شماره بیست و سوم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

آبان ماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی

فناوری های انرژی ۲۳

EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

بسم الله الرحمن الرحیم

ماهنامه تخصصی فناوری های انرژی
Professional Monthly Journal of Energy Technologies

شماره ۲۳ - آبان ماه ۱۴۰۱

رویدادهای فناوری

سخنی با مخاطب ۲

نقش و اهمیت مراکز مانیتورینگ فناوری و داده ی انرژی در درآمدزایی و ایجاد ارزش افزوده ۳
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

پایلوت نیروگاه گداخت هسته ای در سن دیگو ۳
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

جذب انرژی خورشیدی در فضا و ارسال بدون سیم (وایرلس) آن به زمین؛ تخیّل یا اَبَر فناوری ژرمن ها ۳
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

نوید انرژی فیوژن (همجوشی هسته‌ای) در ۲۰۲۴، نقطه عطفی در صنعت انرژی ۳
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

کاپ۲۷ به عنوان محرک توانمندساز برای مصر؛ توافق ایگس مصر و جنرال الکتریک ۵
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

استفاده از پتانسیل گرانش و آب بعنوان منبع ذخیره ساز انرژی ۵
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

چاه های مرده؛ احیا، ازدیاد برداشت و نهایتاً زمین گرمایی؟ ۵
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

آیا کوبا به زودی یک کشور نفتی خواهد شد؟ ۶
حوزه: نظم کنونی انرژی

سلول های فتوولتاییک به عنوان بخشی از نمای ساختمان های آینده؛ با رنگ بندی دلخواه! ۷
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

راهبردهای هیدروژن جهان؛ فرصت‌های پیش روی ایران ۹
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

چشم‌انداز فناوری CCUS در جهان با نگاهی ویژه به پالایشگاه‌ها ۱۴
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

مطالعه و بررسی صنعت برق خورشیدی (فتوولتاییک) در جهان ۱۹
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

بحران تامین کاتالیست روسیه؛ امکان سنجی فرصت ایران در شرایط تحریمی روسیه ۲۵
حوزه: نظم کنونی انرژی

بررسی وضعیت بهره وری و شدت انرژی در بخش صنعت کشور ۲۸
حوزه: نظم کنونی انرژی

به بهانه ی هفته ی انرژی روسیه ۲۰۲۲؛راهبرد و چشم انداز مشارکت بزرگتر اوراسیا؛ در پرتو نقش محوری انرژی و فناوری های آن ۳۳
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: سیدصادق ضرغامی، اعظم محمدباقری، بهاره فرهمندپور، پیمان نیلچی پور، قاسم توتونچی

هیات تحریریه: عقیل براتی، غلامعلی رحیمی، عباس زراء نژاد، عباس یعقوبی، قاسم توتونچی، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، اعظم محمدباقری، صدیقه جوادپور، شیرین رضایی عدل، بهاره فرهمندپور، سید صادق ضرغامی، طاهر خرم روز، مهدی کربلایی، پیمان نیلچی پور
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: iies.ac.ir iies.mop.ir

سخنی با مخاطب؛

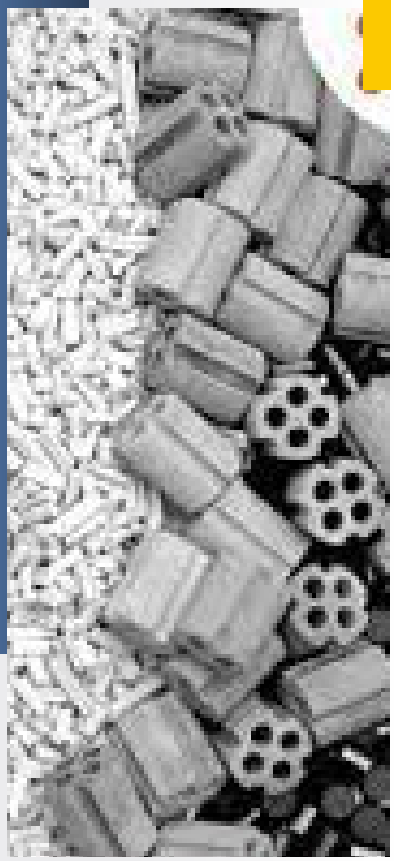
بنام خدا

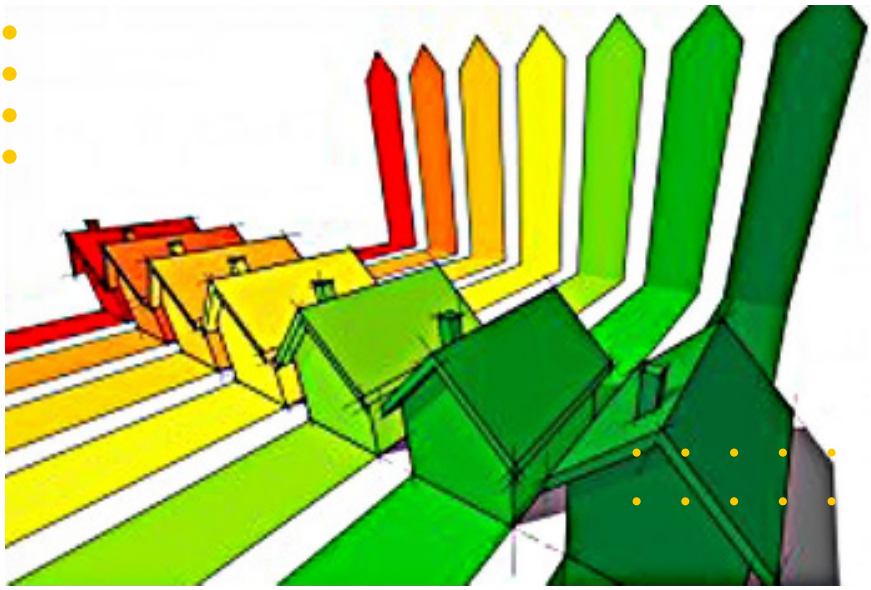
با درود و عرض ادب

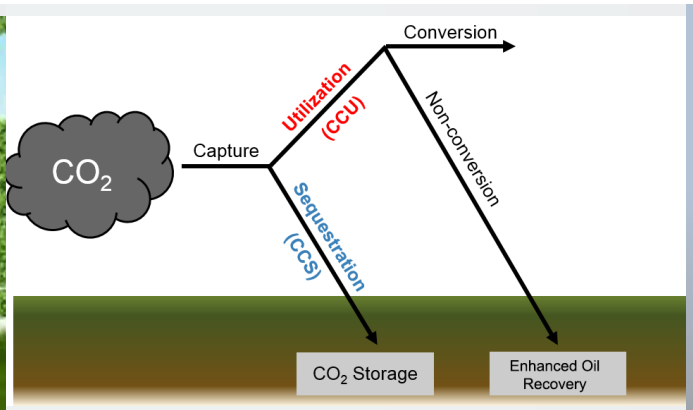
در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعات "بررسی وضعیت بهره وری و شدت انرژی در بخش صنعت کشور"، "راهبرد و چشم انداز مشارکت بزرگتر اوراسیا؛ انرژی و فناوری های آن به عنوان محور و ستون"، "مطالعه و بررسی صنعت برق خورشیدی (فتوولتاییک) در جهان"، "راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت های پیش روی ایران- بخش دوم"، "بحران کاتالیستی روسیه؛ امکان سنجی فرصت ایران در شرایط تحریمی روسیه"، "چشم‌انداز فناوری CCUS در جهان با نگاهی ویژه به پالایشگاه‌ها" و نیز رویدادهای فناوری اخیر تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه واقع شود.

با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

سردبیر







رویدادهای فناوری

نظم نوین آینده انرژی

نقش و اهمیت مراکز مانیتورینگ فناوری و داده ی انرژی در درآمدزایی و ایجاد ارزش افزوده

تغییرات سریع دانش مرتبط با انرژی، تولید بی حد و حصر داده های انرژی و اطلاعات مرتبط و لزوم پردازش برخط، بلادرنگ و زمان حقیقی آنها در راستای تبدیل به تحلیل راهبردی و خرد تصمیم‌ساز، متولیان امر را به این جمع بندی رسانیده که وجود رصدخانه های داده و مراکز مانیتورینگ حوزه ی انرژی نیازی مبرم و اجتناب ناپذیر است. هر چند رصدخانه های فناوری انرژی با اندکی تقدم پیشتاز بوده اند، اما سایر موضوعات مرتبط با انرژی نیز جایگاه خود را در مانیتورشدن یافته اند. دوک انرژی[1] بر اساس مانیتورینگ ۲۴ ساعته و ۷ روز هفته ی (۷/۲۴) سایت های خورشیدی و بادی پنسیلوانیا و کالیفرنیا، گزارش فصل سوم ۲۰۲۲ خود را آماده نموده و نکته جالب اینکه هنوز برای قیمت انتشار آن، با توجه به تحلیل ها و یافته های باارزش، تصمیمی نگرفته است. دوک انرژی کار خود در زمینه ی تجدیدپذیر را در محیطی رقابتی با ٤ میلیارد دلار سرمایه گذاری شروع کرد و به نظر صاحبنظران، آنچه سبب گردیده مدیریت ۱۸ مزرعه ی بادی و ۳۵ مزرعه ی خورشیدی در ۱۲ ایالت مختلف و سرمایه گذاری ۳۰ میلیارد دلاری به سمت این شرکت سرازیر شود، ابزار نظارتی دائمی و کارشناسان خبره ی مرکز مانیتورینگ دوک انرژی است.

1. Duke Energy

پایلوت نیروگاه گداخت هسته ای در سن دیگو

به قول یک کتاب قدیمی، قرن ها زمین با یک آتش گرم می‌شد! اما اکنون روند سرمایه گذاری ها و تحقیقات، به‌سوی انرژی هسته ای از نوع گداخت و فیوژن متمایل شده و به دنبال منبعی عظیم، عملاً نامحدود، بدون انتشار کربن، نسبتاً ایمن و نسبتاً ارزان است. صاحبنظران همجوشی مغناطیسی هسته ای، به قدری بر این روند کلان فناوری انرژی اطمینان دارند که تنها سوال آنها، زمان اقبال سرمایه و هنگام تجاری‌شدن این فناوری است و به عبارتی در خصوص مناسب بودن این انرژی برای کره ی گرم و آلوده ی زمین، شکی ندارند. دانشمندان صلح طلب، پس از تلاش های دهه ۵۰ میلادی برای تولید بمب هیدروژنی مبتنی بر گداخت هسته ای، مصمّم‌شدند این مسیر را برای انرژی پاک صلح آمیز طی کنند. مزایا و معایب گداخت هسته ای در مقایسه با ویرایش شکافت هسته ای (فناوری مرسوم و تجاری شده با نقاط ضعف جدی)، آن را به گزینه ای مطلوب بدل کرده است. در عین حال، این فناوری به حرارت میلیون درجه ی سانتیگراد برای فراهم آمدن امکان برخورد اتم های هیدروژن در بستر پلاسما نیاز دارد. نبود زباله ی هسته ای، عدم انتشار کربن و اینکه به مجرد توقف فرایند، در چند صدم ثانیه پلاسما سرد شده و فرآیند متوقف می گردد، مزایای غیر قابل انکار پایلوت سن دیگو خواهد بود.

جذب انرژی خورشیدی در فضا و ارسال بدون سیم (وایرلس) آن به زمین؛ تخیّل یا اَبَر فناوری ژرمن ها

آلمانی ها یک پایلوت (دمو) از جمع آوری انرژی خورشیدی توسط ماهواره های مستقر در مدارات پایین (LEO)، تبدیل آن به انرژی الکتریکی و تابش آن از طریق امواج مایکروویو به محل مورد نیاز اجرایی کردند. سوالات و ابهامات زیادی در این ابتکار عمل وجود دارد. مثلاً در این پایلوت، فاصله ی انتقال انرژی صرفاً ۳۶ متر بوده که در مقایسه با توفیقات قبلی بسیار زیاد و در مقایسه با مقیاس های فضایی، بسیار بسیار اندک است. همچنین دوّار بودن ماهواره ی حامل انرژی و ابعادی که در مقیاس واقعی باید داشته باشد، مدت کمی برای انتقال انرژی و هزینه ی زیاد ساخت و نگهداشت را رقم خواهد زد. از منظر دیگر، تاثیر چنین مسیر مایکروویو پرانرژی بر انسان ها، حیوانات و گیاهان و حتی هواپیماهای در حال پرواز محل ابهام است. صاحبنظران پروژه سولاریس در ایرباس مونیخ، بر این اعتقاد هستند که ظرفیت انرژی خورشیدی بیرون از جو زمین بسیار بیشتر از آن مقداری است که در سطح زمین به انسان ها می رسد. همچنین آنها در همین دموی کوچک، اندکی هیدروژن سبز تولید نمودند و انرژی یک شهر فرضی مینیاتوری را تامین و از مهمانان با نوشیدنی که با انرژی مایکروویو بدون سیم دریافتی خنک شده بود، پذیرایی نمودند. همچنین آنها بر این باور هستند که ظرفیت های آتی ساخت و مونتاژ رباتیک در فضا، بازدهی فتوولتاییک ها، چگالی انرژی قابل انتقال به صورت بدون سیم، فناوری مایکروویو و ... در آینده دگرگون خواهد شد و به صورت فزاینده ای یک انقلاب فناورانه را رقم خواهد زد. به طور ساده، آنها نیروگاه های فتوولتائیک زمینی را به مثابه ی لیوان قهوه می بینند که انرژی گرمایی مورد نیاز خود را به صورت زمان بندی شده و در مدت کوتاهی از امواج پرانرژی مایکروویو یک فر (اجاق) دریافت می کند. فر (یا اجاقی) که انرژی خود را قبلاً از منبع لایزال خورشیدی در ماورای جوّ زمین دریافت کرده است.

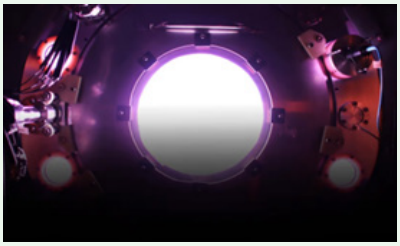
نوید انرژی فیوژن (همجوشی هسته‌ای) در ۲۰۲۴، نقطه عطفی در صنعت انرژی

انرژی همجوشی نویدبخش تولید برق پاک و نامحدود است، اما دانشمندان به دلیل چالش‌های پیچیده علمی و فناوری و هزینه‌های بالای تحقیقات هنوز نتوانسته‌اند از آن به عنوان منبع انرژی استفاده کنند. این منبع انرژی آنقدر ارزان، تمیز و فراوان است که امکان بهره‌برداری از آن نقطه عطفی در تاریخ بشر ایجاد می‌کند و تمام صنایع وابسته به انرژی را دستخوش تغییر خواهد کرد. شاید توانایی استفاده از انرژی همجوشی به معنای جامع ترین جایگزین سوخت‌های فسیلی و بزرگترین پادزهر در برابر تغییرات آب و هوایی باشد که نژاد بشر برای بقا متقاضی آن است.

همجوشی زمانی اتفاق می‌افتد که دو اتم با هم ترکیب شوند و یک اتم واحد را تشکیل داده و انرژی آزاد کنند. این فرآیند تولید انرژیی است که در خورشید و سایر ستارگان بصورت طبیعی رخ می‌دهد. از نظر تئوری برای دستیابی به همجوشی، سوخت پلاسما گرم و فشرده می‌شود، گرما و فشردگی باعث می‌شود هسته‌های درون پلاسما دچار همجوشی شوند. اما، حفظ دمای مورد نیاز و پایداری پلاسما برای انجام همجوشی بسیار چالش برانگیز است. با فناوری که بشر تا کنون در اختیار دارد به نظر می‌رسد که سیستم‌های راکتور باید بسیار بزرگ و پیچیده باشند تا این امر محقق گردد، که خود باعث می‌شود ساخت راکتورها و به طور کلی تحقیقات در حوزه همجوشی، هر دو بسیار گران باشند. علاوه بر این، بسیاری از تکنیک‌های آزمایشی فعلی مخرب هستند، به این معنی که قطعاتی از مجموعه آزمایشی با انجام هر آزمایش از بین می‌روند و نیاز به جایگزینی دارند که به هزینه و زمان مورد نیاز برای تحقیق در این حوزه می‌افزایند. استارت‌آپ گداخت هسته‌ای هلیون انرژی[1] در ایالات متحده اخیراً نمونه اولیه موفق راکتورهای همجوشی را رونمایی کرد، ژنراتورهایی که آینده‌ای با الکتریسیته پاک نامحدود را قابل تصور می‌کنند. برنامه آلفا[2] یکی از برنامه‌های مرکز انرژی آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته[3] امریکا با هدف توسعه ابزارها و رویکردهای کم‌هزینه برای

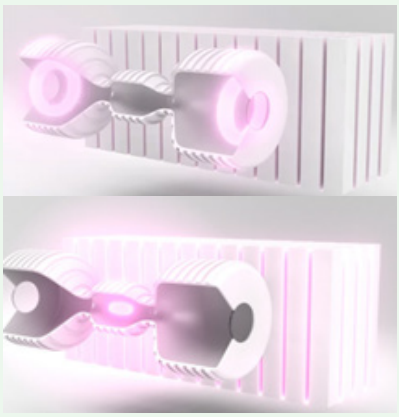
1. Helion Energy
2. ALPHA
3. The Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E)

دستیابی به راکتور همجوشی پایدار است که در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ تسهیلاتی در حدود ٤ میلیون دلار را بدین منظور به شرکت نوپای هلیون انرژی مستقر در واشنگتن اختصاص داد.



درون مبدل ترنتا، ششمین نمونه اولیه راکتور همجوشی هسته‌ای ساخته شده توسط هلیون انرژی

تیم هلیون انرژی ترنتا[4]، ششمین نمونه اولیه خود، که دستگاهی کم هزینه و ساده در طراحی است را رونمایی کرده که انقلابی در راکتورهای همجوشی محسوب می‌شود. برخلاف طرح‌های متداول، این نمونه اولیه کوچک‌تر از نصف یک تریلر است و طراحی آن به گونه‌ای است که هزینه و پیچیدگی راکتورهای همجوشی را کاهش می‌دهد. اندازه کوچکتر این راکتور با استفاده از تکنیک‌های جدید دستیابی به دماها و چگالی‌های بالای مورد نیاز برای همجوشی را ممکن می سازد. تیم تحقیقاتی هلیون این شرایط را با استفاده از پلاسماهای پیکربندی میدان ـ معکوس[5] (FRC) فراهم کرده است که شکل خاصی از پلاسما هستند که می‌توانند مزایای قابل توجهی برای تحقیقات همجوشی ارائه دهند. پلاسماهای FRC متحرک هستند یعنی آنها را می‌توان در یک مکان تولید و سپس به محفظه همجوشی منتقل کرد، این شیوه باعث جلوگیری از آسیب ناشی از محصولات داغ همجوشی به سخت افزار تولید FRC می‌شود. پلاسمای FRC همچنین دارای یک میدان مغناطیسی است که به آن در حفظ گرما کمک می‌کند. هلیون در راکتور خود از تکنیک گرمایش پالسی که از یک سری سیم پیچ‌های مغناطیسی برای فشرده کردن سوخت پلاسما در چگالی و دماهای بسیار بالا تشکیل شده، استفاده می‌کند. این راکتور همچنین انرژی مغناطیسی مورد استفاده برای گرم کردن و محدود کردن پلاسما را جذب و مجدداً بکار می گیرد که باعث افزایش راندمان دستگاه می‌شود. اندازه کوچک و سادگی طراحی راکتور، هزینه‌های تحقیق و توسعه را کاهش داده و باعث پیشرفت و سرعت بخشیدن به تحقیقات در افزایش بازده مورد نیاز برای تولید برق ناشی از همجوشی شده است.



در جایی که هدف بسیاری از پروژه‌های همجوشی تولید گرما برای ایجاد بخار و تولید نیروی محرکه توربین‌ها است، هلیون از رویکرد الکترومغناطیسی استفاده می‌کند که به نظر می‌آید بسیار کارآمدتر است. هنگامی که یون‌های دوتریوم و هلیوم ـ ۳ در یک پلاسما با هم برخورد می‌کنند و با هم ترکیب می‌شوند، انرژی آزاد می‌شود و پلاسما منبسط می‌شود. این انبساط باعث ایجاد تغییراتی در شار مغناطیسی پلاسما می‌شود که میدان مغناطیسی تولید شده توسط آهن‌رباهای اطراف محفظه را، به عقب می راند و این فعل و انفعال میدان مغناطیسی مستقیماً جریان الکتریکی با راندمان بالا را القا و تولید می‌کند.

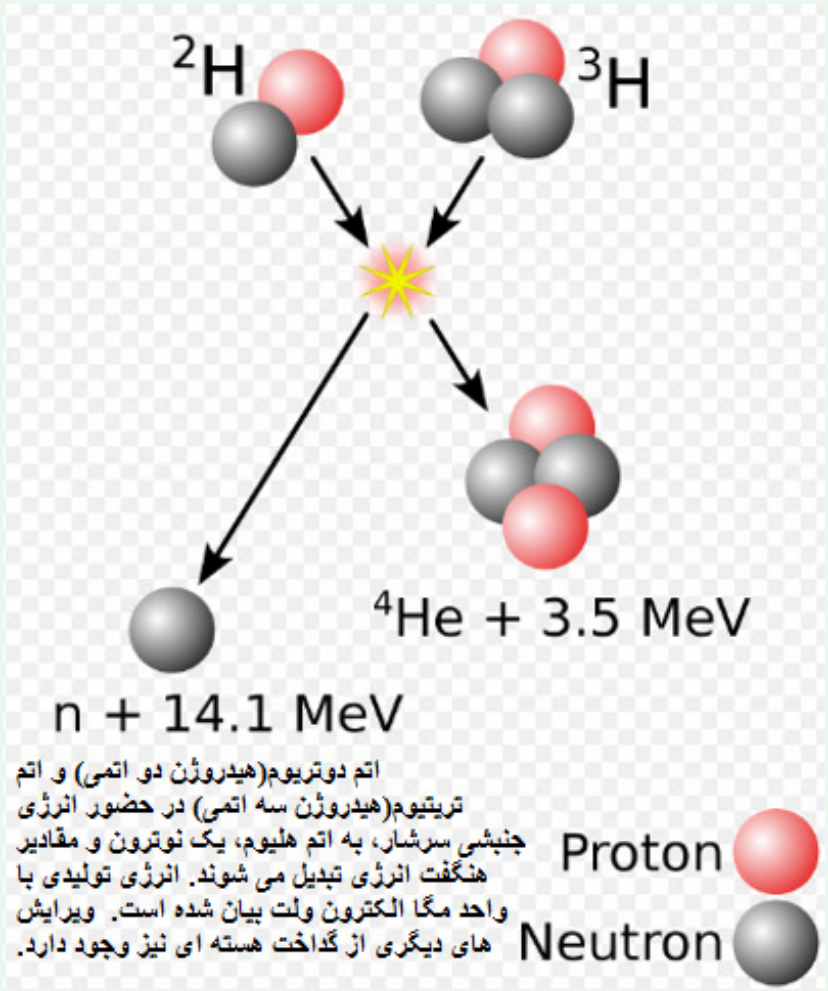
نسل ششم نمونه اولیه هلیون به نام ترنتا در سال ۲۰۲۰ توانست به بیش از ۱۰۰۰۰ بار پالس‌های پرانرژی برسد و از آن زمان به مدت ۱۶ ماه هر روز کار کند. هلیون اولین کسب و کار خصوصی است که توانسته به دمای پلاسما بسیار بالا در تجهیزات همجوشی هسته‌ای دست یابد و همچنین توانسته است پلاسما را به مدت ۱ میلی ثانیه در میدان فشرده بیش از ۱۰ تسلا نگه دارد.

هلیون انرژی در سال ۲۰۲۱ بودجه سری E خود را به مبلغ ۵۰۰ میلیون دلار که قرار است برای ساخت نمونه اولیه راکتور نسل هفتم همجوشی هسته‌ای به نام پولاریز[6] استفاده شود، دریافت کرده است. راکتوری که طبق برنامه انتظار می‌رود اولین نمونه از تجهیزات همجوشی هسته‌ای باشد که تولید برق خالص را در سال ۲۰۲٤ به ظهور بگذارد. انتظار می‌رود این تکنولوژی تا سالهای ۲۰۲۹ الی ۲۰۳۰ تجاری‌سازی شده و وارد بازار شود. هلیون درصورت دستیابی به نقطه عطف مورد نظر در عملکرد کلیدی راکتور همجوشی هسته‌ای، ۱/۷ میلیارد دلار اضافی دریافت خواهد کرد.

راکتور ترنتا (نمونه اولیه ششم راکتور هلیون انرژی) قادر است هر ۱۰ دقیقه یک بار پالس‌های همجوشی را انجام دهد و قرار است در نمونه اولیه پولاریز این نرخ تا حدود یک پالس در ثانیه افزایش یابد. این شرکت انتظار دارد تا سال ۲۰۲٤ «مقدار کمی الکتریسیته خالص به عنوان محصول جانبی واکنش های همجوشی خود» تولید کند که آن را به اولین راکتور همجوشی در تاریخ بشر تبدیل می‌کند که توانایی انجام این کار را دارد.

شاید به نظر عجیب باشد که تولید برق خالص در واقع هدف اصلی نمونه اولیه پولاریز نیست. الکتریسیته، صرفاً محصول جانبی هدف اصلی این راکتور خواهد بود. درواقع تولید سوخت هلیوم ـ ۳ از طریق درهم شکستن اتم‌های دوتریوم هدف این راکتور است. هلیوم ـ ۳ به عنوان یک منبع سوخت عالی شناخته می‌شود که ۱۵ تا ۲۰ تن از آن در سال، می‌تواند انرژی تمام خانوارهای ایالات متحده را تامین کند، اما تولید آن بسیار دشوار است تا حدی که

4. Trenta
5. field-reversed configuration
6. Polaris



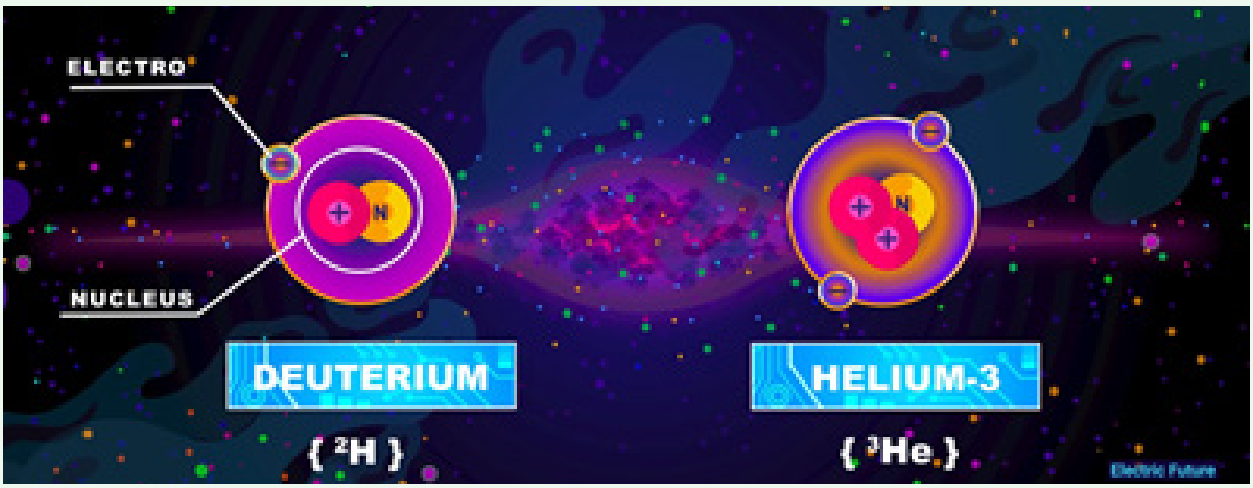
برخی ایده تامین آن از کره ی ماه، یعنی جایی که این ماده به وفور یافت می‌شود، را ارائه کرده‌اند.

فنآوری همجوشی هسته‌ای هلیون با فناوری توکامک[۷] و ستاره‌ساز[۸] که همجوشی محصور شده مغناطیسی دارند، یکسان است و در درجه اول با دوتریوم حاصل از آب و محصول همجوشی اتمی دوتریوم یعنی «هلیوم-۳» کار می کند.

مدیرعامل هلیون امیدوار است که بتواند راکتورهای همجوشی هسته‌ای با ظرفیت تقریباً ۵۰ مگاوات برای هر راکتور تولید کند که از نظر ابعاد شبیه جعبه‌های حمل‌ونقل چوبی هستند، و می‌توانند برق تقریباً ۸۲۰۰ خانوار در ایالات متحده را تأمین کنند.

انتظار می‌رود هلیون با کمترین قیمت یعنی ۱۰ دلار آمریکا در مگاوات ساعت بدون نیاز به تولید گسترده و مشوق‌های دولتی مانند اعتبار کربن یا هرگونه مشوق‌های صرفه‌جویی به مقیاس، برق تولید کند و گداخت هسته‌ای را به یکی از مقرون به صرفه‌ترین منابع تولید برق تبدیل کند که رقمی معادل یک سوم هزینه روش‌های تولید برق با سوخت زغال سنگ یا فتوولتائیک است.

سیستم همجوشی هلیون با دوتریوم شروع می‌شود که نوعی هیدروژن است که در آب سنگین یافت می‌شود. یک لیوان D_2O[۹] می‌تواند ۹ میلیون کیلووات ساعت برق سالم و تمیز تولید کند، یعنی می تواند برق مورد نیاز یک خانه را به مدت ۸۶۵ سال تامین کند، یا انرژی لازم برای یک ماشین برقی را برای طی مسافت ۳۵ میلیون مایل تامین کند، جایگزین ۱۰ میلیون پوند زغال سنگ شود و جایگزین ۱ میلیون گالن نفت شود!



۷. توکامک وسیله‌ای است که از یک میدان مغناطیسی قدرتمند برای محدود کردن پلاسما به شکل چنبره استفاده می‌کند.

۸. ستاره ساز یک دستگاه پلاسما است که برای محدود کردن پلاسما عمدتاً به آهنرباهای خارجی متکی است.

9. Deuterium oxide as known as Heavy Water

رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

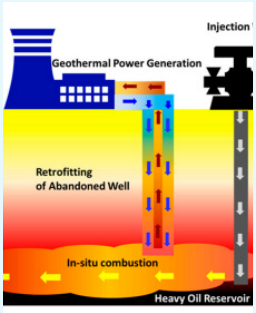
کاپ۲۷ به عنوان محرک توانمندساز برای مصر؛ توافق ایگس مصر و جنرال الکتریک

جنرال الکتریک و هولدینگ گاز مصر برای تامین انرژی لازم صنایع نفت و گاز خلیج سوئز و در راستای کربن زدایی از طریق بکارگیری انرژی باد در مقیاس گیگاوات، به توافق رسیدند؛ توافقی که بی ارتباط با اجلاس کاپ۲۷ شرم الشیخ مصر و ابتکار عمل منطقه ای و بین المللی مصر در زمینه ی اقلیمی نیست. قبلاً نیز مصر در راستای کاهش گازهای فلر و بهبود رتبه ی سیزدهم این کشور در تولید فلر، تلاش هایی داشته است. در گام نخست جنرال الکتریک وعده ۱/۵ گیگاوات برق بادی را به دولت مصر داده است. هرچند غول فناوری ایالات متحده در مرحله ی امکان سنجی فنی و اقتصادی این طرح است، اما مبادله ی توافق نامه در حاشیه ی اجلاس کاپ۲۷، توجه صاحبنظران را به خود جلب نموده است. مسئولین مصری تا ظرفیت ۱۰ گیگاوات برق بادی در خلیج سوئز را دور از ذهن نمی دانند. این اهداف بلندپروازانه، سوئز را به یک منطقه ی صنعتی با انتشار بسیار کم کربن تبدیل خواهد کرد. در خاتمه شایان ذکر است، در بررسی در سطح بین المللی، نروژ پیشتاز کربن زدایی در فرایندهای تولید و صنعت نفت و گاز در دریای شمال است.

استفاده از پتانسیل گرانش و آب بعنوان منبع ذخیره ساز انرژی

استرالیا تصمیم دارد در ۸ سال آینده، چهار پنجم انرژی خود را از تجدیدپذیرهایی مانند باد و خورشید تامین نماید؛ سرمایه گذاری زیادی نیز در این زمینه صورت گرفته و بودجه های هنگفتی هزینه شده است. اکنون وقت آن است که بیش از پیش به فکر ذخیره سازی انرژی پاک در پیک تولید، برای استفاده در پیک مصرف، باشند. این روند آغاز شده و با استفاده از مخازن طبیعی یا مصنوعی آب و خطوط لوله ی در شیب ارتفاعات و مکانیسم پمپاژ هیدرولیک در بیش از ۱۵۰۰ نقطه مدنظر قرار است. استرالیایی ها طی پژوهشی، ۶۰۰/۰۰۰ نقطه ی مستعد برای چنین تجربه ی مشابه و موفق پیشنهاد داده اند. ترتیب اولویتی این نقاط بر این اصل استوار است که حتی المقدور، یک مخزن طبیعی وجود داشته باشد و نیز نیازی به انسداد رودخانه های طبیعی نباشد؛ حتی در مواردی نمونه هایی با دو مخزن طبیعی در دو ارتفاع مختلف شناسایی شده که صورت مساله را به لوله گذاری و تعبیه ی توربین ها و پمپ ها تقلیل داده تا در طول روز با انرژی خورشید و باد، آب از مخزن پایین به مخزن بالا پمپاژ شده و در شب هنگام و پیک مصرف، آب دارای پتانسیل گرانشی، توربین ها را برای تولید برق پاک به گردش آورد. نمونه های نادر با دو مخزن آب طبیعی در دو ارتفاع متفاوت را میدان سبز و در صورتی که حداقل نیاز به سدبندی و ایجاد یک مخزن مصنوعی باشد، آن را میدان آبی می نامند. استرالیا با این مدل، ظرفیتی معادل ۳۰۰ برابر ذخیره سازی انرژی در مقایسه با متوسط جهانی که عموماً متکی بر مزرعه های باتری است، توسعه داده است. در کشورهای درگیر با خشکسالی، ماندگاری حجم آب در گردش پمپاژ – گرانش، یک مزیت راهبردی محسوب می گردد.

چاه های مرده؛ احیا، ازدیاد برداشت و نهایتاً زمین گرمایی؟



تمرکز درباره ی چاه های نفت و گاز که اصول مرسوم احیاء و ازدیاد برداشت برای آنها انجام گردیده و عملاً عمر آنها پایان یافته، همواره مورد علاقه بوده است. در آلبرتا، حین یک پژوهش با هدف بهره برداری از انرژی زمین گرمایی در صنعت دامداری و کشاورزی که نهایتاً نتایج امکان سنجی اقتصادی و سودآوری چندان مثبتی نداشت، محققان تصادفاً به کاربرد ویژه ای برای چاه های مرده ی آن منطقه برای استحصال انرژی زمین گرمایی شدند، به گونه ای که مسیر تحقیقات برای یافتن گزینه های زمین گرمایی در مجاورت مجتمع های دامی و کشاورزی، جای خود را به جانمایی گلخانه ها و ... در مجاورت چاه های مرده و استفاده از گزینه ی ارزان و سودآور زمین گرمایی مبتنی بر این چاه های مرده خواهد داد.

رویدادهای فناوری

نظم کنونی انرژی

آیا کوبا به زودی یک کشور نفتی خواهد شد؟

شرکت های اکتشاف استرالیایی تعامل خوبی با دولت کوبا در زمینه اکتشاف و حفاری میادین نفتی این کشور برقرار نموده اند. تحقیقات از ۲۰۲۱ آغاز شد و پژوهش های زمین شناسی، احتمال موفقیت را بیشتر نمود. در فصل نخست ۲۰۲۳، کوبا شاهد نخستین حفاری های نفتی توسط شرکت های استرالیایی (در خشکی) خواهد بود. حداقل سه مخزن نفتی شناسایی شده، دارای فشار بالاتر از انتظار بوده اند.

حفاری های آزمایشی و پژوهشی در زمینه ی زمین شناسی در کنار توصیه‌های مشاور کانادایی، روش شناسی مناسبی برای حفاری در خاک های خاص کوبا ارائه نموده است. جالب اینکه هزینه های سرمایه گذاری شرکت های استرالیایی، تا سقف ۷۰% توسط بخش نفت و گاز آنگولا صورت می پذیرد. باید دید در ۲۰۲۳ این مشارکت بین المللی هم افزا، کوبا را به یک تولید کننده ی نفت تبدیل خواهد نمود؟

سلول های فتوولتاییک به عنوان بخشی از نمای ساختمان های آینده؛ با رنگ بندی دلخواه!

دانمارکی ها در تلاش هستند با تنوع بخشی به مواد سلول های فتوولتاییک، با حفظ کارایی و ضریب تولید برق یا بهبود آن، تنوع در رنگ بندی این سلول ها را نیز حاصل نمایند. آنها بر این اعتقاد هستند که با این اقدام، اقبال زیادی در بین معماران و طراحان برای جانمایی و استفاده از سلول های فتوولتاییک رنگی در نمای ساختمان، ایجاد خواهد شد. جانمایی سلول ها با رنگ فعلی بر روی بام ساختمان ها، علی رغم ایرادات زیبایی سنجی و تعمیرات، کارایی خوب و مناسبی را ایجاد نموده است. نظریه پردازان دانمارکی بر این اعتقادند که نتیجه ی مصالحه بین کاهش اندک کارایی با توجه به زاویه نصب و دریافت نور خورشید و نیز اقبال طراحان معماری به جانمایی های جدید با تکیه بر رنگ بندی های متنوع، در مجموع مثبت و به نفع کربن زدایی و انرژی پاک خورشیدی خواهد بود.

. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم نوین آینده انرژی

راهبردهای هیدروژن جهان؛ فرصت‌های پیش روی ایران

. . . بخش دوم . . .

. . . بخش دوم: چشم انداز جهانی بازار هیدروژن . . .

پیمان نیلچی پور؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

چکیده

به کدام سمت درحرکت هستیم؟

◄ منابع و حامل‌های کم‌کربن انرژی طی گذار انرژی باید برای تأمین تقاضای رو به رشد انرژی جایگزین منابع و حامل‌های پرکربن شوند. در بسیاری از پیش‌بینی‌های صورت گرفته انتظار می‌رود هیدروژن نقشی حیاتی در کربن‌زدایی از سیستم‌های انرژی ایفا کند، به‌ویژه در بخش‌هایی که کاهش انتشار در آن‌ها دشوار است یا برقی سازی در آن‌ها غیرممکن است، ازجمله در فرایندهای صنعتی پرحرارت، حمل‌ونقل سنگین جاده‌ای و کشتیرانی. انتظار می‌رود هیدروژن به‌عنوان یك منبع انعطاف‌پذیر، در بخش تولید برق نیز نقش ایفا کند.

◄ بحران جاری انرژی احتمالاً موجب تسریع در تحول بازار هیدروژن خواهد شد. اروپا به‌عنوان بخشی از راهبرد خود برای کاهش وابستگی به گاز طبیعی روسیه در برنامه‌ی REPowerEU هدف تأمین هیدروژن کم‌کربن خود را برای سال ۲۰۳۰ به چهار برابر افزایش داده و آن را از ۵/۶ میلیون تن در سال به ۲۰/۶ میلیون تن در سال رسانده است. بیش از ۵۰۰ پروژه‌ی بزرگ مقیاس در چند سال گذشته آغاز شده است که کم‌تر از ۵۰ درصد از آن‌ها در ۱۲ ماه گذشته اعلام شده اند.

◄ بازار هیدروژن احتمالاً در چندین فاز و طی چند دهه توسعه خواهد یافت؛ این بازار از مرحله‌ی ۱) راه‌حل‌های پراکنده‌ی محلی به ۲) مشارکت‌های دوجانبه‌ی جداگانه و سپس به ۳) قراردادهای بزرگ بین‌المللی و نهایتاً ۴) به یك تجارت جهانی توسعه خواهد یافت. سیر حرکت این بازار از سطح محلی به منطقه‌ای و سپس بین‌المللی خواهد بود، اما سرعت توسعه‌ی آن در مناطق و بخش‌های مختلف متفاوت خواهد بود.

◄ بااین‌حال، هیدروژن علی‌رغم نقشی که ایفا خواهد کرد، یك راه‌حل معجزه‌آسا برای دست‌یابی به اهداف کربن‌زدایی یا امنیت انرژی نخواهد بود. در بسیاری از موارد، این فناوری راه‌حلی با اولویت دوم خواهد بود. برقی سازی مستقیم در بسیاری از کاربردها از بهره‌وری بیشتری برخوردار است. سیاست‌ها و مدل‌های کسب‌وکار باید به دنبال ایجاد زنجیره‌های تأمینی باشند که ازنظر فنی و مالی معقول و منطقی هستند.

چگونه باید به هدف موردنظر رسید؟

بازار هیدروژن هنوز در دوره‌ی آغازین خود است و باید در سراسر زنجیره‌ی تأمین آن توسعه صورت پذیرد. تولید هیدروژن کم‌کربن و بهره‌برداری از آن باید تا سال ۲۰۵۰ از حدود یک‌میلیون تن در سال کنونی به صدها میلیون تن در سال افزایش یابد. رشد بازار مستلزم گسترش و توسعه در تولید، توسعه، ذخیره‌سازی و مصرف نهایی است. رشد و افزایش ظرفیت تولید هیدروژن مستلزم تجدید مدل‌های کسب‌وکار، قیمت‌گذاری‌ها، قراردادها، قوانین و مقررات، استانداردها، مجوزها و سیاست‌ها است.

هزینه‌ی بالای هیدروژن نسبت به گزینه‌های جایگزین دیگر مهم‌ترین مانع در توسعه‌ی بازار کنونی آن است. هزینه‌ها باید طی دهه‌های پیش رو به‌طور چشمگیر کاهش یابند. هزینه‌ی تولید هیدروژن از منابع تجدیدپذیر در حال حاضر حدود ۳ تا ۸ دلار به ازای هر کیلوگرم است (معادل ۲۶ تا ۷۰ دلار به ازای هر یک‌میلیون واحد بریتانیایی حرارت (mmBtu)، بر اساس ارزش گرمایشی کمتر(LHV)). حمایت سیاستی برای کاهش هزینه‌های تولید و تشویق مصرف‌کننده‌ها به تغییر جهت به سمت هیدروژن بسیار مهم است. برای اینکار ابزارهای متفاوتی در اختیار سیاست‌گذاران قرار دارد، ازجمله قراردادهای مابه‌التفاوت[1] ، اعتبارات مالیاتی تولید، قیمت‌گذاری کربن و تعیین اهداف کربن صفر برای بخش‌های خاص.

مشارکت‌های بین‌المللی بخشی اساسی از توسعه‌ی اقتصادی فناوری هیدروژن است که اطمینان از تجارت هیدروژن را مهیا و توسعه‌ی آن را مقدور می‌کند. همکاری در سطوح بین‌المللی در سراسر صنایع و میان دولت‌ها باید در کنار تعهد به سرمایه‌گذاری و اشتراك منابع و فناوری‌ها صورت پذیرد. علاوه بر این، مشارکت‌ها موجب تسهیل در عقد قراردادهای بلندمدت می‌شوند؛ این امر در افزایش ظرفیت تولید، دسترسی به منابع مالی و استقرار مدل‌های کسب‌وکار اثبات‌شده بسیار مهم است.

توسعه‌ی فناوری هیدروژن در درجه‌ی اول ابزاری برای حمایت از روند کربن‌زدایی است. شدت کربن در هیدروژن و مشتقات و هرگونه حامل آن باید در تشکیل بازارهای آتی هیدروژن و وضع قوانین و مقررات تجارت آن در نظر گرفته شود. بازار هیدروژن بر اساس شدت کربن در طول زنجیره‌ی ارزش آن تشکیل خواهد شد نه بر اساس تعریف «کد رنگی» برای آن. بنابراین، سنجش و رصد شدت کربن باید استانداردسازی شود و صدور گواهی‌های مبدأ، از عناصر اساسی در ایجاد امکان تجارت بین‌المللی هیدروژن خواهد بود.

فوری‌ترین گام، جایگزینی هیدروژن پرکربن تولیدشده از سوخت‌های فسیلی با هیدروژن کم‌کربن است. این اقدام، چالش ایجاد تقاضا و کاهش انتشارات دی‌اکسید کربن در تولید هیدروژن را برطرف می‌سازد.

مطالعه‌ی روند توسعه‌ی مدل‌های کسب‌وکار در بخش‌های تجدیدپذیر و ال.ان.جی بسیار ارزشمند است. درس‌ها و تجربیات

۱. قرارداد مابه‌التفاوت (به انگلیسی: Contract For Difference، به‌اختصار: CFD) نوعی قرارداد معاملاتی است که به‌موجب آن خریدار و فروشنده توافق می‌کنند، اختلاف نرخ بین قیمت باز و بسته شدن یک قرارداد معاملاتی را بر اساس دارایی پایه مشخصی به یکدیگر بپردازند. در معاملات CFD معامله گران مالک واقعی دارایی و سهام نخواهند بود بلکه صرفاً از طریق پیش‌بینی از آینده قیمت دارایی‌ها، به خرید یا فروش می‌پردازند. درواقع در این نوع معاملات امکان معامله بر روی تغییرات قیمت بدون تحویل فیزیکی و پرداخت کامل ارزش دارایی برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌شود.

حاصل از تحولات و تکامل این بخش‌ها را می‌توان برای حمایت از توسعه‌ی فناوری هیدروژن استفاده کرد و به‌عنوان یك مدل برای تدوین قراردادهای بلندمدت اولیه به کار بست؛ ازجمله اعمال تعهد پرداخت جریمه کنسلی خرید محصول برای حمایت از تولیدکنندگان در برابر افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای. این اقدامات موجب ایجاد شفافیت در توسعه‌ی بازار هیدروژن می‌شود.

علی‌رغم هم‌راستایی میان بازار هیدروژن و مسیرهای توسعه در بازارهای دیگر (نظیر گاز طبیعی یا ال.ان.جی)، قوانین و مقررات آن شود به ویژه در مراحل اولیه‌ی توسعه نباید به همان شیوه‌ها تدوین و اعمال. در حال حاضر هنوز فضا برای انجام نوآوری‌های بیشتر در فناوری هیدروژن و مدل‌های کسب‌وکار آن وجود دارد که قوانین و مقررات بیش‌ازحد و دست و پاگیر مانع بروز آن‌ها خواهد شد. قوانین و مقررات «متناسب با هدف» موجب کاهش ریسک‌های ذاتی در ایجاد یك بازار جدید می‌شوند. ایجاد اطمینان و قطعیت در قوانین و مقررات برای جذب سرمایه در مراحل اولیه یك امر اساسی است. درعین‌حال، برای تقویت حضور هیدروژن در گذار انرژی، هم ایجاد یك توازن دقیق و هم تضمین رقابت‌پذیری و صرفه‌ی اقتصادی آن لازم است.

سیاست‌های انرژی باید بر پایه‌ی انتخاب آزادانه و مستقل از فناوری (technology-neutral) اتخاذ شوند تا به شتاب‌دهنده‌ها امکان تقویت تأمین مالی عمومی را بدهند و آن را تسهیل کنند. تأمین مالی بر اساس انتخاب آزاد فناوری، راه‌اندازی بازار را تسریع می‌کند و امکان تأمین مقرون‌به‌صرفه و بلندمدت را مهیا می‌سازد.

مولکول‌های هیدروژن در مقایسه با الکترون‌ها از مزیت مهمی برخوردار هستند؛ آن‌ها می‌توانند انرژی را در طول زمان و فواصل مکانی انتقال دهند و با بهره‌وری بیشتر ذخیره نمایند. علاوه بر این، هیدروژن می‌تواند دارایی‌های به‌گل‌نشسته‌ی انرژی، ازجمله سایت‌های منابع انرژی تجدیدپذیر دورافتاده و متروك مانده را به راه اندازد. این ماده می‌تواند مکان‌های تأمین منابع فراوان انرژی‌های تجدیدپذیر را که ابزار مؤثری برای انتقال این منابع به بازار در اختیار ندارند، به مراکز متمرکز تقاضا متصل سازد. ایجاد این فرصت‌های کسب سود چندگانه، مستلزم توسعه‌ی زیرساخت‌های لازم و امکانات حمل‌ونقل خواهد بود.

داده‌های بازار هیدروژن در حال حاضر محدود و از تعاریف و قواعد استاندارد کمی برخوردار است. تحلیل و تصمیم‌گیری آگاهانه از سوی سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مستلزم شفافیت و استاندارد سازی بیشتر داده‌های این بازار است.

مقدمه: راه‌اندازی بازار هیدروژن

هیدروژن نقش مهمی در کربن‌زدایی از ترکیب منابع انرژی ایفا خواهد کرد، اما نیل به این هدف مستلزم سرمایه‌گذاری و توسعه در طول زنجیره‌ی تأمین آن است.

در سال‌های اخیر، علاقه به بهره‌برداری از هیدروژن و فعالیت‌ها در این حوزه افزایش یافته است اما استفاده از هیدروژن به‌عنوان یك حامل انرژی ایده‌ی جدیدی نیست. این ایده از دهه‌ی ۱۹۷۰ تاکنون بارها مطرح شده است. بااین‌حال، علی‌رغم توجه به آن و تحقیق در این زمینه طی دهه‌های گذشته، هنوز موانع بسیاری در برابر توسعه‌ی بازار هیدروژن وجود دارد.

در حال حاضر، هیدروژن تنها یك درصد از ترکیب منابع انرژی را تشکیل می‌دهد و غالباً با استفاده از سوخت‌های فسیلی پرکربن تولید و عمدتاً در محل تولید به مصرف می‌رسد.

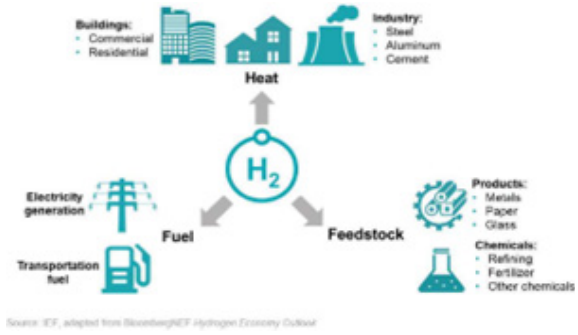
هیدروژن برای ایفای نقش در گذار انرژی باید به‌اندازه‌ی کافی و با قیمت رقابتی در دسترس قرار گیرد و شدت کربن در زنجیره‌ی تأمین آن کاهش یابد. برای این منظور، سراسر زنجیره‌ی تأمین هیدروژن باید توسعه و گسترش یابد.

سناریوهای مختلف پیش‌بینی تقاضا نشان می‌دهند که مصرف هیدروژن تا سال ۲۰۵۰ تا ۶ برابر افزایش خواهد یافت (تقاضا برای هیدروژن «کم‌کربن» تا ۵۰۰ الی ۶۰۰ برابر افزایش خواهد یافت).

چنین رشدی، این امکان را که هیدروژن طی دهه‌های پیش رو به‌عنوان یك کالای تجاری در سطح بین‌المللی مورد تجارت قرار گیرد به‌طور روزافزون محتمل می‌سازد. آگاهی از مسیرهای ممکن و عوامل پیشبرد این فناوری به سمت بلوغ، برای کاهش ریسك و جذب سرمایه‌گذار و اخذ حمایت از سوی دولت بسیار اساسی است.

برای دست‌یابی به ظرفیت‌های هیدروژن، اقدامات سیاستی قاطع لازم است و توسعه‌ی آن مستلزم سرمایه‌گذاری چشم‌گیر در زیرساخت‌ها است. برای استفاده از هیدروژن در راستای کربن‌زدایی از بخش برق باید ظرفیت بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر برای تولید آن به‌طور اساسی توسعه یابد.

اتصال منابع تولید و ذخیره‌سازی هیدروژن به مصرف‌کننده‌های نهایی، مستلزم گسترش شبکه‌های توزیع هیدروژن در مقیاس وسیع است. توسعه‌ی زنجیره‌ی تأمین، هزینه‌های عرضه هیدروژن را کاهش و امنیت تأمین آن را افزایش می‌دهد؛ ایجاد بازارهای رقابتی را ممکن و تجارت بین‌المللی آن را تسهیل می نماید.



شکل ۱: کاربردهای هیدروژن در بخش‌های مختلف

شرایط کنونی در یك نگاه

- تقاضا برای هیدروژن در سال ۲۰۲۰ به ۸۱ میلیون تن بالغ شد که فقط ۱ درصد از ترکیب انرژی را تشکیل می‌دهد.
- در حال حاضر، پالایش نفت و پتروشیمی ۹۶ درصد از تقاضای هیدروژن را تشکیل می‌دهند.
- چین حدوداً ۲۵ درصد از تولید و مصرف جهانی هیدروژن را در اختیار دارد.
- در حال حاضر منشأ تولید هیدروژن عمدتاً سوخت‌های فسیلی پرکربن است.

- اکثر هیدروژن در محل، تولید و مصرف می‌شود.
- نقل‌وانتقال هیدروژن از طریق خطوط لوله و حمل‌ونقل زمینی صورت می‌گیرد.
- امکانات ذخیره‌سازی محدود است.
- قیمت‌گذاری شفاف نیست.

فرصت‌ها و نقاط قوت: چرا انتظار می‌رود بازار هیدروژن رشد پیدا کند؟

رشد تقاضا برای هیدروژن، راه‌حلی است برای کربن‌زدایی از بخش‌هایی که کاهش انتشار در آن‌ها دشوار است و راهکاری برای ایجاد انعطاف‌پذیری در فرایند عرضه و تقاضا در سیستم‌های تولید برق است.

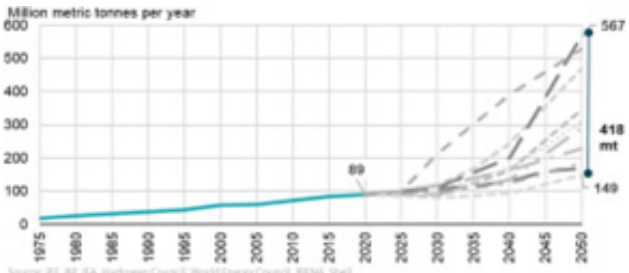
بازار جاری هیدروژن در مراحل طفولیت خود قرار دارد اما تلاش‌ها برای کربن‌زدایی، فرصت‌هایی برای رشد آن را مهیا ساخته است.

جذاب‌ترین کاربردهای هیدروژن در بخش‌هایی وجود دارد که کاهش انتشارات و برقی‌سازی مستقیم در آن‌ها سخت، غیراقتصادی یا ازنظر فنی توجیه‌ناپذیر است؛ ازجمله: تولید فولاد، سیمان و مواد شیمیایی، صنایع مستلزم حرارت بالا، تولید برق با قابلیت کنترل عرضه بر اساس تقاضا (Dispatchable)، هوانوردی، کشتیرانی و حمل‌ونقل سنگین.

علاوه بر این، هیدروژن کم‌کربن باید جایگزین هیدروژن حاصل از سوخت‌های فسیلی پرکربن شود که در حال حاضر در بخش‌هایی نظیر پالایش نفت، صنایع شیمیایی و تولید کودهای شیمیایی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

بااین‌حال، به دلیل آن‌که میزان و مقیاس بهره‌برداری از هیدروژن توسط هر یک از این صنایع متفاوت خواهد بود، پیش‌بینی‌ها در خصوص میزان تقاضای هیدروژن بسیار متفاوت است.

بررسی پیش‌بینی‌های جاری، اختلاف عمده‌ای را میان کم‌ترین و بیشترین دورنما تا سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد (اختلافی بالغ‌بر ۴۱۸ میلیون تن در سال بین کم‌ترین و بیشترین پیش‌بینی‌ها). این اختلاف، بیش از ۴/۵ برابر بیشتر از حجم بازار کنونی است.



شکل ۲: نمودار پیش‌بینی‌های تقاضای هیدروژن تا سال ۲۰۵۰

علاقه به هیدروژن در پنج سال گذشته به‌سرعت افزایش یافته است، زیرا هدف‌گذاری برای کربن‌زدایی جزو اولویت‌های برتر دولت‌ها شده است. بیش از ۵۰ کشور سند ملی راهبرد هیدروژن خود را تدوین کرده‌اند یا در حال تدوین آن هستند.

اتحادیه‌ی اروپا هدف تأمین هیدروژن کم‌کربن خود را برای سال ۲۰۳۰ چهار برابر کرده و آن را از ۵/۶ میلیون تن در سال به سالانه ۲۰/۶ میلیون تن افزایش داده است. این اقدام بخشی از برنامه‌ی راهبردی REPowerEU برای کاهش اتکای اتحادیه اروپا به گاز طبیعی روسیه است.

در چند سال گذشته، اجرای بیش از ۵۰۰ پروژه در مقیاس وسیع اعلام شده است که کم‌تر از ۵۰ درصد از آن‌ها در ۱۲ ماه گذشته (تا آوریل ۲۰۲۲) اعلام شده‌اند.

اهداف بلندپروازانه‌ی بسیاری وجود دارد اما چگونگی دستیابی به این اهداف مشخص نیست. نیل به این اهداف و توسعه‌ی بازار مستلزم تحریک تقاضا و افزایش مصرف است.

هیدروژن امکان انعطاف‌پذیری را مهیا کرده و می‌توان آن را ذخیره کرد.

مولکول‌های هیدروژن از انعطاف‌پذیری و قابلیت ذخیره شوندگی مناسبی برخوردار هستند و می‌توان از آن‌ها به‌عنوان مکملی برای منابع انرژی تجدیدپذیر که تأمین آن‌ها پر نوسان است، استفاده کرد.

برخلاف انرژی ذخیره‌شده در باتری‌ها، هیدروژن را می‌توان با کم‌ترین اتلاف انرژی در طول زمان به‌طور نامحدود به مسافت‌های دور انتقال داد و در زیر زمین ذخیره کرد که برای ذخیره‌سازی بلندمدت در مقیاس شبکه‌ی توزیع ایده آل است. در حال حاضر، استفاده از حفره‌های نمکی برای ذخیره‌سازی هیدروژن یک فناوری اثبات‌شده است، درحالی‌که فناوری استفاده از میدان‌های نفت و گاز تخلیه‌شده باید به اثبات برسد.

با افزایش سهم منابع تجدیدپذیر در کشورها، لزوم انعطاف‌پذیری در تأمین آن‌ها در بازه‌های زمانی هفتگی تا سالانه افزایش می‌یابد. هیدروژن و گازهای ترکیبی حاصل از هیدروژن نقش چشم‌گیری در انعطاف‌پذیری بلندمدت سیستم‌های تولید برق ایفا خواهند کرد.

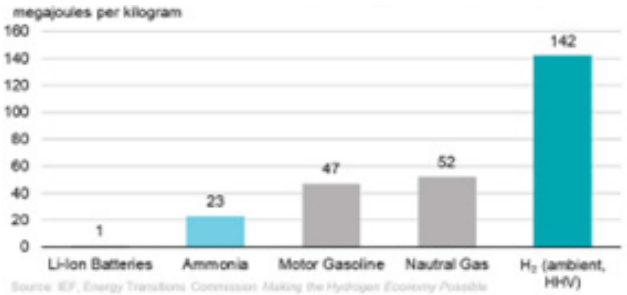
هیدروژن را می‌توان به منظور کاهش نوسانات فصلی تولید تجدیدپذیرها برای تأمین تقاضای برق استفاده کرد: با برقی سازی جهان، تولید بیشتر هیدروژن با استفاده از برق تجدیدپذیر اضافی طی یک فصل، تقاضای بیشتر برق در طول فصول دیگر را، هنگامی‌که منابع تجدیدپذیر برای تأمین تقاضا کافی نیستند، تأمین خواهد کرد.

از هیدروژن می‌توان برای نجات دارایی‌های به‌گل‌نشسته در حوزه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کرد؛ ازجمله دارایی‌های موجود در مناطق دورافتاده و مکان‌های خارج از شبکه‌ی توزیع که دسترسی مناسبی به بازار برق یا ابزاری برای انتقال برق به مناطق دوردست در آن‌ها وجود ندارد. از این دارایی‌های تجدیدپذیر می‌توان برای تولید برقی استفاده کرد که سپس در فرایند الکترولیز برای تولید هیدروژن استفاده شود. هیدروژن تولیدشده از این طریق را نیز می‌توان ذخیره‌سازی کرد و از این مناطق دورافتاده به بازار حمل کرد. قابلیت ذخیره‌سازی، به شکل خاصی در ایفای نقش هیدروژن به‌عنوان عامل انعطاف‌پذیری در سیستم‌های تولید برق، دارای اهمیت است.

هیدروژن را همچنین می‌توان در حجم‌های بزرگ به‌عنوان ذخایر راهبردی برای کاربردهای نهایی متعدد ذخیره کرد. این قابلیت موجب امنیت انرژی و کاهش نوسان قیمت انرژی و جلوگیری از بحران‌های انرژی می‌شود.

چگالی انرژی بالا به ازای جرم

هیدروژن در مقایسه با منابع دیگر انرژی، به‌طور قابل‌توجهی از چگالی انرژی بالایی به ازای واحد جرم خود برخوردار است. یک کیلوگرم هیدروژن حاوی میزان فراوانی انرژی است که آن را به یک حامل انرژی بهینه و سبک بدل می‌سازد. بنابراین، هیدروژن یک عنصر جذاب در کاربردهای حمل‌ونقل است که در آن‌ها محتوای بالای انرژی با حداقل وزن ممکن، موردنیاز است؛ نظیر هوانوردی، کشتیرانی و حمل‌ونقل سنگین جاده‌ای به مسافت‌های دور.



شکل۳: نمودار مقایسه‌ی چگالی انرژی وزنی هیدروژن ـ (ظرفیت انرژی به ازای جرم) با دیگر منابع انرژی

اقتصاد هیدروژن، فراتر از هیدروژن خالص

هنگامی‌که سخن از اقتصاد هیدروژن به میان می‌آید، دانستن این موضوع مهم است که این مفهوم فراتر از هیدروژن خالص است. این مفهوم همچنین شامل حامل‌های دیگر انرژی بر پایه‌ی هیدروژن می‌شود؛ ازجمله آمونیاک، متانول و متان ترکیبی که حمل‌ونقل آن‌ها نیز آسان‌تر است.

آمونیاک را می‌توان در کشتیرانی استفاده کرد و در حال حاضر ژاپن در حال آزمایش آن به‌صورت مخلوط با زغال‌سنگ برای تولید برق است. شرکت مرسک (Maersk) در حال آزمایش متانول برای کشتیرانی است. متان ترکیبی را نیز می‌توان از ترکیب هیدروژن با دی‌اکسید کربن جذب‌شده تولید کرد و برای این منظور می‌توان از زیرساخت‌های کنونی گاز طبیعی استفاده کرد.

آسیب‌پذیری کم‌تر در برابر تهدیدهای ژئوپلیتیک در مقایسه با منابع انرژی سنتی

ازلحاظ فنی امکان تولید هیدروژن کم‌کربن با استفاده از منابع مختلف انرژی شامل باد، خورشید، زیست‌توده، انرژی هسته‌ای، انرژی برق‌آبی و گاز طبیعی (همراه با فناوری CCUS) در سراسر جهان وجود دارد.

کشورها می‌توانند با استفاده از هیدروژن به منابع انرژی خود تنوع ببخشند و با کشورهای دیگری که علاقه‌مند به تولید و مصرف هیدروژن هستند در این حوزه به مشارکت تجاری بپردازند.

با گسترش بازار، احتمال این‌که از هیدروژن به‌عنوان یک عامل فشار و تهدید از سوی صادرکنندگان استفاده شود کم خواهد شد و برای کشورهای واردکننده با حجم عظیم هم، امکان اعمال قدرت داده نخواهد شد زیرا تعداد و تنوع صادرکنندگان هیدروژن افزایش خواهد یافت. استفاده از هیدروژن برای تقویت ترکیب انرژی موجب تضمین امنیت انرژی خواهد شد.

هم‌افزایی با صنایع موجود

هیدروژن تشابهات زیادی با صنایع نفت و گاز و همچنین صنایع تجدیدپذیر موجود دارد. در بخش نفت و گاز تجارب مهندسی فراوانی در زمینه‌ی تغییر و تحول، حمل‌ونقل و فروش مواد حامل انرژی وجود دارد.

علاوه بر این، با توجه به اشتراکات مذکور، در شرایطی که ممکن است ورود به بازار جدید هیدروژن توسط بسیاری از شرکت‌ها دشوار باشد، شرکت‌های نفت و گاز برخوردار از دارایی‌های «غیر هیدروژنی» قادر خواهند بود در حوزه‌ی هیدروژن سرمایه‌گذاری کنند.

زیرساخت‌های موجود گاز را می‌توان برای بهره‌برداری از هیدروژن تغییر کاربری داد و از بلااستفاده شدن این دارایی‌ها جلوگیری کرد. برای مثال، در حال حاضر مطالعات بسیاری در مورد چگونگی استفاده و توسعه‌ی شبکه‌های موجود گاز طبیعی برای نقل‌وانتقال و توزیع هیدروژن در جریان است. این استفاده، شامل خطوط لوله‌ی درون منطقه‌ای نیز می‌شود. توجه ویژه‌ای باید به اعمال تغییر و تبدیل امکانات ذخیره‌سازی گاز به تأسیسات ذخیره‌سازی هیدروژن معطوف شود. نهایتاً، شرکت‌های نفت و گاز برای ورود به صنعت هیدروژن باید به فناوری CCUS (جذب، ذخیره‌سازی و استفاده از کربن) نیز مجهز شوند.

راهبردهای اخیر در برنامه‌ی REPowerEU به تلاش‌های اتحادیه‌ی اروپا برای توسعه‌ی زیرساخت‌های واردات ال.ان.جی. سرعت بخشیده است و بسیاری از حامیان پروژه‌ها متعهد شده‌اند که این زیرساخت‌ها را برای هیدروژن نیز مهیا سازند. البته چنین تعریف کاری مستلزم شفافیت بیشتر است.

هم‌افزایی‌های رو به افزایشی نیز با صنعت برق در حال صورت گرفتن است؛ شامل استفاده از تجدیدپذیرها و دیگر منابع پاک تولید برق به‌عنوان منابع تولید هیدروژن پاک و در مقابل، ایفای نقش هیدروژن به‌عنوان منبع ایجاد انعطاف در عرضه در بخش برق.

ضعف‌ها و تهدیدها: چه عواملی موجب محدودیت در رشد هیدروژن خواهد شد؟

درحالی‌که هیدروژن از جنبه‌هایی برخوردار است که آن را به یک حامل جذاب انرژی تبدیل می‌سازد، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که باید موردتوجه واقع شوند. امواج علاقه‌مندی‌های پیشین منجر به سرمایه‌گذاری پایدار یا حمایت‌های سیاستی نشده است. بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ سرمایه‌گذاری جهانی دولتها در حوزه‌ی هیدروژن تا ۳۵ درصد کاهش یافت.

هزینه‌ها باید کاهش بیشتری پیدا کنند، زیرساخت‌ها باید گسترش یابند، مسائل جانبی حل شوند و کاربردهای جدیدی از فناوری موجود ایجاد شوند.

هیدروژن اکسیری برای گذار انرژی نیست و سیاست‌ها و مدل‌های کسب‌وکار باید بر کاربردهایی که ازلحاظ فنی و مالی منطقی هستند تمرکز یابند.

کاهش هزینه‌ی هیدروژن

هزینه‌ی هیدروژن به دو دلیل چالش‌برانگیز است:

۱. هیدروژن ازلحاظ محتوای انرژی گران است: ۱ دلار به ازای هر کیلوگرم، معادل ۸/۸ دلار به ازای هر یک‌میلیون واحد بریتانیایی حرارت (ارزش حرارتی پایین)، که تا قبل از بحران جاری، معادل قیمت گاز طبیعی در اروپا بود.

۲. هزینه‌ی تولید هیدروژن از برق تجدیدپذیر در حال حاضر بسیار بیشتر از تولید آن از سوخت‌های فسیلی است.

می‌توان با کاهش هزینه‌ی الکترولایزرها و برق تجدیدپذیر و همچنین با بهبود بهره‌وری الکترولایزرها و ضریب بار، هزینه‌های تولید هیدروژن را کاهش داد.

شدت انرژی کم به ازای حجم

محتوای انرژی به ازای حجم هیدروژن نسبت به سوخت‌ها و حامل‌های دیگر انرژی به‌طور چشم‌گیری پایین است. درنتیجه ذخیره‌سازی یا استفاده از هیدروژن در فشار و درجه حرارت اتمسفر، مستلزم فضای بسیار یا صرف انرژی بالا برای فشرده‌سازی یا مایع سازی آن است. آمونیاک و سوخت‌های ترکیبی از شدت انرژی بالاتری برخوردارند که آن‌ها را نسبت به هیدروژن خالص برای مصارفی مثل هوانوردی و کشتیرانی در مسافت‌های بالا جذاب‌تر می‌سازد.

شدت انرژی در تولید هیدروژن بالا و بهره‌وری در آن پایینی است

شکستن پیوندهای مولکولی و آزادسازی هیدروژن مستلزم صرف مقادیر فراوانی از انرژی است و طیفی از درجات بهره‌وری را بسته به فناوری مورداستفاده شامل می‌شود. برآوردهای جاری نشان می‌دهد که نرخ بهره‌وری در روش‌های اصلاح بخار و الکترولیز بین ۶۰ تا ۸۰ درصد است اما این دو روش به ترتیب در کم‌ترین و بیشترین نقاط برآوردهای هزینه‌ای قرار دارند. ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل هیدروژن به‌صورت فشرده و مایع‌شده مستلزم صرف انرژی اضافی است که به‌طور اساسی از ارزش انرژی ذخیره‌شده‌ی آن می‌کاهد.

کمبود زیرساخت‌های اختصاصی، امکانات جذب کربن و مواد معدنی حیاتی

در حال حاضر، به‌غیراز تعداد محدودی خط لوله در صنایع شیمیایی، زیرساخت هیدروژن به‌شدت محدود است. ایجاد زیرساخت صادرات و تجارت بین‌المللی مستلزم سرمایه‌گذاری فراوان است اما سرمایه‌گذاران به دنبال خریداران تضمین‌شده خواهند بود. بااین‌حال، برای افزایش تولید و تأمین تقاضا باید زیرساخت‌های لازم مهیا شوند.

امنیت و پذیرش عمومی

گسترش زیرساخت‌ها و بازارهای هیدروژن مستلزم پذیرش گسترده از سوی عموم است ـ چالشی که برای هر منبع دیگر انرژی نیز وجود دارد. هیدروژن از این لحاظ با چالش‌های مخصوص به خود روبه‌رو است. این ماده نسبت به بنزین یا گاز طبیعی از نقطه‌ی احتراق پایین‌تر و طیف وسیعی‌تری از حد تراکم قابل اشتعال در هوا برخوردار است؛ به این معنا که به‌آسانی می‌تواند احتراق یابد.

فرصت ها و تهدیدهای پیش روی ایران

ایران در قلب خاورمیانه از بهترین موقعیت هم ازنظر منابع تجدیدپذیر تأمین انرژی برای تولید هیدروژن و هم موقعیت جغرافیایی منحصربه‌فرد برای نقل‌وانتقال هیدروژن به مراکز تقاضای آن برخوردار است. علاوه بر این منابع گاز فراوان برای تولید هیدروژن کم‌کربن نیز بر ظرفیت‌های ایران در ایفای نقش محوری در این بازار می‌افزاید. با این شرایط در برهه‌ی کنونی ایران بایست جزو مراکز شناخته‌شده و مطرح تأمین هیدروژن در میان دیگر مراکز پیشرو در منطقه معرفی می‌شد، ولی جای خالی ایران در نقشه‌ی پراکندگی مراکز تأمین و عرضه‌ی آینده هیدروژن، هشداری است برای عقب ماندن از قافله‌ی بازار جهانی هیدروژن در دوره‌ی حساس گذار انرژی. حال این سؤال مطرح است که چرا ایران با توجه به ظرفیت‌های فوق و همچنین توان دانشی مراکز علمی و دانشگاهی و آگاهی متصدیان بخش انرژی کشور از لزوم توجه و اتخاذ سیاست‌های حمایتی و انجام اقدامات عملی در این حوزه هنوز نه‌تنها نقشی اساسی در این عرصه نیافته، بلکه حتی رد پایی نیز از خود در این بازار پراهمیت به جا نگذاشته است. این در حالی است که رقبای سنتی ایران نه‌تنها در منطقه بلکه در سطح جهانی خود را به‌عنوان هاب تأمین هیدروژن جهان مطرح کرده‌اند.

با توجه به روند گذار انرژی و گزارش‌های متعدد مراکز مطرح رصد، تحلیل و گزارش دهی جهانی در حوزه‌ی انرژی ازجمله آژانس بین‌المللی انرژی و مجمع جهانی انرژی و دیگر مؤسسات معتبر، هیدروژن به‌زودی به یکی از مهم‌ترین و راهبردی‌ترین منابع تأمین انرژی جهان تبدیل خواهد شد و با توجه به روند تمرکززدایی از مراکز تأمین انرژی در آینده‌ی جهان، آن‌گونه که در گزارش فوق نیز به آن اشاره شد، مراکز تأمین هیدروژن در جهان متعدد و به‌طور یکنواخت در سطح جهان پراکنده خواهند بود. این موضوع رقابت میان تأمین‌کنندگان را شدت خواهد بخشید و عقب ماندن از رقبای منطقه‌ای چه در حوزه‌ی سیاست‌گذاری، تنظیم قوانین و مقررات و تدوین راهبرد و چه در زمینه‌ی تجهیز به فناوری‌های روز و اقدام به تحقیق و توسعه، تهدید بزرگی برای ایران خواهد بود که عدم پرداختن به آن‌ها منجر به ایجاد چالش از دست رفتن منابع درآمدی در آینده خواهد شد. لذا به نظر می‌رسد در اولین اقدام، تدوین سند ملی راهبرد هیدروژن کشور و بررسی ظرفیت‌های همکاری بین‌المللی با صاحبان فناوری ازجمله کشورهای دارای منافع مشترک، نقطه‌ی شروع مناسبی برای حرکت اساسی ایران به سمت ورود به بازار جهانی هیدروژن باشد.

گزارش تحلیلی

نظم دوره گذار انرژی

چشم‌انداز فناوری CCUS در جهان با نگاهی ویژه به پالایشگاه‌ها

اعظم محمدباقری، پیمان نیلچی پور؛ پژوهشگران موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

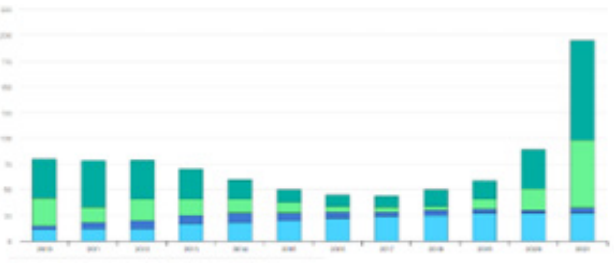
دست‌یابی به اهداف بلندپروازانه‌ی صفر خالص مستلزم تلاش همه‌ی صنایعی است که در انتشار دی‌اکسید کربن دخیل هستند، به‌ویژه صنایعی نظیر سیمان، فولاد، تولید انرژی از ضایعات و پالایشگاه‌ها که کاهش انتشار در آن‌ها دشوار است. فناوری جذب، بهره برداری و ذخیره‌سازی کربن که اغلب به اختصار به آن CCUS گفته می شود، به مجموعه فناوری‌هایی اطلاق می‌گردد که برای جذب دی‌اکسید کربن از فعالیت‌هایی مانند تولید برق یا تأسیسات صنعتی طراحی شده و از سوخت‌های فسیلی استفاده می کنند. این فناوری راه‌حلی عملی برای کربن‌زدایی از صنایعی است که کاهش انتشار در آن‌ها دشوار است و با استفاده از آن، انتشاردهندگان بزرگ می‌توانند دی‌اکسید کربن را پیش‌ازاین که در جو انتشار یابد جذب کنند. پالایشگاه‌ها می‌توانند از این فناوری برای کاهش انتشارات خود و انطباق با قوانین و مقررات مربوطه بهره‌برداری کنند و در اقتصاد چرخشی کربن در سطح جهانی مشارکت داشته باشند.

طرفداران این فناوری‌ها معتقدند که آن‌ها می‌توانند نقش مهمی در تحقق اهداف جهانی مربوط به انرژی و تغییرات آب و هوایی داشته باشند. در سال ۲۰۲۱ پیشرفت‌های قابل‌توجهی برای فناوری CCUS در سطح جهان ایجاد شده است که نشانه‌های امیدوارکننده‌ای مبنی بر تاثیر آن در مقابله با تغییر اقلیم دارند. در این سال بیش از ۱۰۰ نوع تأسیسات جدید مربوط به CCUS اعلام شده و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که پروژه‌های خط لوله برای جذب CO_2 در حال ۴ برابر شدن است. با توجه به اینکه بدون CCUS راهکارهای محدودی برای مقابله با انتشار بخش‌های صنایع سنگین ازجمله سیمان وجود دارد، آژانس بین‌المللی انرژی همواره بر نقش مهم CCUS در دست‌یابی به انتشار خالص صفر تأکید کرده و اذعان می‌دارد که تا سال ۲۰۵۰، این فناوری به‌تنهایی ۱۵ درصد از سهم کل کربن انتشار یافته در دنیا را کاهش خواهد داد. فناوری CCUS همچنین گزینه‌ای کلیدی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از دارایی‌های موجود، حمایت از افزایش مقرون‌به‌صرفه تولید هیدروژن کم‌کربن و حذف کربن از جو می باشد. درحالی‌که CCUS مطمئناً هنوز با چالش‌هایی روبرو است، ترکیبی از اهداف آب و هوایی که مورد تاکید هستند، محیط سرمایه‌گذاری مناسب تر و مدل‌های تجاری جدید زمینه را برای موفقیت بیشتر آن در سال‌های آینده فراهم کرده است.

بررسی وضع موجود

هرچند وضعیت کنونی این فناوری در جهان تا حدودی دلگرم‌کننده است، اما سابقه تاریخی استفاده از این فناوری چندان مطلوب نبوده. پس از بحران مالی جهانی ۲۰۰۸-۲۰۰۹، زمانی که ۲۷ پروژه در سطح جهان از حمایت مالی بیش از ۸/۵ میلیارد دلاری برخوردار شدند، انتظارها بر آن بود که این فناوری در سطح وسیعی توسعه یابد، اما درنهایت کمتر از ۳۰ درصد این بودجه هزینه شد و امروز تنها چهار پروژه درنتیجه پشتیبانی مستقیم تخصیص‌یافته در حال فعالیت هستند. دلیل عمده آن کند بودن فرایند اجرای این پروژه‌ها بود. به‌عنوان‌مثال پروژه FutureGen در ایالات‌متحده که تا سقف ۱ میلیارد دلار هزینه و زمان اجرای پنج‌ساله تأمین مالی شد، تنها چهار سال طول کشید تا مجوز تزریق CO_2 برای ذخیره‌سازی را دریافت کند. فقدان برنامه بلندمدت برای CO_2 ذخیره‌شده و هزینه‌های عملیاتی بالا برای تأسیسات مجهز به CCUS توسط توسعه‌دهندگان پروژه موجب تأخیر در اجرای این پروژه‌ها شد. به‌ویژه که برنامه‌های کمک مالی چندساله نیز در برابر فشارهای بودجه‌ای به‌شدت آسیب‌پذیر بودند. در بسیاری از کشورها، بودجه تخصیص‌یافته برای پروژه‌های موجود به‌تدریج کاهش یافت و یا (در مورد برنامه تجاری‌سازی CCS انگلستان) به‌طور ناگهانی قطع شد. علیرغم موفقیت محدود برنامه‌های CCUS، پیشرفت‌های مهمی از سال ۲۰۱۰ حاصل شده است. در حال حاضر ظرفیت جذب CO_2 در تأسیسات عملیاتی سه برابر شده و به بیش از ۴۰ $MtCO_2$ در سال رسیده و دامنه کاربرد تجاری این فناوری توسعه یافته و کاربردهایی نظیر فولاد، تولید برق و هیدروژن را در بر گرفته است. اکنون مدل‌های کسب‌وکار جدیدی برای این فناوری ظهور کرده‌اند. رویکردهای تجاری به استقرار CCUS از تمرکز بر تأسیسات بزرگ و مستقل به توسعه هاب‌های صنعتی با زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ذخیره مشترک CO_2 تغییر کرده است. مدل‌های تجاری جدید که بر خدمات حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی متمرکز شده‌اند، صرفه‌جویی در مقیاس بزرگ را ممکن ساخته و ریسک‌های تجاری را کاهش داده‌اند. فضای سرمایه‌گذاری بهبود یافته و حتی سیاست‌ها برای ارائه کمک‌های سرمایه‌ای در راستای ایجاد بازارهای با ثبات برای سرمایه‌گذاری در این فناوری‌ها، تکامل یافته‌اند. علاوه بر این، قیمت‌های بالاتر کربن در اروپا، CCUS را به گزینه‌ای مناسب برای کاهش برخی از انتشارات صنعتی تبدیل می‌کند.

برنامه‌های انتشار خالص صفر ، CCUS را به یک ضرورت تبدیل کرده و اهداف اقلیمی بر ارزش و اهمیت CCUS در مجموعه اقدامات کاهش تغییرات آب‌وهوا تأکید می‌کند. در حدود ۸۰ درصد از استراتژی‌های بلندمدت کاهش انتشار که به کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب‌وهوا (UNFCCC) ارائه شده، نقش فناوری‌های CCUS به رسمیت شناخته شده است؛ ازجمله استراتژی انتشار خالص صفر بریتانیا که در اکتبر ۲۰۲۱ منتشر شد. لذا نقشه راه جدید آژانس بین‌المللی انرژی برای Net Zero تا سال ۲۰۵۰، پیش‌بینی می‌کند که CCUS تا سال ۲۰۵۰ به جذب ۷/۶ میلیارد تن CO_2 در سال برسد. البته هیچ تضمینی برای موفقیت وجود ندارد و الزاماً همه ۱۰۰ پروژه اعلام‌شده به بهره‌برداری تجاری نمی‌رسند و مستلزم افزایش سیاست‌های حمایتی و تسریع در تلاش‌ها برای شناسایی و توسعه منابع ذخیره CO_2 است. ضمن آنکه تقویت نوآوری برای تجاری‌سازی سریع‌تر فناوری‌ها و برنامه‌های کاربردی کلیدی CCUS نیز بسیار مهم خواهد بود. شکل ۱ روند رو به رشد ایجاد تأسیسات موردنیاز این فناوری را در جهان طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ نشان می‌دهد.



شکل ۱: روند ایجاد تأسیسات فناوری CCUS در جهان ۲۰۲۱-۲۰۱۰
منبع: آژانس بین‌المللی انرژی

پیشرفت‌های اخیر در پروژه‌های CCUS عمدتاً به دلایل ذیل اتفاق افتاده است:

۱- افزایش به رسمیت شناختن CCUS برای دستیابی به اهداف صفر خالص ملی، منطقه‌ای و حتی شرکتی به‌عنوان‌مثال کپنهاگ قصد دارد که اولین شهر بدون کربن در جهان باشد و در نظر دارد که تأسیسات عمده زباله سوز خود را با هدف حذف ۵۰۰ هزار تن CO_2 در سال به این فناوری مجهز کند. شرکت‌هایی مانند مایکروسافت، یونایتد ایرلاینز و سایرین در حال سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جذب مستقیم از هوا برای دستیابی به اهداف آب و هوایی شرکت خود هستند.

۲- رویکرد فزاینده به تولید هیدروژن کم‌کربن موجب ایجاد تقریباً ۵۰ نوع تأسیسات درحال‌توسعه برای جذب CO_2 از فرایندهای مرتبط با هیدروژن شده است.

۳- بهبود قابل توجه محیط سرمایه‌گذاری برای CCUS در نتیجه مشوق‌های سیاستی جدید اتفاق افتاده است. از آغاز سال ۲۰۲۰، دولت‌ها و صنعت متعهد به بیش از ۲۵ میلیارد دلار بودجه به‌طور خاص برای پروژه‌ها و برنامه‌های CCUS شده‌اند.

با اهمیت یافتن کاهش انتشار در صنایع سنگین، بسیاری از شرکت‌های نفت و گاز در حال اتخاذ اقدامات عملی در این خصوص هستند. هدف‌گذاری‌ها برای کاهش انتشارات، در حال افزایش است و شرکت‌های بزرگ به‌عنوان پیشگامان این حرکت نقش پراهمیتی ایفا می‌کنند. شرکت‌هایی نظیر شورون (Chevron)، اکوینور (Equinor) و آرامکو به دنبال جلوگیری از انتشار و تمرکز بر ایفای تعهدات خود در بهره‌برداری از فناوری CCUS هستند. شورون هدف‌گذاری کرده است تا پایان دهه‌ی جاری سالانه ۲۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن ذخیره‌سازی کند و این کار را با تمرکز بر مراکز منطقه‌ای درحال‌توسعه که مشارکت‌های جاری و جدید این شرکت را با مشتریان، دولت‌ها و صنعت بهبود می‌بخشند، انجام خواهد داد. اکوینور در حال بررسی ظرفیت فناوری‌های هیدروژن و CCUS در چندین ایالت آمریکا است.

پروژه‌های CCUS اکنون در ۲۵ کشور در سراسر جهان در حال اجرا و یا در حال توسعه هستند و ایالات‌متحده و اروپا سه‌چهارم پروژه‌های درحال‌توسعه را تشکیل می‌دهند. برنامه آب و هوایی به‌روز شده اخیر اتحادیه اروپا با عنوان 'Fit for ۵۵ EU Climate Plan' طیف وسیعی از قوانین و مقررات و مشوق‌ها را ازجمله: حمایت از برنامه‌های بهره‌برداری از فناوری CCUS در سطح وسیعی از صنایع، مالیات‌های مرزی کربن و ترویج فراوان فناوری‌های پاک شامل می‌شود. در همین راستا، قیمت کربن اروپا در سال گذشته به‌طور پیوسته افزایش یافته است و در فوریه ۲۰۲۲ به رکوردی نزدیک به ۹۶ دلار رسید. نروژ ۱/۸ میلیارد دلار برای پروژه Longship متعهد شده که شامل هاب ذخیره‌سازی فراساحلی پروژه شفق شمالی است. هلند تا سقف ۲ میلیارد یورو از طریق صندوق انرژی و اقلیم پایدار خود برای توسعه هاب Porthos CCUS در بندر روتردام، متعهد شده است. بریتانیا یک صندوق زیرساختی CCS به ارزش ۱ میلیارد پوند با هدف ساخت چهار مرکز CCUS تا سال ۲۰۳۰ ایجاد کرده است. چهار پروژه CCUS نیز در اولین فراخوان تأمین مالی برای صندوق نوآوری ۱۰ میلیارد یورویی کمیسیون اروپا انتخاب شده‌اند.

حمایت از CCUS در کانادا نیز در حال رشد است. در آوریل ۲۰۲۲، دولت کانادا اعلام کرد در حال ارائه یک اعتبار مالیاتی ۵۰ درصدی با هدف افزایش سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی فناوری CCUS است. همچنین یک اعتبار ۳۷/۵ درصدی برای تهیه تجهیزات حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و استفاده از دی‌اکسید کربن اختصاص یافته است. اعتبار مالیاتی قابل‌تجدید سرمایه‌گذاری در کسب‌وکارها، ۵۰ درصد

از هزینه‌های تهیه تجهیزات جذب دی‌اکسید کربن را برای پروژه‌هایی که در سال ۲۰۲۲ آغاز شوند، پوشش می‌دهد. این اعتبار مالیاتی سرمایه‌گذاری برای CCUS با هدف کاهش انتشار حداقل ۱۵ میلیون تن در سال و بودجه‌ای به میزان ۳۱۹ میلیون دلار کانادا برای حمایت از برنامه‌های CCUS RD&D[1] در نظر گرفته شده است. استراتژی بهره‌گیری از فناوری CCUS برای کانادا در دست توسعه است که با اقدامات سطح استانی مانند تخصیص فضای ذخیره‌سازی زیرزمینی CO_2 در آلبرتا به یک یا چند هاب اپراتور تکمیل خواهد شد. این اپراتورهاخدمات جداسازی را نیز برای چندین تأسیسات ارائه می‌دهند. همچنین در کانادا برای تسریع در روند دستیابی به هدف انتشار خالص صفر و حمایت از پروژه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، صندوقی تحت عنوان «صندوق راهبردی نوآوری» با سرمایه‌ای بالغ بر ۸ میلیارد دلار ایجاد شده است. این کشور به‌تدریج در حال افزایش نرخ‌های مالیات بر کربن خود از ۵۵ دلار به ازای هر تن در اواخر سال ۲۰۲۱ به ۱۷۰ دلار برای هر تن تا سال ۲۰۳۰ است.

دولت ایالات‌متحده با هدف‌گذاری برای دست‌یابی به انتشار صفر خالص در سطح کل اقتصاد تا سال ۲۰۵۰، قانون سرمایه‌گذاری زیرساختی و ایجاد شغل این کشور را در سال ۲۰۲۱ به مرحله‌ی اجرا درآورد. در این قانون، برای جذب کربن و کاهش انتشارات، منابع مالی فراوانی اختصاص یافته است. کاخ سفید اکنون در حال تسریع روند صرف هزینه‌ای بالغ بر ۱۲ میلیارد دلار برای بهره‌برداری از فناوری CCUS و اجرای پروژه‌های مربوطه و هدایت آن‌ها از طریق وضع قوانین و مقررات و صدور مجوزهای لازم است. پیش‌ازاین، در سال ۲۰۱۸، دولت ایالات‌متحده میزان اعتبار مالیاتی برای جداسازی دی‌اکسید کربن را تحت اعتبار مالیاتی 45Q افزایش داده بود. در استرالیا نیز بودجه‌ای در حدود ۲۵۰ میلیون دلار استرالیا برای مراکز CCUS در نظر گرفته شده است.

فناوری CCUS در پالایشگاه‌ها

پالایشگاه‌ها یکی از بزرگترین منابع ثابت انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان هستند؛ بنابراین نقشی حیاتی در پیشبرد اهداف صفر خالص ایفا می‌کنند. پالایشگاه‌ها همچنین با چالش‌های منحصربه‌فرد در جذب کربن ازجمله فضای محدود در محل، منابع انتشار متعدد، قرار گرفتن در مکان‌های دورافتاده و نیاز به عملیات مداوم و بی‌وقفه روبه‌رو هستند. اکنون به لطف نوآوری در فناوری، پالایشگاه‌هایی که به دنبال استفاده از فناوری‌های جذب کربن به‌عنوان ابتکارات عملی کاهش انتشارات هستند، راه‌حلهایی در اختیار دارند که هم کارآمد و بهره‌ورانه است و هم اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه. طبق تحقیقات انتشاریافته‌ی شرکت وود مکنزی[2]، آمریکای شمالی، اروپا و منطقه‌ی آسیا و اقیانوسیه مراکز اصلی صنایع پالایشگاهی جهان هستند و ۷۲ درصد از ظرفیت پالایشی جهان را تشکیل می‌دهند. دوسوم از کل ظرفیت پالایشگاهی جهان در اختیار کشورهایی است که بیشترین سیاست‌گذاری‌های نظارت بر کربن را به اجرا گذاشته‌اند. تحقیقات موسسه وود مکنزی همچنین نشان می‌دهد با توجه به آنکه در بسیاری از کشورها، مالیات کربن بسیار بیشتر از ۴۰ دلار به ازای هر تن است لذا قیمت ۴۰ دلار به ازای هر تن کربن موجب کاهش ۱۰۰ میلیارد دلاری ارزش صنایع پالایشی می‌شود ازاین‌رو بسیار مهم است که پالایشگاه‌ها برای رقابتی ماندن راه‌هایی جهت کربن‌زدایی بیابند. علاوه بر این، در حال حاضر ذی‌نفعان اصلی این صنعت، از سرمایه‌گذاران و سهام‌داران تا شرکا و مشتریان، همگی به دنبال اقدامات عملی جهت کربن‌زدایی از پالایشگاه‌ها هستند. فرایندهای پالایشی در نزدیک به ۵ تا ۱۰ درصد از انتشارات ناشی از تولیدات نفتی دخیل هستند. به دلیل ویژگی‌های ذاتی این فرایندها و مکان‌های ثابت وسیع، فرصت بزرگی برای کاهش انتشارات از پالایشگاه‌ها وجود دارد. بنابراین کاهش ردپای کربن، پالایشگاه‌ها را قادر می‌سازد تا نقشی فعال در گذار به آینده‌ای کم‌کربن و توسعه‌ی اقتصاد چرخشی کربن در سطح جهان داشته باشند.

هرچند جذب کربن از مدت‌ها پیش راه‌حلی برای کربن‌زدایی در صنعت نفت و گاز بوده است، بااین‌حال هزینه‌ها و فضای مورد لزوم، بسیاری را از حرکت به سمت توسعه‌ی آن باز داشته است. پالایشگاه‌ها به‌طور سنتی با حاشیه سود کم و تأسیسات فشرده و اغلب در مناطق دورافتاده به عملیات می‌پردازند؛ در شرایطی که هر متر از فضای در اختیار آن‌ها بهینه‌سازی شده است و امنیت در آن‌ها به حداکثر میزان ممکن رعایت می‌شود. از طرفی، به حداقل رساندن تعطیلی کار در آن‌ها دارای اهمیت حیاتی است. لذا این صنعت، راه‌حلی در جذب کربن لازم دارد که تحت شرایط مذکور عملی شود و این چیزی است که فناوری‌های مرسوم قادر به انجام آن نبوده‌اند.

مشوق‌های جذب کربن در صنعت نفت و گاز به‌طور روزافزون دارای اهمیت می‌شوند. بر اساس گزارش موسسه‌ی جهانی منابع[3] تلاش‌ها برای کربن‌زدایی، ازجمله تغییر مصرف سوخت به سمت استفاده از هیدروژن پاک، برقی سازی و بهره‌برداری از فناوری جذب، استفاده و ذخیره‌سازی کربن (CCUS) سبب دستیابی به منافع آب و وهوایی

1. research, development, and demonstration (RD&D) programs
2. Wood Mackenzie
3. World Resources institute

چشمگیری خواهد شد. در بلندمدت، پالایشگاه‌ها می‌توانند جهت تولید سوخت‌های کم‌کربن برای هوانوردی، کشتیرانی و حمل‌ونقل جاده‌ای، فرایند تولید خود را به سمت فراوری مواد خام تجدیدپذیر تغییر دهند و از این طریق شدت کربن سوخت‌ها را تا ۸۰ درصد کاهش دهند. پالایشگاه‌ها می‌توانند با استفاده از اهرم فناوری و انطباق با تقاضای محصولات کم‌کربن، این نوع از تولیدات را به اقتصاد عرضه کنند

فضای به‌سرعت در حال تغییر قانون‌گذاری، تأثیر به‌ویژه پراهمیتی بر صنعت نفت و گاز می‌گذارد. پالایشگاه‌هایی که اقدامات کربن‌زدایی را به مرحله‌ی اجرا می‌گذارند و از فناوری پاک استفاده می‌کنند، قادر خواهند بود از منافع و مشوق‌های بیشتری بهره‌مند شوند و ریسک مواجهه با مالیات‌ها و جرائم را کاهش دهند. پالایشگاه‌ها می‌توانند با ترکیب فناوری CCUS با راهبردهای دیگر، ازجمله افزایش بهره‌وری در انرژی، استفاده از نفت کم‌کربن و بهره‌مندی از برق تجدیدپذیر، بسیار مؤثرتر به سمت اهداف کربن‌زدایی خود حرکت کنند. در بلندمدت، پالایشگاه‌ها می‌توانند از فرآوری نفت خام برای تولید سوخت‌های سنتی تغییر جهت دهند و به سمت استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید سوخت‌های ترکیبی جهت کاربردهایی نظیر هوانوردی، کشتیرانی و حمل‌ونقل جاده‌ای حرکت کنند و از این طریق شدت کربن سوخت را تا ۸۰ درصد کاهش دهند. درصورتی‌که این رویکردهای کاملاً عملی در کنار هم به کار گرفته شوند، حاشیه‌ای رقابتی در اختیار پالایشگاه‌ها قرار می‌دهند، چراکه مصرف‌کنندگان محصولات آن‌ها انگیزه‌های بیشتری برای استفاده از سوخت کم‌کربن دارند.

در راه‌اندازی پالایشگاه‌های جدید می‌توان از منابع تولید برق کم‌کربن تر نظیر برق خورشیدی و بادی استفاده کرد، چراکه نیروگاه‌ها نوعاً خود به‌تنهایی بزرگ‌ترین منبع انتشار هستند. این سیستم‌ها نه‌تنها می‌توانند انتشارات دی‌اکسید کربن را از سیستم تولید کاهش دهند، بلکه ممکن است در آینده این قابلیت را نیز پیدا کنند که با واحد CCUS ادغام گردد. البته در عمل، ادغام مؤثر چنین فناوری‌هایی با یک پالایشگاه، چالش مهمی خواهد بود.

نتیجه گیری و اظهار نظر کارشناسی

در حال حاضر، در کلیه‌ی صنایع، قوانین و مقررات کاهش انتشار به‌طور روزافزون در حال وضع شدن است. بر اساس ششمین گزارش هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، سازگاری با تغییرات آب و هوایی و رفع آسیب‌پذیری در این خصوص، اقدام فوری برای کاهش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای را می‌طلبد. یافته‌های این گزارش در حال ایجاد زمینه‌ی موجی جهانی از سیاست‌ها و قوانین و مقررات جدید در خصوص انتشارات مسبب گرمایش جهانی است. شتاب بی‌سابقه بهره‌گیری از فناوری CCUS از سال ۲۰۲۱، نشان می‌دهد که این فناوری علیرغم پیشینه خود، به‌عنوان یک مشارکت‌کننده مهم در رسیدگی به چالش آب‌وهوا ظاهر می‌شود. دولت‌ها، صنعت و سرمایه‌گذاران نقش و علاقه جمعی یکسانی در حصول اطمینان از این موضوع دارند که در این دهه فناوری CCUS را توسعه دهند.

بااین‌حال دیدگاه‌های منفی نیز در خصوص این فناوری وجود دارد، به‌طوری‌که بر اساس گزارش CIEL در اوایل سال ۲۰۲۱، این فناوری‌ها نه‌تنها «بی‌اثر، غیراقتصادی و ناایمن» هستند بلکه وابستگی به صنعت سوخت‌های فسیلی را نیز تداوم می‌دهند و اذهان را از جایگزینی سوخت‌های تجدیدپذیر منحرف می‌کنند. این گزارش همچنین بیان می‌کند که قیاس‌پذیری ثابت نشده فناوری‌های CCS و هزینه‌های بسیار گران آن‌ها، به این معنی است که آن‌ها نمی‌توانند نقش مهمی در کاهش سریع انتشارات جهانی برای محدود کردن افزایش گرمایش زمین به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد داشته باشند و لذا راه‌حلی برای مقابله با چالش‌های آب و هوایی جهان نیستند. در مقابل آژانس بین‌المللی انرژی عنوان می‌کند درحالی‌که فناوری جذب کربن هنوز به وعده خود عمل نکرده است، اما هنوز به‌عنوان یک «ارزش استراتژیک قابل‌توجه» در انتقال به خالص صفر پیشنهاد می‌شود. آژانس بین‌المللی انرژی با تأکید بر چهار نقش استراتژیک کلیدی برای این فناوری‌ها شامل شناسایی انتشارات ناشی از زیرساخت‌های انرژی، مقابله با انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنایع سنگین (سیمان، فولاد و پالایشگاه‌ها و غیره)، تولید هیدروژن بر اساس گاز طبیعی و حذف کربن، اذعان می‌کند عادلانه است که CCUS به‌عنوان راه‌حلی برای آب‌وهوا در نظر گرفته شود.

به‌رغم دیدگاه‌های موافق و مخالف این فناوری، آنچه از مطالعات مختلف برمی‌آید بازگوکننده این واقعیت است که اثرات زیست‌محیطی و ریسک‌های احتمالی مربوط به افزایش این تأثیرات بر شاخص‌هایی به‌غیراز گرمایش جهانی، به‌خوبی مشخص نشده است و در حال حاضر مقیاس و ثبات فناوری‌های جذب دی‌اکسید کربن هنوز متناسب با اهداف بلندمدت آب و هوایی نیستند؛ اما افزایش این پروژه‌ها در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال گذشته نشان می‌دهد که این فناوری در مقیاس وسیعی درحال‌توسعه است و ازاین‌رو پیشگامی در این حوزه می‌تواند مزایای مشخصی ایجاد نماید. لذا شرکت‌هایی که زودتر وارد این میدان شوند ظرفیت‌های بی‌شماری برای مشارکت با سرمایه‌گذارانی خواهند یافت که تمایل به فرصت‌های پایدار در آینده‌ی نزدیک و بلندمدت دارند. پیشگامان این راه می‌توانند درخواست اقدامات تشویقی کنند، معاف از مالیات باشند و قبل

از این‌که رقبا حرکت خود را در این مسیر شروع کنند جریان جدید درآمد حاصل از اقتصاد چرخشی کربن را نصیب خود کنند. علاوه بر این، با توجه به تأثیر به سزایی که صنعت نفت و گاز بر انتشارات کربن دارد، منافع ملموسی در این مسیر، از نقطه‌نظر ارتقای اعتبار نام تجاری و تأمین رضایت سهام‌داران ایجاد خواهد شد.

با توجه به آنکه کاهش ردپای کربن در پالایشگاه‌ها موجب پررنگ شدن نقش آن‌ها در گذار به آینده‌ای کم‌کربن و توسعه‌ی اقتصاد چرخشی کربن شده و حاشیه سود بالاتری را در فضای رقابت‌پذیری فعلی نصیب آن‌ها می‌کند، لزوم اتخاذ ترکیبی از راهبردهای کاهش انتشار برای کربن‌زدایی مؤثر از پالایشگاه‌ها، استفاده‌ی بهینه از فناوری CCUS، تغییر سوخت و بهره‌برداری از فناوری‌های تکمیلی همراه با راهبردهای تشویقی و بازدارنده، می‌تواند نقش مؤثری در تحقق اهداف کاهش انتشار آن‌ها داشته باشد. ضمن آنکه این راهبردها به لحاظ پایداری باید ابعاد اجتماعی را در کنار مناسبات اقتصادی و زیست‌محیطی در نظر بگیرند. علاوه بر این، هزینه‌های مربوط به گذار به صفر خالص باید به روشی قانونمند مدیریت شوند. ایجاد یك سیستم قانون‌گذاری و چهارچوب‌های سیاستی که گذار پایدار به صفر خالص را در بخش پالایشگاهی تسهیل کند، نقطه‌ی عطفی حیاتی در این تلاش خواهد بود. بااین‌وجود، تحقیقات بیشتری برای درك پیچیدگی‌ها و پیامدهای زیست‌محیطی بهره‌برداری از فناوری CCUS و تغییر سوخت به‌ویژه در پالایشگاه‌ها لازم است.

با توجه به اهمیت به‌کارگیری این فناوری و روند رو به توسعه آن در جهان و لزوم کاهش رد پای کربن در پالایشگاه‌ها به‌ویژه در فضای رقابتی کنونی و آینده، لازم است تحقیق و پژوهش در زمینه نحوه کاهش رد پای کربن و امکان‌سنجی استفاده از فناوری CCUS در پالایشگاه‌های کشور مورد بررسی قرار گیرد تا در صورت امکان از این فناوری در جهت کاهش انتشار کربن در این صنعت و حفظ فضای رقابتی محصولات پالایشی به‌ویژه در آینده، استفاده شود.

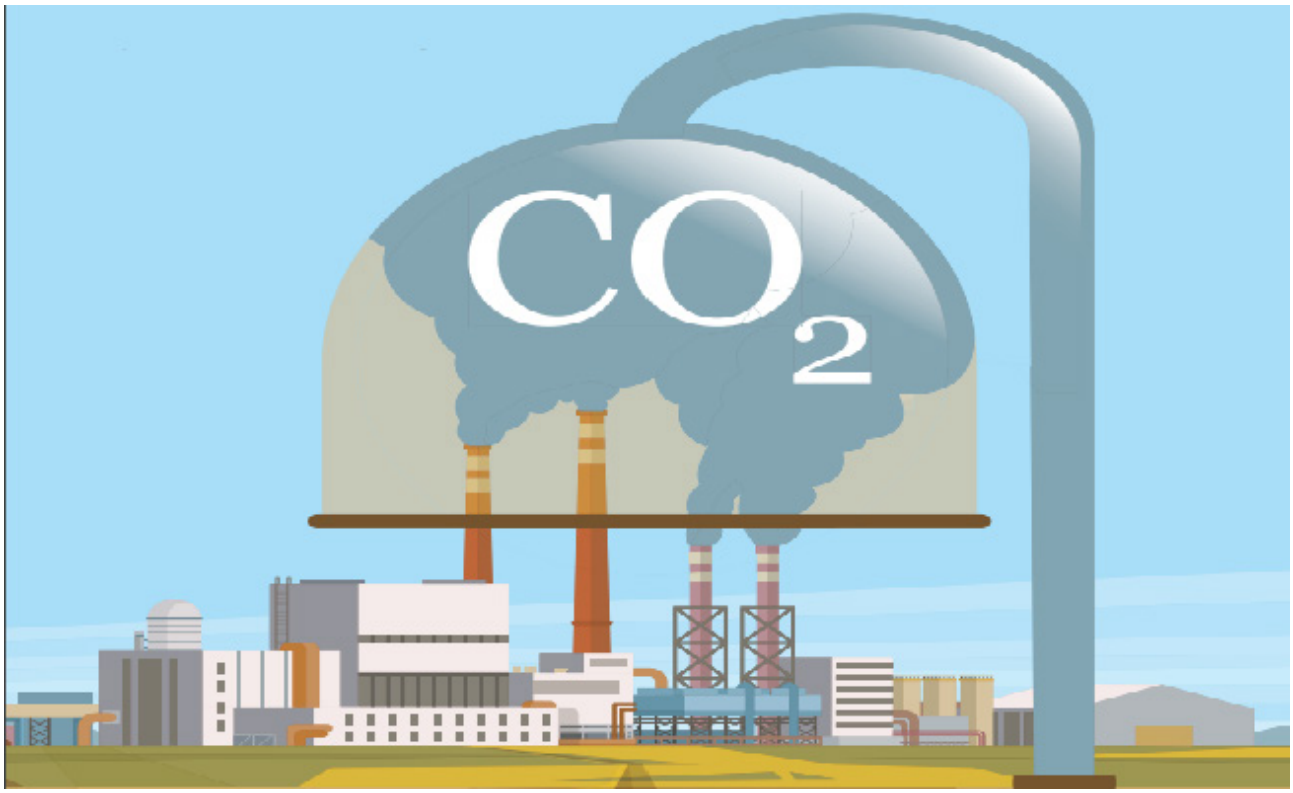
منابع:

1. www.carbonclean.com, The future of carbon capture for refineries,

2. A Pathway Towards Net-Zero Emissions in Oil Refineries, February 2022, Volume 4

3. Carbon capture is expected to play a pivotal role in the race to net zero emissions. But not everyone agrees, Jul 2021 23

4. www.iea.org, Carbon capture in 2021: Off and running or another false start?



مطالعه و بررسی صنعت برق خورشیدی (فتوولتاییک) در جهان

سید صادق ضرغامی؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

بحث گرمایش زمین و حفظ محیط زیست به حدی مهم است که تعهدات بین المللی در این خصوص هر چند سال یکبار مورد بحث قرار گرفته و قوانین سخت گیرانه تری جهت الزام کشورها به رعایت آنها تدوین می گردند. با ظهور پارادایم سبز و افزایش تمایل مردم و کشورها به توسعه انرژی های پاک و تدوین سیاست های راهبردی انرژی کشورها در این راستا، پیش بینی می شود رشد چشمگیری در تولید انرژی های تجدید پذیر را تا دهه های آینده شاهد باشیم. بحران انرژی کنونی در منطقه اروپا بدلیل جنگ اوکراین و روسیه، سبب سرعت بخشیدن به توسعه این منابع انرژی شده است. در بین انرژی های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی به دلیل کاربری گسترده در بخش خانگی و کاهش قابل توجه هزینه های تولید آن، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است.

انتظار می رود که پنج روند زیر در کوتاه مدت سبب ایجاد انگیزه های جدید در رشد انرژی های تجدید پذیر گردند:

۱. رشد علاقمندی در فناوری های نسل آینده انرژی های پاک
۲. پشتیبانی از پیکربندی های جدید در توسعه انرژی خورشیدی
۳. توسعه زیرساخت های انتقال خصوصا برای انرژی باد دریایی
۴. توسعه راهبردهای زنجیره تامین
۵. لزوم توجه به اقتصاد سبز (و چرخشی) جهت رشد پایدار صنایع

در مقایسه بین انرژی های تجدید پذیر و سوخت های فسیلی می توان به چند عامل کلیدی اشاره نمود:

از نقاط قوت انرژی های تجدیدپذیر نسبت انرژی های فسیلی، می توان به اینکه انرژی های تجدیدپذیر آلایندگی ایجاد نمی کنند و جزو انرژی های پاک به حساب می آیند اشاره کرد، در صورتی که سوخت های فسیلی خصوصا زغال سنگ که سهم قابل توجهی در سبد انرژی کشورهای بزرگ مصرف کننده دارد، آلایندگی زیادی دارند. این عامل با توجه به توافقات زیست محیطی جهانی در راستای کاهش آلاینده ها، بسیار اهمیت دارد. دوم اینکه انرژی های تجدیدپذیر تمام شدنی نیستند، در صورتی سوخت های فسیلی تا چند دهه دیگر پایان می یابند. از نقاط ضعف انرژی های تجدیدپذیر نسبت به انرژی های فسیلی، بحث ذخیره سازی انرژی است. سوخت های فسیلی براحتی ذخیره سازی می شوند در صورتی که ذخیره سازی انرژی های تجدید پذیر هنوز در مقیاس بزرگ انجام نمی شود و هزینه نسبتا بالایی دارد ولی در مرحله تحقیق و توسعه و کاهش هزینه ها می باشد. عامل مهم دیگر این است که انرژی های تجدیدپذیر بطور مستمر در دسترس نیستند. مثلا، انرژی خورشیدی هنگامی که هوا ابر می شود راندمان پایینی پیدا می کند و توربین های بادی هنگامی که باد نمی وزد، کار نمی کنند. عامل دیگر هزینه ها هستند که در حال حاضر هزینه تولید انرژی های فسیلی پایین تر از انرژی های تجدیدپذیر می باشد.

با توجه به اینکه در سبد تقاضای انرژی های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی سهم بالاتری در دنیا دارد و در بین انواع انرژی خورشیدی، برق خورشیدی یا همان فتوولتاییک، کاربرد گسترده ای در بخش های مختلف خانگی، تجاری و صنعتی دارد، در این گزارش به بررسی صنعت فتوولتائیک پرداخته شده است.

فناوری ها

سه فناوری اصلی تولید فتوولتاییک که در حال حاضر وجود دارند عبارتند از:

فناوری های کریستال سیلیکون[1]

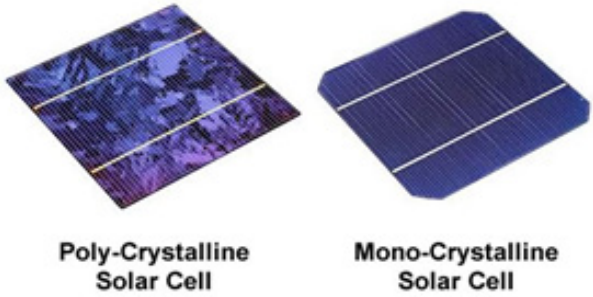
در این فناوری، ابتدا سیلیکون در فرآیندی با دمای بالا خالص سازی می شود. سپس سیلیکون تولید شده بصورت کریستالی تبدیل می شود و به صورت شمش در می آید. این شمش ها بصورت خیلی نازک برش خورده و تمیز می شوند و ویفرها شکل دهی می شوند. در نهایت، با استفاده از فناوری های مختلف، ویفرها به سلول های سیلیکونی و سپس به ماژول های سیلیکونی (پنل ها) تبدیل می شوند. مهم‌ترین تفاوت سلول ها در میزان خلوص سیلیکون مورد استفاده است. سلول های با سیلیکون خالص مونوکریستال[2] و سلول های با سیلیون ناخالص، پلی کریستال[3] نامیده می شوند.

رنگ یکپارچه سلول های مونوکریستال، به سادگی پنل‌های دارای این تکنولوژی را از دیگر پنل‌ها متمایز می‌کند. در ساخت این نوع پنل‌ها از کریستال‌های سیلیکون با گوشه‌های گرد استفاده می‌شود که این مشخصه نیز باعث تمایز آن‌ها از پنل‌های پلی کریستالی از لحاظ شکل ظاهری می‌شود. مزایای این نوع پنل ها عبارتند از: بازدهی بالا (حدود ۲۱ درصد) در شرایط عادی، نیاز به فضای کمتر جهت نصب، طول عمر بالا (بیش از ۲۰ سال) و بازده بالاتر در نور کم نسبت به سایر پنل ها. معایب پنل‌های مونوکریستال عبارتند

1. Crystalline silicon
2. Monocrystalline silicon
3. Multicrystalline silicon

از: قیمت بالا بدلیل فرآیند تولید چند مرحله ای و پیچیده، ایجاد ضایعات زیاد در فرآیند تولید و افت بازدهی در دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد.

پنل‌های خورشیدی بر پایه سیلیکون چندکریستالی به عنوان مولتی کریستال یا پلی کریستال نیز شناخته می‌شوند. فرآیند ساخت این نوع پنل‌ها ساده‌تر بوده و قیمت نهایی کمتری دارند. از مزایای مهم این پنل‌ها، فرآیند تولید ساده‌تر و کم هزینه‌تر و میزان ضایعات کمتر در فرآیند تولید، می باشد. برخی از معایب مهم پنل‌های پلی‌کریستال عبارتند از :بازده کمتر(حدود ۱۶ درصد) نسبت به پنل‌های مونوکریستال و نیاز به فضای بیشتر نسبت به پنل‌های مونوکریستال.



شکل ۱ : نمونه ای از سلول های مونوکریستال و پلی‌کریستال

فناوری های فیلم نازک[4]

سیلیکون آمورف[5] : در این فناوری، سلول ها از طریق قراردادن سیلیکون بر روی لایه نازک شیشه ای تولید می شوند. طی فرآیند تولید سلول ها، سیلیون کمتری نسبت به فناوری کریستال سیلیکون مصرف می شود ولی بازدهی آنها خیلی کمتر (حدود ۶%) می باشد. مزیت اصلی این فناوری این است که سیلیکون می تواند بر روی لایه های مختلفی قرار داده شود که قابل انعطاف باشند و می توانند به شکل های گوناگونی تولید شده و در مکان های مختلفی قرار داده شوند.

فناوری فیلم نازک کادمیوم تلورایید[6] : یکی از مهمترین انواع فناوری های فیلم نازک می باشد. پنل های فتوولتاییک خورشیدی کادمیم تلورایید تنها پنل‌های لایه نازک هستند که به دلیل بازدهی بالاتر نسبت به سایر پنل¬های لایه نازک، قابل مقایسه با پنل‌های کریستال سیلیکون هستند و در عین حال سهم قابل توجهی در بازار سیستم‌های برق خورشیدی چند کیلوواتی را به خود اختصاص داده اند. در این فناوری، از سیلیکون بعنوان ماده اصلی تولید، استفاده نمی شود. فرآیند تولید با استخراج و پالایش موادی مانند کادمیوم و تلوریوم بعنوان محصول فرعی حاصل از استخراج و پالایش مس و روی، بدست می آید. سپس مجموعه ای از لایه های نازک که هر کدام به ضخامت چند میکرون می باشند روی یک بستر قرار می گیرند. در نهایت، سلول ها توسط تشعشعات لیزری جداسازی شده و بسته بندی و ارسال می گردند. در چند سال اخیر، بازده پنل‌های لایه نازک در بخش تحقیقاتی و آزمایشگاهی افزایش یافته و بازده این پنل‌ها از حدود ۱۰ درصد به ۱۴ درصد رسیده است.

فناوری سلنید گالیم ایندیم مس[7] : سلول های خورشیدی با این فناوری بدلیل اینکه حاوی مادی سمی کادمیوم نمی باشند و راندمان نسبتا بالایی دارند(حدود ۲۰%)، مورد استقبال قرار گرفته اند. در حال حاضر سلول های با این فناوری، بیشترین راندمان را نسبت به سایر فناوری های لایه نازک دارند. البته تولید انبوه این سلول ها با مشکلاتی همراه می باشد.

مزایای پنل‌های خورشیدی فیلم نازک نسبت به پنل های کریستالی عبارتند از: هزینه کمتر تولید، قابلیت تولید با ساختار انعطاف پذیر، و عملکرد مناسب در دمای بالا و در سایه. نقطه ضعف آنها، بازده پایین‌ترشان نسبت به پنل‌های کریستالی است، که سبب می شود برای پروژه‌های خانگی و مکان‌های با فضای محدود مناسب نباشند و در بهره‌برداری از فضا، هزینه تجهیزات، مانند هزینه سازه ها و کابل‌ها، افزایش یابند. البته تولید آزمایشگاهی برخی از انواع آنها با راندمان بالا انجام شده ولی به تولید انبوه نرسیده است.

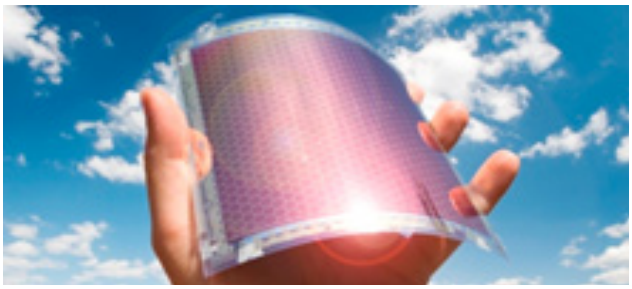
شکل ۲ : نمونه ای از پنل های فیلم نازک

فناوری سلول های خورشیدی ارگانیک[8]

مواد آلی بدلیل اینکه ضایعات کمتری در فرآیند تولید سلول ها دارند و می توانند در ضخامت ها و شکل های مختلفی ساخته شوند، مورد استقبال قرار گرفته اند. این سلول ها در مقایسه با سلول های سیلیکونی سبک تر هستند و هزینه تولید آنها نیز نسبتا ارزان است ولی راندمان آنها در مقایسه با سلول های سیلیکونی پایین تر

4. Thin-film
5. Amorphous silicon
6. Cadmium telluride (CdTe) Thin-film
7. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)
8. Organic PV

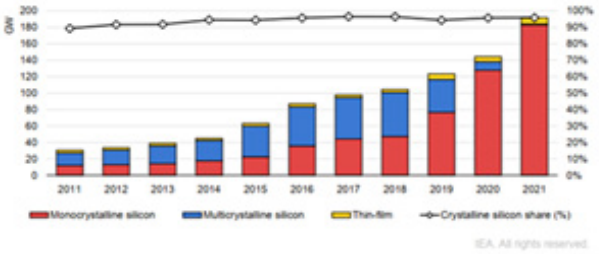
است (حدود یک سوم).



شکل۳: نمونه ای از سلول های خورشیدی ارگانیک

نگاهی بر زنجیره تامین برق خورشیدی

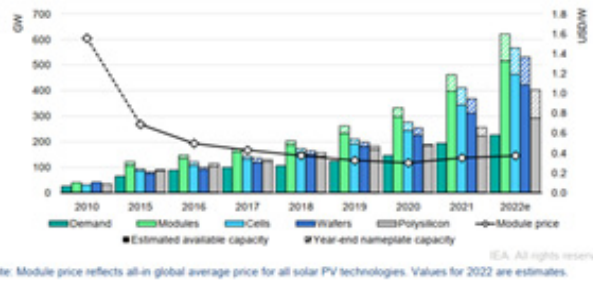
میزان تولید پنل های خورشیدی در جهان با استفاده از فناوری های سیلیکونی و فیلم نازک، در نمودار ۱ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در بازه زمانی ذکر شده در نمودار، بیش از ۹۰% از تولیدات مربوط به فناوری های سیلیکونی می باشد که البته طی سالهای اخیر سهم تولیدات با فناوری فیلم نازک افزایش داشته است. در بین فناوری های سیلیکونی نیز از سال ۲۰۱۶ به بعد سهم مونوکریستال ها بطور قابل توجهی افزایش پیدا کرده است که بدلیل کاهش هزینه تولید و مزایای آنها نسبت به پلی کریستال می باشد.



نمودار ۱ : میزان تولید پنل های خورشیدی به تفکیک فناوری طی سالهای ۲۰۱۱ الی ۲۰۲۱

در نمودار ۲ وضعیت تولید و فروش پنل های خورشیدی سیلیکونی نمایش داده شده است. با بررسی روند قیمت های فروش پنل های خورشیدی در می یابیم که قیمتها روند کاهشی داشته اند و میزان کاهش طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ بسیار قابل توجه بوده است. همانطور که مشاهده می شود، با کاهش قیمت ها، میزان تولید پنل ها نیز به مقدار قابل توجهی افزایش داشته است. بیشترین ظرفیت تولید قطعات اصلی پنل ها نیز به ترتیب شامل؛ سلول ها، ویفرها و ماده سیلیکون، بوده اند. طی سالهای مذکور، میزان تولید پنل ها نیز همیشه بیش از میزان تقاضا بوده که نشان می دهد هنوز پنل های خورشیدی نتوانسته اند گوی سبقت را از رقبای فسیلی خود بربایند و نیاز به کاهش قیمت بیشتر و تدوین سیاست های تشویقی قیمتی و غیر قیمتی می باشد.

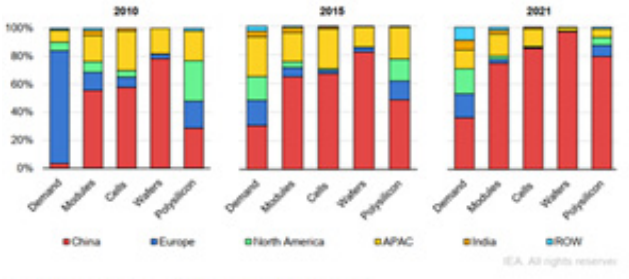
کشورها و مناطق مهم تولیدکننده پنل های خورشیدی و اجزای اصلی آن در نمودار ۳ نمایش داده شده اند. همانطور که مشاهده



Note: Module price reflects all-in global average price for all solar PV technologies. Values for 2022 are estimates.

نمودار ۲ : ظرفیت تولید جهانی پنل های خورشیدی سیلیکونی، قطعات اصلی، میزان تقاضا و قیمت متوسط فروش آنها

می شود کشور چین بیشترین سهم را در تولید پنل ها، سلول ها، و ویفرها دارد. پس از آن کشورهای آسیای شرقی(APAC) در جایگاه دوم تولید قرار دارند. بیشترین میزان تقاضای پنل های خورشیدی به ترتیب مربوط به چین، آمریکای شمالی، اروپا، کشورهای آسیای شرقی و هند می باشند.

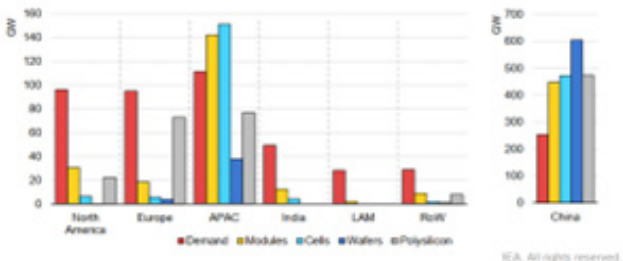


Notes: APAC = Asia-Pacific region excluding India. ROW = rest of world.

Source: IEA analysis based on BNEF (2022a), IEA PVPS, SPV Market Research, RTS Corporation and PV InfoLink.

نمودار۳: کشورها و مناطق مهم تولید کننده پنل های خورشیدی

میزان عرضه و تقاضای پنل های خورشیدی در نمودار ۴ نشان داده شده است. میزان تولیدات در چین و کشورهای آسیای شرقی، به مقدار قابل توجهی بیش از میزان تقاضا می باشد که نشان می دهد این کشورها صادرکننده پنل ها می باشند. میزان تقاضا در کشورها و مناطق دیگر بیش از میزان تولید آنها می باشد و برای پوشش تقاضای خود باید پنل ها را از سایر کشورهای تولید کننده وارد نمایند.

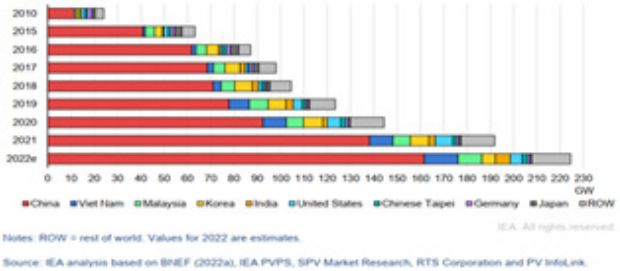


Note: APAC = Asia-Pacific region excluding India.

Source: IEA analysis based on BNEF (2022a), IEA PVPS, SPV Market Research, RTS Corporation and PV InfoLink.

نمودار۴: میزان عرضه و تقاضای پنل های خورشیدی و اجزای اصلی آن در کشورها و مناطق مهم طی سالهای ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱

میزان تولید پنل های خورشیدی به تفکیک کشورهای مهم آسیای شرقی در نمودار شماره ۵ نمایش داده شده است. همانطور که دیده می شود، کشورهای چین، ویتنام، مالزی، و کره به ترتیب بیشترین سهم را در تولید پنل های خورشیدی دارند.



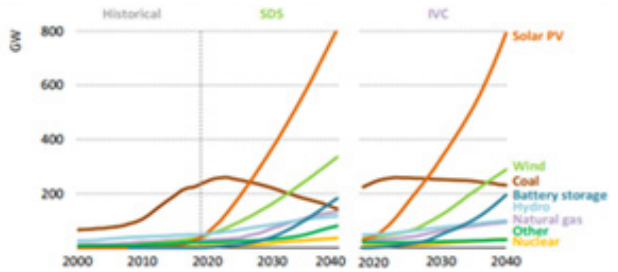
نمودار۵: میزان تولید پنل های خورشیدی به تفکیک کشورهای آسیای شرقی (آسیاپاسیفیک)

کشور چین سهم عمده بازار جهانی پنل های خورشیدی را در دست دارد و طی ده سال گذشته، میزان تولیدات این کشور از اروپا، ژاپن و آمریکا، فراتر رفته است. محصولات فتوولتاییک سهم قابل توجهی در صادرات چین دارند. سرمایه گذاری این کشور در کشورهای مالزی و ویتنام سبب شده تا کشورهای مذکور نیز به صادرات کننده محصولات فتوولتاییک تبدیل شوند.

اهداف کشورهای مهم در خصوص توسعه انرژی خورشیدی

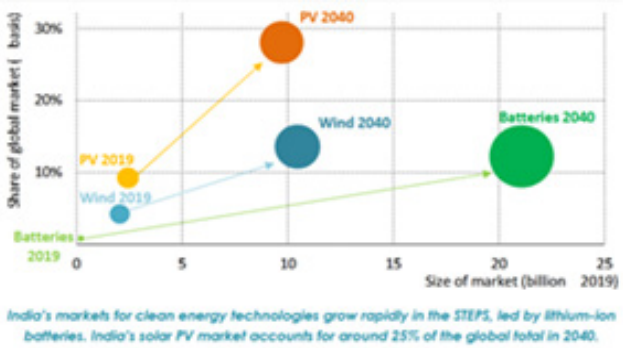
هند

تقاضای انرژی خورشیدی در حال رشد فزاینده در هند می باشد و قرار است طی دو دهه آینده سهم آن در سبد تولید برق با سهم زغال سنگ، رقابت نماید. در حال حاضر، برق خورشیدی سهم کمتر از ۴% و زغال سنگ سهمی نزدیک به ۷۰% در تولید برق کشور دارد. طبق پیش بینی در سناریوهای مختلف، قرار است تا سال ۲۰۴۰ سهم برق خورشیدی به حداقل ۳۰% برسد. محرک این موضوع، سیاست های انرژی تشویقی در هند می باشد. یکی از اهداف مهم انرژی این کشور، رسیدن به ظرفیت ۴۵۰ گیگاوات انرژی های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰، و نیل به قیمت های بسیار رقابتی برق خورشیدی است که سبب خروج نیروگاه های زغال سنگی تا سال مذکور می شود. ایده ساخت نیروگاه های تجدیدپذیر بزرگ مقیاس در حال بررسی و تایید می باشد که سبب انگیزش جهت تلفیق برق خورشیدی با سایر فناوری های تولید و ذخیره سازی مانند فناوری تولید هیدروژن سبز، جهت عرضه مستمر و پایدار می باشد. رشد تقاضای برق خیلی بیشتر از رشد کل تقاضای انرژی خواهد بود و در بین منابع مختلف تولید برق، رشد مصرف برق خورشیدی و بادی از سایر منابع بیشتر خواهد بود. نمودار ۶ پیش بینی میزان رشد تولید برق از منابع مختلف انرژی را تاسال ۲۰۴۰ نشان می دهد و همانطور که دیده می شود برق خورشیدی رشد بسیار قابل توجهی نسبت به سایر منابع دارد.



نمودار۶: ظرفیت تولید برق به تفکیک منابع مختلف انرژی در سناریوهای مختلف

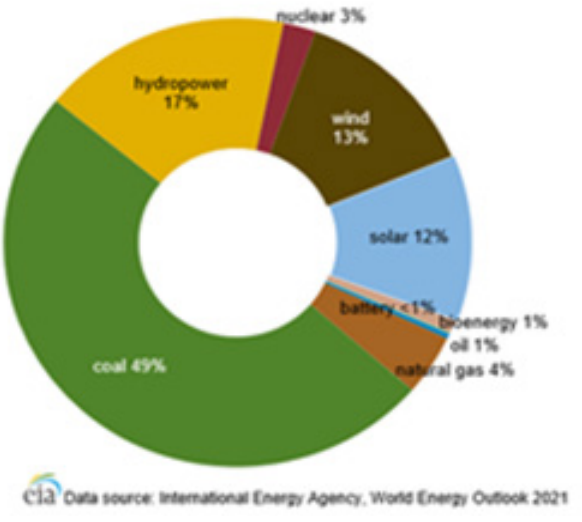
پیش بینی سهم جهانی و اندازه بازار فناوری های پاک خورشیدی، بادی، و باطری ها در نمودار ۷ نشان داده شده است. اندازه بازار باطری ها در هند بزرگ تر از بازار برق خورشیدی ولی سهم آن در بازار جهانی کمتر از سهم برق خورشیدی خواهد بود. میزان رشد برق خورشیدی از سایر فناوری های پاک، خیلی بیشتر می باشد و تا حدود ۳۰% از سهم بازار جهانی خواهد رسید.



نمودار۷: سهم جهانی بازار هند از فناوری های پاک

چین

برق خورشیدی بیشترین رشد را در سبد تولید برق در چین داشته است. در سال ۲۰۲۰ سهم آن ۱۲% از سبد تولید برق کشور بوده و پس از زغال سنگ و برق آبی، با اختلاف بسیار کمی با برق بادی، جایگاه چهارم را در این سبد دارا بوده است. اغلب تجهیزات خورشیدی که در دنیا استفاده می شود، در این کشور تولید می شود. دولت چین در نظر دارد طی برنامه پنجساله چهاردهم، حداقل ۵۷۰ گیگاوات به ظرفیت تولید برق خورشیدی و بادی، طی سالهای ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ ، و بیش از ۱۲۰۰ گیگاوات ظرفیت نصب شده برق خورشیدی و بادی تا سال ۲۰۳۰ اضافه نماید. میزان برق تولیدی در این کشور به تفکیک منابع مختلف در نمودار ۸ نمایش داده شده است.



نمودار۸: انواع تاسیسات نصب شده تولید برق در چین در سال ۲۰۲۰

قرار است در سال ۲۰۲۲ بین ۷۵ تا ۹۰ گیگاوات به ظرفیت برق خورشیدی اضافه شده و تا سال ۲۰۲۵، سالانه بین ۸۳ تا ۹۹

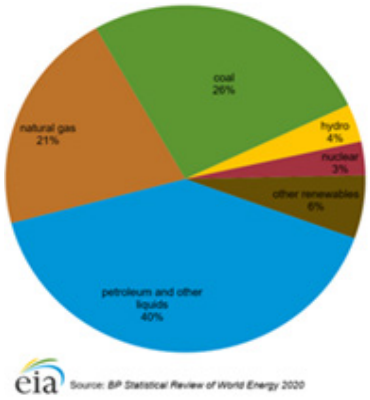
گیگاوات، ظرفیت جدید برق خورشیدی افزایش یابد[9] .

آلمان

آلمان فعالیت های مربوط به طرح بلندمدت خود را جهت گذار از دوران انتقالی انرژی و نیل به ترکیب سبد انرژی کارآمدتر شروع کرده است. این طرح که بنام انرژی وند[10] شناخته می شود در حال حاضر در فاز دوم قرار دارد و شامل اهدافی برای خارج نمودن نیروگاه های زغال سنگی و هسته ای و توسعه انرژی های تجدید پذیر می باشد. مقاصد اصلی این طرح شامل اتکا بر منابع تجدید پذیر تا ۶۵% مصرف برق تا سال ۲۰۳۰ و خروج نیروگاه های اتمی باقی مانده تا سال ۲۰۲۲ می باشد. تا کنون تولید برق از انرژی های تجدید پذیر به ۴۰% رسیده است. البته بدلیل بحران انرژی اروپا بدلیل جنگ روسیه و اکراین، این کشور بصورت موقت سیاست های انرژی خود را تعدیل نموده است.

ژاپن

انرژی های تجدیدپذیر خصوصا برق خورشیدی در حال رشد فزاینده بعنوان منابع سوخت جایگزین می باشند و در سال ۲۰۱۹، ۱۰% مصرف انرژی در ژاپن را تامین کردند. کاهش هزینه های برق خورشیدی و بادی بهمراه تحریک اقتصادی حاصل از ویروس کرونا، سبب افزایش سهم انرژی های تجدیدپذیر طی سالهای آتی در این کشور خواهد شد.



نمودار ۹: میزان مصرف انرژی در ژاپن به تفکیک منبع، سال ۲۰۱۹

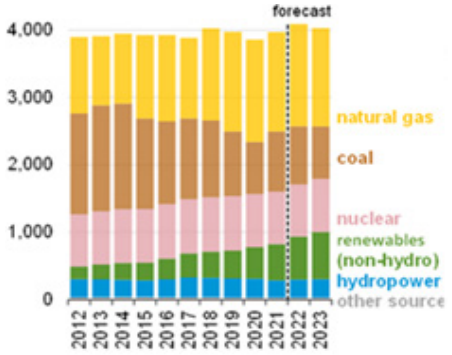
انرژی های تجدیدپذیر بجز برق آبی، سهم ۶% از کل مصرف انرژی و بیش از ۱۵% سهم تولید برق را در این کشور داشته اند. اغلب رشد ظرفیت انرژی های تجدیدپذیر طی دهه گذشته، مربوط به انرژی خورشیدی بوده که حاصل از سرمایه گذاری بالا در واحدهای برق خورشیدی با مقیاس بزرگ، مشوق های مالی دولت شامل برنامه های بیع متقابل برق و تدوین تعرفه های تشویقی، بوده است. ظرفیت برق خورشیدی این کشور در سال ۲۰۱۹ به بیش از ده برابر مقدار آن در سال ۲۰۱۲ افزایش یافته است. دولت قرار است تعرفه های جدید تعریف کند که هزینه های مصرف کنندگان برق تجدیدپذیر را نسبت به قبل، کاهش بیشتری خواهد داد. این کشور انرژی های تجدیدپذیر را بعنوان منبع راهبردی انرژی جهت امنیت انرژی در بلند مدت و کاهش انتشار آلاینده ها، تعیین نموده است و در نظر دارد که سهم انرژی های تجدیدپذیر در تولید برق را به ۲۲% تا ۲۴% تا سال ۲۰۳۰ برساند.

عربستان

دولت عربستان قصد دارد طی دهه آینده نیروگاه های برق خورشیدی و بادی را توسعه دهد. اگرچه در حال حاضر، برق خورشیدی سهم ناچیزی در کل تولید برق این کشور دارد، ولی تعدادی پروژه بزرگ نیروگاهی خورشیدی در حال توسعه هستند. عربستان در نظر دارد تا سال ۲۰۳۰، ۵۰% برق مورد نیاز خود را از انرژی های تجدید پذیر و مابقی را از گاز طبیعی تامین نماید و بدین ترتیب نفت خام را از سبد سوخت نیروگاهی خود حذف نماید.

آمریکا

پیش بینی می شود بیشترین افزایش سهم تولید برق در آمریکا از منابع انرژی تجدید پذیر خصوصا برق خورشیدی و بادی باشد. انتظار می رود انرژی های تجدیدپذیر سهم ۲۲% تولید برق در سال ۲۰۲۲ و ۲۴% در ۲۰۲۳ را دارا بدست آورند. نمودار ۱۰ سهم منابع مختلف انرژی در تولید برق طی سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ را نمایش می دهد.



نمودار ۱۰: میزان تولید برق از منابع مختلف در آمریکا تا سال ۲۰۲۳

بحث و نتیجه گیری

توسعه انرژی های تجدیدپذیر خصوصا انرژی خورشیدی جهت عبور از دوران گذار انرژی و حرکت به سوی محیط زیست پاک و همچنین عبور از پیک تقاضا برای کشورهای نفت خیز، امری ضروری است. دو چالش بزرگ انرژی خورشیدی، استمرار تولید و هزینه های آن، می باشند. جهت رفع این چالشها، کشورهای مهم در حال توسعه ذخیره سازی انرژی با استفاده از باطری ها و انرژی های پاک مانند هیدروژن سبز، توسعه نوآوری ها در فرآیندهای تولید و تدوین سیاست گذاری های مناسب می باشند. در برنامه ریزی ها و سیاست گذاری های کشورهای تاثیرگذار در بخش انرژی، افزایش قابل توجه سهم انرژی های خورشیدی تا سال ۲۰۳۰ مشاهده می شود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پیک تقاضا نیز حول و حوش سال مذکور پدیدار گردد و بنابراین کشورهای نفتی نیز

9. China Solar manufacturing association, China photovoltaic industry association
10. Energiewende

باید برنامه ریزی های مناسبی جهت افزایش فرصت های صادراتی و توسعه انرژی های تجدیدپذیر و پاک داشته باشند. جهت انجام برنامه ریزی و تدوین راهبردهای مناسب، نیاز به ساختارهای تصمیم گیری و اجرای یکپارچه در بخش انرژی می باشد. توجه به این امر، خصوصا برای کشورهای نفت خیز مانند ایران بسیار اهمیت دارد. در حال حاضر سهم انرژی های تجدید پذیر در سبد انرژی کشور با توجه به پتانسیل آن در این زمینه، بسیار اندک می باشد. عواملی که سبب عدم توسعه انرژی های تجدیدپذیر می شوند شامل؛ قیمت های یارانه ای انرژی های فسیلی، قیمت نسبتا بالای تولید انرژی های تجدیدپذیر بدلیل واردات و عدم وجود سیاست گذاری ها و برنامه ریزی های عملیاتی یکپارچه در بخش انرژی می باشد. بنابراین پیشنهاد می شود همراستا با پارادایم های نوین سبز، ساختارهای بخش انرژی در جهت یکپارچگی مورد بازبینی قرار گرفته، بودجه های تحقیقاتی مربوط به انرژی های پاک افزایش یابند و به توسعه زیرساخت ها (مانند: تولید، توزیع، آموزش) عنایت ویژه شود.

منابع

- Deloitte, Renewable energy outlook, 2022
- Energy Information Administration (EIA), country analysis, 2020
- IEA, India energy outlook, 2021
- IEA, Renewables analysis and forecast to 2020 ,2025
- IEA, Snapshot of global PV markets, 2021
- IEA, Special report on solar PV global supply chains, 2022
- PennState website, utility solar power and concentration, 2022

. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم کنونی انرژی

بحران تامین کاتالیست روسیه؛ امکان سنجی فرصت ایران در شرایط تحریمی روسیه

قاسم توتونچی – پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه:

در این گزارش ابتدا با مرور منابع عمدتاً روسی، منتشرشده در مجامع دانشی و تحلیلی روسیه، به این سوال که "آیا روسیه با کمبود و فقدان کاتالیست برای صنعت پتروشیمی و پالایش خود روبرو خواهد بود؟" پاسخ مثبت داده شده است. سپس فهرستی از کاتالیست های مورد نیاز روسیه، که احتمالاً تامین آن از طریق واردات دشوار و از طریق اکتساب فناوری زمانبر خواهد بود، برشمرده شده و ظرفیت کشورمان برای تامین آن بررسی و تحلیل می گردد.

مروری بر صنعت و تقاضای کاتالیست روسیه

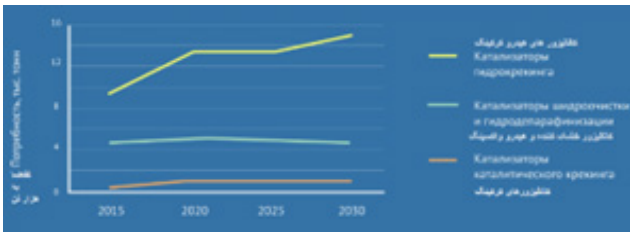
کاتالیست‌ها برای بسیاری از فرایندهای پالایشی و پتروشیمیایی نظیر تولید پلی پروپیلن، پلی اتیلن و . . . ضروری هستند. بطور کلی می‌توان گفت بین ۹۰ الی ۹۵ درصد فرایندهای پالایشی و پتروشیمیایی به کاتالیست نیاز دارند.

درخصوص کشور روسیه، بخشی از میزان و تنوع کاتالیست‌های مورد نیاز از خارج تامین می‌گردد. این کشور تا چندسال پیش داعیه‌ای بر تولید کاتالیست نداشته و همواره وارد کننده بوده است. روسیه درسال ۲۰۱۹ معادل ۱۴۵ میلیون دلار کاتالیست پالایشی وارد کرده است که بازار بزرگی برای صادرات آن به روسیه محسوب نمی‌شود؛ اما درخصوص کاتالیست‌های خاص پتروشیمیایی، در کنار سهم بالای هزینه‌های واردات، مساله‌ی اصلی قیمت و هزینه نیست، بلکه (بویژه درشرایط کنونی این کشور) اولویت تامین آن است.

◄ کاتالیست های پالایشی:

درسال ۲۰۱۹ روسیه اقدام به مطالعه‌ی راهبردی و تدوین سند استراتژیک و برنامه‌ی اجرایی جایگزینی واردات برای کاتالیست‌های مورد نیاز خود نمود. این اقدام شامل تشکیل کارگروه وشناسایی حلقه‌های مفقوده‌ی تولید داخلی کاتالیست، تحلیل بازار و میزان نیاز، آنالیز صادرکنندگان و . . . بود. نتیجه‌ی این سند که محتوای کامل آن دارای محرمانگی است، بیانگر این بود که روسیه به ۱۲۰ کاتالیست بسیار مهم نیاز ضروری داشته و میزان حجمی این نیاز، به اندازه‌ای کافی هنگفت است که ظرفیت سرمایه‌گذاری و تولید داخلی آن کشور را برانگیزد. در تحلیل ۲۰۱۹ روسیه، احتمال رخداد بحران در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی روسیه اندک بیان گردیده و تلویحاً به ذخائر ۳ الی ۱۰ ساله‌ی کاتالیست پالایشی کافی برای عبور از هر بحران اشاره شده است. همچنین روسیه با راه‌اندازی دو کارخانه ایشیمباک و اومسک، برخی کاتالیست‌های پالایشی مصرفی که پیوسته به بسترسیال اضافه می‌شوند را به تولید انبوه رسانده است.

کاتالیست‌ها در صنایع پالایشی و پتروشیمیایی، بردوحوزه کاری مشخص تمرکز دارند: نخست افزایش ضریب تولید، به عبارتی استحصال حداکثر کمیّت محصول از میزان ثابت ورودی خوراک و دیگری، بیشینه‌سازی کیفیت محصول. روسیه با توجه به شرایط خود هدف گذاری کارکردی اول را در دستور کار خود قرار داد. البته برخی صاحبنظران حوزه پالایش و پتروشیمی، تفکیکی با عناوین کمّیت و کیفیت در محصولات در نظر نگرفته و میزان انتخاب کنندگی و ضریب تبدیل ناشی از کاتالیست در فرایند تغییر خوراک به محصول با مشخصات فنی مشخص را ملاک می دانند. با این تعبیر، پارامتری به عنوان کیفیت محصول، جزآنچه صراحتاً در مشخصات هدف تعیین گردیده، مطرح نیست. با این نگرش، نبود محصولات جانبی مازاد و ناخواسته معادل کمیت بیشتر و نبود ناخالصی و فرایند خالص سازی از مواد جزئی زائد، متوجه کیفیت خواهد بود. در هر حال، به این ترتیب نیاز اصلی وارداتی کاتالیست روسیه به کاتالیستهای هیدروتریتینگ به میزان ۴۰۰۰ـ۳۵۰۰ تن درسال و کاتالیست های هیدروکراکینگ به میزان ۱۵۰۰ـ۱۰۰۰ تن درسال محدود گردیده است. درشکل ۱ میزان کل تقاضای کاتالیست‌های پالایشی روسیه نمایش داده شده است که بیانگر تامین بخش قابل توجهی از کاتالیست های هیدروکراکینگ از منابع داخلی روسیه است.



شکل ۱ : میزان تقاضای کاتالیست های پالایشی روسیه

هیدروکراکینگ در استخراج حداکثری انواع سوخت از نفت استخراج شده در فشار بالا و در حضور هیدروژن کاربرد دارد. ژاپن قبل از مناقشه ی اوکراین و روسیه و به دنبال آن موضع گیری اروپا، تجهیزات و فناوری مورد نیاز روسیه در این زمینه را تحریم نموده بود. همچنین روسیه عملیاتی تحت عنوان تولید سوخت زمستانه در نزدیک قطب شمال دارد که به ۲۵۰ـ۲۰۰ تن درسال کاتالیست خاص نیاز دارد. روسیه رسماً اعلام نموده قابلیت تولید این کاتالیست را ندارد.

◄ کاتالیست های پتروشیمیایی:

در خصوص صنایع پتروشیمی روسیه، شرایط با بخش پالایش متفاوت

است. عمده‌ی صنایع پتروشیمی روسیه وارداتی است و مجوزهای تولید از تامین کننده‌ی فناوری و تجهیزات، کیفیت مدنظر محصولات را صرفاً در صورت استفاده از کاتالیست‌های سازنده معتبر/معرفی‌شده، می‌دانند. لذا روسیه در تولید پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن و ... به‌شدت وابستگی به واردات کاتالیست دارد. آمریکا، فرانسه، آلمان و دانمارک صادر کنندگان کاتالیست‌های پتروشیمیایی به روسیه هستند که اخیراً چین نیز به این جرگه پیوسته است، اما کیفیت کاتالیست‌های عرضه شده آن هنوز کافی نبوده است.

کاتالیست‌های پتروشیمیایی در مقایسه با نوع پالایشی آن، شرایط متفاوتی دارند چرا که لیستی با بیش از ۱۰۰ مورد با حجم نیاز سالیانه اندک بین ۵ تا ۱۰۰ تن در سال از آنها مورد نیاز است و برای روسیه، تولید داخلی آن توجیه اقتصادی ندارد و تنها واردات آن از بنگاه اقتصادی که حجم زیادی از این محصول را تولید می‌کند، مقرون به صرفه است. هدف تولید داخلی این‌گونه کاتالیست‌های متنوع با مصرف اندک اما ضروری؛ در زمان طرح‌های خودکفایی شوروی سابق شروع گردید ولی بی نتیجه ماند.

روسیه در سال ۴ الی ۵ میلیون تن پروپیلن و پلی‌اتیلن تولید می‌کند و کاتالیست‌های متنوعی به عنوان ماده‌ی مصرفی همراه، به میزان ۱۰۰ الی ۱۲۰ تن در سال مورد نیاز هستند. برخلاف کاتالیست‌های پالایشی که روسیه ذخائر عمده‌ای از آنها دارد، میزان انبارش این کاتالیست‌ها به میزان مصرف یک ماه است و در صورت توقف واردات، صنایع لاستیک و رنگ روسیه، با توقف کامل روبرو خواهند شد. مشابه این نیاز در صنایع غذایی و تولید مارگارین و صنعت دارو احساس می‌شود.

روس‌ها می‌دانند فرایند تحقیق و توسعه و ساخت و تولید و تجاری‌سازی یک کاتالیست، ۱۰ سال به طول می‌انجامد که در شرایط بحران و حمایت ویژه دولت، این زمان نهایتا به ۵ الی ۶ سال قابل کاهش است. اما مشکل روسیه، یک یا دو سال پیش رو است. تولید داخلی کاتالیست‌های ضروری پتروشیمیایی در روسیه در مرحله‌ی نیازسنجی مقدماتی و اخذ عناوین و میزان مصرف سالیانه از صنایع است.

به صورت تخمینی بین ۴۰ تا ۱۰۰ درصد کاتالیست‌های مورد نیاز روسیه، وارداتی است. این بازه‌ی بزرگ نایقینی ناشی از جریان غیرشفاف اطلاعات است. به رغم اطلاعات غیرشفاف و منتشر نشده، به شرح جدول یک، نیازمندی‌های کاتالیستی روسیه برای اطلاع برنامه‌ریزان و تولیدکنندگان جمهوری اسلامی ایران اعمّ از بخش دولتی و خصوصی قابل بهره برداری است.

№ пп.	Катализатор	Объем потребления катализаторов, тонн/год	Доля импорта, %	Обеспечение катализаторами, перспективы развития. Необходимые действия	Ключевые производители и разработчики
1.	Катализаторы крекинга (FCC/движущийся слой)	(12000-14000)/8000	~40/0	Надежное обеспечение. Запланировано развитие производства в г. Омске (ПАО «Газпром нефть»)	ПАО «Газпром нефть» «КНТ Групп» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск-Омск)
2.	Катализаторы риформинга (неподвижный/движущийся слой)	200/100	~35/100	Надежное обеспечение для неподвижного слоя. Развитие производства в г. Ангарске (ПАО «НК «Роснефть»)	ПАО «Роснефть» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск-Омск) ООО НПП «Нефтехим» (г. Краснодар)
3.	Катализаторы гидроочистки (нефтяных фракций)	3500-4000	60-70	В настоящее время значительная зависимость от импорта. Ведутся наработки и промышленное опробование катализаторов в ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть». Завершается создание производства в г. Омске	ООО «РН-кат» ПАО «Газпром нефть» (новое строящееся производство) ООО «РН-ЦИР» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск) Самарский государственный технический университет

شرکت گازپروم در زمینه تحقیق و توسعه و راه‌اندازی کارخانجات تولید کاتالیست‌های ملی روسیه فعال شده و طرح‌هایی برای سال ۲۰۲۵ و

4.	Катализаторы гидрокрекинга	1000-1500	~100	В настоящее время практически полная зависимость от импорта. Ведутся исследования и разработки отечественных катализаторов	ООО «РН-кат» ПАО «Газпром нефть» (новое строящееся производство) ООО «РН-ЦИР» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск)
5.	Катализаторы производства зимних (арктических) топлив и масел	150-200	100	В настоящее время практически полная зависимость от импорта. Ведутся исследования и разработки отечественных катализаторов	ПАО «Роснефть» ПАО «Газпром нефть» ЗАО «Нижегородские сорбенты» АО «ВНИИНП» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск-Омск) ООО «РН-ЦИР»
6.	Катализаторы изомеризации бензиновых фракций	200-250	40(ZrO_2)/ 100 (Al_2O_3)	Надежное обеспечение отечественными катализаторами на основе ZrO_2 и практически полная зависимость от импорта катализаторов на основе Al_2O_3	ООО «ИНТЕР Нефтехим» ЗАО «Нижегородские катализаторы»
7.	Катализаторы производства водорода: * риформинг метана * конверсия оксида углерода	8500-8000 (с учетом производства метанола и аммиака)	Более 90%	Обеспечение отечественными катализаторами только ранее построенных установок на НПЗ. Существуют научные задачи для производства современных марок катализаторов	ЗАО «НИАП Катализатор» (г. Новомосковск) ООО «АЗКиОС» (г. Ангарск) ФИЦ «Институт катализа СО РАН» (г. Новосибирск) ИНХС РАН
8.	Активный оксид алюминия (обычный Al_2O_3/особо чистый Al_2O_3)	(10000-15000)/(200-250)	(5-10)/100	Производство обычного Al_2O_3 обеспечивается отечественным производителем. Производство особочистого Al_2O_3 отсутствует	ПАО «Русал» «КНТ Групп» АО «СКТБ катализаторов» (г. Новосибирск) ЗАО «Новомичуринский завод катализаторов» НТЦ «РУСАЛ» ФИЦ «Институт катализа СО РАН»
9.	Цеолиты: - ультрастабильный Y - ZSM-5 - ZSM-11(12); BETA; ZSM-22; SAPO-41 и др.	1500 150 200-300	0 0 100	Производство цеолитов типа Y и ZSM-5 обеспечивается российскими предприятиями. Производство остальных цеолитов в России отсутствует	ПАО «Газпром нефть» «КНТ Групп» ЗАО «Нижегородские сорбенты» ЗАО «Салаватский катализаторный завод» ФИЦ «Институт катализа СО РАН» ИНХС РАН МГУ

جدول ۱: نیازمندی‌های کاتالیستی روسیه (بازگردان فارسی در متن گزارش درج شده است.)

۲۰۳۰ ارائه نموده است. به همین جهت عمده‌ی تحلیلگران، سال‌های پیش رو را سخت‌ترین سال‌های صنعت پتروشیمی و (تاحدی) پالایش نفت روسیه می‌دانند و در ورای آن، روسیه را کم/بی نیاز از کاتالیست وارداتی می‌پندارند. کاتالیزورهایی مانند TMC یا کاتالیست تیتانیوم منیزیوم حتی برای اکتساب فناوری و تولید داخلی به ۳ الی ۴ سال زمان نیاز دارند. همچنین برخی کاتالیست‌های داخلی روس برای فرایندهای پیچیده، مثلاً کاهش ۱۰/۰۰۰ برابری گوگرد، موفق نبوده‌اند.

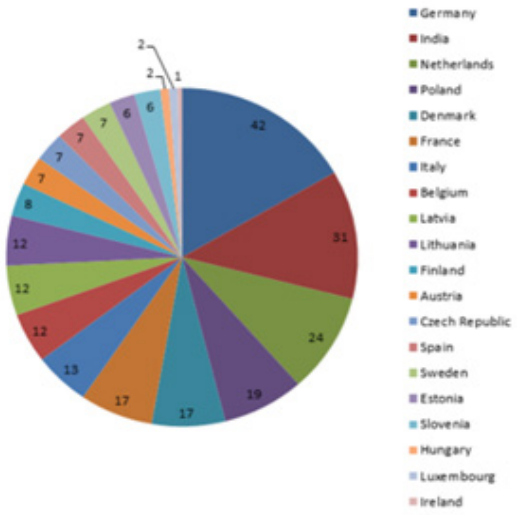
در زمینه کاتالیست‌های تولید هیدروژن از گاز طبیعی، فقدان کامل صلاحیت علمی و دانشی گزارش شده و گلوگاه، نه تنها در زمینه‌ی فناوری، بلکه اکتساب اولیه دانش است. روسیه به ۴۰۰۰ تن در سال از این کاتالیست‌ها نیاز دارد.

کاتالیست‌های سنتز متانول از مونوکسید کربن و نیز موارد مرتبط با نیتروژن، در روسیه تولید شده و لذا وارد نمی‌شوند. پیش نیاز جدی صنعت کاتالیست در روسیه، تولید ملی زئولیت است که به تعبیر دانشمندان روسی، مسابقه‌ی تولید کاتالیست هنوز شروع نشده است چون، تپانچه‌ی شروع مسابقه یعنی زئولیت، هنوز شلیک نشده است.

روس ـ نفت یکی از شرکت‌های پیشرو در راه‌اندازی کارخانه‌ی تولید داخلی کاتالیست پالایشی در اوفای روسیه است. اقدام این شرکت سبب گردیده تولید سوخت یورو۵ ممکن گردیده و واردات کاتالیست پالایشی هیدروکراکینگ مورد نیاز، که اخیراً به ۹۰% رسیده بود، کمی کاهش یابد. یکی دیگر از نیازهای جدی روسیه، کاتالیست‌های مبتنی بر وانادیوم برای تولید اسیدسولفوریک است.

تا چندماه پیش، روسیه کاتالیست‌های مورد نیاز خود را از جهانی تامین می‌نمود که اکنون بیشتر کشورهای آن، روسیه را به تحریم کشانده‌اند. در شکل ۲، در یک مطالعه‌ی موردی، ۲۵۲ محموله‌ی کاتالیستی دریافتی روسیه، در مارچ سال ۲۰۲۲ از ۷۰ کشور جهان، با معرفی کشورهای مبداء صادرات به روسیه طبقه‌بندی شده است. یادآور می‌گردد بسیاری از این محموله‌ها، خصوصاً آنچه از هند تامین می‌گردد، درصد بالای حجمی و جرمی داشته و لزوماً کاتالیست تخصصی، خاصّ، ضروری و وابستگی مطلق نیست. کاتالیست‌های فناور، بیشتر از مبدا آلمان، دانمارک،

لهستان و هلند می‌باشند.



شکل ۲: کشورهای مبداء واردات کاتالیستی روسیه در یک مطالعه‌ی موردی ۲۵۲ محموله‌ای؛ کلمات با فونت بزرگ‌تر، سهم و وزن بیشتری را دارند.

خریداران و کمپانی‌های وارد کننده کاتالیست در روسیه بسیار محدود، انگشت‌شمار و مقید می‌باشند. این موضوع، از سویی امکان سنجی مذاکرات بازرگانی را سهل و ممتنع، و دارای فرصت و چالش می‌نماید. هفت شرکت اصلی واردکننده کاتالیست به‌شرح زیر می‌باشند:

- Clariant Rus LLC
- Clariant Rus LLC Andropova
- PJSC Dorogobuzh
- Rusvinyl LLC
- Kellogg Brown And Root
- GTC Technology Us LLC
- LLC Resol 197198 Russia St-Petersburg

کاتالیست‌هایی که این هفت شرکت از مبادی عمدتاً اروپایی تامین می‌نمایند، عبارتند از آغازگرهای واکنش، شتاب‌دهنده‌های واکنش و آماده‌سازی کاتالیتیک، کاتالیستهای متشکل از اتیل تری فنیل فسفونیوم استات به‌شکل محلول در متانول، کاتالیستهای ساپورت OLEMAX ۸۰۷ با ترکیبات نیکل، کاتالیستهای فلزات گرانبها، کاتالیست‌های مبتنی بر نیکل به عنوان ماده فعال، کاتالیستهایی به شکل دانه های گرانول با اندازه ذرات کمتر از ۱۰ میکرومتر متشکل از مخلوطی از اکسیدها بر روی یک ساپورت منیزیم-سیلیکات- مس- بیسموت، جاذب کلرید، FCR-۹۱ ، رفرومکس ۷-۸-۱۰۰-۲۱۰-۳۳۰، ۴۰۰، ۱۳۴METH-۱۳۵

ظرفیت کشور ایران

ایران در تولید کاتالیست های هیدروکرکینگ، دیسولفوریزاسیون، ریفورمر اولیه و ثانویه، شیفت دمای بالا و پایین، متانیزاسیون، آمونیاک سنتزی و اسیدهای با فعالیت بالا و ... ظرفیت‌های جدی دانشی، مسیرهای بالغ تحقیق و توسعه و مجتمع های تولیدی و صنعتی مقیاس بالا دارد. اخیراً مذاکرات امکان‌سنجی صادرات کاتالیست به روسیه توسط بخش خصوصی آغاز گردیده است.

جمع بندی و نتیجه گیری و نظریه کارشناسی:

نیاز روسیه به کاتالیست، احتمالاً نیازی گذرا و موقتی است. از طرفی میزان جدیت تحریم‌های اروپایی و غربی علیه روسیه با توجه به وابستگی ذاتی انرژی متقابل، و تسرّی آن به کاتالیست‌ها، شفاف و لزوما طولانی‌مدت نیست. وانگهی احتمال پایان مناقشه‌ی اوکراین و عادی‌سازی تدریجی شرایط وجود دارد. از سوی دیگر ایجاد خط تولید جدید و فرایند بلوغ دانشی و اکتساب فناوری در زمینه کاتالیست جدید، برای خود روسیه زمانبر و فاقد توجیه اقتصادی است و تاکنون به رغم اسناد بالادستی، مورد اقدام واقع نشده یا محدود به کارخانجات خاص و کاتالیست‌های مشخص بوده است؛ لذا اقدام مشابه در ایران به طریق اولی فاقد توجیه بوده و ممکن است هنگام حصول نتیجه، اساساً نیازمندی مشتری به کاتالیست رفع شده باشد. در این بین، صرفاً در زمینه‌ی کاتالیست‌های دارای تولید انبوه در کشور که در فهرست نیازمندی‌های روس هم می‌باشند و ایران بدون هزینه‌کرد فناورانه و حتی سرمایه‌ای می‌تواند تامین کننده‌ی آن برای روسیه باشد، امکان‌سنجی مثبت تلقی می‌شود. خصوصاً اینکه در شرایط بحرانی، احتمالاً الزام لایسنس‌ها و مجوزهای خاص برای محصول ایرانی وجود نخواهد داشت. انتخاب تمرکز بر رقابت با هند در کاتالیست‌های غیرتخصصی با حجم بالا و دائمی، در مقایسه با رقابت با اروپا و تمرکز بر کاتالیست‌های تخصصی، با وابستگی مطلق روسیه، حجم نیاز اندک در قبال قیمت واحد بسیار بالاتر ولی نیازمند اکتساب فناوری یا بلوغ تحقیق و توسعه، مستلزم مطالعات و تحقیقات تکمیلی است.

کاتالیستهای پالایشی

منابع:

1.СТОЛКНЕТСЯ ЛИ РОССИЯ С НЕХВАТКОЙ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ? Информация взята с портала «Научная Россия»
https://scientificrussia.ru/)

2.Александр Носков: Доля импортных катализаторов в промышленности России – от 40 до%100(http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=f20dc64d-4161-9409-bdbb-a875378f2da6)

3.https://www.rosneft.ru/press/news/item/210805/

4.https://ect-center.com/blog/katalizatory-v-neftepererabotk) КАТАЛИЗАТОРЫ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ. КАК СНЯТЬ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ИМПОРТА(

5.https://www.volza.com/p/catalyst-support/import/import-in-russia/

بررسی وضعیت بهره وری و شدت انرژی در بخش صنعت کشور

بهاره فرهمندپور – پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه و شرح مساله:

در این گزارش ابتدا به مرور اجمالی وضعیت بهره وری و شدت انرژی در بخش صنعت کشور می پردازیم. سپس مقایسه ای با برخی از کشورهای منتخب از جمله کشور آلمان انجام می پذیرد و جمع بندی نهایی ارائه می گردد. در گزارش های بعدی ضمن مرور وضعیت بهره وری انرژی در هر یک از صنایع پتروشیمی، آهن و فولاد، سیمان و سایر صنایع انرژی، به بررسی راهبردهای ارتقاء کارایی انرژی و بهره وری انرژی پرداخته خواهد شد.

امروزه انرژی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تولید جایگاه ویژه ای در رشد و توسعه کشورها دارد. تخصیص و استفاده بهینه از منابع انرژی بمنظور تامین امنیت انرژی و کنترل تبعات زیست محیطی استفاده از آن، همواره مورد توجه سیاستگذاران و برنامه ریزان اقتصادی بوده است. از شاخص های مهم در تشخیص موفقیت سیاستگذاری در تخصیص بهینه منابع انرژی ، شاخصهای بهره وری انرژی و شدت انرژی می باشد که بهره وری انرژی، میزان ارزش افزوده کالا و خدمات تولیدی را به میزان انرژی مصرفی، و شدت انرژی میزان انرژی مصرفی به ازای میزان ارزش افزوده کالا و خدمات تولیدی را نمایش می دهند. این شاخصها بعنوان شاخصهای استراتژیک در توسعه یافتگی محسوب می گردند که از آنها برای بررسی افزایش کارایی انرژی هم از نظر کاهش وابستگی انرژی و هم از نظر کنترل تبعات آب و هوایی و محیط زیستی استفاده می گردد.

بخش صنعت به عنوان یکی از بخشهای مهم مصرف کننده انرژی محسوب می گردد که در سال ۱۳۹۹ بدون احتساب خوراک واحدهای پتروشیمی با مصرف معادل ۱۰۷۴۸۷ میلیون کیلووات ساعت برق، ۵۱۲۳۵ میلیون مترمکعب گازطبیعی و ۲۹/۶۹ میلیون بشکه معادل نفت خام فرآورده نفتی و در کل ۴۰۹/۳۴ میلیون بشکه معادل نفت خام ، حدود ۲۷% مصارف انرژی نهایی را به خود اختصاص داده است.

با توجه به میزان مصارف حامل های انرژی در بخش صنعت و در صورت فرض حداقل ارزش صادراتی برق ۶ سنت بر کیلووات ساعت، گاز طبیعی ۱۶ سنت بر مترمکعب، نفت گاز و نفت کوره به ترتیب ۴۶ و ۳۰ سنت بر لیتر، حداقل ارزش انرژی مصرفی بخش صنعت حدود ۱۶ میلیارد دلار (به تفکیک برق ، گاز و فرآورده ۶/۵، ۸/۲ و ۱/۷ میلیارد دلار در سال) برآورد می گردد.

از طرفی مطابق با اطلاعات بانک جهانی، ارزش افزوده بخش صنعت (Manufacturing) ایران در سال ۲۰۲۰ معادل ۶۹ میلیارد دلار بود. که با این حساب بیش از ۲۳% از ارزش افزوده بخش صنعت، ارزش حاملهای انرژی مصرفی این بخش می باشد.

در گزارش نتایج آمارگیري از مقدار مصرف انرژي در کارگاه هاي صنعتی با بیش از ۱۰ نفر کارگر مرکز آمار در سال ۱۳۹۷، اطلاعات مصرف انرژی بیش از ۳۰ هزار کارگاه صنعتی به تفکیک نوع فعالیت و حاملهای انرژی مصرفی ارائه شده است. در جدول ۱ مصرف انرژی در واحدهای صنعتی کشور به تفکیک نوع حاملهای انرژی و نوع فعالیت در سال ۱۳۹۷ مطابق جدول ۱، صنایع تولید مواد و

جدول ۱ : مصرف انرژی در واحدهای صنعتی کشور به تفکیک نوع حاملهای انرژی و نوع فعالیت در سال ۱۳۹۷
مرجع: نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن مرکز آمار

نوع فعالیت صنعتی	گاز طبیعی (مترمکعب)	نفت کوره (لیتر)	گازوئیل (لیتر)	"برق خریداری شده (کیلووات ساعت)"	"سایر (میلیون بشکه معادل نفت خام)"	کل انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام)	درصد از کل
صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو	۲,۲۳۳,۳۸۳,۸۶۷	۳۷,۶۸۶,۰۹۶	۱۶۲,۸۷۵,۳۸۶	٤,٥١٥,٦٤٣,٢٥١	۲/۹۸	۱۸/۰۱	%۶/۵
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۵۱۲,۵۳۸,٤٥۲	۵,۱۸۶,۹۲۸	۲۵,۱۲۵,۵٤۰	۲,۵۳٤,۰۵۲,۷۱۷	۱/۵۵	٤/۸۹	%۱/۸
تولید چوب و محصولات چوبی	۱۶۶,۰٤۹,۱۹۶	۳۱,۱۰۸	۹,۷۰٤,۶٤۵	٤٤۶,۹۰۸,۸۷۲	۰/۲۸	۱/۳۶	%۰/۵
تولید کاغذ و انتشار و چاپ	۳۵۷,۲۱۱,۰۸۷	۵,۱۸۵,۷۶۰	۱۰,۵۹۳,۵۱۲	۱,۱۰۰,۸۲۷,۱۲۹	۰۰/۶۷	۲/۹۸	%۱/۱
تولید کک و فراورده هاي حاصل از پالایش نفت	۳,۵۵۶,۹۲٤,۷۳۹	۳۰,۰۸۹,۰۸۲	۷۳,۳۸۱,۶٤٤	۲,۰٤۸,۶۳۰,۰۷۰	۲٤/۰۰	۰۰/۲٤	%۸/۷
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۱۲,۳۵۶,۵۰۲,٤۶۰	۹۶۶,۰۰۰	۵۷,٤٤۲,۶٤۱	۱۱,٤۸۵,۳۷٤,۱۹۵	۶/۸۶	۸۳/۳٤	%۳۰/۲
لاستیک و پلاستیک	۳۳۲,۸٤٤,۲۸۶	۲۲۶,۱۵۷	۱۰,۸۷۳,۲۷۹	۲,۲٤۸,۶۰۸,۸۵۸	۱/۳۸	۳/۵۰	%۱/۳
محصولات کانی غیرفلزی	۸,۳۱۷,۲۹۱,۱۳۰	۹۷۷,۱٤۳,۷۹۷	۳۲٤,۲۰۲,۰۸۷	۸,۶٤۱,۶۱٤,۷۲۶	۵/۲۹	٤۲/۶۵	%۲۳/۷
فلزات اساسی	۷,۶٤۶,۵۸۵,۳۹۶	۳۱,۱۱۸,۰۰٤	۹۶,۸۹۲,۸۲۸	۲۶,۸۷۱,۵۶۳,۳۳۹	۱۶/۶۱	۶٤/۵۳	%۲۳/٤
تولید ماشین آلات	۳۳۵,۹۱۷,۸۹۶	۵۹۳,۲۲۳	۲۶,۳٤۰,۶۱۰	۱,۶۸۰,۶۳۳,٤۲۰	۱/۵۶	۳/۸۰	%۱/٤
تولید تجهیزات حمل و نقل	۳۶۲,٤۶۱,۰۱۶	۱,۱٤۶,۱۰۰	۲۹,۵۲۸,۶۶۲	۱,۶٤۵,۲٤۶,۱۲۵	۱/۲۰	۳/۶۲	%۱/۳
سایر	۶۶,۲۰۳,۵۳۵	۵۰,۰۰۰	۶,۹۲۰,۱۱۸	۳۳۹,۸۶۰,۸۵۰	۰/۳۲	۰/۶۷	%۰/۲
مجموع	۳۶,۲٤۳,۹۱۳,۰۵۹	۰۸۹,٤۲۲,۲۵۶,	۸۳۳,۸۸۰,۹۵٤	۶۳,۵۵۸,۹۶۳,۵۵۲	٤۰/۰۲	۱۲/۲۷۶	%۱۰۰/۰

محصولات شیمیایی (شامل پتروشیمی ها) ، فلزات اساسی (آهن و فولاد) و محصولات کانی غیر فلزی (شامل صنعت سیمان) به ترتیب ۳۰%، ۲۴% و ۲۳% (در مجموع ۷۷%) مصرف انرژی بخش صنعت را به خود تخصیص داده اند. همچنین مطابق با جدول ۲ این صنایع دارای بیشترین میزان ارزش افزوده بخش صنعت کشور می باشند. به عبارتی، بیشترین ارزش افزوده بخش صنعت کشور توسط صنایع انرژی بر ایجاد می گردد.

نکته قابل توجه درجدول ۲، سهم ارزش انرژی پرداختی به ارزش افزوده بخش صنعت می باشد و همانطور که ملاحظه می گردد این نسبت برای کل بخش صنعت کشور کمتر از ۶% می باشد که این نشان دهنده ارزش ناچیز هزینه انرژی حامل های انرژی مصرفی در صنایع به خصوص صنایع پر مصرف و با ارزش افزوده بالا می باشد.

بر اساس فرضیات قیمتی فوق الذکر، مطابق با جدول ۳، در ۳۰ هزار واحد صنعتی سرشماری شده ، ارزش یارانه انرژی حدود ۱۰ میلیارد دلار برآورد می گردد که سهم تولید مواد و محصولات شیمیایی (شامل پتروشیمی ها) ، فلزات اساسی (آهن و فولاد) و محصولات کانی غیر فلزی (شامل صنعت سیمان) به ترتیب ۳۳%، ۲۸% و ۲۲% بوده است.

جدول۲: ارزش انرژی مصرفی و ارزش افزوده واحدهای صنعتی به تفکیک نوع فعالیت در سال ۱۳۹۷ مرجع: نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن مرکز آمار

	ارزش افزوده فعالیت صنعتی میلیارد ریال	ارزش انرژی میلیارد ریال	نسبت ارزش انرژی به ارزش افزوده درصد
صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو	۳۸۴۴۲۶	۱۰۸۸۷	%۲/۸۳
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۹۷۸۴۷	۴۲۲۰	%۴/۳۱
تولید چوب و محصولات چوبی	۲۰۶۷۰	۱۰۶۷	%۵/۱۶
تولید کاغذ و انتشار و چاپ	۵۶۹۱۲	۲۲۵۲	%۳/۹۶
تولید کک و فراورده های حاصل از پالایش نفت	۳۵۹۷۴۵	۱۲۰۱۵	%۳/۳۴
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۷۹۸۸۴۴	۵۹۸۷۸	%۷/۵۰
لاستیک و پلاستیک	۱۲۸۹۹۲	۳۵۸۳	%۲/۷۸
محصولات کانی غیرفلزی	۲۲۳۲۶۴	۲۷۹۳۸	%۱۲/۵۱
فلزات اساسی	۶۹۴۹۵۸	۵۱۶۹۶	%۷/۴۴
تولید ماشین آلات	۱۹۵۷۸۷	۵۶۷۷	%۲/۹۰
تولید تجهیزات حمل و نقل	۱۱۸۰۰۴	۲۸۴۴	%۲/۴۱
سایر	۳۹۲۹۲	۷۰۶	%۱/۸۰
مجموع	۳۱۱۸۷۴۱	۱۷۹۷۶۴	%۵/۷۶

جدول۳: یارانه انرژی واحدهای صنعتی به تفکیک نوع فعالیت در سال ۱۳۹۷ مرجع: نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن مرکز آمار

	ارزش پرداختی انرژی میلیارد ریال	ارزش واقعی انرژی میلیارددلار	یارانه انرژی میلیارد دلار
صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو	۱۰۸۸۷	۷۱۴/۵۱	۰/۷۱
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۴۲۲۰	۲۴۷/۱۶	۰/۲۵
تولید چوب و محصولات چوبی	۱۰۶۷	۵۷/۸۶	۰/۰۶
تولید کاغذ و انتشار و چاپ	۲۲۵۲	۱۲۹/۶۳	۰/۱۳
تولید کک و فراورده هاي حاصل از پالایش نفت	۱۲۰۱۵	۷۳۴/۸۱	۰/۷۳
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۵۹۸۷۸	۲۶۹۲/۸۸	۲/۶۹
لاستیک و پلاستیک	۳۵۸۳	۱۹۳/۲۴	۰/۱۹
محصولات کانی غیرفلزی	۲۷۹۳۸	۲۲۹۱/۵۴	۲/۲۹
فلزات اساسی	۵۱۶۹۶	۲۸۸۹/۶۵	۲/۸۹
تولید ماشین آلات	۵۶۷۷	۱۶۶/۸۸	۰/۱۷
تولید تجهیزات حمل و نقل	۲۸۴۴	۱۷۰/۶۴	۰/۱۷
سایر	۷۰۶	۳۴/۱۸	۰/۰۳
مجموع	۱۷۹۷۶۴	۱۰۳۲۲/۹۸	۱۰/۳۲

جدول ۴: شدت انرژی واحدهای صنعتی به تفکیک نوع فعالیت در سال ۱۳۹۷

مرجع: نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن مرکز آمار

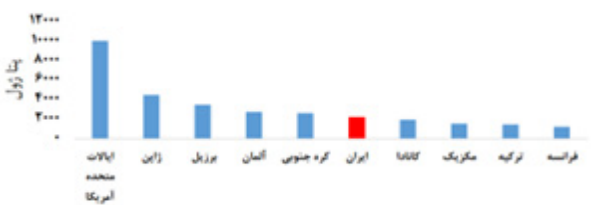
	ارزش افزوده فعالیت صنعتی میلیارد ریال	انرژی مصرفی میلیون بشکه معادل نفت خام	شدت انرژی بشکه به میلیون ریال
صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو	۳۸۴۴۲۶	۱۸/۰۱	۰/۰۵
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۹۷۸۴۷	۴/۸۹	۰/۰۵
تولید چوب و محصولات چوبی	۲۰۶۷۰	۱/۳۶	۰/۰۷
تولید کاغذ و انتشار و چاپ	۵۶۹۱۲	۲/۹۸	۰/۰۵
تولید کک و فراورده هاي حاصل از پالایش نفت	۳۵۹۷۴۵	۲۴/۰۰	۰/۰۷
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	۷۹۸۸۴۴	۸۳/۳۴	۰/۱۰
لاستیک و پلاستیک	۱۲۸۹۹۲	۳/۵۰	۰/۰۳
محصولات کانی غیرفلزی	۲۲۳۲۶۴	۶۵/۴۲	۰/۲۹
فلزات اساسی	۶۹۴۹۵۸	۶۴/۵۳	۰/۰۹
تولید ماشین آلات	۱۹۵۷۸۷	۳/۸۰	۰/۰۲
تولید تجهیزات حمل و نقل	۱۱۸۰۰۴	۳/۶۲	۰/۰۳
سایر	۳۹۲۹۲	۰/۶۷	۰/۰۲
مجموع	۳۱۱۸۷۴۱	۲۷۶/۱۲	۰/۰۹

در جدول ۴ ملاحظه می شود تولید محصولات کانی غیر فلزی (شامل صنعت سیمان) ، مواد و محصولات شیمیایی (شامل پتروشیمی ها) و فلزات اساسی (آهن و فولاد) بیشترین شدت انرژی بخش صنعت را به خود تخصیص داده اند.

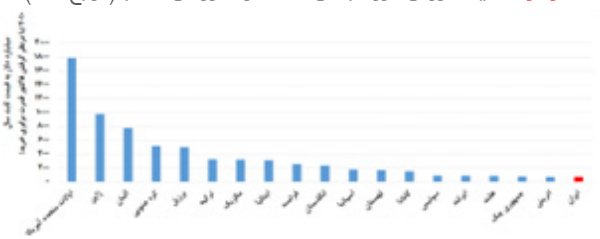
مقایسـه ی وضعیت کشور با الگوهای جهانی:

از نظر مقایسه وضعیت صنعت کشور با کشورهای دیگر جهان، همانطور که در نمودارهای ۱ و ۲ ملاحظه می گردد، مصرف بخش صنعت ایران با درنظر گرفتن خوراک گاز واحدهای پتروشیمی (۲۴۸۰ پتاژول) مشابه مصرف انرژی در صنایع کشورهای کره جنوبی (۲۶۰۸/۱ پتاژول) و آلمان (۲۷۴۴/۶ پتاژول) می باشد، در حالیکه ارزش افزوده بخش صنعت ایران (۶۹/۲۴ میلیارد دلار) با ارزش افزوده بخش صنعت این کشورها (آلمان، کره جنوبی به ترتیب ۷۷۸/۶ و ۵۱۹/۶ میلیارد دلار) فاصله قابل توجهی دارد و این نکته دلالت بر بهره وری بسیار پایین انرژی در بخش صنعت کشور می باشد.

نمودار ۱: مقایسه مصرف انرژی بخش صنعت در کشورهای منتخب (مرجع: IEA)



نمودار ۲: مقایسه ارزش افزوده بخش صنعت در کشورهای منتخب (مرجع: IEA)



در نمودار ۳ ملاحظه می شود شدت انرژی کشورهای پیشرفته کمتر از ۵ مگاژول بر میلیون دلار در گزارشات آژانس بین المللی انرژی اعلام شده است و این در حالی است که شدت انرژی بخش صنعت ایران معادل ۳۶ مگاژول بر دلار برآورد می گردد. کشورهای ایرلند، سوئیس، ارمنستان و آلمان کمترین میزان شدت انرژی بخش صنعت را به خود تخصیص داده اند. همچنین از نظر نوع فعالیتهای صنعتی، کمترین شدت انرژی مربوط به بخش ماشین آلات و صنایع و تجهیزات حمل و نقل و بیشترین شدت انرژی مربوط به صنایع فلزی و صنایع مواد شیمیایی ، کانی های غیر فلزی و صنایع چوب و کاغذ می باشد.

نمودار ۳: مقایسه شدت انرژی بخش صنعت در کشورهای منتخب (مرجع: IEA)

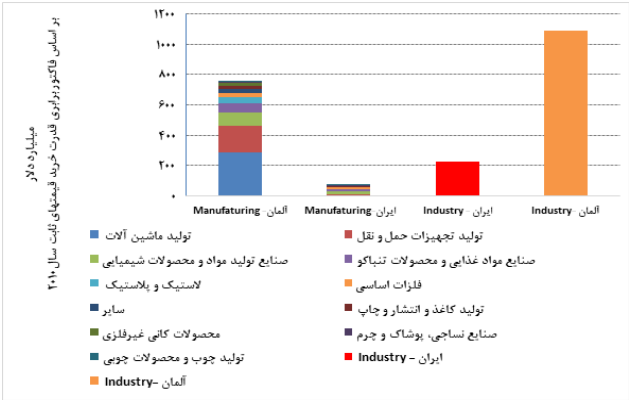
همانطور که در نمودار ۱ ملاحظه شد مصرف انرژی بخش صنعت ایران با احتساب خوراک واحدهای پتروشیمی در حدود مصرف انرژی بخش صنعت آلمان می باشد اما ارزش افزوده بخش صنعت[1] آلمان (۱۰۸۹ میلیارد دلار) ۴/۸ برابر بخش صنعت ایران (۲۲۸/۷ میلیارد دلار) و بخش تولید[2] آن (۷۶۱ میلیارد دلار) بیش از ۱۰ برابر تولید ایران (۶۹/۲۴ میلیارد دلار) می باشد.

در نمودار ۴، وضعیت ارزش افزوده بخش صنعت کشور ایران با آلمان مقایسه شده است. نکته شایان توجه از این مقایسه این است که ارزش افزوده تولید ماشین آلات و تجهیزات کشور آلمان

1. industry
2. manufacturing

(۲۸۳/۹ میلیارد دلار) با تنها ۷% مصرف انرژی، بیش از کل ارزش افزوده صنعت ایران با احتساب صنایع نفت و گاز (۲۲۸/۷ میلیارد دلار– Industry) می باشد. همچنین ارزش افزوده تولید محصولات غذایی، آشامیدنی و تنباکو کشور آلمان (۶۷ میلیارد دلار) با تنها ۹% مصرف انرژی، معادل ارزش افزوده بخش تولید ایران (۶۹ میلیارد دلار– manufacturing) می باشد.

نمودار۴: مقایسه ارزش افزوده فعالیتهای صنعتی کشور آلمان با ایران
(مرجع: IEA و بانک جهانی)



در جدول ۵، بر اساس اطلاعات طرح سرشماری مرکز آمار و گزارش آژانس بین المللی مصرف انرژی، شدت مصرف انرژی به تفکیک نوع فعالیت در صنایع ایران با آلمان مقایسه شده است. همانطور که ملاحظه می گردد شدت انرژی فعالیت صنایع تولیدکننده مواد و محصولات شیمیایی ایران ۳/۸ برابر کشور آلمان می باشد که نشاندهنده عدم تکمیل زنجیره ارزش محصولات شیمیایی و بهره وری پایین انرژی صنایع پتروشیمی و تولید مواد و محصولات شیمیایی ایران می باشد.

همچنین شدت انرژی صنایع تولید محصولات کانی غیر فلزی ایران ۵/۸ برابر کشور آلمان می باشد و نشاندهنده کارایی بسیار پایین این صنایع شامل صنعت سیمان، آجر، آهک و ... در کنار ارزش افزوده پایین این صنعت می باشد.

در صنعت تولید فلزات اساسی، مقایسه شدت انرژی دو کشور، وضعیت بهتری را برای ایران از نظر شاخص شدت انرژی نشان می دهد.

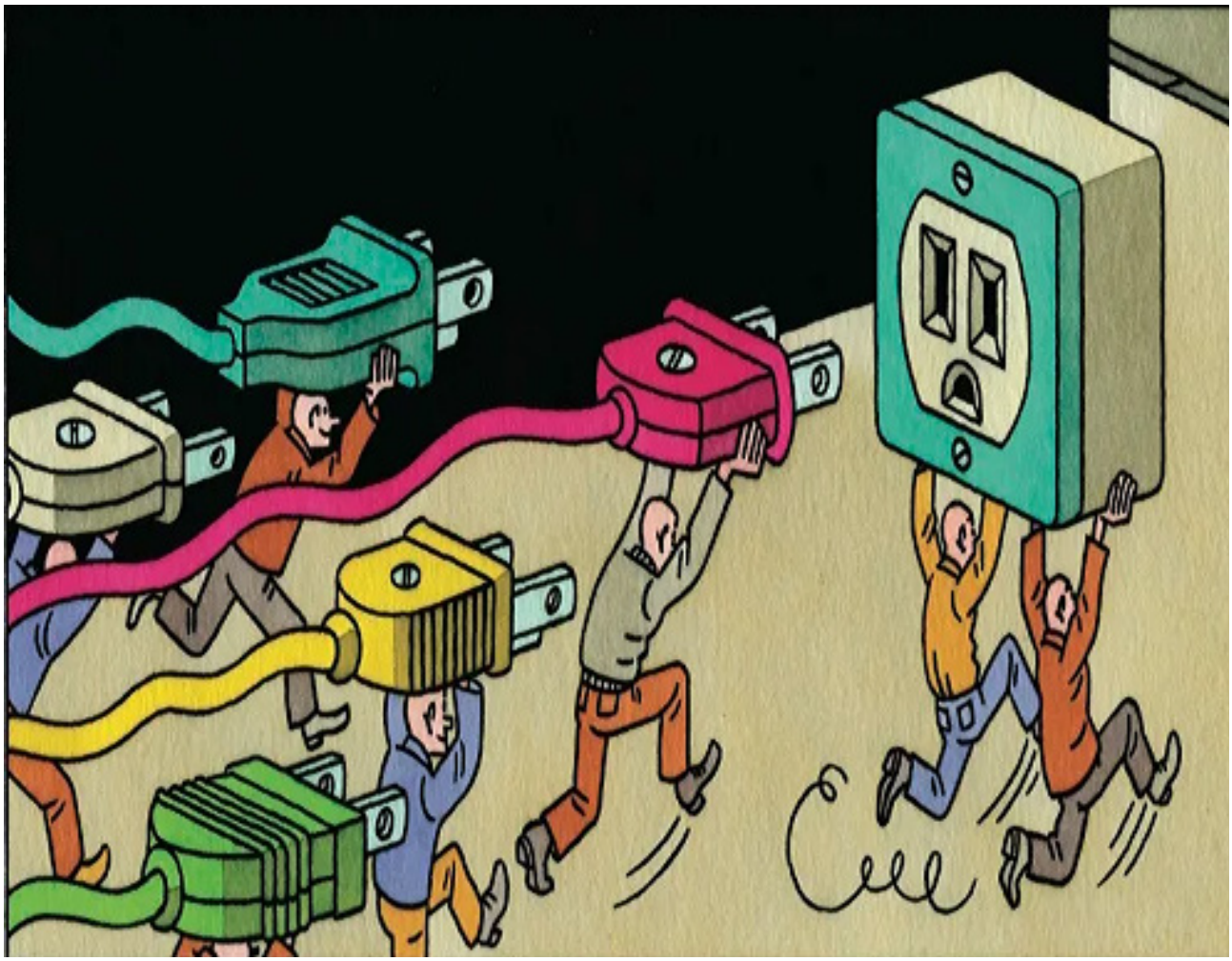
جمع بندی و نظریه کارشناسی:

در خاتمه از بررسی وضعیت مصرف انرژی و شاخصهای بهره وری

جدول۵: مقایسه شدت انرژی واحدهای صنعتی ایران و آلمان به تفکیک نوع فعالیت در سال ۲۰۱۸

	آلمان			ایران		
	مصرف انرژی پتاژول	ارزش افزوده میلیارد دلار	شدت انرژی مگاژول بر دلار	مصرف انرژی پتاژول	ارزش افزوده میلیارد دلار	شدت انرژی مگاژول بر دلار
صنایع مواد غذایی و محصولات تنباکو	۲۱۲/۷	۶۷	۳/۱۷	۱۱۰/۲۱	۸/۵٤	۱۲/۹۱
صنایع نساجی، پوشاک و چرم	۲۰/۵	۸/٤	۲/٤٤	۲۹/۹۲٤	۲/۱۷	۱۳/۷۹
تولید چوب و محصولات چوبی	۱۰۱/۲	۷/۷	۱۳/۱٤	۸/۳۲۲٤	۰/٤٦	۱۸/۰۹
تولید کاغذ و انتشار و چاپ	۲٤۰	۲۳/٤	۱۰/۲٦	۱۸/۲۳٦	۱/۲٦	۲/۲۸
تولید کک و فراورده هاي حاصل از پالایش نفت				۱٤٦/۸۷	۷/۹۹	۸/۲۷
صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی	٦٤۰	۸۵/۳	۷/۵۰	۵۰۹/۹۹	۱۷/۷۵	۱۷۷/۷۰
لاستیک و پلاستیک	۸٦/٤	۳۵/٤	۲/٤٤	۲۱/٤۱۸	۲/۸۷	٤/۳۲
محصولات کانی غیرفلزی	۲۷۷/٤	۲۰/۱	۱۳/۸۰	٤۰۰/۳۳	٤/۹٦	۲۵/۹۳
فلزات اساسی	۷۳۰/۲	۲٦/۵	۲۷/۵۵	۳۹٤/۸۹	۱۵/٤٤	۹۰/۷۸
تولید ماشین آلات	۱۹۵/۵	۲۳۸/۹	۰/٦۹	۲۳/۲۵٤	٤/۳۵	۸/۸٤
تولید تجهیزات حمل و نقل	۱۲۸/۸	۱۷۷/٤	۰/۷۳	۲۲/۱۵۲	۲/٦۳	۲۵/٤٦
سایر		۲٦/۱		٤/۱	۰/۸۷	٤/۷۱
نامشخص	۱۱۱					
مجموع	۲۷٤٤/۶	۷٦۱/۲	۳/٦۱	۱٦۸۹/۷	٦۹/۳۱	۲٤/۳۸

و شدت انرژی بخش صنعت کشور، مشهود است که به علت در دسترس بودن منابع عظیم نفت و گاز در کشور ایران و قیمت بسیار پایین حاملهای انرژی، صنایع انرژی بر بویژه صنایع پتروشیمی به عنوان صنعت مادر، رشد قابل ملاحظه ای در کشور داشته اند. بیشترین ارزش افزوده بخش صنعت کشور مربوط به صنایع انرژی بر می باشد و متاسفانه صنایعی نظیر تولید ابزار و ماشین آلات و تجهیزات حمل و نقل که دارای کمترین میزان مصرف انرژی می باشند، نتوانسته اند ارزش افزوده مناسب در بخش صنعت ایجاد نمایند و حاصل چنین سیاستهایی در بخش صنعت، بهره وری بسیار پایین از منابع انرژی و ایجاد رانت بالا برای صنایع انرژی بر، در نتیجه ی قیمت ناچیز حاملهای انرژی می باشد. با توجه به ساختار شکل گرفته در تخصیص منابع انرژی در بخش صنعت، به منظور بهبود شاخص بهره وری کشور، تکمیل زنجیره ارزش صنایع پتروشیمی، افزایش کارایی مصرف انرژی بویژه در صنایع انرژی بر، افزایش سطوح فن آوری و اتخاذ سیاستهای یکپارچه در جهت توسعه صنایع و تخصیص منابع انرژی ضروری به نظر می رسد.



به بهانه ی هفته ی انرژی روسیه ۲۰۲۲؛ راهبرد و چشم انداز مشارکت بزرگتر اوراسیا؛ در پرتو نقش محوری انرژی و فناوری های آن

قاسم توتونچی – پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

شرح مساله:

کشور روسیه در ادامه ی سیاست و خط مشی قدیمی خود درباره ی علاقه به جنوب و دسترسی به شاهراه های بین المللی، مفهوم مشارکت بزرگتر اوراسیا را مطرح نموده و در صدد است هدف اولیه دسترسی به ابتکار کمربند و جاده ی چین را دنبال نموده و به عنوان هدف ثانویه، دسترسی به هند و ایران و حتی آسیای جنوب شرقی را نیز مد نظر داشته باشد. البته روسیه این ابتکار عمل را متوجه اتحادیه ی اقتصادی اوراسیا متشکل از روسیه، قزاقستان، قرقیزستان، بلاروس و ارمنستان می داند و دسترسی های جدید را مطالبه ی پنج کشور عضو این اتحادیه اقتصادی تلقی می کند؛

اما به وضوح انگیزه و علاقه ی روسیه برای تحقق اهداف اقتصادی و نیل به شاهراه هایی نظیر ابتکارجاده و کمربند چین و خلیج فارس، زائد الوصف است. بی شک، با توجه به اهمیت همیشگی انرژی و ویژگی خاص آن در این مقطع زمانی با توجه به مناقشه ی اوکراین و تحریم های اعمالی فعلی یا آتی بر روسیه، این انگیزه دو چندان گردیده است به گونه ای که نگاه روسیه به خلیج فارس و ابتکار جاده و کمربند، که بیش از ۱۵۰ کشور جهان در آن مشارکت دارند، مسیری برای نگاه داشتن مشتریان وفادار انرژی روسیه و یا یافتن و توسعه ی بازارهای جدید و پایدار در نبود اروپایی ها می باشد. این ارتباط اقتصادی، دو سویه خواهد بود؛ به عنوان مثال روسیه اکنون نیازمند جدی کاتالیست های پالایشی و پتروشیمیایی است که تامین کنندگان سنتی آن در اروپا، ممکن است آن را به تحریم بکشانند. جمهوری اسلامی ایران به عنوان کشوری مطرح و تاثیرگذار در زمینه ی انرژی، نقش راهبردی در مشارکت بزرگتر اوراسیا دارد. درک و ایفای این نقش راهبردی، نیاز به رویکردی پویا و دینامیک در سیاست گذاران ملی و طرف های بین المللی دارد. به گونه ای که باقی ماندن یا لغو تحریم های یک جانبه علیه روسیه و ایران، می تواند سناریوهای متعدد و مختلفی را ایجاد نماید. باقی ماندن یا تشدید تحریم های یک سویه علیه هر دو کشور، زمینه ی تعامل و همکاری حداکثری و متقارن را سبب خواهد شد. در عین حال تحریم، تحریم است و هر یک از دو کشور ایران و روسیه، در اقدامات بین المللی خود بایستی مدافع رفع تحریم باشند. از این رو رفع تحریم های کهنه و فرسوده ی هسته ای علیه ایران، در این شرایط خاص بین المللی، برای روسیه فرصت مناسبی تلقی می گردد تا در ذیل مشارکتی بزرگتر به نام اوراسیا،

تعاملی نامتقارن اما راهگشا با ایران را تقویت نماید. در صورت لغو تحریم های هر دو کشور، مجدداً تعاملی حداکثری و چند جانبه در ذیل مشارکت بزرگتر اوراسیا دور از ذهن نخواهد بود و محور و ستون همه ی این سناریوها، می تواند بر مبنای انرژی نهاده شود. با توجه به ناامنی نهادینه شده طی چند دهه در افغانستان، ایران به عنوان عضوی از مشارکت بزرگتر اوراسیا، مسیری بهینه برای مشتریان وفادار و جدید انرژی روسیه خواهد بود و سناریوهایی مانند ترانزیت و سوآپ، با توجه به دسترسی ایران به دریای عمان و اقیانوس هند، در هر شرایطی خصوصاً شرایط بحران، برای روسیه و چهار کشور دیگر عضو اتحادیه اقتصادی اوراسیا امتیاز محسوب می شود. قزاقستان اخیراً مشکلات جزئی در صادرات نفت خود از گوی های شناور در دریای سیاه داشته است. بلاروس، غربی ترین کشور اتحادیه اقتصادی اوراسیا، با توجه به همراهی با روسیه، گزینه ی محتملی برای اعمال محدودیت های اروپایی می باشد. ارمنستان نیز، همواره در مناقشه ی مرزی با آذربایجان می باشد. بنابراین ایران، رهیافتی راهگشا برای همه ی کشورهای اوراسیای کوچک و ایده ی مشارکت بزرگتر اوراسیا بر مبنای انرژی خواهد بود. ظرفیت مرزهای مشترک خاکی ایران و ارمنستان و مرز دریایی ایران با قزاقستان و روسیه، نویدبخش امکان سنجی مثبت بازی برد-برد مشارکت بزرگتر اوراسیا در زمینه ی انرژی است. خاطر نشان می سازد ابتکار جاده و کمربند چین، منتهی به کشورهای قزاقستان، تاجیکستان و ترکمنستان، عملاً راه بهینه ی عبور از ایران را دنبال می کند و گزینه ی جابجایی دریایی در کریدور شرقی غربی دریای خزر، با توجه به چند فازی شدن واسطه ی حمل و نقل، گزینه ی نازل تری از بعد انرژی محسوب می شود. ضمن اینکه این کریدور، با عبور از آذربایجان، گرجستان و ارمنستان، راهی ترکیه و اروپا خواهد شد و دسترسی به جنوب، اقیانوس هند و شمال آفریقا مستلزم مسیر انرژی ایران است.

در کنار بازار انرژی، فناوری های انرژی نیز از محورهای اصلی مشارکت بزرگتر اوراسیایی است. توسعه ی پایدار انرژی، فناوری های تسهیلگر گذار انرژی، انرژی کم کربن یا بدون کربن، سامانه های جذب و استفاده ی مجدد کربن، هیدروژن، ذخیره سازی انرژی، مدرنیزاسیون و کاهش شدت انرژی، ازدیاد برداشت از میادین فعلی، دیجیتال سازی بخش انرژی، برقی سازی هوشمند و منعطف، بهینه سازی مصرف سوخت، آینده پژوهی و رصد فناوری های نوظهور و پایش روندهای تکنولوژی، خودروهای برقی، انرژی های تجدیدپذیر و ... از جدی‌ترین عناوین گفتمان مشارکت بزرگتر اوراسیا در حوزه ی انرژی می باشند.

اصول هشتگانه ی اوراسیای بزرگتر:

حداقل هشت اصل زیر در زمینه ی مشارکت بزرگتر اوراسیا مطرح بوده و همین اصول، به حوزه ی انرژی قابل تعمیم می باشند:

۱ـ این مشارکت بزرگتر رقیب بالفعل یا بالقوه ای برای دیگر نهادها، اتحادیه ها و تفاهم نامه ها نیست. بلکه همانند یک رشته ی هماهنگ کننده و متصل کننده، هم افزایی ایجاد می کند(مثلاً اوپک و GEFC و...).

۲ـ از دید مشارکت بزرگتر اوراسیا، اروپای غربی یک شبه جزیره ی بزرگ و مهم و متصل به اوراسیا است؛ مشارکت بزرگتر اوراسیا خود را علیه اروپای غربی نمی بیند و در عین حال انتظار دارد همراهی و همسویی بیشتری شاهد باشد.

۳ـ اوراسیای بزرگتر، بسیار بزرگ بوده و باید ویژگی های این مقیاس بزرگ را در مدل های توسعه و تعامل دریابد. هیچ نسخه ی جهانشمولی از جانب یک دفتر مرکزی غیر تعاملی برای همگان قابل ارائه نیست و ضمانت اجرایی ندارد. بلکه بایستی اختصاصی سازی لازم در اقلیم های مختلف صورت پذیرد.

۴ـ مشارکت بزرگتر اوراسیا، لزوماً الگوی حاضر و فعال بین المللی ندارد. به عبارتی الزامی نیست ساختاری مانند اتحادیه ی اروپا یا مشابه آن حاکم گردد. در عین حال کشورها با توجه به منافع ملی می توانند در نزدیک سازی واحدهای پولی، تسهیلات روادید و ... اقدام نمایند. اما ساختاری سخت و صلب برای مشارکت بزرگتر مدنظر نیست.

۵ـ توسعه ی روابط اقتصادی در زمینه ای مانند انرژی و مشابه آن، بدون توسعه ی روابط سیاسی، امنیتی، اجتماعی، فرهنگی، محیط زیستی و بشردوستانه میسر نیست و بسته ای متقارن و چند وجهی باید مد نظر قرار گیرد.

۶ـ مشارکت بزرگتر اوراسیا خود را همراه و همسو با کنفرانس اقدامات و تعامل اعتمادساز آسیا می داند. این کنفرانس نه تنها با عضویت اکثر کشورهای آسیایی همراه است؛ بلکه با عضوگیری ناظر از اروپا، آمریکا و آفریقا، نقش جدی در کاهش تروریسم دولتی، افراطی گری مذهبی و گسترش سلاح کشتار جمعی داشته و دارد. خصوصاً اینکه ریاست کنفرانس در حال حاضر در اختیار کشور قزاقستان می باشد. به هر حال اهداف مشارکت بزرگتر اوراسیا در اقتصاد و انرژی، بدون توجه به مشکلات قومیتی و اختلافات به ارث رسیده از دهه های قبل، محقق نخواهد شد.

۷ـ اوراسیای بزرگتر همزمان که پوشش متحدساز و چتری امن برای تعاملات داخلی ایمن ساز در مقابل بحران های تحمیلی از بیرون اوراسیا است(نظیر تحریم های ظالمانه و ...)، در عین حال منزوی و بسته نیست و در تلاش جدی برای در نوردیدن اقیانوس هند و آرام و اطلس و ارتباط و تعامل سازنده با آمریکای جنوبی و شمالی، آفریقا و اقیانوسیه و اروپای غربی است. در مسائلی مانند تغییر اقلیم، مدیریت مهاجرت، بیماری های همه گیر و امنیت غذایی و انرژی پایدار، اوراسیای بزرگتر همراه با جهان خواهد بود.

۸ـ مشارکت بزرگتر اوراسیا، باید معماری از پایین به بالا و از جزء به کل داشته باشد. به گونه ای که سنگ بنای این مشارکت، تعاملات و توافقات منطقه ای، ناحیه ای و حتی منفرد بین کشورها است. اهداف موازی و متعدد منتفع کننده و توانمند ساز مانند سیستم های پرداخت و تعاملات مالی مستقل، حذف تدریجی دلار آمریکا از مبادلات و ... نهایتاً می تواند منتج به هدف غایی اتصال اتحادیه اقتصادی اوراسیا به ابتکار کمربند و جاده ی چین و آب های آزاد جنوب باشد.

ظرفیت هـای جمهوری اسـلامی ایران در قبال اوراسـیای بزرگتر:

۱)تاسیس دبیرخانه‌ی انرژی مشارکت بزرگتر اوراسیا

از ۲۰۱۵ و طرح ایده‌ی محوری اوراسیای بزرگتر چندین سال می‌گذرد. تحقق این ایده‌ی بزرگ نیازمند نقشه‌ی راه و مشارکت همه است. ایران اعتقاد دارد در حال حاضر موضوع انرژی همانند یک کاتالیزور می‌تواند مشارکت را شکل داده و ایجاد و تحقق آن را تسریع بخشد. جمهوری اسلامی ایران پیشنهاد ایجاد و تاسیس دبیرخانه‌ی انرژی مشارکت بزرگتر اوراسیا را در اجلاس اخیر این مشارکت ارائه داد. این دبیرخانه ضمن همکاری نزدیک با وزارت‌خانه‌های ذیربط انرژی در کشورهای عضو اتحادیه اوراسیا، صورت مساله‌های روزآمد نظیر اهمیت سواحل مکران و چابهار ایران (بعنوان یک حلقه مهم از ابتکار کمربند و جاده)، مسیرهای ترانزیت و سواپ انرژی برای تعامل انرژی اوراسیا با سایر مناطق جهان و ... را در دستور کار قرار داده و پیشنهادات عملیاتی برای نشست‌های اعضای اتحادیه و نیز دول کشورهای عضو تدوین خواهد کرد.

۲)توسعه همکاری‌های دو و چندجانبه به منظور حمایت از امنیت انرژی کشورهای اتحادیه در شرایط پرتنش منطقه

علی‌رغم وجود منابع عظیم انرژی در این منطقه، تحریم‌های عمدتا ظالمانه بر ملت‌های منطقه اوراسیا و نیز مناقشات و تنش‌های متعدد و فرسایشی، موجب شده است کشورهای عضو نتوانند از ظرفیت‌های انرژی خود بطور مطلوب در راستای تامین نیازها و نیز توسعه اقتصادی بهره‌برداری نمایند، لذا پیشنهاد می‌شود تمامی کشورهای عضو تلاش نمایند از ظرفیت‌های ژئوپلتیکی، فناورانه، مالی (سرمایه‌گذاری در صنعت انرژی) و ... خود به منظور تامین امنیت انرژی کشورهای اتحادیه و نیز بهره‌برداری اقتصادی از صنعت انرژی این کشورها استفاده بهینه نمایند. در این خصوص ایران این آمادگی را دارد تا با توجه به ظرفیت‌های بسیار بالا و بعضا منحصر به فردی که در این خصوص دارد، همکاری‌های عملیاتی و بلندمدت با کشورهای عضو اتحادیه را در دستور کار قرار دهد و پلی برای دسترسی کشورهای اوراسیا به جنوب (شامل خلیج فارس به عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق تامین و مبادله انرژی در جهان و نیز اقیانوس هند) باشد.

۳)اتصال و یکپارچه نمودن شبکه‌های توزیع انرژی در کشورهای اتحادیه اوراسیا

ظرفیت‌های قابل توجهی در منطقه اوراسیا برای تجارت هیبریدی و مبادلات انرژی در قالب شبکه‌های توزیع انرژی در کشورهای عضو وجود دارد. لذا، پیشنهاد می‌شود این موضوع بطور جدی در دستور کار دبیرخانه (انرژی) اتحادیه اوراسیا قرار گیرد و با مشارکت وزارت‌خانه‌های ذیربط اعضاء، مطالعات امکان‌سنجی به منظور اتصال شبکه‌های انرژی کشورهای عضو آغاز گردد.

۴)توسعه مبادلات کالا، مواد و خدمات حوزه انرژی در کشورهای عضو اتحادیه اوراسیا

کشورهای اوراسیا دارای پتانسیل‌های بسیار مناسبی در حوزه‌های کالا و تجهیزات (شامل تولید و تامین تجهیزات صنایع نفت، گاز، برق و پتروشیمی، تجهیزات بهینه‌سازی مصرف انرژی و تجهیزات بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر)، مواد اولیه و ثانویه (عناصر، کاتالیزورها، ...) و نیز خدمات (شامل کلیه خدمات قابل ارائه توسط شرکت‌های اسکو و نیز خدمات فنی و فناورانه) می‌باشند. پیشنهاد می‌شود دبیرخانه اتحادیه ضمن احصاء توانمندهای کشورهای عضو و تشکیل بانک اطلاعاتی مربوطه و تعامل و احصاء نیازمندی‌ها، نقش فعالی در بهم رسانی عرضه و تقاضا در حوزه‌های مذکور ایفا نماید.

۵)توسعه همکاریهای دانشی و فناورانه

یکی از محورهای اساسی و در عین حال یکی ازساده‌ترین روش‌ها برای توسعه تبادلات، استفاده از ظرفیت‌های دانشی، پژوهشی و فناورانه کشورهای عضو اتحادیه است. در حالیکه این ویژگی می‌تواند علاوه بر دستاوردهای مستقیم حاصل از مطالعات به شناخت و تسهیل تبادلات تجاری آنها نیز کمک کند. ظرفیتهای پژوهشی و مطالعاتی بسیار وسیع است و می‌تواند در طیف گسترده‌ای شامل مطالعات بازار، مدلسازی و ارائه چشم‌اندازهای مشترک برای انرژی جهان و توسعه مطالعات فنی و مهندسی در حوزه‌های مختلف مورد درخواست طرفین باشد. در همین راستا توسعه همکاری‌های علمی و فناورانه شرکتهای معتبر این کشورها می‌تواند زمینه‌ساز تبادلات فناورانه و انتقال و توسعه فناوری‌های مرتبط با حوزه انرژی گردد.

۶)با توجه به پررنگ تر شدن سهم گاز در گذار انرژی از یک سو و افزایش سهم LNG در تجارت گاز جهانی از سوی دیگر، مشارکت در توسعه زیرساخت های LNG ایران می تواند نقش پل ارتباطی را بین دو منطقه مهم عرضه و تقاضا بازی کند.

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

www.iies.ac.ir
www.iies.mop.ir