Archive of SID.ir

نشریه علم و فناوری در مهندسی مکانیک

سال ۱۴۰۲ /دوره بهار و تابستان /شماره ۱ /صفحه ۱۰۱-۱۱۳

DOI: 10.22034/stme.2023.409418.1042

دانشگاه فنی و حرفه‌ای

بررسی پایایی سوخت‌های گازوئیل، بیودیزل و هیدروژن در موتورهای دیزلی با رویکرد تحلیل توسعه پایدار

محمدرضا صابری[۱]، امیرمحمد قندهاریون[۲*]، احسان نقاش زاده[۳]

۱- کارشناس کیفیت مواد و قطعات CKD، شرکت ایران خودرو خراسان (IKKCO)، مشهد، ایران.

۲- استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- مدیر واحد کیفیت، شرکت ایران خودرو خراسان (IKKCO)، مشهد، ایران.

چکیده

در یک دهه اخیر با توسعه تکنولوژی و افزایش ضریب رفاه انسانی شاهد رشد چشمگیر استفاده از منابع انرژی در جهان هستیم. در این بین صنعت حمل و نقل شامل گونه زمینی، دریایی و هوایی بیشترین ضریب مصرف انرژی در جهان را دارا است. به‌طوری که با توسعه و فراگیری صنایع مذکور در اکثر مناطق دنیا، مشکلاتی از قبیل افزایش دمای کره زمین، تغییرات اقلیمی و افزایش آلایندگی‌های زیست محیطی بروز نموده است. این پدیده موجب جلب توجهات به سوی استفاده از منابع انرژی پایدار و سازگار با محیط زیست گردیده است. هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی و مقایسه‌ی شاخص پایایی سه سوخت دیزل، بیودیزل و هیدروژن برای موتورهای احتراق داخلی با استفاده از معیارهای توسعه‌ی پایدار است. این روش ابزاری برای مقایسه و تحلیل سیستم‌های مبتنی بر انرژی و شامل سه دسته اصلی شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و فناوری بوده که میزان امتیاز هر شاخص نشان‌دهنده سطح سازگاری فرآیند مورد بررسی است. به‌طوری که هر عنصر یا فرآیند که دارای پایایی بیشتر باشد، امتیاز بیشتری کسب می‌کند. به این ترتیب امتیازات در بازه ۰ و ۱ تخصیص داده می‌شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که سوخت دیزل از حیث شاخص‌های فناوری (مانند اگزرژی و راندمان) و بیودیزل و هیدروژن از حیث شاخص‌های زیست محیطی و اجتماعی (مانند نرخ آلایندگی، قابلیت توسعه و رسالت زیست محیطی) دارای برتری نسبی هستند. به این ترتیب می‌توان انتظار داشت که با توسعه، بهینه‌سازی و تکمیل زنجیره استخراج، فرآوری و توزیع، در آینده نزدیک شاهد جایگزینی نسبی این سوخت‌ها با سوخت فسیلی باشیم.

کلمات کلیدی:

تغییرات اقلیمی، منابع انرژی پایدار، معیارهای توسعه‌ی پایدار، بررسی پایایی.

Investigating the sustainability of diesel, biodiesel and hydrogen fuels in diesel engines with the approach of sustainable development analysis

Mohammad Reza Saberi[1], Amirmohammad Ghandehariun[2*], Ehsan Naghashzadeh[3]

1- Quality Expert of Materials and Components, Iran Khodro Khorasan Company (IKKCO)

2- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

3- Quality Manager, Iran Khodro Khorasan Company (IKKCO)

Abstract

The limitation of global fossil fuel resources has had a significant impact in recent years. Iran wastes 570 million barrels of oil out of the allocated 1463 million barrels for the residential, industrial, and transportation sectors. The cement industry, as one of the high-energy consumers, accounts for approximately 14% of the country's industrial energy consumption, with about 40% of this energy being lost during production processes. This study aims to recover the waste heat from the cement industry using the Rankine cycle and simulate it using the Engineering Equation Solver (EES) software. Additionally, a thermal oil loop has been employed to prevent corrosion of heat exchangers and control the organic fluid evaporation process. Ethanol has been selected as the suitable working fluid, with a net power production capacity of 6213 kW, a thermal efficiency of 91.22%, and an exergy efficiency of 18.24%, outperforming R123, R1233zd(E), R1234ze(Z), and R600a. Increasing the turbine's inlet pressure by 100 kPa increases thermal and exergy efficiencies by 2.7% and 2.67%, respectively, while decreasing the mass flow rate into the evaporator by 5.6%. Increasing the condenser temperature by one degree results in approximately a 5.6% reduction in thermal efficiency and a 5.5% reduction in exergy efficiency.

Keywords

Cement industry, Waste heat recovery, Organic rankine cycle, Climate change, Thermal oil loop.

* امیرمحمد قندهاریون، aghandehariun@um.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر و با رشد جمعیت در سراسر جهان، میزان مصرف انرژی و در نتیجه میزان آلایندگی‌های زیست محیطی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. به این ترتیب نگرانی‌هایی در مورد تغییرات آب و هوایی، آلایندگی‌های زیست محیطی و عدم توسعه پایدار منابع انرژی به‌وجود آمده است. در این بین صنعت حمل و نقل سهم قابل توجهی در مصرف منابع انرژی و همچنین تولید آلاینده‌های زیست محیطی دارد. در نتیجه، دولت‌ها در سطوح مختلف اقدامات متنوعی را جهت توسعه پایدار فعالیت‌های حوزه انرژی و در نتیجه کاهش آلایندگی‌های زیست محیطی انجام داده‌اند. به‌طوری که اکثر کشورهای جهان به فکر جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های پاک هستند [۱و۲].

تامین پایدار منابع انرژی موضوعی استراتژیک در قرن حاضر است. رشد سریع جمعیت و سطح تکنولوژی میزان مصرف جهانی انرژی را به‌طور چشمگیری افزایش داده است که منجر به کاهش سریع منابع سوخت‌های فسیلی می‌شود. براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی[۱]، میزان تقاضای منابع انرژی در جهان تا سال ۲۰۴۰ حدود ۳۸ درصد افزایش خواهد یافت و سهم سوخت‌های فسیلی برای پاسخگویی به این نیاز حدود ۷۸ درصد است. این افزایش تقاضا و میزان مشارکت منابع تجدیدناپذیر سوخت‌های فسیلی منجر به عدم تامین پایدار منابع انرژی و افزایش قابل توجه آلایندگی‌های زیست محیطی خواهد شد. در این بین با تولید و فرآوری سوخت‌های پاک از منابع تجدیدپذیر موجود در سطح زمین، می‌توان به‌طور قابل توجهی بر این معضلات فائق آمد. هیدروژن و بیوسوخت‌ها به عنوان دو جایگزین مطمئن برای سوخت‌های فسیلی قابلیت تامین پایدار منابع انرژی را در دراز مدت دارا بوده و علاوه بر سازگاری با معیارهای زیست محیطی قابلیت تامین امنیت انرژی در حوزه‌های مختلف از جمله صنعت حمل و نقل را دارا هستند [۱-۴]. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه تحلیل و ارزیابی موتورهای احتراق داخلی انجام شده است. عمده این تحقیقات شامل تحلیل‌های تجربی و عددی و بخشی شامل ارزیابی و تحلیل پایایی سوخت‌های مورد استفاده است. ساریکو[۲] و همکاران [۵] با استفاده از ترکیب سوخت دیزل، بیودیزل و بوتانول به بررسی عملکرد موتور، شاخص اگزرژی[۳] و پایایی[۴] این سوخت‌ها پرداختند. آزمایشات بر روی یک موتور دیزل تک سیلندر تزریق مستقیم و تحت گشتاورهای به ترتیب ۱۴۰۰ و ۲۸۰۰ دور در دقیقه انجام شد. نتایج آنان نشان داد که شاخص اگزرژی و پایایی بیودیزل در ترکیب B۱۰۰ بیشتر از دو سوخت دیگر است. آنان همچنین دریافتند که خواص بیودیزل و بوتانول تاثیرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد بهینه موتور دارد. آمید[۵] و همکاران [۶] با استفاده از ترکیب سوخت دیزل و بیودیزل، به بررسی میزان آلایندگی‌های زیست محیطی و عملکرد موتور دیزل پرداختند. نتایج آنان نشان داد که در هنگام ترکیب بیودیزل با سوخت دیزل، میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن (NOX) و دی‌اکسیدکربن (CO_2) کاهش می‌یابد. شارما[۶] و همکاران [۷] با استفاده از سوخت دیزل و بیودیزل و همچنین ترکیب روش‌های پاسخ سطح و تاگوچی، به تحلیل عملکرد موتور دیزل پرداختند. پارامترهای ورودی در این تحقیق شامل فشار و زمان تزریق سوخت، درصد ترکیب بیودیزل و بار موتور و پارامترهای خروجی شامل راندمان حرارتی، دمای گاز خروجی و میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی است. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیب بهینه در پارامترهای ورودی شامل

۱ International Energy Agency
۲ Sarıkoc
۳ Exergy
٤ Sustainability
٥ Amid
٦ Sharma

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

فشار تزریق سوخت ۲۱/۵۲ مگاپاسکال، ترکیب ۲۴ درصدی بیودیزل و بار موتور ۸۰ درصد است. هاناچ[۱] و همکاران [۸] با استفاده از ترکیب سوخت دیزل و هیدروژن، به بررسی میزان آلایندگی‌های زیست محیطی در موتور دیزل کلاس ۸ پرداختند. نتایج آنان نشان داد که در هنگام ترکیب هیدروژن با سوخت دیزل با نسبت‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

ناناکی و کورونیس[۲] [۹] با استفاده از تکنیک تحلیل چرخه عمر به تحلیل پایایی دو سوخت دیزل و بیودیزل پرداختند. نتایج آنان نشان داد که استفاده از بیوسوخت‌ها در صنعت حمل و نقل موجب کاهش قابل توجه گازهای گلخانه‌ای و اثرات مخرب زیست محیطی و همچنین افزایش ضریب امنیت انرژی می‌شود. دینسر و روزن[۳] [۱۰] با استفاده از تکنیک تحلیل چرخه عمر و ارزیابی راندمان یک سلول سوخت PEM به مطالعه اثرات مختلف سوخت هیدروژن برای موتورهای احتراق داخلی پرداختند. نتایج آنان نشان داد که میزان مصرف انرژی و همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای در هنگام استفاده از هیدروژن تقریبا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. از طرفی برای افزایش بهره‌وری و تکمیل زنجیره کارایی این سوخت، نیاز به انجام تحقیقات گسترده‌تر در این زمینه است. کلازر[۴] و همکاران [۱۱] با رویکرد فنی، اقتصادی و زیست محیطی به تحلیل پالایشگاه‌های زیستی به عنوان یک عامل استراتژیک برای افزایش اقتصاد زیستی پرداختند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که پالایشگاه‌های زیستی آینده امیدوار کننده‌ای دارند. به‌طوری که با اجرای زیرساخت پالایشگاه‌های زیستی، می‌توان به استراتژی تولید پایدار دست یافت. با این وجود، برای بهره‌برداری بهینه از پتانسیل کامل این پالایشگاه‌ها بایستی سیاست‌های عمومی دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی و همچنین تحقیقات و نوآوری‌های تکنولوژیکی به سمت تکمیل زنجیره ارزش و تولید سوخت‌های اقتصادی و دوستدار محیط زیست هدایت شود. توسعه پالایشگاه‌های زیستی در گرو اعمال سیاست‌های حمایتی و همراه با یارانه دولت‌ها، آموزش نیروی انسانی متخصص، شناخت و ارتقاء مزیت‌های رقابتی و همکاری بین بخش‌های مختلف (محققان، دانشگاه‌ها، دولت‌ها، سرمایه گذاران و جامعه) است. در مطالعه دیگری آکار و دینسر[۵] [۱۲]، به بررسی و امکان سنجی استفاده از سوخت هیدروژن به عنوان سوخت اصلی برای سیستم‌های حمل و نقل جاده‌ای پرداختند. نتایج آنان نشان داد که با توجه به ویژگی‌هایی مانند چگالی انرژی، فراوانی، سهولت حمل و نقل، طیف گسترده‌ای از روش‌های تولید با ضریب انتشار آلایندگی حداقلی، به نظر می‌رسد هیدروژن یک سوخت شیمیایی مناسب است که به‌طور بالقوه می‌تواند جایگزین سوخت‌های فسیلی در موتورهای احتراق داخلی شود. استفاده از هیدروژن در موتورهای احتراق داخلی می‌تواند کارایی سیستم را افزایش دهد، توان خروجی بالاتری را برای وسیله نقلیه ارائه دهد و مقادیر کمتری از گازهای گلخانه‌ای را منتشر کند. در بخش دیگری از این تحقیق موتورهای احتراق داخلی، هیبریدی، سوخت زیستی، پیل سوختی و هیدروژنی از نظر نرخ انتشار آلاینده‌های CO_2 و SO_2، هزینه اجتماعی کربن، بازده انرژی و اگزرژی، مصرف سوخت و قیمت سوخت با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد که خودروهای پیل سوختی با کسب امتیاز ۴/۹۷ از ۱۰ بالاترین رتبه عملکردی و پس از آن خودروهای سوخت هیدروژنی با کسب امتیاز ۴/۸۱ از ۱۰ در مقام دوم و سپس خودروهای سوخت زیستی با کسب

۱ Hannach
۲ Nanaki and Koroneos
۳ Dincer and Rosen
۴ Clauser
۵ Acar and Dincer

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

امتیاز ۴/۷۱ از ۱۰ در رتبه سوم قرار دارند.

با توجه به استفاده گسترده از سه سوخت دیزل، بیودیزل و هیدروژن در صنعت حمل و نقل، هدف از انجام این پژوهش تحلیل توسعه‌ی پایدار و ارزیابی این سه سوخت از دیدگاه پایایی است. پس از مقایسه و بررسی عملکرد این سه سوخت از نقطه نظرات زیست محیطی، اجتماعی و فناوری، سازگارترین سوخت با معیارهای توسعه‌ی پایدار معرفی می‌شود. به این ترتیب وجه نوآوری پژوهش حاضر را می‌توان ارائه رهیافتی موثر در جهت مقایسه ظرفیت توسعه‌ی پایدار سوخت‌های مورد استفاده در موتورهای دیزلی و در نتیجه توسعه سوخت‌های اقتصادی و سازگار با محیط زیست دانست.

۲- روش ارزیابی توسعه‌ی پایدار

تحلیل توسعه‌ی پایدار، یک روش کیفی- کمی است که به منظور ارزیابی پایایی سیستم‌های مبتنی بر انرژی استفاده می‌شود. این روش اولین بار توسط نیرمال[۱] و همکاران ارائه شده است [۱۳]. هدف استفاده از این روش، ارزیابی، مقایسه و بهبود سیستم‌های انرژی برای کاهش آلایندگی‌های زیست محیطی و حرکت به سمت توسعه‌ی پایدار است. این روش ارزیابی، شامل سه دسته شاخص زیست محیطی، اجتماعی و فناوری و ۱۰ شاخص در هر دسته است. هر شاخص معیاری برای تحلیل توسعه‌ی پایدار موضوع مسئله در آن حوزه است. انتخاب و گروه‌بندی معیارها بر اساس اطلاعات ارائه شده در پیشینه پژوهش و استدلال و داوری است. امتیازدهی هر شاخص به صورت عددی بین ۰ و ۱ است. به‌طوری که عدد ۱ نشانگر بیشترین میزان پایایی، و عدد ۰ نشانگر کمترین میزان پایایی در آن شاخص است. در شکل ۱ سه شاخص اصلی و موضوعات مرتبط با آن‌ها نشان داده شده است. شاخص‌های زیست محیطی نشانگر میزان سازگاری فرآیند مورد بررسی با معیارهای محیط زیستی می‌باشد. این شاخص با شاخص‌های فناوری در ارتباط می‌باشد. به این معنا که پیشرفت‌های فناوری باید منجر به استفاده مسئولانه از منابع زیست‌محیطی و آسیب‌های ناچیز به محیط زیست گردند. همچنین شاخص‌های فناوری از طریق اقتصاد با شاخص‌های اجتماعی مرتبط هستند. به این معنا که تحولات اقتصادی ناشی از پیشرفت‌های فناوری، زمینه‌ساز افزایش رفاه و آسایش زندگی مردم می‌شود.

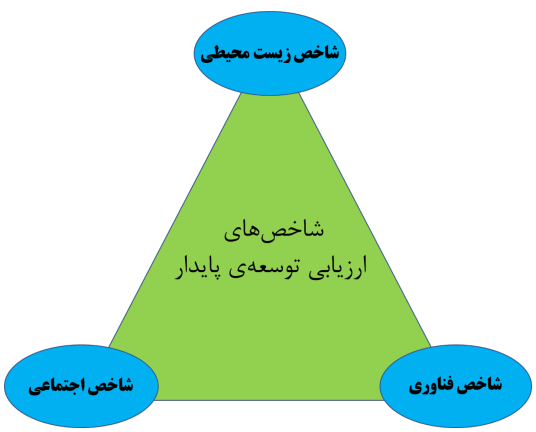
۳- نتایج و بحث

۳-۱- شاخص‌های ارزیابی توسعه‌ی پایدار

۳-۱-۱- شاخص‌های زیست محیطی

شاخص‌های دسته‌ی زیست محیطی به ارزیابی فعالیت‌های انسانی (که می‌تواند محلی، منطقه‌ای یا ملی باشد) و تأثیر آن‌ها بر اکوسیستم جهانی کمک می‌کند. امتیاز هر یک از شاخص‌ها، میزان سازگاری زیست محیطی یک عنصر یا فرآیند خاص را مشخص می‌کند [۱۳]. در زیر به تشریح هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شده است.

۱- شاخص دسترسی: این شاخص میزان در دسترس بودن پایدار و ارزان قیمت یک عنصر در بازار انرژی را نشان می‌دهد. برای مثال، در حال حاضر سوخت‌های فسیلی در بیشتر کشورهای جهان موجود می‌باشند و با توجه به زیرساخت‌های فراوان مربوط به استخراج، فرآوری، توزیع و مصرف که طی سال‌ها تشکیل شده‌اند، به میزان زیاد و با قیمت معقولی در دسترس هستند.



شکل ۱: شاخص‌های ارزیابی توسعه‌ی پایدار و حوزه‌های مرتبط.

۱ Nirmal

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در مقابل سوخت‌های هیدروژن و بیودیزل فاقد این ویژگی هستند. از این‌رو گازوئیل بیشترین امتیاز در این شاخص را کسب می‌نماید [۱۳-۱۵].

۲- شاخص قابلیت سازواری[۱]: این شاخص نشان دهنده میزان سهولت دستیابی و پردازش یک عنصر است. به‌طوری که فرآیند تولید یک سوخت دارای پیچیدگی، هزینه و پتانسیل تولید زباله کمتری باشد. به عنوان مثال با توجه به فرآیندهای پیچیده، طولانی و هزینه‌بر استخراج و پالایش نفت، سوخت دیزل در این شاخص، امتیاز کمتری به نسبت دو سوخت دیگر کسب می‌کند. در مقابل تولید و پالایش زیست توده‌ها[۲] مقرون به صرفه و دارای پیچیدگی کمتری است [۱۴و ۱۳].

۳- شاخص ظرفیت زیست محیطی: این شاخص میزان ظرفیت زیست محیطی یک عنصر و یا مدت زمان تأمین پایدار یک عنصر توسط اکوسیستم جهانی (بدون ایجاد عدم تعادل قابل توجه در اکوسیستم) را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، با توجه به تجدیدناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی و رو به اتمام بودن آن‌ها، سوخت دیزل دارای ظرفیت زیست محیطی کمتر و در نتیجه دارای امتیاز کمتری در این بخش می‌باشد. از طرفی با توجه به تجدیدپذیر بودن منابع تولید سوخت‌های بیودیزل و هیدروژن و فراوانی نسبی آن‌ها در سطح کره زمین، این سوخت‌ها حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شوند [۱۵و ۱۴].

۴- شاخص بازه زمانی[۳]: این شاخص نشان دهنده میزان بلوغ یا سطح جایگاه تثبیت شده یک عنصر در بازار جهانی است. به عنوان مثال، سوخت‌های فسیلی به عنوان یک محصول تجاری، دوران بلوغ خود را طی کرده و به دلیل رو به پایان بودن منابع آن در جهان، از این پس رو به افول است. لذا امکان ایجاد تحولات نوآورانه در آن کمتر وجود دارد. از طرفی با توجه به منابع تجدیدپذیر، فراوانی نسبی و امکان ایجاد تحولات قابل توجه در چرخه تولید بیودیزل، این سوخت حائز کسب بیشترین امتیاز می‌شود [۱۸- ۱۶].

۵- شاخص نرخ ماده[۴]: این شاخص میزان اثربخشی و راندمان یک واحد محصول را معرفی می‌کند. به عنوان مثال، گازوئیل با توجه به خواص شیمیایی و ارزش بالای حرارتی خود، حائز کسب بیشترین امتیاز می‌شود که از طرفی این خاصیت در سوخت بیودیزل و هیدروژن کمتر است [۱۴و ۱۳].

۶- شاخص نرخ انرژی: این شاخص میزان تولید انرژی و راندمان حرارتی یک عنصر را نشان می‌دهد. این شاخص میزان چگالی انرژی و یا میزان انرژی موجود در واحد حجم هر عنصر را اندازه‌گیری می‌کند. به عنوان مثال، فرآیندهای احتراق به دلیل سرعت بالاتر واکنش شیمیایی، میزان انرژی بسیار بالایی را نسبت به سایر فرآیندهای دیگر دارند. در نتیجه گازوئیل امتیاز بیشتری را به نسبت دو سوخت دیگر کسب می‌کند [۱۴و۱۳].

۷- شاخص نرخ آلایندگی: این شاخص میزان تولید آلایندگی‌های زیست محیطی مرتبط با یک عنصر را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، در هنگام احتراق سوخت دیزلی، آلاینده‌های زیادی از جمله (Co، Co2، NOx و Hc) تولید می‌گردند که موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش دمای کره زمین می‌شوند. از طرفی حاصل فرآیند احتراق سوخت هیدروژن تنها بخار آب است. به این ترتیب سوخت هیدروژن امتیاز بیشتری را در این شاخص کسب می‌کند [۲۱و۱۳].

۸- شاخص مکان[۵]: این شاخص نشان دهنده میزان فاصله مکانی منبع تولید یک عنصر یا فرآیند تا محل

۱ Adaptability
۲ Biomasses
۳ Time Line
٤ Material Rate
٥ Location

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

پالایش یا توزیع آن است. به‌طوری که اگر منبع تولید عناصر از محل پالایش یا توزیع آن دور باشد، هزینه‌های حمل و نقل و تامین و نگهداری آن افزایش می‌یابد. به این ترتیب، سوخت هیدروژن به دلیل نزدیکی محل تولید با پالایش آن حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شود [۱۴و۱۳].

۹- شاخص بالانس اکولوژیکی: این شاخص میزان تاثیر یک عنصر در ایجاد عدم تعادل اکوسیستمی را نشان می‌دهد. این شاخص همچنین میزان قابلیت بازیافت یا استفاده مجدد از یک عنصر را نیز نشان می‌دهد. به عنوان مثال، استخراج سوخت‌های فسیلی از اعماق زمین موجب ایجاد مشکلاتی از جمله رانش و نشست زمین و همچنین تخریب زیست بوم جانوران آن منطقه می‌گردد. همچنین در فاز استفاده از این سوخت نیز آلاینده‌های زیست محیطی فراوانی تولید می‌شوند که تاثیر مخربی بر تعادل اکوسیستم جهانی دارند. بنابراین سوخت دیزل حائز کسب کمترین امتیاز و سوخت هیدروژن (به دلیل عدم ایجاد آلایندگی و آسیب‌های زیست محیطی) بیشترین امتیاز را کسب می‌نماید [۲۳-۲۲و۱۳].

۱۰- شاخص تحمل[۱]: این شاخص میزان تعمیر و نگهداری تجهیزات و زیرساخت‌های مرتبط با یک عنصر را نشان می‌دهد. عناصری که نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری داشته باشند دارای امتیاز بالاتری خواهند بود. به عنوان مثال سوخت‌های فسیلی متناسب با تاسیسات و زیرساخت‌های زیادی که در هنگام استخراج و پالایش دارند، به نسبت دو سوخت دیگر، نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتری نیز دارند. به این ترتیب گازوئیل کمترین امتیاز در این شاخص را کسب می‌کند [۲۵- ۲۴و۱۳]. در جدول ۱ شاخص‌های زیست محیطی و میزان امتیاز هر یک از آن‌ها شرح داده شده است.

جدول۱: شاخص‌های زیست‌محیطی و میزان امتیاز هر سوخت.

شاخص‌ها	دیزل	بیودیزل	هیدروژن
دسترسی	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۵۵
سازواری	۰/۳۰	۰/۷۰	۰/۶۵
ظرفیت زیست‌محیطی	۰/۳۰	۰/۸۵	۰/۷۵
بازه زمانی	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۰
نرخ ماده	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵۰
نرخ انرژی	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۵۰
نرخ آلایندگی	۰/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۰
مکان	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۷۵
بالانس اکولوژیکی	۰/۰۵	۰/۸۰	۰/۸۵
تحمل	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۷۵
جمع کل	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۶۹

۳-۱-۲- شاخص‌های اجتماعی

شاخص‌های اجتماعی به ارزیابی میزان تأثیر فعالیت‌های بشری بر موضوعات اجتماعی و جامعه‌شناختی کمک می‌کند. هر جامعه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در معرض نتایج ناشی از فعالیت‌های صنعتی قرار دارد. این شاخص‌ها موجب جلوگیری از ایجاد اثرات نامطلوب بر اجتماع خواهند شد [۱۳]. در زیر به تشریح هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شده است.

۱- شاخص اقتصاد: این شاخص نشان‌دهنده میزان منافع اقتصادی و مالی یک عنصر در جامعه است. به عنوان مثال، استخراج و پالایش نفت به عنوان یک ذخیره ملی، برای کشورهای دارای منابع نفتی یک درآمد قابل توجه به حساب می‌آید و بر رشد اقتصادی آن‌ها موثر است. از طرفی با توجه به نوظهور بودن و کمبود زیرساخت‌های لازم برای تولید و پالایش سوخت‌های پاک، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر سوخت‌های فسیلی از لحاظ اقتصادی و درآمدزایی رتبه بالاتری را دارند [۲۶و۱۳].

۲- شاخص سیاست: سیاست‌ها و ضوابط اجرایی

۱ Endurance

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دولت‌ها بر میزان در دسترس‌بودن یک عنصر یا فرآیند تأثیر می‌گذارد. به‌طوری که با پشتیبانی و حمایت قوانین دولتی می‌توان شاهد رشد و توسعه تولید یک محصول بود. ملاک این حمایت و پشتیبانی، پیشرفت‌های فناورانه و پایداری زیست محیطی و اقتصادی یک فرآیند است. به عنوان مثال، ابتکار دولت برای افزایش بودجه تحقیقاتی در زمینه سوخت‌های پاک، به بهبود پایداری و چابک‌ترشدن فرآیند تولید و توزیع سوخت بیودیزل و هیدروژن کمک می‌کند [۱۳و۲۷].

۳- شاخص منابع انسانی: میزان به کارگیری مستقیم نیروی انسانی در تولید و توزیع یک عنصر یا فرآیند، در ایجاد اشتغال و در نتیجه منافع اقتصادی برای جامعه، تاثیرگذار است. به عنوان مثال، با توجه به تولید روزانه میزان قابل توجهی از نفت خام و سپس پالایش و توزیع آن، افراد زیادی در سراسر دنیا در این صنعت فعال هستند. از طرفی با توجه به نوظهور بودن و کمبود زیرساخت لازم برای تولید و پالایش سوخت‌های پاک، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر سوخت فسیلی ضریب اشتغال‌زایی بالاتری را دارد [۱۳و۲۷].

۴- شاخص افکار عمومی: ماهیت افکار عمومی در مورد نحوه عملکرد یک عنصر یا فرآیند، فاکتوری تاثیرگذار است. اگر اکثریت جامعه نظر مثبتی راجع به یک عنصر یا فرآیند داشته باشند به آن عنصر امتیاز بالاتری تعلق می‌گیرد. به عنوان مثال، انتشار آلاینده‌های خطرناک زیست محیطی در هنگام تولید سوخت‌های فسیلی و همچنین آثار تخریب گونه آن بر زیست بوم جهانی، عاملی برای کاهش محبوبیت سوخت دیزل در افکار عمومی شده است. به این ترتیب مردم خواهان جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های پاک هستند [۱۳و۲۸].

۵- شاخص رسالت زیست محیطی: انتظارات اجتماعی در مورد تعهدات و سازگاری زیست محیطی یک عنصر یا یک فرآیند، امری مهم است. اگر عملکرد فرآورده‌های یک عنصر از نظر محیط زیستی خوش خیم باشند امتیاز بالاتری را کسب خواهند کرد و بالعکس. به عنوان مثال، تبدیل CO_2 به بیودیزل با استفاده از نور خورشید یا مواد مغذی از نظر زیست محیطی بسیار خوب است زیرا نه تنها CO_2 از بین می‌رود بلکه سوختی پاک نیز تولید می‌شود. همچنین تولید هیدروژن از زباله کارخانه‌های محصولات شیمیایی موجب عدم رهاسازی این زباله‌ها در طبیعت و همچنین تولید سوختی پاک نیز می‌شود. بنابراین تولید و استفاده از سوخت‌های بیودیزل و هیدروژن تقریبا عاری از مخاطرات زیست محیطی و منطبق بر ارزش‌های محیط زیستی می‌باشد [۲۹].

۶- شاخص استاندارد زندگی[۱]: میزان تأثیر یک عنصر یا فرایند بر استانداردهای زندگی انسان، با تمرکز بر نیازهای اساسی مانند خوراک، پوشاک و مسکن شاخصی مهم است. اگر یک عنصر یا فرایند موجب افزایش استانداردهای زندگی انسان بشود، حائز کسب امتیاز بالاتری خواهد شد و بالعکس. به عنوان مثال، گازوئیل به دلیل دارا بودن چگالی انرژی بالاتر، در حال حاضر می‌تواند خدمات بیشتری را در مقایسه با زیست توده به سیستم‌های حمل و نقل و تولید انرژی ارائه دهد و از این طریق استانداردهای اساسی زندگی بشر را به خوبی تامین کند. هر چند که ممکن است این زنجیره تامین پایدار نباشد [۳۰و۳۱].

۷- شاخص رفاه انسانی[۲]: این شاخص نشان دهنده تأثیر یک عنصر یا فرآیند بر راحتی انسان (افزایش رفاه زندگی و آسایش فراتر از نیازهای اساسی) است. هرچه یک عنصر یا فرایند در فراهم آوردن آسایش‌های انسانی موثرتر باشد، حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شود. میزان امتیاز این شاخص نیز مشابه شاخص قبلی است [۳۱و۳۲].

۸- شاخص قابلیت توسعه: این شاخص نشان‌دهنده میزان پتانسیل رشد و توسعه یک عنصر یا فرآیند در

۱ Living standard
۲ Human convenience

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

گذر زمان می‌باشد. بدین ترتیب عناصری که قابلیت رشد و توسعه بیشتری را دارند حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شوند. به عنوان مثال، با توجه به ماهیت آلاینده‌سازی سوخت‌های فسیلی و همچنین رو به اتمام منابع تولید آن‌ها، دیگر قابلیت توسعه و سازگاری قابل توجهی را نداشته و به عبارتی در دوران کهن سالی به سر می‌برند. اما از طرف دیگر سوخت‌های پاک (از جمله بیودیزل و هیدروژن) دارای منابع تجدید پذیر و عدم آلایندگی زیست محیطی می‌باشند. بنابراین تحقیقات بسیار زیادی بر روی بهینه‌سازی و تجاری‌سازی این سوخت‌ها در حال انجام است و آینده بسیار درخشانی برای این سوخت‌ها پیش‌بینی می‌شود [۳۳و۱۳].

۹- شاخص میزان تقاضا: این شاخص نشان‌دهنده میزان تقاضا برای استفاده از یک عنصر یا فرآیند می‌باشد. به عنوان مثال، با توجه به فراوانی نسبی و قیمت ارزان سوخت‌های فسیلی، در حال حاضر در بیشتر صنایع شاهد استفاده از این سوخت هستیم. البته این شاخص در زمان حال سنجیده می‌شود و ممکن است در آینده متفاوت باشد [۳۵و۳۴].

۱۰- شاخص لابی‌گری[۱]: این شاخص نشان‌دهنده میزان تاثیر فشار خارجی بر تولید یک عنصر یا فرآیند، از طریق لابی‌های سیاسی و اقتصادی است. اگر یک عنصر دارای لابی مؤثر و تاثیر گذار باشد، حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شود. به عنوان مثال، صنعت تولید سوخت‌های فسیلی، دارای تاسیسات بسیار عظیم و شرکت‌های سرمایه‌گزاری بسیار بزرگی در سراسر دنیا می‌باشد. از این‌رو مفید یا مضر بودن تولید این سوخت‌ها در بیشتر مواقع در هاله‌ای از ابهام قرار دارد. لابی‌های قدرتمند حاضر به چشم پوشی از سود قابل توجه خود نیستند و با استفاده از ابزارهای تبلیغاتی، معایب و تاثیرات مخرب سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست را توجیه و به کار خود ادامه می‌دهند [۳۰و۲۹]. در جدول ۲ شاخص‌های اجتماعی و میزان امتیاز هر یک از آن‌ها شرح داده شده است.

جدول ۲: شاخص‌های اجتماعی و میزان امتیاز هر سوخت.

شاخص‌ها	دیزل	بیودیزل	هیدروژن
اقتصاد	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۶۰
سیاست	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۷۵
منابع انسانی	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۵۵
افکار عمومی	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۷۵
رسالت زیست محیطی	۰/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۵
استاندارد زندگی	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۴۵
رفاه انسانی	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵۵
قابلیت توسعه	۰/۳۵	۰/۸۰	۰/۸۵
میزان تقاضا	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۴۰
لابی‌گری	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/۴۰
جمع کل	۰/۶۰	۰/۶۳	۰/۶۰

۳-۱-۳ شاخص‌های فناوری

شاخص‌های فناوری به ارزیابی جنبه‌های مرتبط با فناوری یک عنصر یا فرآیند کمک می‌کنند. این شاخص‌ها توانایی‌های فنی و تخصصی هر عنصر را با در نظر گرفتن محدودیت‌های زیست‌محیطی، قابلیت تجاری‌سازی و پیشرفت‌های بالقوه ارزیابی می‌کند [۱۳]. در زیر به تشریح هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شده است.

۱- شاخص مصرف انرژی: این شاخص نشان دهنده میزان مصرف انرژی یک عنصر در هنگام تولید و بهره‌برداری از آن است. هر چه فرآیند تولید و توزیع یک عنصر به انرژی کمتری نیاز داشته باشد حائز کسب امتیاز بیشتری می‌گردد. به عنوان مثال، فرآیند استخراج و پالایش سوخت‌های فسیلی دارای راندمان و اثربخشی پایین‌تری نسبت به سوخت هیدروژن می‌باشد. به این ترتیب تولید یک لیتر سوخت دیزل نیازمند صرف ۳۳ مگا ژول انرژی است، در حالی که برای تولید همین میزان

۱ Lobbying

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

سوخت هیدروژن، تنها ۱۰ مگاژول انرژی مصرف می‌شود [۳۶و ۳۷].

۲- شاخص اگزرژی: این شاخص نشان دهنده نرخ اگزرژی نسبی یک عنصر یا فرآیند با توجه به سیستم و محیط کاری آن فرآیند است. به عنوان مثال، فرآیند احتراق نسبت به گاززدایی از میزان اگزرژی بالاتری برخوردار است. بنابراین گازوئیل حائز کسب امتیاز بالاتری در این شاخص می‌شود [۱۳و ۱۴و ۲۰].

۳- شاخص راندمان: این شاخص نشان دهنده میزان راندمان و کارایی (نسبت ورودی به خروجی، با توجه به انرژی و اگزرژی) یک عنصر یا فرآیند است. به‌طوری که عناصر دارای راندمان بالاتر، امتیاز بیشتری را کسب می‌کنند. به عنوان مثال، یک لیتر سوخت فسیلی قابلیت تولید ۳ کیلو وات توان در موتور را دارد، در صورتی که یک لیتر بیودیزل و هیدروژن به ترتیب ۱,۳ و ۰,۹۵ کیلو وات توان ایجاد می‌کنند [۱۳و ۱۴و ۲۰].

۴- شاخص طراحی: این شاخص نشان دهنده تأثیر طراحی یک فرآیند یا عنصر بر عملکرد پایدار آن است. عناصری که طراحی و باز طراحی آن‌ها موجب افزایش پایداری و سازگاری‌شان می‌شود حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شوند. به عنوان مثال، با توجه به ماهیت سوخت‌های فسیلی و رو به اتمام بودن آن‌ها، دیگر تحقیقات و پژوهش قابل توجهی بر روی این سوخت‌ها اجرا نمی‌گردد. از طرفی با توجه به عدم آلایندگی و تجدیدپذیر بودن نسبی منابع تولید سوخت‌های بیودیزل و هیدروژن، این سوخت‌ها قابلیت طراحی پایدارتری را دارند و امتیاز بیشتری را در این بخش کسب می‌کنند [۱۳و ۳۸- ۳۹].

۵- شاخص تحقیق: این شاخص نشان دهنده میزان تحقیقات اجرا شده بر روی یک فرآیند یا عنصر است. به‌طوری که عناصر دارای پتانسیل پایداری، تحقیقات بیشتری را به خود اختصاص داده و امتیاز بیشتری را کسب می‌کنند. به عنوان مثال، از سال ۱۹۹۰ تا کنون بیش از هزاران پروژه تحقیقاتی بر روی بهینه‌سازی و تجاری‌سازی سوخت‌های پاک و جایگزینی آن‌ها با سوخت‌های فسیلی اجرا شده است [۱۳و ۳۸- ۳۹].

۶- شاخص اثبات[۱]: این شاخص نشان دهنده میزان محقق شدن تحقیقات نظری در مورد یک فرآیند یا عنصر است. از اینرو عناصری که بیشترین آمار تبدیل فرضیات و تحقیقات به عمل را دارند، حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شوند. به عنوان مثال، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ بیش از هزار مورد پروژه تحقیقاتی بر روی تجاری‌سازی سوخت‌های پاک انجام شده است که بخش عظیمی از آن نتیجه‌بخش بوده و در عمل به کارگیری شده است [۱۳و ۳۸ -۳۹].

۷- شاخص تجاری‌سازی: این شاخص نشان دهنده میزان پتانسیل و قابلیت تجاری‌سازی یک فرایند یا عناصر را نشان می‌دهد. به این ترتیب عناصری که ظهور موفق‌تری در بازار تجاری داشته‌اند حائز کسب امتیاز بالاتری می‌شوند. به عنوان مثال، سوخت‌های پاک اولین بار در سال ۱۹۹۲ مورد استفاده قرار گرفتند. از آن سال تاکنون بیودیزل‌ها و سوخت‌های هیدروژنی رشد فراوانی داشته و در روش‌های تولید و پالایش خود پیشرفت‌های چشمگیری داشته‌اند [۱۳و ۴۰].

۸- شاخص تاثیر[۲]: این شاخص نشان دهنده میزان تاثیر تحقیقات و نوآوری‌های مرتبط با یک عنصر در زمینه کاهش آلایندگی و انرژی مصرفی آن عنصر است. بنابراین عناصری که باز طراحی و بهینه‌سازی آنان بر میزان آلایندگی و انرژی مصرفی‌شان موثر است حائز کسب امتیاز بیشتری می‌شوند. به‌طور مثال باز طراحی و بهینه‌سازی فرآیند تولید سوخت هیدروژن، می‌تواند نرخ تولید این سوخت را افزایش دهد [۴۰و ۴۱].

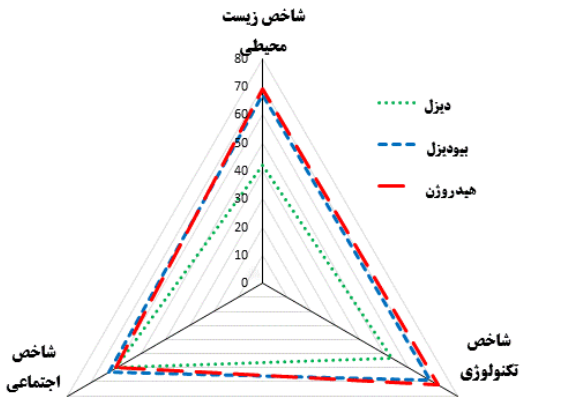
۱ Demonstration
۲ Impact

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۹- شاخص تکامل: این شاخص نشان دهنده ظرفیت توسعه فناورانه یک محصول به منظور بهبود سازگاری و رشد و ارتقاء آن در بازار جهانی است. به‌طور مثال، با توجه به مشکلات امروزه آلودگی هوا در کلان‌شهرهای دنیا، موضوع کاهش آلایندگی‌های زیست محیطی به اصلی مهم تبدیل گشته است. به این ترتیب محققان و پژوهشگران در سراسر دنیا به دنبال ارتقاء و تکمیل زنجیره تولید و توزیع سوخت‌های پاک هستند [۴۱- ۴۰و ۱۳].

۱۰- شاخص محدودیت‌های زیست‌محیطی: این شاخص نشان دهنده میزان محدودیت‌های محیط زیستی یک عنصر یا فرآیند بر روی کره زمین است. به‌طوری که پایایی یک عنصر تا حد زیادی به میزان منابع در دسترس آن عنصر بستگی دارد. به‌طور مثال برآورد می‌شود که منابع سوخت‌های فسیلی در بیشتر کشورهای دنیا تا ۵۰ سال دیگر به پایان خواهد رسید. بنابراین ضروری است که برای جلوگیری از تعطیلی بسیاری از صنایع بایستی به دنبال تولید سوخت از منابع تجدیدپذیر باشیم. سوخت‌های بیودیزل و هیدروژن راه حل مناسبی برای این امر می‌باشند [۱۷و ۱۴و ۱۳]. در جدول ۳ شاخص‌های تکنولوژیکی و میزان امتیاز هر یک از آن‌ها شرح داده شده است.



شکل ۲: شاخص‌های ارزیابی توسعه‌ی پایدار برای سه سوخت دیزل، بیودیزل و هیدروژن.

جدول۳: شاخص‌های فناوری و میزان امتیاز هر سوخت.

شاخص‌ها	دیزل	بیودیزل	هیدروژن
مصرف انرژی	۰/۴۰	۰/۶۵	۰/۷۵
اگزرژی	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵۰
راندمان	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۵۰
طراحی	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۷۵
تحقیق	۰/۴۵	۰/۷۵	۰/۸۰
اثبات	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۶۵
تجاری‌سازی	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۸۵
تاثیر	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۷۵
تکامل	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۵۸
محدودیت‌ها زیست‌محیطی	۰/۴۵	۰/۸۵	۰/۸۰
جمع کل	۰/۵۳	۰/۶۹	۰/۷۲

در شکل ۲ نمودار تحلیل توسعه‌ی پایدار سه سوخت رسم شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سوخت دیزل به‌طور میانگین کمترین امتیاز را کسب نموده است. از طرفی سوخت بیودیزل صرفا در شاخص اجتماعی به نسبت دو سوخت دیگر حائز کسب بیشترین امتیاز گردیده است. بنابراین به‌طور متوسط، در هر سه شاخص پایایی سوخت هیدروژن بیشترین امتیاز و در نتیجه بیشترین سازگاری با معیارهای توسعه‌ی پایدار را دارا است. البته باید به این موضوع توجه نمود که چرخه عمر هر سوخت از دیدگاه‌های متنوعی مورد بررسی قرار گرفته است. لذا ممکن است هر سوخت در موردی خاص برتری نسبی به سوخت دیگر داشته باشد. اما به‌طور کلی و از دیدگاه هر ۳۰ شاخص توسعه پایدار می‌توان گفت که سوخت هیدروژن دارای بیشترین ضریب پایایی است.

۴- نتیجه‌گیری

امروزه شاهد روند صعودی شاخص‌های آلودگی هوا و بحران انرژی می‌باشیم. این روند با گذر زمان نه تنها بهبود پیدا نمی‌کند، بلکه افزایش نیز می‌یابد. تولید و

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استفاده از سوخت‌های فسیلی به عنوان مهم‌ترین منبع تولید آلاینده‌های زیست محیطی موجب اختلال در بالانس اکولوژیکی گردیده است. از طرفی تولید سوخت از منابع تجدیدناپذیر، موجب ایجاد نگرانی‌هایی در خصوص تامین پایدار منابع انرژی مورد نیاز صنایع مختلف از جمله صنعت حمل و نقل شده است. به این ترتیب جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوختی پاک و پایدار ضروری است. در این تحقیق با استفاده از ابزار پایایی که ابزاری سودمند برای مقایسه و بهبود سیستم‌های مبتنی بر انرژی است، به بررسی و مقایسه میزان سازگاری سه سوخت دیزل، بیودیزل و هیدروژن با معیارهای توسعه‌ی پایدار پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد که سوخت دیزل دارای ارزش حرارتی و اگزرژی بالاتری نسبت به سوخت‌های پاک است. همچنین دارای قابلیت دسترسی و به کارگیری منابع انسانی بالایی است. از طرفی بیودیزل و هیدروژن بر خلاف سوخت دیزل، عاری از آلایندگی زیست محیطی و دارای منابع تجدیدپذیر هستند. بنابراین در شاخص‌های زیست محیطی و اجتماعی دارای بیشترین سازگاری با معیارهای توسعه‌ی پایدار هستند. از طرفی سوخت‌های پاک می‌توانند به جدال سیاسی و لابی‌های موجود در صنعت سوخت فسیلی تا حد زیادی پایان دهند. در نهایت با توجه به توسعه و بهینه‌سازی سیستم‌های استخراج، فرآوری و توزیع سوخت‌های پاک، در آینده نزدیک شاهد جایگزینی نسبی این سوخت‌ها با سوخت فسیلی خواهیم بود. نتیجه این جایگزینی به‌طور قابل توجهی بر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و انتشارات سمی، بهبود وضع آب و هوایی و افزایش تامین و توسعه پایدار انرژی مورد نیاز در صنعت حمل و نقل موثر است.

۵- مراجع

[1] Acar C, & Dincer I, The potential role of hydrogen as a sustainable transportation fuel to combat global warming. International Journal of Hydrogen Energy, 2020, 45(5), 3396-3406.

[2] Ahmed A, Al-Amin A. Q, Ambrose A. F, & Saidur R. Hydrogen fuel and transport system: A sustainable and environmental future. International Journal of Hydrogen Energy, 2016, 41(3), 1369-1380.

[3] Chandran D, Khalid M, Raviadaran R., Lau H. L, Liang Yung C., Kanesan D, & Salim, M. Sustainability of water in diesel emulsion fuel: An assessment of its corrosion behaviour towards copper. Journal of Cleaner Production, 2019, 220, 1005-1013.

[4] Das S, Kashyap D, Kalita P, Kulkarni V, & Itaya Y, Clean gaseous fuel application in diesel engine: A sustainable option for rural electrification in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020, 117, 109485.

[5] Sarıkoç S, Örs İ., & Ünalan S. An experimental study on energy-exergy analysis and sustainability index in a diesel engine with direct injection diesel-biodiesel-butanol fuel blends. Fuel, 2020, 268, 117321.

[6] Amid S, Aghbashlo M, Tabatabaei M, Hajiahmad A, Najafi B, Ghaziaskar H. S, Rastegari H, Hosseinzadeh-Bandbafha H, & Mohammadi P, Effects of waste-derived ethylene glycol diacetate as a novel oxygenated additive on performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel/biodiesel blends, Energy Conversion and Management, 2020, 203, 112245.

[7] Sharma A, Singh Y, Singh N. K, & Singla A. Sustainability of jojoba biodiesel/diesel blends for DI diesel engine applications- taguchi and response surface methodology concept, Industrial Crops and Products, 2019, 139, 111587.

[8] Hannach M, Ahmadi E. P, Guzman L, Pickup S, & Kjeang E, Life cycle assessment of hydrogen and diesel dual-fuel class 8 heavy duty trucks, International Journal of Hydrogen Energy, 2019, 44(16), 8575-8584.

[9] Nanaki E. A, & Koroneos C. J, Comparative LCA of the use of biodiesel, diesel and gasoline for transportation. Journal of Cleaner Production, 2012, 20(1), 14-19.

[10] Dincer I, & Rosen M. A, Sustainability aspects of hydrogen and fuel cell systems, Energy for Sustainable Development, 2011, 15(2), 137-146.

[11] Clauser N. M, González G, Mendieta C. M, & Vallejos M. E, Biomass Waste as Sustainable Raw Material for Energy and Fuels, Journal of Sustainability, 2021, 13, 794.

[12] Acar C & Dincer I, The potential role of hydrogen as a

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

and exhaust gas recirculation (EGR), Applied Thermal Engineering, 2017, 113, 1505-1513.

[23] Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Tabatabaei, M., Aghbashlo M, Khanali M, Khalife E, RoodbarShojaei T, & Mohammadi P, Consolidating emission indices of a diesel engine powered by carbon nanoparticle-doped diesel/biodiesel emulsion fuels using life cycle assessment framework, Fuel, 2020, 267, 117296.

[24] Shulga R. N, Petrov A. Y, & Putilova I.V, The Arctic: Ecology and hydrogen energy, International Journal of Hydrogen Energy, 2020, 45(11), 7185-7198.

[25] Viornery-Portillo E. A, Bravo-Díaz B, & Mena-Cervantes V. Y, Life cycle assessment and emission analysis of waste cooking oil biodiesel blend and fossil diesel used in a power generator, Fuel, 2020, 281, 118739.

[26] Rajaeifar M. A, Tabatabaei M, Aghbashlo, M, Hemayati S. S, & Heijungs R, Biodiesel production and consumption: life cycle assessment (LCA) approach, 2019, India: Springer.

[27] Shukla S. K, & Rathore P. K, Production of biodiesel and its application in engines, 2020, India: Elsevier.

[28] Karagoz M, Uysal C, Agbulut U, & Saridemir S, Energy, exergy, economic and sustainability assessments of a compression ignition diesel engine fueled with tire pyrolytic oil–diesel blends, Journal of Cleaner Production, 2020, 264, 121724.

[29] Lin J, Gaustad G, & Trabold T. A, Profit and policy implications of producing biodiesel–ethanol–diesel fuel blends to specification, Applied Energy, 2013, 104, 936-944.

[30] Mintz-Habib N, Malaysian biofuels industry experience: a socio-political analysis of the commercial environment, Energy Policy, 2013, 56, 88-100.

[31] Järvensivu P, A post-fossil fuel transition experiment: Exploring cultural dimensions from a practice-theoretical perspective, Journal of Cleaner Production, 2017,169, 143-151.

[32] Sharma P, & Kolhe M. L, Review of sustainable solar hydrogen production using photon fuel on artificial leaf, International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42(36), 22704-22712.

[33] Cetinkaya E, Dincer I, & Naterer G. F, Life cycle sustainable transportation fuel to combat global warming, International Journal of Hydrogen Energy, 2018, 45 (2), 3396-3406.

[13] Gnanapragasam N. V, Reddy B. V, & Rosen M. A. A methodology for assessing the sustainability of hydrogen production from solid fuels, Sustainability, 2010, 2(6), 1472-1491.

[14] Furuholt E, Life cycle assessment of gasoline and diesel, Resources, Conservation and Recycling, 1995, 14(3), 251-263.

[15] Li T, Liu Z. C, Zhang H. C, & Jiang Q. H, Environmental emissions and energy consumptions assessment of a diesel engine from the life cycle perspective, Journal of Cleaner Production, 2013, 53, 7-12.

[16] Schmidt Rivera X. C, Topriska E, Kolokotroni M, & Azapagic A, Environmental sustainability of renewable hydrogen in comparison with conventional cooking fuels, Journal of Cleaner Production, 2018, 196, 863-879.

[17] Larnaudie V, Bule M, San K. Y, Vadlani P.V, Mosby J, Elangovan S, Karanjikar M, & Spatari S, Life cycle environmental and cost evaluation of renewable diesel production, 2020, Fuel, 279, 118429.

[18] Nordelöf A, Romare M, & Tivander J, Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2019, 75, 211-222.

[19] Esan A. O, Adeyemi A. D, & Ganesan S, A review on the recent application of dimethyl carbonate in sustainable biodiesel production, Journal of Cleaner Production, 2020, 257, 120561.

[20] Hoseinpour M, Sadrnia H, Tabasizadeh M, & Ghobadian B, Energy and exergy analyses of a diesel engine fueled with diesel, biodiesel-diesel blend and gasoline fumigation, Energy, 2017, 141, 2408-2420.

[21] Zhao G, & Pedersen A. S, Life Cycle Assessment of Hydrogen Production and Consumption in an Isolated Territory, Procedia CIRP, 2018, April, 30, Copenhagen, Denmark.

[22] Depoures M. V, Sathiyagnanam A. P, Rana D, Rajesh Kumar B, & Saravanan S, 1-Hexanol as a sustainable biofuel in DI diesel engines and its effect on combustion and emissions under the influence of injection timing

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

assessment of various hydrogen production methods, International Journal of Hydrogen Energy, 2012, 37(3), 2071-2080.

[34] Halewadimath S. S, Yaliwal V. S, Banapurmath N. R, & Sajjan A. M, Influence of hydrogen enriched producer gas (HPG) on the combustion characteristics of a CRDI diesel engine operated on dual-fuel mode using renewable and sustainable fuels, Fuel, 2020, 270, 117575.

[35] Xu C, Paone E, Rodríguez-Padrón D, Luque R, & Mauriello F, Reductive catalytic routes towards sustainable production of hydrogen, fuels and chemicals from biomass derived polyols, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 127, 109852.

[36] Szymkowicz P. G, & Benajes J, Development of a Diesel Surrogate Fuel Library, Fuel, 2018, 222, 21-34.

[37] Borole A. P, & Greig A. L, Life-Cycle Assessment and Systems Analysis of Hydrogen Production, 2019, United States: Elsevier.

[38] Zareei J, & Rohani A, Optimization and study of performance parameters in an engine fueled with hydrogen, Hydrogen Energy, 2019, 0360-3199.

[39] Ross M. T, & Murray B. C, What is the fuel of the future? Prospects under the Clean Power Plan, Energy Economics, 2016, 60, 451-459.

[40] Sáinz D, Diéguez P. M, Sopena C, Urroz J. C, & Gandía L. M, Conversion of a commercial gasoline vehicle to run bi-fuel (hydrogen-gasoline), International Journal of Hydrogen Energy, 2012, 37(2), 1781-1789.

[41] Habibi A, Farahmand S, & Mohammadi M, Convert waste oil into biofuel, Journal of Technical and Vocational University, 2018, 44 (4), 67-78.

Archive of SID.ir