

برونداد تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر





برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

ویژه‌نامه پیل سوختی و هیدروژن (۱)

عنوان پروژه: رصد فن آوری به منظور شناخت جدیدترین دستاوردها و فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر

کارفرما: سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

پژوهشگر: پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی پشتیبان: گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

پژوهشکده پشتیبان: پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست

مدیر پروژه: مهندس ثریا رستمی

مجری پروژه: دکتر حمیدرضا لاری

ناظر پژوهشگاه: دکتر محمد چمنی، دکتر مرتضی حسین‌پور

ناظر کارفرما: دکتر اکبر شعبانی‌کیا

همکاران این گزارش:

مهندس ثریا رستمی - مهندس سارا جوکار

شماره ۴ - مهر ماه ۱۴۰۲

مانع‌زدایی از صنعت برق و جهش دانش‌بنیان	۴
بررسی توسعه انرژی تجدیدپذیر در قالب برنامه هفتم توسعه	۶
هیدروژن، حامل انرژی شاخص در انتشار صفر دی اکسید کربن	۹
شرکت پیشتاز در زنجیره تأمین هیدروژن	۲۱
افزایش مقیاس هیدروژن سبز	۲۵
مزایای ذخیره انرژی هیدروژن سولار پلاس	۳۰
اولین قطار هیدروژنی خاورمیانه در عربستان سعودی	۳۲
چین، پیشتاز فروش سیستم‌های الکترولیز آب	۳۴
ظرفیت نصب‌شده تجمعی ۱ گیگاوات گلدویند در آمریکای جنوبی	۳۵
جایزه میلیون دلاری بازیافت پسماندهای توربین‌های بادی	۳۶
منابع نقدی ۳۳۸ میلیارد تومانی در تابلو برق سبز برای تجدیدپذیرها	۳۸
افتتاح نیروگاه ۱۰ مگاواتی خورشیدی جرقویه ۲	۴۰
منافع ۲۵ هزار میلیارد ریالی عدم خاموشی برای صنایع خریدار برق سبز	۴۱
درک انرژی در ذهن و دنیای زیبای کودکانه	۴۲

مانع‌زدایی از صنعت برق و جهش دانش‌بنیان



مانع‌زدایی از صنعت برق و جهش دانش‌بنیان دو اقدام قانونی خوب و مناسبی بود که سال گذشته توسط مجلس شورای اسلامی تصویب شد که می‌تواند موتور محرک صنایع کشور شود. اکنون جهان به سرعت در حال سرمایه‌گذاری در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است و کشور ما نیز برای توسعه این نوع انرژی‌ها گام‌هایی برداشته است و ما اکنون به دنبال رفع برخی از تردیدها در این زمینه هستیم.

یکی از این تردیدها تصور گرانی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر بود درحالی‌که اکنون انرژی‌های تجدیدپذیر با ارزان‌ترین قیمت تولید می‌شود. تصور فراوانی گاز در کشور نیز توسعه و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را با تردید روبرو کرده است در صورتی‌که دیگر گازی وجود ندارد که با آن بتوان نیروگاه سوخت فسیلی ایجاد کرد.

یکی دیگر از تردیدها در این زمینه که از سوی صنعت برق مطرح می‌شود، امکان ناپایدار شدن شبکه برق است درحالی‌که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، پایداری شبکه را برهم نمی‌زند؛ زیرا می‌توان با ترکیب انرژی خورشیدی و فتوولتائیک با سایر نیروگاه‌ها، انرژی پایداری در شبکه برق کشور داشت.

باید تردیدها در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را کنار گذاشت و راه‌های مختلفی را برای غلبه بر تردیدهای موجود پیشه کرد. از جمله ترکیب انرژی خورشیدی و بادی پایدارترین نوع انرژی است و اکنون ظرفیت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به بیش از یک هزار مگاوات رسیده که ۴۰۰ مگاوات آن بادی است.

در تابستان سال ۱۴۰۲، پیک مصرف برق به ۷۳ هزار و ۵۰۰ مگاوات رسید که این مقدار مصرف به دلیل گرمای بی‌سابقه تابستان سال جاری حدود یک هزار و ۵۰۰ تا ۲ هزار مگاوات بیش از پیش‌بینی‌ها بود.

وزارت نیرو طوری برنامه‌ریزی کرده بود تا افزایش مصرف ۱۰ هزار مگاوات برق در کشور مدیریت شود. شدت گرما، در عمل سه هزار مگاوات مصرف بیش از پیش‌بینی‌ها به کشور تحمیل کرد و این مساله موجب اعمال مدیریت مصرف در شهرک‌های صنعتی و بعضی از صنایع بزرگ کشور شد و اگر با همین شرایط پیش برویم، کشورمان در آینده با ۱۸ هزار مگاوات کسری برق مواجه خواهد شد.

لذا توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از راهکارهای مؤثر در رفع ناترازی برق است و هم‌اکنون دولت برنامه‌ای چهارساله برای افزایش ۳۵ هزار مگاواتی ظرفیت تولید برق نیروگاه‌ها دارد که ۱۰ هزار مگاوات آن از محل انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

بازار توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایران، با اتکا به قابلیت بالای منابع انرژی‌های تجدیدپذیر اعم از خورشیدی، بادی، زیست‌توده و زمین‌گرمایی، از طریق امکان عقد قراردادهای بلندمدت با نرخ‌های تشویقی، بازار بسیار جذابی برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی است.

دکتر محمود کمانی

رئیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری برق ایران

بررسی توسعه انرژی تجدیدپذیر در قالب برنامه هفتم توسعه



مرکز پژوهش‌های مجلس در گزارشی مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه را با تأکید بر توسعه انرژی تجدیدپذیر بررسی کرد. دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن این مرکز در گزارشی با عنوان «مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۷): توسعه انرژی تجدیدپذیر» با اشاره به اینکه بیش از ۸۰ درصد برق تولیدی کشور حرارتی و وابسته به سوخت گاز طبیعی است، بیان می‌کند که این وابستگی باعث شده تا بروز ناترازی گاز طبیعی منجر به ایجاد چالش در زمینه تأمین سوخت نیروگاه‌ها شود؛ بنابراین محدودیت در افزایش توان تولیدی از یک سو و افزایش میزان مصرف از سوی دیگر، منجر به ناترازی عرضه و تقاضای برق شده است.

در این گزارش مطرح می‌شود که به دلیل نبود تنوع در سبد تولید برق کشور و وابستگی بالای آن به گاز و محدودیت تأمین سوخت گاز، وضعیت فعلی نمی‌تواند پاسخ‌گوی برق موردنیاز جهت رشد اقتصادی کشور باشد، لذا تنوع‌بخشی به سبد تولید برق ضروری و از اولویت‌های کشور است. همچنین این گزارش بیان می‌کند که در حال حاضر توان اسمی برق در کشور ۹۰.۹ هزار مگاوات است که با وجود حکم قانونی برنامه ششم توسعه مبنی بر سهم ۵ درصدی (۴.۵ هزار مگاواتی) توان تولید برق تجدیدپذیر، ۱.۱ درصد توان اسمی نیروگاه‌های برق مرتبط با تجدیدپذیر است. مجموع ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید برق در کشور حدود ۱۲۴ گیگاوات برآورد شده است. انرژی خورشیدی با ۷۱ گیگاوات و بادی با ۴۹ گیگاوات بیش از ۹۷ درصد از کل پتانسیل موجود کشور در این حوزه را به خود اختصاص می‌دهند و به همین دلیل بایستی در اولویت قرار گیرند.

در ادامه این گزارش به منابع در دسترس در سبد تولید برق کشورها اشاره شده و آمده است که سبد تولید برق در کشورهای آمریکایی نسبت به دیگر کشورها تنوع بیشتری دارد و با وجود اینکه بخش گازی در این کشورها بیشترین سهم را دارد، کشورهایی مانند کانادا و برزیل به دلیل داشتن منابع آب فراوان، این منبع در تولید برق این کشور نقش مهمی دارد. در کشورهای اروپایی نیز به دلیل کمبود منابع گازی، سهم تجدیدپذیر بیشتر می‌شود و به بیش از ۲۰ درصد می‌رسد. در این گزارش بیان می‌شود که در سبد تولید برق کشورهای حوزه خلیج فارس و خاورمیانه به دلیل برخورداری از منابع نفت و گاز، سوخت‌های فسیلی در تولید برق سهم بسیار بالایی داشته و به بیش از ۶۰ درصد می‌رسد. در شرق آسیا، کشورهایی مانند چین، استرالیا، هند و اندونزی، سهم زغال سنگ قابل توجه است و بیش از ۵۰ درصد از سبد تولید برق را تشکیل می‌دهد. این گزارش تأکید می‌کند که تفاسیر اکثر کشورهای توسعه یافته در حال تغییر سیاست و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق هستند. به نحوی که براساس برآوردهای بین‌المللی، با افزایش میزان تولید برق تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۱.۶ برابر، سهم تولید برق از منابع تجدید پذیر به ۴۳ درصد می‌رسد.

در ادامه این گزارش به ظرفیت‌های تولید برق از منابع تجدیدپذیر در کشورمان پرداخته و بیان می‌کند که در ایران به لحاظ توزیع جغرافیایی، ظرفیت استفاده از این منابع در استان‌های شرقی و جنوب شرقی نسبت به سایر استان‌ها بیشتر است. این گزارش توضیح می‌دهد که در مجموع استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، خراسان رضوی و کرمان پتانسیل ۴۰ هزار مگاواتی توان تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر خورشید و بادی را دارند. استان کرمان بیشترین ظرفیت خورشیدی و استان سیستان و بلوچستان بیشترین ظرفیت بادی را دارد. این گزارش ادامه می‌دهد که توزیع جغرافیایی صنایع، متناسب با ظرفیت تجدیدپذیر در کشور نیست. به عنوان مثال تنها ۱۳ درصد از کارخانه‌های سیمان در استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان رضوی و خراسان جنوبی قرار دارد، اما ظرفیت این استان‌ها برای استفاده از منابع تجدیدپذیر بسیار بالاست و می‌توان از این ظرفیت استفاده کرد. از سوی دیگر با توجه به ظرفیت بالای تولید برق تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در سه استان مرزی خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان و نیاز کشورهای هم‌جوار در مرز شرقی کشور به برق، با توسعه برق تجدیدپذیر در شرق کشور، تقاضای مناسبی جهت دریافت برق به وجود خواهد آمد.

در ادامه این گزارش اشاره شده است که مهم‌ترین مشکل در اجرا نشدن ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید، نبود تضمین در تسویه بازپرداخت سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در این زمینه است. مرکز پژوهش‌های مجلس در این راستا پیشنهاد می‌دهد که با هدف تضمین تسویه گواهی‌های صرفه‌جویی انرژی در پروژه‌های مصوب شورای اقتصاد، مبتنی بر ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر، صندوق بهینه‌سازی مصرف انرژی تأسیس شود و با استفاده از این صندوق، تسویه گواهی‌ها در بازار بهینه‌سازی مصرف انرژی تضمین شده و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر توسعه می‌یابد.

این گزارش یکی از مشوق‌های اصلی در توسعه برق تجدیدپذیر را، فراهم‌سازی امکان صادرات این برق عنوان و بیان می‌کند که ظرفیت تجدیدپذیر در استان‌های شرقی کشور بسیار بالا است و امکان صادرات آن به کشورهای همسایه وجود

دارد. از این رو پیشنهاد می‌شود در طول برنامه هفتم توسعه، امکان صادرات حداقل ۵۰ درصد ظرفیت تولید نیروگاه‌های تجدیدپذیر در زمان غیر اوج فراهم شود و اگر اجازه صادرات این ظرفیت داده نشد، وزارت نیرو موظف شود معادل ریالی برق صادر نشده را با متوسط نرخ صادراتی برق خریداری کند.

پیشنهاد دیگر مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی این است که به دلیل تعرفه پایین سوخت نیروگاه‌های حرارتی در کشور، به لحاظ اقتصادی امکان رقابت نیروگاه‌های تجدیدپذیر با سایر نیروگاه‌ها وجود ندارد. با توجه به ماده (۱۰) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق پیشنهاد می‌شود تا با حذف تدریجی قیمت‌گذاری در زنجیره تولید تا مصرف برق و ارائه یارانه مستقیماً به جامعه هدف، علاوه بر تشویق به بهره‌ور شدن زنجیره تولید، تولید برق تجدیدپذیر، رقابتی شود.

مرکز پژوهش‌های مجلس در ادامه این گزارش پیشنهاد می‌کند که در کنار تکلیف ماده (۱۶) قانون جهش تولید دانش‌بنیان مبنی بر تأمین ۵ درصد برق صنایع از محل انرژی تجدیدپذیر، در برنامه هفتم توسعه نیز ۵ درصد از برق مشترکان اداری با برق تجدیدپذیر تأمین شود. برآورد می‌شود که از این طریق، ظرفیت به میزان حدود هزار مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر در طول برنامه هفتم توسعه در کشور ایجاد شود.

آخرین پیشنهاد مطرح‌شده در این گزارش این است که با توجه به تکلیف قانونی خودتأمینی برق صنایع مبتنی بر ماده (۴) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق و ایجاد ظرفیت احداث نیروگاه تجدیدپذیر برای تمامی بخش‌ها، پیشنهاد می‌شود امکان پیش‌فروش گواهی ظرفیت تجدیدپذیرها در بورس انرژی ایجاد شود تا شرکت‌های تخصصی دارای مجوز احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر با عرضه سهم‌های خرد، به تقاضای احداث سایر بخش‌های مصرف برق کمک کنند.

تاریخ انتشار: ۵ مهر ۱۴۰۲

هیدروژن، حامل انرژی شاخص در انتشار صفر دی اکسید کربن



هیدروژن یک حامل انرژی همه کاره^۱ است که می‌تواند به مقابله با چالش‌های مختلف انرژی کمک کند. امروزه هیدروژن عمدتاً در بخش‌های پالایش و شیمیایی استفاده می‌شود و با استفاده از سوخت‌های فسیلی مانند زغال‌سنگ و گاز طبیعی تولید می‌شود و در نتیجه مسئول انتشار سالانه قابل توجهی کربن دی‌اکسید است.

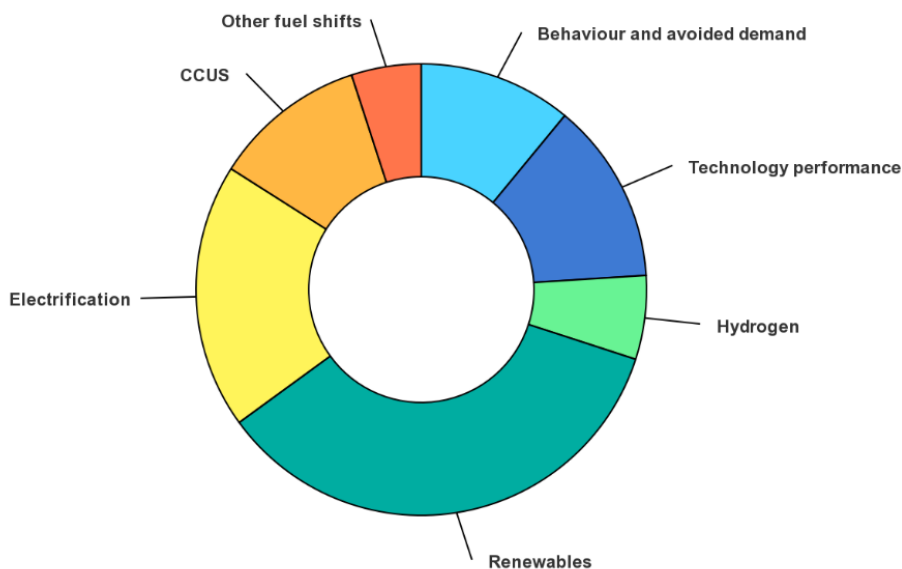
هیدروژن پاک تولیدشده با انرژی‌های تجدیدپذیر یا هسته‌ای یا سوخت‌های فسیلی با استفاده از جذب کربن می‌تواند به کربن‌زدایی طیفی از بخش‌ها از جمله حمل‌ونقل، مواد شیمیایی و آهن و فولاد کمک کند، جایی که ثابت شده است کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دشوار است. خودروهای هیدروژنی کیفیت هوا را بهبود می‌بخشند و امنیت انرژی را ارتقا می‌دهند. هیدروژن همچنین می‌تواند از ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر دارای نوسان تولید در سیستم برق پشتیبانی کند، که یکی از محدود گزینه‌ها برای ذخیره انرژی در طول روز، هفته یا ماه است.

۹ کشور (که امروزه حدود ۳۰ درصد از انتشارات جهانی بخش انرژی را پوشش می‌دهند) استراتژی‌های ملی خود را در سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۲ منتشر کردند. با این حال، برای ایجاد تقاضا برای هیدروژن پاک و ارتقای سرمایه‌گذاری که می‌تواند سرعت تولید را تسریع کند و هزینه‌های فناوری‌های تولید و استفاده از هیدروژن پاک، مانند الکترولیزرها، سلول‌های سوختی و تولید هیدروژن با جذب کربن را کاهش دهد، اقدام سریع‌تری لازم است.

¹ Versatile

❖ نقش مهم هیدروژن در انتشار صفر خالص^۲ تا سال ۲۰۵۰

ستون‌های اصلی کربن‌زدایی سیستم انرژی جهانی عبارت‌اند از: بهره‌وری انرژی^۳، تغییر رفتار^۴، برقی سازی، انرژی‌های تجدیدپذیر، سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن^۵، هیدروژن، جذب کربن، استفاده و ذخیره‌سازی^۶. اهمیت هیدروژن در سناریوی انتشارات صفر خالص در سهم فزاینده آن در کاهش انتشار تجمعی منعکس شده است. رشد شدید تقاضای هیدروژن و پذیرش فناوری‌های پاک‌تر برای تولید آن، سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن و هیدروژن را قادر می‌سازد تا سهم قابل‌توجهی در سناریوی انتشار صفر خالص در بخش‌هایی که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دشوار است، مانند صنایع سنگین^۷ و حمل‌ونقل طولانی^۸، ایفا کنند.



کاهش تجمعی انتشار با اقدامات کاهش‌ی در سناریوی صفر خالص، ۲۰۵۰

❖ مسیر پیش روی هیدروژن

اعلان‌ها برای پروژه‌های جدید برای تولید هیدروژن کم‌آلاینده همچنان در حال رشد هستند، اما تنها ۵ درصد به دلیل عدم قطعیت در مورد تحولات آینده تقاضا، عدم وضوح در مورد صدور گواهی‌نامه و مقررات و فقدان زیرساخت‌های موجود،

^۲ Net Zero Emissions

^۳ Energy Efficiency

^۴ Behavioral Change

^۵ Hydrogen Based Fuels

^۶ Carbon Capture, Usage and Storage (CCUS)

^۷ Heavy Industry

^۸ Long Distance Transport

برای سرمایه‌گذاری قطعی شده‌اند. در سمت تقاضا، تقاضای هیدروژن همچنان در حال رشد است، اما برای کاربردهای سنتی متمرکز است. کاربردهای جدید در صنایع سنگین و حمل‌ونقل راه دور کمتر از ۰.۱ درصد تقاضای هیدروژن را تشکیل می‌دهند، درحالی‌که در سناریوی انتشار صفر خالص تا سال ۲۰۵۰، یک‌سوم تقاضای جهانی هیدروژن را تا سال ۲۰۳۰ شامل خواهند شد. تعداد فزاینده‌ای از کشورها در حال انتشار استراتژی‌های ملی و اتخاذ سیاست‌های مشخص برای حمایت از اولین اقدام‌کنندگان این عرصه هستند. اما تأخیر در اجرای این سیاست‌ها و نبود سیاست‌های ایجاد تقاضا مانع از افزایش تولید و استفاده از هیدروژن کم آلاینده می‌گردد.

برای رسیدن به سناریوی انتشار صفر خالص، اقدامات سیاستی شتاب‌دهنده برای ایجاد تقاضا برای هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها^۹ و رونق سرمایه‌گذاری لازم است که می‌تواند مقیاس تولید و استقرار زیرساخت‌ها را تسریع نماید.

❖ نکات برجسته کشوری و منطقه‌ای

- ایالات متحده و اتحادیه اروپا در اقدامات سیاستی پیشتاز هستند، درحالی‌که چین پیشتازی استقرار را در دست دارد.
- چین در افزایش ظرفیت الکترولایزر با ظرفیت تجمعی تقریباً ۲۲۰ مگاوات در سال ۲۰۲۲ و ۷۵۰ مگاوات ظرفیت در حال احداث که انتظار می‌رود امسال عملی شود، پیشتاز است.
- اتحادیه اروپا در فوریه ۲۰۲۳ دو قانون را برای تعریف هیدروژن تجدیدپذیر تصویب نمود. یکی تصویب بودجه برای دو موج اول پروژه‌های مهم مرتبط با هیدروژن در سال ۲۰۲۲ و دیگری اولین مزایده بانک هیدروژن اروپا برای پایان ۲۰۲۳.
- هند در ژانویه ۲۰۲۳ مأموریت ملی هیدروژن سبز را با هدف تولید ۵ میلیون تن هیدروژن تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰ و تبدیل شدن به یک تولیدکننده پیشرو در الکترولیزها تصویب کرد.
- بریتانیا در ژوئیه ۲۰۲۲ استاندارد هیدروژن کم‌کربن خود را منتشر کرد و در فوریه ۲۰۲۳ یک رایزنی برای طرح صدور گواهینامه راه‌اندازی نمود. اولین دور تخصیص الکترولیتی^{۱۰} برای حمایت از پروژه‌های تولید هیدروژن با استفاده از الکترولیز با هدف اعطای قرارداد تا پایان سال ۲۰۲۳ راه‌اندازی شد.
- ایالات متحده در آگوست ۲۰۲۲ مشوق‌های مهمی را برای تولید هیدروژن پاک تحت قانون کاهش تورم^{۱۱} اعلام کرد.
- نامیبیا^{۱۲} در نوامبر ۲۰۲۲ استراتژی هیدروژن سبز و مشتقات خود را منتشر نمود و به آفریقای جنوبی به‌عنوان تنها کشورهای جنوب صحرا^{۱۳} که استراتژی هیدروژن را پذیرفته است، پیوست.

⁹ low-Emission Hydrogen

¹⁰ Electrolytic Allocation Round

¹¹ Inflation Reduction Act (IRA)

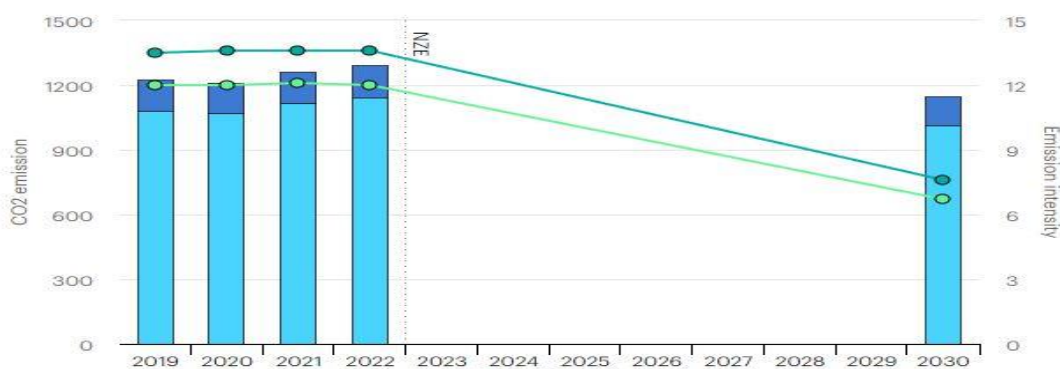
¹² Namibia

¹³ Sub-Saharan Countries

❖ انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید

کاربردهای هیدروژن در بخش‌هایی که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دشوار است، اما نیاز به تولید پاک‌تر وجود دارد، نقش اساسی ایفا می‌کند. در سناریوی انتشار خالص صفر، استفاده از هیدروژن و سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن با انتشار کم منجر به کاهش اندکی در انتشار کربن‌دی‌اکسید در سال ۲۰۳۰ در مقایسه با سایر اقدامات کاهش‌دهنده کلیدی، مانند استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر، برق‌رسانی مستقیم می‌شود. با این حال، سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن و هیدروژن می‌توانند نقش مهمی در بخش‌هایی ایفا کنند که کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌سختی انجام می‌شود و سایر اقدامات کاهش‌دهنده ممکن است در دسترس نباشد یا اجرای آن دشوار باشد، مانند صنایع سنگین، حمل‌ونقل، کشتیرانی و هوانوردی. با بلوغ فناوری‌های مبتنی بر هیدروژن، سهم کل هیدروژن نیز در درازمدت بیشتر است.

جایگزینی هیدروژن مبتنی بر سوخت فسیلی با هیدروژن کم انتشار در کاربردهای موجود (یعنی بخش‌های پالایش و صنعت) یک اولویت کوتاه‌مدت است، زیرا چالش‌های فنی نسبتاً کمی را ارائه می‌کند. تولید کنونی هیدروژن برای این کاربردها ۱۳۰۰-۱۱۰۰ میلیون تن دی‌اکسید کربن معادل^{۱۴} منتشر می‌کند. در سناریوی انتشار صفر خالص، میانگین شدت انتشار تولید هیدروژن از محدوده ۱۲-۱۳.۵ کیلوگرم کربن‌دی‌اکسید معادل بر کیلوگرم هیدروژن^{۱۵} در سال ۲۰۲۲ به ۶-۷.۵ کیلوگرم کربن‌دی‌اکسید معادل بر کیلوگرم هیدروژن در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. محدوده انتشار و شدت انتشار متوسط نشان‌دهنده روش‌های مختلف تخصیص برای تولید هیدروژن محصول جانبی در پالایشگاه‌ها است.



IEA. Licence: CC BY 4.0

● CO₂-eq emissions (low) ● CO₂-eq emissions (high) ● Average emissions intensity (low)
● Average emissions intensity (high)

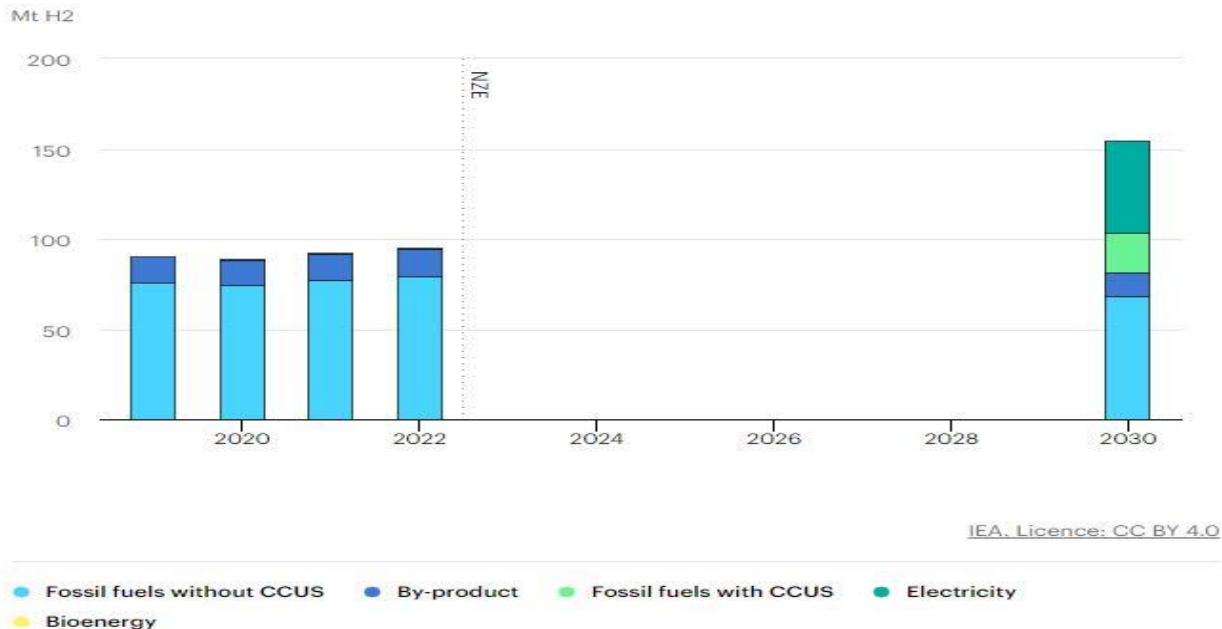
تولید جهانی هیدروژن انتشار کربن‌دی‌اکسید و میانگین شدت انتشار در سناریوی صفر خالص، ۲۰۳۰-۲۰۱۹

¹⁴ Million Tons of Carbon Dioxide Equivalent

¹⁵ kgCO₂-eq/kgH₂

❖ انرژی

تولید هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها، کمتر از ۱ درصد تولید جهانی هیدروژن در سال ۲۰۲۲ بوده است.



تولید جهانی هیدروژن توسط فناوری در سناریوی صفر خالص، ۲۰۱۹-۲۰۳۰

امروزه تولید اختصاصی هیدروژن اساساً مبتنی بر فناوری‌های سوخت فسیلی است و حدود یک‌ششم عرضه جهانی هیدروژن از هیدروژن محصول جانبی^{۱۶} عمدتاً در صنعت پتروشیمی تأمین می‌شود. در سال ۲۰۲۲، ۷۰ درصد انرژی مورد نیاز برای تولید هیدروژن از گاز طبیعی و حدود ۳۰ درصد از زغال سنگ بوده است (بیشتر در چین استفاده می‌شود، که به‌تنهایی ۹۰ درصد مصرف جهانی زغال سنگ برای تولید هیدروژن را تشکیل می‌دهد).

چنانکه پیشتر عنوان شد تولید هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها، علیرغم رشد ۰.۵٪ در مقایسه با سال ۲۰۲۱، کمتر از ۰.۱٪ از کل تولید هیدروژن را در سال ۲۰۲۲ نشان داد. این افزایش در تولید هیدروژن کم انتشار نتیجه ۱۳۰ مگاوات ظرفیت الکترولیز و یک پروژه شروع عملیات در چین است. این پروژه با هدف تولید هیدروژن از زغال سنگ با روش CCUS در طول سال ۲۰۲۲ وارد فاز عملیاتی شد.

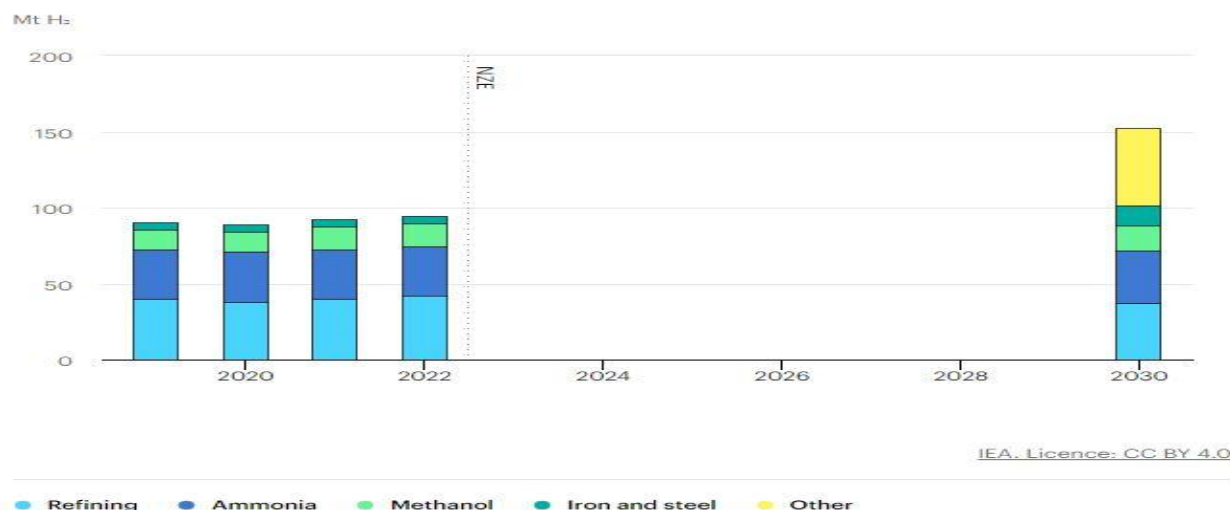
رسیدن به مسیر با سناریوی انتشار صفر خالص مستلزم افزایش سریع هیدروژن کم انتشار، با حدود ۵۰ میلیون تن تولید هیدروژن بر اساس الکترولیز و بیش از ۳۰ میلیون تن تولید شده از سوخت‌های فسیلی با CCUS تا سال ۲۰۳۰ (مجموعاً)

¹⁶ By-Product Hydrogen

بیش از ۵۰ درصد تولید هیدروژن)، است. این امر به ظرفیت نصب‌شده بیش از ۵۵۰ گیگاوات الکترولیزور نیاز دارد، که به‌نوبه خود هم به افزایش سریع ظرفیت تولید الکترولیزور و هم به استقرار قابل توجه ظرفیت تجدیدپذیر اختصاصی برای تولید هیدروژن و بهبود شبکه برق نیاز دارد. با توجه به سوخت‌های فسیلی، تا سال ۲۰۳۰ تقاضای گاز طبیعی برای تولید هیدروژن تقریباً ۳۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۲ در سناریوی انتشار صفر خالص است، درحالی‌که تقاضای زغال‌سنگ نزدیک به یک‌پنجم کاهش می‌یابد. در هر دو مورد، ظرفیت تولید تازه مستقرشده مجهز به CCUS است و کسری از تأسیسات موجود که هنوز در سال ۲۰۳۰ فعال هستند، به CCUS مجهز می‌شوند.

❖ استقرار فناوری

تقاضای جهانی برای هیدروژن در سال ۲۰۲۲ حدود ۳ درصد رشد کرد، اما همچنان در کاربردهای سنتی متمرکز است و به کاربردهای جدید توجه کمتری دارد.



تقاضای جهانی هیدروژن بر اساس بخش در سناریوی صفر خالص، ۲۰۲۰-۲۰۳۰

تقاضای هیدروژن در کاربردهای سنتی در بخش‌های پالایش و صنعت، با نفوذ بسیار محدود در کاربردهای جدید، متمرکز باقی‌مانده است. در برنامه‌های جدید تقاضا در کاربردهای جدید، مانند حمل‌ونقل، گرمای با دمای بالا در صنعت^{۱۷}، آهن اسفنجی^{۱۸} مبتنی بر هیدروژن، برق و ساختمان‌ها، کمتر از ۰.۱ درصد تقاضای جهانی را تشکیل می‌دهد. بیشتر این تقاضا در حمل‌ونقل جاده‌ای متمرکز شده است، اگرچه سایر برنامه‌ها نیز به‌تازگی بخشی از توجهات را به خود جلب نموده‌اند.

¹⁷ High-Temperature Heat in Industry

¹⁸ Direct Reduction Iron

چندین معرفی جدید از کاربردهای نهایی کلیدی برای هیدروژن و سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن کم انتشار در سال گذشته در تولید مواد شیمیایی، پالایش، گرمایش با دمای بالا و حمل‌ونقل وارد عمل شد. رساندن این فناوری‌ها به تجاری‌سازی در اسرع وقت برای باز کردن بخش قابل‌توجهی از تقاضا در این برنامه‌های جدید حیاتی خواهد بود. رسیدن به مسیر با سناریوی انتشار صفر خالص نیازمند تغییر مرحله‌ای در ایجاد تقاضا، به‌ویژه در برنامه‌های جدید است. تا سال ۲۰۳۰ تقاضای هیدروژن بیش از ۱.۵ برابر افزایش می‌یابد و به بیش از ۱۵۰ میلیون تن می‌رسد که نزدیک به ۳۰ درصد از این تقاضا ناشی از کاربردهای جدید است.

❖ زیرساخت‌های حمایتی

زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن و هیدروژن بسیار محدود است، اما افزایش مقیاس^{۱۹} آن با ظهور برنامه‌های کاربردی جدید بسیار مهم است. هیدروژن امروزه بیشتر در همان محل تولید، بدون نیاز به زیرساخت‌های حمل‌ونقل، مصرف می‌شود. با افزایش تقاضا برای هیدروژن و ظهور کاربردهای جدید توزیع‌شده، نیاز به توسعه زیرساخت هیدروژنی وجود دارد که مراکز تولید و تقاضا را به هم متصل می‌کند.

خطوط لوله^{۲۰} کارآمدترین و کم‌هزینه‌ترین راه برای انتقال هیدروژن تا فاصله ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلومتری با ظرفیتی در حدود ۲۰۰ هزارتن در سال^{۲۱} است. حدود ۲۶۰۰ کیلومتر خط لوله هیدروژن در ایالات‌متحده و ۲۰۰۰ کیلومتر در اروپا در حال بهره‌برداری است که عمدتاً متعلق به شرکت‌های خصوصی هستند و برای اتصال کاربران صنعتی استفاده می‌شوند. چندین کشور، در حال توسعه‌ی طرح‌هایی برای زیرساخت‌های هیدروژنی جدید هستند که اروپا پیش‌تاز آن است. طرح خطوط لوله اصلی هیدروژنی اروپا^{۲۲} که در سال ۲۰۲۰ آغاز شد، ۳۲ اپراتور زیرساخت گاز را با هدف ایجاد زیرساخت هیدروژنی پان‌اروپایی^{۲۳} گرد هم می‌آورد. در ژوئن ۲۰۲۲، دولت هلند برنامه‌ای برای سرمایه‌گذاری ۷۵۰ میلیون یورویی در توسعه شبکه ملی انتقال هیدروژن به طول ۱۴۰۰ کیلومتر اعلام نمود. پیشرفت در مسیر سناریوی انتشار صفر خالص به حدود ۱۵۰۰۰ کیلومتر خط لوله هیدروژنی (شامل لوله‌های جدید و تغییر کاربری یافته) تا سال ۲۰۳۰ نیاز دارد.

برای انتقال هیدروژن در فواصل طولانی، حامل‌های هیدروژن و هیدروژن از نظر هزینه رقابتی‌تر از خطوط لوله هیدروژن هستند. در فوریه ۲۰۲۲، پروژه زنجیره تأمین انرژی هیدروژن برای اولین بار حمل‌ونقل هیدروژن مایع از استرالیا به ژاپن را نشان داد. با این حال، به دلیل چالش‌های فنی حمل‌ونقل هیدروژن مایع، تعداد فزاینده‌ای از پروژه‌ها امکان حمل آمونیاک را بررسی می‌کنند. همه این پروژه‌ها، به‌استثنای پروژه نئوم^{۲۴} که به تعطیلی مالی رسید، هنوز در مراحل اولیه توسعه هستند. در

¹⁹ Scale-Up

²⁰ Pipelines

²¹ kt per year

²² European Hydrogen Backbone

²³ Pan-European Hydrogen Infrastructure

²⁴ NEOM Project

مارس ۲۰۲۳. در سناریوی انتشار صفر خالص، بیش از ۱۵ میلیون تن هیدروژن کم انتشار (به شکل هیدروژن یا سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن) تا سال ۲۰۳۰ به سراسر جهان ارسال می‌گردد.

توسعه زیرساخت‌های ذخیره‌سازی هیدروژن نیز مورد نیاز خواهد بود. غارهای نمکی^{۲۵} در حال حاضر برای ذخیره‌سازی در مقیاس صنعتی در ایالات متحده و بریتانیا استفاده می‌شود. نقش بالقوه هیدروژن در برقراری تعادل در شبکه برق و توسعه بالقوه تجارت بین‌المللی مستلزم توسعه بیشتر ظرفیت ذخیره‌سازی و عملکرد انعطاف‌پذیر آن است. چندین پروژه تحقیقاتی برای نشان دادن تسریع چرخه ذخیره‌سازی هیدروژن در مقیاس بزرگ، مانند HyCAVmobil در آلمان و HyPSTER در فرانسه، در حال انجام است که هر دو برنامه‌ای برای شروع آزمایش‌ها در سال جاری دارند. سایر پروژه‌های تحقیقاتی در هلند، آلمان و فرانسه در حال تجزیه و تحلیل پتانسیل برای تغییر کاربری غارهای نمک گاز طبیعی برای ذخیره هیدروژن هستند. تحقیقات همچنین در توسعه انواع دیگر سایت‌های ذخیره‌سازی زیرزمینی (مانند میدان‌های گازی تخلیه‌شده، سفره‌های زیرزمینی و غارهای سنگی سخت) در حال پیشرفت است. در سال ۲۰۲۲، تأسیساتی برای ذخیره هیدروژن در غارهای سنگ سخت^{۲۶} در سوئد شروع به کار کرد. در سناریوی انتشار صفر خالص، ظرفیت ذخیره‌سازی جهانی^{۲۷} از ۰.۵ تراوات ساعت امروز به ۷۰ تراوات ساعت تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد.

❖ بازیگران کلیدی شکل‌دهنده بازار ذخیره‌سازی هیدروژن

- ایرلیکوئید^{۲۸}: ایرلیکوئید به‌عنوان یک بازیگر پیشرو در بازار هیدروژن، طیف وسیعی از راه‌حل‌های ذخیره‌سازی هیدروژن از جمله سیلندرهای گاز فشار بالا^{۲۹} و سیستم‌های ذخیره هیدروژن مایع^{۳۰} را ارائه می‌دهد. این شرکت حضور جهانی قوی دارد و فعالانه در فعالیت‌های تحقیق و توسعه شرکت دارد.
- لینده^{۳۱}: لینده یک تأمین‌کننده کلیدی راه‌حل‌های ذخیره‌سازی هیدروژن است که ذخیره‌سازی گاز هیدروژن فشرده^{۳۲}، ذخیره‌سازی هیدروژن مایع و سیستم‌های تولید هیدروژن در محل^{۳۳} را ارائه می‌دهد. این شرکت به‌طور فعال در پروژه‌های مربوط به توسعه زیرساخت هیدروژن مشارکت داشته است.

²⁵ Salt Caverns

²⁶ Hard Rock Caverns

²⁷ Global Bulk Storage Capacity

²⁸ Air Liquide

²⁹ High-Pressure Gas Cylinders

³⁰ Liquid Hydrogen Storage

³¹ Linde PLC

³² Compressed Hydrogen Gas Storage

³³ On-Site Hydrogen Generation Systems

- هگزاگون کامپوزیت^{۳۴}: هگزاگون کامپوزیتز در سیلندره‌های کامپوزیت فشار بالا^{۳۵} برای ذخیره هیدروژن تخصص دارد. سیلندره‌های سبک‌وزن و بادوام این شرکت به‌طور گسترده در حمل‌ونقل هیدروژن از جمله وسایل نقلیه پیل سوختی و اتوبوس‌های هیدروژنی استفاده می‌شود.
- مک فی انرژی^{۳۶}: مک فی انرژی، محلول‌های ذخیره‌سازی هیدروژن حالت جامد^{۳۷} بر اساس هیدرید منیزیم را توسعه و تولید می‌نماید. محصولات این شرکت ذخیره‌سازی ایمن و کارآمد هیدروژن را برای کاربردهای مختلف از جمله فرآیندهای صنعتی و یکپارچه‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه می‌دهند.

❖ نوآوری

فن‌آوری‌های تولید هیدروژن کم انتشار به سرعت در حال رشد هستند، اما تلاش بیشتری برای فناوری‌های کاربردی لازم است. امروزه همه مراحل زنجیره ارزش هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها در مقیاس تجاری عمل نمی‌کنند. در سمت عرضه، برخی از فناوری‌ها در حال حاضر به‌صورت تجاری در دسترس هستند، مانند الکترولیزهای تبادل غشایی قلیایی و پروتون^{۳۸}. فناوری‌های دیگر، مانند الکترولیزهای اکسید جامد^{۳۹}، به دلیل تلاش‌های نوآورانه اخیر در حال تجاری‌سازی هستند. در آوریل ۲۰۲۳، یک الکترولیز ۲.۶ مگاواتی الکترولیز اکسید جامد در یک پالایشگاه نسته^{۴۰} در هلند نصب شد و تنها چند هفته بعد، بلوم انرژی^{۴۱} یک سیستم الکترولیز اکسید جامد ۴ مگاواتی را در یک مرکز تحقیقاتی ناسا در کالیفرنیا نصب کرد.

فناوری‌های حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی نیز کاملاً بالغ هستند، اگرچه هنوز در مقیاس کوچک باقی‌مانده‌اند. تلاش‌های نوآوری و معرفی برای رساندن این فناوری‌ها به مقیاس موردنیاز برای تسهیل پذیرش هیدروژن به‌عنوان یک بردار انرژی پاک^{۴۲} در حال انجام است. در آوریل ۲۰۲۳، اولین تأسیسات ذخیره هیدروژن در جهان در یک مخزن متخلخل زیرزمینی^{۴۳} شروع به کار کرد.

در سمت تقاضا، وضعیت متفاوت است. فراتر از استفاده‌های سنتی از هیدروژن در پالایش و کاربردهای صنعتی که کاملاً تجاری هستند، اکثر فناوری‌های تقاضا فقط در مرحله معرفی یا نمونه اولیه هستند، اما اخیراً پیشرفت‌هایی حاصل شده است. در مارس ۲۰۲۳، اولین کشتی هیدروژنی جهان در نروژ راه‌اندازی شد. پروژه HyInHeat نیز در سال ۲۰۲۳ با هدف نشان

³⁴ Hexagon Composites

³⁵ High-Pressure Composite Cylinders

³⁶ McPhy Energy

³⁷ Solid-State Hydrogen Storage

³⁸ Alkaline and Proton Membrane Exchange Electrolysers

³⁹ Solid Oxide Electrolysers (SOEC)

⁴⁰ Neste

⁴¹ Bloom Energy

⁴² Clean Energy Vector

⁴³ Underground Porous Reservoir

دادن استفاده از هیدروژن در فرآیند گرمایش فرعی با دمای بالا^{۴۴} در کاربردهای صنعتی آغاز شد. اما تلاش‌های بیشتری برای توسعه تقاضای بالقوه هیدروژن، مورد نیاز است.

❖ خط مشی

دولت‌ها در حال اتخاذ استراتژی‌ها و اهداف هیدروژنی برای استقرار فناوری هستند، اما فقدان سیاست‌هایی برای تحریک تقاضا برای هیدروژن کم انتشار وجود دارد. در پایان سال ۲۰۲۲، در مجموع ۳۲ دولت استراتژی هیدروژن را در دست داشتند. اهداف برای استقرار فناوری‌های تولید هیدروژن، به‌ویژه در ظرفیت الکترولیز، با اهداف ملی به مجموع ۱۶۰ تا ۲۱۰ گیگاوات می‌رسد که ۳۰ تا ۴۰ درصد از ظرفیت الکترولیز نصب‌شده تا سال ۲۰۳۰ در سناریوی انتشار صفر خالص را تشکیل می‌دهد. با این حال، پیشرفت بسیار محدودی در ایجاد اهداف برای افزایش تقاضا برای هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها حاصل شده است. به‌استثنای اتحادیه اروپا، که در مارس ۲۰۲۳ با اهداف بلندپروازانه برای تحریک تقاضا در صنعت و حمل‌ونقل موافقت کرد. همچنین پیشرفت محدودی در اتخاذ سیاست‌هایی برای تحریک ایجاد تقاضا در سال گذشته وجود داشت. اکثر سیاست‌های موجود بر حمایت از ایجاد تقاضا در برنامه‌های حمل‌ونقل، عمدتاً از طریق یارانه‌های خرید و کمک‌های بلاعوض تمرکز دارند، در حالی که تعداد بسیار کمی از سیاست‌ها برنامه‌های صنعتی را هدف قرار می‌دهند، علی‌رغم اینکه این برنامه‌ها بیشترین تقاضای فعلی را تشکیل می‌دهند. تصویب سهمیه‌ها و دستورات یکی دیگر از ابزارهایی است که دولت‌ها برای حمایت از ایجاد تقاضا در صنعت، هوانوردی و کشتیرانی در نظر گرفته‌اند، هرچند هنوز هیچ یک از سهمیه‌های اعلام‌شده لازم‌الاجرا نشده است. تعداد فزاینده‌ای از دولت‌ها استراتژی‌ها و اهدافی را برای استقرار فناوری اتخاذ می‌کنند، اما در اجرای سیاست‌ها مشکلاتی وجود دارد.

❖ افزایش حمایت از تحقیق و توسعه با پیشتازی اروپا و ایالات متحده

- دولت‌ها تلاش‌های خود را برای نمایش استراتژیک فناوری‌های کلیدی هیدروژن، با برنامه‌های جدید افزایش می‌دهند:
- اتحادیه اروپا: در ژانویه ۲۰۲۳، شراکت هیدروژن پاک اتحادیه اروپا یک فراخوان ۱۹۵ میلیون یورویی برای پیشنهادات با هدف حمایت از پروژه‌های حاوی راه‌حل‌های تولید، ذخیره و توزیع هیدروژن تجدیدپذیر، و تحریک استفاده از هیدروژن کم انتشار، ایجاد نمود.
 - ایالات متحده: در مارس ۲۰۲۳، وزارت انرژی یک برنامه تحقیق و توسعه ۷۵۰ میلیون دلاری را برای فناوری‌های پیشرفته هیدروژن پاک اعلام کرد.

⁴⁴ Ancillary High-Temperature Heating

- بریتانیا: دولت در سپتامبر ۲۰۲۲ دور سوم مسابقه معرفی فناوریهای دریایی پاک^{۴۵} را افتتاح کرد. همچنین فاز دوم برنامه‌های تحقیق و توسعه در تولید هیدروژن را با استفاده از BECCS^{۴۶} (دسامبر ۲۰۲۲) و جایگزینی دیزل در خودروها و ماشین‌آلات خارج از جاده^{۴۷} (مارس ۲۰۲۳) آغاز نمود.

❖ اتخاذ مکانیسم‌های جدید توسط دولت‌ها برای حمایت از توسعه‌دهندگان پروژه‌ها و کاهش

ریسک سرمایه‌گذاری

- چندین دولت شروع به اجرای سیاست‌هایی در قالب کمک‌های بلاعوض، وام‌ها و معافیت‌های مالیاتی نموده‌اند. این فعالیت‌ها به‌ویژه در طول سال ۲۰۲۲ و آغاز سال ۲۰۲۳، با چندین اعلامیه مهم، تشدید یافت:
- اتحادیه اروپا: کمیسیون اروپا در ماه ژوئیه و در سپتامبر بودجه دو موج از پروژه‌های مهم مرتبط با هیدروژن با منافع مشترک اروپایی (Hy2Tech، با تمرکز بر فناوری‌های هیدروژن، و Hy2Use، با تمرکز بر کاربردهای صنعتی) را تصویب نمود. علاوه بر این، اولین مزایده بانک هیدروژن اروپا برای حمایت از پروژه‌های تولید داخلی هیدروژن تجدیدپذیر برای پایان سال ۲۰۲۳ اعلام شده است.
 - آلمان: روند مناقصه H2Global در دسامبر ۲۰۲۲ آغاز شد و انتظار می‌رود تا پایان سال ۲۰۲۴ تحویل داده شود، اگرچه مهلت مناقصه اخیراً تمدید شده است.
 - ژاپن: NEDO ۲۲۰ میلیارد ین از پروژه صندوق نوآوری سبز برای حمایت از پروژه زنجیره تأمین هیدروژن مایع بین استرالیا و ژاپن متعهد شد.
 - ایالات متحده: دولت ایجاد اعتبار مالیاتی، اعتبار سرمایه‌گذاری و کمک مالی برای پروژه‌های تولید هیدروژن کم انتشار را اعلام نمود. علاوه بر این، در سپتامبر ۲۰۲۲، وزارت انرژی یک فراخوان ۷ میلیارد دلاری برای هاب‌های هیدروژن پاک منطقه‌ای ایجاد کرد.

❖ افزایش توسعه استانداردها و طرح‌های صدور گواهینامه برای هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها

- انتظار می‌رود که تشکل مشارکت بین‌المللی برای هیدروژن و پیل‌های سوختی در اقتصاد، نسخه نهایی روش‌شناسی خود را برای تعیین انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با تولید هیدروژن تا پایان ۲۰۲۳ منتشر کند. این روش به‌عنوان مبنایی برای سازمان بین‌المللی استاندارد عمل خواهد کرد. استاندارد ایزو^{۴۸} به دنبال تهیه پیش‌نویس مشخصات فنی تا پایان سال ۲۰۲۳ و پیش‌نویس استاندارد بین‌المللی تا پایان سال ۲۰۲۴ است.

⁴⁵ Clean Maritime Demonstration Competition

⁴⁶ Bioenergy Carbon Capture Storage

⁴⁷ Replacement of Diesel in Off-Road Vehicles and Machinery

⁴⁸ ISO

- به موازات آن، دولت‌ها در حال تلاش برای ایجاد چارچوب‌های نظارتی و طرح‌های صدور گواهینامه هستند.
- استرالیا در حال توسعه یک طرح داوطلبانه برای گواهی‌های گارانتی مبدأ^{۴۹} است.
 - کمیسیون اروپا در فوریه ۲۰۲۳ دو قانون تفویض شده را با قوانینی برای تعریف هیدروژن تجدیدپذیر تصویب کرد که پس از تصویب شورا و پارلمان لازم‌الاجرا خواهد بود.
 - فرانسه در حال کار بر روی جزئیات طرح‌های تعریف‌شده برای دسته‌بندی‌های هیدروژن در فرمان شماره ۲۰۲۱-۱۶۷ خود است.
 - بریتانیا یک استاندارد هیدروژن کم‌کربن را در ژوئیه ۲۰۲۲ منتشر نمود و در فوریه ۲۰۲۳ یک رایزنی برای طرح صدور گواهینامه به انجام رساند.
 - وزارت انرژی ایالات متحده در سپتامبر ۲۰۲۲ استاندارد تولید هیدروژن پاک را پیشنهاد نمود و در حال کار بر روی جزئیات روش‌شناختی برای کاربرد آن در طرح‌های حمایتی مانند اعتبار مالیاتی تولید هیدروژن پاک تحت قانون کاهش تورم است.
- با این حال، روش‌های تعریف‌شده برای این طرح‌های صدور گواهینامه لزوماً همسو نیستند. این امر ممکن است به یک مانع مهم تبدیل شود، زیرا سرمایه‌گذاری‌هایی که منجر به تجارت هیدروژن با انتشار کم آلاینده‌ها می‌شود، به شناخت بین‌المللی استانداردها و گواهی‌ها متکی است.

منبع : iea.org

⁴⁹ Guarantee of Origin Certificates

شرکت پیشتاز در زنجیره تأمین هیدروژن



شرکت ایرلیکوئید^{۵۰} در اتریش پیشتاز در صنعت گاز و همچنین زنجیره تأمین هیدروژن از تولید تا ذخیره‌سازی و توزیع و پر کردن مخازن و ایستگاه‌های هیدروژن و توسعه کاربردهای نهایی است و از تجربه ۶۰ ساله خود در این زمینه استفاده می‌کند. این شرکت از هیدروژن به‌ویژه برای کاربرد در صنعت حمل‌ونقل و اتومبیل‌ها حمایت می‌کند. همچنین این شرکت بخشی از پروژه "CertifHy" که اولین پروژه در سطح اتحادیه اروپا برای تولید هیدروژن تجدیدپذیر و کم‌کربن می‌باشد، است. این شرکت با ۶۶۴۰۰ کارمند در ۷۵ کشور به بیش از ۳.۸ میلیون مشتری خدمات ارائه می‌دهد.

ایرلیکوئید در سال ۱۹۰۲ از یک ایده ساده متولد شد: تولید صنعتی اکسیژن از هوا. بیش از یک قرن بعد، اکسیژن، نیتروژن و هیدروژن و هنوز هم هرروز ایده‌های جدیدی را برای ایجاد برنامه‌های کاربردی ارزش‌افزوده برای مشتریان و بخش‌های درمانی الهام می‌بخشد.

شورای هیدروژن که در ابتدای سال ۲۰۱۷ به‌عنوان بخشی از مجمع جهانی اقتصاد در داووس تأسیس شد، یک ابتکار منحصربه‌فرد در سطح جهانی برای ارتقای نقش فناوری‌های هیدروژن در انتقال انرژی جهانی است. اعضای آن از ۳۳ شرکت چندملیتی پیشرو و ۲۰ بازیگر پویا از کل زنجیره ارزش هستند. ایرلیکوئید این ابتکار جهانی را با تویوتا پایه‌گذاری کرد و از سال ۲۰۱۸ با هیوندای ریاست شورا را بر عهده دارند.

⁵⁰ Air Liquide

❖ تولید هیدروژن به‌عنوان یک سوخت عالی

هیدروژن پایدار و سازگار با محیط‌زیست است. در زمین، H_2 را می‌توان با استفاده از الکترولیز آب استخراج کرد.



واکنش معکوس توسط یک پیل سوختی ممکن می‌شود: الکتریسیته زمانی تولید می‌شود که هیدروژن به‌اضافه اکسیژن به آب تبدیل شود.

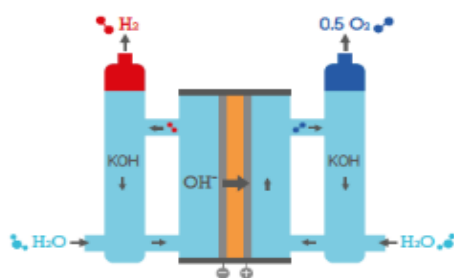


روش رفورمینگ بخار یا (SMR) متداولترین روش برای تولید هیدروژن است زیرا کم‌هزینه‌ترین روش است اما به سبب ایجاد آلودگی مقبول نیست و در آینده باید جایگزین شود. در این روش تحت تأثیر بخار آب تزریق شده، هیدروژن و دی‌اکسید کربن تولید می‌شود. هم‌اکنون شرکت ایرلیکوئید در حال کار بر روی روش Cryocap™ H2 است که روشی "کم‌کربن" برای تولید هیدروژن است.

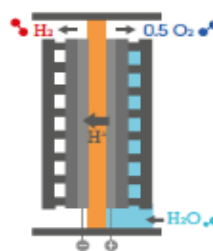
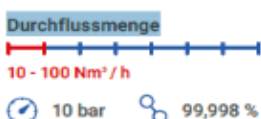
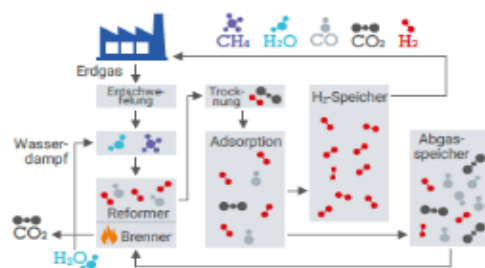
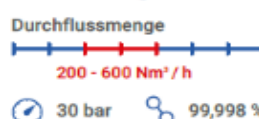
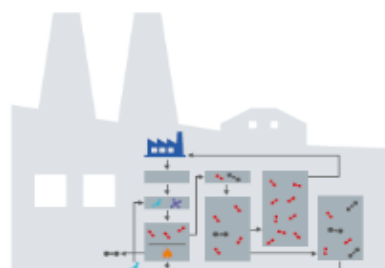
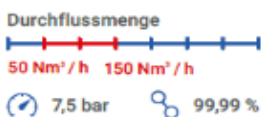
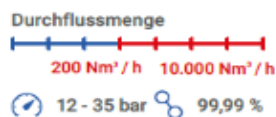
همچنین می‌توان از بیومتان به‌عنوان ماده اولیه تولید هیدروژن استفاده کرد. یک گاز ۱۰۰٪ تجدید پذیر تولیدشده از تخمیر مواد آلی مانند زباله‌های صنایع غذایی، زباله‌های کشاورزی و خانگی یا از لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب. در این حالت، هیدروژن تولیدشده به‌عنوان "تجدید پذیر" نامیده می‌شود.

در طبیعت، هیدروژن عنصری بی‌نظیر است که به‌راحتی یافت می‌شود. هیدروژن عنصر شیمیایی است و ۹۲٪ اتم‌های جهان را هیدروژن تشکیل می‌دهد. بی‌رنگ و بی‌بو و ۱۴ بار سبک‌تر از هواست و در دمای -۲۵۳ درجه مایع می‌شود و همچنین، غیر سمی و غیر سرطان‌زاست و آلاینده‌گی ندارد اما کاملاً قابل اشتعال است. در ترکیبات شیمیایی مانند آب، هیدروکربن‌ها و سایر ترکیبات آلی وجود دارد و قابل استخراج است. هیدروژن گاز سبکی است که در پیل‌های سوختی با اکسیژن هوای اطراف به‌سرعت ترکیب می‌شود و محصول جانبی آن تنها آب است. هیدروژن می‌تواند از طیف گسترده‌ای از منابع انرژی به‌خصوص از گاز طبیعی به دست آید، و همچنین از منابع انرژی تجدید پذیر و در نتیجه جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی خواهد بود. هم‌اکنون بخش انرژی در جهان در حال یک تحول عمیق است و هیدروژن نقش اساسی در این تحول دارد و کلید مهمی برای کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین وابستگی به سوخت‌های برپایه نفت است.

روش دیگر رایج تولید هیدروژن، الکترولیز آب است. در طول الکترولیز، با استفاده از برق مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند، که هیدروژن و اکسیژن تولید می‌کند. با این روش دی‌اکسید کربن آزاد نمی‌شود و می‌تواند به اصطلاح هیدروژن کم‌کربن باشد. در این روش برق مورد استفاده، تولید شده از منابع تجدیدپذیر (به‌عنوان مثال با استفاده از توربین‌های بادی یا مازول‌های خورشیدی) است لذا هیدروژن بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای ساخته شده و به‌عنوان "تجدید پذیر" شناخته می‌شود. در حقیقت هیدروژن خاکستری نتیجه فرایند رفورمینگ بخار و با تولید آلاینده دی‌اکسید کربن و رهاسازی در جو همراه است. در فرایند تولید هیدروژن آبی، دی‌اکسید کربن به روش (Carbon Capture and Storage, CCS) جداسازی و ذخیره می‌شود و در نهایت هیدروژن سبز از فرایند کاملاً پاک الکترولیز آب به دست می‌آید.



Alkalische Elektrolyse


 PEM Elektrolyse
Proton-Exchange-Membran

 SMR – Small Scale
Steam-Methane-Reforming

 SMR – Large Scale
Steam-Methane-Reforming


روش‌های تولید هیدروژن (ساعت‌گرد از بالا سمت چپ) روش قلیایی، روش الکترولیز (PEM)، روش رفورمینگ بخار (SMR) در مقیاس بزرگ و در نهایت روش رفورمینگ بخار (SMR) در مقیاس کوچک

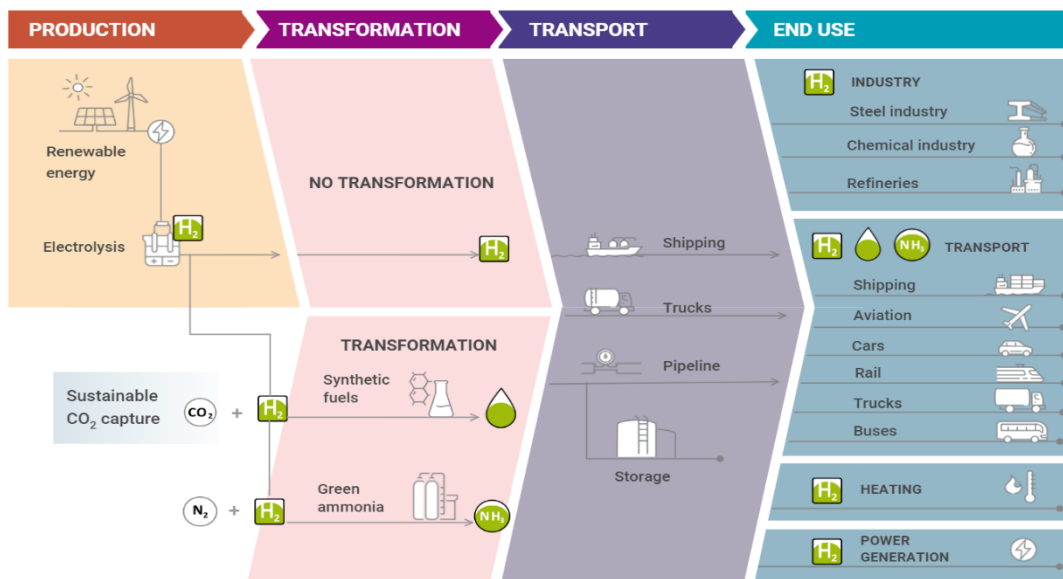
❖ خدمات شرکت



- سرویس و نگهداری تأسیسات
- انجام آزمایش‌ها تجویز شده (به کمک رایانه)
- پشتیبانی و راه‌حل‌های فنی
- مشاوره، تأمین، فناوری ایمنی، بازرسی و تجهیزات
- تبادل تجربیات با بخش‌های تخصصی / سیستم‌های تأمین تریلر / مخزن و الکترولیز
- سیستم‌های کنترل شده H_2 / سیستم‌های آزمایشی یا سیستم‌های نهایی
- مهندسی، راه‌اندازی، دستورالعمل‌های ایمنی
- تجزیه و تحلیل گاز و فرآیند در محل
- تخصص احتراق و عملیات حرارتی
- مشاوره تخصصی (تأمین / برنامه کاربردی)، به‌عنوان مثال: توسعه تجارت با فناوری پیشرفته ایرلیکوئید
- پشتیبانی از تست‌های آزمایشی
- ایجاد مفهوم عرضه
- OPEX (تأمین موقت)
- تجهیزات فروش / زیرساخت

منبع : <https://at.airliquide.com>

افزایش مقیاس^{۵۱} هیدروژن سبز







تولید، تبدیل و استفاده نهایی هیدروژن سبز در سراسر سیستم‌های انرژی

درحالی‌که جهان در تلاش برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌منظور جلوگیری از تغییرات اقلیمی است، هیدروژن سبز می‌تواند گام مهمی در راستای دور شدن از سوخت‌های فسیلی باشد. هیدروژن سبز می‌تواند به یک تغییردهنده بازی برای بخش‌هایی که کربن‌زدایی سختی دارند (مثل حمل‌ونقل و صنعت) تبدیل شود و مکمل برق‌رسانی و بهره‌وری انرژی در مسیر خنثی‌سازی کربن تا سال ۲۰۵۰ باشد. کاهش هزینه‌های انرژی تجدیدپذیر، صرفه‌جویی در مقیاس و بهبود فن‌آوری‌های الکترولیز می‌تواند هیدروژن سبز را به گزینه‌ای رقابتی در دهه آینده تبدیل کند.

❖ هیدروژن سبز

هیدروژن در رنگ‌های مختلفی وجود دارد، از خاکستری، آبی و فیروزه‌ای بر پایه سوخت‌های فسیلی تا سبز مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر. ۹۵ درصد هیدروژن تولید شده امروزه خاکستری است که از سوخت فسیلی تولید می‌شود. فقط هیدروژن سبز با استفاده پایدار و ایمن از انرژی و با هدف انتشار خالص صفر سازگار است و می‌تواند وابستگی به هیدروژن مبتنی بر سوخت فسیلی خاکستری و آبی ترکیبی را کاهش دهد.

⁵¹ Scale-Up

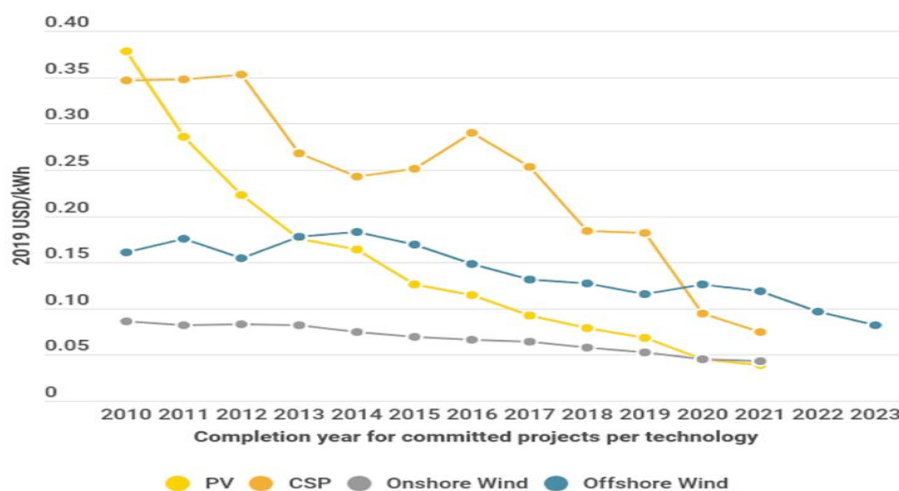
Color	GREY HYDROGEN	BLUE HYDROGEN	TURQUOISE HYDROGEN*	GREEN HYDROGEN
Process	SMR or gasification	SMR or gasification with carbon capture (85-95%)	Pyrolysis	Electrolysis
Source	Methane or coal 	Methane or coal 	Methane 	Renewable electricity 

Note: SMR = steam methane reforming.
* Turquoise hydrogen is an emerging decarbonisation option.

برخی رنگ‌های هیدروژن و منبع تولید آن

❖ هزینه‌های هیدروژن

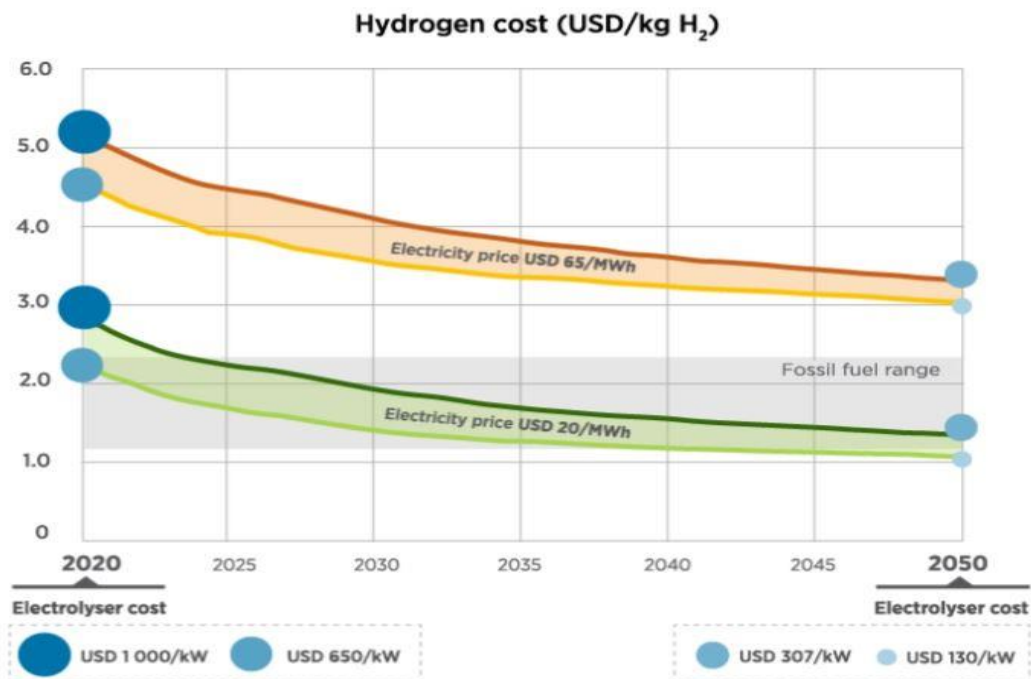
هزینه‌های هیدروژن بسته به مسیر فناوری متفاوت است. قیمت هیدروژن سبز در حال حاضر بین دو تا سه برابر بیشتر از هیدروژن آبی است. هزینه تولید هیدروژن سبز با قیمت برق تجدیدپذیر، هزینه سرمایه‌گذاری الکترولیزور و ساعات کار آن تعیین می‌شود. محرک اصلی هزینه، قیمت برق است. اگر افزایش سریع مقیاس و استقرار سریع الکترولیزرها در دهه آینده اتفاق بیفتد، با کاهش مستمر هزینه‌های برق تجدیدپذیر، هیدروژن سبز می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ با هیدروژن آبی بر سر هزینه‌ها رقابت کند.



روند کاهشی هزینه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳

❖ پتانسیل کاهش هزینه

قیمت برق بزرگ‌ترین عامل هزینه هیدروژن سبز است. مصرف برق را می‌توان بر اساس قیمت واقعی تولیدات خورشیدی و بادی تنظیم کرد که در فصول مختلف، زمان‌های روز و شرایط آب و هوایی متفاوت است. الکترولیزورها آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌نمایند. بزرگ‌ترین عامل هزینه الکترولیزورها برق مصرفی آن‌ها است. با بهترین منابع تجدیدپذیر ممکن، هیدروژن سبز تقریباً می‌تواند در هزینه‌ها با دیگر انواع انرژی امروز رقابت کند. بارهای الکترولیز را می‌توان با منبع انرژی خورشیدی و بادی که می‌تواند بسته به فصل، زمان روز و شرایط آب و هوایی متفاوت باشد، از نظر اقتصادی تنظیم نمود. اما هزینه‌های ساخت و راه‌اندازی دستگاه‌های الکترولیز نیز تفاوت ایجاد می‌کند. در دهه آینده، استراتژی‌های کاهش هزینه الکترولیز می‌تواند این شکاف را بیشتر کاهش و دامنه مکان‌های مقرون‌به‌صرفه و امکان‌پذیر برای جذب هیدروژن سبز را گسترش دهد.

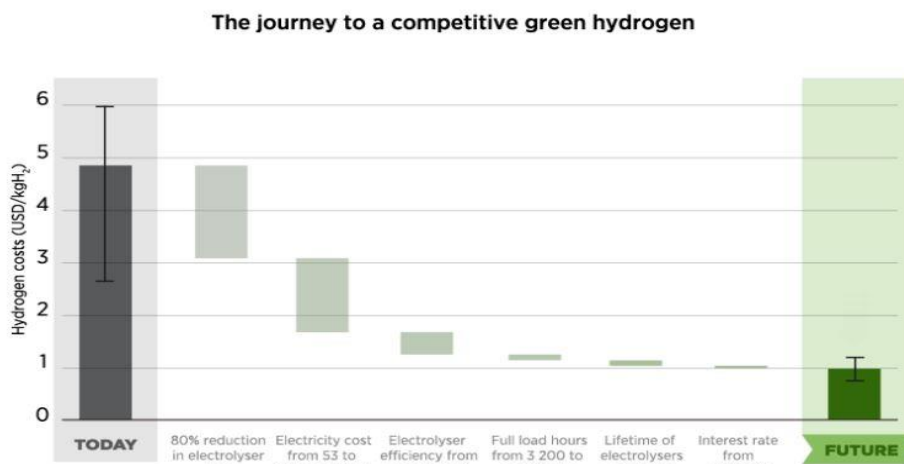


هزینه هیدروژن و الکترولیزر از ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰

❖ حرکت به سوی هیدروژن مقرون‌به‌صرفه

کارخانه‌های الکترولیزر مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در حال طراحی و بهینه‌سازی مجدد هستند و در نتیجه هزینه‌های سرمایه‌گذاری را تا سال ۲۰۵۰ تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهند. استراتژی‌های دستیابی به کاهش هزینه موردنیاز شامل نوآوری

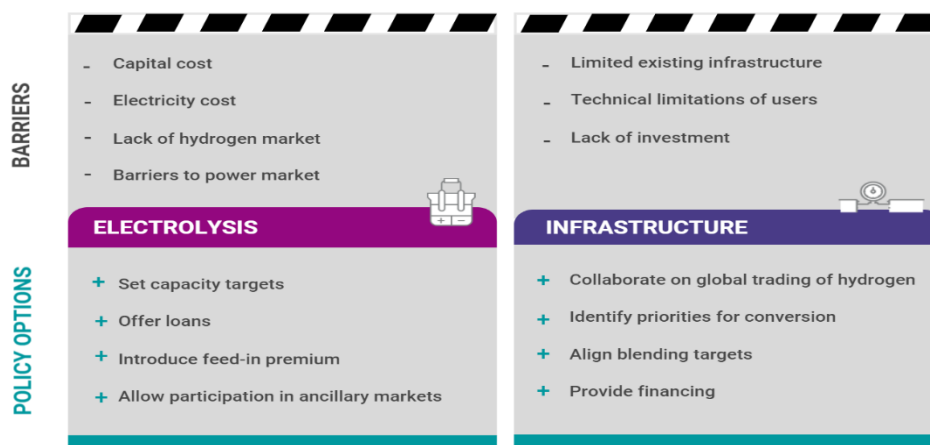
برای بهبود عملکرد الکترولیزور، افزایش ظرفیت تولید، استانداردسازی و آموخته‌های حاصل از استقرار است. این موارد می‌توانند هزینه‌ها را به کمتر از ۲ دلار در هر کیلوگرم کاهش داده و آن را رقابتی کنند.



مقرون به صرفه شدن فناوری هیدروژن سبز طی سال‌های آتی

❖ چارچوب سیاستی و نظارتی برای تحریک سرمایه‌گذاری‌ها

انتقال هیدروژن از سطح پایین به سطوح گیگاوات نیازمند سیاست‌گذاری و چارچوب نظارتی است که برای تحریک سرمایه‌گذاری خصوصی در تولید هیدروژن طراحی شده است. دولت‌ها در تعریف استراتژی‌های ملی هیدروژن برای تعریف سطح جاه‌طلبی نقش محوری دارند و به‌عنوان مرجعی برای بخش خصوصی با هدف جذب منابع مالی عمل می‌کنند.



موانع و سیاست‌های انتخاب شده برای بخش‌هایی از زنجیره ارزش هیدروژن (۱)

❖ حمایت بین‌المللی از فناوری هیدروژن در صنعت، هوانوردی و کشتیرانی

هیدروژن سبز می‌تواند طیف گسترده‌ای از مصارف نهایی غیر از سوخت را پشتیبانی نماید. همچنین این فناوری می‌تواند امکان انعطاف‌پذیری و ذخیره‌سازی بیشتر را فراهم کند، به امنیت انرژی، کاهش آلودگی هوا کمک کند و مزایای اجتماعی و اقتصادی دیگری مانند رشد اقتصادی و ایجاد شغل و رقابت صنعتی را به همراه داشته باشد. سیاست‌گذاران می‌توانند از مزایای هیدروژن سبز با طراحی اکوسیستم هیدروژن سبز برای اطمینان از ارزش صنعتی، اقتصادی و اجتماعی بهره ببرند.

	INDUSTRY	AVIATION	SHIPPING
BARRIERS	<ul style="list-style-type: none"> - High cost - Lack of demand for green products - Global competition and carbon leakage 	<ul style="list-style-type: none"> - High cost - Procurement of sustainable CO₂ - Policy focus on biofuels 	<ul style="list-style-type: none"> - High cost - Technical barriers
POLICY OPTIONS	<ul style="list-style-type: none"> + Offer dedicated loans + Develop public procurement of green products + Phase out high-emission technologies 	<ul style="list-style-type: none"> + Set targets + Review policy focus + Expand emissions trading system 	<ul style="list-style-type: none"> + Introduce fiscal incentives + Set targets for zero-emission vessels + Support infrastructure development

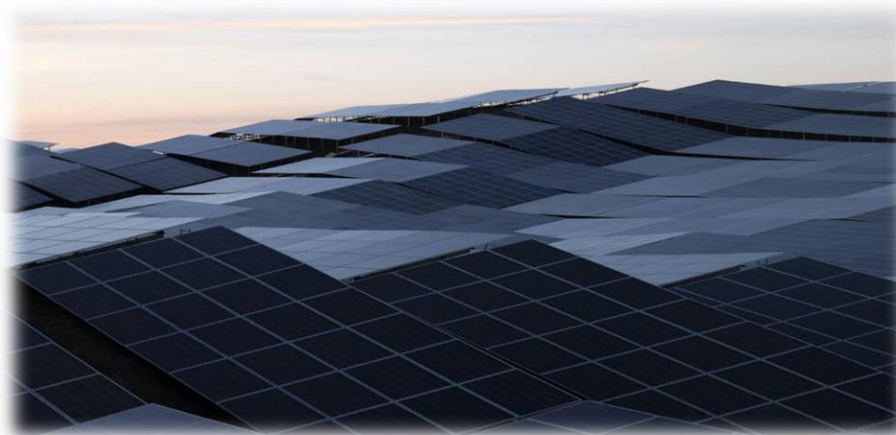
موانع و سیاست‌های انتخاب شده برای بخش‌هایی از زنجیره ارزش هیدروژن (۲)

هیدروژن سبز می‌تواند بدون حمایت گسترده و هماهنگ در سراسر زنجیره ارزش پایدار باشد. امروزه بیش از ۱۰۰ کشور با تعهد سیاسی به هدف انتشار خالص صفر وجود دارند. تعداد فزاینده‌ای از مناطق، شهرها و شرکت‌ها متعهد به دستیابی به انتشار خالص صفر هستند. سرمایه‌گذاران صنعت حداقل ۲۵ گیگاوات (GW) ظرفیت الکترولیزور برای هیدروژن سبز را تا سال ۲۰۲۶ برنامه‌ریزی می‌کنند. با این حال، برای تحقق اهداف بلندپروازانه اقلیمی و حفظ میانگین دمای جهانی در ۱.۵ درجه سانتی‌گراد، به رشد بسیار سریع‌تری در انرژی تجدیدپذیر و همچنین ظرفیت هیدروژن سبز نیاز است.

بخش‌هایی مانند حمل‌ونقل هوایی و کشتیرانی به راه‌حلی نیاز دارند که فراتر از مرزها کار کنند. بخش‌های صنعتی مانند آهن، فولاد و سیمان یا پتروشیمی‌ها در سطح منطقه‌ای و جهانی معامله می‌شوند و سوخت‌هایی مانند هیدروژن به‌طور فزاینده‌ای بین کشورها مبادله خواهند شد. رسیدن به آلاینده‌ی صفر در بخش‌های مصرف‌کننده نهایی مستلزم درجه بالایی از همکاری بین‌المللی است. همکاری بین‌المللی برای گرد هم آوردن سیاست دولت و چشم‌انداز صنعت امری کلیدی است.

منبع : irena.org

مزایای ذخیره انرژی هیدروژن سولار پلاس



کاربرد انرژی خورشیدی برای تولید و ذخیره هیدروژن، منجر به تولید بهینه هیدروژن می‌شود و آن را برای توزیع انرژی و استفاده در زمان بعدی ذخیره می‌کند. ترکیب انرژی خورشیدی و ذخیره انرژی، به‌ویژه ذخیره انرژی هیدروژن، مزایای زیادی ارائه می‌دهد.

❖ ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن چیست؟

ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن یک فناوری شبیه به ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه باتری است. هر دو سیستم از انرژی خورشیدی در محل استفاده می‌کنند. ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن از انرژی خورشیدی برای راه‌اندازی سیستم‌هایی به نام الکترولیز استفاده می‌کند که فرآیند شیمیایی الکترولیز را تسهیل می‌نماید. الکترولیز یک فرآیند شیمیایی است که با تقسیم مولکول‌های آب به هیدروژن و اکسیژن، هیدروژن تولید می‌کند. این فرآیند الکتروسیته را به انرژی قابل ذخیره (به شکل هیدروژن) تبدیل می‌نماید.

ذخیره انرژی هیدروژن با ذخیره و تأمین انرژی بلااستفاده تولید شده از انرژی خورشیدی، اوج هزینه‌های تقاضای برق را جبران می‌کند. هیدروژن را می‌توان به شکل گاز هیدروژن و فشرده، به شکل هیدروژن مایع یا به شکل هیدریدهای فلزی ذخیره کرد و حداقل تلفات را در پی دارد.

❖ مزایای ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن

مزایای ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی و هیدروژن، در سه عنوان محیطی، مالی و عملی در ادامه بیان شده است. این مزایای منحصربه‌فرد ترکیب این دو فناوری را برای کاربردهای خاصی مانند تولید برق و گرما و برق ایده آل می‌سازد.

۱. محیط‌زیست^{۵۲}

مزایای زیست‌محیطی زیادی در ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن وجود دارد. ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن، هیدروژن سبز را ایجاد و ذخیره می‌کند. انواع مختلف هیدروژن با استفاده از یک سیستم رنگی بر اساس تأثیر زیست‌محیطی روش تولید آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. هیدروژن سبز تمیزترین شکل هیدروژن است که هیچ تأثیر منفی زیست‌محیطی در طول تولید آن رخ نمی‌دهد زیرا احتراق آن فقط آب تولید می‌کند.

مانند هر فناوری انرژی تجدیدپذیر، ذخیره انرژی خورشیدی و هیدروژن باعث افزایش پایداری و کاهش ردپای کربن می‌گردد. افزودن این فناوری هم به نفع محیط‌زیست و هم شرکت‌ها خواهد بود. نشان دادن تعهد به پایداری می‌تواند افراد همفکر را در قالب مشتریان، کارمندان یا سرمایه‌گذارانی که به دنبال برآوردن الزامات ESG^{۵۳} هستند، جذب نماید.

۲. دیدگاه مالی^{۵۴}

استفاده از ذخیره انرژی هیدروژن در ترکیب با فناوری خورشیدی مزایای مالی نیز دارد. این ترکیب اتکا به شبکه برق محلی کاهش می‌یابد و با ذخیره و توزیع نیروی اضافی در زمان‌های تقاضای بالا، هزینه‌های اوج تقاضا را جبران می‌کند. در نتیجه، به کاهش قبوض کمک می‌کند.

۳. دیدگاه عملیاتی^{۵۵}

مزایای عملی ذخیره انرژی خورشیدی به‌علاوه هیدروژن شامل سازگاری آن با خروجی سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی به دلیل استفاده از الکترولیز از جریان DC ولتاژ پایین است. هیدروژن همچنین می‌تواند با بسیاری از کاربردهای مختلف سازگار شود زیرا می‌تواند از طریق خطوط لوله، مخازن و ترکیبات هیدریدی حمل شود و با زیرساخت‌های گاز طبیعی موجود سازگار کار کند. این مزایا برای فناوری ذخیره انرژی خورشیدی و هیدروژن منحصربه‌فرد است.

منبع: goenergylink.com - ۲۱ فوریه ۲۰۲۲

⁵² Environmental

⁵³ Environmental, Social and Governance

⁵⁴ Financial

⁵⁵ Practical

اولین قطار هیدروژنی خاورمیانه در عربستان سعودی



راه‌آهن عربستان سعودی^{۵۶} با همکاری آلستوم^{۵۷}، یک رهبر جهانی در حمل‌ونقل هوشمند و پایدار، اولین قطار هیدروژنی مسافری جهان را در عربستان سعودی به نمایش خواهد گذاشت. قطار کورادیا ایلینت آلستوم^{۵۸} به‌عنوان نسخه نمایشی در عربستان سعودی استفاده خواهد شد. این قطار در ریاض در ماه اکتبر راه‌اندازی و به نمایش درمی‌آید. این نمایش پیشگامانه، اولین معرفی قطار با نیروی هیدروژنی در خاورمیانه و آفریقا است. همکاری بین راه‌آهن عربستان سعودی و آلستوم نشان‌دهنده تمرکز قوی عربستان سعودی برای شناسایی و آزمایش راه‌حل‌های نوآورانه حمل‌ونقل پایدار برای کاهش انتشار کربن از حمل‌ونقل و دستیابی به اهداف چشم‌انداز ۲۰۳۰ تعیین‌شده توسط عربستان سعودی است. این نمایش برنامه‌ریزی‌شده نتیجه‌ی یادداشت تفاهم‌نامه امضاشده توسط راه‌آهن عربستان سعودی و آلستوم در سپتامبر ۲۰۲۲ برای توسعه یا تطبیق راه‌حل‌های هیدروژن در راستای نیازهای عربستان سعودی است. کورادیا ایلینت آلستوم، یک قطار مسافری با نیروی هیدروژن، اولین سفر در نوع خود را در عربستان سعودی آغاز خواهد کرد و ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر را در خط ۱ یا خط ۲ شبکه شرقی ریاض طی خواهد کرد.

دکتر بشار الممالک، مدیرعامل راه‌آهن عربستان سعودی، اظهار داشت: «راه‌آهن عربستان سعودی به‌طور کامل به نقش اساسی ملی خود متعهد است، و ابتکاراتی را در راستای چارچوب استراتژی حمل‌ونقل و لجستیک ملی^{۵۹} اجرا می‌کند.» وی در

⁵⁶ Saudi Arabia Railways (SAR)

⁵⁷ Alstom

⁵⁸ Coradia iLint Alstom

⁵⁹ National Transport and Logistics Strategy (NTLS)

ادامه بر اهمیت قطار هیدروژنی تأکید کرد و آن را یکی از حیاتی‌ترین نوآوری‌های مدرن در حمل‌ونقل پایدار اعلام کرد. قطار هیدروژنی با تولید انرژی بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای، مزایای بی‌شماری را ارائه می‌دهد که آن را به یک انتخاب قانع‌کننده برای راه‌حل‌های انرژی پایدار تبدیل می‌کند. تأثیر مثبت آن در سراسر محیط‌زیست، اقتصاد و آینده نسل‌های بعدی است. این یک نقطه عطف قابل توجه در تاریخ راه‌آهن عربستان سعودی و آلتوم است. قطارهای هیدروژنی دارای پتانسیل بسیار زیادی در کاهش انتشار کربن و ارائه یک جایگزین مناسب برای قطارهای دیزلی برای خطوط غیربرقی هستند. این امر یک گام مهم در توسعه مشترک سیستم‌های قطار هیدروژنی برای برآوردن نیاز روزافزون ظرفیت شبکه‌های عربستان سعودی و راه‌آهن عربستان سعودی است. محمد خلیل، مدیرعامل آلتوم در عربستان سعودی گفت: ما متعهد به همکاری با راه‌آهن عربستان سعودی در تلاش آن‌ها برای حمایت از تعاملات عربستان سعودی در زمینه انرژی پاک و هدف خالص صفر تا سال ۲۰۶۰ هستیم.

کورادیا ایلینت اولین قطار مسافربری جهان است که از سلول‌های سوختی هیدروژنی تأمین انرژی می‌شود که انرژی الکتریکی را برای پیش‌رانه تولید می‌کند. سال گذشته این قطار ۱۱۷۵ کیلومتر را بدون سوخت‌رسانی به مخازن هیدروژن خود طی کرد. این قطار بدون انتشار مستقیم کربن‌دی‌اکسید و بی‌صدا است و در حین کار فقط آب منتشر می‌کند و دارای چندین نوآوری است. آلتوم راه‌حل‌های هیدروژنی را در چندین پلتفرم توسعه داده است و چندین قرارداد برای قطارهای مجهز به سلول سوختی هیدروژنی امضا کرده است. دو ناوگان اول خدمات مسافربری تجاری را در آلمان از سال گذشته آغاز کردند. آلتوم و کورادیا ایلینت علائم تجاری محافظت‌شده گروه آلتوم هستند.

منبع: alstom.com

چین، پیشتاز فروش سیستم‌های الکترولیز آب



به گفته تولیدکنندگان محلی در نشست سران BNEF، فروش دستگاه الکترولیز هیدروژن در سال ۲۰۲۳ در چین بیش از دو برابر خواهد شد زیرا این کشور به اجرای پروژه‌های هیدروژن سبز ادامه می‌دهد. بخشی از افزایش تقاضا در سال آینده ناشی از پروژه‌های هیدروژن سبز است که به دلیل کووید به تأخیر افتاده است. الکترولیز دستگاهی است که هیدروژن را از طریق یک فرآیند شیمیایی تولید می‌کند. این فرآیند جداسازی مولکول‌های هیدروژن و اکسیژن آب با استفاده از الکتریسیته (الکترولیز) است. به گفته اریک لین، یکی از اعضای هیئت‌مدیره تولیدی جان کوکریل^{۶۰} در چین، حدود ۱.۵ تا ۲ گیگاوات دستگاه الکترولیز در سال ۲۰۲۳ به فروش می‌رسد. این مقدار در سال ۲۰۲۲، ۶۰۰ تا ۷۰۰ مگاوات بوده است. وانگ ینگه، معاون شرکت سازنده الکترولیز لانگی^{۶۱} در نشست BloombergNEF شانگهای گفت که بخشی از این تقاضای اضافی از پروژه‌هایی است که به دلیل شیوع کووید یا اختلالات زنجیره تأمین به تعویق افتادند. لانگی در حال برنامه‌ریزی برای افزایش ظرفیت تولید الکترولیز سالانه خود از ۱.۵ گیگاوات امروز به بیش از ۵ گیگاوات در سال ۲۰۲۵ است. تحلیلگران BloombergNEF انتظار دارند تقاضای جهانی الکترولیز از بیش از ۱ گیگاوات در سال جاری به حدود ۸۵ گیگاوات در سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. این شرکت تحقیقاتی به تازگی اعلام کرد که سازندگان الکترولیزهای چینی از نظر ظرفیت تولید در جهان پیشتاز هستند و در راس آن‌ها لانگی و پریک^{۶۲} (هر دو با ۱.۵ گیگاوات) و سانگرو^{۶۳} (۱.۱ گیگاوات) قرار دارند. ۸ تولیدکننده از ۲۰ تولیدکننده بزرگ الکترولیز در جهان چینی هستند و مجموعاً ظرفیت تولید سالانه ۶.۷ گیگاوات دارند. در مقابل، تولیدکنندگان اروپایی ظرفیت تولید ۴.۷ گیگاوات و شرکت‌های آمریکایی نیز ۲.۶ گیگاوات تولید داشته‌اند.

منبع: hydrogeninsight.com

⁶⁰ John Cockerill's Chinese manufacturing arm

⁶¹ Longi

⁶² Peric

⁶³ Sungrow

ظرفیت نصب‌شده تجمعی ۱ گیگاوات گلدویند در آمریکای جنوبی



توربین‌های نصب‌شده گلدویند در آمریکای جنوبی

در ۱۸ اکتبر ۲۰۲۲، ظرفیت نصب تجمعی گلدویند آمریکای جنوبی به ۱ گیگاوات رسیده است که نقطه عطفی بزرگ در بازار محلی است. گلدویند از زمان ورود به بازار آمریکای جنوبی، توربین‌های بادی با ظرفیتی بین ۱.۵ تا ۴.۸ مگاوات در بیش از ۵ کشور احداث نموده است. با فناوری پیشرفته و خدمات، گلدویند همچنان یک شریک قابل اعتماد باقی خواهد ماند که محصولات رقابتی در بخش انرژی پاک در بازار محلی ارائه می‌دهد.

در سال ۲۰۲۰، وزیر وقت وزارت برق اکوادور اظهار داشت که آنچه گلدویند نشان داده است کیفیت برتر، راندمان بالا و قابلیت اطمینان بالا است. پروژه ویلوناکو^{۶۴} توسط مقامات و مردم محلی موردستایش و تجلیل قرار گرفته است، که نشان‌دهنده تعهد به ایجاد اقتصاد کم‌کربن و کمک به گذار انرژی است.

منبع: goldwind.com

⁶⁴ Villonaco

جایزه میلیون دلاری بازیافت پسماندهای توربین‌های بادی



جایزه انرل برای توسعه اقتصاد دایره‌ای انرژی باد ایالات‌متحده پایدار و مقرون‌به‌صرفه

بیش از ۱۴۲ گیگاوات نیروگاه بادی نصب‌شده در سراسر ایالات‌متحده تا ژوئن ۲۰۲۳، تولید انرژی بادی در راستای تحقق اهداف جاه‌طلبانه انرژی پاک این کشور را بر عهده دارد. رشد بالقوه صنعت انرژی بادی یک سؤال مهم را مطرح می‌کند: چگونه می‌توان چرخه حیات یک توربین بادی (از استقرار تا از کارافتادن) را با یک اقتصاد انرژی بادی پایدار در نظر گرفت؟ برای کمک به پاسخ به این سؤال، دفتر فناوری‌های انرژی بادی وزارت انرژی ایالات‌متحده^{۶۵} جایزه بازیافت مواد توربین بادی را راه‌اندازی نمود، مسابقه‌ای ۵.۱ میلیون دلاری که توسط آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر^{۶۶} اداره می‌شود. هدف این جایزه کمک به این کشور برای توسعه یک صنعت بازیافت مقرون‌به‌صرفه و پایدار برای دو دسته از مواد توربین بادی است: کامپوزیت‌های تقویت‌شده با فیبر^{۶۷} و عناصر خاکی کمیاب^{۶۸}.

حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد از جرم یک توربین بادی از موادی ساخته شده است که از قبل می‌توان آن‌ها را به‌صورت تجاری بازیافت کرد. بخش عمده‌ای از مواد بازیافت نشده از کامپوزیت‌های تقویت‌شده با الیاف (فیبر کربن و فایبرگلاس) تشکیل شده است. این مواد را می‌توان به اشکال مختلف در توربین‌های بادی یافت، از جمله پره‌ها و پوشش ناسل و دماغه. صنعت

⁶⁵ U.S. Department of Energy's (DOE's) Wind Energy Technologies Office

⁶⁶ National Renewable Energy Laboratory (NREL)

⁶⁷ Fiber-Reinforced Composites

⁶⁸ Rare Earth Elements

تولید انرژی بادی همچنین به مواد معدنی حیاتی مانند عناصر خاکی کمیاب (از جمله نئودیمیم^{۶۹} و دیسپروزیوم^{۷۰}) وابسته است که در حال حاضر گزینه‌های بازیافت در مقیاس تجاری داخلی را ندارند.

جایزه بازیافت مواد توربین بادی با هدف گسترش تلاش‌های مداوم ایالات متحده برای پیشبرد بازیافت مواد توربین بادی، مانند تحقیقات رزین ترموپلاستیک آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر برای پره‌های توربین بادی^{۷۱}، انجام می‌شود. این جایزه همچنین به دنبال ارتقای همکاری میان کارآفرینان انرژی بادی، مخترعان، محققان و کارشناسان آزمایشگاه‌های ملی دپارتمان انرژی، مانند آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، برای تسریع توسعه و تجاری‌سازی فناوری‌های بازیافت مواد توربین بادی است.

منبع : NREL.gov - ۱۲ جولای ۲۰۲۳

⁶⁹ Neodymium

⁷⁰ Dysprosium

⁷¹ NREL's Thermoplastic Resin Research for Wind Turbine Blades

منابع نقدی ۳۳۸ میلیارد تومانی در تابلو برق سبز برای تجدیدپذیرها



معاون بازار برق ایران با تأکید بر نقد بودن منابع دریافتی نیروگاه‌های تجدیدپذیر از معامله در تابلوی برق سبز گفت: بیش از ۱۲۸ میلیون کیلووات ساعت برق مبادله شده در تابلوی سبز تحویل خریداران شد. حمیدرضا باقری با اشاره به همکاری ساتبا و بورس انرژی برای راه‌اندازی معاملات برق سبز در بورس انرژی گفت: پشتیبانی و تضمین این معاملات بر عهده شرکت مدیریت شبکه برق ایران است و از اقدامات شاخص بازار برق در این دوره محسوب می‌شود. وی افزود: از ابتدای خردادماه سال ۱۴۰۲ تابلوی برق سبز در بورس انرژی به‌منظور مبادله برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر راه‌اندازی شد و تعداد ۲۵ نیروگاه تجدیدپذیر خصوصی با ظرفیت منصوب‌شده در حدود ۲۰۰ مگاوات برای انجام معاملات برق سبز به بورس انرژی معرفی شدند. حمیدرضا باقری معاون بازار برق ایران در خصوص نقش و اقدامات نیروگاه‌های صنایع در دوره گذر از اوج بار تابستان ۱۴۰۲ عنوان کرد که نیروگاه‌های صنایع که به شبکه برق کشور متصل هستند و برق تولیدی خود را از طریق شبکه به فروش می‌رسانند به سه گروه کلی تقسیم می‌شوند:

گروه اول را نیروگاه‌های احداث‌شده بر اساس ماده ۴ قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق کشور و تفاهم‌نامه وزارت‌خانه‌های نیرو و صمت تشکیل می‌دهند که برای اولین بار در کشور برق مصرفی ۸ مشترک صنعتی طرف قرارداد با واحدهای ۳ و ۴ نیروگاه سمنان بدون اعمال محدودیت تحویل ایشان شد. بر همین اساس مشترکین مذکور از اجرای برنامه‌های مدیریت مصرف در ایام گرم سال معاف شدند.

گروه دوم شامل نیروگاه‌های صناعی که در تأمین برق ایام اوج بار سال گذشته مشارکت داشتند و مشارکت آن‌ها جهت تولید در سال ۱۴۰۲ نیازمند انجام مذاکره و برخی هماهنگی‌ها بود که این موضوع با پیشنهاد نرخ‌های جدید خرید برق و تصویب آن طی صورت‌جلسه ۳۸۰ هیئت تنظیم بازار برق عملیاتی گردید.

گروه سوم نیروگاه‌های جدید صنایع بودند که برای اولین بار در سال جاری اقدام به همکاری در تأمین برق ایام اوج بار کردند. در همین راستا نسبت به انجام مذاکرات لازم و انعقاد قرارداد جدید خرید برق ایشان اقدام و واحدهای ۳ و ۴ و ۵ نیروگاه مایع‌سازی گاز، واحد بخار نیروگاه غرب کارون، واحد بخار نیروگاه متمرکز پارس جنوبی و نیروگاه فولاد بوتیای ایرانیان از جمله واحدهای جدید نیروگاه‌های صنایع بودند که در سال ۱۴۰۲ به تولید نیروگاه‌های صنایع اضافه شدند.

معاون بازار برق ایران تصریح کرد: حداکثر توان غیر همزمان تحویلی به شبکه توسط نیروگاه‌های صنایع از ۱۳۱۶ مگاوات در سال ۱۴۰۱ به ۳۰۰۰ مگاوات در سال ۱۴۰۲ رسید که حدود ۱۳۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد. همچنین انرژی تولیدی تحویل‌شده به شبکه سراسری توسط نیروگاه‌های صنایع در شش ماهه اول سال گذشته حدود ۳/۵ میلیون مگاوات ساعت بود که این عدد در شش ماهه اول سال جاری بالغ بر ۵/۸ میلیون مگاوات ساعت شده و افزایش ۶۵ درصدی نسبت به سال گذشته را نشان می‌دهد.

منبع: ایرنا، ۵ مهر ۱۴۰۲

افتتاح نیروگاه ۱۰ مگاواتی خورشیدی جرقویه ۲



روز یکشنبه ۵ شهریورماه ۱۴۰۲ آیین بهره‌برداری از نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی "جرقویه ۲" و سامانه پایش آن واقع در شرق اصفهان با سه هزار میلیارد ریال سرمایه‌گذاری، به مناسبت "هفته دولت" برگزار شد.

این نیروگاه با هدف تأمین برق منطقه از انرژی‌های تجدیدپذیر در مساحت ۱۵ هکتار ایجاد شده است و با آغاز فعالیت آن برای ۱۵ نفر به صورت مستقیم و ۲۶۰ نفر به صورت غیرمستقیم اشتغال ایجاد می‌کند. صرفه‌جویی سالانه پنج میلیون لیتر آب و چهار میلیون مترمکعب گاز و کاهش سالانه ۱۰ هزار تن گازهای آلاینده از مزایای احداث این پروژه است.

شهرستان جرقویه در ۷۵ کیلومتری شهر اصفهان به دلیل داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در سال و زاویه تابش مناسب یکی از مکان‌های مطلوب برای سرمایه‌گذاری در بخش ساخت نیروگاه‌های خورشیدی به‌شمار می‌رود.

شهید دکتر سیدفریدالدین معصومی مدیرعامل سابق شرکت سرمایه‌گذاری برق و انرژی غدیر که در حادثه تروریستی چهار آبان سال ۱۴۰۱ در حرم شاه‌چراغ به شهادت رسید، منطقه شرق اصفهان را بهشت سرمایه‌گذاری برای ساخت نیروگاه خورشیدی می‌دانست. این شهید قبل از شهادتش، کار ساخت نیروگاه خورشیدی "جرقویه ۲" را آغاز کرده بود. نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی "جرقویه یک"، نیز هفتم اردیبهشت سال ۱۳۹۶ افتتاح شده بود.

منبع: ایرنا، ۵ شهریور ۱۴۰۲

منافع ۲۵ هزار میلیارد ریالی عدم خاموشی برای صنایع خریدار برق سبز



علی نقوی، مدیرعامل بورس انرژی ایران، گفت: منافع حاصل از خرید برق سبز برای مشترکین صنعتی از محل عدم قطعی برق بالغ بر ۲۵ هزار میلیارد ریال شد. وی افزود: براساس دستورالعمل توسعه مبادلات برق در بورس انرژی ایران که توسط وزیر نیرو ابلاغ شده است مشترکینی که از طریق تالار برق سبز اقدام به تأمین برق موردنیاز خود کنند مشمول مدیریت مصرف نشده و به میزانی که از بورس خرید داشته باشند در برنامه‌های خاموشی قرار نمی‌گیرند. نقوی تصریح کرد: پس از اتمام دوره تحویل شه‌ریور بورس انرژی، براساس استعلام صورت گرفته از مشترکین خریدار برق سبز در بورس، مشخص شد بالغ بر ۲۵ هزار میلیارد ریال منافع حاصل از قرار نگرفتن در برنامه مدیریت مصرف نصیب خریداران برق سبز شده است. وی مبنای محاسبه این منفعت را اعلام شرکت‌های خریدار برق سبز دانست و گفت: مبنای اعلام این شرکت‌ها مقایسه عملکردشان با مدت مشابه سال قبل بوده است بدین معنا که اگر این برق را خریداری نمی‌کردند و در برنامه‌های مدیریت مصرف قرار می‌گرفتند چه مقدار عدم النفع ناشی از توقف تولید داشتند. مدیرعامل بورس انرژی اظهار داشت: آمار معاملات برق سبز برای دوره تحویل تیر، مرداد و شه‌ریور گذشته حاکی از آن است که بیش از ۱۲۸ میلیون کیلووات ساعت برق به ارزش ۳ هزار و ۳۹۰ میلیارد ریال توسط ۴۶ مشترک در فصل تابستان خریداری شده و صنایع فولادی و معدنی خریداران عمده برق تجدیدپذیر تحویل تابستان بودند. همچنین ۹۴ درصد از میزان برق خریداری شده متعلق به ۱۲ شرکت فعال معدن و فولاد بوده است. تالار برق سبز بورس انرژی ایران یکم خرداد ۱۴۰۲ راه‌اندازی و تا پایان شه‌ریور ۱۴۰۲ بالغ بر ۱۳۶ میلیون کیلووات ساعت برق تجدیدپذیر به ارزشی بیش از ۳۵۰۰ میلیارد ریال معامله شده است. در تالار برق سبز بورس انرژی ایران برق تولیدی نیروگاه‌های تجدید پذیر با دوره تحویل ماهانه یا عرضه‌های فیزیکی قابل معامله است.

منبع: خبرگزاری صداوسیما - ۳ مهر ۱۴۰۲

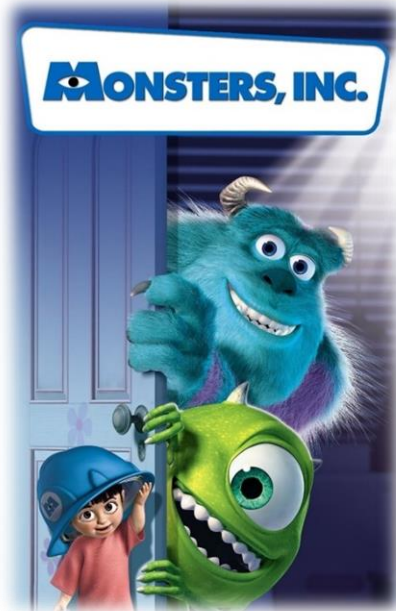
درک انرژی در ذهن و دنیای زیبای کودکان



مدیریت بحران‌های محیط زیستی و فائق آمدن بر چالش‌های کمبود انرژی در دنیای امروز، از دو منظر بررسی می‌گردد. یکی توسعه کاربرد انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر و دیگری به کارگیری روش‌های مدیریت انرژی و بهبود مصرف آن که هر دو مستلزم باور و درکی عمیق از اهمیت هر دو محور، لزوم پرداختن به آن و تلاش برای پیاده‌سازی و توسعه این روش‌هاست. اما چرا تاکنون موفقیت چشمگیری در جهان در این زمینه حاصل نشده است.

بسیاری از اندیشمندان معتقدند علاوه بر منافع اقتصادی و سیاسی، چالش‌های آموزشی و درک اهمیت موضوع توسط عامه مردم و سیاست‌گذاران، سهم به سزایی در پذیرش و توسعه این محورها با هدف مصرف بهینه انرژی، حفاظت از محیط‌زیست و بهره‌مندی از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر دارد. باورمندی نیازمند برنامه‌ریزی و آموزش‌های گسترده از همان دوران کودکی است و لذا لازم است برای ساختن آینده‌ای روشن‌تر در حوزه انرژی و کاهش چالش‌های آن، نگاهی سازنده و آموزشی به دنیای کودکان داشته باشیم.

روانشناسان روش‌های گوناگونی را برای آموزش و توسعه شناختی کودکان متصور هستند و البته فیلم‌ها و پویانمایی‌های کودکانه، یکی از مؤثرترین این روش‌ها هستند. کودکان می‌توانند با دیدن این کارتون‌ها با نرمی و ظرافت پیام‌های تربیتی و نکات آموزشی آن‌ها را دریافت کنند و با تصویرسازی‌های ذهن کودکان، مشتاقانه خود را با شخصیت‌های کارتون‌های همانندسازی



نمایند و در این فرایند، عمیق‌ترین مفاهیم و باورها می‌تواند در ذهن خلاقشان نقش ببندد و در حال و آینده زمینه‌ساز رفتارهای عقلانی و هدفمند گردد. با ذکر این مقدمه و از دیدگاه اهمیت انرژی در زندگی بشر امروز، می‌توان به انیمیشن کارخانه هیولاها محصول سال ۲۰۰۱ شرکت پیکسار اشاره کرد. کارخانه هیولاها جهانی موازی با دنیای ما را معرفی می‌کند که به جای انسان، پر از هیولاهای مهربان و دوست‌داشتنی است که البته بسیار از انسان‌ها می‌ترسند و برای زندگی روزمره به شدت نیازمند برق و انرژی می‌باشند. منبع اصلی سوخت آن‌ها انرژی تمیز و قابل‌اعتماد جیغ بچه‌هاست و وظیفه هیولاها از جمله شخصیت‌های اصلی داستان، مایک و سالی کسب انرژی جیغ با ترساندن بچه‌ها است. اگرچه در میانه داستان تجربه می‌کنند که خنده بچه‌ها، انرژی به مراتب بیشتری دارد. اما در این داستان، مشکل این است که ترساندن بچه‌ها نسبت به

گذشته سخت‌تر شده است و بنابراین نیازهای انرژی افزایش یافته برآورده نمی‌شود. شناخت مشکل باعث می‌شود که مدیر کارخانه هیولا، شهروندان را به مصرف کمتر انرژی و پرسنل را به کشف فناوری‌های جدید برای تولید انرژی بیشتر تشویق کند و حتی در شکست پروژه‌هایش به نگرانی بیان می‌کند که "من میدانم و به‌زودی با بحران انرژی مشکل خواهیم شد." در حقیقت این فیلم با یک نگاه کارتونی و زیبا، نشان‌دهنده اهمیت و پرچالش بودن فرایندهای تولید انرژی است و با ظرافت بیان می‌کند که بسیاری از مردم در مورد چگونگی تولید آن در غفلت و ناآگاهی هستند. کارمندان شرکت هیولاها و شهروندان مانستراپولیس^{۷۲} در کنار نیاز و درک اهمیت تولید انرژی، مطمئناً قصد نداشتند تأثیر منفی بر فرزندان انسان بگذارند، ولی ناآگاهانه سبک زندگی و رفع نیازهای انرژی آن‌ها آسیب‌هایی نیز به همراه داشت. مشابه آنچه در دنیای واقعی در مورد تغییرات آب و هوایی امروز با آن مواجه هستیم. هنگامی که سرانجام بزرگسالان تأثیرات منبع انرژی خود را دیدند و از در دسترس بودن انرژی خنده پدیدارتر مطلع شدند، شهر دستخوش یک انقلاب انرژی سبز شد. آن‌ها فهمیدند با ایجاد شادی برای کودکان و جمع‌آوری خنده آن‌ها، نیازهای همه می‌تواند به روشی پایدار برآورده شود. این روایت در واقع استعاره‌ای هوشمندانه برای درک اهمیت انرژی و کنار گذاشتن سوخت‌های فسیلی و استقبال از آینده در انرژی‌های تجدیدپذیر است.

منبع :

- freshkillspark.org
- reddit.com
- flicks.com

⁷² Monstropolis

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر



شماره ۴ - مهر ۱۴۰۲