



BRENT Crude Oil (\$/b)		WTI Crude Oil (\$/b)	
18/08/2023 84.19	25/08/2023 83.64	18/08/2023 80.63	25/08/2023 79.36
<p>— Brent Crude</p>		<p>— WTI Crude</p>	
Henry Hub Natural Gas (\$/MMBtu)		Europe & Asia Natural Gas (\$/MMBtu)	
18/08/2023 2.63	25/08/2023 2.50	16/08/2023 12.10 11.21	23/08/2023 11.71 13.74
<p>— Natural Gas</p>		<p>— Dutch TTF Natural Gas — LNG Japan/Korea Marker</p>	

پویایی های بازار

بهای حامل های انرژی بعد از هفت هفته افزایش قیمت، مجدداً در این هفته کاهش یافت. امروز صبح نفت خام برنت دریای شمال در لندن با قیمت ۸۴,۴۸ دلار معامله شد. مقدار عرضه در ماه جاری افزایش یافته و مقدار تقاضا همچنان چشم انداز روشنی ندارد. آمار و اطلاعات اقتصادی و مالی منتشره شده توسط «اتحادیه اروپا» نشانگر تفاوت این اعداد با چشم اندازهای رشد اقتصادی اروپا است. نفت خام وست تگزاس اینترمدییت به کانال ۷۰ دلار به ازای هر بشکه بازگشته و امروز صبح به قیمت هر بشکه ۷۹,۸۳ دلار در بازار کاشینگ به فروش رفت. سومین پالایشگاه شرکت «ماراتن» در ایالات متحده به دلیل آتش سوزی های اخیر تعطیل شد. در بازار گاز طبیعی در منطقه هنری هاب یک میلیون واحد حرارتی انگلیسی (بی تی یو) به قیمت ۲,۵۴ دلار معامله شد. همین مقدار گاز طبیعی مایع شده در بازار روتردام در اروپا به قیمت ۱۱,۷۱ دلار به فروش رسید. در شرق دور گاز طبیعی مایع شده به قیمت ۱۳,۷۴ دلار به ازای هر میلیون بی تی یو معامله گردید. بازار گاز اروپا با کاهش قیمت و بازار گاز آسیای دور با افزایش قیمت مواجه بودند. در بازار گاز طبیعی مایع شده در شرق آسیا، فعال شدن همه بخش های اقتصادی چین در امر تولید و ارائه خدمات و تغییر ضوابط در سیاست گذاری رهن و زمین در این کشور مقدار گاز مصرفی پکن را افزایش داده است.

عوامل افزایش قیمت

➤ **افت ذخایر راهبردی نفت کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی:** بانک «گلدمن ساکس» اعلام کرد که ذخایر تجاری نفت در سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) در ماه اوت، ۳۰ میلیون بشکه کمتر از پیش بینی قبلی تحلیلگران «گلدمن ساکس» بوده است. «دان استرویون» مدیر تحقیقات نفت گلدمن ساکس، ماه گذشته میلادی به شبکه «سی.ان.بی.سی.» گفت: «این بانک انتظار دارد که قیمت نفت به دلیل تقاضای بالا و کاهش تولید بالاتر برود.» بانک «گلدمن ساکس» کمبود قابل توجه عرضه نفت در نیمه دوم سال جاری میلادی را پیش بینی می کند؛ به طوری که کمبود عرضه در سه ماهه سوم سال ۲۰۲۳، به حدود دو میلیون بشکه در روز خواهد رسید. طبق گزارش ماهانه «آژانس بین المللی انرژی» ذخایر جهانی نفت در ژوئن، ۱۷,۳ میلیون بشکه کاهش یافت که به دلیل

کاهش ذخایر سازمان توسعه و همکاری اقتصادی بود. همچنین ذخایر نفت در ژوئیه، برای سومین ماه متوالی کاهش یافت و ذخایر راهبردی نفت سازمان توسعه و همکاری اقتصادی اکنون بیش از ۱۰۰ میلیون بشکه کمتر از میانگین پنج ساله است. «آژانس بین‌المللی انرژی» خاطر نشان کرد که با ادامه کاهش عرضه توسط عربستان سعودی و روسیه تا پایان سپتامبر، توازن بازار در پاییز سال جاری میلادی محدودتر خواهد شد. «آژانس بین‌المللی انرژی» اعلام کرد: «اگر ائتلاف «اوپک پلاس» سطح تولید و صادرات فعلی خود را حفظ کند، ذخایر نفت ممکن است ۲,۲ میلیون بشکه در روز در سه ماهه سوم و ۱,۲ میلیون بشکه در روز در سه ماهه چهارم سال جاری میلادی کاهش پیدا کند و ریسک افزایش قیمت‌ها بالاتر برود.»

➤ **کاهش صادرات نفت کویت:** صادرات کمتر از سوی کویت پس از اقدام عربستان سعودی برای کاهش داوطلبانه تولید، قیمت نفت برنت را به نزدیک ۹۰ دلار در هر بشکه در دو هفته اخیر رساند و برای پالایشگاه‌های آسیایی که برای بیش از دوسوم از واردات نفت خود، به خاورمیانه متکی هستند، فضای چندانی باقی نگذاشت. پالایشگاه‌های چینی که سرمایه‌گذاری قابل توجهی در تأسیسات جدید مناسب پالایش نفت ترش انجام داده‌اند، از این وضعیت بیشتر آسیب می‌بینند. نفت تخفیف‌دار روسیه تا حدودی از این فشار کاسته و جایگزین بخشی از عرضه کویت، به‌خصوص برای چین و هند شده است. عمده مشتریان کویت برای خرید نفت با کیفیت مشابه، از صادرکنندگان دیگر نظیر عربستان سعودی، عراق، و امارات عربی متحده، باید پول بیشتری پرداخت کنند یا گریدهای نفتی شیرین و گران‌تر مناطق دیگر را خریداری کنند. طبق آمار شرکت تحقیقاتی «کپلر»، عرضه نفت کویت در فاصله ژانویه تا ژوئیه نسبت به مدت مشابه سال میلادی گذشته، حدود ۱۰ درصد کاهش یافت و به ۱,۶۱ میلیون بشکه در روز رسید. بخشی از کاهش صادرات به دلیل آن است که تولید پالایشگاه «الزور» افزایش یافت. طبق گزارش شرکت‌های مشاوره FGE، «انرژی اسپکتس»، «ریستاد انرژی»، و «اس اند پی گلوبال کامادیتی اینسایتس»، کویت در نیمه دوم سال جاری میلادی صادرات خود را به میزان حداکثر ۳۰۰ هزار بشکه در روز کاهش می‌دهد که ۱۸ درصد کمتر از نیمه اول سال خواهد بود و در عوض، خوراک پالایشگاه «الزور» به ظرفیت ۶۱۵ هزار بشکه در روز را تأمین می‌کند.

➤ شکست مذاکرات میان عراق و ترکیه در خصوص از سرگیری صادرات نفت اقلیم کردستان

عراق: براساس گزارش «رویترز»، وزیر نفت عراق و همتای ترک او به هیچ قراردادی برای از سرگیری صادرات نفت شمال عراق در آینده نزدیک نرسیدند، اما توافق کردند مذاکرات بیشتری در آینده برگزار شود. ترکیه در ۲۵ مارس ۲۰۲۳ پس از رأی دادگاه بین‌المللی، صادرات نفت شمال عراق را متوقف کرد. طبق رأی دادگاه، آنکارا باید ۱,۵ میلیارد دلار خسارت به خاطر صادرات غیرقانونی نفت اقلیم کردستان عراق بین سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸، به بغداد پرداخت کند. در بیانیه وزارت نفت عراق آمده است ترکیه و عراق اجازه تکمیل فرایند نگهداری خط لوله را قبل از از سرگیری جریان نفت ندارند. «حیان عبدالغنی» وزیر نفت عراق، با هدف مذاکره در مورد از سرگیری صادرات نفت از طریق پایانه نفتی جیحان به پایتخت ترکیه سفر کرده بود. طبق گفته یکی از مقامات وزارت نفت عراق، وزارت انرژی ترکیه به شرکت بازاریابی نفت عراق (سومو) اعلام کرده به زمان بیشتری برای بررسی امکان فنی از سرگیری جریان نفت از این خط لوله نیاز دارد. همچنین مقامات انرژی عراق اعلام کردند رسیدن به این توافق در آینده نزدیک کار آسانی نیست.

➤ تضعیف جایگاه دلار: براساس گزارش «اوایل پرایس»، هند و امارات عربی متحده اولین

قرارداد نفتی را بدون تبدیل ارزهایشان به دلار ایالات متحده امضاء کردند. براساس قرارداد مذکور بزرگ‌ترین پالایشگاه هند قرار است پول نفت امارات عربی متحده را با روپیه پرداخت کند. این قرارداد فروش اولین قرارداد پس از یادداشت تفاهم بین دو کشور در ماه ژوئیه بود. بانک‌های مرکزی دو کشور سیستمی برای پرداخت با ارز ملی راه اندازی کرده‌اند تا معاملات خود را با روپیه و درهم انجام دهند. دهلی نو اعلام کرد این سیستم هزینه‌ها را کاهش داده و انتقال بین دو کشور را تسریع می‌کند. اگر فرایند نقل و انتقال‌ها بدون استفاده از دلار به سایر کشورها راه یابد، پایین آمدن ارزش دلار در تجارت جهانی نفت خبر بدی برای واشنگتن خواهد بود. دور شدن از دلار قدرت اقتصادی ایالات متحده را پایین آورده و به اقتصاد این کشور آسیب می‌زند. هند به‌عنوان سومین وارد کننده بزرگ نفت دنیا تنها کشوری نیست که از دلار دوری می‌کند. وزیر دارایی عربستان سعودی هم در ژانویه اعلام کرد کشورش آماده مذاکره در مورد تجارت با ارزهایی غیر از دلار است. عربستان از ۱۹۷۴ و طبق قراردادی که با دولت «ریچارد نیکسون» بسته بود نفت خود را منحصراً با دلار به فروش می‌رساند. اگر عربستان سعودی دلار را کنار گذاشته و از ارزهای

دیگر استفاده کند، احتمالاً سایر کشورها هم از ریاض تبعیت می‌کنند چون این کشور یک تولیدکننده تأثیرگذار در بازار نفت دنیاست. همچنین «صندوق بین‌المللی پول» پس از حمله روسیه به اوکراین گفت که تحریم‌های اعمال شده علیه روسیه سلطه دلار را کاهش می‌دهد چون باعث می‌شود بلوک‌های کوچک تجاری تشکیل شود که از ارزهای دیگری استفاده می‌کنند.

عوامل کاهش قیمت

➤ **تداوم صادرات نفت روسیه:** آمار رسمی دولت چین نشان داد روسیه در ماه ژوئیه، بزرگ‌ترین صادرکننده نفت به چین بوده است اما کاهش تخفیف‌ها، باعث شد واردات محموله‌های روسی کمتر از ماه‌های قبل شود. داده‌های اداره کل گمرک چین نشان داد که واردات نفت روسیه به چین در ژوئیه نسبت به مدت مشابه سال گذشته، ۱۳ درصد رشد کرد و به ۱,۹ میلیون بشکه در روز رسید. در همین حال واردات نفت چین از عربستان سعودی، ۱۴ درصد در مقایسه با ژوئیه سال گذشته و ۳۱ درصد در مقایسه با ژوئن، کاهش یافته است. با توجه به اقدام ریاض در خصوص افزایش قیمت فروش نفت به خریداران آسیایی در ژوئیه، انتظار می‌رفت صادرات نفت عربستان سعودی به پالایشگاه‌های آسیایی در این ماه کاهش پیدا کند. عربستان سعودی همچنین برنامه‌هایی را برای کاهش بیشتر تولید و رساندن سطح تولید به ۹ میلیون بشکه در روز در مقایسه با ۹,۶ میلیون بشکه در روز در ماه ژوئن، اعلام کرد. با وجود تحریم‌های غربی و مکانیزم سقف قیمت «گروه هفت» برای فروش نفت روسیه، گرید نفتی «اسپو» نزدیک به قیمت‌گرفته‌های پایه بازار معامله شده است که ناشی از تقاضای قوی از سوی خریداران هندی و چینی بوده است. بعد از وقوع جنگ اوکراین در فوریه ۲۰۲۲ و اجرای رسمی تحریم «اتحادیه اروپا» علیه خرید نفت از روسیه در دسامبر ۲۰۲۲، صادرات نفت روسیه به هند از حدود صفر به ۲ میلیون بشکه در روز جهش یافت. قیمت نفت «اسپو» برای تحویل در ژوئیه، پنج تا شش دلار به ازای هر بشکه ارزان‌تر از قیمت نفت برنت بود؛ در حالیکه این اختلاف قیمت در مارس، هشت دلار و ۵۰ سنت بود. تقاضای داخلی بالاتر در روسیه احتمالاً به کاهش صادرات نفت از سوی این کشور منجر خواهد شد. برآورد شده که صادرات از بنادر غربی

روسیه در ژوئیه، بر مبنای ماه به ماه، ۱۸ درصد کاهش پیدا کرده و منعکس‌کننده افزایش تقاضای داخلی برای پالایش نفت بوده است. پالایشگاه‌های چینی از معامله‌گران واسطه برای انجام امور حمل و بیمه محموله‌های نفت روسیه استفاده می‌کنند تا از نقض تحریم‌های غربی اجتناب کنند.

➤ **وضعیت ذخایر گازی اروپا:** کشورهای عضو «اتحادیه اروپا» از زمان آغاز تهاجم نظامی روسیه به اوکراین تلاش کرده‌اند تا وابستگی خود به نفت و گاز روسیه را کاهش دهند. مسکو سال گذشته تصمیم گرفت تا صادرات گاز به اروپا را متوقف کند. بنابر اعلام «اتحادیه اروپا» ذخیره گاز کشورهای عضو این اتحادیه به بیش از ۹۰ درصد رسیده است. «اتحادیه اروپا» تا ماه نوامبر برای رساندن ذخیره گاز به ۹۰ درصد فرصت داشت. «کادری سیمسون» کمیسر انرژی اتحادیه اروپا گفت: «تائید عبور ذخیره گاز از حد نصاب تعیین شده پیش از زمان موعود نشان می‌دهد که «اتحادیه اروپا» برای زمستان به خوبی آماده شده است و این امر به تثبیت بیشتر بازار طی ماه‌های آینده کمک خواهد کرد.» وی افزود که بازار انرژی اروپا نسبت به زمان مشابه در سال ۲۰۲۲ به ثبات بیشتری رسیده است. «اتحادیه اروپا» تا پیش از آغاز تهاجم نظامی روسیه به اوکراین حدود ۴۰ درصد از گاز مورد نیاز خود را از روسیه خریداری می‌کرد. «اتحادیه اروپا» گاز وارداتی از روسیه را با خرید گاز از ایالات متحده، نروژ، جمهوری آذربایجان و کشورهای دیگر جبران کرده است. هرچند قیمت گاز نسبت به ماه‌های ابتدایی آغاز تهاجم روسیه به اوکراین کاهش یافته اما همچنان بهای آن از پیش از شروع جنگ در ماه فوریه سال ۲۰۲۲ بیشتر است. تحلیلگران بازار انرژی در اروپا بر این باور هستند که زمستان پیش‌رو آخرین زمستانی خواهد بود که تأمین گاز کشورهای اروپایی می‌تواند اسباب نگرانی باشد. به گفته آن‌ها از میانه سال ۲۰۲۴ سهم گاز طبیعی مایع با افزایش ظرفیت تولید قطر و ایالات متحده به نگرانی‌های پدید آمده پس از آغاز جنگ اوکراین پایان خواهد داد. وزارت دارایی روسیه اعلام کرده است که درآمد حاصل از صادرات انرژی در هفت ماه ابتدایی سال جاری با ۴۱ درصد کاهش به حدود ۴۳ میلیارد دلار رسید. این در حالی است که ارزش روبل به کمترین میزان خود طی ۱۶ ماه گذشته رسیده است.

تفسیر مفهومی - کدزی برگزار انرژی در صنعت هوانوردی

در سال ۲۰۱۹، هوانوردی جهانی مسئول انتشار ۱,۲ گیگاتن معادل دی اکسید کربن گازهای گلخانه‌ای بود که این مقدار حدود ۲ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسانی در جهان و ۳,۵ درصد از تأثیرات آب‌وهوایی انسانی است. انتشار دی اکسید کربن بخش هوانوردی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ بیش از یک سوم افزایش یافت و از ۷۶۰ میلیون تن دی اکسید کربن به ۱۰۲۰ میلیون تن رسید. در این گزارش به دنبال آن هستیم که به بررسی تغییر در سبد سوخت هواپیما در مسیر گذار انرژی بپردازیم.

۱- تأثیرات آب و هوایی هوانوردی در مقابل مزایای ویژه آن قرار دارد که اهمیت توجه به آن را چندین برابر می‌کند. این مزایا شامل، ایجاد ۱۱,۳ میلیون شغل درون بخش در سراسر جهان و ۱۸,۱ میلیون شغل در زنجیره تأمین صنعت هوانوردی، در اختیار داشتن سهم اقتصادی نزدیک به ۹۶۱,۳ میلیارد دلار در بخش اصلی و ۸۱۶,۴ میلیارد دلار در بخش زنجیره تأمین، جابه‌جایی بیش از ۴,۵ میلیارد مسافر قبل از همه‌گیری کووید-۱۹ که باعث اتصال جوامع سرتاسر جهان می‌شد، هزینه بیش از ۱۸۸ میلیارد دلاری خطوط هوایی در سال ۲۰۱۹ برای سوخت، و هزینه ۱۵ میلیارد دلاری شرکت‌های هواپیمایی برای تحقیق در مورد بهره‌وری فناوری هواپیما حذف است.

۲- افزایش نقش هوانوردی در جهان آینده به معنای افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در هواپیماها است. سفرهای هوایی در حال رونق است، به طوری که میزان درآمد در هر کیلومتر مسافری^۱ طی ۳۰ سال آینده تا سال ۲۰۵۰، چهار برابر می‌شود. بنابراین «سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی» موسوم به «ایکائو» افزایش سه برابری مصرف انرژی را تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده است. اگر این مسیر کنونی به روال عادی خود ادامه دهد، صنعت هوانوردی نمی‌تواند نقش خود را در محدود کردن افزایش دما به ۲ درجه با توجه به معیارهای «هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی»^۲

¹ Revenue Passenger Kilometers

² Intergovernmental Panel on Climate Change

ایفاء کند. بنابراین، یکی از پرسش‌های اساسی که بین محققان و سیاست‌گذاران مطرح می‌شود، این است که چگونه می‌توان با هزینه توجیه‌پذیر و کم‌ترین آسیب به صنعت هوانوردی، سوخت و فناوری‌های قابل دسترس، قابل دوام، تاب‌آور، و اقتصادی را برای هوانوردی پایدار فراهم کرد؟

۳- چالش‌های اساسی برای کاهش اثرات هوانوردی ناشی از گذار انرژی در صنعت هوانوردی وجود دارد که شامل، گزینه‌های کربن‌زدایی محدود نسبت به سایر روش‌های حمل‌ونقل، هزینه بالای سوخت‌های جایگزین، رشد تقاضای بالا پس از اتمام همه‌گیری کووید-۱۹، و وجود نیروهای آلاینده با طول عمر کم می‌شود. جایگزین‌های تجدیدپذیر کمی برای سوخت جت‌های فسیلی وجود دارد و همه آن‌ها هزینه اضافی بالایی دارند. تنها فناوری آماده بازار برای پیشبرد پروازهای با آلاینده‌گی نزدیک به صفر در این دهه، سوخت‌های پایدار هوانوردی هستند که در حال حاضر ۲ تا ۵ برابر گران‌تر از سوخت جت‌های فسیلی هستند البته این آمار قبل از در نظر گرفتن هرگونه مشوق سیاسی است. اساساً شروع حرکت به سمت هوانوردی با خالص کربن صفر در این دهه دارای چالش‌های خاصی است که از آن دست می‌توان به عدم وجود سطح آمادگی فنی برای نفوذ سریع در ناوگان^۳، زمان‌بر بودن دستیابی به سطح مناسبی از سوخت‌های جایگزین، ذات بین‌المللی صنعت هوانوردی، و بازار رقابتی اشاره کرد.

۴- ۶۰ درصد از انتشار دی اکسید کربن هوانوردی مسافربری از پروازهای بین‌المللی ناشی می‌شود. بنابراین، اجرای پروژه‌های مدل ملی برای پروازهای بین‌المللی دشوار است، زیرا آن‌ها در معرض خطر اثرات مخرب بازار و نشت کربن هستند. برای مثال، پروازهایی که دارای توقف هستند، می‌توانند از فرودگاه‌های میانی در کشورهای دارای طرح‌های قیمت‌گذاری کربن به کشورهایی که چنین مقرراتی ندارند، تغییر مسیر دهند. این امر می‌تواند صنعت هوانوردی ملی را در مقایسه با سایر بازارهایی که هیچ‌گونه اقدامات پایداری و در نتیجه هزینه افزایش‌ده‌ای ندارند، در یک نقطه ضعف اقتصادی خاص قرار دهد.

^۳ در کوتاه‌مدت نمی‌توان به هواپیماهای هیدروژنی و الکتریکی امیدوار بود.

با این حال، چنین اثرات انحراف بازار رقابتی را می‌توان با اقدامات متقابل سیاستگذاران کاهش داد.

۵- به‌منظور دستیابی به خالص انتشار صفر تا سال ۲۰۵۰ می‌توان به بهبود بهره‌وری و کاهش تقاضای سفرهای هوایی که اغلب با هزینه‌های صفر یا حتی منفی همراه است، چشم داشت. اما این گزینه‌ها در عین حالی که می‌توانند بعضاً تأثیر قابل توجهی بر روی کاهش انتشار داشته باشند اما نمی‌توانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را به صفر برسانند. تحقیقات نشان می‌دهند که افزایش بهره‌وری سوخت سالانه به میزان ۲ درصد می‌تواند تقاضای انرژی جهانی هوانوردی در سال ۲۰۵۰ را تا حدود ۴۰ درصد کاهش دهد. با این حال گزینه‌های دیگری نیز هستند که می‌توانند به‌عنوان نیروهایی برای کاهش انتشار هوانوردی به خالص صفر مورد بررسی قرار گیرند.

۶- سوخت‌های پایدار هوانوردی (SAF) و هواپیماهای با پیشران جدید تنها اهرم‌هایی هستند که انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خالص صفر نزدیک می‌کنند، اما هزینه‌های تولید سوخت یا توسعه هواپیما بالا است. حامل‌های انرژی مختلف و سیستم‌های محرکه آن‌ها با یک مبادله بین بازده تولید (یعنی تقاضای انرژی برای تولید حامل انرژی)، راندمان تبدیل انرژی در هواپیما (یعنی تقاضای انرژی برای ایجاد نیروی رانش در طول پرواز)، در دسترس بودن منابع (الکتریسیته، هیدروژن، و زیست‌توده)، هزینه‌های انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، و حداکثر برد هواپیما مواجه هستند. سوخت‌های پایدار هوانوردی (سوخت جت تجدیدپذیر، به‌عنوان مثال، تولید شده از زیست‌توده یا برق تجدیدپذیر) بیشترین شانس را برای استفاده به‌عنوان جایگزین سوخت فسیلی فعلی دارند، زیرا می‌توانند تمام مسافت‌های پروازی را پوشش دهند.

۷- ساخت کارخانه‌های جدید تولید سوخت‌های پایدار هوانوردی و زنجیره‌های تأمین منابع مرتبط، مانند تحویل زیست‌توده معمولاً حدود پنج تا شش سال طول می‌کشد تا به‌طور کامل عملیاتی شوند در حالیکه فقط هفت سال تا سال ۲۰۳۰ فرصت باقی مانده است. نیروگاه‌های جدید SAF و زیرساخت‌های بالادستی مرتبط (تولید برق تجدیدپذیر، تولید

هیدروژن، جذب دی اکسید کربن، و تأمین زیست توده پایدار) در صورتیکه قرار است به اهداف ۲۰۳۰ برسند، باید طی دو یا سه سال آینده برنامه‌ریزی شوند.

۸- بدون در نظر گرفتن مزایای زیست‌محیطی سوخت‌های پایدار هوانوردی، آن‌ها در حال حاضر ۲ تا ۵ برابر گران‌تر از میانگین تاریخی سوخت‌های فسیلی هستند. قیمت سوخت فسیلی جت در دو دهه گذشته دارای نوسان بوده است با این حال، کاهش شدید هزینه را می‌توان به‌عنوان نتیجه نوآوری فناوری، صرفه‌جویی در مقیاس، و مشوق‌های سیاستی محسوب کرد. علاوه بر این، این تفاوت هزینه در زمان قیمت بالای سوخت فسیلی کاهش می‌یابد. هواپیماهای هیدروژنی و باتری الکتریکی به‌طور بالقوه هزینه کمتری دارند و تأثیرات آب‌وهوایی هوانوردی را کاهش می‌دهند. با این حال، انتظار نمی‌رود که آن‌ها تا اواخر دهه ۲۰۳۰ یا ۲۰۴۰ در مقیاس بزرگ وارد بازار شوند و احتمالاً فقط برای پروازهای کوتاه و متوسط از آن‌ها استفاده خواهد شد.

۹- در بلندمدت (نسبت به اواسط قرن و بعد از آن)، هواپیماهای هیدروژنی می‌توانند سهم بازار فزاینده‌ای داشته باشند. گزینه‌های دیگری نیز وجود دارند که در قالب راه‌حل‌های حذف کربن (CDR) مورد توجه قرار می‌گیرند. راه حل‌های CDR شامل موارد زیر است:

- راه‌حل‌های آب‌وهوایی طبیعی مانند مدیریت کاربری زمین
- راه‌حل‌های ترکیبی مانند انرژی زیستی با جذب و ذخیره کربن
- راه‌حل‌های مهندسی شده مانند جذب و ذخیره کربن مستقیم هوا

البته این راهکارها به تنهایی نمی‌تواند برای دستیابی به کربن خالص صفر مفید باشد اما استفاده از این روش‌ها در کنار گذار انرژی به سمت یکی از گزینه‌های انرژی موجود می‌تواند کارآمد باشد.

همکاران این شماره: سعید رستمی، حسن راعی، و عباس ملکی