



دورنمای انرژی جهان ۲۰۱۶

خلاصه مدیریتی

آژانس بین‌المللی انرژی

ترجمه شده در
مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری
آذر ماه ۱۳۹۵

عنوان گزارش: دورنمای انرژی جهان ۲۰۱۶ - خلاصه مدیریتی

World Energy Outlook 2016 - Executive Summary

نویسنده: آژانس بین‌المللی انرژی

International Energy Agency

ناشر: آژانس بین‌المللی انرژی

International Energy Agency

تاریخ انتشار: نوامبر ۲۰۱۶

گروه ترجمه: سیدمهدی ساعتچی

ناظران: ابوالفضل غیاثوند، ابوالقاسم اسکندری

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری است.
هرگونه بازنشر این گزارش بدون اجازه کتبی مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری ممنوع است.

فهرست مطالب

۵	..... ضرورت ترجمه گزارش‌های راهبردی
۶	..... مقدمه
۸	..... یک تقسیم سرمایه جدید
۸	..... تعهدات و اهداف در حوزه اقلیمی
۹	..... کارآیی، موتور محرکه تغییر است
۱۰	..... وسایط نقلیه برقی آماده برای حرکت
۱۰	..... انرژی‌های تجدیدپذیر به میدان می‌آیند
۱۱	..... تغییر تمرکز بر یکپارچه‌سازی در حوزه سیاست‌گذاری
۱۲	..... رسیدن به افزایش گرمایش ۲ درجه سانتیگراد بسیار دشوار است
۱۳	..... سوخت‌های فسیلی و مخاطرات ناشی از گذار به کاهش مصرف کربن
۱۴	..... احتمال نوسانی دیگر در بازارهای نفت
۱۵	..... آغاز شکل‌گیری یک بازار واقعی گاز
۱۶	..... زغال سنگ؛ صخره‌ای در شرایط دشوار
۱۶	..... انرژی و آب: وابستگی متقابل
۱۹	..... آژانس بین‌المللی انرژی

ضرورت ترجمه گزارش‌های راهبردی

نوشتارها به افکار جهت و افکار به جهان شکل می‌دهند. جهان امروز نیز دربرگیرنده هزاران اندیشکده، مؤسسه مطالعات راهبردی و اتاق‌های فکری است که کارشناسان و تحلیل‌گران راهبردی را در خود گرد آورده‌اند و با انتشار گزارش‌های راهبردی بر افکار سیاستمداران، بخش خصوصی، رسانه‌ها و جوامع تأثیر می‌گذارند. نزدیک به هفت هزار اندیشکده در جهان وجود دارد که مجموعه گسترده‌ای از دانش راهبردی درباره موضوعات مختلفی از محیط‌زیست تا اقتصاد، روابط بین‌الملل، و مسائل نظامی و امنیتی را منتشر می‌کنند. این مؤسسات هم‌چنین می‌کوشند تا برآوردهای خود از آینده را نیز ارائه کنند و آینده‌پژوهی یکی از مهم‌ترین اقدامات آن‌هاست.

آگاهی یافتن از موضوعات مدنظر اندیشکده‌ها و مؤسسات مطالعات راهبردی در جهان یکی از ضرورت‌های تفکر راهبردی در ایران است. تحلیل‌گران و استراتژیست‌های ایرانی برای ارائه تحلیل‌هایی که متضمن تأمین منافع ملی باشد به شناخت گزارش‌های اندیشکده‌های خارجی نیازمند هستند. این‌گونه گزارش‌ها هم‌چنین به لحاظ روش‌شناختی نیز گاه حائز اهمیت هستند. پوشیده نیست که هنوز روش‌شناسی پژوهش‌های راهبردی و حتی گاه شیوه نگارش گزارش‌های راهبردی مؤثر نیز در میان بسیاری از اندیشکده‌های ایرانی کاستی‌هایی دارد.

مرکز بررسی‌های استراتژیک با هدف توجه دادن کارشناسان و تحلیل‌گران کشور، و هم‌چنین جهت اطلاع‌یابی مدیرانی که در معرض مسائل و تصمیم‌گیری‌های راهبردی هستند، نسبت به ترجمه و بنا به مورد انتشار محدود یا عمومی مجموعه‌ای از متون راهبردی اقدام می‌کند. مرکز بررسی‌های استراتژیک اگرچه پیشگفتارهای کوتاهی را به ابتدای این گزارش‌ها می‌افزاید و تلاش دارد تا قرائت تحلیل‌گران این مرکز از هر گزارش را ارائه نماید، اما مندرجات این گزارش‌ها الزاماً بیانگر دیدگاه‌های مرکز بررسی‌های استراتژیک نیستند. امید است این اقدام به تعمیق تفکر راهبردی کمک نماید. مرکز بررسی‌های استراتژیک از هرگونه نقد و نظر و هم‌چنین دریافت نظرات مخاطبان این مجموعه درباره مندرجات گزارش‌ها استقبال می‌کند. کارشناسان و تحلیل‌گران هم‌چنین می‌توانند متون راهبردی را که ترجمه و ارائه آن‌ها به جامعه کارشناسان و تحلیل‌گران راهبردی کشور مناسب است به این مرکز پیشنهاد کنند.

حسام‌الدین آشنا

سرپرست مرکز بررسی‌های استراتژیک

مقدمه

موافقت‌نامه پاریس در زمینه تغییرات اقلیمی که اجرای آن از نوامبر ۲۰۱۶ آغاز شد، در واقع توافقی درباره انرژی است. تغییرات تحول‌آفرین در بخش انرژی به عنوان منبع حداقل دوسوم تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان برای رسیدن به اهداف مندرج در این توافق ضروری هستند؛ تغییراتی که هم اینک در بخش انرژی آغاز شده و ظرفیت بالقوه انرژی‌های دارای کربن پایین را عیان ساخته‌اند، به نوبه خود باور به امکان انجام اقدامات معنادار در حوزه تغییرات اقلیمی را تقویت می‌کنند. رشد تولید دی‌اکسید کربن در بخش تولید انرژی در سال ۲۰۱۵ به طور کامل متوقف شد. این امر عمدتاً ناشی از صرفه‌جویی ۱/۸ درصدی در مصرف انرژی در اقتصاد جهانی بود؛ روندی که افزایش کارایی در مصرف انرژی و گسترش استفاده از منابع انرژی پاک در سرتاسر جهان، آن هم عمدتاً از نوع منابع تجدیدپذیر به تقویت آن کمک کرده است. در دورانی که سرمایه‌گذاری در صنایع بالادستی مرتبط با حوزه نفت و گاز به شدت کاهش یافته است، بخش رو به افزایشی از حدود ۱/۸ تریلیون دلاری که هر ساله در بخش انرژی سرمایه‌گذاری می‌شود، به انرژی‌های پاک اختصاص یافته است. ارزش یارانه‌های پرداختی در حوزه مصرف سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۱۵ از حدود ۵۰۰ میلیارد دلار در سال پیش از آن، به ۳۲۵ میلیارد دلار کاهش یافته است که بازتاب‌دهنده کاهش قیمت سوخت‌های فسیلی و نیز تسریع فرایند اصلاح یارانه‌ها در چندین کشور جهان است.

تحول در بخش تولید الکتریسیته با محوریت منابع تجدیدپذیر به طرح مبحث تازه‌ای پیرامون طراحی بازار برق و امنیت الکتریسیته منجر شده است، در حالی که نگرانی‌های رایج گذشته در حوزه امنیت انرژی نیز هنوز مرتفع نشده‌اند. اگر مسائل مربوط به دسترسی به منابع انرژی، قیمت مناسب انرژی، تغییرات اقلیمی و آلودگی هوای ناشی از فرایندهای مربوط به تولید انرژی و نیز مسائل مربوط به پذیرش عمومی انواع مختلف طرح‌ها در بخش انرژی را در نظر بگیریم، موازنه‌ها، منافع متقابل و اولویت‌های متضاد پرشماری در بخش انرژی وجود دارند که نحوه برهم‌کنش میان آن‌ها باید مشخص شود. این همان رسالتی است که تدوین‌کنندگان گزارش دورنمای انرژی جهان (WEO)^۱ در سناریوها و مطالعات موردی مختلف انجام آن را بر عهده گرفته‌اند. همچنین در سال ۲۰۱۶ فرصت تازه‌ای برای ارائه نتایج نخستین بررسی جامع دوران نوینی که با امضای موافقت‌نامه پاریس آغاز شده، فراهم آمده است. تمامی تعهدات مندرج در موافقت‌نامه پاریس که از سوی حدود ۱۹۰ کشور داده شده‌اند به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و در سناریوی اصلی ما گنجانده شده‌اند. از جمله گزینه‌های سخت‌گیرانه‌تر کربن‌زدایی که در گزارش دورنمای انرژی جهان در سال ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفته‌اند علاوه بر سناریوی موسوم به ۴۵۰ که بر مبنای احتمال ۵۰ درصدی میزان گرمایش کره زمین به ۲ درجه سانتیگراد تنظیم شده است، می‌توان به نخستین بررسی صورت گرفته پیرامون سایر راهکارهای کاهش هرچه بیش‌تر گرمایش کره زمین اشاره کرد.

^۱ World Energy Outlook

نیاز جهان به انرژی رو به گسترش است، اما میلیون‌ها نفر همچنان از دسترسی به منابع انرژی کافی محروم هستند

در سناریوی اصلی ما، افزایش ۳۰ درصدی میزان تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۴۰ به افزایش میزان مصرف تمامی انواع سوخت‌های مدرن منجر خواهد شد، اما آمارهای جهانی کلی موجب غفلت از طیف گسترده‌ای از روندهای متنوع و نیز تغییرات قابل توجه در نوع سوخت‌های مصرفی می‌شوند. علاوه بر این، صدها میلیون نفر در سال ۲۰۴۰ همچنان از خدمات اولیه در بخش انرژی محروم خواهند بود. در مقیاس جهانی، انرژی‌های تجدیدپذیر - که در گزارش حاضر تحلیل ژرفی درمورد آنها ارائه شده است - سریع‌ترین نرخ رشد را نسبت به سایر انواع انرژی تجربه خواهند کرد. در میان سوخت‌های فسیلی نیز گاز طبیعی بهترین وضعیت را خواهد داشت و میزان مصرف این ماده تا ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت. روند رشد تقاضا برای نفت در این بازه زمانی کندتر می‌شود، اما تا سال ۲۰۴۰، میزان تقاضا برای این ماده از ۱۰۳ میلیون بشکه در روز فراتر خواهد رفت. مطرح شدن دغدغه‌های زیست‌محیطی، کاهش شدید میزان مصرف زغال‌سنگ را به دنبال داشته است و در پی رشد سریع سال‌های اخیر، روند رشد مصرف این ماده نیز تا حد زیادی متوقف خواهد شد. بخش عمده‌ای از افزایش تولید انرژی هسته‌ای معلول استفاده از این نوع انرژی در چین است. با توجه به روند رو به کاهش تقاضا برای انرژی در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، جغرافیای مصرف انرژی به سمت هند، چین و کشورهای جنوب شرق آسیا که شهرنشینی در آنها رو به افزایش است و نیز بخش‌هایی از آفریقا، آمریکای لاتین و خاورمیانه سوق خواهد یافت. چین و هند بیشترین گسترش میزان استفاده از سلول‌های خورشیدی را تجربه خواهند کرد، در حالی که میزان مصرف نفت کشورهای آسیایی در حال توسعه در اواسط دهه ۲۰۳۰ از میزان مصرف تمامی کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی بیش‌تر خواهد بود. با این حال و علی‌رغم افزایش تلاش‌ها در بسیاری کشورها، بخش‌های بزرگی از جمعیت جهان در پایان بازه زمانی منتهی به سال ۲۰۴۰ از انرژی‌های مدرن محروم خواهند ماند. بیش از نیم میلیارد نفر که به شکل فزاینده‌ای در مناطق دورافتاده جنوب صحرای آفریقا تمرکز یافته‌اند در سال ۲۰۴۰ همچنان از نعمت برق محروم خواهند بود که این رقم در حال حاضر ۱/۲ میلیارد نفر است. حدود ۱/۸ میلیارد نفر در پایان این بازه زمانی همچنان برای تأمین سوخت مورد نیاز خود جهت تیخ غذا همچنان از زیست‌توده‌های جامد استفاده خواهند کرد که کاهش معادل یک‌سوم را نسبت به رقم کنونی ۲/۷ میلیارد نفر نشان می‌دهد. این مسئله به معنای تداوم قرار گرفتن این افراد در معرض محیط‌های سرریسته آلوده به دود است که در حال حاضر سالانه عامل ۳/۵ میلیون مرگ زودرس تشخیص داده شده است.

یک تقسیم سرمایه جدید

در سناریوی اصلی ما، در کل جهان، برای سرمایه‌گذاری در تأمین انرژی مجموعاً به ۴۴ تریلیون دلار سرمایه نیاز است که ۶۰ درصد آن به استخراج و توزیع نفت، گاز و زغال سنگ و از جمله نیروگاه‌های تولید برقی که با این سوخت‌ها کار می‌کنند و حدود ۲۰ درصد از آن به انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص می‌یابد. همچنین برای بهبود کارایی در بخش انرژی به ۲۳ تریلیون دلار سرمایه‌گذاری بیشتر نیاز است. تحقق این سناریو در مقایسه با بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۵ که در آن حدود ۷۰ درصد کل سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در بخش تأمین انرژی به سوخت‌های فسیلی اختصاص داشت، به‌ویژه با توجه به انتظار کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین فن‌آوری‌های کلیدی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، به معنای ایجاد تحولی قابل توجه در زمینه تخصیص سرمایه‌ها است. کاهش میزان تولید در میادین موجود علت اصلی افزایش سرمایه‌گذاری در صنایع بالادستی نفت و گاز است. این کاهش تولید در مورد نفت، معادل هر دو سال یک بار حذف میزان کنونی تولید نفت عراق از کل موازنه عرضه و تقاضای جهانی است. در بخش تولید برق، رابطه میان تأمین برق و ظرفیت تولید در حال تغییر است. بخش بزرگی از سرمایه‌های آتی به ظرفیت‌های مبتنی بر منابع تجدیدپذیر اختصاص یافته است که میزان بهره‌وری آن نسبتاً پایین است و لذا تولید هر واحد برق اضافی مستلزم افزایش ۴۰ درصدی ظرفیت در قیاس با بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۰ خواهد بود. سهم فزاینده فناوری‌های سرمایه‌بر در تخصیص هزینه‌ها در اکثر موارد از طریق به حداقل رساندن هزینه‌های عملیاتی مانند رساندن هزینه سوخت به صفر از طریق استفاده از انرژی بادی و خورشیدی تعدیل شده است.

تعهدات و اهداف در حوزه اقلیمی

عموماً کشورهای امضاکننده موافقت‌نامه پاریس قادر به تأمین و حتی فراتر رفتن از بسیاری از اهداف تعیین شده در چارچوب این توافق هستند و همین امر برای کند کردن افزایش پیش‌بینی شده تولید دی‌اکسید کربن در بخش تولید انرژی کافی است، اما نمی‌تواند به تنهایی میزان گرمایش زمین را به کم‌تر از ۲ درجه سانتیگراد کاهش دهد. حرکت چین به سمت یک مدل اقتصادی متمایل به مصرف و خدمات داخلی در شکل دهی به روندهای جهانی نقشی تعیین‌کننده دارد. تقویت زیرساخت‌های چین در دهه‌های اخیر تا حد زیادی متکی به بخش‌های صنعتی انرژی بر از جمله صنایع تولید فولاد و سیمان بوده است. با این حال میزان تقاضا برای انرژی در این بخش‌ها هم اینک از نقطه اوج عبور کرده و در صورت کاهش میزان تقاضا تا سال ۲۰۴۰، میزان مصرف زغال سنگ در صنایع این کشور نیز کاهش خواهد یافت. تقریباً کل رشد تولید برق در چین متکی به منابعی به جز زغال سنگ بوده و سهم زغال سنگ در سبد تولید برق در این کشور از سه چهارم در حال حاضر، به کم‌تر از ۴۵ درصد در سال ۲۰۴۰ کاهش خواهد یافت. میزان تولید دی‌اکسید کربن مرتبط با تولید انرژی در چین در سطحی که اندکی از میزان کنونی بالاتر است تثبیت خواهد شد. در

هند نیز سهم زغال سنگ در تولید برق در همین مدت از ۷۵ درصد به ۵۵ درصد کاهش خواهد یافت که در کشوری که میزان تقاضا برای انرژی الکتریسیته در آن در این مدت سه برابر خواهد شد (در قیاس با چین که تنها افزایش ۸۵ درصدی تقاضا را تجربه خواهد کرد)، تحولی عمده به شمار می‌رود. در میان اقتصادهای توسعه یافته اصلی، انتظار می‌رود آمریکا، اتحادیه اروپا و ژاپن بتوانند به طور کلی به تعهدات خود در زمینه مسائل اقلیمی عمل کنند، هرچند بهبود هرچه بیشتر کارایی در بخش انرژی نیز مسئله‌ای بسیار حیاتی است. در صورت تداوم تمرکز بر اجرای کامل و به‌موقع این تعهدات، آنها در مجموع برای محدود کردن روند افزایش تولید دی‌اکسید کربن در جهان به میانگین سالانه ۱۶۰ میلیون تن کافی خواهند بود. این رقم در مقایسه با میانگین سالانه ۶۵۰ میلیون تن که از سال ۲۰۰۰ به این سو شاهد آن بوده‌ایم، کاهش قابل ملاحظه‌ای به شمار می‌رود. اما تداوم افزایش تولید دی‌اکسید کربن در بخش انرژی و رسیدن میزان آن به ۳۶ گیگاتن در سال ۲۰۴۰ آشکارا بدان معنا است که اجرای این تعهدات نمی‌تواند هدف تعیین شده در موافقت‌نامه پاریس را محقق سازد.

کار آبی، موتور محرکه تغییر است

تحقق سناریوی ۴۵۰ مستلزم تغییر تدریجی در سرعت روند کربن زدایی و بهبود کارایی خواهد بود و این مسئله نشان دهنده اهمیت سازوکار بازبینی پنج‌ساله‌ای است که در موافقت‌نامه پاریس گنجانده شده و هدف از آن ارتقای سطح اهداف و تعهدات کشورها در حوزه مسائل اقلیمی است. بخش تولید برق به واسطه تسریع در به‌کارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای در مواردی که به لحاظ سیاسی امکان آن وجود داشته باشد و جذب و ذخیره کربن، وجود تمایل شدید به استفاده هرچه بیشتر از انرژی الکتریسیته و افزایش کارایی در تمامی حوزه‌های کاربری و تلاش هماهنگ دولت‌ها و شرکت‌ها در بخش تحقیقات و توسعه در حوزه انرژی‌های پاک، در خط مقدم کاهش هرچه بیشتر تولید دی‌اکسید کربن قرار دارد. در مورد مسئله کارایی نیز ما در گزارش دورنمای انرژی در جهان در سال ۲۰۱۶ به ظرفیت بالقوه جهت بهبود هرچه بیشتر عملکرد سیستم‌های موتوری الکتریکی اشاره کرده‌ایم که امروزه بیش از نیمی از برق مصرفی را در حوزه‌های کاربری متنوع مانند دستگاه‌های خنک‌کننده، دستگاه‌های فشرده‌ساز، تلمبه‌ها، وسایل نقلیه و یخچال‌ها به خود اختصاص داده‌اند. در سناریوی موسوم به ۴۵۰، تنها در بخش صنعت، انجام سرمایه‌گذاری بیشتر به مبلغ مجموعاً ۳۰۰ میلیارد دلار میزان تقاضا برای برق را در سال ۲۰۴۰ به میزان حدود ۵ درصد کاهش خواهد داد و بدین ترتیب ۴۵۰ میلیارد دلار در زمینه سرمایه‌گذاری در حوزه تولید برق صرفه‌جویی خواهد شد. تداوم این صرفه‌جویی‌ها در بخش انرژی مستلزم اتخاذ یک رویکرد کل‌نگر است که علاوه بر اعمال ضوابط دقیق در مورد موتورها و دستگاه‌های موتوری، در بر گیرنده درک کلی‌تری از متغیرهای مربوط به محرک‌های سرعت و اجرای سایر تمهیدات به منظور افزایش کارایی کل سیستم از قبیل اقدامات پیش‌گیرانه نیز باشد.

وسایط نقلیه برقی آماده برای حرکت

برق سهم فزاینده‌ای از میزان نهایی مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد؛ سهم نیروی برق از تنها یک چهارم کل انرژی مصرفی جهان طی ۲۵ سال اخیر به حدود ۴۰ درصد در سناریوی اصلی و به حدود دوسوم در سناریوی ۴۵۰ افزایش خواهد یافت. کشورهای غیر عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی بیش از ۸۵ درصد افزایش استفاده از نیروی برق در هر دو سناریو را به خود اختصاص خواهند داد، اما نیروی برق یکی از محدود حامل‌های انرژی است که استفاده از آن در میان کشورهای عضو این سازمان گسترش می‌یابد. افزایش پیش‌بینی شده مصرف برق در حمل و نقل جاده‌ای به موازات افزایش جذابیت اتومبیل‌های برقی برای مصرف‌کنندگان، عرضه مدل‌های بیشتر در بازار و تداوم کاهش اختلاف هزینه خرید این اتومبیل‌ها در مقایسه با اتومبیل‌های معمولی، نمادی از یک روند گسترده‌تر است، هرچند این افزایش تأثیر چندانی در تعیین میزان کل تقاضا برای برق ندارد. سهم اتومبیل‌های برقی در سرتاسر جهان با افزایش حدود دو برابر نسبت به سال ۲۰۱۴، در سال ۲۰۱۵ به ۱/۳ میلیون دستگاه رسید. این رقم در سناریوی اصلی تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۳۰ میلیون و تا سال ۲۰۴۰ به بیش از ۱۵۰ میلیون دستگاه خواهد رسید و بدین ترتیب میزان تقاضا برای نفت در سال ۲۰۴۰ در حدود ۱/۳ میلیون بشکه در روز کاهش خواهد یافت. هرچند هزینه‌های مربوط به باتری همچنان سیر نزولی خواهد داشت، سیاست‌های حمایتی که در حال حاضر هنوز در مقیاس جهانی فراگیر نشده‌اند، همچنان در ترغیب شمار بیشتری از مصرف‌کنندگان به انتخاب اتومبیل‌های برقی و ترجیح دادن آنها بر خودروهای معمولی نقشی تعیین‌کننده دارند. در صورت تقویت سیاست‌هایی مانند محدود کردن اقتصاد مبتنی بر سوخت‌های فسیلی و افزایش سخت‌گیری‌ها در زمینه مقررات مربوط به تولید گازهای گلخانه‌ای و نیز تقویت و گسترش مشوق‌های مالی به مانند آنچه در سناریوی ۴۵۰ پیش‌بینی شده است، تا سال ۲۰۴۰ شاهد حضور ۷۱۵ میلیون اتومبیل برقی در جاده‌ها و به تبع آن کاهش تقاضا برای نفت به میزان ۶ میلیون بشکه در روز خواهیم بود.

انرژی‌های تجدیدپذیر به میدان می‌آیند

بسیاری از تعهدات در موافقت‌نامه پاریس بر بخش برق متمرکز هستند. تقریباً ۶۰ درصد ظرفیت جدید تولید برق تا سال ۲۰۴۰ در سناریوی اصلی از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود و تا آن زمان بخش عمده‌ای از تولید برق با استفاده از منابع تجدیدپذیر بدون دریافت یارانه نیز قابلیت رقابت خواهد داشت. سرعت در به کارگیری، به کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود؛ انتظار می‌رود میانگین هزینه تولید برق از انرژی خورشیدی تا سال ۲۰۴۰، ۴۰ الی ۷۰ درصد و میانگین هزینه تولید برق از انرژی بادهای ساحلی نیز تا آن زمان ۱۰ الی ۲۵ درصد کاهش یابد. میزان یارانه‌های پرداختی به ازای هر واحد برق خورشیدی تولید شده در چین تا سال ۲۰۲۵ تا سه چهارم میزان کنونی کاهش خواهد یافت و پروژه‌های تولید برق خورشیدی در هند نیز پیش از سال ۲۰۳۰ از توان رقابت بدون هیچ گونه حمایتی برخوردار خواهند بود. میزان یارانه

پرداختی برای منابع تجدیدپذیر در حال حاضر در حدود ۱۵۰ میلیارد دلار است که حدود ۸۰ درصد آن به حوزه برق، ۱۸ درصد به بخش حمل و نقل و حدود ۱ درصد نیز به تأمین گرما اختصاص یافته است. با توجه به کاهش هزینه‌ها و پیش‌بینی افزایش بهای برق برای کاربران نهایی، تا دهه ۲۰۳۰ میزان یارانه پرداختی به منابع تجدیدپذیر از نقطه اوج ۲۴۰ میلیارد دلاری به تدریج کاهش می‌یابد. همچنین استفاده از منابع تجدیدپذیر در تأمین گرما به عنوان اصلی‌ترین بخش تقاضا در بخش خدمات انرژی در جهان افزایش خواهد یافت و تا سال ۲۰۴۰ نیمی از افزایش تقاضا در این بخش را تأمین خواهد کرد. این افزایش عمدتاً در قالب زیست انرژی جهت تأمین گرمای مورد نیاز بخش صنعت در اقتصادهای نوظهور در آسیا و نیز استفاده از انرژی خورشیدی برای گرم کردن آب، خود را نشان می‌دهد که هم اینک نیز در بسیاری کشورها مانند چین، آفریقای جنوبی، اسرائیل و ترکیه استفاده از آن معمول شده است.

طبق سناریوی ۴۵۰، حدود ۶۰ درصد برق تولید شده در سال ۲۰۴۰ از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شود که تقریباً نیمی از این میزان نیز برق بادی و خورشیدی خواهد بود. طبق این سناریو، تا آن زمان بخش تولید برق تا حد زیادی کربن‌زدایی خواهد شد و میانگین تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش تولید برق در سال ۲۰۴۰ به ۸۰ گرم دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلووات ساعت کاهش خواهد یافت، حال آنکه این میزان در سناریوی اصلی ۳۳۵ گرم و در حال حاضر ۵۱۵ گرم دی‌اکسید کربن به ازای هر کیلووات ساعت برق است. در چهار بازار بزرگ مصرف‌کننده برق یعنی چین، آمریکا، اتحادیه اروپا و هند، منابع تجدیدپذیر متغیر به بزرگ‌ترین منبع تولید برق تبدیل می‌شوند و زمان بروز این تحول در اروپا در حدود سال ۲۰۳۰ و در سه کشور دیگر در حدود سال ۲۰۳۵ خواهد بود. افزایش ۴۰ درصدی میزان تولید برق از منابع تجدیدپذیر در قیاس با سناریوی اصلی، مجموعه یارانه‌های پرداختی به این بخش را تنها ۱۵ درصد و هزینه‌های مصرف‌کننده را نیز تنها به مقدار ناچیزی افزایش می‌دهد. قبوض برق واحدهای مسکونی در سناریوی ۴۵۰ نیز در مقایسه با سناریوی اصلی تقریباً بدون تغییر خواهند ماند و این نیز معلول افزایش کارایی در مصرف انرژی است.

تغییر تمرکز بر یکپارچه‌سازی در حوزه سیاست‌گذاری

کاهش هزینه استفاده از منابع تجدیدپذیر به خودی خود برای کربن‌زدایی کارآمد در بخش تولید برق کافی نخواهد بود. ایجاد مشوق‌های کافی برای سرمایه‌گذاری و افزایش نسبت میزان تولید برق خورشیدی و بادی مستلزم ایجاد تغییرات ساختاری در طراحی و کارکرد سیستم تولید و توزیع برق خواهد بود. به‌کارگیری سریع فناوری‌هایی با هزینه پایین در کوتاه‌مدت، مانند اکثر انواع منابع تجدیدپذیر، احتمال پایین آمدن بهای عرضه عمده برق برای یک بازه زمانی طولانی را تقویت می‌کند. حصول اطمینان از امکان بازگشت هزینه‌ها برای تولیدکنندگان و نیز حصول اطمینان از وجود انعطاف‌پذیری لازم در سیستم تولید و توزیع برق مستلزم بازبینی دقیق قواعد و ساختارهای حاکم بر بازار خواهد بود. تقویت شبکه انتقال برق، ترغیب به‌کارگیری

نیروگاه‌های خورشیدی و بادی سازگار با سیستم و فراهم کردن زمینه وجود نیروگاه‌هایی که در مدتی کوتاه امکان فعال کردن آنها وجود داشته باشد، می‌توانند به شکلی کارآمد متغیر بودن میزان تولید برق خورشیدی و بادی را تا زمانی که تولید برق خورشیدی و بادی بتواند یک‌چهارم برق مصرفی را تأمین کند، مدیریت نمایند. از این نقطه به بعد، واکنش تقاضا و ذخیره انرژی برای اجتناب از قطع فعالیت‌های تأسیسات بادی و خورشیدی در مواقع تولید بالا ضرورت خواهد یافت. در صورت عدم اتخاذ این تمهیدات اضافه، میزان توقف تأسیسات بادی و خورشیدی در پایان دوره چشم‌انداز در سناریوی ۴۵۰ ممکن است در اروپا به یک‌سوم کل زمان تولید و در آمریکا و هند به حدود ۲۰ درصد مواقع برسد و این مسئله می‌تواند سبب شود تا حدود ۳۰ درصد از سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در زمینه ساخت نیروگاه‌های برق خورشیدی و بادی بلااستفاده بماند. در این سناریو، اتخاذ به موقع تمهیدات مقرون به صرفه تقاضا محور و نیز تمهیدات مربوط به ذخیره‌سازی به عنوان بخشی از یک بسته جامع از ابزارهای یکپارچه‌سازی میزان توقف فعالیت نیروگاه‌های خورشیدی و بادی را به کم‌تر از ۲/۵ درصد تولید سالانه کاهش داده و راه را برای کاهش شدید کاربرد سوخت‌های فسیلی در بخش تولید برق هموار می‌سازد.

رسیدن به افزایش گرمایش ۲ درجه سانتیگراد بسیار دشوار است

موانع بسیار عظیمی بر سر راه تحقق سناریوی ۴۵۰ وجود دارند که ضرورت تجدیدنظر اساسی در نحوه تخصیص سرمایه در بخش انرژی را ایجاب می‌کنند. در سناریوی ۴۵۰، روند تخصیص سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه تأمین انرژی که مجموعاً به ۴۰ تریلیون دلار می‌رسد (حدود ۴ میلیارد دلار کم‌تر از میزان این سرمایه‌گذاری‌ها در سناریوی اصلی) در راستای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و حرکت به سمت منابع تجدیدپذیر و سایر سرمایه‌گذاری‌های مربوط به حوزه‌های نیازمند کربن پایین مانند انرژی هسته‌ای و جذب و ذخیره‌سازی کربن است. سهم سوخت‌های فسیلی از این سرمایه‌گذاری‌ها تا سال ۲۰۴۰ تا یک سوم کاهش خواهد یافت. علاوه بر این، بهبود کارایی در بخش انرژی مستلزم وجود ۳۵ تریلیون دلار سرمایه است (یعنی ۱۲ تریلیون دلار بیش از میزان پیش‌بینی شده در سناریوی اصلی). طبق سناریوی ۴۵۰، بخش انرژی با همین روند پیش از پایان قرن حاضر، به نقطه‌ای خواهد رسید که تمامی گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی یا جذب و ذخیره‌سازی می‌شوند و یا به واسطه فناوری‌های حذف کربن از جو خنثی می‌گردند. هرچه هدف تعیین شده برای محدود کردن روند گرمایش زمین بلندپروازانه‌تر باشد، رسیدن به نقطه صفر تولید گازهای گلخانه‌ای نیز زودتر باید محقق شود. برخورداری از شانس معقول حفظ محدوده ۱/۵ درجه سانتیگراد در حوزه گرمایش زمین مستلزم ایجاد تحولی شگرف است. حتی اگر امکان به‌کارگیری فناوری‌های مقابله با تولید گازهای گلخانه‌ای در مقیاس متناسب نیز وجود داشته باشد، تحقق این امر مستلزم آن است که سرانه تولید گازهای گلخانه‌ای در مقطعی بین سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۶۰ به

صفر برسد و لذا کاهش شدید میزان تولید دی‌اکسید کربن در بخش انرژی در کوتاه‌مدت با بهره‌گیری از تمامی گزینه‌های فنی، اجتماعی و قانونی یک ضرورت تلقی می‌شود.

سوخت‌های فسیلی و مخاطرات ناشی از گذار به کاهش مصرف کربن

علائمی که دولت‌ها تا به امروز در چارچوب تعهدات خود به موجب موافقت‌نامه پاریس ارسال کرده‌اند و در سناریوی اصلی ما نیز بازتاب یافته‌اند، حاکی از آن است که سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت و گاز طبیعی همچنان یکی از ارکان سیستم انرژی در جهان در دهه‌های متمادی خواهند بود، اما صنعت سوخت‌های فسیلی نمی‌تواند مخاطرات احتمالی ناشی از تسریع فرایند گذار را نادیده بگیرد. هرچند در سناریوی اصلی ما میزان مصرف تمامی سوخت‌های فسیلی افزایش خواهد یافت، میزان تقاضا برای نفت تا سال ۲۰۴۰ در سناریوی ۴۵۰ به مقادیری نزدیک به اواخر دهه ۱۹۹۰ یعنی کم‌تر از ۷۵ میلیون بشکه در روز بازخواهد گشت؛ میزان مصرف زغال سنگ نیز مجدداً به سطحی که آخرین بار در اواسط دهه ۱۹۸۰ مشاهده شد، یعنی کمتر از ۳ میلیارد تن در هر سال کاهش خواهد یافت و تنها شاهد افزایش مصرف گاز در مقایسه با مقطع کنونی خواهیم بود.

اجرای یک طرح راهبردی کامل در جهت کاهش میزان مصرف کربن در بخش انرژی تأثیرات مهمی بر درآمد شرکت‌های فعال در حوزه سوخت‌های فسیلی و نیز کشورهای صادرکننده این قبیل سوخت‌ها خواهد داشت، اما میزان خطر موجود بسته به نوع سوخت مورد نظر و میان بخش‌های مختلف زنجیره ارزش متغیر است. به عنوان نمونه، میزان سرمایه در معرض خطر در بخش زغال سنگ عمدتاً مربوط به نیروگاه‌های زغال سنگی تولید برقی هستند که جذب و ذخیره‌سازی کربن برای آنها به یک شیوه مهم جهت حفاظت از سرمایه‌ها تبدیل خواهد شد؛ خطر عمده در بخش معدن که میزان سرمایه مورد نیاز در آن بسیار کم‌تر است به مقوله اشتغال مربوط می‌شود. کشورهای صادرکننده سوخت‌های فسیلی می‌توانند گام‌هایی را در جهت کاهش میزان آسیب‌پذیری از طریق کاهش وابستگی به درآمدهای حاصل از فروش این نوع سوخت‌ها بردارند که نمونه آن برنامه فراگیر چشم‌انداز عربستان سعودی برای سال ۲۰۳۰ است. بنا بر سناریوی ۴۵۰، اگر دولت‌ها نشانه‌های روشنی از مقاصد خود به دست دهند و سیاست‌های هماهنگی را به منظور تحقق این هدف در پیش بگیرند، به مخاطره افتادن سرمایه‌ها در مقیاس گسترده در صنایع بالادستی در بخش نفت پیش‌بینی نمی‌شود. سرمایه‌گذاری در طرح‌های بالادستی جدید یکی از بخش‌های مهم یک فرایند گذار با کم‌ترین هزینه است، زیرا افت تولید در میدین کنونی بسیار بیش از کاهش پیش‌بینی‌شده میزان تقاضا است. اما در صورت بروز تغییرات ناگهانی در حوزه سیاست‌گذاری، عدم پیوستگی در اجرای سیاست‌ها و بروز سایر شرایطی که شرکت‌ها را به سرمایه‌گذاری جهت تأمین تقاضایی که هرگز به فعلیت در نمی‌آید سوق دهند، بر میزان مخاطرات به شدت افزوده خواهد شد.

احتمال نوسانی دیگر در بازارهای نفت

یکی از مخاطرات احتمالی فراروی بازارهای نفت در کوتاه‌مدت ممکن است به واسطه حرکت در جهت عکس این مسیر -یعنی فقدان طرح‌های جدید- در صورت تداوم کاهش هزینه‌ها در صنایع بالادستی مربوط به بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۱۶ برای یک سال دیگر ایجاد شود. در سال ۲۰۱۵ حجم منابع نفتی متعارفی که مجوز توسعه آنها صادر شده بود، به پایین‌ترین میزان از دهه ۱۹۵۰ رسید و در داده‌های مربوط به سال ۲۰۱۶ نیز نشانی از احیای روند صدور مجوز توسعه میادین نفتی به چشم نمی‌خورد. تاب‌آوری قابل ملاحظه تولید نفت پرهزینه آمریکا به واسطه رکود کنونی و توانایی بالقوه این شکل از تولید به واسطه چرخه کوتاه سرمایه‌گذاری جهت واکنش به نوسانات قیمت در ظرف مدت چند ماه، مورد توجه فراوان قرار گرفته است. با این حال پروژه‌های متعارفی که چرخه سرمایه‌گذاری در آنها متفاوت بوده، از تصمیم به سرمایه‌گذاری تا استخراج نخستین بشکه‌های نفت، ۳ الی ۶ سال فاصله وجود دارد و تهدیدی برای حفظ میزان پایه تولید نفت به شمار می‌روند. بنا بر ارزیابی ما در صورت تداوم پایین بودن شمار مجوزهای مربوط به اجرای پروژه‌های جدید به مدت یک سال دیگر در سال ۲۰۱۷، بسیار بعید خواهد بود که میزان تقاضای پیش‌بینی شده در سناریوی اصلی را بتوان در اوایل دهه ۲۰۲۰ بدون ایجاد یک چرخه نوسانی بسیار شدید در این بخش با میزان عرضه هماهنگ کرد.

بر اساس سناریوی اصلی، تقاضا برای نفت در درازمدت در بخش‌های حمل و نقل، هوانوردی و پتروشیمی متمرکز خواهد شد که در آنها گزینه‌های بدیل چندانی وجود ندارد. این درحالی است که میزان عرضه نفت -علی‌رغم پیش‌بینی دورنمایی مناسب برای تولید نفت پرهزینه در آمریکا- به شکل فزاینده‌ای در خاورمیانه متمرکز خواهد بود. جایگزین‌های چندانی برای مشتقات نفتی جهت تأمین سوخت کامیون‌ها و هواپیماها و خوراک صنایع پتروشیمی وجود ندارند و کل افزایش میزان مصرف نفت در جهان به این سه بخش مربوط می‌شود. میزان کل تقاضا در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی تا سال ۲۰۴۰ حدود ۱۲ میلیون بشکه در روز کاهش خواهد یافت، اما افزایش میزان تقاضا در سایر کشورها بیش از این میزان خواهد بود. میزان مصرف نفت در هند به عنوان اصلی‌ترین عامل رشد تقاضا در آینده، ۶ میلیون بشکه در روز افزایش خواهد یافت. در بخش عرضه نیز تولید پرهزینه نفت در آمریکا مجدداً سیر صعودی به خود گرفته و توانسته است این سیر صعودی را برای مدت طولانی‌تری نسبت به سال پیش حفظ کند، هرچند میزان تولید در خارج از سازمان اوپک از اوایل دهه ۲۰۲۰ رو به کاهش خواهد گذاشت. انتظار می‌رود اوپک مجدداً مدیریت فعال بازار را در دستورکار خود قرار دهد، اما سهم این سازمان در تولید جهانی تا سال ۲۰۴۰ به حدود ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت. جهان برای ایجاد توازن در بازار به طور فزاینده‌ای به افزایش تولید در ایران و عراق متکی خواهد شد که میزان تولیدشان در سال ۲۰۴۰ به ترتیب

به ۶ و ۷ میلیون بشکه در روز خواهد رسید. جغرافیای تجارت نفت به شکلی کاملاً یک‌طرفه در آسیا متمرکز خواهد بود و آمریکا تا سال ۲۰۴۰ میزان سرانه واردات نفت را به صفر خواهد رساند.

آغاز شکل‌گیری یک بازار واقعی گاز

رشد سالانه ۱/۵ درصدی تقاضا برای گاز طبیعی تا سال ۲۰۴۰ نشان‌دهنده شرایط مناسب بازار این ماده در قیاس با سایر انواع سوخت‌های فسیلی است، اما بازارها، الگوهای تجاری و ترتیبات ناظر بر قیمت‌گذاری همگی اموری متغیر هستند. افزایش انعطاف در بازار جهانی در کنار دو برابر شدن حجم تجارت گاز طبیعی مایع به تقویت نقش گاز در تأمین سبد انرژی در جهان کمک خواهد کرد. به استثنای ژاپن که به موازات تمایل مجدد به استفاده از انرژی هسته‌ای میزان مصرف گاز آن رو به کاهش است، میزان مصرف گاز در سایر مناطق جهان رو به افزایش خواهد بود. چین با افزایش میزان مصرفی بیش از ۴۰۰ میلیارد متر مکعب، و خاورمیانه اصلی‌ترین عوامل رشد میزان تقاضا برای گاز هستند. اما به ویژه با توجه به ایجاد ظرفیت ۱۳۰ میلیارد مکعبی تولید گاز مایع عمدتاً در آمریکا و استرالیا، پرسش‌های فراوانی در مورد این‌که بازار اشباع شده گاز با چه سرعتی می‌تواند مجدداً توازن خود را باز یابد، مطرح هستند. طبق دورنمای ما، نظام کنونی مبتنی بر روابط قوی و دارای مدت زمان ثابت میان عرضه‌کنندگان و گروه ثابتی از مشتریان جای خود را به ترتیبات رقابتی‌تر و انعطاف‌پذیرتر شامل اتکای هرچه بیشتر به قیمت‌های مبتنی بر رقابت میان تولیدکنندگان گاز خواهد داد. افزایش امکان دسترسی به محموله‌های آزاد گاز مایع آمریکا و ورود صادرکنندگان جدید به عرصه به ویژه در شرق آفریقا از اوایل دهه ۲۰۲۰ و نیز تنوع در حوزه عرضه جهانی به واسطه گسترش مداوم ولو ناهمگون انقلاب گازی غیرمتعارف، روند بروز چنین تحولی را شتاب خواهند بخشید. ذخایر شناور و واحدهای تبدیل مجدد به گاز به گشوده شدن بازارهای جدید کوچک‌تر برای گاز مایع کمک می‌کند: ماده‌ای که مجموع سهم آن از تجارت راه دور گاز از ۴۲ درصد در سال ۲۰۱۴ به ۵۳ درصد در سال ۲۰۴۰ افزایش خواهد یافت. با این حال، عدم اطمینان در مورد سمت و سوی این فرایند گذار در عرصه مبادلات تجاری می‌تواند اتخاذ تصمیمات درباره اجرای پروژه‌های جدید بالادستی در بخش انتقال را به تأخیر بیندازد و همین مسئله بازارها را با خطر رکود سنگین پس از جذب مازاد تولید کنونی مواجه می‌سازد. تولیدکنندگانی که به صادرات گرایش دارند باید برای کنترل هزینه‌ها به واسطه رقابت شدید از ناحیه سایر انواع سوخت به ویژه در بخش تولید برق، تلاش فراوانی از خود نشان دهند. در اواسط دهه ۲۰۲۰ و در کشورهای واردکننده گاز در آسیا، احداث نیروگاه‌های گازی جدید در مقایسه با احداث نیروگاه‌های جدید زغال سنگی جهت تولید پایه، گزینه ارزان‌تری خواهد بود، البته تنها مشروط بر آنکه قیمت زغال سنگ در آن زمان ۱۵۰ دلار به ازای هر تن (یعنی دو برابر قیمت پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۲۵) باشد. همچنین افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر و کاهش هزینه‌های استفاده از این منابع نیز عرصه را بر تولید برق با استفاده از انرژی گازی تنگ‌تر خواهد کرد.

زغال سنگ؛ صخره‌ای در شرایط دشوار

با توجه به عدم وجود دورنمایی برای افزایش میزان تقاضای جهانی برای زغال سنگ، ایجاد توازن در بازار این ماده به کاهش ظرفیت عرضه به‌ویژه در چین و آمریکا بستگی خواهد داشت. در حوزه دورنمای تقاضای جهانی برای زغال سنگ، تفاوت‌های فاحشی میان مناطق مختلف وجود دارد. برخی اقتصادهای دارای درآمد بالاتر که غالباً نیز نیازشان به انرژی در حال کاهش است، در حال برداشتن گام‌های بلندی برای استفاده از سوخت‌های فسیلی دارای کربن کم‌تر به جای زغال سنگ هستند. در بازه زمانی منتهی به سال ۲۰۴۰، میزان تقاضا برای زغال سنگ در حوزه اتحادیه اروپا و آمریکا که مجموعاً حدود یک ششم میزان کنونی مصرف این ماده در جهان را به خود اختصاص داده‌اند به ترتیب ۶۰ و ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت. در عین حال، اقتصادهای برخوردار از درآمد کم‌تر مانند هند و برخی کشورهای آسیای جنوب شرقی برای پاسخ‌گویی به رشد سریع میزان مصرف، نیازمند بسیج منابع انرژی متنوعی هستند و لذا در حال حاضر نمی‌توانند به موازات توجه به سایر منابع انرژی، منابع ارزان قیمت تأمین انرژی را نادیده بگیرند. چین در حال جدا شدن از گروه دوم و پیوستن به گروه نخست است و همین مسئله سبب شده تا میزان تقاضای این کشور برای زغال سنگ در بازه زمانی منتهی به سال ۲۰۴۰ در حدود ۱۵ درصد کاهش یابد. همچنین چین در ایجاد توازنی جدید در بازار زغال سنگ پس از پایان ناگهانی رونق این بازار در دهه ۲۰۰۰ میلادی نقشی تعیین‌کننده دارد. این کشور در حال اجرای تمهیدات چندی با هدف کاهش ظرفیت استخراج معادن زغال سنگ است و این اقدامات به افزایش بهای این ماده در سال ۲۰۱۶ در پی چهار سال متوالی روند کاهشی قیمت منجر شده است. اما اگر هزینه‌های اجتماعی اعمال این تغییر بیش از حد بالا باشد، چین ممکن است روند کاهش عرضه را کندتر کند و همین مسئله ممکن است به تبدیل این کشور به صادرکننده زغال‌سنگ به منظور خلاص شدن از مازاد تولید خود منجر شود و این امر به نوبه خود رکود در بازار جهانی زغال سنگ را تداوم خواهد بخشید. علاوه بر تمهیدات مربوط به افزایش میزان کارآیی نیروگاه زغال سنگی و کاهش میزان آلاینده‌ها در این نیروگاه‌ها، آینده درازمدت این ماده به نحو فزاینده‌ای با دسترسی به فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن در مقیاس تجاری، گره خورده است، زیرا تنها کاهش میزان مصرف زغال سنگ است که با کربن‌زدایی عمیق سازگار خواهد بود.

انرژی و آب: وابستگی متقابل

وابستگی‌های متقابل میان انرژی و آب در سال‌های پیش‌رو و به موازات افزایش نیازهای آبی بخش انرژی و نیز نیاز به انرژی در حوزه آب تشدید خواهد شد. آب در تمامی مراحل تولید انرژی نقشی تعیین‌کننده ایفا می‌کند و ۱۰ درصد کل آب استخراجی در جهان به بخش انرژی اختصاص دارد که عمدتاً در نیروگاه‌های برق و نیز تولید سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های تجدیدپذیر به مصرف می‌رسد. این نیازها در بازه زمانی منتهی به سال ۲۰۴۰ به ویژه در مورد آب مصرفی (یعنی آبی که استخراج می‌شود، اما به منبع

بازنمی‌گردد) افزایش خواهند یافت. در بخش تولید برق، شاهد رواج تدریجی فناوری‌هایی در حوزه سرمایش هستیم که میزان استخراج آب در آنها کمتر، اما میزان مصرف آب در آنها بیشتر است. افزایش تقاضا برای سوخت‌های تجدیدپذیر، افزایش میزان استفاده از آب و انرژی هسته‌ای را چه به لحاظ میزان استخراج و چه به لحاظ میزان مصرف به همراه خواهد داشت. در سوی دیگر معادله انرژی-آب، در تحلیل حاضر نخستین ارزیابی نظام‌مند ارائه شده در سطح جهانی پیرامون میزان انرژی مورد استفاده به منظور تأمین آب موردنیاز مصرف‌کنندگان است. در سال ۲۰۱۴، حدود ۴ درصد برق مصرفی در جهان و نیز انرژی گرمایی معادل ۵۰ میلیون تن نفت عمدتاً به شکل گازوئیل مورد استفاده در تلمبه‌های آبیاری و تأسیسات آب شیرین‌کن صرف استخراج، تصفیه و توزیع آب و فاضلاب شده است. پیش‌بینی می‌شود میزان انرژی مورد استفاده در بخش آب طی بازه زمانی منتهی به سال ۲۰۴۰ بیش از دو برابر شود. در این مدت ظرفیت تأسیسات آب شیرین‌کن در خاورمیانه و شمال آفریقا به شدت افزایش خواهد یافت و بر میزان تقاضا برای تصفیه فاضلاب و سطوح بالاتر تصفیه نیز به ویژه در اقتصادهای نوظهور افزوده خواهد شد. تا سال ۲۰۴۰، ۱۶ درصد از برق مصرفی در خاورمیانه صرف تأمین آب خواهد شد.

مدیریت پیوندهای میان آب و انرژی در تحقق طیف متنوعی از اهداف در حوزه توسعه و شرایط اقلیمی نقشی تعیین‌کننده دارد. پیوندهای چندی میان اهداف توسعه پایدار مورد نظر سازمان ملل متحد (SDG)^۲ در حوزه آب سالم و بهداشت (SDG 6) و انرژی‌های پاک با قیمت مناسب (SDG 7) وجود دارند که در صورت مدیریت مناسب می‌توانند به تحقق هر دو مجموعه از اهداف فوق کمک کنند. همچنین فرصت‌های فراوانی با توجه اقتصادی به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب وجود دارند که در صورتی که به شکل یکپارچه مد نظر قرار گیرند، می‌توانند از میزان فشار بر منابع تأمین انرژی و آب بکاهند. تلاش‌ها در جهت مقابله با تغییرات اقلیمی می‌توانند در برخی موارد به تشدید تنش آبی منجر شوند و یا به واسطه محدودیت دسترسی به منابع آبی با مشکل مواجه شوند. استفاده از برخی انواع فناوری‌های نیازمند کربن پایین مانند تولید برق خورشیدی و بادی مستلزم استفاده از حجم بسیار اندکی آب است، اما در یک رویکرد مبتنی بر کربن‌زدایی، هرچه میزان اتکا به سوخت‌های تجدیدپذیر، متمرکز کردن نیروی خورشیدی، جذب کربن یا استفاده از انرژی هسته‌ای بیشتر باشد، میزان مصرف آب نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین و علی‌رغم کاهش نیازها در بخش انرژی، میزان مصرف آب در سال ۲۰۴۰ در سناریوی ۴۵۰ در قیاس با سناریوی اصلی، اندکی بیشتر است.

² Sustainable Development Goals

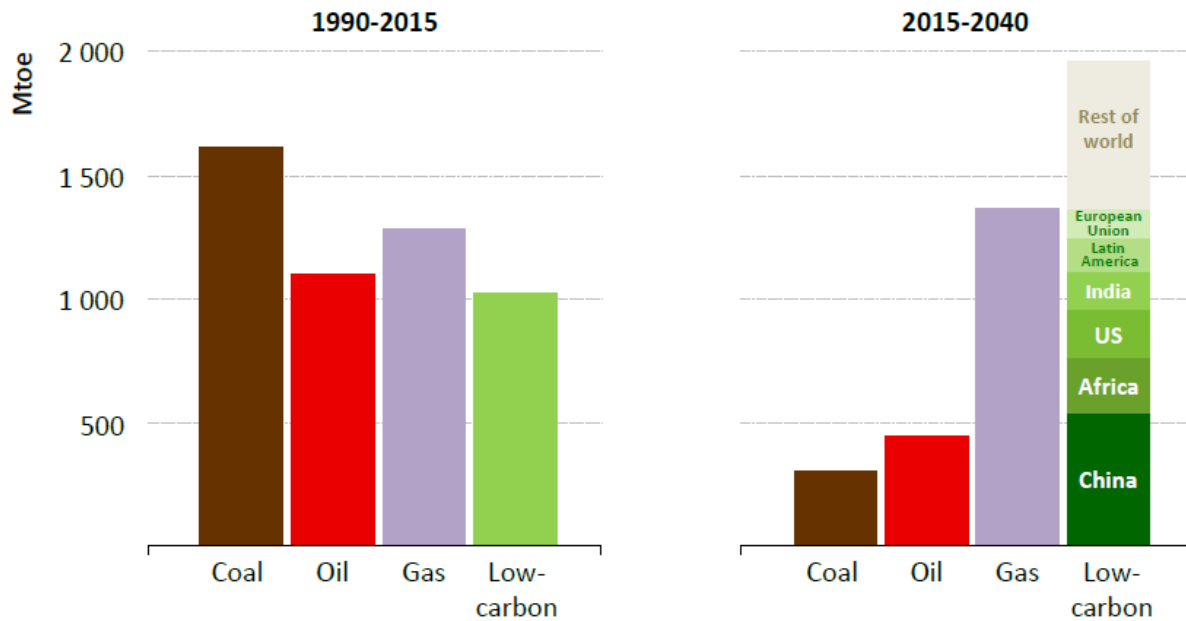
توافق تاریخی پاریس در زمینه تغییرات اقلیمی برای ده‌ها سال حوزه انرژی در جهان را متحول خواهد کرد. در جدیدترین گزارش دورنمای انرژی در جهان، به مدد پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته تا سال ۲۰۴۰ میلادی، جامع‌ترین تحلیل پیرامون شکل احتمالی این تحول ارائه شده است. در این گزارش به بررسی فرصت‌ها و چالش‌های کلیدی فراروی انرژی‌های تجدیدپذیر به مثابه رکن اصلی گذار به انرژی‌هایی با میزان کربن پایین پرداخته شده و نیز نقش تعیین‌کننده مسئله کارآیی در بخش انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در گزارش دورنمای انرژی جهان در سال ۲۰۱۶، چگونگی بازتعریف مفهوم امنیت انرژی در پی امضای موافقت‌نامه پاریس به‌ویژه در بخش تولید برق به عنوان خط مقدم مقابله با تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار گرفته است. در این گزارش نحوه انطباق بازارهای نفت، گاز و زغال سنگ با شرایط کنونی و نیز مخاطرات پیش‌رو را، از فقدان سرمایه‌گذاری کافی در بخش‌های اصلی مربوط به فرایند عرضه گرفته تا سرمایه‌های سرگردان مورد بررسی قرار خواهیم داد. در این گزارش تعهدات هر کشور را به طور جداگانه مرور خواهیم کرد و فاصله هر کشور با تحقق اهداف اعلام شده خود را مورد ارزیابی قرار خواهیم داد. در این گزارش مسیری در جهت محدود کردن میزان گرمایش زمین به کم‌تر از ۲ درجه سانتیگراد در سال و نیز مسیرهای احتمالی برای تحقق اهدافی حتی بلندپروازانه‌تر ترسیم شده است. در گزارش امسال بخش ویژه‌ای نیز به برهم‌کنش بسیار تعیین‌کننده میان آب و انرژی با تمرکز بر نقاط تنشی اختصاص یافته است که به موازات افزایش پیوندها میان این دو حوزه پدید می‌آیند.

آژانس بین‌المللی انرژی

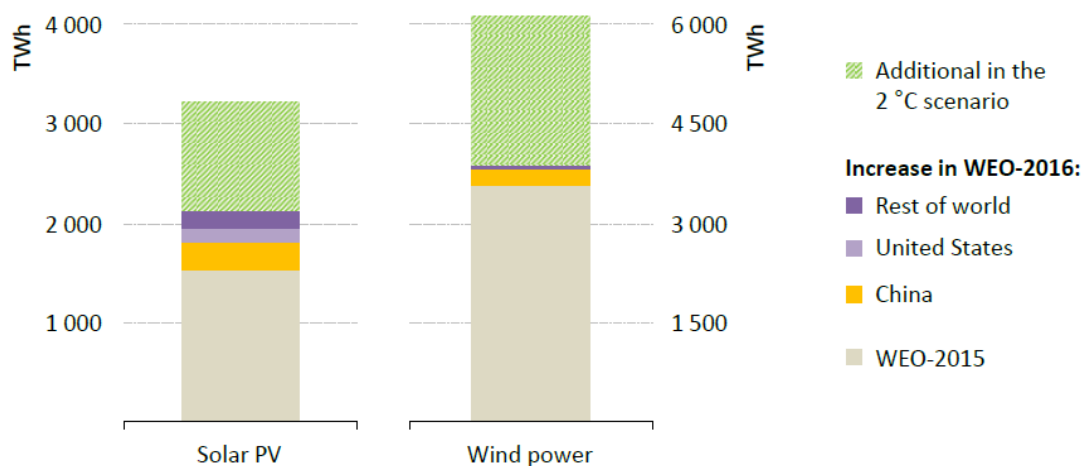
آژانس بین‌المللی انرژی که یک سازمان مستقل است، در نوامبر ۱۹۷۴ تأسیس شد. این سازمان عمدتاً دو هدف را دنبال می‌کند؛ تقویت امنیت حوزه انرژی در میان کشورهای عضو از طریق واکنش جمعی به موارد فیزیکی اخلاف در جریان عرضه نفت و ارائه پژوهش‌ها و تحلیل‌های معتبر پیرامون شیوه‌های تأمین انرژی‌های قابل اتکا، مقرون به صرفه و پاک برای ۲۹ کشور عضو و سایر کشورهای جهان. آژانس بین‌المللی انرژی طرح جامعی را در زمینه همکاری میان کشورهای عضو در حوزه انرژی اجرا می‌کند و هر یک از این کشورها موظف هستند تا معادل ۹۰ روز واردات سرانه خود، نفت ذخیره کنند. اهداف آژانس شامل موارد ذیل است:

- ❖ تأمین دسترسی کشورهای عضو به منابع قابل اتکا و سرشار تمامی اشکال انرژی به‌ویژه از طریق حفظ ظرفیت‌های واکنش اضطراری مؤثر در صورت بروز اخلاف در جریان عرضه نفت؛
- ❖ ترویج سیاست‌های منطبق با توسعه پایدار در حوزه انرژی که بتوانند به رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست در یک بستر جهانی به‌ویژه در پیوند با کاهش گازهای گلخانه‌ای به عنوان یکی از عوامل تغییرات اقلیمی کمک کنند؛
- ❖ بهبود شفافیت در بازارهای بین‌المللی از طریق گردآوری و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به بخش انرژی؛
- ❖ حمایت از همکاری‌های جهانی در زمینه فناوری‌های حوزه انرژی در راستای تأمین منابع مورد نیاز انرژی در آینده و کاهش اثرات زیست‌محیطی این منابع از جمله از طریق بهبود کارایی در حوزه انرژی و ایجاد و به‌کارگیری فناوری‌هایی با میزان مصرف کربن پایین؛
- ❖ یافتن راهکارهایی برای مقابله با چالش‌های جهانی در حوزه انرژی از طریق تعامل و گفتگو با کشورهای غیر عضو، صنایع، سازمان‌های بین‌المللی و سایر طرف‌های ذی‌نفع.

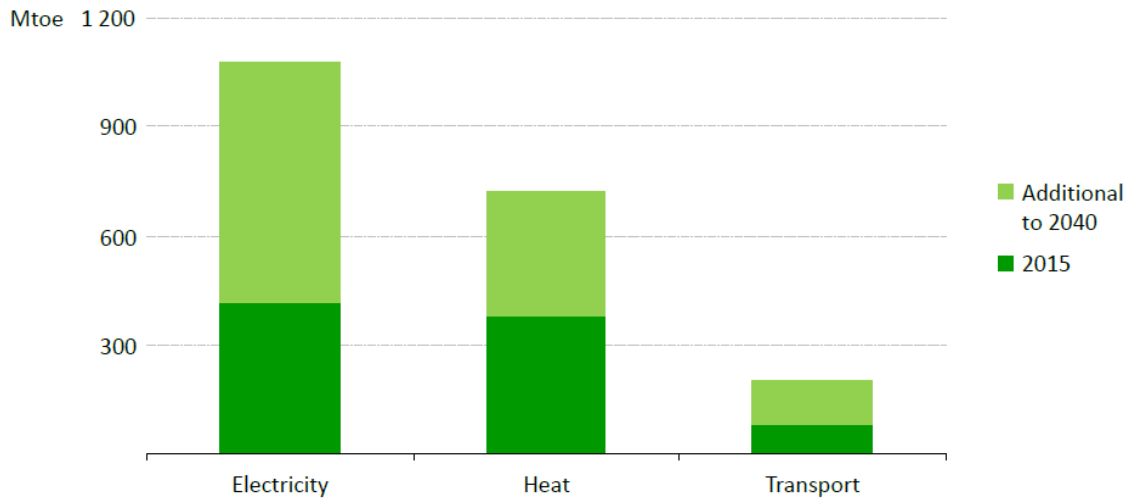
نمودار ۱- تغییر در تقاضای انرژی



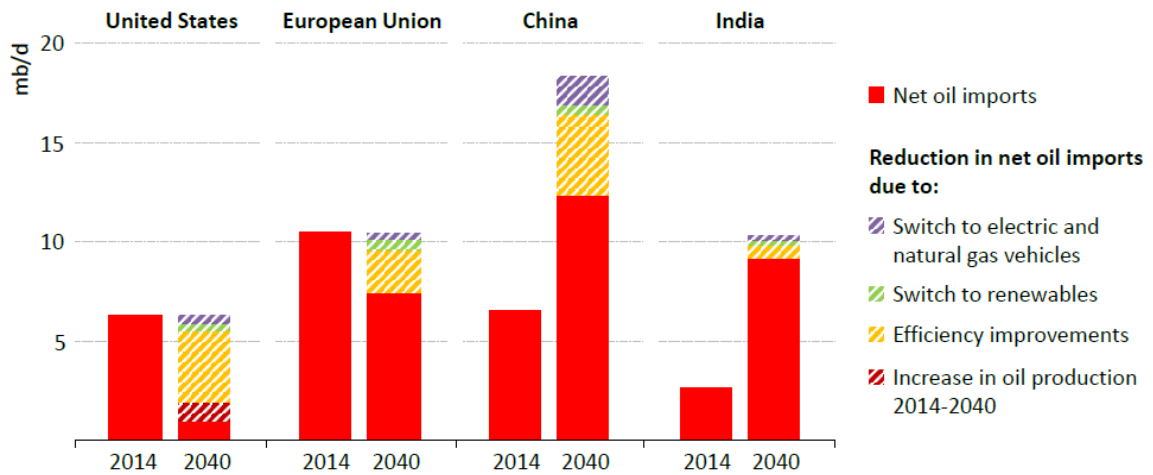
نمودار ۲- تولید برق توسط باد و سلولهای خورشیدی در سال ۲۰۴۰؛ سیاستهای قوی تر در توسعه سلولهای خورشیدی و انرژی بادی کمک می کنند تا بر مبنای سناریوی پایه، ۳۷ درصد از کل برق تولیدی جهان در سال ۲۰۴۰ از منابع تجدیدپذیر باشد (این رقم بر مبنای سناریوی ۴۵۰ معادل ۶۰ درصد است).



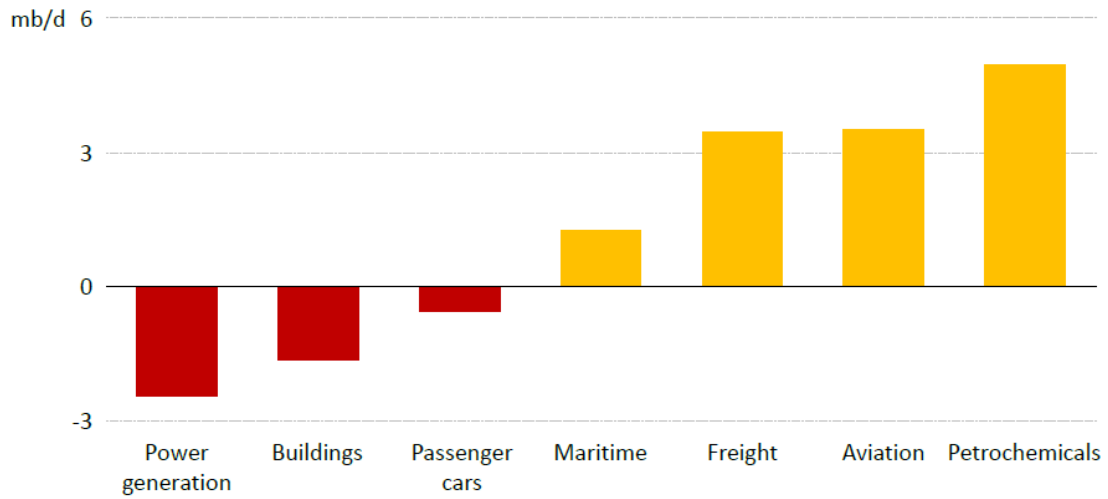
نمودار ۳- استفاده از انرژی تجدیدپذیر به تفکیک بخش‌ها



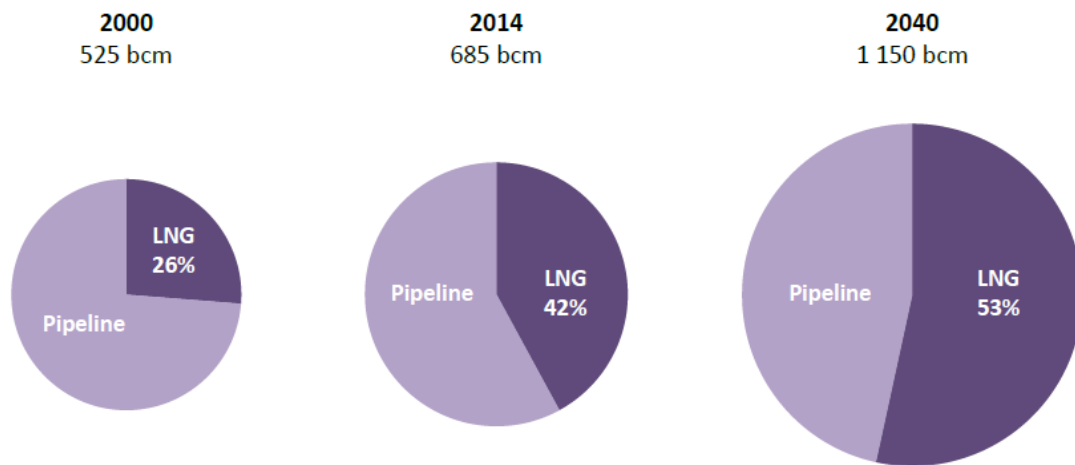
نمودار ۴- خالص واردات نفت



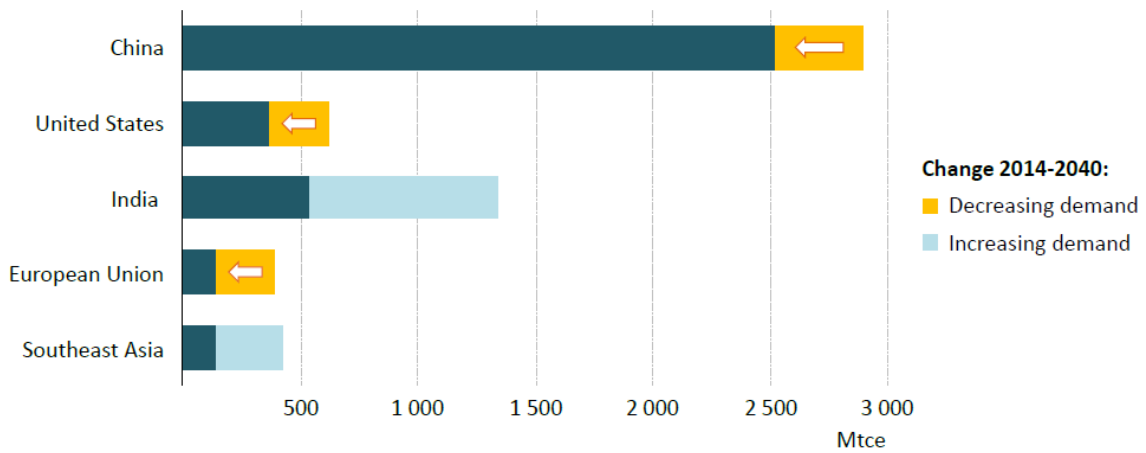
نمودار ۵- تغییر در تقاضای نفت به تفکیک بخش‌های مختلف ۲۰۱۵-۴۰



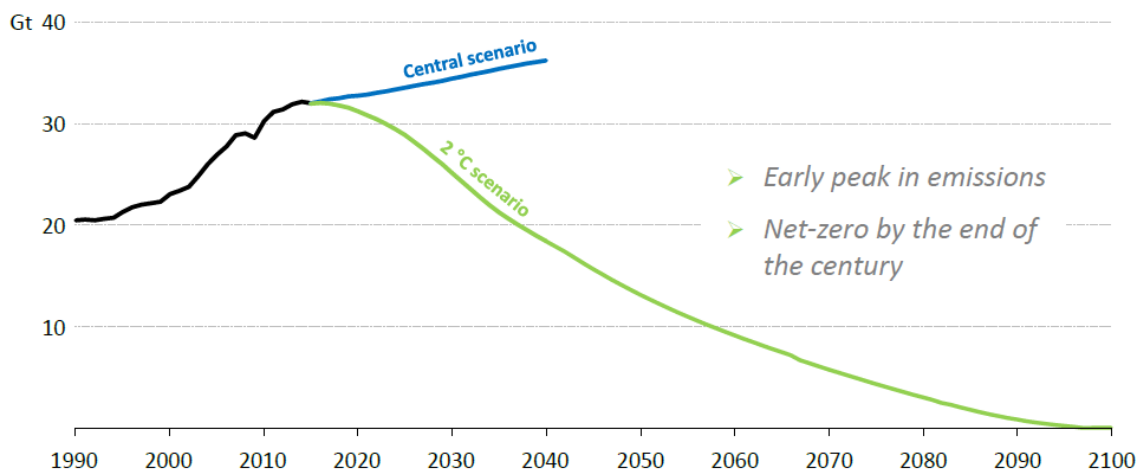
نمودار ۶- سهم LNG در تجارت دوردست گاز



نمودار ۷- تقاضای انرژی در مناطق اصلی



نمودار ۸- انتشار دی اکسید کربن در بخش انرژی





World Energy Outlook 2016

Executive Summary

International Energy Agency

Translated By
Presidential Center for Strategic Studies
December 2016