اولین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران
The First Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation
ICREDG 2010

# ارزیابی زیست محیطی اقتصادی انرژی بیوگاز

علیرضا پورخباز، فاطمه حاجی زاده

چکیده: امروزه تامین انرژی از اساسی ترین پیش نیازهای توسعه کشورها به شمار می رود. تغییرات جمعیتی و رشد شهرنشینی علاوه بر ضعف در کارایی جریان تولید، انتقال ،مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک موجب افزایش تقاضای انرژی و مصرف سریع منابع آن گردیده است.

یکی از مناسب ترین انرژی های تجدید پذیر که علاوه بر تجدید پذیر بودن و سازگاری با محیط زیست دارای منافع اقتصادی اجتماعی نیز بوده، انرژی زیست توده می باشد که پس از انرژی آب در جایگاه دوم قرار دارد.

هضم بی هوازی از جمله فناوری های مناسب تولید انرژی (برق و حرارت) و تثبیت انواع پسماند آلی فسادپذیر است. زبالۀ و فاضلاب شهری، زائدات دامی و کشاورزی و غیره از منابع عمده تولید بیوگاز در ایران می باشند، که بطور میانگین حدود ۱۶۴۵/۷ میلیون متر مکعب بیوگاز تولید و در صورت استفاده، علاوه بر هزینه های اقتصادی سبب کاهش مصرف انرژی فسیلی و به دنبال آن کاهش تولید گازهای آلاینده محیط زیست میگردد. انرژی حرارتی و الکتریسیته حاصل از این مقدار بیوگاز به ترتیب ۹۷۹۱/۹۱۵ و ۲۷۹۷/۶۹ میلیون کیلو وات ساعت بر متر مکعب بوده که با قیمت ۷۷۳ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت، ۲۱۶۲۶۱۴/۴ میلیون ریال هزینه صرفه جویی میگردد.

***واژه‌های کلیدی:*** انرژی الکتریسیته، بیوگاز ، بیوماس، پیامد زیست محیطی

## ۱- مقدمه:

روند فعلی مصرف انرژی در جهان ،بشر را با دو بحران بزرگ آلودگی محیط زیست و شتاب فزاینده در تهی نمودن منابع انرژی روبرو نموده است. آلودگی محیط زیست، پدیده تغییر اقلیم و تجدید ناپذیری که از چالشهای اصلی استفاده از منابع انرژی فسیلی به شمار می روند. در اثر توسعه ناپایدار، الگوهای نادرست مصرف انرژی، افزایش جمعیت و .... در سالهای اخیر با شدت بیشتری ادامه داشته اند [۱]. چگونگی تولید و استفاده از حامل های انرژی در بخش های مختلف مصرف کننده، از عوامل موثر در ایجاد آلودگی محیط زیست در مقیاس محلی، منطقه ای و بین المللی می باشد [۱].

در فرایند هضم بی هوازی، ترکیبات آلی موجود در زباله ها، مولکولهای درشت زنجیره شکسته شده و به مولکولهای ساده تر تبدیل میگردند. حاصل نهایی این فرایند گازی است قابل اشتعال که بیوگاز نام دارد، که شامل دو جزء عمده متان و دی اکسید کربن (۹۹/۹درصد) به همراه مقادیر جزئی ناخالصی نظیر بخارآب، کربن و نیتروژن و غیره می باشد. هر ساله از طریق فتوسنتز، معادل چندین برابر مصرف انرژی خورشید در برگها ، تنه و شاخه درخت ها ذخیره میشود. با این وصف در میان انواع منابع تجدیدپذیر، بیوماس از جهت ذخیره انرژی خورشیدی در مرتبه بالایی قرار دارد [۲].

انرژی بیوماس در میان انرژی های تجدیدپذیر مقام نخست را در عرضه انرژی جهان دارا می باشد، به گونه ای که در سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۰ درصد عرضه انرژی اولیه جهان از منابع زیست توده تامین گردیده است. در زمینه تولید برق از منابع تجدید شونده، بیوماس پس از انرژی آب در جایگاه دوم قرار دارد، و در سال ۲۰۰۰ حدود ۶ درصد سهم جهانی را به خود اختصاص داده است، به طوری که در همین سال مجموعه ظرفیت نیروگاهی نصب شده جهت بهره برداری از انرژی بیوماس در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری اقتصادی معادل ۲۳۰۰۰ مگاوات بوده است [۳].

تولید انرژی از پسماندهای شهری بویژه پسماندهای جامد شهری در سطح جهان در حال توسعه می باشد. این امر بدلیل افزایش بازیافت انرژی، کاهش دفن، ایجاد درآمد برای مدیریت پسماند،

علی‌رضا پورخباز، عضو هیئت علمی گروه محیط زیست دانشگاه بیرجند

(Email: Apourkhabbaz@yahoo.com)

فاطمه حاجی زاده، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشگاه بیرجند

Email:najmehajizade@gmail.com

تنوع بخشی به منابع تولید انرژی، افزایش امنیت، عرضه انرژی و ... است. همچنین با توجه به اینکه تاسیسات مدیریت پسماندها خود از استفاده کنندگان انرژی هستند، تولید انرژی در محل باعث کاهش تلفات شبکه برق شده و به سیستم انرژی الکتریکی کمک شایانی میکند [۴].

سالانه میلیونها تن زباله در سطح جهان تولید میشود و کشورهای مختلف هر یک به شیوه ای موضوع را مدیریت می کنند. در ایالت متحده آمریکا و آمریکای شمالی سیاست اصلی بر بازیافت پسماند های خشک ارزشمند، کمپوست و تولید انرژی از آن استوار بوده، و دفن پسماندهای قابل بازیافت(مواد و انرژی) ممنوع می باشد [۴].

بیوگاز تقریبا از همه مواد ارگانیکی میتواند تولید گردد. تکنولوژی بیوگاز بسیار با اهمیت برای کشاورزان بعلت اثرات توسعه یافته آنها بوده و مواد زائد که اکنون بلااستفاده است میتواند یک منبع انرژی مفید باشد.

در این تحقیق سعی شده اطلاعات عمومی از انرژی بیوگاز و میزان تولید الکتریسیته ناشی از زباله ها در ایران برآورد گردد. ارزیابی اقتصادی زیست محیطی بیوگاز و کاهش میزان آلودگی ناشی از کاربرد زیست توده به عنوان یک انرژی پاک و تجدید پذیر، همچنین بهره گیری بهینه و مجدد از مواد آلی از جمله دیگر موارد بررسی در این تحقیق می باشد.

## ۲- بحث

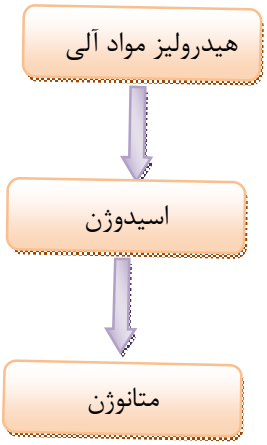
### ۲-۱ فرایند بیوگاز

تخمیر بی‌هوازی توسط فعالیت باکتریهای غیر هوازی به ویژه متان زا سبب تجزیه فضولات حیوانی یا انسانی و گیاهی در نتیجه فقدان اکسیژن در یک محفظه تخمیر انجام میگردد [۵]. مولکولهای درشت کربنی مواد آلی به مولکولهای ساده‌تر تبدیل گشته و حاصل این فرآیند گازی قابل اشتعال بنام گاز متان یا گاز مرداب می باشد [۶].

میزان گازهای تولید شده ناشی از تخمیر فعالیتهای باکتری های بی هوازی در زیست توده ها در جدول(۱) نشان داده شده است. میزان گازکربنیک و متان حدود ۹۹/۹٪ از گازهای بیوگاز را تشکیل میدهد که در تولید انرژی برق میتوان از آن استفاده نمود [۷].

مشخصات فرایند بی هوازی در تولید بیوگاز در جدول (۲) آورده شده است. بدین ترتیب که وجود دمای ۳۵-۳۰ درجه سانتیگراد و اسیدیته۷,۲ – ۶,۸، و بهم زدن منظم ترکیب در طی بازه زمانی۳۰-۲۰ روز ایده آل می باشد [۶]. البته زمان ماند میتواند کمتر یا بیشتر بوده و در صورتی که درجه حرارت به ۳۵-۳۰ درجه سانتی گراد برسد فرایند بی هوازی کامل میگردد.

مراحل فرایند شیمیایی تخمیر (شکل ۱) یعنی شکست مواد آلی اولیه توسط باکتریها و در نهایت تولید بیوگاز و دی اکسید کربن به شرح زیر می باشد [۶و ۸].




**شکل (۱) فرایند شیمیایی تخمیر**

### ۲-۲ اهمیت انرژی بیوماس و تحلیل هزینه های بیوگاز در ایران

کارایی مناسب فرایند هضم بی هوازی نشان میدهد که خواص شیمیایی و فیزیکی پسماندهای آلی زیست تخریب پذیر تولیدی در ایران نظیر زباله ها و لجن فاضلاب شهری برای استفاده بعنوان سوخت در نیروگاههای بیوگاز سوز فوق العاده مناسب می باشد.

**جداول**

**جدول(۱) گازهای تشکیل دهنده بیوگاز(٪)**

| متان | گاز کربنیک | ازت | هیدروژن | اکسیژن | هیدروژن سولفوره |
|---|---|---|---|---|---|
| CH4 | Co2 | N2 | H2 | O2 | H2S |
| ۶۰-۸۰ | ۳۸-۲۵ | ۰-۷ | ۰ -۱ | ۰ -۲ | ۰/۰۵ – ۰/۵ |

**جدول (۲) مشخصات فرایند بی هوازی در تولید بیوگاز**

| (° c) | ( pH) | ترکیب مواد آلی | غلظت مواد (٪) | عوامل بازدارنده تخمیر | همزدن مواد | زمان تخمیر(روز) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰-۳۵ | ۷,۲ – ۶,۸ | نسبت کربن به ازت ۳۰ به ۱ | ۱ - ۴۵ | شوک حرارت، انتی بیوتیکها | منظم وملایم | ۲۰-۳۰ |

**جدول(۳)پتانسیل تولید بیوگاز در ایران**

| مواد ورودی | میزان تولید مواد ورودی | بیوگاز تولیدی(مترمکعب) | انرژی الکتریسیته[۱] kwh/$m^3$ | انرژی حرارتی۲ kwh/m3 | قیمت(ریال)[۳] |
|---|---|---|---|---|---|
| فضولات دامی | ۷۴۹۴۶هزار تن | ۸۵۵۸ میلیون | ۱۴۵۴۸/۶ میلیون | ۵۰۹۲۰/۱ میلیون | ۱۱۲۴۶۰۶۸میلیون |
| زائدات کشاورزی و جنگلی | ۲۳۱۴۷/۵هزار تن | ۵۴۷۵/۸ میلیون | ۹۳۰۸/۸۶ میلیون | ۳۲۵۸۱/۰۱ میلیون | ۷۱۹۵۷۴۸/۸میلیون |
| فاضلاب انسانی | شهرهای بالا ۱۰۰هزار نفر | ۱۰۷/۸~۲۴۵ میلیون | ۱۸۳/۲۶-۴۱۶/۵ میلیون | ۶۴۱/۴۱ ~۱۴۵۷/۷۵ میلیون | -۳۲۱۹۵۴/۵ ۱۴۱۶۵۹/۹۸میلیون |
| فاضلاب صنعتی(صنایع بزرگ) | - | ۸۱/۵~۲۷۹/۴ میلیون | -۴۷۴/۹۸ ۱۳۸/۵۵ میلیون | ۴۸۴/۹۲۵~۱۶۲۶۲/۴۳ میلیون | -۳۶۷۱۵۹/۵۴ ۱۰۷۰۹۹/۱۵میلیون |
| مجموع تولید با استفاده از فرایند هضم بی هوازی | - | ۱۶۴۵/۷ میلیون | ۲۷۹۷/۶۹ میلیون | ۹۷۹۱/۹۱۵ میلیون | ۲۱۶۲۶۱۴/۴ میلیون |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| بازیافت روغن آشپزخانه | یک تن | ۱۰۳۸ | ۱۷۶۴/۶ | ۶۱۷۶/۱ | ۱۳۶۴۰۳۵/۸ |
| چمن | یک تن | ۵۲۰ -۷۰۰ | ۸۸۴-۱۱۹۰ | ۳۰۹۴-۴۱۶۵ | ۶۸۳۳۳۲-۹۱۹۸۷۰ |
| نیشکر | یک تن | ۵۵۰ | ۹۳۵ | ۳۲۷۲/۵ | ۷۲۲۷۵۵ |
| ضایعات سبزی | یک تن | ۴۵۰ | ۷۶۵ | ۲۶۷۷/۵ | ۵۹۱۳۴۵ |
| کود مرغ | یک تن | ۴۵۰ | ۷۶۵ | ۲۶۷۷/۵ | ۵۹۱۳۴۵ |
| کود گاو | یک تن | ۲۵۰ | ۴۲۵ | ۱۴۸۷/۵ | ۳۲۸۵۲۵ |

[۱] ۱/۷ کیلو وات ساعت بر متر مکعب انرژی الکتریسیته به ازای هر متر مکعب بیوگاز

[۲] ۵/۹۵ کیلو وات ساعت بر متر مکعب انرژی حرارتی به ازای هر متر مکعب بیوگاز

[۳] ۷۷۳ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریسیته

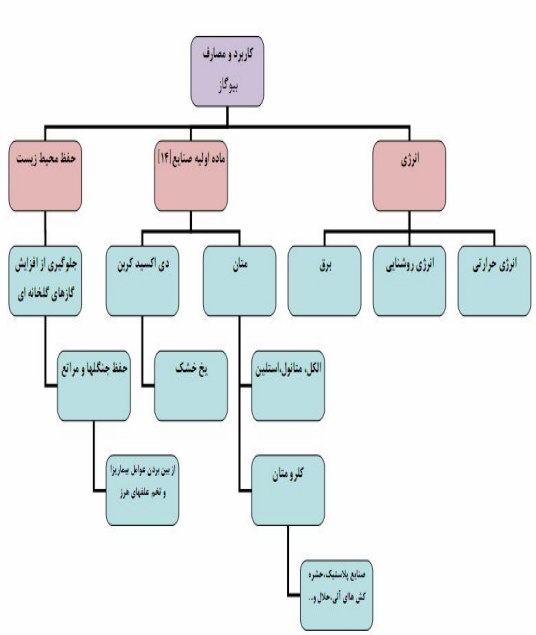
بررسی های اولیه صورت گرفته در دفتر زیست توده سازمان انرژی های نو ایران حاکی است که افزودن سیستم تولید انرژی به هر روش امحاء و کاهش پسماندهای دفنی نظیر لندفیل ، زباله سوز و بیوگاز، اثرات مثبت اقتصادی به مراتب بیشتر از اثرات مالی و هزینه های سرمایه گذاری اولیه و جاری سالانه ناشی از افزایش واحد تولید برق را در پی دارد [۴]. گرچه این اعتقاد وجود دارد که با پیشرفت یک کشور توسعه یافته سرانجام مصرف انرژی بیوماس به عنوان یک فرم از انرژی مدرن کاهش می یابد [۹]. اما تاکنون این نتیجه برای کشورهای جنوب آسیا ،جنوب شرقی آسیا و چین صحت نداشته است. برای مثال کشور تایلند در طی ۱۹۹۶-۱۹۸۰ مصرف انرژی بیوماس به ۶۸٪ افزایش یافته است، درحالیکه سرانه تولید ناخالص سه برابر شده است. در کشورهای اقیانوسیه زیست توده ها $۲٫۵ \times ۱۰^{۹}$ GJ/ year از انرژی اولیه را فراهم می کنند، که ۴۰ درصد از تقاضای منطقه را شامل میشود، که از این مقدار ۷۴٪ آن را هیزم تشکیل میدهد[۱۰].

انرژی حرارتی حاصل از بیوگاز ۵/۹۵ کیلو وات ساعت بر متر مکعب می باشد(جدول ۳)، در حالیکه، تقریبا ۱/۵ برابر گاز شهری حدود ۴/۰۷ کیلو وات ساعت بر متر مکعب انرژی حرارتی تولید می نماید، مقدار انرژی حرارتی ناخالص از یک متر مکعب بیوگاز ۳/۲۸ و حدود ۱/۷ کیلو وات ساعت برق میباشد. در حالیکه فضولات دام (مانند پهن گاو) در صورت سوختن مستقیم یک کیلو گرم فقط ۰/۳ کیلو وات ساعت بر متر مکعب انرژی حرارتی تولید میکند، که معادل ۰/۰۹ متر مکعب بیوگاز می باشد. با توجه به جدول (۳)، میزان فاضلاب تولیدی در شهرهایی با جمعیت بالای ۱۰۰هزار نفر ۲۴۵ تا ۱۰۷/۸ میلیون متر مکعب، در حالیکه این مورد به ازای هر تن زائدات کشاورزی میزان ۲۳۰< متر مکعب تولید بیوگاز را نشان میدهد [۱۱]، به ازای هر تن فضولات دامی۲۵۰-۱۲۰ متر مکعب بیوگاز تولید میگردد. در مقایسه با تحقیقی که در تایلند انجام گرفته است به ازای هر تن فضولات حیوانات حدود ۲۰۰متر مکعب بیوگاز تولید میشود [۷].

بنابراین میزان تولید مواد زائد و میزان بیوگاز تولیدی در ایران تنها از منابع فوق به طور میانگین، سالیانه ۱۶۱۴۶/۳۵ میلیون متر مکعب بیوگاز (۹۱۷۵ میلیون متر مکعب متان) قابل استحصال می باشد.

با فرض ارزش حرارتی متان $۳۶/۷ \text{ MJ/m}^3$ ، این حجم معادل J ۱۰۱۷× ۳/۳۶۷ انرژی خواهد بود [۱۱]. با توجه به اینکه میزان انرژی الکتریسیته حاصل از متر مکعب بیوگاز۱/۷ کیلو وات ساعت است، بنابراین میتوان نتیجه گرفت که میزان انرژی الکتریسیته حاصل از فضولات دامی ۱۴۵۴۸/۶ ، زائدات کشاورزی و جنگلی ۹۳۰۸/۸۶، فاضلاب انسانی ۴۱۶/۵-۱۸۳/۲۶ میلیون، فاضلاب صنعتی(صنایع بزرگ) ۴۷۴/۹۸- ۱۳۸/۵۵ میلیون کیلو وات ساعت بر متر مکعب می باشد. در حالیکه روش

های تامین و تولید انرژی خود از عوامل تعیین کننده در آلوده نمودن محیط زیست می باشند، سرعت تهی شدن منابع تجدید ناپذیر انرژی و افزایش آلودگی ها به بحران های انرژی و محیط زیست در هزاره سوم مبدل شده اند [۱۲]. به هر حال ارزش حرارتی بیوگاز با حذف دی اکسید کربن تا حدود ۴۰٪ قابل افزایش است، بعبارت دیگر منجر به کارایی بیشتر از ۹۵-۸۵٪ میشود. در حالیکه راندمان انرژی روشنایی بیوگاز بسیار کم و حدود ۴۲-۳۲٪ می باشد [۷].




**شکل(۲):کاربرد و مصارف بیوگاز**

در ارتباط با پدیده گلخانه ای که مسئله روز جهان است گفته میشود در جهان سالانه حدود۷۴ میلیون تن گاز متان از فضولات دامپروری و ۴۰ میلیون تن از این گاز تنها از زباله های شهری خود به خود تولید میگردد، و در جو پراکنده و محیط زیست را آلوده میکند. جمع آوری این مواد زائد و تولید گاز متان با استفاده از دستگاههای بیوگاز به خوبی امکانپذیر است، بطوریکه کشور چین با تقریب ۷ میلیون دستگاه بیوگاز، مقام اول جهان را داراست [۱۱].

کاربرد و مصارف بیوگاز در بخشهای مختلف به صورت انرژی و ماده اولیه در صنایع مختلف به گونه ای که در حفاظت از محیط زیست موثر باشد به صورت گراف درختی(شکل۲) نمایش داده شده است [۶].

## ۲-۳ ارزیابی زیست محیطی و اقتصادی اجتماعی انرژی بیوماس

در فرایند تخمیر به روش بی هوازی ضمن تولید بیوگاز بعنوان یک منبع انرژی، کود آلی مناسب برای توسعه فضای سبز و کشاورزی بدست می آید. خاک کشور ما بسیار فقیر و به شدت نیاز به کود دارد. خاکهای ایران که بیشتر از ۸۰٪ اراضی کشاورزی را در ایران تشکیل میدهند، از نظر مواد آلی فقیر و کمتر از یک درصد مواد آلی دارند. شناخت بیوگاز و راکتورهای بیوگازی، سرعت بالای احداث نیروگاه با سوخت زباله های شهری و پسماندهای آلی فسادپذیر را سبب میشوند [۱۴].

از محاسن انرژی بیوگاز میتوان به جایگزینی سوختهای فسیلی توسط انرژی الکتریسیته و حرارتی حاصل از بیوگاز اشاره نمود، که علاوه بر این، کاهش پیامدهای سوء زیست محیطی، تبدیل مواد زائد به کود آلی جهت غنی سازی زمینهای کشاورزی از دیگر پیامدهای مثبت این انرژی تجدید پذیر می باشد. به طور خلاصه از مزایای زیست محیطی و اقتصادی این نوع انرژی، به موارد ذیل میتوان اشاره نمود:

۱- عدم آلودگی آب، هوا و خاک و تولید محصولات جانبی مفید از محاسن این انرژی نو می باشد. بعنوان مثال، بخش تولید حیوانی پاسخگوی ۱۸٪ دی اکسید کربن و ۳۷٪ متان بعنوان گازهای گلخانه ای است که بالقوه دی اکسید کربن ۲۳ بار در گرمایش جهانی نقش دارد.

۲- جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه ای و بدنبال آن درجه حرارت زمین و تغییرات شدید آب و هوایی.

۳- مکان های دفن، متان تولید می کنند که از مواد تجزیه پذیر حاصل میشوند. لکن با جمع آوری آن میتوان گرما و الکتریسیته تولید نمود [۱۵و۱۶].

## ۲-۴ اثرات اقتصادی و اجتماعی

- عمده ترین فایده تکنولوژی هضم بی هوازی تولید انرژی تجدید پذیر از مواد زائد برای همیشه است.
- انرژی پاک بیوگاز میتواند حلال قسمتی از تغییرات آب و هوایی و هزینه های بالای انرژی باشد.
- ایجاد درآمد از طریق فروش انرژی (بیوگاز، برق و حرارت) کودآلی و آب قابل استفاده در کشاورزی [۱۷].
- کاهش هزینه ها جهت جبران خسارتهای ناشی از آلودگی هوا.

- جلوگیری از توسعه محل های دفن زباله و کاهش هزینه های مربوطه.
- کاهش مصرف سوخت فسیلی.
- اثرات درازمدت کودهای آلی ناشی از بیوگاز در اصلاح خاک.
- تولید متان و دی اکسید کربن به عنوان انرژی حرارتی و روشنائی.
- سازگاری این تکنولوژی میتواند افزایش اشتغالزایی بویژه در مناطق روستایی را سبب گردد.

## ۳- نتیجه گیری

با توجه به تجدید پذیر بودن و امکان دسترسی آسان، انرژی زیست توده روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار میگردد، چرا که هم میتواند جایگزین و تامین کننده مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع شود و هم در آینده ای نزدیک، زیست توده (بیوماس) ارزانتر از محصولات پتروشیمی ساخته شده از نفت و گاز طبیعی، خواهد گردید [۱۸]. دامنه مصرف کنندگان زیست توده بسیار گسترده است به عنوان مثال از خانوارهای کوچک به خصوص در نواحی روستایی و رستوران ها شروع شده تا واحدهای کوچک، متوسط و بزرگ صنعتی و تجاری ادامه پیدا میکند [۱]. پیش بینی میشود که تا اواخر سال۲۰۱۰ کل تولیدات الکتریسیته جهان از منابع انرژی نو به ۲۲٪ برسد. بنابراین انرژی بیوگاز بعنوان یک انرژی سبز میتواند همچنین سبب کاهش پسماندها بویژه در شهرهای پر جمعیت که دفن آنها خطری مهم می باشد، گردد.

ایران از جمله کشورهایی است که دارای منابع گسترده ای برای تولید بیوگاز می باشد. با احتساب مقادیر معمول بازدهی بیوگاز از فضولات دامی، زائدات کشاورزی، زباله های شهری و فاضلاب های شهری و صنایع غذایی و اعمال ضرایب اطمینان، به طور میانگین حدود ۱۶۱۴۶/۳۵ میلیون متر مکعب، معادل ۳۲۳ پتاژول ($۱۰^{۱۵}$ ژول) انرژی خواهد بود. تحقیقی که در کشور ایران بر اساس جدول ۳ انجام شده، میزان کل تولید انرژی الکتریسیته و حرارتی به ترتیب ۲۷۹۷/۶۹ میلیون و ۹۷۹۱/۹۱۵ میلیون کیلو وات ساعت بر متر مکعب می باشد، که با توجه به اینکه هر کیلو وات ساعت الکتریسیته ۷۷۳ ریال هزینه برای وزارت نیرو در بر دارد، با استفاده از فقط انرژی الکتریسیته میتوان به میزان ۲۱۶۲۶۱۴/۴ میلیون ریال صرفه جویی در مصرف برق نمود. کاهش بار آلودگی و هزینه های دفن مواد زائد از جمله دیگر محاسن این طرح می باشد.

متاسفانه علیرغم داشتن این پتانسیل و فناوری نسبتا ساده مولد و راکتورهای بیوگاز، از این منابع هیچ گونه استفاده شایانی در کشور نمی گردد. مهمترین عوامل بازدارنده در توسعه بیوگاز در ایران عبارتند از: نبودن مرجع و متصدی مشخص و واحد برای این نوع انرژی، عدم مشارکت مردمی و عدم آموزش و آشنایی کافی [۱۱].

## ۴- پیوست:

جداول و اشکال ذیل در فایلی، به متن مقاله پیوست گردید.

جدول(۱) گازهای تشکیل دهنده بیوگاز(٪)

جدول (۲) مشخصات فرایند بی هوازی در تولید بیوگاز

جدول(۳)پتانسیل تولید بیوگاز در ایران

شکل (۱) فرایند شیمیایی تخمیر

شکل(۲):کاربرد و مصارف بیوگاز

## ۵- منابع:

[۱] ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶. تهیه و تدوین دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، ۱۳۸۶ .

[۲] ثقفی، م. انرژی های تجدید پذیر نوین. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۲ .

[3] http://www.suna.org.ir/

[۴] نصیری، ج. بررسی و مقایسه فناوری های تولید برق از پسماندهای جامد شهری.

[۵] عباسپور، م. انرژی و محیط زیست و توسعه پایدار. موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶.

[6] http://www.biogas.ir

[7] N. Rajakovic and M. Knezevic, Biogas-Energy Instead of Waste, Sixth International Symosium Nikola Tesla, October, 2006, Belgrade, SASA, Serbia.

[8] F.G. Pohland, Anaerobic biological treatment process. Advances in chemistry series

105.Washington, D. C: American chemical society. 2004. Vol.18, 67-86.

[9] World Bank, Rural Energy and Development-Improving Energy Supplies for Two Billion People. World Bank. 1996.

[10] RWEDP. Biomass Energy in ASEAN Countries. Wood Energy News. 1997 vol. 12 (2), 11–12.

[۱۱] زرگر زاده، م. شیخ احمدی، ا. بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر برای تولید انرژی الکتریکی، ۱۳۸۶ .

[۱۲] ترازنامه انرژی سال تهیه و تدوین دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، ۱۳۸۵.

[۱۳] سازمان انرژی اتمی ایران. مجموعه مقالات اولین سمینار بیوگاز در ایران، ۱۳۷۵.

[۱۴] شعبانی، ا. نظری، ع. شناخت بیوگاز و راکتورهای بیوگازی سرعت بالا برای احداث نیروگاه با سوخت زباله های شهری و پسماند های آلی فسادپذیر، دومین نمایشگاه تاسیسات کیش ۴-۱ بهمن.

[15]http://www.ieeo.org/ieia/3energy/energy.htm/

[16] http://www.energy.persianblog.com/

[17] K.C. Kandelwal and S.S. Mahdi, Biogas Technology, Mc Graw Hill, New Delhi. 1989.

[۱۸] رسائی، م. حسن زاده قورت تپه، ع. مرادی اقدم، م. موسوی نژاد، و. خلیلی محله، ج. حاجی حسنی، ن. انرژی زیست توده و جایگاه آن در کشاورزی نوین. اولین کنفرانس ملی انرژی های تجدید پذیر دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان ۱۶ مرداد، ۱۳۸۷.