



รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับ
เชื้อเพลิงทางเลือกในการขนส่งทางราง



กรมการขนส่งทางราง
Department of Rail Transport

กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง

กรกฎาคม พ.ศ. 2567

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทนำ.....	1
1. ข้อกำหนดด้านพลังงานหมุนเวียน น้ำมันพืชเติมไฮโดรเจน และเชื้อเพลิงชีวภาพ (Renewable energy Directive, HVO & biofuels)	1
2. การศึกษาทางเลือกอื่นนอกเหนือจากน้ำมันดีเซลสำหรับการขนส่งทางรถไฟ (Study on alternatives to fossil diesel in rail – next step)	5
3. เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการขนส่งทางรางในนอร์เวย์ (Relevance of biofuels for rail in Norway)	8
4. การศึกษาเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจกและไนโตรเจนออกไซด์จากเชื้อเพลิงชีวภาพ (Study on greenhouse gas and Nitrogen oxides from biofuels)	9
5. แอมโมเนีย: มุมมองของผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐาน (Ammonia: An Infrastructure Manager’s perspective)	13
6. เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (Biofuels for track maintenance).....	16
7. การใช้ HVO (Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) use).....	20
8. การใช้ HVO (Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) use).....	22
9. การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ และไบโอดีเซล (Use of biofuels & Biodiesel (B100)).....	25
10. การทดสอบ HVO และ Fatty Acid Methyl Esters (FAME) (HVO & Fatty Acids/Methyl Esters (FAME) tests outcomes).....	27

สารบัญญรภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ระบบพลังงานหมุนเวียนในการขนส่งของเนเธอร์แลนด์.....	2
รูปที่ 2 เป้าหมายในการลดความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศเนเธอร์แลนด์	2
รูปที่ 3 แผนพัฒนาการใช้พลังงานของทุกรูปแบบการขนส่งของประเทศเนเธอร์แลนด์	3
รูปที่ 4 แผนพัฒนาการใช้พลังงานของการขนส่งสาธารณะของประเทศเนเธอร์แลนด์.....	4
รูปที่ 5 เส้นทางการผลิตเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวภาพ	4
รูปที่ 6 ความหนาแน่นของพลังงานของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ.....	6
รูปที่ 7 แผนงานเบื้องต้นของ AERRL ในการพัฒนารถไฟในอนาคต.....	7
รูปที่ 8 รูปแบบของการจัดวางแบตเตอรี่ในรถจักรไฟฟ้า-แบตเตอรี่.....	8
รูปที่ 9 ทางรถไฟของประเทศเนเธอร์แลนด์	9
รูปที่ 10 สาเหตุหลักของการเกิดมลพิษ.....	10
รูปที่ 11 สถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน Scope 3.....	11
รูปที่ 12 ประเภทการขนส่งที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล.....	11
รูปที่ 13 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตามเส้นทางการขนส่งสาธารณะ.....	12
รูปที่ 14 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตามเส้นทางการขนส่งสินค้า	12
รูปที่ 15 เปรียบเทียบความหนาแน่นของพลังงานเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ.....	13
รูปที่ 16 เครื่องจักรกลที่มีพลังงานสำรองเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน	16
รูปที่ 17 มุ่งสู่การปล่อยมลพิษบนรางเป็นศูนย์	17
รูปที่ 18 วิวัฒนาการการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในรถซ่อมบำรุงทางในปี ค.ศ. 2015 ถึง ค.ศ. 2024 ของ Plasser & Theurer	18
รูปที่ 19 ปริมาณการใช้น้ำมันในระบบไฮดรอลิกเมื่อเทียบระหว่างเครื่องจักรกลที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลกับไฟฟ้า	19
รูปที่ 20 เป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ของประเทศเยอรมนี.....	20
รูปที่ 21 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้ HVO ของ DB Cargo	21
รูปที่ 22 สัดส่วนการใช้งานเชื้อเพลิงดีเซลในระบบรางของประเทศสวีเดน.....	22
รูปที่ 23 การเปลี่ยนผ่านในการลดการทำ Carbon Neutral ของการรถไฟของประเทศสวีเดน.....	22
รูปที่ 24 การทดสอบเครื่องยนต์สำหรับเครื่องยนต์รุ่นเก่าของ SBB	23
รูปที่ 25 แผนการเปลี่ยนผ่านการใช้เชื้อเพลิงในอนาคตสำหรับรถไฟของ SBB.....	24

รูปที่ 26 ภาพรวมเชื้อเพลิงที่ยั่งยืนในตลาดสหภาพยุโรป	26
รูปที่ 27 หัวรถจักร T77 ของ LINEAS	27
รูปที่ 28 หัวฉีดดูดตันจากเชื้อเพลิง FAME	29

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้แอมโมเนียและ RNG	5
ตารางที่ 2	ข้อจำกัดการใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนรถไฟ	6
ตารางที่ 3	อุปสรรคของการใช้ไฮโดรเจนสำหรับการขนส่งทางรถไฟ.....	7
ตารางที่ 4	เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง ดีเซล แอมโมเนียและไฮโดรเจน	14
ตารางที่ 5	เปรียบเทียบเหตุการณ์รั่วไหลของไฮโดรเจนและแอมโมเนีย	14
ตารางที่ 6	ข้อดีและข้อเสียของแอมโมเนีย	15
ตารางที่ 7	ศักยภาพของ E3 ที่ปรับใช้กับรถซ่อมบำรุงทางของ Plasser & Theurer	19

รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับเชื้อเพลิงทางเลือกในการขนส่งทางราง

บทนำ

รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการฉบับนี้เป็นการสรุปผลการประชุมเชิงปฏิบัติการหัวข้อ “แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับเชื้อเพลิงทางเลือกในการขนส่งทางราง” (UIC Alternative fuels workshop) ซึ่งจัดโดย International Union of Railways (UIC) เมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 2567 ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ด้วยระบบ Zoom Meeting และกรรมการขนส่งทางรางได้เข้าร่วมการประชุมดังกล่าว วัตถุประสงค์ของการประชุมเชิงปฏิบัติการนี้คือการสำรวจและแบ่งปันความรู้เกี่ยวกับเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับรถไฟ โดยมุ่งเน้นที่เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่น แอมโมเนีย เชื้อเพลิงสังเคราะห์ และไบโอดีเซล เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนในภาคการขนส่งทางราง ข้อมูลจากการประชุมครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกต่างๆ กับรถไฟที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนและส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดด้านพลังงานหมุนเวียน น้ำมันพืชเติมไฮโดรเจน และเชื้อเพลิงชีวภาพ (Renewable energy Directive, HVO & biofuels) โดย Paul Sinnige, Strategic advisor sustainable fuels and feedstock of RVO- Netherlands Energy Agency

นโยบายเชื้อเพลิงหมุนเวียนของระบบขนส่งในสหภาพยุโรป (EU) หรือ Renewable fuel for transport policy (RED) มีเป้าหมายที่เป็นไปตาม RED II ดังนี้

- 1) มีการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างน้อยร้อยละ 14 ในระบบการขนส่งทางบก (ทางถนนและทางราง)
- 2) มีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง (advanced biofuels) อย่างน้อยร้อยละ 3.5
- 3) กระตุ้นการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง ในลักษณะการนับซ้ำ (double counting) โดยใช้ใน

การขนส่งทางเรือและการบินเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า

หมายเหตุ การนับซ้ำ (double counting) คือ สถานการณ์ที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จำนวนหนึ่ง (Single greenhouse gas emission reduction Unit) ถูกนำมาใช้มากกว่าหนึ่งครั้ง

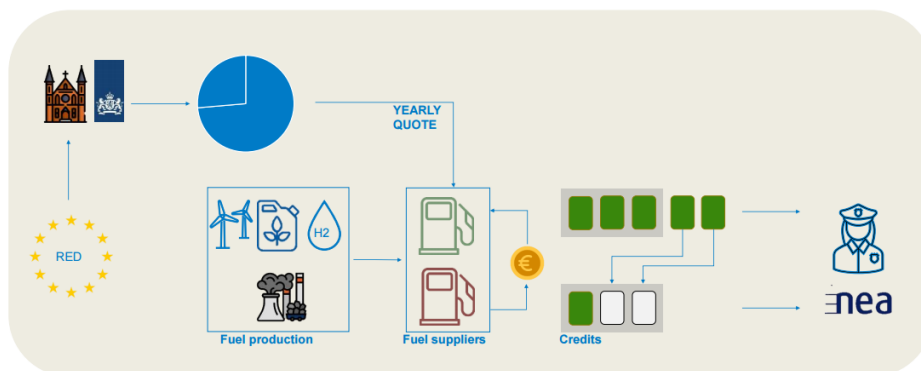
ทั้งนี้ ได้มีการปรับเปลี่ยนนโยบาย RED II เป็น RED III โดยมีรายละเอียดเป้าหมายดังนี้

- 1) มีการใช้เชื้อเพลิงหมุนเวียนอย่างน้อยร้อยละ 29 ในภาคการขนส่งทั้งหมด
- 2) ลดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งร้อยละ 14.5
- 3) มีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูงและเชื้อเพลิงหมุนเวียนทั้งหมดที่ไม่มีแหล่งกำเนิดทางชีวภาพ

(Renewable Fuels of Non-Biological Origin: RFNBOs) อย่างน้อยร้อยละ 5.5

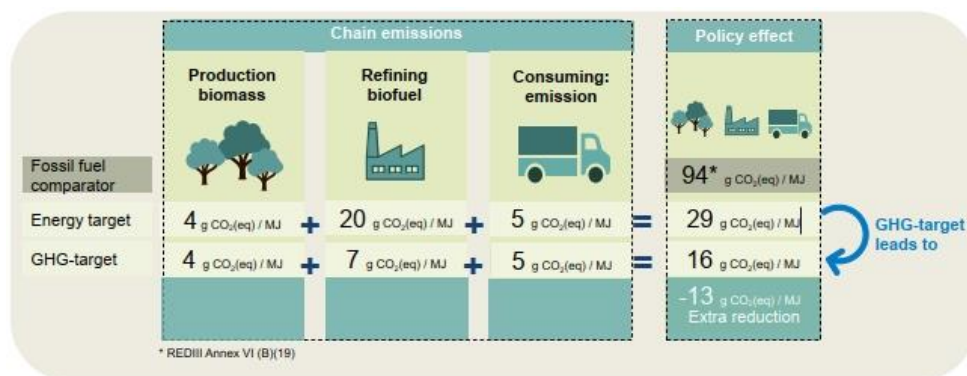
4) กระตุ้นการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นสูง และ RFNBOs ในลักษณะการนับซ้ำ

ประเทศเนเธอร์แลนด์มีการนำนโยบายมาถือปฏิบัติจริงตามข้อที่ 2) และ 3) ของ RED III โดยมีระบบการดำเนินการตามกฎหมายพลังงานหมุนเวียนในการขนส่งของดัตช์ ดังรูปที่ 1 เริ่มจากการออกกฎหมายเกณฑ์นโยบาย RED โดยหน่วยงานที่มีอำนาจทางด้านพลังงานของเนเธอร์แลนด์ เพื่อกำหนดสัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละปีให้ผู้จัดหาเชื้อเพลิง (fuel suppliers) ให้สามารถส่งออกเชื้อเพลิงและเก็บเชื้อเพลิงที่เหลือเป็นเครดิตได้



รูปที่ 1 ระบบพลังงานหมุนเวียนในการขนส่งของเนเธอร์แลนด์

ประเทศเนเธอร์แลนด์มีเป้าหมายในการลดความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG intensity) ในการปล่อยมลพิษจากการผลิตพลังงานชีวมวล (biomass) การกลั่นเชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuel) และการบริโภคเชื้อเพลิงชีวภาพ (consuming) รวมทั้งหมดเป็น 94 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (g CO₂(eq)) ต่อเมกะจูลย์ (MJ) ให้เหลือ 16 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (g CO₂(eq)) ต่อเมกะจูลย์ (MJ) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เป้าหมายในการลดความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศเนเธอร์แลนด์

ข้อเสนอชุดนโยบายด้านกฎหมายพลังงานและสภาพภูมิอากาศของสหภาพยุโรป ‘Fit for 55’ มีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทั้งหมด 27 ประเทศสมาชิก โดยกลไกที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดด้านพลังงานหมุนเวียน แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. การแบ่งส่วนของพลังงานตามที่บังคับใช้ (renewables)

1.1 RED II เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียนจากการผสมเชื้อเพลิงอย่างน้อยร้อยละ 14 ภายในปี ค.ศ. 2030

2. การลดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก (GHG intensity)

2.1 RED III เช่น การลดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งลงอย่างน้อยร้อยละ 14.5 ในปี ค.ศ. 2030

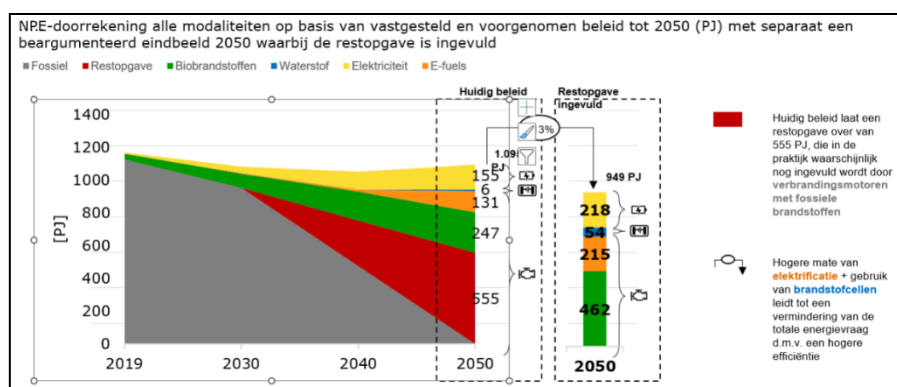
2.2 ข้อกำหนดการจัดเก็บภาษีพลังงาน (Energy Taxation Directive : ETD) ในการปรับปรุงการใช้พลังงาน ซึ่งอัตราภาษีขั้นต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission)

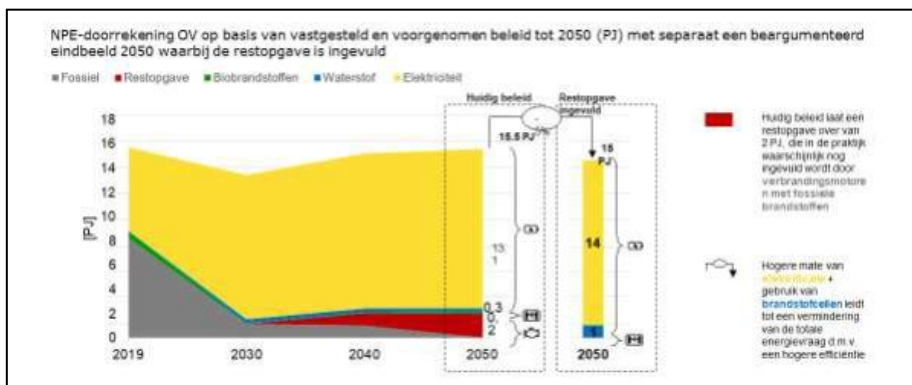
3.1 มาตรการตลาดคาร์บอนเครดิต (Emission Trading Scheme: ETS) ที่กำหนดราคาคาร์บอนที่ปล่อยเกินกำหนดจากภาคพลังงาน อุตสาหกรรมการผลิต เช่น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมในภูมิภาคส่วนนี้ ร้อยละ 61 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2005

3.2 กฎระเบียบว่าด้วยการกำหนดสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศสมาชิก (Effort Sharing Regulation: ESR) เช่น การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 48 ภายในปี ค.ศ. 2030 ในประเทศเนเธอร์แลนด์ เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2005

โดยแผนพัฒนาระบบพลังงานแห่งชาติของเนเธอร์แลนด์มุ่งเป้าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานภายในปี ค.ศ. 2050 ในทุกรูปแบบการขนส่งจะมีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมากที่สุด และการขนส่งสาธารณะจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

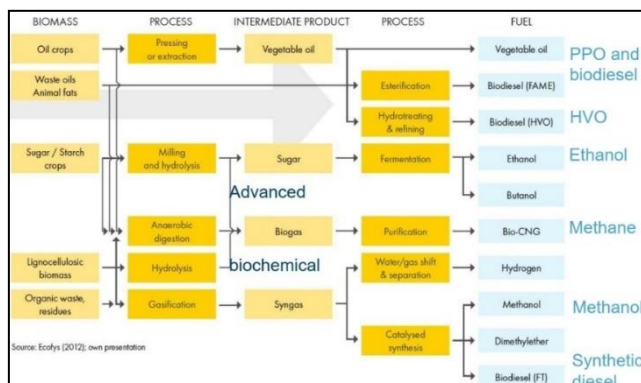


รูปที่ 3 แผนพัฒนาการใช้พลังงานของทุกรูปแบบการขนส่งของประเทศเนเธอร์แลนด์



รูปที่ 4 แผนพัฒนาการใช้พลังงานของการขนส่งสาธารณะของประเทศเนเธอร์แลนด์

ปัจจุบันมีการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวภาพ (biomass) หลากหลายนชนิด หนึ่งในผลผลิตเชื้อเพลิงที่ได้ คือ Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) ซึ่งเป็นน้ำมันพืช (oil crops) ที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนจนสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยจากการศึกษาพบว่า HVO เป็นเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล



รูปที่ 5 เส้นทางการผลิตเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวภาพ

2. การศึกษาทางเลือกอื่นนอกเหนือจากน้ำมันดีเซลสำหรับการขนส่งทางรถไฟ (Study on alternatives to fossil diesel in rail – next step) โดย Carole Coune, Secretary General of Association of European Rail Rolling Stock Lessors (AERRL)

AERRL เป็นหน่วยงานที่มีสมาชิกเป็นบริษัทต่างๆ ที่เป็นเจ้าของและให้เช่ารถไฟสำหรับการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าทั่วยุโรป ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมการทำงานร่วมกันและความปลอดภัยของรถไฟในยุโรป โดยการแก้ไขปัญหาทางปฏิบัติ กฎหมาย เศรษฐกิจ เทคนิค และวิทยาศาสตร์ และปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยตรงหรือโดยอ้อมกับหัวรถจักร รถไฟโดยสาร ที่ดำเนินการในสหภาพยุโรปและสวิตเซอร์แลนด์

ณ ปี ค.ศ. 2023 ผู้ให้เช่าเป็นเจ้าของรถไฟ 3,650 คัน โดยสมาชิกของ AERRL เป็นเจ้าของร้อยละ 70 ของรถไฟของผู้ให้เช่าและร้อยละ 61 ของรถไฟของผู้ให้เช่าเป็นระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ในปี ค.ศ. 2020 มีหัวรถจักรทั้งหมด 30,500 คันในยุโรป ในจำนวนนี้เป็นหัวรถจักรดีเซล 14,300 คัน คิดเป็นร้อยละ 46.9 ของหัวรถจักรที่ใช้งานในสหภาพยุโรปและดำเนินการโดยบริษัทรถไฟของสหภาพยุโรป

AERRL ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ HVO น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน ในรถไฟแทนการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 85 – 90 โดย AERRL ได้มีข้อเสนอในด้านต่างๆ เพื่อส่งเสริมการใช้ HVO ในระดับสหภาพยุโรป ทั้งการลดภาษี การเพิ่มเงินอุดหนุนจากโครงการ Horizon และการอำนวยความสะดวกด้านการกระจาย HVO นอกจากนี้ยังมีเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่มีศักยภาพ เช่น ก๊าซธรรมชาติทดแทน (RNG) ก๊าซชีวภาพที่ผลิตโดยกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส และกระบวนการผลิตมีเทนจากชีวมวล สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 70 และการผลิตและการใช้แอมโมเนียสีเขียว โดยมีข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้แอมโมเนียและ RNG เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้แอมโมเนียและ RNG

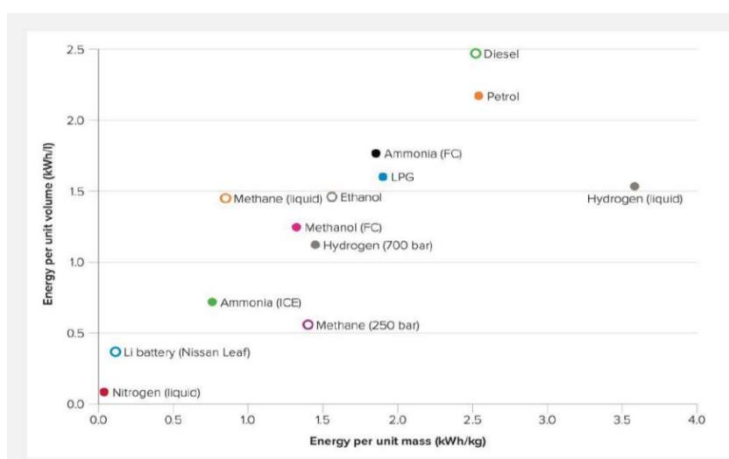
RNG	แอมโมเนีย
จำเป็นต้องปรับปรุงหัวรถจักร	จำเป็นต้องมีการปรับปรุงใหญ่
สถานีเติมเชื้อเพลิงแห่งใหม่ - ความปลอดภัย	ต้องมีขั้นตอนการจัดการและการเก็บรักษาที่เหมาะสม
ความพร้อมใช้งานไม่แน่นอน เนื่องจากจุดประสงค์หลักคือใช้สำหรับให้ความร้อนในครัวเรือน	การใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซลถึง 3 เท่า เพื่อให้ครอบคลุมระยะทางเท่ากัน

การใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนรถไฟยังคงเป็นพลังงานที่น่าสนใจ และจะเป็นตัวเปลี่ยนเกมหากเอาชนะอุปสรรค 3 ประการได้ ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ สหภาพยุโรปยังให้เงินสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการรีไซเคิลแบตเตอรี่

ตารางที่ 2 ข้อจำกัดการใช้แบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนรถไฟ

ข้อจำกัด	วิธีแก้ปัญหา
ไม่สามารถใช้กับการขนส่งสินค้าหนัก	ใช้ทางเลือกอื่นสำหรับการขนส่งประเภทนี้ เช่น เซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน
ขอบเขตการใช้งานและข้อจำกัดยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด	จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเฉพาะด้าน
ความขาดแคลนวัสดุ (เช่น ลิเทียม)	เทคโนโลยีแบตเตอรี่ใหม่ ๆ จะเกิดขึ้นโดยได้รับแรงผลักดันจากภาคอุตสาหกรรมและยานยนต์ เพื่อลดการพึ่งพาลิเทียม โคบอลต์ และอื่น ๆ

โดย AERRL ได้มีข้อเสนอ เพื่อส่งเสริมโซลูชันแบตเตอรี่/ไฟฟ้าทั้งการสนับสนุนเงินอุดหนุนสำหรับโครงการในการใช้ระบบไฟฟ้าบางส่วนร่วมกับการใช้รถไฟที่ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ และการส่งเสริมและให้เงินอุดหนุนการยกระดับหัวรถจักรปัจจุบันเป็นระบบไฮบริดแบตเตอรี่-ไฟฟ้า (โดยมีแผนที่จะยกเลิกระบบดีเซลภายในปี ค.ศ. 2050) สำหรับการขนส่งสินค้าหนักและเส้นทางระยะไกลที่ไม่มีระบบไฟฟ้า ซึ่งไฮโดรเจนมีความหนาแน่นของพลังงานสูง จึงถือว่ามีความเหมาะสมในการใช้งาน



รูปที่ 6 ความหนาแน่นของพลังงานของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

แต่ยังมีอุปสรรคหลักที่ต้องเอาชนะเพื่อใช้ไฮโดรเจนสำหรับการขนส่งทางรถไฟในวงกว้าง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุปสรรคของการใช้ไฮโดรเจนสำหรับการขนส่งทางรถไฟ

ข้อจำกัด	วิธีแก้ปัญหา
ความปลอดภัยในอุโมงค์	การศึกษา - การทดสอบ - กฎระเบียบ
ราคาและความพร้อมใช้งานของไฮโดรเจนสีเขียว (Green H2)	คาดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้หลังปี ค.ศ. 2050
โครงสร้างพื้นฐานการจำหน่าย	การลงทุนจำนวนมาก - คาดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้หลังปี 2050

โดย AERRL ได้มีแผนงานเบื้องต้นในการพัฒนารถไฟในอนาคต ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนงานเบื้องต้นของ AERRL ในการพัฒนารถไฟในอนาคต

3. เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการขนส่งทางรางในนอร์เวย์ (Relevance of biofuels for rail in Norway) โดย Stephen Oommen, Head of Project of The Norwegian Railway Directorate

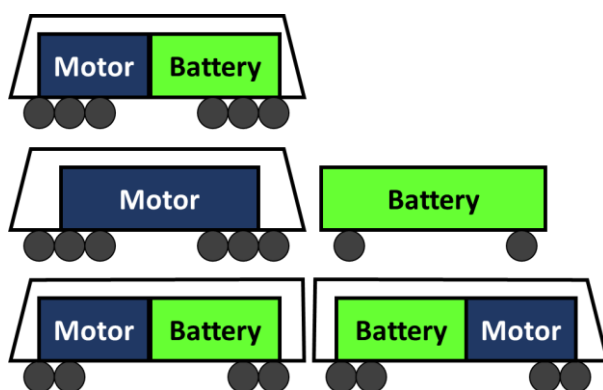
ระบบทางรถไฟในนอร์เวย์มีทั้งสิ้น 4,200 กิโลเมตร โดยมี 1,700 กิโลเมตรที่ยังไม่ได้ติดตั้งระบบไฟฟ้า และส่วนใหญ่ของเส้นทางรถไฟในนอร์เวย์ยังคงเป็นทางเดี่ยว

มีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนในรถไฟ โดยพิจารณาความคุ้มค่าและประสิทธิภาพตามกำลังของเครื่องยนต์พบว่า

- ไฮโดรเจนมีประสิทธิภาพสูงในเครื่องยนต์รถไฟหลายขนาด
- แบตเตอรี่อาจไม่เหมาะสมกับรถไฟที่ต้องการกำลังสูงมาก (เกิน 600 kW)
- Biodiesel ที่ผลิตจากแหล่งวัตถุดิบที่ยั่งยืนสามารถลดการปล่อย CO₂ ได้เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล แต่ประสิทธิภาพในการลด CO₂ และต้นทุนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของ Biodiesel

นอกจากนี้ การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบพลังงานทดแทนที่เหมาะสมสำหรับทางรถไฟในนอร์เวย์ยังพบว่า บางเส้นทางสามารถติดตั้งระบบไฟฟ้าและใช้รถจักรไฟฟ้า-แบตเตอรี่ (BE) ได้ แต่ยังมีปัญหาเรื่องการสำรองพลังงานแบตเตอรี่ให้เพียงพอต่อการเดินทาง ซึ่งมีข้อเสนอในการแก้ไขปัญหาดังนี้

1. การรวมแบตเตอรี่และมอเตอร์ไว้ในหัวรถจักรตู้เดียว: วิธีนี้ทำให้รถจักรมีขนาดกะทัดรัด แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องขนาดแบตเตอรี่ที่สามารถติดตั้งได้
2. การแยกตู้แบตเตอรี่เป็นตู้สินค้าพ่วง: วิธีนี้ช่วยให้มีแบตเตอรี่เพียงพอ แต่ยังไม่สะดวกในการปฏิบัติงานจริง เช่น การสับเปลี่ยนทิศทางการเดินทาง
3. การสร้างหัวรถจักรขนาดยาว 2 ตู้: วิธีนี้ช่วยให้สามารถติดตั้งแบตเตอรี่และระบบจ่ายพลังงานได้เพียงพอ แต่มีค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนาหัวรถจักรรุ่นใหม่

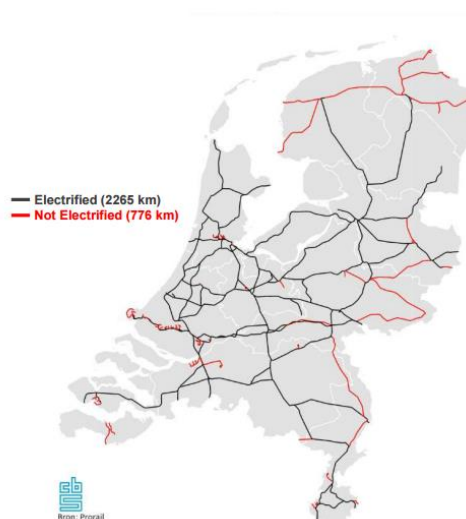


รูปที่ 8 รูปแบบของการจัดวางแบตเตอรี่ในรถจักรไฟฟ้า-แบตเตอรี่

4. การศึกษาเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจกและไนโตรเจนออกไซด์จากเชื้อเพลิงชีวภาพ (Study on greenhouse gas and Nitrogen oxides from biofuels) โดย Koen Van Der Hors และ Martijn Wolf, Ricardo (study commissioned by ProRail)

ProRail เป็นองค์กรของรัฐบาลเนเธอร์แลนด์ที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาและขยายโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายรถไฟ ซึ่งประกอบด้วยส่วนรางที่มีไฟฟ้า (electrified track) ระยะทาง 2,265 กิโลเมตร และรางธรรมดา (not electrified track) ระยะทาง 776 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 25 ของเครือข่ายทั้งหมด

RICARDO เป็นบริษัทที่ให้การปรึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมศาสตร์เชิงกลยุทธ์ ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในด้านระบบขนส่ง ด้านพลังงาน และแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด



รูปที่ 9 ทางรถไฟของประเทศเนเธอร์แลนด์

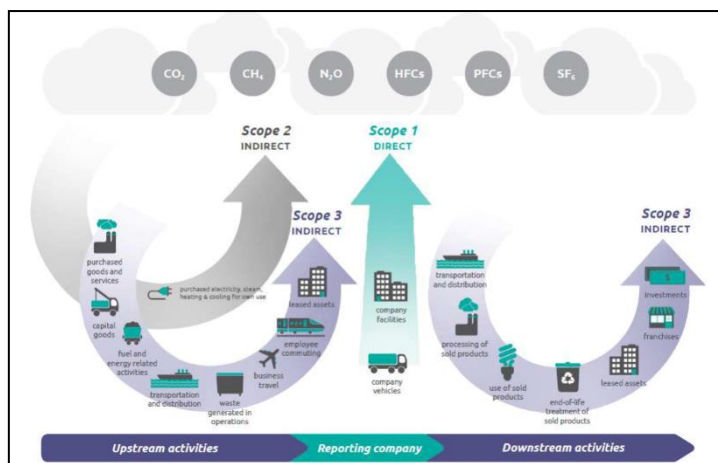
ProRail และ RICARDO ได้ร่วมกันศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) หรือคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์จากรถไฟดีเซลในเนเธอร์แลนด์ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuels) โดยสาเหตุหลักของมลพิษนั้นมาจาก 3 ประเภท ได้แก่

1. สาเหตุทางตรง (Scope 1 Direct) จากผู้ประกอบการต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย การใช้พลังงานของหน่วยงานขนาดใหญ่ รวมไปถึงการใช้ยานพาหนะขนาดใหญ่
2. สาเหตุทางอ้อม (Scope 2 Indirect) ที่เป็นกิจกรรมต้นทาง (upstream activities) ซึ่งประกอบไปด้วย การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าของแต่ละบุคคล
3. สาเหตุทางอ้อม (Scope 3 Indirect) ประกอบไปด้วย

3.1 กิจกรรมต้นทาง (upstream activities) เช่น สินค้าและบริการที่ซื้อแล้ว สินค้าทุน (capital goods) กิจกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงและพลังงาน ระบบการขนส่งและการกระจายสินค้า ของเสียที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการต่างๆ การท่องเที่ยวเชิงธุรกิจ (business travel) การเดินทางของพนักงาน ทรัพย์สินให้เช่า เป็นต้น

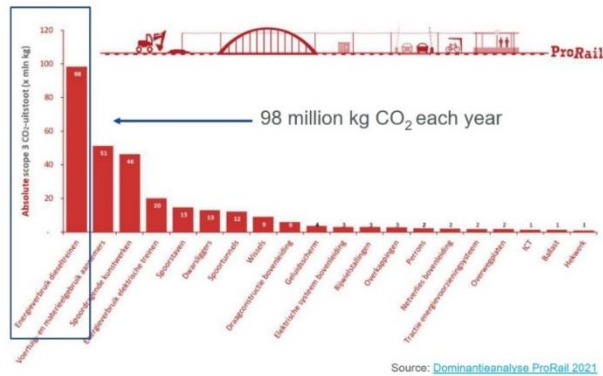
3.2 กิจกรรมปลายทาง (Downstream activities) เช่น ระบบการขนส่งและการกระจายสินค้า กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ การใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ กระบวนการจัดการผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นอายุการใช้งาน ทรัพย์สินให้เช่า ร้านค้าประเภทแฟรนไชส์ การลงทุนต่างๆ เป็นต้น

ทั้งนี้ วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างน้อยร้อยละ 55 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2015 ให้สำเร็จภายในปี ค.ศ. 2030 และมีความเป็นกลางทางคาร์บอนได้สมบูรณ์ (CO₂ neutral) หรือการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ ให้สำเร็จภายในปี ค.ศ. 2050



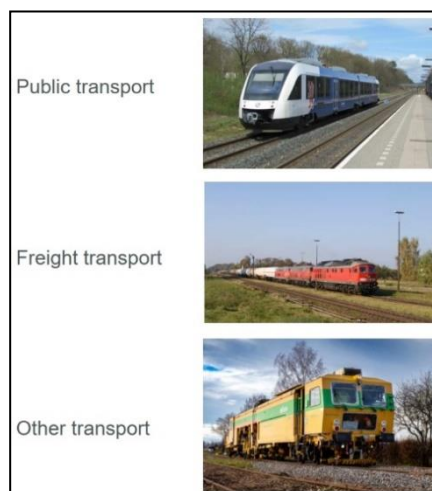
รูปที่ 10 สาเหตุหลักของการเกิดมลพิษ

ProRail และ RICARDO มุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาในขอบเขตของสาเหตุในหัวข้อที่ 3.2 (Scope 3 Indirect) ที่เป็นกิจกรรมปลายทาง (Downstream activities) ซึ่งหน่วยงานหรือบริษัทต่างๆ มีอิทธิพลในทางอ้อม โดยมีขั้นตอนแรก คือ การรับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับขนาดและการกระจายปริมาณการใช้เชื้อเพลิงดีเซลของผู้ใช้รถขนส่งทางราง รวมถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่สอง คือ แนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้สำหรับการปล่อยก๊าซเป็นศูนย์ (zero-emission solutions) เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในการลดระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (decarbonization) โดยจากการเก็บรวบรวมสถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน Scope 3 พบว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลของรถไฟดีเซลมีปริมาณมากที่สุด ที่ 98 ล้านกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละปี ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 สถิติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน Scope 3

เชื้อเพลิงดีเซลที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถขนส่งทางรางถูกเก็บในถังขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบไปด้วยถังเก็บเชื้อเพลิงของ ProRail ถังเก็บเชื้อเพลิงฟอสซิลจากองค์กรภายนอก ถังเก็บเชื้อเพลิง HVO จากองค์กรภายนอก และถังเก็บเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ โดยได้มีการใช้เชื้อเพลิงดีเซลในการขนส่ง 3 ประเภท ได้แก่ การขนส่งสาธารณะ การขนส่งสินค้า และการขนส่งอื่นๆ



รูปที่ 12 ประเภทการขนส่งที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล

จากการศึกษาปัจจัยของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ของรถไฟดีเซลสำหรับขบวนรถไฟโดยสารสาธารณะ (public transport trains) และขบวนรถไฟสินค้า (freight trains) พบว่า การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.529 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตร ในขณะที่การใช้เชื้อเพลิง HVO ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 0.357 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันประมาณ 10 เท่า

การขนส่งสาธารณะในเนเธอร์แลนด์มีผู้ให้บริการจำนวน 4 ราย โดยมีเส้นทางการเดินทางทั้งหมด 17 เส้นทาง และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 53.6 ล้านกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ซึ่งในเส้นทางที่มีการใช้เชื้อเพลิง HVO จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยกว่าเส้นทางที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล ดังรูปที่ 13 ความเข้มของเส้นทึบแสดงถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 13 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตามเส้นทางการขนส่งสาธารณะ

การขนส่งสินค้ามีทั้งรูปแบบลากจูงตามเส้นทาง (line-haul) และการสับเปลี่ยนขบวนที่ใช้ในบริเวณท่าเรือเป็นส่วนมาก (shunting) โดยที่ความเข้มของเส้นทึบแสดงถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละเส้นทาง ซึ่งพบว่า มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดบริเวณการขนส่งสินค้าใกล้ท่าเรือ ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตามเส้นทางการขนส่งสินค้า

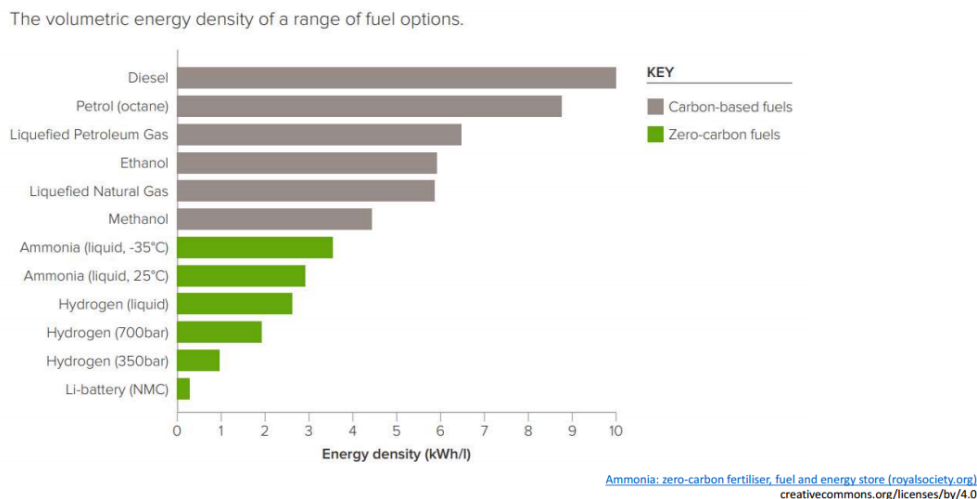
แนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้สำหรับการปล่อยก๊าซเป็นศูนย์ (zero-emission solutions) แบ่งประเภทตามรูปแบบของโครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) ได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- 1) โครงสร้างพื้นฐานที่มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าเต็มรูปแบบ (full electrification) ใช้รถขนส่งทางรางประเภทขบวนรถไฟฟ้า (Electric Multiple Unit: EMU)
- 2) โครงสร้างพื้นฐานที่ติดตั้งระบบไฟฟ้าบางส่วน (partial electrification) ใช้รถขนส่งทางรางประเภทขบวนรถไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Multiple Unit: BEMU)
- 3) โครงสร้างพื้นฐานที่มีการติดตั้งถังไฮโดรเจน ใช้รถขนส่งทางรางประเภทขบวนรถไฟฟ้าพลังงานไฮโดรเจน (Hydrogen Electrical Multiple Unit: HEMU/HMU)

5. แอมโมเนีย: มุมมองของผู้จัดการโครงสร้างพื้นฐาน (Ammonia: An Infrastructure Manager's perspective) โดย Rory Dickerson, Senior Traction & Rolling Stock Engineer of Network Rail

โครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยเบอร์มิงแฮม ได้มีการวิจัยแอมโมเนียเป็นเชื้อเพลิง โดยการแยกสลายแอมโมเนียเป็นไฮโดรเจนบนรถไฟ ซึ่งใช้กับเซลล์เชื้อเพลิง PEM เซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์แข็ง การใช้แอมโมเนียโดยตรงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน และการจำลองการเดินทางขนส่งสินค้าเที่ยวเดียว ซึ่งผลวิจัยออกมาว่ามีความเป็นไปได้ในขอบเขตการวิจัย โดยเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์แข็งมีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีต่ำที่สุด ทำให้มีราคาแพงที่สุด ส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในมีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล แต่มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีสูงที่สุด และราคาไม่แพงเมื่อใช้กับแอมโมเนียสีน้ำเงิน

ในปัจจุบันมีการผลิตแอมโมเนียประมาณ 176 ล้านตันต่อปีทั่วโลก ส่วนใหญ่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแอมโมเนีย โดยเมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของพลังงานเชิงปริมาตรจากรูปที่ 15 จะพบว่าแอมโมเนียมีความหนาแน่นของพลังงานสูงกว่าไฮโดรเจน ซึ่งปริมาตรที่ใช้ในการจัดเก็บน้อยกว่าไฮโดรเจน 4 เท่า และมีความไวไฟน้อยกว่าไฮโดรเจน โดยมีตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง ดีเซล แอมโมเนีย และไฮโดรเจน ดังตารางที่ 4



รูปที่ 15 เปรียบเทียบความหนาแน่นของพลังงานเชิงปริมาตรของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง ดีเซล แอมโมเนียและไฮโดรเจน

คุณสมบัติ	ดีเซล	ไฮโดรเจน	แอมโมเนีย
การจัดเก็บ	ถังเหล็ก	บรรจุแบบอัด (แก๊ส) ที่ความดัน 350 บาร์ หรือ ของเหลวที่อุณหภูมิ -253 องศาเซลเซียส	บรรจุแบบอัด (ของเหลว อุณหภูมิห้อง) ที่ความดัน 15-16 บาร์ หรือ -33 องศาเซลเซียส
พลังงานจำเพาะ (MJ/kg)	45.6	120	18.6
ความหนาแน่นของพลังงาน (MJ/L)	38.6	2.9	11.5
ความไวไฟในอากาศ (% ปริมาตร)	-	4-74	16-27
ข้อความเตือนอันตราย H-phrase		H220 (ไวไฟสูง)	H221 (ไวไฟ)

ข้อควรระวังของการใช้แอมโมเนีย คือ แอมโมเนียเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูงหากสูดดมเข้าไป โดยเฉพาะผู้ขับขีรถไฟที่อาจได้รับสัมผัสจากการใช้งาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและปอด โดยได้มีรายงานอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับแอมโมเนียทางรถไฟในยุโรป 38 ครั้ง แต่ไม่มีผู้เสียชีวิตจากเหตุดังกล่าว โดยมีความแตกต่างของสถานการณ์รั่วไหลของไฮโดรเจนและแอมโมเนีย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเหตุการณ์รั่วไหลของไฮโดรเจนและแอมโมเนีย

	ไฮโดรเจน (350 บาร์)	แอมโมเนีย (16 บาร์)
การตรวจจับ	เสียง เครื่องตรวจจับ	เสียง เครื่องตรวจจับ กลิ่น
อันตราย	แก๊สเย็น ไฟไหม้ การลุกไหม้อย่างรวดเร็ว การระเบิดหากถูกจำกัดบริเวณ	แก๊สเย็น แก๊สพิษ ไฟไหม้/ระเบิดในบางสถานการณ์
การดำเนินการ	อพยพ ปิดระบบอัตโนมัติ/ระยะไกล ระบายอากาศ	ปิดระบบเฉพาะจุด ปิดคลุม ดักจับ ซ่อมแซม

แอมโมเนียสามารถตรวจจับได้ง่ายกว่าไฮโดรเจนเนื่องจากมีกลิ่น และมีความดันต่ำกว่า ทำให้มีเวลาในการจัดการมากกว่า นอกจากนี้ ข้อบังคับต่างๆ เช่น The Planning (Hazardous Substances) Regulations 2015 และ COMAH Regulations 2015 Lower Tier (Seveso III Directive (2012/18/EU)) ยังอนุญาตให้เก็บรักษาแอมโมเนียได้ในปริมาณที่มากกว่าไฮโดรเจนอย่างมีนัยสำคัญ โดยกำหนดปริมาณสูงสุดของไฮโดรเจนไว้ที่ 2-5 ตัน ในขณะที่แอมโมเนียอยู่ที่ 50 ตัน

แอมโมเนียอาจเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ใช้ในการบำรุงรักษา เนื่องจาก มีความหนาแน่นของเชื้อเพลิงต่ำกว่า ทำให้ทนทานต่อการใช้งานได้มากขึ้น มีความไวไฟน้อยกว่า ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบอย่างยิ่งในการใช้งาน เช่น การเจียรรางรถไฟ การจัดหาชุดป้องกันส่วนบุคคล เพิ่มเติมให้กับพนักงานไม่ซับซ้อนมากนัก (เนื่องจากอาจมีความเสี่ยงจากฝุ่นและควันอยู่แล้ว)

ตัวอย่างวิธีการลดความเสี่ยงจากแอมโมเนีย ได้แก่ การแยกและปกป้องภาชนะบรรจุจากการกระแทก การใช้ระบบป้องกันสองชั้นเพื่อลดอันตรายจากการรั่วไหล การติดตั้งระบบตรวจจับและปิดระบบอัตโนมัติ การจัดหาอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน การติดตั้งวาล์วระบายแรงดัน และการจัดทำคู่มือการจัดการแอมโมเนียอย่างละเอียด โดยมี ข้อดีและข้อเสียของแอมโมเนีย ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อดีและข้อเสียของแอมโมเนีย

ข้อดี	ข้อเสีย
มีแนวปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับ มีมาตรฐานการใช้งานและจัดเก็บที่ปลอดภัย	กลิ่นแรง มีกลิ่นฉุนที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
ความหนาแน่นของพลังงานสูง ประมาณ 1/4 ของดีเซล (ดีกว่าไฮโดรเจน) ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการพลังงานสูง	กัดกร่อน ทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด และมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง
จัดเก็บง่าย เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้ความดัน 15-16 บาร์ (เทียบกับไฮโดรเจนที่ 350 บาร์) สะดวกในการขนส่งและจัดเก็บ	เป็นพิษ หากมีความเข้มข้นสูงเกินไป อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
ผลิตจากพลังงานทดแทนได้: สามารถผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ (แต่ยังมีต้นทุนการผลิตที่ต้องพิจารณา)	
ดักจับคาร์บอนได้ หากผลิตจากมีเทน สามารถดักจับคาร์บอนได้ตั้งแต่แหล่งผลิต ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดต้นทุนการผลิต	
ไม่ติดไฟง่าย มีความปลอดภัยในการใช้งานสูงกว่าไฮโดรเจนมาก	
เติมเชื้อเพลิงได้รวดเร็ว กระบวนการเติมเชื้อเพลิงทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าไฮโดรเจน	

6. เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการบำรุงรักษาทางรถไฟ (Biofuels for track maintenance)

โดย Markus Buchner, Product Manager of Plasser & Theurer

Plasser & Theurer เป็นผู้ผลิตเครื่องบำรุงรักษารางรถไฟและเครื่องวางรางรถไฟที่มีจำนวนกว่า 17,000 คัน ตั้งแต่มีการก่อตั้งเมื่อปี 1953 โดยที่มีแผนเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเป็นศูนย์จากการดำเนินการบนราง (on track to zero emission) ซึ่งมุ่งเป้าไปยังการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใน 6 ระดับ ดังนี้

1. **0%** Base คือ การทำงานโดยไม่ใช้เครื่องจักรกล (non-mechanized working)
2. **10-15%** คือ การซ่อมบำรุงแบบดั้งเดิม (traditional track-bound maintenance)
 - 2.1 ใช้เครื่องดีเซล (diesel-operated machine)
 - 2.2 ใช้เครื่องไฮดรอลิก (hydraulic work units)
 - 2.3 ใช้วิธีการทำงานแบบต่อเนื่อง (continuous-action working method)

3. **ไม่เกิน 40%** คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องอัดหิน (tamping unit)

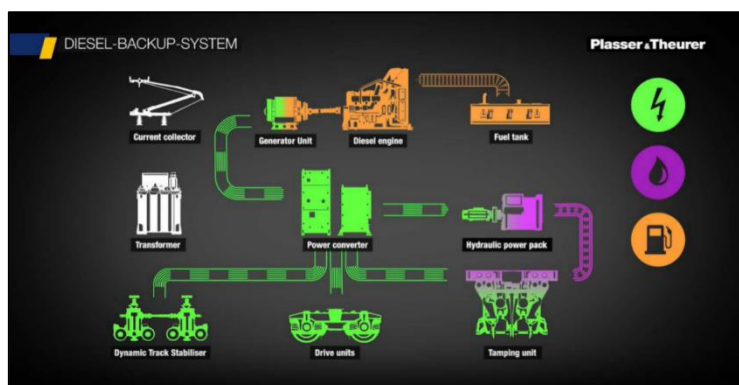
- 3.1 เครื่องอัดหินใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน
- 3.2 แหล่งพลังงานหลักในเครื่องจักรกลเป็นเครื่องยนต์ดีเซล
- 3.3 มีการปรับปรุงเชิงนิเวศน์ (eco-retrofit)

4. **40-100 %** คือ การใช้เครื่องจักรกลชนิดไฮบริด (hybrid machine) หรือระบบผสมระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานดีเซล

4.1 ใช้ระบบการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเต็มรูปแบบ สำหรับการทำงานและการเคลื่อนย้าย (fully electric drive system)

4.2 ทุกส่วนการทำงานถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า

4.3 เครื่องจักรกลมีพลังงานสำรองเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (backup internal combustion engine) ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 เครื่องจักรกลที่มีพลังงานสำรองเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน

5. **80-100%** คือ มีการใช้งานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าทั้งหมด (fully electric machine operation)

5.1 ใช้ระบบการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเต็มรูปแบบ สำหรับการทำงานและการเคลื่อนย้าย (fully electric drive system)

5.2 ทุกส่วนการทำงานถูกขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า

5.3 เครื่องจักรกลไม่มีเครื่องยนต์สันดาปภายใน

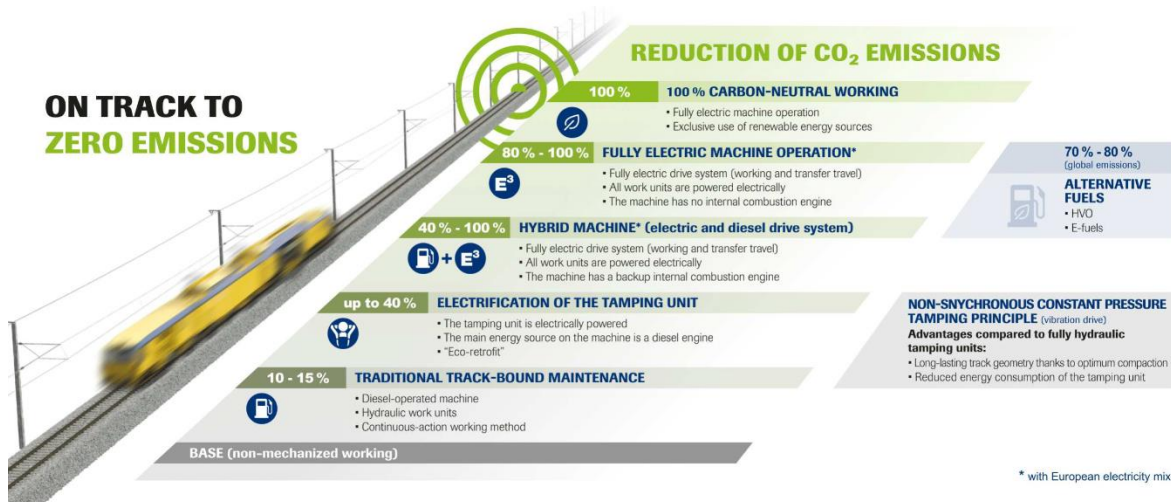
6. **100%** คือ การทำงานแบบความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon-neutral working)

6.1 ทำงานด้วยเครื่องจักรกลไฟฟ้าทั้งหมด

6.2 ใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนโดยเฉพาะ

หมายเหตุ 1) รูปแบบ 70-80% สามารถทำได้โดยการใช้พลังงานทางเลือก (alternative fuels) เช่น HVO และเชื้อเพลิงไฟฟ้าที่เป็นเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (e-fuels) ซึ่งผลิตจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกกักเก็บ และก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากพลังงานหมุนเวียน

หมายเหตุ 2) สามารถใช้ทางเลือกอื่นในการใช้เครื่องอัดหิน ด้วยการใช้ตัวขับเคลื่อนการสั่นสะเทือนที่มีหลักการทำให้แรงดันคงที่แบบ non-synchronous ซึ่งมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องอัดหินที่ทำงานด้วยไฮดรอลิกทั้งหมด เช่น ลักษณะรูปทรงของรางมีอายุการใช้งานนานเนื่องจากการบีบอัดที่เหมาะสม และสามารถลดการใช้พลังงาน (energy consumption) ของเครื่องอัดหินได้

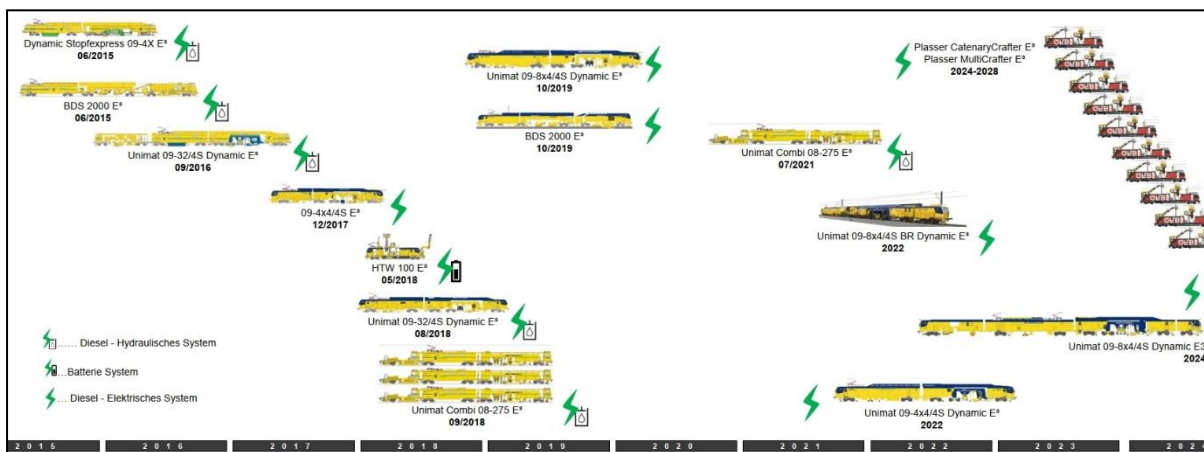


รูปที่ 17 มุ่งสู่การปล่อยมลพิษบนรางเป็นศูนย์

การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในรถซ่อมบำรุงทางสามารถใช้กับเครื่องจักรของ Plasser & Theurer ที่ผลิตใหม่ได้ทั้งหมด เพื่อให้มีความเข้ากันได้กับเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (synthetic fuels) โดยที่มีการพิจารณาการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในตัวรถรุ่นเก่าด้วย อย่างไรก็ตามยังคงมีการประเมินในแต่ละกรณีเสมอ

ตัวอย่างเชื้อเพลิงสังเคราะห์ รวมถึงเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ผลิตขึ้นโดยการสังเคราะห์จากแหล่งที่ไม่ใช่ฟอสซิล เช่น HVO e-fuels และเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว (x-to-liquid fuels)

HVO เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพขั้นที่สอง ที่ถูกนำมาใช้ในการขนส่งสินค้า โดยจากการดำเนินการขนส่งของประเทศเยอรมนีในปี พบว่า คลังสินค้าของ DB ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 30,000 ตัน จากการทดแทนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลด้วยเชื้อเพลิง HVO ในปริมาณ 10 ล้านลิตร



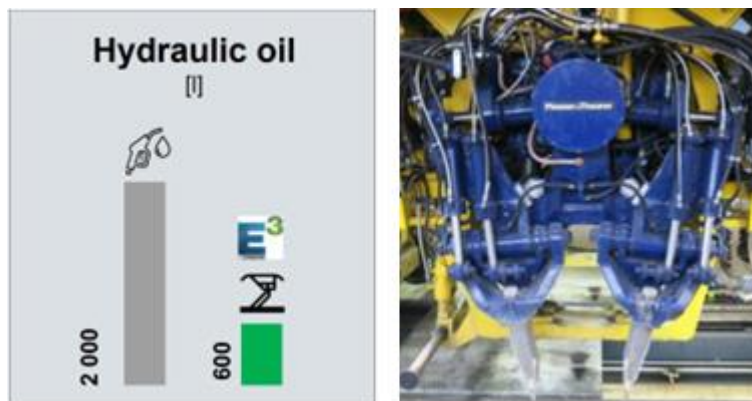
รูปที่ 18 วิวัฒนาการการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในรถข้อมบำรุงทางในปี ค.ศ. 2015 ถึง ค.ศ. 2024 ของ Plasser & Theurer

ปัจจุบันรถข้อมบำรุงทางของ Plasser & Theurer เปลี่ยนมาใช้ในการขับเคลื่อนด้วยดีเซล-ไฟฟ้า เป็นส่วนมาก ซึ่งมีการใช้หลักการของ E ยกกำลัง 3 (E³ machine) ตั้งแต่ปี 2015 ที่ประกอบไปด้วย Economic ที่สนับสนุนด้านเศรษฐกิจ Ecologic ที่สนับสนุนด้านนิเวศน์ และ Ergonomic ที่สนับสนุนด้านวิทยาการทำงาน

สำหรับเครื่องอัดหินไฟฟ้า (electric tamping unit) ของ Plasser & Theurer มีข้อได้เปรียบ ดังนี้

- 1) ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 2) ลดมลพิษทางเสียงระหว่างการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ
- 3) คุณลักษณะเฉพาะมีการตอบสนองที่เร็วขึ้น
- 4) อาจลดต้นทุนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต (life cycle costs)
- 5) สามารถลดขนาดของถังเก็บน้ำมันสำหรับระบบไฮดรอลิก
- 6) มีความเสถียรของความเร็วและแอมพลิจูดในการทำงานของแต่ละส่วนสูง ทำให้มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

ความเร็วในการทำงานถูกปรับให้เหมาะสม และลดต้นทุนได้



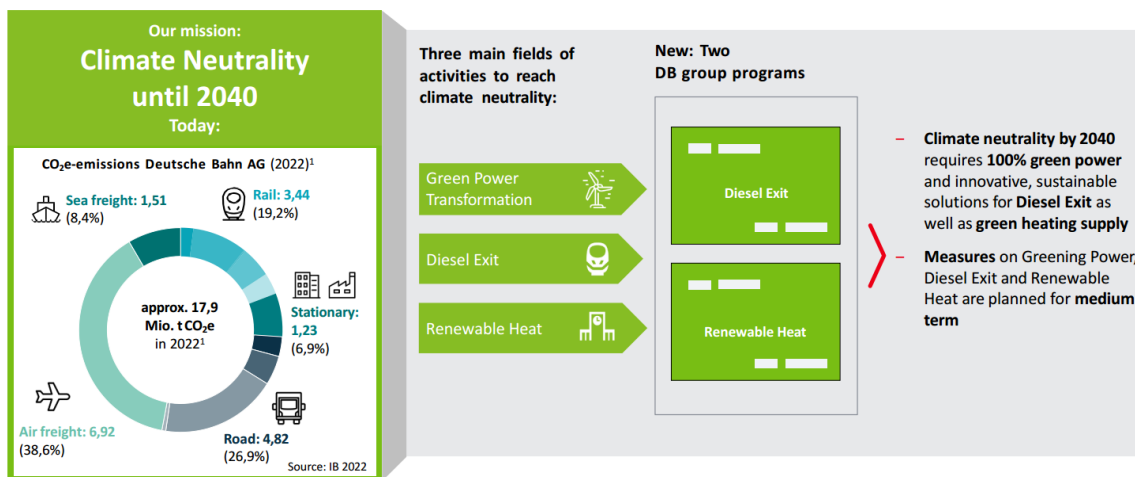
รูปที่ 19 ปริมาณการใช้น้ำมันในระบบไฮดรอลิกเมื่อเทียบระหว่างเครื่องจักรกลที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลกับไฟฟ้า

ตารางที่ 7 ศักยภาพของ E3 ที่ปรับใช้กับรถซ่อมบำรุงทางของ Plasser & Theurer

ศักยภาพของ E3		
ผลิตภัณฑ์	การใช้ E3	ศักยภาพในอีก 3-5 ปี
เครื่องอัดหินทางราง (track tamping machine)	☑	☑
เครื่องอัดหินอเนกประสงค์ (universal tamping machine)	☑	☑
เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า (stabilizer) / เครื่องอัดดิน (consolidating machine)	☒☑	☑
เครื่องเกลี่ยหิน (ballast distributing and profiling machine)	☑	☑
รถวิ่งบนราง (track motor vehicle)	☑	☑
เครื่องเจียรราง (rail rectification machine)	☒	☑
เครื่องติดตั้งระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือหัว (catenary renewal and installation machine)	☑	☑
เครื่องตรวจราง (track inspection vehicle)	☒	☑
เครื่องวางราง (track renewal/laying machine)	☒	ขึ้นอยู่กับการพัฒนาเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ เชื้อเพลิงสังเคราะห์และพลังงานไฮโดรเจน
เครื่องล้างหิน (ballast cleaning machine)	☒	
เครื่องปรับปรุงสภาพทางราง (formation rehabilitation machine)	☒	
ส่วนลำเลียงวัสดุสำหรับโลจิสติกส์ (material conveyor and hopper unit)	☒	

7. การใช้ HVO (Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) use) โดย Patrick Bertman, Head of Product & Pricing Strategies of DB Cargo

เยอรมนีกำหนดเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ (carbon neutrality) ภายในปี ค.ศ. 2040 โดยในภาคการขนส่งทางรางมีแผนการ diesel exit เพื่อลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงดีเซล และแผน renewable heat plan เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตความร้อนดังรูปที่ 20



(1) 2021: 18,5 Mio. t CO₂, 2020: 16 Mio. t CO₂, due to the CoVid-Pandemic, 2019: 20 Mio. t CO₂

รูปที่ 20 เป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เป็นศูนย์ของประเทศเยอรมนี

การติดตั้งระบบไฟฟ้าทั้งเส้นทางนั้นเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะย่านสับเปลี่ยนหรือ container station จึงได้มีการศึกษา HVO นำมาใช้กับรถจักรดีเซล โดยการใช้ HVO ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงสุดถึงร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล โดยข้อดีหลักและคุณสมบัติของ HVO มีดังนี้

1. การผลิต
 - 1.1 ใช้วัตถุดิบที่เป็นเพียงส่วนที่เหลือทางชีวภาพและของเสีย
 - 1.2 HVO ปราศจากน้ำมันปาล์ม
2. ความเข้ากันได้
 - 2.1 เชื้อเพลิง "Drop-In" ผ่านการทดสอบความเข้ากันได้กับเครื่องยนต์หลายครั้ง
 - 2.2 ผู้ผลิตเครื่องยนต์หลายรายอนุมัติให้ใช้ HVO ได้
3. ค่าใช้จ่าย
 - 3.1 มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมประมาณ 30 เซ็นต์/ลิตร เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลฟอสซิล
 - 3.2 การปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานสถานีบริการน้ำมันค่อนข้างง่ายและราคาไม่แพง

4. ความพร้อมใช้งาน

4.1 สามารถเปลี่ยนจากน้ำมันดีเซลฟอสซิลเป็น HVO ได้ในระยะสั้น/ระยะกลาง

4.2 มี HVO หลายล้านลิตร/ปี ในระยะสั้น

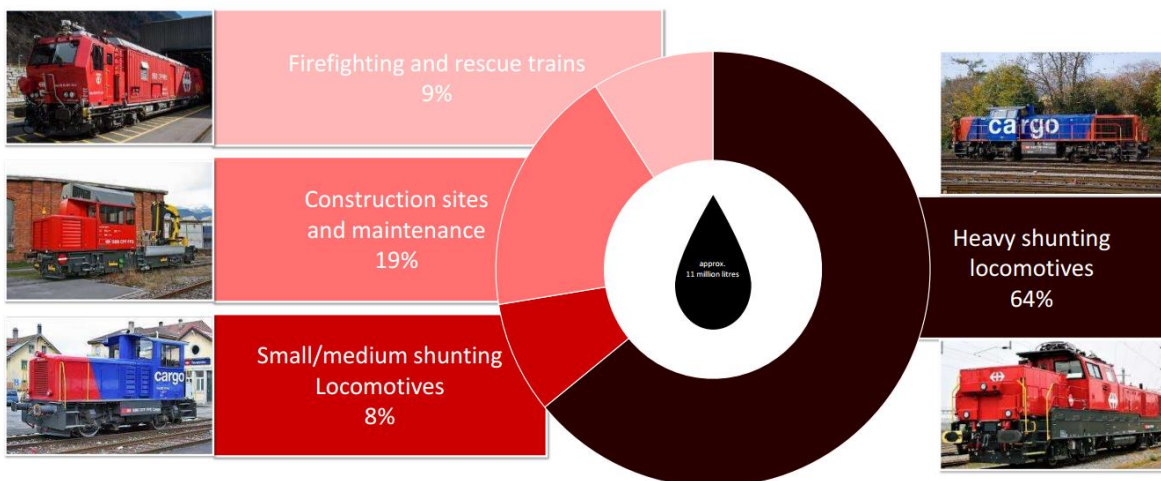
นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้ HVO ทั้งในห้องทดสอบ (Engine bench) และในรถจักรที่ใช้งานจริง ดังรูปที่ 21 ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซลทั่วไป นอกจากนี้ ยังมีแผนที่จะขยายสถานีบริการ HVO ให้ครอบคลุมทั่วประเทศ เพื่อรองรับการใช้งานที่เพิ่มขึ้นในอนาคต



รูปที่ 21 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ใช้ HVO ของ DB Cargo

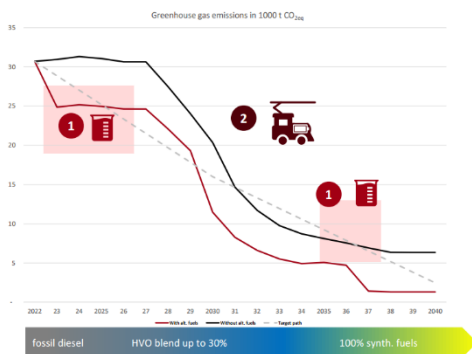
8. การใช้ HVO (Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) use) โดย Roland Aeschbacher, Project Manager Energy efficiency of SBB

ระบบรางของประเทศสวีเดนยังมีความต้องการในการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ประมาณ 11 ล้านลิตร โดยใช้กับหัวรถจักรขนาดใหญ่ที่ใช้สำหรับการสับเปลี่ยนขบวนรถในสถานีขนส่งสินค้าร้อยละ 64 ใช้กับการก่อสร้างและบำรุงรักษาทางรถไฟ รวมถึงการใช้รถไฟในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ในบริเวณก่อสร้างร้อยละ 19 ใช้กับรถไฟที่ใช้สำหรับดับเพลิงและช่วยเหลือในกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉินร้อยละ 9 และหัวรถจักรขนาดเล็กและกลางที่ใช้สำหรับการสับเปลี่ยนขบวนรถในสถานีขนส่งผู้โดยสารหรือสถานีขนาดเล็กร้อยละ 8 ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 สัดส่วนการใช้งานเชื้อเพลิงดีเซลในระบบรางของประเทศสวีเดน

ซึ่งการรถไฟของประเทศสวีเดนมีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเป็นศูนย์ (Carbon Neutral) อย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยมีแผนที่จะเพิ่มเส้นทางรถไฟที่ใช้ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ควบคู่ไปกับการเพิ่มการใช้ HVO ในเครื่องยนต์ดีเซล



รูปที่ 23 การเปลี่ยนผ่านในการลดการทำ Carbon Neutral ของการรถไฟของประเทศสวีเดน

ข้อดีของ HVO นั้นเป็นที่ประจักษ์ ได้แก่ HVO จัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันดีเซลพาราฟินิก (เช่นเดียวกับ SynFuels และ e-Fuels) และเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ และเป็นเชื้อเพลิงที่เรียกว่า drop-in ที่สามารถใช้เป็นส่วนผสม (blend) หรือใช้เดี่ยวๆ ได้

1) การผสมกับน้ำมันดีเซลทั่วไปในสัดส่วนสูงสุดร้อยละ 30 เป็นไปตามมาตรฐานเดิม (EN 590) และสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลทุกประเภท

2) HVO 100% เป็นไปตามมาตรฐานเชื้อเพลิง EN 15940 และเครื่องยนต์ดีเซลจำนวนมาก - รวมถึงส่วนใหญ่ของ SBB - ได้รับการอนุมัติให้ใช้งานแล้ว

ซึ่งทาง SBB ได้มีการวิเคราะห์และทดลองความเข้ากันได้ของรถไฟที่มีอยู่กับ HVO แล้ว ได้แก่

1. การอนุมัติเชื้อเพลิงอย่างเป็นทางการ

1.1 วิเคราะห์กลุ่มเครื่องยนต์และหารือกับผู้ผลิตและพันธมิตรบริการ

1.2 ไม่เพียงแต่เครื่องยนต์เท่านั้น แต่ยังรวมถึงหน่วยเสริมด้วย เช่น เครื่องทำความร้อนเสริม

2. ความเข้ากันได้ของวัสดุและประสิทธิภาพ

2.1 ระบบหัวฉีดต้องรับมือกับความหนาแน่นที่ต่ำลงและความสามารถในการหล่อลื่นที่อาจต่ำลงของ HVO

2.2 อีลาสโตเมอร์ที่สัมผัสกับ HVO ต้องไม่บวม/หดตัว

3. การทดสอบเครื่องยนต์สำหรับเครื่องยนต์รุ่นเก่า

3.1 เครื่องยนต์รุ่นเก่าไม่ได้รับการอนุมัติเพิ่มเติมจากผู้ผลิต บางครั้งจำเป็นต้องทำการทดสอบเอง

3.2 SBB ได้ทำการทดสอบดังกล่าวกับเครื่องยนต์รุ่นสำคัญแล้ว ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 การทดสอบเครื่องยนต์สำหรับเครื่องยนต์รุ่นเก่าของ SBB

โดยทาง SBB มีแผนที่จะใช้เชื้อเพลิง HVO ผสมมาใช้ โดยสรุปได้ดังนี้

1. ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการใช้ HVO blend

1.1 ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂eq) ได้ 7,500 ตันต่อปี ซึ่งเทียบเท่ากับการใช้น้ำมันดีเซล 2.5 - 3 ล้านลิตร

1.2 ลดอนุภาคในไอเสียได้ร้อยละ 20 ซึ่งจะช่วยปกป้องและยืดอายุไส้กรอง

2. ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการ:

2.1 มีทีมงานหลัก 6 คนจาก CFT fuels ทำงานในโครงการนี้

2.2 ใช้เวลา 4 ปีตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงการนำไปใช้จริง

3. ความคืบหน้าของโครงการ:

3.1 สถานีบริการน้ำมันแห่งแรกที่ให้บริการ HVO ผสม เริ่มเปิดให้บริการเมื่อวันที่ 4 เมษายน ค.ศ. 2024

3.2 ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมที่อนุญาตให้เพิ่มจากราคาน้ำมันดีเซลฟอสซิลอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10

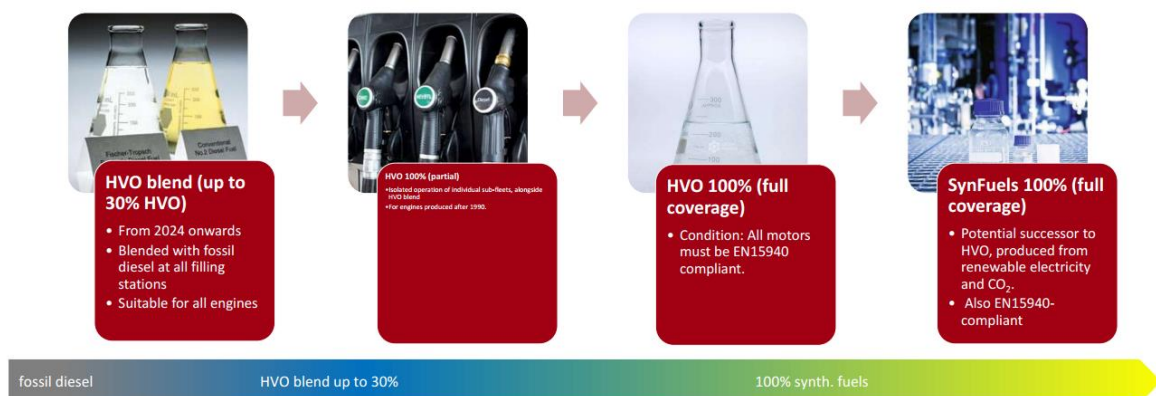
นอกจากนี้ SBB ยังมีแผนการเปลี่ยนผ่านการใช้เชื้อเพลิงในอนาคตสำหรับรถไฟ โดยเริ่มจากการใช้ HVO ผสม ไปจนถึงการใช้ SynFuels ทั้งหมด ดังรูปที่ 25

1) HVO ผสม (สูงสุด 30% HVO) ตั้งแต่ปี 2024 เป็นต้นไป จะมีการผสม HVO สูงสุด 30% กับน้ำมันดีเซลฟอสซิลที่สถานีบริการน้ำมันทั้งหมด ซึ่งสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ทุกประเภท

2) HVO 100% (บางส่วน): ในระยะต่อไป จะมีการใช้ HVO 100% ในบางส่วนของการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรถไฟที่ใช้เครื่องยนต์ที่ตรงตามมาตรฐาน EN15940

3) HVO 100% (ครอบคลุม): เป้าหมายสูงสุดคือการใช้ HVO 100% ในทุกการดำเนินงาน ซึ่งเครื่องยนต์ทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน EN15940

4) SynFuels 100%: ในอนาคตอันไกล อาจมีการเปลี่ยนไปใช้ SynFuels (เชื้อเพลิงสังเคราะห์) 100% ซึ่งผลิตจากพลังงานหมุนเวียนและคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดย SynFuels ก็เป็นไปตามมาตรฐาน EN15940 เช่นกัน



รูปที่ 25 แผนการเปลี่ยนผ่านการใช้เชื้อเพลิงในอนาคตสำหรับรถไฟของ SBB

9. การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ และไบโอดีเซล (Use of biofuels & Biodiesel (B100)) โดย Alexandre Lehoux, National biofuel technical manager of SNCF

SNCF (Société Nationale des Chemins de fer Français) หรือการรถไฟแห่งชาติฝรั่งเศส มีความมุ่งมั่นในการแก้ไขปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอน โดยเฉพาะจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ยังคงมีความสำคัญในระบบรางสำหรับการขนส่งสินค้า โครงสร้างพื้นฐาน และการขนส่งในภูมิภาค SNCF ตั้งเป้าลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคการขนส่งลงร้อยละ 30 ภายในปี ค.ศ. 2030 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2015 และมุ่งสู่การเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutral) ในปี ค.ศ. 2050 โดยจะลดการใช้น้ำมันดีเซลและพัฒนาพลังงานทางเลือก เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ แบตเตอรี่ และไฮโดรเจน

ในประเทศฝรั่งเศส การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการขนส่งส่วนใหญ่มาจากการขนส่งทางถนน ร้อยละ 93.7 ในขณะที่การขนส่งทางรางมีส่วนเพียงร้อยละ 0.3 ปัจจุบัน SNCF มีรถไฟ 1,100 คันที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในและระบบ Bi-Mode ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและดีเซล

โดยภาพรวมเชื้อเพลิงที่ยั่งยืนในตลาดสหภาพยุโรปมีดังนี้

1. Fatty Acid Methyl Esters (FAME): ผลิตจากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือของเสียจากการปรุงอาหาร โดยวิธี transesterification (การทำปฏิกิริยาระหว่างไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันหรือไขมันกับแอลกอฮอล์เพื่อสร้างหมู่เอสเตอร์) โดยทาง SNCF ใช้เฉพาะต้นเรพซิดในการผลิต FAME ซึ่งการใช้ไบโอดีเซล 100% (B100) จำเป็นต้องเปลี่ยนซีลและท่อบางส่วนในเครื่องยนต์ ซึ่ง FAME มีผู้ผลิตจำนวนมากในฝรั่งเศส

2. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO): ผลิตจากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือของเสียจากการปรุงอาหาร โดยใช้ไฮโดรเจนและตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง โดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ในการใช้ HVO เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงฟอสซิล ปัจจุบันมีผู้ผลิต HVO เพียง 2 รายในยุโรป

3. Power-To-Liquid (PTL): เป็นไฮโดรคาร์บอนเหลวสังเคราะห์ ผลิตโดยการแยกน้ำ (H₂O) เป็นไฮโดรเจน (H₂) และออกซิเจน (O) โดยใช้ไฟฟ้าและกระบวนการทางเคมี หากใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน PTL จะเป็นกลางทางคาร์บอนไดออกไซด์อย่างสมบูรณ์ ปัจจุบันยังไม่มีการผลิต PTL ในระดับอุตสาหกรรม

Fatty Acid Methyl Esters (FAME)



Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)



Power-To-Liquid (PTL)



รูปที่ 26 ภาพรวมเชื้อเพลิงที่ยั่งยืนในตลาดสหภาพยุโรป

โดยมีการทดสอบ FAME ในประเทศฝรั่งเศสเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 และ HVO ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2023 โดยตั้งแต่วันที่ 5 เมษายน 2021 ถึง 31 ธันวาคม 2023 สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่า 21,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e)

10. การทดสอบ HVO และ Fatty Acid Methyl Esters (FAME) (HVO & Fatty Acids/Methyl Esters (FAME) tests outcomes) โดย Wouter Lammens, Locomotive Planning Manager of Lineas

LINEAS เป็นผู้ให้บริการขนส่งสินค้าทางรางเอกชนรายใหญ่ที่สุดในยุโรป มีพนักงานขับรถไฟขนส่งสินค้าประมาณ 500 คน หัวรถจักร 250 คัน และรถไฟขนส่งสินค้า 6,700 คัน มีความมุ่งมั่นในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยตั้งเป้าหมายในปี ค.ศ. 2030 ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขต 1 และ 2 ลงร้อยละ 42 ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขต 3 ลงร้อยละ 25 เพิ่มการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจากร้อยละ 16 เป็นร้อยละ 75 นอกจากนี้ LINEAS ยังมุ่งมั่นที่จะได้รับการรับรอง Ecovadis gold ภายในปี ค.ศ. 2027 อีกด้วย

LINEAS ได้ทำการทดสอบเชื้อเพลิงชีวภาพในหัวรถจักร T77 ซึ่งเป็นหัวรถจักรดีเซลที่ใช้ระบบเกียร์ไฮดรอลิกในการส่งกำลัง



รูปที่ 27 หัวรถจักร T77 ของ LINEAS

การทดสอบเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels) 2 ประเภท ได้แก่ HVO และ FAME พบว่าทั้งสองชนิดช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 75 ถึงร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลทั่วไป โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

1. HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) หรือ Renewable Diesel

1.1 รายละเอียดเชื้อเพลิง: HVO100 / ผู้ผลิต Neste / มาตรฐาน EN 15940

1.2 สถานที่ทดสอบ: Genk & Antwerp

1.3 หัวรถจักรที่ใช้ทดสอบ: 2 คัน

คันที่ 1: ทดสอบ ม.ค. 2023 - พ.ค. 2023 (1,500 ชั่วโมง)

คันที่ 2: ทดสอบ ม.ค. 2023 - ก.ย. 2023 (2,000 ชั่วโมง)

1.4 การดัดแปลงหัวรถจักร: ไม่มี

1.5 การติดตามผลการทดสอบอื่นๆ:

- 1) ตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำและน้ำมันเชื้อเพลิงในน้ำมันเครื่อง
- 2) ตรวจสอบการก่อตัวของสาหร่ายในน้ำมันเชื้อเพลิง
- 3) ตรวจสอบการสิ้นสະเทือนและควันของเครื่องยนต์
- 4) ตรวจสอบปั๊มหัวฉีดและหัวฉีดหลัง 2,000 ชั่วโมง พบว่าหัวฉีดสกปรกเล็กน้อย (ดีกว่า

FAME)

สรุปผลการทดสอบ HVO: สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์และปรับแผนการซ่อมบำรุง แต่ต้องติดตามสภาพปั๊มหัวฉีดและหัวฉีดเพื่อป้องกันการอุดตัน

2. FAME (Fatty Acid Methyl Ester) หรือ ไบโอดีเซล

2.1 รายละเอียดเชื้อเพลิง: B100 / ผู้ผลิต Cargill / มาตรฐาน EN 14214

หมายเหตุ: มีการใช้ FAME ที่มีสารเติมแต่งเนื่องจากทดสอบในฤดูหนาว

2.2 สถานที่ทดสอบ: Ghent, tanking in Seatank Terminal

2.3 หัวรถจักรที่ใช้ทดสอบ: 2 คัน (หมายเลข 7853 และ 7855)

2.4 การดัดแปลงหัวรถจักร: ไม่มี

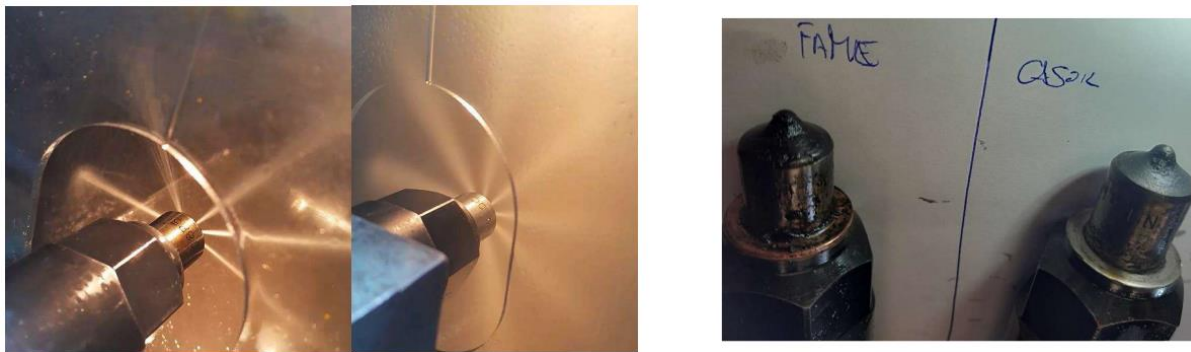
2.5 ผลการทดสอบเบื้องต้น:

- 1) พนักงานขับรถจักรบางคนพบว่ามีกลิ่นในห้องขับ
- 2) เนื่องจากสภาพอากาศหนาวเย็น ทำให้เชื้อเพลิงมีความหนืดสูง จึงต้องเติมสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการสตาร์ทเครื่องยนต์
- 3) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงขัดข้อง 2 ครั้ง เนื่องจากความสกปรกมากกว่าการใช้ดีเซลทั่วไป
- 4) หัวฉีดอุดตันง่าย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลง ดังรูปที่ 28

2.6 การดำเนินการต่อไป:

- 1) ตรวจสอบวัดและรับรองผลกระทบที่แท้จริงของการใช้ FAME เปรียบเทียบกับดีเซล B7
- 2) ตรวจสอบองค์ประกอบการปล่อยมลพิษตามมาตรฐาน ISO 8178-4 (CO, NO_x, HC, PM,

PN)



รูปที่ 28 หัวฉีดถอดต้นจากเชื้อเพลิง FAME

โดยสรุป คือ การทดสอบเชื้อเพลิงชีวภาพมีแนวโน้มที่ดี ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาวิธีการขนส่งเชื้อเพลิงชีวภาพที่มีประสิทธิภาพ และการแสวงหาโอกาสให้ลูกค้าได้รับประโยชน์จากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง