

بررسی فنی و اقتصادی تولید برق از بیوگاز حاصل از پسماند شهری در شهرستان شهرکرد

سجاد اصغرزاده

دانشگاه شهرکرد، sajadasgharzadeh69@gmail.com

چکیده

مشکل انرژی امروزه یکی از مشکلات اساسی تمامی کشورهای جهان بخصوص کشورهای در حال توسعه است. بیشتر کشورهای دنیا برنامه‌ریزی گسترده‌ای برای تامین انرژی مورد نیاز خود از طریق انرژیهای نو انجام داده‌اند. از طرفی زباله‌های شهری علاوه بر آلودگی هوا و خاک، به سبب تولید گاز متان باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و پدیده گرم شدن زمین میشوند. یکی از راه‌حلهایی که امروزه پیشنهاد میگردد استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و حل مشکلات زیست محیطی و اقتصادی حاصل از زباله‌های شهری و بهبود مدیریت استفاده از پسماندها و زباله‌های شهری برای تولید انرژی است. بیوگاز یکی از این انرژیهای تجدیدپذیر است که علاوه بر تولید انرژی باعث افزایش سطح بهداشت عمومی جامعه و یک راهحل مناسب برای دفع مواد زائد جامد از محیط زیست میباشد.

روش پژوهش در این کار پژوهشی مطالعه موردی و مروری - تحلیلی است. همچنین به منظور جمع‌آوری بخشی از اطلاعات، از روش میدانی در قالب توزیع بیش از ۱۵۰ پرسشنامه در جامعه آماری استفاده شده است. نتیجه بررسی فنی و اقتصادی احداث یک نیروگاه ۶۰۰ کیلوواتی تولید برق با استفاده از ۱۳۰ تن زباله در شهرستان شهرکرد نشان میدهد که احداث این نیروگاه توجیه اقتصادی دارد.

کلید واژه-بیوگاز، مدیریت پسماند شهری، شهرکرد

مقدمه

موجب گردیده است تا سیاستگذاران و برنامه‌ریزان بخش انرژی با انجام مطالعات ساختاری و حرکت به سوی سوختهای پاک، انرژیهای تجدیدپذیر را در راس برنامه‌های کاری خود قرار دهند [۱].

امروزه بیوماس (زیست توده) به عنوان بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر، در تامین انرژی اولیه جهان شناخته می شود. حدود ۸/۲ درصد از کل ۴۷۴ اگزاژول (۱۰ به توان ۱۸) انرژی اولیه مصرفی جهان در سال ۲۰۰۸ به کمک منابع انرژی تجدیدپذیر فراهم شده است. منابع زیست

در سالهای اخیر روند رو به رشد مصرف انرژی، پدیده بحران انرژی را در جهان به وجود آورده است. مصرف رو به رشد انرژی حاصل از سوختهای فسیلی اگرچه رشد اقتصادی جوامع مختلف را به همراه داشته اما به واسطه انتشار آلاینده‌های حاصل از احتراق سوختهای فسیلی و افزایش دی اکسید کربن در اتمسفر و پیامدهای ناشی از آن، جهان را با تغییرات تهدیدآمیزی روبرو ساخته است. از دیگر سوی محدودیت منابع فسیلی، غیر قابل تجدیدپذیر بودن این منابع و پیش بینی افزایش قیمتها

توده بر اساس همین آمارگیری و برآورد در سال ۲۰۰۸ حدود ۴ درصد از کل انرژی اولیه جهان را فراهم نموده است [۲]. یکی از انواع ترکیبات زیست توده، زباله‌های شهری یا پسماند می باشد. پسماند به مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) گفته میشود که به طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده زائد تلقی میشود [۳].

تولید انرژی از پسماندهای شهری در سطح جهان در حال توسعه میباشد. این امر بدلیل افزایش بازیافت انرژی، کاهش دفن، ایجاد درآمد برای مدیریت پسماند، تنوع بخشی به منابع تولید انرژی، افزایش امنیت عرضه انرژی و... میباشد. همچنین با توجه به اینکه تاسیسات مدیریت پسماندها خود از استفادهکنندگان انرژی هستند، تولید انرژی در محل باعث کاهش تلفات شبکه برق شده و به سیستم انرژی الکتریکی کمک شایانی می کند. از جمله مزایای منحصر به فردی که باعث میشود در مبحث تولید انرژی از زباله‌های شهری از روش بیوگاز استفاده شود، کارایی اثبات شده این روش برای تولید انرژی از تمامی منابع پسماند اعم از جامد و مایع می باشد. لذا با بهره برداری از این فناوری میتوان ضمن حل بحران عظیم زباله‌های خانگی، معضل فاضلابها و سایر پسماندهایی که دارای بار آلی می باشند را نیز حل نمود.

بیان مسئله

امروزه حجم زباله‌های شهری، جمعیت رو به افزایش شهرها، محدودیت محل و دفن غیراصولی زباله به یکی از معضلات عمده تبدیل شده است. به نظر میرسد ارائه یک راهحل مدیریتی عملی و علمی همراه با ملاحظات اقتصادی، یکی از مهمترین نیازهای منطقه برای انجام برنامه‌ریزی شهری در راستای بهبود مدیریت پسماندهای شهری احساس می شود. از طرف دیگر مشکلات زیست محیطی و هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای حاصل از احداث نیروگاههای فسیلی در اطراف شهرها امروزه یکی از مولفه‌های تاثیرگذار در عدم توسعه این نیروگاهها در ایران و جهان بوده که این امر معضلات و مشکلات مدیریت شهری را دو چندان می -

نماید. از طرف دیگر، یکی از پرسشهای مهمی که پیش روی مدیران شهری در کشور قرار دارد، این است که آیا با توجه به حذف یارانهها و واقعی شدن بهای انرژی بویژه الکتریسیته، مصرفکنندگان برق در حوزه صنعتی، کشاورزی و مصرفکنندگان روستایی همچنان قادر به ادامه فعالیت خود خواهند بود؟ و با توجه به شرایط کنونی آیا مدیران شهری بویژه در شهرداریهای کشور قادر خواهند بود زمینه سرمایه‌گذاری و احداث کارخانه های تولید انرژی را با توجه به جمعآوری، تفکیک و انتقال زباله‌های شهری مهیا نمایند؟ پرواضح است اینگونه سرمایه‌گذاری ها در دنیا انجام شده است و می توان پس از بررسیهای صحیح علمی و اصولی آنها را در شهرهایی نظیر شهرکرد اجرا نمود. اما مسئله اصلی این است که در صورت عدم توجه به این مهم مشکل تولید، عدم تفکیک و تخلیه غیراصولی زباله ها علاوه بر اینکه فرصت مهمی را در استفاده از این پسماند برای تبدیل به انرژی از شهرها سلب مینمایند، باعث آلودگی گسترده محیط زیست و تحمیل هزینه‌های گزاف دیگری نیز می گردد.

هدف پژوهش

مطابق آمار شهرداری، سالانه هزینه گزافی صرف جمع آوری زباله از سطح شهر میشود که بایستی هزینه پردازش، حمل و نقل و دفع این مواد نیز به آن اضافه گردد. لذا بیوگاز حاصل از زباله میتواند یک راهحل مناسب برای صرفهجویی در بخشی از هزینهها باشد. میزان این صرفهجویی بر اساس خصوصیات و ظرفیت نیروگاه و میزان سرمایه‌گذاری در این بخش میتواند متفاوت باشد. از طرفی اجرای این پروژه میتواند از نظر زیست محیطی بسیار مفید باشد و به جای دفن زباله و رها شدن گاز متان تولید شده به جو، میتوان از زباله در جهت تولید انرژی پاک بهره گرفت. این مقاله با توجه به خصوصیات اقلیمی، میزان و نوع زبالهها و محدودیتهای شهری و اقتصادی، شرایط فنی و اقتصادی تولید برق از بیوگاز حاصل از پسماند شهری را بررسی مینماید.

بررسی و شناخت بیوگاز حاصل از

پسماندهای شهری

در این روش، زباله پس از تفکیک خرد شده و با شیرابه، لجن فاضلاب و ... مخلوط شده و در مخازنی در دمای بالاتر از محیط بصورت بیهوازی (هیچ هوایی وارد سیستم نمی شود) هضم شده و گاز تولیدی پس از پالایش به سیستم ژنراتور منتقل شده و به تولید برق میپردازد. هزینه این سیستمها کمتر از زبالهسوزی است. در فرآیند هضم بیهوازی ترکیبات آلی، مولکولهای درشت زنجیر شکسته شده و به مولکولهای ساده تر تبدیل میگردند. حاصل نهایی این فرآیند، گازی است قابل اشتعال که بیوگاز نام دارد. این گاز شامل دو جزء عمده متان و دی اکسید کربن به همراه مقادیر جزئی ناخالصی نظیر سولفید هیدروژن، بخار آب، گاز نیتروژن و ... میباشد. این مخلوط گازی دارای ارزش حرارتی ۲۰ مگاژول به ازاء هر متر مکعب بوده و در صورت تبدیل به برق میتوان ۲- ۱/۵ کیلو وات برق از هر متر مکعب آن استحصال نمود. سیستم هاضم های بی هوازی برای زائدات صنایع و زباله های شهری و فضولات دامی میباشد، به نحوی که صدها مگا وات در اروپا و آمریکا از این سیستمها جهت تولید برق و حرارت نصب شده است. در مورد پسماندهای شهری در سالهای اخیر توجه زیادی به آن شده است. تعداد قابل توجهی از این نوع نیروگاه به ویژه در اروپا نصب شده و نصب این سیستمها برای تولید برق از پسماندها در حال رشد است.

روش پژوهش

برای بررسی اقتصادی پروژه، مطالعه و ارزیابی طرحهای صنعتی و انتخاب بهترین گزینه از تکنیکها و روشهای مختلف معروف اقتصاد مهندسی استفاده بعمل میآید که میتوان بر اساس نتایج حاصله از ارزیابی و در صورت داشتن توجیه اقتصادی، تصمیم گیری و اقدام به سرمایه گذاری نمود. لذا برای ارزیابی اقتصادی پروژه احداث کارخانه تولید بیوگاز در شهرکرد، از روش خالص ارزش حال یا فعلی (NPW) استفاده میشود [۴].

در این روش ابتدا باید ارزش مبالغ هزینههای پروژه را که سرمایهگذار در آینده متحمل میشود و همینطور ارزش کل درآمدهای آینده پروژه را که وی در سالهای آتی دریافت خواهد نمود، به ارزش فعلی (ارزش حال) در مبدا پروژه (سال پایه) تبدیل گردد. بدین ترتیب خالص ارزش فعلی پروژه قابل محاسبه میباشد و برای این منظور از فرمولها و روابط ریاضی زیر استفاده میشود [۵].

رابطه (۱): محاسبه ارزش یک مبلغ تک در آینده $FW = A_i (1+r)^n$

رابطه (۲): محاسبه ارزش یک مبلغ تک در حال $PW = \frac{A_i}{(1+r)^n}$

رابطه (۳): محاسبه ارزش حال مجموع مبالغ یکنواخت

$$PWA = \sum_{i=1}^n A_i \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right]$$

در رابطه (۳)، PWA میتواند مجموع ارزش حال مبالغ هزینه یا درآمدهای پروژه باشد، بنابراین A_i : نمایانگر مبلغ هزینه یا درآمد سالیانه پرداختی، r : نرخ تنزیل و n : طول عمر پروژه است. بدیهی است با استفاده از روابط مذکور تبدیل ارزش حال مبالغ هزینه یا درآمدهای یکنواخت پرداختی طی دوره آینده (از ابتدا تا پایان عمر طرح) با توجه به نرخ تنزیل معین قابل محاسبه است.

در رابطه ۳ اگر به جای A نماد R : درآمدهای سالیانه پروژه را جایگزین کنیم، آنگاه PWR مجموع ارزش حال درآمدهای حاصل از پروژه در سالهای آینده بدست می آید و اگر به جای A نماد C : هزینه های سالیانه پروژه را جایگزین نماییم، آنگاه PWR مجموع ارزش حال کل هزینههای حاصل از پروژه در سالهای آینده بدست خواهد آمد.

حال چنانچه ارزش فعلی درآمدها یا عایدی ها (PWR) از ارزش فعلی هزینهها (PWC) در طول دوره عمر مفید پروژه بیشتر باشد، پروژه مورد نظر از لحاظ اقتصادی قابل اجرا است و در غیر این صورت توجیه اقتصادی نداشته و قابل اجرا نخواهد بود. لذا خالص ارزش فعلی پروژه از رابطه زیر محاسبه میشود.

رابطه (۴): خالص ارزش فعلی پروژه $NPW = PWR - PWC$

جدول ۱: آنالیز فیزیکی زباله های شهرکرد

نوع مواد جداسازی شده زباله	درصد وزنی اجزا	مقدار وزنی اجزا (تن در روز)
مواد آلی	۷۰/۱	۷۸/۳۹۱۴
پلاستیک	۱۶/۸	۱۸/۷۸۷۱
کاغذ	۶/۰۵	۶/۷۶۵۶
فلزات	۰/۸۷	۰/۹۷۲۹
شیشه	۲/۲۸	۲/۵۴۹۷
پارچه و منسوجات	۳/۲	۳/۵۷۸۵
چوب	۰/۴	۰/۴۴۷۳
لجن و خاکستر	۰/۳	۰/۳۳۵۵

یافته‌های مربوط به آمار توصیفی حاصل از جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش بشرح زیر آمده است:

- ۱- ۷۰ درصد از افراد مورد مصاحبه متاهل بودند.
- ۲- ۶۱ درصد از افراد بیش از ۸ سال سابقه اقامت در محل را داشتند.
- ۳- ۷۶ درصد از افراد مصاحبه‌شونده در مسکن شخصی سکونت داشتند و صاحب خانه بودند.
- ۴- ۵۹ درصد از افراد بخاطر فرهنگ بالای همسایگان به محل خود علاقمند بوده و مایل به جابجایی نیستند.
- ۵- ۸۱ درصد خانوارها در آمد ماهیانه حدود ۸۰۰ هزار تومان دارند.
- ۶- ۶۹ درصد افراد فرد معتمد محل خود را می شناسند.
- ۷- ۶۷ درصد از خانوارها دارای پدری با سن بیشتر از ۴۶ سال هستند (که نشان دهنده حضور افراد نسبتا مسن در این منطقه است).
- ۸- ۸۶ درصد از افراد اعلام داشتند که هرگز نان را در سطل زباله نمیریزند و آن را به روشهای مناسب دیگر دفع مینمایند (که اعتقاد به باورهای معنوی و فرهنگی در افراد مورد مطالعه است).

نکته مهم در این پژوهش آن است که چهار عامل اول از عوامل مهم و تاثیرگذار در فرهنگ تفکیک زباله بوده، که نشان دهنده پتانسیل مناسب فرهنگی منطقه برای

اگر $PWR > PWC$ آنگاه $NPW > 0$ یعنی ارزش فعلی هزینهها کمتر از ارزش فعلی درآمدها بوده لذا پروژه توجیه اقتصادی داشته، چون دارای سود مثبت است و اجرای آن توصیه میشود.

رابطه (۵): رابطه میزان زباله‌های تفکیک شده در خانوادهها $R_{ij}(t) = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w Q_{ij}(t) F_j(t) P_{ij}(t)$ در این رابطه R_{ij} مقدار مواد جداسازی شده توسط خانوارهای مختلف در زمان t است. Q_{ij} مجموع زباله‌های که توسط خانوارها تولید میشود. i نماینده هر خانوار است و j طبقه بندیهای مختلف زبالهها است. همچنین F_j درصد قبال جداسازی انواع زبالهها است. P_{ij} گرایش خانوارها به جداسازی زبالههاست که مقدار آن بین صفر تا یک میباشد.

جامعه مورد مطالعه

در این مقاله شهرستان شهرکرد جامعه مورد مطالعه می باشد که بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران جمعیت شهرکرد در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۱۵۹،۷۵۵ نفر میباشد.

یافته‌های پژوهش

بر اساس انجام مطالعات میدانی در خصوص زباله‌های شهری شهرکرد و چگالی محاسبه شده مربوط به زباله در این شهر، سرانه تولید روزانه زباله ۷۰۰ گرم است. لذا زباله تولیدی در شهرکرد با جمعیت ۱۵۹،۷۵۵ نفری، روزانه بالغ بر ۱۱۱۸۲۸ کیلوگرم برآورد میشود که در این مطالعه، زباله‌های تولیدی به میزان تقریبی ۱۱۱ تن مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس تحقیقات انجام شده آنالیز فیزیکی زباله‌های شهرکرد در محل دفن به شرح جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۲: میزان بیوگاز و کامپوست تولیدی برای ۴۰، ۶۰ و ۷۰ تن زباله آلی در روز

ردیف	مشخصات	ظرفیت پیش بینی شده		
۱	زباله آلی شهری تولیدی (تن در روز)	۴۰	۶۰	۷۰
۲	بیوگاز تولیدی (مترمکعب در روز)	۸۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۴۰۰۰
۳	الکتریسیته مورد نیاز (کیلو وات)	۵۰	۷۵	۸۷/۵
۴	توان حرارتی مورد نیاز (کیلو وات)	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۶
۵	افراد مورد نیاز سیستم جهت اداره و نگهداری (نفر)	۱	۱	۱
۶	فضای مورد نیاز (هکتار)	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۵۲۵
۷	کامپوست جامد خروجی (تن در روز)	۲۴	۳۶	۴۲
۸	کود بیو مایع خروجی (تن در روز)	۶	۹	۱۰/۵

بر اساس محاسبات انجام شده چنانچه یک تن زباله تماما از فضولات گاوی تهیه شود، امکان استحصال ۸۲۰ متر مکعب بیوگاز وجود دارد در حالیکه برای یک تن زباله از نوع چوب امکان استحصال ۷۵۷ متر مکعب گاز وجود دارد. زباله‌های شهری بدلیل تنوع مواد آلی در آن، بیوگازی به مراتب کمتر از ارقام فوق تولید میکنند. در شهرکرد مطابق محاسبات صورت گرفته ۱۵۳ مترمکعب در هر تن زباله پتانسیل تولید بیوگاز وجود دارد.

بررسی اقتصادی طرح احداث نیروگاه بیوگاز شهرکرد

احداث نیروگاه بیوگاز شهرکرد بر اساس مفروضات زیر مورد ارزیابی قرار گرفته است:

- عمر مفید نیروگاه برای بهره برداری ۱۵ سال و ارزش اسقاط در پایان دوره معادل صفر فرض شده است.

تفکیک زباله است. یکی از نکات مهم در موفقیت طرح های تفکیک زباله از مبدا در شهر لیدز انگلستان، حضور افراد معتمد در محلات بود. طبق این پژوهش اکثر مردم شهرکرد، معتمدین محل را میشناسند. نکته دیگر در این پژوهش موقعیت اقتصادی خانوارها در این منطقه است. از آنجاییکه وضعیت اقتصادی مناسب یکی از عوامل مهم در گرایش افراد به تفکیک زباله است، این مسئله می تواند تفکیک زباله در مبدا را با چالش روبرو نماید. از طرف دیگر صاحبخانه بودن اکثر خانوارها می تواند تا حدودی ثبات و وضعیت اقتصادی متوسطی را در این منطقه ترسیم نماید. نتیجه مطالب فوق نشان میدهد که امکان استفاده از پتانسیل مردمی در تفکیک زباله از مبدا به طرز مناسبی امکان پذیر است. همانگونه که گفته شد در شهرستان شهرکرد روزانه حدود ۱۱۱ تن زباله تولید می شود. بر اساس جدول ۱ حدود ۷۰/۱ درصد از این زباله ها را زباله های آلی تشکیل میدهند. بر اساس رابطه ۵ میتوان درصد قابل انتظار از زباله های آلی ارسالی به کارخانه بیوگاز فرضی شهرکرد را تخمین زد. با فرض مشارکت ۹۰ درصدی مردم (P) و ۷۰۰ گرم سرانه زباله تولیدی هر فرد (Q) و قابل تفکیک بودن ۱۰۰ درصد زباله های آلی (F) میزان زباله های آلی در دسترس روزانه ۷۰ تن خواهد بود.

به منظور روشن شدن ابعاد موضوع و انجام مطالعه تطبیقی، اطلاعات فنی یکی از شرکتهای فعال اروپا که سابقه طولانی در ساخت کارخانه های بیوگاز دارد در جدول ۲ آمده است.

▪ زمان احداث و بهره برداری نیروگاه ۱ سال اعلام شده و خطوط انتقال نیرو در مجاورت نیروگاه قرار دارد.

▪ قیمت مواد اولیه و محصولات به منظور برآورد هزینه ها و درآمدهای پروژه طی عمر مفید ثابت فرض شده است.

به این منظور هزینههای احداث کارخانه بیوگاز طبق برآورد شرکت اوکراینی زورگ در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: هزینه احداث کارخانه تولید بیوگاز

ظرفیت مواد آلی بر حسب تن در روز	قیمت بر حسب یورو			
	مستند سازی	طراحی	تجهیزات	احداث
۴۰	۹۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰
۶۰	۱۰۵۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰۰
۷۰	۱۱۲۵۰۰	۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰	۱۵۵۰۰۰۰۰

همچنین با توجه به اینکه یکی از اهداف این پژوهش تولید برق از بیوگاز تولیدی می باشد، هزینه یک دستگاه ژنراتور در محاسبات اقتصادی لحاظ گردیده و در جدول ۴ هزینه مولد تولید الکتریسیته که ساخت شرکت جنرال الکتریک است آمده است.

جدول ۵: قیمت سیستم CHP مورد نیاز برای تولید برق از بیوگاز

ردیف	توان الکتریکی (کیلو وات)	توان حرارتی (کیلو وات)	نیاز (متر مکعب در ساعت)	قیمت (یورو)
۱	۵۲۶	۲۴۵	۲۲۲	۵۴۰۰۰
۲	۶۳۵	۶۶۲	۲۷۲	۶۰۰۰۰
۳	۸۳۴	۹۰۵	۳۵۸	۶۶۰۰۰
۴	۱۰۶۳	۱۰۸۱	۴۴۵	۷۴۲۰۰۰

طبق بررسیهای بعمل آمده میزان بیوگاز قابل استحصال از هر تن زباله در شهرکرد، ۱۵۳ متر مکعب است. لذا با تخمین ۷۰ تن زباله آلی در روز، میزان گاز تولیدی در روز برابر با ۱۰۵۷۰ متر مکعب در روز و با تقسیم بر ۲۴ ساعت

برابر با ۴۴۶ متر مکعب در ساعت خواهد بود. با توجه به این ظرفیت مولد شماره ۴ مناسب خواهد بود.

به طور خلاصه و بر اساس مشخصات فنی تجهیزات شرکت زورگ، برآورد هزینههای لازم جهت احداث و بهره برداری نیروگاه بیوگاز شهرکرد با ظرفیت ورودی ۷۰ تن مواد آلی در روز در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵: شرح هزینههای احداث و بهره برداری کارخانه بیوگاز حاصل از پسماند شهری

شرح اقلام هزینه ها	مبالغ ارزی (یورو)	معادل ریالی (میلیون ریال)
هزینه های سرمایه گذاری (مطالعه، طراحی، تجهیزات، ساخت و...)	۳۲۱۲۵۰۰	۱۰۲۸۰۰
هزینه خرید مولد CHP با ظرفیت ۴۴۶ متر مکعب در ساعت	۷۴۲۰۰۰	۲۳۷۴۴
هزینه حمل و نقل و نصب توربین (معادل ۵ درصد هزینه های ردیف ۱ تا ۲)	۱۹۷۷۲۵	۶۳۲۷/۲
هزینه تعمیر دیواره فولادی داخل مخزن بیوگاز (هر ۵ سال یکبار)	۱۰۰۰۰۰	۳۲۰۰
هزینه رنگ زدن دیواره فولادی داخل مخزن (هر ۲ سال یکبار)	۸۰	۸۰
هزینه سالانه جمع آوری و حمل زباله آلی به کارخانه بیوگاز (هر کیلو ۹۰۰ ریال)	۲۲۹۹۵	
هزینه سالانه تامین ۵۰ کیلو وات توان الکتریکی نیروگاه (تامین از خود نیروگاه)	۴۹۴*۱۱۳۰=۵۰*۳۶۵	
هزینه سالانه تامین توان حرارتی ۷۵ کیلو وات نیروگاه (تامین از خود نیروگاه)	۵۸*۵۳۰=۳۶۵*(۷۵÷۶)	
پرداخت حقوق و بیمه سالانه ۱ کارگر فنی برای اداره نیروگاه	۱۳۰	

- ردیفهای ۱ تا ۴ برگرفته از شرکت اوکراینی زورگ و ردیفهای ۵ تا ۹ یافته های پژوهش
- هر یورو معادل ۳۲۰۰۰ ریال فرض شده است

جدول ۶: شرح درآمدهای ناشی از احداث و بهره برداری کارخانه بیوگاز در شهرکرد

شرح اقلام درآمدی	درآمد سالیانه (میلیون ریال)
تولید ۱۰۶۳ کیلو وات توان الکتریکی در ساعت به بهای متوسط هر کیلو وات ساعت ۴۴۳۰ ریال (با فرض ضریب ظرفیت ۹۰٪)	۳۷۱۲۶ = ۰/۹ * ۴۴۳۰ * ۲۴ * ۳۶۵ * ۱۰۶۳
تولید ۱۰۸۱ کیلو وات توان حرارتی در ساعت به بهای متوسط معادل هر متر مکعب ۵۳۰ ریال	۸۳۶ = ۲۴ * ۵۳۰ * ۳۶۵ * (۱۰۸۱ / ۶)
تولید روزانه ۴۲ تن کود جامد (جدول ۲) با بهای هر کیلو ۱۰۰۰ ریال (با فرض بهره برداری ۹۰٪)	۱۳۷۹۷ = ۱۰۰۰ * ۴۲ * ۳۶۵ * ۰/۹
جمع کل درآمدهای عایدی سالیانه کارخانه بیوگاز در سال اول بهره برداری	۵۱۷۵۹

کارخانه تولید بیوگاز شهرکرد معادل ۳۱۷/۹۴ میلیارد ریال برآورد می شود.

مجموع ارزش حال کل هزینه های حاصل از پروژه (PWC) نیز در طول عمر مفید با استفاده از ترکیب روابط ۱ و ۳

$$PWC = I_0 + \sum_{i=1}^{n=15} C_i \left[\frac{(1+0.14)^n - 1}{0.14(1+0.14)^n} \right] + C_n (1 + 0.14)^n$$

و عدد گذاری معادل ۲۲۲/۶۳ میلیارد ریال به دست می آید.

در نهایت با توجه به رابطه (4) $NPW = PWR - PWC$ و جایگزینی ارزش حال درآمدها و هزینه های کارخانه بیوگاز رباط کریم، منافع خالص یا خالص ارزش حال این پروژه در سال پایه (۱۳۹۳) برابر با ۹۵/۳۱ میلیارد می شود. این بدین معنی است که علاوه بر این که این پروژه، سرمایه گذاری اولیه و هزینه های عملیاتی را در طی دوره تامین نموده است، حدود ۹۵/۳۱ میلیارد ریال نیز به عنوان سود خالص به ارزش حال (قیمت امروزی) عاید سرمایه گذار می نماید. لذا احداث این پروژه توصیه می گردد زیرا دارای توجیه اقتصادی بوده و برای سرمایه گذاری بسیار مطلوب است.

نتیجه گیری

شهرستان شهرکرد با تولید ۱۱۱ تن زباله شهری در روز از مراکز بزرگ تولید زباله محسوب می شود. این پژوهش نشان می دهد علاوه بر اینکه احداث نیروگاه تولید برق از بیوگاز در شهرکرد با استفاده از ۷۰ تن زباله آلی در روز اقتصادی است، کمک شایان توجهی در راستای جمع آوری اصولی و علمی پسماندها و بهبود مدیریت زباله های شهری به مدیران شهرداری منطقه می نماید. با توجه به مطالعه و بررسی های فنی و اقتصادی بعمل آمده در این پژوهش، میزان سود حاصل از این پروژه تا پایان عمر مفید بالغ بر ۹۵ میلیارد ریال محاسبه گردید. این در حالی است که در این بررسی میزان منافع مستقیم حاصل از عدم آلودگی محیط زیست و عدم تولید گازهای گلخانه ای نیز محاسبه نشده است و در صورت محاسبه

با توجه به مفروضات اقتصادی پروژه و پیشبینیهای مربوطه، درآمدهای حاصل از نیروگاه بیوگاز شهرکرد برای یک سال بشرح جدول شماره ۶ برآورد شده است.

از آنجاییکه عمر مفید سیستم ۱۵ سال است پس درآمد حاصل از فروش برای سالهای بعد نیز قابل برآورد است. حال با توجه به آمار و اطلاعات مربوط به جداول شماره ۵ و ۶ و استفاده از روش خالص ارزش حال، کل هزینه ها و درآمدهای کارخانه بیوگاز شهرکرد طی دوره ۱۵ ساله عمر پروژه محاسبه و به ارزش حال تبدیل میگردد. در این خصوص بر حسب مورد، از روابط ۱ و ۲ و ۳ ارائه شده استفاده می نمائیم. در رابطه ۳ بجای A_i درآمد سالیانه پرداختی و بجای r نرخ تنزیل معادل ۱۴ درصد و بجای n عمر مفید پروژه معادل ۱۵ سال را قرار می دهیم. نرخ تنزیل در این رابطه بر اساس اعلام بانک مرکزی ۱۴ درصد ملاک عمل قرار گرفته است.

مجموع ارزش حال کل درآمد های حاصل از پروژه (PWR) را در طول عمر مفید با استفاده از رابطه ۳ $PWR = \sum_{i=1}^{n=15} A_i \left[\frac{(1+0.14)^n - 1}{0.14(1+0.14)^n} \right]$ و عدد گذاری به جای نمادهای n و A_i ارزش حال کل درآمدهای حاصل از

دو عامل فوق میزان سوددهی افزایش یافته و بخشی از معضلات مدیریت پسماند شهری حل خواهد شد.

در مجموع با توجه به سود ۹۵ میلیارد ریالی، این پروژه اقتصادی بوده و اجرای آن توصیه می گردد. ضمن اینکه از لحاظ مدیریت پسماند شهری نیز بهبود حاصل خواهد شد.

منابع

[۱] سازمان انرژی های نو ایران، سانا، قابل دسترس در WWW.SUNA.ORG.IR

[2]http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008

[۳] عمرانی، قاسمعلی، (۱۳۸۳) مواد زائد جامد، جلد ۱ و ۲، مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۱-۵۰.

[۴] اسکونژاد، محمد مهدی، (۱۳۸۵). ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

[۵] طاهری، شهنام، (۱۳۷۴). ارزیابی اقتصادی طرحها، انتشارات کویر، چاپ اول، تهران.