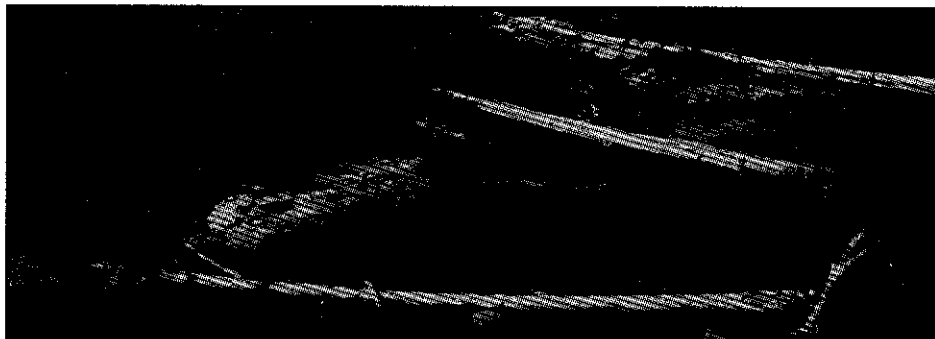


نمایندگی از نیاز اجتماعی و سیاست تجارت بین المللی

دکتر کمال عباسپورثانی^۱ و گلنار حجازی
پژوهشگاه مواد و انرژی



چکیده

از زمان پیدایش تمدن، انسان تلاش‌های دامنه‌داری از بریدن شاخه‌های درختان تا سرمایه‌گذاری هنگفت امروزی جهت اکتشاف و استخراج منابع جدید انرژی پشت سر گذاشته است. به موازات این تحولات تاریخی مصرف انرژی انسان بیش از صد برابر افزایش یافته است. بر طبق سناریوی جهانی انرژی در سال ۱۹۹۵ سوخت‌های فسیلی ۸۵ درصد مصرف انرژی را تأمین کرده‌اند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ این میزان بعلت افزایش اکتشاف و استخراج منابع گازی و بهره‌برداری از نیروگاه‌های اتمی حتی به ۲۵ درصد نیز کاهش یابد. بر طبق این سناریو بیش از ۱/۳ نثر گلخانه‌ای ناشی از اشتعال سوخت‌های فسیلی مربوط به تولید برق در نیروگاه‌ها می‌باشد و اگر بخواهیم میزان دی‌اکسید کربن را به میزان فعلی نگهداریم باید میزان نثر آن را حدود ۵۰ الی ۸۰ درصد کاهش دهیم. بنابراین سوزاندن کربن جواب نهایی در تأمین انرژی جهانی نمی‌باشد.

در این مقاله راه‌حل‌های ممکن جهت موازنه تولید انرژی در اجرای سیاست کاهش وابستگی تجارت انرژی به سوخت‌های فسیلی ارائه می‌شود. سپس نیروگاه‌های معمول با سوخت فسیلی از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی با نیروگاه‌های اتمی مقایسه و پیشنهادی جهت تأمین انرژی مورد نیاز ارائه می‌شود.

مقدمه

امروزه نقش انرژی در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها بسیار مهم و حیاتی است. تشخیص و تحلیل چالش‌های انرژی بویژه تدوین راهبردها و سیاست‌های برنامه ملی انرژی از جمله اولویت‌های تحقیقاتی و مطالعاتی دولت‌ها، بنگاه‌های سرمایه‌گذاری انرژی و محققین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی است. امروزه انرژی به حدی مستقیماً زندگی همه ما را در بر می‌گیرد که شدیداً برنامه بلندمدت صحیحی بر آن احساس می‌شود. از یک فرد صحرانشین که برای جمع‌آوری هیزم جهت پخت و پز روزانه، مجبور به طی مسافتی است که همواره در حال فزونی است تا کنترل مسافرتین وسایل نقلیه، از یک شخص مبتلا به بیماری آسم که از ازدحام ترافیک شهری در معرض خفگی قرار دارد تا افزایش مالیات بر خطوط هوایی، انرژی جهت حفظ و بهبود کیفیت زندگی برتر مقدم بر سایر نیازهای اجتماعی دیگر قرار دارد. ما همه در داخل منظومه خورشیدی

زندگی می‌کنیم و تمام انرژی را از دو منبع گرمای خورشید و کشش جاذبه دریافت می‌کنیم. جاذبه کره زمین و اینکه تمام منابع انرژی موجود خورشید نبوده، ممکن است در وهله نخست شبیه‌هایی را تداعی نماید ولی در واقع نفت، گاز و زغال‌سنگ عیناً نوعی از انرژی خورشیدی می‌باشند که برای مدت مدیدی بواسطه کشش جاذبه در دل کره زمین آرآمیده‌اند که با اشتعال آزاد می‌شوند. اشتعال منابع انرژی فوق‌حد اقل در ۱۰۰ سال گذشته جهت تداوم اقتصاد جهانی و تأمین نیازهای در حال رشد اجتماعی ناشی از رشد جمعیت و توسعه پیشرفت‌های صنعتی حرکت سریع و بجا تلقی می‌شود. ولی در طولانی مدت این منابع محدود بوده و در اثر اشتعال نه تنها آنها را بلکه هوایی که تنفس می‌کنیم و نیز اتمسفر زمین را ضایع می‌کنیم. اگر سوختن کربن را ادامه دهیم، اتمسفر زمین را قبل از اینکه نفت تمام شود، ضایع می‌کنیم. اگر نتوانیم براحتی تنفس کنیم احتیاجی به گرما نداریم. بنابراین سوزاندن کربن جواب

نهایی نمی‌باشد.

در این مقاله ضمن مروری بر تحولات تاریخی و کیفیت زندگی بشر با نگرش به سناریوی جهانی انرژی به رشد جمعیت، افزایش مصرف انرژی، وابستگی اقتصاد جهانی به سوخت‌های فسیلی بویژه نفت و مشارکت این سوخت‌ها در ایجاد آلودگی زیست‌محیطی اشاره می‌گردد. سپس راه‌حل‌های ممکن جهت تأمین انرژی ارائه شده و در نهایت از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی نیروگاه‌ها با سوخت فسیلی و اتمی با هم مقایسه می‌گردند.

تحولات تاریخی و کیفیت

زندگی بشر

انرژی به تعبیر فیزیکی "قابلیت انجام کار" جهت رفع نیازهای اولیه، توسعه زندگی و افزایش سطح کیفی زندگی ضروری است. زندگی بشر در طی چندین هزار سال به لحاظ دستیابی و بهره‌برداری از منابع انرژی متحول گردیده است. از یک زندگی اولیه که تنها وابسته به انرژی مواد غذایی قابل جمع‌آوری بوده به

زندگی شکار چینی که غذای بیشتری داشته و از آتش جهت گرما و طبخ غذا سود می‌برده تا زندگی مالکین اولیه که از حیوانات اهلی همانند منبع انرژی استفاده می‌نموده است.

در حدود نیم میلیون سال قبل بشر اولیه طرز تهیه آتش را یاد گرفت. وی قادر بود با جمع‌آوری هیزم و سوزاندن آن خود و محیط زندگی خویش را گرم نگه‌داشته، غذای خود را طبخ و ابزار اولیه مورد نیاز زندگی را بسازد. هزار سال بعد مصریان قدیم اصول کشتیرانی را کشف و پس از آن توربین آبی کشف شد. بدین ترتیب بشر با غلبه بر جریان آب و باد اولین قدم‌ها را در تسخیر و به‌کارگیری انرژی مکانیکی برداشت. بعد از انقلاب صنعتی با تکیه بر انرژی بخار آب و زغال‌سنگ اساس جامعه صنعتی امروزه را پایه‌ریزی نمود که اولین ثمرات آن اختراع ماشین‌های بخار و موتورهای احتراق داخلی بود. به موازات این تحولات تاریخی مصرف انرژی انسان بیش از صد برابر افزایش یافته است. امروزه در کشورهای صنعتی جهان مصرف سرانه انرژی مابین ۱۵۰ الی ۳۰۰ گیگاژول می‌باشد که تقریباً یک سوم آن به‌صورت نیروی برق می‌باشد.

رشد جمعیت و مصرف انرژی

عمده عوامل موثر در افزایش مصرف انرژی گسترش فعالیت‌های اقتصادی، ارتقاء کیفیت زندگی مردم و رشد جمعیت می‌باشد. مطالعات آماری نشان می‌دهند که جمعیت دنیا در نیمه اول قرن حاضر سریعتر از نیمه آخر قرن گذشته رشد خواهد یافت. در سال ۱۹۹۰ جمعیت دنیا بالغ بر ۵ میلیارد نفر بوده و پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۱۰ میلیارد نفر خواهد بود. انتظار می‌رود ۹۰ درصد این رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه بویژه آفریقا، خاورمیانه و خاور دور خواهد بود که در حال حاضر ۲/۴ جمعیت دنیا در آنجا بسر می‌برند. چنین افزایش جمعیت اثر شدیدی بر مصرف انرژی خواهد داشت، به‌طوری‌که با حفظ روند کنونی ارتقاء کیفیت زندگی مردم دنیا مصرف سرانه معادل ۱۵۰ الی ۳۰۰ گیگاژول بر ذخایر منابع اولیه تحمیل خواهد نمود که تقریباً یک سوم از این مصرف بوسیله نفت تامین خواهد شد. کنترل رشد جمعیت همواره مورد توجه دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی است و در انجام اقدامات پیش‌گیری جهت کنترل رشد جمعیت اتفاق نظر دارند ولی در حال حاضر با گذشت حدود ۱۰ سال از تعهد کشورها در کنفرانس رشد جمعیت سازمان ملل در قاهره [۱] به نظر می‌رسد که توافق در مورد تعیین معیارهای اصولی در جهت کاهش رشد جمعیت چندان هم آسان نمی‌باشد.

دور نمای سناریوی

جهانی انرژی

شاخص‌های کلیدی در سناریوی انرژی جهانی را می‌توان به شرح ذیل خلاصه نمود:

۱- عمده منابع نفت متمرکز بوده، به‌طوری‌که خاورمیانه به تنهایی ۶۷ درصد و همچنین خاورمیانه به همراه روسیه بیش از ۷۰ درصد ذخایر موجود نفتی را در خود جا داده‌اند. در مقابل، ذخایر زغال‌سنگ تا حدودی گسترده بوده و عمده معادن در چین روسیه و آمریکا می‌باشند. بنابراین بر طبق واقعیت ژئولوژیکی تامین امنیت در این مناطق از اولویت خاصی برخوردار بوده تا استخراج و صدور منابع انرژی بدون هیچ مشکلی ادامه داشته باشد.

۲- در حال حاضر ۷۷ درصد انرژی تولیدی در کشورهای صنعتی که ۲۸ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهند، مصرف می‌شود. به عبارت دیگر ۱/۴ جمعیت جهان که اغلب در کشورهای توسعه‌نیافته اسکان دارند کمتر از ۲/۴ انرژی تولیدی را مصرف می‌کنند.

۳- از دهه ۱۹۷۰ مصرف انرژی دارای افزایش ۷/۹ درصد داشته و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ میلادی بالغ بر ۷/۵ درصد شود. میزان مصرف انرژی از ۵ میلیارد تن نفت معادل در سال ۱۹۷۰ به ۸/۷ میلیارد تن در سال ۱۹۹۳ رسیده است و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۱۲ میلیارد تن نفت معادل گردد. در اغلب کشورهای صنعتی افزایش بیشتر انرژی مصرفی ناشی از توسعه صنعت حمل و نقل و در کشورهای در حال پیشرفت ناشی از افزایش مصرف در بخش‌های کشاورزی، خانگی و حمل و نقل بوده است.

۴- سبب سوخت مصرفی با ترکیب نسبتاً ثابتی به علت افزایش اکتشاف و استخراج منابع گاز و توسعه نیروگاه‌های اتمی جزئی در حال نوسان بوده است. در سال ۱۹۹۵ سوخت‌های فسیلی ۸۵ درصد مصرف جهانی را تامین کرده‌اند که در این میان سهم نفت ۳۸ درصد، زغال‌سنگ ۲۶ درصد و گاز طبیعی ۲۱ درصد بوده است. ۱۵ درصد بقیه مصرف انرژی را حدود ۶ درصد انرژی هسته‌ای، ۶ درصد نیروگاه‌های آبی، ۳ درصد بیوگاز و ۵/۵ درصد انرژی‌های تجدیدپذیر (باد، خورشید و زمین‌گرمایی) تامین کرده‌اند.

۵- در سال ۱۹۹۵ میزان مصرف انرژی به‌صورت نیروی برق بالغ بر ۱۷۴ تریلیون کیلو وات ساعت بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۱۵ با رشد هنگفتی این میزان بالغ بر ۲۰ تریلیون ساعت گردد. در سال ۱۹۹۵ سهم زغال‌سنگ در تولید نیروی برق ۳۶/۸٪ گاز طبیعی ۱۶ درصد، نفت ۲۹/۲ درصد، منابع تجدیدپذیر ۲/۲ درصد و اورانیوم ۱۶/۶ درصد می‌باشد. پیش‌بینی مصرف نیروی برق در سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که سهم زغال‌سنگ با جزئی نوسان به ۳۵/۹ درصد کاهش یافته، گاز طبیعی به ۲۲/۸ درصد افزایش، نفت و منابع تجدیدپذیر تقریباً در یک سطح ثابتی باقی‌مانده و اورانیوم تا ۰/۸ درصد عقب‌نشینی نماید.

وابستگی اقتصاد جهانی به نفت

بر طبق سناریوی جهانی انرژی که در بالا

اشاره رفت، ۳۸ درصد مصرف انرژی دنیا در سال ۱۹۹۵ در مقایسه با ۴۵/۴ درصد در سال ۱۹۷۴ بوسیله نفت تامین شده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ این رقم حتی به ۲۸ درصد نیز کاهش یابد. به عبارتی در دهه ۲۰۲۰ نفت هنوز هم حدود یک سوم انرژی مورد نیاز جهان را تامین خواهد کرد و ممکن است در دهه‌های بعدی حتی به ۱/۴ نیز کاهش یابد. آمار فوق‌مبین وابستگی خیلی شدید اقتصاد جهانی به نفت می‌باشد. با توجه به افزایش میزان استخراج منابع گاز و گسترش نیروگاه‌های اتمی حمایت جهانی در جهت کاهش این وابستگی وجود دارد ولی اغلب کارشناسان در تامین هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از این کسش تردید دارند.

مشارکت منابع فسیلی در آلودگی

زیست محیطی

بر طبق سناریوی جهانی انرژی ۸۵ درصد انرژی مصرفی جهان در سال ۱۹۹۵ به وسیله سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ، گاز و نفت) تامین شده است. مصرف انرژی مابین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۷۰ حدود ۶۶ درصد افزایش یافته است. در این فاصله زمانی نشر کربن در اتمسفر حدود ۵۰ درصد رشد یافته است. این رشد آرام کربن تا حدی به توسعه کاربرد نیروگاه‌های اتمی مربوط می‌شود. دی‌اکسید کربن یک گاز گلخانه‌ای است و در حدود نصف تغییرات شرایط آب و هوایی مربوط به این گاز می‌گردد. طی فاصله زمانی فوق‌سالانه در حدود ۲۰ میلیارد تن گاز دی‌اکسید کربن از اشتعال سوخت‌های فسیلی وارد اتمسفر می‌شود که تقریباً ۱۳ آن مربوط به تولید نیروی برق در نیروگاه‌ها می‌باشد. اگر نیروگاه‌های گازی را جایگزین نیروگاه‌های اتمی موجود کنیم، در حدود ۷/۸ میلیارد تن دی‌اکسید کربن اضافی سالانه تولید خواهد شد که این سبب افزایش ۲/۸ درصد نشر کربن در اتمسفر از تولید نیروی برق خواهد بود. اگر بخواهیم غلظت گاز دی‌اکسید کربن را در اتمسفر به میزان فعلی ثابت نگه‌داریم باید میزان نشر آنرا حدود ۵۰ الی ۵۰ درصد کاهش دهیم. بنابراین سوزاندن کربن جهت تامین انرژی در آینده جواب نهائی نمی‌باشد و لذا جهت رهایی از وابستگی به سوخت‌های فسیلی بویژه نفت ناگزیریم از منابع دیگر انرژی استفاده کنیم.

منابع انرژی

منابع انرژی از نظر کیفیت کاربری به دو صورت منابع اولیه و ثانویه در طبیعت یافت می‌شوند، منابع اولیه مستقیماً قابل استفاده نبوده و به صورت منابع طبیعی از قبیل چوب، زغال‌سنگ، نفت خام، گاز طبیعی، اورانیوم، باد، انرژی آب و نور خورشید یافت می‌شوند. منابع ثانویه که از تبدیل منابع اولیه حاصل می‌شوند، نوع قابل استفاده انرژی بوده و به صورت‌های حرارت، الکتریسیته و بنزین یافت می‌شوند. منابع اولیه

به دو صورت تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر یافت می‌شوند. منابع انرژی تجدیدپذیر شامل خورشید، باد، امواج، بیوگای، انرژی زمین گرمایی و انرژی آب می‌باشند.

نفت

نفت یکی از منابع انرژی مقرون به صرفه می‌باشد و از لحاظ وفور منابع و بهای کمتر آن نسبت به منابع دیگر در طی قرن گذشته نقش مهمی را در توسعه اقتصادی اغلب کشورهای ارائه نموده است. در حال حاضر برای برخی از کشورها نفت تنها منبع اصلی انرژی محسوب می‌شود. به هر حال در طی دهه ۱۹۷۰ ارزش نفت در مدت کمتر از یک سال به ۱۰ برابر افزایش یافت که همراه با اهمیت آن در صنایع پتروشیمی و سهولت حمل و نیز اکتشاف منابع دیگر انرژی سبب گردید که تولید نیروی برق از آن خیلی گران و سبب کاهش ذخایر آن شود.

گاز

عموماً گاز نیز همانند نفت جهت تولید نیروی برق سوخت مقرون به صرفه نبوده و اشتعال آن سبب کاهش ذخایر آن می‌گردد. پس از بحران نفت در دهه ۱۹۷۰ و در نتیجه تلاش‌های اکتشافی معادن زیادی از ذخایر گاز طبیعی در بیشتر نقاط جهان کشف و امروزه این ذخایر در سطح وسیعی در نیروگاه‌های گازی جهت تولید نیروی برق بهره‌برداری می‌شوند. به هر حال مزیت اساسی گاز عبارت از سهولت جریان آن به صورت قابل اطمینان در شبکه خطوط لوله و دسترسی نسبتاً آسان آن در شبکه مصرفی خانگی و صنایع می‌باشد.

زغال سنگ

زغال سنگ قبل از جایگزینی آن با نفت از آن در دهه ۱۹۵۰ بیشترین سهم را در تولید نیروی برق داشت. در حال حاضر زغال سنگ ۴۲ درصد کل انرژی جهان را تامین می‌کند. ذخایر جهانی زغال سنگ بعدی زیاد است که می‌توان نیروی برق مورد نیاز جهانی را برای چندین صد سال آینده از آن تولید نمود. با توجه به تحقیقات اخیر به احتمال زیاد این ذخایر هنگفت در آینده تبدیل به سوخت‌های مایع گران قیمت شده و بنابراین جهت تولید نیروی برق در دسترس نخواهد بود. همچنین مشکلات مربوط به حفاری معادن زغال سنگ و نیز بروز مسائل زیست محیطی ناشی از احتراق آن مانع از به کارگیری زغال سنگ برای تولید برق می‌گردد.

انرژی آبی

تسهیلات نیروگاه‌های آبی همواره به لحاظ تولید نیروی برق بدون ایجاد آلودگی زیست محیطی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. سوخت مورد استفاده این نیروگاه‌ها ریزش جریان آب می‌باشد که می‌تواند به صورت طبیعی انجام پذیرد ولی اغلب با ایجاد

سدهای بزرگ در پشت دریاچه‌ها طراحی می‌شوند. وقتی که شرایط جهت ریزش آب آماده می‌شود، از یک نظر برای مدت مدیدی سوخت نیروگاه‌های آبی رایگان می‌باشد. این برتری سبب شده که حدود ۶۰ درصد انرژی مورد نیاز جهانی و ۲۰ درصد نیروی برق مصرفی دنیا را نیروگاه‌های آبی تامین کنند و بر طبق سناریوی جهانی انرژی پیش‌بینی می‌شود که این میزان تا سال ۲۰۲۰ به ۱۰ درصد افزایش یابد.

انرژی بیوگای

اگرچه هدف نهایی از کشت نباتات تامین مواد غذایی می‌باشد ولی اغلب آنها از نظر فنی قابل تبدیل به نوعی از انرژی می‌باشند و عبارت "مزارع انرژی" از این واقعیت ناشی می‌گردد که مواد نباتی منحصراً برای تولید انرژی برداشت می‌شوند. این مزارع که با مواد گیاهی، آب و کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی کشت می‌شوند انسان را بر سر دوراهی انتخاب بین سوخت و مواد غذایی قرار می‌دهند. عموماً انرژی بیوگای منبع مفید و در حال رشد برای جوامع روستایی محسوب می‌شوند. در حالی که فضولات ناشی از تاسیسات آبی و اورگانیک می‌توانند به کمک فناوری‌های رایج تبدیل انرژی در اثر تخمیر تولید بیوگاز نمایند. با وجود این به نظر می‌رسد که این منبع انرژی نقش کوچکی در تامین نیازهای انرژی جهانی داشته باشد.

انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی، بویژه دارای ملاحظات منطقی و تقاضای مردمی است. اغلب مردم آن را منبع انرژی رایگان می‌یابند ولی این انرژی باید به کمک فناوری‌های مختلف تبدیل و ذخیره انرژی تسخیر و تبدیل به نوع قابل استفاده انرژی گردد. انرژی خورشیدی دارای چندین عیب می‌باشد، اولاً اشعه خورشید در سطح وسیعی بر روی کره زمین می‌تابند و اگر بنا باشد که برای تامین بخش کوچکی از مصرف انرژی جایگزین شود، بایستی در سطح فوق‌العاده زیادی جمع‌آوری شود. ثانیاً انرژی خورشیدی در تمام نقاط جغرافیایی و شرایط مختلف اقلیمی یکسان نبوده و بویژه اینکه در نقاط واقع در نیم کره شمالی تولید انرژی خورشیدی در بعد تجاری در ابهام می‌باشد. ثالثاً انرژی خورشیدی به لحاظ ماهیت آن متناوب بوده و لذا کاربری آن نیاز به تجهیزات ذخیره انرژی می‌باشد. این عیب تناوبی بودن انرژی خورشیدی یکی از بزرگترین موانع در کاربری گسترده آن بجای سوخت‌های فسیلی در تولید نیروی برق می‌باشد. بالاخره ملاحظات اقتصادی نظیر بالا بودن هزینه اولیه ایجاد تسهیلات لازم جهت تسخیر و ذخیره انرژی رایگان اشعه خورشید مانع از به کارگیری گسترده سیستم‌های خورشیدی می‌گردد.

انرژی باد

انرژی باد همانند انرژی خورشیدی همواره در موقع نیاز در دسترس نبوده و اگر چه به مراتب رایگان می‌باشد در حال حاضر هر کیلو وات ساعت انرژی تولیدی از باد به مراتب گران‌تر از انرژی حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی، نیروگاه‌های آبی و سایر منابع انرژی می‌باشد. همچنین باد تناوبی بوده و بستگی به تغییر شرایط اقلیمی داشته و لذا تسخیر و ذخیره آن جهت به کارگیری در پررودهای بدون باد نیاز به وسایل ذخیره می‌باشد.

انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی ناشی از جریان طبیعی آب‌های گرم در زیر زمین می‌باشد. شرایط مناسب جهت بهره‌برداری از این انرژی که به طور طبیعی اتفاق می‌افتد همواره حاصل می‌شود. در حال حاضر تحقیقات بر مبنای پمپاژ آب به داخل صخره‌های واقع در اعماق زیر سطح زمین و استفاده این جریان به منظور راه‌اندازی توربین‌های مخصوص در حال انجام می‌باشد. حتی با حصول نتایج رضایت‌بخش از این تحقیقات بهره‌برداری از این انرژی به مقادیر هنگفت آب و تشکیل مناسب لایه‌های صخره نزدیک به هم می‌باشد. بنابراین انرژی زمین گرمایی نیز به نظر می‌رسد که منبع اصلی انرژی نمی‌تواند باشد.

اورانیوم

در حال حاضر اورانیوم به عنوان سوخت نیروگاه‌های اتمی ۷ درصد انرژی جهانی را تامین می‌کند. اورانیوم دارای معادن فراوانی بوده که به طور غیریکنواخت در کره زمین گسترده شده است. تقریباً ۸۰ درصد آن در ۹ کشور استرالیا، آمریکا، کانادا، آفریقا جنوبی، نیجریه، نامیبیا، برزیل، فرانسه و گابن قرار دارد و تولید سالانه آن در حدود ۴۰ هزار تن اکسید اورانیوم می‌باشد. طبق جدول (۱) اختلاف فوق‌العاده زیادی مابین ارزش حرارتی اورانیوم، زغال سنگ و سایر سوخت‌های فسیلی موجود است و لذا اورانیوم می‌تواند جهت تولید نیروی برق جایگزین سوخت‌های فسیلی گردد. این اختلاف فاحش ارزش حرارتی، نه تنها در مقدار سوخت مصرفی بلکه در میزان پسماندهای ایجاد شده پس از تولید برق نیز تاثیر بسزایی دارد. پس ماندهای ناشی از نیروگاه اتمی به مراتب خطرناک‌تر از پس ماندهای بجا مانده در نیروگاه‌های فسیلی است و لذا مستلزم مدیریت صحیح و خاصی می‌باشد. به عبارت ساده‌تر، یک نیروگاه برقی ۱۰۰۰ مگاواتی سالانه به‌طور متوسط ۲۳ میلیون تن زغال سنگ و یا ۲۵ تن اورانیوم غنی شده ۳ درصد مصرف می‌کند. این مقدار اورانیوم غنی شده، لازمه حفاری ۴۵ الی ۹۰ هزار تن سنگ کانی اورانیوم (لیزوترپ ۵۳۳) می‌باشد.

مقایسه نیروگاه‌ها با سوخت فسیلی و اتمی از نظر زیست محیطی و اقتصادی

۱- همان‌طوری که اشاره رفت، به علت اختلاف فوق‌العاده زیاد ارزش حرارتی اورانیوم در مقایسه با سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های تولید برق مقدار سوخت مصرفی و پس‌مانده‌های ایجاد شده به مراتب کاهش می‌یابد. ۲۵ تن سوخت مصرف شده در یک راکتور اتمی ۱۰۰۰ مگاواتی به مراتب رادیو اکتیو بوده و حرارت فوق‌العاده زیادی را آزاد می‌کند. با وجود این ۹۷ درصد آن می‌تواند در طی تحولات ثانویه قابل بهره‌برداری باشد. ۳ درصد باقیمانده در حدود ۷۰۰ کیلوگرم در حد خیلی بالا رادیو اکتیو بوده و بنابراین باید برای مدت مدیدی از محیط زیست ایزوله گردد. این مقدار کوچک می‌تواند تبدیل به ماده جامدی شود که نگهداری آن به مراتب آسانتر است. حتی اگر سوخت مصرفی بازیافت نشود، مقدار سالانه ۲۵ تن رقم نسبتاً کمی در مقایسه با پس‌مانده‌های ناشی از یک نیروگاه زغال‌سوز با ظرفیت یکسان می‌باشد.

یک نیروگاه زغال‌سوز ۱۰۰۰ مگاواتی، سالانه در حدود ۷ میلیون تن دی اکسید کربن به علاوه ۲۰۰ هزار تن اکسید سولفور که منبع اصلی آلودگی زیست محیطی است تولید می‌کند. سایر پس‌مانده‌های ناشی از احتراق زغال سنگ شامل مقادیر زیادی گرد‌های معلق در اتمسفر در حدود ۲۰۰ هزار تن در سال که حاوی فلزات سمی از قبیل آرسنیک، کادمیم و جیوه و نیز برخی مواد سرطان‌زا و مائوتنیک می‌باشد [۱].

۲- یکی از مزایای انرژی اتمی برای کشورهایی که فاقد منابع اولیه نفت و گاز می‌باشند عبارت از ارزان بودن بهای سوخت در مقایسه با سوختی فسیلی است. با وجود این اورانیوم طی فرآیندهایی باید تغلیظ یافته و تبدیل به پیل سوختی گردد. تقریباً ۳/۴ هزینه سوخت ناشی از فرآیند تغلیظ می‌باشد و پس از آن کسر زیادی را باید جهت عملیات مربوط به تابش رادیواکتیو سوخت مصرفی و دفع پس‌مانده‌های ناشی از آن منظور شود. با وجود این هزینه کلی سوخت در نیروگاه‌های اتمی در حال حاضر برای کشورهای بازار مشترک اروپا در حدود ۱/۳ هزینه سوخت مصرفی در نیروگاه‌های زغال‌سوز و مابین ۱/۵ الی ۱/۴ در نیروگاه‌های گاز سوز می‌باشد.

۳- تجارب به دست آمده در اغلب کشورها نشان می‌دهد که هزینه راه‌اندازی نیروگاه‌های اتمی در حدود ۹ الی ۱۵ درصد قیمت تمام شده آنها باشد. این هزینه در حدود ۵ درصد هزینه هر کیلو وات برق تولیدی برآورد شده است. همچنین هزینه مربوط به عملیات سوخت شامل نگهداری آن و دفع پس‌مانده‌های ناشی از آن نیز برابر با ۵ درصد هزینه تولید هر کیلو وات ساعت برق می‌باشد.

۴- به‌طور کلی هزینه ساختمانی نیروگاه‌های اتمی به لحاظ به‌کارگیری از فناوری‌ها و مواد مخصوص و نیز سیستم‌های پیچیده هشداردهنده ایمنی و کنترل در آنها به مراتب بالاتر از نیروگاه‌های زغال‌سوز و یا گازسوز می‌باشد. این هزینه هنگامت در برخی موارد از قبیل طولانی شدن مدت زمان ساخت هزینه اولیه را افزایش می‌دهد. این پریود در حال حاضر در آسیا کمتر می‌باشد. نیروگاه ۳۰۰ مگاواتی جدیدالتاسیس ژاپن در ژانویه سال ۱۹۹۶ شروع و در کمتر از ۴ سال خاتمه یافته است [۳].

۵- بالاخره همراه با روشنایی اتمی همواره زنگ خطری در حال نواختن می‌باشد. در طول تاریخچه کوتاه نیروگاه‌های اتمی سه حادثه مهم اتفاق افتاده است. اولی ترمایند آمریکا در سال ۱۹۷۹ که طی آن راکتور شدیداً آسیب و نیمی از آن ذوب گردید. در این حادثه عبور اشعه رادیو اکتیو از دیواره‌های محافظ بتونی به ضخامت یک متر و آسیب‌هایی برای سلامت ساکنین منطقه و آسیب‌های زیست محیطی به بار آورد. دومی در ماریس فرانسه در سال ۱۹۸۰ که طی عملیات اجرائی نصب راکتور تراژدی کوچکی را در شیوع خطر آلودگی به بار آورد. سومی در چرنوبیل اکراین در سال ۱۹۸۶ که طی آن انفجار راکتور ۳۱ نفر را کشت. این حادثه آسیب‌های جدی به بار آورد که سلامت ساکنین و محیط زیست منطقه را تهدید نمود. بر طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی حدود ۳ الی ۴ درصد از مواد رادیو اکتیو از راکتور شماره ۴ چرنوبیل از تاسیسات نیروگاه آزاد که نشأت بخش اعظم آن به صورت گرد‌های معلق در اثر وزش باد به منطقه اکراین و اروپا پراکنده شد [۴].

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله ضمن مروری بر تحولات تاریخی و کیفیت زندگی بشر، اشارات به روند رشد جمعیت و افزایش مصرف انرژی گردید. سپس با نگرش بر سناریوی جهانی انرژی، وابستگی تجارت جهانی به سوخت‌های فسیلی و نیز مشارکت آنها در ایجاد آلودگی زیست محیطی مطرح گردید. ضمن مروری بر منابع انرژی موجود مشخص گردید که به علت توسعه فناوری‌های پیشرفته به‌کارگیری نیروگاه‌های اتمی در چند دهه اخیر و نیز به علت اختلاف فوق‌زیاد ارزش حرارتی اورانیوم در مقایسه با سوخت‌های فسیلی، اورانیوم می‌تواند در مقیاس وسیعی جایگزین سوخت‌های فسیلی گردد.

در اینجا توصیه بر این نیست که خطرات ناشی از تولید برق در نیروگاه‌های زغال‌سوز و یا گازسوز به مراتب بیشتر از نیروگاه‌های اتمی می‌باشد و یا اینکه نیروگاه‌های اتمی تحت استانداردهای موجود سیستم‌های مطمئن و یا سالم نبوده و یا در مقایسه با نیروگاه‌های

گازسوز با وجود منابع سرشار گاز و نفت اقتصادی نمی‌باشند، بلکه اصولاً تولید انرژی به کمک فناوری‌های جدید و روش‌های اساسی همراه با خطرات احتمالی می‌باشد. این خطرات ناشی از موازنه مابین بهای انرژی و هزینه زوال شرایط اکولوژیکی و زیست محیطی و ساختار اجتماعی می‌باشد و تعیین اینکه در کجا این موازنه برقرار شود از وظایف تنظیم‌کنندگان برنامه انرژی می‌باشد. ۳۲ کشور جهان با مواقع سیاسی و صنعتی متفاوت در پایان سال ۱۹۹۵ نیروی اتمی را در برنامه انرژی خود وارد نموده‌اند. امروزه این کشورها در ساخت و کاربرد راکتور اتمی مهارت برجسته‌های به دست آورده‌اند. پیش‌بینی شده که ۱۷ درصد مصرف نیروی برق جهان توسط ۳۸ راکتور تأمین شده و ۳۳ واحد نیز در مرحله ساخت می‌باشد. بلژیک، چین، فرانسه، مجارستان، هندوستان، سوئیس، انگلستان، آمریکا و روسیه مهم‌ترین کشورها در ساخت و کاربری نیروگاه‌های اتمی می‌باشند.

بالاخره اینکه هیچ کشوری نمی‌تواند امروز وابسته به یک منبع انرژی شود. برای اغلب کشورها، نفت، گاز، زغال سنگ و یا اورانیوم به تنهایی سوخت مناسبی نمی‌باشد. ولی ترکیبی از این سوخت‌ها و با کمی کمک از نیروگاه‌های آبی و سایر منابع انرژی تجدیدپذیر از قبیل انرژی خورشیدی و باد می‌تواند سبد انرژی مناسبی با توجه امکانات، شرایط اقلیمی، توان اقتصادی و صنعتی کشورها باشد و بالاخره به یاد آوریم که هیچ نوع انرژی از انواع دیگر انرژی گران‌تر نمی‌باشد.

جدول (۱) ارزش حرارتی انواع سوخت‌ها به مگاژول بر کیلوگرم [۲]

نام سوخت	ارزش حرارتی
چوب	۱۶
کاربون طبیعی	۲۸-۴
اورانیوم در راکتورهای آبی	۵۶۷۰۰۰

مراجع

- کنفرانس جمعیت سازمان بین‌المللی، مصر، قاهره، ۱۹۹۶.
- انرژی برای جهان چرا اورانیوم؟ مرکز اطلاعات اورانیوم سال ۱۹۹۶ ملبورن، استرالیا
- The Economics of Nuclear Power, UIC, Nuclear Issues Briefly paper 8, April 1996.
- IAEA, The International chernobyl project 1991.
- * عضو کمیته اجرائی شورای ملی انرژی و مدیر دفتر روابط بین‌الملل پژوهشگاه مواد و انرژی