

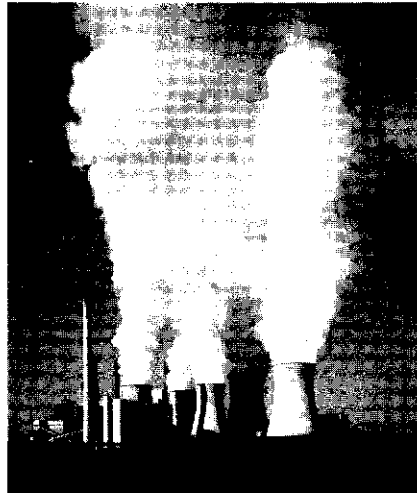
**اثرات بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای  
بر روی میزان تقاضا  
برای گاز طبیعی و تولید گاز دی‌اکسید کربن**

**فرضیه**

در ابتدا، باید خاطر نشان کرد که کشورهایی چون اتریش، دانمارک، یونان، ایرلند، ایتالیا، لوکزامبورگ، پرتغال که عضو اتحادیه اروپایی هستند، فاقد نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشند (هنوز نیروگاه هسته‌ای اتریش به مرحله بهره‌برداری نرسیده است)، لیکن کشورهایی را که دارای نیروگاه‌های هسته‌ای هستند، به سه گروه تقسیم نموده‌ایم:

۱- به نظر می‌رسد که فرانسه، نیروگاه‌های هسته‌ای خود را کاملاً حفظ نماید و در صورت نیاز، عمر آن‌ها را تمدید و یا نیروگاه‌های کهنه و فرسوده را با نیروگاه‌های تازه تعویض نماید. با تمام این تفصیلات، مقامات فرانسوی، حتی دستور توقف موقت فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای را نیز صادر نکرده‌اند. در نتیجه، طبق محاسبات ما هیچگونه افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن در فرانسه پیش‌بینی نمی‌شود.

۲- در بلژیک، سوئد، آلمان، اسپانیا و هلند (که دارای یک رآکتور هسته‌ای است)، نیروگاه‌های هسته‌ای در حال رسیدن به پایان عمر مفید خود هستند (که معادل ۳۵ الی ۴۰ سال است) و مجبورند تا این واحدها را با نیروگاه‌های جدیدی تعویض نمایند. در سوئد و انگلستان نیز وضعیت چنین است. در چنین شرایطی، با توجه به پذیرش توقف فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای توسط مسئولان بلژیکی، آلمانی، اسپانیایی و هلندی و در نتیجه توقف روند توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای جدید، انتظار می‌رود که نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی جایگزین آن‌ها شود. اگرچه موضع مسئولان کشور سوئد در این خصوص هنوز معلوم نیست، ولی ما این کشور را در این گروه جای داده‌ایم. از آنجا که بحث‌هایی در بیانیه سفید انرژی<sup>(۱)</sup> وزارت صنایع و تجارت انگلستان در این زمینه مطرح شده است، ما تصمیم گرفتیم که این کشور را نیز در گروه دوم طبقه‌بندی کنیم، لیکن به نظر



**بسته شدن  
نیروگاه‌های هسته‌ای  
اروپا؛  
فرصتی مناسب  
برای کشورهای  
تولیدکننده گاز**

**ژان پیر پاولز و کارین سوارتنبروکس\***

بسته شدن تدریجی و زمانبندی شده نیروگاه‌های هسته‌ای در سوئد، آلمان، بلژیک، اسپانیا و هلند و تعطیلی محتمل نیروگاه‌های اتمی در انگلستان و سوئیس باعث شده است تا این کشورها به فکر جایگزین کردن روشی برای تولید برق باشند. برای این منظور، نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی (GTCC) به سبب کارآیی و راندمان بالاتر و نیز پاکیزه‌تر بودن گاز طبیعی نسبت به زغال سنگ، می‌توانند انتخاب خوبی محسوب شوند. لیکن اینگونه نیروگاه‌ها، مقادیر زیادی گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند که طبق پروتکل کیوتو، این کشورها موظف خواهند بود تا در حد توان، این افزایش تولید دی‌اکسید کربن را به نحوی جبران نمایند. جایگزینی نیروگاه‌های اتمی با عمر مفید ۲۵ الی ۴۰ سال با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی سبب می‌شود تا سالانه ۶۲ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی مصرف شود که این خود باعث افزایش تولید دی‌اکسید کربن، معادل ۱۳۰ میلیون تن در سال می‌شود. تعویض نیروگاه‌هایی که با سوخت نفت یا زغال سنگ کار می‌کنند، با نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی، باعث کاهش دی‌اکسید کربن می‌شود، ولی برای این منظور لازم است تا سالانه ۴۷ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی اضافی خریداری و مصرف شود. به طور خلاصه، کشورهای تولیدکننده گاز، از محبوبیت ناگهانی این سوخت پاکیزه نهایت استفاده را خواهند برد و با ورود نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی، تقاضا برای گاز در بازار افزایش خواهد یافت. برنامه تعطیل کردن نیروگاه‌های اتمی در چند کشور اروپایی، بر روی چند موضوع اثر گذاشته است که از میان آن‌ها می‌توان به میزان تولید گازهای گلخانه‌ای، امنیت عرضه سوخت‌های جایگزین انرژی هسته‌ای و قیمت این سوخت‌ها، اشاره نمود. هدف این مقاله، بررسی تعدادی از این موضوعات در چارچوب فرضیه‌های مطرح شده می‌باشد. اگرچه این موارد کاملاً ساده توضیح داده شده‌اند، ولی می‌توانند راهگشای ما در نشان دادن اثرات چنین تصمیم‌گیری‌هایی بر روی عرضه انرژی در جامعه اروپایی و میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در اتمسفر باشند.

بنابراین به عنوان اولین قدم، میزان گاز اضافی مورد نیاز ۱۵ کشور عضو جامعه اروپایی را در صورت اجرای تصمیم خود، مبنی بر جایگزینی نیروگاه‌های هسته‌ای با نیروگاه‌های گازی محاسبه کردیم. سپس این ارقام برای محاسبه میزان گاز دی‌اکسید کربن تولید شده بر اثر احتراق گاز در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی استفاده نمودیم. ما این کار را برای ۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپا و نیز سوئیس، دوباره تکرار کردیم.

در محاسبات مقدماتی، به دلایل رول و شنی جایگزینی نیروگاه‌های هسته‌ای با نیروگاه‌های جدید با سوخت زغال سنگ را مدنظر قرار ندادیم، زیرا آلاینده‌های این نیروگاه‌ها از لحاظ تولید CO<sub>2</sub> در هر کیلووات ساعت بیشتر از نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی می‌باشد. ولی باید خاطر نشان کنیم که این مسئله توسط یکی از محققان مورد توجه قرار گرفته است و او در برنامه درازمدت حذف نیروگاه‌های هسته‌ای استفاده از نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ را پیشنهاد نموده است. همچنین، آخرین گزارش کمیسیون اروپایی (EC) تحت عنوان «چشم‌انداز انرژی اروپا در سال ۲۰۲۰» چنین پیش‌بینی کرده است که پس از ۲۰۱۰، به سبب بروز مشکلاتی در تولید برق که ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای است، تقاضا برای سوخت‌های جامد افزایش خواهد یافت. بازگشت زغال سنگ به عرصه تولید برق، بخشی به دلیل افزایش قیمت گاز و بخشی دیگر به سبب پیشرفت‌های فنی است که در بخش تولید برق به وجود خواهد آمد. لیکن در ادامه این گزارش آمده است که با توجه به راندمان نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی (نیروگاه‌های GTCC) که بالغ بر ۶۰ درصد است، مشکل بتوان گفت که با توجه به نیاز روزافزون به برق، زغال سنگ بتواند با گاز رقابت نماید.

\* ژان پیر پاولز عضو هیئت مدیره بانک ملی بلژیک است. او همچنین رئیس آژانس اعتبارات صادراتی بلژیک (Ducroire) و استاد دانشگاه بلوکسل می‌باشد. این مقاله توسط او و با کمک کارین سوارتنبروکس، اقتصاددان و دستیار پاولز تهیه شده است.

می‌رسد که موضع مقامات انگلیسی در این مورد آنچنان که باید و شاید شفاف و مشخص نیست، زیرا در بخشی از این بیانیه آمده است: در حال حاضر تولید نیروی برق در نیروگاه‌های هسته‌ای برای تأمین ظرفیت‌های جدید، بسیار گران تمام می‌شود و تحت شرایط فعلی، بسیار غیرمحمول است که سرمایه‌گذاران برای ساخت نیروگاه‌های جدید هسته‌ای پیشنهادی ارائه کنند. بنابراین، به نظر می‌رسد که در میان‌مدت، به ظرفیت تولید انرژی هسته‌ای افزوده نخواهد شد و در حقیقت در دهه اول قرن آینده انتظار می‌رود که از این ظرفیت نیز کاسته شود (و یا احتمالاً نیروگاه‌های گازسوز جایگزین نیروگاه‌های هسته‌ای شوند). علی‌رغم این گفته‌ها، کمیته صنایع و تجارت انگلستان، در گزارش خود تأکید نموده است: در حالی که تلاش فراوانی می‌شود تا اذهان عمومی علیه انرژی هسته‌ای برانگیخته شود و علی‌رغم شرایط اقتصادی نامساعد برای ساخت نیروگاه‌های جدید، حقیقت این است که ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای را نمی‌توان و نباید بیش از این به تعویق انداخت. از آنجا که احتمال دارد در دو دهه آینده نیاز به وجود نیروگاه‌های هسته‌ای احساس شود، ما پیشنهاد می‌کنیم که

برنامه درازمدت ساخت این نوع نیروگاه‌ها به طور رسمی در دستور کار قرار گیرد.  
۳- وضعیت فنلاند هنوز مشخص نیست، زیرا آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) نه مانع از ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای جدید در این کشور می‌شود و نه دستور توقف فعالیت نیروگاه موجود را که دارای طول عمری بیش از ۴۰ سال است، می‌دهد. ظاهراً افکار عمومی در فنلاند نیز مخالف استفاده از انرژی اتمی نیست. لیکن ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای جدید بستگی به توان رقابت آن‌ها با نیروگاه‌های گازسوز و یا نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ دارد و در فنلاند، زغال سنگ رقیب اصلی انرژی هسته‌ای به شمار می‌رود. بنابراین ما، مورد فنلاند را نیز مشابه فرانسه در نظر گرفته‌ایم. حال اگر فنلاند در نهایت از انرژی اتمی صرف‌نظر کند، تعطیلی ۴ راکتور این کشور، بین سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ باعث افزایش تقاضا برای گاز طبیعی به میزان تقریبی ۳ میلیارد مترمکعب در سال می‌شود و سالیانه، حدوداً ۶/۷ میلیون تن به میزان گاز دی‌اکسید کربن تولید شده، افزوده خواهد شد. کنار گذاشتن انرژی اتمی، به معنای جایگزینی نیروگاه‌های هسته‌ای، تحت مفاد

مندرج در پروتکل کیوتو می‌باشد. هدف از اجرای این پروتکل، محافظت از اتمسفر، از طریق تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای و مخصوصاً دی‌اکسید کربن در هوا تا سال ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۳ است. اتحادیه اروپایی خود را مکلف نموده است تا ۸ درصد از تولید گازهای گلخانه‌ای خود را در مقایسه با سال ۱۹۹۰ کاهش دهد.

اگر سهم نیروگاه‌های تولید برق در تولید گازهای گلخانه‌ای مورد توجه قرار گیرد، آنگاه عمل کردن به تعهدات در قبال پروتکل کیوتو، باعث محدودیت صنایع تولید برق می‌شود. حدود ۱۰ الی ۳۵ درصد از کل گاز دی‌اکسید کربن تولید شده در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی که قصد تعطیل نمودن نیروگاه‌های اتمی خود را دارند، متعلق به بخش برق است و این میزان برحسب نوع سوخت مورد استفاده، از کشوری به کشور دیگر متغیر می‌باشد. پایین‌ترین میزان آلاینده‌گی، مربوط به بخش برق کشورهای است که قسمت اعظم آن در نیروگاه‌های هسته‌ای تولید می‌شود (جدول شماره ۱). بنابراین، بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی آن‌ها با نیروگاه‌هایی که با

### جدول شماره ۱

مجموع گاز دی‌اکسید کربن تولید شده و سهم بخش برق آن؛ میزان تولید برق و سهم نیروگاه‌های هسته‌ای از آن

کشور	مجموع گاز CO <sub>2</sub> تولید شده برحسب میلیون تن	میزان تولید CO <sub>2</sub> توسط بخش برق		تولید برق برحسب تریلیون وات ساعت	سهم انرژی اتمی برحسب درصد	برنامه توقف نیروگاه‌های اتمی
		درصد	میلیون تن			
اتریش	۵۹/۵	۱۲/۶	۲۱/۲	۵۶/۸	۰	-
بلژیک	۱۱۵/۷	۲۰/۹	۱۸/۱	۷۸/۹	۶۰/۱	تصویب شده است
دانمارک	۶۴	۳۳/۴	۵۲/۲	۴۴/۳	۰	-
فنلاند	۵۸/۷	۲۴/۷	۴۲/۲	۶۹/۲	۳۰/۲	تصویب نشده است
فرانسه	۳۵۸/۱	۲۹/۶	۸/۳	۵۰۳/۶	۷۸/۵	تصویب نشده است
آلمان	۸۳۰/۲	۲۹۴/۷	۳۵/۵	۵۵۱/۵	۳۰/۹	تصویب شده است
یونان	۷۸/۸	۳۵/۹	۴۵/۶	۴۳/۵	۰	-
ایرلند	۳۶/۲	۱۴/۲	۳۹/۳	۲۰	۰	-
ایتالیا	۴۰۰/۲	۱۲۲/۷	۳۰/۶	۲۵۱/۴	۰	-
لوکزامبورگ	۸/۵	۰/۲	۲/۸	۱/۳	۰	-
هلند	۱۶۸/۹	۴۸/۹	۲۹	۸۶/۶	۲/۸	تصویب شده است
پرتغال	۴۷/۸	۱۶/۱	۳۳/۶	۳۴/۲	۰	-
اسپانیا	۲۴۰/۱	۷۶/۲	۳۱/۷	۱۸۶/۶	۲۹/۶	در حال تعلیق
سوئد	۵۱/۵	۵/۶	۱۰/۹	۱۴۹/۴	۴۶/۸	در حال اجرا
انگلستان	۵۲۸/۸	۱۵۷/۸	۲۹/۹	۳۴۵/۳	۲۸/۴	در شرف تصویب
مجموع ۱۵ کشور اتحادیه اروپایی	۳۰۴۶/۷	۸۹۴/۲	۲۹/۳	۲۴۲۲/۵	۳۵/۵	
سوئیس	۴۴/۸	۰/۶	۱/۲	۶۱/۶	۴۱/۲	تحت بررسی

## جدول شماره ۲

میزان راندمان سوخت در نظر گرفته شده

برای نیروگاه‌های گازسوز جدید مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی

سال	راندمان مینا (برحسب درصد)	حداکثر راندمان در نظر گرفته شده (H) (برحسب درصد)
۲۰۰۰	۵۸	۵۸
۲۰۱۰	۶۰	۶۲
۲۰۲۰	۶۲	۶۵
۲۰۳۰	۶۵	۷۰

با استفاده از میزان ظرفیت و ضریب بار هر یک از نیروگاه‌های هسته‌ای، می‌توان محاسبه نمود که چند مگاوات ساعت باید توسط سایر نیروگاه‌ها تولید شود که کاهش برق ناشی از توقف هر یک از نیروگاه‌های هسته‌ای جبران شود. از آنجا که فرض اصلی این تحقیق، جایگزینی نیروگاه‌های هسته‌ای با نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی است، ما گاز طبیعی مورد نیاز برای تولید مجموع مگاوات ساعت مورد نیاز را براساس راندمان سوخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی محاسبه نمودیم (جدول شماره ۲). بدین ترتیب که، هر بار که یک نیروگاه هسته‌ای بسته می‌شود، فرض بر این قرار می‌گیرد که نیروگاه سیکل ترکیبی جایگزین با راندمان سوخت معینی شروع به کار می‌کند و تا آخر عمر مفید خود، با این راندمان به فعالیت ادامه خواهد داد.

برق در نیروگاه‌ها می‌شود. در برنامه تعطیلی نیروگاه‌های هسته‌ای، عمر مفید نیروگاه‌های هسته‌ای در کلیه کشورها، البته به استثنای سوئد و آلمان، ۴۰ سال در نظر گرفته شده است. این زمان، برای نیروگاه‌های هسته‌ای سوئد بین ۳۰ الی ۳۵ سال در نظر گرفته شده

سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، می‌تواند باعث افزایش چشمگیر تولید آلاینده‌ها در این بخش شود.

در نتیجه، مهمترین مسئله در یافتن جایگزین برای منابع انرژی فعلی، پاکیزگی و عدم آلاینده‌گی آن‌ها می‌باشد و آنچه که نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی را حائز ارجحیت می‌کند، راندمان بالا و آلاینده‌گی کمتر آن‌ها در مقایسه با سایر انواع نیروگاه‌هایی است که زغال سنگ مصرف می‌کنند. این نیروگاه‌ها در مقایسه با نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، ۵۰ درصد NOx کمتری تولید می‌کنند و میزان تولید دوده در آن‌ها صفر است. عواملی چون کارایی بالاتر گاز طبیعی به عنوان سوخت و نیز محتوای کربن پایین آن در مقایسه با زغال سنگ، سبب شده است تا میزان دی‌اکسید کربن تولید شده در ازای هر کیلووات ساعت در نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی، ۶۰ درصد کمتر از نیروگاه‌هایی باشد که زغال سنگ مصرف می‌کنند.

به هنگام بررسی امکان توقف فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی آن‌ها، این حقیقت بر روی محاسبات ما تأثیرگذار بوده است که گاز طبیعی بیشتر از زغال سنگ با محیط زیست سازگاری دارد. لیکن در مورد آلمان، بحث به گونه کاملاً متفاوتی مطرح می‌شود. بدین ترتیب که در این کشور به سبب مشکلات اجتماعی و سیاسی ناشی از توقف تولید داخلی زغال سنگ، مسئله جایگزینی نیروگاه‌های اتمی با نیروگاه‌هایی مطرح شده است که به واسطه فناوری‌های جدید، زغال سنگ را با آلاینده‌گی کمتری مورد مصرف قرار می‌دهند. تولید داخلی زغال سنگ در آلمان، حدود ۷۱ میلیون تن معادل نفت خام (mtoe) است، در حالی که میزان مصرف زغال سنگ کل این کشور حدود ۸۷ mtoe می‌باشد که ۶۴ mtoe آن صرف تولید

## اولین راه برای کاهش آلاینده‌گی

### نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی،

### ابداع سیستمی برای

### جذب گاز دی‌اکسید کربن تولید شده توسط این نیروگاه‌ها می‌باشد

شایان توضیح است که دستیابی به چنین راندمان‌های بالایی، مستلزم تلاش مستمر در بخش تحقیق و توسعه برای طراحی و ساخت موادی است که توانایی مقاومت در برابر دماهای بسیار بالا را دارا هستند. پس از محاسبه میزان مصرف اضافی گاز طبیعی برای جبران کمبود برق ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای، تنها کاری که باقی می‌ماند، ضرب کردن این رقم در عامل آلاینده‌گی کربن گاز طبیعی (۳/۱۵ تن کربن در هر تراژول و نیز عامل ۴۴/۱۲ (نسبت وزن مولکولی دی‌اکسید کربن به کربن) است تا بدین ترتیب میزان گاز دی‌اکسید کربن تولید شده، به دست آید.

### نتایج

بنا بر محاسبات ما، بسته شدن اولین نیروگاه هسته‌ای سوئد، باعث افزایش جزئی تقاضا برای گاز طبیعی از سال ۲۰۰۰ شده است. در حقیقت،

است و با توجه به بسته شدن اولین نیروگاه هسته‌ای این کشور در نوامبر ۱۹۹۹، انتظار می‌رود که نیروگاه بعدی نیز در ژوئن سال ۲۰۰۱ بسته شود. برای نیروگاه‌های اتمی آلمان، عمر مفیدی معادل ۳۵ سال در نظر گرفته شده است. تعیین عمر مفید، به منزله شاخصی برای اجرای برنامه توقف فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای توسط دولت است.

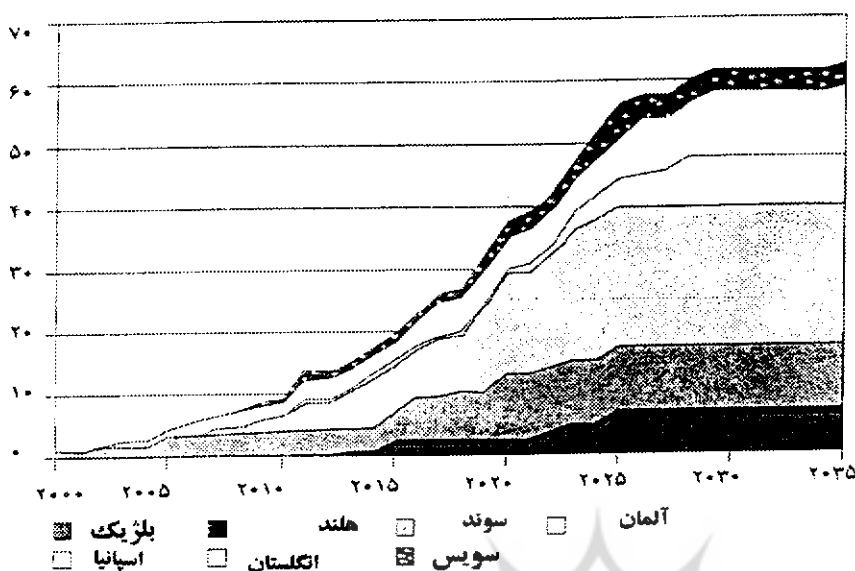
### روش تحقیق

با در نظر گرفتن ویژگی‌های نیروگاه‌های هسته‌ای، همچون ظرفیت تولید خالص، ناخالص و نیز ضریب بار<sup>(۲)</sup> آن‌ها تا سال ۱۹۹۹، به همراه تاریخ وصل شدن آن‌ها به شبکه و طول عمر مفید آن‌ها، می‌توان میزان تغییر ظرفیت تولید کل نیروگاه‌های هسته‌ای را در کشورهایی که قصد کنار گذاشتن انرژی اتمی را دارند، مورد بررسی قرار داد.

### نمودار شماره ۱

میزان افزایش مصرف گاز طبیعی به واسطه بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای

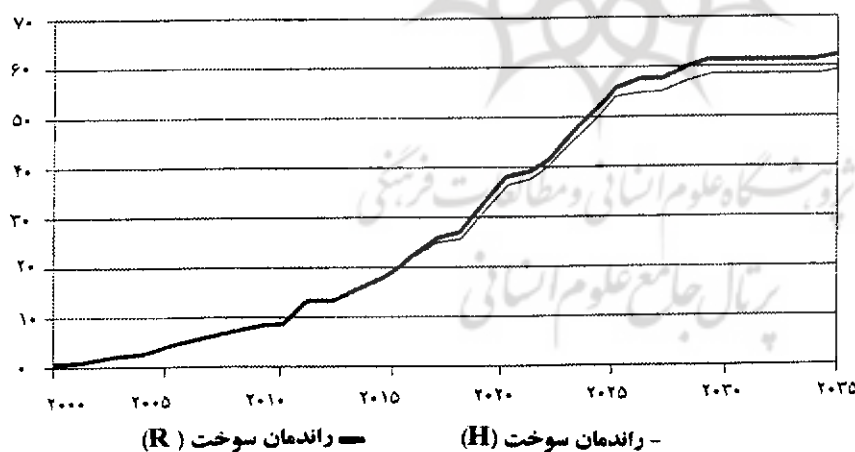
(برحسب میلیارد مترمکعب)



### نمودار شماره ۲

اثرات تفاوت در راندمان سوخت نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی بر میزان مصرف گاز طبیعی

(برحسب میلیارد مترمکعب)



خواهد یافت و در سال ۲۰۳۵ به اوج خود خواهد رسید. پس از این دوره زمانی که طی آن کلیه تعهدات پروتکل کیوتو می‌باید به مورد اجرا گذاشته شود، میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن به موازات پیشرفت روند جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز افزایش خواهد یافت. بنابراین تا سال ۲۰۳۵، بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای، باعث افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن، معادل ۱۳۱ میلیون تن در سال خواهد شد.

روند تولید گاز دی‌اکسید کربن، مشابه روند مصرف گاز طبیعی است و فقط مقادیر تولید شده با یکدیگر فرق دارند (نمودار شماره ۱ و ۳). تا پایان مهلت تعیین شده توسط پروتکل کیوتو (۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲)، اولین دسته از نیروگاه‌های هسته‌ای در کلیه کشورهای مورد بحث، به استثنای بلژیک، تعطیل خواهد شد. لیکن روند بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای همچنان ادامه

نیروگاه هسته‌ای دیگری در کشور سوئد، وظیفه این نیروگاه را به عهده داشته است، هرچند که در صورت بروز مشکلات فنی و یا مواجهه با یک زمستان سخت، نمی‌توان زیاد بر روی این نیروگاه جدید حساب باز کرد. حتی ممکن است، سوئد در حالی که سرگرم تجدید ظرفیت تولید برق است، مجبور به وارد نمودن برق از خارج از کشور شود. اگر دوره جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را ۱۸ الی ۲۴ ماه در نظر بگیریم، می‌توان انتظار داشت که از سال ۲۰۰۳ به بعد، این روند جایگزینی بر روی تقاضای گاز طبیعی اثر بگذارد.

طبق برآوردهای به عمل آمده، تا سال ۲۰۱۰، در کلیه کشورهای عضو اتحادیه اروپایی که قصد بستن نیروگاه‌های هسته‌ای خود را دارند و همچنین انگلستان و سوئیس، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به طور کامل جایگزین نیروگاه‌های هسته‌ای خواهند شد. این امر باعث افزایش تقاضا برای گاز طبیعی تا ۲۳/۴ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۱۶ خواهد شد و ۷ سال بعد از آن، این رقم به بیش از دو برابر خواهد رسید (نمودار شماره ۱).

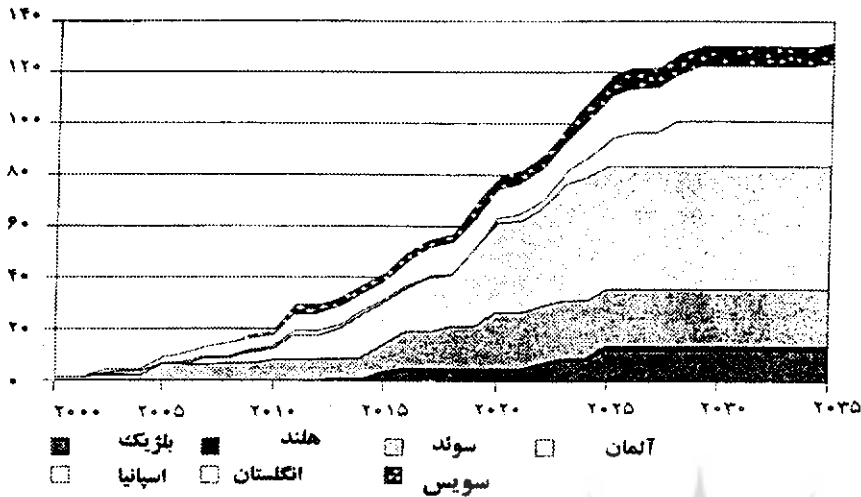
شایان تذکر است که، این میزان افزایش، بدون در نظر گرفتن رشد طبیعی تقاضا برای برق در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی محاسبه شده است و باید در نظر داشت که در چند کشور عضو اتحادیه اروپایی، پاسخگویی به تقاضای روبه رشد، به طور عمده بر عهده نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سوخت گاز طبیعی است.

در نمودار شماره ۱، راندمان مینا (R) برای راندمان سوخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی جایگزین در نظر گرفته شده است. باید یادآور شد که، تعیین حداکثر راندمان (H) برای این نیروگاه‌ها، سبب شده است که میزان مصرف در سال ۲۰۳۵، تا ۳ میلیارد مترمکعب کاهش یابد و این امر نشان‌دهنده کاهش انرژی اولیه به میزان ۴/۴ درصد است (نمودار شماره ۲). (برای سال ۲۰۳۰، حداکثر راندمان، ۷۰ درصد در نظر گرفته شده است، در حالی که، راندمان مینا در این سال ۶۵ درصد محاسبه شده است، جدول شماره ۲). هرچقدر در جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تأخیری بیشتری صورت پذیرد، کاهش مصرف بیشتر می‌شود. این بدان سبب است که، راندمان بالای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، فقط در زمان جایگزینی حداکثر تأثیر خود را نشان می‌دهد و بعد از آن کارایی آن‌ها ثابت باقی

### نمودار شماره ۳

میزان تولید گاز دی اکسید کربن ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای  
و جایگزینی آن‌ها با نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی

(برحسب میلیون تن گاز دی اکسید کربن)



کربن ناشی از شروع به کار این نیروگاه‌ها، این کشور را در رسیدن به سطح مجاز تولید گاز دی اکسید کربن (۱۷ درصد در سال‌های ۲۰۰۸

بیشتر سنگینی بار اجرای برنامه جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، بر روی دوش کشور سوئد است، زیرا افزایش تولید گاز دی اکسید

### اثر بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای بر روند دستیابی به اهداف پروتکل کیوتو

در ژوئن سال ۱۹۹۸، کشورهای مختلف عضو اتحادیه اروپایی، موافقت نمودند که طی سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۲، تولید گازهای گلخانه‌ای در هر یک از کشورهای عضو، ۸ درصد کاهش یابد. تعهدات این کشورها، علاوه بر گاز دی اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای دیگری چون متان،  $N_2O$ ، انواع PFC و HFC و  $SF_6$  را نیز شامل می‌شد و مبنای محاسبه کاهش ۸ درصدی تولید این گازها، میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در سال ۱۹۹۰ قرار گرفت. در جدول شماره ۳، سطوح از پیش تعیین شده تولید گاز دی اکسید کربن ناشی از تولید برق که کشورهای عضو اتحادیه اروپایی و سوئیس طی سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲ باید به آن‌ها برسد، نشان داده شده است. میزان کاهش آلاینده‌ها در کشورهای مختلف، متفاوت است و از ۲۱- درصد برای آلمان تا ۲۷+ درصد برای پرتغال متغیر می‌باشد.

### جدول شماره ۳

سطوح مجاز تولید گاز دی اکسید کربن، ارائه شده در پروتکل کیوتو

کشور	سطح مجاز تولید (برحسب درصد)	سطح تولید $CO_2$ در سال ۱۹۹۰* (برحسب میلیون تن)	سطح مجاز تولید $CO_2$ در سال‌های ۲۰۰۸** الی ۲۰۱۲ (میلیون تن در سال)
اتریش	-۱۳	۵۵	۴۷/۹
بلژیک	-۷/۵	۱۰۴/۵	۹۶/۷
دانمارک	-۲۱	۵۲/۷	۴۱/۶
فنلاند	۰	۵۱/۶	۵۱/۶
فرانسه	۰	۳۵۲/۴	۳۵۲/۴
آلمان	-۲۱	۹۴۷/۴	۷۰۴۸/۴
یونان	۲۵	۷۰/۹	۸۸/۶
ایرلند	۱۳	۲۹/۸	۲۳/۷
ایتالیا	-۶/۵	۳۸۸/۶	۳۶۳/۳
لوکزامبورگ	-۲۸	۱۰/۶	۷/۶
هند	-۶	۱۵۳	۱۴۳/۸
پرتغال	۲۷	۳۹/۱	۴۹/۷
اسپانیا	۱۵	۲۰۲	۲۳۲/۳
سوئد	۴	۵۰/۶	۵۲/۶
انگلستان	-۱۲/۵	۵۶۶/۹	۴۹۶
۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپایی	-۸	۳۰۷۶	۲۸۲۹/۹
سوئیس	-۸	۴۳/۹	۴۰/۴

\* این میزان  $CO_2$  تولید شده توسط بخش حمل و نقل هوایی را نیز دربر می‌گیرد.

\*\* تغییر نسبی در میزان تولید گاز دی اکسید کربن



### جدول شماره ۴

اطلاعات کلیدی در ارتباط با تأثیر بستن نیروگاه‌های هسته‌ای بر روی میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن

کشور	سطح مجاز در سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲ (میلیون تن در سال)	تاریخ بسته شدن کلیه نیروگاه‌های هسته‌ای	میزان افزایش مورد انتظار در تولید CO <sub>2</sub> در سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲		میزان افزایش تولید CO <sub>2</sub> به هنگام بسته شدن کلیه نیروگاه‌های هسته‌ای	
			میلیون تن در سال	درصد	میلیون تن در سال	درصد
آلمان	۷۴۸/۴	۲۰۲۴	۲/۳-۹/۸	۰/۳-۱/۳	۴۷/۸	۶/۴
بلژیک	۹۶/۷	۲۰۲۵	۰-۰	۰-۰	۱۳/۲	۱۳/۷
اسپانیا	۲۳۲/۳	۲۰۲۸	۰/۳-۱/۲	۰/۱-۰/۵	۱۶/۷	۷/۲
هلند	۱۴۳/۸	۲۰۱۳	۰-۰	۰-۰	۱	۰/۷
سوئد	۵۲/۶	۲۰۲۰	۷/۲-۸/۵	۱۳/۶-۱۶/۱	۲۱/۹	۴۱/۶
انگلستان	۴۹۶	۲۰۳۵	۵/۱-۷/۱	۱-۱/۴	۲۳/۲۰	۴/۷
سوئیس	۴۰/۴	۲۰۲۴	۰-۲/۶	۰-۶/۵	۷/۴	۱۸/۴

الی ۲۰۱۲) با مشکل مواجه می‌سازد.

در حقیقت، طبق شواهد و آمار موجود، اثرات تصمیمات اتخاذ شده فعلی در مورد تولید گاز دی‌اکسید کربن و روند صعودی مصرف گاز طبیعی، زمانی آشکار می‌شود که مدت زمان زیادی از مهلت‌های پیش‌بینی شده در پروتکل کیوتو گذشته باشد. لیکن، بسیاری از متخصصان معتقدند که اجرای تعهدات پروتکل کیوتو، تنها راه برای کاهش قابل ملاحظه تولید گازهای گلخانه‌ای است. در نتیجه، آثار بسته شدن نیروگاه‌های اتمی و روند صعودی مصرف گاز طبیعی را باید پس از دوره زمانی ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار داد. البته این امر در مورد کشور هلند، استثنا می‌باشد، زیرا این کشور دارای حداقل وابستگی به انرژی هسته‌ای است. ولی در کل، بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی آن‌ها با نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی باعث افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن می‌شود که این افزایش، از ۵ درصد (در کشور انگلستان) تا حدود ۴۲ درصد (در کشور سوئد) متغیر است. در آلمان، با توجه به دلایل خاصی که قبلاً به

آن‌ها اشاره شد، زغال سنگ، سوخت جایگزین انرژی اتمی است. اگرچه پیشرفت فناوری، باعث افزایش کارایی نیروگاه‌ها با سوخت زغال سنگ خواهد شد، لیکن کارایی اینگونه نیروگاه‌ها باز هم بسیار پایین‌تر از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی خواهد بود. بدین ترتیب که کارایی نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، تا سال ۲۰۲۰ به ۴۱ الی ۴۵ درصد خواهد رسید، در حالی که این میزان برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی معادل ۶۲ خواهد بود (جدول شماره ۲ و ۵).

وجود چنین اختلاف‌هایی در راندمان سوخت در روش‌های مختلف تولید برق، باعث ایجاد تغییر در مصرف انرژی اولیه مصرفی نیروگاه‌ها خواهد شد. بنابراین تا سال ۲۰۳۰، یعنی زمانی که کلیه نیروگاه‌های هسته‌ای آلمان تعطیل و نیروگاه‌های دیگری جایگزین آن‌ها می‌شوند، مصرف سوخت به ترتیب زیر دچار افزایش خواهد شد:

– اگر نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، جایگزین نیروگاه‌های هسته‌ای شوند، مصرف گاز طبیعی حدود ۲۰ میلیون تن معادل نفت‌خام افزایش پیدا خواهد کرد.

– اگر نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، جایگزین این نیروگاه‌ها شوند، این میزان ۲۷ الی ۳۵ میلیون تن معادل نفت‌خام خواهد بود که میزان دقیق آن بستگی به نحوه و نوع استفاده از فناوری‌های جدید در این نیروگاه‌ها دارد.

جدا از این مسئله که میزان افزایش مصرف گاز در این حالت بسیار کمتر از این میزان برای زغال سنگ است، میزان تولید کربن توسط گاز طبیعی نیز بسیار کمتر از میزان تولید کربن توسط زغال سنگ می‌باشد (۱۵/۳ تن کربن تولید شده در هر تراژول برای گاز طبیعی، در مقایسه با ۲۶/۸ تن کربن در هر تراژول برای زغال سنگ). میزان گاز دی‌اکسید کربن تولید شده به هنگام مصرف گاز طبیعی، معادل ۴۸ میلیون تن است که این میزان به هنگام مصرف زغال سنگ، به بیش از دو برابر، یعنی به ۱۰۲ الی ۱۲۸ میلیون تن می‌رسد.

نتایج حاصل از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی به شرح زیر است:

– با توجه به عرضه گاز طبیعی در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی، جایگزینی کلیه

### جدول شماره ۵

میزان مصرف زغال سنگ و تولید گاز دی‌اکسید کربن در آلمان، در صورت بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ

سال	کارایی نیروگاه‌های مجهز به فناوری‌های جدید (برحسب درصد)	میزان افزایش مصرف زغال سنگ		میزان افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن	
		پیشرفته (برحسب mote)	فوق پیشرفته (برحسب mote)	پیشرفته (برحسب mote)	فوق پیشرفته (برحسب mote)
۲۰۰۰	۳۸-۴۴	صفر	صفر	صفر	صفر
۲۰۱۰	۳۹-۴۸	۳/۳	۲/۷	۱۲	۱۰
۲۰۲۰	۴۰-۵۱	۲۵/۲	۲۰/۱	۹۲/۶	۷۳/۹
۲۰۳۰	۴۰-۵۱	۳۴/۸	۲۷/۷	۱۲۷/۹	۱۰۱/۶

نیروگاه‌های هسته‌ای با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در این کشورها، باعث افزایش تقاضا به میزان ۵۹ میلیارد مترمکعب تا سال ۲۰۳۵ می‌شود (در سوئیس، مقدار افزایش مصرف معادل ۳/۵ میلیارد مترمکعب در سال است).

- جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی باعث افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن معادل ۱۲۴ میلیون تن در بین کشورهای عضو اتحادیه اروپایی می‌شود که این افزایش فقط مربوط به بخش تولید برق می‌باشد. این افزایش، معادل ۱۴ درصد از میزان تولید فعلی گاز دی‌اکسید کربن در بخش تولید برق (یعنی ۸۹۴/۲ میلیون تن در سال ۱۹۹۷) و معادل ۴/۴ درصد از میزان مجازی است که برای کشورهای عضو اتحادیه اروپایی در نظر گرفته شده است. در سوئیس، میزان افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن، حدود ۱۰ برابر میزان فعلی است. در حال حاضر، به سبب استفاده از نیروی برق آبی و انرژی هسته‌ای، میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن در سوئیس بسیار پایین است.

### آیا می‌توان نیروگاه‌های هسته‌ای را تعطیل نمود و در عین حال به تعهدات پروتکل کیوتو پای‌بند بود؟

در این بخش از مقاله، تصور ما بر این است که توقف فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای در کلیه کشورهای تحت مطالعه به تصویب نهایی رسیده است. زیرا چنین تصمیمی اساساً یک تصمیم سیاسی است و ما نباید فراموش کنیم که هر لحظه ممکن است با پیروزی حزب رقیب و یا حتی تغییر عقیده حزب حاکم در یک کشور، این برنامه لغو شود. لغو شدن چنین تصمیمی، بستگی زیادی به تغییرات فضای انرژی دارد، بدین ترتیب که ممکن است با تغییر شرایط، مانند کاهش عرضه گاز و مقرون به صرفه شدن تولید برق از انرژی اتمی، دوباره سیاستمداران به نیروگاه‌های اتمی روی بیاورند.

در بخش‌های گذشته دریافتیم که جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های هسته‌ای، بهترین گزینه محسوب می‌شود، زیرا کارایی این نیروگاه‌ها بسیار بیشتر از نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ بوده، و آلاینده‌های آن‌ها از لحاظ تولید گاز دی‌اکسید کربن کمتر است. به

### باید در نظر داشت که

### فقط ۳۰ درصد از تولید گاز دی‌اکسید کربن

در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی مربوط به بخش برق است.

بنابراین سایر بخش‌ها می‌توانند با کاهش آلاینده‌های خود

اثرات ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای را خنثی نماید

نکته مهم در مورد راه حل مزبور این است که به دلیل اهمیت مسائل زیست محیطی، مسائل مالی و هزینه‌های این طرح زیاد مورد توجه قرار نگرفته است که این امر باعث کاهش اعتبار آن می‌شود. زیرا در سه کشور عضو اتحادیه اروپایی، نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، بخش اعظم برق مورد نیاز را تأمین می‌کنند و با اجرای این طرح، این کشورها مجبور خواهند بود تا از ۲۰ هزار مگاوات برق تولید شده توسط این نیروگاه‌ها صرف‌نظر کنند و نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی را جایگزین آن‌ها نمایند که این کار، سرمایه‌ای حدود ۱۵ الی ۲۰ میلیارد یورو را طلب می‌کند و این در حالی است که عمر مفید نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ هنوز تمام نشده است. بنابراین، هیچ دولتی حاضر نمی‌شود تا برای دستیابی به اهداف پروتکل کیوتو، متحمل چنین هزینه‌های سنگینی شود.

کشورهایی که درگیر جایگزینی نیروگاه‌های هسته‌ای خود هستند، عبارتند از: آلمان، اسپانیا، سوئد، بلژیک، هلند، انگلستان و سوئیس. باید توجه داشت که امکان اجرای طرح جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ برای کاهش تولید گاز دی‌اکسید کربن بستگی به تعداد این نیروگاه‌ها در این کشورها دارد. به عنوان مثال در هلند و سوئد، نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ برای تولید برق و بخار به کار می‌روند، در حالی که در سوئیس هیچ نیروگاه برقی با سوخت زغال سنگ وجود ندارد. فقط در آلمان انگلستان، اسپانیا و بلژیک است که تعداد قابل توجهی از این نیروگاه‌ها موجود هستند و می‌توان نیروگاه‌های گازسوز را جایگزین آن‌ها نمود. همانطور که در جداول ۶ و ۷ مشاهده می‌شود:

علاوه، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر عملاً بسیار محدود هستند.

در بخش گذشته، مشاهده نمودیم که بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی آن‌ها با نیروگاه‌های گازسوز، منجر به افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن خواهد شد. پیشنهاد ما برای حل این مسئله آن است که راه‌های جلوگیری از افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن مورد مطالعه قرار گیرند و امکان اجرای آن‌ها بررسی شوند، هرچند که این امر باعث افزایش چشمگیر هزینه‌ها خواهد شد.

اولین راه برای کاهش آلاینده‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی (که در حال حاضر فقط در حد نظریه مطرح است)، ابداع سیستمی برای جذب گاز دی‌اکسید کربن تولید شده توسط این نیروگاه‌ها می‌باشد. البته باید توجه داشت که، اگر چه با جذب گاز دی‌اکسید کربن تولید شده، مقادیر قابل توجهی از آلودگی هوا کاسته می‌شود، لیکن مسئله نگهداری گاز CO<sub>2</sub> هنوز حل نشده است.

راه عملی‌تر برای کاهش میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن، بستن نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ است. بدین ترتیب، با بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن ثابت باقی خواهد ماند. با توجه به این مسئله که کارایی نیروگاه‌های گازسوز که ۵۰ درصد بیشتر از نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ است و آلاینده‌های آن‌ها حدود ۴۳ درصد کمتر می‌باشد، اجرای این طرح عملی و ممکن به نظر می‌رسد. راندمان سوخت بالاتر به معنای کاهش منبع انرژی اولیه برای تولید هر کیلووات ساعت است. علاوه بر این، نسبت کربن موجود در زغال سنگ به متان حدود ۲۶/۸ به ۱۵/۳ می‌باشد.

جدول شماره ۶

میزان تغییر در تولید CO<sub>2</sub> حاصل از جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ جهت تعدیل افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای (برحسب میلیون تن CO<sub>2</sub> در سال)

بلژیک	اسپانیا	انگلستان	آلمان	میزان تغییر در مراحل مختلف
+۱۳/۲	+۱۶/۷	+۲۳/۲	+۴۷/۸	مرحله اول میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های هسته‌ای (ضریب مبنای R <sup>۱</sup> )
-۷/۷	-۲۶/۲	-۳۷	-۷۵/۸	مرحله دوم میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ
+۲/۹	+۹/۶	+۱۳/۸	+۲۸/۱	مرحله سوم میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ
۸/۴	۰	۰	۰	میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> پس از اجرای سه مرحله ۱، ۲ و ۳
۱/۴	۴/۵	۶/۵	۱۳/۳	میزان گاز طبیعی مصرفی (برحسب میلیارد مترمکعب)

1. Reference efficiency

جدول شماره ۷

میزان تغییر در تولید CO<sub>2</sub> حاصل از جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت نفت جهت تعدیل افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای (برحسب میلیون تن CO<sub>2</sub> در سال)

بلژیک	اسپانیا	انگلستان	آلمان	میزان تغییر در مراحل مختلف
-۱/۹	-۱/۷	-۴/۷	-۶۲/۶	مرحله اول میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های با سوخت نفت
+۰/۹	+۰/۹	+۲/۱	+۳۱/۳	مرحله دوم میزان تغییر در تولید CO <sub>2</sub> ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت نفت
-۱	-۰/۸	-۲/۶	-۳۱/۳	میزان تغییر در تولید گاز CO <sub>2</sub> پس از اجرای مرحله یک و دو
۰/۴	۰/۴	۱	۱۴/۸	میزان گاز طبیعی مصرفی (برحسب میلیارد مترمکعب)

جدول شماره ۸

میزان تعدیل در تولید گاز دی‌اکسید کربن (برحسب میلیون تن CO<sub>2</sub> در سال)

کشور	جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های هسته‌ای	میزان تعدیل	میزان تعدیل ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ	میزان تعدیل ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت نفت
آلمان	۴۷/۸	-۴۷/۸	-۴۷/۸	
انگلستان	۲۳/۲	-۲۳/۲	-۲۳/۲	
اسپانیا	۱۶/۷	-۱۶/۷	-۱۶/۷	
سوئد	۲۱/۹	۰	۰	
بلژیک	۱۳/۲	-۴/۸	-۴/۸	
هلند	۱	۰	۰	
سوئیس	۷/۴	۰	۰	
ایتالیا		-۳۱/۳	-۳۱/۳	-۳۱/۳
یونان		-۲/۶	-۲/۶	-۲/۶
پرتغال		-۰/۸	-۰/۸	-۰/۸
ایرلند		-۱	-۱	-۱
۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپایی	۱۲۳/۸	-۱۲۸/۲	-۹۲/۵	-۳۵/۸
۱۵ کشور عضو سوئیس	۱۳۱/۲	-۱۲۸/۲	-۹۲/۵	-۳۵/۸



## جدول شماره ۹

میزان تغییر در تقاضا برای گاز طبیعی ناشی از جایگزینی نیروگاه‌ها

(برحسب میلیارد مترمکعب در سال)

کشور	جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های هسته‌ای	میزان تغییر	میزان تغییر ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ	میزان تغییر ناشی از جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت نفت
آلمان	۲۲/۶	۱۳/۳	۱۳/۳	
انگلستان	۱۱	۶/۵	۶/۵	
اسپانیا	۷/۹	۴/۵	۴/۵	
سوئد	۱۰/۴	۰	۰	
بلژیک	۶/۳	۱/۴	۱/۴	
هلند	۰/۵	۰	۰	
سوئیس	۳/۵	۰	۰	
ایتالیا		۱۴/۸	۱۴/۸	۱۴/۸
یونان		۱	۱	۱
پرتغال		۰/۴	۰/۴	۰/۴
ایرلند		۰/۴	۰/۴	۰/۴
۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپایی	۵۸/۷	۴۲/۴	۲۵/۸	۱۶/۷
۱۵ کشور عضو + سوئیس	۶۲/۲	۴۲/۴	۲۵/۸	۴۶/۷

بنابراین، سایر بخش‌ها می‌توانند با کاهش آلاینده‌های خود، اثرات ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای را خنثی نمایند. کاهش میزان آلاینده‌های بخش‌هایی چون حمل و نقل و مسکن، بدون اعمال فشار از جانب دولت‌ها، امکان‌پذیر نخواهد بود و باید توجه داشت که انجام چنین اقداماتی در کشورهای آزاد بسیار مشکل است.

بنابراین، روش‌های دیگری باقی می‌ماند که توسط پروتکل کیوتو پیش‌بینی شده است. یکی از این روش‌ها، خرید حق تولید گاز دی‌اکسید کربن است. بدین ترتیب که کشوری که با مشکلات افزایش تولید ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای خود مواجه است، می‌تواند حق تولید گاز دی‌اکسید کربن را از کشور دیگری که میزان آلاینده‌های آن از حد مجاز تعیین شده توسط پروتکل کیوتو پایین‌تر است، خریداری نماید. برای دستیابی به چنین راه‌حلی، اروپای غربی می‌تواند حق تولید گاز دی‌اکسید کربن را از نروژ، سوئیس و سایر کشورهایی که نیروگاه‌های هسته‌ای خود را تعطیل نکرده‌اند و یا آن‌ها را تقویت نموده‌اند، خریداری نماید. در اینجا باید متذکر شویم، تا زمانی که حدود مجاز توسط پروتکل کیوتو دقیقاً تعریف و تعیین نشوند، خرید و فروش چنین حقی ممکن نخواهد بود.

جایگزین نیروگاه‌های هسته‌ای را که معادل ۵۸/۷ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد، نیز به این مقدار افزود. در نتیجه این کشورها، مجموعاً با میزان افزایشی معادل ۱۰۰/۵ میلیارد مترمکعب در سال مواجه خواهند بود که این مقدار تنها ۲۰ الی ۳۰ درصد از میزان تقاضای آن‌ها در سال‌های ۲۰۲۰ الی ۲۰۳۰ است.

روشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

### نتایج کلی

در این مقاله، سعی بر این داشته‌ایم تا اثرات بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای را که افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن یکی از آن‌ها به شمار می‌رود، تعدیل نماییم. ما چنین نتیجه‌گیری کردیم که می‌توان افزایش تولید این گاز را با جایگزینی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ و نفت جبران نمود.

لیکن باید در نظر داشت که فقط ۳۰ درصد از تولید گاز دی‌اکسید کربن در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی مربوط به بخش برق است.

در آلمان، انگلستان و اسپانیا جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز به جای نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ، برای تعدیل افزایش گاز دی‌اکسید کربن ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای، با محدودیت‌هایی مواجه است. در بلژیک، حتی با بستن کلیه نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ هم نمی‌توان میزان افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن را تعدیل نمود.

در کشورهای چون ایتالیا، یونان، پرتغال و ایرلند، اگرچه نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی جایگزین نیروگاه‌های نفت‌سوز شده‌اند، لیکن هنوز مقدار قابل توجهی برق از سوزاندن نفت و مشتقات آن به دست می‌آید.

بستن نیروگاه‌های تولید برق با سوخت نفت و زغال سنگ، کشورهای تحت مطالعه را قادر می‌سازد تا میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن را تا ۱۲۸/۲ میلیون تن در سال کاهش دهند. این جایگزینی باعث تعدیل افزایش تولید گاز دی‌اکسید کربن ناشی از بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز می‌شود.

اجرای این طرح باعث افزایش تقاضا برای گاز طبیعی در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی به میزان ۴۲/۴ میلیارد مترمکعب در سال می‌شود. البته باید مقدار گاز مورد نیاز نیروگاه‌های گازسوز

راه دیگر برای کاهش میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن، ساز و کارهای توسعه‌ی عاری از آلودگی<sup>(۳)</sup> است. بدین ترتیب که کشورهای امضاکننده الحاقیه شماره یک<sup>(۴)</sup>، می‌توانند در پروژه‌های کشورهای در حال توسعه، سرمایه‌گذاری نمایند و باعث کاهش آلودگی در این کشورها شوند. با انجام این سرمایه‌گذاری‌ها، این کشورها، عملاً مجوز تولید گاز دی‌اکسید کربن را اخذ می‌کنند و در نتیجه به تعهدات خود نسبت به پروتکل کیوتو پایبند خواهند ماند. اگرچه این طرح به دولت‌ها کمک خواهد کرد تا با هزینه‌های کمتری نسبت به پروتکل کیوتو وفادار بمانند، ولی به آن‌ها اجازه می‌دهد تا در کشورهای خود آلودگی بیشتری تولید نمایند. این روش‌ها، همگی در مراحل اولیه‌ی تدوین هستند، لیکن اجرای عملی آن‌ها نیز مدنظر دولت‌ها بوده و در سازمان‌های ذی‌ربط مورد بحث و بررسی‌های فراوانی قرار گرفته‌اند. به نظر ما، ایجاد بازاری برای خرید و فروش حق تولید گاز دی‌اکسید کربن در آینده نزدیک غیرممکن است و این طرح بیشتر حقه‌ای است برای وادار کردن ایالات متحده برای حمایت از کاهش تولید گاز دی‌اکسید کربن. برای خرید و فروش حق تولید گاز دی‌اکسید کربن، هیچگونه قرارداد استاندارد وجود ندارد و هیچ مسئول ناظری برای کنترل صحت و تأیید اینگونه معاملات در نظر گرفته نشده است. آیا چنین طرحی عملی خواهد بود؟ مسلماً این طرح تا مرحله‌ی عملی شدن راه درازی را باید پیماید. به علاوه، طرح مسئله‌ی فروش حق تولید گاز دی‌اکسید کربن از لحاظ اخلاقی نیز برای بعضی‌ها مسئله‌دار و غیر قابل قبول است.

با توجه به موارد مذکور، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که طرح بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای، روندی سریع و پرهزینه نخواهد بود،

## در صورت جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی، میزان مصرف گاز طبیعی و در نتیجه تولید گاز دی‌اکسید کربن، به طور چشم‌گیری افزایش خواهد یافت

نیروگاه‌های هسته‌ای و با سوخت زغال سنگ و نفت) خواهد بود. افزایش تقاضا برای گاز طبیعی در سال ۲۰۲۰ به اوج خود خواهد رسید. در این سال، میزان رشد تقاضا معادل ۱۳ درصد خواهد بود و میزان مصرف گاز طبیعی در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی به بالاترین حد خواهد رسید. به عنوان مثال، انتظار می‌رود که مصرف گاز طبیعی در سال ۲۰۲۰ در ایتالیا به ۵۳ میلیارد مترمکعب در سال برسد. با بسته شدن نیروگاه‌های هسته‌ای و جایگزینی آن‌ها توسط نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی، بازار کشورهای تولیدکننده گاز رونق خواهد گرفت. در این صورت آنچه که برای کشورهای مصرف‌کننده حیاتی به نظر می‌رسد، تضمین عرضه گاز مورد نیاز آن‌ها به مقدار کافی است. بنابراین، لازم است تا سرمایه‌گذاری‌های کافی در کشورهای تولیدکننده گاز صورت گیرد. ولی انجام سرمایه‌گذاری در این زمینه، در صورتی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود که قیمت‌های گاز، بازگشت سرمایه و اجاره اقتصادی کشورهای سرمایه‌گذار را تأمین و تضمین نماید.

بلکه نیروگاه‌های گازسوز مجهز به توربین‌های سیکل ترکیبی پس از پایان عمر مفید این نیروگاه‌ها، جایگزین آن‌ها خواهند شد و در مورد نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ و نفت نیز، احتمالاً چنین سیاستی توسط دولت‌ها دنبال خواهد شد، زیرا بستن نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ و یا نفت که هنوز عمر مفید آن‌ها به اتمام نرسیده باشد، از لحاظ مالی غیر قابل تحمل است و در مجموع، این بدان معناست که خطرات و مشکلات ناشی از بستن نیروگاه‌های هسته‌ای، دستیابی به اهداف پروتکل کیوتو را با کندی مواجه خواهد ساخت.

ولی باید در نظر داشت که در صورت جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی، میزان مصرف گاز طبیعی و در نتیجه میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن به طور چشم‌گیری افزایش خواهد یافت. میزان افزایش تقاضا در ۱۵ کشور عضو اتحادیه اروپایی و سویس بین ۶۲/۲ میلیارد مترمکعب در سال (در صورت جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی به جای نیروگاه‌های هسته‌ای) و ۱۰۴/۶ میلیارد مترمکعب در سال (در صورت جایگزینی نیروگاه‌های گازسوز سیکل ترکیبی به جای کلیه

### طبق برآوردهای به عمل آمده، تا سال ۲۰۱۰،

### در کلیه کشورهای عضو اتحادیه اروپایی

که قصد بستن نیروگاه‌های هسته‌ای خود را دارند

و همچنین انگلستان و سویس،

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به طور کامل

جایگزین نیروگاه‌های هسته‌ای خواهند شد

### پانویس‌ها:

#### 1. Energy White Paper

این بیانیه در سال ۱۹۹۸ منتشر شد و در آن، نتایج حاصل از بررسی منابع انرژی برای تولید برق و پاسخ‌های دولت به گزارشات چهارم و پنجم کمیته صنایع و تجارت انگلستان درج شده است.

#### 2. Load Factor

#### 3. Clean Development Mechanism

#### 4. Annex 1 Parties