

آینده نیروگاه‌های زغال‌سوز

دکتر محمد یزدی

دانشگاه شهید بهشتی تهران

مقدمه

خلود ۴۰۰ سال است که بشر به صورت حساب شده از زغال سنگ به عنوان یک منبع مهم انرژی استفاده می‌کند به خصوص پس از اختراع ماشین بخار در سال ۱۷۶۹ استفاده از این ماده معدنی روندی جدی یافت. به طوری که امروزه هنوز با کشف منابع انرژی دیگر، زغال سنگ هنوز نقش اول در تولید انرژی برق را دارا می‌باشد. اگرچه در طول این سال‌ها زغال سنگ همواره به عنوان یک منبع سوخت کثیف محسوب می‌شد با این حال هنوز هم خلود ۳۹ درصد کل برق جهان و ۲۵ درصد برق تولیدی در کل قاره اروپا از محل نیروگاه‌های زغال‌سوز تامین می‌شود حتی در کشورهای نظیر لهستان سهم زغال در تولید برق خلود ۹۵ درصد می‌باشد. استفاده از فناوری‌های نوین برای سوزاندن زغال سنگ و کاهش مواد آلاینده محیطی باعث شده که آینده درخشان دیگری در پیش روی صنعت زغال به نام فناوری زغال تمیز باز شود و نگرانی از کثیف بودن این منبع مهم انرژی نیز به طور محسوسی کاهش یابد به خصوص در حال حاضر وضعیت غیرقابل پیش‌بینی بازار نفت و افزایش قیمت آن توجه جهان را دوباره به استفاده بیشتر از منابع زغال سنگ معطوف داشته است. کشور ما با داشتن منابع شناخته شده احتمالی ۱۲ میلیارد تن زغال سنگ هنوز از این منبع انرژی استفاده نمی‌کند مقاله حاضر سعی دارد اهمیت زغال سنگ در سبد انرژی جهان را تبیین کند به امید آن که دست‌اندرکاران انرژی کشور استفاده از این ثروت فراموش شده را در دستور کار قرار دهند.

سهم زغال سنگ در تولید انرژی دنیا:

معمولا ارتباط مستقیمی بین تقاضا برای انرژی با رشد اقتصادی (GDP) در دنیا وجود دارد. براساس پیش‌بینی مرکز مطالعات بین‌المللی انرژی متوسط رشد اقتصادی سالانه دنیا تا سال ۲۰۲۰ میلادی حدود ۳ درصد افزایش خواهد یافت و این بدان معنی است که تقاضا برای انرژی نیز سالانه حدود ۲-۳ درصد افزایش خواهد یافت. فقط پیش‌بینی می‌شود که کشور چین تا این زمان، سالانه از رشدی معادل ۵.۵ درصد برخوردار خواهد بود که نیاز انرژی آن کشور نیز ۴ تا ۶ درصد افزایش خواهد یافت. چنین افزایشی مشمول افزایش تقاضا برای زغال سنگ نیز خواهد بود. در حال حاضر ۷۰ درصد ذخائر فسیلی دنیا از زغال سنگ، ۱۴ درصد نفت و ۱۳/۵ درصد را گاز تشکیل می‌دهد. علی‌رغم گستردگی منابع زغال سنگ در حال حاضر فقط ۲۵ درصد کل انرژی جهان از زغال سنگ و ۳۹ درصد برق تولیدی سراسر جهان از زغال سنگ تامین می‌شود. در سال ۱۹۹۶ حدود ۵۸ درصد نیروگاه‌های حرارتی دنیا با سوخت زغال سنگ فعالیت می‌کرده‌اند. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۰ خلود ۵۰ درصد برق جهان از زغال سنگ تامین شود. آژانس بین‌المللی انرژی پیش‌بینی می‌کند که سهم زغال سنگ در حامل‌های انرژی کشورهای در حال توسعه جهان از ۳۰ درصد فعلی، در سال ۲۰۳۰ به حدود ۴۳ درصد خواهد رسید (علی اکبریور، ۱۳۸۲).

در سال ۲۰۰۳ خلود ۸۵ درصد انرژی برق و ۴۰ درصد کل احتیاجات انرژی استرالیا از زغال سنگ تامین می‌شد. این مقدار در ایالت نیوساوت ولز این کشور به درصد می‌رسد. آمریکا بعد از چین دومین کشور تولیدکننده زغال سنگ دنیا است که حدود ۹۰ درصد آن را برای تولید انرژی مصرف می‌کند. در سال ۲۰۰۰ زغال سنگ ۵۲ درصد انرژی برق این کشور را تولید می‌نمود. این مساله اهمیت نیروگاه‌های زغال‌سوز در اقتصاد این کشور را نشان می‌دهد. سهم زغال سنگ در تولید برق برخی از کشورها نظیر لهستان بیش از این مقادیر است و حتی به درصد نیز می‌رسد. در سال ۲۰۰۲ حدود ۳۹ درصد برق جهان از نیروگاه‌های زغال‌سوز تامین شده و سهم زغال سنگ در کل حامل‌های انرژی جهان ۵.۲۳ درصد بوده است. در این سال سهم زغال سنگ در تولید برق در کشور لهستان ۹۴/۷ درصد برق و در آمریکا ۵۲ درصد بوده است (جدول و نمودار شماره ۱).

سهم زغال سنگ در تولید انرژی ایران:

ذخائر فسیلی کشور ما حدود ۳۳ درصد از نفت، ۵۳ درصد از گاز و ۱۴ درصد از زغال سنگ تشکیل شده است. این توزیع از نسبت جهانی تبعیت نمی‌کند و میزان ذخائر زغال سنگ کشور ما کمتر است. ذخائر تخمینی زغال سنگ کشور در حدود ۱۲ میلیارد تن است که در حدود ۱۱۰ اندیس معنی کشور شناسایی شده است. از این مقدار حدود ۷/۸ میلیارد

Coal in Electricity Generation

Coal in the major fuel used for generating electricity worldwide- countries heavily dependent on coal for electricity include (2003p):

Poland	94.7%	India	70.1% (2002)	Denmark	55.1%
S.Africa	92.2% (2002)	Kazakhstan	69.9% (2002)	Germany	52.2%
China	77.5% (2002)	Czech Rep	61.8%	USA	52.2%
Australia	76.9%	Greece	60.4%	Indonesia	39.7% (2002)

ایجاد شود، از طرفی میزان بازدهی نیروگاه‌های زغال‌سوز افزایش یابد. همچنین بکارگیری فناوری‌های نوین جهت کاربرد خاکستر زغال، ساخت فیلترهای موثر برای جلوگیری از تولید غبار و گازهای مضر همگی آینده امیدوارکننده‌ای را برای نیروگاه‌های زغال‌سوز ایجاد کرده‌است، به طوری که امروزه از آن به‌عنوان صنعت زغال تمیز (Clean Coal Technology) یاد می‌شود. مثلاً یک مطالعه در سال ۲۰۰۲ در انتاریو کانادا نشان داد که مقدار دود، گاز و غبار یک نیروگاه زغال تمیز به مراتب کمتر از یک نیروگاه سیکل ترکیب گازی است. اگر چه مقدار مواد ریزدانه، گاز جیوه، کلر، دی‌اکسید گوگرد، سلنیم، آرسنیک و کادمیوم بیشتر از نیروگاه گازی است. برای کاهش این مواد انواع فیلترهای جدید در حال ساخت و آزمایش است.

مشکل گاز دی‌اکسید گوگرد از سال ۱۹۷۰ با ابداع روش‌های مختلف گوگردزدایی نیز در مسیر حل‌شدن قرار گرفت. به طوری که امروزه با تولید گچ از مخلوط دی‌اکسید گوگرد با آهک یک محصول فرعی اقتصادی در حاشیه نیروگاه‌های زغال‌سوز تولید می‌شود. یکی از عوامل مهم مضر در سوخت نیروگاه‌های زغال‌سوز میزان گوگرد آلی موجود در زغال‌سنگ می‌باشد. امروزه با بکارگیری فناوری بیوتکنولوژی علاوه بر حذف گوگرد معدنی به هنگام زغال‌شویی گوگرد آلی نیز را می‌توان از ترکیب زغال‌سنگ حذف کرد. این مساله باعث کاهش حداکثر میزان گاز دی‌اکسید گوگرد در نیروگاه‌های زغال‌سوز می‌شود و مقدار آن حتی به زیر مقادیر استاندارد می‌رسد. امروزه مشکل خاکستر نیروگاه‌های زغال‌سوز با استفاده از فیلترهای رسوب‌دهنده الکتریکی کاملاً برطرف شده و حتی از آن به‌عنوان محصول فرعی در صنایع دیگر استفاده می‌شود.

عامل منفی مهم دیگر در نیروگاه‌های زغال‌سوز تولید دی‌اکسید کربن زیاد به همراه گازهای مضر دیگر می‌باشد. مطمئناً زغال‌سنگ همچنان در قرن ۲۱ نظیر قرن بیستم بزرگترین منبع انرژی بشری باقی خواهد ماند. در صورتی که همه نیروگاه‌های زغال‌سوز از فناوری نوین زغال تمیز استفاده کنند و بازدهی آنها به مرز ۴۷ درصد و بیشتر برسد، مقدار گاز دی‌اکسید کربن تولیدی توسط این نیروگاه‌ها ۴۵ درصد کاهش خواهد یافت و میزان غبارات، گاز اکسیدهای نیتروژن و سولفور نیز به حد استانداردهای زیست‌محیطی کاهش خواهد یافت. این چیزی فراتر از شرایطی است که در پیمان زیست‌محیطی کیوتو در سال ۱۹۹۹ در مورد کاهش گازهای

تن آن از نوع حرارتی بر آورد می‌گردد. معمولاً هر ۲۰۴ کیلوگرم زغال‌سنگ معادل ۱ بشکه نفت محاسبه می‌شود. بنابراین ارزش انرژی منابع زغال‌سنگ حرارتی کشور معادل ۲۸/۲۳ میلیارد بشکه نفت برآورد می‌شود.

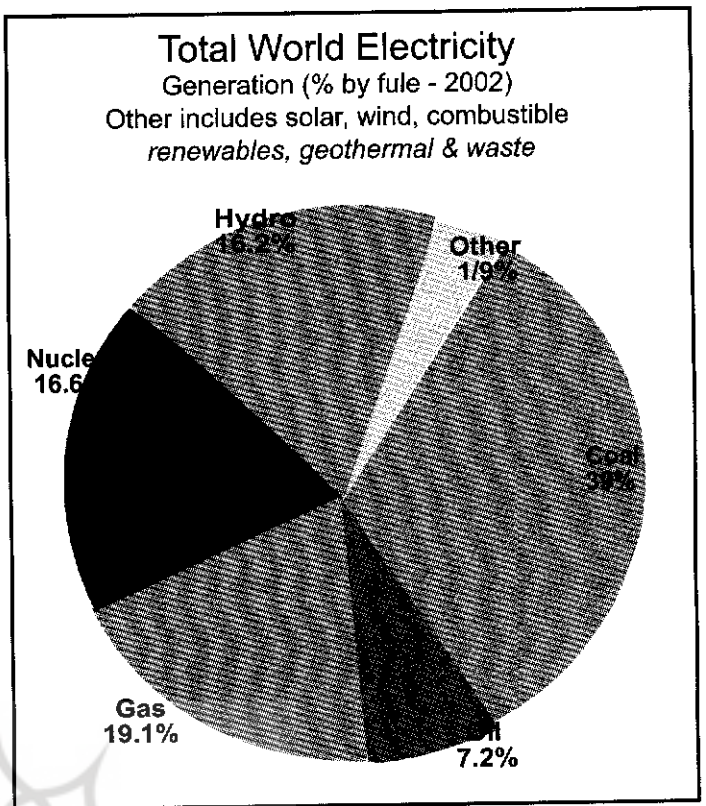
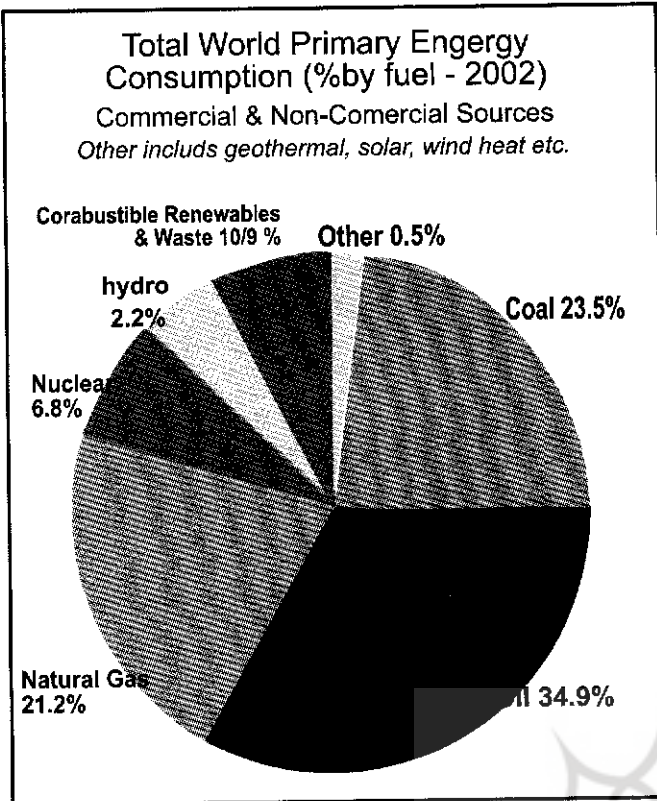
سهم حامل‌های انرژی کشور در سال ۱۳۸۱ حدود ۷۰/۸ درصد وابسته به نفت، ۲۸/۱ درصد وابسته به گاز، ۰/۷ درصد وابسته به انرژی آبی و ۰/۴ درصد وابسته به سوخت‌های غیرتجاری دیگر می‌باشد. از این میان سهم زغال‌سنگ صفر است.

تولید انرژی نیروگاه‌های برق کشور در سال ۱۳۸۱ حدود ۱۵۴۵۰ مگاوات و مصرف سوخت این نیروگاه‌ها معادل ۲۹۵۹۴۵ میلیارد کیلوکالری یعنی معادل حدود ۵۴ میلیون تن زغال‌سنگ (میانگین ۵۵۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم) می‌باشد. بنابراین اگر حدود ۵۰ درصد منابع زغال‌سنگ کشور بتواند برای تولید برق بکار رود می‌تواند جوابگوی ۱۱۰ سال نیاز کشور به تنهایی باشد. با عنایت به این اهمیت استراتژیک سازمان توسعه برق ایران، در حال حاضر اولین نیروگاه زغال‌سوز کشور با توان ۶۵۰ مگاوات در منطقه طبس را برای بهره برداری از معدن زغال‌سنگ مزینو در دست مطالعه و طراحی دارد. ذخیره تخمینی این معدن حدود ۶۲۷ میلیون تن می‌باشد براساس مطالعات انجام شده تا این مرحله ذخیره قابل استحصال معدن حدود ۲۰۰ میلیون تن برآورد می‌شود. از آنجا که نیاز این نیروگاه سالانه حدود ۲ میلیون تن است، این مقدار می‌تواند خوراک ۱۰۰ سال نیروگاه را با این ظرفیت تامین کند.

فناوری زغال تمیز و محیط زیست:

عمده مشکل مصرف زغال‌سنگ در سال‌های اخیر مسائل زیست محیطی آن است. در ابتدا انتشار دود که در اثر احتراق ناقص زغال‌سنگ ایجاد می‌شود مطرح بود. اما این مشکل با پیشرفت فناوری به صورت عمده‌ای برطرف شد. در دهه ۱۹۷۰ بحث ورود اجزاء اسیدی شامل گازهای دی‌اکسید گوگرد و نیتروژن، توسط نیروگاه‌های زغال‌سوز به محیط زیست مطرح شد که این مشکل نیز با توسعه فناوری سوزاندن زغال‌سنگ‌ها برطرف شده است.

کاربرد روش‌های نوین در زغال‌شویی و فرآوری زغال‌سنگ قبل از انتقال آن به نیروگاه و کاهش حداکثری مواد مضر، کاربرد فناوری‌های جدید در سوزاندن زغال‌سنگ باعث شده مواد مضر کمتری در دود آن



سال ۲۰۱۰ حدود ۵۰ درصد کل انرژی دنیا توسط زغال سنگ تامین خواهد شد. تخمین زده می شود بازار زغال تمیز در همین سال حدود ۸۰۰ میلیارد دلار خواهد گشت. به همین دلیل است که در استراتژی معدنی که توسط دولت آمریکا تا سال ۲۰۲۰ پیش بینی شده مهمترین منبع ماده معدنی آن کشور برای تامین انرژی زغال سنگ فرض شده است. در حال حاضر هنوز هم قیمت تولید برق در نیروگاه های زغال سوز در کشورهایی مثل آمریکا و چین از سایر سوخت ها کمتر است (جدول شماره ۲ و نمودار شماره ۲)

گلخانه ای برای نیروگاه های زغال سوز کشورهای مختلف در سال ۲۰۱۰ پیش بینی شده است (جدول شماره ۲).

فناوری زغال تمیز که از آن صحبت می شود بر مبنای فناوری های جدید سوزاندن زغال سنگ است که گفته می شود تا سال ۲۰۱۰ این فناوری جای سیستم مرسوم فعلی را در کل جهان خواهد گرفت. براساس این فناوری پودر زغال سنگ در سیستم (Circulating Fluidized Bed) (CFB) سوزانده می شود و ژنراتورهای آن با بخار سوپر فوق بحرانی کار خواهد کرد. مثلا نیروگاه ۴۱۰ مگاواتی جاتلند دانمارک یا چنین فناوری ساخته شده است (تصویر شماره ۱). در چنین شرایطی بازدهی نیروگاه از ۴۷ درصد قبلی به درصد افزایش یافته و تولید گاز دی اکسید کربن ۱۵ درصد نیز کاهش یافته است. امروزه واحدهای اولیه چنین نیروگاه هایی برای ۴۰۰ مگاوات در حال طراحی شدن هستند ولی پیش بینی می شود در آینده برای واحدهای ۱۰۰۰ مگاواتی نیز طراحی هایی صورت بگیرد.

جدول شماره ۲: قیمت تولید برق در آمریکادر سال ۱۹۹۹

به سنت / مگاوات ساعت

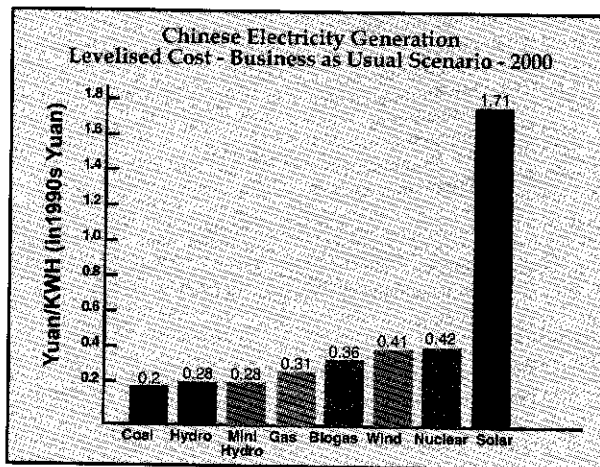
ردیف	نوع سوخت	قیمت (US cents / MWh)
۱	زغال سنگ	۱/۹
۲	گاز	۲
۳	نفت	۲/۵
۴	باد	۴
۵	بیومس	۷
۶	ترمال - خورشیدی	۱۶

به خصوص در حال حاضر وضعیت غیر قابل پیش بینی بازار نفت و افزایش قیمت آن توجه جهان را دوباره به استفاده بیشتر از منابع زغال سنگ معطوف داشته است و همین امر سبب شده در یک سال گذشته قیمت زغال سنگ حرارتی تا ۵۰ درصد و قیمت زغال سنگ کک شو تا حدود ۱۰۰ درصد افزایش یابد. پیش بینی می شود در نیمه اول قرن ۲۱ مصرف نفت

اهمیت اقتصادی زغال سنگ در تولید انرژی:

نیاز روز افزون بشر به برق، مسائل زیست محیطی و شرایط اقتصادی مهمترین عوامل تعیین کننده آینده نیروگاه های زغال سوز هستند. به خصوص بعد از ایجاد نیروگاه های گازسوز و قیمت پایین گاز، آینده نیروگاه های زغال سوز با سؤال مواجه شده است. اما چرا هنوز در دنیا نیروگاه های زغال سوز بیشترین نقش را در تولید برق دارا می باشند و کشور ما از این نعمت بی بهره است. امروزه با بکارگیری فناوری نوین زغال تمیز و با قیمت مناسب زغال سنگ روند رو به گسترش جدیدی در بکارگیری نیروگاه های زغال سوز آغاز شده است. به طوری که پیش بینی می شود در

نمودار شماره ۲: قیمت تولید برق در چین در سال ۲۰۰۰
بیوهان / کیلووات ساعت



جدول شماره ۳: مصرف انواع سوخت برای تولید یک کیلووات ساعت برق
(داده‌ها از گزارش پژوهشگاه نیرو)

نوع سوخت	زغال سنگ	نفت کوره	گاز طبیعی
واحد	کیلوگرم	لیتر	متر مکعب
مقدار	۰/۳۹	۰/۳۰	۰/۲۵

جدول شماره ۴: قیمت جهانی انواع سوخت مصرفی برای تولید یک کیلووات ساعت برق بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۸۱
(داده‌ها از گزارش شرکت موندکو)

نوع سوخت	زغال سنگ	نفت کوره	گاز طبیعی
قیمت به دلار	۱/۱۸	۰/۳۳	۰/۱۷
قیمت به ریال	۱۵۳۰	۲۸۰۵	۱۴۴۵

افزایش می‌باشد. بنابراین در دهه‌های آینده بایستی بخش اعظم منابع نفت و گاز کشور را صرف تولید انرژی نماییم. این مساله اهمیت توجه به سایر منابع انرژی کشور نظیر زغال سنگ را دو چندان می‌کند. ارزش منابع زغال سنگ کشور حدود ۳۸/۲۳ میلیارد بشکه نفت برآورد می‌شود. اگر هر بشکه نفت را معادل ۳۰ دلار فرض کنیم ارزش منابع زغال سنگ کشور حدود ۱۱۴۷ میلیارد دلار خواهد بود. این مقدار ارزش این ثروت فراموش شده کشور را نمایان می‌سازد.

از آنجا که زغال سنگ از منابع اصلی تولید انرژی برق و فولاد در جهان می‌باشد این نقش نیز با رشد اقتصادی جهان گسترش خواهد یافت. به طوری که با افزایش قیمت نفت در سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۴ قیمت زغال سنگ نیز به برابر افزایش یافته است. برخی از کارشناسان پیش‌بینی می‌کنند در صورت ادامه روند فوق زغال سنگ ارزشی چون طلا پیدا خواهد کرد. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۰ حدود ۵۰ درصد برق جهان از زغال سنگ تامین شود که ارزش تجاری زغال سنگ مصرفی آنها حدود ۸۰۰ میلیارد دلار خواهد بود. بنابراین مسوولان کشور بایستی به صورت دلسوزانه سعی نمایند که از این منبع ارزشمند کشور یعنی زغال سنگ استفاده نمایند. تا کنون در کشور ما از زغال سنگ فقط در مصارف صنعتی به خصوص صنایع ذوب آهن استفاده می‌شود. امید آنکه با همت مسوولین وزارت نیرو و سایر دست‌اندرکاران فصل جدیدی در منابع انرژی کشور گشوده شود.

◆ منبع و مآخذ:

- ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۱، وزارت نیرو، دفتر برنامه ریزی انرژی، ص ۵۵۱.
- قدیمی محمد ۱۳۸۲، بررسی تکنولوژی‌های مختلف برای تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی زغال‌سوز، گزارش داخلی پژوهشگاه نیرو، جلد سوم ۳۴۴ ص.
- علی اکبر پور رضه، ۱۳۸۲، آینده زغال سنگ در جهان، ترجمه روزنامه همشهری، شماره ۳۰۸ ص ۱۸-۱۹.
- گزارش شرکت مهندسی موندکو ایران ۱۳۸۲ گزارش امکان سنجی معدن زغال سنگ مزینو طیس ۱۳۲ ص.

- David Gray, 1999, Coal-fired power plants - today and tomorrow, Ecoal, Vol.29, pp.1-3
- Coal Fact, 2004, Ecoal, Vol.51, pp. 8-9

و گاز به بیش از ۲ برابر فعلی خواهد رسید و عمده آن صرف سوخت در خودروها و تولید مواد پتروشیمیایی خواهد شد و قیمت نفت و گاز باز هم افزایش خواهد یافت. بنابراین زغال سنگ همچنان نقش اول در تامین سوخت نیروگاه‌ها را خواهد داشت. یکی دیگر از عوامل موثر در میزان اقتصادی بودن نیروگاه‌ها توجه به مقدار راندمان نیروگاه است. راندمان نیروگاه‌های زغال‌سوز در آمریکا ۵۰ درصد و سایر کشورها حدود ۴۰ درصد است درحالی‌که این راندمان در نیروگاه‌های گازی حدود ۳۵ درصد می‌باشد. بنابراین از این جهت نیز نیروگاه‌های زغال‌سوز دارای برتری نسبی هستند. کشور ما با داشتن منابع شناخته شده احتمالی ۷/۸ میلیارد تن زغال سنگ حرارتی هنوز از این منبع انرژی استفاده نمی‌کند. اگر فقط قیمت هر تن از این زغال سنگ را ۴۰ دلار فرض کنیم حدود ۳۱۲ میلیارد دلار از سرمایه کشور بی مصرف مانده و فراموش شده است. درحالی‌که ارزش واقعی زغال سنگ حرارتی فرآوری شده در حال حاضر حدود ۶۰ دلار به ازای هر تن می‌باشد. اگر توجه داشته باشیم ارزش حرارتی این مقدار زغال سنگ معادل ۳۸/۲۳ میلیارد بشکه نفت برآورد می‌شود. اگر این نفت را به‌ازای هر بشکه حدود ۳۰ دلار صادر کنیم، حدود ۱۱۴۷ میلیارد دلار ارزش آن خواهد بود.

برای نشان دادن اهمیت موضوع کافی است توجه کنیم که مثلاً نیروگاه ۶۳۰ مگاواتی مزینو طیس می‌تواند در سال حدود ۳۸۰۰ میلیون کیلووات ساعت برق تولید خواهد کرد. این نیروگاه در سال حدود ۹۵۰ میلیون متر مکعب گاز و ۸۰۹ میلیون بشکه نفت (معادل ۲ میلیون تن زغال سنگ) نیاز خواهد داشت. درحالی‌که نرخ گاز به ازای هر مترمکعب ۱۰ سنت در نظر گرفته شود، ارزش گاز مصرفی معادل ۹۵ میلیون دلار خواهد بود که با استفاده از منابع زغال سنگ این مبلغ گاز را می‌توان صادر کرد. اگر این نفت را به ازای هر بشکه حدود ۳۰ دلار صادر کنیم، حدود ۲۹۴ میلیون دلار ارزش آن خواهد بود. در جداول شماره ۳ و ۴ قیمت انواع سوخت برای نیروگاه ۶۳۰ مگاواتی مزینو طیس ارائه شده است.

نتیجه گیری:

درحال حاضر مصرف سالانه انرژی کشور حدود ۹-۱۰ درصد در حال