

# بررسی و دسته‌بندی منابع زیست توده در ایران و جهان و بررسی تنوع آنها در

## مناطق روستایی کشور با تاکید بر پسماندهای جامد عادی و فضولات دامی

محمدعلی عبدلی<sup>۱</sup>، مریم پاژکی<sup>۲</sup>، ملیحه فلاح نژاد<sup>۳</sup>، رضا سمیعی فر<sup>۲</sup>

استاد و عضو هیئت علمی گروه مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست - دانشگاه تهران<sup>۱</sup>

Mabdoli@ut.ac.ir

دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست - دانشگاه تهران<sup>۲</sup>

Maryam\_pzk@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست - دانشگاه تهران<sup>۳</sup>

### چکیده

منابع اصلی زیست توده شامل زائدات کشاورزی، فضولات دامی، پسماندهای شهری و فاضلاب ها می باشد. قبل از آنکه هر ماده زیست توده برای تأمین انرژی مورد استفاده قرار گیرد، باید پردازش شود. برای تبدیل این مواد به منابع تجاری، انرژی لازم است تا فرآیندهای تبدیل روی آنها انجام گیرد. فرآیند تبدیل می‌تواند شکل مناسبتری از سوخت (جامد، مایع و گاز) را برای مصرف نهایی ایجاد نماید. فن آوریهای مختلفی برای این تبدیل وجود دارد که یکی از کاربردی ترین این روشها، فن آوری هضم بیهوازی می‌باشد. استفاده از زیست توده بعنوان یک منبع انرژی نه تنها دلایل اقتصادی (جائیکه سوخت به آسانی و با قیمت ارزان در دسترس است)، بلکه بدلیل توسعه اقتصادی و زیست محیطی نیز جذاب می‌باشد. سیستم‌هایی که زیست توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک بصورت کارآیی عمل نمایند. با توجه به عوامل اقتصادی و اجتماعی، یک مسئله جدی که در اینجا وجود دارد، موضوع زیاده‌روی در مصرف و کمبود تولید زیست توده بمنظور انرژی در چند کشور پیشرفته جهان است. در سال ۱۹۸۷ تقریباً ۱۳ تا ۱۴ درصد از انرژی اولیه جهان از طریق زیست توده تأمین می گردید. درصد سهم مذکور در چند کشور منفرد، حتی از این هم بالاتر است. کشور نپال بیش از ۹۵ درصد، کنیا ۷۵ درصد، هند ۵۰ درصد، چین ۲۲ درصد، برزیل ۲۵ درصد، مصر و مراکش ۲۰ درصد از کل انرژی خود را از منابع زیست توده تأمین می‌کنند.

هدف از ارائه این مقاله بررسی منابع زیست توده برای تولید انرژی و در ایران و جهان و بررسی تنوع آنها در مناطق روستایی کشور با تاکید بر پسماندهای جامد عادی و فضولات دامی و همچنین ارزیابی و انتخاب منابع زیست توده و میزان استحصال انرژی از منابع مختلف می باشد.

### واژه های کلیدی

زیست توده، استحصال انرژی، فضولات دامی، پسماندهای شهری، زائدات کشاورزی، مناطق روستایی

## ۱ - مقدمه

زیست توده اصطلاحی در زمینه انرژی است که برای توصیف یک رشته از محصولات که از فتوسنتز بدست می‌آیند، بکار می‌رود. هر سال از طریق فتوسنتز، معادل چندین برابر مصرف سالانه جهانی انرژی، انرژی خورشیدی در برگها، تنه و شاخه‌های درختان ذخیره می‌شود. بنابراین، در میان انواع منابع انرژی تجدیدپذیر، زیست توده از جهت ذخیره انرژی خورشیدی منحصر به فرد است. به علاوه تنها منبع تجدید پذیر کربن می باشد که می تواند به طور مستقیم و یا بعد از تبدیلاتی به سوخت‌های مفید تغییر یابد. فرآیند تبدیل زیست توده به قدمت اولین آتشی است که انسانها بوسیله چوب ایجاد نمودند و مانند هر چیز قدیمی که می تواند جدید شود، این فرآیند ها نیز پیشرفت کرده و جدید شدند. فرآیندهای تبدیل می‌تواند فیزیکی (برای مثال، خشک کردن، کاهش اندازه یا متراکم کردن)، حرارتی (مانند زغالی کردن) یا شیمیایی (مانند تولید بیوگاز) باشد. محصول نهایی فرآیند تبدیل ممکن است یک سوخت جامد، مایع یا گازی باشد، این انعطاف در انتخاب شکل فیزیکی سوخت، یکی از مزایای منابع زیست توده بر دیگر منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است (۱۵ و ۱۷).

منابع زیست توده ای که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را شامل می شوند. این مواد، زائدات کشاورزی و جنگلی، پسماندهای جامد و زباله های شهری، فاضلابهای شهری و صنعتی، فضولات دامی تا محصولات انرژی زا را شامل می شوند (۹). گرچه انواع مختلف منابع زیست توده شکل و ظاهر مشترکی دارند، اما تنوع قابل توجهی را در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهند که در استفاده‌شان به عنوان سوخت مؤثر است. (۶)

فن آوری‌های بسیاری که از لحاظ تجاری نیز در دسترس می‌باشند برای فرآیندهای تبدیل و برای بهره‌برداری از محصولات نهایی آن وجود دارند. همچنین انتخاب فن آوری تبدیل زیست توده تحت تأثیر سه عامل، دسترسی به مواد خام تغذیه، کاربرد نهایی و هزینه می باشد. کاربرد تجاری گسترده و متمرکز، مستلزم توسعه و کاربرد فن آوری مدرن به منظور توانا کردن زیست توده برای رقابت با منابع انرژی متعارف است. با توسعه فن آوری های جدید و کارآمد حتی بدون افزایش مواد اولیه می توان از زیست توده، انرژی بیش از قبل تولید نمود. این روند پیشرفت در فن آوری های زیست توده می تواند فواید چشمگیر زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در پی داشته باشد.

بیوماس بیشتر به شکل چوب، قدیمی‌ترین شکل انرژی برای بشر است که بعنوان سوخت در مصارف خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در ابتدا، استفاده سنتی از طریق احتراق مستقیم، فرآیندی که هنوز هم بصورت گسترده در قسمتهای مختلفی از جهان بکار می‌رود، مورد استفاده بوده است. بیوماس بعنوان یک منبع انرژی متفرق، کاربر و زمین‌بر توصیف می‌شود. (۵)

از نظر تاریخی با افزایش فعالیتهای صنعتی، رشد تقاضا برای انرژی، ذخایر طبیعی بیوماس را کاهش داد. توسعه منابع جدید متمرکزتر و راحت‌تر انرژی منجر به جانشین این منابع به جای انرژی بیوماس شده است. با اینکه تعدادی از کشورهای پیشرفته از مقادیر قابل توجهی انرژی بیوماس استفاده می‌کنند. مثلاً فنلاند ۱۵ درصد، سوئد ۹ درصد، آمریکا ۴ درصد و روسیه ۳ تا ۴ درصد، ولی در حال حاضر سهم بیوماس در تأمین انرژی اولیه برای کشورهای صنعتی بیش از ۳ درصد نیست. (۱)

با توجه به عوامل اقتصادی و اجتماعی، یک مسئله جدی که در اینجا وجود دارد، موضوع زیاده‌روی در مصرف و کمبود تولید بیوماس بمنظور انرژی در چند کشور پیشرفته جهان است. در سال ۱۹۸۷ تقریباً ۱۳ تا ۱۴ درصد از انرژی اولیه جهان از طریق بیوماس تأمین می‌گردید (۱۷). کشور نپال بیش از ۹۵ درصد، کنیا ۷۵ درصد، هند ۵۰ درصد، چین ۲۲ درصد، برزیل ۲۵ درصد، مصر و مراکش ۲۰ درصد از کل انرژی خود را از منابع بیوماس تأمین می‌کنند. (۱)

استفاده از بیوماس بعنوان یک منبع انرژی نه تنها دلایل اقتصادی (جائیکه سوخت به آسانی و با قیمت ارزان در دسترس است)، بلکه بدلائل توسعه اقتصادی و زیست محیطی نیز جذاب می‌باشد. سیستم‌هایی که بیوماس را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک بصورت کارآیی عمل نمایند. (۱۸)

بیوماس یک منبع تجدیدپذیر بومی است که به هیچ یا اندک تغییر خارجی نیاز دارد. همچنین صنایع کشاورزی و جنگلداری که ذخایر اصلی بیوماس هستند، فرصتهای اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی فراهم می‌کنند. (۱۰)

میزان نشر مواد آلاینده ناشی از احتراق بیوماس، معمولاً کمتر از سوخت‌های فسیلی است. بعلاوه، استفاده و بهره‌برداری تجاری از بیوماس، می‌تواند مشکلات مربوط به انهدام زباله‌ها در سایر صنایع از جمله جنگلداری و تولیدات چوب، فرآوری مواد غذایی و بخصوص پسماندهای جامد شهری در مراکز شهری را حذف و یا کاهش دهد. (۷)

## ۲ - روش تحقیق

در این تحقیق انواع اصلی منابع موجود زیست توده، کمیت آن و فاکتورهایی را که بر تولیدش اثر می‌گذارد، و همچنین ارزیابی و انتخاب منابع زیست توده و میزان استحصال انرژی از منابع مختلف مطالعات جامعی با توجه به تجربیات کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، همچنین کشور ما صورت گرفته است.

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- دسته بندی زیست توده از دیدگاه منابع تولید

منابع زیست توده براساس مقادیر کافی برای مصارف تجاری، قابلیت برآورده کردن نیازها و قابل دسترس بودن در تمامی مناطق انتخاب و رده بندی می‌شوند. با در نظر گرفتن ماهیت مطالعات و معیارهای بالا منابع مختلف زیست توده از این مطالعات استخراج می‌شود. ده منبع زیست توده از آنالیزها بدست آمده که در این قسمت ذکر شده است. (۱۹)

۱) ضایعات آسیاب: این زائدات در مرحله اولیه و ثانویه تولید محصولات جنگلی بدست می‌آید. زائدات آسیاب (نرم و زبر) معمولاً شامل چپیس چوب - مواد حاصل از هرس کردن و اصلاح کردن خاک اره تکه های پوست درختان - تکه های چوب روکش مبل و ضایعات الک کردن تفاله کاغذ.

۲) کود حیوانی: این ضایعات به عنوان کود خشک قابل جمع آوری احشامی که از شیر و گوشتشان استفاده می‌شود تعریف شده اند. مانند خوک، گاو، گوسفند، مرغ و خروس.

۳) پسماند محصولات: پس از محاسبه مقداری که لازم است در زمین باقی بماند تا مانع فرسایش خاک در برابر عوامل طبیعی شود، این قسمت شامل تفاله قابل جمع آوری از زمین های کشاورزی می‌باشد.

۴) پسماند عمل آوری محصولات کشاورزی: این بخش شامل تفاله ای می‌باشد که در روند عمل آوری محصولات اولیه و خام کشاورزی تولید می‌شود. بدست آوردن اطلاعات کامل در مورد این شاخه مشکل می‌باشد. هر چند سهم پسماند محصولات کشاورزی نسبت به کل، حدود ۱ تا ۲ درصد می‌باشد. مقدار این پسماند حدود ۸ تا ۱۵ درصد کل پسماند محصولات می‌باشد.

۵) ضایعات جنگل: شامل پسماند کنده درخت و سایر مواد قابل بازیافت است که از احداث جنگل باقی می‌ماند. باقیمانده کنده درختان شامل تکه های بریده شده درختان می‌باشد که در جنگل بلااستفاده رها شده است.

۶) MSW: شامل پسماندهای جامد شهری می‌باشد که از چرخه بازیافت و کمپوست بدست می‌آید (به جز چوب).

۷) MSW Wood: شامل انواع متداول چوب می‌باشد که در زباله های خانگی صنعتی و اداری یافت می‌شود.

۸) لجن فاضلاب شهری.

۹) پسماندهای چوبی صنعتی.

۱۰) نخاله های ساختمانی حاصل از ساخت و تخریب شهری.

### ۳-۲- بررسی انواع اصلی منابع بیوماس

گرچه انواع مختلف زیست توده شکل و ظاهر مشترکی دارند، اما تنوع قابل توجهی را در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهند. به طور کلی، همه نوع بیومس در صورتی که کربوهیدراتها، پروتئین ها، چربی ها و سلولز جزو مواد اصلی آنها باشد، می‌تواند بعنوان خوراک هاضم در فرآیند بیهواری قرار گیرد. زمانی که بیومس را بعنوان خوراک انتخاب می‌کنیم. بایستی موارد زیر را در نظر داشته باشیم (۱۲):

منابع اولیه اصلی برای تولید بیوگاز بدین شرح هستند (۳و۶)

۱- زایدات و بقایای محصولات کشاورزی، باغبانی و جنگلی

۲- فضولات دامی

۳- پسماند های تجزیه پذیر شهری

۴- فاضلاب های شهری

### ۳-۲-۱- زائدات کشاورزی

زائدات کشاورزی و جنگلی را می‌توان به زائدات غلات، زائدات حبوبات، زائدات گیاهان صنعتی، زائدات سبزیجات و صیفی جات، زائدات باغات میوه، زائدات بدست آمده از جنگل های دست کاشت، زائدات محصولات جنگلی و صنایع چوب تقسیم بندی کرد. (۱۶)

زائدات کشاورزی شامل کاهها، غلافها، پوستها و ساقهها هستند. آنها می‌توانند به دو گروه تقسیم شوند: زائدات دروکردن، که بعد از برداشت محصول در زمین باقی می‌مانند، برای مثال ساقه‌های کتان؛ و زائدات عملیات کشاورزی، برای مثال سبوس برنج. استفاده از زائدات به عنوان سوخت شاید به قدمت استفاده از خود محصول کشاورزی باشد و تا به امروز نیز جزو منابع سوختی بسیار مهم محسوب می‌شوند.

آنها همچنین تأمین سوخت تعداد زیادی از صنایع مربوط به فرآیندهای کشاورزی را برعهده دارند، مثلاً تفاله نیشکر (باگاس) در فرآیند تولید شکر، به عنوان سوخت کاربرد دارد (۱۳). روش دیگر استفاده از زائدات کشاورزی به عنوان خوراک هاضم ها برای تولید بیوگاز می باشد.

جدول ۱- انواع بقایای گیاهی مورد استفاده در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه و کاربرد آنها (۱۳)

کشور	نوع بقایای گیاهی	نوع کاربرد
برزیل	نیشکر	تولید الکل - سوزاندن - گازی کردن
	گیاهان روغنی	تولید روغنهای سوختی - سوزاندن - پیرولیز
	چوبهای جنگلی	سوزاندن - گازی کردن - پیرولیز - تولید زغال
چین	کاه و سبوس برنج	گازی کردن - سوزاندن - تخمیر بیهوازی - تولید الکل
	چوبهای جنگلی	سوزاندن - گازی کردن - تولید زغال
	زایدات غلات و دانه های روغنی	سوزاندن - گازی کردن - تولید الکل - تولید زغال
امریکا	نیشکر	گازی کردن - تولید الکل
	چوبهای جنگلی	سوزاندن - تولید الکل - گازی کردن - تولید زغال
	اکالیپتوس و صنوبر	پیرولیز - تولید الکل - سوزاندن - تولید زغال
اتحادیه اروپا	چوب کاج - صنوبر و بید	سوزاندن - گازی کردن - تولید زغال - پیرولیز
	چغندر قند	تولید الکل - گازی کردن - سوزاندن
	علف Miscanthus و Giant Reed	سوزاندن - گازی کردن - پیرولیز - تولید زغال
	تفاله ذرت و دانه های روغنی	تولید الکل و روغنهای سوختی - پیرولیز - سوزاندن
هند	کاه	سوزاندن - تخمیر بیهوازی
	اکالیپتوس	سوزاندن - تولید الکل - پیرولیز - تولید زغال
	علفهای سوختنی و بوریا	سوزاندن - تولید زغال - پیرولیز

### ۳-۲-۲- فضولات دامی

فضولات دامی می تواند از حیواناتی نظیر گاو، گوسفند، بز، گاو و میش، اسب، الاغ، قاطر و شتر تولید شود. فضولات دامی حاصل از گاو، مرغ و خوک متداولترین پسماندهای تر در اروپا و بعضی از کشورهای در حال توسعه هستند، بخصوص در کشورهایی مانند هلند و دانمارک که زمین برای پخش این پسماندها کم می باشد (۱۳).

فضولات دامی می توانند به صورت منفرد یا بصورت ترکیبی با زائدات کشاورزی و بقایای گیاهی یا فاضلابهای صنایع غذایی، تحت فرآیند گوارش بیهوازی قرار گیرند. از مواد خروجی از هاضم که دوره هضم را گذرانده اند، می توان به عنوان کود برای بهسازی و حاصلخیزی خاک استفاده کرد. در اکثر واحدهای کشاورزی برای تخمیر از فضولات دامی استفاده می شود. امروزه با افزایش یک نوع ماده خوراکی کمکی (Co-substrate) تولید بیوگاز را تسریع می کنند (۸).

در جدول شماره ۲ مقدار تولید روزانه فضولات توسط گونه های دامی موجود در روستاها آورده شده است. بنابراین، کل فضولات انسانی و حیوانی که در هر روز در یک خانوار روستایی تولید می شد محاسبه گردید که در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. در این محاسبات میانگین وزن هر نفر ۷۰ Kg و مقدار تولید روزانه ۰/۷٪ وزن بدن در نظر گرفته شد. جدول شماره ۴ جزئیات منابع زیستی موجود در روستاها را ارائه می دهد.

جدول ۲- مقدار تولید روزانه فضولات توسط گونه های دامی موجود در روستاها (۴)

گونه	میانگین وزن زنده (kg)	مقدار تولید روزانه ٪ وزن زنده	کل جامدات فضولات تازه ٪
گوسفند	۵۵	۱/۸	۰/۲۵
بز	۵۵	۲/۴	۰/۲۵
گاو	۳۱۰	۲/۹	۰/۱۶
اسب	۳۲۰	۴/۱	۰/۲۴
ماکیان	۲/۲	۵/۹	۰/۲

جدول ۳- کل فضولات انسانی و حیوانی تولید شده در یک خانوار روستایی (۴)

گونه	جمعیت	مقدار	واحد	کل فضولات
انسان	۵	۰/۵	kg/person/d	۲/۵
ماکیان	۳۰	۰/۱۳	kg/person/d	۳/۹
گاو و گوساله	۱	۹	kg/person/d	۹
اسب	۱	۹	kg/person/d	۹
گوسفند	۶	۱	kg/person/d	۶
بز	۱۶	۱/۳	kg/person/d	۲۰/۸
جمع				۵۱/۲

جدول ۴- منابع زیستی موجود در روستاها (۴)

منبع	توضیح	دسترسی
فضولات انسانی	در هر منزلی در توالت ها جمع آوری می شود	پیوسته
فضولات گاوی	از استبل جمع آوری می شود	پیوسته
فضولات اسبی	از تویله جمع آوری می شود	پیوسته
فضولات مرغی	از مرغدانی جمع آوری می شود	پیوسته
علف های چیده شده	از حیاطها	فصلی
برگ های درختان	برگ های ریخته شده بر روی زمین حیاطها	فصلی
زایدات باغی	از وجین باغهای منازل	فصلی
کاه	پیش از هضم برای اختلاط با منابع دیگر استفاده می شود	پیوسته
خاکستر چوب	خاکستر بخاری منازل می تواند برای بالا بردن pH خوراک هاضم استفاده شود. به عنوان یک منبع در محاسبه وارد نمی شود	پیوسته

### ۳-۲-۳- پسماندهای تجزیه پذیر شهری

پسماندهای شهری شامل زائدات جامد شهری می شود. پسماندهای جامد شهری عبارت از زائدات جامدی که از عملیات تجاری، اداری، خانگی و بعضی از صنایع بدست می آید. از میان زائدات جامد شهری فقط پسماندهای آلی قابل تجزیه هستند. لذا قبل از استفاده از این پسماندها در فرآیند هضم بیهوازی بایستی اجزاء غیر آلی آن را جدا کرد. میزان زائدات تجزیه پذیر در پسماندهای شهری بستگی به عوامل مختلفی دارد از جمله، محل تولید، نوع آب و هوا، فرهنگ و پیشرفت تکنولوژی متفاوت است. مثلاً در کشور آلمان مواد آلی حدود ۴۵-۳۰٪ می باشد. در حالیکه در ایران بیش از ۷۵٪ است. ضمناً چیزی حدود ۵۰ درصد از زائدات آلی کاملاً تخمیر می شوند (۱۲). جدول ۵ میانگین درصد لیگنین و قابلیت تجزیه پذیری و سایر ویژگیهای شیمیایی اجزاء زباله را ارائه می دهد.

جدول ۵- کربن آلی، رطوبت، تجزیه پذیری، درصد لیگنین و عناصر شیمیایی اجزاء موجود در زباله (۱۹)

اجزا	OCi	wi	%LCi	(fb)i	%C	%H	%O	%N	%S
مواد غذایی	۰.۴۸	۰.۶	۰.۴	۰.۸	۴۸	۶.۴	۳۷.۶	۲.۶	۰.۴
زایدات باغبانی	۰.۴۸	۰.۵	۴.۱	۰.۷	۴۸	۶.۲	۳۸	۳.۴	۰.۴
کاغذ و مقوا	۰.۴۴	۰.۰۸	۱۱.۸	۰.۵	۴۴	۶	۴۴.۲	۰.۳	۰.۲
پلاستیک و لاستیک	۰.۷	۰.۰۲	—	۰.۰	۷۰	۸.۶	۱۱.۴	۲	—
منسوجات	۰.۵۵	۰.۱	۲۲	۰.۲	۵۵	۶.۶	۳۱.۲	۴.۶	۰.۱۵
چوب	۰.۵	۰.۲	۱۲-۲۵	۰.۵	۵۰	۶	۴۲	۰.۲	—
فلزات	۰.۰	۰.۰۳	—	۰.۰	—	—	—	—	—
شیشه	۰.۰	۰.۰۳	—	۰.۰	—	—	—	—	—

با توجه به جدول بالا، میانگین رطوبت و قابلیت تجزیه پذیری زیست شناختی برای مواد فسادپذیر (زائدات غذایی + باغبانی) به ترتیب ۵۵٪ و ۷۵٪ در نظر گرفته می شود.

### ۳-۲-۴- فاضلابهای شهری

ضایعات مایع شهری ناشی از زیستگاههای انسانی دارای انرژی قابل ملاحظه ای است و همانند فضولات حیوانی می تواند بطور غیر هوازای تخمیر یافته و گاز متان تولید کند. تخمیر غیرهوازای فاضلاب، سالها است که اجراء می شود و در گذشته، بخش بیشتری از گاز تولید شده در مولدها و همچنین در تامین انرژی برای روشنایی خیابانها از این روش تولید می شد. در اکثر نقاط جهان، گاز تولید شده برای فراهم آوردن انرژی مورد نیاز جهت گرمایش گوارنده ها در تاسیسات عمل آوری بکار می رود. یا اینکه، می تواند برای به حرکت در آوردن موتور یک ژنراتور جهت تولید الکتریسیته مورد نیاز تاسیسات مورد استفاده قرار گیرد. (۱۱ و ۱۴)

### ۳-۳- ارزیابی و انتخاب منابع زیست توده

۳ معیار اساسی برای ارزیابی و انتخاب منابع زیست توده برآورد اقتصادی، کاربرد، اثرات محیطی می باشد. هر کدام از این سه معیار می توانند توابع متغیری باشند که بر روی منابع زیست توده تأثیرگذار می باشد. این توابع متغیر می تواند شامل کمیت، تناژ / هزینه، آلودگی هوا، محدودیت های سوخت و غیره باشد. از این پس CRP یک ابزار کمی نامیده می شود که به معنای (شکل مقایسه ای منابع) می باشد. و برای هر یک از توابع وزن و مقدار در نظر می گیرد. بازه وزنی توابع بین ۰ تا ۰/۳ متغیر می باشد. جمع تمام اوزان ۱ می شود. در این قسمت توابع متغیر و مقدار وزنی هر یک آورده شده است. (۱۵)

#### ۱) کمیت

مقدار و کمیت یک منبع نقش حیاتی در مطالعات توجیهی اولیه و همچنین عملکردهای بعدی برای تولید انرژی زیست توده دارد. دلیل اصلی لغو پروژه های تولید انرژی از زیست توده ایجاد مشکل در تأمین سوخت و تغییر کیفیت آن می باشد. به این تابع متغیر مقدار وزنی ۰/۳ را اختصاص می دهیم.

#### ۲) هزینه / تناژ

دومین تابع متغیر، هزینه بر حسب دلار آمریکا به ازای هر تن سوختی که به محل حمل می شود. هزینه به ازای هر تن سوخت تحویلی می تواند شامل هزینه عمل آوری به علاوه هزینه حمل به محل می باشد. هزینه عمل آوری می تواند فاکتور مهمی در انتخاب پسماندهای چوبی شهری، صنعتی و ساخت و تخریب، جایی که بیشترین تعداد کارگران برای جداسازی وجود دارد باشد.

#### ۳) حمایت دولتی

تخفیف های مالیاتی و حذف محدودیت های قانونی در سودآور کردن تولید انرژی از زیست توده مؤثر می باشد. به خاطر موانعی که در راه این وجود دارد، عدد وزنی ۰/۱ را به آن اختصاص می دهیم.

#### ۴) امکان پذیری صنعتی

هر چند امکان پذیری تبدیل منابع زیست توده به حرارت و انرژی قابل استفاده در مقیاس صنعتی یک فاکتور بحرانی می باشد، تقریباً تمامی ۱۰ منبع زیست توده ذکر شده در این مطالعات قابلیت این تبدیل را دارند. عدد وزنی ۰/۰۵ را به این شاخه اختصاص می دهیم.

#### ۵) محدودیت های احتراق

برخی منابع زیست توده از قبیل محصولات کشاورزی موجب ایجاد مشکلاتی در روند احتراق می شوند. چنین محدودیت ها موجب تحمیل هزینه های اضافی می گردد. احتراق پسماندهای چوبی تقریباً کمترین محدودیت را دارد. عدد وزنی ۰/۱۵ برای این آیتم مناسب می باشد.

#### ۶) آلودگی هوا

در بعضی از مکان ها استفاده از انرژی زیست توده از لحاظ زیست محیطی سودآور می باشد. این شامل کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به نسبت سوخت های فسیلی می باشد. زیست توده هنگامی که می سوزد سولفور کمتری در فضا منتشر می کند و دی اکسید کربن می تواند دوباره به چرخه تولید زیست توده برگردد. همچنین استفاده از زیست توده های پسماندهای کشاورزی و جنگلی موجب کاهش آتش سوزی جنگل می شود. اگر اصول ساخت و طراحی محفظه های احتراق رعایت نشود، پروژه های تولید انرژی از زیست توده می تواند موجب آلودگی محیط زیست شود. عدد وزنی ۰/۰۵ برای این آیتم مناسب می باشد.

## ۷) آلودگی آب

این آلودگی در زیست توده های بدست آمده از پسماندهای کشاورزی و جنگلی قابل ملاحظه نمی باشد. ولی در زیست توده های کودهای حیوانی اهمیت فراوانی دارد. به آلودگی آب عدد وزنی ۰/۰۵ را اختصاص می دهیم.

## ۸) خروج خاکستر

احتراق منابع اصلی زیست توده موجب تولید خاکستر می شود که به دلیل وجود عناصری مانند پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم دارای خاصیت بازی زیادی می باشد. شیوه های متداول دفع خاکستر مانند لندفیل علاوه بر تأثیر در مورد کاربری زمین می تواند از لحاظ زیست محیطی هم خطرناک باشد به دلیل ماهیت فرسایشی عناصر خاکستر. عدد وزنی این آیتم ۰/۰۵ می باشد.

### ۳-۴- میزان استحصال انرژی از منابع مختلف

به طور کلی می توان استحصال انرژی از منابع زیست توده را به سه بخش کودهای دامی، زائدات کشاورزی و زباله های آلی تقسیم کرد. چنانچه بخواهیم تفکیک مشخصی از میزان استحصال انرژی از این مواد را داشته باشیم می توانیم تعریفی کلی به قرار زیر داشته باشیم:

(۱) کود حیوانات معادل ۲ کیلو وات به ازای هر راس دام

(۲) زائدات کشاورزی معادل ۱ کیلو وات به ازای زائدات هر ۴۰۴۷ متر مربع زمین ذرت

(۳) زباله های آلی که پتانسیل تولید انرژی بسیار بالایی دارند.

جدول ۶- محتوای انرژی بیوگاز حاصله از فضولات دامی و زائدات کشاورزی (۲)

ماده اولیه	بیوگاز حاصله $m^3/kg$	درصد متان موجود در بیوگاز
فضولات گاو	۰.۲۸-۰.۲۶	۶۰-۵۰
فضولات گوسفند	۰.۲۴-۰.۲۲	۵۰-۴۰
فضولات اسب	۰.۳-۰.۲	-
فضولات ماکیان	۰.۶-۰.۴	۶۰-۵۰
ساقه گندم	۰.۴۳۲	۵۹
ساقه برنج	-	-
ساقه ذرت	-	-

## ۴- نتیجه گیری کلی

زیست توده به عنوان چهارمین منبع اصلی انرژی بشر و به عنوان بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر در جهان محسوب میگردد. همچنین مهمترین منبع انرژی در کشورهای در حال توسعه است که حدود سه چهارم از جمعیت جهان در آن زندگی می کنند. ضمناً مصرف انرژی زیست توده در چندین کشور صنعتی از اهمیت خاصی برخوردار است. با در نظر گرفتن شرایط تهیه و پیشرفت فن آوری زیست توده، خوش بینی بسیار زیادی وجود دارد، که زیست توده در آینده نقش مهمی در تأمین انرژی مورد نیاز بشر ایفا نماید.

زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخته های گازی، مایع و جامد با انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می باشد. منابع زیست توده ای که برای تولید انرژی مناسب هستند، طیف وسیعی از مواد را تشکیل می دهند، که شامل فضولات دامی، محصولات انرژی زا، زائدات کشاورزی و جنگلی، زائدات غذایی، پسماندهای شهری، فاضلابهای شهری و صنعتی می گردد. لازم است که تلاشهای بیشتری در تولید و استفاده مؤثر از زیست توده به عنوان سوخت به عمل آورد، زیرا این منبع انرژی بومی در دسترس می باشد.

بطور خلاصه امتیازات و انگیزه های بهره گیری از انرژی زیست توده در کشور به شرح زیر است:

- پتانسیل قابل توجه (معدل حداقل ۱۴٪ از کل عرضه انرژی اولیه کشور در سال ۱۳۷۶)

- قابلیت افزایش پتانسیل (از طریق کشت محصولات انرژی زا و افزایش راندمان برخی از فرآیندها)

- قابلیت جبران بخشی از هزینه های دفع زائدات و حفاظت محیط زیست

- کاهش انتشار آلاینده های هوا (ناشی از مصرف سوخته های فسیلی) و در نتیجه کاهش هزینه های زیست محیطی

- امکان تأمین برق و انرژی نقاط دور افتاده

- صرفه جویی در سوخته های فسیلی (ایجاد امکان صادرات فرآورده های نفتی برای کشور)

- اشتغال زایی و توسعه کشاورزی و صنایع وابسته و کمک به ارتقاء سطح رفاه عمومی

انرژی زیست توده دارای منابع و فن آوری های گوناگون و متنوعی است. به منظور توسعه کاربرد انرژی زیست توده در کشور ابتدا بایستی وجوه مختلف این منابع بالقوه ی انرژی در کشور مشخص گردد. سپس بررسی های دقیق بر روی انواع فن آوری مناسب برای کاربرد این منابع صورت گرفته و آنالیز اقتصادی به منظور تعیین سرمایه گذاری لازم برای اجرای آنها انجام گیرد.

## مراجع

- [ ۱ ] امین صالحی، فرناز بررسی استفاده از انرژی زیست توده در جهان و امکان سنجی کاربرد آن در تولید انرژی در ایران، طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی. (۱۳۸۳)
- [ ۲ ] ساسه، لودویک تاسیسات واحدهای بیوگاز، ترجمه ی دکتر قاسم نجف زاده، دانشگاه صنعتی امیرکبیر و دانشگاه علوم و فنون مازندران . (۱۳۷۴)
- [ ۳ ] شیخ الاسلامی، جواد و کشتکاو، علیرضا فرآیند تولید بیوگاز، دومین کنفرانس سراسری روستا و انرژی. (۱۳۷۷)
- [ ۴ ] الف. تکدستان، ن. جعفرزاده، ؛ بررسی استفاده از بیوگاز حاصل از تجزیه مواد زائد جامد بعنوان سوخت تجدید شونده. اولین همایش کشوری اکو انرژی ایران – دانشگاه ارومیه (۱۳۸۲)
- [ ۵ ] عبدلی، محمد علی، کرباسی، عبدالرضا و همکاران طرح جامع دفع و بازیافت زباله های کشور، وزارت کشور، معاونت عمرانی، دفتر برنامه ریزی شهری. (۱۳۷۴)
- [ ۶ ] دستورالعمل و راهنمای ساخت واحدهای بیوکمپوست خانگی در مناطق روستایی کشور، سازمان شهرداریها و دهیاری های کشور، دفتر تاسیسات، تجهیزات و خدمات روستایی، (۱۳۷۸)
- [ ۷ ] وزارت نیرو پژوهشگاه نیرو، بررسی های فنی تولید انرژی از منابع زیست توده (بخش دوم) . (۱۳۷۸)
- [8] Alvarez, R., Villca, S.(2006)Biogas Production from itama and Cow Manure at High Altitude, Biomass and Bioenergy, Elsevier, No.30, 66-75.
- [9] Boyle, G.(2004) Renewable Energy, Power for a Sustainable Future, Second Edition, Published by Oxford University.
- [10] Bridgewater, A.V. & Grassi, G.(1991) Biomass Pyrolysis Liquids Up grading and Utilization, Elsevier Science Publishers Ltd.
- [11] Chanakya etal.(1995)Anaerobic Fermentation of Leafy Biomass Conference, Austria, pergamon publishers.
- [12] Deublein, D., Steinhauer, A. (2008) Biogas from Waste and Renewable Resources, An Introduction, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- [13] Hulscher,W., and Fraenkel, P. (1994) The Power Guide, An International Catalogue of Small- Scale Energy Equipment, Second Edition, Intermediate Technology Publications in association eith the Technology and Development Group, University of Twente.
- [14] Kinoshita, C.M. (1997) power Generation Potentials of Biomass Gasification Systems, Journal of Energy Engineering.
- [15] Kogan , P.(1996) New Renewable Energy Resources, world Energy Council, Chapter 5, Biomass Energy.
- [16] Kottner, M. (2001) Biogas in Agriculture and Industry potentials, present use and perspectives, Renewable energy world, 718.
- [17] Scurlock, I.M.O, Hall, D.O.(1990) The Contribution of Biomass to Global Energy Use, Short Communication Biomass Vol.21, No.1,1990.
- [18] Stassen, H.E.(1995) Small Scale Biomass Gasifier for Heat and Power, Global Review World Bank Technical- No. 296.
- [19] Techobanoglous, G., Tyssen, H. (1993) Integrated Solid Waste Management, McGraw Hill.