شماره هفدهم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

اردیبهشت ماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی

فناوری های انرژی

۱۷

EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

رویدادهای فناوری

۳ سخنی با مخاطب

۴ فناوری ۱۴۰ ساله ی باتری فلز هوا، ممکن است همه چیز را تغییر دهد!
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۴ هند، پیشگام در زمینه باتری آلومینیوم - هوا
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۵ EOR؛ بازاری در حال رشد
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۵ آرامکو؛ تنوع و واگرایی در انرژی را با هوش مصنوعی دنبال می کند
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ جایزه ی IOR نروژ در ۲۰۲۲
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ شل انرژی؛ زمین گرمایی را با گرمایش منطقه ای گره می زند
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۷ بایو بویلر در خدمت گرمایش منطقه ای سبز؛ تجربه ی فنلاند
حوزه: نظم کنونی انرژی

۷ حملات سایبری علیه صنعت انرژی بادی آلمان
حوزه: نظم کنونی انرژی

۸ شِورون - فیلیپس میلیون ها دلار بابت خسارت محیط زیستی آلودگی هوا ناشی از پتروشیمی می پردازند
حوزه: نظم کنونی انرژی

۸ کمپانی اینئوس انگلستان در خصوص طرح های پتروشیمی خود با چالش قانونی روبرو است
حوزه: نظم کنونی انرژی

۹ گرمایش منطقه ای؛ دریافت گرمای مازاد یک مرکز داده توسط یک بیمارستان؛ تجربه ی وین اتریش
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۱۰ مطالعه‌ی روش‌های آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری برای پیش بینی و برنامه ریزی انرژی
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۴ نقش فناوری های پاک کلیدی در تامین اهداف جهانی زیست محیطی
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۸ باتری فلز هوا؛ باتری که با نفس کشیدن کار می کند! (بخش نخست)
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۲۲ گرمایش منطقه‌ای
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

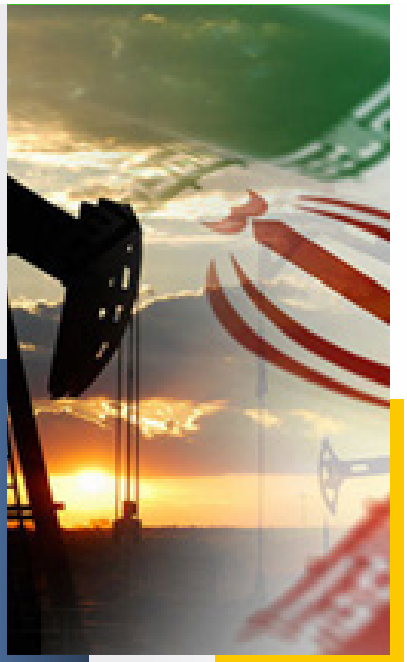
۲۷ مروری بر روش‌هاي ازدیاد برداشت نفت و تحقیقات صورت‌گرفته در ایران
حوزه: نظم کنونی انرژی

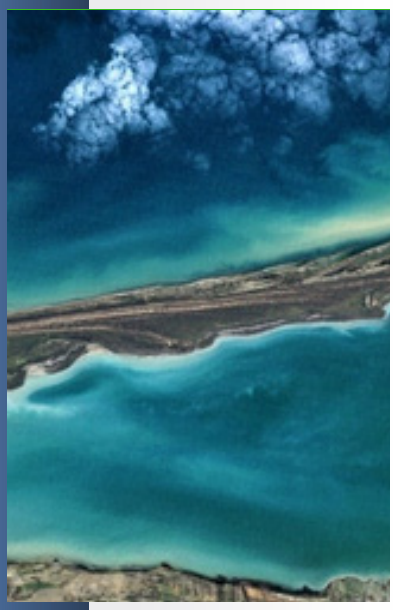
۳۲ نگاهی به توسعه صنعت پتروشیمی از زاویه ای دیگر؛ این روایت : میانکاله
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی، احمد خان بیگی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: سیدصادق ضرغامی، پیمان نیلچی پور، سمانه سنجری، زهره ملایوسفیان، مهدی کربلایی، قاسم توتونچی

هیات تحریریه: عقیل براتی، عباس زراء نژاد، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، سید صادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، مرتضی بهروزی فر، حمیدرضا مصطفایی، قاسم توتونچی، اعظم محمدباقری، طاهر خرم روز، عباس یعقوبی، شیرین رضایی عدل
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: iies.ac.ir iies.mop.ir





اَللّهُمَّ تَقبلّ صِيامَنا

عید سعید فطر

سخنی با مخاطب؛

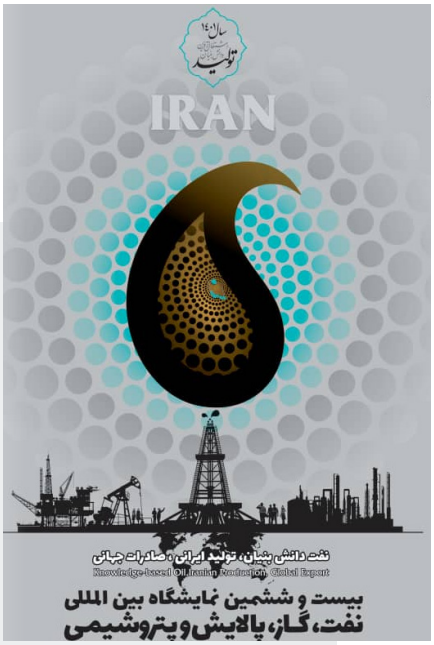
بنام خدا

با درود و عرض ادب

اردیبهشت ماهی که گذشت، مزیّن به عید سعید فطر، یکی از مبارک ترین اعیاد مسلمانان بود. همچنین رویداد بزرگ نمایشگاه بین المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، با شعار "**نفت دانش بنیان، تولید ایرانی، صادرات جهانی**" رخداد مهم و تاثیرگذار اردیبهشت ماه بود که امید است حلقه های واسط بین صنعت، شرکت های دانش بنیان، پیمانکاران، تولیدکنندگان، مشاوران و تامین کنندگان را بیش از پیش متصل نماید.

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی فناوری های انرژی، رویدادهای فناورانه با موضوعاتی مانند باتری فلز هوا، ازدیاد برداشت میادین نفتی، هوش مصنوعی، امنیت سایبری، گرمایش منطقه ای و چالش های زیست محیطی پتروشیمی تقدیم گردیده است. همچنین گزارش های تحلیلی در زمینه های مرتبط با رویدادهای فناورانه ی ذکر شده به علاوه روش های آینده پژوهی، نقش فناوری های پاک در اهداف زیست محیطی جهانی و مطالعه ی موردی میانکاله ایفاد گردیده است که امید است مثمر ثمر واقع شود.

با آرزوی توفیق، سلامتی و شادکامی
سردبیر



رویدادهای فناوری

نظم نوین آینده انرژی

فناوری ۱۴۰ ساله ی باتری فلز هوا، ممکن است همه چیز را تغییر دهد!

باتری های لیتیوم یونی، خیلی خوب هستند و تقریباً همه جا به کار می آیند. به دلیل نداشتن رقیب جایگزین جدی، تولیدکنندگان و مصرف کنندگان مجبورند با نقاط ضعف این باتری، مانند مواد اولیه گران قیمت، قیمت تمام شده بالا، میزان انرژی تحویلی محدود در واحد وزن، خطرات و ایمنی، تاثیر بر محیط زیست و ... کنار بیایند. اما اخیراً دانشمندان با جدیت به دنبال باتری رقیب می باشند. آنها به یک فناوری ۱۴۰ ساله اقبال پیدا کرده اند که در آن کاتد اکسیژن هوا و آند، یک فلز فراوان در طبیعت است و این بار، عزم دارند نقاط ضعف این فناوری ۱۴۰ ساله ی قدیمی را رفع نمایند. نخستین بار در سال ۱۸۷۸ چنین باتری ساخته شد؛ اما به دلیل محدودیت ها کنار گذاشته شد. نخستین باتری های فلز هوا، باتری های سمعک بوده اند که با فلز روی ساخته می شدند. جدی ترین مشکل این باتری ها، عدم شارژ پذیری بوده که در کنار مزیت فوق العاده، یعنی چگالی انرژی بالا، می تواند موازنه برقرار کند. دانشمندان در MIT خبر داده اند که به فرایند زنگ زدگی معکوس دست یافته اند و می توانند به این واسطه انرژی را ذخیره کنند. آنها معتقد هستند با چگالی انرژی ۵ برابر، می توانند قیمت توان تحویلی باتری را ۱۰ برابر کاهش دهند! هدف مشخص است و استارت آپ های دانش بنیان فعال در این زمینه با کنار گذاشتن لیتیوم، به رغم سنگین تر بودن آهن، این فلز فراوان را برای ذخیره سازهای غیر متحرک، مدنظر قرار داده اند. به نظر می رسد آهن در آینده نقش بزرگی در ذخیره سازی انرژی تجدیدپذیر داشته باشد.

هند، پیشگام در زمینه باتری آلومینیوم - هوا

شرکت هندی ایندین اویل، با کمپانی فینرژی برای توسعه ی باتری آلومینیوم هوا متحد شده است. هند مملوّ از ذخایر آلومینیوم است و فناوری استخراج و استحصال آن بالغ شده است. اکنون هند در تلاش است با تثبیت فناوری باتری فلز هوا مبتنی بر آلومینیوم، گام موثری در ذخیره سازی انرژی برای کاربردهای حمل و نقل بردارد.

به دلیل هدف گذاری حمل و نقل، انتخاب فلزی سبک و ارزان، منطقی بوده است. شرکت فینرژی مقرر است در هند یک زیست بوم فناوری حول باتری آلومینیوم هوا ایجاد کند که تمام زنجیره ی ارزش فناوری را شامل شود. مدیران ایندین اویل امیدوار هستند چرخه ی شارژ و دشارژ مناسب و ایمنی بسیار بالا را از باتری آلومینیوم هوا به دست آورند و تحولی در خودروهای هیبریدی هند فراهم آورند.

کمپانی فینرژی بر روی توسعه باتری آلومینیوم هوا و نیز روی (زینک) هوا متمرکز است. بازار هدف این باتری ها در هند شامل اتوبوس، خودرو سواری و سه چرخه های موسوم به توک توک می باشد.

EOR؛ بازاری در حال رشد

گزارش های بین المللی منتشر شده در می ۲۰۲۲، گویای این است که بازار فناوری های احیای چاه های غیرفعال یا مرده و بازیابی پیشرفته ی نفت، در سال ۲۰۱۹ دارای بزرگی به میزان ۱۵٫۷ میلیارد دلار بوده و پیش بینی می شود که حجم آن در سال ۲۰۲۷ به ۲۰ میلیارد دلار برسد.

آرامکو؛ تنوع و واگرایی در انرژی را با هوش مصنوعی دنبال می کند

غول نفتی عربستان سعودی، که سرشار از نقدینگی مبتنی بر فروش نفت می باشد، اخیراً برنامه های خود در حمایت و توسعه ی هوش مصنوعی را منتشر کرد. آرامکو تفاهم نامه ای را با یک دانشگاه علم و فناوری در شمال جده به منظور ایجاد یک مرکز هوش مصنوعی، منعقد کرده و به دنبال حمایت از آن است. دانشگاه نیز متعهد شده در کمترین زمان، چهارچوب تعاملی خود با صنعت را در زمینه ی هوش مصنوعی نهایی سازد. عربستان به شدت علاقه مند به تنوع در حوزه ی انرژی و عدم اتکاء صرف به نفت تا سال ۲۰۳۰ است و از آنجاکه نتوانسته بخشی از سرمایه گذاری های تعهد شده از طرف خارجی را جذب کند، سرمایه گذاری در هوش مصنوعی را نیز در دستور کار خود قرار داده به گونه ای که در فوریه گذشته، یک میلیارد دلار در بلاکچین سرمایه گذاری نموده است. امارات متحده ی عربی نیز به عنوان یک رقیب جدی برای عربستان سعودی، در تبدیل شدن به قطب هوش مصنوعی حوزه ی انرژی در منطقه ی خلیج فارس می باشد و در مارس گذشته، لایسنس و مجوز سرمایه گذاری خارجی در این زمینه را صادر نمود.

جایزه ی IOR نروژ در ۲۰۲۲

نروژ از سال ۱۹۹۸، برای بهترین گزینه ارائه شده از جانب مراکز تحقیقاتی، کمپانی های اجرایی، پروژه های تکمیل یافته، محصولات و لایسنس های تولید شده و حتی افراد صاحب نظر در زمینه ی بازیابی بهبود یافته ی نفت، جایزه ی IOR در نظر میگیرد و اکنون کاندیدا شدن این گزینه ها برای ۲۰۲۲ در دسترس است. نروژی ها بر این باور هستند که بهبود درصدی اندک در روش بازیابی بهبود یافته نفت از یک مخزن پیر، افت کرده یا غیر فعال، در عمل مقادیر هنگفتی نفت خام را حاصل خواهد کرد.

تخمین های اولیه گویای این است که نیمی از ذخایر ثابت شده ی نفت نروژ، با روش های اولیه زیر سطح باقی خواهد ماند و به همین دلیل، تغییر اندک در ضریب برداشت مخزن، تحول زیادی را در ازدیاد برداشت نفت و گاز خواهد داشت. تمایز ویژه ی جایزه ی نروژ، توجه به پارامترهایی نظیر خلاقیت، تمایل به ریسک و پشتکار در زمینه ی گزینه ی پیشنهادی است و به این ترتیب از رویکردهای کلیشه ای و راهکارهای جهانشمول و کلی فاصله می گیرد و رویکرد مساله محور را اتخاذ می کند. آخرین دوره ی این جایزه با داوری ۷ صاحبنظر و پرداختن به ۲۴ گزینه، منجر به اهدای جایزه به یک رویکرد جدید در مدلسازی گردید. این رویکرد متوجه روشی سریع در بروزرسانی مدلسازی مخزن، با دریافت اطلاعات داده ای جدید است و به صورت غیر مستقیم، می تواند در شبیه سازی رخدادی که در پی تزریق آب، گاز و یا ترکیب آنها برای مخزن پیش می آید، موثر باشد. همه ی این اقدامات در راستای تلاشی است که ضریب برداشت نروژ را از متوسط ۴۸% فعلی افزایش دهد.

برنامه ریزی اهدای این جایزه بر این اساس است که اصراری بر اهدای همه ساله ی آن نیست و در برخی سنوات ممکن است هیچ گزینه ای انتخاب نشود. این امر بر اعتبار و تشریفاتی نبودن آن می افزاید.

شل انرژی؛ زمین گرمایی را با گرمایش منطقه ای گره می زند

مجموعه ی یوروهیت/پاور[1]، که به صورت متمرکز در زمینه ی گرمایش منطقه ای فعال است، خبر از ورود کمپانی شل به این حوزه داد. بخش زمین گرمایی کمپانی شل، که به شدت در هلند فعال است، مصمم است انرژی گرمایی حاصل را از طریق گرمایش منطقه ای به کار گیرد و این رویکرد را برای مدیریت انرژی در نظر گرفته است. وبسایت کمپانی شل ضمن تایید این رویداد، آن را در زنجیره ی اقدامات این شرکت، به منظور تامین ترکیبی و هیبریدی گرمایش منازل دانسته است.

۱ Euro Heat Power

رویدادهای فناوری

نظم کنونی انرژی

بایو بویلر در خدمت گرمایش منطقه ای سبز؛ تجربه ی فنلاند

ائتلاف یک شرکت متمرکز بر گرمایش منطقه ای و چند شرکت فعال در انرژی تجدیدپذیر، تجربه ای از یک بویلر زیستی برای شهر کومهو فنلاند را فراهم کرده است. این بیو بویلر ۱۵ مگاواتی، برای تامین گرمایش ساکنین شهر و نیز انرژی و گرمایش مورد نیاز کارخانه ی چوب بری بهره برداری خواهد شد. این مجموعه که در سال ۲۰۲۳ به مدار خواهد آمد، پوسته و تراشه ها و خاک اره ی مازاد و زائد را به عنوان سوخت معرفی می کند. این موضوع که زیست توده ی مازاد یک کارخانه منشا تامین انرژی و گرمایش خود آن کارخانه می شود و از سوی دیگر با تکنیک های گرمایش منطقه ای مازاد بر این انرژی و گرما، به شهروندان سود می رساند، از مزایای این طرح است. مجهز بودن به فیلترهای کیسه ای برای حداقل سازی انتشار کربن، بر سبز بودن این پلنت تاکید دارد با به کار بستن زیرساخت های دیجیتال و پیاده سازی اتوماسیون، بیشتر نظارت ها و کنترل عملیات بدون نیاز به رفت و آمد اپراتور از شهر به پلنت سبز، که خود مستلزم صرف انرژی است، صورت می پذیرد. با به کار بستن هوش مصنوعی، اپراتورها فقط در زمانی که هسته ی هوشمند شرایط غیر نرمال و غیر قابل رفع اشکال را گزارش می دهند، وارد عمل می شوند. این تجربه الگویی کامل از پیاده سازی جامع و همه جانبه ی انرژی سبز است.

حملات سایبری علیه صنعت انرژی بادی آلمان

برخی صاحبنظران حملات سایبری اخیر علیه زیرساخت ها و بازیگران صنعت انرژی بادی آلمان را متوجه روسیه دانسته و آن را بی ارتباط با آغاز حمله ی روسیه به اوکراین ندانسته اند. این حملات تداوم و میزان وابستگی آلمان به گاز روسیه را تداعی کرده و حتی برخی کارخانه های تولید کننده ی توربین های بادی را مورد هدف قرار داده است. به دلیل همین حملات سایبری، شرکت نوردکس، نتوانست تراز مالی خود را ببندد و با تاخیر روبرو شد. حملات سایبری، همواره یکی از تهدیدات جدی حوزه ی انرژی محسوب می شوند.

شِورون - فیلیپس
میلیون ها دلار بابت خسارت محیط زیستی آلودگی هوا ناشی از پتروشیمی می پردازند

سه تاسیسات پتروشیمی مشارکت فیلیپس و شِورون در مجاورت خلیج تگزاس و آلایندگی ذاتی این پلنت ها، سبب گردیده مشکلات حادی با دادگستری ایالتی در خصوص نقض قوانین هوای پاک ایجاد شود و این مجموعه مجبور به پرداخت جریمه ۳,۴ میلیون دلاری و اجرای طرح های پاک سازی صنعت با هزینه ی تقریبی ۱۱۸ میلیون دلار شد.

برخی اعتقاد دارند با توجه به انتشار اجتناب ناپذیر VOC و HAP از این تاسیسات، جانمایی ابتدایی اشتباه بوده و در صورت انتخاب محلی دیگر، می توانست چنین تبعات محیط زیستی و هزینه های مرتبط را به همراه نداشته باشد. غلظت انتشار بنزن سبب شیوع سرطان خون در منطقه شده و این در حالی است که با جانمایی صحیح و همین میزان انتشار اما با ایجاد بعد مسافت و کاهش غلظت، چنین فاجعه ای رخ نمی داد.

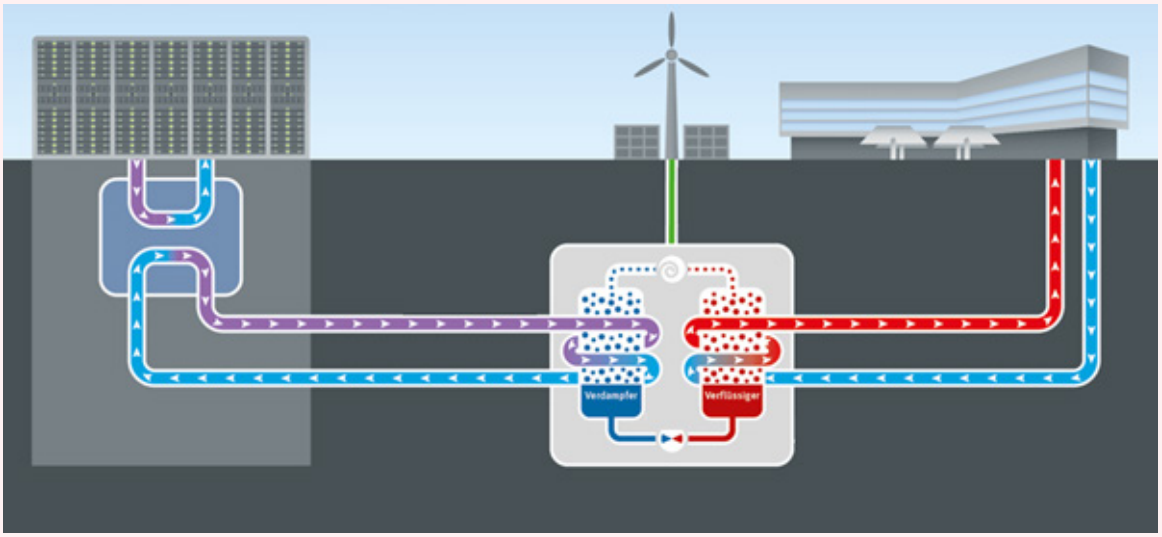
کمپانی اینِئوس[1] انگلستان در خصوص طرح های پتروشیمی خود با چالش قانونی روبرو است

این کمپانی بریتانیایی که طرح تولید اتیلن از گاز شیل را دنبال می کند، با پیگیری سازمان های مردم نهاد، با مشکلات قانونی روبرو شده است. یکی از اصلی ترین چالش های پیش روی این شرکت، آسیب احتمالی حیات وحش از نیتروژن است و این موضوع، حتی بیش از مصرف سوخت فسیلی و تولید پلاستیک و انتشار گازهای گلخانه ای، نمود داشته است. شعار معترضین این است که ما بیش از حد نیاز، پلاستیک داریم، ولی حیات وحش مجاور پلنت، آسیب پذیر و غیر قابل جبران است. تخمین های اولیه گویای تاثیر پذیری قطعی آب محلی از این تاسیسات و به دنبال آن زنجیره ی گیاهان و حشرات می باشد. به رغم اینکه این کمپانی در این تاسیسات ۴۵۰ شغل ایجاد خواهد نمود و در فازهای آتی این اشتغال تا ۲۲۵۰ نفر افزایش خواهد یافت و نیز

به رغم اینکه با فناوری های جدید سالیانه ۲ میلیون تن کاهش انتشار دی اکسید کربن در مقایسه با رقبای سنتی تولید اتیلن تضمین شده است، اما هنوز مخالفت های جدی مردمی و چالش های قانونی به قوت خود باقی است.

۱ INEOS

گرمایش منطقه ای؛
دریافت گرمای مازاد یک مرکز داده توسط یک بیمارستان؛ تجربه ی وین اتریش



یک بیمارستان در وین، گرمای مازاد یک مرکز داده در همسایگی خود را از اتلاف نجات داده و به مصرف می رساند. دولت اتریش ۳٫۵ میلیون یورو برای لوله کشی بین این دو مرکز هزینه صرف کرده است. این پروژه از سال ۲۰۲۳ به بهره برداری می رسد و به صورت پایدار، بخشی از گرمایش مورد نیاز بیمارستان، توسط این سیستم گرمایش منطقه ای تامین می شود. این سیستم به شدت به کار ایی پمپ های حرارتی مورد استفاده وابسته خواهد بود و از یک توربین بادی مکمل برای تامین برق تقویت کننده ی پمپاژ بهره می برد. نظر به اینکه تخمین زده می شود با اجرای این پروژه سالانه ۴۰۰۰ تن انتشار دی اکسید کربن کاهش یابد، بودجه ی آن از صندوق های حمایتی محیط زیستی تامین گردیده است. مسئولین بیمارستان و مرکز داده هر دو بر این باور هستند که بایستی با روش های متنوع و کارا، از وابستگی به گاز روسیه بکاهند و قدرت اتریش در گرو این امر است. تخمین های اولیه گویای تامین نیمی از انرژی مورد نیاز بیمارستان از این منبع گرمایی است که قبلا اتلاف می شده است.

گزارش تحلیلی | نظم نوین آینده انرژی

مطالعه‌ی روش‌های آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری برای پیش بینی و برنامه ریزی انرژی

زهره ملایوسفیان، سمانه سنجری
معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری

مقدمه

در عصر دانایی، دانش اساسی‌ترین سرمایه‌ی انسان‌ها، سازمان‌ها و حکومت‌هاست این عصر، عصر رشد حیرت‌انگیز علوم و فناوری‌ها، هم‌افزایی میان آن‌ها و تغییر شتابان و عصر پیچیدگی، آشوب و سامانه‌های باز است. اگرچه اغلب این تغییرات را نمی‌توان مهار کرد، ولی می‌توان به پیشوازشان رفت و از آن‌ها پیش افتاد.

در این راستا، آینده‌پژوهی به‌مثابه علم و فناوری، موردتوجه همه‌ی کشورها قرار گرفته است. باید توجه داشت که بسیاری از تصویرهای آینده، چشم‌اندازهای خلق‌شده برای صدور به کشورهای درحال‌توسعه‌اند که یا از عهده‌ی آینده‌پژوهی برنمی‌آیند و یا ضرورت آن را به‌منزله‌ی یک وظیفه‌ی ملی درک نکرده‌اند. در خوش‌بینانه‌ترین حالات، تصویرهای فراهم آمده از آینده که در کانون‌های تفکر غربی ترسیم می‌گردد، حاوی و ناقل ارزش‌های غربی و نافی منافع ملی کشورهای درحال‌توسعه است. این کانون‌های تفکر با شناخت نیاز حیاتی کشورهای دیگر، بر اساس اهداف و منافع ملی خود آینده را ترسیم کرده و رقم می‌زنند. درک این حقیقت، ضرورت توجه به آینده‌پژوهی و آینده‌نگری، به‌مثابه فرصت ملی را به ما گوشزد می‌کند. در این مقاله سعی شده است تا به‌طور اجمالی سطوح و روش‌های مهم مورداستفاده در آینده‌پژوهی و همچنین روش‌های انجام مطالعات آینده‌نگاری معرفی شوند.

سطوح آینده‌پژوهی

ازآنجاکه آینده‌پژوهی دانشی بین‌رشته‌ای با کاربردهای فراوان در حوزه‌های مختلف است و شامل مجموعه فعالیت‌های پیش‌نگرانه و فعال در خصوص آینده است؛ لذا بسته به موضوع موردبررسی، روش مطالعاتی آن، دارای سطوح متفاوتی است. ریچارد اسلاتر[1] این سطوح را چنین تقسیم‌بندی کرده است:

– آینده‌پژوهی عامه‌پسند: این شیوه مبتنی بر مفروضات حاکم بر روابط اجتماعی است. آینده‌پژوهی عامه‌پسند، ابتدایی و ساده است و به‌گونه‌ای ناخودآگاه از وضعیت موجود دفاع می‌کند و معتقد است آینده با علم و فناوری بنا نهاده می‌شود. این روش محافظه‌کارانه بوده و درعین‌حال بیش‌ازحد مبتنی بر فناوری است و اغلب فاقد مفروضات لحاظ شده است.

– آینده‌پژوهی مسئله محور: این روش تلاش دارد با شناسایی و تعریف مشکلات و موانع، برای آن‌ها راه‌حل‌هایی، هرچند ظاهری و غیرمتقن ارائه نماید.

– آینده‌پژوهی انتقادی: این روش اهتمام ویژه‌ای به تحلیل فرضیه‌ها، تصورات و پارادایم‌ها دارد. در روش انتقادی پس از مطالعه و بررسی بر روی محورهای یادشده، تأثیر سوگیری‌های مختلف فرهنگی و سنت‌های تحقیق بر کار پژوهش آینده، موردتوجه قرار می‌گیرد.

– آینده‌پژوهی معرفت‌شناسانه: این روش می‌کوشد تا ثابت کند مشکلات و گرفتاری‌ها ریشه در نگرش ما به جهان و راه‌های شناختی ما نداشته و راه‌حل‌ها نیز از دگرگونی‌های نهفته و غیرقابل‌پیش‌بینی در این سطح ناشی می‌شوند.

شیوه‌های رویارویی با آینده از دیدگاه مدیریت

چهار شیوه به‌منظور رویارویی با آینده شناسایی شده است که عبارت‌اند از:

۱ – واکنش‌زده[2] (غیرفعال): منتظر اتفاقات مانده و هیچ واکنشی از خود نشان نداده و سعی دارد تا آن‌ها را فراموش کند.

۲– واکنش‌گرا[3]: منتظر اتفاقات مانده و سپس به حل مشکلات فکر می‌کند، و همواره در حال حل مشکلات گذشته است.

۳– پیش‌نگرانه[4]: رخدادهای آینده پیش‌بینی می‌شود و برای آن‌ها تمهیداتی صورت می پذیرد مانند بیمه آتش‌سوزی.

۴– فعال[5]: در این مورد تمامی متغیرها در اختیار است و برای رویارویی با آینده یک رفتار فعالانه صورت می‌پذیرد.

۱ Richard Slaughter
۲ Passive
۳ Reactive
۴ Pre-active
۵ Proactive

روش‌های آینده‌پژوهی

ازآنجا که آینده هنوز به وقوع نپیوسته، آینده‌پژوهان ناچارند برخی روش‌ها را که نوعاً با روش‌های علمی و سنتی برای مطالعه امروز و گذشته به کار می‌روند، برای تحلیل برگزینند. روش‌های علمی مربوط به مطالعه‌ی امروز و دیروز دارای اطلاعات موجود یا قابل ایجاد هستند، درحالی‌که مطالعات آینده تقریباً از این امکان بی‌بهره‌اند.

روش‌های موردنظر در بحث مطالعات آینده‌پژوهی طیفی از روش‌های کمی تا روش‌های خلاقانه و یا ترکیبی از این دو را در برمی‌گیرد. درعین‌حال بایستی به این نکته مهم توجه داشت که آینده‌پژوهان به بسیاری از گزینه‌های مختلف در آینده‌ی ممکن، محتمل یا ارجح باور دارند. بنابراین آینده‌پژوهان نه‌تنها علاقه‌مند به مطالعه و بررسی آینده‌ی محتمل، که از بسط روند گذشته به آینده به دست می‌آید، هستند، بلکه به طراحی گزینه‌هایی برای آینده‌ی ارجح و همچنین نشان دادن روش و چگونگی برنامه‌ریزی به‌منظور گذار از زمان حال به آینده موردنظر نیز می‌پردازند. بنابراین طیف گسترده‌ای از روش‌ها ابداع‌شده که ذیلاً به بررسی تعداد محدودی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱ – روش استنتاج روند[۱] : به انعکاس روندهای گذشته به آینده در دوره‌های زمانی معین می‌پردازد. در این روش فرض بر این است که آینده تعمیمی از گذشته و حال است. اگرچه ممکن است گاهی اوقات اشتباهی بسیار آشکار در تحلیل روند به وجود آید که در این شرایط آن استنتاج به‌صورت خطی بوده و تعداد کمی متغیر را در محاسبه وارد می‌نماید.

در این روش پیش‌بینی ممکن است مبتنی بر مشاهده‌ی یک متغیر در طول زمان شامل ویژگی و خصوصیات یک پدیده و در ادامه انعکاس و استنتاج آن متغیر در افق آینده شکل گیرد. در چنین پیش‌بینی تمرکز بر روی روند بلندمدت بوده و نوسانات کوتاه‌مدت در نظر گرفته نمی‌شود. در این روش، پیش‌بینی کننده باید از عوامل مؤثر در ایجاد و تغییر در گذشته مطلع باشد و نسبت به تأثیر این فرآیند بر وضعیت سیستم، به همان سبک و شیوه در آینده اطمینان داشته باشد. راهکاری که عمدتاً بدین منظور مورداستفاده قرار می‌گیرد استفاده از منحنی رشد است.

۲– پایش روندها[۲] : روندهایی که در یک جامعه یا یک صنعت اهمیت دارند، باید به‌دقت پایش شوند.

۳– تحلیل روند[۳] : در این روش هدف، مطالعه‌ی یک روند مشخص به منظور کشف ماهیت، علل پیدایش، سرعت توسعه و پیامدهای بالقوه‌ی آن است.

۴– برون‌یابی روندها[۴] : در این روش منظور، کشف روندها با رسم نمودار تغییرات و استفاده از اطلاعات آماری است که بر این اساس می‌توان آینده را در برخی زمینه‌ها پیش‌بینی نمود.

۵– روش مدل‌سازی[۵] : در حال حاضر از روش‌های مدل‌سازی مختلفی در علوم و فنون گوناگون استفاده می‌شود. برخی از انواع آن‌ها عبارت‌اند از:

– مدل‌های اقتصادسنجی[۶] : این مدل‌ها بر مبنای سیستم‌های معادلات رگرسیونی چندگانه بنا نهاده می‌شوند که هر یک از این دستگاه‌ها و سیستم‌ها دربرگیرنده‌ی تعدادی متغیر وابسته‌ی متقابل هستند.

– مدل‌های بازخوردی[۷] : این مدل‌ها ابزاری را فراهم می‌سازند تا کنش‌های متقابلی را که عوامل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و تکنیکی را به‌عنوان عوامل پیشرفت در آینده به هم مرتبط می‌کند، نشان دهند.

در این مدل‌سازی، مدل‌های کامپیوتری با استفاده از روش‌های ریاضی مورداستفاده قرار می‌گیرند. این روش‌های ریاضی می‌توانند روابط بین هر یک از عوامل مرتبط را مشخص کنند. به‌عنوان‌مثال، پیشرفت در فناوری منتج به تولیدات بهتر می‌شود. همین امر باعث فروش بیشتر می‌شود. فروش بیشتر عاملی برای تشکیل سرمایه، توسعه و ارتقای فناوری می‌شود.

نتایج این روش معمولا کمی است ولیکن در نتیجه‌گیری کیفی، بررسی روندها و رویدادها و یا تصمیم‌گیری‌ها نیز به کار می‌رود. این تکنیک عموماً در فرمول‌بندی سیاست‌ها و یا استراتژی‌های سطوح بالا کارایی دارد.

۶– شبیه‌سازی‌ها و بازی‌ها[۸] : در این روش هدف انتخاب متغیرهای معینی از دنیای واقعی در زمینه‌های مختلف است که قابلیت کاربرد در خلق یک مدل شبیه‌سازی کامپیوتری یا مدل بازی را دارد. در این‌گونه مدل‌ها می‌توان چگونگی انجام کنش‌های متقابل متغیرها با یکدیگر را در طول زمان مورد بررسی و نمایش قرار داد.

۱ Trend extrapolation
۲ Trends Monitoring
۳ Trend Analysis
۴ Trends Projection
۵ Modeling
۶ Econometric Models
۷ Feedback Models
۸ Simulations and games

با استفاده از این روش می‌توان از انسان یا کامپیوتر یا از هر دوی آن‌ها به‌عنوان ایفاکننده‌ی نقش، بهره جست. درواقع می‌توان با استفاده از بازی ((چه می‌شود اگر ...)) وضعیت به وجود آمده را شبیه‌سازی کرد و با انتخاب گزینه‌های مختلف و معین نتایج حاصل از آن‌ها را مشاهده نمود.

۷- روش سناریونویسی[۱] : این روش، مشتمل بر اطلاعات ساماندهی شده و سازمان‌یافته‌ی مربوط به وقایع و رویدادهای ممکن در آینده بر مبنای دیدگاه‌های مختلف از آینده است. به‌ویژه می‌توان از این روش برای درک رویدادهایی که به نظر شامل مجموعه‌ای از اطلاعات نامرتبط باهم هستند، استفاده نمود.

سناریوها باید به‌خودی‌خود تصاویر ثابتی از وقایع ممکن در آینده را ارائه دهند و ترکیبی از مؤلفه‌های کمی و کیفی مرتب‌شده، به‌عنوان شرط‌های منطقی باشند که گزینه‌های دیگری برای آینده هستند. بسته به موضوع و شرایط، تعداد سناریوها معمولاً محدود به دو یا سه مورد است.

مهم‌ترین مزیتی که این روش دارد یکپارچه‌سازی ابهامات و عدم قطعیت های موجود در دیدگاه‌های مختلف است. این روش می‌تواند به‌خوبی احتمالات مختلف در رخدادهای مربوط به آینده را تصریح کند، ولی درعین‌حال مشکل و محدودیت روش سناریونویسی، وابستگی سناریوها به افکار و خطمشی تفکر نویسنده‌ی سناریو است.

۸- روش دلفی[۲] : این روش که از معروف‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی است شامل پرسش‌هایی از کارشناسان به‌وسیله‌ی گردش متوالی یک پرسشنامه بوده که به‌منظور بیان نظراتشان به کار می‌رود. نتیجه‌ی هر دور از جمع‌آوری نظرات با استفاده از روش‌های کمی و کیفی تحلیل می‌شود؛ تعداد دفعات گردش پرسشنامه در هر مطالعه به سطح همگرایی و هم‌رأیی نظرخواهی بستگی دارد. فرض اولیه از تکنیک مرسوم دلفی این است که هم‌رأیی و هم‌نظری بین گروهی از کارشناسان، راهنمای بهتری نسبت به نظرات منفرد است. در عمل مهم‌ترین مزیت این روش مفهوم کار گروهی کارشناسان است ولی معایبی نیز دارد که به منابع اطلاعاتی کارشناسان، حساسیت‌هایشان و جهت‌گیری‌های آنان برمی‌گردد.

روش‌های انجام مطالعات آینده‌نگاری

برنامه‌ریزی صحیح مواجهه با آینده بر پایه سه محور اصلی آینده‌پژوهی مبتنی بر انتخاب آینده‌ی مطلوب، برنامه‌ریزی استراتژیک تعاملی (با بازیگران موضوع) و درنهایت سیاست‌گذاری شبکه‌ای شکل می‌گیرد.

آینده‌نگاری درک آینده‌ای ممکن و آمادگی به‌منظور اتخاذ تصمیماتی برای آینده است. آینده‌نگاری با شناسایی گزینه‌های مختلف آینده، آغاز می‌شود و با بررسی این گزینه‌ها احتمال وقوع و مطلوبیت آن‌ها را مشخص نموده و به انتخاب گزینه‌هایی با معیارهای مطلوبیت و امکان‌پذیری می‌رسد. درواقع خروجی این مرحله فهرستی از اولویت‌های برتر از تصاویر آینده است. پس‌ازاین انتخاب و مقایسه با وضعیت موجود، تصمیمات لازم برای رسیدن به گزینه (گزینه‌های) انتخاب‌شده اتخاذ می‌گردد. البته این مرحله به برنامه‌ریزی استراتژیک مربوط است که جزو وظایف آینده‌نگاری نیست.

مهم‌ترین دلیل استفاده از روش‌های آینده‌نگاری آن است که تعیین کنیم چه اطلاعاتی برای یک تصمیم‌گیری صحیح لازم بوده اما در حال حاضر در دسترس نیستند. به کمک این اطلاعات می‌توان فرض‌ها را مشخص کرد تا امتحان شوند و در صورت لزوم تغییر یابند. هرچه روش‌های به‌کاررفته در یک پروژه آینده‌نگاری مطمئن‌تر باشد، نتایج کار از صحت و قابلیت اتکای بیشتری برخوردار خواهد بود. به‌طورکلی می‌توان روش‌های آینده‌نگاری را (با توجه به هدفی که از آن‌ها استفاده می‌شود) به دو دسته‌ی زیر تقسیم نمود:

۱- روش‌های ارزشی (هنجاری): در این نوع پیش‌بینی، این‌گونه سؤالات مطرح است که چه آینده‌ای را می‌خواهیم؟ یا آنکه چه چیزی برای ما مطلوب است؟

۲- روش‌های اکتشافی: در این روش صرف‌نظر از آنکه چه چیز موردعلاقه است، مشخص می‌شود که چه چیز ممکن است اتفاق بیفتد.

نکته قابل‌توجه آن است که روش‌های ارزشی، آینده مطلوب و ممکن را مشخص می‌نمایند تا بتوان بر مبنای آن برای زمان حال برنامه‌ریزی نمود؛ حال‌آنکه در روش‌های اکتشافی آینده بر مبنای گذشته و حال ساخته می‌شود.

از دیگر شیوه‌های تقسیم‌بندی روش‌های آینده‌نگاری، تقسیم بر مبنای تکنیک به‌کاررفته در آن‌ها است که عبارت‌اند از:

۱- کمی یا عددی: اولین تلاش‌های غیرمعمول برای اطلاع از آینده با به‌کارگیری ریاضیات و آمار شروع‌شده است. در این روش‌ها تکنیک‌های عددی قوی توسعه یافتند (برای مثال سری‌های زمانی، مدل‌های تصمیم‌گیری، شبیه‌سازی و سیستم‌های دینامیکی). در همه این روش‌ها که روش‌های عددی نامیده می‌شوند رفتار یک متغیر یا یک دستگاه چند متغیره در یک محدوده زمانی بررسی می‌شود. در استفاده از آن‌ها فرض بر این است که آینده در امتداد گذشته قرار گرفته است و درصورتی‌که قوانین مستتر در اطلاعات مربوط به آن روند (از گذشته به حال و آینده) درک گردد، آنگاه می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد.

این روش، روشی نسبتاً ارزان است، لیکن با فرض آنکه

۱ Senario
۲ Delphi

آینده ادامه گذشته است، از دقت آن کاسته خواهد شد؛ چراکه در دنیای امروز، که با سرعت زیادی در حال تغییر است، بسیاری از این تغییرات به حدی قوی و جدی هستند که می‌توان آن‌ها را ازنظر کمی و عددی به‌عنوان یک نقطه‌ی عطف در نظر گرفت. محدودیت دیگری که این روش‌ها دارند آن است که به اطلاعات آماری یک شاخص درگذشته نیاز است ولیکن در بسیاری از اوقات دستیابی به چنین اطلاعاتی به‌راحتی امکان‌پذیر نیست.

۲– شبه عددی یا قضاوتی: این روش‌ها حد وسط روش‌های کیفی و کمی می‌باشند. در بیشتر روش‌ها نیاز است که قضاوت‌های ذهنی از طریق یک سری قوانین یا تعاریف کمی شوند و در برخی دیگر از روش‌ها از برآوردهای احتمالی ذهنی استفاده شود.

۳– کیفی: پایه روش‌های کیفی آن است که به نظر یک فرد خبره یا کارشناس بیش از هر چیز دیگری می‌توان اعتماد نمود.

جمـع بندی: آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی

از آنجاکه آینده‌نگاری ابزاری برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری‌ها است و بیشتر به پیش‌بینی آینده و شناسایی مقصد و هدف توجه دارد، لذا در سال‌های اخیر، تلاش‌هایی صورت گرفته تا روش‌هایی خلق گردد که بر این فرض که آینده در امتداد گذشته است، استوار نباشند و بتوان با استفاده از آن‌ها و با تقریب قابل قبولی آینده را پیش‌بینی کرد. این روش‌ها در بستر آینده‌پژوهی موردتوجه قرار گرفته‌اند. در این بستر، به‌جای پیش‌بینی، ابتدا مشخصات آینده را شناسایی نموده و سپس بر آن اساس در مورد آینده پیشنهاد ارائه می‌شود. به‌عبارت‌دیگر آینده‌پژوهی مجموعه‌ی تلاش‌ها و روش‌هایی برای رسیدن به فردا از دل امروز است که پیشران‌ها در آن نقش به سزایی دارند.

جدول ۱ تقسیم‌بندی برخی از روش‌های آینده‌پژوهی بر اساس معیارهای موجود در آینده‌نگاری را نشان می‌دهد.

جدول ۱ – تقسیم‌بندی برخی از روش‌های آینده‌پژوهی بر اساس معیارهای موجود در آینده‌نگاری

آینده‌پژوهی	آینده‌نگاری			
روش	ارزشی	اکتشافی	عددی	کیفی
مدل‌سازی		×	×	
شبیه‌سازی و بازی	×	×	×	×
سناریوسازی	×	×	×	×
تحلیل روند		×	×	×
دلفی	×	×		×

منابع

[۱] روح‌اللّه قدیری، بررسی و شناخت روش‌های مطالعه‌ی آینده، موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی.

[۲] ریچارد اسلاتر (Slaughter Richard) ، نواندیشی برای هزاره نوین: مفاهیم، روش‌ها و ایده‌های آینده مترجمان: عقیل ملکی فر، سید احمد ابراهیمی،وحید وحیدی مطلق، سال ۱۳۸۶ ، موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی.

[۳] بایزید مردوخی، روش‌شناسی آینده‌نگری، ۱۳۹۱ ، نشر نی.

[۴] عبدالرحیم پدرام، محمد ازگلی، خسرو حسنلو، مسعود منزوی، حسین جمالی چافی، سید کمال طبائیان، بهنام نپوری و دکتر محسن افتاده‌حال، آینده‌پژوهی؛ مفاهیم، روش‌ها، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاع موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۸۸ .

[۵] روح‌اللّه قدیری، بررسی و شناخت روش‌های مطالعه‌ی آینده، موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی.

[۶] لوک جورجیو (Georghiou (Luke، جنیفر کاسینگا هارپر (Jennifer Cassingena Harper) ، میکاییل کینان (Michael Keenan) ، ایان مایلز (Ian Miles) و رافایل پوپر (Rafael Popper)، ترجمه: مسعود منزوی، راهنمای آینده‌نگاری فناوری، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاع موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۹۰ .

[۷] گروه آینده‌اندیشی بنیاد توسعه فردا، روش‌های آینده‌نگاری تکنولوژی، چاپ گلبان، ۱۳۸۴ .

گزارش تحلیلی | نظم نوین آینده انرژی

نقش فناوری های پاک کلیدی در تامین اهداف جهانی زیست محیطی

سید صادق ضرغامی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

کشورهای جهان در راستای حفظ محیط زیست و افزایش سلامت مردم، هر چند سال یکبار جلسات مشترکی تشکیل داده (آخرین آن کنفرانس تغییرات آب و هوایی سازمان ملل؛ COP۲۶ می باشد که در سال ۲۰۲۱ میلادی در اسکاتلند تشکیل گردید) و تعهدات بین المللی زیست محیطی سخت گیرانه تری را متعهد می گردند. جهت اجرای این تعهدات، باید سیاست گذاری های مناسب در راستای تشویق توسعه فناوری های پاک و افزایش سهم انرژی های پاک در سبد عرضه و تقاضای کشورها انجام پذیرد. البته هر کشور متناسب با ساختارهای اقتصادی، منابع انرژی، شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی خود، سیاست های انرژی و زیست محیطی خاصی را جهت تامین اهداف ذکر شده تدوین می نماید.

آژانس بین المللی انرژی (IEA) سناریویی با عنوان "انتشار صفر کربن تا سال ۲۰۵۰" (که عموماً سناریوی صفر خوانده می شود) تدوین نموده که در آن نقش فناوری های پاک جهت نیل به اهداف زیست محیطی تا سال ۲۰۵۰ را مشخص می کند. تمامی کشورها جهت پایبندی به تعهدات زیست محیطی خود، ملزم به رعایت اهداف سناریوی مذکور می باشند.

فناوری های پاک کلیدی که در حال حاضر نقش بسیار مهمی در دوران گذار انرژی دارند عبارتند از هیدروژن، باتری الکتریکی و جذب، بهره برداری و ذخیره سازی کربن (CCUS). از نظر اقتصادی، فناوری های هیدروژن و باتری الکتریکی بیشتر در کشورهای توسعه یافته و فناوری های مربوط به جذب کربن در کشورهای دارای منابع فسیلی غنی مورد توجه هستند زیرا تمایل آنها به استفاده از انرژی های فسیلی برای پوشش بخش تقاضا و خصوصا بخش حمل و نقل بدلایل اقتصادی بسیار زیاد می باشد. از طرفی، کشورهایی که دارای منابع غنی گاز می باشند با توجه به زیرساخت هایی که دارند می توانند به سمت توسعه صنعت هیدروژن نیز گام بردارند، زیرا هیدروژن علاوه بر اینکه حامل انرژی پاک است، بعنوان خوراک در بخش پایین دستی نیز مورد استفاده قرار

می گیرد. ضمنا چنانچه منابع آبی در منطقه فراوان باشد، بهترین روش جهت ذخیره سازی انرژی های تجدیدپذیر است چرا که با روش الکترولیز می توان هیدروژن را تولید و ذخیره نمود و بعنوان حامل انرژی به روش های مشابه با انتقال گاز طبیعی انتقال داد. تولید باتری های الکتریکی نیز بدلیل تقاضای روز افزونی که خودروهای الکتریکی در دنیا بدلیل مزایای زیست محیطی دارند، رو به افزایش است و قیمت آنها نیز رو به کاهش بوده و قابل رقابت با خودروهای با سوخت متعارف می باشد. ضمنا از سیاست های حمایتی دولتها نیز برخوردارند.

هیدروژن

هیدروژن با پتانسیل کاهش انتشار سالیانه ۷ گیگاتن در سال ۲۰۵۰، نقش محوری جهت نیل به انتشار خالص صفر دارد. با کامل کردن سایر فناوری های کربن زدایی مانند انرژی های تجدیدپذیر، باتری های الکتریکی، سوخت های زیستی و بهبود بهره وری انرژی، هیدروژن پاک تنها گزینه کربن زدایی در مقیاس بزرگ و با صرفه اقتصادی در بخش هایی مانند فولاد، حمل و نقل دریایی و هوایی، و تولید آمونیک می باشد. هیدروژن می تواند سهم ۲۰% از کاهش انتشار کربن تا افق ۲۰۵۰ را فراهم نماید.

این ماده یکی از توانمند سازهای با اهمیت در سیستم انرژی بدون کربن است. این حامل انرژی سبب تسهیل در یکپارچه سازی انرژی های تجدیدپذیر تولیدی از منابع مختلف می باشد، زیرا می توان انرژی حاصل را ذخیره نموده و حجم زیادی از آن را به مسافت های طولانی از طریق خطوط لوله یا کشتی انتقال داد. نظر به اینکه هیدروژن می تواند با روش الکترولیز تولید شده و در بخش های مختلف تولید سوخت، مواد شیمیایی و برق مورد استفاده قرار گیرد، بازارهای مرتبط با بخش های مذکور را نیز بطور جدی تحت تاثیر قرار خواهد داد.

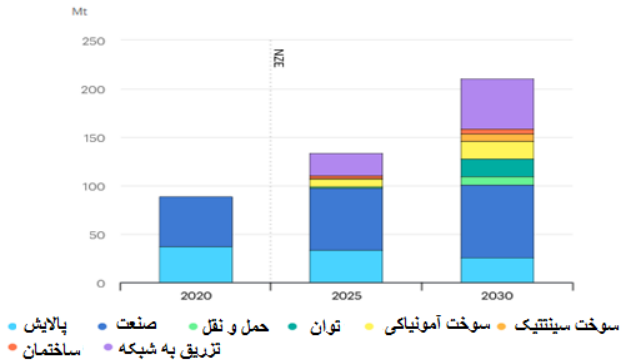
در بخش تقاضا، استفاده از هیدروژن جهت کربن زدایی در بخش های تولید فولاد، کودهای شیمیایی، تاسیسات گرمایشی و تولید برق پشتیبان، تولید سوخت کامیون های سنگین، قطار، اتوبوس های مسافری، هواپیما و کشتی، ضروری است. پیش بینی می شود که چین، اروپا و آمریکای شمالی، بزرگترین بازارهای هیدروژن در سال ۲۰۵۰ را تشکیل خواهند داد و مجوعا سهم ۶۰% از تقاضای جهانی هیدروژن را شامل خواهند شد.

در سالهای اخیر، تولیدات هیدروژن عمدتا در پالایشگاه های نفت و صنایع شیمیایی با استفاده از سوخت های فسیلی (هیدروژن خاکستری و قهوه ای) انجام می شود. میزان مصرف سوخت های فسیلی در فرآیند تولید هیدروژن به مقدار ۶% گاز طبیعی و ۲% زغال سنگ بوده و سبب انتشار ۸۳۰ میلیون تن گاز دی اکسید کربن شده است. هیدروژن پاک که توسط انرژی های تجدیدپذیر و یا با استفاده از فناوری های جذب کربن (هیدروژن سبز و آبی) تولید می شود در حال توسعه در کشورهای مختلف می باشد. مزایای مهمی که این نوع هیدروژن می تواند داشته باشد شامل؛ کاهش قابل توجه انتشار آلاینده ها و افزایش کیفیت هوا در شهرها می باشد زیرا می توان از آن در بخش های حمل و نقل سبک و سنگین، صنایع شیمیایی و صنعت آهن و فولاد، استفاده نمود. مزیت دیگر هیدروژن سبز (حاصل از برق تجدیدپذیر) این است که می تواند انرژی های تجدیدپذیر را در طی شبانه روز ذخیره سازی کرده و ماه ها آن را نگهداری نماید. ضمنا می تواند با استفاده از زیرساختهای فعلی گاز، بخش های مختلف تقاضا را پشتیبانی کرده و به امنیت انرژی کمک نماید. تولید در مقیاس بالا سبب کاهش هزینه های فناوری تولید هیدروژن پاک مانند الکترولیز، پیل سوختی، و تجهیزات CCUS می گردد.

اقدامات دولت ها و بخش خصوصی در سال ۲۰۲۰ نشان می دهد که تقاضا برای هیدروژن بطور مستمر در حال افزایش است. برخی از این اقدامات عبارتند از: تدوین سیاست های توسعه ای هیدروژن، نصب تاسیسات با ظرفیت الکترولیز ۷۰ گیگاوات (بمیزان دوبرابر سال قبل از آن)، عملیاتی شدن دو تاسیسات تولید هیدروژن از سوخت های فسیلی مجهز به فناوری CCUS که سبب افزایش تولید تا حدود ۱۵% گردیده است.

ذکر این نکته ضروری است که مقدار مورد نیاز کاهش انتشار کربن طبق سناریوی صفر، شکاف زیادی با میزان کنونی کاهش دارد و جهت نیل به اهداف این سناریو نیاز به تلاش مضاعف می باشد.

پیش بینی تقاضای جهانی هیدروژن در بخش های مختلف عرضه و تقاضا در سناریوی صفر تا سال ۲۰۳۰ در شکل ۱ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود مقدار کل تقاضای هیدروژن به حدود ۲۱۰ میلیون تن خواهد رسید و بیشترین افزایش سهم تقاضا به ترتیب مربوط به تزریق در شبکه گاز طبیعی، تولید سوخت آمونیاک، تولید برق، و به عنوان سوخت در بخش حمل و نقل می باشند.

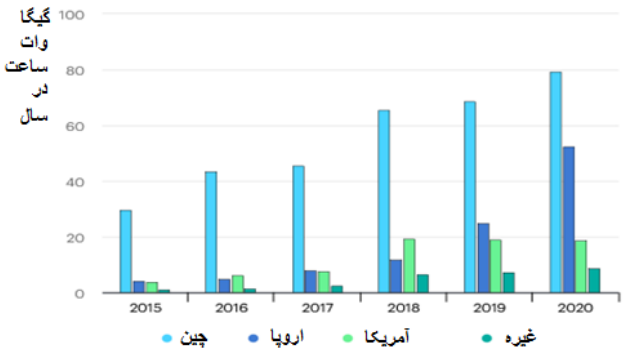


شکل ۱: سهم حامل های مختلف انرژی در تقاضای هیدروژن

باتری های الکتریکی

میزان تولید باتری خودروهای الکتریکی در سال ۲۰۲۰ به میزان ۱۶۰ گیگاوات ساعت رسید که ۳۳% بیشتر از سال قبل از آن بوده و هزینه تولیدآنها به میزان ۱۳۷ دلار به ازای هرکیلووات ساعت برای هر بسته باتری کاهش یافته که این مقدار برابر با ۱۳% قیمت متوسط جهانی باتری های الکتریکی در سال مذکور بوده است.

کشور چین با سهم ۷۰% از تولید باتری خودروهای الکتریکی



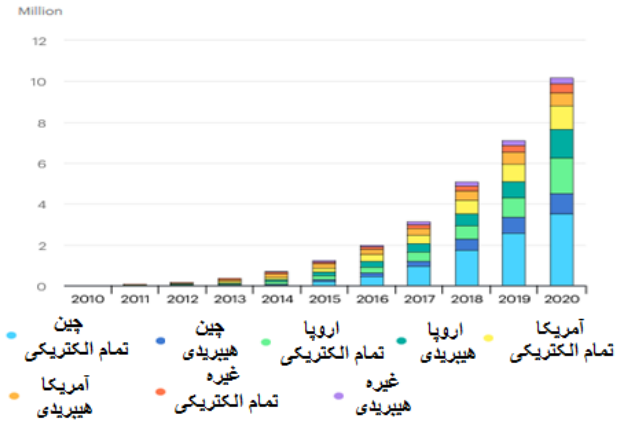
شکل۲: میزان تقاضای باتری های الکتریکی در مناطق مختلف

در جهان، بیشترین سهم در این حوزه را به خود اختصاص داده است. این میزان تولید شامل باتری نیمی از خودروهای الکتریکی سبک می شود. لازم بذکر است که ظرفیت تولیدات فعلی باتری های الکتریکی تنها ۵۰% تقاضای مورد نیاز در سال ۲۰۳۰ طبق سناریوی صفر را پوشش می دهد. مطابق با این سناریو، نسل بعدی باتری های الکتریکی با فناوری حالت جامد (الکترود و الکترولیت جامد) باید بین سالهای ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ توسعه یافته و به تولید انبوه برسند.

خودروهای الکتریکی

کشورهای مختلف در راستای نیل به توسعه پایدار و افزایش سلامت عمومی، بهبود رفاه اجتماعی و حفاظت از محیط زیست، در حال تدوین سیاست گذاری ها و توسعه فعالیتها در حوزه خودروهای الکتریکی خصوصا فناوری های مربوط به مدل های تمام الکتریکی (BEV[1]) و هیبریدی با قابلیت شارژ (PHEV[2]) می باشند. این مدل ها علاوه بر بهره وری دو الی چهار برابری نسبت به خودروهای با موتورهای احتراق داخلی، چنانچه از انرژی های تجدیدپذیر و برق کم کربن جهت شارژ باتری آنها استفاده شود، سبب کاهش قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه ای می گردند. بعلاوه، توسعه این خودروها سبب پیشرفت فناوری مربوط به باتری های الکتریکی می شود که چالش اصلی رقابت های صنعتی در دوره انتقال به انرژی های پاک می باشد. زیرساخت های مربوط به شارژ باتری ها در حال توسعه است و هزینه های مربوط به تولید باتری ها در حال کاهش می باشند. اشکال مختلف حمل نقل با استفاده از باتری های الکتریکی مانند دو یا سه چرخه ها، خودروهای سبک، تاکسی ها و خودروهای عمومی، اتوبوس ها و خودروهای سنگین با پیمایش مسافت کوتاه، در حال گسترش می باشند. تدوین سیاست های کارآمد جهت افزایش فروش خودروها، پوشش هزینه های سرمایه گذاری اولیه، گسترش زیرساخت ها و اطمینان از پایداری تقاضای الکتریکی جهت شارژ باتری ها مورد نیاز می باشد. برخی از سیاست گذاری هایی که سبب جلوگیری از رکود فروش خودروهای الکتریکی در دوران پاندمی گردید شامل؛ محدودیت یا منع فروش خودروهای جدید متعارف (احتراق داخلی)، ارائه بسته های تشویقی خرید این نوع خودروها، ارائه یارانه تولید و تنوع بخشی به محصولات، بودند.

خودروهای الکتریکی موجود در سال ۲۰۲۰ به تعداد ۱۰ میلیون دستگاه رسیده که نسبت به سال قبل از آن ۴۳% افزایش داشته است. کشور چین با داشتن ۴،۵ میلیون خودروی الکتریکی بیشترین تعداد این نوع خودروها را در دنیا به خود اختصاص داده است. خودروهای تمام الکتریکی، دو سوم کل موجودی ها و همچنین دو سوم فروش خودروهای جدید الکتریکی را شامل می شوند. اروپا بیشترین رشد سالیانه خودروهای الکتریکی را داشته و موجودی آن به ۳،۲ میلیون دستگاه رسیده است. ارائه بسته های تشویقی، سبب افزایش خرید این نوع خودروها در برخی از کشورها شده است.



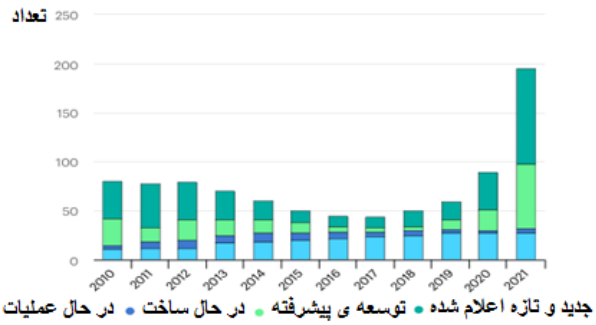
شکل۳: موجودی جهانی خودروهای الکتریکی مسافری

فناوری های جذب، بهره برداری و ذخیره سازی کربن (CCUS)

این نوع فناوری ها می توانند سبب کاهش انتشار آلاینده ها در بخش های مختلف سیستم انرژی خصوصا بخش تولید، گردند. پس از جذب گاز دی اکسید کربن حاصل از احتراق سوخت های فسیلی یا فرآیندهای صنعتی توسط فناوری های مذکور، انتقال آن از طریق کشتی یا خط لوله، تبدیل آن به محصولات با ارزش افزوده بالاتر و یا ذخیره سازی آن در مخازن زیرزمینی، صورت می پذیرد. میزان ظرفیت جذب سالیانه گاز دی اکسید کربن از تاسیسات نیروگاهی و صنعتی در سال ۲۰۲۱ برابر با ۴۰ میلیون تن برآورد شده است.

با توجه به پروژه های عملیاتی سال ۲۰۲۰ در بخش برق، پیش بینی می شود میزان جذب کربن تا سال ۲۰۳۰ بمقدار ۶۰ میلیون تن برسد که بسیار کمتر از مقدار تعیین شده اهداف سناریوی صفر به میزان ۴۳۰ میلیون تن می باشد. برنامه ریزی برای توسعه ۳۰ نیروگاه جدید برقی مجهز به فناوری CCUS با ظرفیت جذب بیش از ۳۰ میلیون تن دی اکسید کربن در سال انجام شده و پروژه های مربوطه طی سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ بهمراه مشوق های سرمایه گذاری در آمریکا معرفی شده اند. برنامه ریزی جهت تجهیز ۴۰ نیروگاه برقی موجود در کشورهای مختلف نیز وجود دارد که به نظر نمی رسد بدون حمایت های دولتی تحقق یابند. در شکل ۴ ، مراحل توسعه فناوری های جذب کربن تا سال ۲۰۲۱ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود تعداد بخش های تقاضایی که از این فناوری ها در مراحل مختلف توسعه استفاده می کنند تا سال ۲۰۲۱ به حدود ۲۰۰ بخش می رسد.

۱ Battery Electric Vehicle
۲ Plug-in hybrid Electric Vehicle



شکل۴: روند گسترش استفاده از فناوری‌های CCUS تا سال ۲۰۲۱ در جهان

ارائه محیط های جذاب سرمایه گذاری و گسترش تدوین راهبردهای زیست محیطی توسط دولت ها، سبب توسعه پروژه های مربوط به فناوری های پاک در سالهای اخیر شده است. اهم این پروژه ها در بخش های؛ فرآورش گاز طبیعی، تولید هیدروژن و سوخت زیستی، صنایع فولاد و سیمان، کاربرد خواهند داشت. حدود ۷۵% ظرفیت فناوری های جذب کربن به سیستم های فرآوری گاز اختصاص داده خواهد.

جمع بندی و نتیجه گیری

هدف از این گزارش، بررسی وضعیت کنونی فناوری های پاک کلیدی و نقشی که می توانند در تامین اهداف زیست محیطی داشته باشند و مقایسه آنها با یکدیگر می باشد. با توجه به مطالعات انجام شده، خلاصه وضعیت هر فناوری و مقایسه آنها در جدول ۱ خلاصه شده اند.

بررسی ها نشان می دهد که میزان کاهش انتشار کربن توسط فناوری های کلیدی پاک، شکاف زیادی تا رسیدن به تامین اهداف زیست محیطی طبق سناریوی صفر دارد و باید تلاش زیادی با استفاده از تشویق سرمایه گذاری ها، سیاست گذاری حمایتی دولت ها و توسعه و حمایت از نوآوری در بخش زیست محیطی انجام پذیرد. بیشترین سهم بازارهای عرضه و تقاضای فناوری های پاک در حال حاضر در کشور چین، اروپا و آمریکای شمالی می باشند که با توجه به تعهدات زیست محیطی جهانی باید هرچه سریعتر در تمامی کشورها با در نظر گرفتن شرایط ویژه آنها گسترش یابد. سیاست هایی که دولت ها در سالهای اخیر جهت حمایت از فناوری های پاک تدوین نموده اند شامل تدوین راهبردهای زیست محیطی، تدوین سیاست های توسعه ای برای فناوری های پاک، حمایت از سرمایه گذاری ها، سیاست های تشویقی خرید و ارائه یارانه های تولید می باشند.

جدول ۱ : مقایسه وضعیت فناوری های پاک کلیدی

	بازارها	میزان کمک به اهداف زیست محیطی طبق سناریوی صفر	سیاست های حمایتی
هیدروژن	چین، اروپا، آمریکای شمالی، سهم ۶۰% از تقاضا تا سال ۲۰۵۰	سهم ۲۰% از کاهش انتشار کربن تا سال ۲۰۵۰.	
مقدار مورد نیاز کاهش کربن طبق سناریوی صفر، شکاف زیادی با میزان کنونی کاهش دارد.	تدوین سیاست های توسعه ای هیدروژن، توسعه ظرفیت های تولید هیدروژن بروش الکترولیز و هیدروژن از سوخت های فسیلی مجهز به فناوری CCUS		
باتری الکتریکی	کشور چین با سهم ۷۰% از تولید باتری های الکتریکی، بیشترین سهم تولید در حال حاضر را به خود اختصاص داده است	تولیدات فعلی سبب پوشش ۵۰% از تقاضای سال ۲۰۳۰ است	محدودیت در فروش خودروهای متعارف، ارائه بسته های تشویقی خرید خودروهای الکتریکی، ارائه یارانه تولید، و تنوع بخشی به مدل ها
جذب، بهره برداری، و ذخیره سازی کربن	در حال حاضر سهم بیشتر سرمایه گذاری ها در آمریکا انجام شده است	در حال حاضر، جذب کربن ۶۰ میلیون تن در سال که طبق سناریوی صفر تا سال ۲۰۳۰ باید به ۴۳۰ میلیون تن برسد	ارائه محیط های جذاب سرمایه گذاری، گسترش تدوین راهبردهای زیست محیطی، سهم عمده ظرفیت این فناوری ها در بخش فرآورش گاز می باشد

منابع :

https://www.iea.org/fuels-and-technologies Hydrogen council and McKinsey&Company, hydrogen for Net-Zero, 2021

https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/introduction Global EV outlook 2021, accelerating ambitions despite the pandemic, iea

گزارش تحلیلی | نظم دوره گذار انرژی

باتری فلز هوا؛ باتری که با نفس کشیدن کار می کند! (بخش نخست)

قاسم توتونچی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

با اقبال بیشتر به برق تجدیدپذیر، ذخیره سازی انرژی الکتریکی و فناوری های مرتبط با آن، همواره در کانون توجه محققین است. همچنین با گسترش تجهیزات و وسایل الکتریکی و الکترونیکی، موضوع منابع تغذیه و تامین توان الکتریکی مورد نیاز از طریق باتری های قابل شارژ مجدد، به یکی از لبه های فناوری و موضوعات در دست بررسی پژوهشگران تبدیل شده است. عمر مفید بالا، قابلیت شارژ مجدد برای تعداد دفعات بسیار زیاد، توان الکتریکی قابل‌توجه در واحد وزن، سرعت کم افت کیفیت، سرعت اندک تغییرات در ویژگی های شیمی –الکتریکی باتری و ...، همه و همه از نکاتی است که باتری های مختلف و اصول عملکرد متفاوت آنها را در مقایسه با یکدیگر قابل ارزیابی می نماید. در این بین، باتری فلز هوا یکی از موضوعات سرآمد مستقر در لبه دانش و فناوری می باشد.

خوشبختانه کشور عزیزمان ایران نیز اخیراً در زمره ی کشورهای دارای فناوری باتری فلز هوا در آمده و اقدامات موثری در شرکت های دانش بنیان در این زمینه در حال انجام است. لذا خالی از لطف نیست آشنایی اجمالی با این فناوری راهبردی حاصل گردد.

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، بخش نخست این گزارش با تاکید بر کاربرد فلزات لیتیوم و روی(زینک) در تولید باتری مرور خواهد گردید. در شماره های آتی، سایر فلزات مانند آلومینیوم، سدیم، پتاسیم و آهن بررسی خواهد شد.

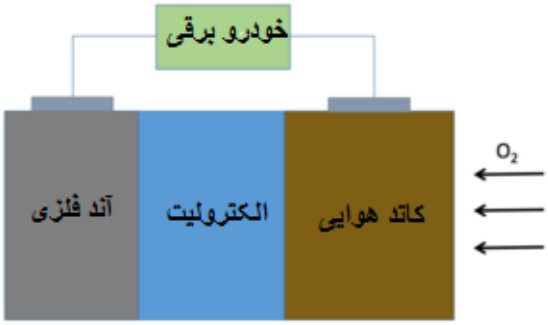
برای انتخاب فلز مورد استفاده در باتری فلز هوا توجه به موضوع چگالی انرژی خاص فوق العاده اهمیت دارد. موضوع دیگر ولتاژ مدار باز تولید شده توسط باتری فلز هوا می باشد. عدم آلوده سازی محیط زیست و اثر فلز یا اکسید فلز بر سلامتی انسان، همچنین فراوانی و قیمت فلز مورد استفاده در باتری فلز هوا همگی از پارامترهای موثر بر توسعه ی این تکنولوژی می باشد.

شکل ۱ – باتری فلز هوا با تنفس توان می سازد

با توجه به کاربرد گسترده باتری های قابل شارژ در صنایع خودرو، موضوع ایمنی و عدم اشتعال و انفجار در صورت بروز سوانح رانندگی، موضوع حائز اهمیتی است که این مسئله در باتری فلز هوا مطرح نیست، چرا که قابلیت انفجار و اشتعال در این نوع باتری وجود ندارد.

با توجه به این که کاتد باتری فلز هوا با استفاده از اکسیژن موجود در هوا و سپس با باز پس دادن اکسیژن مصرف شده در فرآیند شارژ به محیط، کار می کند، استفاده از تعبیر "تولید انرژی توسط باتری فلز هوا با نفس کشیدن"، تعبیری لطیف، در عین حال فنی می باشد.

یکی از مشکلات باتری فلز هوا با توجه به اینکه در معرض هوای محیط می باشد، فرایند کربناسیون است که در آن دی اکسید کربن محیط با هیدروکسید فلز موجود، واکنش داده و کربنات فلز را تشکیل می دهد که قابلیت رسوب داشته و می تواند مسیر تبادل اکسیژن را مسدود کند.



شکل ۲ – باتری فلز هوا با ورودی اکسیژن در کاتد

شکل ۲ حاکی از این است که آند فلزی توسط اکسیژن هوای کاتدی، اکسید شده و توان مورد نیاز خودروی برقی را تامین می نماید. آنچه در شکل به ذهن تداعی می گردد، مصرف اکسیژن به عنوان یک خوراک ورودی است.

مقایسه دیگری که ارزیابی باتری فلز هوا را مثبت نشان میدهد، قابلیت تامین انرژی با چگالی قابل ملاحظه می باشد. به عنوان مثال باتری های لیتیوم یونی به ازای هر کیلوگرم بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ وات ساعت انرژی تحویل میدهند. باتری فلز هوا مبتنی بر همان فلز تا حدود ۱۲۰۰ وات ساعت برای هر کیلوگرم وزن باتری، انرژی تحویل میدهد. لازم به یادآوری است که در باتری فلز هوا کاتد عملاً وجود نداشته؛ لذا وزن باتری کاهش یافته است (کاتد به صورت هوای محیطی همواره در دسترس باتری و سلول شیمیایی خواهد بود.)

باتری لیتیوم هوا؛

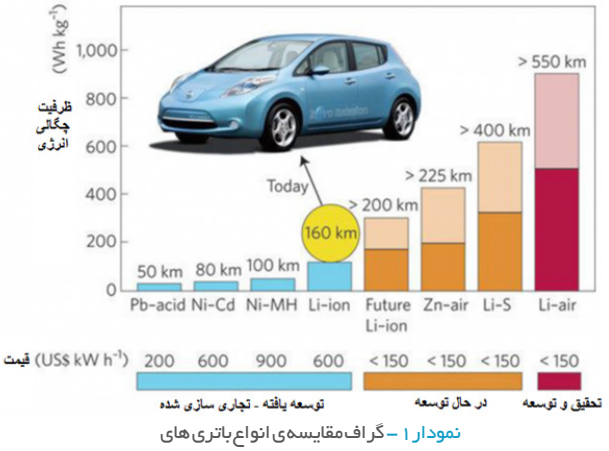
واقعیت آن است که باتری لیتیوم هوا در ویژگی ظرفیت

ویژه ی انرژی، بی نظیر و زبانزد است. دست کم پیاده سازی های آزمایشگاهی گویای این مطلب است و فناوری باتری های فلز هوا، به سرعت در صدد رفع چالش هایی است که در مقابل باتری لیتیوم هوا وجود دارد.

باتری لیتیوم هوا لیتیومی از لحاظ توان الکتریکی، منحصر به فرد است؛ انرژی دریافتی از این باتری در واحد جرم، با عملکرد یک موتور دیزلی گازوئیلی برابری می کند. عملکرد، کاربرد و کارایی سلول شیمیایی فلز هوا مبتنی بر لیتیوم، حدوداً ۱۰ برابر باتری های یون لیتیوم فعلی است. برای درک بهتر، با داشتن یک بسته باتری فلز هوا به وزن ۲۵۰ کیلوگرم در یک خودرو، با شارژ کامل، حدود ۵۰۰ کیلومتر رانندگی میسر خواهد شد. همچنین کارایی سلول شیمیایی فلز هوا مبتنی بر لیتیوم، ۵ برابر بهتر از کارایی باتری های لیتیوم پلیمر گزارش شده است. مشکل اصلی در باتری فلز هوا مبتنی بر لیتیوم، موضوع سیکل شارژ و دشارژ مکرر و متعدد آن است که کاملا حل نشده است.

در نمودار ۱ انرژی ویژه برای چندین نوع باتری ارائه گردیده است. این نمودار اولاً بیان می دارد ظرفیت انرژی برای انواع باتری قابل مقایسه با ظرفیت باتری لیتیوم هوا نیست. به گونه ای که این ظرفیت برای باتری های اسید – سرب، نیکل – کادمیم، نیکل – متال هیبرید و لیتیوم – یون، به مقادیری کمتر از ۲۰۰ وات ساعت بر کیلوگرم رسیده است. در ویرایش در دست توسعه لیتیوم – یون به صورت بهینه سازی شده، باز هم این مقدار به ۴۰۰ نمی رسد. حتی باتری فلز هوای مبتنی بر روی یا زینک، کمتر از ۵۰۰ وات ساعت بر کیلوگرم ظرفیت ویژه دارد. این در حالی است که باتری لیتیوم هوا دارای ظرفیت تقریبی ۱۰۰۰ وات ساعت بر کیلوگرم می باشد. گراف البته اذعان دارد باتری های تجاری شده که با رنگ آبی مشخص شده اند، به بلوغ کافی رسیده اند و برخی ویرایش های باتری لیتیوم – یون و باتری فلز هوای مبتنی بر روی، در دست توسعه و در حال پیشرفت مسیر تجاری سازی هستند. اما درباره ی باتری لیتیوم هوا موضوع در فاز تحقیق و توسعه می باشد.

رابطه ی مشابهی نیز بین ظرفیت ویژه و مسافت طی شده با مقدار واحد شارژ وجود دارد. باتری های تجاری شده، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰ و نهایتاً ۱۶۰ کیلومتر قابلیت طی مسافت خواهند داشت. در شکل وضعیت فعلی فناوری، که مربوط به بلوغ فناوری باتری لیتیوم – یون و طی مسافت ۱۶۰ کیلومتر است، بیان شده است. فناوری های در دست اقدام و در حال توسعه، این مسافت را به بازه ای بین ۲۰۰ الی ۴۰۰ کیلومتر می افزاید. اما انقلاب فناوری مبتنی بر باتری لیتیوم هوا، این مسافت طی شده را به ۵۵۰ کیلومتر و به عبارتی حدود ۴ برابر سطح فعلی تکنولوژی خواهد رسانید.

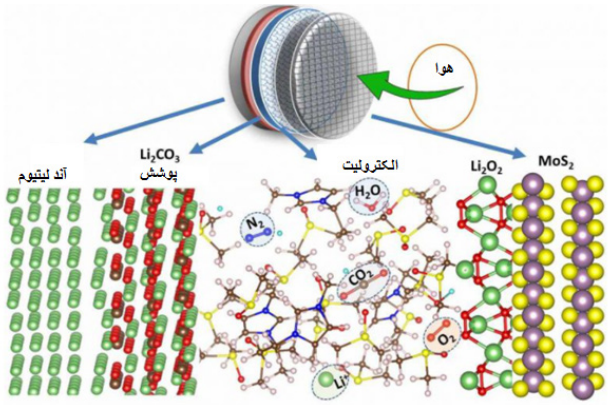


نمودار ۱ – گراف مقایسه‌ی انواع باتری های

مطلب دیگر ارائه شده در همین گراف، مبحث هزینه ی باتری است. باتری های بالغ شده و تجاری سازی شده، برای تامین هر کیلووات ساعت، مقادیری بیش از ۲۰۰ دلار الی ۹۰۰ دلار، هزینه در بر خواهند داشت. این در حالی است که به دلیل بالا بودن این هزینه برای کاربر، این پارامتر و به عنوان قید طراحی و پیاده سازی و حتی قید و شرط تحقیق و توسعه در نظر گرفته شده سقف ۱۵۰ دلار را برای هزینه ی تامین یک کیلو وات ساعت لحاظ نموده است.

ساختار یک باتری لیتیوم هوا، از آند لیتیومی با پوششی از کربنات لیتیوم تشکیل شده است. این پوشش، نقش مهمی در جلوگیری از رسوب روی آند و توقف عملکرد باتری و نیز اجتناب از واکنش بسیار شدید لیتیوم با آب دارد. محیط الکترولیت، یک محیط آبی با حضور یون های لیتیوم، اکسیژن دریافتی از هوا و دی اکسید کربن ناشی از پوشش آندی می باشد. کاتد عملا هوا است که اکسیژن لازم برای اکسید شدن لیتیوم را تامین می کند؛ اما به پوششی از جنس اکسید لیتیوم و سولفور مولیبدن به صورت متخلخل نیاز می باشد.

اکنون که قدری در خصوص الکترولیت باتری لیتیوم هوا بررسی صورت گرفته است، اشاره به نکاتی در خصوص کاتد و پیاده سازی آن نیز خالی از لطف نیست. کاتد در باتری های فلز هوا، با کربن فعال پیاده سازی می شود. به هر حال بودن کربن، سبب پدید آمدن دی اکسید کربن محلول در الکترولیت می شود و در صورت وجود کلسیم، رسوب سخت و مشکل ساز کربنات کلسیم دور از ذهن نیست. استفاده از فلزات گرانبها مانند طلا، نقره، پلاتین، پالادیوم، ایریدیوم عالی است؛ اما هزینه ها را به طرز وحشتناک افزایش می دهد. استفاده از مس و کبالت اخیراً پیشرفت قابل ملاحظه ای داشته و اکسید کبالت، نتایج مطلوب و در عین حال قیمت پایین را در بر داشته است.



شکل۳– ساختار یک باتری لیتیوم هوا

چالش های اصلی حل نشده یا به بلوغ فناوری نرسیده در حوزه ی باتری لیتیوم هوا، مسدود شدن آند و کاتد با ذرات و رسوبات دندریت مانند اکسید فلزات است. موضوع پلاریزاسیون و فراجهش پتانسیل سبب می گردد سیکل شارژ و دشارژ، متقارن نبوده و تعداد سیکل های موفق را کاهش دهد.

به هر حال باتری لیتیوم هوا، با توجه به ظرفیت ویژه ی انرژی خود اینقدر خوب است که محققین در فازهای آزمایشگاهی و نیمه صنعتی، در پی رفع چالش ها و موانع تولید این باتری با سیکل های متعدد و تقریبا نامحدود شارژ و دشارژ هستند. مشکل زمان شارژ طولانی باید حل شود و بهترین و ارزان ترین الکترولیت ها و کاتد ها، پیاده سازی شوند. خوشبختانه نگرانی در خصوص محیط زیست وجود ندارد و باتری لیتیوم هوا دوستدار محیط زیست است. با اجتناب از الکترولیت آبی، تا حد زیادی مخاطرات استفاده از این نوع باتری ناشی از واکنش احتمالی شدید بین فلز و آب رفع شده و با تامین شدن ایمنی، عملا باتری لیتیوم هوا یک محصول منطبق بر استانداردهای بهداشت–ایمنی–محیط زیست خواهد بود. این ارزش در کنار ظرفیت ویژه انرژی معادل ۵ برابر باتری یون لیتیومی، ولتاژ ۲,۹۱ نامی رگولار ایده آل خواهد بود. در خصوص ارزش باتری فلز هوای مبتنی بر لیتیوم، کافی است اشاره شود ظرفیت انرژی بنزین به عنوان یک سوخت همه گیر از مرتبه ی ۴۹,۸ کیلوژول بر کیلوگرم است. این در حالی است که لیتیوم در باتری فلز هوا – با قابلیت احیا و سیکل شارژ – ظرفیتی معادل ۴۰,۱ کیلوژول بر کیلوگرم را تامین می کند. بنزین ۱۳ کیلووات ساعت بر کیلوگرم تامین توان الکتریکی معادل می کند و این در حالی است که باتری فلز هوای لیتیومی، ۱۲ کیلووات ساعت بر کیلوگرم را تامین خواهد نمود.

باتری زینک هوا؛

باتری زینک هوا عبارت است از یک آند از فلز زینک یا روی و کاتدی از هوا که از معابر متخلخل عبور می کند. ارتباط الکتریکی بین کاتد و آند، توسط الکترولیت اسیدی یا بازی یا نمکی برقرار می شود و نهایتاً در مسیر شارژ، با دریافت انرژی از منبع بیرونی، مسیر الکترون ها و یون های بار دار به گونه ای شکل می گیرد که فلز زینک احیا شده و اکسیژن آزاد می شود. اما در مسیر دشارژ معادلات در جهت از دست دادن انرژی و آزاد سازی الکترون و ایجاد اختلاف پتانسیل، به گونه ای پیش می رود که اکسیژن مصرف شده و فلز اکسید شود. در هر حال این باتری دوست دار طبیعت بوده و پسماند خاصی که برای خاک یا محیط زیست مضر باشد، ندارد.

ارزان بودن فرایند ساخت و بالا بودن چگالی ویژه ی انرژی از مشخصات این باتری ها هستند. کاربردها و ابعاد باتری زینک هوا از ابعاد دکمه ای در کاربرد هایی مانند سمعک، تا ابعاد متوسط در دوربین ها، و تا ابعاد بسیار بزرگ در ذخیره سازهای انرژی تجدید پذیر و پیشرانش خودرو الکتریکی متغیر است.

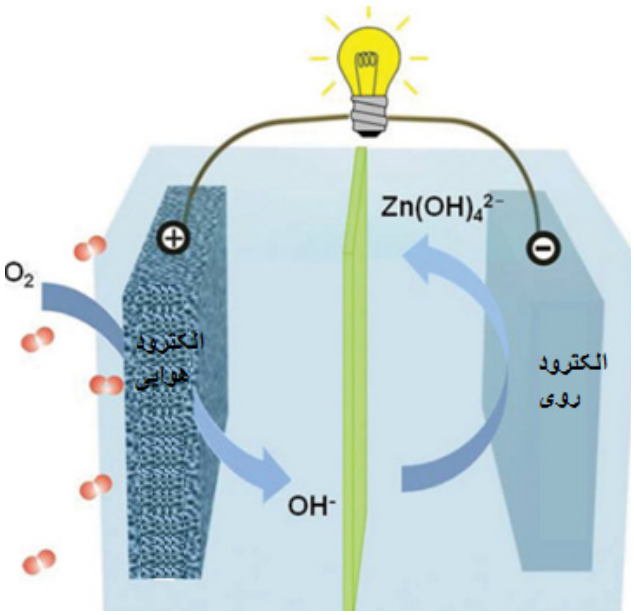
بسیار امید می رود باتری زینک هوا به زودی جایگزین کامل باتری های جیوه ای شود. در ساختار و عملکرد باتری زینک هوا، میزان آب در الکترولیت ثابت است و با افزایش شارش هوا، می توان تا حدی کارایی باتری را افزایش داد.

چگالی ویژه ی انرژی باتری زینک هوا بالا است و نیازی به موادی مانند دی اکسید منگنز برای واکنش با زینک ندارد. سلول های صنعتی باتری زینک هوا که عملا باز هستند و برای احیا و نگهداشت محدودیتی ندارند، عمر بینهایت دارند. نمونه های دکمه ای در دمای اتاق تا سه سال کاربری خواهند داشت.

به یاد داشته باشیم الکترولیت در محیط های گرم و خشک، آب بیشتری از دست می دهد. انتخاب الکترولیت بسیار مهم است؛ به عنوان مثال الکترولیتی مانند دی اکسید پتاسیوم، سبب نارسانایی تدریجی الکترولیت بر اثر واکنش با دی اکسید کربن هوا می شود.

از گذشته باتری زینک هوا به صورت غیر شارژ شونده در سمعک ها و برخی دوربین ها کاربرد داشته اند. افرادی که سابقه ی استفاده از سمعک را دارند، احتمالا از ویژگی جالب باتری زینک هوا در تامین ولتاژی ثابت برای مدت طولانی شگفت زده هستند.

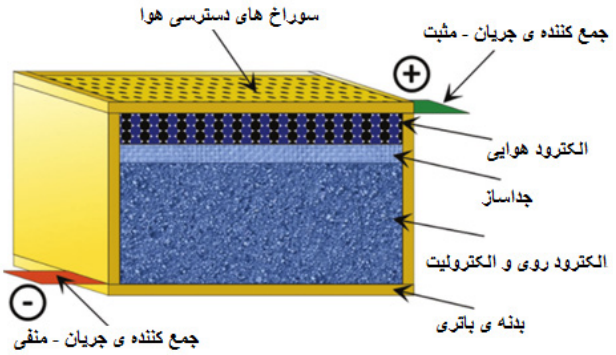
در شکل ۴ شماتیک یک باتری زینک هوا نشان داده شده است که با دریافت اکسیژن از هوای محیط، مسیر تعادلی یون بار دار در الکترولیت و الکترون ها در مدار الکتریکی را شکل داده است.



شکل ۴ – دریافت اکسیژن از هوای محیط

در شکل ۵ نیز اجزای یک باتری زینک هوا نشان داده شده است. پیش از هر چیز، کیسینگ دارای سوراخ و مجرای ورود هوا برای تامین اکسیژن جلب توجه می کند. دو تجمیع کننده ی جریان منفی و مثبت، بدنه ی باتری، الکترود زینک و الکترود هوا، الکترولیت و جداکننده نمایش داده شده است.

اساس کار عملکرد باتری زینک هوا واکنش فلز زینک با اکسیژن است. این سلول الکترو شیمیایی مانند یک پیل سوختی، قابل شارژ خواهد بود و ولتاژی حدود ۱,۶۵ ولت ایجاد می نمایند. به یاد داشته باشیم فناوری باتری زینک هوا در مراحل پایانی توسعه است و از قدمت کافی و مراحل بلوغ تکنولوژی قابل قبول برخوردار است. در



شکل۵- ساختار یک باتری زینک هوا

سال ۱۸۶۸ میلادی، لکلانشه نخستین سلول شیمیایی حاوی آند فلز زینک آمیخته شده با مخلوطی از دی اکسید منگنز و از سوی دیگر کاتد کربن و الکترولیت کلرید آمونیوم را تجربه نمود. او در طی تجربه ی سلول شیمیایی مذکور، به طور ناخودآگاه سبب ایجاد یک کاتد در معرض هوا و ایجاد محیط سه فازی (گاز- مایع- جامد) شد. بنابراین او ناخواسته اولین باتری زینک هوا را اختراع کرد. باتری زینک هوا در انواع سمعک، نمایشگرهای پرتابل بیمار، ابزار های دیسپچینگ سیگنال در کاربردهای ترافیک جاده ای کاربرد دارد.

به هر حال شارژ باتری زینک هوا ساده نیست و متوجه اقدامات مکانیکی است. هر چند محققان آلمانی شگردهایی برای شارژ پذیری ارائه نموده اند. این موضوع که آند فلزی پس از اکسید شدن و واکنش با اکسیژن عملاً از بین می رود، شارژ مجدد باتری را متوجه اقدامات مکانیکی و تجدید الکترولیت با موادی مانند تری فلوئورومتان سولفونات زینک می کند. این الکترولیت غیر قلیایی خلاقانه، امکان شارژ نسبی را فراهم کرده و نمونه اولیه این باتری، بیش از ۳۲۰ بار شارژ مجدد گردیده و برای مدت ۱۶۰۰ ساعت مورد بهره برداری قرار گرفته است. لذا تعبیر یک رقیب جدی برای باتری لیتیوم یونی، به آن خالی از لطف نیست. محققین استرالیایی، بر روی یافتن کاتالیست ها با استفاده از عناصر فراوان در زمین، که منجر به تولید ارزان و دوستدار طبیعت باتری در عین افزایش کارایی آن می شود، تمرکز دارند.

آند اکسید شده قابلیت واکنش مجدد با اکسیژن را نداشته و استفاده از الکترولیت / کاتالیست هایی با عناصر کمیاب زمین، می تواند شرایط واکنش مجدد را فراهم سازد. فلزاتی مانند پلاتین و ایریدیوم تاثیرات ویژه ای در الکترولیت داشته اند؛ اما به وضوح باید به دنبال گزینه های جایگزین ارزان تر و فراوان تر گشت. اکنون مسیر تحقیقات به سمت الکتروکاتالیست هایی مانند آهن و کبالت و نیکل رفته تا با بلورینگی بالاتر، باتری هایی با کارایی بیشتر و قابلیت شارژ و وزن کمتر مهیا شود.

این که ۶۰ بار در ۱۲۰ ساعت شارژ و تخلیه صورت پذیرد و تنها کمتر از ۱۰ درصد از کارایی از دست رود، گویای صحیح بودن مسیر تحقیقات است. هر چند خیلی تفاوت با لیتیوم یونی وجود دارد، اما امید جایگزینی هست.

فاصله ی زیاد فعلی بین عملکرد باتری لیتیوم یونی و باتری زینک هوا، هنوز قابل تامل است. اما تصور باتری های موبایل که ۵ برابر بیشتر شارژ را نگه دارند، محرک مهمی در ادامه ی تحقیقات و اقدامات استارت آپ های دانش بنیان خواهد بود. زینک ماده ای است که در سطح کره ی زمین به فراوانی یافت می شود و استفاده از هوای محیط و قابلیت بازیافت پسماندهای احتمالی، این باتری را دوست دار و سازگار با محیط زیست کرده است. فراوانی و ارزانی فلز زینک، قابل مقایسه با لیتیوم نیست. در مجموع فلز زینک، از دید محققین و توسعه دهندگان فناوری باتری زینک هوا، یک فلز خاص محسوب می شود. اکنون تمام تلاش ها معطوف به رخداد واکنش معکوس اکسید شدن زینک در محیط قلیایی الکترولیت است. اگر اکسید زینک به سادگی با دریافت انرژی از منبع توان به عنوان شارژر، احیا شود و اکسیژن محیط را پس داده و آند فلزی را مجددا احیا کند، می توان اطمینان داشت این سلول شیمیایی بی نظیر بدون از بین بردن آب الکترولیت، و با باز پس دادن اکسیژن هوا و بدون پسماند، شارژ و دشارژ می شود. این میزان تطابق و سازگاری با طبیعت، و بدون خطر بودن عملکرد از نظر انفجار یا متصاعد کردن گازهای خطرناک شگفت انگیز است. اگر به هر دلیل باتری زینک هوا خراب شود، پسماند عجیبی نداشته و آند زینک یا اکسید شده، الکترولیت قلیایی و کاتالیست فلزی یا کاتد مش مانند متخلخل، همه و همه به سادگی در طبیعت جذب شده و بدون هیچ نگرانی قابل بازیافت در کره ی زمین هستند. اکنون فقط باید امید وار باشیم بیش از پیش این واکنش معکوس شارژ باتری که همانا احیای بی دردسر و سیکل پر تعداد احیای اکسید فلز می باشد، در عمل نیز با موفقیت صنعتی همراه باشد.

نتیجه گیری:

با توجه به منابع غنی معدنی و فلزی در کشور اعمّ از شوراب ها و معادن خدادادی از یک سو، و با عنایت به توان فنی و مهندسی بالقوه در منابع انسانی کشور، و نقش راهبردی ذخیره سازهای انرژی در آینده ی نزدیک، غافل شدن از فناوری های ذخیره سازی انرژی از جمله باتری فلز هوا شایسته نیست. خصوصاً اینکه این فناوری نسبتاً قدیمی، مجدداً با رفع برخی چالش ها در لبه ی فناوری قرار گرفته و روندهای فناوری جهانی، اقبال به آن را نشان می دهد. از این رو پیشنهاد می شود به صورت فرا بخشی و با رویکرد حمایت از مجموعه های فعال دانش بنیان، پیاده سازی های پایلوت و آزمایشی این نوع باتری با توجه ویژه به سهل الوصول بودن مواد اولیه آن در کشور در دستور کار قرار گرفته و با رفع چالش های عملیاتی باقی مانده، کشور عزیزمان نیز نقش خود را در توسعه ی این فناوری نوظهور ایفا نماید.

گرمایش منطقه‌ای

پیمان نیلچی پور
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

گزارش پیش رو، مبتنی بر مستنداتی است در پایگاه اینترنتی آژانس بین المللی انرژی، منتشر گردیده است. سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای سهم مهمی در کربن‌زدایی از بخش گرمایش دارند، زیرا ادغام منابع منعطف و پاک انرژی را در ترکیب انرژی ممکن می‌سازد که کاری چالش‌برانگیز در سطح ساختمان‌های مجزا در نواحی متراکم شهری است. بااین‌حال، گرچه بسیاری از شهرها هم‌اکنون در حال به‌کارگیری راه‌حل‌های گرمایش منطقه‌ای کم‌کربن هستند، همچنان، حدود ۹۰% از تولید گرمای منطقه‌ای جهانی هنوز به سوخت‌های فسیلی متکی است.

در سناریوی انتشار صفر خالص کربن تا سال ۲۰۵۰، سهم کلی منابع تجدیدپذیر و برق در تأمین گرمای منطقه‌ای جهانی روی‌هم‌رفته از ۸% کنونی به ۳۵ % افزایش می‌یابد. این کار انتشار کربن ناشی از تولید گرما را تا بیش از یک‌سوم کاهش می‌دهد.

پایش پیشرفت

سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای از دهه‌ی ۱۸۷۰، بیشتر در مناطق متراکم با تقاضای پیوسته‌ی گرما به کار گرفته شده‌اند. بسیاری از ساختمان‌ها و پایگاه‌های صنعتی به گرمایش منطقه‌ای متکی هستند که شامل طیف گسترده‌ای از شبکه‌های شهری، برای مثال در پکن، سئول، میلان و استکهلم تا شبکه‌های کوچک‌تر مثل فضاهای دانشگاهی و درمانی می‌شوند.

سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای در سناریوی انتشار صفر خالص کربن تا سال ۲۰۵۰، جزو راه‌حل‌های بسیار مهم برای کربن‌زدایی از بخش گرمایش هستند. منابع تجدیدپذیر صددرصدی را می‌توان در شبکه‌های مدرن با دمای عملیاتی پایین استفاده کرد و انرژی ساختمان‌ها را به صورت بهینه تأمین نمود؛ به ویژه در مناطقی که راه‌حل‌های غیرمتمرکز، به دلایلی مثل محدودیت فضا یا زیرساخت، اجازه‌ی ادغام مستقیم منابع انرژی پاک موجود یا عملیات بهینه‌سازی را نمی‌دهند.

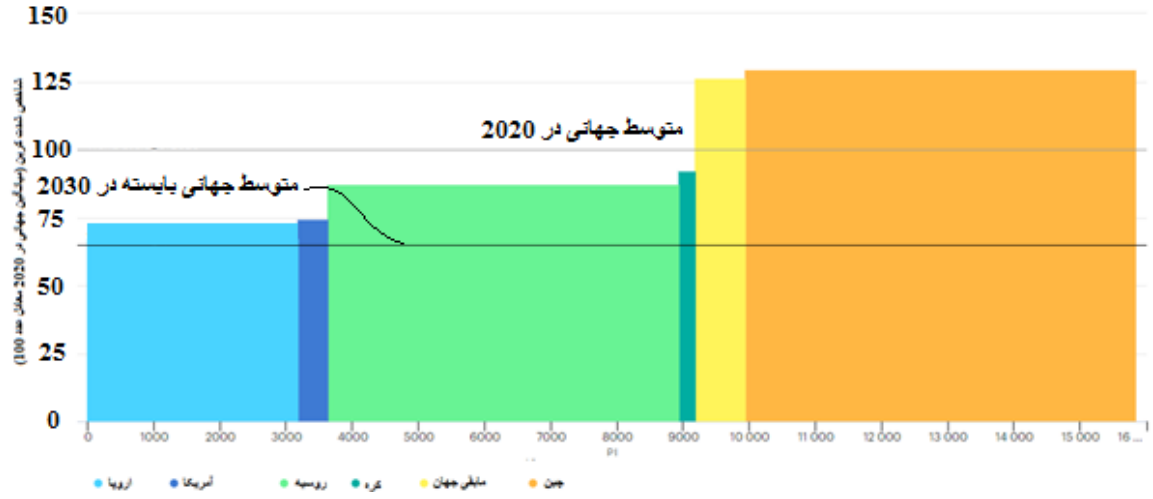
سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای که با برق کار می‌کنند می‌توانند از طریق پاسخ به تقاضا، خدمات انعطاف‌پذیری نیز به شبکه‌های برق ارائه کنند. علی‌رغم این مزایا، ظرفیت گرمایش منطقه‌ای کم‌کربن همچنان تا حد زیادی دست‌نخورده باقی مانده است و لازم است سیستم‌های آینده جهت سازگاری با ترکیب متفاوتی از تأمین حرارت، مجدداً طراحی شوند و شرایط جدیدی برای انتقال گرما مهیا سازند.

بازار جهانی گرمایش منطقه‌ای در حال رشد است

تولید جهانی گرمایش منطقه‌ای در سال ۲۰۲۰ به ۱۶ اگزاژول(EJ) بالغ گردید که در مقایسه با سال ۲۰۰۰ با نرخ رشد سالانه‌ی حدوداً ۱,۳% به میزان ۳۰% افزایش یافته است. افزایش قابل توجه جهانی به میزان ۲,۳% از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ عمدتاً توسط چین و تا حدودی کره‌ی جنوبی صورت پذیرفته است (هر کدام ۷% رشد).

چین، روسیه و اروپا بیش از ۹۰% از تولید گرمای منطقه‌ای را تشکیل می‌دهند و بنابراین به شدت بر متوسط شدت کربن گرمایش منطقه‌ای تأثیرگذار هستند. چین با بیش از ۴ برابر رشد تا سال ۲۰۲۰ بیشترین رشد را از سال ۲۰۰۰ تجربه کرده و بزرگ‌ترین تولیدکننده در جهان بوده است (تولیدکننده‌ی ۳۵% از گرمای منطقه‌ای جهان). این بخش در ایالات‌متحده و کره‌ی جنوبی نیز رو به رشد است. در کره‌ی جنوبی تولید گرمای منطقه‌ای به سرعت گسترش‌یافته و از سال ۲۰۰۰ تقریباً دو برابر شده است.

هنگام انتقال، بخشی از گرما در طول فرایند توزیع از بین



شکل ۱ – نمودار تولید گرمای منطقه‌ای بر اساس کشورها و مناطق در سال ۲۰۲۰ و متوسط شدت کربن تأمین گرمای منطقه‌ای در جهان در سناریوی صفر خالص از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰

می‌رود. بسیاری از شبکه‌های فعال امروز، گرما را توسط لوله و از طریق آب تحت‌فشار در درجه حرارت بالای ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد توزیع می‌کنند و در بهینه‌ترین سیستم‌ها بین ۱۰ تا ۳۰ درصد یا بیشتر اتلاف گرما وجود دارد. نوسازی سیستم‌های موجود به سمت سیستم های دارای دمای عملیاتی پایین‌تر، عایق‌بندی بهینه‌ی لوله‌کشی و تلفیق راه‌حل‌های دیجیتال‌سازی، اتلاف گرما را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد – مقادیر مورد هدف، زیر ۱۰% قرار دارند.

حدود ۴۰% از گرمای تولیدی جهان در واحدهای گرمایش حرارتی، به بخش صنعت اختصاص می‌یابد. این امر بر توانایی یک شبکه در کاهش دمای توزیع تأثیر می‌گذارد، زیرا مصرف‌کنندگان صنعتی اغلب به گرمایی با دمای بالا احتیاج دارند. استفاده از پمپ‌های حرارتی در پست های محلی برای افزایش دما می‌تواند راه‌حلی برای این مشکل باشد. چین با بیش از ۵۰% سهم از مصرف جهانی گرمای منطقه‌ای در بخش صنعت، در سال ۲۰۲۰ پیشتاز بوده و نسبت به سال ۲۰۱۰ حدوداً ۳۴% رشد داشته است. در مقابل، در روسیه این سهم از ۴۰% در سال ۲۰۱۰، به ۲۴% در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است.

گرمایش منطقه‌ای در سطح جهان سهم نسبتاً کوچکی از گرمای مصرفی ساختمان‌ها را تأمین می‌کند و تنها ۸٫۵% از گرمای مورد مصرف این بخش به این روش تأمین می‌شود. زیربنای ساختمان‌ها از سال ۲۰۰۰ تاکنون حدود ۶۵% افزایش یافته، اما در همین مدت سهم گرمایش منطقه‌ای به شکل قابل توجهی ثابت باقی مانده است. با این حال، گرچه سهم متوسط جهانی کم است، گرمایش منطقه‌ای بخش زیادی از تأمین گرمای ساختمان‌ها را در برخی از کشورهای اروپایی، از جمله دانمارک و سوئد تشکیل می‌دهد (۴۵%). سهم چین و روسیه نیز به ترتیب حدود ۱۵% و ۴۵% است.

علی‌رغم رشد بازار، ظرفیت گرمایش منطقه‌ای همچنان تا حد زیادی دست‌نخورده باقی مانده است.

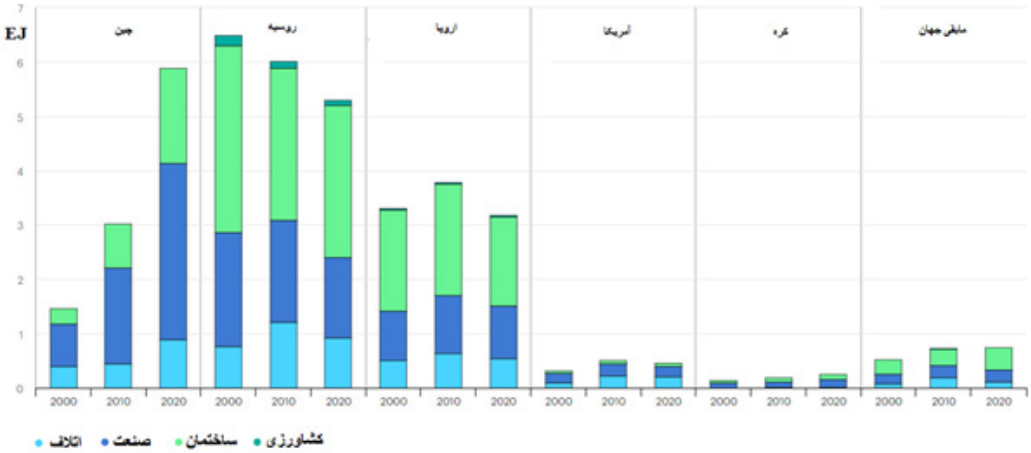
یکی از نقاط قوت اصلی سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای ظرفیت آن‌ها در ادغام با منابع انرژی دیگر، از جمله گرمای اتلافی و تجدیدپذیرها است. با این وجود، در سال ۲۰۲۰ تقریباً ۹۰% از حرارت جهانی مورد نیاز برای سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای از محل سوخت‌های فسیلی و عموماً از زغال‌سنگ (۴۵%)، گاز طبیعی (۴۰%) و نفت (۳٫۵%) تأمین شد که این سهم نسبت به سال ۲۰۰۰ (سهم ۹۵%)، کاهش نشان می‌دهد.

سهم زغال‌سنگ مورد استفاده برای تولید گرما در سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای در سطح جهان از ۳۵% در سال ۲۰۰۰ به ۴۵% در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. این افزایش عمدتاً ناشی از مصرف چین بوده است که تقریباً ۷۰% از زغال‌سنگ مورد استفاده در گرمایش منطقه‌ای جهانی را به مصرف می‌رساند. سال ۲۰۲۰ نیز از این قاعده مستثنا نبوده و مصرف زغال‌سنگ چین در بخش گرمایش منطقه‌ای ۱٫۳% افزایش یافته است.

در همین حال، سهم گاز طبیعی و نفت در تولید گرمای منطقه‌ای جهانی به ترتیب از ۵۱% و ۹% در سال ۲۰۰۰ به ۴۰% و ۳٫۵% در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. جالب توجه است که در حال حاضر در شهر هلسینکی از فاضلاب برای به کار انداختن پمپ‌های حرارتی جهت تأمین گرمای شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای استفاده می‌شود؛ در وین نیز جهت تأمین گرمای ۱۰۰۰۰ خانه، با استفاده از توربین‌های بادی برق مورد نیاز سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای تأمین می‌شود.

سهم منابع تجدید پذیر و برق باید روی‌هم‌رفته تا سال ۲۰۳۰ چهار برابر شود.

تجدیدپذیرها در حال حاضر در ترکیب تولید گرمایش منطقه‌ای ادغام شده‌اند اما مقدار آن کافی نیست. این منابع ۸% از انرژی مورد نیاز تولید گرمای منطقه‌ای را در سال ۲۰۲۰ تشکیل داده‌اند



شکل ۲ – نمودار گرمای تولیدی بر اساس مناطق انتخابی و بخش‌های تأمین‌شده، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

(عمدتاً انرژی‌های زیستی)، که مشابه سال ۲۰۱۹ است اما نسبت به سال ۲۰۱۵ (۷%) و ۲۰۰۰ (کم‌تر از ۴%) افزایش یافته است. منابع تجدید پذیر اولیه با ظرفیت به‌کارگیری در سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای، تشکیل شده‌اند از: گرمای خورشیدی، انرژی زمین‌گرمایی و انرژی زیستی. اروپا در استفاده از منابع تجدید پذیر برای گرمایش منطقه‌ای پیشتاز است و بیشتر مصرف انرژی خورشیدی و انرژی زمین‌گرمایی و ۷۵% از تولید گرما با استفاده از انرژی زیستی را نیز به خود اختصاص داده است.

بسیاری از شبکه‌های موفق با منابع انرژی تجدید پذیر در ادغام هستند. برای نمونه، شهر سیلکبورگ دانمارک از ظرفیت نصب‌شده‌ای بالغ بر ۱۱۰ مگاوات گرمای خورشیدی برخوردار است که برای تأمین حدود ۲۰% از ظرفیت گرمایش منطقه‌ای در سال ۲۰۱۷ بهره برداری شده است؛ در همین حال شهر مونیخ از چندین نیروگاه زمین‌گرمایی برای تأمین در کل ۴۰ مگاوات ظرفیت گرمایی بهره‌مند است (اولین نیروگاه در این نوع از سال ۲۰۰۴) و برای تبدیل آن به یک سیستم گرمایش منطقه‌ای ۱۰۰% تجدید پذیر تا سال ۲۰۴۰ هدف‌گذاری کرده است. در سال ۲۰۲۰، در کل ۲۶۰ سیستم گرمایش منطقه‌ای بزرگ با استفاده از انرژی خورشیدی عملیاتی شده‌اند. دانمارک بیش از ۱۲۰ واحد از این سیستم‌ها را در اختیار دارد و چین با ۱۸ واحد پس از آن قرار دارد.

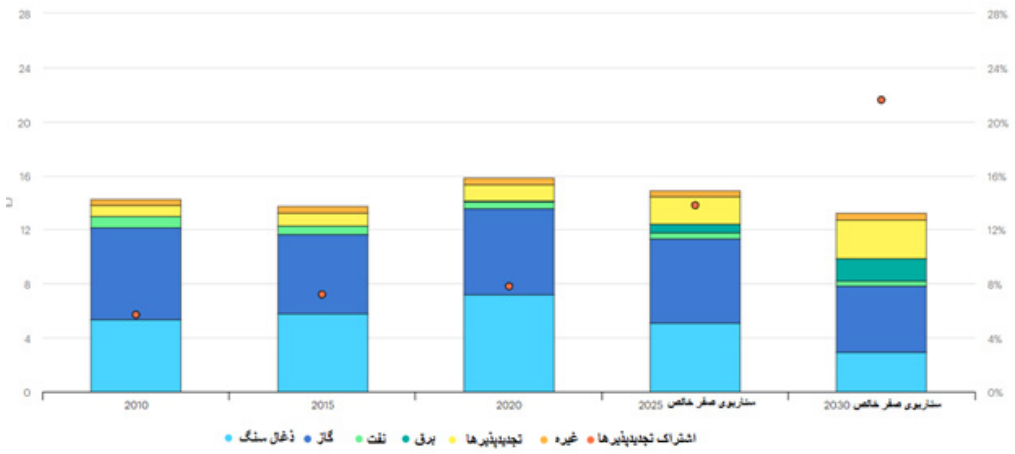
انرژی زیستی بزرگ‌ترین سهم را در تأمین گرمایش منطقه‌ای به خود اختصاص داده است، به ویژه برای استفاده به‌عنوان سوخت تبدیلی در کارخانه‌های قدیمی یا نواحی دارای دسترسی به سوخت زیستی (برای مثال نواحی کوهستانی برخوردار از منابع غنی زیست‌توده). برای نمونه، کارخانه‌های گرمایش منطقه‌ای در کپنهاگ برای استفاده از زیست‌توده و ضایعات تغییر و تبدیل یافتند (برای پوشش بیش از ۹۵% از کل گرمای تولیدی). این کار همچنین در شهر ویلنیوس در لیتوانی انجام شده است (برای تأمین ۴۵% از گرمای تولیدی در سال ۲۰۱۸).

ضمیمه‌ی TS۵ برنامه‌ی همکاری فناوری در گرمایش و سرمایش منطقه‌ای (DHC TCP)، با عنوان «ادغام منابع انرژی تجدید پذیر در سیستم‌های گرمایش و سرمایش منطقه‌ای موجود»، راه‌حل‌های فنی ادغام منابع انرژی تجدید پذیر را در سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای موجود و مدرن مورد تحقیق و بررسی قرار می‌دهد. گرمای اضافی نیز منبع مهمی است که می‌توان از آن در شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای استفاده کرد. گرمای اضافی را نه‌تنها از تجهیزات صنعتی و مراکز داده، بلکه از منابع نامتعارفی مثل یخچال‌های سوپرمارکتی، پس‌آب‌ها و فاضلاب نیز می‌توان بازیابی کرد. پروژه‌های جاری در حال رفع شکاف دانش موجود جهت درک بهتر از ظرفیت این منابع هستند. برای مثال، در پروژه‌ی ممفیس (DHC TCP) برای ترسیم و شناسایی گرمای اضافی بر روش‌شناسی در سطح محلی تمرکز شده است، همچنین در پروژه‌ی ری یوز هیت، مدل‌های مبتنی بر تکرارپذیری به نمایش گذاشته می‌شود که بازیابی و استفاده‌ی مجدد از گرمای اتلافی موجود در سطح شهری را ممکن می‌سازند.

در سناریوی انتشار صفر خالص کربن تا سال ۲۰۵۰ تا سال ۲۰۳۰ سهم کلی تجدیدپذیرها و برق در تولید گرمای منطقه‌ای چهار برابر خواهد شد: تولید با استفاده از منابع تجدید پذیر تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۲۰% افزایش خواهد یافت و تقریباً به سه برابر سطح کنونی خواهد رسید. سهم برق (استفاده از پمپ‌های حرارتی برقی) نیز به بیش از حدود ۱۲% افزایش خواهد یافت، در حالی که استفاده از سوخت‌های فسیلی در مقایسه با سال ۲۰۲۰ بیش از ۴۰% کاهش خواهد یافت. در راستای سناریوی انتشار صفر خالص کربن، در دهه‌ی آینده، متوسط شدت کربن مربوط به تولید گرمای منطقه‌ای باید بیش از یک‌سوم کاهش یابد.

سیستم‌های نوآورانه در حال ظهور هستند و ظرفیت‌های آن‌ها باید مورد بهره‌برداری قرار گیرند

تنوع بیشتر منابع گرما (مخصوصاً از طریق تغییر از سوخت‌های فسیلی به تجدیدپذیرها، برق و گرمای اضافی) و ادغام پمپ‌های حرارتی بزرگ، تحولات را به سوی شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای با اتلاف دمای کم‌تر و انعطاف‌پذیری بیشتر پیش می‌برد – یک پیشرفت



شکل ۳– نمودار تولید گرمای منطقه‌ای بر اساس نوع سوخت، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ و در سناریوی صفر خالص تا سال ۲۰۳۰

از نسل سوم به آنچه نسل چهارم گرمایش منطقه‌ای نامیده می‌شود.

در همین حال، مفهوم گرمایش منطقه‌ای نسل چهارم، که در سال ۲۰۱۵ مطرح شد، به شبکه‌های مرکب گرمایش و سرمایش منطقه‌ای اشاره دارد که با اتلاف دمای محدود و با استفاده از پمپ‌های حرارتی پراکنده کار می‌کنند. علاوه بر تطابق شبکه‌ای، بهره‌برداری از شبکه‌های گرمایش منطقه‌ای با اتلاف دمای پایین باید با بهبود بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها هماهنگ باشد، زیرا عملکرد بهتر در تأمین انرژی ساختمان‌ها با تأمین گرما همراه با اتلاف کمتر هم‌راستا است.

نوسازی شبکه‌های موجود نیز برای کم کردن اتلاف دما و عدم بهره‌وری و تغییر به سمت سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای نسل جدید بسیار مهم است. به همین دلیل، پروژه‌ی کیپ وارم تحت برنامه‌ی افق ۲۰۲۰ اتحادیه‌ی اروپا با هدف تسریع نوسازی سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای در اروپای شرقی راه‌اندازی شده است و مطالعات موردی متعددی را در این منطقه مهیا کرده است.

به همین ترتیب پروژه‌ی ریوارد هیت با هدف نمایش نسلی جدید از سیستم‌های گرمایش و سرمایش منطقه‌ای با اتلاف گرمای پایین راه‌اندازی شده است و قادر خواهد بود گرمای اتلافی و تجدید پذیر موجود در محیط‌های شهری را با اتلاف دمای کم بازیابی کند.

انتظار می‌رود نسل بعدی سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای منجر به ادغام انواع منابع انرژی تجدید پذیر در سیستم‌های تولید برق شود. این کار با افزایش منابع انعطاف‌پذیر و از طریق استفاده از پمپ‌های حرارتی بزرگ برقی و پاسخ به تقاضا از طریق ظرفیت‌های ذخیره‌سازی گرما میسر می‌شود.

از سیستم‌های کنترل خودکار نیز می‌توان برای کاهش مصرف در ساعات اوج استفاده کرد و ظرفیت نصب‌شده‌ی مورد نیاز را کاهش داد و عملکرد کلی شبکه را نیز بهینه نمود. برای مثال، سیستم گرمایش منطقه‌ای بولزانو در ایتالیا به عنوان بخشی از فرایند نوسازی خود سیستمی را معرفی کرد که می‌توان با استفاده از آن اتلاف کلی انرژی را تا ۵% کاهش داد.

مفاهیم نوآورانه‌ای نیز برای استفاده از گرمای اتلافی، فناوری‌های زمین‌گرمایی و ادغام شبکه‌های گرمایش و سرمایش در حال آزمایش شدن هستند. برای نمونه، بازیابی گرما از ایستگاه‌های مترو در لندن و تورین مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

راه حل های جدید زمین‌گرمایی نیز در حال ظهور هستند، از جمله در سیستم‌های چرخه‌ی بسته‌ی "ایوار" که نیاز به آبخوان تراوا (نفوذپذیر) ندارد. راه حل های ادغام شبکه‌های گرمایش و سرمایش منطقه‌ای نیز در حال پیدایش هستند. کمپرسورهای بدون روغن در پمپ‌های حرارتی و چیلرها این فناوری‌ها را در این نوع کاربردها رقابت‌پذیرتر می‌سازند.

اعطای جایزه‌ی آب و هوایی انرژی منطقه‌ای جهانی از سال ۲۰۰۹ برای شناسایی بهترین اقدامات و نوآوری‌ها در حوزه‌ی انرژی منطقه‌ای آغاز شده است. در میان دریافت‌کنندگان جایزه‌ی سال ۲۰۱۹ یک سیستم از آلمان برنده‌ی جایزه‌ی «برنامه‌های جدید» به خاطر استفاده از گرمای اتلافی از یک مرکز داده شد. یک سیستم گرمایش منطقه‌ای در شهر کاناس «جایزه‌ی نوسازی» را به دلیل نوسازی شبکه دریافت کرد. جایزه‌ی «بازارهای در حال ظهور» برای معرفی نوآوری‌هایی در استفاده از انرژی زمین‌گرمایی به سیستم گرمایش منطقه‌ای در شهر میرس اسپانیا اعطا شد.

حمایت و مشوق‌های سیاستی در کشورهای مختلف بسیار متفاوت هستند.

بهره‌برداری از گرمایش منطقه‌ای اغلب با منافعی که ایجاد می‌کند (بهره‌وری انرژی، کاهش آلودگی و غیره) و همچنین به واسطه‌ی چهارچوب‌های سیاستی ملی / محلی تشویق می‌شود.

سیاست‌های ملی برای گسترش بهره‌برداری از سیستم گرمایش منطقه‌ای و حمایت از اقدامات محلی دولتی اساسی و مهم هستند. سیاست‌هایی که نفوذ و نوسازی گرمایش منطقه‌ای را تسریع می‌کنند شامل مواردی نظیر اقدامات ذیل می‌شوند: کمک‌هزینه‌ها، یارانه‌ها و مشوق‌هایی برای استفاده از تجدیدپذیرها (برای مثال در اتحادیه‌ی اروپا)؛ مالیات بر سوخت‌های فسیلی، آلاینده‌ها و کربن (رایج در کشورهای حوزه‌ی اسکاندیناوی و چین)؛ راهبردها و برنامه‌های گرمایش و انرژی (ازجمله نقشه‌ی راه انرژی اتحادیه‌ی اروپا تا سال ۲۰۵۰)؛ ادغام گرمایش منطقه‌ای در استانداردهای انرژی برای ساختمان‌ها (طبق مفهوم ساختمان‌های کربن صفر آماده)؛ قوانین و مقررات تعرفه‌ای (برای مثال در ارمنستان و دانمارک) و هدف‌گذاری برای منابع تجدید پذیر (مانند فنلاند).

در چین، «طرح گرمایش پاک زمستانی در شمال چین» اقداماتی را تعیین کرده که بر تولید گرمایش منطقه‌ای تأثیرگذار بوده است. دانمارک در ژوئن ۲۰۲۰ یک طرح آب و هوایی را برای حوزه‌ی ضایعات سبز و اقتصاد چرخشی به تصویب رساند تا برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۷۰% کمتر از سطح سال ۱۹۹۰، ضایعات را تحت نظارت قانونی قرار دهد. دانمارک همچنین به عنوان یکی از اقدامات بهبود از شرایط کرونا، یک سری منابع مالی را برای نوسازی خانه‌های سازمانی اختصاص داد، از جمله برای جایگزینی بویلر های قدیمی نفتی با سیستم‌های گرمایش منطقه‌ای یا پمپ‌های حرارتی.

در همین حال، کانادا در سال ۲۰۲۱ مجموعه‌ای از اقدامات در زمینه‌ی ارزیابی زیرساخت‌ها را در سطح ملی آغاز کرد تا شرایط زیرساخت‌های خود را نسبت به اولویت‌های مهم کشور مورد ارزیابی قرار دهد. این کشور همچنین در سال ۲۰۲۱ استاندارد جدیدی برای وسایل سنجش انرژی حرارتی تعیین کرد (CSAC۹۰۰:۲۱) تا سنجش حرارتی را تحت نظارت قانونی درآورد. در انگلیس، دولت منابع مالی با عنوان منابع مالی شبکه‌ی سبز را برای کمک به شبکه‌های جدید و موجود جهت بهره‌برداری از فناوری‌های کم‌کربن طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۵ اختصاص داد.

هماهنگی سیاست‌های ملی و محلی نیز برای گسترش گرمایش منطقه‌ای لازم است. سیاست‌های محلی می‌توانند طراحی‌های پیشرفته را یکپارچه کنند و سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی را هماهنگ سازند (برای مثال در شهر برگن در نروژ)، یا بازسازی ساختمان‌ها را با گسترش گرمایش منطقه‌ای هماهنگ کنند (مانند

هنگ‌کنگ). مثال‌های دیگری نیز در این خصوص وجود دارد، از جمله هدف‌گذاری برای منابع تجدید پذیر یا استفاده از گرمای اضافی در کپنهاگ، گسترش گرمایش منطقه‌ای در هلسینکی، سیاست‌های ارتباطی در فلندر بلژیک یا اهداف گسترده‌تر برای کاهش انتشارات کربن یا مصرف سوخت‌های فسیلی در وین.

علاوه بر سیاست‌های حمایتی برای سیستم‌های انرژی منطقه‌ای، چندین انجمن، برای گسترش این سیستم در حال فعالیت هستند و برنامه‌ها و اقدامات مبتکرانه‌ی متعددی برای این منظور تعیین شده است. برای نمونه، «برنامه‌ی همکاری فناورانه در گرمایش و سرمایش منطقه‌ای» (DHC TCP) از دهه‌ی ۱۹۸۰ منجر به انجام تحقیقاتی در این زمینه شده است و در حال حاضر دارای ۱۳ عضو از بازارهای بزرگ و اصلی انرژی منطقه‌ای است. به همین ترتیب، «برنامه‌ی انرژی منطقه‌ای در ابتکارات شهری» که با مشارکت چندین عضو و هماهنگی بخش محیط‌زیست سازمان ملل به انجام رسیده به دولت‌های ملی و محلی برای افزایش سرمایه‌گذاری‌هایشان در حوزه‌ی انرژی منطقه‌ای کمک می‌کند.

در اروپا، برنامه‌ی یورو هیت اند پاور، چندین ذینفع در انرژی منطقه‌ای را برای ایجاد یک جنبش جهت سرمایش و گرمایش پایدار به هم پیوند داده است. بستر فناورانه‌ی DHC+، به عنوان بخشی از این برنامه شبکه‌سازی بیشتر را میسر ساخته و چندین رویداد را برای ترویج انرژی منطقه‌ای و افزایش آگاهی‌ها از گزینه‌های فناورانه در این حوزه هماهنگ ساخته است. در همین حال، برنامه‌ی ابتکاری "سلسیوس اولیه" یک مرکز همکاری را بین شهرها برای کمک به تبادل اطلاعات در زمینه‌ی نوآوری‌ها و بهترین اقدامات و سیاست‌ها ایجاد نموده است تا شبکه‌های گرمایش و سرمایش خود را توسعه دهند.

علاوه بر این‌ها، انجمن بین‌المللی انرژی منطقه‌ای (IDEA) که در آمریکا تأسیس شده و در حال حاضر بیش از ۲۴۰۰ عضو دارد، جهت ایجاد ارتباط، اطلاع‌رسانی و گسترش صنعت گرمایش منطقه‌ای فعالیت می‌کند. در چین، انجمن گرمایش منطقه‌ای چین از استقرار و بهره‌برداری از سیستم گرمایش منطقه‌ای در سطح ملی حمایت می‌کند.

اقدامات توصیه‌ای: تعیین اهداف سیاستی برای حمایت از ایجاد بازارهای انرژی منطقه‌ای

همراه با اهداف سیاستی گسترده‌تر، اهداف خاص مربوط به گرمایش منطقه‌ای نیز (برای مثال اهداف نفوذ گرمایش منطقه‌ای، ادغام منابع انرژی تجدید پذیر و یارانه‌های بازیابی گرمای اتلافی) برای پیشبرد تحولات شبکه‌های بهینه مهم هستند.

برای چنین هدف‌گذاری‌هایی و ارزیابی ظرفیت گرمایش منطقه‌ای، آگاهی از تقاضا و منابع گرمای جاری و آینده اساسی است. ترسیم نقشه‌ی راه انرژی بسیار مهم است و پروژه‌هایی مثل نقشه‌ی راه گرمای اروپا دانش ارزشمندی برای حمایت از راهبردهای گرمایی مهیا و اهداف ملی را محقق می‌کنند.

علاوه بر این، ظرفیت‌سازی برای ترسیم نقشه‌ی راه انرژی و زیرساخت‌ها در سطح محلی، برنامه‌ریزی‌های شهری پیشرفته را برای یکپارچه‌سازی انرژی، زیرساخت و طراحی زمین میسر می‌سازد. برای نمونه، هزینه‌های پایه‌ریزی برای استقرار سیستم‌های انرژی منطقه‌ای را می‌توان با هزینه‌های پروژه‌های زیرساختی دیگر تسهیم کرد و توسعه‌ی گرمایش منطقه‌ای را با نوسازی ساختمان‌ها هماهنگ نمود.

اقدامات توصیه‌ای: تسریع نوآوری جهت مدرن سازی گرمایش منطقه‌ای

تحقیق، توسعه و نوآوری در فناوری‌های نوآورانه (از جمله چاه‌های عمیق زمین‌گرمایی نوآورانه، طراحی‌های جدید لوله‌کشی، سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری پیشرفته، مواد عایق‌بندی و راه حل های بهینه‌سازی سیستم‌های پمپ‌های حرارتی) برای بهره‌برداری از ظرفیت کامل گرمایش منطقه‌ای، با اتلاف دمای پایین، بسیار حیاتی است. همچنین، تحقیق در سطح تقاضا (بر روی ساختمان‌ها) در خصوص ادغام بیشتر تولید گرمای محلی در آن‌ها با استفاده از تجدید پذیرها و افزایش بهره‌وری در ساختمان های فرعی، مبدل‌های حرارتی و سیستم‌های توزیع بسیار ضروری است. برنامه‌های مالی و قانونی نیز برای حمایت از بهره‌برداری از گرمایش منطقه‌ای کم‌کربن با مؤثرترین حد ممکن ضرورت دارد.

اقدامات توصیه‌ای: افزایش فرصت‌های ادغام سیستم

انجام پروژه‌های نمایشی برای تعیین ساختار ارزیابی گزینه‌های انعطاف‌پذیر مفید است. دیجیتال‌سازی یک ابزار مفید برای این فرایند است، نه‌تنها به دلیل این‌که عملیات شبکه‌ای را بهینه می‌سازد و ادغام تجدیدپذیرها را به حداکثر می‌رساند، بلکه به سبب این‌که نگهداری از سیستم را نیز تسهیل می‌کند. گسترش بیشتر ابزارهای اندازه‌گیری متصل به سیستم‌های گرمایشی و استفاده از سیستم‌های کنترلی پیشرفته‌ی داده محور، میان الگوهای تولید و مصرف توازن ایجاد می‌کنند.

ذخیره‌سازی نیز برای ایجاد انعطاف‌پذیری هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت لازم است. بهره‌برداری از ظرفیت ذخیره‌سازی خود شبکه بسیار ارزشمند است. همچنین ذخیره‌سازی غیرمتمرکز در سطح مصرف‌کننده نیز از ارزش بالایی برخوردار است. با انفصال انرژی تجدید پذیر در هنگام لزوم، ذخیره‌ی انرژی گرمایی، اتصال برق به سیستم گرمایش/سرمایش را در بخش‌ها مقدور می‌سازد.

بهره‌برداری کامل از هم‌افزایی‌های بین بخشی (ساختمان‌ها، صنعت و تولید گرما و برق) و بین خدمتی (گرمایش و سرمایش) و طراحی زیرساخت‌های ادغام‌شده باید توسعه‌یافته و مورد آزمایش قرار گیرد. همکاری بهینه، شفافیت و ارتباط میان ذینفعان بخش‌های مختلف انرژی، شرط اساسی برای توسعه‌ی تمام بخش‌ها به سمت یکپارچگی بیشتر، برای مثال، از طریق سیستم‌های نظارتی استاندارد، پروتکل‌های اشتراک داده‌ها و بسترهای تعاملی است.

منبع :

https://www.iea.org/reports/district-heating

مروری بر روش‌های ازدیاد برداشت نفت و تحقیقات صورت‌گرفته در ایران

پیمان نیلچی پور
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

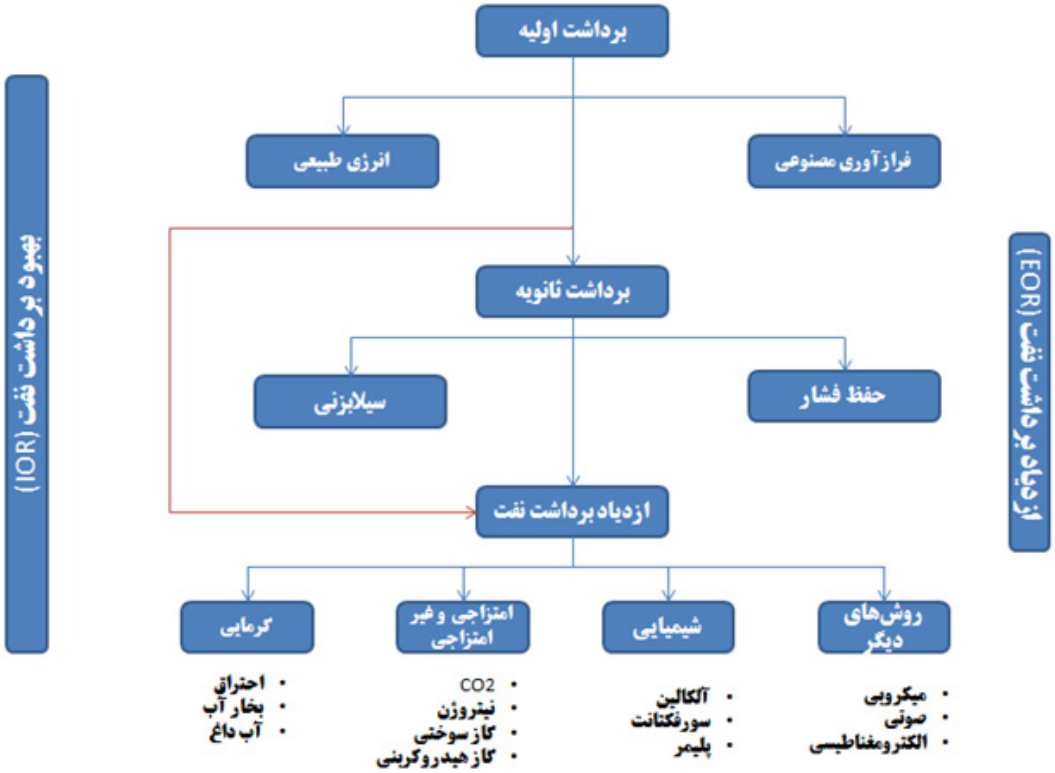
مقدمه

مطابق پیش‌بینی‌های به‌عمل‌آمده توسط مراجع معتبر انرژی در جهان، ازجمله آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضای جهانی برای انرژی در سال‌های آتی همچنان به رشد خود ادامه خواهد داد. درحالی‌که استفاده از انرژی‌های جایگزین ازجمله تجدیدپذیرها افزایش می‌یابد، ولی این افزایش در مقایسه با تقاضا کم‌تر بوده و حداقل تا دو دهه‌ی آینده انرژی های فسیلی نقش تکمیلی و حامی خواهند داشت. با توجه به این واقعیت که میزان تقاضای انرژی جهانی در سال‌های پیش رو به بالاترین میزان خود خواهد رسید، نیاز به ایجاد یک تحول علمی و عملی در هسته اصلی علوم مهندسی نفت و گاز، جهت افزایش پایداری در تأمین انرژی بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

به‌منظور پاسخ گوئی به روند رشد روزافزون تقاضای جهانی نفت و گاز، یا باید منابع جدید هیدروکربنی کشف و استخراج شوند و یا با استفاده از فناوری‌های گوناگون، نفت و گاز موجود و غیرقابل‌برداشت درون مخازن تحت فرآیندهای ازدیاد برداشت مورد بهره‌برداری بیشتر قرار گیرند. با توجه به شرایط سخت اکتشاف و لزوم صیانت از منابع هیدروکربوری موجود، استفاده از روش دوم منطقی و اصولی‌تر است.

شرایط ایران

در ایران، بسیاری از میدان‌های بزرگ به نیمه دوم عمر تولیدی خود رسیده‌اند و تولید طبیعی از آن‌ها در معرض کاهش چشمگیری قرار گرفته است. میانگین ضریب بازیافت از میدان‌های نفتی کشور حدود ۲۴/۵ درصد است که در مقایسه با میانگین ۳۴ درصدی ضریب بازیافت جهانی فاصله زیادی را نشان می‌دهد. اگرچه ضریب بازیافت از مخازن به ویژگی‌های زمین شناختی و سیال هر مخزن بستگی دارد و به‌طور عام نمی‌توان مقایسه کلی انجام داد، نگاهی به صنعت نفت و گاز جهانی نشان می‌دهد ضریب بازیافت از این میدان‌ها، غالباً با روش‌های ازدیاد برداشت افزایش قابل‌توجهی داشته است. باوجود نزدیک به ۱۲۰ میدان نفتی در کشور، افزایش ذخایر قابل استحصال و اجرای عملیات بهبود و ازدیاد برداشت یکی از چالش‌های اساسی صنعت نفت ایران است. برای مثال، پژوهش‌ها نشان داده است اگر حداقل ۷۵ مترمکعب گاز، جایگزین یک بشکه نفت گردد، تزریق ۲۰۰ میلیون مترمکعب روزانه گاز به مدت ۱۵ سال سبب تولید ۱۵ میلیارد بشکه نفت اضافی از میدان خواهد شد. این در حالی است که در بدترین شرایط حداکثر ۲۰۰ مترمکعب گاز موجب تولید یک بشکه نفت



شکل ۱: روش‌های بهبود برداشت نفت (IOR) و روش‌های افزایش برداشت نفت (EOR) بر اساس مراحل برداشت

اضافی می‌شود که منجر به افزایش ۵,۴۷ میلیارد بشکه‌ای نفت قابل استحصال خواهد شد. البته رسیدن به نتایج دقیق برای هر مخزن و انتخاب روش مناسب، مستلزم انجام مطالعات آزمایشگاهی و شبیه‌سازی است.

کلیات و مفاهیم افزایش برداشت نفت

تولید و برداشت از یک مخزن در سه مرحله اتفاق میفتد. در برداشت طبیعی (مرحله‌ی اول) استخراج با استفاده از پتانسیل و فشار طبیعی مخزن صورت می‌پذیرد. در مرحله‌ی دوم، به‌منظور نگهداشت فشار و افزایش نفت قابل‌برداشت، تزریق آب و یا گاز صورت می‌پذیرد و در مرحله‌ی سوم روش‌های حرارتی، شیمیایی، تزریق هیدروکربور و ... به‌منظور افزایش نفت قابل استحصال انجام می‌گیرد.

برداشت مرحله‌ی اول شامل استخراج طبیعی از مخزن است که با استفاده از فشار طبیعی مخزن یا استفاده از پمپ و فرازآوری با گاز یا عملیات تحریک چاه اعم از اسیدزنی یا شکست هیدرولیکی و غیره انجام می پذیرد.

اغلب میدان‌های ایران به دلیل وجود شرایط مخزنی خوب، می‌توانند برای چند دهه تولید طبیعی مناسبی داشته باشند. اما برای اغلب میدان‌ها لازم است از روش‌های ازدیاد برداشت برای نگهداشت تولید استفاده شود.

برداشت مرحله‌ی دوم با استفاده از روش‌های تزریق آب یا گاز غیر امتزاجی انجام می‌شود. در این مرحله شرایط برداشت نفت‌های قابل استحصال محقق می‌شود که مهم‌ترین شرط آن، حفظ فشار مخزن است.

برداشت مرحله‌ی سوم شامل عملیات ازدیاد برداشت به روش‌های تزریق مواد شیمیایی، گرمایی، امتزاجی و غیر امتزاجی گاز و همچنین روش‌های زیستی است.

عملیات بهبود برداشت (IOR) شامل تمام مراحل فوق است و به تمام عملیاتی گفته می‌شود که موجب تحقق و بهبود فرآیند برداشت نفت از مخزن می‌گردد. عملیات ازدیاد برداشت (EOR) تنها شامل برداشت مرحله‌ی سوم است و به عملیاتی اطلاق می‌شود که برداشت نفت غیرقابل استحصال را میسر می‌سازد.

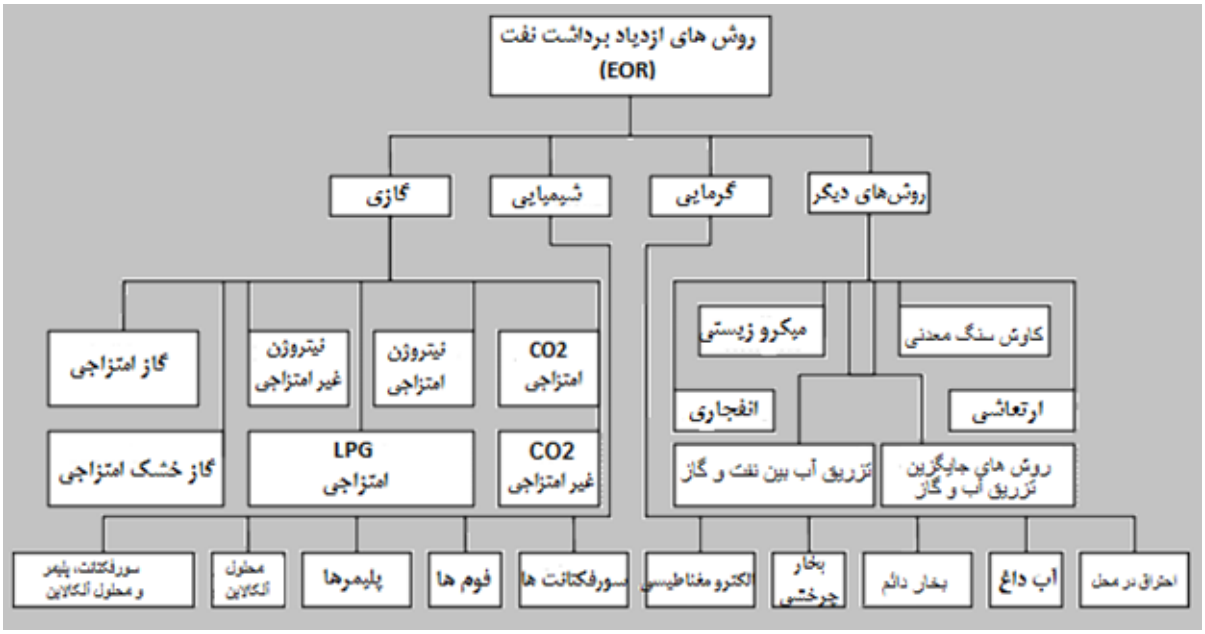
عملیات ازدیاد برداشت از طریق روش‌های معمول قابل انجام نیست و روش‌های اختصاصی، ازجمله روش‌های ذیل را در بر می‌گیرد:

- روش‌های شیمیایی، اعم از تزریق آلکالین، پلیمر، سورفکتانت و ...
- روش‌های گرمایی، ازجمله استفاده از بخارآب، احتراق و ...
- روش‌های گازی (امتزاجی و غیر امتزاجی)، اعم از تزریق گازهای هیدروکربوری، تزریق دی‌اکسید کربن و ...
- روش‌های دیگر؛ شامل تزریق مواد زیستی ازجمله انواع مواد سازگار با محیط‌زیست.

طبق تعریف انجمن مهندسین نفت، عملیات ازدیاد برداشت جزئی از عملیات بهبود برداشت به‌حساب می‌آید.

اهمیت افزایش ضریب بازیافت و ازدیاد برداشت

اغلب میدان‌های نفتی ایران به دلیل وجود شرایط مخزنی خوب به‌سادگی حتی برای چند دهه، تولید طبیعی مناسبی دارند اما درصورتی‌که فعالیت‌های نگهداشت مخزن و ازدیاد برداشت صورت نپذیرد، در سال‌های آتی، مشکلات تولید، چند برابر خواهد شد. برآورد شده است که افزایش یک‌درصدی ضریب بازیافت میدان‌های نفتی، منجر به افزایش ۶ میلیارد بشکه‌ای نفت قابل استحصال می‌شود. شایان‌ذکر است که تجارب انجام این عملیات در میدان‌های نفتی کشور، حاکی از آن است که نتیجه افزایش ضریب بازیافت در



شکل ۲: روش‌های ازدیاد برداشت (EOR)

ایران بسیار بیشتر از یک درصد خواهد بود که این موضوع به ویژگی‌های کیفی مخازن ایران برمی‌گردد.

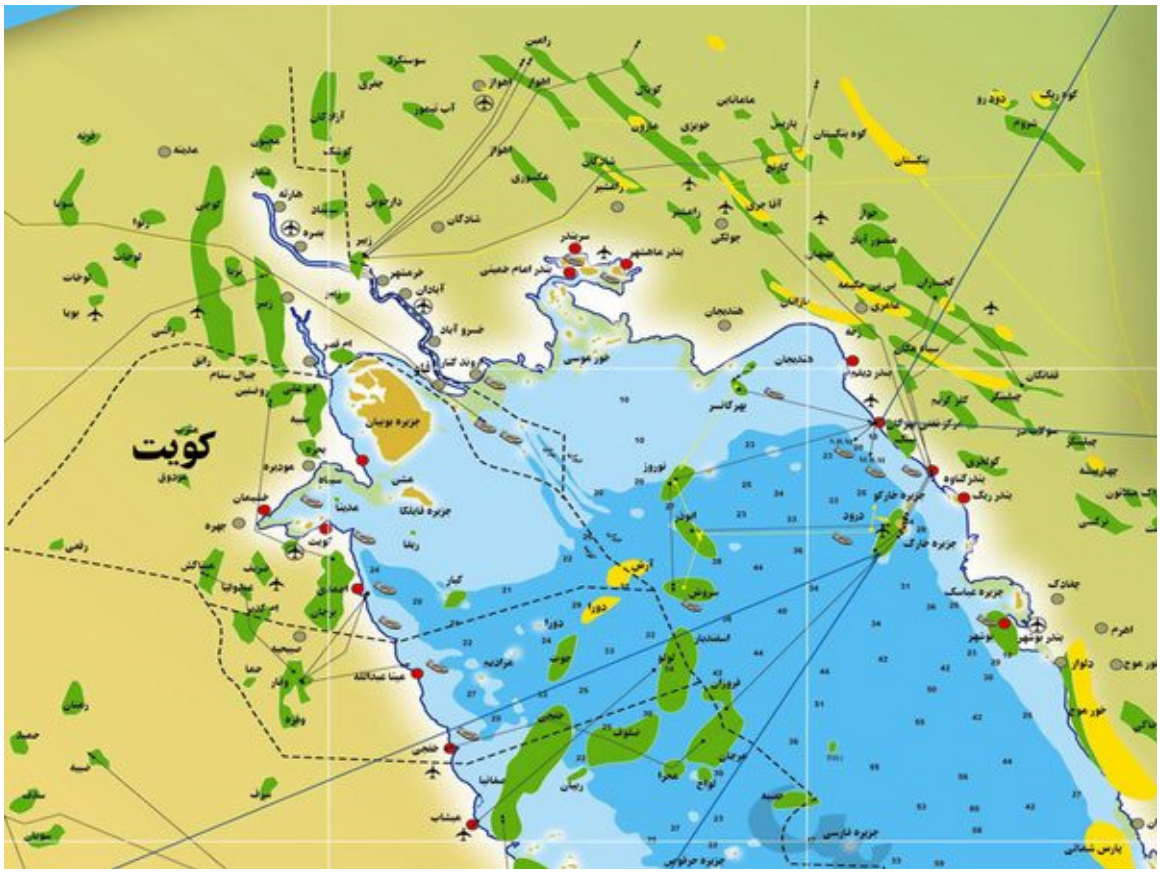
بر همین اساس در سال‌های اخیر اقدامات پژوهشی متعددی در زمینه‌ی ازدیاد برداشت نفت از میدان‌های نفتی ایران با تمرکز ویژه‌ی دولت‌ها به این موضوع و همکاری میان شرکت‌های زیرمجموعه‌ی وزارت نفت و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور صورت گرفته است.

اقدامات صورت گرفته جهت ازدیاد برداشت نفت از میدان‌های نفتی ایران در یک دهه‌ی اخیر شامل موارد ذیل می باشد:

- ماده ۱۳۰ قانون برنامه‌ی پنجم توسعه: «به‌منظور افزایش ضریب بازیافت مخازن کشور در طول برنامه به میزان یک درصد، وزارت نفت موظف است طی سال اول برنامه، برنامه‌ی جامع صیانتی و ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری را با رعایت اولویت‌بندی مخازن به تفکیک نواحی خشکی و مناطق دریایی تهیه و برای حسن اجرای آن، اقدامات لازم را به عمل آورد.» (۸۹ ۱۰/۳۰)
- عقد قرارداد طرح توسعه‌ی فناورانه‌ی مخازن نفتی بین شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور (سال ۹۳)
- تصویب پروژه انتقال و توسعه‌ی فناوری بخش بالادست شامل بهبود تولید و ازدیاد برداشت در ۲۰ میدان نفتی و گازی در ستاد فرماندهی اقتصاد مقاومتی. (۹۵/۱/۱۶)
- بند ث ماده ۴۸ قانون برنامه‌ی ششم توسعه: «دولت مکلف است به‌منظور افزایش ضریب بازیافت مخازن کشور در طول اجرای قانون برنامه به میزان یک درصد، از طریق وزارت نفت طی سال اول اجرای این قانون، برنامه جامع صیانتی و ازدیاد برداشت از مخازن هیدروکربوری را با رعایت اولویت‌بندی مخازن به تفکیک نواحی خشکی و مناطق دریایی تهیه کند و پس از تصویب آن توسط مراجع قانونی، اقدامات لازم را به عمل آورد.» (۹۵/۱۲/۲۵)
- امضای ۹ قرارداد کلان پژوهشی در حوزه ازدیاد برداشت نفت میان شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور (سال ۹۶)
- امضای ۱۳ قرارداد کلان پژوهشی در حوزه ازدیاد برداشت نفت میان شرکت ملی نفت ایران و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور (سال ۹۹)

نتایج برخی از پروژه‌های انجام گرفته؛ میدان اهواز:

مشخصات میدان: ابعاد این میدان در سازند آسماری ۷×۷۰ کیلومتر بوده و نسبت به میدان‌های مجاور از شمال توسط میدان‌های رامین و سردرآباد، از شرق توسط میدان مارون، از غرب توسط میدان بندکرخه و از جنوب توسط میدان‌های سوسنگرد، آبتیمور و



شکل۳: موقعیت میادین نفتخیز جنوب

منصوری محدود می‌شود. این میدان شامل دو مخزن نفتی آسماری و بنگستان و یک مخزن گازی خامی است. مخزن آسماری از نوع ماسه‌سنگ و کربناته است. مخزن بنگستان این میدان کربناته، زیر اشباع و تا حدودی شکافدار و فاقد آبده فعال است.

دستاوردهای پروژه: در میدان اهواز پس از مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، به دلیل وسعت زیاد میدان و تنوع سنگ و سیال، هریک از مخازن آن به ناحیه‌هایی (مخزن بنگستان و آسماری به ترتیب ۸ و ۱۲ ناحیه) تقسیم شده است. بر اساس غربالگری اولیه روش‌های ازدیاد برداشت در مخزن بنگستان میدان اهواز با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی، روش‌های تزریق غیر امتزاجی گاز، سیلابزنی آب و چاه افقی انتخاب شده است. همچنین تعداد ۳۲ چالش اساسی میدان در سه بخش مخزن، چاه و تأسیسات محور تعیین و راهکارهایی جهت رفع آن‌ها پیشنهاد شده است. مطالعه‌ی مذکور توسط پژوهشگاه صنعت نفت و با همکاری شریک معتبر خارجی در حال انجام است.

نتایج برخی از پروژه‌های انجام‌گرفته؛میدان بی‌بی حکیمه:

مشخصات میدان: میدان نفتی بی‌بی حکیمه به‌صورت طاقدیسی کشیده با دامنه‌ی پرشیب در فروافتادگی دزفول واقع در ۲۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز واقع شده است. ابعاد تقریبی میدان ۶۰ کیلومتر طول و ۷ کیلومتر عرض است. مخزن اصلی این میدان در سازند آسماری قرار دارد که شامل لایه‌های کربناته، شیلی، تبخیری و ماسه‌سنگی است. مخزن دیگر این میدان در گروه بنگستان قرار دارد که شامل لایه‌های کربناته با تراوایی پایین است. بر اساس مطالعات انجام‌شده به نظر می‌رسد بیشترین بازیافت از میدان بی‌بی حکیمه زمانی میسر خواهد بود که تحت تأثیر تزریق گاز قرار بگیرد.

دستاوردهای پروژه: در میدان بی‌بی حکیمه ۱۳ چالش اصلی میدان شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند و راهکارهای فناورانه جهت حل این چالش‌ها به‌صورت پروپوزال‌های پژوهشی توسط پژوهشگاه صنعت نفت در حال تهیه می‌باشند. در این میدان با استفاده از آنالوژی و نرم‌افزارهای تجاری روش‌های بهینه ازدیاد برداشت انتخاب و آزمایش‌های اولیه و پیشرفته جهت بررسی دقیق‌تر روش‌های منتخب طراحی شده‌اند. مطالعه مذکور نیز توسط پژوهشگاه صنعت نفت انجام می‌شود.

نتایج برخی از پروژه‌های انجام‌گرفته؛میدان کرنج:

مشخصات میدان: میدان نفتی کرنج در شمال شرقی میدان آغاجاری و در جنوب غربی میدان پارسی و در منطقه فروافتاده‌ی دزفول جنوبی واقع شده است. فاصله این میدان تا شهر اهواز ۱۱۵ کیلومتر است. طول میدان کرنج ۳۵ و عرض آن ۶ کیلومتر است. ضریب بازیافت این میدان در مقدار متوسط جهانی قرار دارد. جهت افزایش ضریب بازیافت از سال ۱۳۷۱ در این میدان تزریق گاز شروع شده و تاکنون ادامه دارد. پیش‌بینی می‌شود در صورت اجرای کامل طرح، تزریق گاز در میدان کرنج در حدود ضریب بازیافت میدان به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یابد. مهم‌ترین چالش‌های این میدان، افت فشار مخزن و نفت محبوس شده در ناحیه گاز زده است.

دستاوردهای پروژه: در میدان کرنج نرم‌افزار بومی EOR-APT با هدف غربالگری روش‌های ازدیاد برداشت با استفاده از بانک داده‌های مخازن کربناته در دنیا توسط دانشگاه آزاد اسلامی تهیه شده است. بر اساس غربالگری اولیه که با این نرم‌افزار انجام شده است، روش‌های تزریق امتزاجی گاز دی‌اکسید کربن و تزریق گازهای هیدروکربوری بیشترین کاربرد در مخازن مشابه با مخزن آسماری میدان کرنج در دنیا را دارا است. بر این اساس آزمایش‌های اولیه جهت بررسی دقیق‌تر روش‌های ازدیاد برداشت پایه گازی بر روی نمونه‌های سنگ و سیال میدان کرنج طراحی شده‌اند که فاز اجرایی آن به‌زودی آغاز خواهد شد.

نتایج برخی از پروژه‌های انجام‌گرفته؛میدان کوپال:

مشخصات میدان: میدان کوپال به ابعاد ۳۹×۴ کیلومتر شامل دو مخزن عمدتاً کربناته و شکافدار آسماری و بنگستان است. سنگ مخازن این میدان دارای تخلخل و تراوایی پایینی است. مکانیزم‌های عمده‌ی رانش نفت در این میدان شامل انبساط سیال و رانش گاز محلول (در مخزن بنگستان) و تزریق گاز به کلاهک گازی به همراه آبده نیمه فعال (در مخزن آسماری) است.

دستاوردهای پروژه: در مخزن بنگستان میدان کوپال طبق بررسی‌های اولیه‌ی انجام‌شده توسط دانشگاه صنعتی شریف مشخص شده است که تزریق آب دریای خلیج‌فارس نسبت به آب سازند موجب افزایش قابل‌توجه ضریب بازیافت خواهد شد. همچنین در مخزن آسماری میدان کوپال نانو ذرات جدیدی سنتز شده است که میزان ترشوندگی سنگ مخزن در بخش گاز زده را به سوپر گاز دوست تغییر خواهد داد. در صورت تغییر ترشوندگی سنگ مخازن نواحی گاز زده، میزان نفت باقی‌مانده در این نواحی کاهش یافته و موجب افزایش ضریب بازیافت نفت در کل میدان خواهد شد.

نتایج برخی از پروژه‌های انجام‌گرفته؛میدان گچساران:

مشخصات میدان: میدان گچساران در فاصله ۶۵ کیلومتری شمال خلیج‌فارس قرار دارد و دارای ابعادی به طول ۶۵ کیلومتر و عرض متوسط ۸.۵ کیلومتر است. این میدان شامل دو مخزن به نام‌های مخزن آسماری و مخزن بنگستان است. سنگ‌های کربناته مخزن بنگستان با خواص پتروفیزیکی تقریباً یکنواختی در سرتاسر میدان گسترش یافته‌اند. در اثر تزریق گاز در مخزن آسماری و ارتباط بین مخازن این میدان، تأثیر مثبت تزریق گاز در مخزن بنگستان به‌خوبی دیده می‌شود. لازم به ذکر است که تزریق گاز در مخزن آسماری از خردادماه ۱۳۵۶ شروع گردیده و تاکنون ادامه دارد.

دستاوردهای پروژه: دانشگاه صنعت نفت در مطالعه‌ی میدان گچساران ست‌آپ آزمایشگاهی نوینی جهت شبیه‌سازی رفتار مخازن دارای کلاهک گازی طراحی نموده است. با بومی‌سازی دستگاه مذکور

امکان بررسی کلیه روش‌های ازدیاد برداشت در بسیاری از مخازن میدان‌های نفت‌خیز جنوب با دقت بیشتری امکان‌پذیر شده است. همچنین روشی منحصربه‌فرد در تعیین انواع سنگ مخازن تعریف و بر مبنای آن دستگاه جدیدی طراحی و راه‌اندازی شده است. در رابطه با چالش‌های این میدان، تاکنون بیش از ۴۰ پروژه دانشجویی تعریف شده است و گروه نفت این دانشگاه تصویب پروپوزال‌های تحصیلات تکمیلی را در دوره ای، به مرتبط بودن با چالش‌های میدان گچساران منوط نموده است.

نتایج برخی از پروژه‌هـای انجام‌گرفته؛میدان منصوری:

مشخصات میدان: میدان نفتی منصوری از میدان‌های نفتی ایران است که در حوضه‌ی زاگرس در ناحیه فروبار دزفول شمالی در استان خوزستان، به فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب اهواز، واقع شده است. میدان منصوری در سال ۱۳۴۲ هجری شمسی شناسایی و در سال ۱۳۴۵ با حفر چاه شماره ۱، مخازن آسماری و بنگستان آن کشف شد. میدان منصوری دارای دو مخزن نفتی آسماری و بنگستان و یک مخزن گازی خامی است. طول سازند آسماری میدان منصوری ۳۰ و عرض آن ۳/۵ کیلومتر است. در مخزن آسماری میدان منصوری سه لیتولوژی عمده مخازن (ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک و دولومیت) وجود دارد ولی جنس سنگ مخزن بنگستان آهکی است.

دستاوردهای پروژه: در میدان منصوری بیش از ۵۶ پروژه دانشجویی در دانشگاه شیراز در حال انجام است. در این میدان چالش‌های اصلی میدان شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند و برای چالش‌های مذکور راهکارهایی پیش‌بینی شده است. طبق بررسی‌های اولیه‌ی انجام‌شده در مخزن آسماری با توجه به آبزدگی لایه نفتی، ازدیاد برداشت با استفاده از سیالات پایه آبی تحت بررسی است. در مخزن بنگستان علاوه بر روش‌های پایه آبی، روش‌های لایه شکافی نیز جهت بهبود تولید از میدان تحت بررسی هستند. ساخت و سنتز مواد شیمیایی جهت ازدیاد برداشت در شرایط دما و فشار مخزن از دیگر دستاوردهای پروژه پژوهشی مذکور بوده است.

تزریق دی اکسـید کربن؛ کربن زدایی و احیای چاه همزمان

یکی از روش‌های ازدیاد برداشت نفت که همواره مورد تأکید آژانس بین‌المللی انرژی بوده، روش تزریق دی‌اکسید کربن است. این روش از آن نظر موردتوجه و تأکید قرار دارد که در کاهش انتشار کربن از صنعت نفت و گاز مؤثر است و می‌تواند به شرکت‌های نفت و گاز در انجام تعهداتشان در خصوص اقدامات آب و هوایی و محیط زیستی کمک کند. البته استفاده از این روش با در نظر گرفتن شرایط فنی، اقتصادی و موقعیت جغرافیایی چاه‌های نفت امکان‌پذیر است. در ایران نیز مطالعاتی در خصوص امکان استفاده از این روش صورت گرفته و در بعضی از میدان های نفتی هم به مرحله‌ی اجرا درآمده است. با توجه به اهمیت موضوع، گزارش‌های تکمیلی در خصوص وضعیت استفاده از روش فوق در سطح جهان و ایران در گزارش‌های آتی ماهنامه‌ی فن‌آوری تهیه و منتشر خواهد شد.

نتیجه گیری

سیر گذار انرژی به سمت کاهش تقاضای نفت در دهه‌های پیش رو، ضرورت تسریع در اتخاذ اقدامات اجرایی بر اساس نتایج پژوهش‌های صورت گرفته را جهت حضور قدرتمند و حفظ سهم بازار ایران در بازار جهانی نفت پررنگ می‌کند. همچنین با توجه به حجم گسترده‌ی مطالعات صورت گرفته و در حال انجام درکشور و نظر به پژوهش‌های جهانی و تجربیات عملی کشورهای صاحب فناوری در این حوزه مدیریت دانش حاصله و پایش فناوری‌های روز دنیا و مهیا نمودن زمینه‌ی همکاری با شرکت‌های بین‌المللی می‌تواند به تسریع در برداشتن گام‌های عملی در خصوص ازدیاد برداشت نفت از مخازن ارزشمند کشور کمک نماید.

منابع:

[1]https://www.nioc.ir/portal/file/?215630/ekteshaf-v1396n145p28-fa.pdf

[2] https://www.tpbin.com/GetFullPage?id=2263&isJournal=true

[3] https://nisoc.ir/fa-IR/research.nisoc/5420/page/

[4]https://www.iea.org/commentaries/can-co2-eor-really-provide-carbon-negative-oil

نگاهی به توسعه صنعت پتروشیمی از زاویه دیگر؛ این روایت: میانکاله

مهدی کربلایی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

ساخت مجتمع پتروشیمی در مازندران در سال ۱۳۹۶ پس از موافقت وزارت نفت برای ساخت این واحد بزرگ صنعتی کلید زده شد و براساس توافق وزارت نفت مقرر شد، ساخت مجتمع پتروشیمی در اراضی موسوم به بانک زمین در نزدیکی تالاب بین‌المللی میانکاله در شرق مازندران در صورت موافقت سازمان محیط زیست انجام شود.

این طرح در دولت دوازدهم برای دریافت ارزیابی زیست‌محیطی به سازمان حفاظت محیط زیست فرستاده شد، اما بدون آنکه مجوزی از سوی این سازمان صادر شود، با عنوان اینکه سازمان حفاظت محیط زیست موافقت ضمنی صادر کرده است، احداث آن از سوی بخش خصوصی سرمایه‌گذار، پیگیری شد.

در مردادماه سال ۹۹ شرکت صنایع پتروشیمی امیرآباد مازندران به صورت سهامی خاص تشکیل شد و در جلسه هفدهم اسفندماه سال ۹۹، هیئت وزیران مصوب کرد که زیرساخت‌های لازم برای احداث یک پارک اختصاصی تولید پروپیلن از گاز طبیعی (GTP) در منطقه امیرآباد مازندران مشتمل بر تأمین و آماده‌سازی زمین، احداث مخازن و تأسیسات انتقال پروپیلن به منظور استقرار واحدهای تبدیل گاز طبیعی به پروپیلن جمعاً به‌ظرفیت ۴۰۰ هزار تن در سال و تأسیسات انتقال پروپیلن به منطقه عمومی دامغان احداث شود.

این مصوبه که در ماه‌های پایانی دولت دوازدهم منجر به تعریف یک پروژه با سرمایه‌گذاران مشخص و مبتنی بر مصوبه هیئت وزیران برای اجرا در دولت سیزدهم شد، مخالفت‌هایی را از سوی تشکل‌های مختلف، به‌ویژه تشکل‌های محیط‌زیستی به‌دنبال داشت تا اینکه در اسفندماه ۱۴۰۰، کلنگ‌زنی آن توسط وزیر کشور انجام شد.

مکان احداث

مکان احداث این مجتمع پتروشیمی همانطور که گفته شد در نزدیکی تالاب میانکاله قرار دارد. تالاب میانکاله یکی از زیست بوم های پیچیده حیاتی است که با ویژگی های ویژه بوم شناختی بعنوان زیستگاه گونه های جانوری و گیاهی علی الخصوص پرندگان مهاجر شناخته می شود.

در مجموع نزدیک به ۲۵۰ گونه پرنده خشکی زی و آبزی به صورت بومی و مهاجر در پناهگاه، زیست می کنند که نزدیک به ۵۰ درصد پرندگان کشور را شامل می شود. بخش آبی میانکاله نیز به جهت اینکه محل تخم ریزی، تکثیر و نوزادگاه ماهیان بومی و تجاری دریای خزر همانند کپور، کفال، کلمه، سفید و غیره می باشد، از اهمیت خاصی در حفظ ذخایر ماهیان دریای خزر برخوردار است.

وجود مجتمع های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب های شهری و ایجاد آلودگی در این تالاب و دریای خزر، این منطقه را با توجه به اهمیت ویژه آن و حساسیت گونه های موجود در خطر بزرگی قرار می دهد.

آلایندگی صنعت پتروشیمی

صنعت پتروشیمی یکی از صنایع مهم کشور است که در دهه های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته و ارزش افزوده قابل توجهی ایجاد می کند. این ارزش افزوده قابل توجه و دسترسی ایران به ذخایر عظیم گاز طبیعی باعث شده که سرمایه گذاری های فراوانی در این حوزه انجام گیرد. اما تصور نادرست و مدیریت غیر علمی حتی در این حوزه نیز می تواند به نتایجی فاجعه بار منجر شود.

صنعت پتروشیمی یکی از صنایع آلاینده کشور می باشد. طبق گزارشهای سازمان بهداشت جهانی(WHO)، ۲۵ درصد از مرگ و میر در کشورهای در حال توسعه مرتبط با آلودگی های محیط زیستی می باشد. این صنعت طیف وسیعی از آلودگی های زیر را ایجاد می کند:

- آلودگی آب بدلیل نشت پساب و مواد شیمیایی
- آلودگی خاک بدلیل نشت پساب و مواد شیمیایی
- آلودگی هوا با انتشار آلاینده های حاصل از احتراق و گازهای موجود در فرآیندها
- آلودگی صوتی بدلیل وجود تجهیزات دوار و فرآیندهای مختلف

از آنجا که فرآیندهایی که در مجتمع های پتروشیمی صورت می گیرد نیاز به حرارت دارد و در کنار آن تجهیزات دوار مورد استفاده قرار می گیرند، نیاز به فرآیندهای احتراقی و مصرف سوخت های فسیلی در این مجتمع ها وجود دارد. با مصرف این سوخت ها و آزاد کردن محصولات احتراق، طیف وسیعی از آلاینده های زیست محیطی شامل ترکیب های آلی فرار، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، ذرات ریز معلق، فلزات سنگین و ... وارد محیط می شود. وجود این ترکیبات در هوا می تواند باعث انواع بیماری ها در انسان و جانداران شود. مطالعات مختلف ارتباط آلودگی های ناشی از صنایع گاز و پتروشیمی را با بیماری های مختلفی مانند آسم و آلرژی، سرطان های ریه، پستان، لوسمی ، بیماری های قلبی و عروقی، مغز و اعصاب، ناباروری و اختلال در رشد جنین و نوزاد نشان داده اند. همچنین در صورت بارش در مناطق آلوده با ترکیبات یاد شده، این ترکیبات در باران حل شوند واحتمال بارش باران اسیدی با مواد شیمیایی و فلزات سنگین وجود دارد. در نهایت آب باران آلوده باعث آلودگی و افزایش اسیدیته آب و خاک می شود که زندگی انسان و جانداران را به خطر می اندازد و گیاهان و محصولات کشاورزی را آلوده می کند.

در صورت عدم رعایت استانداردها و ملاحظات زیست محیطی، سهل انگاری و خطای انسانی، انجام ندادن تعمیرات و بازرسی در

زمان و با کیفیت لازم و یا وقوع حادثه در مجتمع های پتروشیمی، باعث نشت مواد شیمیایی و فلزات سنگین به محیط زیست می شود که تبعات بسیاری برای گونه های گیاهی، جانوری و محیط زیست انسان دارد. حتی در صورت رعایت استانداردها و انجام تعمیرات و بازرسی های بسیار دقیق، تاثیر عوامل دیگر مانند حادثه یا خطای انسانی صفر نخواهد شد. همچنین ورود پساب ، که عمدتاً از کندانسور مجتمع های پتروشیمی خارج می شود، در صورت عدم تصفیه بسیار دقیق بدلیل وجود فلزات سنگین و مواد شیمیایی، محیط زیست را آلوده خواهد کرد. این مواد شیمیایی و فلزات سنگین از طریق مصرف آبزیان توسط انسان نیز، باعث به خطر انداختن سلامت انسان می شود. همچنین در صورت ورود پساب با دمای بالا و یا انتقال گرمای آن به آب تالاب سبب افزایش دمای آب و نابودی موجودات آبزی و گیاهان خواهد شد. نشت مواد شیمیایی، فلزات سنگین و پساب پتروشیمی ها به محیط زیست باعث بروز اتفاقات فاجعه باری مانند تلف شدن ۲۰ هزار ماهی در خور موسی بدلیل نشت مواد شیمیایی و فلزات سنگین در سال ۱۳۹۲ یا تلف شدن دام ها در مسجدسلیمان بدلیل پساب پتروشیمی در سال ۱۴۰۰ و بسیاری از موارد دیگر در کشور شده است.

به دلیل جلگه ای بودن منطقه میانکاله، شکل زمین در این محدوده صاف و مسطح است. بنابراین به لحاظ شکل ظاهری عاری از هرگونه عارضه طبیعی و زمین ساختی، فاقد جریانات سطحی بوده و باران به لحاظ قابلیت نفوذ زیاد خاک به سفره های آب زیرزمینی می پیوندد که در صورت آلوده بودن آب باران سفره های آب زیرزمینی نیز آلوده می شود.

تمام موارد ذکر شده با رعایت استانداردهای محیط زیستی و تعمیر و نگهداری صحیح، می تواند محدود شود اما از بین نمی رود. با توجه به ایجاد آلودگی های متعدد در صنایع پتروشیمی و حادثه های ناگزیری مانند آتش سوزی و شکستی یا خوردگی لوله ها، حتی با توجه به رعایت مسائل ذکر شده، باعث می شود که هیچگونه اطمینانی مبنی بر عدم وقوع مشکلات محیط زیستی بخصوص در منطقه بسیار مهم و ارزشمند میانکاله نباشد.

قوانین محیط زیستی

طبق مصوبه ضوابط و معیارهای استقرار واحدها و فعالیتهای صنعتی و تولیدی شماره۷۸۹۴۶۶/ت۳۹۱۲۷هـ هیئت وزیران واحدهای پتروشیمی در گروه نفت و گاز، رده ۷ و ردیف ۱۳۷۰۱ قرار می گیرند. طبق ماده ۳ این مصوبه محل پیشنهادی جهت استقرار واحدهای رده ۷ در خارج از محدوده شهر و روستا با توجه به فرآیند تولید ، توپوگرافی منطقه ، شرایط اقلیمی ، ظرفیت قابل تحمل محیط زیست ، جهت بادهای غالب ، جهات توسعه شهری و سایر ملاحظات زیست محیطی ، به صورت موردی توسط اداره کل حفاظت محیط زیست استان و براساس دستورالعملی که توسط سازمان حفاظت محیط زیست صادر می گردد، مورد بررسی کارشناسی و اعلام نظر قرار می گیرد . همچنین تبصره ۳ ماده ۳ همین مصوبه اعلام می دارد که استقرار صنایع در اراضی مستعد کشاورزی منطبق با قوانین و مقررات مربوطه مستلزم کسب موافقت وزارت جهاد کشاورزی می باشد. طبق مصوبه شماره ۳۲۷۱۹/ت۲۵۸۴۲ هـ هیئت وزیران که مربوط به ضوابط و معیارهای استقرار صنایع در استان های شمالی کشور است، ایجاد واحدهای پتروشیمی که در رده ۷ گروه صنایع نفت و گاز قرار می گیرند با تصویب کارگروهی مورد بررسی قرار می‌گیرد که به همین ترتیب در مورد احداث و یا عدم احداث و همچنین فاصله این واحدها از سکوتگاه ها، مناطق حیات وحش، تالاب و غیره را تعیین می کنند. در نتیجه در صورت تایید بررسی های کارشناسی و کسب مجوزهای لازم، احداث پتروشیمی مانع قانونی ندارد. البته این موارد طبق اظهارات سخنگوی دولت (به تاریخ ۱۴۰۱/۱/۱۸) در مورد پتروشیمی میانکاله صورت نگرفته است و احداث این مجتمع منوط به گرفتن مجوزها و تاییدیه های لازم است.لیکن، همانطور که گفته شد، دریافت مجوز و تایید کارشناسی به معنای صفر شدن مخاطرات محیط زیستی نیست.

چرا صنعت پتروشیمی؟

همانطور که اشاره شد صنعت پتروشیمی دارای ارزش افزوده بالایی است و از آنجا که ایران دارای ذخایر عظیم گاز طبیعی است این موضوع بعنوان یک مزیت مهم به حساب می آید. سایر بخش های صنعت نفت و گاز مانند جمع آوری گاز های فلر، طرح های افزایش ظرفیت تولید و پالایش نفت و گاز، بهینه سازی در سمت عرضه و تقاضای نفت و گاز و... اما، گاهی از اولویت های سرمایه گذاری دور می شوند که می توان دلایل زیر را در این مورد مطرح نمود:

۱–ضعف در شناسایی پتانسیل های سرمایه گذاری جهت ارائه به سرمایه گذاران داخلی و خارجی

۲–نبود چارچوب و قوانین مناسب جهت انعقاد قرارداد و جذب سرمایه و همچنین حمایت در این راستا

۳–تصمیم گیری و قانون گذاری شتابزده و کارشناسی نشده

۴–نوسانات اقتصادی و سیاسی که ریسک سرمایه گذاری را شدیداً افزایش می دهد

۵–عدم پایبندی دولت به عمل به موقع به وعده ها که باعث کاهش اعتماد سرمایه گذاران می شود

تمام این عوامل و بسیاری از عوامل دیگر، دست در دست هم می دهند و در نهایت سرمایه گذار با توجه به ریسک های موجود، حجم سرمایه گذاری و انتظارات از سرمایه گذاری انجام شده صنعت پتروشیمی را انتخاب می کند. در حالی که بعنوان مثال جمع آوری گاز های فلر، آلایندگی در محل جمع آوری را بشدت کاهش می–دهد و ظرفیت تولید گاز کشور را افزایش می دهد که این موضوع خود باعث کمک به رفع ناترازی گاز در زمستان، جلوگیری از تعطیلی صنایع بدلیل کمبود گاز و کاهش آلایندگی ناشی از سوزاندن گازهای فلر می–شود؛ اما بدلیل ضعف در شناسایی و ارائه پتانسیل ها، نبود چارچوب مناسب و عدم اعتماد به پرداخت های به موقع و تصمیم گیری های دولتی، این موضوع برای سرمایه گذار جذاب نمی باشد. این مسئله تنها محدود به حوزه ی نفت و گاز

نیست و در سایر حوزه ها مانند کشاورزی، مدیریت انتقال و مصرف آب، تصفیه آب و فاضلاب، تولید برق و بسیاری از حوزه هایی که در کشور با بحران های مهمی روبرو می باشد، وجود دارد. تصور کنید که سرمایه گذاری انجام شده در پتروشیمی میانکاله وارد بخش کشاورزی استان مازندران می شد یا در جهت توسعه انرژی های تجدیدپذیر مورد استفاده قرار می گرفت. از سمت دیگر بحران ناترازی برق و گاز باعث شده که صنایع کشور در ماه های گرم و سرد به تعطیلی یا اورهال اجباری بروند که این موضوع زیان قابل توجهی به اقتصاد کشور و واحدهای صنعتی وارد کرده است.

درست یا غلطِ میانکاله و پروپیلن

هنوز در مطالعات مکان یابی و اقتصادسنجی لازم برای این طرح ابهامات فراوانی وجود دارد. همانطور که اشاره شد ناترازی انرژی در ایران سبب مشکلات فراوانی برای صنایع کشور شده است. همچنین این موضوع برای صنایع در استان های شمالی کشور با توجه به افت فشار، در نتیجه ایجاد صنایع مصرف کننده گاز و همچنین هزینه انتقال آن، تاثیر قابل توجهی برای این استان ها خواهد گذاشت. قطعا ناترازی گاز کشور در سال های آینده شدت بیشتری پیدا خواهد کرد، چرا که تقاضای گاز در بخش های مختلف در حال افزایش است و روند تولید در میدان پارس جنوبی که تامین کننده حدود ۷۰ درصد از گاز کشور است، بدلیل افت فشار در سال–های آینده در شیب نزولی قرار خواهد گرفت. از طرفی واردات گاز از کشورهایی مانند ترکمنستان، ایران را از نظر اقتصادی به این کشورها وابسته می کند. با توجه به زمانبر بودن پروژه های پتروشیمی و افزایش ناترازی گاز در صورت عدم چاره اندیشی در این مورد، در خوشبینانه ترین حالت این پتروشیمی تنها می تواند بخشی از سال را در مدار تولید قرار گیرد.

مسئله مهم و قابل توجه دیگر، انتقال پروپیلن به منطقه عمومی دامغان در حداقل فاصله ۲۰۰ کیلومتری میانکاله است. این موضوع که پروژه انتقال پروپیلن و تاسیس واحدهای دیگر پتروشیمی در دامغان برای تبدیل پروپیلن به پلی پروپیلن یا محصولات دیگر در چه مرحله ای می باشد و اینکه آیا تاسیس واحدهایی در دامغان خود مورد بررسی های فنی، اقتصادی و زیست محیطی قرار گرفته است، جای ابهام دارد. سوال مهم دیگری که مطرح می شود این است که پتروشیمی میانکاله در صورت بهره برداری بدون خطوط انتقال و مجتمع های پایین دستی پروپیلن چه کارایی دارد و محصولات تولیدی خود را به کجا، چگونه و با چه هدفی می خواهد منتقل کند؟

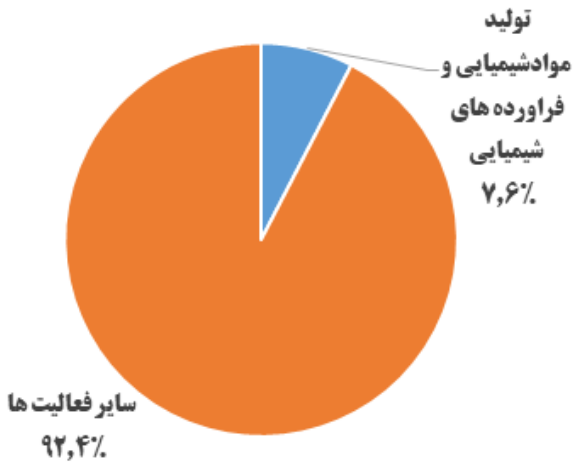
در حالی که بسیاری از پروژه های مهم و برجسته در کشور بدلیل نبود سرمایه کافی، متوقف شده و یا به کندی پیش می رود، شاهد شروع طرح های جدید که نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی دارند، هستیم. حتی در صنعت پتروشیمی، بسیاری از طرح های پتروشیمی به کندی پیش می روند و یا حتی متوقف شده اند. در کنار این موضوع، هنوز تکلیف پرونده تعداد قابل توجهی از طرح های پتروشیمی کشور مانند پتروشیمی های گلستان، فسا، داراب، جهرم و ... مشخص نیست و شفاف نیست که چه روندی را دنبال می کنند. نکته قابل توجه آن است که برخی از طرح های ذکر شده عمدتاً، پیش از بررسی های کارشناسی به تایید، کلنگ زنی و تخصیص بودجه رسیده است.

رهبر معظم انقلاب و مسئولین کشور بارها بر لزوم تکمیل زنجیره ارزش و جلوگیری از خام فروشی تاکید کرده اند، اما باز هم شاهد آن هستیم که بجای تکمیل زنجیره ی ارزش صنعت پتروشیمی، طرح ها در راستای این موضوع نیستند و علیرغم تاکیدهای صورت گرفته، جهت گیری های مورد نیاز شکل نگرفته است.

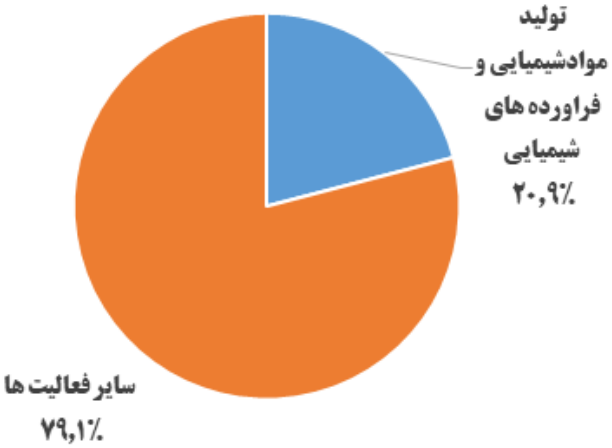
شاید تاسیس واحد تولیدی پروپیلن در میانکاله بدلیل دسترسی به منابع آب شیرین و یا شاید دغدغه هایی مانند اشتغال زایی و بهبود شرایط اقتصادی مردم منطقه مطرح بوده است که در ادامه به بررسی این موارد نیز خواهیم پرداخت.

اشتغال زایی صنعت پتروشیمی

اشتغال زایی، ویژگی تمام صنایع است و نمی توان آن را منحصر به صنعت پتروشیمی دانست. همچنین ادعای این موضوع که این صنعت اشتغال زایی بیشتر و بهتری را ایجاد می کند نیز ادعای



نمودار ۱ – شاغلان صنعت بر حسب نوع فعالیت



نمودار ۲ – ارزش سرمایه‌گذاری در صنعت بر حسب نوع فعالیت

صحیحی نیست. صنایع پتروشیمی با توجه به نیاز به سرمایه عظیم، اشتغال محدودی ایجاد می کنند. طبق آمار کارگاه های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر مرکز آمار ایران، صنایع تولید مواد شیمیایی و فرآورده های شیمیایی (که بخش جامع تری از صنعت پتروشیمی را شامل می شود) در سال ۱۳۹۷، ۷/۶% از کل شاغلان بخش صنعت را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که این بخش ۲۱% از ارزش سرمایه گذاری بخش صنعت را شامل می شود. این بدین معنی است که صنعت تولید مواد شیمیایی و فرآورده های شیمیایی، با یک مقدار سرمایه گذاری مشخص در مقایسه با سایر صنایع، اشتغال بسیار محدودتری ایجاد می کند. این موضوع در صنعت پتروشیمی بدلیل نیاز به حجم سرمایه گذاری بسیار بالاتر در گروه تولید مواد شیمیایی، شدیدتر می شود.

براساس اعلام مرکز پژوهش‌های مجلس تا انتهای سال ۱۳۹۹، جمعا ۷۹ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در صنعت پتروشیمی انجام شده است، این درحالی است که با احتساب کل شاغلان این صنعت (۷۰ هزار نفر)، هزینه ایجاد هر شغل در صنعت پتروشیمی حدودا ۱/۱۳ میلیون دلار بوده است.

ایجاد پتروشیمی در یک منطقه، عمدتاً با شعار اشتغال زایی در آن منطقه صورت می گیرد که همانطور که مطرح شد این صنایع آن طور که تصور می شود، شعار اشتغال زایی را محقق نمی کنند. علاوه بر این موضوع، اشتغال زایی این صنعت بعنوان اشتغال زایی برای بومیان مطرح می شود، در صورتی که این امر معمولاً تحقق نمی یابد و تعداد قابل توجهی از ظرفیت ایجاد شده به نیروهای غیر بومی تخصیص می یابد. البته اشاره به این نکات در نقد میزان اشتغال زایی ناشی از طرح های پتروشیمی، نافی ارزش افزوده ی کلی و همه جانبه برای کشور نمی باشد.

درآمدزایی صنعت پتروشیمی

پر واضح است که درآمدزایی صنعت پتروشیمی با همه ی چالش های پیش رو، برای کشور تراز بسیار مثبتی را ایجاد نموده و در مقاطع زمانی حساس و بحرانی، ارزآوری مطلوبی را به دنبال داشته است. اما اگر درآمد زایی منطقه ای را مد نظر داشته باشیم، باید گفت متاسفانه در سیاست گذاری کشور این تصور وجود دارد که ایجاد پتروشیمی در یک منطقه می تواند ایجاد یک هاب اقتصادی کند و رشد قابل توجهی را برای آن منطقه به وجود آورد و احتمالاً تصور ساکنان مناطقی که پتروشیمی در آن احداث می شود این است که با احداث پتروشیمی میزان درآمد و سطح رفاه آنها متناسب با درآمد حاصل از پتروشیمی افزایش خواهد یافت. صنایع نفت، گاز و پتروشیمی با توجه به اینکه سرمایه گذاری زیادی نیاز دارند و اشتغال محدودی نیز ایجاد می کنند نمی توانند تضمین کننده رشد سطح اقتصادی مردم آن منطقه باشند. سرانه تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت ۱۳۹۰ برای استان های خوزستان و بوشهر در سال ۱۳۹۹ به ترتیب ۱۹۸/۳۶ و ۳۶۴/۵۲ میلیون ریال بوده که ۲/۳ و ۴/۳ برابر سرانه کشور بوده است و در جایگاه اول و دوم در بین استان های کشور قرار دارند در حالی که طبق طرح آمارگیری هزینه و درآمد خانوار در سال ۱۳۹۵، متوسط درآمد سالانه خانوارهای شهری استان بوشهر در جایگاه دوازدهم و زیر متوسط کشوری قرار دارد و خانوارهای روستایی این استان در جایگاه نهم کشور قرار دارند. این موضوع نشان می دهد که صنایع نفت، گاز و پتروشیمی با سرمایه گذاری زیادی ایجاد می شوند و سرمایه عظیمی نیز تولید می کنند، اما این تصور که این سرمایه نصیب مناطق خاصی می شود، صحیح نمی باشد و حتی با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از نیروهای موجود غیر بومی هستند، درآمد حاصل از فعالیت در حوزه نفت، گاز و پتروشیمی در مناطقی بغیر از مناطق عملیاتی هزینه می شود.

نتیجه گیری

خداوند را شاکر هستیم که سرزمینمان، ایران را سرشار از منابع طبیعی قرار داده است و بر ما واجب است از این نعمات با مدیریت صحیح، به بهترین وجه ممکن استفاده ببریم. لیکن، در سال های اخیر وابستگی شدید کشور به گاز طبیعی و ناترازی گاز سبب بروز مشکلات فراوانی شده است و به نظر می رسد پتروشیمی میانکاله نیز نشان دهنده حرکت در مسیری است که بدون توجه به پیش نیازهای لازم و مدیریت علمی در حال طی شدن است.

اگر چه نباید از توسعه در حوزه نفت و گاز غافل شد و باید با قدرت به اجرای صحیح طرح های نفت و گاز در کشور بهمراه جذب سرمایه گذاری های داخلی و خارجی پرداخت، اما نباید از بقیه ابعاد توسعه غافل ماند. توجه به اصول توسعه پایدار و متوازن در تمام بخش ها، می تواند کلید حل مشکلات موجود در توسعه کشور باشد که نیاز به برنامه ریزی و بررسی های دقیق و کارشناسی شده دارد. همچنین انجام مطالعات و تدوین استانداردها و سیاست گذاری های لازم با توجه به اصول توسعه پایدار و نگرش سیستمی نسبت به مسئله و طرح مورد نظر، می تواند اثرات مخرب یک طرح را تا حد امکان پایین بیاورد و تاثیرات مثبت آن را در بهینه–ترین حالت ممکن قرار دهد تا بیشترین اثربخشی را داشته باشد.

ایجاد مراکز آموزشی برای تربیت نیروهای متخصص در مناطق عملیاتی و صنعتی نیز بسیار مهم بوده که در کشور نسبت به آن مغفول بوده اند و بخش قابل توجهی از نیروهای متخصص کشور در حوزه های نفت و گاز در مناطقی غیر از مناطق عملیاتی تربیت می شوند و امکانات آموزشی نیز در نقاط خاصی تمرکز یافته اند که نتیجه آن، افزایش نیروهای غیربومی در حوزه نفت و گاز در مناطق عملیاتی و صنعتی است.

توسعه صنایع، بخصوص صنایع پتروشیمی در جهت افزایش بهره وری، کاهش شدت انرژی و تکمیل زنجیره ارزش باید به جدیت دنبال شود. در این راستا نباید از ایجاد زیرساختهای مناسب جهت توسعه در بخش های مختلف غافل بود و توسعه پایدار باید در دستور کار قرار گیرد. همچنین، طرح های مشابه پتروشیمی میانکاله، باید با اهداف شفاف اقتصادی و اشتغال زایی ملی و منطقه ای سنجیده شوند تا انتظارات و مطالبات غیر واقعی برای مردم آن منطقه ایجاد نگردد. در خاتمه پیشنهاد می شود با توجه به موقعیت بسیار خاص تالاب میانکاله، قوانین و ضوابط محیط زیستی، از بعد حیات وحش و زندگی گیاهی، در کانون توجهات قرار گیرد تا مشابه رخدادهای گزارش شده ی جهانی و جرایم و غرامت های سنگین صنایع در زمینه ی محیط زیست، در کشور ما تکرار نگردد.

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

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