

سناریوهای انرژی برای ایران

دکتر محسن مسرت

برای بر آوردن تقاضای فزاینده انرژی بخشهای گوناگونی اقتصادی، بامشکلاتی روبهرو است. قیمت‌های پارانرژی انرژی به مصرف سنگین و نارسایی انرژی انجامیده و نبود سرمایه گذاری خارجی مایه کاهش تولید و مانع اجرای پروژه‌های تازه شده است. این کشور، همچنین، باید روشهایی در پیش گیرد که به بهره‌گیری بهینه از درآمدهای نفتی بینجامد و در زمینه توسعه منابع تجدیدشدنی، سرمایه گذاری کند.

در این پژوهش برخی از این چالش‌ها بررسی و سناریوهای گوناگونی برای بهره‌گیری از منابع انرژی در بلندمدت به دست داده شده است. بویژه، مهمترین هدف، تحلیل سناریوهای گوناگون برای مصرف انرژی در ایران در افق زمانی ۲۵ سال آینده است. در این پژوهش، بخش انرژی ایران بر پایه سناریوی ادامه یافتن وضع موجود و البته با توجه به روند گذشته، سیاستهای آینده و توسعه اقتصاد و بخش انرژی مدلسازی شده است. همچنین پتانسیلهای مربوط به انرژیهای تجدیدشدنی و کارایی در قالب چهار سناریوی گوناگون معرفی شده است. این سناریوها

آنچه در اینجا به نظر خوانندگان ارجمند می‌رسد، فشرده یافته‌های پژوهشی دامنه دار است که در دو سال ونیم، با همکاری انجمن انرژی ایران و کارشناسان آلمانی انجام گرفته است. از جناب پروفیسور محسن مسرت که خود از اعضای گروه پژوهشی بوده و متن زیر را در اختیار ماهنامه گذاشته‌اند، بسیار سپاسگزاریم.
اطلاعات سیاسی - اقتصادی

درآمد

ایران در عرضه جهانی انرژی، و بنابر این در اقتصاد جهان، نقشی برجسته دارد. با این حال، این کشور با چالشهای سنگین در زمینه سرمایه گذاری برای بهره‌برداری از منابع انرژی روبه‌روست. از آنجا که بیش از نیمی از درآمدهای دولت و کمابیش ۸۰ درصد درآمدهای صادراتی کشور از نفت به دست می‌آید، اقتصاد ایران وابستگی ژرف به صدور نفت دارد. افزون بر این، ایران

می‌دهد زیرا این روش بر عوامل اصلی (تغییرات) استوار است و مقید به نوسانهای کوتاه مدت نیست. ضعف این رویکرد این است که نتایج آن به فروض بسیاری در مورد ساختار اقتصاد بستگی دارد. با این حال، تعریف فروض مناسب و سناریوهایی که با واقعیت سازگاری داشته باشد، می‌تواند نارساییهای این روش را کاهش دهد.

نگاهی به اقتصاد ایران و بخش انرژی

ایران با داشتن تولید ناخالص ملی ۱۵۸/۶ میلیارد دلاری و سرانه ۲۲۸۰ دلار، کشوری با درآمد کم-متوسط به‌شمار می‌آید. گفتنی است که سهم بخش کشاورزی از تولید ناخالص ملی ۱۱/۲ درصد، سهم صنعت ۴۱/۷ درصد و سهم بخش خدمات ۴۷/۱ درصد است. میانگین رشد سالانه تولید ناخالص ملی در ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴، ۶/۱۵ درصد گزارش شده اما از سال ۲۰۰۴ نزدیک به ۱ درصد کاهش داشته است. گرچه نرخ رشد اقتصادی در این سالها در پرتو افزایش بهای نفت، به نسبت بالا بوده، ولی هدفهای تعیین شده در برنامه‌های پنج ساله سوم و چهارم توسعه در این زمینه محقق نشده است. ایران با جمعیت ۷۰ میلیونی، پرجمعیت‌ترین کشور در

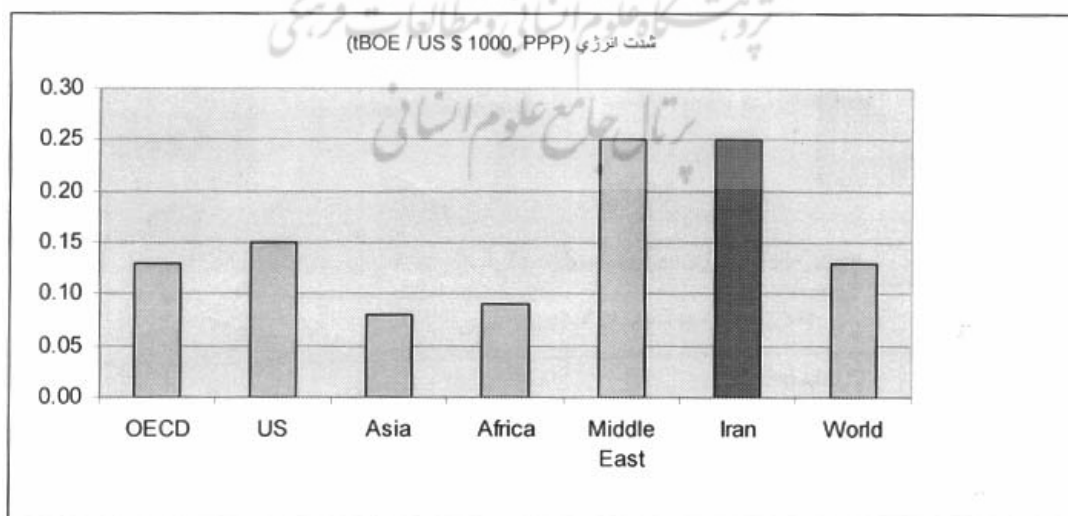
عبارت است از: کارایی بالا، بیشترین بهره‌گیری از انرژیهای تجدیدشدنی، بیشترین کارایی و انرژیهای نو دست آخر، سناریوی مقید.

روش‌شناسی:

روش اصلی این پژوهش بر رویکرد جزء به کل استوار است به گونه‌ای که بخش تقاضا بر پایه یک مدل محاسباتی و داده‌های جزئی مربوط به بخشهای گوناگون تدوین شده است. در برخی موارد، جایی که داده‌های مربوط به سری زمانی در دسترس بوده، روش رگرسیونی نیز برای تخمین و پیش‌بینی مقادیر متغیرها به کار گرفته شده است.

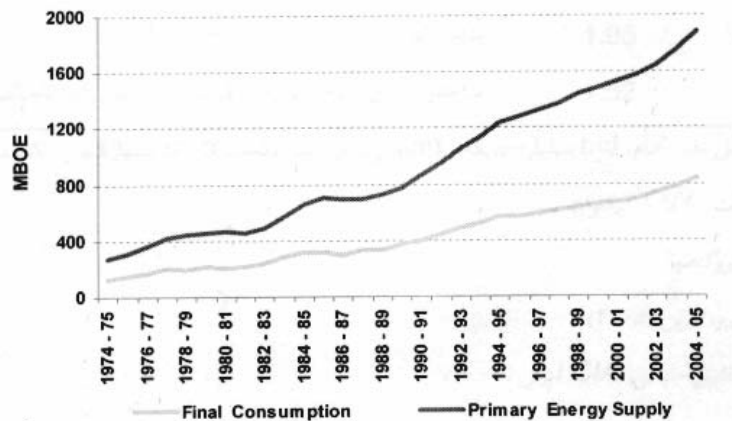
در مرحله نخست، مدل بالا برای محاسبه سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی به کار گرفته شده است. چنان که گفته شد در این سناریو، روند گذشته اقتصاد و بخش انرژی به آینده تعمیم داده شده و سیاستهای مرتبط با آینده اقتصاد و انرژی نیز ملحوظ شده است. در بخش دوم، سناریوهایی جایگزین برای تقاضای انرژی با توجه به دستیابی به کارایی بالاتر و بهره‌گیری از منابع تجدیدشدنی، طراحی و افق ۲۵ ساله شبیه‌سازی شده است. فرایند روش جزء به کل نتایج قابل اعتمادی برای تحلیل‌های بلندمدت به دست

نمودار ۱- شدت انرژی در ایران و جهان



منبع: آژانس بین‌المللی انرژی، ترازنامه انرژی برای کشورهای عضو OECD و غیر OECD در سالهای ۲۰۰۲، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵

نمودار ۲- عرضه انرژی اولیه بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام



منبع: ترازنامه انرژی، وزارت نیرو (۲۰۰۵)

مصرف نهایی، (۱۹۷۴-۲۰۰۴)

جدول (۱) نیز شاخصهای اصلی تولید و مصرف انرژی در ایران در ۲۰۰۵ خلاصه شده است.

عرضه انرژی اولیه و مصرف نهایی در دهه ۷۰ و نخستین سالهای دهه ۸۰ افزایش داشته اما نرخ افزایش پس از این دوره (به گونه محسوس) بیشتر شده است. بخش ترابری بزرگترین مصرف کننده فرآورده های نفتی بوده و بخشهای خانگی و صنعت در رتبه های بعد جا گرفته اند. خانوارها و صنعت نیز دو بخش بزرگ مصرف گاز طبیعی و برق به شمار می آیند. در سنجش با میانگین جهانی، شاخص انرژی، نسبت رشد مصرف نهایی به رشد تولید ناخالص ملی نیز در ایران بسیار بالاتر است (میانگین جهانی ۰/۴۱ در برابر ۱/۲۷ برای ایران در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۰).

ادامه یافتن وضع کنونی

سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی مسیری برای مصرف ترسیم می کند که ویژگی برجسته آن، تغییر نیافتن الگوی مصرف کنونی به گونه چشمگیر است. بنابراین، در این سناریو فرض می شود که اقتصاد و بخش انرژی روند گذشته را ادامه خواهند داد. البته در این سناریو توسعه اقتصادی مبتنی بر رشد اقتصاد جهانی، سیاستهای تدوین

خاور میانه است. یک سوم این جمعیت کمتر از ۱۴ سال دارند و میانگین امید به زندگی در ایران ۷۰ سال و نرخ باسوادی ۸۷ درصد است.

مصرف انرژی اولیه در ایران در ۲۰۰۵ برابر با ۹۷۰ میلیون بشکه نفت خام بوده است. سهم بخش خانگی از مصرف انرژی اولیه ۲۷ درصد، صنعت ۱۴ درصد، ترابری ۲۵ درصد، دیگر بخشها همچون کشاورزی، بازرگانی، و عمومی ۹ درصد و نیروگاههای برق ۲۸ درصد بوده است. شاخصهای مصرف و معیارهای کارایی انرژی در یک دهه گذشته، روندی فزاینده و همچنین ناکارایی چشمگیر در مصرف انرژی را نشان می دهد. در ۳۸ سال گذشته، میانگین مصرف سرانه انرژی در هر سال، ۵ درصد بالا رفته است. در همان حال، میانگین شاخص شدت انرژی از ۱۹۶۷ سالانه ۳/۴ درصد شد داشته و گویای روندی کاهشی در کارایی مصرف انرژی است.

در نمودار (۱) شدت انرژی در ایران با دیگر کشورها سنجیده شده است. شدت انرژی در ایران همچون خاور میانه بالا و دوبرابر میانگین جهانی است. نمودار (۲) عرضه اولیه و مصرف نهایی انرژی را نشان می دهد. در

بخش خانگی

بخش خانگی با ۴۰ درصد انرژی نهایی مصرفی، یکی از بخشهای اصلی مصرف کننده انرژی است. بویژه، این بخش کمابیش ۲۰ درصد مصرف فرآوردههای نفتی، ۶۳ درصد مصرف گاز طبیعی و

شده در برنامه پنجم توسعه (پیشنهادهایی که در دست تصویب است) و همچنین سند ابلاغ شده چشم انداز کشور مورد توجه قرار گرفته است. تولید ناخالص ملی و افزایش جمعیت، دو عامل اصلی تعیین کننده تقاضای انرژی در بخشهای گوناگون به شمار می آید. مفروضات این بررسی در پیوند با این دو متغیر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- تولید و مصرف انرژی در ایران		
شاخص	مقدار	رتبه
تولید انرژی اولیه	2120.9 MBOE	
صادرات انرژی اولیه	1185.1 MBOE	
واردات انرژی اولیه	121.6 MBOE	
مصرف انرژی اولیه	970.22 MBOE	
ذخایر شناخته شده نفت خام	132.5 bbl	خاور میانه ۲، (جهان) ۳
تولید نفت خام	3.979 mbl/day	(OPEC) ۲، (جهان) ۴
مصرف نفت خام	1.51 mbl/ day	
صادرات نفت خام	2.5 mbl/ day	(OPEC) ۲، (جهان) ۴
ذخایر گاز طبیعی	26.62 tcm	(جهان) ۲
تولید گاز طبیعی	83.9 bcm/year	(جهان) ۷
مصرف گاز طبیعی	85.54 bcm/year	
صادرات گاز طبیعی	3.56 bcm/year	
واردات گاز طبیعی	5.2 bcm/year	
ظرفیت نامی نیروگاههای برق	37.3 GW	
تولید انرژی برق	155bkwh/year	
مصرف سرانه انرژی (مصرف انرژی به جمعیت)	11.5 BOE/ cap	
شدت انرژی	1.95	
شاخص انرژی (نرخ رشد مصرف به	1.52	
نرخ رشد تولید ناخالص ملی)		

MBOE: میلیون بشکه معادل نفت خام، bbl میلیارد بشکه، tcm تریلیون متر مکعب، bcm میلیارد متر مکعب، bkwh میلیارد کیلو وات ساعت، GW گیگاوات ساعت

* شامل انرژی اولیه مصرفی نیروگاهها

منبع: ترازنامه انرژی، وزارت نیرو، ایران (۲۰۰۵)

IEA، ایران، ۲۰۰۵ و کتاب حقایق جهانی، CIA، ایران (۲۰۰۷)

جدول ۲- رشد تولید ناخالص ملی و جمعیت در سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی

	۲۰۲۱-۲۰۳۰	۲۰۱۱-۲۰۲۰	۲۰۰۵-۲۰۱۰	
رشد GDP	۳	۳/۴	۵/۵	
رشد جمعیت	۰/۹	۱/۴	۱/۳	

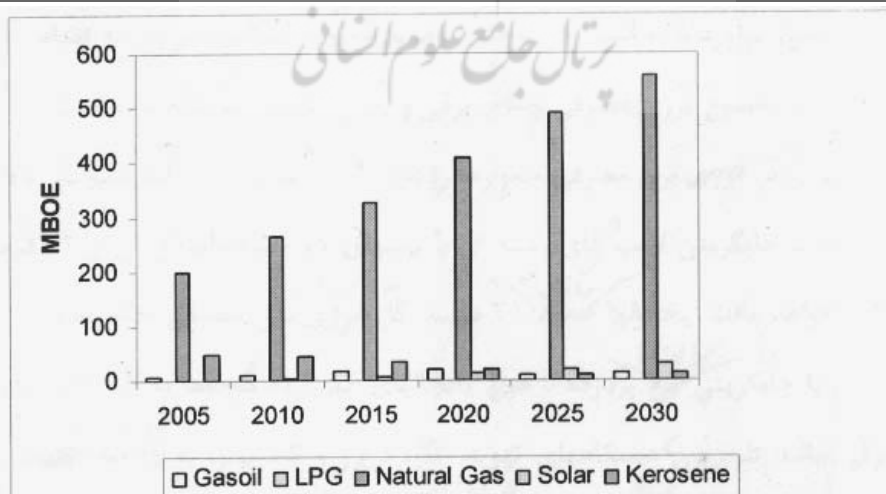
آینده بخش خانگی برای این دو حامل پیش بینی شده است. سپس تقاضای انرژی در آینده با توجه به مصرف کل انرژی و سهم هر یک از حاملهای نفت سفید، نفت گاز، LPG و گاز طبیعی، با توجه به سیاستهای کنونی و آینده دولت، برپایه هر یک از این حاملها برآورد شده است. سیاست دولت مبنی بر افزایش دادن سهم گاز طبیعی در سبد انرژی مصرفی خانوار از ۷۹ درصد به ۹۵ درصد، یکی از عوامل کلیدی در برآورد سهم آینده هر یک از حاملهای انرژی در تقاضای خانوارها برای نفت و گاز طبیعی به شمار می آید. برپایه این سیاست، سهم نفت سفید، نفت گاز و LPG به ترتیب از ۱۶، ۲/۶ و ۲/۷ در ۲۰۰۵ به ۲، ۲ و ۱ درصد در ۲۰۳۰ کاهش خواهد یافت.

مصرف نفت و گاز طبیعی خانوارها را می توان برپایه گرمایش محیط، پخت و پز و گرمایش آب تفکیک کرد.

۳۳ درصد مصرف انرژی برق را به خود اختصاص می دهد. در ۱۵ سال گذشته، میانگین سالانه رشد مصرف فرآورده های نفتی، گاز طبیعی و برق در بخش خانگی به ترتیب نیم، ۱۹ و ۶ درصد بوده است. در پی روی آوردن دولت به سیاست جایگزین کردن فرآورده های نفتی با گاز طبیعی، الگوی مصرف انرژی خانوارها، بویژه از ۱۹۹۰ به این سو دگرگون شده است.

تولید نفت خام و گاز طبیعی

در این پژوهش یک معادله رگرسیونی برای برآورد رابطه تقاضای نفت و گاز طبیعی در بخش خانگی به کار گرفته شده است. نتایج برآورد، گویای تأثیر معنی دار تولید ناخالص ملی و جمعیت بر تغییر تقاضای نفت و گاز طبیعی خانوارها است. با توجه به نتایج این برآورد و مقادیر آینده جمعیت و تولید ناخالص ملی، تقاضای

نمودار ۳- تقاضای بخش خانگی برای مشتقات نفتی، گاز طبیعی و انرژی خورشیدی
سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰)

جدول ۳- تقاضای انرژی برق در بخش خانگی در ۲۰۰۵

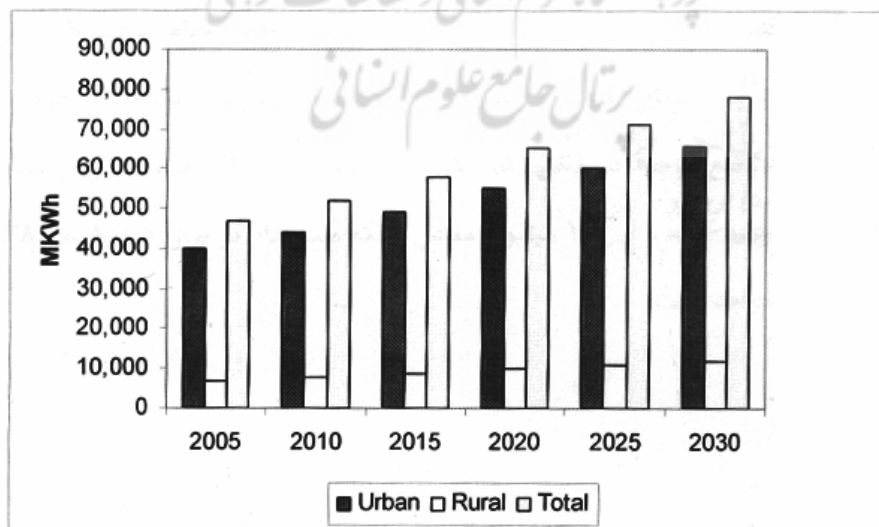
	شهری	روستایی	مجموع
تعداد مشترکین (میلیون)	۱۱/۹۹	۴/۴۱	۱۶/۴۰
جمعیت (میلیون)	۴۸/۲۴	۲۲/۲۳	۷۰/۴۷
سرانه مشترکین به جمعیت	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۳
مصرف (میلیون کیلووات ساعت)	۳۹/۷۹۰	۶/۸۳۶	۴۶/۶۲۶

منبع: آمار تفصیلی صنعت برق، وزارت نیرو ۲۰۰۵

جایگزین خواهد کرد. نیز فرض شده است که سهم انرژی خورشیدی به ۵ درصد در ۲۰۳۰ افزایش یابد. نمودار (۳) روند تقاضای نفت، گاز طبیعی و انرژی خورشیدی خانوارها را در دوره ۲۰۰۵-۲۰۳۰ نشان می‌دهد. در این دوره تقاضای خانوارها برای نفت سفید و LPG به ترتیب سالانه به گونه میانگین ۵ و ۰/۷ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که تقاضای نفت گاز و گاز طبیعی به ترتیب ۲/۱ و ۴/۳ درصد در سال بالا خواهد رفت. در این دوره، میانگین تقاضای انرژی خورشیدی سالانه ۱۱/۷ درصد افزایش خواهد یافت. مصرف کل خانوارها از گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی بار شد

فرض شده است که کل نفت سفید مصرفی برای پخت و پز، ۸۰ درصد نفت گاز برای گرمایش محیط و ۲۰ درصد باقیمانده برای گرم کردن آب و نیمی از LPG مصرفی برای پخت و پز و نیم دیگر آن برای گرم کردن آب است. سهم گرم کردن محیط، پخت و پز و گرم کردن آب نیز از مصرف گاز طبیعی به ترتیب ۱۰، ۷۵ و ۱۵ درصد در نظر گرفته است. فرض شده است که سهم‌های یاد شده برای حامل‌های مورد اشاره در سراسر دوره مورد بررسی ثابت خواهد بود. همچنین فرض شده است که بخش خانگی در ۲۰۱۰ معادل ۱ درصد مصرف گاز طبیعی و نفت خود را با انرژی خورشیدی

نمودار ۴- تقاضای بخش خانگی برای انرژی برق بر حسب میلیون کیلووات ساعت (۲۰۰۵-۲۰۳۰)



جدول ۴- تقاضای انرژی نیروگاههای برق، بر پایه سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰) گیگا وات ساعت

رشد (%)	۲۰۳۰	۲۰۰۵	
۱/۸۱	۷۱۷/۱۸۴	۴۵۸/۵۰۰	کل سوخت
-۰/۲۲	۴۴/۸۲۷	۴۷/۳۱۲	نفت گاز
-۰/۲۲	۳۰۹/۲۸۹	۳۲۶/۴۳۵	گاز طبیعی (نیرو گاههای کنونی)
—	۲۸۲/۷۲۹	—	گاز طبیعی (نیرو گاههای تازه)
	۳۷/۲۸	—	نیرو گاههای حرارتی - خورشیدی
-۰/۲۲	۸۰/۳۰۲	۸۴/۷۵۳	مازوت
	۴۸	۴۰	میانگین راندمان ^۱

۱. در اینجا ضریب ۴۰ درصد بیانگر نسبت ارزش حرارتی برق تولیدی به ارزش حرارتی سوخت مصرفی است. بدیهی است هر چه سهم انرژیهای تجدید شونده افزایش می یابد، این ضریب بهبود خواهد یافت. بر پایه تعاریف حوزه انرژی، راندمان تنها برای بخش حرارتی تولید برق (به علت استفاده از انرژی فسیلی برای تولید برق) به کار می رود. در این حالت ارزش حرارتی برق تولیدی به ارزش حرارتی سوخت مصرفی بعنوان راندمان ماشینهای حرارتی تولید برق تعریف می شود. بر پایه این تعریف، راندمان نیروگاههای حرارتی از ۳۵/۷ درصد در ۲۰۰۵ به ۴۲/۴ درصد در ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت.

جدول ۵- تقاضای نهایی انرژی در بخش ترابری، در سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰) میلیون**معادل بشکه نفت خام**

رشد (%)	۲۰۳۰	۲۰۰۵	
۱/۶۲	۱۶۱	۱۰۸	بنزین
۰/۹۹	۱۵۶	۸۸	گازوئیل (کامیون و اتوبوس)
۲/۳۱	۸	۶	CNG
۳/۸۲	۵	۲	گازوئیل (قطار)
۲/۶۹	۲۰	۱۰	سوخت هواپیما
۱/۷۵	۳/۸۲	۲/۴۸	سوخت کشتی
۱/۹۸	۳۵۴	۲۱۷	کل

جدول ۶- تقاضای انرژی دیگر بخشها، در سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰) میلیون معادل بشکه نفت خام

کشاورزی			بازرگانی			عمومی			
رشد	۲۰۳۰	۲۰۰۵	رشد	۲۰۳۰	۲۰۰۵	رشد	۲۰۳۰	۲۰۰۵	
(%)			(%)			(%)			
۰/۹۱	۰/۱۲	۰/۰۹	-۳	۰/۰۳	۰/۰۶	-۱	۰/۶۶	۰/۸۵	بنزین
-۴/۰۶	۰/۱۷	۰/۵	-۳	۰/۲۱	۰/۴۷	-۲/۶	۰/۹۵	۱/۸۳	نفت سفید
۰/۳۱	۲۵/۹	۲۴	۰	۴/۷۴	۴/۴۵	۱	۷/۵۲	۵/۸۸	نفت گاز
-۴/۸۷	۰/۰۱	۰/۰۳	-۳	۵/۲۴	۱۰/۳۴	-۱۵	۰/۰۳	۲/۱	نفت کوره
۳/۶۶	۲۶/۶	۱۰	۵	۱۷/۵	۵/۲۷	۲	۲۲/۸۴	۱۳/۴۲	برق
			۲	۵۷/۸	۳۴/۱۷	۱۴	۴/۶۸	۰/۱۶	گاز طبیعی
۱/۶	۵۲/۸	۳۵	۲	۸۵/۶	۵۴/۷۷	۱/۶۷	۳۷	۲۴	مجموع

ISIC، به کار گرفته شده است.

برای برآورد تقاضای آینده بخش صنعت برای انرژی در سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی، فرایند زیر دنبال شده است: نخست با بهره گیری از شاخص تعدیل بهای منتشر شده از سوی اداره آمارهای بانک مرکزی، مقدار اسمی ارزش افزوده ۹ گروه صنعتی بزرگ به مقادیر واقعی تبدیل شده است. در مرحله دوم، برپایه نرخهای رشد گذشته، هدفهای تعیین شده از سوی وزارت صنایع و همچنین هدفهای برنامه چهارم توسعه و چشم انداز، ارزش افزوده هر صنعت در آینده پیش بینی شده است. برپایه نتایج به دست آمده، بیشتر صنایع در سالهای آغازین دوره مورد بررسی، رشد ۸ یا ۹ درصدی خواهند داشت، در حالی که در پایان دوره، رشد این صنایع به ۴ تا ۶ درصد کاهش خواهد یافت. در مرحله سوم، با بهره گیری از شاخص شدت انرژی در هر یک از صنایع مورد بررسی و ارزش افزوده محاسبه شده، تقاضای انرژی هر یک از این صنایع در ۲۵ سال آینده برآورد شده است. فرض شده است که روند کاهشی شدت انرژی در صنایع مورد بررسی، البته با نرخ کمتری، یعنی یک درصد در سال، در آینده نیز ادامه

۱/۲ درصد، مصرف هر خانوار با نرخ ۱ درصد و کل انرژی مصرفی خانوارها با نرخ ۲ درصد در سال در دوره ۲۰۳۰-۲۰۰۵ افزایش خواهد یافت.

صنعت

بخش صنعت نزدیک به ۴۲ درصد تولید ناخالص ملی ایران را تشکیل می دهد. این بخش ۱۶۴/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام یا کمابیش ۱۷ درصد کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص می دهد. گاز طبیعی منبع اصلی انرژی در بخش صنعت است و نزدیک به نیمی از کل انرژی مصرفی در این بخش با گاز طبیعی تأمین می شود. به علت در پیش گرفته شدن سیاست کاربرد گاز طبیعی به جای دیگر حاملهای فسیلی، سهم این حامل از کل انرژی مصرفی در بخش صنعت روندی فزاینده داشته است.

در این پژوهش تقاضای انرژی در بخش صنعت با بهره گیری از داده های مرکز آمار ایران درباره صنایع بزرگ (صنایع با بیش از ۱۰ تن نیروی کار) مدل سازی شده است. این داده ها، با توجه به تقسیم بندی صنایع به ۹ گروه، بر طبق تقسیم بندی صنایع برپایه کد دورقمی

جدول ۷- تقاضای کل انرژی اولیه بخشهای گوناگون مصرفی در ایران، سناریوی تداوم وضع کنونی (۲۰۳۰-۲۰۰۵)

	۲۰۳۰		۲۰۰۵	
	سهم (%)	(mboe)	سهم (%)	(mboe)
خانگی	۴۲/۸	۵۹۲	۳۷/۲	۲۵۹
صنایع تولیدی (کارخانه ها)	۲۳/۶	۳۲۶	۱۹/۴	۱۳۵/۶
ترابری	۲۵/۸	۳۵۶	۳۱/۵	۲۱۸
عمومی	۱/۰	۱۴	۱/۶	۱۱
بازرگانی	۴/۹	۶۸	۷/۱	۴۹/۵
کشاورزی	۱/۹	۲۶/۲	۳/۵	۲۴/۵
کل	۱۰۰	۱/۳۸۲	۱۰۰	۶۹۸
برق		۴۴۰		۲۷۲
کل (شامل برق)		۱/۸۲۲		۹۷۰

خواهد یافت. همچنین فرض شده است که سیاست گازی کردن صنایع مورد اشاره بویژه صنایع خوراکی و آشامیدنی، فرآورده‌های چوبی و کاغذ، فولاد، چرم و چاپ همچنان دنبال خواهد شد. نتایج به دست آمده در سناریوی ادامه یافتن وضع کنونی در نمودار (۵) نشان داده شده است. کل تقاضای انرژی صنایع مورد بحث به گونه میانگین سالانه معادل ۳/۴ درصد بالا می‌رود و از ۱۶۴ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۰۵ به ۳۸۰ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت.

نیروگاههای برق

در سال ۲۰۰۵ نیروگاههای برق ۲۷۰ میلیون معادل بشکه نفت خام و گاز طبیعی، یا ۲۸ درصد کل انرژی مصرفی در کشور را مصرف و ۱۱۰ میلیون معادل بشکه نفت خام تولید کرده‌اند. در همین سال، کل ظرفیت نصب شده نیروگاهها معادل ۳۷/۳ گیگاوات شامل ۳۸ درصد بخاری، ۳۰ درصد گازی ساده، ۱۷ درصد چرخه ترکیبی و ۱۵ درصد آبی بوده است.

برآورد برق تولیدی نیروگاهها در سه مرحله صورت گرفته است. نخست با بهره‌گیری از ارزش افزوده و شدت انرژی آتی هر یک از بخشهای اقتصادی، تقاضای انرژی برق در هر بخش برآورد شده است. فرض شده است که شدت انرژی ۰/۱ درصد در هر سال کاهش خواهد یافت. سپس کل تقاضای انرژی با افزودن تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع و مصرف داخلی نیروگاهها، با فرض کاهش یک درصد سالانه برپایه برنامه‌های وزارت نیرو و هدف تصریح شده در قانون بودجه ۲۰۰۷، به دست آمده است.

با تبدیل انرژی مورد نیاز به ظرفیت، برپایه ضریب بار، میزان ظرفیت مورد نیاز برای تأمین انرژی با تأکید بر نیروگاههای چرخه ترکیبی، اتمی و تجدیدشدنی، برپایه سیاستهای وزارت نیرو، برآورد شده است. بویژه، فرض شده است که ۸۰ درصد ظرفیت تازه مورد نیاز نیروگاههای حرارتی از راه ساخت نیروگاههای چرخه

ترکیبی و ۲۰ درصد دیگر با نیروگاههای گازی ساده تأمین خواهد شد. بدین سان، از کل تولید ۲۲۰ میلیارد کیلووات ساعت در ۲۰۱۰، نیروگاههای حرارتی ۹۴ درصد معادل ۲۰۶ میلیارد کیلووات ساعت و نیروگاههای تجدیدشدنی و اتمی نیز ۶ درصد معادل ۱۴ میلیارد کیلووات ساعت (شامل، آبی بزرگ ۷/۶ میلیارد کیلووات ساعت، آبی کوچک ۲۸۰ میلیون کیلووات ساعت، بادی ۵۵۰ میلیون، خورشیدی ۵ میلیون، دیگر تجدیدشدنی‌ها (شامل نیروگاه تلمبه ذخیره سیاه‌بیشه) ۱/۹ میلیون و اتمی ۶ میلیارد کیلووات ساعت) تولید خواهند کرد. با فرض مصرف گاز طبیعی در نیروگاههای حرارتی تازه برای تولید برق و بهبود یافتن میانگین راندمان نیروگاههای حرارتی تولید برق از ۳۹/۷ در ۲۰۰۵ به ۴۶/۱ در ۲۰۳۰، سوخت مورد نیاز برای تأمین تقاضای برق برآورد و نتایج، در جدول (۴) نشان داده شده است. کل سوخت مورد تقاضای نیروگاههای برق در دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ به گونه میانگین سالانه ۱/۸۱ درصد افزایش خواهد یافت.

ترابری

در سال ۲۰۰۵ بخش ترابری ۵۴/۷ درصد از فرآورده‌های نفتی مصرفی، ۰/۱۶ درصد از گاز طبیعی و ۰/۰۷ درصد از انرژی برق را مصرف کرده است. در این سال، ۴۵۰ میلیارد مسافر با خودروهایی شخصی (۵۴٪)، اتوبوس (۴۱٪)، قطار (۲٪) و هواپیما (۲٪) جابه‌جا شده‌اند. نزدیک به ۲۰۸ میلیارد تن کیلومتر بار نیز با کامیون (۹۲٪) و قطار (۸٪) جابه‌جا شده است. سوخت اصلی این بخش، بنزین، گازوئیل، نفت سفید و سوخت جت بوده است. گاز طبیعی (LPG و CNG) نیز به سبب انرژی مصرفی بخش ترابری افزوده شده اما سهم آن ناچیز است. برای برآورد تقاضای انرژی این بخش در آینده، نخست تقاضای انرژی این بخش با برآورد رابطه رگرسیون میان مصرف و ابزارهای ترابری در هر زیربخش، برآورد شده است؛ سپس تقاضای انرژی بخش ترابری در آینده، برپایه فروض اصلی مربوط به

انرژی در آینده برآورد شده است. جدول (۶) تقاضای این بخشها را در دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۳۰ نشان می‌دهد.

تقاضای کل انرژی

بر پایه سناریوی تداوم وضع کنونی، تقاضای کل انرژی اولیه با میانگین رشد سالانه ۲/۵ درصدی از ۹۷۰ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۰۵ به ۱۸۲۱ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. صنایع تولیدی (کارخانه‌ها)، با میانگین رشد سالانه ۳/۶ درصد، بالاترین رشد تقاضا در سناریوی تداوم وضع کنونی را خواهند داشت. بخشهای خانگی و ترابری به ترتیب با رشد ۳/۴ و ۲ درصدی در رتبه‌های بعدی جای دارند. تقاضای انرژی در بخش بازرگانی سالانه به گونه میانگین ۱/۳ درصد، بخش عمومی، یک درصد و بخش کشاورزی ۰/۳ درصد رشد خواهد کرد. جدول (۷) تقاضای انرژی در بخشهای گوناگون را در دوره ۲۰۰۵-۲۰۳۰ بر پایه سناریوی تداوم وضع کنونی نشان می‌دهد.

تقاضای برق همه بخشها به گونه میانگین در هر سال ۲/۷ درصد بالا می‌رود و از ۱۴۴ میلیارد کیلووات

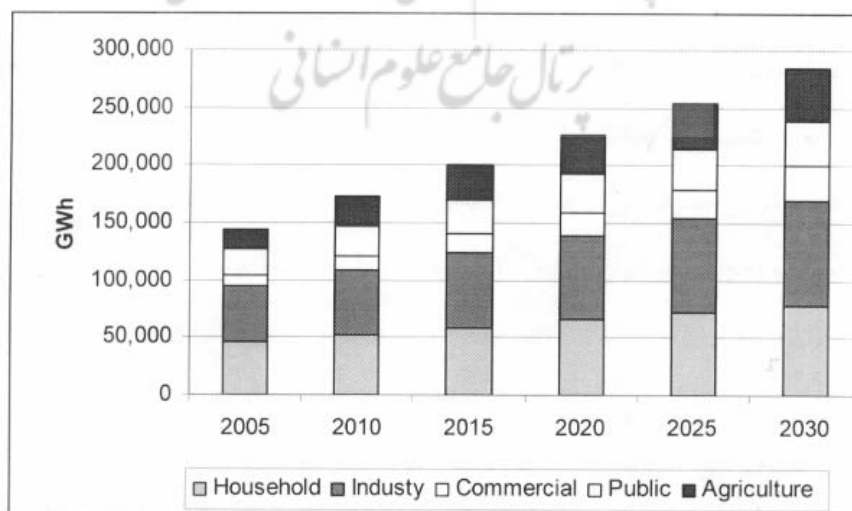
رشد اقتصادی و جمعیت در آینده برآورد شده است. حمل بار در ایران از راه زمین (کامیون و قطار)، هوا و دریا صورت می‌گیرد. سهم کامیون ۹۲ درصد و قطار نزدیک به ۸ درصد از کل بار جابه‌جا شده است. سهم جابه‌جایی هوایی و دریایی بار چشمگیر نیست. بر پایه مسافتی که کامیونها و قطارها پیموده‌اند و مصرف انرژی مرتبط با آن، کل انرژی مصرفی این دو ابزار ترابری برآورد شده است.

جدول (۵) کل تقاضای نهایی انرژی بخش ترابری را نشان می‌دهد. چنان که دیده می‌شود، مصرف انرژی در این بخش با نرخ ۲ درصد در سال رشد کرده و از ۲۱۷ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۰۵ به ۳۵۴ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۳۰ می‌رسد.

دیگر بخشها

دیگر بخشها، عبارت از بخشهای عمومی، بازرگانی و کشاورزی است. این سه بخش نزدیک به ۵۷ درصد کل ارزش افزوده اقتصاد و کمتر از ۱۰ درصد کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهند. همچون بخش صنعت، در این بخشها نیز با بهره‌گیری از ارزش افزوده و شدت انرژی در هر بخش، میزان تقاضای

نمودار (۶): تقاضای انرژی برق به تفکیک بخشهای گوناگون در دوره مورد بررسی، سناریوی تداوم وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰)



مصرف و ابزارهای برقی باراندمان بالاتر جایگزین ابزارهای برقی کم بازده کنونی خواهد شد. در بخش صنعتی، فرض شده است که روند کاهش شدت انرژی تداوم خواهد یافت و در بخش ترابری نیز فرض شده است که خودروها با موتورهای پربازده جایگزین خودروهای کم بازده کنونی خواهد شد. گذشته از آثار تکنولوژی، فرض شده است که اصلاحات قیمتی مایه توجه بیشتر مصرف کنندگان می شود به گونه ای که در زمینه کاربرد انرژی با حساسیت بیشتری رفتار خواهند کرد.

خانوارها

در این بخش، مهمترین عامل تغییر در مصرف برق، چگونگی بهره گیری (تغییر تکنولوژی و ضریب نفوذ) از ابزارهای روشنایی، یخچال و فریزر، اتو، تلویزیون، کامپیوتر و ابزارهای خنک کننده است. فرض شده است که خانوارها بتوانند ۸۰ درصد لامپهای پر مصرف را عوض کنند و بنابراین مصرف انرژی خود را تا ۲۰۳۰ به میزان ۴۰ درصد کاهش دهند. همچنین فرض شده است که در ۲۰۲۰، میانگین مصرف یخچالها در ایران نزدیک به ۲۰ درصد بالاتر از میانگین مصرف یخچالهای امروز در اروپای مرکزی باشد، هر چند ۲۰ درصد بیش از پربازده ترین یخچالهای کنونی در اروپا خواهد بود. بر سر هم، برق مصرفی یخچالها و فریزرها در بخش خانگی در ۲۰۳۰ در سناریوی کارایی بالا، در سنجش با سناریوی تداوم روند کنونی، نزدیک به ۶۷ درصد کمتر خواهد بود. در پرتو تکنولوژی بهتر در ۲۰۳۰، مصرف برق اتو، ابزارهای خنک کننده، تلویزیون و کامپیوتر به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۲۵ درصد کاهش خواهد یافت. گذشته از این، تا ۲۰۳۰، مصرف برق خانوارها برای تأمین گرمایش نزدیک به ۱۱ درصد کاهش خواهد یافت. با فرض نرخ رشد ۲ درصدی نوسازی، صرفه جویی ۵۰ درصدی در مصرف انرژی خانوارها، نرخ جایگزینی ۱۰ درصدی و افزایش ۱۰ درصدی فضای سرانه می توان به این هدف رسید. بر سر هم در ۲۰۳۰، گل تقاضای

ساعت در ۲۰۰۵ به ۳۸۴ میلیارد کیلووات ساعت در ۲۰۳۰ خواهد رسید. با توجه به آنکه تقاضای بخشهای بازرگانی و کشاورزی نسبت به میانگین رشد اقتصادی، نرخ بالاتری خواهد داشت، سهم این دو بخش به ترتیب از ۱۵ و ۷ درصد در ۲۰۰۵ به ۱۶ و ۱۰ درصد در ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. تقاضای انرژی برق دیگر بخشها با نرخ پایبندی نسبت به میانگین رشد کرده و در نتیجه کاهش اندکی در ۲۰۳۰ نشان می دهد. در نمودار (۶) تقاضای برق بخشهای گوناگون در دوره مورد بررسی بر پایه نتایج به دست آمده از سناریوی تداوم وضع کنونی، نشان داده شده است.

تحلیل سناریوها

در این بخش، با بهره گیری از نتایج سناریوی تداوم وضع کنونی بعنوان یک معیار، سناریوهای دیگری برای تقاضای انرژی در ایران تنظیم شده است. بویژه چهار سناریوی تنظیم شده عبارت است از: کارایی بالا، بیشترین بهره گیری از انرژیهای تجدیدشدنی، تلفیق کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از انرژیهای نو و سناریوی مقید.

سناریوی کارایی بالا

در سناریوی کارایی بالا، با فرض ثابت ماندن دیگر عوامل از جمله میزان بهره گیری از انرژیهای تجدیدشدنی، تنها بر عوامل مؤثر در کارایی تقاضای انرژی در بخشهای گوناگون تمرکز شده است. شدت انرژی را می توان مهمترین عامل کارایی دانست که با پیشرفت تکنولوژی و تغییر ساختار اقتصاد، دگرگون می شود. با فرض ثابت ماندن دیگر عوامل، تکنولوژی با کارایی بالاتر، به کاهش شدت انرژی می انجامد. گذشته از این، هر تغییر در ساختار اقتصادی در راستای کاهش محصولات انرژی بر نیز به کاهش شدت انرژی می انجامد. بنابراین در این سناریو بر تغییر شدت انرژی، به علت پیشرفت تکنولوژی تمرکز شده است. برای نمونه، در بخش خانگی، فرض شده است که لامپهای کم

بهره‌گیری از معیار بهترین تکنولوژی قابل دسترس در سنجش با تکنولوژی موجود و همچنین با بهره‌گیری از نتایج پژوهش (Ecofys ۲۰۰۶)، میانگین صرفه‌جویی ۵۰ درصدی در نظر گرفته شده است.

افزون بر این، فرض شده است که تا ۲۰۳۰ بیشتر (۸۳ درصد) کارخانه‌های کنونی جایگزین شوند. این دگرگونی، تا ۲۰۳۰، امکان تولید بر پایه معیار بهترین تکنولوژی قابل دسترس را برای کارخانه‌های موجود فراهم می‌کند.

شدت انرژی در بخش صنعت ایران در سالهای ۱۹۹۰-۲۰۰۵ با کاهش میانگین سالانه ۷ درصدی، نزدیک به ۵۰ درصد پایین آمده است. در سناریوی کارایی بالا، کاهش بیشتری، بیش از ۵۰ درصد، با نرخ کاهشی سالانه ۳/۸ درصدی تا ۲۰۳۰ قابل حصول است. بر سر هم، در سناریوی با کارایی بالا، در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، کل انرژی مصرفی بخش صنعت در ۲۰۳۰ نزدیک به ۴۱ درصد کمتر خواهد بود.

ترابری

در بخش ترابری به دوروش می‌توان کارایی مصرف سوخت را افزایش داد: تغییر دادن شمار خودروها و فواصل طی شده برای سفر و تغییر دادن تکنولوژی. فرض اصلی در این بخش این است که سرانجام بهای بنزین و نفت گاز به قیمت‌های منطقه‌ای افزایش خواهد یافت.^۲ در این حالت، شمار خودروهای شخصی (میزان استفاده از آنها) و مسافت طی شده برای هر سفر در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی کاهش خواهد یافت. افزون بر این، سهم ترابری عمومی، بیشتر به‌علاوه افزایش هزینه استفاده از خودروهای شخصی، افزایش خواهد یافت. فرض شده است که شمار خودروهای شخصی از ۲۴۴۸۰۰ دستگاه در ۲۰۰۵ به ۴۳۳۸۰۰ دستگاه (برخلاف ۶۰۲۴۰۰ دستگاه که در سناریوی تداوم وضع کنونی برآورد شده بود) در ۲۰۳۰ افزایش یابد. همچنین در این سناریو در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، میانگین مسافت طی شده بوسیله هر

انرژی خانوارها در سناریوی کارایی بالا در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، نزدیک به ۵۰ درصد کمتر خواهد بود.

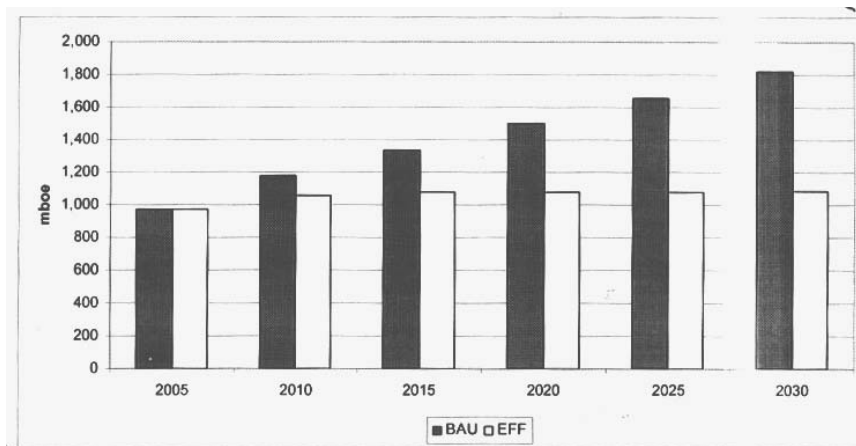
صنعت

بخش صنعت ایران در پانزده سال گذشته رشد بالای سالانه ۱۵ درصد را تجربه کرده و همین، به افزایش معنادر مصرف انرژی انجامیده است. با وجود کاهش ۷ درصدی سالانه شدت انرژی در سالهای ۲۰۰۵-۱۹۹۰، شدت انرژی بسیاری از صنایع نوپا به گونه‌ای معنادار (کمابیش ۲۶ درصد)، بیش از میانگین جهانی است. این وضع بیشتر به‌علاوه قیمت‌های پایین انرژی، نبود سرمایه کافی برای سرمایه‌گذاری در زمینه ماشین‌های جدید یا با کارایی بیشتر و ضعف مدیریت در بسیاری از کارخانه‌ها پیش آمده است. در این پژوهش، از نتایج حاصل از ممیزی انرژی انجام شده از سوی سازمان‌های گوناگون برای برآورد قابلیت‌های صرفه‌جویی انرژی در کارخانه‌ها بهره گرفته شده است.

در این پژوهش، فرض شده است که همانند بسیاری از کشورهای توسعه یافته، نرخ واقعی سالانه رشد هر یک از بخش‌های پولی و حقیقی (محصولات) در آینده یک درصد خواهد بود. همچنین فرض شده است که کارخانه‌های موجود سطح تولید خود را با بهره‌وری بالاتر سرمایه، نزدیک به یک درصد افزایش خواهند داد و تولید بیشتر یکسره از راه واحدهای تازه تولید به دست خواهد آمد؛ تا ۲۰۳۰، شمار کارخانه‌ها کمابیش دو برابر خواهد شد و واحدهای تازه نزدیک به نیمی از تولید کل را پوشش خواهند داد.

با توجه به تأثیر بازنگری در استانداردهای فنی و برپا شدن واحدهای صنعتی تازه، فرض شده است که بهترین تکنولوژی قابل دسترسی، مشابه آنچه در پژوهش سابا (یک شرکت زیرمجموعه توانیر) توصیف شده، به کار گرفته شود. گذشته از این، فرض شده است که این استانداردها نیز سالانه یک درصد بهبود یابد. برای بخش‌هایی که شرکت سابا بررسی نکرده است، با

نمودار (۷): کل تقاضای نهایی انرژی در سناریوهای تداوم وضع کنونی و کارایی بالا - میلیون معادل بشکه نفت خام (۲۰۰۵-۲۰۳۰)



دیگر بخشها

در این پژوهش از نتایج ممیزی انرژی ساختمانهای عمومی برای برآورد پتانسیل‌های صرفه‌جویی در بخش عمومی بهره گرفته شده است. برای ساختمانهای موجود، فرض شده است که در صورت انجام گرفتن اقدامات منظم بهسازی، در ۲۵ سال آینده به گونه میانگین ۳۵ درصد صرفه‌جویی در انرژی امکان‌پذیر است. در ساختمانهای تازه نیز در سنجش با ساختمانهای موجود تا ۸۰ درصد امکان صرفه‌جویی در انرژی وجود دارد. میانگین شدت انرژی این بخش در ۲۰۳۰، در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، تا ۴۵ درصد می‌توان پایین آورد. در ساختمانهای تجاری، مصرف انرژی و پتانسیل کاهش آن، همچون ساختمانهای عمومی فرض شده است. به هر روی، به‌علت توسعه بیشتر بخش بازرگانی، فرض شده است که سهم ساختمانهای تازه با نرخ بالاتری افزایش یابد. این وضع به صرفه‌جویی کلی ۵۵ درصدی در ۲۰۳۰ در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی می‌انجامد. در بخش کشاورزی نیز صرفه‌جویی در برق و سوخت‌های فسیلی به ترتیب کمابیش ۴۰ و ۳۰ درصد کمتر از آن خواهد بود که وضع کنونی ادامه یابد.

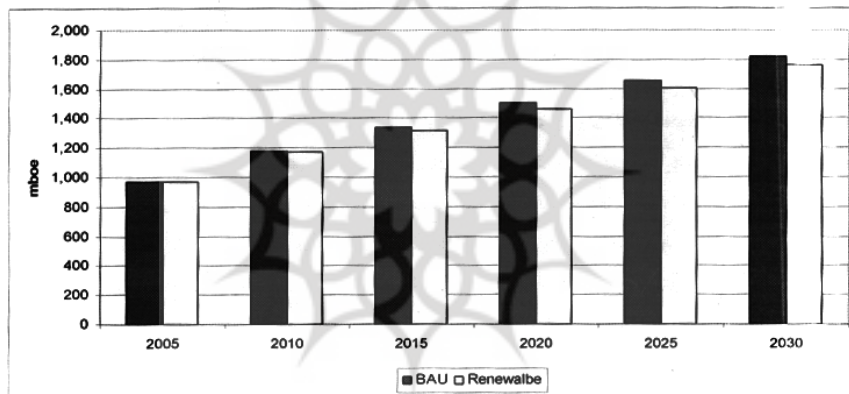
خودروی شخصی نیز از ۲۴۰۰۰ کیلومتر در سال به ۱۷۶۰۰ کیلومتر در سال (با کاهش ۲۰ درصدی) خواهد رسید. با این حال هنوز هم میانگین مسافتی که یک خودروی شخصی می‌پیماید، در سنجش با کشورهای توسعه یافته مانند آلمان ۶۰ درصد بیشتر است. همچنین فرض شده است که میانگین مصرف سوخت خودروهای ایران از ۱۴ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر در سناریوی تداوم وضع کنونی، به ۱۰ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر در سناریوی کارایی بالا در ۲۰۳۰ کاهش یابد. افزون بر این، فرض شده است که در ۲۰۲۰، میانگین مصرف خودروهای شخصی در ایران برابر با مصرف خودروهای شخصی در آلمان در ۲۰۰۶ یعنی ۷/۸ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر خواهد بود. در ۲۰۳۰، مصرف بنزین خودروهای شخصی در ایران در سطح کلاس متوسط خودروهای کنونی، یعنی ۶ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر خواهد بود. کارایی اتوبوسها و قطارها نیز ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و کارایی مصرف سوخت در بخش ترابری هوایی نیز با به‌کارگیری هواپیماهای بزرگتر و نوسازی ناوگان هوایی، ۴۵ درصد افزایش خواهد یافت. بر سر هم، کل انرژی مصرفی بخش ترابری در سناریوی کارایی بالا، در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، ۳۵ درصد کمتر خواهد بود.

تقاضای نهایی کل

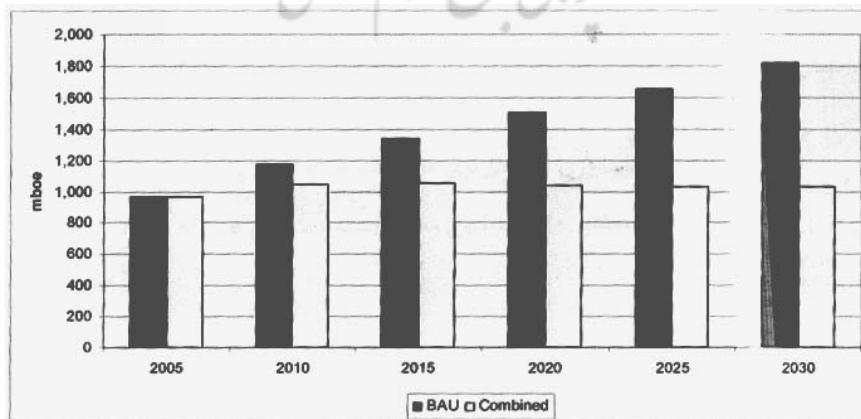
تقاضای نهایی کل انرژی در سناریوی کارایی بالا با نرخ رشد میانگین ۰/۴ درصد در هر سال از ۹۷۰ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۰۵ به ۱۰۸۴ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. این بدین معناست که در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، رشد تقاضای انرژی به گونه میانگین معادل ۲/۲ درصد در هر سال کمتر خواهد بود. نمودار (۷) تقاضای نهایی کل انرژی را در دو حالت تداوم وضع کنونی و کارایی بالا نشان می دهد. بر سر هم، سناریوی کارایی بالا در ۲۰۳۰ به

کاهش ۴۰ درصدی انرژی مصرفی در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی می انجامد. بیشترین سهم صرفه جویی در سناریوی کارایی بالا مربوط به بخش خانگی است به گونه ای که بیش از ۵۰ درصد انرژی مصرفی در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی کاهش خواهد یافت. صرفه جویی بخشهای صنعت، ترابری، عمومی و بازرگانی از ۳۰ تا ۴۰ درصد خواهد بود. گرچه نرخ صرفه جویی در بخشهای بازرگانی و عمومی بالاتر از بخشهای صنعت و ترابری است، میزان انرژی صرفه جویی شده در دو بخش اخیر، در سایه مصرف بالای آنها، بسی بیشتر است.

نمودار (۸) کل تقاضای انرژی اولیه در سناریوهای تداوم وضع کنونی و بیشترین بهره گیری از انرژیهای تجدید شونده (۲۰۰۵-۲۰۳۰) میلیون معادل بشکه نفت خام



نمودار (۹) تقاضای کل انرژی در سناریوی ترکیبی در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰) میلیون معادل بشکه نفت خام



بخش	سناریوی مقید تا ۲۰۳۰	تداوم وضع کنونی تا ۲۰۳۰	قید روشن نبودن
تولید برق نیروگاههای بادی	15TWh	22TWh	سرمایه گذاری خصوصی و بهای سوخت
تولید برق نیروگاههای زمین گرمایی	3TWh	5.25TWh	روشن نبودن ضریب بهره گیری از ظرفیت آماده نیروگاه و بهای سوخت
شمار خودروها (میلیون)	18.26	6.26	بهره گیری کمتر از وسایل ترابری عمومی
سوخت مصرفی هر خودرو	7liter/100km	100km/6liter	تأثیر دیگر بخشها (زیرساختها، ترافیک و...)
بخش خانگی - گرمایش (در صد صرفه جویی هر ساختمان)	30%	50%	روشن نبودن سیاستها و اجرای درست آنها

سناریوی بیشترین بهره گیری از منابع تجدید شدنی

در این سناریو، روی پتانسیل‌های انرژی تجدید شدنی در ایران تمرکز شده و پارامترهای مرتبط با کارایی در سطح سناریوی تداوم وضع کنونی فرض شده است. در این راستا بسیاری از پژوهش‌های داخلی و خارجی در زمینه پتانسیل‌های انرژی تجدید شدنی در ایران و همه ظرفیتهای منابع تجدید شدنی مانند باد، آب، بیوماس، زمین گرمایی و خورشیدی بررسی شده است. بر سرهم، سهم انرژی تجدید شدنی در این سناریو در ۲۰۳۰ می تواند ۱۶ درصد برسد. برآیند بهره گیری از منابع انرژی تجدید شدنی در هر بخش اقتصاد در زیر آمده است.

خانوارها

همچون بسیاری از کشورهای حوزه مدیترانه، در دهه آینده، گرم کردن آب با بهره گیری از انرژی خورشیدی در خانوارهای ایرانی متداول خواهد شد. فرض شده است که تا ۲۰۳۰ کمابیش دو سوم آب گرم

بهداشتی مورد نیاز با بهره گیری از انرژی خورشیدی به دست آید. همچنین، دستگاههای خورشیدی، بویژه در مناطق روستایی، برای پخت و پز نزدیک به ۱۰ درصد تقاضای انرژی را در این حوزه به خود اختصاص خواهند داد.

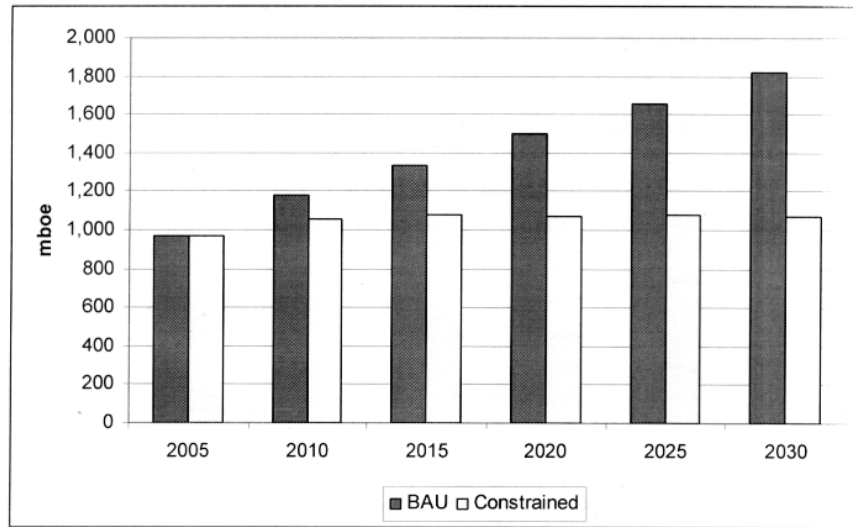
صنعت

انتظار می رود سهم انرژی تجدید شدنی در این بخش تا ۶ درصد افزایش یابد. این سهم بویژه به علت محدودیت انرژی بیوماس، زمین گرمایی و خورشیدی، به نسبت اندک است. بطور کلی ظرفیتهای انرژی بیوماس بسیار پایین است و بهره گیری از انرژی زمین گرمایی نیز به علت دور بودن مراکز تولید و مصرف از هم چندان عملی نیست. با این حال، پتانسیل‌های بسیار در زمینه انرژی خورشیدی برای فرایندهای صنعتی وجود دارد که در یک افق زمانی به گونه گسترده عملیاتی خواهد شد.

ترابری

به علت محدودیت منابع بیوماس و هزینه سنگین

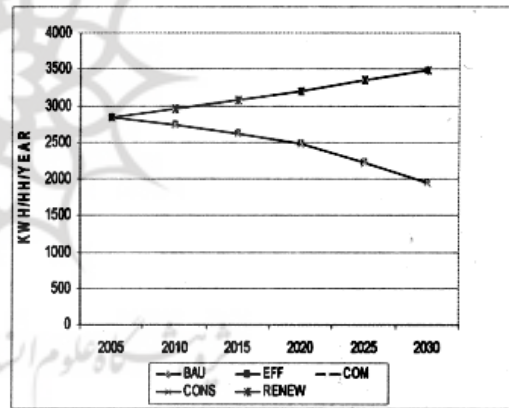
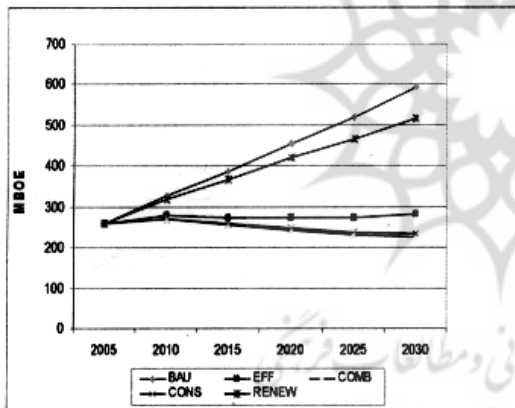
نمودار (۱۰) تقاضای کل انرژی در سناریوهای مقید و تداوم وضع کنونی (۲۰۰۵-۲۰۳۰)
میلیون معادل بشکه نفت خام



نمودار (۱۱) فشرده نتایج سناریوها (۲۰۰۵-۲۰۳۰) میلیون معادل بشکه نفت خام

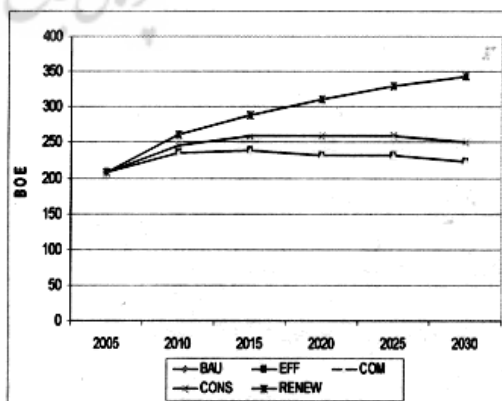
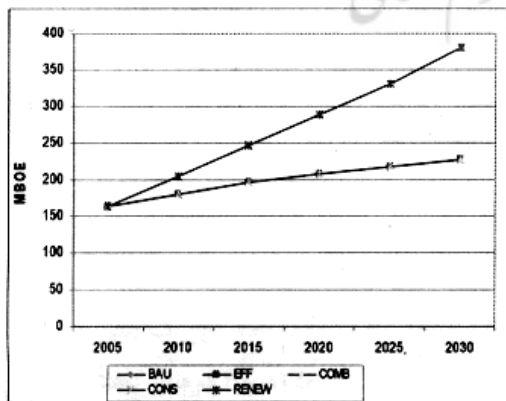
خانگی (گرما)

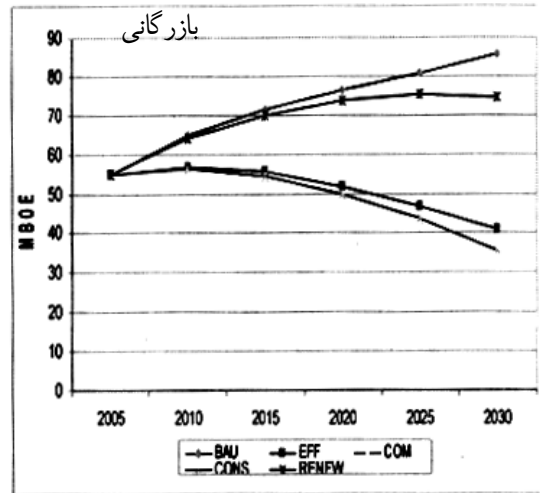
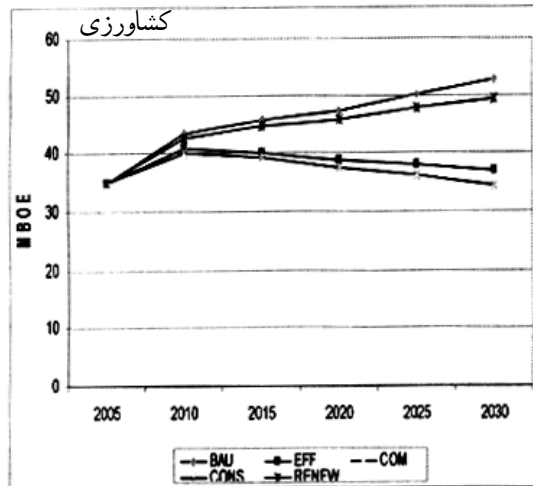
خانگی (برق)



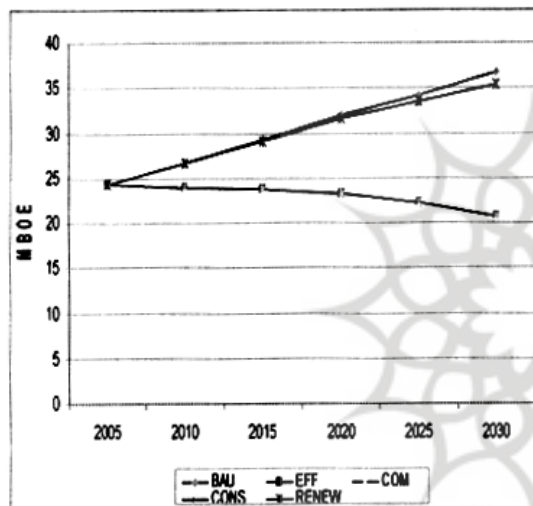
صنعت

ترابری

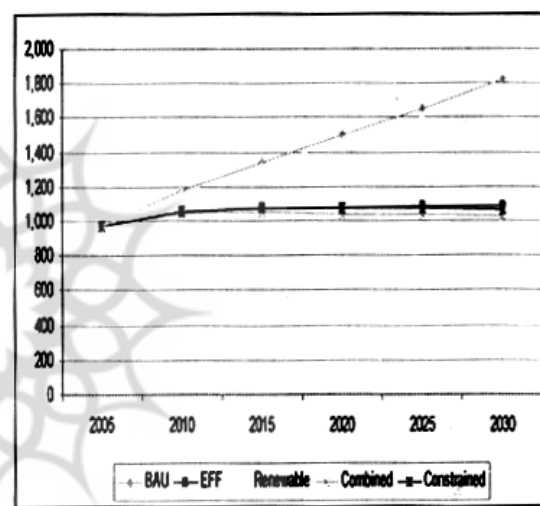




عمومی



کل



تقاضای نهایی انرژی

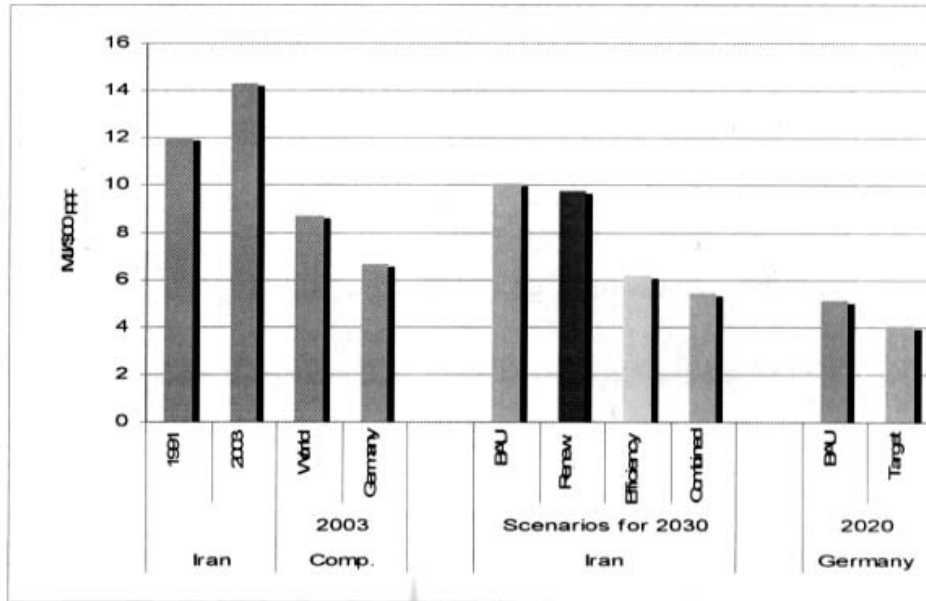
نمودار (۸) تقاضای کل انرژی را در سناریوی بیشترین بهره‌گیری از ظرفیتهای تجدیدشده در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی نشان می‌دهد. دیده می‌شود که تقاضای کل انرژی از ۹۷۰ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۰۵ به ۱۰۸۰ میلیون معادل بشکه نفت خام در ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد که گویای نرخ رشد سالانه ۲ درصدی است. نرخ صرفه‌جویی انرژی در ۲۰۳۰ در سناریوی بیشترین بهره‌گیری از ظرفیتهای تجدیدشده در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، نزدیک به ۳ درصد است. مهمترین علت صرفه‌جویی در

بهره‌گیری از آن، فرض شده است که در بخش ترابری این منبع انرژی به کار گرفته نخواهد شد.

دیگر بخشها

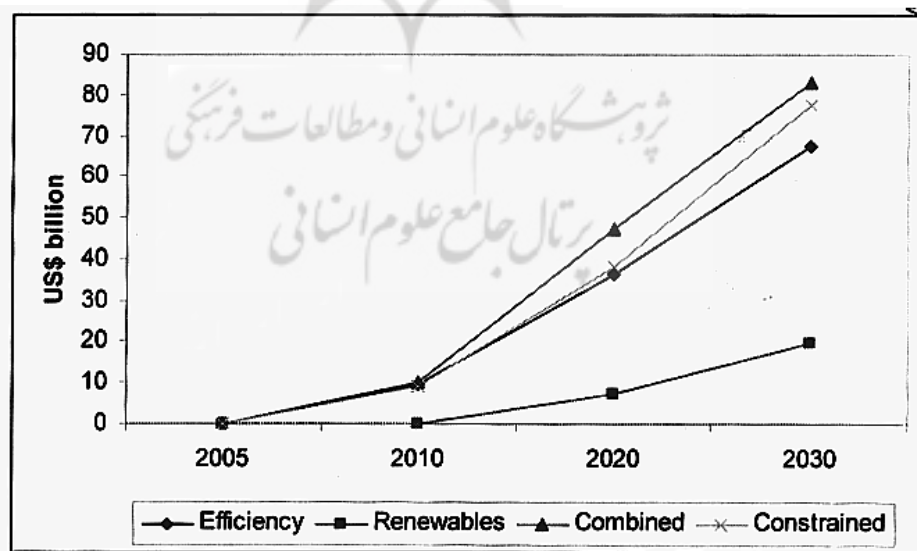
با بهره‌گیری از دستگاههای خورشیدی، تا ۲۰۳۰، به ترتیب ۱۰ و ۱۶ درصد سوخت مورد نیاز بخشهای عمومی و بازرگانی تأمین خواهد شد. در بخش کشاورزی انرژیهای نو ۱۲/۷ درصد از سوخت مورد نیاز را تأمین خواهد کرد. انرژی خورشیدی و بیوماس دو منبع مهم تجدیدشده به‌شمار می‌آیند زیرا دانه‌های روغنی قابلیت تبدیل شدن به سوختهای مایع را دارند.

نمودار (۱۲) شدت انرژی در ایران و جهان بر پایه سناریوهای گوناگون و برآوردهای پژوهشگر

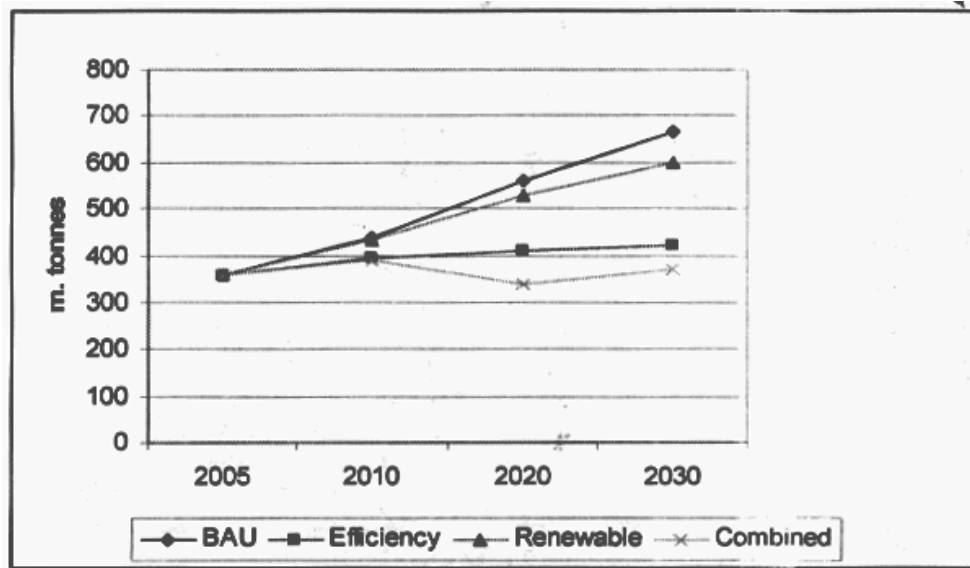


منبع: EEA, IEA (2007)

نمودار (۱۳) درآمدهای بالقوه حاصل از سناریوهای گوناگون (۲۰۰۵-۲۰۳۰)



نمودار (۱۴) میزان آلاینده دی اکسید کربن در سناریوهای گوناگون (۲۰۰۵-۲۰۳۰)



جدول (۸) فشرده نتایج سناریوها (۲۰۰۵-۲۰۳۰)

سناریو	کُل تقاضای انرژی (MBOE)		رشد سالانه	
	۲۰۰۵	۲۰۳۰	(%) صرفه جویی در ۲۰۳۰	رشد سالانه
ادامه یافتن وضع کنونی	۹۷۰	۱/۸۲۲	—	۲/۶
کارایی بالا	۹۷۰	۱/۰۸۴	۴۰	۰/۴
بیشترین بهره گیری از ظرفیتهای تجدیدشده	۹۷۰	۱/۷۶۰	۳	۲/۴
ترکیبی	۹۷۰	۱/۰۳۰	۴۳	۰/۲
مقید	۹۷۰	۱/۰۷۰	۴۱	۰/۴

در انرژی در این سناریو از مقدار صرفه جویی در هر یک از دو سناریوی یاد شده بیشتر باشد. نمودار (۹) تقاضای کُل انرژی در چارچوب سناریوی ترکیبی را در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی نشان می دهد. در این سناریو، رشد میانگین سالانه تقاضای کُل انرژی در دوره مورد بررسی ۰/۲ درصد است. این نرخ رشد بسی کمتر از نرخ رشد تقاضای انرژی در سناریوی تداوم وضع کنونی، یعنی ۲/۶ درصد است. کُل تقاضای

انرژی در این سناریو در سنجش با سناریوی پیش گفته، بهره گیری از ظرفیتهای تجدیدشده برای تولید برق به جای نیروگاههای حرارتی است.

سناریوی ترکیبی

در سناریوی ترکیبی، دو سناریوی کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از پتانسیلهای تجدیدشده در هم آمیخته شده است. بنابراین انتظار می رود صرفه جویی

سنجش سناریوها با هم

در جدول (۸) تقاضای انرژی در چهار سناریوی مورد بررسی نشان داده شده است. چنان که می بینیم، سناریوی کارایی بالا تا ۲۰۳۰ به کمابیش ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف انرژی می انجامد. این مقدار صرفه جویی در مقیاس جهانی بسیار بالاست. صرفه جویی در انرژی بر پایه سناریوی بهره گیری هر چه بیشتر از پتانسیل‌های تجدید ش‌دنی در ۲۰۳۰ نزدیک به ۳ درصد خواهد بود. علت اصلی ناچیز بودن درصد صرفه جویی در این سناریو بیشتر از این واقعیت مایه می گیرد که اعمال سیاست‌های مناسب برای بهره گیری از انرژی‌های تجدید ش‌دنی نیازمند دوره‌ای درازتر از افق زمانی این پژوهش است. سناریوی ترکیبی، یعنی آمیزه‌ای از سناریوهای کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از ظرفیتهای تجدید ش‌دنی، به بیشترین صرفه جویی در ۲۰۳۰ می انجامد. بر سر هم، میزان صرفه جویی در انرژی در این سناریو در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی، ۴۳ درصد است. سرانجام، سناریوی مقید نیز به صرفه جویی ۴۱ درصدی در انرژی در ۲۰۳۰ در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی می انجامد.

نمودار (۱۱) تقاضای انرژی بخشهای گوناگون را در هر سناریو نشان می دهد. بیشترین صرفه جویی در انرژی در بخش خانگی است و بخشهای صنعت، ترابری و... نیز به ترتیب در ردههای بعدی جای دارند.

در سناریوی تداوم وضع کنونی، شدت انرژی تا ۲۰۳۰ کمابیش ۳۰ درصد کاهش خواهد یافت، هر چند این شاخص هنوز هم نسبت به میانگین جهانی کنونی آن بالاتر است. در سناریوی کارایی بالا، شدت انرژی تا ۲۰۳۰ نزدیک به ۶۰ درصد کاهش می یابد و بنابراین شدت انرژی در آن سال کمتر از میانگین جهانی امروزی این شاخص و همچنین مقدار کنونی آن برای آلمان خواهد بود؛ با این حال از شاخص هدف تعیین شده در آلمان برای ۲۰۲۰ بالاتر خواهد بود. نمودار (۱۲)

انرژی در این سناریو در ۲۰۳۰ برابر با ۱۰۳۰ میلیون معادل بشکه نفت خام و به تعبیری، نشان دهنده صرفه جویی ۴۳ درصدی در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی است.

سناریوی مقید

در دو سناریوی کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از ظرفیتهای موجود انرژیهای تجدید ش‌دنی، فرض شد که تا ۲۰۳۰ عوامل بهبود کارایی و پتانسیل‌های تجدید ش‌دنی تا آنجا که ممکن است به کار گرفته شود. فزون بر این، فروض اعمال شده در هر یک از این دو سناریو، متکی به پژوهشهای انجام شده در سانا، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت و همچنین سازمانهای بین المللی همچون آژانس بین المللی انرژی بود. روشن است این فروض ممکن است واقعی نباشد. مهمترین دلایل تحقق نیافتن این فروض را می توان به قطعی نبودن سیاستگذاری، شرایط اقتصادی و تغییرات تکنولوژیک نسبت داد. برای تشخیص این قیود، سناریوی دیگری با عنوان سناریوی مقید تنظیم شده است. در سناریوی مقید، این ناروشنی‌ها، بویژه در سنجش با دو سناریوی کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از پتانسیل‌های تجدید ش‌دنی مورد توجه قرار گرفته است و از این رو، این سناریو در زمینه صرفه جویی در انرژی و بهره گیری از ظرفیتهای تجدید ش‌دنی، بر سناریوی دیگر برتری دارد. فروض مربوط به سناریوی مقید در زیر فهرست شده است. البته تنها به فروضی اشاره شده است که در سنجش با سناریوهای کارایی بالا و بیشترین بهره گیری از پتانسیل‌های تجدید ش‌دنی، متفاوت است.

در نمودار (۱۰) تقاضای کل انرژی در سناریوی مقید در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی نشان داده شده است. در ۲۰۳۰، تقاضای کل انرژی در سناریوی مقید ۱۰۷۰ میلیون معادل بشکه نفت خام است که گویای صرفه جویی ۴۱ درصدی در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی است.

شدت انرژی در ایران (برای سناریوهای گوناگون) را در سنجش با میانگین جهانی و شدت انرژی در آلمان نشان می‌دهد.

پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی سناریوها

فرض شده است که فروش نفت و گاز صرفه‌جویی شده در بازارهای جهانی، در آمد بیشتری برای کشور به‌بار خواهد آورد. بر پایه پیش‌بینی بهای سازمان جهانی انرژی (۲۰۰۸)، کل درآمد ناشی از صرفه‌جویی تا ۲۰۳۰ در سناریوی کارایی بالا، ۶۸ میلیارد دلار برآورد شده است. این مقدار در سناریوی بیشترین بهره‌گیری از ظرفیتهای تجدیدشدنی بیش از ۱۹ میلیارد دلار، در سناریوی ترکیبی بیش از ۸۲ میلیارد دلار و در سناریوی مقید بیش از ۷۷ میلیارد دلار خواهد بود. در ۲۵ سال، مجموع ارزش صرفه‌جویی‌ها، در دامنه ۲۴۰ میلیارد دلار برای سناریوی بیشترین بهره‌گیری از ظرفیتهای تجدیدشدنی تا ۱۰۰۰ میلیارد دلار برای سناریوی ترکیبی قرار خواهد گرفت. نمودار (۱۳) درآمدهای

بالمقوه برآمده از صرفه‌جویی در انرژی بر پایه سناریوهای گوناگون را نشان می‌دهد.

کاربرد سوخت‌های فسیلی، به آلودگی و گرم‌تر شدن زمین می‌انجامد. در این پژوهش، برآورد آثار مصرف انرژی در سناریوهای گوناگون به تولید دی‌اکسید کربن محدود شده و تأثیر آن در زمینه‌های بهداشتی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، برآورد انجام شده در این پژوهش، تنها یک تخمین محتاطانه خواهد بود. چنان‌که نمودار (۱۴) نشان می‌دهد، کاهش آلودگی در همه سناریوها در سنجش با سناریوی تداوم وضع کنونی چشمگیر است. بیشترین کاهش در سناریوی ترکیبی است به گونه‌ای که میزان دی‌اکسید کربن تا ۲۰۱۰ ده درصد، تا ۲۰۲۰ سی و نه درصد و تا ۲۰۳۰ چهل و پنج درصد کاهش خواهد یافت. سناریوهای جایگزین نه تنها تا ۲۵ سال آینده می‌توانند درآمدهای بالاتر، تا ۱۰۰۰ میلیارد دلار، برای اقتصاد ایران به بار آورند، بلکه ایران را قادر خواهند ساخت تا راه درست کاهش دادن آلودگی دی‌اکسید کربن را دنبال کند و در این زمینه پیشرو باشد.