

کاربرد مکانیزم توسعه پاک در ایران

مطالعه موردی طرح CHP مشهد

سید منصور خلیلی عراقی*

حسین شیخ زاده**

جواد پاکدین***

* استاد دانشگاه تهران

** مدیر بخش HSE سازمان بهینه سازی مصرف سوخت

*** کارشناس ارشد اقتصاد محیط زیست دانشگاه تهران

چکیده

ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و عضو فعال کنوانسیون تغییرات آبوهوا و پروتکل کیوتو، از این امکان برخوردار است تا از سازوکارهای انعطافی موجود در پروتکل کیوتو (به طور خاص مکانیزم توسعه پاک) در جهت منافع ملی خود و حفاظت از محیط زیست به نحو مطلوب بهره گیرد. با توجه به کارایی پایین تولید و توزیع برق در ایران (که کارایی بهترین نیروگاه های کشور کمتر از ۵۰ درصد است)، پتانسیل بالای افزایش کارایی، کاهش مصرف سوخت های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای را نشان می دهد.

پروژه تولید همزمان برق و حرارت در نیروگاه مشهد و گرمایش منطقه ای یکی از بهترین و با صرفه ترین راهکارهای افزایش کارایی در زمینه تولید و مصرف انرژی می باشد. در این مقاله امکان سنجی اقتصادی این طرح با تاکید بر تعریف آن در چارچوب مکانیزم توسعه پاک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که اجرای این طرح از منظر اقتصادی دارای توجیه می باشد. از طرفی درآمد ناشی از فروش گواهی های کاهش انتشار (تعریف طرح در چارچوب مکانیزم توسعه پاک) تاثیر قابل توجهی بر توجیه پذیری طرح دارد؛ به طوری که بدون در نظر گرفتن درآمدهای ناشی از آن، NPV طرح حدود ۹۱ درصد کاهش یافته و ریسک اجرای آن افزایش می یابد. در نهایت اجرای طرح با تاکید بر تعریف آن در چارچوب مکانیزم توسعه پاک و با تامین مالی از طریق بودجه سالانه دولت توصیه شده است.

کلمات کلیدی: پروتکل کیوتو، مکانیزم توسعه پاک، تحلیل هزینه فایده اقتصادی، تولید همزمان برق و حرارت، گرمایش منطقه ای.

JEL Classification: D61, D62, Q41, Q48.

* Khalili@ut.ac.ir

** Hse_she@yahoo.com

*** JPakdin@ ut.ac.ir

مقدمه

ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و عضو فعال کنوانسیون تغییرات آب‌وهوا و پروتکل کیوتو، از این امکان برخوردار است تا از سازوکارهای انعطافی موجود در پروتکل کیوتو (به طور خاص مکانیزم توسعه پاک^۱(CDM)) در جهت منافع ملی خود و حفاظت از محیط زیست به نحو مطلوب بهره گیرد. با توجه به اینکه تاکنون تلاش‌های اندکی در جهت بکارگیری این مکانیزم در ایران صورت گرفته (تنها چهار پروژه در حد سند پیشنهاد پروژه^۲ در سازمان محیط زیست تعریف شده است) و از طرفی پتانسیل موجود برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور بسیار بالاست، لزوم توجه به این امر بیش از پیش احساس می‌شود.

مطالعات فراوانی در مورد تاثیر این مکانیزم بر اجرای پروژه‌های افزایش کارایی انرژی در کشورهای مختلف انجام شده است. بعنوان مثال ویس و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر CDM را بر بخش برق تایلند بررسی کردند. آنها با استفاده از مدل RED^۳ به بررسی اثر مشوق‌های گوناگون بر توسعه انرژی‌های تجدید پذیر پرداختند. آنها در این مدل CDM را به عنوان یک مشوق اساسی در نظر گرفتند و پس از بررسی سناریوهای مختلف به این نتیجه رسیدند که پتانسیل برنامه ریزی شده توسط دولت تایلند قابل دسترسی است، اما برای دستیابی به اهداف تعیین شده طبق برنامه ریزی، قیمت‌ها می‌بایست بسیار بالا باشد. نتیجه مهم دیگری که آنها گرفتند این بود که برای رسیدن به یک شبکه برق پایدار، رویکرد CDM بخش به بخش -در صورتی که قیمت هر CER^۴، ۱۵ یورو باشد- می‌تواند ۲۰ درصد مشوق‌های مورد نیاز را تامین کند.

کاسوگی و همکاران (۲۰۰۵) به ارزیابی اقتصادی یک پروژه تولید همزمان برق و حرارت در یک منطقه صنعتی در شانگهای چین پرداختند. آن‌ها این پروژه را به عنوان یک پروژه بالقوه مکانیزم توسعه پاک در نظر گرفتند و با استفاده از یک مدل برنامه ریزی ریاضی جدید مورد بررسی قرار دادند. آنها با استفاده از مدل جدید خود به دنبال یافتن ظرفیت بهینه نصب سیستم CHP در منطقه بودند. مدل آنها همچنین هزینه انرژی و میزان آلاینده‌های CO₂ و SO_x را محاسبه می‌کرد. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در برخی موارد نصب سیستم CHP می‌بایست بدون کمک مالی کشور دیگر و در برخی دیگر فقط با کمک مالی کشور دیگر در چارچوب CDM انجام شود. به دیگر سخن، در برخی موارد ارزش CER طرح، به خوبی هزینه‌های اجرای طرح را تامین می‌کرد.

پوروهیت و میکلاوا (۲۰۰۷) به بررسی پتانسیل تئوریک و واقعی CDM در تولید همزمان در کارخانجات تولید شکر هند پرداختند بر اساس نتایج تحقیق، آنها در یافتند که پتانسیل تولید الکتریسیته از طریق تکنولوژی تولید همزمان در صنایع شکر و نیشکر هند، حدود ۳۷ تراوات ساعت یعنی حدود ۵۵۷۵ مگاوات تخمین زده می‌شود. بر این اساس پتانسیل CER سالانه این صنعت به ۲۸ میلیون تن بالغ می‌شود. آنها

1. Clean Development Mechanism

۲. این سند که توسط اجرا کننده پروژه یا حمایت‌کننده آن تهیه می‌شود، حاوی اطلاعات مربوط به پروژه بوده که پس از تنظیم آن، به مرجع ملی صلاحیت دار (در مورد ایران سازمان حفاظت محیط زیست) ارائه می‌شود. این سند به منزله پیشنهاد پروژه به منظور تعریف آن در چهارچوب مکانیزم توسعه پاک، (اولین مرحله در روند مکانیزم توسعه پاک) به آن مرجع تحویل می‌شود، تا پس از انجام مطالعات دقیق تر مراحل بعدی مکانیزم دنبال شود.

3 Renewable Energy Development

4. Certified Emission Reduction

همچنین به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط فعلی، این صنعت حتی تا ۲۰ سال دیگر هم نمی تواند به حداکثر پتانسیل پیش بینی شده اش برسد، ولی CDM می تواند رسیدن به این پتانسیل را سرعت بسیاری بخشد.

در مطالعه ای مشابه رستوتی و میکلاوا (۲۰۰۷)، پتانسیل CDM در تولید همزمان در کارخانجات تولید شکر اندونزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که پتانسیل کاهش گازهای گلخانه ای صنایع شکر اندونزی ۲۴۰۷۴۴ (پروژه بزرگ مقیاس) یا ۱۹۸۱۷۷ (پروژه کوچک مقیاس) تن در سال است که می تواند به ترتیب درآمدی معادل ۱/۳۶ یا ۱/۱۲ میلیون دلار در سال ایجاد کند. در این مقاله تلاش بر آن است تا میزان تاثیر مشوق CDM را بر امکان سنجی پروژه تولید همزمان نیروگاه مشهد مورد مطالعه قرار دهیم.

پروتکل کیوتو و مکانیزم توسعه پاک

پیدایش و گسترش نظریه تغییر اقلیم، ابتدا در محافل علمی و با هدف افزایش دانسته ها در مورد جو و پدیده گلخانه ای آغاز شد. اندازه گیری های دقیق در نقاط دور افتاده زمین مانند "مونالوا" در هاوایی، نشان داد که غلظت دی اکسید کربن یعنی تراکم مهمترین گاز گلخانه ای در حال افزایش است. کنوانسیون تغییر آب و هوا در سال ۱۹۹۲ در اجلاس ریو با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیت های صنعتی در سطحی که از آسیب های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد تدوین گشته و از سال ۱۹۹۴ اجرایی گردید.

کنوانسیون تغییر آب و هوا در ۲۱ مارس ۱۹۹۴، ۹۰ روز پس از تصویب آن در ۵۰ کشور، اجرایی گردید. اولین کنفرانس اعضاء، بالاترین ارگان کنوانسیون تغییر آب و هوا، از ۲۸ مارس تا ۷ آوریل ۱۹۹۵ در شهر برلین برگزار شد و اعضاء در این جلسه، ۲۱ تصمیم اتخاذ کردند که یکی از آنها توافقنامه برلین برای انجام مذاکرات جدید درباره تقویت کنوانسیون بود. مهم ترین تصمیم اتخاذ شده در نخستین کنفرانس متعاهدین، تنظیم یک پروتکل ویژه به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بود تا در کنفرانس سوم اعضاء (سال ۱۹۹۷) به تصویب برسد و تعهداتی نیز برای کشورهای در حال توسعه در نظر گرفته نشود.

پروتکل در سومین اجلاس اعضاء متعهدین مورخ ۱۱ دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتو تصویب و به مدت یکسال جهت امضای کشورها و اعضاء کنوانسیون باز گذاشته شد. از اهداف اساسی پروتکل ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای ضمیمه یک کنوانسیون در کاهش انتشار و انتقال کمک های فنی و مالی به کشورهای در حال توسعه و کشورهایی که بشدت متاثر از آثار تغییر اقلیم هستند می باشد.

هر یک از اعضاء ضمیمه I بطور مستقل یا مشترک توسط پروتکل کیوتو متعهد شده اند که انتشار گازهای گلخانه ای را حذف و یا کاهش دهند بطوریکه میزان انتشار شش گاز گلخانه ای کشورهای توسعه یافته در محدوده سال های ۲۰۰۸-۲۰۱۲ تا ۵٪ زیر سطح انتشار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد.

پروتکل کیوتو، اعضای ضمیمه ۱^۱ را به تحقق بخشی از تعهداتشان از طریق سه مکانیزم انعطاف پذیر رهنمون نمود. از طریق این مکانیزمها، یک کشور می‌تواند بخشی از کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای خود را در کشور دیگر و یا از طریق خرید امتیازات کشور دیگر محقق نماید.

این سه مکانیزم عبارتند از:

- اجرای مشترک
- تجارت انتشار
- مکانیزم توسعه پاک (United Nations, 1998).

اجرای مشترک (JI^۲): پروژه‌هایی هستند که با توجه به تجارب تکنولوژیکی کشورها، به منظور اجرای تعهد یا اخذ گواهی توسط برخی از کشورهای صنعتی در سایر کشورهای توسعه یافته اجرا می‌گردند. تجارت انتشار (ET^۳): با توجه به اینکه کشورهای صنعتی تحت پروتکل کیوتو متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند (هر کشور تعهد مستقلی دارد) در راستای این تعهدات اگر کشوری نتواند سهم تعهدات خود را در کاهش انتشار برآورده نماید می‌تواند از کشورهای صنعتی دیگر که بیش از سهم تعهد خود کاهش انتشار داشته است مجوز انتشار را خریداری نماید. این موضوع را تجارت انتشار می‌گویند.

مکانیزم توسعه پاک (CDM): پروژه‌هایی که کشورهای توسعه یافته جهت تحقق تعهدات خود در کاهش انتشار و همچنین کمک به توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه اجرا می‌نمایند و کشورهای در حال توسعه نیز به ازای کاهش انتشار، گواهی یا CER بصورت مبلغی پول دریافت می‌نمایند.

از آنجا که عموماً جلوگیری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه با هزینه پایین‌تری در مقایسه با کشورهای توسعه یافته قابل انجام است، بسیاری از کشورهای توسعه یافته علاقه‌مند به اجرای این پروژه‌ها در کشورهای در حال توسعه هستند.

در نتیجه این امر، یک کشور توسعه یافته در یک کشور در حال توسعه سرمایه‌گذاری می‌کند که به انتقال فناوری، ایجاد اشتغال، بهبود شرایط زیست‌محیطی و غیره در کشور در حال توسعه منجر می‌شود. علاوه بر موارد فوق درآمدی نیز از قبل فروش گواهی کاهش انتشار و نیز کاهش هزینه‌های سوخت و مواد مصرفی عاید کشور در حال توسعه می‌شود.

به این ترتیب کشور سرمایه‌گذار با میزان سرمایه‌گذاری کمتری به تعهد خود عمل کرده و کشور سرمایه‌پذیر علاوه بر تحصیل فناوری‌های نو و دوستدار محیط زیست، درآمدی را نیز کسب کرده است. با این حال تاکنون بسیاری از کشورهای متعهد در پروتکل، به نتایج مورد نظر در کاهش گازهای گلخانه‌ای نرسیده‌اند. جدول ۱ تعدادی از کشورهای منتخب و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای آنها را نشان می‌دهد. همچنین در ستونی مجزا میزان تغییر انتشار این گازها و تعهد کاهش انتشار آنها بر طبق پروتکل آمده است.

1. Annex I Parties
2. Joint Implementation
3. Emission Trading

جدول ۱- میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی و تعهدات کشورها در چارچوب پروتکل کیوتو (میلیون تن در سال)

نام کشور	سال ۱۹۹۰	سال ۲۰۰۶	تغییرات (درصد)	میزان تعهدات در چارچوب پروتکل (درصد)
آلمان	۹۵۰/۴	۸۲۳/۵	-۱۳/۴	-۲۱
اتریش	۵۶/۶	۷۲/۸	۲۸/۸	-۱۳
انگلستان	۵۵۳	۵۳۶/۵	-۳	-۱۲/۵
ایتالیا	۳۹۷/۸	۴۴۸	۱۲/۶	-۶/۵
دانمارک	۵۰/۴	۵۵/۲	۹/۵	-۲۱
هلند	۱۵/۶	۱۷۸/۳	۱۳/۹	-۶
ژاپن	۱۰۷۱/۴	۱۲۱۲/۷	۱۳/۲	-۶
ایالات متحده آمریکا	۴۸۶۳/۳	۵۶۹۶/۸	۱۷/۱	-۷

ماخذ: ترازنامه انرژی ۱۳۸۵

کشور ما یکی از عقب مانده‌ترین کشورهای دنیا در زمینه کارایی مصرف انرژی است و تلاش در جهت بالا بردن این کارایی از ملزومات عقلی و واضح می‌باشد؛ علاوه بر آن وجود مکانیزم تسهیل کننده‌ای چون CDM برای کشورهایی چون ایران، می‌تواند انگیزه مناسبی برای حرکت در جهت افزایش کارایی و بهینه سازی مصرف سوخت باشد. بنابراین پروژه‌های افزایش کارایی و بهینه سازی بدین منظور بایستی مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

پروژه‌هایی که تاکنون در چارچوب CDM در ایران تعریف شده اند عبارتند از:

✓ پروژه بازیافت حرارتی کیش: با توجه به محاسبات صورت گرفته، با اجرای این پروژه، انتشار CO₂ در هر سال ۱۵۳۵۰۴/۵ تن کاهش خواهد یافت.

✓ پروژه نیروگاه بادی منجیل: با اجرای این پروژه انتشار CO₂ در هر سال ۴۲۷۲۷۶ تن کاهش می‌یابد.

✓ پروژه نیروگاه فتوولتیک: با اجرای این پروژه انتشار CO₂ در هر سال ۶۷۰ تن کاهش می‌یابد.

✓ پروژه کاربرد CNG در حمل و نقل: با اجرای این پروژه انتشار CO₂ در هر سال ۳۹۰۱۰۶ تن کاهش می‌یابد.

البته هیچ کدام از این پروژه‌ها هنوز در سازمان ملل ثبت نشده و گواهی کاهش انتشار (CER) برای آنها صادر نشده است و سهم ایران از متوسط سالانه ۳۱۰ میلیون CER صادر شده^۱، صفر می‌باشد. با توجه به

1 . <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>

پتانسیل بالای کاهش گازهای گلخانه ای در کشور (با توجه به اینکه شدت مصرف انرژی در ایران بسیار بالاتر از استانداردهای جهانی است)، این پروژه ها بسیار اندک به نظر می رسد.

بر خلاف ایران در سایر کشورهای در حال توسعه همانند برزیل، هند و چین و کشورهای دیگر تلاش های فراوانی در جهت استفاده از این مکانیزم صورت گرفته است. شاهدهی بر این مدعا تعداد پروژه هایی است که در این کشورها در قالب مکانیزم توسعه پاک تعریف شده است. جدول ۲ تعداد پروژه های ثبت شده برخی کشورهای منتخب را نشان می دهد.

جدول ۲- تعداد پروژه های ثبت شده برخی کشورهای منتخب در قالب مکانیزم توسعه پاک

تا تاریخ ۴ آگوست ۲۰۰۹

چین	هند	برزیل	مکزیک	مالزی	فیلیپین	کره جنوبی	اندونزی
۶۰۱	۴۴۸	۱۶۰	۱۱۷	۵۸	۳۹	۲۸	۲۷

ماخذ: <http://cdm.unfccc.int/Statistics/Registration/>

پروژه تولید همزمان برق و حرارت در نیروگاه مشهد و گرمایش منطقه ای حرم مطهر رضوی و محدوده اطراف آن، یکی از جذاب ترین پروژه ها از نظر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می باشد. در نتیجه این پروژه به خوبی می تواند در چارچوب مکانیزم توسعه پاک معرفی شده و بخشی از هزینه سرمایه گذاری آن را تامین کند.

معرفی طرح

از یک دیدگاه انرژی مدارانه، تولید برق در نیروگاه های حرارتی فرایندی کاملاً اتلاف گر به شمار می رود، بدین معنا که در بهترین شرایط تولیدی این واحدها حدود ۵۰ درصد انرژی حرارتی به انرژی الکتریسیته تبدیل نشده و به صورت گرما از آگروز نیروگاه به جو منتقل می شود. در این صورت بسیار بهتر خواهد بود که گرمای اتلافی از فرایند تولید را جمع آوری کرده و از آن استفاده مجدد کرد.

با ترکیب فرایندهای تولید برق و تولید گرما امکان ایجاد یک سیستم بسیار کارآمد که از انرژی اولیه استفاده بهینه می کند، وجود دارد. تولید همزمان برق و حرارت یا CHP یک روش صرفه جویی انرژی است^۱ که در آن برق و حرارت به طور همزمان تولید می شوند. فرآیند تولید همزمان می تواند بر اساس استفاده از توربین های گازی، بخار و یا موتورهای احتراقی بنا شود. در یک تاسیسات متداول CHP مبدل های حرارتی برای بازیافت گرمای اتلافی از گازهای دودکش و دیگر منابع در خلال فرایند تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد. حرارت حاصل از تولید همزمان نیز می تواند به منظور گرمایش منطقه ای DH و یا در صنایع فرآیندی مورد استفاده قرار گیرد. گرمایش منطقه ای سیستمی است که در آن حرارت به صورت متمرکز تولید شده و از طریق لوله های انتقال به مشترکان رسانده و به آن ها فروخته می شود. این کار با استفاده از یک شبکه توزیع که از آب داغ یا بخار به عنوان حامل انرژی حرارتی استفاده می کند، انجام می پذیرد. در این

^۱. بازده کلی این واحدها ۸۰ تا ۹۰ درصد است در حالی که بازده واحد های متداول حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد می باشد و این بازده بالاتر موجب صرفه

جویی در مصرف انرژی می باشد

صورت دیگر نیازی به وجود تاسیسات حرارتی و موتورخانه در ساختمان‌هایی که از این سیستم بهره می‌گیرند نخواهد بود.

نیروگاه مشهد بعنوان یکی از قدیمی‌ترین نیروگاه‌های بخار کشور شناخته می‌شود. بخش عمده‌ای از انرژی حرارتی واحدهای گازی نیروگاه مشهد با دمایی در حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد خارج شده و لذا تلفات حرارتی عمده‌ای در این بخش حاصل می‌شود. از اینرو پروژه تولید همزمان برق و حرارت برای تأمین نیازهای گرمایشی، سرمایشی و آب گرم منطقه حرم مطهر امام‌رضا (ع) تعریف شده است. اماکن متبرکه حرم مطهر که بایستی گرمایش آنها توسط سیستم تولید همزمان تامین گردد، به ۴ قطاع یا ناحیه - که توسط خیابان‌های اصلی منتهی به حرم مطهر از یکدیگر تفکیک می‌شوند- تقسیم و نیازهای حرارتی قطاع‌های مذکور توسط تاسیساتی که در طبقات زیرین حرم مطهر قرار گرفته‌اند، تامین می‌شود. تمامی محاسبات مربوط به برآورد بارهای گرمایشی و سرمایشی مناطق مصرفی، توسط شرکت مشاور طوس آب انجام شده است.

جدول ۳- مشخصات کلی منطقه مصرف (محدوده حرم مطهر امام رضا (ع))

۳۶۰/۹ هکتار	مساحت محدوده طرح
۵۱۰۰۰ نفر	جمعیت ساکن دائمی در محدوده طرح
حدود ۱۲۰۰۰۰ نفر در شب	حداکثر جمعیت قابل اسکان متغیر
۴۰/۸ درصد	کاربری مسکونی
۶ درصد	کاربری تجاری
۲۳/۵ درصد	شبکه راه های ارتباطی
۰/۷ درصد	فضای سبز
۲۹ درصد	سایر کاربری های عمومی و آستان قدس
۴۷۲/۴ MW (بر مبنای آب گرم ۸۵°C)	حداکثر انرژی گرمایشی مورد نیاز منطقه طرح
۱۰۰۴۶۱ RT	حداکثر انرژی برودتی مورد نیاز منطقه طرح
۱۲۴۱ kg/s (بر مبنای آب گرم ۶۵°C)	حداکثر انرژی آب گرم مورد نیاز منطقه طرح
۱۱۲/۸ MW (بر مبنای بخار ۱۷۰°C و ۸ bar)	حداکثر انرژی حرارتی مورد نیاز تاسیسات حرم مطهر:
۸۶۳ t/h	حداکثر دبی بخار مورد نیاز جهت تأمین نیازهای گرمایشی و آب گرم مصرف کننده‌ها در منطقه طرح در زمستان:
۱۴۷ t/h	حداکثر دبی بخار مورد نیاز تاسیسات حرم مطهر در زمستان:
۵۶۴ t/h	حداکثر دبی بخار مورد نیاز جهت تأمین نیازهای سرمایشی و آب گرم مصرف کننده‌ها در منطقه طرح در تابستان:
۶۰ t/h	حداکثر دبی بخار مورد نیاز تاسیسات حرم مطهر در تابستان:

ماخذ: گزارش شرکت مشاور طوس آب

طرح کلی سیستم

طرح کلی سیستم تولید، انتقال و توزیع بصورت ذیل می باشد:

در طرح کلی سیستم تولید همزمان، بخار تولیدی توسط بویلرهای بازیاب^۱، بویلرهای واحدهای الین و اشکودا و بخار حاصل از بویلرهای کمکی با شرایط ترمودینامیکی یکسان (20^{bar} ، 215°C) وارد یک هدر^۲ مشترک شده و از طریق این هدر، بوسیله سه خط لوله ۲۸، ۲۶ و ۲۴ اینچ به ایستگاههای توزیع منتقل می شود. کندانس بخار تغذیه شده به ایستگاههای ۱۴ گانه توزیع نیز مجدداً توسط خط لوله ۱۰ اینچ به نیروگاه برگردانده می شود.

• بخش تولید

بخش تولید وظیفه تأمین انرژی مورد نیاز مصرفی منطقه طرح را به صورت بخار آب بر عهده دارد. تأمین بخار در حالت معمول از طریق بازیافت حرارت دود خروجی واحدهای گازی BBC و آلستوم در بویلرهای بازیاب حرارت و مصرف بخار تولیدی بویلر واحدهای الین در مبدل های حرارتی و نیز تولید بخار در بویلرهای کمکی و در حالت اضطراری نیز از مصرف بخار برداشتی از خروجی بویلر واحدهای اشکودا در مبدل های حرارتی انجام می شود.

• سیستم انتقال

سیستم انتقال شامل مسیر لوله کشی است که بخار تولیدی را از نیروگاه به ۱۴ ایستگاه توزیع موجود در قطاع های مختلف و همچنین حرم مطهر تحویل داده و آب کندانسه مصرف شده در ایستگاهها را گردآوری و به نیروگاه بر می گرداند.

• ایستگاههای توزیع

با توجه به میزان و پراکندگی مصرف کنندگان، در قطاع های چهارگانه، تعداد کل ایستگاههای توزیع، ۱۴ ایستگاه می باشد. ساختمان و تأسیسات در نظر گرفته شده برای همه ایستگاهها مشابه می باشند و تنها اختلاف در تعداد پمپ های مورد نظر سیستم می باشد. هر ایستگاه در زمینی به مساحت تقریبی ۱۶۰۰ مترمربع و در دو طبقه احداث می گردد. فضای طبقه همکف به تأسیساتی از قبیل مبدل ها و پمپها اختصاص دارد و در روی آن اتاق کنترل ایستگاه نیز بصورت یک نیم طبقه جانمایی می شود.

هزینه ها و منافع طرح

هزینه های سرمایه گذاری

هزینه های سرمایه گذاری شامل هزینه های خرید و نصب تجهیزات سیستم تولید همزمان و هزینه های احداث خطوط انتقال و همچنین احداث ایستگاههای توزیع می باشد.

۱. دیگرهای بخاری که به منظور بازیافت گرمای گاز خروجی از واحدهای گازی استفاده می شوند.

مدت زمان نصب و احداث پروژه معادل ۴ سال می باشد و نحوه تخصیص هزینه های سرمایه گذاری در این طرح در طی دوره ساخت معادل ۲۰ درصد در سال اول، ۴۵ درصد در سال دوم، ۱۵ درصد در سال سوم و ۲۰ درصد در سال چهارم خواهد بود.

هزینه های جاری

هزینه های جاری طرح شامل تامین سوخت مازاد بر نیاز نیروگاه برای تولید برق و هزینه های بهره برداری و تعمیرات تجهیزات سیستم تولید همزمان و هزینه استهلاک طرح می باشد که در ادامه ارائه می گردد:

هزینه سوخت: پس از احداث سیستم تولید همزمان احتیاج به دیگ های بخار کمکی می باشد تا نیاز انرژی حداکثر مورد نیاز برای سرمایش، گرمایش و آب گرم را تامین کند (واحد الین و دیگ های بخار کمکی فقط به منظور تولید بخار مورد استفاده قرار می گیرند. در اینجا مصرف سوخت حداکثر مورد نیاز سیستم تولید همزمان در طی دوره بهره برداری منهای مقدار سوخت مورد نیاز نیروگاه جهت تامین برق در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب هزینه سوخت کل سیستم به صورت زیر محاسبه می گردد.

$$CFt = F1t \times Pg \quad (1)$$

که CFt کل هزینه سوخت در سال t و $F1t$ میزان سوخت مصرفی دیگ های بخار الین و کمکی در سال t و Pg قیمت گاز طبیعی تمام شده (اعم از پالایش، انتقال و توزیع) معادل ۷۷۳ ریال به ازای هر متر مکعب در سال ۱۳۸۷ می باشد.

هزینه تعمیر و نگهداری دوره ای: هزینه تعمیر و نگهداری سیستم تولید گرمایش، سرمایش و آب گرم نیز به صورت ذیل محاسبه می شود.

$$CMit = Eit \times ACM \quad (2)$$

در اینجا $CMit$ هزینه تعمیر و نگهداری هریک از سیستم های تولید کننده گرمایش، سرمایش و آب گرم در سال t می باشد. Eit نیز میزان حرارت مورد استفاده برای تولید هریک از مولفه های گرمایش، سرمایش و آب گرم در سال t و ACM متوسط هزینه تعمیر و نگهداری هر واحد انرژی سیستم تولید کننده گرمایش، سرمایش و آب گرم بوده که براساس مطالعات انجام گرفته و آمارنامه تفصیلی صنعت برق سال ۱۳۸۶ معادل ۰/۸ سنت به ازای هر کیلووات ساعت معادل حرارت می باشد.

هزینه استهلاک سرمایه: استهلاک سرمایه تخصیصی به هریک از مولفه های سیستم در هر سال با استفاده از روش مستقیم و با فرض اینکه سرمایه گذار در طول دوره بهره برداری از سیستم کل سرمایه اش را مستهلک نموده و ارزش اسقاط معادل صفر می باشد، بدست آمده است.

درآمدهای طرح

فروش انرژی جهت سرمایش، گرمایش و آب گرم و همچنین صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی در اثر بهره برداری از سیستم CHP از مهم ترین درآمدهای طرح می باشد. از آنجا که در تحلیل اقتصادی باید جنبه های زیست محیطی طرح را نیز در نظر گرفت، منافع زیست محیطی ناشی از این طرح نیز به عنوان درآمد در تحلیل هزینه-فایده وارد شده است.

فروش انرژی: برای محاسبه درآمد حاصل از فروش می‌بایست قیمت فروش واحد انرژی محاسبه شود. در اینجا برای محاسبه قیمت واحد انرژی، فرض شده است که درآمد طرح از فروش انرژی جهت تولید گرمایش، سرمایش و آب گرم برابر باشد با همان مقدار ارزش حرارتی گاز طبیعی و یا بعبارت دیگر قیمت واحد انرژی برابر با قیمت گاز طبیعی معادل آن باشد. از طرف دیگر می‌توان چنین برداشت کرد که مصرف کننده جهت تامین گرمایش، سرمایش و آب گرم مصرفی همان هزینه‌ای را پرداخت نماید که از گاز طبیعی استفاده کند.

ابتدا با استفاده از حرارت لازم برای گرمایش، سرمایش و آب گرم و این نکته که ارزش حرارتی گاز طبیعی برابر ۸۴۰۰ کیلو کالری بر متر مکعب می‌باشد، گاز مصرفی معادل محاسبه می‌شود.

با توجه به اینکه:

$$1 \text{ Kcal} = 1/16 \text{ wh} = 0/00116 \text{ KWh} \quad (۳)$$

داریم:

$$8400 \text{ Kcal} / m^3 \times 1/16 \text{ Wh} / \text{Kcal} = 9744 \text{ Wh} / m^3 = 9/744 \text{ Kwh} / m^3 \quad (۴)$$

در این بخش برای محاسبه درآمد دولت از مصرف گاز خانوارها، از تعرفه‌های اعلام شده شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی استفاده شده است. طبق اطلاعات دریافتی از این شرکت، تعرفه گاز در ایران بر اساس طبقه بندی پنج‌گانه (سرد ۱ تا ۳، معتدل و گرم) می‌باشد که در اینجا برای مشهد نرخ میانگین آن برابر ۱۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت در سال ۱۳۸۷ می‌باشد. البته باید در نظر داشت که برای قیمت گذاری این قبیل انرژی، در سایر کشورها مطالعات مفصل و مستقلی صورت گرفته که لزوم توجه دقیق‌تر به این بحث را نشان می‌دهد؛ و فرض برابری قیمت این انرژی با قیمت گاز تحویلی به خانوار در پژوهش حاضر، به منظور تسهیل در امر محاسبات و بدست آوردن یک برآورد نسبتاً واقعی می‌باشد.

میزان سوخت صرفه جویی شده در محدوده حرم مطهر رضوی (ع): از آنجایی که با اجرای سیستم

CHP، راندمان کلی نیروگاه مشهد افزایش یافته و همچنین با تامین گرمایش، سرمایش و آب گرم مورد نیاز مراکز مصرف از طریق راه اندازی این سیستم، مصرف‌کنندگان از مصرف سوخت برای تولید گرمایش، سرمایش و آب گرم به صورت منفرد بی‌نیاز می‌گردند، لذا می‌توان میزان سوخت صرفه‌جویی شده را به عنوان یکی از عمده‌ترین صرفه‌های اجرای طرح مزبور مورد نظر قرار داد. با در نظر گرفتن اینکه مصرف کنندگان از سوخت گاز طبیعی و با استفاده از دیگ‌های بخار کوچک برای تولید گرمایش و آب گرم و از برق برای تولید سرمایش استفاده می‌کنند (که برق مزبور نیز در نیروگاه با استفاده از گاز طبیعی تولید می‌شود) لذا با در نظر گرفتن راندمان دیگ‌های بخار کوچک به میزان ۷۰ درصد و راندمان نیروگاه مشهد معادل متوسط راندمان نیروگاه‌های گازی تحت نظارت وزارت نیرو به میزان ۲۷/۸ درصد، می‌توان میزان گاز طبیعی صرفه جویی شده در اثر تامین گرمایش، سرمایش و آب گرم با استفاده از سیستم تولید همزمان را به صورت زیر بدست آورد.

الف) سوخت صرفه جویی شده در تولید گرمایش و آب گرم:

$$F_{St1} = \frac{E_{PHt} \times 860}{HV_g \times EF_{sb}} \quad (5-4)$$

ب) سوخت صرفه جویی شده در تولید سرمایش:

$$F_{St2} = \frac{E_{PCt} \times 860}{HV_g \times EF} \quad (6-4)$$

که:

HVg ارزش حرارتی گاز طبیعی،

FSt1 میزان گاز طبیعی صرفه جویی شده در دیگ‌های بخار کوچک برای تولید گرمایش و آب گرم در

مراکز مصرف در سال t،

FSt2 میزان گاز طبیعی صرفه جویی شده در نیروگاه برای تولید برق مورد استفاده در تولید سرمایش

مراکز مصرف در سال t،

EPHt انرژی معادل کیلوکالری حرارت استحصالی از واحدهای نیروگاه مشهد برای تولید گرمایش و آب

گرم در سال t،

EPCt انرژی معادل کیلوکالری حرارت استحصالی از واحدهای نیروگاه مشهد برای تولید سرمایش در

سال t،

EFsb راندمان دیگ‌های بخار کوچک مورد استفاده جهت تولید گرمایش و آب گرم (معادل ۷۰ درصد)،

EF متوسط راندمان نیروگاه (معادل ۲۷/۸ درصد)،

و عدد ۸۶۰ معادل کیلوواتساعت یک کیلوکالری (بر اساس رابطه ۳) می‌باشد.

به منظور محاسبه میزان ارزش سوخت صرفه جویی شده، می‌بایست هزینه فرصت اقتصادی آن را در نظر

گرفت. دو رویکرد اساسی برای در نظر گرفتن هزینه فرصت ارزش گاز طبیعی عبارتند از: بیشترین مقدار

ارزش افزوده‌ای که این میزان گاز طبیعی در حال حاضر در کشور در فرایندهای تولید ایجاد می‌کند و یا

ارزش صادراتی این میزان گاز طبیعی. در این مقاله فرض شده است که این مقدار گاز صرفه جویی شده در

بازار منطقه فروخته شود. بنابراین ارزش گاز طبیعی صرفه جویی شده معادل قیمت گاز طبیعی صادراتی به

ترکیه در نظر گرفته شده است. قیمت گاز طبیعی صادراتی به ترکیه تابعی از قیمت جهانی نفت خام می

باشد و لیکن متوسط آن در سال ۱۳۸۷ معادل ۲۸ سنت (۰.۲۸ دلار آمریکا) به ازای هر متر مکعب می‌باشد.

بدین ترتیب ارزش گاز طبیعی صرفه جویی شده از حاصلضرب میزان گاز طبیعی صرفه جویی شده در قیمت

آن بدست می‌آید.

منافع زیست محیطی: از آنجا که یکی از بزرگترین منافع اجرای این طرح کاهش انتشار آلاینده‌های

هوا اعم از گازهای گلخانه‌ای و غیر آن می‌باشد، و از طرفی می‌بایست این منافع را در ارزیابی اقتصادی این

طرح در نظر گرفت، ابتدا آلودگی کاهش یافته در اثر اجرای این پروژه محاسبه شده است. این کاهش‌ها بر

اساس محاسبات گاز صرفه جویی شده و استفاده از ضرایب انتشار آلودگی موجود در سایت هیئت بین‌الدول تغییرات آب و هوایی^۱ (IPCC) بدست آمده است. در جدول ۴ میزان کاهش انتشار آلاینده‌های هوا (بر اثر صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی در مناطق مصرف) آمده است.

جدول ۴ - میزان کاهش انتشار آلاینده‌های هوا بر حسب کیلوگرم در سال اول بهره برداری

سال	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	SO _x	NO _x	CO
۴	۷۸۵۷۰۰۲۵	۱۴۰۰	۷۰۰۲۶	۵۸۸۲	۷۰۰۲۶	۷۰۰۲

ماخذ: یافته‌های تحقیق

پس از آن به منظور کمی کردن منافع این کاهش انتشارات، با استفاده از ضرایبی که توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA^۲) ارائه شده است (این ضرایب از ترازنامه انرژی کشور قابل استخراج است)، میزان منفعت اجتماعی کاهش آلودگی را محاسبه می‌کنیم.

CDM، هزینه‌ها و منافع

باید توجه داشت که تعریف یک پروژه در قالب CDM و ثبت آن دارای مراحل مختلفی است و هر کدام از این مراحل هزینه‌ای در بر دارد، که می‌توان آن‌ها را هزینه مبادله چرخه CDM نامید. هزینه‌های مبادله چرخه CDM هزینه‌هایی هستند که صرف انجام مذاکره و تکمیل قراردادها جهت تضمین گواهی‌های کاهش انتشار می‌شوند. اینها شامل هزینه‌های پیش از عملیات (یا هزینه‌های پیش پرداخت)، هزینه‌های اجرا (هزینه‌های صرف شده طی دوره اعتبار پروژه) و هزینه‌های بازرگانی می‌باشد. هزینه‌های پیش عملیاتی شامل هزینه‌هایی می‌شود که مستقیماً صرف پژوهش، مذاکرات، تایید و تصویب پروژه می‌شوند. هزینه‌های اجرا شامل هزینه‌هایی می‌شوند که صرف پایش، تایید صحت انجام پروژه، و اجرا می‌شوند؛ و هزینه‌های بازرگانی، آنهایی هستند که صرف خرید و فروش گواهی‌های کاهش انتشار، مانند حق کمیسیون و هزینه حفظ حساب در واحد ثبت ملی می‌شوند. هزینه‌های پیش عملیاتی^۳ PFC در حدود ۲۲۹ هزار یورو می‌باشد، در حالی که برآوردهای اکوسیوریتیز^۴ (۲۰۰۲) حداقل هزینه‌های خالص مبادله در حدود ۷۰ هزار یورو می‌باشد.^۵

جدول ۵- برآورد هزینه‌های مبادله CDM - دلار

مرحله عملیاتی	چرخه پروژه	EcoSecurities (۲۰۰۲)	PCF
مرحله عملیاتی	آماده سازی و بازرگری	-	۴۰۰۰۰
	بررسی خط پایه	۱۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
	طرح پایش	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
	ارزیابی زیست محیطی	-	-

1. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php

2. Environmental Protection Agency

1. Prototype Carbon Fund

2. EcoSecurities

3. http://www.ecosecurities.com/300publications/smallscale_project.pdf

-	-	مشاوره با دست اندرکاران	
-	-	تصویب	
۳۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۲۰۰۰۰	تایید	
۱۰۵۰۰۰	-	مشاوره و ارزیابی پروژه	
۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰-۲۵۰۰۰	توافقات قانونی و قراردادی	مرحله عملیاتی
-	۵ تا ۱۵ درصد از ارزش CER	فروش گواهی‌های کاهش انتشار	
-	سالانه ۲ درصد از ارزش CER	وضع مالیات	
-	سالانه ۱ تا ۳ درصد از ارزش CERها	تعدیل ریسک‌ها	
۲۵۰۰۰ (اولیه) ۱۰ تا ۲۵ هزار (دوره‌ای) ۱۰ تا ۲۰ هزار (نظارت دوره‌ای)	۵۰۰۰ در ازای هر حسابرسی	ارزیابی صحت انجام پروژه	
-	درصدی از ارزش CER به آن اختصاص داده خواهد شد	مدیریت اداری هیئت اجرایی	
-	-	-	

ماخذ: فنهان، یورگن و همکاران، ۱۳۸۷

جدول ۵ هزینه‌های مبادله CDM را بر اساس دو برآورد صندوق کربن-نمونه اولیه و اکوسیوریتیز نشان می‌دهد. بر طبق نتایج چندین مطالعه، هزینه‌های مبادله در ازای هر تن دی اکسید کربن، برای پروژه‌های بزرگ مقیاس بسیار کم و قابل اغماض است. اما این هزینه‌ها برای پروژه‌های کوچک مقیاس قابل ملاحظه می‌باشد. با در نظر داشتن این نکته بدیهی است که سرمایه‌گذاران پروژه‌های بزرگ مقیاس را ترجیح دهند. سرعت بخشیدن به پروژه‌های کوچک مقیاس (با آسان‌سازی مراحل و استاندارد سازی اطلاعات و ارقام مورد گزارش) نه تنها از هزینه‌های مبادله می‌کاهد، بلکه پروژه‌ها را به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌کند. بر طبق گزارشات اکوسیوریتیز (۲۰۰۲) سرعت بخشیدن به فرایندهای کار تا ۶۷ درصد از هزینه‌های مبادله می‌کاهد.

قیمت گواهی‌های کاهش انتشار در بازار کربن تعیین می‌شود. در حال حاضر بازار کربن "مجموعه‌نا پایداری از مبادلات مختلف" است که در آن گواهی‌های کاهش انتشار خرید و فروش می‌شوند. سه بازار اصلی برای مبادله CER وجود دارد: سیستم پروژه محور یا "سیستم خط پایه و اعتبار"، بازار مجوز یا سیستم تجارت نشر، و بازار اختیاری. قیمت گواهی کاهش انتشار به میزان زیادی بر پایه گمانه زنی‌ها تعیین می‌شود. صندوق کربن-نمونه اولیه (PCF) پارامترهای بسیاری را در تعیین قیمت آن در توافقات اخیر کربن در نظر می‌گیرد. علاوه بر این ویژگی‌های خاص برخی از پروژه‌ها همانند: ۱- دارا بودن ضمانت نامه‌های دولتی، ۲- ایجاد منافع اجتماعی در پروژه و ۳- عدم محاسبه هزینه‌های آماده‌سازی در محاسبه کل هزینه‌های پروژه، موجب افزایش قیمت CERها در PCF می‌شود. در مناقصه‌های واحدهای CER، (CERUPT¹)، قیمت‌ها همچنین بر اساس نوع فناوری بکاربرده شده در پروژه‌ها متفاوت هستند. CERهای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر، قیمت مرجع را تعیین می‌کنند. قیمت CERهایی که از پروژه‌های

1. Certified Emission Reduction Unit Purchasing Procurement Tender

2. <http://prototypecarbonfund.org>

بیوماس و پروژه‌های افزایش کارایی بدست می‌آیند، حدود بیست درصد کمتر است. این در حالیست که قیمت CERهای پروژه‌های تغییر سوخت و بازیافت متان حدود چهار درصد ارزانتر است^۱.

در حال حاضر قیمت واحدی برای CER وجود ندارد و قیمت آن بسته به ریسک‌های موجود نوع فناوری و مولفه‌های توسعه اجتماعی متغیر است. چندین مدل اقتصادی، قیمت واحدی را برای کربن پیش‌بینی می‌کنند، زیرا این مدل‌ها بازارهای رقابتی و آزاد شده را در نظر می‌گیرند. این مدل‌ها با توجه به حضور یاالات متحده در بازار گازهای گلخانه‌ای، قیمت بسیار بالایی را برای کربن پیش‌بینی می‌کنند. این مدل‌ها بعد از توافقات بن و پیمان مراکش، و با توجه به عدم حضور ایالات متحده در بازار، قیمت‌های پایینی را برای کربن پیش‌بینی کردند.

در این پژوهش با توجه به اینکه قرار است این طرح از طریق بودجه دولت تامین مالی شود، قیمت CER آن ۱۴ یورو در نظر گرفته می‌شود^۲. قیمت فعلی CER این میزان است که البته نوسان‌هایی را هم همواره داشته و دارد. به منظور بررسی دقیق‌تر این مطلب، تحلیل حساسیت این قیمت در بخش بعدی ارائه می‌شود.

با توجه به این اطلاعات، و وجود ریسک و عدم اطمینان‌ها در هزینه‌ها و قیمت گواهی‌های کاهش انتشار، در سناریوی اصلی ارزیابی این طرح هزینه مبادله ۳۰۰۰۰۰ دلار و قیمت CER برابر ۱۴ یورو (حدود ۲۰ دلار) در نظر گرفته خواهد شد.

ارزیابی اقتصادی و تحلیل حساسیت CDM

در این بخش به ارزیابی اقتصادی طرح از دیدگاه دوات می‌پردازیم. نتایج محاسبات در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج ارزیابی اقتصادی طرح

مقدار	معیار
۵۴۵۷۴۷ میلیون ریال	NPV
۲۴/۵ درصد	IRR
پنج سال و یازده ماه	دوره برگشت سرمایه

ماخذ: نتایج تحقیق

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، اجرای این طرح دارای توجیه اقتصادی نسبتاً بالایی بوده و منفعت خالص فراوانی را ایجاد می‌کند. بنابر نتایج بدست آمده، اجرای این طرح طی مدت ۱۵ سال بهره برداری خود، ارزش حال خالصی معادل ۵۴۵۷۴۷ میلیون ریال را نصیب مجری می‌کند که بیانگر آن است که نشانگر این مطلب است که هر ریال سرمایه گذاری در این طرح، سود خالصی معادل ۰/۲۶ ریال بازده دارد. از طرفی نرخ بازده داخلی طرح نشان می‌دهد که تامین مالی این طرح تا مرز بهره ۲۴/۵ درصدی

3. <http://www.ghgmarkrt.info>

4. <http://pointcarbon.com>

دارای توجیه اقتصادی است و اگر هزینه تامین سرمایه نرخی بالاتر از این میزان را داشته باشد، این طرح توجیه خود را از دست می دهد. همچنین نتایج نشان می دهد که کل سرمایه گذاری انجام شده طی پنج سال و یازده ماه از شروع سرمایه گذاری برگشت داده می شود.

اهمیت مکانیزم توسعه پاک در طرح

در سناریوی اصلی طرح، قیمت هر CER معادل ۱۴ یورو در نظر گرفته شد و بیان شد که این قیمت همواره دچار نوساناتی است. به منظور بررسی دقیق تر تاثیر این درآمد بر توجیه پذیری طرح، در این بخش تحلیل حساسیتی پیرامون قیمت های مختلف CER انجام شده که نتایج آن در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج تحلیل حساسیت نشان می دهد که اگر پروژه در قالب CDM تعریف نشود و هیچ حمایت مالی از این طریق جذب نشود، توجیه پذیری این طرح به خطر افتاده و حاشیه امنیت پایینی برای سود دهی طرح متصور خواهد بود؛ چرا که نرخ بازده داخلی طرح به ۱۷/۷ درصد کاهش یافته و فاصله آن با نرخ تنزیل طرح -۱۷ درصد- بسیار کم شده و NPV نیز ۹۱ درصد کاهش خواهد یافت. از سوی دیگر افزایش قیمت CER اثر مثبت قابل توجهی بر توجیه پذیری آن دارد. به طوری که افزایش ۴۰ درصدی قیمت گواهی های کاهش انتشار (CER)، باعث افزایش ۳۶ درصدی NPV شده و نرخ بازده داخلی طرح را به ۲۶/۹ درصد می رساند که نرخ بسیار قابل توجهی است.

جدول ۷- تحلیل حساسیت مربوط به قیمت گواهی های کاهش انتشار

نرخ بازده داخلی		ارزش خالص فعلی		قیمت گواهی های کاهش انتشار	
IRR (%)	در صد تغییر IRR (%)	NPV (میلیون ریال)	درصد تغییر NPV (%)	قیمت (\$)	در صد تغییر قیمت (%)
۱۷/۷	-۲۸	۴۹۸۰۱	-۹۱	۰	-۱۰۰
۱۹/۸	-۱۹	۱۹۸۵۸۴	-۶۴	۶	-۷۰
۲۱/۹	-۱۰	۳۴۷۳۶۸	-۳۶	۱۲	-۴۰
۲۳/۸	-۳	۴۹۶۱۵۲	-۹	۱۸	-۱۰
۲۵/۱	۲	۵۹۵۳۴۲	۹	۲۲	۱۰
۲۶/۹	۱۰	۷۴۴۱۲۶	۳۶	۲۸	۴۰
۲۸/۷	۱۷	۸۹۲۹۱۰	۶۴	۳۴	۷۰

ماخذ: نتایج تحقیق

نتیجه گیری

توجه به مکانیزم توسعه پاک و اثبات لزوم بررسی طرح های بهبود کارایی مصرف انرژی در چارچوب این مکانیزم، هدف اصلی این مقاله بود. با توجه به کارایی پایین تولید و توزیع برق در

ایران (که کارایی بهترین نیروگاه های کشور کمتر از ۵۰ درصد است)، پتانسیل بالای افزایش کارایی، کاهش مصرف سوخت های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای را نشان می دهد.

پروژه تولید همزمان برق و حرارت در نیروگاه مشهد و گرمایش منطقه ای یکی از بهترین و با صرفه ترین راهکارهای افزایش کارایی در زمینه تولید و مصرف انرژی می باشد. در این مقاله امکان سنجی اقتصادی این طرح با تاکید بر تعریف آن در چارچوب مکانیزم توسعه پاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که درآمد ناشی از فروش CER (تعریف طرح در چارچوب مکانیزم توسعه پاک) تاثیر قابل توجهی بر توجیه پذیری طرح دارد. هر چند که بدون این درآمد نیز، طرح دارای صرفه اقتصادی است، اما حاشیه سود آن به شدت پایین می آید (کاهش ۹۱ درصدی در NPV).

از سوی دیگر، در امکان سنجی طرح ها در چارچوب مکانیزم توسعه پاک، نوسانات قیمت CER را می بایست همواره مد نظر داشت. نتایج تحلیل حساسیت نشان می دهد که پارامترهای ارزیابی طرح نسبت به تغییرات قیمت CER حساسیت نسبتاً بالایی دارند. به طوری که افزایش (کاهش) ۴۰ درصدی قیمت CER باعث افزایش (کاهش) ۳۶ درصدی NPV و ۱۰ درصدی IRR می شود.

در نهایت، نتایج تحقیق نشان می دهد که اجرای این طرح از توجیه پذیری بالایی برخوردار است، مخصوصاً اگر در چارچوب CDM تعریف شود. همچنین اهمیت بالای CDM در توجیه پذیری این طرح می تواند مشوق خوبی برای حرکت به سمت بهره بردن بیشتر از این مکانیزم در طرح های بهره وری انرژی کشور باشد.

منابع

۱. تراز نامه انرژی کشور، وزارت نیرو، ۱۳۸۵.
۲. شرکت پخش و پالایش فراورده‌های نفتی، "قیمت حامل‌های انرژی"، ۱۳۸۷.
۳. فنهان، یورگن، کرستن هالسناس، رومئو پاکودان، آنه الهف، "راهنمای مکانیزم توسعه پاک"، ترجمه امیر عباس صدیقی، ریحانه رحیمی، موسسه بین‌المللی مطالعات انرژی، ۱۳۸۷.
۴. گزارش طرح تولید همزمان برق و حرارت و گرمایش منطقه‌ای نیروگاه مشهد، شرکت مشاور طوس آب، اردیبهشت ۱۳۸۶.
5. Dewi Restuti, Axel Michaelowa, "The economic potential of bagasse cogeneration as CDM projects in Indonesia", *Energy Policy* 35 (2007) 3952–3966.
6. Kosugi, Takanobu, Koji Tokimatsu, Weisheng Zhou, "An economic analysis of a clean-development mechanism project: a case introducing a natural gas-fired combined heat-and-power facility in a Chinese industrial area", *Applied Energy* 80 (2005) 197–212.
7. Purohit, Pallav, Axel Michaelowa, "CDM potential of bagasse cogeneration in India", *Energy Policy* 35 (2007) 4779–4798.
8. United Nations, "Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change", 1998.
9. Weiss, Philipp, Thierry Lefe`vre, Dominik Most, "Modelling the impacts of CDM incentives for the Thai electricity sector", *Energy Policy* 36 (2008) 1134–1147.

Clean Development Mechanism in Iran

A Case Study of Mashhad Power Plant CHP

Mansour Khalili Eraqi¹
Hossein Sheikh Zadeh²
Javad Pakdin³

Abstract

Iran as a developing country and a member of Climate Change Convention can use Clean Development Mechanism (CDM) toward its national security and environment conservation. Due to current low efficient power generation in Iran, there is a large potential in this sector to reduce its fossil fuel consumption.

Combined Heat and Power (CHP) and District Heating (DH) are efficient generation and consumption of energy. In this paper we aim at economic appraisal of Mashhad power plant CHP/DH with special focus on CDM. Our results revealed that this project is economically sound. However Certified Emission Reduction (CER) revenue (in CDM framework) has a dramatic effect on this project. Without this revenue, project NPV will reduce 91%.

Eventually, we suggest this project in CDM project and with government budget financing.

JEL Classification: D61, D62, Q41, Q48.

1. Khalili@ut.ac.ir
2. Hse_she@yahoo.com
3. Pakdin.j@gmail.com