علمی ارائه شده برای زیست توده در این آیین نامه، زیست توده به سوخت‌های اطلاق می‌گردد که از جرم توده فیتوپلانکتونها و جرم توده زئوپلانکتونها ساخته می‌شوند. امروزه مشخص شده است که سوخت‌های زیستی به دست آمده از پسماندهای جنگلها و محصولاتهای کشاورزی جهان می‌تواند سالانه به اندازه ۷۰ میلیارد تن نفت خام انرژی در دسترس بشر قرار دهد که این میزان ۱۰ برابر مصرف سالانه انرژی در جهان است. همچنین می‌توان از این سوخت‌ها بیشتر در تولید گرما بهره برد زیرا می‌توانند باعث صرفه جویی اقتصادی چشمگیری شوند (شفقت و همکاران، ۱۳۹۱).

انرژی بیوماس

یکی از عمده‌ترین موارد کاربرد بیومس میکروبی، استفاده از آن‌ها به عنوان غذا و افزودنی‌های غذایی است. ارزش بازار جهانی طعم دهنده‌های غذایی در سال ۲۰۰۰ حدود ۱/۱ میلیارد دلار بوده است. اهمیت اقتصادی بیومس میکروبی تا به حدی است که محققان کشور کوبا با استفاده از ضایعات نیشکر و تکنولوژی تخمیر، اقدام به تهیه و تولید پروتئین‌های

تک یاخته (SCP) نموده‌اند تا کشور را از واردات خوراک دام و سویا بی‌نیاز نمایند. لازم به ذکر است که در حال حاضر، واردات خوراک دام و طیور و مکمل‌های آن به کشور بیش از یک میلیارد دلار در سال است؛ از طرفی تولید پروتئین تک یاخته یکی از راهکارهای بیوتکنولوژی برای رفع این مشکل در کشور است، ضمن اینکه مواد خام اصلی برای تولید SCP، ضایعات کشاورزی، متانول، نفت و گاز است که در همه این موارد، کشور از مزیت بسیار مناسبی برخوردار است. متأسفانه تولید SCP در کشور تاکنون از مرحله تحقیقات فراتر نرفته است، علیرغم این که سابقه شروع تحقیقات در این زمینه به پیش از انقلاب و دهه ۱۳۵۰ برمی‌گردد (Resap, 2011).

ساختار شیمیایی

زیست توده بر پایه کربن است و از مخلوط مولکولهای آلی، شامل هیدروژن، معمولاً اکسیژن و اغلب نیتروژن و مقدار کمی از دیگر اتمها مانند، فلزات قلیایی، فلزات قلیایی خاکی و فلزات سنگین است. منابع زیست توده شامل ترکیبات آلی با زنجیره بلند می‌باشند که در فرایند هضم به مولکولهای ساده تر تبدیل می‌گردد. حاصل این فرایند گازی قابل اشتعال به نام بیوگاز می‌باشد، به بیوگاز مرداب نیز گفته می‌شود. این گاز شامل دو جز عمده متان و دی اکسید کربن به همراه مقدار جزئی از گازهای دیگر می‌باشد، این مخلوط گازی با ارزش حرارتی ۲/۲ - ۱/۵ مگاژول به ازای هر متر مکعب است (سرمستی، ۱۳۸۹).

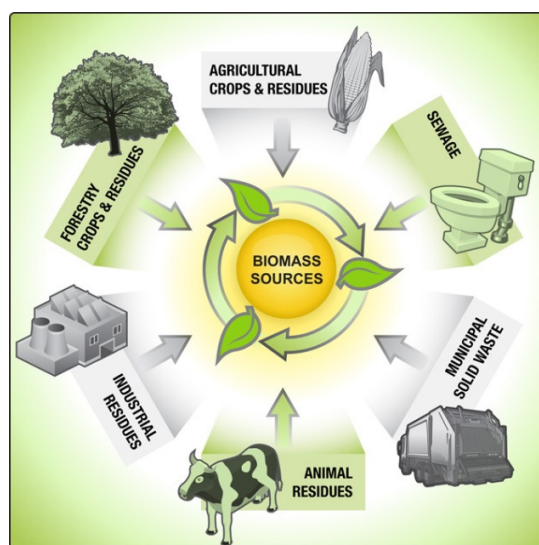
تاریخچه زیست توده در ایران

محمد بن حسین عاملی معروف به شیخ بهائی (۱۰۳۱-۹۳۵ هجری قمری) جزء نخستین کسانی بوده که از بیوگاز حاصل از زیست توده (فاضلاب حمام) استفاده کرده و آن را به عنوان سوخت یک حمام در اصفهان به کار برده است. اولین هاضم تولید گاز متان در ایران در روستاهای نیازآباد لرستان در سال ۱۳۵۴ ساخته شده است. این دستگاه به گنجایش ۵ متر مکعب فضولات گاوی روستا را مورد استفاده قرار داده و بیوگاز مصرفی حمام مجاور را تأمین می‌نموده است. از نظر استفاده‌های سنتی از این منبع، مطابق سرشماری سال ۱۳۷۵، ۱۰ درصد خانوارهای روستایی برای گرمایش منازل خود و ۵ درصد خانوارهای روستایی برای پخت و پز عمدتاً از چوب و فضولات دامی استفاده می‌کرده‌اند. در سال ۱۳۵۹ دو واحد کوچک آزمایشی در دانشگاه بوعلی سینا همدان احداث گردید که با فضولات کشتارگاه و کود گاوی تغذیه می‌گردید (عباسپور، ۱۳۸۶). دانشگاه صنعتی شریف نیز در سال ۱۳۶۱ یک واحد ۳ متر مکعب را به صورت آزمایشی مورد مطالعه قرار داد که با فضولات گاوی بارگیری می‌شد. موسسه DLR آلمان نیز پتانسیل اقتصادی زیست توده برای تولید برق را تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۳۵۰۰ مگاوات محاسبه و ارائه نموده است. در حال حاضر پروژه‌های متعددی در این خصوص توسط وزارت نیرو و بخش خصوصی در دست اجرا می‌باشد.

وضعیت فعلی بهره برداری از زیست توده در جهان

امروزه منابع مفید و کاربردی زیست توده تنها به چوب و برگ خشک محدود نمی‌شود و طیف وسیعی از مواد از جمله پسماندهای جامد و مایع شهری و پسماندهای صنعتی و غیره را نیز در بر می‌گیرد. منابع انرژی تجدید پذیر پس از ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی، چهارمین منبع بزرگ انرژی در دنیا می‌باشند. این منبع حدود ۱۴ درصد از انرژی اولیه جهان

را تامین می‌نماید و در حال حاضر بیش از ۱۱/۵ درصد از انرژی اولیه جهان توسط منابع زیست توده تامین می‌گردد و این در حالی است که در ایالات متحده آمریکا ۳-۴ درصد از انرژی اولیه مورد نیاز فقط از منابع زیست توده تامین می‌شود. قابلیت‌های زیست توده تنها در تولید حرارت نیست (<http://mnre.gov.in/re-booklets.htm>) بلکه در تولید سرما، سوخت‌های مورد نیاز برای حمل و نقل و تولید انرژی الکتریکی نیز استفاده دارد. در سال ۲۰۰۵ حدود ۴۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه تولید برق (با انواع فناوری‌ها) و ۲۲۵۰۰۰ مگاوات حرارتی نیروگاه مدرن تولید حرارت با منبع زیست توده احداث شده است که حدود ۱۰۰۰۰ مگاوات آن فقط در ایالات متحده بوده است (حدود ۵۸ درصد از بازار تولید انرژی از منابع تجدید پذیر در آمریکا). همچنین بیش از ۵۰ میلیارد لیتر سوخت تجدیدپذیر از منابع زیست توده تولید و مصرف می‌گردد. بر مبنای مطالعات انجام شده، منابع زیست توده حدود ۶۴ درصد از منابع اولیه انرژی‌های نو در اتحادیه اروپا را به خود اختصاص داده است و حدود ۹ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی و ۹۸ درصد از انرژی حرارتی تولیدی از طریق منابع انرژی‌های نو به منابع انرژی زیست توده تعلق دارد (با در نظر گرفتن منابع برق آبی) (Shahbaz & Lean, 2012)، انرژی زیست توده تنها منبع انرژی تجدیدپذیر می‌باشد که انرژی را به فرم‌های برق، حرارت، سرما و سوخت خودرو و به اشکال جامد، مایع و گاز تحویل می‌نماید. به علاوه مواد زیستی جایگزین خوراک پتروشیمی و... نیز از محصولات دیگر آن می‌باشد.



شکل شماره (۱): منابع بیوماس

راه‌های تامین منابع انرژی زیست توده

یکی از راه‌های تامین منابع انرژی زیست توده، کاشت درختان یا درختچه‌های مناسب (با دوره رشد کوتاه و سریع) در زمین‌های نامرغوب و نیمه بایر است. گرچه سوزاندن این منابع، گاز دی اکسید کربن را در جو منتشر می‌کند، اما چون دوره کاشت و رشد و نمو آنها دائمی است، به همان اندازه دی اکسید کربن از جو زمین جذب می‌کنند و با استفاده از انرژی خورشیدی، از طریق فتوسنتز، اکسیژن تولید می‌کنند. بدین ترتیب، یک "چرخه کربن خنثی" در طبیعت پدید

می‌آید. همچنین چوب‌ها و یا بعضی از زباله‌ها می‌توانند سوزانده شوند تا بخار آب تولید شود و از آن برای تولید الکتریسیته استفاده شود. البته سوزاندن بیومس تنها راه آزاد سازی آنها نیست. بیومس‌ها می‌توانند به اشکال دیگری انرژی قابل استفاده در اختیار ما قرار دهند (یاری و فخر، ۱۳۹۱) مثل گاز متان، اتانول و بیودیزل. گاز متان جزء اصلی گاز طبیعی است. مواد بدبو مثل آشغال‌های گندیده و ضایعات کشاورزی و فضولات انسانی گاز متان آزاد می‌کنند که زیست گاز نامیده می‌شود. یکی دیگر از منابع بیومس زباله‌ها هستند که ضایعات جامد شهری (MSW) نام دارند. زباله‌هایی که از محصولات گیاهی یا جانوری به دست می‌آیند بیومس هستند. غذاهای دور ریز و چمن‌های کنده شده نمونه‌هایی از زباله‌های بیومس هستند. مواد بدبو مثل آشغال‌های گندیده و ضایعات کشاورزی و فضولات انسانی گاز متان آزاد می‌کنند که زیست گاز نامیده می‌شود (Resap, 2011).

تولید انرژی از زیست توده

تولید انرژی از منابع زیست توده (همانند سوختهای فسیلی) به منظور تولید الکتریسیته و حرارت می‌باشد. منابع زیست توده یکی از قدیمی‌ترین منابع انرژی در جهان می‌باشد. این منابع در صورت استفاده مستقیم قابلیت تولید حرارت را دارا می‌باشند (Nagar & Tietjan, 1978). در صورت تولید سوختهای زیستی یا بیوگاز قابلیت استفاده در موتور ژنراتورها یا پس از تولید بخار آب در توربین ژنراتورها را جهت تولید برق دارد. همانگونه که برای بدست آوردن انرژی از نفت خام بایستی آنرا پالایش کرد تا آماده استحصال انرژی گردد، بایستی بر روی Biomass فرآیندهای صورت گیرد که بتوان از آن انرژی بدست آورد. به طور کلی به روشها، فرآیندها و تجهیزاتی که بتوان با استفاده از آنها از Biomass تولید انرژی کرد Biorefinery گویند. در حقیقت Biorefinery در مقابل refinery در صنعت نفت و گاز قرار می‌گیرد.

روشهای تولید انرژی در Biorefinery

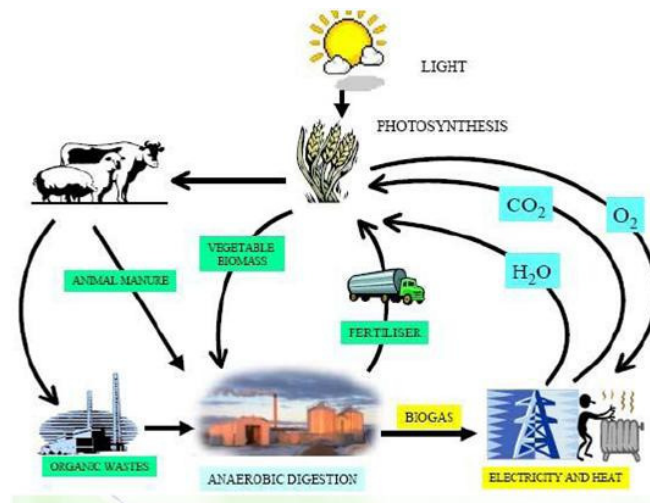
۱. Sugar platform: این روش بر پایه واکنشها و فرایندهای بیوشیمیایی قرار دارد.
۲. Thermochemical Platform: این روش بر پایه فرایندهای ترموشیمیایی قرار دارد.

Sugar platform

بطور کلی در این روش بیومس‌ها را به شکر یا دیگر خوراکی‌هایی که قابلیت تخمیر را دارند تبدیل می‌کنند. در گام بعد مواد حاصل را به وسیله باکترها، میکروارگانیسم‌ها و دیگر مخمرها تخمیر می‌کنند و در انتها با فرایندهایی که بر روی مواد حاصل صورت می‌گیرد محصولاتی مانند الکل یا غیره که بتوان از آنها انرژی بدست آورد تولید می‌گردد (Burger, 2002).

چرخه تولید بیوگاز

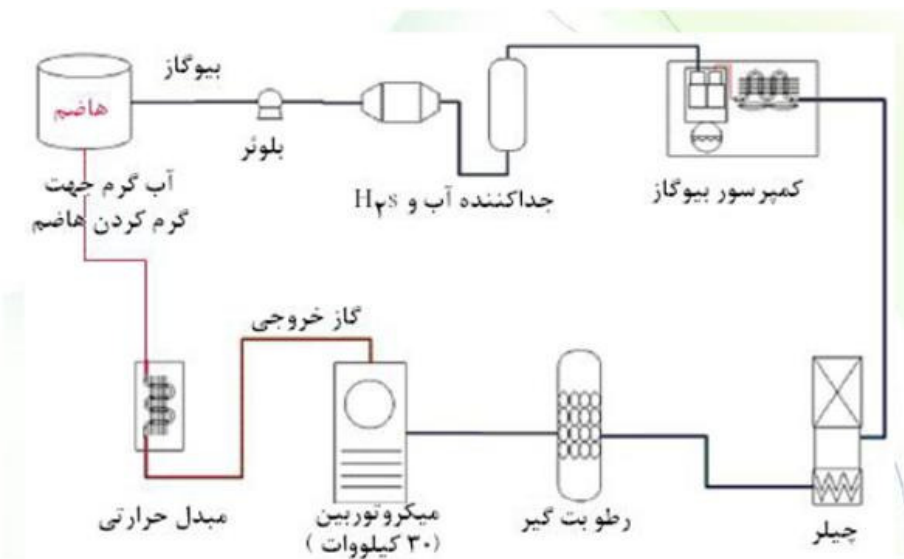
بیوگاز که برای مصارف گرمایی و تولید برق کاربرد دارد، عواملی باعث تولید آن می‌گردد که در شکل شماره (۲) و در ادامه بطور کامل شرح داده شده است.



شکل شماره (۲): چرخه تولید بیوگاز

گیاهان توسط حیوانات مصرف شده و از فضولات حیوانی و زباله‌های دیگر، بیوگاز تولید می‌گردد و بیوگاز را میتوان جهت مصارف گرمایی و هم برای تولید برق استفاده نمود. گازهای ایجاد شده می‌تواند مجدداً و با فتوسنتز دوباره در رشد گیاهان مورد مصرف قرار گیرد.

طرح شماتیک از سیستم نیروگاه بیوگاز



شکل شماره (۳): سیستم نیروگاه بیوگاز

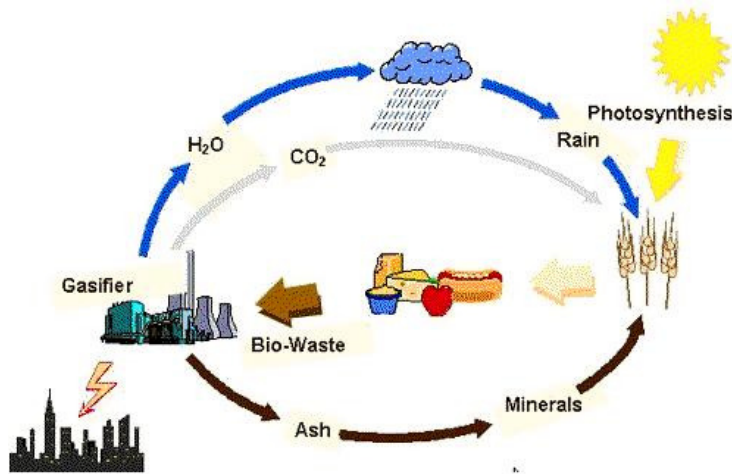
بیوگاز تولیدی با یک بلوئر به یک مخزن جدا کننده آب و S_2H رفته و پس از جداسازی آنها وارد کمپرسور بیوگاز میشود و از یک چیلر رطوبت گیر گذشته و وارد یک میکرو توربین می‌گردد. گاز خروجی، از یک مبدل حرارتی گذشته و جهت گرم کردن هاضم بیوگاز استفاده می‌گردد.

مکانیزم عملکرد زیست گاز

دستگاه مبدل گاز بایومس با گرم کردن بایومس در محیط زیست عمل می‌کند و در آنجا بایومس جامد تجزیه می‌شود و گاز قابل اشتعال از آن متصاعد می‌گردد. این طریق تولید انرژی نسبت به مستقیماً سوزاندن بایومس برتری دارد. بیوگاز حاصل از تجزیه زیست توده را می‌توان تمیز کرد و از صافی گذراند و به این وسیله ترکیبات شیمیایی موجود در آن را از آن جدا کرد. این گاز را می‌توان در سیستم‌های تولید برق با راندمان بیشتر مصرف کرد که به آن سیکل ترکیبی گفته می‌شود. در این سیستم برای تولید برق، توربین‌های گازی و توربین‌های بخار با هم ترکیب می‌شوند. راندمان این سیستم را می‌توان به ۶۰ درصد افزایش داد. سیستم‌های تبدیل به گاز را می‌توان با سیستم‌های پیل سوختی برای کاربردهای آینده با یکدیگر ترکیب کرد. پیل سوختی با استفاده از فرایند الکتروشیمیایی (و حرارت) گاز هیدروژن را به برق تبدیل می‌کند (احمدپور، ۱۳۹۳). در اینصورت بخش عمده ماده‌ای که در هوا متصاعد می‌شود بخار آب خواهد بود. با کاهش هزینه پیل‌های سوختی و دستگاه‌های مبدل گاز در بایومس این سیستم‌ها به سرعت روبه افزایش گذاشته خواهد شد. در سیستم‌های مدون بعضی از فناوری‌های فوق‌الذکر در مقیاس کوچک‌تری که غالباً در دهکده‌ها، مزارع و صنایع کوچک قابل اجرا است بکار برده می‌شود.

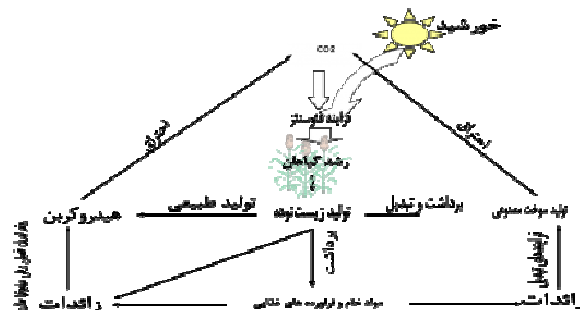
چرخه زیست توده در طبیعت

بخشی از تشعشع خورشید که به اتمسفر زمین می‌رسد، بواسطه فرایند فتوسنتز در گیاهان جذب و ذخیره می‌شود. ماکزیمم راندمان تبدیل انرژی خورشیدی در این فرایند بین ۵ تا ۶ درصد است. گیاهان بعنوان منابع ذخیره کربن هستند و CO_2 را از هوا جذب کرده و بصورت کربن ذخیره می‌نمایند. وقتی گیاهی توسط جانوری خورده می‌شود، بخشی از کربن موجود در گیاه خورده شده به انرژی تبدیل می‌شود و بخشی دیگر در بافت‌های زنده ذخیره می‌گردد. بخش سوم نیز با فضولات حیوانی دفع می‌گردد. در صورتی که چوب یا گیاهان سوزانده شوند، علاوه بر انرژی، بخش اعظمی از کربن ذخیره شده بصورت کربن دی اکسید آزاد می‌شود و بخشی نیز در خاکستر باقی می‌ماند.



شکل شماره (۴): روند چرخه زیست توده در طبیعت

میزان نشر مواد آلاینده ناشی از احتراق مستقیم بیومس، معمولاً کم تر از سوخت‌های فسیلی است. به علاوه، استفاده و بهره برداری تجاری از بیومس، می‌تواند مشکلات مربوط به انهدام زباله‌ها در سایر صنایع از جمله جنگل داری و تولید چوب و کاغذ، فرآوری مواد غذایی، و به خصوص ضایعات جامد شهری را حذف یا کاهش دهد (<http://mnre.gov.in/re-booklets.htm>).



شکل شماره (۵): روند تولید زیست توده

منابع زیست توده که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می‌شوند که بصورت عمده به شش گروه تقسیم می‌شوند:

- سوختهای چوبی

- زائدات جنگلی، کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی

- زائدات جامد شهری (زباله‌ها)

- فضولات دامی

- فاضلابهای شهری

- فاضلابها، پسماندها و زائدات آلی صنعتی

مزایای بهره‌گیری از منابع زیست توده

این منابع جزء منابع تجدیدشوند می‌باشند چرا که با بهره‌گیری از این منابع مجدداً بطور طبیعی رشد و نمو پیدا می‌کنند. ضمن اینکه تولید CO_2 این منابع (در صورت بهره‌گیری از آنها) بطور طبیعی بوده و تولید گازهای گلخانه‌ای نمی‌کند. از دیگر سو بعنوان یک منبع ذخیره انرژی خورشیدی عمل می‌کنند که می‌توان در مواقع لزوم از آن بهره‌گیری نمود. در میان سایر منابع تجدیدشونده تنها منبعی هستند که قابلیت تولید سوختهای مایع، جامد و گازی را دارا می‌باشند و این به معنای کاربرد گسترده آن می‌باشد.

تقسیم بندی انواع منابع زیست توده

پسماندهای جامد: شامل مواد زائد جامدی هستند که از مراکز تجاری، اداری، خانگی و برخی صنایع حاصل می‌شود. این مواد یک منبع مناسب برای تولید انرژی می‌باشند. فرایندهای تبدیل و تولید مواد و انرژی از زباله در دنیا توسعه یافته و پروژه‌های زیادی در زمینه تولید انرژی برق- حرارت از زباله در دنیا مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. دور ریزهای جامد شهری را می‌توان به مواد ذیل طبقه‌بندی نمود:

دور ریزهای غذایی: بقایای حیوانات و میوه یا سبزی (آشغالها) ناشی از حمل و نقل، آماده‌سازی، پختن و یا خوردن غذا، همچنین مواد غذایی فاسد که بویژه در هوای گرم سریعاً تجزیه می‌شوند.

زباله (به غیر از مواد غذایی): مواد زائد جامد قابل احتراق و غیرقابل احتراق به استثنای مواد زائد یا سایر مواد فاسد شدنی. عموماً زباله قابل احتراق از موادی مانند: کاغذ، مقوا، پلاستیک، پارچه، لاستیک، چرم، چوب، اثاث منزل و تزئینات باغ و گیاه تشکیل می‌شود. زباله غیرقابل احتراق عبارت است از اقلامی نظیر شیشه، بلور، قوطی‌های حلبی، قوطی‌های آلومینیومی، فلزات آهنی و غیرآهنی، چرک و کثافات و نخاله‌های ساختمانی.

خاکسترها و بقایا: موادی که از سوختن چوب، زغال سنگ، زغال و سایر مواد زائد قابل احتراق باقی می‌مانند. بقایای حاصل از نیروگاهها معمولاً در این گروه طبقه‌بندی نمی‌شوند. خاکسترها و بقایا به طور عادی شامل مواد ریز پودری شکل و مقادیر اندکی از موادی است که بطور ناقص سوخته‌اند.

مواد زاید حاصل از تخریب و نخاله‌های ساختمانی: مواد زاید حاصل از ساختمانهای تخریب شده و سایر ساختمانها، در ضمن مواد زاید حاصل از تخریب طبقه‌بندی می‌شوند. مواد زاید ساختمانی، قالب ریزی و تعمیر ساختمانهای مسکونی، تجاری و صنعتی و سازه‌های مشابه به عنوان نخاله‌های ساختمانی شناخته می‌شوند. این مواد شامل کثافات، سنگها، بتون، آجرها، پلاستر، چوب، تیرهای چوبی، لوله‌کشی، تأسیسات حرارتی و الکتریکی می‌شوند.

مواد زاید مخصوص: مواد زایدی مانند مواد جاروب شده خیابانی، زباله‌های کنار جاده، بقایای حاصل از ویرانی، جانوران مرده و وسایل نقلیه اسقاط جزء مواد زاید مخصوص طبقه‌بندی می‌شوند.

مواد زاید حاصل از واحدهای تصفیه: مواد زاید جامد و نیمه جامد حاصل از آب، فاضلاب و تأسیسات صنعتی تصفیه پساب در این گروه طبقه‌بندی می‌شوند.

ضایعات جامد، فاضلابهای شهری و فضولات دامی

ضایعات جامد شهری را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

زباله‌های معمولی: مانند زباله منازل، ادارات، فروشگاهها و رستورانها (پسماند مواد غذایی، کاغذ، کارتن و...)، زباله‌های حجیم خانگی (وسایل چوبی مانند کمد، میز و...)، زباله باغها و گلخانه‌ها (شاخه و برگ و...).

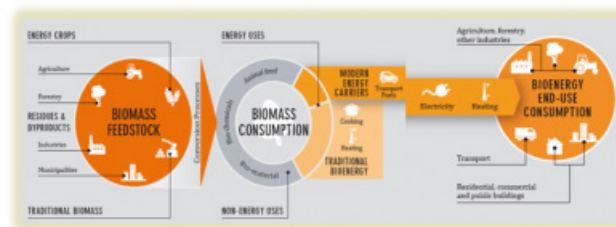
زباله‌های ویژه: مانند زباله‌های صنعتی، نخاله‌های ساختمانی، لاستیکهای فرسوده، مواد تابش زای هسته‌ای (راديو اکتیو) و زباله‌های آلوده بیمارستانی. بهترین روش برای حذف ضایعات جامد دسته اول و استفاده بهینه از آنها، تهیه کمپوت (تجزیه مواد آلی رطوبت و گرما، در شرایط هوایی) است. کود حاصل از این روش، بسیار غنی است و از آن می‌توان در گلخانه‌ها، باغها و مزارع استفاده کرد. با توجه به حجم بسیار زیاد زباله در شهرهای مختلف (به عنوان مثال روزی ۵۰۰ تن زباله در شهر اصفهان)، روش تهیه کمپوت بسیار مقرون به صرفه است. در حال حاضر، سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداریهای تهران و اصفهان به انجام این مهم می‌پردازد (Nagar & Tietjan, 1978). در کشورهای مختلف با استفاده از روشهای گازی کردن و پیرولیز، ضایعات جامد را به گاز تبدیل می‌کنند. گاز حاصل، در مولدها و توربینهای بخار به برق تبدیل می‌شود. از بهترین ضایعات جامد که معمولاً به هدر می‌روند، می‌توان به پسماندهای آشپزخانه‌ای اشاره کرد. مکانهای بزرگی مانند کارخانه‌ها، هتلها، مسافرخانه، رستورانها، ادارات، بیمارستانها و... دارای آشپزخانه‌های بزرگی هستند. ضایعات این آشپزخانه زیاد است و بیشتر شامل باقیمانده غذاهای پخته شده و پوست میوه‌ها و سبزیها می‌باشد. این اماکن برای حمل و دور ریختن زباله، مبالغ زیادی هزینه می‌کنند. بدتر از همه اینکه زباله‌ها غالباً در فضای باز رها می‌شوند و محیط زیست را آلوده می‌کنند. سوزاندن آنها نیز با ورود مشتقات گوگرد، هیدروکربنهای کلری و مواد سنگین به جو زمین می‌شود و آلودگی هوا را به همراه دارد. در این آشپزخانه‌ها از سوختهایی مانند گاز طبیعی، نفت سفید، چوب، زغال یا برق برای پخت و پز استفاده می‌کنند، در حالی که پسماندهای آشپزخانه‌ای منبع مناسبی برای تولید زیست گاز هستند و تعبیه یک گوارنده کوچک در کنار آشپزخانه، انرژی مورد نیاز را تأمین می‌کند. زیست گاز حاصل نه تنها جایگزین سوختهای سنگواره‌ای مورد استفاده در آشپزخانه می‌شود، بلکه حتی برای تأمین روشنایی نیز می‌توان از آن استفاده کرد. کود حاصل از تخمیر بی‌هوازی را نیز می‌توان برای تغذیه

خاک باغچه مکان مورد نظر بکار برد. بازده تولید گاز، ۱۰۰ لیتر به ازای هر کیلوگرم ضایعات آشپزخانه‌ای است. استفاده از گوارنده‌های تولید زیست گاز از پسماندهای آشپزخانه‌ای، در کشور هند بسیار رایج است. فاضلابهای شهری و روستایی از عمده ترین آلاینده‌های محیط زیست هستند. این فاضلابها انرژی نهفته قابل ملاحظه‌ای دارند و بهترین روش آزاد سازی این انرژی، تخمیر بی هوازی فاضلاب و تولید گاز متان است که می‌توان از آن برای گرمایش یا به حرکت در آوردن موتور مولد و تولید الکتریسیته استفاده کرد. فضولات دامی نیز انرژی نهفته قابل ملاحظه‌ای دارند و می‌توانند در تولید زیست گاز مورد استفاده قرار گیرند. در کشور ما، ۷۲ میلیون رأس دام وجود دارد که می‌توان از فضولات آنها، روزانه حدود ۴ میلیون متر مکعب گاز متان، معادل ۲۵۵۰۰ بشکه نفت خام بدست آورد.

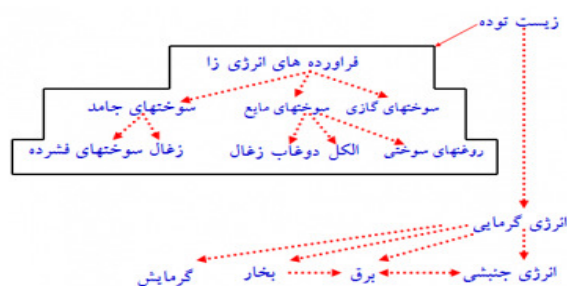
در زمینه تولید زیست گاز، برنامه‌های عظیمی در چین و هند به انجام رسیده است. در کشور چین، بیش از ۷ میلیون متر مکعب زیست گاز تولید می‌کنند. زیست گاز حاصل از این گوارنده‌ها، نیازهای انرژی ۵۰ میلیون روستایی را تأمین می‌کند (Ugarte Ugrate & etal, 2003). در کشور ما، توسط برخی از مؤسسات پژوهشی و دانشگاهی، بررسیهایی در زمینه تولید زیست گاز انجام گرفته و منجر به ساخت ۶۰ دستگاه آزمایشی زیست گاز شده است. سازمان انرژیهای نو وزارت نیرو، مهمترین اهداف تولید زیست گاز را در کشورمان، به شرح زیر خلاصه کرده است:

کاربردهای انرژی زیست توده

امروزه برای منابع مختلف زیست توده و کاربردهای گوناگون آن، تکنولوژی‌های زیادی توسعه یافته و یا در حال توسعه می‌باشند. منابع زیست توده با فناوری‌های مختلف تولید انرژی، به صورتهای مختلف انرژی نظیر برق، حرارت و سوخت تبدیل می‌گردند. نمودارهای ذیل (شماره ۱ و ۲) با انواع کاربردهای انرژی زیست توده اشاره دارد.



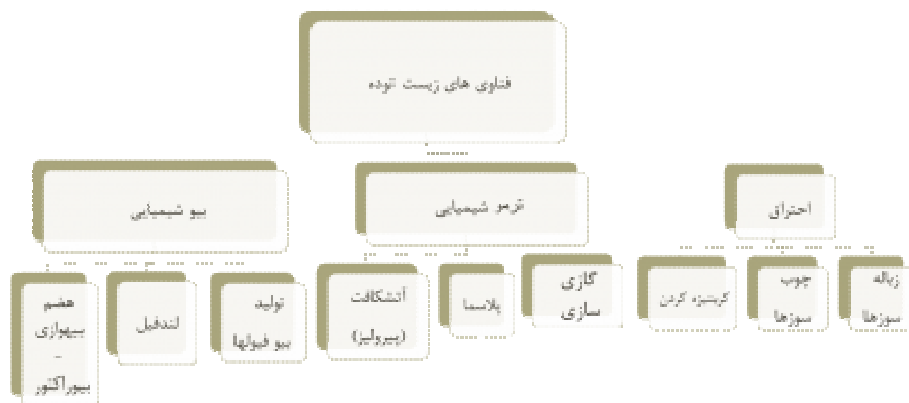
نمودار شماره (۱): کاربردهای انرژی زیست توده



نمودار شماره (۲): کاربردهای انرژی زیست توده

فناوری‌ها و سیستم‌های استحصال انرژی از زیست توده

امروزه برای منابع مختلف زیست توده و کاربردهای گوناگون آن، تکنولوژی‌های زیادی توسعه یافته و یا در حال توسعه می‌باشند. تکنولوژی‌های مختلف زیست توده در مراحل مختلف توسعه و معرفی به بازار قرار دارند و طیف وسیعی از توسعه آزمایشگاهی و نمونه سازی تا کاملاً تجاری شده را در بر می‌گیرند. در جدول زیر وضعیت فعلی و آتی برخی از تکنولوژی‌ها نمایش داده شده است.



نمودار شماره (۳): فناوری‌های زیست توده

تکنولوژی‌های مختلف زیست توده در مراحل مختلف توسعه و معرفی به بازار قرار دارند و طیف وسیعی از توسعه آزمایشگاهی و نمونه سازی تا کاملاً تجاری شده را در بر می‌گیرد.

نتیجه گیری

گسترده‌گی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است. به دلیل افزایش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو و افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی پاک را روز به روز با اهمیت تر و گسترده تر نموده است. توسعه پایدار راه تازه ای برای رسیدن به آرمان‌های بشر، همراه با حفظ منابع و امکانات برای آیندگان است، ازین سو زیست توده چهارمین منبع انرژی جهان است و حدود ۱۴ درصد از نیازهای انرژی جهان را تأمین می‌کند. سوخت حاصل از فن آوریهای تبدیل زیست توده یا به حالت گاز (زیست گاز) و یا مایع (متانول، اتانول و بیودیزل) است که برای تولید الکتریسیته و گرما مورد استفاده قرار می‌گیرد. تخمین زده شده است که اگر تنها ۱۰ درصد از زمینهای کشاورزی جنگلها و درختستانها به تأمین و تهیه زیست توده اختصاص یابد، تولید سالانه انرژی حاصل از زیست توده، معادل چهار پنجم مصرف کنونی انرژی در جهان خواهد بود. در جوامع در حال توسعه که حدود سه چهارم جمعیت جهان را شامل می‌شوند، ۳۵ درصد از انرژی مصرفی، از طریق زیست توده تأمین می‌شود.

استفاده از منابع زیست توده، یکی از مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین راه‌های تأمین نیازهای اساسی انرژی مردم فقیر در مناطق دور افتاده است. در ایران با توجه به حجم چهار منبع عمده زیست توده (که در این مقاله به آنها اشاره شد) و فواید زیست محیطی این نوع انرژی و تجدید پذیر بودن آن، توسعه کاربرد آن، منطقی و مقرون به صرفه است. با توجه به رشد جمعیت و گسترش صنایع در ایران، شاهد افزایش میزان مصرف انواع سوخت‌های فسیلی خواهیم بود. محدود بودن این منابع و لزوم حفظ آنها برای نسل‌های آینده، میزان بالای آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش میزان آلاینده‌های آلی و پساب تولید شده بویژه در مجامع شهری، تأکیدی است بر لزوم استفاده از فناوری بیوگاز به عنوان راهکاری مناسب برای مسائل یاد شده که برخی از آنها عبارتند از:

- تولید انرژی الکتریکی حاصل از سوخت بیوگاز بسیار اقتصادی تر از سوزاندن مستقیم این گاز است.
- پایین بودن قیمت سوخت‌های فسیلی، افزایش تقاضای انرژی، آلودگی‌های زیست محیطی و.... موجب گردیده است تا بیوانرژی از لحاظ اقتصادی بسیار مورد توجه قرار گیرد.
- با ساخت و توسعه نیروگاه‌های بیوگاز علاوه بر تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز کشور، می‌توان گامی موثر در زمینه بحران عظیم ناشی از زباله‌های شهری و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی برداشت که دارای اثرات اقتصادی و اجتماعی چشمگیری خواهد بود.
- استفاده از منابع زیست توده در ظرفیت‌های بزرگ و در زمان‌های کاری زیاد مقرون به صرفه می‌باشد و اعطای وام‌های کم بهره در این زمینه می‌تواند بسیار موثر باشد.
- با احداث نیروگاه‌های بیوگاز ضمن جمع‌آوری و کنترل آلاینده‌های زیست محیطی و کمک به حفظ بهداشت و سلامت عمومی جامعه می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز را تأمین نمود.

منابع و ماخذ

- امین صالحی، ف.، عبدلی، م.ع. (۱۳۸۸)، ضرورت توسعه نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز در کشور، نشریه انرژی ایران، سال ۱۲، شماره ۳۰.
- احمدپور، ا. (۱۳۹۳)، معرفی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و بررسی مزایای استفاده از آن، ششمین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد.
- باوفا، م. (۱۳۹۰)، ارزیابی فم‌ن‌آوری‌های گازساز جهت تولید پراکنده انرژی از منابع زیست توده در نقاط دور افتاده، دومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، تهران، ایران.
- پاگ، سوریک (۱۳۸۳)، شهرهای پایدار در کشورهای در حال توسعه، مترجم محرم نژاد، ناصر، حداد تهرانی تهران: انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری.
- ثقفی، م (۱۳۸۲)، انرژی‌های تجدیدپذیر نوین، انتشارات دانشگاه تهران.
- زرگرزاده، م.، شیخ احمدی، ا. (۱۳۸۶)، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی.
- سرمستی امامی، محمدرضا، (۱۳۸۹)، "بیوگاز و محیط زیست"، نخستین همایش بیوانرژی ایران، مهرماه.



- شفقت، روزبه و همکاران (۱۳۹۱)، "ارزیابی مقایسه ای جهت انتخاب بهترین روش برای تولید برق از زیاله در استانهای شمال کشور"، اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند.
- عباسپور، م (۱۳۸۶)، انرژی، محیط زیست و توسعه پایدار، جلد دوم، تهران: موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- علی زاده، غلامرضا (۱۳۸۰)، بیوگاز و ضرورت توسعه آن در ایران از دیدگاه اقتصادی.
- یاری، علیرضا و فخر (۱۳۹۱)، فرشته، "معرفی بیوگاز به عنوان یک منبع انرژی حاصل از مدیریت جامع پسماندهای روستایی"، اولین همایش بین المللی مدیریت پسماند.
- Ministry of new and renewable energy (2011) *Booklets on renewable energy*. MNRE. <http://mnre.gov.in/re-booklets.htm>.
- Nagar BRT, Tietjen C (1978) *A status report on the use of biogas technology for increasing fuel and soil productivity*. *J Sci Ind Res* 37:445-448
- RESAP (Eurelectric Renewables Action Plan) (2011) *Biomass 2020: Opportunities, Challenges and Solution*.
- Ministry of new and renewable energy (2011) *Booklets on renewable energy*. MNRE. <http://mnre.gov.in/re-booklets.htm>.
- Khandelwal, K.C.; Mahdi, S.S (1989) *Biogas Technology: A Practical Handbook (Volume I)*. Tata McGraw-Hill Publishing, Company Limited, New Delhi.
- Burger, J. A. 2002. "Soil and Long-Term Site Productivity Values," pp. 165-189 in *Bioenergy from Sustainable Forestry: Guiding Principles and Practices*.
- De La Torre Ugarte, D. G., M. E. Walsh, H. Shapouri, and S. P. Slinsky. 2003. *The Economic Impacts of Bioenergy Crop Production on U.S. Agriculture*. U.S. Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses. *Agricultural Economic Report No. 816*.
- Cao, S., & Li, C. (2011). *The exploration of concepts and methods for low-carbon eco-city planning*. *Procedia Environmental Sciences*, 5, 199-207.
- Shahbaz, M., & Lean, H. H. (2012). *Does financial development increase energy consumption? The role of industrialization and urbanization in Tunisia*. *Energy policy*, 40, 473-479.