POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

انتقال عمده‌ی هیدروژن سبز در دریا: مقایسه بین خط لوله زیر دریا و انتقال فشرده و مایع‌شده توسط کشتی

چکیده

این مقاله شش (۶) روش جایگزین برای انتقال هیدروژن سبز در دریا را مقایسه می‌نماید. دو (۲) روش جایگزین انتقال هیدروژن مایع (LH2) توسط کشتی، دو (۲) روش جایگزین انتقال هیدروژن فشرده (cH2) توسط کشتی و دو (۲) روش جایگزین انتقال هیدروژن توسط خط لوله. روش‌های جایگزین انتقال با کشتی، دسترسی به محیط ذخیره‌سازی هیدروژن در هر دو پایانه را بررسی می‌کنند تا زمان کشتی‌ها در بندر یا جداسازی آن‌ها را کاهش داده و سرمایه‌ی ثابت را کاهش دهند. در مورد خط لوله، مدل‌های جدیدی با در نظر گرفتن هزینه‌های فشرده‌سازی پیشنهاد می‌گردد. یکی از سناریوها در نظر می‌گیرد که ایستگاه‌های فشرده‌سازی در هر ۵۰۰ کیلومتر وجود دارند و سناریوی دیگر در نظر می‌گیرد که هیچ ایستگاهی در طول مسیر وجود ندارد. این جایگزین‌ها در قالب نه سناریو مختلف ارزیابی می‌گردند که سه فاصله را با هم ترکیب می‌کنند: ۱۰۰ کیلومتر، ۲۵۰۰ کیلومتر، و ۵۰۰۰ کیلومتر، و سه نرخ انتقال هیدروژن ۱۰۰ تن در سال، ۱ میلیون تن در سال و ۱۰ میلیون تن در سال. نتایج، از جمله باندهای عدم قطعیت، نشان می‌دهد که بهترین روش جایگزین برای مسافت ۱۰۰ کیلومتر، خط لوله است. برای ۲۵۰۰ کیلومتر و ۱۰۰ کیلو تن در سال، بهترین روش جایگزین انتقال cH2 بدون امکانات ذخیره‌سازی در پایانه‌های

بندر است. برای ۲۵۰۰ کیلومتر و ۱ میلیون تن در سال و برای ۵۰۰۰ کیلومتر و ۱۰۰ کیلو تن در سال، بهترین روش‌های جایگزین انتقال، cH2 یا LH2 هستند. برای سناریوهای باقی‌مانده، بهترین جایگزین انتقال، LH2 است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه سناریوهای مختلف انتقال هیدروژن را برای سه (۳) روش جایگزین انتقال در دریا بررسی نمود: انتقال هیدروژن مایع (LH2)، انتقال هیدروژن فشرده (cH2) و انتقال هیدروژن توسط خط لوله‌ی انتقال. این مقاله، تنها هزینه انتقال از یک مکان به مکان دیگر، شامل فرآیندهای بسته‌بندی و باز کردن آن‌ها را ارزیابی می‌نماید. تولید هیدروژن و توزیع محلی هیدروژن در این مقاله مطرح نشده است. نه (۹) سناریو با ترکیب نرخ جریان جرمی هیدروژن منتقل‌شده‌ی ۱۰۰ تن در سال، ۱ میلیون تن در سال و ۱۰ میلیون تن در سال، در فواصل ۱۰۰ کیلومتر، ۲۵۰۰ کیلومتر و ۵۰۰۰ کیلومتر بررسی شده‌اند. با این‌که پیش‌بینی هزینه‌ها احتمالا با مقدار واقعی متفاوت خواهد بود، اما آن‌ها بینش ارزشمندی برای تصمیم‌گیری ارائه می‌دهند. به همین دلیل، جدای از ایجاد فرضیه‌های معقول در مورد سناریوهای مختلف و جایگزین‌های لجستیک، این پژوهش، یک تحلیل عدم قطعیت برای منعکس کردن باندهای پیش‌بینی احتمالی ارائه نمود، که اطمینان بیش‌تری درمورد مقادیر گسسته ارائه می‌دهد. همپوشانی باندهای عدم قطعیت مختلف به رتبه‌بندی گزینه‌ها کمک می‌نماید. بهترین روش جایگزین برای انتقال عمده‌ی هیدروژن در فواصل کوتاه (۱۰۰ کیلومتر)، به وضوح خط لوله است. برای ۲۵۰۰ کیلومتر، بهترین روش جایگزین

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

انتقال، cH2 بدون ذخیره‌سازی در پایانه‌های بندر با نرخ جریان جرمی ۱۰۰ کیلو تن هیدروژن در سال است. برای انتقال ۱ میلیون تن در سال، LH2 و cH2 اولویت یکسانی دارند، و برای ۱۰ میلیون تن در سال بهترین راه انتقال، LH2 است. برای مسافت ۵۰۰۰ کیلومتر، بهترین روش جایگزین LH2 است، به جز انتقال ۱۰۰ کیلو تن در سال، که تفاوتی میان انتخاب انتقال LH2 و cH2 وجود ندارد. «هیچ راه حل ساده و قطعی» برای انتقال جرم هیدروژن وجود ندارد، به این معنی که هر روش جایگزین، تحت ترکیبی خاص از فاصله و سرعت جریان جرمی هیدروژن بهتر از سایرین عمل می‌نماید. ممکن است برخی از روش‌های جایگزین مطالعه شده در این پژوهش، بتوانند وارد مجموعه‌های انتقال هیدروژن سبز بسیاری از کشورهای احاطه‌شده با آب شوند.

امیدواری به انتقال هیدروژن در دریا با هزینه ترازشده‌ی زیر آستانه‌ی ۲ دلار بر کیلوگرم، فرصتی را برای کشورهایی که دارای انرژی‌های تجدیدپذیر کم‌هزینه هستند، فراهم می‌نماید تا به صادرکنندگان هیدروژن سبز در اقتصاد جهانی تبدیل گشته و شاخص‌های اصلی اقتصاد کلان خود را بهبود دهند. برای این منظور، مهم است که سیاستگذاران چهارچوبی را برای تسهیل مداخله‌ی سهامداران در صنعت ایجاد کنند.

سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای ایجاد این زنجیره‌های لجستیکی هیدروژن سبز، مقدار قابل توجهی است و با توجه به تجربه‌ی کم در انتقال عمده‌ی هیدروژن، احتمالا موسسات مالی به قراردادهای بلند-مدت تامین هیدروژن سبز به منظور تصمیم‌گیری در مورد تامین مالی یا عدم تامین مالی این پروژه‌ها نیاز دارند.

کلیدواژه‌ها

تحویل هیدروژن، هیدروژن فشرده شده، هیدروژن مایع، خط لوله هیدروژن، انتقال با کشتی، حمل و نقل دریایی.

Hydrogen delivery, Compressed hydrogen, Liquefied hydrogen, Hydrogen pipeline, Transport by ship, Seaborne transport.

مرجع

R. Amore-Domenech, V. L. Meca, B.G. Pollet, T. J. Leo, “on the Bulk Transport of green Hydrogen at Sea: Comparison Between Submarine Pipeline and Compressed and Liquefied Transport by Ship”, 2023, Energy, Vol. 267.

Doi: 10.1016/j.energy.2023.126621