خالص صفر Net-Zero (NZE) تا سال 2050؛ نقشه راهی برای انرژی جهانی

برگرفته از گزارش آژانس بین المللی انرژی IEA – May 2021

محمدسجاد حبیب اللهی کارشناس واحد پژوهش و فناوری شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

مقدمه:

صفر خالص Net-Zero (NZE) ، به انتشار دی اکسید کربن صفر اشاره دارد. این حالت را می توان با متعادل کردن مقدار مشخصی از کربن آزاد شده با جبران انتشار معادل کربن بدست آورد. به عنوان مثال ، یک ساختمان خالص صفر ، ساختاری است که مصرف انرژی خالص صفر دارد. در اینجا، کل انرژی مورد استفاده ساختمان در یک دوره زمانی خاص باید برابر با انرژی تجدیدپذیری باشد که در مدت مشابه زمانی در آن منطقه تولید می شود، و در نتیجه، انتشار کربن را متعادل می‌کند.

هدف از پروژه Net-Zero بالابردن جذب کربن ، تا 100 درصد در سال 2050 است. این طرح برای محدود کردن افزایش دمای کره زمین تا 1/5 درجه سیلسیوس در میانه قرن بیست و یکم ضروری می باشد. این پروژه در جهت گسترش برنامه ها، منابع و ابزارهای صدور گواهینامه، به منظور توسعه ظرفیت بازار و با لحاظ تقاضاهای در حال افزایش و ضرورت وجود محیط زیست بدون سوخت فسیلی، فعالیت می‌کنند.

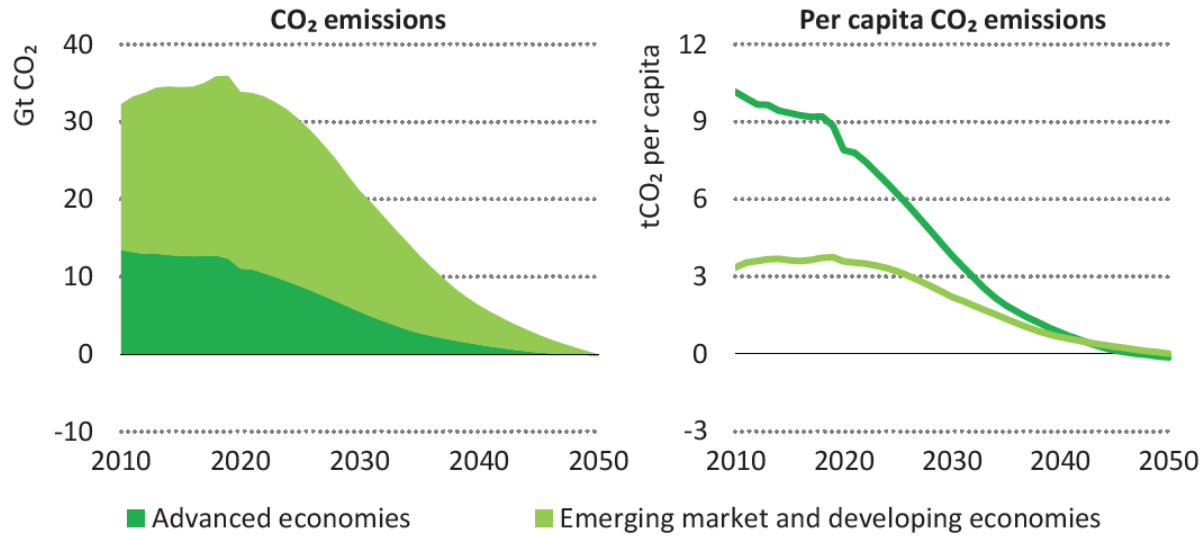
نقشه راه Net-Zero تا سال 2050 مسیر مطمئنی را برای رسیدن به انتشار خالص صفر کربن فراهم می‌کند که بیش از 400 نقطه هدف برای برنامه زمانی رویکردهای آن در فقط سه دهه، برای کربن زدایی از اقتصاد جهانی، تنظیم کرده است.

وضعیت موجود و پیش بینی انتشار CO_2 در جهان:

انتشار CO_2 مربوط به انرژی و فرآیندهای صنعتی در مقیاس جهانی در NZE[1] به حدود 21 گیگاتن CO_2 در سال 2030 و صفر خالص در سال 2050 کاهش می یابد. انتشار CO_2 در اقتصادهای پیشرفته به طور کلی تا سال 2045 به صفر خالص می رسد. انتشار در چندین بازار نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه نیز تا قبل از سال 2050 به صفر خالص می رسد ، اما در مجموع انتشار 0.2 گیگاتن CO_2 باقی مانده در این گروه از کشورها

[1] Net-Zero

در سال 2050 وجود دارد. این مقدار باقی مانده CO_2 در اقتصادهای پیشرفته برای تأمین انتشار خالص صفر CO_2 در سطح جهانی جبران می شوند.



شکل 1- خالص انتشار CO_2 در NZE

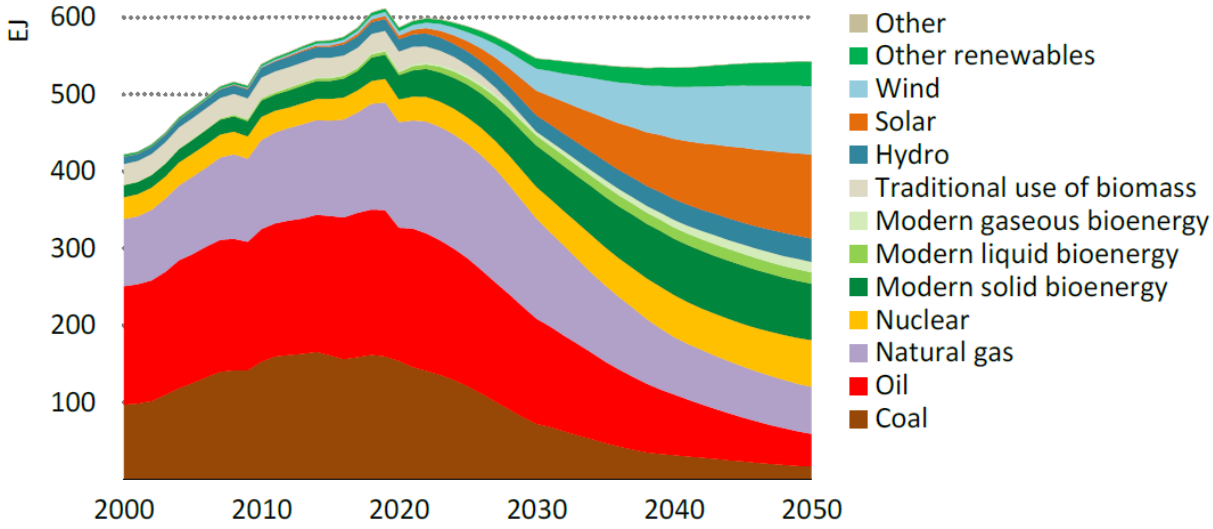
سهم منابع مختلف در تامین انرژی تا 2050 در پروژه NZE:

میزان کل عرضه انرژی در سال 2030 به 550 اگزاژول (10^{18} *550 ژول) کاهش می‌یابد که 7 درصد کمتر از سال 2020 است. این امر با وجود افزایش چشمگیر جمعیت و رشد اقتصاد جهانی به دلیل کاهش شدت انرژی (میزان انرژی مورد استفاده برای تولید واحد تولید ناخالص داخلی) رخ می‌دهد. شدت انرژی بین سالهای 2020 تا 2030 به طور متوسط 4 درصد هر سال کاهش می یابد. این امر از طریق ترکیبی از برقی کردن[۲][که اهرمی جهت پیگیری فرصت های بهینه سازی انرژی و مواد است] ، تغییرات رفتاری که تقاضا برای خدمات انرژی را کاهش می‌دهد و دور شدن از استفاده سنتی از انرژی زیستی (مانند روش های نوین پخت و پز با استفاده از اجاق‌های مصرف کننده LPG که یک پنجم روش سنتی استفاده از زیست توده، انرژی مصرف می‌کند) حاصل می‌شود. این سطح از بهبود شدت انرژی بسیار بیشتر از آنچه در سال‌های اخیر بدست آمده است می‌باشد؛ بین سال‌های 2010 تا 2020 ، متوسط شدت انرژی سالانه کمتر از 2 درصد در هر سال کاهش یافته بود.

پس از سال 2030 ، ادامه برقی کردن به بخش‌های مصرف نهایی به کاهش شدت انرژی کمک می‌کند، اما تأکید بر حداکثرسازی بهبود بهره وری انرژی تا سال 2030 فرصت‌های موجود در سال‌های بعد را محدود می‌کند. در

[2] Electrification

عین حال، افزایش تولید سوخت‌های جدید مانند سوخت‌های زیستی پیشرفته، هیدروژن و سوخت‌های مصنوعی[3]، تمایل به افزایش مصرف انرژی را در پی دارد. در نتیجه، نرخ کاهش شدت انرژی بین سال‌های 2030 تا 2050 تا 2/7 ٪ در سال کاهش می‌یابد. با ادامه رشد اقتصادی و جمعیت، این بدان معناست که در کل عرضه انرژی بین سال‌های 2030 تا 2040 اندکی کاهش می‌یابد؛ اما تا سال 2050 به طور کلی ثابت می‌ماند. مجموع عرضه انرژی در سال 2050 در NZE با وجود جمعیت جهانی که تقریباً 3 میلیارد نفر بالاتر است و اقتصاد جهانی که بیش از سه برابر بزرگتر است، به سطح سال 2010 نزدیک می‌گردد.



شکل2- کل عرضه انرژی در NZE

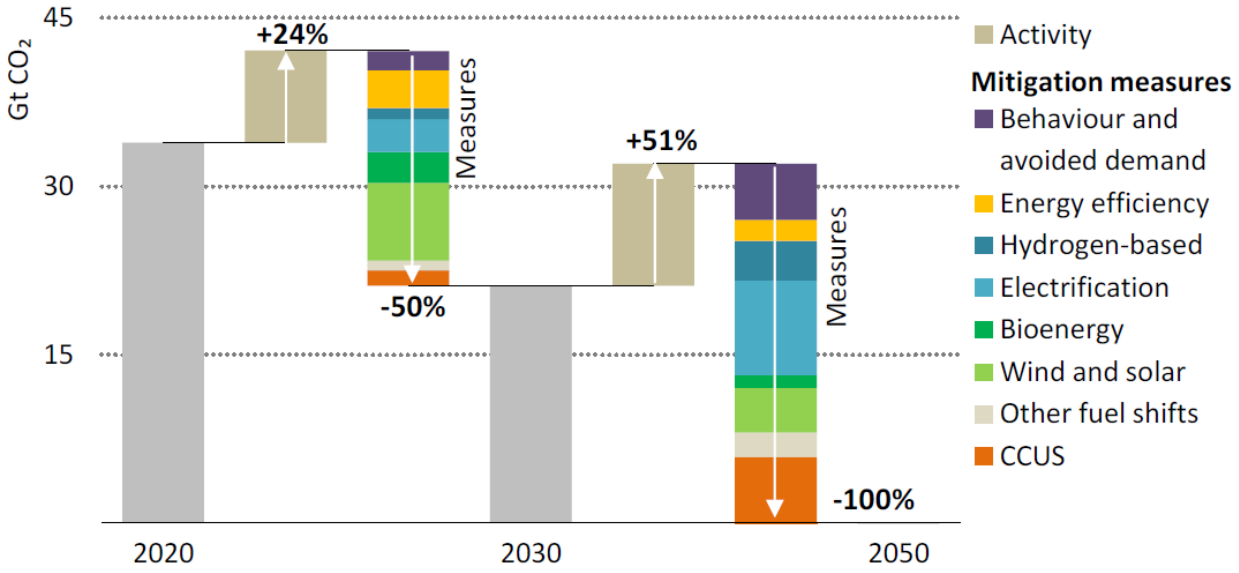
در شکل 2 ملاحظه می‌شود که سهم تجدیدپذیرها و توان هسته ای، جایگزین بیشتر انرژی‌های فسیلی در پروژه NZE شده است و سهم سوخت‌های فسیلی از 80٪ در سال 2020 تا فقط 20٪ در سال 2050 کاهش یافته است.

ارکان اساسی کربن زدائی:

دستیابی به کاهش سریع در انتشار CO_2 در طول 30 سال در NZE نیازمند گستره وسیعی از اقدامات سیاستی و تکنولوژی هاست. ارکان اساسی کربن زدائی سیستم انرژی جهانی بازدهی انرژی، تغییرات رفتاری، برقی کردن، تجدیدپذیرها، هیدروژن و سوخت‌های با پایه هیدروژن، انرژی زیستی و CCUS (به دام اندازی، بهره برداری و

[3] Synthetic fuels

ذخیره کربن) هستند. انرژی خورشیدی، بادی و بازدهی انرژی حدود نصف کاهش انتشارات را تا سال 2030 در NZE شامل می‌شوند، در حالی که برقی کردن، CCUS[۴] و هیدروژن بعد از 2030 نقش مهمی ایفا می‌کنند.



شکل3- برنامه اقدامات کاهنده انتشار در NZE از 2020 تا 2050

در شکل3 فعالیت‌ها (Activity) مربوط به تغییرات تقاضای خدمات انرژی ناشی از اقتصاد و رشد جمعیت می‌شود. تغییرات رفتاری (Behaviour Demand) مربوط به تصمیمات مصرف کننده ها و فرهنگ سازی صحیح در استفاده بهینه از انرژی می‌شود. تقاضای صرفنظر شده (Avoided Demand) مربوط به تغییرات انرژی ناشی از توسعه تکنولوژی مانند تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتالی سازی[۵] می‌شود.

روش‌های جذب کربن :

1. **CCS**[6] : به دام اندازی و ذخیره کربن زمانی استفاده می‌شود که محل انتشاری از یک نیروگاه تولید توان در صنعت داشته باشیم. به صورت متداول حدود 10-15 ٪ CO_2 در خروجی دودکش یک نیروگاه تولید توان وجود دارد. بنابراین ابتدا باید گاز خروجی جذب شود؛ CO_2 از آن جدا شود و سپس به وسیله فشرده سازی به حالت مایع تبدیل شود تا امکان انتقال آن به محل ذخیره سازی به منظور ذخیره دائمی وجود داشته باشد.

[4] Carbon Capture, Utilisation and Storage
[5] Digitalisation
[6] Carbon capture and Storage

2. **BECCS**[7] : انرژی زیستی با به دام اندازی و ذخیره کربن روشی است که به منظور دستیابی به خالص منفی انتشارات[8] می‌تواند به کار گرفته شود. خالص منفی انتشارات یعنی به جای انتشار CO_2 ، آن را از اتمسفر حذف کنیم. راه‌های مختلفی برای این کار وجود دارد. یک راه پرورش زیست توده بصورت پایدار است؛ سوزاندن آن به جای زغال سنگ و نفت؛ و اعمال CCS بر کربن آزاد شده ناشی از سوختن آن. در زمان رشد، زیست توده CO_2 را از اتمسفر جذب خواهد کرد. اگر CO_2 آزاد شده زمانی که زیست توه سوزانده می‌شود، جذب شود، خالص منفی انتشارات وجود خواهد داشت.

BECCS یک راه به دام اندازی غیر مستقیم CO_2 از اتمسفر است. بنابراین BECCS دقیقا همان تکنولوژی CCS است؛ با این تفاوت که CCS آن بر صنایع و نیروگاه‌های تولید توانی که سوخت‌های با منشا زیستی دارند، اعمال می‌شود.

3. **DAC**[9] جذب مستقیم هوا: اعمال فرایند CCS بصورت مستقیم روی اتمسفر DAC نامیده می‌شود. نکته مثبت این تکنولوژی آن است که دیگر نیاز به اتصال مستقیم فرایند جذب کربن با منبع انتشار نیست؛ که این بدان معناست که می‌توان تجهیزات جذب را در هر نقطه ای که امکان ذخیره کربن وجود داشته باشد، نصب کرد. چالش این تکنولوژی نیز هزینه بالای آن نسبت به جذب از خروجی دودکش نیروگاه می‌باشد، چرا که غلظت CO_2 در این حالت بسیار پایین تر است. در اتمسفر حدود 410 ppm CO_2 وجود دارد درحالی که 10٪ خروجی دودکش نیروگاه شامل CO_2 می‌باشد.

CCUS؛ به دام اندازی، بهره‌برداری و ذخیره کربن:

CCUS می‌تواند مسیر راهیابی به انتشار خالص صفر CO_2 را با روش‌های زیر تسهیل کند: مقابله با انتشار منابع و تجهیزات موجود؛ ارائه راهی برای مقابله با انتشارات ناشی از چالش برانگیزترین بخش‌ها؛ ارائه یک مسیر مقرون به صرفه برای افزایش تولید هیدروژن کم کربن به طور سریع؛ و اجازه دادن به حذف CO_2 از اتمسفر از طریق BECCS و DACCS[10] . در NZE ، سیاست‌ها از طیف وسیعی از اقدامات برای ایجاد بازار برای سرمایه گذاری CCUS پشتیبانی می‌کنند؛ مانند تشویق به استفاده از زیرساخت‌های مشترک حمل و نقل و ذخیره سازی CO_2 توسط افراد مرتبط با تولید هیدروژن و سوخت‌های زیستی، بهره برداری از مراکز صنعتی و بهینه سازی نیروگاه‌های موجود با سوخت زغال سنگ. حجم به دام انداخته شده کربن در NZE از سطح فعلی حدود 40

[7] Bioenergy with Carbon Capture and Storage
[8] Net negative emission
[9] Direct Air capture
[10] Direct Air Capture with Carbon Capture and Storage

میلیون تن CO_2 در سال تا پنج سال آینده تا حدی افزایش می‌یابد که نشان دهنده پروژه‌هایی که در حال حاضر در حال توسعه است می‌باشد، اما گسترش سریع آن طی 25 سال آینده رخ خواهد داد.

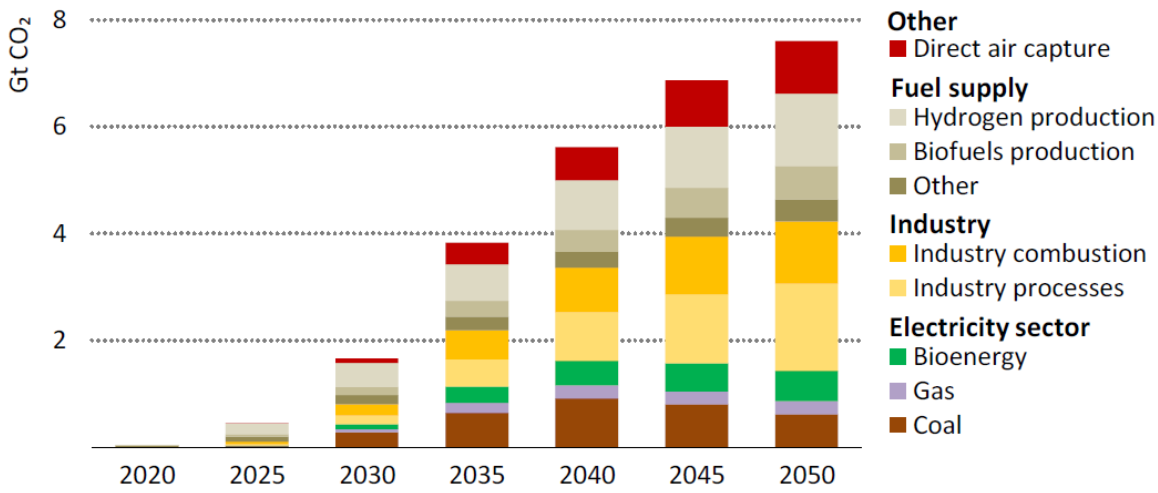
تا سال 2030 ، 1/6 گیگاتن CO_2 در سال در سطح جهانی جذب می شود و به 7/6 گیگاتن CO_2 در سال 2050 افزایش می‌یابد. حدود 95 درصد از کل دی اکسید کربن جذب شده در سال 2050 به صورت دائمی ذخیره می شود و 5٪ برای تأمین سوخت‌های مصنوعی استفاده می‌شود. برآورد ظرفیت ذخیره سازی بطور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از مقدار مورد نیاز برای ذخیره CO_2 تجمعی در NZE است. در مجموع 2/4 گیگاتن CO_2 در سال 2050 از طریق انرژی زیستی با جذب CO_2 و جذب مستقیم هوا از جو به دام انداخته می شود، که 1/9 گیگاتن CO_2 آن به طور دائم ذخیره می شود و 0/5 گیگاتن CO_2 برای تأمین سوخت‌های مصنوعی به ویژه برای حمل و نقل هوایی استفاده می‌شود.

	2020	2030	2050
Total CO_2 captured (Mt CO_2)	40	1 670	7 600
CO_2 captured from fossil fuels and processes	39	1 325	5 245
Power	3	340	860
Industry	3	360	2 620
Merchant hydrogen production	3	455	1 355
Non-biofuels production	30	170	410
CO_2 captured from bioenergy	1	255	1 380
Power	0	90	570
Industry	0	15	180
Biofuels production	1	150	625
Direct air capture	0	90	985
Removal	0	70	630

شکل4- نقاط هدف کلیدی برای CCUS

انتشار CO_2 در صنعت تقریباً 40 ٪ CO_2 را در سال 2050 در NZE تشکیل می‌دهد. CCUS از اهمیت ویژه‌ای در تولید سیمان برخوردار است. اگرچه تلاش ها در NZE برای تولید بهینه‌تر سیمان دنبال می شود؛ CCUS همچنان در مرکزیت اقدامات برای محدود کردن انتشار در فرآیندی که در طول تولید سیمان رخ می دهد، قرار دارد. بخش برق تقریباً 20٪ CO_2 جذب شده در سال 2050 را شامل می‌شود. (از این میزان حدود 45٪ از نیروگاه های زغال سنگ، 40٪ از نیروگاه‌های انرژی زیستی و 15٪ از نیروگاه های گاز سوز است.) نیروگاه‌های مجهز به CCUS تنها 3٪ از کل تولید برق در سال 2050 را تشکیل می‌دهند اما حجم CO_2 به دام انداخته شده نسبتاً زیاد است.

در بازارهای نوظهور و اقتصادهای در حال توسعه که در آن تعداد زیادی نیروگاه زغال سنگ اخیرا ساخته شده‌اند، بهینه سازی نقش مهمی در مواردی که فرصت ذخیره سازی وجود دارد، ایفا می کند. در اقتصادهای پیشرفته، نیروگاه های گاز سوز با CCUS نقش بزرگتری را ایفا می‌کنند و برق قابل انتقال را با هزینه نسبتاً کم در مناطق دارای گاز طبیعی ارزان و شبکه های موجود، تأمین می‌کنند. در سال 2030 ، حدود50 گیگاوات نیروگاه زغال سنگ (4٪ از کل نیروگاه زغال سنگ در آن زمان) و 30 گیگاوات نیروگاه گاز طبیعی (1٪ از کل نیروگاه گاز طبیعی) مجهز به CCUS هستند و این مقدار ظرفیت به 220 گیگاوات نیروگاه زغال سنگ (تقریبا نیمی از کل) و 170 گیگاوات نیروگاه گاز طبیعی (7 درصد از کل) در سال 2050 افزایش می‌یابد. بیش از 30 درصد دیگر از CO_2 جذب شده در سال 2050 از طریق تبدیل سوخت، از جمله هیدروژن و تولید سوخت های زیستی و همچنین پالایش نفت تأمین می شود. 10 درصد باقیمانده از جذب مستقیم هوا حاصل می شود که به سرعت توسط چندین پروژه آزمایشی از 90 میلیون تن CO_2 در سال در 2030 به 1 گیگاتن CO_2 در سال تا سال 2050 افزایش خواهد یافت.



شکل 5- میزان CO_2 جذب شده توسط منابع در NZE

همانطور که در شکل 5 نشان داده شده است، تا سال 2050، 7/6 گیگاتن CO_2 در سال از منابع متنوعی به دام انداخته می شود. 2/4 گیگاتن CO_2 از انرژی های زیستی و جذب مستقیم از هوا صورت می‌پذیرد که ازین مقدار 1/9 گیگاتن CO_2 به صورت دائمی ذخیره خواهد شد.

کشور ایران هم اکنون با تولید حدود 702 مگاتن CO_2 در سال 2019، رتبه هفتم انتشار CO_2 در جهان را به خود اختصاص داده است که این میزان حجم عظیم انتشار کربن، نیازمند عزم جدی جهت بهینه سازی فرآیندهای آلاینده و استفاده از تکنولوژی‌های نوین جذب و به دام اندازی کربن می‌باشد.