بررسی اقتصادی استفاده از زغال‌سنگ برای تولید برق در ایران

دکتر علی‌اصغر اسماعیل‌نیا[1]
عباس حمزه‌خانی[2]
(تاریخ دریافت ۸۹/۳/۲۴- تاریخ تصویب ۸۹/۵/۲۵)

چکیده

سوخت‌های فسیلی(نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ) از جمله منابع مهم انرژی جهان هستند که اهمیت خود را به عنوان سوخت از گذشته تا به حال حفظ کرده‌اند. در این بین سهم زغال‌سنگ در تأمین سوخت نیروگاه‌های تولید برق بیش از سایر سوخت‌های فسیلی است. این نکته نشان دهنده اهمیت بالای این منبع انرژی در تولید برق است. استفاده از زغال‌سنگ جهت تولید برق فرصتی را ایجاد خواهد کرد تا تنوع بیشتری در سبد انرژی کشور ایجاد شود و فرصت بیشتری برای استفاده از سوخت مایع و گاز طبیعی جهت صادرات یا ایجاد ارزش افزوده بالاتر از طریق صنایع انرژی‌بر ایجادگردد. همچنین باعث کاهش بار پیک شبکه گاز کشور در زمستان شده و کمبود تأمین گاز طبیعی برای تولید برق و استفاده از سوخت نفت گاز بجای آن را کاهش داده و موجب خواهد شد تا اتکاء واحدهای نیروگاهی به سوخت مایع در زمستان کاهش یابد. در عین حال باعث شکوفایی و رونق اقتصادی (اشتغالزایی) در نواحی زغال‌خیز کشور به ویژه ناحیه طبس خواهد شد. روش مورد استفاده در این بررسی، هزینه تراز شده(LCOE) می‌باشد از این

۱- استادیار گروه اقتصاد انرژی،دانشکده اقتصادو حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی a_esmailnia@yahoo.com
۳-کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، ahamzehkhani@yahoo.com

طریق بهای تمام شده برق تولیدی برای هر کیلو وات ساعت تعیین و در نهایت با بهای تمام شده برق توسط نیروگاه‌های گازی، بخاری و سیکل ترکیبی مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: انرژی، سوخت فسیلی، زغال سنگ، نیروگاه، صنعت برق، کارایی، محیط زیست.

۱- مقدمه

انرژی عاملی حیاتی است که نقش اساسی در تولید دارد. منابع انرژی نقش موتور محرکهٔ اقتصاد و تولید ملی را دارد و تعیین‌کننده جایگاه کشورها در نظام سرمایه‌داری جهان است. انرژی تأمین‌کننده نیازهای اولیه و خدماتی همچون گرمایش، سرمایش، روشنایی و حمل و نقل است. رشد سریع اقتصادی در کشورهای درحال توسعه و رشد مداوم در کشورهای صنعتی، باعث افزایش تقاضای انرژی گشته است. در نیروگاه‌های جهان منابع انرژی مختلفی بکار گرفته می‌شود که این منابع می‌توانند جزء سوخت‌های فسیلی(نفت، گاز و زغال‌سنگ) باشند یا جزء منابعی باشند که به آنها انرژی‌های نو(خورشید، باد، زمین گرمایی و ...)اطلاق می‌شود. در این بین زغال‌سنگ بعنوان سوختی فسیلی و تجدیدناپذیر از سالیان دور تا به امروز همواره نقش مؤثری در تولید الکتریسیته داشته است. زغال‌سنگ یکی از با ارزش‌ترین مواد معدنی انرژی‌زا در جهان امروز می‌باشد که از نظر ذخیره بیشترین حجم را در دنیا دارا است.

نیاز به انواع مختلف انرژی مخصوصاً انرژی الکتریکی با روند روزافزون صنعتی شدن و افزایش جمعیت در جهان، روز به روز در حال افزایش است. زغال‌سنگ به عنوان سوختی فسیلی نقش غیر قابل انکاری در توسعه صنعتی کشورها داشته است. علاوه بر تولید برق، زغال‌سنگ نقش زیادی در بخش‌های مختلف از قبیل ذوب‌آهن و تولید فولاد جهان ایفاء نموده است. وجود پتانسیل فراوان زغال‌سنگ درکشور خصوصاً در منطقه طبس ضرورت استفاده اقتصادی از این منبع را ایجاب می‌کند. میزان ذخایر زغال‌سنگ کشور بسیار بالاتر از مقدار مورد نیاز صنایع فولاد است. لذا استفاده از انرژی حرارتی زغال‌سنگ جهت تولید الکتریسیته به عنوان یک گزینه مهم قابل طرح است. از اینرو با توجه به وجود منابع عظیم زغال‌سنگ حرارتی در کشور، بررسی و امکان‌سنجی استفاده از زغال‌سنگ حرارتی جهت تولید برق خصوصاً در منطقه مزینو طبس موضوعی مهم جهت ارزیابی می‌باشد که در این مقاله به بررسی و ارزیابی اقتصادی بهره‌برداری

و استفاده از منابع زغال‌سنگ جهت تولید الکتریسیته در کشور پرداخته می‌شود.

۲- طرح مسئله

امروزه در جهان نیروگاه‌های تولید الکتریسیته بزرگترین مصرف‌کننده زغال‌سنگ حرارتی محسوب می‌شوند، اما ایران با داشتن منابع شناخته شده احتمالی ۱۴-۱۱ میلیارد تن زغال‌سنگ، هنوز از این منبع انرژی جهت تولید برق استفاده نمی‌کند. تولید برق در کشور عمدتاً با استفاده از نیروگاه‌هایی صورت می‌گیرد که از سوخت فسیلی استفاده می‌نمایند. نیروگاه‌های موجود در کشور عبارتند از نیروگاه‌های حرارتی که شامل نیروگاه‌های گازی، سیکل ترکیبی، بخاری و دیزلی می‌گردد که از سوخت‌های مایع(نفت کوره، نفت گاز) یا گاز طبیعی جهت تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. همچنین نیروگاه‌های برق آبی که در آن از انرژی آب پشت سدها جهت تولید برق استفاده می‌گردد و در نهایت نیروگاه‌های بادی و خورشیدی قرار می‌گیرند. با توجه به ترازنامه انرژی کشور در سال ۱۳۸۶ از مجموع ظرفیت نصب شده توسط وزارت نیرو، سهم نیروگاه‌های بخاری ۳۴ درصد، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۲۳/۹ درصد، نیروگاه‌های گازی ۲۴/۱ درصد، نیروگاه‌های آبی ۱۶/۹ درصد، نیروگاه‌های دیزلی ۱ درصد و نیروگاه‌های بادی و خورشیدی ۰/۲ درصد بوده است.

ایران دارای منابع قابل توجهی از زغال‌سنگ هم از نوع کک‌شو و هم از نوع حرارتی آن می‌باشد. عمده‌ترین ذخایر زغال‌سنگ کشور در نواحی شمالی، مرکز کشور و در مناطق کرمان، البرز مرکزی، البرز شرقی و البرز غربی واقع شده‌اند. در دهه‌های پیشین توجه کشور بیشتر در جهت مصرف زغال‌سنگ کک شو جهت تولید فولاد و مصرف در ذوب آهن و صنایع فرو آلیاژ بوده است. امروزه با توجه به اینکه در جهان نیروگاه‌های تولید الکتریسیته بزرگترین مصرف کننده زغال‌سنگ حرارتی محسوب می‌شوند، می‌توان زغال‌سنگ حرارتی را جهت تأمین انرژی حرارتی نیروگاه‌های کشور به کاربرد. به لحاظ منابع، زغال‌سنگ حرارتی ۶۰ درصد کل ذخایر زغال‌سنگ در طبس، ۲۵/۲۳ درصد در البرز مرکزی، ۶/۱ درصد در کرمان، ۱/۳۴ درصد در البرز شرقی و ۰/۰۵ درصد در البرز غربی، آذربایجان و سایر مناطق قرار گرفته است. گستره‌های وسیع زغالی در شمال و شرق ایران شناسایی شده که بخشی از حوضه پهناور زغال‌دار شرق ایران در طبس قرار دارد. این بخش شامل چهار ناحیه (پرورده، نایبند، مزینو و

آبدوغی) می‌باشد. باتوجه به نیاز کشور به انرژی الکتریسته در شرق و وجود ذخایر زیاد زغال‌سنگ حرارتی در طبس و گستردگی نواحی مزینو و آبدوغی و همچنین آثار زغالی پراکنده در سطح، امید می‌رود ذخایر نهفته فراوانی از انواع زغال‌سنگ در این منطقه از کشور وجود داشته باشد.

منطقه مزینو به خاطر فرآیند ساخت نیروگاه حرارتی سوخت زغال‌سنگ در سالیان اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته و ذخیره احتمالی ۱۴۰۰ میلیون تن و ذخیره قابل استخراج ۴۹۰ میلیون تن برای آن برآورد شده است. این حوضه‌ها مجموعاً مساحتی نزدیک به ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع را در بر گرفته و از بخش شمالی کرمان تا نزدیک طبس در استان خراسان گسترش دارند. قسمت عمده مناطق زغالدار در کویرهای بین کویر مرکزی و دشت لوت واقع شده‌اند. حوضه مزینو با وسعتی حدود ۸۸۰۰ کیلومتر مربع در غرب نواحی پروده و نایبند قرار دارد. وجود منابع عظیم زغال‌سنگ حرارتی در کشور خصوصاً در منطقه مزینو طبس ضرورت استفاده بهینه و بهره‌برداری از این منبع انرژی را ایجاب می‌کند. می‌توان از انرژی حرارتی این منبع جهت تولید برق بعنوان یک جایگزین مناسب در سبد انرژی کشور استفاده کرد. لذا ضرورت بررسی و ارزیابی اقتصادی استفاده از منابع زغال‌سنگ جهت مصارف مختلف از جمله تولید الکتریسیته در کشور موضوعی مهم و قابل توجه خواهد بود.

غنی بودن ایران از منابع سوخت فسیلی همچون نفت و گاز باعث شده که صنعت برق از ابتدای تأسیس به دلیل سهولت دسترسی و هزینه پائین، بیشتر از این منابع جهت تولید الکتریسیته استفاده کند. روند رو به رشد صنایع پتروشیمی در جهان و قابلیت تبدیل فرآورده‌های نفتی به مواد با ارزش افزوده بالاتر باعث شده که در کشورهای پیشرفته جهان استفاده از نفت و گاز به عنوان سوخت به تدریج تقلیل یابد و توجه جهان به منابع و سوخت‌های جایگزین دیگری غیراز نفت و گاز جلب شود. امروزه اکثر کشورهای جهان به دنبال استفاده از سوخت‌ها و منابع متنوع جهت استفاده در نیروگاه‌های خود هستند. ضمن آنکه به دلیل وضعیت غیر قابل پیش‌بینی بازار نفت و گاز توجه اغلب کشورها به استفاده از منابع زغال‌سنگ بخصوص در تولید برق بیشتر شده است. ایران با آن که یکی از کشورهای نفت خیز جهان و دارای منابع عظیم گاز طبیعی است، به دلیل وجود ذخایر غنی زغال سنگ، می‌تواند صرفه‌جویی مهمی در مصرف سوخت‌های فسیلی داشته باشد. این امر به نوبه خود باعث طولانی شدن عمر ذخایر نفت و گاز طبیعی شده و این منابع برای

آینده ذخیره شده و قابلیت تبدیل به مواد با ارزش افزوده بیشتر را خواهد داشت. ضمن آنکه تعدد منابع انرژی برای تولید برق می‌تواند به ثبات و پایداری تأمین انرژی کمک نموده و عرضه مطمئن توسط بخش انرژی کشور تضمین گردد. از این رو با توجه به ذخایر فراوان زغال‌سنگ در کشور بخصوص در مناطقی مثل طبس و لزوم ایجاد امنیت در بخش انرژی کشور با تکیه بر سبدی از سوخت‌های متنوع، استفاده از انرژی حرارتی زغال‌سنگ در تولید برق به عنوان یک گزینه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

باتوجه به اینکه تاکنون امکان استفاده از نیروگاه اتمی جهت تولید برق در کشور فراهم نشده و انرژی‌های تجدیدپذیر(بادی، خورشیدی و...) در حال حاضر سهم بسیار ناچیزی داشته و یا جنبه مطالعاتی دارند و استفاده از منابع برق آبی نیز به دلیل کمی نزولات آسمانی و خشکسالی محدود است؛ لذا توجه به منابعی مثل زغال‌سنگ جهت تأمین سوخت نیروگاه‌ها می‌تواند در کنار استفاده از منابع فسیلی اهمیت زیادی داشته باشد. با توجه به سهولت صادرات نفت و گاز نسبت به زغال‌سنگ و با در نظر گرفتن سهولت امکان ایجاد ارزش افزوده از نفت و گاز و یا فراورده‌های آن و ضرورت بهره‌برداری مفیدتر از این منابع و همچنین کمبود تأمین سوخت گاز طبیعی در کشور بویژه در فصل زمستان، بررسی راهکارهای استفاده از منابع زغال‌سنگ جهت تأمین سوخت نیروگاه‌ها ضروری است. لذا این مقاله برآن است تا به سئوالات زیر پاسخ دهد:

- آیا ذخایر کافی زغال‌سنگ جهت استفاده به عنوان سوخت نیروگاه در کشور وجود دارد؟
- آیا تولید برق از زغال‌سنگ در مقایسه با نیروگاه‌های با سوخت فسیلی به لحاظ قیمت تمام شده برق اقتصادی است؟

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳- اهمیت و ضرورت موضوع

به خاطر پایان‌پذیری اکثر منابع انرژی، تأمین منابع انرژی لازم برای جمعیت رو به رشد جهان و به ویژه نیازهای توسعه اقتصادی و صنعتی به عنوان مسأله اصلی پیش روی کشورها شناخته می‌شود. سرمایش و گرمایش خانگی و تجاری در اغلب کشورها و همچنین ایران بشدت به منابع تجدیدناپذیر و سوخت‌های فسیلی وابسته است. محدودیت منابع فسیلی، افزایش جمعیت و تقاضای انرژی، مسائلی هستند که اکثر کشورهای جهان با آن روبرو هستند. منابع متنوع انرژی، ثروت ملی هر کشوری است و باید به نحوی از آن استفاده شود که زمینه را برای توسعه پایدار به

وجود آورد. صیانت از منابع انرژی به معنای حفظ این ثروت برای نسل‌های آتی است. در حال حاضر اکثر کشورهای جهان به نقش و اهمیت منابع مختلف انرژی در تأمین نیازهای حال و آینده پی برده و سرمایه‌گذاری‌ها و تحقیقات وسیعی را در جهت سیاستگذاری، استراتژی و برنامه‌های زیربنایی و اصولی انجام می‌دهند. منابع انرژی شامل انرژی‌های فسیلی(نفت، گاز و زغال سنگ) و انرژی‌های نو(انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی امواج، انرژی جزر و مد اقیانوس‌ها و دریاها، انرژی زمین گرمایی، انرژی بیوگاز و بیوماس و...) است. سوخت‌های فسیلی پس از مصرف از بین رفته و قابل تجدید نمی‌باشد. در واقع سرعت تشکیل این سوخت‌ها به مراتب کمتر از سرعت مصرف آنها است این سوخت‌ها شامل نفت، گاز و زغال‌سنگ وهیزم و زغال چوب است. یکی از عوامل اساسی توسعه صنعتی هر کشوری، توسعه و گسترش نیروگاه‌های برق آن کشور است. از جمله موادی که در تولید برق نقش ضروری دارد، زغال‌سنگ است. زغال‌سنگ از منابعی است که در اغلب کشورها در تولید الکتریسیته به کار گرفته می‌شود. با توجه به معادن قابل توجه زغال‌سنگ در کشور باید برنامه‌های مناسبی جهت بهره‌گیری از این منبع تدوین و اعمال شود تا کمبود کشور در زمینه تولید برق تا حدی جبران گردد. زغال‌سنگ یکی از منابع عمده فسیلی است که به عنوان سوخت فسیلی از سال ۱۹۷۳ میلادی تاکنون همچنان اهمیت خود را در تولید برق حفظ کرده است و بیشترین برق تولیدی جهان از این منبع انرژی بدست می‌آید. ایران نیز با اینکه دارنده منابع قابل توجه زغال‌سنگ است، لیکن سهم تولید برق از زغال‌سنگ برابر صفر است. استفاده از زغال‌سنگ جهت تولید برق فرصتی را به کشور خواهد داد که زمان لازم جهت توسعه و سرمایه‌گذاری در سایر انواع انرژی (انرژی‌های تجدید شدنی) بدست آید و همچنین سوخت‌های فسیلی دیگر مثل نفت، گاز و ... آزاد شده و با ارزش افزوده بیشتر، درآمد ارزی بیشتری را نصیب کشور سازد. با وجود فناوری‌های نوین که استفاده از انرژی‌های نو و انرژی‌های تجدیدپذیر را مقدور می‌سازند، هنوز سوخت‌های فسیلی جزء منابع انرژی هستند که بیشترین نیاز صنعت را فراهم می‌سازند.

با توجه به تجدیدناپذیر بودن این منابع و ارزش بالای صنعتی این مواد به عنوان ماده اولیه، استفاده بهینه و افزایش راندمان مصرف این مواد هم اکنون سرلوحه کار بسیاری از مراکز تحقیقاتی و پژوهشی جهان است. بهره‌برداری از معادن زغال‌سنگ کشور برای تولید برق همچون کشورهایی مثل آمریکا، چین، هند، استرالیا، ژاپن، کانادا و لهستان و همچنین

کشورهایی مثل امارات عربی، عمان، پاکستان و... با هدف و خط مشی مبتنی بر حمایت از انواع منابع انرژی و داشتن ترکیبی از انرژی‌ها باید صورت گیرد. با توجه به مصرف بسیار بالای گاز در ایران که طی چند سال گذشته در ماه‌های سرد سال مجبور به قطع گاز نیروگاه‌ها و اختصاص سوخت مایع(نفت گاز) به آنها شده است، می‌توان با توجه به ذخایر قابل توجه زغال‌سنگ در کشور، ساخت نیروگاه‌هایی با سوخت زغال‌سنگ را خصوصاً در مناطق دارای زغال‌سنگ از جمله طبس افزایش داد. این مسئله در حالی است که با وجود ذخایر فراوان زغال‌سنگ در ایران، هنوز یک نیروگاه زغال‌سوز در کشور وجود ندارد. استفاده از نیروگاه‌های زغال‌سنگی راهکاری برای افزایش ظرفیت و توان تولید برق در کشور است. استفاده از باطله‌های زغال‌شویی حاصل از شست و شوی زغال برای تهیه کک ذوب آهن اصفهان که خود یک معضل زیست محیطی است، می‌تواند در ترکیب با زغال‌سنگ با ارزش حرارتی بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.

٤- بررسی پیشینه موضوع

٤-١- مطالعات خارجی

مامون ریاز(فوریه۲۰۰۷)[۱] در مقاله‌ای تحت عنوان تولید الکتریسیته از طروق گوناگون، اینطور اشاره می‌نماید که منابع زیادی برای تولید الکتریسیته وجود دارد که شامل زغال سنگ، انرژی آبی، نفت، گاز طبیعی، انرژی هسته‌ای، انرژی خورشیدی و باد است. زغال‌سنگ بعنوان یک سوخت جامد در تولید الکتریسیته به کار گرفته می‌شود. ۴۰ درصد از تولیدات الکتریسیته جهان از زغال‌سنگ استفاده می‌کنند. کشورهای چین و هند سالانه در حدود ۱۷۰۰ میلیون تن زغال‌سنگ را مصرف می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود این مصرف بیش از ۳۰۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۵ میلادی گردد. مصرف ایالات متحده حدود ۱۱۰۰ میلیون تن زغال‌سنگ در سال است که ۹۰ درصد از آن برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. زغال‌سنگ سریع‌ترین منبع در حال رشد جهان است و استفاده از آن با رشد ۲۵ درصد در حال افزایش است.

نانسی لاپلاکا[۲] (نوامبر۲۰۰۷) در مقاله خود تحت عنوان نیروگاه‌های زغال‌سوز، ضمن اشاره به

---

۱ - Mamoon Riaz

۲- Nancy Laplaca

نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز، بیان می‌دارد بیش از ۵۰ درصد الکتریسیته تولید شده در کشور آمریکا از نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز بدست می‌آید و با اشاره به اینکه آمریکا بیش از هزار میلیون تن زغال‌سنگ را هر ساله می‌سوزاند، اشاره می‌کند به اینکه ۴۹۲ نیروگاه زغال‌سنگ سوز در آمریکا وجود دارد، که میزان متوسط تولید برق هریک از آنها ۶۶۷ مگاوات بوده و عمر متوسط آنها ۴۰ سال است. نویسنده به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تبدیل زغال‌سنگ به گاز (IGCC) اشاره می‌نماید این نیروگاه‌ها نوعی از نیروگاه هستند که در آنها زغال‌سنگ بوسیله نیروی یک توربین گاز به گاز سنتز تبدیل می‌شود. از ۱۶۰ الی ۲۵۰ نیروگاه زغال‌سنگ سوز جدید پیشنهاد شده در آمریکا ۳۲ نیروگاه از (IGCC) بهره می‌گیرند. نویسنده اشاره می‌کند که زغال‌سنگ منبع بسیار فراوان از سوخت‌های فسیلی جهان است. این منبع در صنایع متالورژی(فلزکاری) و صنایع فولاد به میزان ۷۰ درصد جهانی استفاده می‌شود.

ریچارد هینبرگ[۱] (آوریل ۲۰۰۹) در مقاله خود تحت عنوان خاموشی، زغال سنگ، آب و هوا، و بحران‌های انرژی اشاره می‌نماید که در حدود ۵۰ درصد تولید الکتریسیته آمریکا از سوخت زغال‌سنگ بوده و یک چهارم کل انرژی این کشور از زغال‌سنگ فراهم می‌شود. همچنین رشد اقتصادی فزاینده چین و هند بر اساس الکتریسیته تولید شده از زغال‌سنگ پایه‌گذاری شده است.

دبیانی قوش[۲] (سپتامبر۲۰۰۹) در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تکنولوژی تولید الکتریسیته بر پایه زغال سنگ، اشاره می‌کند که هند دارای منابع داخلی عظیم زغال‌سنگ می‌باشد و به تولید الکتریسیته از زغال‌سنگ برای مواجه شدن با یک بخش مهمی از احتیاجات تولید الکتریسیته خود بطور برجسته‌ای وابسته است. در ادامه به تکنولوژی سیکل ترکیبی تبدیل زغال‌سنگ به گاز (IGCC) اشاره کرده و توسعه آن را بعنوان استراتژی روشنایی‌بخش آینده در هند مفید دانسته است.

بنیاد زغال‌سنگ آمریکا (۲۰۰۷)[۳] در مقاله‌ای با عنوان تبدیل زغال‌سنگ به الکتریسیته اشاره کرده که از هر ۱۰ تن زغال‌سنگ معدنی در ایالات متحده، ۹ تن آن جهت تولید الکتریسیته استفاده

۱- Richard Heinberg

۲- Debyani Ghosh

۳- The American Coal Foundation

می‌شود و بیش از نیمی از الکتریسیته استفاده شده در کشور، الکتریسیته تولید شده از زغال‌سنگ است. موارد استفاده این الکتریسیته تولید شده از زغال‌سنگ جهت گرمایش، سرمایش، پخت و پز، روشنایی، حمل و نقل، ارتباطات، کشاورزی، صنعت، بهداشت و بسیاری از موارد دیگر است. بعلاوه زغال‌سنگ یک سوخت متنوع و متحرک است که می‌تواند بصورت سوخت جامد یا به گاز تبدیل شود و برای جایگزینی با سوخت‌های وارداتی گران‌قیمت استفاده شود. در آمریکا از هر ۲۵ نیروگاه تولید برق، ۲۳ نیروگاه با کمترین هزینه عملیاتی، از زغال‌سنگ استفاده می‌کنند.

٤-۲- مطالعات داخلی

منابع زغالی ایران اولین بار توسط کارشناسان شرکت فولاد با کمک کارشناسان روسی از سال‌های ۱۳۴۵ به بعد مورد مطالعه اصولی قرار گرفته است. کارشناسان روسی مثل ن.گرخشینکوف[۱] و آ. رشتکوف[۲] از مؤسسه تحقیقاتی ووخین[۳] این زغال سنگ‌ها را بر مبنای مدل ارائه شده جهت مطالعه معادن بزرگ زغال‌سنگ شوروی سابق رده‌بندی نمودند.

در گزارش ارائه شده توسط دفتر برنامه‌ریزی تولید شرکت توانیر(۱۳۸۰)، تحت عنوان بررسی اقتصادی احداث نیروگاه زغال‌سوز طبس، ابتدا به وجود معادن زغال‌سنگ حرارتی در نواحی پرورده و مزینو در طبس و استفاده بهینه از این ذخایر طبیعی اشاره شده و سپس در منطقه پرورده، استخراج بیش از یک میلیون تن زغال‌سنگ در سال امکان‌پذیر اعلام شده است که این حجم زغال‌سنگ معادل تولید۳۴۰MW برق با ضریب تولید ۰/۶۵ و راندمان ۰/۳۷ است. در این گزارش سعی شده است حد توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری این نیروگاه در مقایسه با احداث نیروگاه بخاری گازسوز و نیروگاه سیکل ترکیبی در شبکه شمالی خراسان تعیین گردد. در این مطالعه نیروگاه بخاری گازسوز و نیروگاه سیکل ترکیبی گازسوز به عنوان نیروگاه رقیب در نظر گرفته شده است. با کمک نرم‌افزار مقایسه اقتصادی نیروگاه‌ها تحت عنوان EEPLANT قیمت برق تولیدی نیروگاه بخاری گازسوز معادل۲/۴۳cents/kwh و نیروگاه سیکل ترکیبی

۱- N.Grechishnek

۲- A. Resht

۳- Vukhi

گازسوز معادل۱/۹۹cents/kwh به دست می‌آید. در این صورت بر اساس اطلاعات نیروگاه زغال سوز حداکثر سرمایه‌گذاری مجاز جهت تولید برق در مقایسه با نیروگاه بخاری برابر با ۹۶۰ دلار بر کیلو وات و در مقایسه با نیروگاه سیکل ترکیبی حدود ۷۹۰ دلار بر کیلووات خواهد بود که این هزینه شامل خرید تجهیزات آماده‌سازی زغال نیروگاه، تجهیزات نیروگاه، عملیات ساختمانی و نصب و راه‌اندازی واحدها خواهد بود. در پایان گزارش، آنالیز حساسیتی بر روی قیمت زغال و ارزش حرارتی آن صورت گرفته است.

مریم ستاری(۱۳۷۵) در پایان نامه ارشد خود ابتدا به تشریح جایگاه زغال‌سنگ در میان دیگر حامل‌های انرژی پرداخته، سپس به منشأ تشکیل زغال‌سنگ و مشخصات فیزیکی و شیمیایی زغال‌سنگ‌ها و همچنین طبقه‌بندی انواع زغال‌سنگ پرداخته است. نویسنده چگونگی گازرسانی از زغال‌سنگ و کاربرد آن در نیروگاه‌های برق را تشریح می‌کند. او به نحوه گاز رسانی از زغال سنگ، تکنولوژی مورد نیاز و دستگاه‌های گاز سازی، و مشخصات عمومی آنها پرداخته و همچنین به انواع نیروگاه‌های زغال‌سنگی موجود در جهان و تکنولوژی‌های نیروگاه‌های برق زغال‌سوز و روند توسعه در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و همچنین به هزینه احداث نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز اشاره می‌کند. در پژوهش وی به بررسی حمل و نقل زغال‌سنگ در مسافت‌های طولانی و کوتاه و همچنین جایگزینی خط لوله مایع و هزینه‌های حمل پرداخته شده و بالاخره به سرمایه‌گذاری‌ها و منابع مالی مورد نیاز برای توسعه نیروگاه‌های برق زغال‌سوز و مقایسه سه سوخت اصلی نیروگاه‌ها پرداخته شده و نهایتاً هزینه‌های احتمالی استفاده از زغال‌سنگ و راه‌های کاهش آن توضیح داده می‌شود. مریم ستاری عنوان می‌کند که برای احداث یک نیروگاه با سوخت زغال‌سنگ باید مسائل زیر بدون توجه به نوع نیروگاه زغال سوز مد نظر قرار گیرد:

۱- اطمینان از وجود یک ذخیره عظیم زغال‌سنگ و استمرار تولید؛

۲- مشخص بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی زغال‌سنگ از قبیل رطوبت، مواد فرار، ارزش حرارتی و قابلیت خرد شدن و...؛

۳- مقایسه اقتصادی احداث نیروگاه در جوار معدن و انتقال برق به مراکز مصرف و یا احداث نیروگاه در مراکز مصرف و انتقال زغال‌سنگ از معدن به محل نیروگاه؛

۴- سیستم حمل و نقل زغال‌سنگ به نیروگاه؛

۵- احداث سیلوهای ذخیره زغال‌سنگ با در نظر گرفتن شرایط مقایسه با خود سوزی زغال

سنگ؛

۶- سیستم خرد کردن و دانه بندی زغال سنگ؛

۷- سیستم تأمین آب نیروگاه؛

۸- رعایت مسائل زیست محیطی برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست اطراف نیروگاه که در این زمینه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که از زغال‌سنگ بعنوان سوخت استفاده می‌نمایند. برای جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی با استفاده از انواع فیلترها و جداکننده‌ها و بهره‌گیری از تکنولوژی گازگیری از زغال‌سنگ حداکثر راندمان و کارکرد با کمترین آلودگی و بیشترین تولید را ارائه می‌دهند. نویسنده با اشاره به حمل و نقل با مسافت‌های طولانی و کوتاه کشورها را سه دسته در نظر گرفته که عبارتند از:

۱- کشورهای کوچکتر مثل انگلستان که توزیع زغال‌سنگ تولید شده نسبتاً خوب تنظیم شده است و محل صنایعی که از زغال‌سنگ استفاده می‌کنند، در نزدیکی معادن زغال‌سنگ در نظر گرفته شده است؛

۲- کشورهایی که از زغال‌سنگ وارداتی هم استفاده می‌کنند مانند بعضی کشورهای اروپای غربی و ژاپن؛

۳- کشورهای بزرگ مانند ایالات متحده آمریکا که در آنها مراکز تولید و مصرف زغال‌سنگ فاصله زیادی با یکدیگر دارند که به حمل و نقل در داخل کشور با استفاده از راه آهن و جاده اهمیت زیادی داده می‌شود و در آخر نتیجه گرفته است که یکی از موارد بسیار ارزشمند که در نیروگاه‌های برق سوزانده می‌شود تا انرژی الکتریکی تولید شود، گاز طبیعی است. این سوخت تمیز به دلیل سهولت مصرف طرفداران زیادی دارد. بهترین مکان مصرف آن در صنایع پتروشیمی است که بعنوان یک ماده اولیه به کار می‌رود و با تولید ارزش افزوده بر اقتصاد کشورهای مصرف‌کننده اثر می‌گذارد.

باید توجه داشت که کشورهایی مانند ژاپن از این ماده ارزشمند در صنایع پتروشیمی خود حداکثر بهره برداری را می‌نمایند بنابراین استفاده از این سوخت در نیروگاه‌های برق با توجه به ارزش ذاتی آن برای اقتصاد یک کشور مفید نیست. مگر در مواردی که جایگزین برای آن موجود نباشد و استفاده از آن بدلیل وجود مازاد تولید بهینه تلقی گردد. در عین حال برای کشوری مانند کشور ما که با کمبود فرآورده‌های نفتی روبروست و تولید فرآورده‌های نفتی در

پالایشگاه‌ها جبران میزان مصرف آنها را در سطح کشور نمی‌کند و نیاز شدیدی به واردات برخی فرآورده‌های نفتی وجود دارد، جایگزینی گاز طبیعی که در داخل کشور تولید می‌شود؛ امری طبیعی است. همچنین در ایران زغال‌سنگ، سوختی فراموش شده است، بنابراین باید گاز طبیعی تاوان این فراموشی را جبران کند.

براساس آنچه که در این تحقیق مطرح گردید، با توجه به وارداتی بودن سوخت گرانقیمتی مانند نفت گاز و همچنین ارزشمندترشدن گاز طبیعی و نفت کوره طی چند سال اخیر، جایگزینی مصرف زغال‌سنگ به جای این سوخت‌ها در مناطقی که امکان جایگزینی وجود دارد، توصیه می‌شود. این در حالی است که جایگزینی این سوخت در منازل نیاز به منطقه‌یابی دارد زیرا در بعضی مناطق می‌توان با نگهداری زغال بریکت و مصرف آن به جای زغال چوب، وضعیت بهتری بدست آورد. همچنین احداث نیروگاه‌های زغال‌سوز در نواحی که ذخایر زغال‌سنگ کافی وجود دارد، می‌تواند به استفاده بهینه انرژی در آن ناحیه منجر گردد و در کل منافع زیادی را برای تولید برق کشور فراهم آورد. در حال حاضر با توجه به نیاز روزافزون کشور به انرژی و همچنین حفظ درآمدهای صادراتی حاصل از آن، اهمیت ذخایر زغال‌سنگ در کشور بیشتر آشکار می‌گردد. زیرا با جایگزینی این سوخت در نیروگاه‌های جدید به جای سوخت‌هایی همچون گاز طبیعی، گازوئیل و نفت کوره در مناطقی که این جایگزینی از نظر اقتصادی منطقی می‌باشد، افزایش روز افزون مصرف این انرژی‌ها را در کشور کاهش می‌دهد.

بانک اطلاعات مهندسی برق(۱۳۸۵) در مقاله‌ای تحت عنوان «تولید الکتریسیته از زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها» اشاره کرده است که ایران دارای معادن عظیم زغال‌سنگ است به طوریکه تنها در منطقه طبس در استان یزد معادنی با ذخیره بیش از یک میلیارد تن برآورد شده است و اینکه وجود منابع عظیم زغال‌سنگ درکشور و خصوصاً در منطقه طبس ضرورت استفاده بهینه و بهره‌برداری از این موهبت الهی را ایجاب می‌کند. در این مقاله نویسنده اشاره می‌کند در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد نیروگاه‌هایی که در سطح دنیا از طریق مصرف زغال‌سنگ فعال هستند، از تکنولوژی پودر کردن زغال (PC) استفاده می‌کنند. ایالات متحده و چین جزء مهمترین کشورهایی هستند که قسمت اعظم الکتریسیته خود را از این طریق تأمین می‌کنند. هزینه تأسیس، قابلیت واحد و کارایی این نوع سیستم‌ها با درجه اطمینان بالایی قابل پیش‌بینی است. فواید اقتصادی این نوع سوخت نسبت به سایر سوخت‌ها بستگی به هزینه تأمین زغال و دسترسی به سایر

منابع سوختی دارد. در صورت وجود گاز طبیعی، استفاده از سوخت زغال بصورت معمولی قابل رقابت با نیروگاه‌های حرارتی با سوخت‌های مایع و گاز طبیعی نیست. در غیاب مقادیر کافی گاز طبیعی، تکنولوژیPC یک راه‌حل اقتصادی برای تأمین انرژی بویژه در کشورهایی که دارای منابع عظیم زغال هستند، می‌باشد. با اینحال تکنولوژیPC دارای نقاط ضعفی نیز هست. نخست آنکه تولید الکتریسیته بر اساس تکنولوژی PC موجب انتشار وحشتناک موادی نظیرCO، SO2، NOX،CO2 ، ذرات معلق و فلزات سنگین می‌شود که باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند. دومین نقطه ضعف تکنولوژی PC پایین بودن راندمان این تکنولوژی در مقایسه با سایر تکنولوژی‌های موجود است. در سال ۱۹۹۰ میلادی، علاقمندی جدیدی به توسعه روش‌های استفاده از زغال بدون آلودگی مورد توجه قرار گرفت این علاقمندی‌ها در راستای شرایط زیر بود:

۱. افزایش آگاهی‌های عمومی در مورد مشکلات زیست‌محیطی منطقه‌ای، بومی و جهانی از قبیل آلودگی‌های شهری، باران‌های اسیدی و تغییر آب وهوا؛

۲. مشخص شدن سیمای آینده انرژی برای کشورهایی نظیر چین وهندوستان که دارای منابع عظیم زغال‌سنگ هستند و در آینده مصرف زغال سهم عمده‌ای در تأمین انرژی این کشورها دارد؛

۳. توسعه صنایع پتروشیمی وتبدیل فرآورده‌های نفتی به محصولات با ارزش؛

۴. توسعه سریع مصرف زغال به واسطه افزایش جمعیت و تقاضای انرژی در کشورهایی که دارای منابع عظیم زغال هستند.

وجود موارد فوق سبب شد فن‌آوری‌های جدیدی به منظور مصرف زغال‌سنگ، در جهت تولید الکتریسیته ابداع شود. در میان تکنولوژی‌های مرسوم تولید الکتریسیته از زغال، فن‌آوری سیکل ترکیبی تبدیل زغال‌سنگ به گاز(IGCC) در مقایسه با سایرفن‌آوری‌های رقیب، دارای محاسن محیط‌زیستی فراوانی است. هزینه تأسیس این واحدها برخلاف راندمان آن‌ها در حال کاهش است بطوری‌که سایر کشورهای جهان نظیر چین و هند که از پتانسیل زغال بالایی

برخوردار است در شرف تأسیس نیروگاه‌هایی با تکنولوژی سیکل ترکیبی تبدیل زغال‌سنگ به گاز هستند.

۵- ادبیات موضوع و چارچوب نظری تحقیق

از نظر تاریخی یونانی‌ها، رومیان و چینی‌ها نخستین استفاده‌کنندگان زغال‌سنگ بودند. آهنگران یونانی در سال‌های ۳۷۱-۲۸۸ قبل از میلاد مسیح و چینی‌ها نیز ۱۰۰سال قبل از میلاد مسیح از زغال‌سنگ استفاده می‌کرده‌اند. در انگلستان نیز بهره‌برداری از زغال‌سنگ از سال‌های۱۲۳۹ میلادی به صورت رسمی شروع شد. به طوری که در سال‌های۱۶۰۳-۱۵۵۸ میلادی، لندن نخستین شهر مهم در جهان بود که از زغال‌سنگ برای تولید گرما استفاده می‌کرد. بومیان آمریکا نیز از زغال‌سنگ استفاده می‌کرده‌اند. تا سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم که نفت کاربرد گسترده‌ای یافت، زغال‌سنگ منبع اصلی انرژی دنیا محسوب می‌شد. در قرن نوزدهم و نیمه اول قرن بیستم حدود ۵۰ درصد انرژی مورد نیاز دنیا از زغال‌سنگ تأمین می‌شد. به طوری که در سال ۱۸۶۰ میلادی اهمیت زغال‌سنگ به آن اندازه شد که ۶۰ درصد ارزش مواد معدنی جهان را به خود اختصاص داد. ولی با ورود نفت و گاز به صحنه تأمین انرژی جهان، نقش زغال‌سنگ سیر نزولی یافت و در اواخر قرن بیستم به کمتر از ۲۰ درصد رسید. کاربرد زغال‌سنگ به عنوان سوخت از اوایل سال‌های ۱۸۰۰ میلادی از چوب پیشی گرفت. در اواسط سال‌های ۱۹۰۰ میلادی کاربرد نفت از زغال‌سنگ بیشتر شد، ولی در سال‌های ۱۹۶۰ میلادی به بعد کاربرد نفت در زمینه تأمین انرژی نسبت به زغال‌سنگ کاملاً پیشی گرفت و از نیمه دوم قرن بیستم استفاده از گاز طبیعی از این سوخت‌ها رواج بیشتری یافت. پس از انقلاب صنعتی در اروپا زغال‌سنگ به مهمترین عامل تأمین انرژی برای فعالیت‌های صنعتی اروپا و آمریکا تبدیل شد. ارزش این ماده معدنی خصوصاً در انقلاب صنعتی که از اروپا آغاز گردید، بیشتر نمایان شد و مصرف آن به عنوان سوخت لوکوموتیوها(۱۸۳۹ میلادی)، احیاء اکسید آهن(سنگ آهن) در کوره بلند تولید فولاد(۱۸۶۰ میلادی) و نیروگاه‌های تولید برق(۱۸۸۰ میلادی)؛ روز به روز افزایش یافت. زغال‌سنگ به غیر از سوخت نیروگاه‌های برق و کک برای مصرف کارخانجات فولادسازی، همچنین در مصارف دارویی، غذایی، رنگ، پارچه و محافظ چوب قابلیت استفاده دارد.

محدودیت و پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی از قبیل نفت، گاز و زغال‌سنگ معضلی است که اکثر کشورهای جهان با آن مواجه هستند. به این جهت کشورها سعی می‌کنند ضمن تنوع‌بخشی

به منابع انرژی خود و عدم اتکا به انرژی‌های فسیلی، حداکثر استفاده را در جهت رفع نیازهای خود به عمل آورند. اکثر کشورهای جهان خط‌مشی مبتنی بر حمایت از انواع منابع انرژی را جهت تضمین توسعه پایدار و مطمئن دنبال می‌کنند. از دیدگاه اقتصاد انرژی، ایجاد تنوع در منابع انرژی و بهره‌گیری از سبدی متشکل از سوخت‌های مختلف امری منطقی است. کشورهای صنعتی از قبیل آمریکا، ژاپن، چین، هند، روسیه، مکزیک، ایتالیا و بریتانیا همگی در زمره بزرگترین تولیدکنندگان برق جهان هستند که جهت تولید الکتریسیته از زغال سنگ، نفت و گاز استفاده می‌نمایند.

در سال ۲۰۰۶ میلادی سه کشور آمریکا، چین و ژاپن به ترتیب با تولید ۴۲۷۴ تراوات ساعت، ۲۸۶۴ تراوات ساعت و ۱۰۹۱ تراوات ساعت، بزرگترین تولیدکننده برق بوده‌اند. در این میان سهم زغال‌سنگ در تولید برق از سایر منابع انرژی بیشتر بوده است.

با توجه به اینکه ایران دارای منابع غنی نفت و گاز و زغال‌سنگ و تا اندازه‌ای انرژی‌های نو از قبیل انرژی باد است، باید سبدی از انرژی‌ها و ترکیبی از نیروگاه‌های مختلف را داشته باشد. افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی، افزایش سطح زندگی افراد و رفاه جامعه و همچنین توسعه صنایع مختلف ایجاب می‌کند که کشور ترکیبی از انرژی‌های مختلف را جهت تولید برق مورد استفاده قراردهد. وجود منابع متنوع انرژی یک مزیت نسبی برای کشور محسوب می‌شود. می‌توان گفت که نه تنها تنوع در منابع انرژی کشور ارتباط مستقیم با امنیت عرضه انرژی آن دارد، بلکه زیربنای گسترش فن‌آوری و توسعه پایدار نیز می‌باشد. از اینرو تنوع‌بخشی به منابع انرژی دارای اهمیت و ضرورت زیادی است.

وظیفه اصلی یک نیروگاه تبدیل انرژی از دیگر شکل‌های آن مانند انرژی شیمیایی، انرژی هسته‌ای و... به انرژی الکتریکی است. نیروگاه سوخت فسیلی، انرژی گرمایی مورد نیاز را از سوزاندن سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز طبیعی یا زغال‌سنگ تأمین می‌نماید. در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد نیروگاه‌هایی که در سطح دنیا از طریق مصرف زغال‌سنگ فعال هستند، از تکنولوژی پودر کردن زغال (PC) استفاده می‌کنند. ایالات متحده و چین جزء مهمترین کشورهایی هستند که قسمت اعظم الکتریسیته خود را از این طریق تأمین می‌کنند. تکنولوژی پودر کردن زغال(PC) یک راه‌حل اقتصادی برای تأمین انرژی بویژه در کشورهایی که دارای منابع عظیم زغال هستند، با اینحال این تکنولوژی دارای نقاط ضعفی نیز هست. نخست آنکه

تولید الکتریسیته بر اساس تکنولوژی پودر کردن زغال(PC) موجب انتشار موادی نظیر CO، SO2، NOX،CO2 ، ذرات معلق و فلزات سنگین می‌شود. دومین نقطه ضعف این تکنولوژی پایین بودن راندمان این تکنولوژی است. تلاش‌های انجام گرفته در جهت کنترل آلودگی و افزایش راندمان در نیروگاه‌های زغالی[۱]، شامل تنوعی از تجهیزات و تکنولوژی‌ها است.

در طی سال‌های گذشته برنامه‌های بیشماری در جهت توسعه و اقتصادی کردن روش‌های استفاده از زغال بدون آلودگی انجام گرفته است. در این راستا تلاش‌هایی در جهت کنترل آلودگی‌های منتشر شده از واحدهای زغال‌سوز و بالا بردن راندمان این واحدها در مراکز تحقیقاتی کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا، اروپا و ژاپن از مدت‌ها قبل آغاز و به پیشرفت‌های شایانی در این زمینه منجر شده است. هم اکنون سرمایه‌گذاری بر روی صنایع بنیادی با حداقل اثرات سوء زیست‌محیطی در اولویت برنامه‌های توسعه قرار گرفته است که می‌توان به «فناوری زغال پاک[۲]» که نسل جدیدی از فرایند تولید انرژی را که به طور چشم‌گیری انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلوده‌کننده محیط زیست را نسبت به نیروگاه‌های زغال‌سنگ سنتی کاهش می‌دهد، اشاره کرد.

٦- بررسی تجربه کشورها در استفاده از زغال‌سنگ

- **استرالیا**

کشور استرالیا به عنوان کشوری وسیع و توسعه‌یافته با منابع انرژی متنوع از جمله زغال‌سنگ به دنبال امنیت عرضه انرژی خود است. بر اساس آمار منتشره از سوی آژانس بین‌المللی انرژی، کل عرضه اولیه انرژی در سال ۲۰۰۷ میلادی معادل ۱۵۵/۸ میلیون تن بشکه نفت در سال می‌باشد که سهم زغال‌سنگ ۴۲/۷ درصد، نفت و فرآورده‌های نفتی ۳۲ درصد، گاز ۱۹/۶ درصد و انرژی‌های تجدیدپذیر ۵/۶ درصد می‌باشد. بر این اساس سوخت‌های فسیلی نزدیک به ۹۵ درصد از کل عرضه انرژی اولیه استرالیا را به خود اختصاص می‌دهد. مصرف سالانه این کشور نیز معادل ۷۳/۹ میلیون تن بشکه نفت می‌باشد که سهم فرآورده‌های نفتی ۵۰/۷ درصد، برق ۳/۱ درصد، گاز ۱۶ درصد و ۱۰ درصد نیز به سایر منابع اختصاص دارد. بنابراین سهم سه منبع نفت،

---

۱ - Clean Coal Initiatives

۲ - Clean Coal Technology

گاز و برق نزدیک به ۹۰ درصد از مصرف سالانه را به خود اختصاص می‌دهد. زغال‌سنگ عمده‌ترین منبع تولید برق در استرالیا می‌باشد.

نزدیک به ۷۷ درصد از کل برق تولیدی از زغال‌سنگ، ۱۴ درصد از گاز و ۷ درصد از منابع آبی تولید می‌شود. با وجود اینکه استرالیا حدود ۴۰ درصد از ذخایر کم هزینه و قابل استحصال اورانیوم جهان را در خود جای داده است، اما هنوز از انرژی هسته‌ای برای تولید برق استفاده نمی‌شود. رویکرد کلی استرالیا در زمینه افزایش امنیت انرژی مبتنی بر متنوع نمودن مصرف انرژی و منابع سوختی است. مشکل درازمدت امنیت انرژی این کشور، تأمین انرژی مناسب و کافی با حداقل اثرات زیست‌محیطی می‌باشد. لازم به ذکر است که بیش از ۷۶ درصد ذخایر زغال‌سنگ جهان در سال ۲۰۰۷ میلادی به ۵ کشور آمریکا ۲۸/۶ درصد، روسیه ۱۸/۵ درصد، چین ۱۳/۵ درصد، استرالیا ۹ درصد و هندوستان ۶/۷ درصد اختصاص داشته است. کشور استرالیا با مقدار تولید ۳۲۳ میلیون تن زغال‌سنگ در سال ۲۰۰۷ میلادی بعد از کشورهای چین، آمریکا و هند قرار داشته است. همچنین با ۲۴۴ میلیون تن زغال‌سنگ در همین سال، بزرگترین صادرکننده این منبع بود. این کشور در سال ۲۰۰۶ میلادی هفتمین کشور با ۱۹۹ تراوات ساعت تولید برق، بزرگترین تولیدکننده برق با استفاده از زغال‌سنگ بعد از آفریقای جنوبی بوده است. استرالیا در سال ۲۰۰۶ میلادی با صادرات ۱۴ تراوات ساعت بعد از لهستان دهمین کشور بزرگ صادرکننده برق بوده است.

- **هند**

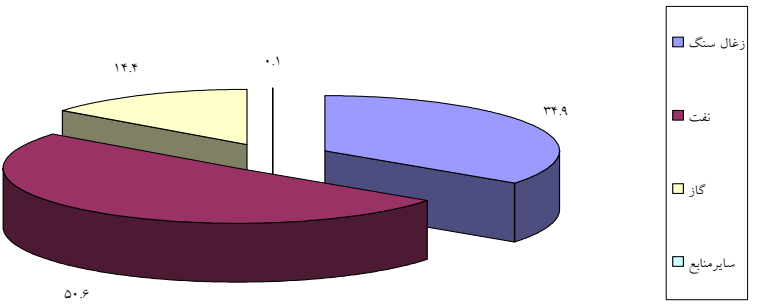
هند دومین کشور پرجمعیت جهان بعد از چین به شمار می‌آید. اقتصاد هند چهارمین اقتصاد پر مصرف جهان است. هند با انجام اصلاحات اقتصادی به دومین کشور از نظر سرعت در رشد اقتصادی تبدیل شده است. این کشور سابقه‌ای طولانی و موفقیت‌آمیز در استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مانند بیوگاز و تولید گاز از زباله دارد. هند استراتژی انرژی خود را بر پایه حمایت از سبدی متنوع از انرژی‌ها بنا نهاده است. رشد جمعیت، افزایش استانداردهای زندگی، موجبات افزایش سریع تقاضای انرژی در هند را فراهم آورده است. در گذشته بیشتر نیازهای انرژی در مناطق روستایی هند از منابع غیرتجاری مانند سوخت چوبی، حیوانی و سایر مواد زائد تأمین می‌شد. هند نیاز مبرمی به سوخت‌های فسیلی از قبیل زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی دارد. از بین

سه منبع انرژی فوق‌الذکر، زغال‌سنگ در میان سایر منابع انرژی، از بیشترین ذخایر و فراوانی برخوردار می‌باشد. هند به دنبال دستیابی به تکنولوژی تولید نفت از زغال سنگ(تبدیل زغال‌سنگ به مایع (CTL)) است که اولین بار در آلمان و سپس در آفریقای جنوبی به کار رفته است. استراتژی هند در حوزه انرژی، تضمین و تأمین انرژی جهت همه بخش‌های اقتصادی خود از جمله کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها، منازل، و سوخت مورد نیاز سیستم حمل و نقل کشور است. در حال حاضر زغال‌سنگ مهمترین منبع تولید برق و نیز سوخت اصلی صنایع بزرگی همچون صنعت فلزات و سیمان در هند می‌باشد. هند باتولید ۴۵۲ میلیون تن زغال‌سنگ سومین کشور مهم تولیدکننده زغال‌سنگ جهان در سال ۲۰۰۷ میلادی، بعد از چین و آمریکا بوده است. همچنین این کشور با تولید ۵۰۸ تراوات ساعت برق از زغال سنگ، سومین کشور بعد از چین و آمریکا در زمینه تولید برق از زغال‌سنگ در سال ۲۰۰۶ میلادی بوده است. هند با ۷۴۴ تراوات ساعت تولید برق، پنجمین کشور تولید کننده برق جهان در سال ۲۰۰۶ میلادی بوده است.

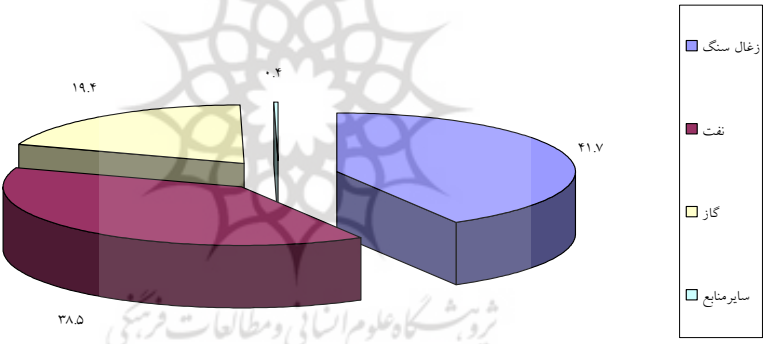
۷- مسئله زیست محیطی(هزینه‌های اجتماعی)

نیاز روز افزون بشر به برق، مسائل زیست محیطی و شرایط اقتصادی، عوامل مهم تعیین‌کننده استفاده از نیروگاه‌های زغال‌سوز در آینده هستند. زغال‌سنگ اصلی ترین سوخت مورد استفاده برای تولید برق در جهان می‌باشد. اما احتراق آن بیش از احتراق هر سوخت فسیلی دیگری مانند نفت و گاز طبیعی، موجب افزوده شدن گاز دی اکسید کربن به اتمسفر زمین می‌گردد. همان طور که در نمودارهای ۱و۲ ملاحظه می گردد، سهم زغال‌سنگ از انتشار CO_2 در سال‌های ۱۹۷۳ و ۲۰۰۶ میلادی به ترتیب ۳۴/۹ درصد و۴۱/۷ درصد بوده است. در سال ۱۹۷۳ میلادی نفت بیشترین سهم را در انتشار CO_2 در جهان داشته به میزان ۵۰/۶ درصد و در سال ۲۰۰۶ میلادی سهم زغال‌سنگ در انتشار دی اکسید کربن به میزان ۴۱/۷ درصد، بیشترین بوده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در سال ۱۹۷۳ میلادی مقدار انتشار CO_2، ۱۵۶۴۰ میلیون تن بوده که این مقدار در سال ۲۰۰۶ میلادی به ۲۸۰۰۳ میلیون تن افزایش یافته است.

نمودار شماره ۱ – سهم منابع مختلف از تولید CO_2 در سال ۱۹۷۳ میلادی برحسب درصد



نمودار شماره ۲ – سهم منابع مختلف از تولید CO_2 در سال ۲۰۰۶ میلادی برحسب درصد



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منبع: (آژانس بین المللی انرژی، آمار انرژی در سال ۲۰۰۸ میلادی)

در طول ده سال گذشته برنامه‌های بیشماری در جهت توسعه و اقتصادی کردن روش‌های استفاده از زغال بدون آلودگی انجام گرفته است. در زمینه مسائل زیست‌محیطی پیمان‌ها و کنفرانس‌های مختلفی انجام گرفته، که از جمله مهمترین آن‌ها پیمان زیست‌محیطی کیوتو است که در سال ۱۹۹۹ میلادی در مورد کاهش گازهای گلخانه‌ای برای نیروگاه‌های زغال‌سوز کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۰ پیش‌بینی شده است. بر اساس کنفرانس کیوتو در ژاپن که از سوی سازمان

ملل برای مبارزه با گرم شدن دنیا برگزار شد، تصمیم گرفته شد که تا سال ۲۰۱۰ میلادی کشورهای صنعتی حدود ۵ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ از تولیدات گازهای گلخانه ای خود (عموماً گاز CO_2) بکاهند. یکی از صنایعی که هدف این مصوبه است صنایع مرتبط با زغال‌سنگ است که بیش‌ترین سهم در تولید گاز CO_2 را دارند. بنابراین عمده مشکل مصرف زغال‌سنگ در سال‌های اخیر مسائل زیست‌محیطی آن است. استفاده از فناوری‌های جدید برای سوزاندن زغال‌سنگ و کاهش مواد آلاینده محیطی باعث شده تا آینده درخشان دیگری در پیشروی نیروگاه‌های زغال‌سوز نمایان گردد. ساخت فیلترهای مؤثر برای جلوگیری از تولید غبار و گازهای مضر، آینده امیدوارکننده‌ای را برای نیروگاه‌های زغال سوز ایجاد کرده است. امروزه با بکارگیری فناوری بیوتکنولوژی علاوه بر حذف گوگرد معدنی به هنگام زغال‌شویی، گوگرد آلی را نیز می‌توان از ترکیب زغال‌سنگ حذف کرد و همچنین با استفاده از فناوری زغال تمییز، نگرانی از کثیف بودن این منبع مهم انرژی، بطور محسوسی کاهش می‌یابد.

با توجه به وجود ذخایر احتمالی ۱۴-۱۱ میلیارد تن زغال‌سنگ در کشور و اینکه حدود ۶۰ درصد این ذخایر از نوع حرارتی(سوخت نیروگاه) است، بنابراین ایران ذخایر کافی برای احداث نیروگاه زغال‌سوز بویژه در مناطقی مثل طبس را در خود دارد. از طرف دیگر از جنبه زیست محیطی نیز می‌توان تا حد امکان از تکنولوژی‌هایی که آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند، مثل نیروگاه‌های IGCC بهره برد. IGCC یک سیستمی مرکب از یک واحد تبدیل زغال به گاز و یک سیکل ترکیبی تولید برق است. تبدیل زغال به گاز فرآیندی است که زغال جامد را به گاز قابل احتراق که تحت عنوان گاز سنتز معروف است و متشکل از منواکسید کربن و هیدروژن است، تبدیل می‌کند. بعد از این مرحله گاز تولید شده در واحد گازسازی به منظور زدایش ترکیبات گوگردی و مواد معلق به یک واحد تصفیه گاز فرستاده می‌شود. در مرحله بعد گاز تصفیه شده در یک واحد توربین گازی سوخته شده و اولین منبع الکتریسیته را ایجاد می‌کند. در نیروگاه‌های معمولی زغال‌سوز مقدار مصرف زغال بالا است. در حالی که در نیروگاه‌های IGCC مصرف زغال‌سنگ بدلیل بهره‌گیری از سیستم سیکل ترکیبی کاهش می‌یابد. این نیروگاه‌ها آلودگی کمتری نسبت به نیروگاه‌های معمولی زغال‌سوز ایجاد می‌کنند. لیکن با توجه به اینکه این نیروگاه‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری عظیمی دارند، قیمت تمام شده برق تولیدی در این نیروگاه‌ها بالا خواهد بود.

۸- روش شناسی

روش تحقیق به شکل نظری و توصیفی و به شیوه مطالعه کتابخانه‌ای است که با استفاده از کتب، مقالات فارسی و انگلیسی و گزارش‌های سازمان‌های ذیربط؛ این تحقیق تدوین می‌گردد. همچنین جهت نگارش و تدوین این تحقیق از پروژه‌های انجام شده در این زمینه استفاده شده است. بررسی منابع و گزارشات و مقالات علمی در داخل و همچنین بررسی مقالات و منابع خارجی، مهمترین روش بررسی برای دستیابی به اطلاعات و منابع مورد نیاز در این مقاله بوده است.

برای ارزیابی طرح و امکان مقایسه اقتصادی نیروگاه‌های زغال سنگی با سایر نیروگاه‌های فسیلی، از روش معادل هزینه یا هزینه تراز شده LCOE که روش متعارف مشخص نمودن قیمت تمام شده برق در ایران است، استفاده می‌شود. بر مبنای این روش، بهای تمام شده برق تولیدی برای هرکیلو وات ساعت برق تولیدی نیروگاه زغال سنگی محاسبه می‌شود و سپس با قیمت تمام شده از سایر روش‌های تولید مورد مقایسه قرار می گیرد. در این روش سه نوع هزینه سرمایه‌گذاری ، تعمیر و نگهداری و سوخت مورد ملاحظه قرار می گیرد. دو قید مهم برای استفاده از این شیوه و مقایسه آن با سایر روش‌ها وجود دارد. اول آنکه زمانی مقایسه بین طرح‌های مختلف با روش LCOE درست است که همگی خدمات مشابهی ارائه دهند. دوم زمانی روش LCOE جوابگو است که طرح‌های بکار رفته در محاسبات اقتصادی سازگار باشد. روش معادل هزینه بصورت ساده عبارتند از: تقسیم هزینه سالیانه بر انرژی خروجی سالیانه، طبق فرمول زیر:

$$LCOE=AC+O\&M+PVf/Eout$$

AC = هزینه سالیانه سرمایه‌گذاری

O&M = هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه

Pvf = هزینه سوخت مصرفی سالیانه

Eout = کل انرژی سالیانه ناخالص تولیدی توسط نیروگاه بر حسب کیلو وات ساعت

که در رابطه فوق نحوه محاسبه هر یک از متغیرها بصورت زیر خواهد بود:

- **هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه(AC)**

هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه، هزینه یکنواختی است که در طول عمر نیروگاه دارای ارزش ثابتی

است. برای بدست آوردن هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه باید ابتدا ضریب بازگشت سرمایه CRf در کل هزینه سرمایه‌گذاری اولیه ضرب گردد:

$$AC=CRf*C$$

در رابطه فوق:

C = مقدار کل سرمایه اولیه

و

$$CRf=\frac{r}{(1+r)^n}$$

n = طول عمر نیروگاه

r = نرخ تنزیل اجتماعی

است.

- **هزینه‌های تعمیر و نگهداری(O & M)**

جزء دیگر محاسبه LCOE مربوط به هزینه تعمیر و نگهداری است. در واقع در این روش هزینه تعمیر و نگهداری بصورت درصدی از هزینه سالیانه در نظر گرفته می‌شود.

- **هزینه سوخت(PVF)**

برای یافتن هزینه سوخت مصرفی باید توان مطمئن و بازده واحد نیروگاهی مشخص شود. مقدار هزینه سالیانه سوخت بدون در نظر گرفتن تعدیل، از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$PVF=\frac{W*h}{Ra*NHv}*pg$$

که در این رابطه:

W = توان نیروگاه

Ra = بازده نیروگاه

Pg = بهای پایه سوخت مصرفی

NHv= ارزش حرارتی سوخت خالص

h= مقدار ساعت کار واحدهای نیروگاه در سال

لازم به ذکر است که مقدار h را می‌توان برحسب ضریب ظرفیت نیروگاه نیز بصورت زیر بیان

کرد:

$$h = CR * 8760$$

- **انرژی سالیانه ناخالص تولیدی نیروگاه(Eout)**

کل انرژی سالیانه ناخالص تولیدی توسط نیروگاه بر حسب کیلووات ساعت تعداد ساعت کار نیروگاه برای تولید انرژی ناویژه در سال می‌باشد. مقدار کل انرژی ناخالص تولیدی (انرژی ناویژه) از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Eout = W * CR * 8760$$

در این رابطه W قدرت عملی نیروگاه و CR ضریب دسترسی یا فاکتور ظرفیت و ۸۷۶۰ تعداد ساعت کل سال می‌باشد.

۹- ارزیابی اقتصادی نیروگاه زغال‌سوز طبس

حوضه پهناور زغالدار شرق ایران در طبس بخشی از گستره‌های وسیع شناسایی شده زغالی در شمال و شرق ایران است. این بخش شامل چهار ناحیه (پرورده، نایبند، مزینو و آبدوغی) می‌باشد. احداث نیروگاه زغال سوز، فصل جدیدی از اکتشاف زغال‌سنگ (زغال‌سنگ حرارتی) را پیش روی کشور گذاشته است. با توجه به نیاز کشور به انرژی الکتریسته و وجود ذخایر عظیم زغال‌سنگ حرارتی در طبس و گستردگی نواحی مزینو و آبدوغی و همچنین آثار زغالی پراکنده در سطح، امید می‌رود ذخایر نهفته فراوانی از انواع زغال‌سنگ در این منطقه از کشور وجود داشته باشد. بدین منظور، ناحیه مزینو هدف اکتشاف قرار گرفته است. موقعیت ویژه جغرافیایی ذخایر زغال‌سنگ طبس و همجواری آن با ذخایر سنگ‌آهن‌های بزرگی چون چادر ملو، بافق، خواف با محوریت راه آهن مشهد – طبس- چادرملو- بافق یزد – طبس امکان توسعه پایدار جنوب خراسان را فراهم می‌آورد. احداث نیروگاه زغال‌سوز در طبس، بهره‌برداری از معادن عظیم زغال‌سنگ کک شو، با کلیه زیرمجموعه آن (کارخانه‌های زغالشوئی، کک سازی، قطران و ...) که با توسعه فعالیت‌های معدن کاری گسترده همراه خواهد بود؛ ضمن اینکه موجب رونق اقتصادی، شکوفائی صنعت، اشتغال زایی و عمران شرق کشور خواهد شد، به تولید برق در کشور کمک خواهد کرد.

در این منطقه، ذخیره احتمالی ۱۴۰۰ میلیون تن و ذخیره قابل استخراج ۴۹۰ میلیون تن برآورد شده است. این حوضه‌ها مجموعاً مساحتی نزدیک به ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع را در بر گرفته و از

بخش شمالی- زغالی کرمان تا نزدیک طبس در استان خراسان گسترش دارند. قسمت عمده مناطق زغال‌دار در کویر، بین کویر مرکزی و دشت لوت واقع شده‌اند. حوضه مزینو با وسعتی حدود ۸۸۰۰ کیلومتر مربع در غرب نواحی پروده و نایبند قرار دارد. وجود منابع عظیم زغال‌سنگ حرارتی در کشور خصوصاً در منطقه مزینو طبس ضرورت استفاده بهینه و بهره‌برداری از این منبع انرژی را ایجاب می‌کند. به دلیل اهمیت بالا و ذخایر شناسایی شده کشور در ناحیه مزینو، احداث نیروگاه زغالسوز در این ناحیه از نظر ذخیره زغال‌سنگ حرارتی می‌تواند مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

از سوی دیگر کویری بودن این ناحیه می‌تواند از نظر مسائل زیست‌محیطی مشکل کمتری را در خصوص مسایل محیط‌زیستی نیروگاه ایجاد نماید. در این خصوص تنها مشکل این ناحیه، تأمین منابع آب با کیفیت قابل قبول می‌باشد که با توجه به ذخیره و کیفیت زغال مناسبی که این ناحیه وجود دارد، مشکل تأمین آب آن از طریق پروژه‌های برداشت آب زیر زمینی توسط سازمان توسعه برق ایران مورد بررسی قرار گرفته و طبق مطالعات انجام شده، تأمین ۲۵۰ لیتر در ثانیه آب با املاح ۵-۱ گرم در لیتر قابل دسترسی است. بنابراین مشکل آب این منطقه با صرف منابع مالی قابل حل می‌باشد. از این رو می‌توان در صورت اقتصادی تولید برق از زغال‌سنگ در این منطقه اقدام به احداث نیروگاه کرد که در ادامه ارزیابی اقتصادی آن ارائه می‌شود.

۹-۱- مفروضات ارزیابی اقتصادی تولید برق با استفاده از نیروگاه زغال‌سوز طبس

ظرفیت اسمی نیروگاه ۶۳۰ مگاوات و قدرت عملی آن ۴۶۳ مگاوات پیش‌بینی می‌شود. که در ذیل مفروضات احداث نیروگاه ارائه شده است:

W: توان عملی واحد نیروگاه۴۶۳ مگاوات

Ra: بازده یا راندمان نیروگاه ۳۷/۵ درصد

NHV: ارزش حرارتی سوخت خالص۸۷۶۳ کیلوکالری بر متر مکعب

h: تعداد ساعت متوسط کار نیروگاه در سال برابر ۷۵۱۲ ساعت

Pg: بهای پایه سوخت مصرفی گازی ۵ سنت بر متر مکعب

n : طول عمر نیروگاه که ۳۰ سال

r : نرخ تنزیل ۱۲ درصد در نظر گرفته شده است.

۹-۲- هزینه‌های احداث نیروگاه زغال سوز

هزینه‌های احداث یک نیروگاه زغال سوز در قالب موارد زیر قابل تفکیک و ارائه است:

عملیات ساختمانی: هزینه‌های عملیات ساختمانی شامل ساختمان‌سازی‌های لازم برای هر قسمت، عملیات خاکبرداری و خاکریزی، مواد و مصالح لازم و غیره می‌باشد که جمعاً حدود ۸۹۱ میلیارد ریال برآورد می‌شود.

ماشین‌آلات و تجهیزات: ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز برای احداث نیروگاه حدود ۶۰ هزار تن و به مبلغ ۳۲۸۶ میلیارد ریال پیش‌بینی می‌شود.

تأسیسات جانبی: این هزینه‌ها شامل هزینه‌های ماشین‌آلات و تجهیزات کمکی، تجهیزات آزمایشگاهی ، جرثقیل و غیره می‌باشد که مبلغ ۳۰۱ میلیارد ریال برآورد می‌گردد.

تأسیسات عمومی: این تأسیسات شامل تأسیسات گرمایش، سرمایش، آبرسانی، تصفیه آب، تصفیه فاضلاب، تأسیسات روشنایی شامل لامپ‌ها، کابل‌ها، ترانسفورماتورها و ... می‌باشد که مبلغ ۶۱۶ میلیارد ریال برآورد می‌شود.

اثاثیه و ملزومات اداری: پیش بینی می‌شود که مبلغ ۱۸۱۰ میلیون ریال بابت اثاثیه و ملزومات اداری مورد نیاز باشد.

هزینه‌های قبل از بهره‌برداری: این هزینه‌ها که شامل هزینه‌های مشاوران، هزینه‌های عمومی، سفر، مأموریت و بیمه می‌باشد، جمعاً مبلغ ۳۱۸۴۰ میلیون ریال پیش‌بینی می‌شود.

سرمایه در گردش: سرمایه در گردش طرح به مبلغ ۶۵۰۵۷ میلیون ریال برآورد می‌گردد.

هزینه‌های سوخت و مواد مصرفی: همانطور که قبلاً نیز اشاره شد سوخت مورد مصرف در این نیروگاه‌ها زغال‌سنگ است، ولی علاوه بر زغال مقداری گازوئیل (۳ ماه از سال) و نفت سنگین نیز به طور سالیانه مصرف می‌گردد. عمده مواد مصرفی شامل آهک برای تأسیسات سولفورزدایی و اسید سولفوریک و محلول آمونیوم برای تأسیسات تصفیه آب می‌باشد.

هزینه تعمیرات و نگهداری و قطعات یدکی: هزینه مربوط به تعمیرات و نگهداری جمعاً به مبلغ ۸۴۱۰۹ میلیون ریال جهت تعمیرات و نگهداری در نظر گرفته شده است.

هزینه پرسنلی: میزان حقوق دریافتی پرسنل (شامل حقوق پایه، بیمه و مزایا) جمعاً به مبلغ ۷۸۱۴۵ میلیون ریال سالانه در نظر گرفته می‌شود.

هزینه‌های اداری و تشکیلاتی: از بابت هزینه‌های عمومی و اداری سالانه مبلغ ۲۶۰۰ میلیون

ریال مشتمل بر هزینه‌های ارتباطات و مراسلات، ایاب و ذهاب، حسابرسی و وکلای حقوقی، هزینه‌های نظام مشارکت و بهنگام سازی و پویایی سازمانی، ملزومات اداری ، بیمه سالانه دارائی‌ها و سوخت و انرژی مصرفی برآورد می گردد.

کل هزینه سرمایه‌گذاری طرح احداث نیروگاه در بخش ریالی معادل ۲۰۲۶ میلیارد ریال و در بخش ارزی معادل ۳۵۴ میلیون دلار و جمعاً معادل۵, ۵۸۶۹ میلیارد ریال به شرح جدول(۱) می‌باشد(نرخ ارز در شهریور ماه سال ۱۳۸۵ در نظر گرفته شده است).

جدول (۱)- هزینه‌های سرمایه‌گذاری در نیروگاه زغال سنگی(سال۱۳۸۵)

شرح	سرمایه گذاری		
	میلیون ریال	هزار دلار	جمع(میلیارد ریال)
عملیات ساختمانی	۸۹۱۸۸۲		۸۹۱۸۸۲
ماشین آلات و تجهیزات	۳۱۲۴۰	۳۵۳۷۷۵	۳۲۸۶۶۷۷
تاسیسات عمومی	۲۷۲۴۰۸	۳۷۳۵۵	۶۱۶۱۴۹
تجهیزات جانبی	۶۰۰۰۰	۲۶۲۷۳	۳۰۱۷۶۸
وسائط نقلیه	۲۶۵۰		۲۶۵۰
اثاثیه و ملزومات اداری	۱۸۱۰		۱۸۱۰
هزینه‌های پیش بینی نشده- (۱۰٪)	۱۲۵۹۹۹		۱۲۵۹۹۹
جمع سرمایه گذاری ثابت	۱۳۸۵۹۹۰	۳۵۳۷۷۵	۵۲۲۶۹۳۵
هزینه‌های قبل از بهره برداری بدون بهره	۳۰۰۰۰	۲۰۰	۳۱۸۴۰
بهره دوران ساخت	۵۴۴۸۸۶		۵۴۴۸۸۶
سرمایه در گردش	۶۵۹۱۱		۶۵۹۱۱
جمع کل سرمایه گذاری	۲۰۲۶۷۸۷	۳۵۳۹۷۵	۵۸۶۹۵۷۳

منبع: (گزارش بررسی فنی و اقتصادی نیروگاه زغال‌سوز طبس، ۱۳۸۵)

با توجه به مفروضات ذکر شده و اطلاعات جدول یک ،LCOE را برای نیروگاه زغال‌سوز طبس به شرح زیر قابل محاسبه است.

- **هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه (AC)**

هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه هزینه یکنواختی است که در طول عمر نیروگاه دارای ارزش حال ثابتی است. برای محاسبه هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه نیاز به بازگشت سرمایه CRF و کل هزینه سرمایه گذاری C خواهد بود.

C مقدار کل هزینه سرمایه گذاری(یورو) $= ۶۳۰ * ۱۰۰۰ * ۵۰۸ = ۳۲۰۰۴۰۰۰۰$

$$CRF = \frac{r}{1-(1+r)^{n}}$$ ضریب بازگشت

$$CRF = ۰/ ۱۲۴۱۴۳۶۵۷$$

$$AC = CRF * C$$

$$AC = ۰/۱۲۴۱۴۳۶۵۷ * ۳۲۰۰۴۰۰۰۰ = ۳۹۷۳۰۹۳۵/۹۹$$

- **هزینه‌های تعمیر و نگهداری(O & M)**

در این روش هزینه‌های فوق بصورت درصدی از هزینه سالیانه خواهد بود، بگونه‌ای که در واحدهای گازی مقدار آن ۲ تا ۵ درصد، واحدهای بخاری ۱/۵ تا ۲ درصد، واحدهای زغال سوز ۲درصد، در سیکل ترکیبی و نیروگاه هسته‌ای ۱/۵ تا ۳ درصد است.

$$O \& M = ٪۲ * ۳۹۷۳۰۹۳۵/۹۹ = ۷۹۴۶۱۸۷۱/۹۸$$

- **هزینه سوخت(Pf)**

هزینه سوخت**Pf**= مقدار سوخت*قیمت سوخت

$$Pf = \frac{W * h}{Ra * NHV} * Pg$$

مقدار **NHV** ۸۷۶۳ کیلو کالری در نظر گرفته شده است.

$$Pf = ۵۲۹۲۰۳۲/۴۰۹$$

- **انرژی خروجی ناخالص تولیدی(تولید ناویژه)Eout**

انرژی خروجی ناخالص تولیدی را می‌توان از فرمول زیر بدست آورد.

Eout=(ضریب دسترسی)* فاکتور ظرفیت * ساعت کل سال * قدرت عملی نیروگاه

مقدار انرژی ناویژه به شرح زیر می‌باشد.

$$\mathbf{Eout} = ۰/۸۵ * ۸۷۶۰ * ۴۶۳ = ۳۴۴۷۴۹۸$$

بنابراین در نیروگاه زغال سوز طبس مقدار LCOE را بدست می‌آوریم.

$$\mathbf{LCOE} = ۳۶/۱۰۸۷۴۹۱۲ \text{ EURO/MWh}$$

$$\mathbf{LCOE} = ۰/۸۷۴۹۱۰۶۰۳ \text{ EURO/KWh}$$

$$\mathbf{LCOE} = ۳/۶۱۰۸۷۴۹ \text{ EUROcent/KWh}$$

قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق تولیدی نیروگاه زغال سوز طبس۳/۶۱ سنت یورو خواهد شد.

۱۰-مقایسه قیمت تمام شده برق از نیروگاه‌های مختلف

برای آنکه اقتصادی بودن تولید برق از نیروگاه زغال سنگی قابل جمع‌بندی باشد لازم است تا با سایر روش‌های تولید برق مورد مقایسه قرار گیرد. لذا قیمت تمام شده برق در چهار نوع نیروگاه در ایران با نیروگاه‌های زغال‌سوز در جدول(۲) مقایسه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول (۲)- اطلاعات فنی و اقتصادی نیروگاه‌های مورد سنجش

نوع نیروگاه	ظرفیت اسمی نیروگاه (مگاوات)	قدرت عملی (مگاوات)	تولیدناخالص ، ناویژه (مگاوت ساعت)	فاکتور ظرفیت (درصد)	هزینه احداث سرمایه‌گذاری (یورو بر کیلووات)[1]		راندمان (درصد)	عمر مفید	قیمت تمام شده برق (سنت یورو به کیلو وات ساعت)
بخاری[2]	۱۶۰۰	۱۵۸۵	۱۲۴۳۷۰۴۷	۷۸	۳۸۷	۲۲۴۷۱۱۷	۳۶/۱	۳۰	۱/۹۶
گازی بزرگ[3]	۱۰۲۷	۸۵۲	۲۶۷۹۰۰۵	۸۴	۱۶۶	۱۲۰۰۴۱۹	۲۲/۶	۱۲	۱/۴۷
چرخه ترکیبی[4]	۱۰۴۳	۹۰۰	۵۵۵۷۶۱۸	۸۲	۲۹۷	۲۰۴۹۰۰۰	۴۳/۳	۳۰	۱/۶۲
زغال سنگی[5]	۶۳۰	۴۶۳	۳۴۴۷۴۹۸	۸۵	۵۰۸	۳۲۱۷۱۲۲	۳۷/۵	۳۰	۳/۶۱
گازی کوچک[6]	۱۶۴	۱۲۷	۷۹۴۴۱۱	۹۷	۲۵۴	۶۸۷۶۳۱	۲۰/۰	۲۰	۱/۷۸

منبع: (آمار تفصیلی صنعت برق ایران،۱۳۸۷)

همانگونه که ملاحظه می‌شود قیمت تمام شده برق در نیروگاه زغال سنگی در مقایسه با سایر روش‌های تولید برق بالاتر می‌باشد و این نشان دهنده آن است که در شرایط موجود توجیه اقتصادی برای تولید برق از نیروگاه زغال سنگی وجود ندارد.

۱۱- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت برای متغیرهای زیر صورت می گیرد:

- **قیمت سوخت مصرفی**(PF)

حال از آنجایی که سایر روش‌های تولید برق شدیداً به قیمت سوخت وابسته است، لازم است تا

۱ - با توجه به (اطلاعات فنی، اقتصادی نیروگاه های کشور، شرکت توانیر، دفتر برنامه ریزی، آذر ۱۳۸۵)

۲ - نیروگاه شهید منتظری

۳ - نیروگاه ری

۴ - نیروگاه شهید رجایی

۵ - نیروگاه طبس

۶ - نیروگاه کنگان

اثر تغییرات قیمت سوخت بر قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق مشخص شود. در جدول(۳) مقایسه قیمت تمام شده برق تولیدی نیروگاه‌های مختلف بر اساس قیمت‌های مختلف گاز طبیعی محاسبه شده است.

جدول (۳)- مقایسه قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق در قیمت‌های مختلف گاز طبیعی (سنت یورو به کیلو وات ساعت)

نیروگاه	قیمت گاز طبیعی				
	۴/۵ سنت یورو	۵ سنت یورو	۱۰ سنت یورو	۱۵ سنت یورو	۲۰ سنت یورو
بخاری	۱/۹۴	۱/۹۶	۲/۱۴	۲/۳۳	۲/۵۱
گازی بزرگ	۱/۴۶	۱/۴۷	۱/۶۳	۱/۷۹	۱/۹۵
چرخه ترکیبی	۱/۶۱	۱/۶۲	۱/۷۶	۱/۸۹	۲/۰۳
زغال سوز	۳/۵۹	۳/۶۱	۳/۷۶	۳/۹۱	۴/۰۷
گازی کوچک	۱/۷۶	۱/۷۸	۲/۰۲	۲/۲۵	۲/۴۹

- **نرخ تنزیل**

حال اگر نرخ تنزیل تغییر نماید قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق در روش‌های مختلف در جدول(۴) ارائه شده است.

جدول (٤)- مقایسه قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق در نرخ تنزیل‌های مختلف (سنت یورو به کیلو وات ساعت)

نیروگاه	R=0/07	R=0/10	R=0/12
بخاری	۱/۳۳	۱/۷۰	۱/۹۶
گازی بزرگ	۱/۱۸	۱/۳۵	۱/۴۷
گازی کوچک	۱/۳۲	۱/۵۹	۱/۷۸
چرخه ترکیبی	۱/۱۰	۱/۴۰	۱/۶۲
زغال‌سوز	۲/۳۹	۳/۱۰	۳/۶۱

همانگونه که از جداول(۳) و (۴) ملاحظه می‌شود قیمت تمام شده برق از نیروگاه زغال سنگی در مقایسه با سایر روش‌های تولید برق در صورت تغییر قیمت گاز طبیعی و تغییر نرخ تنزیل باز هم بالاتر می‌باشد و این نشان دهنده آن است که در شرایط موجود توجیه اقتصادی برای تولید برق از نیروگاه زغال سنگی وجود ندارد.

۱۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

باتوجه به نیاز کشور به انرژی الکتریسته و وجود ذخایر عظیم زغال‌سنگ حرارتی در طبس و گستردگی نواحی مزینو و آبدوغی و همچنین آثار زغالی پراکنده در سطح، امید می‌رود ذخایر نهفته فراوانی از انواع زغال‌سنگ در این منطقه از کشور وجود داشته باشد. در این منطقه، ذخیره احتمالی ۱۴۰۰ میلیون تن و ذخیره قابل استخراج ۴۹۰ میلیون تن برآورد شده است. حوضه مزینو با وسعتی حدود ۸۸۰۰ کیلومتر مربع در غرب نواحی پروده و نایبند قرار دارد. وجود منابع عظیم زغال‌سنگ حرارتی در کشور خصوصاً در منطقه مزینو طبس ضرورت استفاده بهینه و بهره‌برداری از این منبع انرژی را ایجاب می کند. به دلیل اهمیت بالا و ذخایر شناسایی شده کشور در ناحیه مزینو، احداث نیروگاه زغال‌سوز در این ناحیه از نظر ذخیره زغال‌سنگ حرارتی می‌تواند مورد توجه و بررسی قرار گیرد. از سوی دیگر کویری بودن این ناحیه می‌تواند از نظر مسائل زیست محیطی مشکل کمتری را در خصوص مسایل محیط زیستی نیروگاه ایجاد نماید.

چنانچه نیروگاهی با ظرفیت اسمی ۶۳۰ مگاوات و قدرت عملی ۴۶۳ مگاوات برای این منطقه در نظر گرفته شود، کل هزینه سرمایه‌گذاری طرح احداث نیروگاه در بخش ریالی معادل ۲۰۲۶ میلیارد ریال و در بخش ارزی معادل ۳۵۴ میلیون دلار و جمعاً معادل۵, ۵۸۶۹ میلیارد ریال خواهد بود که قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق تولیدی نیروگاه زغال سوز طبس۳/۶۱ سنت یورو خواهد شد.

نتایج بررسی نشان می‌دهد که قیمت تمام شده برق در نیروگاه زغال سنگی در مقایسه با سایر روش‌های تولید برق بالاتر می‌باشد و این نشان دهنده آن است که در شرایط موجود توجیه اقتصادی برای تولید برق از نیروگاه زغال سنگی وجود ندارد. ضمن آنکه چنانچه اثر تغییرات قیمت سوخت و نرخ تنزیل بر قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق مورد بررسی قرار گیرد، ملاحظه می‌شود قیمت تمام شده برق از نیروگاه زغال سنگی در مقایسه با سایر روش‌های تولید برق

بالاتر می‌باشد و این نشان دهنده آن است که در شرایط موجود توجیه اقتصادی برای تولید برق از نیروگاه زغال سنگی وجود ندارد.

منابع

- آژانس بین‌المللی انرژی(۲۰۰۸)، ***سالنامه چشم انداز انرژی جهان***، آژانس بین‌المللی انرژی.
- شرکت توانیر(۱۳۸۷)، ***آمار تفصیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۸۷***، شرکت توانیر.
- پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور(۱۳۷۹)، ***طرح اکتشاف زغال‌سنگ حرارتی ناحیه مزینو طبس***، خلاصه نتایج گزارش عملیات اکتشاف مقدماتی منطقه مزینو.
- معاونت انرژی وزارت نیرو(۱۳۸۷)، ***ترازنامه انرژی جمهوری اسلامی ایران سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶***، معاونت انرژی وزارت نیرو.
- رسولی‌کوهی، مجتبی(۱۳۷۶)، ***ارزیابی اقتصادی احداث نیروگاه‌ها***، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
- ریاضی، محمدعلی(۱۳۷۰)، ***مدیریت احداث نیروگاه‌های برق***، دانشگاه صنعتی شریف.
- سیدمطهری، سیدمهدی(۱۳۸۲)، ***ارزیابی طرح‌های تولیدی(فنی، اقتصادی، مالی) کاربردی***، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- قاسم‌زاده، رضا(۱۳۷۱)، ***سوخت‌های فسیلی***، دانشگاه علم و صنعت، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- مهندسین مشاور نگر اندیش(۱۳۸۵)، ***گزارش تعیین سهم بهینه زغال‌سنگ در سبد عرضه انرژی کشور***، وزارت نیرو، معاونت امور انرژی .
- نوشین، محمدعلی(۱۳۷۲)، ***انرژی‌های فسیلی و غیر فسیلی و کاربردهای آن***.
- یزدی محمد و هادی گلزار(۱۳۸۶)، ترکیبات اصلی زغال سنگ‌های معدن مزینو طبس، ***نشریه علمی پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان***، شماره ۱، جلد ۳۰، صص ۸۲-۷۳.
- یزدی محمد(۱۳۸۳)، آینده نیروگاه های زغال سوز، ***مجله علمی و ترویجی اقتصاد انرژی***، شماره ۶۸، صص ۴۲-۳۸ .
- یزدی محمد(۱۳۸۴)، اهمیت نیروگاه‌های زغال سوز در تأمین برق جهان، ***نشریه علمی پژوهشی برق***، شماره ۴۳،صص ۷۷-۶۹ .
- یزدی محمد(۱۳۸۶)، اثرات زیست محیطی معدن زغال مزینو طبس، ***نشریه علمی پژوهشی علوم محیطی***، شماره ۱، سال ۵، صص ۱۱- ۱ .
- یزدی، محمد(۱۳۸۲)، ***زغال‌سنگ (از منشاء تا اثرات زیست محیطی)***، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر.

- H. Shannon, Robert(1995), ***Handbook of Coal-based Electric Power Generation , the Technology, Utilization, Application, and Economics of Coal for Generating Electric Power***.
- Heinberg , Richard(1994) ,***Blackout ,Coal, Climate, and the last Energy Crisis.***
- ___(1994), ICR Statistics Monthly, ***Financial Times***, oct. 1994
- ___(2008), International Coal Report, ***Financial Times,*** nov, 2008
- IEA(2008), ***International Energy out look***.
- j. Gibson l.grainger(1981), ***Coal Utilization, Technology, Economic & Policy***.
- Miller, Bruce G(1998), ***Coal Energy Systems***, Academic Press, (Existing U.S. Coal Plants from source watch.
- simians(1998), ***Clean Coal*** , & Its Role in Tomorrows Technology.
- Vidal, John(2009), ***Clean Coal Push Marks Reversal of UK Energy Policy***, Environment Editor Guardian.co.uk, Thursday 23 April 2009

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی