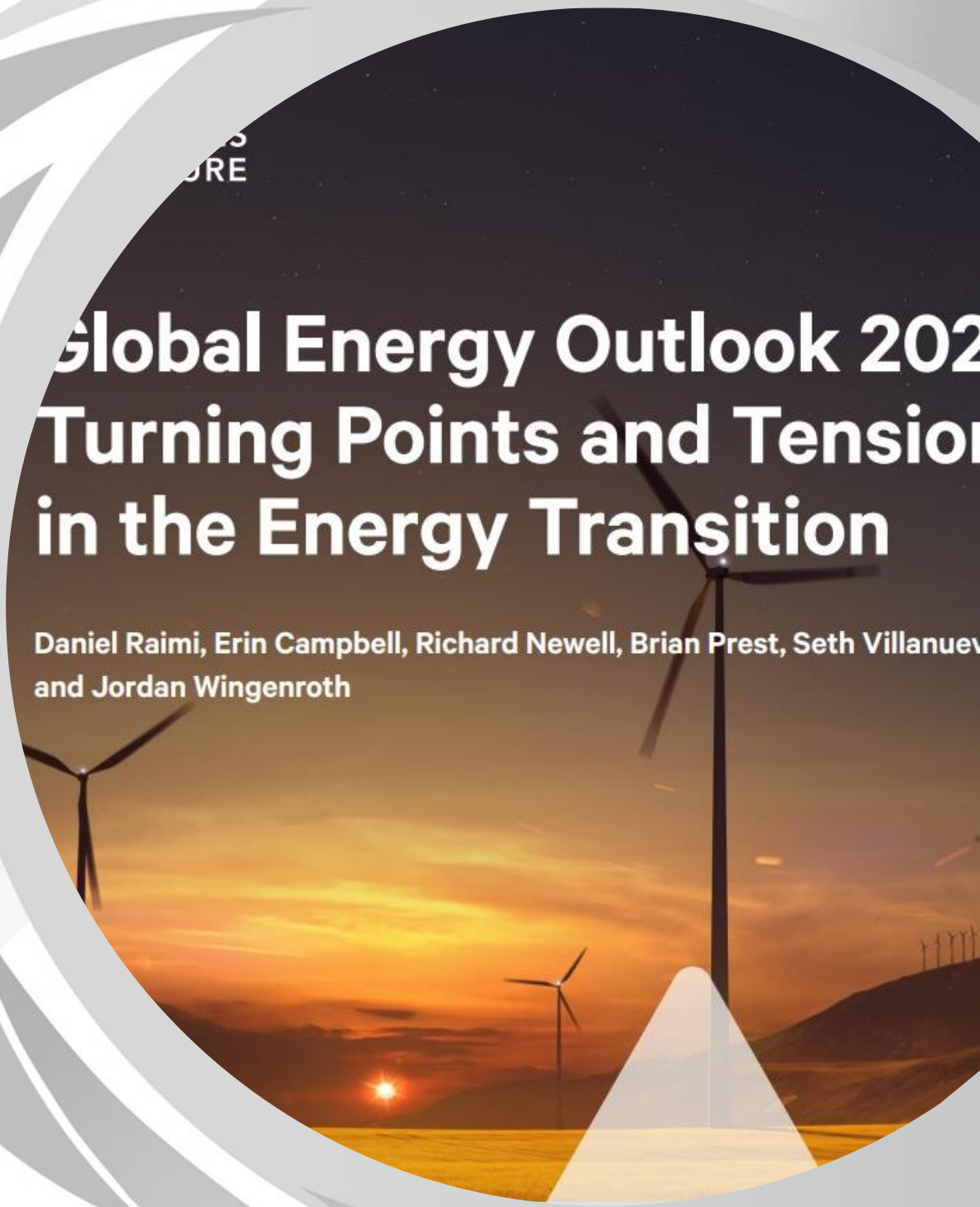


چشم انداز جهانی انرژی ۲۰۲۲: نقاط عطف و تنش در دوره گذار انرژی

Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition

گزارش ترجمه‌ای	گزارش ۶	آذر ۱۴۰۱	گروه مطالعات اقتصاد و فناوری

بسم الله الرحمن الرحیم

نویسنده: زهرا حیدری دارانی

تهیه شده در: گروه مطالعات اقتصاد و فناوری

تاریخ انتشار ترجمه: آذر ۱۴۰۱

تاریخ و نشانی گزارش اصلی:

https://media.rff.org/documents/Report_22-04_v1.pdf - 22/04/2022

گزارش ترجمه‌ای

چشم‌انداز جهانی انرژی ۲۰۲۲: نقاط عطف و تنش در دوره گذار انرژی

Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition

در این گزارش می‌خوانید

۱ بر اساس تمام سناریوهای ادامهٔ وضع موجود، مصرف انرژی اولیه جهانی رشد خواهد داشت؛ اما انتشار دی‌اکسیدکربن تنها در نیمی از این سناریوها افزایش می‌یابد که به‌معنای ترکیب انرژی با کربن کمتر است.

۲ در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوا، بهبودهای چشمگیر در بهره‌وری انرژی به کاهش مصرف انرژی اولیه منجر می‌شود که در مجموع با کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌دلیل ترکیب سوخت پاک‌تر و افزایش انرژی بادی و خورشیدی همراه است.

۳ به میزانی که پیشرفت سیاست‌های آب‌وهوایی در هر سال کُند باشد، میزان گازهای گلخانه‌ای که در سال‌های آینده باید کاهش یابد بیشتر خواهد بود.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور

چکیده

مقایسه سناریوهای آینده انرژی که توسط سازمان‌های معتبر ارائه شده‌اند، بینشی کل‌نگر و آینده‌محور به حوزه انرژی برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌سازان به ارمغان می‌آورد. بر اساس سناریوهایی که در توصیف آینده انرژی در جهان منتشر شده‌اند، برخی ادامه وضع موجود را توصیف می‌کنند و برخی تصویری از آینده‌ای ارائه می‌دهند که سیاست‌های فعلی در حال تکامل و تحول هستند. در این دو نوع سناریو مصرف انرژی اولیه در جهان در طول سه دهه آینده رشد چشمگیری خواهد داشت و انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد. در این سناریوها سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی اولیه افزایش خواهد یافت و با وجود استقرار و توسعه انرژی‌های پاک، این انرژی‌ها نقش انرژی افزوده را درکنار سوخت‌های فسیلی خواهند داشت و به این ترتیب دستیابی به اهداف بین‌المللی آب‌وهوایی، برای محدود کردن دمای زمین به ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد غیرممکن می‌شود. از سوی دیگر در اکثر سناریوهایی که تصویری مطلوب از شرایط آینده آب‌وهوا نشان می‌دهند، بهبودهای چشمگیری در بهره‌وری انرژی با کاهش مصرف انرژی اولیه و در مجموع با کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌دلیل ترکیب سوخت پاک‌تر رخ خواهد داد که این نتیجهٔ کاهش سطح کل تقاضای سوخت فسیلی و سهم آنها از ترکیب انرژی اولیه است. در پایان لازم است با تشکیل گروه‌های متخصص و فرارشته‌ای سناریوهای آینده انرژی در ایران با نگاه به چشم‌اندازهای منتشرشده در جهان به منظور سیاست‌گذاری بر اساس داده‌های درست تدوین شود.

فهرست

مقدمه مترجم ۱

معرفی سند و نویسندگان ۱

مقدمه ۳

یافته‌های کلیدی ۶

نگاهی دقیق‌تر ۱۹

کاهش عرضه نفت ۲۰

محدوده وسیع و باز قیمت نفت ۲۱

عدم‌قطعیت‌های انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن در آینده ۲۲

آیا تقاضای جهانی انرژی به رشد خود ادامه خواهد داد؟ ۲۵

شکاف جاه‌طلبی و بلندپروازی در سناریوهای آب‌وهوایی ۲۷

سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی ۲۷

پیشرفت کُند سیاست‌های آب‌وهوایی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در آینده ۲۹

نقش جذب و ذخیره کربن در تحقق اهداف آب‌وهوایی ۳۰

تحلیل محتوا ۳۲

جمع‌بندی و پیامداندیشی ۳۴

منابع ۳۶

مقدمه مترجم

آینده‌نگری و توجه به سناریوهای آینده در حوزه انـرژی یکی از مباحثی است که با توسعه پایدار در جهـان ارتباطی ناگسستنی دارد. ایـن پیونـد تنگاتنگ از ارتباط مستقیم انرژی با محیط زیست، گستردگی نفـوذ انـرژی در اقتصاد و زندگی جهان و در نتیجه جهانی بودن موضوع و سیاست‌های محیط زیست ناشی می‌شود. به‌عبارت بهتر، توسعه پایدار ممکن نیست مگر آنکـه میـزان انتشار گازهای سمی و دی‌اکسیدکربن در جهـــان در پایین‌ترین حد ممکن نگاه داشته شود. از آنجا که مصرف انرژی از مهمتـرین عوامـل اثرگـذار بـر میزان انتشار گازهای سمی است، کنتـرل انتشار گازهـای گلخانه‌ای و حفظ محیط زیست توسط همه کشورها، امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

بسیاری از موسسات پژوهشی معتبر و فعال در حوزه انرژی در سطح بین‌الملل، سالانه چشم‌اندازهایی برای پیش‌بینی آینده انرژی در جهان منتشر می‌کنند. این گزارش‌ها مبتنی بر مفروضات متفاوتی هستند و روش‌های مختلفی برای ساخت سناریوهای آینده انرژی به‌کار می‌گیرند. مقایسه منصفانه این سناریوها گرچه دشوار می‌نماید؛ اما راه‌گشاست. زیرا این سناریوها طیف وسیعی از تغییرات بالقوه را در نظام‌های انرژی ارائه می‌دهند که توسط برخی موسسات آگاه‌تر به‌تصویر کشیده شده است. بنابراین مداقه در مقایسه این سناریوها پنجره‌ای برای سیاست‌گذاران می‌گشاید تا از طرق آن طیف گسترده‌ای از آینده‌های بالقوه انرژی در جهان، انتشار گازها و حتی آینده‌های ژئوپلیتیک را ارزیابی کنند.

در این گزارش گزیده‌ای از سندی ۴۷ صفحه‌ای با عنوان «چشم‌انداز جهانی انرژی ۲۰۲۲: نقاط عطف و تنش در دوره گذار انرژی» ترجمه شده است. در ادامه پس از معرفی سند، موسسه و نویسندگان آن، بخشی از مهم‌ترین قسمت‌های این چشم‌انداز به زبان فارسی برگردان شده است. سپس به تحلیل محتوا و ارائه برخی پیامدهای تحقق این چشم‌انداز به‌صورت کلی و سپس در سطح ملی پرداخته شده است.

معرفی سند و نویسندگان

گزارشی که ترجمان آن پیش روی شماست، توسط انتشارات موسسه منابع آینده[۱] منتشر شده است. موسسه منابع آینده موسسه‌ای تحقیقاتی، مستقل و غیرانتفاعی در واشنگتن دی سی است. ماموریت این موسسه کمک به بهبود تصمیم‌سازی در حوزه زیست‌محیطی، انرژی و منابع طبیعی از طریق تحقیقات اقتصادی بی‌طرفانه و مشارکت در سیاست‌گذاری است. منابع آینده متعهد است که قابل اعتمادترین منبع برای بینش‌های تحقیقاتی و راه حل‌های سیاستی باشد که به محیط زیست سالم و اقتصاد پر رونق منجر می‌شود.

[۱] Resources for the Future (RFF)

درباره نویسندگان

دانیل ریمی[۱]: یکی از اعضای موسسه منابع آینده و استاد دانشکده سیاست‌گذاری عمومی جرالد آر. فورد در دانشگاه میشیگان است. او بر روی طیف وسیعی از مسائل سیاست انرژی با تمرکز بر گذار عادلانه انرژی پژوهش می‌کند.

دیبیت فرکینگ[۲]: اولین کتاب او داستان‌هایی از سفرهای او به دهها منطقه تولیدکننده نفت و گاز است که با بررسی دقیق موضوعات کلیدی خط مشی ترکیب می‌شود و توسط انتشارات دانشگاه کلمبیا به‌عنوان بخشی از مجموعه کتاب‌های مرکز دانشگاه کلمبیا در زمینه سیاست انرژی جهانی منتشر شده است.

ارین کمپبل[۳]: یک تحلیلگر پژوهشی در موسسه منابع آینده است. او بر فضای میان‌رشته‌ای سیاست‌های بین‌المللی آب‌وهوایی و تجاری متمرکز است. او اخیرا از دانشگاه روچستر فارغ التحصیل شده است و در آنجا لیسانس علوم در بهداشت محیط و لیسانس هنر در اقتصاد دریافت کرده است.

ریچارد نیووِل[۴]: رئیس و مدیر عامل موسسه منابع آینده است. از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱، او به عنوان مدیر اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده خدمت کرد، آژانسی که مسئول آمار رسمی و تجزیه‌وتحلیل انرژی دولت ایالات متحده است. دکتر نیووِل یک استادیار در دانشگاه دوک است و قبلا استاد اقتصاد انرژی و محیط زیست جندل و مدیر مؤسس آزمایشگاه ابتکار انرژی و تجزیه‌وتحلیل داده انرژی بوده است. او همچنین به عنوان اقتصاددان ارشد انرژی و محیط زیست در شورای مشاوران اقتصادی رئیس جمهور خدمت کرده است و قبلا یکی از اعضای ارشد و عضو هیئت مدیره موسسه منابع آینده بوده است.

برایان پرست[۵]: یک اقتصاددان و همکار در موسسه منابع آینده و متخصص در تغییرات آب‌وهوا، نفت و گاز و اقتصاد انرژی است. او از تئوری‌های اقتصادی و مدل‌های اقتصادسنجی برای بهبود سیاست‌های انرژی و زیست محیطی با ارزیابی تأثیر آنها بر بازارها و نتایج آلودگی استفاده می‌کند. کار اخیر او شامل مدل‌سازی اقتصادی سیاست‌های لیزینگ نفت و گاز فدرال، از جمله اعمال قیمت‌گذاری کربن در حق امتیاز نفت و گاز فدرال است.

ست ویلانووا[۶]: تحلیلگر ارشد تحقیقاتی در موسسه منابع آینده است. کار فعلی او بر تجزیه‌وتحلیل پیش‌بینی انرژی برای گزارش سالانه چشم‌انداز انرژی جهانی موسسه منابع آینده و همچنین تحقیق در مورد اثرات منطقه‌ای و توزیعی انرژی پاک و سیاست آب‌وهوا متمرکز است. ویلانووا در سال ۲۰۱۹ با مدرک لیسانس

---

۱ Daniel Raimi
۲ Fracking Debate
۳ Erin Campbell
۴ Richard Newell
۵ Brian Prest
۶ Seth Villanueva

اقتصاد و ریاضی از دانشگاه سانتا باربارا در کالیفرنیا فارغ التحصیل شد. او در مقطع لیسانس دستیار پژوهشی گرتلر بود که به مطالعه تأثیر اقتصادی تولید برق بادی مقیاس‌پذیر می‌پرداخت.

جردن وینگنروث[۱]: همکار پژوهشی در موسسه منابع آینده است. وینگنروث در ماه مه ۲۰۱۹ از دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، با مدرک کارشناسی ارشد در علوم محیطی، سیاست‌گذاری و مدیریت فارغ التحصیل شد. او قبل از پیوستن به موسسه منابع آینده بر فعل و انفعالات اکولوژیکی، اکوهیدرولیک و بیوشیمی آب متمرکز بوده است.

در ادامه ترجمه گزیده‌ای از سند ارائه می‌شود.

مقدمه

نظام انرژی جهانی در کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت با عدم‌قطعیت‌های ژرفی مواجه است. در بحبوحه جنگ در اروپا، نیاز فوری به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بسیاری از عوامل آلوده‌کننده دیگر، چشم‌انداز بلندمدت انرژی دریچه‌ای را می‌گشاید که از طریق آن می‌توان طیف گسترده‌ای از آینده‌های بالقوه انرژی در جهان، انتشار گازها و حتی آینده‌های ژئوپلیتیک را ارزیابی کرد.

از آنجا که پیش‌بینی‌های حوزه انرژی به‌طور گسترده‌ای متفاوت هستند و به فرضیات و روش‌شناسی‌های زیربنایی متفاوت بستگی دارند، مقایسه آنها به‌صورت منصفانه کاری دشوار است. در این گزارش، ما طی یک فرایند هماهنگ‌سازی[۲] دقیق، ۱۹ سناریو در ۷ چشم‌انداز انرژی منتشر شده در سال ۲۰۲۱ را مقایسه می‌کنیم. روی‌هم رفته، این سناریوها دامنه وسیعی از تغییرات بالقوه را در نظام انرژی ارائه می‌دهند که توسط برخی از آگاه‌ترین سازمان‌ها به‌تصویر کشیده شده است. جدول ۱ مجموعه داده‌های تاریخی، چشم‌اندازها و سناریوهای بررسی شده در این گزارش را نشان می‌دهد.

[۱] Jordan Wingenroth
[۲] Harmonization

جدول ۱. چشم‌اندازها و سناریوهای بررسی شده در این گزارش

منبع	مجموعه داده‌ها یا چشم‌انداز	سناریوها	سال
گرابلر[۱] (۲۰۰۸)	تاریخی	-	۱۸۰۰-۱۹۷۰
آژانس بین‌المللی انرژی[۲] (۲۰۲۲)	تاریخی	-	۱۹۷۰-۲۰۲۰
تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ[۳] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز جدید انرژی ۲۰۲۱	سبز، قرمز، خاکستری	تا ۲۰۵۰
«اصلاحات» ایکوینور[۴] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز انرژی ۲۰۲۱	اصلاحات، تعادل مجدد، رقابت[۵]	تا ۲۰۵۰
آژانس بین‌المللی انرژی[۶] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز انرژی جهان ۲۰۲۱	تعهدات اعلام شده، سیاست‌های بیان شده، توسعه پایدار، خالص صفر تا سال ۲۰۵۰[۷]	تا ۲۰۵۰
آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر[۸] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز گذار انرژی جهان	انرژی برنامه‌ریزی شده، مسیر ۱.۵ درجه سانتی‌گراد[۹]	تا ۲۰۵۰
اپک[۱۰] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز جهانی نفت ۲۰۲۱	مرجع[۱۱]	تا ۲۰۴۵
شل[۱۲] (۲۰۲۱)	سناریوهای شل	جزایر، امواج، آسمان ۱.۵[۱۳]	تا ۲۱۰۰
اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده[۱۴] (۲۰۲۱)	چشم‌انداز انرژی بین‌المللی ۲۰۲۱	مرجع، رشد اقتصادی بالا، رشد اقتصادی پایین[۱۵]	تا ۲۰۵۰

۱ Grubler: Energy Transitions Research Grubler
۲ International Energy Agency (IEA)
۳ Bloomberg New Energy Finance (BNEF)
۴ Equinor ASA (Statoil و StatoilHydro سابق)

مترجم: یک شرکت انرژی چندملیتی دولتی نروژی است که دفتر مرکزی آن در استاوانگر قرار دارد. نام Equinor در سال ۲۰۱۸ پذیرفته شد و با ترکیب equi، ریشه کلماتی مانند equity، به‌معنای برابری و تعادل که نشان می‌دهد این شرکت منشاء نروژی دارد، تشکیل شده است. معنی نروژی نام سابق Statoil 'نفت دولتی' است که نشان می دهد شرکت نفت دولتی است.

۵ Reform, Rebalance, Rivalry
۶ International Energy Agency (IEA)
۷ Announced Pledges (APS), Stated Policies (STEPS), Sustainable Development (SDS), Net Zero by 2050 (NZE)
۸ International Renewable Energy Agency (IRENA)
۹ Planned Energy (PES), 1.5°C Pathway
۱۰ OPEC
۱۱ Reference
۱۲ Shell
۱۳ Islands, Waves, Sky1.5
۱۴ U.S. Energy Information Administration (US EIA)
۱۵ Reference, High Economic Growth, Low Economic Growth

در سراسر این گزارش، ما از یک نظام برچسب‌گذاری ثابت استفاده می‌کنیم که سناریوهای مختلف را متمایز می‌کند (جدول ۲ را ببینید):

- سناریوهای «مرجع» شامل سیاست‌های محدود یا بدون سیاست‌های جدید هستند و چالش‌های ژئوپلیتیکی مستمر را در نظر می‌گیرند: این مجموعه شامل «انرژی برنامه‌ریزی شده» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، «رقابت» ایکوینور، «جزایر» شل، مرجع اوپک و مرجع اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده است (با خط چین بلند مشخص می‌شود).
- سناریوهای «سیاست‌های در حال تکامل»، که فرض می‌کنند سیاست‌ها و فناوری‌ها بر اساس روندهای اخیر و یا دیدگاه‌های تخصصی تیم تولیدکننده چشم‌انداز توسعه می‌یابند: این مجموعه شامل «سیاست‌های بیان‌شده» آژانس بین‌المللی انرژی، «اصلاحات» ایکوینور[۱] و «امواج» شل[۲] که فرض می‌کنند دولت‌ها همه سیاست‌های اعلام‌شده انرژی و آب‌وهوا را اجرا می‌کنند، (با نقطه‌خط چین مشخص می‌شود).
- سناریوهای «جاه‌طلبانه (بلندپروازانه) آب‌وهوایی»، که حول محدود کردن افزایش متوسط دمای جهانی به زیر ۲ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ ساخته شده اند: این مجموعه شامل سناریوهای سبز، خاکستری و قرمز تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ است؛ «تعادل مجدد» ایکوینور «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی (با خط چین مشخص می‌شود).
- در نهایت، مجموعه دیگری از سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی طراحی شده برای محدود کردن افزایش متوسط دمای جهانی به ۱.۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ ، که با نقطه چین نشان می‌دهیم؛ «مسیر ۱.۵ درجه سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، «خالص صفر» آژانس بین‌المللی انرژی و «آسمان ۱.۵» شل.

جدول ۲. علایم واختصارات برای انواع سناریوهای مختلف

Reference	Evolving Policies	Ambitious Climate (2°C)	Ambitious Climate (1.5°C)
EIA Reference	Equinor Reform	Equinor Rebalance	IEA NZE2050
Equinor Rivalry	IEA APS	IEA SDS	IRENA 1.5°C
IRENA PES	IEA STEPS	BNEF Green	Shell Sky1.5
OPEC Reference	Shell Waves	BNEF Gray	
Shell Islands		BNEF Red	

[۱] Equinor
[۲] Shell

یافته‌های کلیدی

بازارهای جهانی انرژی در تنش هستند. حتی قبل از حمله روسیه به اوکراین، قیمت نفت خام برنت از میانگین ۴۲ دلار در هر بشکه در سال ۲۰۲۰ به ۷۱ دلار در هر بشکه در سال ۲۰۲۱ افزایش یافت. در اوایل مارس ۲۰۲۲، با عبور تانک‌های روسی از مرز اوکراین، قیمت برنت به بیش از ۱۲۰ دلار در هر بشکه افزایش یافت. چشم‌اندازهای انرژی منتشر شده در سال ۲۰۲۱ نتوانستند این رویدادها را پیش‌بینی کنند و تنها در یک سناریو («قیمت بالای نفت» توسط اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده) پیش‌بینی شد که قیمت نفت در هر مقطعی قبل از سال ۲۰۵۰ به سطوح امروزی می‌رسد.

بازارهای گاز طبیعی اروپا حتی افزایش قیمت بیشتری را تجربه کرده‌اند. قیمت گاز طبیعی هلند که قبلا در سال ۲۰۲۱ به سطوحی بی‌سابقه رسیده بود و رکورد بالاترین قیمت را در این سال ثبت کرده بود، در اوایل ماه مارس به بیش از ۱۶۵ یورو در هر مگاوات ساعت[۱] (تقریباً ۵۴ دلار در هر میلیون واحد گرمایی بریتانیا[۲]) افزایش یافت که بیش از ۱۰ برابر بیشتر از میانگین سال ۲۰۲۰ بود. این افزایش قیمت‌ها بار هزینه سنگینی را برای مصرف‌کنندگان انرژی در سراسر جهان به همراه دارد. در کوتاه‌مدت، گزینه‌ها برای کاهش قیمت‌های بالا محدود است؛ اما در میان‌مدت تا بلند مدت، امنیت انرژی را می‌توان از طریق کاهش مصرف نفت و گاز طبیعی و تنوع بیشتر تأمین‌کنندگان افزایش داد.

بر اساس تمام سناریوهای مرجع و سیاست‌های در حال تکامل، مصرف انرژی اولیه جهانی به‌طور قابل‌توجهی در طول سه دهه آینده رشد می‌کند؛ اما انتشار دی‌اکسیدکربن تنها در نیمی از این سناریوها افزایش می‌یابد که به معنای ترکیب انرژی با کربن کمتر است. در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوا، بهبودهای چشمگیر در بهره‌وری انرژی به کاهش مصرف انرژی اولیه در مجموع منجر می‌شود که با کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل ترکیب سوخت پاک‌تر همراه است.

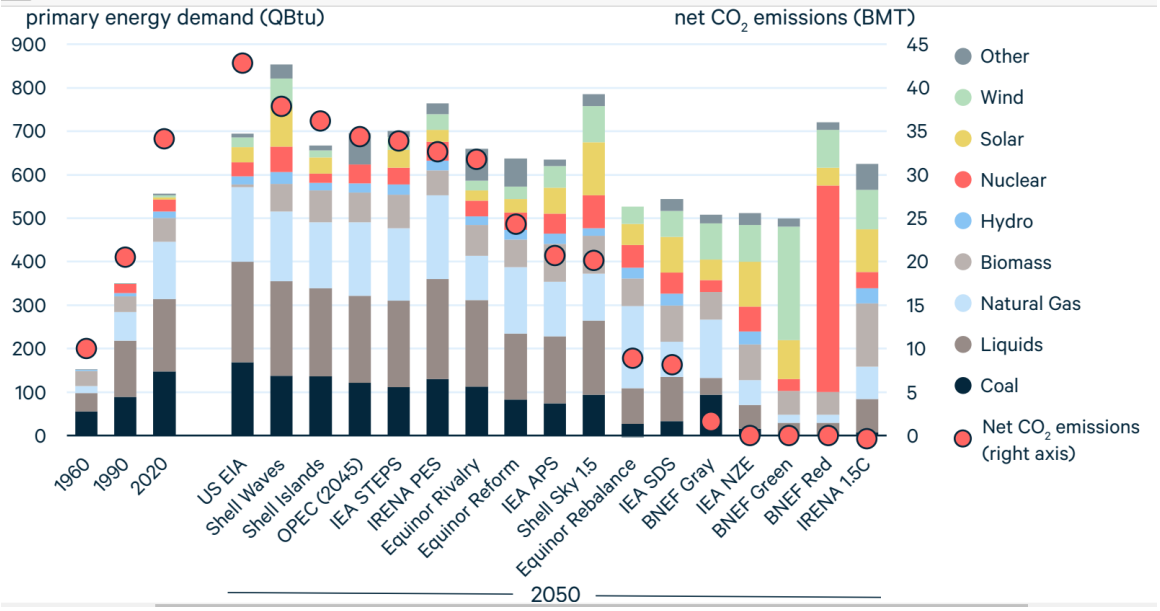
بسیاری از گزینه‌ها برای افزایش امنیت انرژی نیز با اهداف بلندمدت آب و هوا همسو هستند. برای مثال، بهره‌وری انرژی و تسریع در برق‌رسانی حمل‌ونقل، گرمایش و سایر کاربردها می‌تواند مواجهه با قیمت‌های بی‌ثبات هیدروکربن را کاهش دهد. با این حال، فناوری‌های انرژی پاک مانند وسایل نقلیه الکتریکی، توربین‌های بادی و ماژول‌های خورشیدی نیز به زنجیره‌های عرضه جهانی متکی هستند که در برخی موارد از

[۱] €165 per megawatt-hour

مترجم: به‌نظر می‌رسد منظور قیمت گاز مصرفی برای تولید هر مگاوات ساعت برق است.

[۲] roughly $54 per MMBtu

نظر جغرافیایی متمرکز و غیرقابل انعطاف هستند. این نشان می‌دهد ژئوپلیتیک همچنان در آینده قابل پیش‌بینی است و در بازارهای انرژی نقش ایفا خواهد کرد.



نمودار ۱. ترکیب انرژی اولیه جهانی و انتشار دی‌اکسیدکربن

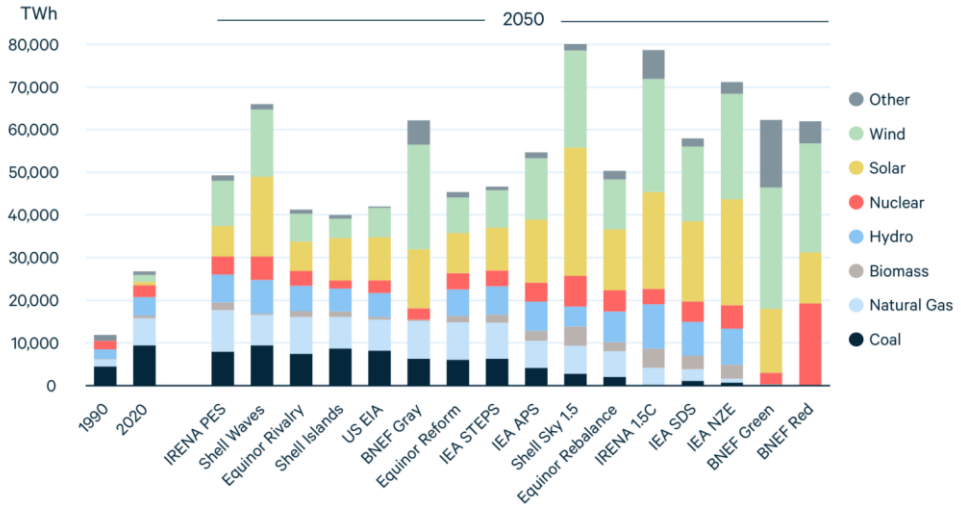
در سال ۲۰۲۰، زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی ۴۴۶ کوادریلیون واحد گرمای بریتانیا[۱] (یا ۸۰ درصد) از انرژی اولیه جهان را تأمین کردند. تا سال ۲۰۵۰، سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی اولیه تحت همه سناریوها به غیر از سناریوی «مرجع[۲]» در چشم‌انداز آژانس بین‌المللی انرژی کاهش می‌یابد؛ اما سطح کل آنها طبق اکثر سناریوهای «مرجع» و سناریوهای«سیاست‌های در حال تکامل[۳]» افزایش می‌یابد. در این سناریوها، جهان به تاریخ طولانی خود در « انرژی افزوده[۴]» ادامه می‌دهد، طوری‌که منابع انرژی جدید در کنار منابع قدیمی‌تر ساخته می‌شوند و جایگزین آنها نمی‌شوند و به این‌ترتیب دستیابی به اهداف بین‌المللی آب و هوایی، مانند دمای ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد غیرممکن می‌شود.

[۱] Quadrillion British Thermal Units (QBTU)
[۲] Reference
[۳] Evolving Policies scenarios
[۴] Energy additions

مترجم: انرژی افزوده در مقابل گذار انرژی مطرح می‌شود. تغییرات قبلی را در نسبت انرژی تولید شده توسط منابع مختلف از جمله در قرن نوزدهم که زغال سنگ در تامین بیشترین سهم از عرضه جهانی انرژی از زیست توده پیشی گرفت و در قرن بیستم که نفت از زغال سنگ پیشی گرفت می‌توان با دقت بیشتری به عنوان انرژی افزوده توصیف کرد تا گذار انرژی. در هر دو مورد یعنی توفق زغال سنگ بر زیست توده و نفت بر زغال سنگ، علیرغم رشد سریع در منبع جدید، استفاده از منبع انرژی قدیمی به رشد خود ادامه داد.

در سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی که با اهداف بلندمدت اقلیمی سازگار است، سطح کل تقاضای سوخت فسیلی کاهش می‌یابد و سهم آنها از ترکیب انرژی اولیه حتی سریعتر کاهش می‌یابد. با این وجود، گاز طبیعی و نفت، در صورت کاهش، نقش معناداری را در نظام انرژی جهانی در تمامی این سناریوها بازی می‌کند که معمولا با فناوری‌های «جذب، استفاده و ذخیره کربن[۱]» همراه است. در برخی سناریوها، مانند سناریوی «خاکستری» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و سناریوی «آسمان ۱.۵ شل»، مصرف سوخت فسیلی با استفاده گسترده از «جذب، استفاده و ذخیره کربن»، بسیار بالا باقی می‌ماند. در سناریوی «آسمان ۱.۵ شل» مفروضات مختلف در مورد بودجه کربن و انتشار منفی[۲] در مقیاس بزرگ ناشی از بخش جنگل‌داری نیز نقش مهمی در دستیابی به هدف ۱.۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ ایفا می‌کنند.

از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، تولید جهانی برق بیش از دو برابر شده است. در بیشتر سال‌ها در این دوره، سهم سوخت‌های فسیلی کمی بالاتر از ۶۰ درصد بود. همه سناریوها پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۰۵۰ تولید جهانی برق بیش از ۵۰ درصد رشد خواهد کرد (بیش از دو برابر در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی) و سهم سوخت‌های فسیلی به زیر ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت.



نمودار ۲. ترکیب جهانی منابع تأمین انرژی برق

(توجه: مرتب‌سازی از بالاترین تا پایین ترین سطح تولید برق با سوخت فسیلی انجام شده است. داده‌های اوپک در دسترس نیست.)

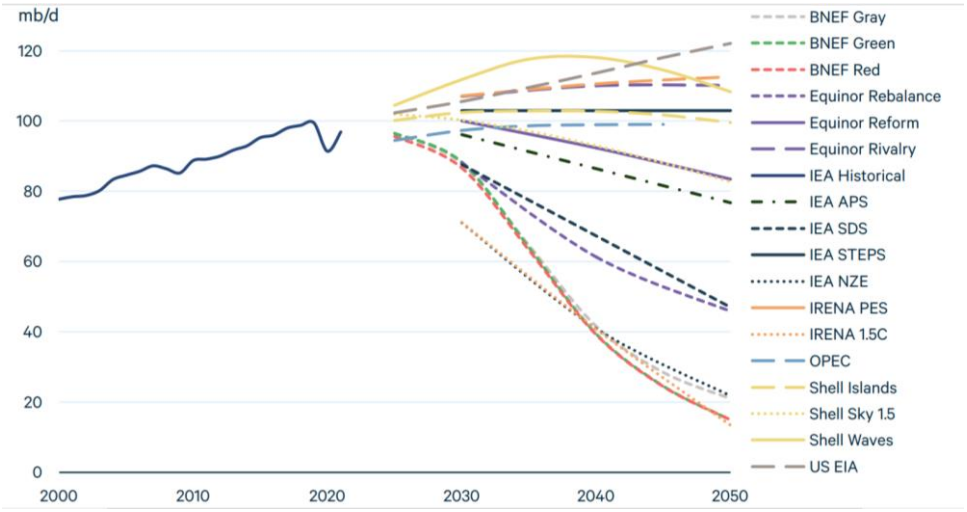
[۱] Carbon capture, use, and storage (CCUS)
[۲] Negative emissions
انتشار منفی: به منظور دست‌یابی به اهداف بلندمدت آب‌وهوایی مندرج در توافقنامه پاریس، نه تنها نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای مضر در هوا وجود دارد؛ بلکه باید در راستای انتشار منفی یعنی حذف فعالانهٔ دی‌اکسید کربن اضافی در اتمسفر تلاش کرد و دی‌اکسید کربنی که همچنان با تلاش اقتصادها برای کربن زدایی منتشر می‌شود.

زغال‌سنگ که برای نسل‌ها منبع اصلی برق در جهان بوده است، در تمام سناریوها در بخش تولید برق به‌صورت مطلق کاهش می‌یابد، از افت یک درصدی در ۲۰۲۰ (سناریوی امواج شل) تا ۱۰۰ درصد (سناریوهای سبز و قرمز تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و سناریوی ۱.۵درجه آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر). در برخی از سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی، مانند سناریوی «تعادل مجدد ایکوینور»، سناریوی «خاکستری تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ» و سناریوی «آسمان ۱.۵ شل»، زغال‌سنگ همچنان نقش بزرگی ایفا می‌کند؛ اما انتشار دی‌اکسیدکربن آن به‌دلیل استقرار گسترده «جذب، استفاده و ذخیره کربن» به‌شدت کاهش می‌یابد.

مصرف گاز طبیعی برای تولید برق طبق سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» ۱۳ تا ۵۷ درصد افزایش می‌یابد (به غیر از سناریوی «تعهدات اعلام شده» توسط آژانس بین‌المللی انرژی» که فقط یک درصد افزایش می‌یابد)؛ اما به‌طور قابل‌توجهی در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوا کاهش می‌یابد. کاهش مصرف گاز طبیعی وابسته به به‌کارگیری فناوری‌های «جذب، استفاده و ذخیره کربن»، انتشار منفی و سایر نوآوری‌هایی است که جهان را تا اواسط قرن به سمت انتشار صفر گازهای گلخانه‌ای پیش می‌برد.

انرژی خورشیدی و بادی در همه سناریوها افزایش می‌یابد که از کاهش چشمگیر هزینه‌های آنها در ۱۰ تا ۱۵ سال گذشته خبر می‌دهد. در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی، سرعت و مقیاس ساخت آنها از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ بی سابقه است و نرخ رشد فعلی آنها در مقابل شتاب رشد آنها در آینده ناچیز جلوه می‌کند.

دامنه پیش‌بینی‌ها برای تقاضای جهانی نفت نشان‌دهندهٔ عدم‌اطمینان عمیق در مورد آینده نظام انرژی و شکاف گسترده بین جاه‌طلبی آب‌وهوایی و سیاست‌های فعلی است. تفاوت بین بالاترین و کمترین پیش‌بینی‌ها در سال ۲۰۵۰، حدود ۱۰۹ میلیون بشکه در روز است که بیش از ۱۰ میلیون بشکه در روز بیشتر از تقاضای جهانی روزانه ۹۷ میلیون بشکه، در سال ۲۰۲۱ است.



نمودار ۳. تقاضای جهانی نفت

(توجه: شامل نفت و سایر هیدروکربن‌های مایع است. سوخت‌های زیستی را شامل نمی‌شود. برآورد ۲۰۲۱ بر اساس گزارش مروری انرژی جهانی توسط آژانس بین‌المللی انرژی است)

اکثر سناریوهای مرجع و سیاست‌های در حال تکامل، تقاضای ثابت یا افزایشی نفت را تا اواسط قرن پیش‌بینی می‌کنند. بر اساس این سناریوها، تقاضای جهانی از تقریبا ۸۴ میلیون بشکه در روز (سناریوی «اصلاح» کوینور) تا ۱۲۲ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۵۰ (سناریوی «مرجع» آژانس بین‌المللی انرژی) متغیر است که شامل نفت و سایر مایعات هیدروکربنی است؛ اما بدون احتساب سوخت‌های زیستی. سناریوی «تعهدات اعلام شده» آژانس بین‌المللی انرژی که منعکس‌کنندهٔ تعهدات ملی در مذاکرات بین‌المللی آب‌وهوایی است، تقاضای ۷۷ میلیون بشکه در روز را در سال ۲۰۵۰ می‌بیند که بسیار بالاتر از سطوح مورد نیاز برای جلوگیری از افزایش طولانی مدت دما به میزان ۱.۵ درجه سانتی‌گراد یا ۲ درجه سانتیگراد است.

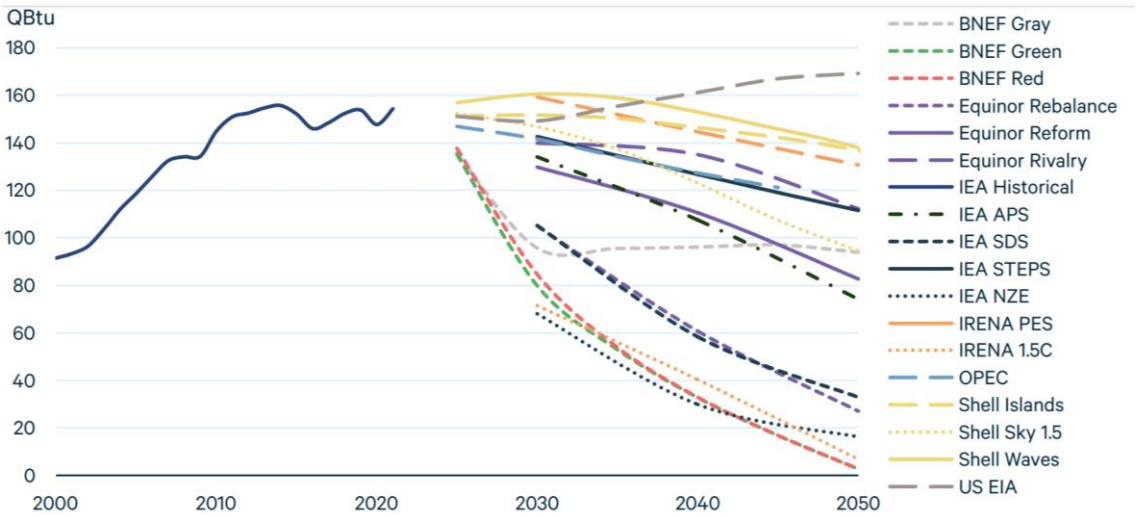
سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی که با هدف ۲ درجه سانتیگراد سازگار است با کاهش متوسط تقاضای نفت از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ آغاز می‌شود و به‌دنبال آن شاهد کاهش سریع‌تر در دو دهه آینده خواهد بود. این سناریوها از حداقل ۱۵ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۵۰ (سناریوهای «سبز و قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ) تا حداکثر ۴۷ میلیون بشکه در روز (سناریوی «توسعه پایدار» در آژانس بین‌المللی انرژی) متغیر است.

جالب توجه است که سناریوهای همسو با تحقق هدف ۱.۵ درجه سانتیگراد دامنه وسیع‌تری را نشان می‌دهند. در بالاترین سطح، سناریوی «آسمان ۱.۵» از شل قرار دارد، جایی که تقاضای نفت به آرامی کاهش می‌یابد و تا سال ۲۰۵۰ به ۸۳ میلیون بشکه در روز می‌رسد. استقرار گسترده فناوری‌های «جذب، استفاده و ذخیره کربن» و انتشار منفی با توجه به شیوه‌های استفاده از زمین، سطوح نسبتاً بالایی از مصرف سوخت‌های فسیلی

را در چند دهه آینده ممکن می‌سازد. در نهایت، سناریوهایی که به شدت به «جذب، استفاده و ذخیره کربن» و انتشار منفی متکی هستند، تقاضای نفت را بین ۱۳ میلیون بشکه در روز (سناریوی ۱.۵درجه سلسیوس از آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر) و ۲۲ میلیون بشکه در روز (سناریوی صفرخالص تا ۲۰۵۰ از آژانس بین‌المللی انرژی) تا سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهند.

مانند نفت، دامنه پیش‌بینی‌ها برای تقاضای آتی زغال‌سنگ بسیار گسترده است. تا سال ۲۰۵۰، تفاوت بین بالاترین (اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده) و کمترین (سناریوهای سبز و قرمز از تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ) سناریو ۱۶۷ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا است که به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از ۱۵۴ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در تقاضای جهانی زغال‌سنگ در سال ۲۰۲۱ است.

اگرچه تقاضای زغال‌سنگ در طول دوره پیش‌بینی در همه سناریوها به جز یک سناریو (اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده) کاهش می‌یابد؛ اما دامنه نتایج، نشان دهنده شکاف بزرگ بین سیاست‌های فعلی و جاه‌طلبی‌های آب‌وهوایی است.



نمودار ۴. تقاضای جهانی زغال‌سنگ

(توجه: برآورد ۲۰۲۱ بر اساس گزارش مروری جهانی انرژی توسط آژانس بین‌المللی انرژی است.)

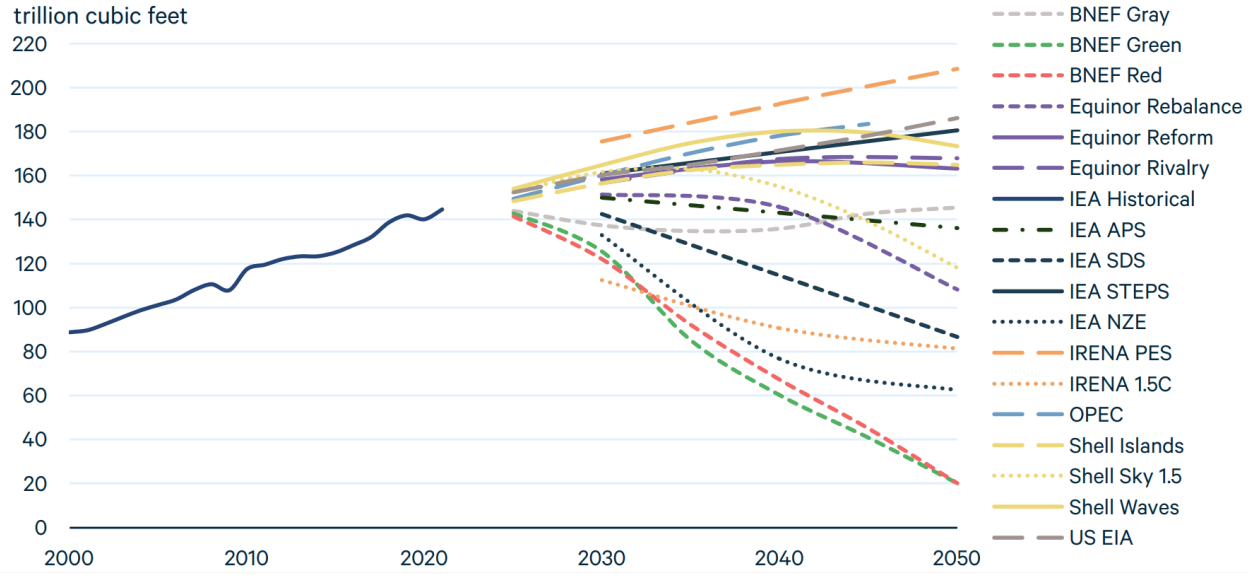
زغال‌سنگ معمولا بیشترین دی‌اکسیدکربن را در واحد مصرف انرژی اولیه منتشر می‌کند و نسبتا به‌راحتی در بخش برق جایگزین می‌شود (یعنی جایی که بخش عمدهٔ زغال‌سنگ مصرف می‌شود). بنابراین مصرف زغال سنگ در سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. با این حال، زغال‌سنگ در سال ۲۰۵۰ حتی در سناریوهای ۱.۵ درجه سانتی‌گراد و ۲ درجه سانتی‌گراد مصارف گسترده‌ای خواهد داشت. همچنین با توجه به استقرار «جذب، استفاده و ذخیره کربن» در مقیاس بزرگ در

دو سناریوی «خاکستری» از تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و «آسمان ۱.۵» از شل، زغال‌سنگ تا سال ۲۰۵۰ نقش بزرگی در ترکیب انرژی اولیه دارد. در سناریوهای دیگر که فرضیات کمتری در مورد استقرار «جذب، استفاده و ذخیره کربن» دارند، مصرف زغال‌سنگ تا اواسط قرن به صفر نزدیک می‌شود.

سناریوهای «مرجع» و «سیاست های در حال تکامل» نیز طیف گسترده‌ای از پیش‌بینی‌ها را در خود جای داده‌اند. برای مثال، سناریوهای «مرجع» اوپک و اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده تقریبا ۴۵ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۴۵ با هم تفاوت دارند (۲۰۴۵ آخرین سال پیش بینی اوپک است). سناریوهای «سیاست‌های در حال تکامل» نیز به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است، از تقاضای ۱۱۲ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۵۰ در آژانس بین‌المللی انرژی تا ۸۳ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سناریوی «اصلاح» از ایکوینور. سناریوی «تعهدات اعلام شده» در آژانس بین‌المللی انرژی تقاضای زغال‌سنگ را حدود ۷۴ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی می‌کند و شکاف باقی‌مانده بین سیاست‌های فعلی و سیاست‌هایی که اخیرا اعلام شده را برجسته می‌کند.

مانند سایر سوخت‌های فسیلی که در چشم‌انداز امسال بررسی شده‌اند، دامنه تقاضای گاز طبیعی پیش‌بینی شده در سال ۲۰۵۰ به‌طور چشمگیری گسترده‌تر از تقاضای جهانی در سال ۲۰۲۱ است. همه سناریوهای آب‌وهوایی جاه‌طلبانه تقاضای گاز طبیعی را در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۲۱ کاهش می‌دهند و همه سناریوهای مرجع افزایش چشمگیری را پیش‌بینی می‌کنند. تفاوت بین کمترین (سناریوی «سبز و قرمز» از تأمین مالی انرژی جدید بلومبرگ) و بالاترین پیش‌بینی (سناریوی «انرژی برنامه‌ریزی شده» از آژانس بین‌المللی انرژی‌ها تجدیدپذیر) ۱۸۸ تریلیون فوت مکعب[1] است که ۳۰ درصد بیشتر از تقاضای جهانی در سال ۲۰۲۱ است.

[1] Trillion Cubic Feet (TCF)



نمودار ۵. تقاضای جهانی گاز طبیعی

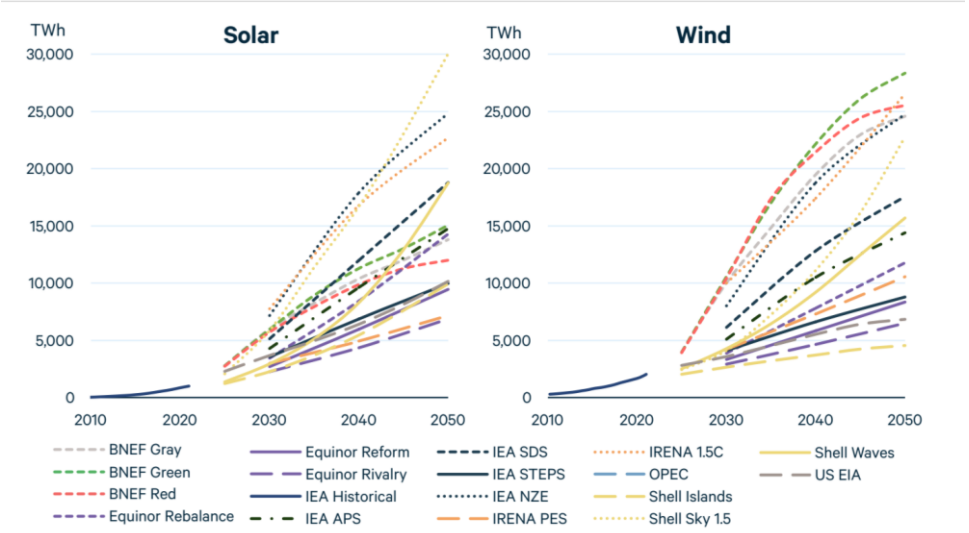
(توجه: برآورد ۲۰۲۱ بر اساس گزارش مروری انرژی جهانی توسط آژانس بین‌المللی انرژی.)

در مقایسه با زغال‌سنگ و نفت، گاز طبیعی در سال ۲۰۲۰ به دلیل تأثیرات همه‌گیری کووید ۱۹ کاهش متوسطی در تقاضا داشت. تقاضای گاز طبیعی تا سال ۲۰۲۵ در همه سناریوها ثابت می‌ماند؛ اما تفاوت‌های بزرگی در ۵ تا ۱۰ سال آینده ظاهر می‌شود. در سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی، تقاضا تا سال ۲۰۳۰ به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، به‌جز سناریوی «تعادل مجدد» ایکوینور، «خاکستری» تأمین مالی انرژی جدید بلومبرگ، و سناریوی «آسمان ۱.۵» شل. این سناریوها به شدت به استقرار «جذب، استفاده و ذخیره کربن» در مقیاس بزرگ متکی هستند.

اکثر سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» رشد تقاضای قابل‌توجهی برای گاز طبیعی را طی چند دهه آینده پیش‌بینی می‌کنند. با این حال، بیشتر آنها رشد آهسته‌تری را نسبت به روندهای مشاهده شده طی دو دهه گذشته متصور هستند. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، تقاضای جهانی گاز طبیعی تقریبا ۵۱ تریلیون متر مکعب افزایش یافته است. تقریبا طی ۲۰ سال آینده، تنها سناریوی «انرژی برنامه‌ریزی شده» از آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش مشابهی را بالاتر از تقاضای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی می‌کند (۵۲ تریلیون فوت مکعب بالاتر، در سال ۲۰۴۰). سناریوی «مرجع» از اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده رشد کندتر تقاضای گاز طبیعی را پیش‌بینی می‌کند که تا حدی به دلیل پیش‌بینی‌های بیشتر برای استفاده از زغال‌سنگ در آینده است که رشد گاز طبیعی در بخش برق را کند می‌کند.

تولید برق خورشیدی و بادی احتمالا نقشی اساسی در دست‌یابی به اهداف بلندمدت انرژی و آب‌وهوایی جهان ایفا خواهد کرد. سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی رشد بی‌سابقه‌ای را برای هر دو منبع پیش‌بینی می‌کنند.

برای مثال، سناریوی «صفر خالص» از آژانس بین‌المللی انرژی سالانه ۶۰۲ گیگاوات ظرفیت تولید انرژی خورشیدی را از سال ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ در نظر می‌گیرد، که تقریبا برابر با ظرفیت تجمعی جهانی یعنی ۶۰۵ گیگاوات نصب‌شده تا سال ۲۰۱۹ است. بر اساس سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل»، در سال ۲۰۵۰، تولید برق از باد حداقل ۲.۵ برابر بیشتر از سال ۲۰۲۰ تولید می‌شود و تولید برق خورشیدی در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۲۰ حداقل ۷ برابر خواهد شد.



نمودار ۶. تولید جهانی برق خورشیدی و بادی

(توجه: خورشیدی شامل فتوولتائیک و حرارتی است. باد شامل خشکی و از جانب ساحل[۱] می‌شود.)

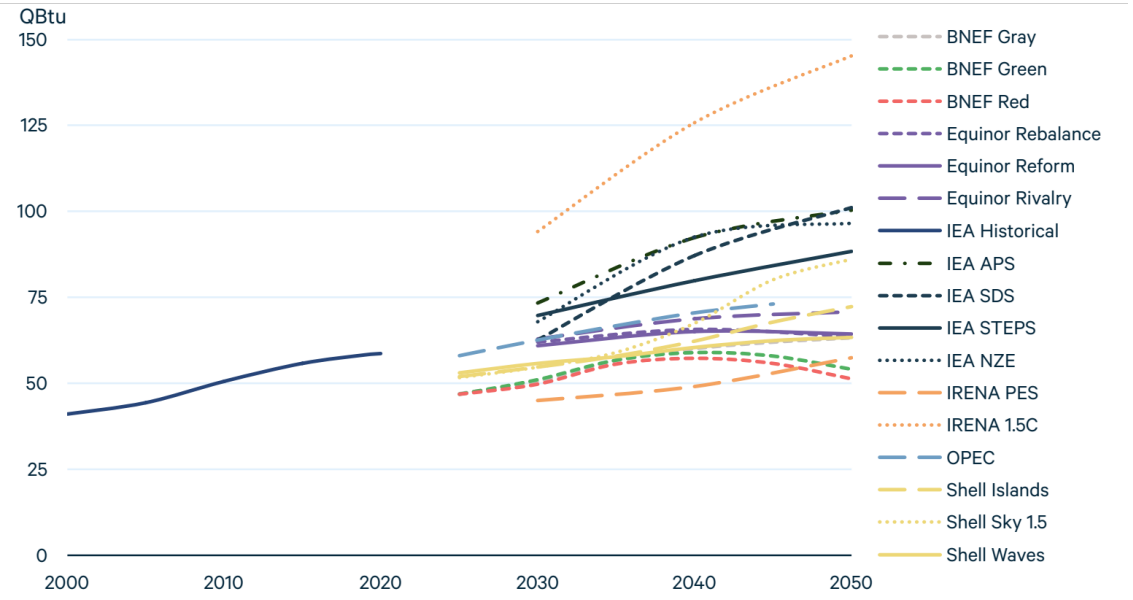
در سال ۲۰۲۱، تولید برق بادی تقریبا دو برابر برق تولیدی از انرژی خورشیدی در سراسر جهان بود. اما چشم‌اندازها در پیش‌بینی سهم نسبی این دو متفاوت عمل می‌کنند. سه سناریوی تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ پیش‌بینی می‌کنند که باد تا سال ۲۰۵۰ حدود ۷۸ تا ۱۱۳ درصد بیشتر از انرژی خورشیدی الکتریسیته تولید می‌کند و طبق دو سناریوی آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر برق بادی ۱۷ تا ۴۷ درصد بیشتر تولید خواهد شد. با این حال، تمام سناریوهای دیگر بر این باورند که انرژی خورشیدی تا سال ۲۰۵۰ بیشتر از باد الکتریسته تولید خواهد کرد.

برخی از پایین‌ترین پیش‌بینی‌ها برای رشد انرژی بادی و خورشیدی مربوط به سناریوی «رقابت» ایکوینور و سناریوی «جزایر» شل است. این سناریوها که تشدید تنش‌های ژئوپلیتیکی و افزایش انزواگرایی اقتصادی را پیش‌بینی می‌کنند، این مفهوم را برجسته می‌کنند که زنجیره‌های تأمین جهانی نقش مهمی در استقرار فناوری‌های انرژی پاک و ارزان قیمت دارند.

[۱] Offshore

با این حال، در سال‌های اخیر، پس از اختلالات ناشی از کووید ۱۹، تسلط فزاینده چین بر بسیاری از مواد و کالاهای اساسی و رویدادهای در حال وقوع در اوکراین، کشورها اتکای خود به زنجیره‌های تأمین جهانی را دوباره ارزیابی کردند. سرمایه‌گذاری در زنجیره‌های تأمین داخلی مقاومت در برابر شوک‌های آینده را افزایش می‌دهد؛ اما ممکن است به‌طور بالقوه هزینه استقرار انرژی پاک را به آهستگی افزایش دهد.

انرژی زیستی[۱] بخش مهمی از ترکیب انرژی جهانی است و به‌طور عمده از زیست‌توده غیرتجاری[۲] تشکیل شده است. با این حال، بر اساس برخی پیش‌بینی‌ها، انرژی زیستی تجاری در اشکال جامد، مایع و گاز، نقش بسیار بیشتری ایفا می‌کند. همچنین دسترسی بهتر به خدمات انرژی مدرن در مناطق کم درآمد، تقاضا را برای زیست توده سنتی کاهش می‌دهد.



نمودار ۷. تقاضای جهانی انرژی زیستی

(توجه: شامل انرژی زیستی جامد، مایع و گاز است. شامل گزارش آژانس بین‌المللی انرژی نمی‌شود، که زیست‌توده غیرتجاری را مستثنی می‌کند.)

چشم‌اندازها طیف وسیعی از سناریوهای ممکن را برای استفاده از انرژی زیستی ارائه می‌کنند. در برخی سناریوها مانند سناریوی «صفر خالص» آژانس بین‌المللی انرژی، سناریوی «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی و سناریوی «۱.۵ درجه سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده سنتی از زیست‌توده تا سال ۲۰۳۰ به صفر می‌رسد که منعکس کننده هدف هفتم توسعه پایدار سازمان ملل است که

[۱] Bioenergy

انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شده توسط موجودات زنده

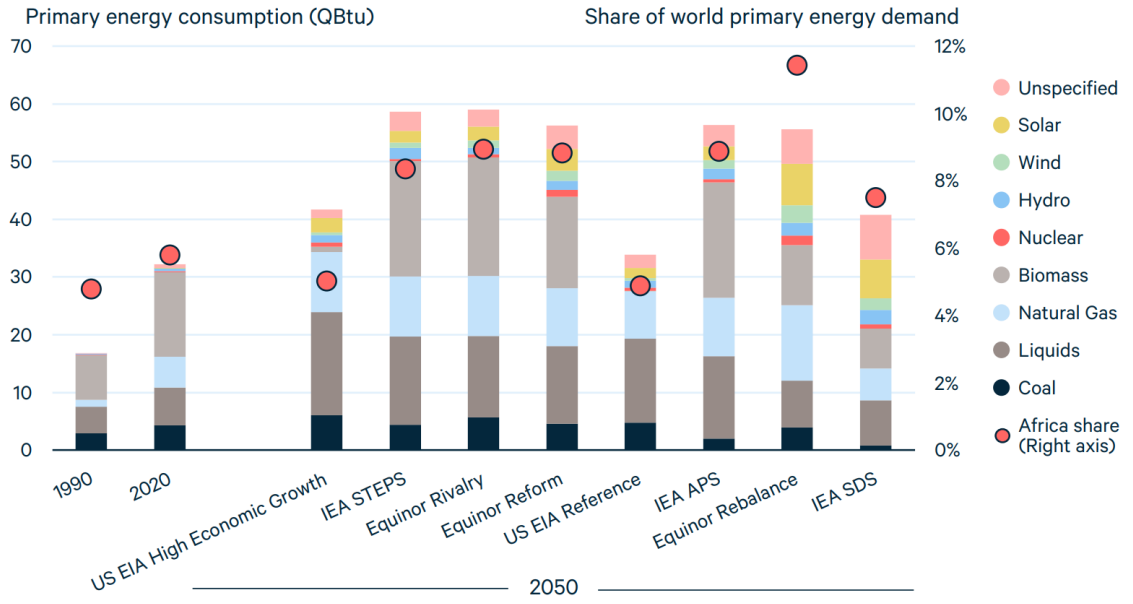
[۲] Non-marketed biomass

هدف آن فراهم کردن دسترسی به خدمات انرژی مدرن برای همه مردم در سراسر جهان است. این سناریوها همچنین افزایش سریع سوخت‌های زیستی جامد مدرن، سوخت‌های زیستی مایع و گازهای زیستی را پیش‌بینی می‌کنند. در سناریوهای «صفر خالص»، «توسعه پایدار» و «تعهدات اعلام شده» آژانس بین‌المللی انرژی و به‌ویژه سناریوی «۱.۵ سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، تا سال ۲۰۵۰، انرژی زیستی نقش مهمی در نظام انرژی جهانی ایفا می‌کند که بین ۱۹ تا ۲۳ درصد از ترکیب انرژی اولیه را شامل می‌شود. در سناریوی «۱.۵ سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، سناریوهای «صفر خالص»، «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی و «آسمان ۱.۵» شل، انرژی زیستی با «ذخیره، استفاده و جذب کربن» همراه است تا به انتشار منفی در مقیاس بزرگ منجر شود.

اگرچه این مسیر فناورانه در بسیاری از سناریوهای مدل‌سازی شده برای گزارش هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوایی[1] در سال ۲۰۱۸ در مورد محدود کردن افزایش طولانی‌مدت دما تا ۱.۵ درجه سانتی‌گراد نیز دیده می‌شود؛ اما نگرانی‌هایی در مورد رقابت برای کاربری‌های جایگزین، مصرف آب و سایر اثرات این گسترش وسیع ایجاد می‌شود. برای مثال، سناریوی «۱.۵ سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف زیست توده مدرن را از امروز تا سال ۲۰۳۰ تقریبا سه برابر می‌کند و سوخت‌های زیستی نیز (شامل گازها و مایعات) تا سال ۲۰۳۰ بیش از چهار برابر می‌شود. البته سرعت و مقیاس بی‌سابقه استقرار باد و خورشید که در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی پیش‌بینی شده است، سؤالات مرتبطی را در مورد استفاده از زمین در آینده ایجاد می‌کند.

پیش‌بینی می‌شود که جمعیت و رشد اقتصادی در آفریقا از بیشتر مناطق دیگر پیشی بگیرد که رشد تقاضای انرژی نتیجه آن خواهد بود. در اکثر سناریوها، سهم آفریقا از مصرف انرژی اولیه جهانی به‌طور قابل‌توجهی رشد می‌کند، از ۶ درصد در سال ۲۰۲۰ به ۸ تا ۱۱ درصد در سال ۲۰۵۰ (غیر از سناریوهای اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده). در سناریوی «مرجع» اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده، که زیست‌توده غیرتجاری را حذف می‌کند، سهم آفریقا از ۳.۵ به ۵.۲ درصد تا سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد.

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)



نمودار ۸. تقاضای انرژی اولیه در آفریقا در سال ۲۰۵۰

(توجه: پیش‌بینی‌ها از بالاترین تا پایین‌ترین سطح مصرف سوخت فسیلی مرتب شده‌اند. اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده، زیست توده غیرتجاری را مستثنی می‌کند.)

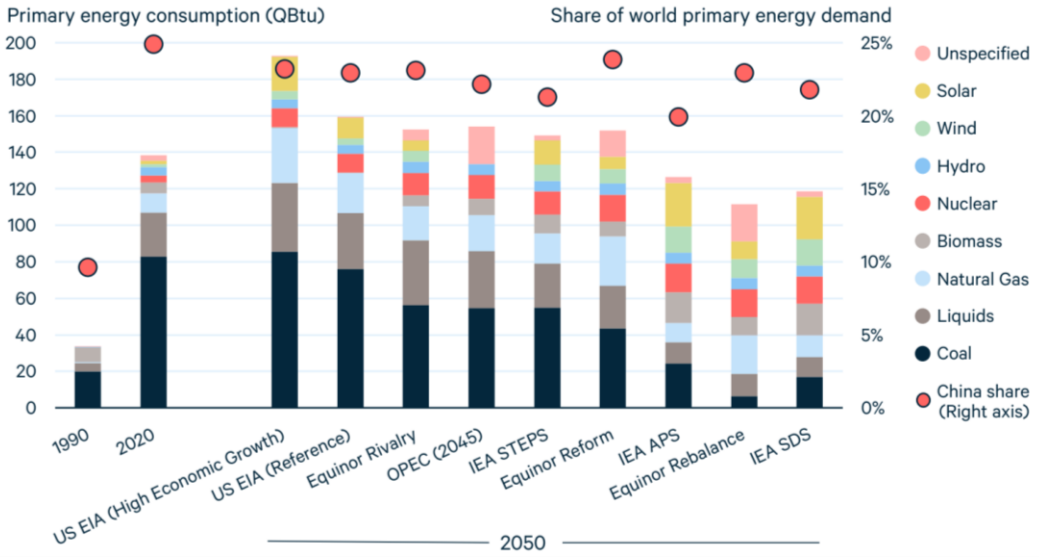
بزرگترین منبع انرژی اولیه آفریقا زیست‌توده غیرتجاری و ضایعات است (سوخت‌های جامد و زباله‌های برداشت شده و سوزانده شده به‌صورت محلی برای تأمین سوخت گرمایش خانه و پخت و پز). در سال ۲۰۲۰، زیست‌توده و زباله ۴۵ درصد از مصرف انرژی اولیه آفریقا را تشکیل داده است. تا سال ۲۰۵۰، سناریوهایی پیش‌بینی می‌کنند که سهم زیست‌توده و زباله به ۱۷ تا ۳۵ درصد کاهش یابد. در برخی از سناریوها، مانند «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی، زیست توده غیرتجاری به صفر می‌رسد و انرژی زیستی مدرن به طور چشمگیری رشد می‌کند.

زغال‌سنگ که ۱۳ درصد از ترکیب اولیه آفریقا را در سال ۲۰۲۰ به خود اختصاص داده است، در ۵ سناریو از ۸ سناریو رشد می‌کند که تا ۴۰ درصد در سناریوی «رشد اقتصادی بالا» از اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده افزایش می‌یابد و بیش از ۸۰ درصد در سناریوی «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی کاهش می‌یابد. نفت و گاز طبیعی در همه سناریوها افزایش می‌یابد، از رشد ۱۹ تا ۱۷۴ درصدی برای نفت و رشد ۴ تا ۱۴۵ درصدی برای گاز طبیعی. در سناریوهای «جاه‌طلبانه آب‌وهوایی»، انرژی خورشیدی رشد می‌کند تا نقش مهمی در ترکیب انرژی آفریقا ایفا کند.

به‌دلیل رشد اقتصادی خارق‌العاده چین، مصرف انرژی در این کشور از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ بیش از چهار برابر شد. طی ۳۰ سال آینده، همه سناریوها رشد تقاضای انرژی بسیار کندتر را برای چین پیش‌بینی می‌کنند، از

۳۹ درصد (در سناریوی «رشد اقتصادی بالا» از اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده) تا ۲۰ درصد (در سناریوی «تعادل مجدد» از ایکوینور).

زغال‌سنگ که ۶۰ درصد انرژی اولیه در چین را در سال ۲۰۲۰ تشکیل می‌داد، در اکثر سناریوها کاهش می‌یابد و به‌طور چشمگیری در سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی سقوط می‌کند.



نمودار ۹. تقاضای انرژی اولیه در چین در سال ۲۰۵۰

(توجه: پیش‌بینی‌ها از بالاترین تا پایین‌ترین سطح مصرف سوخت فسیلی مرتب شده‌اند.)

تقاضای مایعات[۱] در چین که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ افزایش چشمگیری داشته است، در سناریوهای «مرجع» به سرعت به رشد خود ادامه می‌دهد و در سناریوهای «سیاست‌های در حال تکامل» و «آب‌وهوای جاه‌طلبانه» کاهش می یابد. در سناریوی «سیاست‌های بیان شده» از آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضای سال ۲۰۵۰ تقریبا با سطح ۲۰۲۰ برابری می‌کند و در سناریوی «تعهدات اعلام شده» چین که توسط آژانس بین‌المللی انرژی ارائه شده، کاهش بیش از نصف تقاضا مشاهده می‌شود.

از سوی دیگر، تقاضای گاز طبیعی در چین تقریبا ثابت می‌ماند یا در همه سناریوها افزایش می‌یابد؛ یعنی بر اساس سناریوهای «مرجع» دو یا سه برابر می‌شود: طبق سناریوی «سیاست‌های بیان شده» از آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضا تا ۶۰ درصد افزایش می‌یابد و در سناریوی «سیاست‌های بیان شده» و «توسعه پایدار» از آژانس بین‌المللی انرژی تقریبا ثابت می‌ماند. سناریوهای «اصلاح و تعادل مجدد» ایکوینور، رشد نسبتا قوی گاز طبیعی را پیش بینی می‌کنند که جایگزین زغال‌سنگ در بخش برق چین می‌شود.

[۱] «مایعات» عموماً شامل نفت خام، سایر مایعات هیدروکربنی و سوخت‌های زیستی است.

انرژی‌های هسته‌ای و تجدیدپذیر در چین در همه سناریوها رشد چشمگیری دارند. حتی تحت نزولی‌ترین سناریوها (مرجع اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده)، انرژی هسته‌ای در ۳۰ سال آینده تقریبا سه برابر می‌شود. انرژی باد از ۱.۶ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۲۰ به ۳.۴ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۵۰ در کمترین سناریو (سناریوی «مرجع» آژانس بین‌المللی انرژی) و به ۱۴.۴ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا در بالاترین سناریو (سناریوی «تعهدات اعلام شده» و «توسعه پایدار») افزایش می‌یابد. رشد تولید انرژی خورشیدی چین حتی سریع‌تر است و تا سال ۲۰۵۰ از ۲ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا به بین ۵.۷ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا (سناریوی «رقابت» ایکوینور) و ۲۳.۶ کوادریلیون واحد گرمایی بریتانیا (سناریوی «تعهدات اعلام شده» آژانس بین‌المللی انرژی) رسیده است.

نگاهی دقیق‌تر

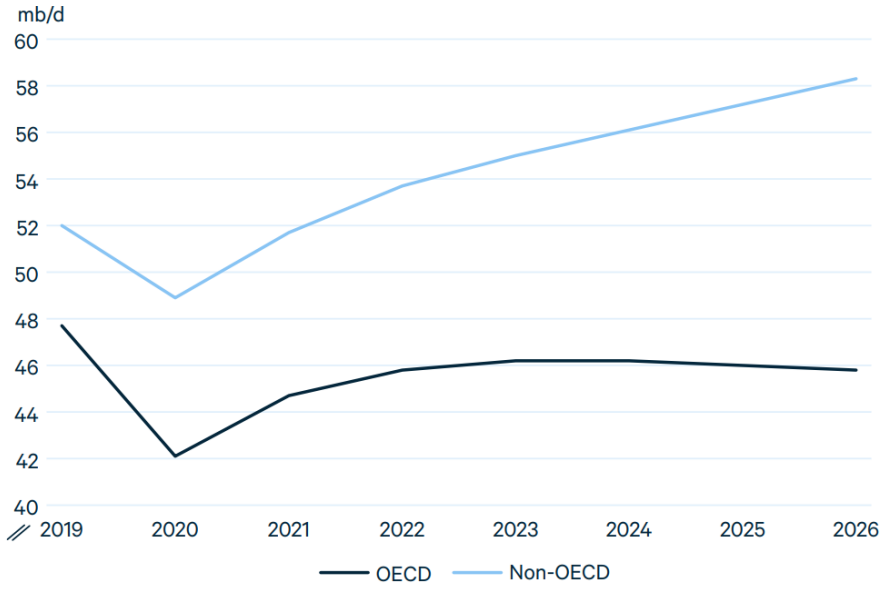
در این بخش با نگاهی دقیق‌تر به سناریوهای آینده انرژی خواهیم پرداخت.

افزایش تقاضای نفت

تقاضای جهانی نفت پس از سقوط در سال ۲۰۲۰، با سرعت نسبتا زیادی در سال ۲۰۲۱ رو به افزایش بوده است؛ اما هنوز به سطح ۹۹.۷ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۱۹ نرسیده است. آژانس بین‌المللی انرژی در گزارش نفت خود در سال ۲۰۲۱ که روند بازار را تا سال ۲۰۲۶ ارزیابی می‌کند، پیش‌بینی می‌کند که تقاضای جهانی تا سال ۲۰۲۳ از سطح ۲۰۱۹ فراتر خواهد رفت و سپس با رشدی نزدیک به یک میلیون بشکه در روز، تا سال ۲۰۲۶ به ۱۰۴.۱ میلیون بشکه در روز خواهد رسید.

با وجود عدم قطعیت قابل توجه، پیش‌بینی‌ها نقش محوری کشورهای در حال توسعه را در افزایش تقاضای آینده برجسته می‌کنند. اقتصادهای «غیرعضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[۱]» به رهبری چین، هند و کشورهای آسیای جنوب شرقی به رشد تقاضای سالانه حدود یک میلیون بشکه در روز منجر می‌شوند، در حالی که مصرف نفت در کشورهای عضو «سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[۲]» حدود ۴۶ میلیون بشکه در روز کاهش می‌یابد و به سطح قبل از همه گیری باز نمی‌گردد (نمودار ۱۰).

[۱] Non-OECD
[۲] OECD



نمودار ۱۰. پیش‌بینی تقاضای نفت در میان‌مدت

کاهش عرضه نفت

با وجود نیاز به کاهش مصرف نفت برای مقابله با خطرات تغییرات آب‌وهوایی، روند تقاضا که قبلا ذکر شد نشان می‌دهد که جهان اقداماتی کافی در این مسیر انجام نمی‌دهد. اگر همانطور که بسیاری از پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند، تقاضای جهانی نفت به بالاتر از سطح قبل از همه گیری بازگردد، کمبود عرضه می‌تواند به دوره جدیدی از قیمت‌های بالا منجر شود و شرایطی با نگرانی‌های فراتر از نگرانی‌های کاهش عرضه روسیه را ایجاد کند.

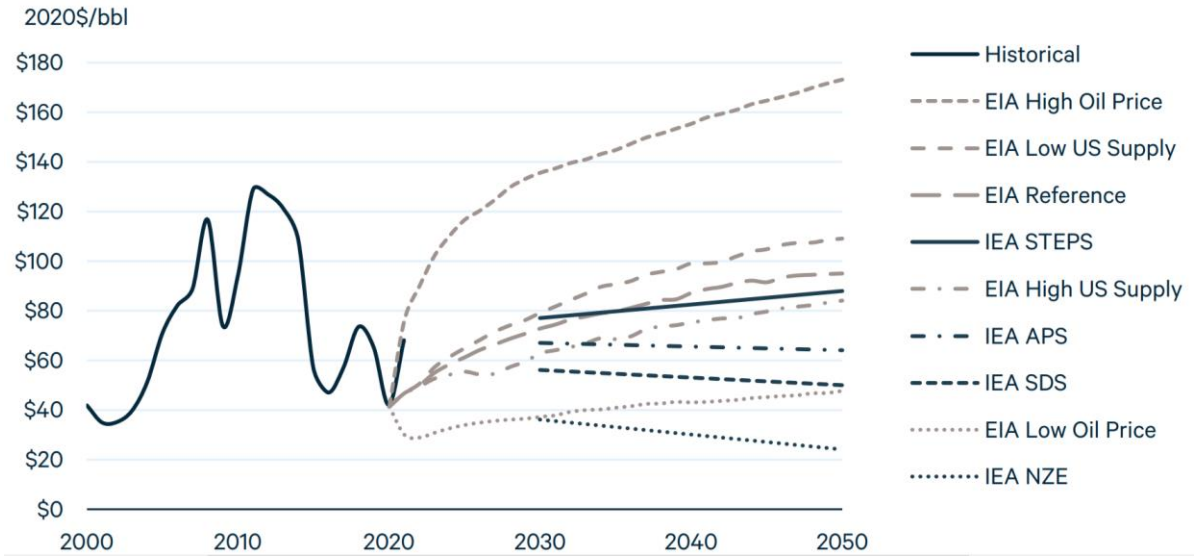
تحلیلگران بازار نفت برای سال‌ها هشدار داده‌اند که سرمایه‌گذاری در ظرفیت‌های جدید تولید نفت خارج از نفت محدود ایالات متحده، تقاضای مورد انتظار در میان‌مدت را کاهش داده و احتمالا منجر به نوسان قیمت‌ها خواهد شد. حتی قبل از حمله روسیه به اوکراین، این پویایی توسط عوامل متعددی تشدید شد، از جمله کاهش سرمایه‌گذاری به دلیل قیمت‌های پایین ناشی از همه‌گیری، عدم اطمینان سرمایه‌گذاران در مورد تقاضای آینده نفت تحت سیاست‌های آب‌وهوایی، تردید سرمایه‌گذاران در مورد اینکه آیا تولید نفت محدود ایالات متحده می‌تواند سودآورتر باشد یا خیر و فشار بر وام دهندگان از طرف جامعه مدنی و طرفداران برای کاهش سرمایه‌گذاری در تمام پروژه های سوخت فسیلی.

ترکیب این عوامل به این معنی است که سرمایه‌گذاری در سال ۲۰۲۰ در توسعه بالادستی نفت و گاز جهانی به پایین ترین سطح خود از سال ۲۰۰۶ کاهش یافته است؛ یعنی کمتر از نیمی از سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در سال ۲۰۱۴. در سال ۲۰۲۱، اکتشافات جدید میادین نفت و گاز به پایین‌ترین سطح خود در ۷۵ سال

گذشته رسید. بر اساس یک تحلیل اگر این کاهش عرضه با کاهش تقاضا در ماه‌ها و سال‌های آینده مواجه نشود، قیمت نفت می‌تواند حتی بالاتر رود. اگرچه قیمت‌های بالاتر نفت می‌تواند بخشی از تقاضا را از بین ببرد و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد؛ اما هزینه‌های اقتصادی کاهش مصرف نفت از طریق قیمت‌های بالا و بی‌ثبات به مراتب بیشتر از کاهش مصرف از طریق سیاست‌های قابل پیش‌بینی در سمت تقاضا خواهد بود.

محدوده وسیع و باز قیمت نفت

اگرچه بیشتر چشم‌اندازها پیش‌بینی‌ای از قیمت نفت منتشر نمی‌کنند؛ اما می‌توانیم بینش‌هایی را از دو چشم‌انداز آژانس بین‌المللی انرژی و اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده به‌دست آوریم. مانند پیش‌بینی‌ها برای تقاضای سوخت‌های فسیلی در آینده، (البته بازه قیمت‌های پیش‌بینی شده در سال ۲۰۵۰ بسیار گسترده است)، از ۲۴ دلار در هر بشکه در سناریوی «صفر خالص» آژانس بین‌المللی انرژی تا ۱۷۳ دلار در هر بشکه در سناریوی «بالاترین قیمت» در اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده (که بر اساس نرخ تورم واقعی دلار در هر بشکه در سال ۲۰۲۰ تعدیل شده است). این محدوده منعکس کننده عدم اطمینان محتمل مربوط به بازارهای جهانی نفت است و حتی از نوسانات اخیر قیمت نفت نیز بزرگتر است؛ از پایین‌ترین سطح قیمت در سال ۲۰۲۰ یعنی ۱۰ تا ۲۰ دلار در هر بشکه تا اوایل سال ۲۰۲۲ که به بالاتر از ۱۲۰ دلار در هر بشکه رسیده است.



نمودار ۱۱. قیمت‌های تاریخی و پیش‌بینی شده نفت خام برنت (با تعدیل تورم)

(توجه: سناریوها از بالاترین به پایین‌ترین قیمت‌ها مرتب شده‌اند.)

به‌طور کلی، پیش‌بینی قیمت در سناریوهای میانی (متوسط) برای هر چشم‌انداز تقریبا مشابه است (سناریوی «سیاست‌های بیان شده» آژانس بین‌المللی انرژی و «مرجع» اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده) و تا سال ۲۰۵۰ به محدوده بین ۸۰ تا ۹۰ دلار در هر بشکه می‌رسد. سناریوهای اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده که مسیرهای جایگزین برای تولید آتی نفت خام ایالات متحده را بررسی می‌کند، از نفوذ تولیدکنندگان نفت سبک[1] یا شیل در بازارهای جهانی خبر می‌دهد که در سناریوی عرضه بالا و پایین ایالات متحده، قیمت‌های آن در سال ۲۰۵۰ بین ۸۴ تا ۱۰۹ دلار (به ترتیب) در هر بشکه متغیر است. این تأثیرات قیمتی می‌تواند با تصمیم‌های آتی عرضه اوپک کاهش یابد؛ اما با این وجود منعکس‌کننده تأثیر عمده‌ای است که تولیدکنندگان آمریکایی در بازار جهانی نفت داشته‌اند.

سناریوهای آژانس بین‌المللی انرژی به‌طور عمده منعکس‌کننده تغییرات عمده در تقاضای نفت است که می‌توان مصداق آن‌را در کاهش چشمگیر مصرف در سناریوهای «جاه‌طلبانه آب‌وهوایی یعنی صفر خالص و توسعه پایدار» و کاهش متوسط مصرف در سناریوی «تعهدات اعلام‌شده» و تقاضای ثابت در سناریوی «سیاست‌های بیان شده» مشاهده کرد. در سناریوهایی که شامل تقاضای پایین هستند، تولیدکنندگان با کمترین هزینه، بهترین دسترسی به بازارها و با پایین‌ترین فاکتورهای آلایندگی از بالادست (بسته به سیاست) می‌توانند به تولید سودآور ادامه دهند. تولیدکنندگان با هزینه بالاتر در این سناریوها، برای سودآوری با مشکل مواجه خواهند شد و احتمالا تولید را بر این اساس کاهش خواهند داد.

با این حال، اکثر تصمیم‌ها برای سرمایه‌گذاری‌هایی که تعیین‌کننده عرضه میان مدت و بلندمدت نفت هستند، نیازمند سال‌ها برنامه‌ریزی‌اند. با توجه به این افق زمانی طولانی برای تصمیم‌ها سرمایه‌گذاری و ماهیت بسیار نامطمئن تقاضا و قیمت نفت در حال حاضر و قیمت پیش‌بینی شده در آینده، تولیدکنندگان باید تصمیم‌هایی اتخاذ کنند که برای طیف وسیعی از آینده‌های ممکن تاب‌آور باشد.

نوسانی و پیش‌بینی‌گریز بودن از ویژگی‌های ذاتی بازارهای نفت از زمان پیدایش آن‌ها تاکنون بوده است. به نظر محتمل است که سال‌های آینده، اگر نه دهه‌ها، این ویژگی‌ها تشدید و تکرار شوند.

عدم‌قطعیت‌های انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن در آینده

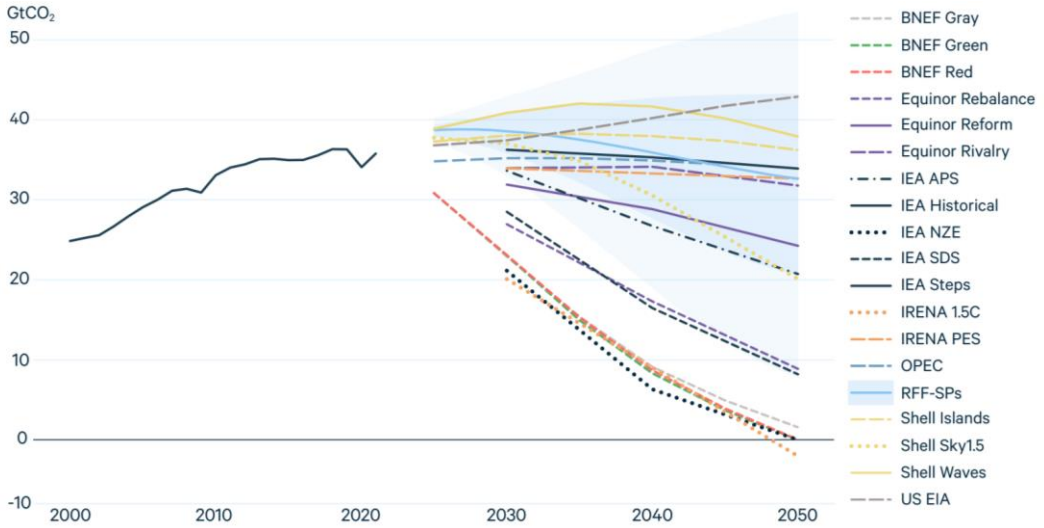
آینده نظام انرژی و انتشار دی‌اکسیدکربن با ابهام عمیقی روبه‌رو است؛ چرا که جهان با عدم‌قطعیت زیادی در مورد میزان مورد انتظار مضرات ناشی از گرمایش جهانی مواجه است. بیشتر سناریوهای چشم‌انداز انرژی به مجموعه روایت‌هایی تعلق دارند که برای رفع این عدم‌قطعیت در نظر گرفته شده‌اند. با این حال، احتمال نسبی پیامدهای مختلف معمولا اندازه‌گیری نمی‌شود. در این بخش، ما مسیرهای انتشار گازهای گلخانه‌ای در چشم‌اندازهای انرژی ۲۰۲۱ را با پیش‌بینی‌های احتمالی جدید برای انتشار گازهای گلخانه‌ای مقایسه می‌کنیم.

[1] Tight oil or shale

این پیش‌بینی‌های جدید توسط تیم تحقیقاتی «منابع آینده[۱]» بر روی هزینه اجتماعی کربن[۲] انجام شده است که به‌نام «پیش‌بینی‌های اجتماعی‌اقتصادی منابع آینده[۳]» معروف است.

این پیش‌بینی‌ها با استفاده از ترکیبی از مدل‌سازی آماری و پیمایش‌های ویژه ایجاد شدند. گروهی از کارشناسان به‌جای تجزیه سیاست‌های خاص، ژئوپلیتیک، مسیرهای توسعه اقتصادی، ترکیب سوخت و مواردی از این دست، دانش خود را بر تخمین بازه‌ای احتمالی برای انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده متمرکز کردند (مثلا احتمال ۵ درصد انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن زیر x گیگا تن در سال y).

نمودار ۱۲ انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن پیش‌بینی شده توسط تیم منابع آینده را در کنار سناریوهایی از چشم‌انداز انرژی ۲۰۲۱ نشان می‌دهد. خط پیوستهٔ آبی روشن نشان‌دهنده مقدار میانه است. محدوده آبی سایه دار نشان‌دهنده فواصل پیش‌بینی ۵۰ درصد و ۹۰ درصد است (به ترتیب با صدک های ۲۵ و ۷۵ و صدک‌های ۵ و ۹۵ محدود می‌شود). در کوتاه مدت، میانه مسیر (پیش‌بینی شده توسط تیم منابع آینده) رشد متوسطی را نشان می‌دهد که تقریبا با سناریوی «امواج» شل در سال ۲۰۲۵ مطابقت دارد. میانه مسیر (پیش‌بینی شده توسط تیم منابع آینده) تا سال ۲۰۴۰ تقریبا هم‌سطح میانه در سناریوی «سیاست‌های بیان شده» از آژانس بین‌المللی انرژی کاهش می‌یابد و سپس سرعت کاهش آن تشدید می‌شود.



نمودار ۱۲. پیش‌بینی‌های انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن

(توجه: مناطق سایه دار با بازه‌های پیش‌بینی ۵۰ درصد و ۹۰ درصد مطابقت دارند. پیش‌بینی‌های اجتماعی‌اقتصادی تیم منابع آینده در اینجا انتشار خالص با به‌جای ناخالص را به‌تصویر می‌کشند. تمام چشم‌اندازهای دیگر در نمودار انتشار خالص را نشان می‌دهند.)

---

[۱] Resources for the Future (RFF)

از سال ۲۰۱۷، تیم تحقیقاتی منابع آینده پژوهش‌هایی علمی دربارهٔ «هزینه اجتماعی کربن» انجام داده است. «هزینه اجتماعی کربن» تخمینی از خسارات اقتصادی به دلار است که ناشی از افزودن یک تن افزایشی دی اکسید کربن به جو زمین است.

[۲] Social Cost of Carbon Initiative

[۳] RFF Socioeconomic Projections (RFF-SPs)

در سال ۲۰۵۰، تمام سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» در محدوده پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده یعنی بین صدک ۲۵ و ۷۵ نتایج قرار می‌گیرند. به‌طور مطلق، انتشار سالانه در سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» در محدوده انتشار ۱۲ گیگا تن انتشار دی‌اکسیدکربن (پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده) تا سال ۲۰۵۰ است. پیش‌بینی‌های سناریوهای «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی، «تعادل مجدد» ایکوینور و «آسمان ۱.۵» شل بین صدک‌های ۵ و ۲۵ قرار می‌گیرد؛ یعنی پنج سناریوی دیگر که جزء سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی هستند، در ۵ درصد پایین نتایج پیش‌بینی‌شده توسط تیم منابع آینده قرار می‌گیرند (این پیش‌بینی انتشارات ناشی از تغییر کاربری زمین و جنگل‌داری از جمله انتشار منفی را در نظر نگرفته است).

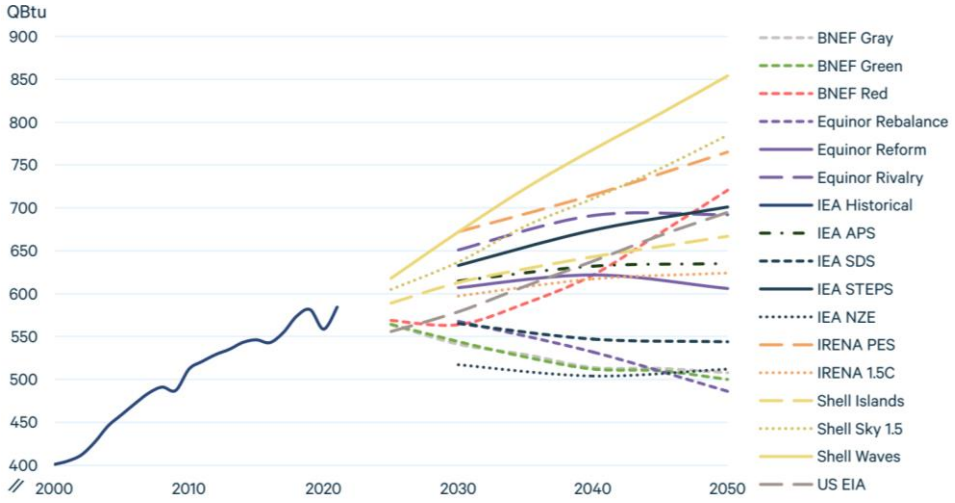
اگرچه پیش‌بینی‌های چندین سناریو بسیار کمتر از صدک ۵ از پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده هستند؛ هیچ سناریویی در صدک ۲۵ بالایی قرار ندارد. حداقل سه توضیح ممکن برای این حالت وجود دارد. اول، همه سناریوها در چشم‌اندازهای انرژی سال ۲۰۲۱ نشان‌دهنده سیاست‌های فعلی یا سیاست‌های بلندپروازانه‌تر در جهت کاهش انتشار جهانی هستند و تمایلی به بازگشت به عقب ندارند. این انتخاب نشان از تمایل به آینده نظام انرژی است که از روند صعود مداوم انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن فاصله می‌گیرد. با این حال، ما باید بدانیم که ادامه روندهای تاریخی یک نتیجه باورپذیر است، حتی اگر نامطلوب باشد.

دلیل دوم این است که چشم‌اندازهای سال ۲۰۲۱، علیرغم تنوع گسترده در مفروضات، طیف کاملی از عدم‌قطعیت را در مورد عوامل مهم انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند جمعیت و رشد اقتصادی، ژئوپلیتیک، فناوری‌های جدید یا اکتشافات منابع سوخت فسیلی جدید در بر نمی‌گیرند. اما، پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده این عدم قطعیت‌ها را در خود جای می‌دهند که می‌تواند به انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر یا کمتر از حد انتظار منجر شود، حتی تحت یک روایت معین در مورد آینده. در نهایت، انتشار منفی از پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده حذف می‌شود؛ اما سناریوهای دیگرآن را در نظر می‌گیرند. بنابراین سایر سناریوها انتشار خالص را به‌طور قابل‌توجهی در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه کاهش می‌دهند.

دامنه وسیعی از پیامدهای آینده در سناریوها و در درون پیش‌بینی‌های تیم منابع آینده نشان می‌دهد که میزان متفاوتی از انتشار گازهای گلخانه‌ای آینده و در نتیجه پیامدهای مختلف اقلیمی ممکن است. انتشار خالص در اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی بسیار کمتر از آنچه توسط روندهای تاریخی و سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» پیشنهاد شده است، قرار دارد. این امر نیاز به تغییرات استثنایی برای دست‌یابی به اهداف بلندمدت آب‌وهوایی مانند ۱.۵ درجه سانتیگراد یا ۲ درجه سانتیگراد را برجسته می‌کند. همان‌طور که در بخش‌های دیگر این گزارش بحث شد، این تغییرات می‌تواند شامل بهبودهای چشمگیر در بهره‌وری انرژی، «جذب، استفاده و ذخیره کربن»، برق‌رسانی بخش‌های مصرف نهایی یا انرژی هسته‌ای باشد.

آیا تقاضای جهانی انرژی به رشد خود ادامه خواهد داد؟

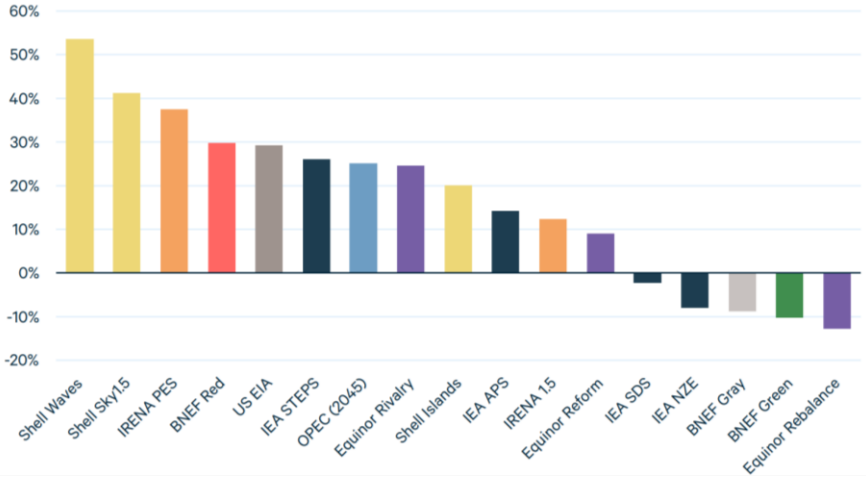
از زمان انقلاب صنعتی، تقاضای انرژی هم‌گام با رشد جمعیت و رشد اقتصادی افزایش یافته است. با این حال، برخی از سناریوها آینده‌ای را به تصویر می‌کشند که در آن این پیوند کم‌رنگ‌تر است و به‌طور عمده ناشی از نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. همان‌طور که در نمودار ۱۳ نشان داده شده است، بیشتر چشم‌اندازها تقاضای انرژی بالاتری را در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهند. با این حال، رشد تقاضای جهانی انرژی قطعی نیست، به‌ویژه در سناریوهایی که سیاست‌های دولت و یا پیشرفت‌های فناوری اساس ماهیت نظام انرژی جهان را تغییر می‌دهند.



نمودار ۱۳. تقاضای جهانی انرژی اولیه

بیشتر سناریوها رشد چشمگیری را در تقاضای جهانی انرژی پیش‌بینی می‌کنند که تا سال ۲۰۵۰ تا ۵۳ درصد (سناریوی «امواج» شل) نسبت به سطوح سال ۲۰۲۰ افزایش می‌یابد. سناریوی میانه («تعهدات اعلام‌شده» آژانس بین‌المللی انرژی) رشد ۱۴ درصدی و سناریوی «سیاست‌های بیان شده» رشد ۲۶ درصدی را پیش‌بینی می‌کنند.

در چندین سناریوی جاه‌طلبانه آب‌وهوایی، تقاضای جهانی در سال ۲۰۵۰ حدود ۸ تا ۱۳ درصد کمتر از سال ۲۰۲۰ است. درحالی‌که در طول دوره ۳۰ ساله قبلی یعنی از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، افزایش ۵۹ درصدی تقاضای جهانی انرژی مشهود بوده است. نمودار ۱۴ دامنه رشد پیش‌بینی شده در سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد.



نمودار ۱۴. تقاضای جهانی انرژی اولیه در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۲۰

(نکته: مقایسه با داده‌های انرژی اولیه در سال ۲۰۲۰ از آژانس بین‌المللی انرژی به جز برای اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده. برای اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده، که زیست توده غیرتجاری را مستثنی می‌کند، از داده‌های تقاضای انرژی آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۰ استفاده می‌کنیم که زیست توده غیرتجاری را حذف می‌کند.)

برای درک برخی از محرک‌های اساسی این تغییرات، به مؤلفه‌های هویت کایا[۱]، گروهی از عوامل معرفی شده برای ارزیابی پیشران‌های انتشار دی‌اکسیدکربن روی می‌آوریم. این عوامل شامل جمعیت، تولید ناخالص داخلی سرانه[۲]، مصرف انرژی در واحد تولید ناخالص داخلی (یعنی شدت انرژی[۳]) و انتشار دی‌اکسیدکربن در واحد انرژی مصرف‌شده (یعنی شدت کربن[۴]) هستند. در جهانی که جمعیت جهانی و فعالیت اقتصادی هر دو در حال افزایش هستند، هویت کایا به ما می‌گوید که شدت انرژی و/یا شدت کربن باید کاهش یابد تا انتشار دی‌اکسیدکربن کاهش یابد.

سناریوهایی که انتشار گازهای گلخانه‌ای را به صفر یا کمتر کاهش می‌دهند، در پیش‌بینی‌هایشان برای مصرف انرژی در آینده بسیار متفاوت هستند. سناریوی «آسمان ۱.۵» شل بزرگترین رشد تقاضای انرژی را در بین تمام سناریوهایی که طراحی شده‌اند برای محدود کردن دما به ۱.۵ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ نشان می‌دهد. این پیش‌بینی از طریق کاهش شدت کربن ناشی از سرمایه‌گذاری در مقیاس بزرگ و استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند باد و خورشید، همراه با انتشارات منفی در مقیاس بزرگ در نیمه دوم قرن بیست‌ویکم، به این هدف دست می‌یابد. همانطور که اشاره شد، «آسمان ۱.۵» یک سناریوی «فرا جهش[۵]» است که در آن دما قبل از سال ۲۱۰۰ از ۱.۵ درجه سانتیگراد فراتر می‌رود و سپس در دهه‌های پایانی قرن به دلیل انتشار منفی در مقیاس بزرگ کاهش می‌یابد.

---

۱ Kaya Identity
۲ GDP per capita
۳ Energy intensity
۴ Carbon intensity
۵ Overshoot

سناریوی «قرمز» از تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ ۳۰ درصد افزایش کل در تقاضای انرژی، ۵ درصد افزایش در انرژی سرانه و ۴۹ درصد کاهش در شدت انرژی را نشان می‌دهد. این آینده انرژی با گسترش عظیم انرژی هسته‌ای برای تولید هیدروژن قرمز و الکتریسیته محقق می‌شود. این تنها سناریویی است که به‌طور چشمگیری انرژی هسته‌ای را تا سال ۲۰۵۰ گسترش می‌دهد و امکان حذف تدریجی سوخت‌های فسیلی و اقتصاد خالص را فراهم می‌کند.

اکثر سناریوهای «جاه‌طلبانه آب‌وهوایی»، بهره‌وری انرژی را در محدود کردن افزایش دمای جهانی به‌تصویر می‌کشند. چندین مورد از این سناریوها، مانند سناریوی «توسعه پایدار» و «خالص صفر» آژانس بین‌المللی انرژی، چشم‌اندازی را ارائه می کنند که در آن تقاضای جهانی انرژی کاهش می‌یابد؛ اما دسترسی به خدمات انرژی مدرن نیز برای ۱۰۰ درصد جمعیت جهان، مطابق با هدف توسعه پایدار سازمان ملل، محقق می‌شود.

شکاف جاه‌طلبی و بلندپروازی در سناریوهای آب‌وهوایی

در حالی که لفاظی‌ها به نفع سیاست‌های مهار تغییرات آب‌وهوایی در سال‌های اخیر بلندتر شده است، پیشرفت در راستای دست‌یابی به گذار سریع انرژی کند است. شکاف جاه‌طلبی و بلندپروازی در سناریوهای آب‌وهوایی نشان دهنده فاصله بین مسیر فعلی انتشار و آینده‌ای است که با محدود کردن گرمایش جهانی به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد یا ۲ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ سازگار است.

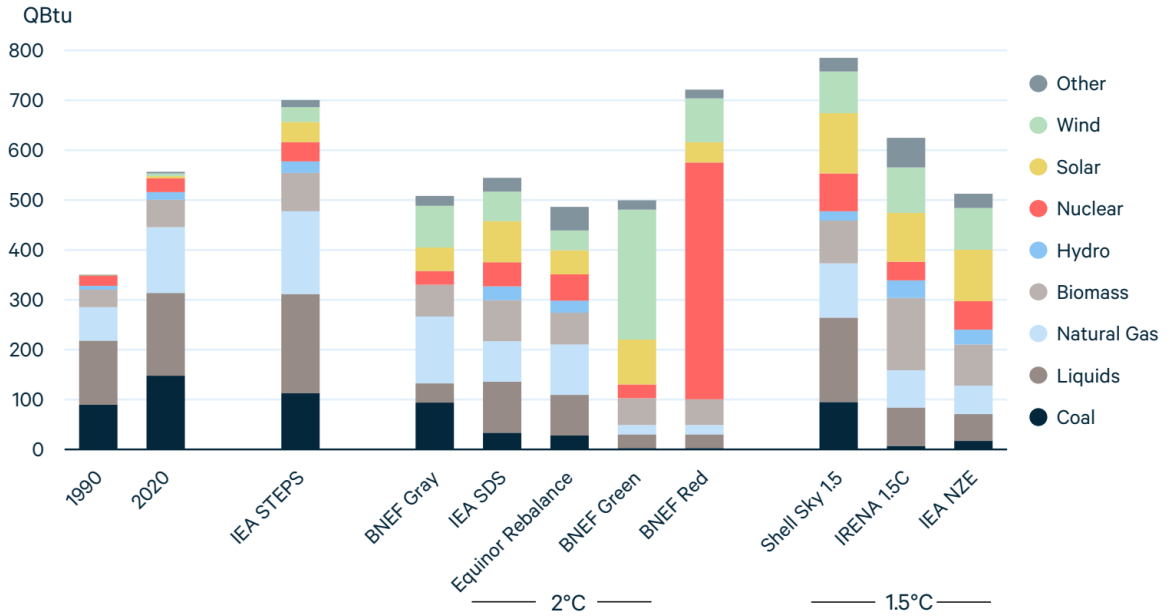
این شکاف به‌وضوح در سراسر این گزارش قابل مشاهده است. سناریوهای «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» مسیری تقریبا مشابه دارند؛ شامل افزایش مصرف کل انرژی تا سال ۲۰۵۰ و ثابت ماندن انتشار دی‌اکسیدکربن نزدیک به سطوح ۲۰۲۰. سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی معمولا کاهش مصرف انرژی اولیه و کاهش شدید انتشار دی‌اکسیدکربن را نشان می‌دهند. اگر چه بیشتر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی در جهات گسترده‌ای از چگونگی تغییر تقاضای انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای همسو می‌شوند؛ اما آنها در ابعاد مختلفی متفاوت هستند.

سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی

سناریوهای «جاه‌طلبانه آب‌وهوایی» به‌طور چشمگیری در میزان استفاده از سوخت فسیلی، استقرار «جذب و ذخیره کربن» و در برخی موارد تقاضای کل انرژی متفاوت هستند. در این بخش، ما این سناریوها را با «سیاست‌های بیان شده» آژانس بین‌المللی انرژی مقایسه می‌کنیم، که یک تصویر معقول از مسیر فعلی نظام انرژی با توجه به سیاست‌های فعلی و مورد انتظار است.

در مقایسه با سناریوی «سیاست‌های بیان شده» آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۵۰، همه سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی شاهد کاهش تقاضای سوخت فسیلی هستند، هر چند با تغییرات گسترده. در سناریوی

«۱.۵ سانتی‌گراد» آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر، «سبز و قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و «صفر خالص» آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضای زغال‌سنگ حداقل ۸۵ درصد کمتر از سناریوی «سیاست‌های بیان شده» است، در حالی که در سناریوی «خاکستری» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و «آسمان ۱.۵» شل، استفاده از زغال‌سنگ تقریبا ۱۵ درصد کمتر است. برای مایعات، تقاضای سال ۲۰۵۰ از ۴۹ («توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی) تا ۸۶ درصد («سبز و قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ) کمتر است. فقط در «آسمان ۱.۵» شل، که به شدت به انتشار منفی در نیمه دوم قرن بیست‌ویکم متکی است، تقاضای مایعات مشابه سطوح امروزی باقی می‌ماند.



نمودار ۱۵. ترکیبی از انرژی اولیه جهانی از سناریوهای سیاست‌های جاه‌طلبانه در سال ۲۰۵۰

تقاضا برای گاز طبیعی نیز در سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی در سال ۲۰۵۰ بسیار متفاوت است. در سناریوهای «توسعه پایدار» و «خالص صفر» آژانس بین‌المللی انرژی، به‌ترتیب تقاضا ۵۱ درصد و ۵۵ درصد پایین تر از تقاضا در سناریوی «سیاست‌های بیان‌شده» هستند، تقاضا در سناریوی «تعادل مجدد» ایکوینور ۶۱ درصد پایین‌تر است و تقاضا در هر سه سناریوی تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ بیش از ۸۰ درصد پایین‌تر است.

در حالی که اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی مصرف انرژی اولیه کمتری را در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با «سیاست‌های بیان‌شده» آژانس بین‌المللی انرژی نشان می‌دهند، سناریوهای «قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ و «آسمان ۱.۵» شل سطوح بالاتری از مصرف انرژی کل را نشان می‌دهند. در سناریوی «قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ، تقاضای سوخت فسیلی تقریبا به‌طور کامل با هسته‌ای جایگزین شده

است که به ۱۷ برابر میزان سال ۲۰۲۰ افزایش می‌یابد. انرژی هسته‌ای نقش متفاوتی در سایر چشم‌اندازها ایفا می‌کند و تقاضا از ۱۱ درصد (سناریوی «قرمز») تا ۳۸ درصد («آسمان ۱.۵» شل) متغیر است.

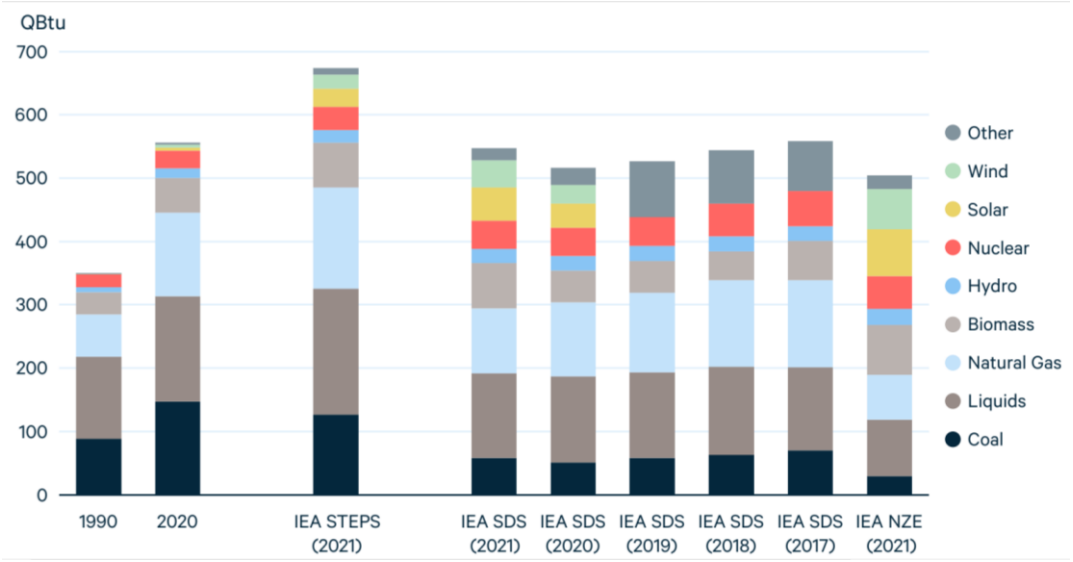
رشد انرژی‌های تجدیدپذیر بیشترین تفاوت را در بین سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی و سیاست‌های در حال تکامل شاهد است. اگر چه همه سناریوها رشد قابل‌توجه انرژی‌های تجدیدپذیر را پیش‌بینی می‌کنند. در میان سناریوهای ۲ درجه سانتی‌گراد، سناریوهای «خاکستری و قرمز» و «تعادل مجدد» ایکوینور کمتر از ۲۰ درصد با «سیاست‌های بیان شده» آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۵۰ تفاوت دارند؛ در حالی که «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی و «سبز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ تقریبا دو برابر «سیاست‌های بیان شده» در سال ۲۰۵۰ هستند.

تقریبا تمام سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی به پروژه باد بیش از دو برابر «سیاست‌های بیان شده» آژانس بین‌المللی انرژی تا اواسط قرن نیاز دارند. سناریوهای «۱.۵ درجه سانتی‌گراد» از ۲.۸ تا ۳.۱ برابر «سیاست‌های بیان شده» در سال ۲۰۵۰ متغیر است. در میان سناریوهای ۲ درجه سانتی‌گراد، «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی و «خاکستری و قرمز» تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ، ۲ تا ۳ برابر سطوح مشاهده شده در «سیاست‌های بیان شده» هستند و «تعادل مجدد» ۳۵ درصد بالاتر است. سناریوی «سبز» تا حد زیادی بلندپروازانه‌ترین سناریو برای باد است که به طور چشمگیری نه تنها به تولید برق بلکه به تولید هیدروژن نیز کمک می‌کند. تا سال ۲۰۵۰، انرژی باد بیش از ۸ برابر سطح «سیاست‌های بیان شده» است.

پیشرفت کُند سیاست‌های آب‌وهوایی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در آینده

هر سال که دست‌یابی به نظام‌های انرژی‌ای که جهان را به هدف ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد نزدیک می‌کند، به تاخیر می‌افتد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای که باید در سال‌های آینده کاهش یابد، بیشتر خواهد شد. این تغییرات را می‌توان در تحول سیاست‌های جاه‌طلبانه آب‌وهوایی آژانس بین‌المللی انرژی طی چندین سال گذشته مشاهده کرد.

همانطور که نمودار ۱۶ نشان می‌دهد، سناریوی «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی در سال‌های اخیر برای تقاضای انرژی اولیه در سال ۲۰۴۰ منعکس‌کننده شکاف روزافزون بین جاه‌طلبی و پیشرفت تا به امروز است. برای مثال، سهم سوخت فسیلی در سناریوی توسعه پایدار در سال ۲۰۱۷ برای سال ۲۰۴۰ حدود ۶۱ درصد بود که در مقایسه با تجزیه‌وتحلیل در همین سناریو در سال ۲۰۲۱ به حدود ۵۴ درصد رسیده است، که بیشترین بخش این تفاوت ناشی از سطوح پایین‌تر تقاضای گاز طبیعی است. برعکس، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در همان سناریو در سال ۲۰۱۷ حدود ۲۹ درصد و در سال ۲۰۲۱ حدود ۳۸ درصد برای سال ۲۰۴۰ بوده است.



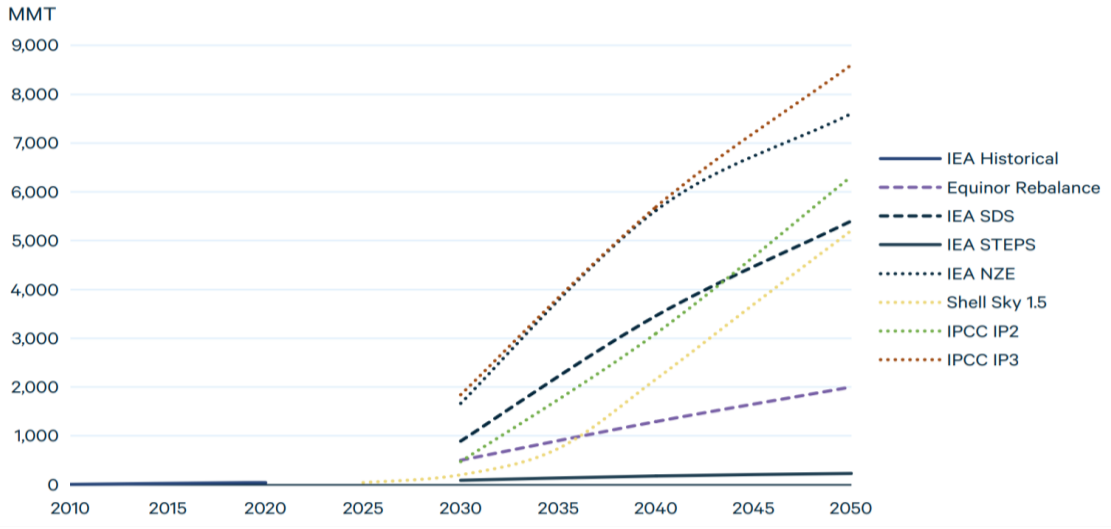
نمودار ۱۶. تقاضای انرژی اولیه جهانی در سناریوهای جاه‌طلبانه آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۴۰

توجه: باد و خورشید در قسمت «سایرین» از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹ گنجانده شده است.

نقش جذب و ذخیره کربن در تحقق اهداف آب‌وهوایی

برای اکثر سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی مورد بررسی، جذب و ذخیره کربن نقش عمده‌ای در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مطابق با اهداف بین‌المللی آب‌وهوا ایفا می‌کند. در حالی‌که جذب سالانه، ذخیره و استفاده از دی‌اکسیدکربن در سال ۲۰۲۰ تنها ۴۰ میلیون تن متریک[۱] بود، سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی نشان می‌دهد که این رقم طی دو دهه آینده به میلیاردها تن متریک افزایش می‌یابد. به عنوان مرجع، سناریوی «سیاست‌های بیان شده» پیش‌بینی می‌کند که جذب و ذخیره کربن تا اواسط قرن به ۲۲۸ میلیون تن متریک برسد. از میان سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی، سناریوی «تعادل مجدد» ایکوینور با ۲ میلیارد تن متریک کمترین مقدارجذب و ذخیره کربن را در سال ۲۰۵۰ دارد؛ این یک افزایش ۵۰ برابری نسبت به سال ۲۰۲۰ است. در عین حال، همه چشم‌اندازهای دیگر فراتر از ۵ میلیارد تن متریک[۲] رشد می‌کنند و سناریوی «صفر خالص» آژانس بین‌المللی انرژی به ۷.۶ میلیارد تن متریک در سال ۲۰۵۰ می‌رسد (نمودار ۱۷).

[۱] Million metric tons (MMT)
[۲] Billion metric tons (BMT)



نمودار ۱۷. جذب و ذخیره کربن در جهان در چشم‌اندازهای انرژی ۲۰۲۱ و سناریوهای هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوایی[۱]

در سناریوی «صفر خالص» آژانس بین‌المللی انرژی، بر جذب و ذخیره کربن از طریق تأمین سوخت برای تولید هیدروژن کم کربن، گاز طبیعی و سایر سوخت‌ها تاکید دارد. این سناریو همچنین نقش عمده‌ای برای زیست‌توده با جذب و ذخیره کربن در نظر می‌گیرد، هم برای مصرف انرژی اولیه و هم برای تولید سوخت‌های زیستی. تا سال ۲۰۵۰، جذب مستقیم هوا و تولید سوخت زیستی منجر به نزدیک به ۲ میلیارد تن متریک جذب و ذخیره کربن در این سناریو و بیش از یک میلیارد تن متریک در سناریوی «توسعه پایدار» آژانس بین‌المللی انرژی خواهد شد.

سناریوی «آسمان ۱.۵» شل افزایش آهسته‌تر جذب و ذخیره کربن را نسبت به «صفر خالص» پیش‌بینی می‌کند که بیشتر بر انتشار منفی ناشی از تغییر کاربری زمین متکی است (مانند جنگل‌کاری و احیای جنگل). پس از ۲۰۵۰، سناریوی «آسمان ۱.۵» پیش‌بینی می‌کند که مقیاس عظیمی از زیست توده با جذب و ذخیره کربن به نزدیک به ۹ میلیارد تن متریک می‌رسد و به کاهش دمای جهانی به هدف دمای ۱.۵ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ کمک می‌کند.

سطوح پیش‌بینی شده جذب و ذخیره کربن در این سناریوها به‌طورچشمگیری پایین‌تر از برخی مسیرهای مدل‌سازی شده به عنوان بخشی از گزارش سناریوهای هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوایی در ۲۰۱۸ در مورد محدود کردن افزایش دمای جهانی به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد است.

[۱] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

تحلیل محتوا

این سند پیش‌بینی‌هایی از آینده انرژی را از انتشارات زیر بررسی کرده است:

- تأمین مالی انرژی‌های جدید بلومبرگ: چشم‌انداز جدید انرژی ۲۰۲۱؛
- اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده: چشم‌انداز انرژی بین‌المللی ۲۰۲۱؛
- ایکوینور: چشم‌انداز انرژی ۲۰۲۱؛
- آژانس بین‌المللی انرژی: چشم‌انداز انرژی جهانی ۲۰۲۱؛
- آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر: چشم‌انداز گذار انرژی جهان، مسیر ۱.۵ درجه سانتی‌گراد؛
- اوپک: چشم‌انداز جهانی نفت ۲۰۲۱؛ و
- شل: سناریوهای گذار انرژی ۲۰۲۱.

این چشم‌اندازها به‌دلیل تفاوت در تکنیک‌های مدل‌سازی، داده‌های تاریخی، مفروضات رشد اقتصادی و سناریوهای خط‌مشی با هم تفاوت دارند. به‌طور کلی، سناریوها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. سناریوهای مرجع، که سیاست‌های آینده را ادامه سیاست‌های گذشته در نظر می‌گیرد؛
۲. سناریوهای سیاست‌های در حال تکامل، که شامل آینده مطلوب تیم مدل‌سازی از روندها است؛
۳. سناریوهای بدیل که معمولا بر اساس اهداف سیاست‌گذاری خاص یا مفروضات فناوری هستند.

سندی که ترجمه بخشی از آن در این گزارش منعکس شد، به‌دنبال مقایسه سناریوهای ۷ انتشارات بزرگ در زمینه ارائهٔ چشم‌اندازهای آینده انرژی در جهان در سال ۲۰۲۱ است. طبق آنچه که در این سند منعکس شده، رکوردزنی قیمت نفت در سال ۲۰۲۱ حتی پیش از حمله روسیه به اوکراین پیش‌بینی نشده است. آنچه اکنون در منظر بسیاری از صاحب‌نظران آینده‌ای مطلوب برای انرژی جهان است و در معاهدات بین‌المللی از جمله معاهده اقلیمی پاریس بر آن تاکید شده، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. یکی از مسیرهای رسیدن به این مطلوب، کاهش سهم انرژی‌های فسیلی مانند نفت و زغال‌سنگ در سبد انرژی کشورها در همه بخش‌های تولیدی و توزیعی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر است.

بر اساس تمام سناریوهایی که در این سند، سناریوی «مرجع» و «سیاست‌های در حال تکامل» نام‌گذاری شده‌اند، مصرف انرژی اولیه در جهان در طول سه دهه آینده رشد چشمگیری خواهد داشت؛ اما انتشار دی‌اکسیدکربن تنها در نیمی از این سناریوها کاهش می‌یابد. گزاره آخر به این به‌معناست که برخی کشورها به‌دنبال تعدیل و بهبود سیاست‌های آب‌وهوایی تا سال‌های ۲۰۴۰ یا ۲۰۵۰ از طریق مصرف انرژی‌های پاک‌تر

نخواهند بود و یا اقداماتی که در راستای استقرار نظام‌های انرژی پاک و سبز انجام می‌شود، به‌خاطر مواجهه با عدم‌قطعیت‌ها و شگفتی‌سازهای آینده منجر به تحقق هدف مطلوب نخواهد شد. اضافه‌بر این، در این سناریوها سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی اولیه افزایش خواهد یافت و با وجود استقرار و توسعه انرژی‌های پاک، این انرژی‌ها نقش انرژی افزوده را درکنار سوخت‌های فسیلی خواهند داشت و به این ترتیب دستیابی به اهداف بین‌المللی آب‌وهوایی، برای محدود کردن دمای زمین به ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد غیرممکن می‌شود و در خوش‌بینانه‌ترین حالت جهان شاهد افزایش دمای ۲.۴ درجه سانتی‌گرادی تا پایان قرن خواهد بود. این در حالی است که برخی از موسسات تحقیقاتی مستقل میزان افزایش دمای بیشتری را پیش‌بینی کرده‌اند. این پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که حتی اگر اهداف آب‌وهوایی مندرج در توافق‌نامه اقلیمی پاریس محقق شود، زمین شاهد افزایش دمای ۲.۷ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. این درحالی است ادامه سناریوی وضع موجود (مرجع و سیاست‌های در حال تکامل) ناشی از این است که کشورهای ثروتمند تولید کننده حدود سه‌چهارم گازهای گلخانه‌ای هستند. بنابراین مشارکت این کشورها از جمله آمریکا (به‌عنوان دومین عامل انتشار دهنده گازهای گلخانه‌ای در جهان) در راستای دست‌یابی به اهداف آب‌وهوایی از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که لازم است اقدامات بیشتری از سوی چین، یعنی بزرگ‌ترین انتشار دهنده گازهای گلخانه‌ای و سایر کشورها انجام گیرد تا بتوان به اهداف تعیین شده توافق اقلیمی پاریس دست یافت. در حالی که برخی از این کشورها در حال تعیین اهدافی برای رسیدن به کربن صفر خالص هستند، سیاست‌گذاری‌های آن‌ها نسبت به اهداف، عقب افتاده است. بسیاری از سیاست‌های کشورها حتی با تعهداتی که خودشان داده‌اند، تطابق ندارد. تحلیل‌ها نشان داده‌اند که بر اساس سیاست‌گذاری‌های موجودِ فعلی، باید انتظار داشته داشت که جهان با افزایش دمای ۲.۷ درجه سانتی‌گرادی تا پایان قرن روبه‌رو شود (Climate action tracker, 2022). به میزانی که کاهش انتشار سالانه محقق نشود، لازم است مقیاس کاهش انتشار در سال‌های آینده با شیب تندتری افزایش یابد.

از طرف دیگر در اکثر سناریوهایی موسوم به سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوا در این سند، بهبودهای چشمگیری در بهره‌وری انرژی با کاهش مصرف انرژی اولیه و در مجموع با کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل ترکیب سوخت پاک‌تر منجر می‌شود. سطح کل تقاضای سوخت فسیلی کاهش می‌یابد و سهم آنها از ترکیب انرژی اولیه حتی سریع‌تر کاهش می‌یابد. با این وجود، گاز طبیعی و نفت، در صورت کاهش، نقش معناداری را در نظام انرژی جهانی در تمامی این سناریوها، که معمولا با فناوری‌های جذب، استفاده و ذخیره کربن همراه است، ایفا خواهند کرد. در برخی از این سناریوها اگر چه مصرف نفت و زغال‌سنگ به‌صورت چشمگیری کاهش نمی‌یابد؛ اما کاهش انتشار همچنان محقق می‌شود؛ چرا که در این سناریوها انتشار منفی ناشی از جنگل‌داری و استفاده از فناوری‌های جذب، استفاده و ذخیره کربن در کاهش انتشار نقش اساسی بازی می‌کنند. همچنین تولید انرژی خورشیدی و بادی در همه این سناریوها افزایش می‌یابد.

جمع‌بندی و پیامداندیشی

بر اساس سناریوهایی که در توصیف آینده انرژی در جهان منتشر شده‌اند، سناریوهای مرجع ادامه وضع موجود را توصیف می‌کنند و سناریوهای سیاست‌های تکامل یافته، تحول تدریجی در وضع موجود را به تصویر می‌کشند. طبق این دو نوع سناریو مصرف انرژی اولیه در جهان در طول سه دهه آینده رشد چشمگیری خواهد داشت و انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد. در این سناریوها سهم سوخت‌های فسیلی در ترکیب انرژی اولیه افزایش خواهد یافت و با وجود استقرار و توسعه انرژی‌های پاک، این انرژی‌ها نقش انرژی افزوده را درکنار سوخت‌های فسیلی خواهند داشت و به این ترتیب دستیابی به اهداف بین‌المللی آب‌وهوایی، برای محدود کردن دمای زمین به ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد به چالشی جدی تبدیل می‌شود. در اکثر سناریوهایی که بلندپروازانه و جاه‌طلبانه تصویری مطلوب از شرایط آینده آب‌وهوا نشان می‌دهند، بهره‌وری انرژی افزایش می‌یابد و جهان شاهد کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل ترکیب سوخت پاک‌تر خواهد بود و سطح کل تقاضای سوخت فسیلی و سهم آنها از ترکیب انرژی اولیه کاهش می‌یابد.

برخی پیامدهای تحقق سناریوهای ذکر شده در سند

- سناریوی مرجع و سیاست‌های تکامل یافته
  - رشد اقتصادی با سوخت فسیلی همراه با انتشار دی‌اکسیدکربن در جو است و محرک اصلی گرمایش جهانی است. در صورت عدم کنترل، انتشار مداوم دی‌اکسیدکربن در جو منجر به عواقب فاجعه‌باری خواهد شد مانند افزایش سطح دریا، تغییر الگوی بارندگی و افزایش شدت طوفان که بر تمام جنبه‌های جامعه تأثیر می گذارد؛
  - فشارهای اجتماعی و بین‌المللی بر کشورهایی افزایش خواهد یافت که برای استقرار و توسعه نظام‌های انرژی تجدیدپذیر راهبردی ندارند یا راهبردهای حداقلی دارند؛
- سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی
  - کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل ارتباط مستقیم با رشد اقتصادی، موجب کاهش رشد اقتصادی کشورها خواهد شد، به‌خصوص برای کشورهایی که مزیت اقتصادی آن‌ها منابع نفت و گاز است. بنابراین برخی از کشورها مانند کشورها موضعی محتاطانه در پیش‌گرفته‌اند و در همین مسیر گام برخواهند داشت و سعی می‌کنند تعهدات خود را به گونه‌ای تنظیم کنند که اجرای این تعهدات رشد اقتصادی آنها را تحت تأثیر قرار ندهد. بنابراین ممکن است اهداف آب‌وهوایی برای افزیش دمای کمتر از ۱.۵ یا ۲ درجه سانتی‌گراد محقق نشود.

بررسی پیامدهای این سناریوها برای ایران

در سال ۲۰۲۱ ایران روزانه ۳.۲ میلیون بشکه نفت تولید کرده و هفتمین کشور بزرگ تولیدکننده نفت در جهان بوده است. درواقع ۴.۱ درصد کل نفت تولیدشده در جهان در سال ۲۰۲۱ مربوط به ایران بوده است. همچنین اقتصاد ایران در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۱.۶ کوادریلیون واحد حرارتی بریتانیا انرژی اولیه مصرف کرد و به این ترتیب به بالاترین مصرف کننده انرژی در خاورمیانه تبدیل شد. گاز طبیعی و نفت تقریبا کل مصرف انرژی اولیه ایران را تشکیل می‌دهند و انرژی‌های آبی، زغال‌سنگ، هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر غیرآبی سهمی کمتر از ۳ درصد در سبد مصرف انرژی ایران را تشکیل می‌دهند (US. EIA, 2022). ایران پس از کشورهای چین، آمریکا، هند، روسیه و ژاپن در رتبه ششم انتشار دی‌اکسیدکربن در جهان قرار دارد و سهمی معادل ۲.۴ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای جهان را به خود اختصاص داده است. این موید آن است که شدت انرژی در کشور بالا بوده و با وجود هدف‌گذاری‌هایی نظیر سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف اقدام مؤثری برای بهینه‌سازی مصرف انرژی صورت نگرفته است. به‌این ترتیب، هشتاد درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به بخش تولید، عرضه و مصرف انرژی در تمامی بخش‌های اقتصادی، خانگی، صنایع، حمل و نقل و نظایر آن است. اضافه بر این موارد، ایران در طی ۵۰ سال گذشته با ۲ درجه افزایش دما، ۵۵ میلی‌متر کاهش بارش و ۲۷۰ میلی‌متر افزایش تبخیر رو به رو شده است (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۱).

- سناریوی مرجع و سیاست‌های تکامل یافته

- تحت سناریوی مرجع و با ادامه وضعیت موجود در مصرف انرژی و وضعیت انتشار، ایران هم قربانی تغییر اقلیم و هم در ردهٔ بزرگ‌ترین منتشرکنندگان گازهای گلخانه‌ای خواهد ماند. بنابراین با ادامهٔ شدت بالای مصرف حامل‌های انرژی در سال‌های آتی در عمل نفتی برای صادرات باقی نخواهد ماند و از طرف دیگر با توجه به انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از احتراق، انتشار سایر آلاینده‌های زیست محیطی افزایش و در نتیجه کیفیت هوای محیط‌های شهری کاهش بیشتری می‌یابد.
- از طرف دیگر با تصویب مالیات انتشار کربن در مجامع بین‌المللی، در شرایط یکسان محصولات ایرانی به قیمت‌های تمام‌شدهٔ بالاتری در مقایسه با محصولات سایر کشورها تولید می‌شوند که در صورت عضویت ایران در سازمان تجارت جهانی، کالاهای ایرانی توان رقابت با محصولات مشابه خارجی را نخواهند داشت.
- با توجه به اینکه ایران ناگزیر از عضویت در کنوانسیون‌های بین‌المللی است و نادیده‌گرفتن این امر به انزوا و عاملی برای فشار بیشتر بر کشور در عرصه بین‌الملل می‌شود، با نگاه به

پایان‌پذیری منابع انرژی کشور و وضعیت تجارت جهانی و کنوانسیون‌های بین‌المللی زیست‌محیطی و تعهدات مرتبط به آنها، تدوین و اجرای برنامه‌ای جامع در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در زیر بخش‌های مختلف کشور همراه با توانمندسازی و آگاه‌سازی عمومی بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد.

- سناریوهای جاه‌طلبانه آب‌وهوایی

➢ تحت این سناریوها و با اقدامات کشورهای مختلف دنیا برای حرکت به سمت اقتصاد کم‌کربن و ادامهٔ روند گذار انرژی از سوخت‌های فسیلی به تجدیدپذیر و اقدام در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، جهان شاهد کاهش بیش از ۱۲ درصدی تقاضای نفت و کاهش بیش از ۳۲ درصدی قیمت نفت در سال ۲۰۴۰ خواهد بود. بنابراین ضروری است ایران با تنوع بخشی به سبد انرژی خود، کاهش وابستگی اقتصادی به نفت و گاز، با حرکت به سمت تولید محصولاتی با رد پای کربن پایین و با افزایش بهره‌وری انرژی در راستای نیل به اقتصاد سبز گام بردارد.

در پایان پیشنهاد می‌شود سناریوهای مختلف آینده‌های انرژی در ایران و با اتکا به سناریوها و داده‌های تاریخی در جهان نگارش شود و وضعیت ایران در هر یک از سناریوهای مرجع و جاه‌طلبانه بررسی شود. به این ترتیب سیاست‌گذاران قادر خواهند بود در مسیر واضح‌تری به سمت سناریوی مطلوب کشور گام بردارند.

منابع

مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۱. (۱۴۰۱/۰۹/۰۶).
https://rc.majlis.ir/fa/news/show/1752857
Climate action tracker, 2022. (15/11/2022)
https://climateactiontracker.org/publications/despite-glasgow-climate-pact-2030-climate-target-updates-have-stalled/
US. Energy Information Administration (U.S EIA), 2022. (28/11/2022)
https://www.eia.gov/international/analysis/country/IRN

گزارش ترجمه‌ای

چشم‌انداز جهانی انرژی ۲۰۲۲: نقاط عطف و تنش در دوره گذار انرژی

Global Energy Outlook 2022: Turning Points and Tension in the Energy Transition

شناسه یکتا: ETG-TRR-630

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور

مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور