

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۸۶

بررسی پیامدهای اقتصادی - زیست محیطی افزایش بازده نیروگاه های برق فسیلی

مهدی صادقی

استادیار دانشکده علوم اقتصادی وابسته به وزارت علوم

لیلا گل آور (مسئول مکاتبات)

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

زهره عابدی

استادیار گروه حقوق محیط زیست ، دانشکده محیط زیست و انرژی ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۲۱

چکیده

توسعه اقتصادی به عنوان یک رکن اساسی در مجموعه سیاست های هر کشور مطرح است و انرژی عامل اصلی و ضروری توسعه اقتصادی در هر جامعه می باشد. رشد روزافزون جمعیت، وابستگی به انرژی و به تبع آن رشد مصرف انرژی فسیلی، موجب افزایش مشکلات زیست محیطی می شود. شایان ذکر است بخش انرژی در تمام مراحل، از مرحله تولید تا مصرف موجب نشر آلاینده های مختلف زیست محیطی می گردد. بخشی از آلاینده های مهم بخش انرژی گازهای گلخانه ای (CO_2 , NOx , CH_4 , $HFCs$, $PFCs$, SF_6) است که از تاثیرات آن می توان تغییر اقلیم در طولانی مدت را نام برد.

یکی از راهکار های کاهش اثرات زیست محیطی نیروگاه ها افزایش بازده آن ها می باشد. لذا در این پژوهش که با هدف بررسی راهکارهای افزایش بازده نیروگاه و آثار زیست محیطی و اقتصادی آن انجام شده است، به بررسی بازده نیروگاه های گازی، سیکل ترکیبی و بخاری پرداخته شده است. همچنین هزینه های اجتماعی آلاینده ها و اثرات آن ها بر سلامت انسان و محیط زیست نیز مطالعه شده است.

با توجه به محاسبات صورت گرفته، مشاهده می شود در نتیجه افزایش بازده، میزان آلاینده های تولیدی و هزینه های اجتماعی کاهش قابل ملاحظه ای می یابد، از آن جا که با توجه به اعداد و ارقام به دست آمده، این کاهش بیشتر در نیروگاه های بخاری رخ می دهد، لذا ارجحیت افزایش بازده در نیروگاه های بخاری می باشد.

بر این اساس پیشنهاد می شود با توجه به نتایج حاصل سیاست های افزایش بازده با اولویت اجرا در نیروگاه های بخاری اعمال گردد.

واژه های کلیدی: بازده، نیروگاه های برق فسیلی، هزینه های اجتماعی، هزینه های خارجی و فاکتور های نشر .

مقدمه

مصرف انرژی در بخش های مختلف اقتصادی کشور در سال های گذشته روندی رو به افزایش داشته است. آمارها نشان می دهد که طی سال های ۷۳ تا ۸۰، مصرف نهایی انرژی با رشد متوسطی برابر ۲۵٪ در سال، رو به رو بوده است.

نیاز روز افزون جهان و به خصوص کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، توسعه نیروگاه ها را طلب می کند که این امر در کشور ما طی سال های اخیر بسیار پرشتاب بوده است. نیروگاه ها بزرگترین مصرف کننده سوخت های سنگین و در مقایسه با سایر عوامل آلاینده هوا از بخش هایی هستند که بیشترین سهم آلودگی را به خود اختصاص داده اند.

بر اساس برآوردها یک سوم از کل محصولات نفتی تولید شده در پالایشگاه ها در نیروگاه ها مصرف می شوند. ترکیبات حاصل از سوخت های فسیلی شامل اکسید های کربن، خاکستر فرار، ذرات نسوخته یا نیم سوخت، اکسید های گوگرد، اکسید های ازت و گازهای ناشی از سوخت ناقص مثل هیدروکربورها هستند که کلیه این ترکیبات سمی، خطرناک و سرطان زا می باشند (۱).

در ایران طبق آمار ارایه شده در سال ۸۲ از کل سوخت مصرفی نیروگاه ها، ۱۴۳۲ میلیون متر مکعب به گازوئیل، ۴۹۳۸ میلیون متر مکعب به نفت کوره و ۲۹۴۲۹ میلیون متر مکعب به گاز طبیعی اختصاص داشته است. از نظر مقدار انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای آمارها نشان می دهد که بیشترین میزان انتشار مربوط به کربن با ۱۵۸/۳ گرم بر کیلووات ساعت است و میزان CO₂ و SPM تولید شده به ازای هر کیلووات ساعت، در مقایسه با متوسط تولید کشور های مختلف بیشتر است.

با توجه به مطالب عنوان شده و نظر به اهمیت بالای صنعت برق در کشور ما، با ارایه راهکارهایی عملی در خصوص افزایش بازده نیروگاه ها می توان گام های موثری در جهت جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی کشور از یک سو و حفظ هرچه شایسته تر محیط زیست از سوی دیگر برداشت.

هدف اصلی این مقاله بررسی اقتصادی بودن افزایش بازده نیروگاه ها با در نظر گرفتن میزان کاهش گازهای

گلخانه ای و آلاینده و تغییرات هزینه های اجتماعی می باشد. لذا در این مقاله دو سوال اساسی قابل طرح است:

الف- آیا افزایش بازده موجب منفعت سوختی می گردد؟

ب- آیا افزایش بازده موجب منفعت اجتماعی می گردد؟

راهکارهای افزایش بازده در نیروگاه های برق فسیلی

- روش های افزایش قدرت توربین های گازی و تاثیر آن

بر روی افزایش بازده

توربین های گازی از نوع موتورهای درون سوز می باشد که از سه قسمت عمده کمپرسور، اتاق احتراق و توربین گاز تشکیل یافته است.

گسترش روزافزون استفاده از توربین های گازی به دلیل کاربرد آن جهت تولید توان الکتریکی و نیز در بخش های مختلف صنعت سبب گردیده است تا تحقیقات وسیعی در مورد افزایش بازده و بهینه سازی آن صورت گیرد. روش های افزایش قدرت توربین های گازی به شرح زیر است:

الف - خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور با استفاده از

چیلر جذبی

در این روش توسط چیلر جذبی، آبی با دمای پایین (حدود ۷ درجه سانتی گراد) تولید و توسط مبدل های حرارتی در مسیر هوای ورودی به کمپرسور قرار می گیرد و دمای هوای ورودی کاهش می یابد.

ب- خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور با استفاده از

تانک ذخیره یخ

در این روش در شرایط غیر اوج مصرف، از اضافه قدرت تولیدی توربین گاز برای تولید یخ استفاده می شود. یخ تولید شده در تانک های مخصوص ذخیره شده و در شرایط مورد نیاز از آن برای سرد کردن هوای ورودی به کمپرسور استفاده می شود.

ج - سیستم ایرواشر^۱

سرد را از درون کویل هایی که جهت انتقال حرارت، در مسیر هوای ورودی قرار گرفته اند عبور کرده و بدین وسیله هوا را خنک می نماید. (۲)

در سیستم ایرواشرحجم زیادی از آب توسط پمپ های با ظرفیت زیاد و از طریق نازل هایی که در یک شبکه منظم درون اتاق « ایر واشر» قرار گرفته اند بر روی جریان هوای ورودی پاشیده می شود که این عمل موجب خنک شدن هوای ورودی به کمپرسور می گردد.

ه - سیستم خنک کننده مدیا

عملکرد دیگ بخار و تاثیر آن در افزایش بازده عملکرد یک نیروگاه متأثر از عملکرد تک تک تجهیزات به کار رفته در آن است و دیگ بخار به عنوان مبدل انرژی (منبع گرم) از مهم ترین تجهیزات نیروگاه به شمار می رود که در چگونگی عملکرد آن نقش تعیین کننده ای دارد. افزایش کارایی دیگ بخار با تاثیر بر افزایش تولید موجب افزایش بازده می گردد.

سیستم خنک کننده مدیا (Media) عموماً از تعداد سلول های فایبر گلاس که به شکل شانه عسل می باشند تشکیل شده است. هوای ورودی به کمپرسور بر اثر پاشیده شدن آب بر روی سلول های یاد شده و مرطوب کردن آن ها، یعنی به روش تبخیری خنک می گردد. با افزایش سطوح تماس آب و هوا، سرعت و شدت تبخیر سطحی آب بیشتر خواهد شد. حداکثر بازده اشباع ایجاد شده توسط این سیستم ۹۰٪ می باشد.

و - سیستم فاگ فشار قوی

الف - استفاده از فن آوری های مراقبت پیشگویانه جهت افزایش بازده

مراقبت از دیگ های بخار نیروگاهی به منظور بهبود عملکرد آن ها علاوه بر کاهش تلفات و افزایش بازده، نتایج سودمند دیگری نیز نظیر افزایش قابلیت دسترسی، کاهش تعداد و زمان توقف ها، حفظ ایمنی، افزایش عمر مفید و نهایتاً کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از احتراق سوخت های فسیلی را در پی خواهد داشت.

متداول ترین و باصرفه ترین روش خنک کردن هوای ورودی توربین های گازی جهت افزایش قدرت خروجی آن ها استفاده از سیستم فاگ می باشد.

در این روش، آب مورد نیاز جهت خنک کردن هوای ورودی پس از عبور از یک سری نازل، به صورت قطرات بسیار ریز (مثل ذرات مه) به درون هوای ورودی توربین پاشیده می شود. این قطرات به علت ریز بودن، سریعاً گرمای نهان تبخیر خود را از هوا اخذ کرده و تبخیر می شوند و از طرف دیگر هوای عبوری که گرما از دست داده است، خنک می گردد.

ز - چیلرها

آگاهی از وضعیت موجود واحد و تجهیزات جانبی آن در حین بهره برداری و استفاده از روش های غیرمستقیم برای تشخیص بروز احتمالی عیوب و تخمین میزان گسترش آن ها، این امکان را برای بهره بردار فراهم می آورد تا بدون نیاز به توقف واحد به وسیله یک سری آزمون ها یا اندازه گیری های خاص نسبت به سنجش وضعیت فعلی واحد و تجهیزات جانبی آن اقدام نماید.

در این سیستم ها از آب سرد ایجاد شده توسط چیلر (که خود دارای انواع مختلفی می باشد) جهت خنک کردن هوای ورودی کمپرسور استفاده می شود. برای این منظور، آب

ب - مانیتورینگ پیوسته دیگ بخار

هدف از مانیتورینگ عملکرد دیگ بخار و تجهیزات جانبی وابسته به آن، ایجاد امکان آگاهی از بروز انحرافات احتمالی از وضعیت مطلوب عملکرد در حین بهره برداری می باشد. آگاهی از وضعیت عملکرد واحد با کسب اطلاعات مربوط به پارامترهای بهره برداری حاصل می گردد. این

هزینه‌های اجتماعی

در گذشته بی توجهی به محیط زیست تا حدود زیادی ناشی از این واقعیت بوده است که در فعالیت‌های اقتصادی میزان تخریب محیط زیست و بهداشت محیط در هزینه‌ها و سیستم قیمت‌ها به حساب نمی‌آمد و اقتصاددانان تنها ذهن خود را به شاخص‌هایی چون رشد تولید ناخالص داخلی سرانه، ترازپرداخت‌ها و نظایر آن معطوف می‌ساختند. اما اهمیت حفظ محیط زیست موجب شد که در تصمیمات مربوط به نوع تکنولوژی، انتخاب منبع انرژی، تخصیص عوامل تولید، الگوی رشد اقتصادی و ارتقای سطح رفاه اجتماعی، مسایل زیست محیطی نیز مورد توجه قرار گیرند و در سیستم قیمت‌ها و هزینه‌ها به حساب آیند.

افزایش مخاطرات آلودگی محیط زیست ناشی از گازهای CO_2 و N_x, SO_2 و افزایش قیمت‌های جهانی نفت و فناپذیری منابع انرژی فسیلی موجب ایجاد انگیزه‌های بیشتری برای بهبود کارایی در مصرف و تولید انرژی و استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدید شونده و پایدار در تولید برق شده است. (۵ و ۶)

مفهوم هزینه‌های اجتماعی

مفهوم هزینه‌های اجتماعی بسیار ساده است. مؤسسه تولیدی که به تولید محصولی اشتغال دارد، همه هزینه‌ها و منافع حاصل از فعالیتش الزاماً نصیب خودش نمی‌شود. آن بخش از هزینه‌ها را که بنگاه تولیدی خود پرداخت می‌کند هزینه‌های خصوصی و هزینه‌هایی را که به محیط خارج از خود تحمیل می‌کند اما بابت آن پرداختی نمی‌کند هزینه‌های خارجی می‌نامند. مجموع هزینه‌های خصوصی و هزینه‌های خارجی را هزینه‌های اجتماعی می‌گویند (۷).

هزینه‌های خارجی

در مدل تعادل عمومی، عواملان اقتصادی از طریق مکانیزم قیمت‌ها بر فعالیت و رفتار یکدیگر تأثیر می‌گذارند. زمانی که اقدامات یک بنگاه بر فعالیت یک عامل اقتصادی دیگر از راهی غیر از قیمت‌ها بر منفعت یا هزینه آن و به طور کلی

اطلاعات می‌بایست به طور منظم تحت شرایط پایدار از نظر بار، توسط بهره بردار یا یک سیستم خودکار جمع‌آوری و تحلیل شود.

تشخیص تغییرات احتمالی در نسبت بهینه هوا به سوخت، وضعیت تمیزی سطوح تبادل حرارت، گرفتگی‌ها و نشستی‌ها، همگی بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده در قسمت‌های مختلف واحد امکان‌پذیر می‌باشد. (۳)

نرم افزارهای مختلفی تا به امروز در سطح جهان در زمینه بهینه‌سازی عملکرد دیگ‌های بخار نیروگاهی تهیه شده است که پایه طراحی آن‌ها نظریه‌های آماری، مدل‌سازی ریاضی و روابط حاکم بر عملکرد هر یک از قسمت‌ها و تجهیزات مختلف می‌باشد. عملکرد این نرم افزارها در جهت بهینه‌سازی بازده دیگ بخار، کاهش آلودگی NO_x ، و بهینه‌سازی دمای بخار می‌باشد.

با استفاده از این نرم افزار، کنترل و مانیتورینگ فرآیندهای واحد در محدوده کاری خود بهینه می‌شوند.

تبدیل نیروگاه‌ها به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

یکی از راه‌های افزایش بازده، تبدیل نیروگاه‌ها به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی می‌باشد.

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، به دلایل زیر مورد توجه بسیار بوده و توسعه قابل ملاحظه‌ای یافته‌اند:

الف- به دست آوردن بازده حرارتی بالا: زیرا سیکل‌های گازی و بخاری از نظر ترمودینامیکی با یکدیگر سازگاری داشته و گرمایی که از سیکل توربین گاز دفع می‌شود، دارای دمای بالایی است که می‌تواند به آسانی توسط سیکل بخار مورد استفاده قرار گیرد.

ب- سیال‌های عامل در دو سیکل (آب و هوا) در طبیعت به وفور یافت شده، ارزان و غیرسمی می‌باشند.

ج- تجهیزات مورد نیاز این سیکل‌ها شناخته شده بوده و سازندگان زیادی در تولید آن‌ها تجربه دارند.

د- توربین‌های گازی جدید با ظرفیت‌های بالاتری ساخته می‌شوند که خود عامل عمده‌ای در استفاده از آن‌ها در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با بازده بالا می‌باشد (۴).

-مفهوم هزینه تخریب

هزینه ای که به علت اثرات زیست محیطی مستقیم مانند انتشار آلاینده ها (که باعث تخریب اکوسیستم ها و آسیب به ساختارها، کاهش محصولات کشاورزی و گرم شدن جهانی می شود) به وجود می آید، هزینه تخریب نامیده می شود. به عبارت دیگر به مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده را جبران کند، هزینه تخریب گفته می شود.

محاسبه هزینه های اجتماعی ابزار تصمیم گیری مفیدی برای کنترل تقاضای برق است، به ویژه در زمانی که افزایش تقاضا برای برق را پیش بینی می کنیم و می بایست برنامه ای برای افزایش در ظرفیت نیروگاه ها داشته باشیم به طوری که بازار به تعادل برسد و قیمت و هزینه نهایی اجتماعی با هم برابر شوند (۹). بنابراین مهم است که هزینه های خارجی تأثیر خود را بر هزینه های نیروگاه ها و قیمت تولید برق بگذارد تا بدین طریق جامعه بتواند میان گزینه های مختلف تولید برق، نیروگاه های با سوخت فسیلی و نیروگاه های خورشیدی ارزیابی اقتصادی و انتخاب درست را بنماید به طوری که منابع به طور بهینه تخصیص یابد.

روش بررسی

در این مقاله از مطالعات کتابخانه ای و میدانی استفاده شده است. اطلاعات مربوطه با استفاده از فیش برداری از گزارش ها و جداول آماری موجود در کتابخانه های شرکت توانیر، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، پژوهشگاه نیرو و مرکز اطلاعات علمی ایران گردآوری شده و در موارد لازم نیز با کارشناسان امر مصاحبه شده است.

همچنین با استفاده از جداول پایه اطلاعات نیروگاه های برق از قبیل میزان تولید و بازده تأثیر این فاکتور ها بر یکدیگر و در نهایت اثر آن ها بر روی میزان آلاینده ها و هزینه های اجتماعی مورد بررسی قرار گرفته است. و برای تجزیه و تحلیل و محاسبه داده ها نیز از نرم افزار Excel استفاده شده است.

در ابتدا با استفاده از جداول پایه اطلاعات نیروگاه های برق از قبیل میزان تولید و بازده تأثیر این فاکتور ها بر

رفاه جامعه، تأثیرگذار در آن صورت گفته می شود پیامدهای خارجی وجود دارد. این تأثیر می تواند مثبت (منفعت خارجی) یا منفی (هزینه خارجی) باشد. مثلاً رفاه ساکنان اطراف یک نیروگاه در نتیجه آلودگی هوا، پساب های نیروگاه یا سروصدای آن کاهش می یابد. انتشار و پخش مواد مضر که محصول فرعی نیروگاه های تولید برق با سوخت فسیلی می باشد پیامد خارجی منفی یا هزینه های خارجی به سایر عوامل اقتصادی جامعه تحمیل می کند، یعنی موجب تخریب محیط زیست، پایین آمدن رفاه افراد و افزایش هزینه های تولید سایر بنگاه ها می شود. مقدار هزینه های ریالی ناشی از پیامدهای خارجی منفی اصطلاحاً میزان تخریب نامیده می شود. به عبارت دیگر، به مجموع پولی که بتواند لطمات ناشی از انتشار مواد مضر را جبران و محو نماید "هزینه تخریب" گفته می شود. چون انتشار آلودگی ها اساساً از طریق یک یا چند عامل محیطی انتقال می یابد از این رو به این گونه تخریب ها، گاهی اوقات، تخریب های محیطی گفته می شود.

-محاسبه هزینه های خارجی

هزینه های خارجی به دو گروه عمده، هزینه های ایجاد شده به دلیل تخریب محیط زیست و هزینه های سلامتی و بهداشت انسان، تقسیم می شوند.

هزینه های سلامتی و بهداشت انسان براساس آمارهای پزشکی برآورد و محاسبه می شود، و هزینه های خارجی ناشی از تخریب محیط زیست از حاصلضرب میزان تخریب ایجاد شده در ارزش پولی خسارت زیست محیطی ایجاد شده، به ازای هر واحد از کل تخریب، به دست می آید.

در شرایطی که هزینه خارجی برابر با کل هزینه خارجی تحمیل شده به جامعه، برحسب واحد پول باشد، میزان تخریب ایجاد شده براساس واحدهای فیزیکی مانند انتشار یک واحد آلاینده و یا یک واحد از مساحت تخریب شده، بیان می شود. ارزش پولی خسارت زیست محیطی ایجاد شده، بر اساس واحد پول در هر واحد از مساحت تخریب شده، مانند دلار بر متر مربع، بیان می شود (۸).

$$\text{سوخت} \times 100 = \frac{\text{سوخت}}{\text{بازده}} \times 100 \quad (۴)$$

نتایج

در کل جریان این مدل سازی و سپس شبیه سازی، تاثیرات بهبود بازده سه نوع نیروگاه بخاری، سیکل ترکیبی و گازی مبنای شبیه سازی ها و محاسبات قرار گرفته است. با توجه به این که جداول ۱، ۲ و ۳ رابطه بین میزان تولید، سوخت و بازده نیروگاه ها را برای واحد های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی طی سال های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ نشان می دهد، در چهارچوب مدل به کار رفته اثر ۳ درصد افزایش بازده هریک از نیروگاه ها شبیه سازی شد که نتایج هریک از شبیه سازی ها برای نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ ملاحظه می شود.

یکدیگر، و در نهایت اثر آن ها بر روی میزان آلاینده ها و هزینه های اجتماعی مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین برای ارزیابی آثار بهبود بازده بر جنبه های زیست محیطی و اقتصادی نیروگاه ها ابتدا به مدل سازی رابطه تولید برق، بازده نیروگاه ها، مصرف انرژی نیروگاه ها و ترکیب سوختی نیروگاه ها پرداخته شده است. در این راستا ابتدا اثر بهبود بازده به میزان ۳٪ بر میزان مصرف سوخت نیروگاه ها شبیه سازی شده و سپس با توجه به الگوی مصرف سوخت در نیروگاه ها در سال پایه و همچنین با توجه به فاکتورهای نشر میزان تاثیر تغییر بازده در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای اندازه گیری شده است.

به علاوه رابطه بین میزان انتشار حاصل از فعالیت های تولید برق در نیروگاه ها با هزینه اجتماعی مدل سازی شده و پس از آن تغییرات در بازده نیروگاه ها و تاثیر آن بر میزان هزینه های اجتماعی شبیه سازی شده است.

لازم به ذکر است که در تمام مراحل این مدل سازی روابط بین تولید، بازده، میزان سوخت مصرفی و میزان انتشار آلاینده ها و گازهای گلخانه ای و نهایتاً هزینه های اجتماعی به صورت علت و معلولی در نظر گرفته شده است.

جهت انجام محاسبه بازده از فرمول زیر استفاده شده است:

جدول ۱- سوخت نیروگاه های بخاری سال های ۱۳۷۷-۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام

(۱ تا ۸، ۱۱)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۳۵/۴۴۳۸۵	۴۲/۴۱۳۲۸	۴۶/۹۹۹۱	۴۸/۶۶۱۵۲	۴۹/۱۸۹۷۹	۵۱/۲۴۱۷۴
بازده	۳۶/۲۵	۳۵/۸۶	۳۶/۰۲	۳۵/۷۳	۳۵/۵۵	۳۶/۰۶
سوخت	۹۸	۱۱۸	۱۳۰	۱۳۶	۱۳۸	۱۴۲

جدول ۲- سوخت نیروگاه های سیکل ترکیبی سال های ۱۳۷۷-۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام

(نگارنده، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۱۰/۹۷۳۴۳	۱۴/۴۴۰۴۲	۱۵/۰۶۸۹۸	۱۰/۷۳۹۱۲	۱۶/۵۵۱۸۲	۱۹/۷۳۶۷۰۶۶
بازده	۲۴/۰۳	۳۳/۵۷	۳۵/۰۷	۴۳/۰۴	۳۹/۸۹	۴۳/۵۱
سوخت	۴۶	۴۳	۴۳	۲۵	۴۱	۴۵

جدول ۳- سوخت نیروگاه های گازی سال های ۱۳۷۷-۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام (نگارنده، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۱۵/۸۹۱۶۴	۳/۶۶۴۰۸۸	۴/۹۵۰۱۵۵	۱۱/۷۹۶۹	۱۰/۳۰۲۳۷	۱۰/۳۶۵۷۴
بازده	۳۰/۲۶	۲۳/۰۴	۲۲/۲۴	۲۶/۰۸	۲۵/۴۸	۲۵/۹۴
سوخت	۵۳	۱۶	۲۲	۴۵	۴۰	۴۰

نیروگاه از ۴۳ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۴۰ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافته است.

در نیروگاه های گازی (جدول ۶) در سال ۱۳۷۹ با تغییر بازده از ۲۲/۲۴ به ۲۵/۲۴ میزان سوخت مصرفی نیروگاه از ۲۲ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۲۰ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافته است.

به طور مثال در نیروگاه های بخاری در سال ۱۳۷۹ (جدول ۴) با تغییر بازده از ۳۶/۰۲ به ۳۹/۰۲ میزان سوخت مصرفی نیروگاه از ۱۳۰ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۱۲۰ میلیون بشکه معادل نفت خام کاهش یافته است.

در نیروگاه های سیکل ترکیبی (جدول ۵) در سال ۱۳۷۹ با تغییر بازده از ۳۵/۰۷ به ۳۸/۰۷ میزان سوخت مصرفی

جدول ۴- سوخت نیروگاه های بخاری با افزایش ۳ درصدی بازده در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام (نگارنده، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۳۵/۴۴۳۸۵	۴۲/۴۱۳۲۸	۴۶/۹۹۹۱	۴۸/۶۶۱۵۲	۴۹/۱۸۹۷۹	۵۱/۲۴۱۷۴
بازده	۳۹/۲۵	۳۸/۸۶	۳۹/۰۲	۳۸/۷۳	۳۸/۵۵	۳۹/۰۶
سوخت	۹۰	۱۰۹	۱۲۰	۱۲۶	۱۲۸	۱۳۱

جدول ۵- سوخت نیروگاه های سیکل ترکیبی با افزایش ۳ درصدی بازده در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام (نگارنده، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۱۰/۹۷۳۴۳	۱۴/۴۴۰۴۲	۱۵/۰۶۸۹۸	۱۰/۷۳۹۱۲	۱۶/۵۵۱۸۲	۱۹/۷۳۶۷۰۶۶
بازده	۲۷/۰۳	۳۶/۵۷	۳۸/۰۷	۴۶/۰۴	۴۲/۸۹	۴۶/۵۱
سوخت	۴۱	۳۹	۴۰	۲۳	۳۹	۴۲

جدول ۶- سوخت نیروگاه های گازی با افزایش ۳ درصدی بازده در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام (نگارنده، ۱۳۸۴)

سال	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
تولید نیروگاه	۱۵/۸۹۱۶۴	۳/۶۶۴۰۸۸	۴/۹۵۰۱۵۵	۱۱/۷۹۶۹	۱۰/۳۰۲۳۷	۱۰/۳۶۵۷۴
بازده	۳۳/۲۶	۲۶/۰۴	۲۵/۲۴	۲۹/۰۸	۲۸/۴۸	۲۸/۴۹
سوخت	۴۸	۱۴	۲۰	۴۱	۳۶	۳۶

ارزیابی تاثیر افزایش بازده بر میزان آلاینده ها

اغلب صنایع به طور مستقیم یا غیر مستقیم از سوخت فسیلی استفاده می کنند. صنایع بزرگ مانند ذوب فلزات، صنعت برق، کانی های غیر فلزی و امثال آن مستقیماً سوخت های فسیلی به کار می برند. صنایع دیگر هم که انرژی برق مصرف می کنند با توجه به این که تولید برق هم عمدتاً با استفاده سوخت های فسیلی صورت می گیرد، به طور غیر مستقیم به منابع سوخت های فسیلی وابسته اند. ۵۰٪ سهم گازهای گلخانه ای با مصرف ۳۵٪ از کل انرژی به صنایع اختصاص دارد.

برای روشن شدن بیشتر ابعاد اثرات زیست محیطی نیروگاه ها باید گفت که برای تولید هر ۱۰۰۰ مگاوات برق در

(میزان مصرف گازوییل نیروگاه * فاکتور های نشر گازهای ناشی از گازوییل) +

(میزان مصرف نفت کوره نیروگاه * فاکتور های نشر گازهای ناشی از نفت کوره) +

(میزان مصرف گاز طبیعی نیروگاه * فاکتور های نشر گازهای ناشی از گاز طبیعی)

هر ساعت ۲۵۰ تن سوخت معمولاً سنگین با محتوای متوسط ۳٪ گوگرد مصرف می شود و ۱۵ تن دی اکسید گوگرد را وارد هوا می سازد به ترتیب چنین نیروگاهی ۲/۲۸ تن دی اکسیدهای ازت و حدود ۱۰۵ کیلو گرم هیدرو کربن نیم سوخته یا نسوخته و آلاینده های دیگر وارد محیط می کند. در نیروگاه های گاز سوز غیر از اکسیدهای ازت بقیه آلاینده ها به شدت کاهش می یابد (۲۰ و ۱).

بر اساس ثابت بودن فاکتورهای نشر حاصل از مصرف گازوییل، نفت کوره و گاز طبیعی در هریک از نیروگاه های مزبور و با استفاده از مدل تشریح شده در قسمت قبل، افزایش بازده نیروگاه ها و تاثیر آن بر میزان آلاینده های حاصله شبیه سازی شده است.

= میزان آلاینده ها

به آلاینده های ناشی از نیروگاه در حالت عادی (جدول ۷) به میزان ۱۴۷،۱۱۵،۸۵۲ تن کاهش یافته است.

همان طوری که مشاهده می شود در مقام مقایسه آلاینده های ناشی از نیروگاه بخاری پس از افزایش بازده (جدول ۷) نسبت

جدول ۷- آلاینده های نیروگاه های بخاری در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲، بر حسب تن (۱ تا ۸، ۱۰)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۴۷۴۳۷۳۲/۳۶	۳۲۱۰/۴۸	۱۴۴۷۲۱۷۹/۳	۲۱۲۹۴۶/۲	۵۵۳۹۶/۴۶	جمع کل ۷۷
۴۳۷۷۵۴۶۴/۱۸	۴۰۷۸/۰۸	۴۳۴۳۲۸۳۲/۳	۲۷۱۴۱۴/۲	۶۷۱۳۹/۶۴	جمع کل ۷۸
۴۸۱۹۲۸۲۵/۸۵	۴۴۶۹/۴	۴۷۸۱۸۲۸۶/۸	۲۹۶۱۶۰/۸	۷۳۹۰۸/۹	جمع کل ۷۹
۵۰۴۳۳۹۷۶/۸۴	۴۶۹۸/۸	۵۰۰۴۰۹۸۵/۸	۳۱۰۹۳۰	۷۷۳۶۲/۲۴	جمع کل ۸۰
۵۰۷۷۱۶۷۳/۸۴	۴۳۱۵/۲۶	۵۰۴۰۳۲۰۹/۷	۲۸۶۵۴۱/۸	۷۷۶۰۷/۰۶	جمع کل ۸۱
۵۱۲۹۳۸۴۵/۶۳	۳۴۰۹/۴۲	۵۰۹۸۶۷۰۸/۲	۲۲۵۹۳۱/۹	۷۷۷۹۶/۱۲	جمع کل ۸۲
		تن ۲۵۹۲۱۱۵۱۸/۷			جمع کل

جدول ۸- آلاینده نیروگاه های بخاری در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده،

بر حسب تن (نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۴۶۹۴۲۴۶/۵۳	۲۹۴۸/۴	۱۴۴۷۲۱۷۹/۳	۱۹۵۵۶۲/۸	۲۳۵۵۶/۰۷۴۱۸	جمع کل ۷۷
۱۸۶۰۴۱۰۱/۵۳	۳۷۶۷/۰۴	۱۸۳۱۹۷۸۰/۳	۲۵۰۷۱۳/۱	۲۹۸۴۱/۱۳۹۷۴	جمع کل ۷۸
۲۰۳۵۰۸۸۵/۶۹	۴۱۲۵/۶	۲۰۰۴۰۷۲۸/۱	۲۷۳۳۷۹/۲	۳۲۶۵۲/۷۸۲۴۵	جمع کل ۷۹
۲۱۴۳۷۹۳۳/۷۳	۴۳۵۳/۳	۲۱۱۱۱۱۰۹	۲۸۸۰۶۷/۵	۳۴۴۰۳/۸۸۷۹۶	جمع کل ۸۰
۲۰۱۵۶۳۹۵/۷۵	۴۰۰۲/۵۶	۱۹۸۵۴۳۱/۵	۲۶۵۷۷۷/۹	۳۲۲۸۳/۷۷۰۷۷	جمع کل ۸۱
۱۶۸۵۲۱۰۳	۳۱۴۵/۳۱	۱۶۶۱۳۶۶۳/۲	۲۰۸۴۳۰/۲	۲۶۸۶۴/۳۱۶۲۸	جمع کل ۸۲
		۱۱۲۰۹۵۶۶۶/۲ تن			جمع کل

جدول ۱۳ و نمودار ۱ نشان دهنده میزان کاهش آلاینده ها در نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی در اثر بهبود بازده می باشد.

محاسبات نیروگاه سیکل ترکیبی (مقایسه جداول ۹ و ۱۰) نشان دهنده میزان ۵۶۱۹۹۲۱ تن کاهش در آلاینده ها پس از افزایش بازده است. این امر در نیروگاه گازی (مقایسه جداول ۱۱ و ۱۲) با کاهش میزان ۷۳۲۹۴۰۹ تن آلاینده قابل مشاهده است.

جدول ۹- آلاینده های نیروگاه های سیکل ترکیبی در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب تن (۱۰ و نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۵۴۵۳۳۴۵	۹۲	۱۵۴۲۸۷۳۹	۱۳۷۶	۲۳۱۳۸	جمع کل ۷۷
۱۴۰۱۶۲۸۰	۳۴۴	۱۳۹۸۹۷۹۲	۴۱۲۸	۲۲۰۱۶	جمع کل ۷۸
۱۴۷۸۱۶۳۷	۵۱۶	۱۴۷۵۲۶۵۵	۶۱۹۲	۲۲۲۷۴	جمع کل ۷۹
۸۶۵۰۳۳۷/۵	۴۵۰	۸۶۳۱۳۱۲/۵	۵۴۰۰	۱۳۱۷۵	جمع کل ۸۰
۱۴۰۶۳۳۰۷/۵	۴۱۰	۱۴۰۳۶۸۶۲/۵	۴۹۲۰	۲۱۱۱۵	جمع کل ۸۱
۱۵۴۳۵۳۳/۵	۴۵۰	۱۵۴۰۶۳۱۲/۵	۵۴۰۰	۲۳۱۷۵	جمع کل ۸۲
		۸۲۴۰۰۲۴۴/۵ تن			جمع کل

جدول ۱۰- آلاینده نیروگاه های سیکل ترکیبی در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده، بر حسب تن

(نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۳۹۴۰۰۶۱/۵	۸۲	۱۳۹۱۸۳۷۲/۵	۹۸۴	۲۰۶۲۳	جمع کل ۷۷
۱۳۳۴۷۹۸۴	۳۱۲	۱۳۳۲۳۹۶۰	۳۷۴۴	۱۹۹۶۸	جمع کل ۷۸
۱۳۷۵۰۳۶۰	۴۸۰	۱۳۷۲۳۴۰۰	۵۷۶۰	۲۰۷۲۰	جمع کل ۷۹
۷۹۵۸۳۱۰/۵	۴۱۴	۷۹۴۰۸۰۷/۵	۴۹۶۸	۱۲۱۲۱	جمع کل ۸۰
۱۳۳۷۷۲۹۲/۵	۳۹۰	۱۳۳۵۲۱۳۷/۵	۴۶۸۰	۲۰۰۸۵	جمع کل ۸۱
۱۴۴۰۶۳۱۵	۴۲۰	۱۴۳۷۹۲۲۵	۵۰۴۰	۲۱۶۳۰	جمع کل ۸۲
		۷۶۷۸۰۳۲۳/۵ تن			جمع کل

جدول ۱۱- آلاینده های نیروگاه های گازی در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب تن (۱۰ و نگارنده، ۱۳۸۴)

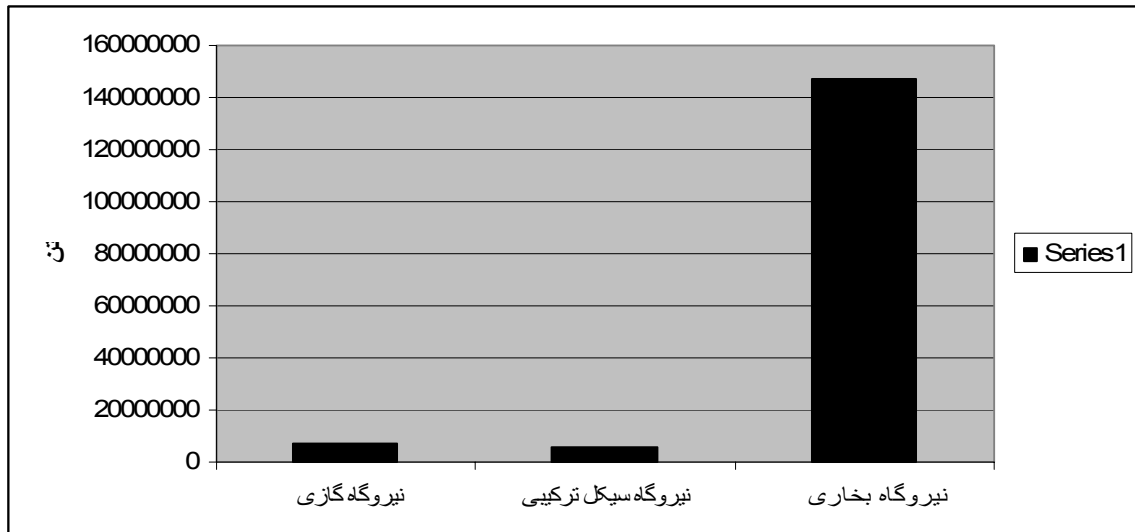
جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۸۲۵۹۰۵۶/۵	۷۴۲	۱۸۲۲۱۷۹۷/۵	۸۹۰۴	۲۷۶۱۳	جمع کل ۷۷
۵۵۱۲۱۶۸	۲۲۴	۵۵۰۰۹۲۰	۲۶۸۸	۸۳۳۶	جمع کل ۷۸
۷۷۹۴۱۶۰	۸۸۰	۷۷۷۰۴۰۰	۱۰۵۶۰	۱۲۳۲۰	جمع کل ۷۹
۱۵۷۳۹۶۹۵	۱۲۶۰	۱۵۶۸۹۲۵	۱۵۱۲۰	۲۴۳۹۰	جمع کل ۸۰
۱۴۰۸۱۰۲۰	۱۳۶۰	۱۴۰۴۱۳۰۰	۱۶۳۲۰	۲۲۰۴۰	جمع کل ۸۱
۱۴۰۲۰۹۰۰	۱۲۰۰	۱۳۹۸۳۵۰۰	۱۴۴۰۰	۲۱۸۰۰	جمع کل ۸۲
		۷۵۴۰۶۹۹۹/۵ تن			جمع کل

جدول ۱۲- آلاینده نیروگاه های گازی ۱۳۷۷-۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده، بر حسب تن (نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۶۵۳۶۵۰۴	۶۷۲	۱۶۵۰۲۷۶۰	۸۰۶۴	۲۵۰۰۸	جمع کل ۷۷
۴۸۲۳۱۴۷	۱۹۶	۴۸۱۳۳۰۵	۲۳۵۲	۷۲۹۴	جمع کل ۷۸
۷۰۸۵۶۰۰	۸۰۰	۷۰۶۴۰۰۰	۹۶۰۰	۱۱۲۰۰	جمع کل ۷۹
۱۴۳۴۰۶۱۱	۱۱۴۸	۱۴۳۰۳۴۶۵	۱۳۷۷۶	۲۲۲۲۲	جمع کل ۸۰
۱۲۶۷۲۹۱۸	۱۲۲۴	۱۲۶۳۷۱۷۰	۱۴۶۸۸	۱۹۸۳۶	جمع کل ۸۱
۱۲۶۱۸۸۱۰	۱۰۸۰	۱۲۵۸۵۱۵۰	۱۲۹۶۰	۱۹۶۲۰	جمع کل ۸۲
		۶۸۰۷۷۵۹۰ تن			جمع کل

جدول ۱۳- مقایسه میزان کاهش آلاینده ها در نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی بر حسب تن

نوع نیروگاه	نیروگاه بخاری	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه گازی
تغییرات میزان آلاینده (تن)	۱۴۷۱۱۵۸۵۲	۵۶۱۹۹۲۱	۷۳۲۹۴۰۹



نمودار ۱- مقایسه تغییرات آلاینده هادر نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی

(مقایسه جداول ۱۶ و ۱۷) به میزان ۵۳۳،۷۴۸ میلیون ریال و در نیروگاه های گازی (مقایسه جداول ۱۸ و ۱۹) به میزان ۷۵۳،۶۵۲ میلیون ریال بوده است. جدول ۲۰ و نمودار ۲ نشان دهنده میزان کاهش هزینه های اجتماعی در نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی می باشد.

ارزیابی تاثیر افزایش بازده بر میزان هزینه های اجتماعی در نیروگاه های بخاری پس از اعمال افزایش ۳ درصدی بازده (جدول ۱۵) و مقایسه آن با جدول اصلی هزینه های اجتماعی نیروگاه بخاری (جدول ۱۴) به میزان ۱۴،۷۸۱،۸۹۸ میلیون ریال کاهش در هزینه ها مشاهده می شود. این میزان کاهش در نیروگاه های سیکل ترکیبی

جدول ۱۴- هزینه اجتماعی نیروگاه های بخاری در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب میلیون ریال (او نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۴۶۴۳۱۳۱/۷۹۶	۱۱۰۴۴۰/۵	۱۱۵۷۷۷۴/۳۴	۳۱۰۹۰۱۳/۹۴	۲۶۵۹۰۳/۰۰۸	جمع کل ۷۷
۷۸۹۹۸۲۹/۵۴۴	۱۴۰۲۸۶	۳۴۷۴۶۲۶/۵۸	۳۹۶۲۶۴۶/۷۴	۳۲۲۲۷۰/۲۷۲	جمع کل ۷۸
۸۶۵۷۹۲۰/۷	۱۵۳۷۴۷/۴	۳۸۲۵۴۶۲/۹۴	۴۳۲۳۹۴۷/۶۸	۳۵۴۷۶۲/۷۲	جمع کل ۷۹
۹۰۷۵۸۳۴/۳۳۶	۱۶۱۶۳۸/۷	۴۰۰۳۲۷۸/۸۶	۴۵۳۹۵۷۸	۳۶۱۳۳۸/۷۵۲	جمع کل ۸۰
۸۷۳۶۷۲۶/۱۸	۱۴۸۴۴۴/۹	۴۰۳۲۲۵۶/۷۸	۴۱۸۳۵۱۰/۵۷	۳۷۲۵۱۳/۸۸۸	جمع کل ۸۱
۷۸۶۸۲۴۸/۴	۱۱۷۲۸۴	۴۰۷۸۹۳۶/۶۵	۳۲۹۸۶۰۶/۳۲	۳۷۳۴۲۱/۳۷۶	جمع کل ۸۲
۴۶۸۸۱۶۹۱					جمع کل

جدول ۱۵- هزینه اجتماعی نیروگاه های بخاری در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده.

بر حسب میلیون ریال (نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۴۲۲۷۴۸۵/۳	۱۰۱۴۲۴/۹۶	۱۱۵۷۷۷۴/۳۴	۲۸۵۵۲۱۶/۸۸	۱۱۳۰۶۹/۱۵۶۱	جمع کل ۷۷
۵۳۹۸۸۱۷	۱۲۹۵۸۶/۱۷۶	۱۴۶۵۵۸۲/۴۲	۳۶۶۰۴۱۰/۹۷	۱۴۳۲۳۷/۴۷۰۸	جمع کل ۷۸
۵۸۹۳۲۴۸/۶	۱۴۱۹۲۰/۶۴	۱۶۰۳۲۵۸/۲۵	۳۹۹۱۳۳۶/۳۲	۱۵۶۷۳۳/۳۵۵۸	جمع کل ۷۹
۶۲۰۹۵۶۶/۴	۱۴۹۷۵۳/۵۲	۱۶۸۸۸۸۸/۷۲	۴۲۰۵۷۸۵/۵	۱۶۵۱۳۸/۶۶۲۲	جمع کل ۸۰
۵۷۶۱۳۵۴/۳	۱۳۷۶۸۸/۰۶۴	۱۵۸۸۳۴۶/۵۲	۳۸۸۰۳۵۷/۶۳	۱۵۴۹۶۲/۰۹۹۷	جمع کل ۸۱
۴۶۰۹۳۲۰/۹	۱۰۸۱۹۸/۶۶۴	۱۳۲۹۰۹۳/۰۶	۳۰۴۳۰۸۰/۴۸	۱۲۸۹۴۸/۷۱۸۱	جمع کل ۸۲
۳۲۰۹۹۷۹۲/۵۸					جمع کل

جدول ۱۶- هزینه اجتماعی نیروگاه های سیکل ترکیبی در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ بر حسب میلیون ریال

(او نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۳۶۸۶۱۵/۹۲	۳۱۶۴/۸	۱۲۳۴۲۹۹/۱۲	۲۰۰۸۹/۶	۱۱۱۰۶۲/۴	جمع کل ۷۷
۱۲۹۶۹۶۲/۵۶	۱۱۸۳۳/۶	۱۱۱۹۱۸۳/۳۶	۶۰۲۶۸/۸	۱۰۵۶۷۶/۸	جمع کل ۷۸
۱۳۹۵۲۸۱/۲	۱۷۷۵۰/۴	۱۱۸۰۲۱۲/۴	۹۰۴۰۳/۲	۱۰۶۹۱۵/۲	جمع کل ۷۹
۸۴۸۰۶۵	۱۵۴۸۰	۶۹۰۵۰۵	۷۸۸۴۰	۶۳۲۴۰	جمع کل ۸۰
۱۳۱۰۲۳۷	۱۴۱۰۴	۱۱۲۲۹۴۹	۷۱۸۳۲	۱۰۱۳۵۲	جمع کل ۸۱
۱۴۳۸۰۶۵	۱۵۴۸۰	۱۲۳۲۵۰۵	۷۸۸۴۰	۱۱۱۲۴۰	جمع کل ۸۲
۷۶۵۷۲۲۶/۷					جمع کل

جدول ۱۷- هزینه اجتماعی نیروگاه های سیکل ترکیبی ۱۳۷۷-۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده، بر حسب میلیون ریال

(نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۲۲۹۶۴۷/۴	۲۸۲۰/۸	۱۱۱۳۴۶۹/۸	۱۴۳۶۶/۴	۹۸۹۹۰/۴	جمع کل ۷۷
۱۲۲۷۱۵۸/۴	۱۰۷۳۲/۸	۱۰۶۵۹۱۶/۸	۵۴۶۶۲/۴	۹۵۸۴۶/۴	جمع کل ۷۸
۱۲۹۷۹۳۶	۱۶۵۱۲	۱۰۹۷۸۷۲	۸۴۰۹۶	۹۹۴۵۶	جمع کل ۷۹
۷۸۰۲۱۹/۸	۱۴۲۴۱/۶	۶۳۵۲۶۴/۶	۷۲۵۳۲/۸	۵۸۱۸۰/۸	جمع کل ۸۰
۱۲۴۶۳۲۳	۱۳۴۱۶	۱۰۶۸۱۷۱	۶۸۳۲۸	۹۶۴۰۸	جمع کل ۸۱
۱۳۴۲۱۹۴	۱۴۴۴۸	۱۱۵۰۳۳۸	۷۳۵۸۴	۱۰۳۸۲۴	جمع کل ۸۲
۷۱۲۳۴۷۸/۶					جمع کل

جدول ۱۸- هزینه اجتماعی نیروگاه های گازی ۱۳۷۷-۱۳۸۲ بر حسب میلیون ریال (۱۰ و نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۷۴۵۸۰۹/۴	۲۵۵۲۴/۸	۱۴۵۷۷۴۳/۸	۱۲۹۹۹۸/۴	۱۳۲۵۴۲/۴	جمع کل ۷۷
۵۲۷۰۳۶/۸	۷۷۰۵/۶	۴۴۰۰۷۳/۶	۳۹۲۴۴/۸	۴۰۰۱۲/۸	جمع کل ۷۸
۸۶۵۲۱۶	۳۰۲۷۲	۶۲۱۶۳۲	۱۵۴۱۷۶	۵۹۱۳۶	جمع کل ۷۹
۱۶۳۷۰۸۲	۴۳۳۴۴	۱۲۵۵۹۱۴	۲۲۰۷۵۲	۱۱۷۰۷۲	جمع کل ۸۰
۱۵۱۴۱۵۲	۴۶۷۸۴	۱۱۲۳۳۰۴	۲۳۸۲۷۲	۱۰۵۷۹۲	جمع کل ۸۱
۱۴۷۴۸۴۰	۴۱۲۸۰	۱۱۱۸۶۸۰	۲۱۰۲۴۰	۱۰۴۶۴۰	جمع کل ۸۲
۷۷۶۴۱۳۶/۲					جمع کل

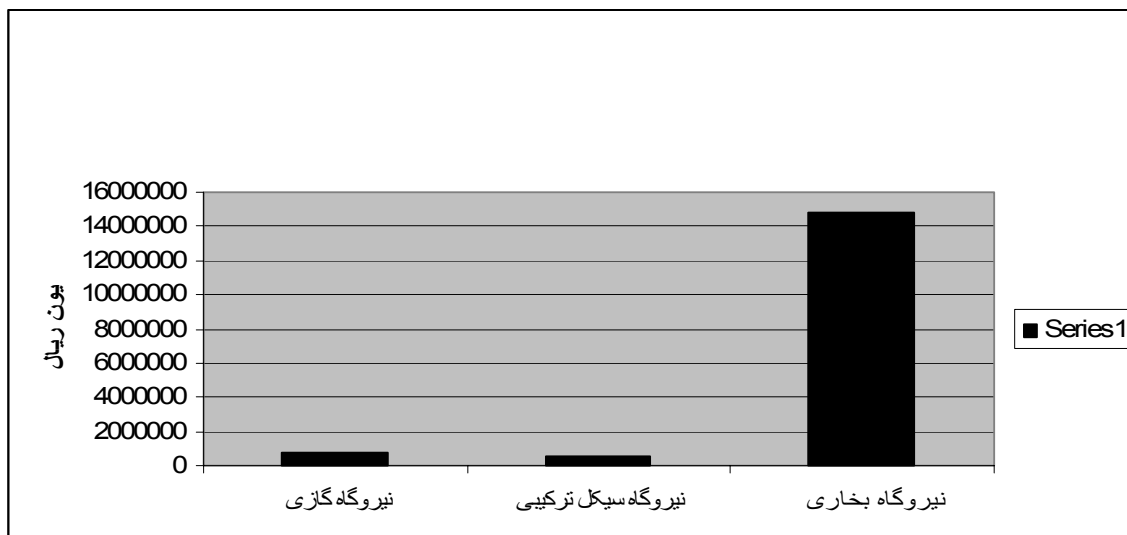
جدول ۱۹- هزینه اجتماعی نیروگاه های گازی در سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ با افزایش ۳ درصدی بازده،

بر حسب میلیون ریال (نگارنده، ۱۳۸۴)

جمع سالانه	SPM	CO2	SO2	Nox	نوع آلاینده سال
۱۵۸۱۱۱۰/۴	۲۳۱۱۶/۸	۱۳۲۰۲۲۰/۸	۱۱۷۷۳۴/۴	۱۲۰۰۳۸/۴	جمع کل ۷۷
۴۶۱۱۵۷/۲	۶۷۴۲/۴	۳۸۵۰۶۴/۴	۳۴۳۳۹/۲	۳۵۰۱۱/۲	جمع کل ۷۸
۷۸۶۵۶۰	۲۷۵۲۰	۵۶۵۱۲۰	۱۴۰۱۶۰	۵۳۷۶۰	جمع کل ۷۹
۱۴۹۱۵۶۳/۶	۳۹۴۹۱/۲	۱۱۴۴۲۷۷/۲	۲۰۱۱۲۹/۶	۱۰۶۶۶۵/۶	جمع کل ۸۰
۱۳۶۲۷۳۶/۸	۴۲۱۰۵/۶	۱۰۱۰۹۷۳/۶	۲۱۴۴۴۴/۸	۹۵۲۱۲/۸	جمع کل ۸۱
۱۳۲۷۳۵۶	۳۷۱۵۲	۱۰۰۶۸۱۲	۱۸۹۲۱۶	۹۴۱۷۶	جمع کل ۸۲
۷۰۱۰۴۸۴					جمع کل

جدول ۲۰- مقایسه میزان کاهش آلاینده ها در نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی بر حسب تن

نوع نیروگاه	نیروگاه بخاری	نیروگاه سیکل ترکیبی	نیروگاه گازی
تغییرات میزان هزینه های اجتماعی (میلیون ریال)	۱۴۷۸۱۸۹۸	۵۳۳۷۴۸	۷۵۳۶۵۲



نمودار ۲- مقایسه تغییرات هزینه های اجتماعی نیروگاه های بخاری، سیکل ترکیبی و گازی

تفسیر نتایج

با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می شود با فرض افزایش ۳ درصدی بازده نیروگاه ها، کاهش قابل ملاحظه ای در میزان آلاینده ها و هزینه های اجتماعی رخ داده است. بر این اساس و در مقایسه نیروگاه ها با یکدیگر مشاهده می شود بیشترین میزان کاهش در میزان آلاینده ها و هزینه های اجتماعی در نیروگاه های بخاری رخ داده است. در نتیجه ارجحیت افزایش بازده با توجه به اعداد و ارقام به دست آمده در نیروگاه های بخاری می باشد.

بنا بر این پیشنهاد می شود سیاست های افزایش بازده با اولویت اجرا در نیروگاه های بخاری اعمال گردد.

منابع

۱. کرباسی، عبدالرضا "نقش نیروگاه ها در آلودگی" نشریه انرژی در ایران، سال اول، شماره ۲، مرداد ۷۶، صفحات ۲۸ و ۲۹.

با توجه به محاسبات صورت گرفته در این پژوهش و نتایج آن مشاهده می شود که در نتیجه افزایش بازده نیروگاه های برق فسیلی میزان آلاینده های تولیدی و هزینه های اجتماعی کاهش قابل ملاحظه ای می یابد.

در نیروگاه های بخاری طی سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ میزان کاهش آلاینده ها ۱۴۷،۱۱۵،۸۵۲/۵ تن و میزان کاهش هزینه های اجتماعی در نیروگاه های بخاری ۱۴،۷۸۱،۸۹۸/۴ میلیون ریال بوده است.

در نیروگاه های سیکل ترکیبی طی سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ میزان کاهش آلاینده ها ۵،۶۱۹،۹۲۱ تن و میزان کاهش هزینه های اجتماعی ۵۳۳،۷۴۸/۰۸ میلیون ریال بوده است.

همچنین در نیروگاه های گازی طی سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ میزان کاهش آلاینده ها ۷،۳۲۹،۴۰۹/۵ تن و میزان کاهش تغییرات اجتماعی ۷۵۳/۶۵۲/۲ میلیون ریال بوده است.

۱۱. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۸، سال انتشار: ۱۳۷۹، سازمان مدیریت توانیر، معاونت منابع اطلاعات مدیریت مرکز اطلاع رسانی - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۷ و ۸.
۱۲. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۹، سال انتشار: ۱۳۸۰، سازمان مدیریت توانیر، معاونت منابع اطلاعات مدیریت مرکز اطلاع رسانی - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۲۵ تا ۲۷.
۱۳. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۸۰، سال انتشار: ۱۳۸۱، ناشر: سازمان مدیریت توانیر معاونت منابع انسانی و بهبود بهره وری، معاونت منابع اطلاعات مدیریت مرکز اطلاع رسانی - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۳۰ تا ۳۲.
۱۴. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۸۱، سال انتشار: ۱۳۸۲، ناشر: شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت منابع انسانی و بهبود بهره وری - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۲۷ تا ۲۹.
۱۵. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۸۲، سال انتشار: ۱۳۸۳، ناشر: شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت منابع انسانی و بهبود بهره وری - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۳۸ تا ۴۰.
۱۶. آمار تفضیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی در سال ۱۳۸۳، سال انتشار: ۱۳۸۳، ناشر: معاونت منابع انسانی و بهبود بهره وری، صفحات ۸ تا ۱۱.
۱۷. آمار ها، نمودارها، انرژی، ایران و جهان (۱۳۸۱-۲۰۰۲)، ۱۳۸۳، دفتر برنامه ریزی ایران، صفحات ۱ تا ۵.
۱۸. تراز نامه انرژی سال ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ناشر وزارت نیرو- معاونت امور انرژی، صفحات ۲۸۴ و ۲۸۵.
۱۹. سی و هفت سال صنعت برق ایران در آینه آمار (۱۳۸۲-۱۳۴۶)، ۱۳۸۲، انتشارات شرکت مادر تخصصی توانیر، صفحات ۲۰ و ۲۱.
۲. مشانیر، پروژه افزایش قدرت خروجی توربین های گازی کیش- شرکت خدمات مهندسی برق- جلد اول-دفتر بهینه سازی مصرف انرژی، صفحات ۲ و ۳۶ تا ۴۵، ۵۲ تا ۵۶، ۶۶ تا ۷۲، ۷۴ تا ۷۹، ۹۵، ۱۰۱ تا ۱۰۹، ۱۴۶ تا ۱۴۸، ۱۵۱ تا ۱۵۳، ۱۵۵ تا ۱۵۸، ۱۸۵، ۱۸۷.
۳. باباپور، شهلا، پروژه انجام مطالعات و ارایه طرح بهینه سازی عملکرد دیگ های بخار نیروگاه ها، گزارش چهارم انجام مطالعات بهینه سازی عملکرد دیگ بخار یک واحد از یکی از نیروگاه های کشور، ۱۳۸۲، شرکت متن - بخش نیروگاه، صفحات ۲ تا ۴، ۳۳ تا ۳۷، ۳۳، ۱۴۱ تا ۱۴۷، ۱۷۶ تا ۱۸۱.
۴. گزارش توانیر، مقایسه توربین گازی، سیکل ترکیبی، بخاری (خشک)، ۱۳۷۳، شرکت توانیر، صفحات ۱ تا ۷.
5. Bromley Daniel, W., 1995, "The Handbook of Environmental Economics", Blackwell publishers, Cambridge.
6. Blackwell publishers, Cambridge.
7. Couse, R., 1994, " Reading in Microeconomics", ch. 33, the Problem of Social Cost, p.p. 484-518.
8. Koomey, J. & F. Krause, 1997, "Introduction to Environmental externality Costs", Energy Analysis Program Applied Science Division Lawrence Berkely Laboratory.
9. Cantor, R., 1991, "the External Costs of Fuel Cycles: Background Document to the Approach and Issue " Prepared for the Energy by resource for the Future, Washington Department, DC.
۱۰. آمار تفضیلی صنعت برق ایران در سال ۱۳۷۷، سال انتشار: ۱۳۷۸ سازمان مدیریت توانیر، معاونت منابع اطلاعات مدیریت مرکز اطلاع رسانی - گروه تحلیل و انتشار آمار، صفحات ۷ و ۸.

22. www.irandoc.ac.ir
23. www.tavanir.or
۲۰. غیاث الدین، منصور و همکاران، بررسی اثرات زیست محیطی نیروگاه های سوخت فسیلی کشور، ۱۳۷۵، مرکز تحقیقات نیرو، صفحات ۳، ۷، ۱۳، ۹، ۱۸ تا ۲۳، ۲۴ و
۲۱. تراز نامه انرژی سال ۱۳۸۲، سال انتشار: ۱۳۸۳، ناشر وزارت نیرو- معاونت امور انرژی، صفحات ۲۰۴ تا ۲۰۶ و ۳۲۲