

GREEN HYDROGEN

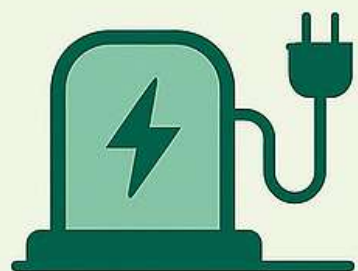
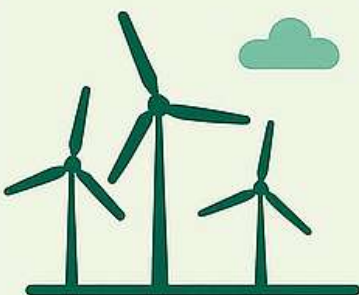
สถานการณ์ ทิศทาง และมุมมอง

H₂



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

ตุลาคม 2568



GREEN HYDROGEN

สถานการณ์ ทิศทาง และมุมมอง

บทสรุปผู้บริหาร

บทที่ 1 : บทบาท สถานการณ์ แนวโน้มไฮโดรเจนสีเขียว	1
บทที่ 2 : นโยบายและมาตรการไฮโดรเจนสีเขียวในต่างประเทศ	11
บทที่ 3 : การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในอาเซียนและประเทศไทย	17
บทที่ 4 : ความเหมาะสมของการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทย	22
บทที่ 5 : มุมมองและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	28

คณะผู้จัดทำ

ผู้อำนวยการกองวิจัย ค้นคว้าพลังงาน	ที่ปรึกษา
กลุ่มติดตามและประเมินผล กองวิจัย ค้นคว้าพลังงาน	
นายอนุพงษ์ สุชัย	จัดทำและเรียบเรียงเนื้อหา
นายเยาว์ธีร อังชวังกุล	สนับสนุนข้อมูลและทบทวนเนื้อหา
นางสาวชุตติมา อึ้งภากรณ์	สนับสนุนข้อมูลและทบทวนเนื้อหา
นางสาวกัญญาวิรัช จันทระเดช	สนับสนุนข้อมูลและทบทวนเนื้อหา
กลุ่มพลังงานใหม่ กองวิจัย ค้นคว้าพลังงาน	
นายศักดิ์ชัย ทรัพย์ประเสริฐ	สนับสนุนและรวบรวมข้อมูล
นางจิระวดี นิจุสุนกิจ	สนับสนุนและรวบรวมข้อมูล
นายสารสาสน์ เทียธิทรัพย์	สนับสนุนและรวบรวมข้อมูล

บทสรุปผู้บริหาร

การเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน (Energy Transition) คือปัจจัยขับเคลื่อนที่สำคัญยิ่งต่อการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเป็นมาตรการหลักในการรักษาระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยพลังงานสะอาดรูปแบบใหม่อย่างพลังงานไฮโดรเจน ได้ก้าวขึ้นเป็นทางเลือกแห่งอนาคตที่สำคัญในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะไฮโดรเจนที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียน (ไฮโดรเจนสีเขียว) ที่มีความต้องการมากถึงร้อยละ 94 ของการผลิตไฮโดรเจนทั้งหมด

การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวเติบโตอย่างมาก จากปริมาณการผลิตที่ 0.1 ล้านตันต่อปี ในปี ค.ศ. 2023 เพิ่มขึ้นเป็น 0.4 ล้านตันต่อปี ในปี ค.ศ. 2024 โดยมีปัจจัยผลักดันที่สำคัญ ได้แก่ ไฮโดรเจนสีเขียวเป็นพลังงานสะอาดและช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนถูกลง และการเติบโตของกำลังการผลิตติดตั้งของ Electrolyser ที่เป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวให้เติบโตอย่างมาก

หลายประเทศสำคัญอย่าง สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร แคนาดา ชิลี ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน กลุ่มประเทศในตะวันออกกลาง และสหภาพยุโรป ได้กำหนดนโยบายเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่ชัดเจน และการออกแบบมาตรการที่สนับสนุนและเพิ่มศักยภาพการผลิตและใช้ไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศ รวมถึงการกำหนดมาตรฐาน/การรับรองของไฮโดรเจนเพื่อรองรับตลาดอุปสงค์อุปทานทั้งในและนอกประเทศ

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานหมุนเวียนที่หลากหลาย ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวภาพ เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่พร้อมสำหรับการนำมาผลิตไฮโดรเจนสีเขียว โดยมีเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมกับประเทศไทย ได้แก่ เทคโนโลยี Electrolyser และ เทคโนโลยี Steam Methane Reforming (SMR) ร่วมกับ Carbon Capture and Storage (CCS) ซึ่งคาดการณ์ว่ามีศักยภาพการผลิตไฮโดรเจนโดยรวม ปริมาณ 13.549 ล้านตันต่อปี

การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทยจะเป็นกุญแจสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน มีส่วนสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ในปี ค.ศ. 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ในปี ค.ศ. 2065 ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อการพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวให้บรรลุผลอย่างเป็นรูปธรรม ประเทศไทยควรดำเนินการใน 3 ประเด็นหลัก ดังนี้ (1) การพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียวให้มีความสามารถแข่งขันได้ ผ่านการกำหนดมาตรการสนับสนุนทางการเงินและการลงทุน การสร้างอุปสงค์และตลาดรองรับ และการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา (2) การกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฮโดรเจน ผ่านการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนามาตรฐานการรับรองคาร์บอนของประเทศ และการสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศ และ (3) การกำหนดเป้าหมายและแผนที่นำทางไฮโดรเจนสีเขียวของประเทศในระยะสั้น-กลาง-ยาว

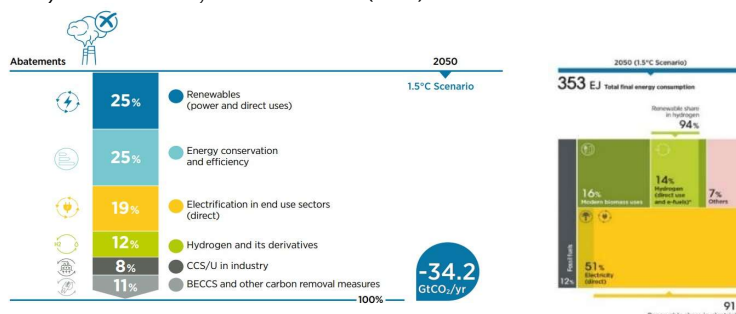
1

บทบาท สถานการณ์ แนวโน้ม ไฮโดรเจนสีเขียว

1.1 บทบาทของไฮโดรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงสูงขึ้น อันเนื่องมาจากอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น การเปลี่ยนผ่านทางด้านพลังงานเป็นปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในกิจกรรมด้านพลังงาน การผนวกวาระการขับเคลื่อนมาตรการด้านพลังงานหมุนเวียนและด้านการอนุรักษ์พลังงานอย่างเข้มข้นสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่การบรรลุความตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่ควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เพิ่มขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับระดับก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมและพยายามควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส

รายงานทบวงการพลังงานหมุนเวียนระหว่างประเทศ (IRENA) ได้วิเคราะห์ปัจจัยขับเคลื่อนด้านพลังงานที่ส่งผลต่อการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ตามฉากทัศน์ 1.5 องศาเซลเซียส (1.5 °C Scenario) โดยสามารถลดการปล่อย CO₂ ปริมาณ 34.2 GtCO₂ ต่อปี และควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียสภายในปี ค.ศ. 2050 แสดงดังรูปที่ 1 นอกจากนี้ด้านพลังงานหมุนเวียนและการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานไฮโดรเจนสะอาดมีบทบาทสำคัญที่มีส่วนช่วยในการลดการปล่อย CO₂ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด และคิดเป็นร้อยละ 14 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย โดยเฉพาะไฮโดรเจนที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียน (ไฮโดรเจนสีเขียว, Green Hydrogen) ที่มีความต้องการมากถึงร้อยละ 94 ของการผลิตไฮโดรเจนทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้ต้องขยายกำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการ Electrolysis มากถึง 5,722 กิกะวัตต์ (GW) ในปี ค.ศ. 2050



รูปที่ 1 การลดการปล่อย CO₂ และการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามฉากทัศน์ 1.5 องศาเซลเซียส
(Internation Co-operation To Accelerate Green Hydrogen Development, IRENA 2024)

ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 28 (COP28) ได้มีข้อตกลงที่จะเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานหมุนเวียนเป็นสามเท่าภายในปี ค.ศ. 2030 รวมถึงได้ให้ความสำคัญกับพลังงานไฮโดรเจนที่มีผลดีต่อสภาพภูมิอากาศและเศรษฐกิจ ไฮโดรเจนจะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้ธุรกิจต่าง ๆ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคส่วนที่ยากต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งบทบาทสำคัญของไฮโดรเจนในการประชุม COP28 ได้ถูกพิจารณาผ่าน Global Stocktake (GST) และการเสวนาโต๊ะกลมระดับสูงในเรื่องไฮโดรเจน (COP28 Presidency's High-level Roundtable) โดยมีผลลัพธ์ที่สำคัญเกี่ยวกับไฮโดรเจน (Key Outcomes) ประกอบด้วย

- มากกว่า 30 ประเทศ ได้ประกาศเจตนารมณ์ใน COP28 โดยตระหนักถึงบทบาทสำคัญของไฮโดรเจนสะอาดในการลดการปล่อยคาร์บอนและตอบสนองความต้องการด้านพลังงานทั่วโลก มุ่งมั่นที่จะทำงานร่วมกันเพื่อการยอมรับซึ่งกันและกันของโครงการใบรับรองไฮโดรเจนที่จะมีส่วนช่วยในการขับเคลื่อนตลาดไฮโดรเจนในระดับโลก
- การพิจารณาระเบียบวิธีมาตรฐานการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับไฮโดรเจนตลอดห่วงโซ่อุปทาน (LCA)
- จัดงานสัมมนา International Hydrogen Trade Forum (IHTF) ร่วมกับ Hydrogen Council เพื่อส่งเสริมการดำเนินการตามระเบียบการค้าข้ามพรมแดนด้านไฮโดรเจนและอนุพันธ์ในระดับนานาชาติ
- ความมุ่งมั่นในการลดคาร์บอนในภาคอุตสาหกรรมและการเดินเรือ โดยเพิ่มการผลิตพลังงานหมุนเวียนและไฮโดรเจนสีเขียว

■ ไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ

ไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ (Green and Low-carbon Hydrogen) จะเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน ไฮโดรเจนสีเขียว (Green Hydrogen) เป็นพลังงานไฮโดรเจนที่ผ่านกระบวนการแยกแบบอิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) ซึ่งเป็นการแยกธาตุไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยพลังงานไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มาจากพลังงานหมุนเวียน ขณะที่ไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำเป็นไฮโดรเจนที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลด้วยกระบวนการ Methane Steam Reforming ที่มีการเพิ่มเทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Capture and Storage) ซึ่งไฮโดรเจนสองประเภทนี้จะมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไฮโดรเจนที่ผลิตจากแหล่งอื่นๆ เช่น ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติที่ไม่มีเทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ โดยหลาย ๆ ประเทศได้มีการกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

ตารางที่ 1

การกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ

(Global Trade in Green Hydrogen Derivatives, IRENA 2024)

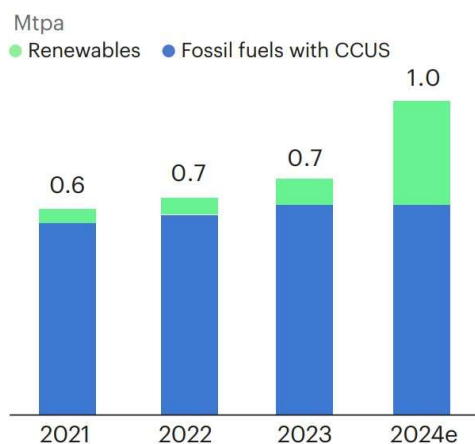
ประเทศ	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO ₂ eq/kgH ₂)	การอ้างอิง
แคนาดา	< 4	Investment Tax Credit, Canada
สหภาพยุโรป	< 3.4	The EU Renewable Energy Directive (EU-RED)
	< 3	EU Taxonomy (for hydrogen)
อินเดีย	< 2	Clean Hydrogen Standard, India
ญี่ปุ่น	< 3.4	Basic Hydrogen Strategy, Japan
เกาหลีใต้	< 4	Clean Hydrogen Certificate Mechanism, Republic of Korea
สหราชอาณาจักร	< 2.4	UK Low Carbon Hydrogen Standard
	< 4	Renewable Transport Fuel Obligation, UK
สหรัฐอเมริกา	< 4	Production Tax Credit, USA

1.2 สถานการณ์ไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำของโลก

■ การเติบโตของการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ

จากรายงาน Global Hydrogen Review (GHR) พบว่าการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว (Hydrogen from Electrolysis) และไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ (Hydrogen from Fossil fuels with CCS) มีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2564 (ค.ศ. 2021) ที่มีปริมาณการผลิตที่ 0.6 ล้านตันต่อปี (Mtpa) เป็น 1 Mtpa ในปี พ.ศ. 2567 (ค.ศ. 2024) และเห็นได้ชัดแล้วว่าไฮโดรเจนสีเขียวมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2567 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า ในขณะที่ปริมาณการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้ ไฮโดรเจนทั้ง 2 รูปแบบ มีปริมาณการผลิตเติบโตขึ้นโดยรวมอยู่ที่ประมาณร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2564 แสดงดังรูปที่ 2

ในปี พ.ศ. 2567 คาดการณ์ว่าการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำคิดโดยรวมมีปริมาณ 1 Mtpa คิดเป็นร้อยละ 1 ของการผลิตไฮโดรเจนทั้งหมด โดยไฮโดรเจนมากกว่าร้อยละ 60 ถูกผลิตจากก๊าซธรรมชาติ ร้อยละ 20 ถูกผลิตจากถ่านหิน และส่วนที่เหลือเป็น By-product ของกระบวนการผลิตอื่น ๆ (Global Hydrogen Review 2024)

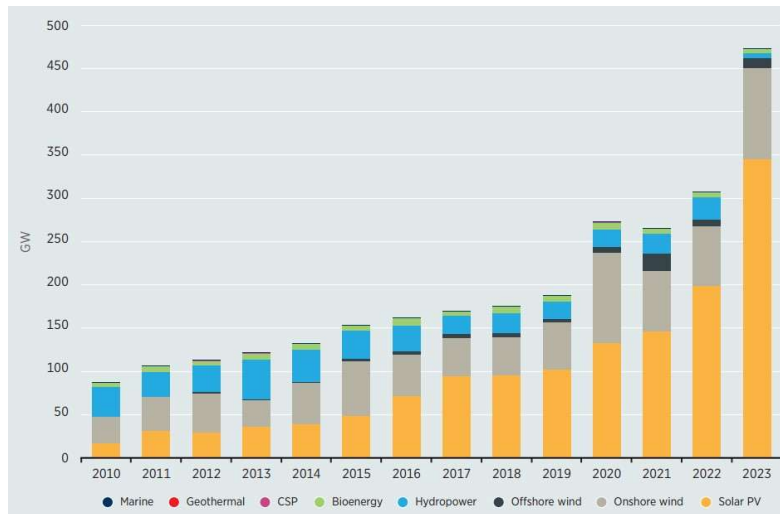


รูปที่ 2 ปริมาณการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ
(Global Hydrogen Review 2024)

การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวเติบโตอย่างมาก การขับเคลื่อนให้เกิดการใช้ไฮโดรเจนสีเขียวซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่ช่วยส่งเสริมพลังงานสะอาดและผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมสีเขียวอย่างยั่งยืน โดยมีปัจจัยผลักดันประกอบด้วย

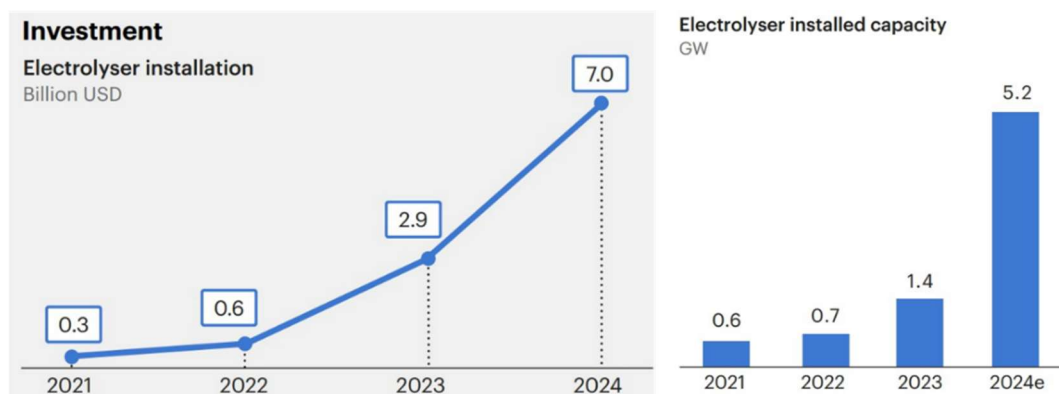
- (1) **ไฮโดรเจนสีเขียวเป็นพลังงานสะอาดและช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน**
การผสมไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงการผลิตไฟฟ้าช่วยลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ ที่มีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ด้วยการเปลี่ยนรูปแบบการผลิตไฟฟ้าโดยการผสมไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า จะช่วยลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมและมลพิษทางอากาศอย่างยั่งยืน
- (2) **ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน** เป็นที่รู้กันว่า ไฮโดรเจนสีเขียวผลิตจากพลังงานหมุนเวียนผ่านกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) โดยเฉพาะไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ด้วยการพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่องในเทคโนโลยีแผงโซลาร์เซลล์และกังหันลมที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความทนทาน มีการขับเคลื่อนการเติบโตของตลาดการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า ทำให้เกิดความคุ้มค่าและมีต้นทุนที่ลดลง อีกทั้งมีการสนับสนุนของรัฐบาลประเทศต่าง ๆ เช่น เครดิตภาษีการลงทุนด้านพลังงานแสงอาทิตย์ ขณะที่ต้นทุนของโมดูล Solar PV ลดลง ทำให้เข้าถึงการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมได้ง่ายขึ้น จากข้อมูล IRENA พบว่าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมทั่วโลกมีกำลังการผลิตใหม่เพิ่มขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2566 มีกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งใหม่จากพลังงานแสงอาทิตย์ของโลกอยู่ที่ 346 GW เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 73 จากปี พ.ศ. 2565 (200 GW) ส่วนการพัฒนาพลังงานลม

มีกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งใหม่อยู่ที่ 104 GW ในปี พ.ศ. 2566 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2565 คิดเป็นร้อยละ 48 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งใหม่จากพลังงานหมุนเวียนทั่วโลกแต่ละปี (IRENA 2024a)

- (3) การเติบโตกำลังการผลิตติดตั้งของ Electrolyser การเติบโตของกำลังติดตั้ง Electrolyser เป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวให้เติบโตอย่างมาก โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2567 ทั่วโลกมีการลงทุนการติดตั้ง Electrolyser มากกว่า 7 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ และมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 5.2 GW เพิ่มขึ้นมากกว่า 9 เท่าเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2564 (0.6 GW) แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การลงทุนและกำลังการผลิตติดตั้งของ Electrolyser (Global Hydrogen Review 2024)

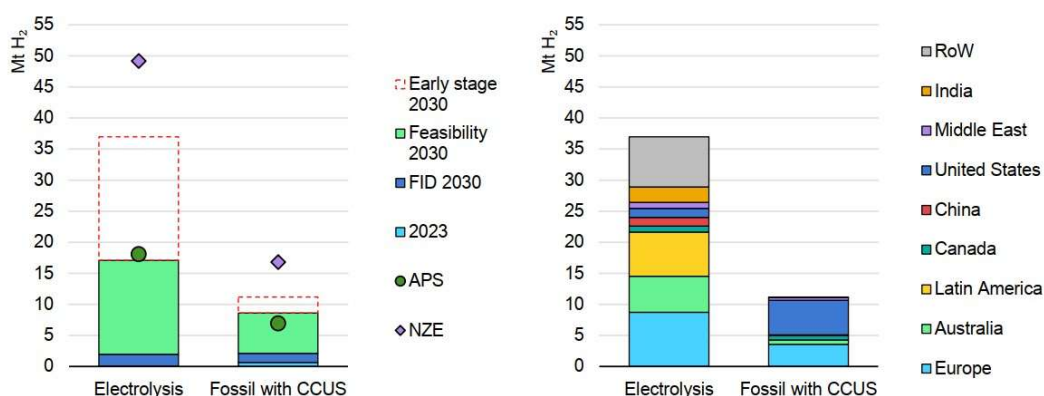
1.3 แนวโน้มการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว

■ แนวโน้มการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวของโลกและภูมิภาคที่เป็นผู้ผลิตหลัก

การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2573 (2030) คาดว่าจะมีปริมาณการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวอยู่ที่ 38 Mtpa ซึ่งมากกว่าการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

มากกว่า 3 เท่า (ดังรูปที่ 5) โดยมีโครงการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่สามารถดำเนินการผลิตได้จริง คิดเป็นปริมาณการผลิตที่ 17 Mtpa (Feasibility 2030, FID 2030) และโครงการในระยะเริ่มต้นอีก 20 Mtpa นอกจากนี้ IEA ได้ประมาณการว่า ปริมาณการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นจาก 38 Mtpa เป็น 49 Mtpa ภายในปี พ.ศ. 2573 ภายใต้ฉากทัศน์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ 2050 (Net Zero Emission by 2050 Scenario: NZE)

การเติบโตอย่างมากในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว นอกจากไฮโดรเจนสีเขียวเป็นพลังงานสะอาดแล้ว หลาย ๆ บริษัทและธุรกิจต่างมีความต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาพลังงานสะอาดเพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะมาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดนหรือ CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) ที่เน้นการใช้พลังงานสะอาดเพื่อลดการปลดปล่อยคาร์บอนตลอดห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะสินค้า 6 ประเภท ได้แก่ ซีเมนต์ เหล็ก/เหล็กกล้า อลูมิเนียม ไฟฟ้า ปุ๋ย และไฮโดรเจน ซึ่งโดยทั่วไปอุตสาหกรรมผลิตสินค้าเหล่านี้มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลสูงอยู่แล้ว ไฮโดรเจนสีเขียวจึงเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานและมีความต้องการใช้มากขึ้นเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 5 แนวโน้มการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวและภูมิภาคที่เป็นผู้ผลิตหลัก (Global Hydrogen Review 2024)

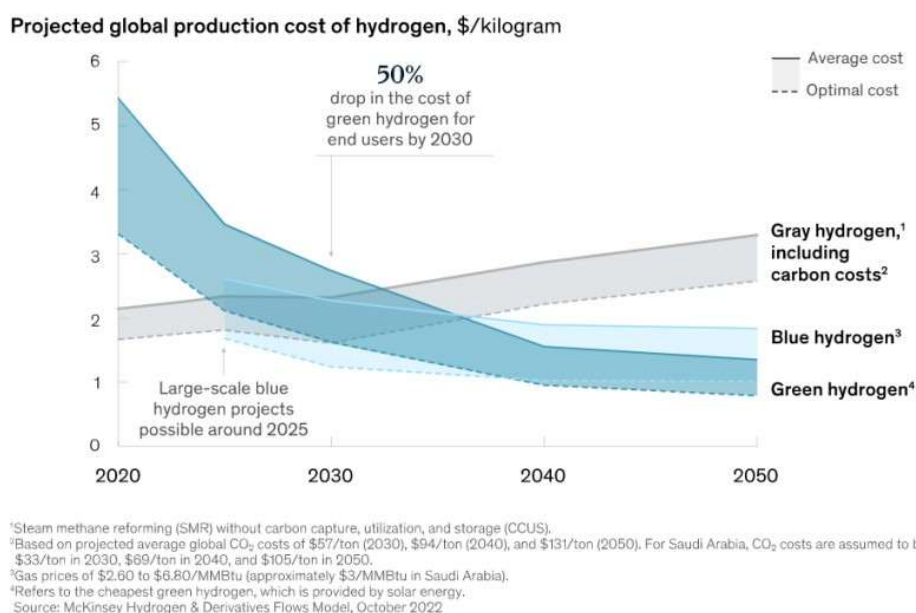
ภูมิภาคที่มีการลงทุนในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวมากที่สุด คือภูมิภาคยุโรป ออสเตรเลีย และลาตินอเมริกา โดยคาดว่าจะมีส่วนการผลิตมากกว่าร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตรวมทั้งหมดในปี พ.ศ. 2573 ยุโรปคาดว่าจะสามารถผลิตไฮโดรเจนสีเขียวได้ปริมาณ 8 Mtpa โดยภูมิภาคยุโรปมีประเทศสำคัญอย่างประเทศสเปน เดนมาร์ก และเยอรมนี ที่ได้มีการเริ่มโครงการการผลิตไฮโดรเจนด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส ซึ่งคิดเป็นกำลังการผลิตมากกว่าร้อยละ 40 ของการผลิตทั้งยุโรปในปี พ.ศ. 2573 ขณะที่ออสเตรเลียได้มีแผนการผลิตไฮโดรเจนปริมาณ 6 Mtpa จากพลังงานหมุนเวียนโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม (ออสเตรเลียมีเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนร้อยละ 82 ณ ปี พ.ศ. 2573) ส่วนภูมิภาคลาตินอเมริกามีประเทศสำคัญได้แก่ ชิลี ที่มีศักยภาพการผลิตไฮโดรเจนที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำโดยรวมอยู่ที่ 4 Mtpa

■ ต้นทุนผลิตไฮโดรเจนสีเขียว

ปัจจุบันไฮโดรเจนถูกผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 1.3 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายการปล่อย

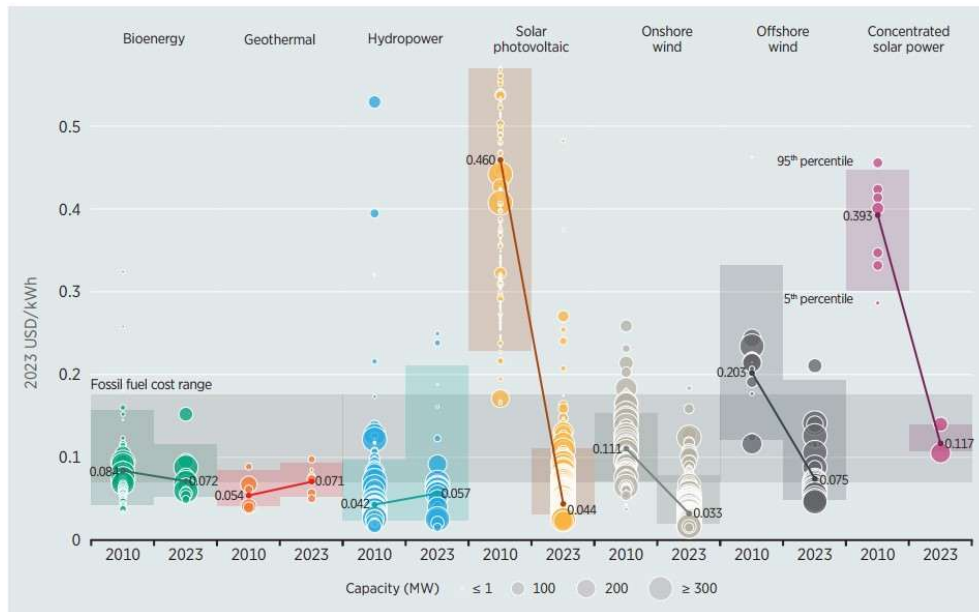
ก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ณ ปี ค.ศ. 2050 (Net Zero 2050) จำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวมากกว่า 5 เท่า ขณะที่ต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวยังเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนา เนื่องจากยังมีต้นทุนการผลิตที่สูงเมื่อเทียบการผลิตไฮโดรเจนประเภทอื่นๆ โดย IEA 2020 ได้รายงานต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนเฉลี่ยทั่วโลก (Global average levelized cost of hydrogen production by energy source and technologies) ณ ปี ค.ศ. 2019 พบว่าต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวมีราคาอยู่ระหว่าง 3.2-7.7 USD/kg ขณะที่ต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนจากถ่านหิน 1.9-2.6 USD/kg และก๊าซธรรมชาติ 0.7-2.1 USD/kg

McKinsey Hydrogen & Derivatives Flows Model 2022 ได้คาดการณ์ราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจน (รูปที่ 6) พบว่าราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวลดลงกว่าร้อยละ 50 หลังปี ค.ศ. 2030 เนื่องจากประเทศในกลุ่ม Hydrocarbon-rich countries (HRCs) ได้ให้ความสำคัญกับการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลักดันการผลิตไฮโดรเจนสะอาดมากยิ่งขึ้น (ทั้งไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ) สอดคล้องกับรายงานของ IRENA 2023a ที่ได้คาดการณ์ว่าไฮโดรเจนสีเขียวจะมีต้นทุนที่สามารถแข่งขันได้กับไฮโดรเจนที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ในปี ค.ศ. 2030 โดยมีปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดลงของต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว ได้แก่ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ลดลง โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีศักยภาพสูงด้านพลังงานหมุนเวียนและความหลากหลาย และการพัฒนาการเติบโตของกำลังการผลิตติดตั้งของ Electrolyser ที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิต Electrolyser ลดลง



รูปที่ 6 แนวโน้มต้นทุนการผลิตไฮโดรเจน (McKinsey & Company)

แนวโน้มต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ลดลง รายงาน Renewable power generation costs in 2023 ของ IRENA แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแข่งขันอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 - 2023 ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนลดลง โดยเฉพาะเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ที่มีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเฉลี่ย แสดงดังรูปที่ 7

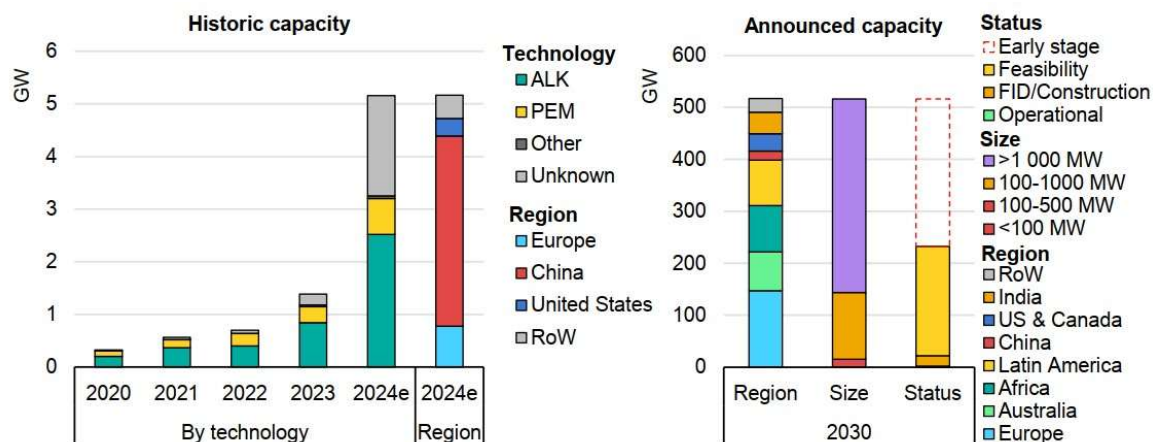


รูปที่ 7 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนระหว่างปี ค.ศ. 2010-2023
(Renewable Power Generation Costs in 2023, IRENA 2024)

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องมากกว่าร้อยละ 90 ระหว่าง ค.ศ. 2010 - 2023 จากราคา 0.460 USD/kWh เป็น 0.044 USD/kWh การลดลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นผลมาจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมดูล Solar PV ต้นทุนการผลิตที่ลดลง และการแข่งขันด้านการตลาด ส่งผลให้ต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้ารวมจาก Solar PV เฉลี่ยทั่วโลกลดลงจาก 5,310 USD/kW ในปี 2010 เป็น 758 USD/kW ในปี 2023 ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งจากพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วโลกเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว อยู่ที่ 1,412 GW ในปี 2023 โดยเฉพาะประเทศจีน อเมริกา ประเทศในแถบยุโรป และประเทศในแถบตะวันออกกลาง (Global Market Outlook for Solar Power 2024) นอกจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Onshore wind) มีราคาที่ลดลงเช่นเดียวกัน โดยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงจาก 0.111 USD/kWh ในปี ค.ศ. 2010 เป็น 0.033 USD/kWh ในปี ค.ศ. 2023 คิดเป็นการลดลงร้อยละ 67 ส่งผลให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งจากพลังงานลมเพิ่มขึ้นจาก 178 GW เป็น 944 GW การลดลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมาจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ราคาต้นทุนการผลิต Wind turbine ลดลง และ Capacity factor เพิ่มขึ้นที่เป็นผลมาจากการปรับปรุงพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลม

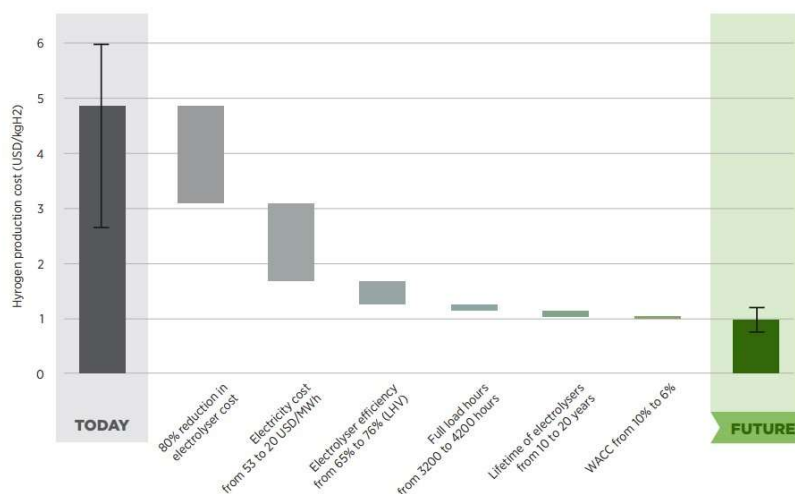
กำลังการผลิตติดตั้ง Electrolyser เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 2023 กำลังการผลิตติดตั้งรวมของ Electrolyser อยู่ที่ 1.4 GW และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปี ค.ศ. 2024 โดยมีกำลังการผลิตติดตั้งรวมทั่วโลกอยู่ที่มากกว่า 5 GW โดยมีเทคโนโลยี Electrolyser ชนิด ALK (Alkaline electrolyser) ถูกนำมาใช้เพื่อผลิตไฮโดรเจนสีเขียวมากกว่าร้อยละ 60 ของกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด และประเทศจีนมีสัดส่วนร้อยละ 75 ของกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมดในปี ค.ศ. 2024 นอกจากนี้ IEA ได้ประมาณการกำลังการผลิตติดตั้ง Electrolyser จากโครงการศึกษาที่มีความเป็นไปได้จะดำเนินการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว (Feasibility) พบว่าสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 230 GW ในปี ค.ศ. 2030 และคาดว่าจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 520 GW เมื่อพิจารณา

รวมกับโครงการพัฒนาที่อยู่ในช่วงเริ่มต้น (Early stage) แสดงดังรูปที่ 8 โดยภูมิภาคหลักที่มีการลงทุน Electrolyser ได้แก่ ยุโรป แอฟริกา ลาตินอเมริกา ออสเตรเลีย อเมริกาตอนบน และอินเดีย



รูปที่ 8 กำลังการผลิตติดตั้ง Electrolyser และแนวโน้มปี ค.ศ. 2030 (Global Hydrogen Review 2024)

ความท้าทายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวให้บรรลุความสามารถในการแข่งขันได้ในอนาคต นอกจากการลดลงของต้นทุน Electrolyser และราคาค่าไฟฟ้า ที่เป็นปัจจัยหลักแล้ว ยังรวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของ Electrolyser ที่สูงขึ้นและอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวลดลงมากกว่าร้อยละ 80 (รูปที่ 9) อย่างไรก็ตาม ราคาค่าไฟฟ้าที่ต่ำจะเป็นปัจจัยสำคัญหลักที่จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนที่สามารถเกิดการแข่งขันได้



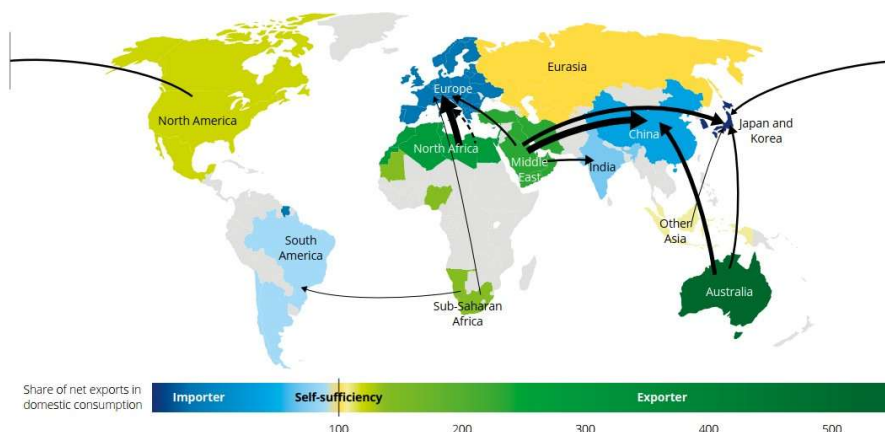
รูปที่ 9 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวในอนาคต (Green Hydrogen Cost Reduction, IRENA 2020)

■ การคาดการณ์ตลาดไฮโดรเจนสีเขียว

Deloitte's outlook 2023 ได้คาดการณ์ตลาดการซื้อขายไฮโดรเจนสีเขียวระหว่างภูมิภาคหลักในปี ค.ศ. 2030 มีผู้ผลิตไฮโดรเจนสีเขียวเพื่อส่งออก ได้แก่ กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง (Middle East) แอฟริกาตอนบน (North Africa) อเมริกาเหนือ (North America) และออสเตรเลีย โดยมีปริมาณการส่งออก

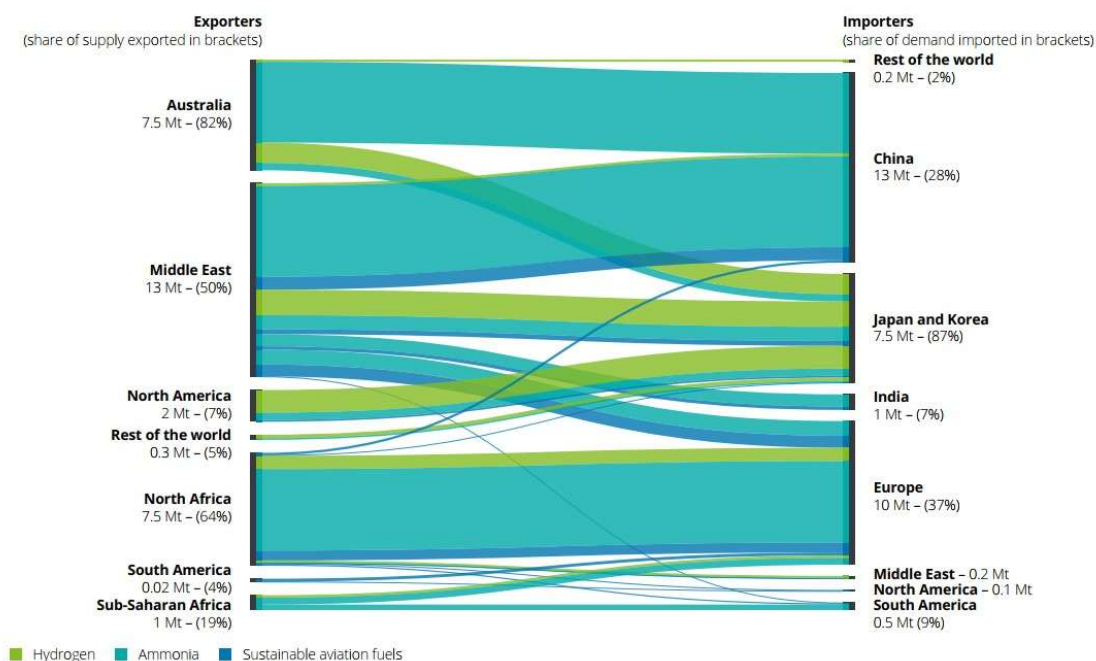
มากกว่า 30 ล้านตันไฮโดรเจน (MtH₂) และสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกโดยรวมมากกว่า 174 พันล้านเหรียญสหรัฐ

ขณะที่ภูมิภาคที่มีความต้องการนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวปริมาณมาก ได้แก่ จีน ยุโรป ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ โดยประเทศจีนมีความต้องการนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวมากถึง 13 MtH₂ และภูมิภาคยุโรปมีการนำเข้าปริมาณ 10 MtH₂ อนึ่ง ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้มีความต้องการนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวปริมาณมากเช่นกันเนื่องจากมีข้อจำกัดของพื้นที่ในการผลิตไฮโดรเจน โดยมีสัดส่วน Import-to-Demand ratio มากถึงร้อยละ 90 อีกทั้งยังมีความต้องการนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวมากกว่า 10 MtH₂



รูปที่ 10 แนวโน้มตลาดผู้ส่งออกและนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวในปี ค.ศ. 2030

(Hydrogen pathway exploration model, Deloitte's 2023 Global green hydrogen outlook)



รูปที่ 11 ปริมาณการส่งออกและนำเข้าไฮโดรเจนสีเขียวในปี ค.ศ. 2030

(Hydrogen pathway exploration model, Deloitte's 2023 Global green hydrogen outlook)

2

นโยบายและมาตรการ ไฮโดรเจนสีเขียวในต่างประเทศ

■ สหภาพยุโรป

แผนยุทธศาสตร์พลังงานไฮโดรเจนแห่งสหภาพยุโรป (EU Hydrogen Strategy) ให้ความสำคัญกับการพัฒนาไฮโดรเจนหมุนเวียนที่ผลิตมาจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก

มีแผนการพัฒนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยกระบวนการ Electrolysis ขนาด 40 GW และกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งจากพลังงานหมุนเวียน 80-120 GW โดยมีเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนให้ได้ปริมาณ 10 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2030

มาตรการสนับสนุน โครงการสนับสนุนการประมูลเงินอุดหนุนต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานหมุนเวียนผ่าน European Hydrogen Bank โดยในปี ค.ศ. 2024 ได้ให้เงินอุดหนุนจำนวน 720 ล้านยูโร ใน 7 โครงการ

มาตรฐาน/การรับรอง CertifHy ที่ได้มีข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 36.4 gCO₂eq/MJH₂ หรือ 4.37 kgCO₂eq/kgH₂

ประเทศฟินแลนด์	- Recovery and Resilience Facility Fund จัดตั้งงบประมาณ 1,500 ล้านยูโร สนับสนุนการลงทุนพลังงานหมุนเวียนขนาดใหญ่และพลังงานไฮโดรเจน - มีเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว 3 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2035
ประเทศเดนมาร์ก	- Green Hydrogen and Fuels Deal (2022) ตั้งเป้าหมายกำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis 4-6 GW ภายในปี ค.ศ. 2030 - เงินสนับสนุนการลงทุน 131 ล้านโครเนอเดนมาร์ก
ประเทศเยอรมนี	- Hydrogen Strategy (2020) ตั้งงบลงทุนสนับสนุนการผลิตไฮโดรเจน 10.3 พันล้านเหรียญสหรัฐ - มีเป้าหมายกำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis 10 GW ภายในปี ค.ศ. 2030
ประเทศฝรั่งเศส	- สนับสนุนเงินลงทุน 2-3 พันล้านยูโร สำหรับโครงการไฮโดรเจนที่ปลดปล่อยมลพิษต่ำ - มีเป้าหมายกำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis 10 GW ผลิตไฮโดรเจนสีเขียวปริมาณ 700,000 ตัน ภายในปี ค.ศ. 2030

ประเทศเช็กเกีย	มีเป้าหมายกำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis 400 MW ภายในปี ค.ศ. 2030
ประเทศเนเธอร์แลนด์	- Nationaal Waterstof Programma (2022) ตั้งเป้าหมาย กำลังการผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis 6-8 GW ภายในปี ค.ศ. 2030 - ได้รับเงินสนับสนุนจากสหภาพยุโรป 20 ล้านยูโร สร้าง Hydrogen Valley (Hydrogreenn) แห่งแรกในยุโรป
ประเทศโปแลนด์	มีเป้าหมายกำลังการผลิตไฮโดรเจนขนาด 2 GW ภายในปี ค.ศ. 2030

■ ประเทศสหรัฐอเมริกา

U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำปริมาณ 10 MtH₂ ต่อปี ภายในปี ค.ศ. 2030 และขยายกำลังการผลิตเป็น 50 MtH₂ ต่อปี ภายในปี ค.ศ. 2050 เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 65 ภายในปี ค.ศ. 2030 และบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี ค.ศ. 2050

มาตรการสนับสนุน Clean Hydrogen Production Tax Credit ได้สนับสนุนงบประมาณการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำจำนวน 13 พันล้านเหรียญสหรัฐ ผ่านข้อกำหนดเครดิตภาษีการผลิตไฮโดรเจน (Production Tax Credit: PTC) ที่ 3 USD/kgH₂ และเครดิตภาษีการลงทุน (Investment Tax Credit: ITC) ในอัตราที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ ยังมีการสนับสนุนการผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซธรรมชาติร่วมกับเทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Natural Gas + CCS) ผ่านการสนับสนุนปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้ในราคา 85 USD/tCO₂

มาตรฐาน/การรับรอง Clean Hydrogen Production Standard (CHPS) ที่มีข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 4.0 kgCO₂eq/kgH₂

■ ประเทศออสเตรเลีย

Australia National Hydrogen Strategy 2024 ได้กำหนดกรอบการพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนเพื่อเป็นแหล่งผลิตไฮโดรเจนที่ใหญ่ที่สุด (Hydrogen Hub) ภายในปี ค.ศ. 2030 โดยได้ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวให้ได้ 15 MtH₂ ต่อปี และขยายกำลังการผลิตให้ได้ 30 MtH₂ ต่อปี ภายในปี ค.ศ. 2050 อีกทั้ง มีเป้าหมายส่งออกไฮโดรเจนสีเขียวปริมาณ 0.2 MtH₂ ต่อปี และเพิ่มขึ้นเป็น 1.2 MtH₂ ต่อปี ในปี ค.ศ. 2030

มาตรการสนับสนุน Hydrogen Production Tax Incentive ได้สนับสนุนการผลิตไฮโดรเจนด้วยมาตรการจูงใจด้านภาษีให้แก่ผู้ผลิตไฮโดรเจนสีเขียวในอัตรา 2 USD/kgH₂

■ สหราชอาณาจักร

The UK Hydrogen Strategy มุ่งเน้นการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ โดยมีขนาดกำลังการผลิต 10 GW ภายในปี ค.ศ. 2030

มาตรการสนับสนุน กองทุน Net Zero Hydrogen Fund (NZHF) ได้จัดสรรเงินจำนวน 240 ล้านปอนด์ เพื่อสนับสนุนการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ ภายใต้การแข่งขัน NZHF Strands 1 and 2 เพื่อสนับสนุนเงินทุน (CAPEX/OPEX) ให้แก่โครงการใหม่ที่จะดำเนินการผลิตไฮโดรเจน

มาตรฐาน/การรับรอง UK Low Carbon Hydrogen Certificates การออกใบรับรองการผลิตไฮโดรเจนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาพลังงานไฮโดรเจน มีข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 2.4 kgCO₂eq/kgH₂

■ ประเทศแคนาดา

แคนาดาเป็นหนึ่งในประเทศที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานไฮโดรเจน โดยมี Federal Hydrogen Strategy ที่ได้กำหนดให้พลังงานไฮโดรเจนเป็นตัวขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศและผลิตไฮโดรเจนเพื่อการส่งออก ที่มุ่งเน้นการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ (ไฮโดรเจนสีเขียวและไฮโดรเจนสีน้ำเงิน) โดยได้ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนให้ได้ 2 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2050

มาตรการสนับสนุน The Clean Hydrogen Investment Tax Credit (CHITC) ได้สนับสนุนการลงทุนโครงการผลิตไฮโดรเจนด้วยมาตรการจูงใจด้านภาษีในอัตราร้อยละ 15-40 ในงบประมาณการลงทุน 17.7 พันล้านเหรียญสหรัฐ

■ ประเทศชิลี

ประเทศชิลีได้กำหนดยุทธศาสตร์ชาติด้านพลังงาน เป็นผู้จัดหาพลังงานสะอาดหลักในภูมิภาค โดยได้ตั้งเป้าหมายการลงทุนไฮโดรเจนสีเขียวมากที่สุดในประเทศในแถบลาตินอเมริกา โดยมี Green Hydrogen Strategy ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วย Electrolyzer ขนาด 25 GW ภายในปี ค.ศ. 2030 และมีเป้าหมายเป็นผู้ส่งออกไฮโดรเจนหลักของโลก (World Top 3 Hydrogen Exporter) ภายในปี ค.ศ. 2040

■ ประเทศญี่ปุ่น

ญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกที่ได้จัดทำยุทธศาสตร์ไฮโดรเจนแห่งชาติ ที่มุ่งเน้นการใช้ไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำพร้อมทั้งลงทุนการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงและโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง โดยได้ตั้งเป้าหมายผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ 12 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2040 และขยายขนาดกำลังการผลิตเป็น 20 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2050 รวมถึงการนำเข้าเชื้อเพลิงไฮโดรเจนสีเขียว เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรมและการขนส่ง

มาตรการสนับสนุน ญี่ปุ่นได้ออกพระราชบัญญัติ Hydrogen Society Promotion Act เพื่อเป็นกฎหมายที่จะผลักดันธุรกิจหรือการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวกับไฮโดรเจนและอนุพันธ์ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้ไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ ยังมีโครงการอุดหนุนด้านการเงินในรูปแบบสัญญาซื้อขายส่วนต่าง (Contracts for Difference) สำหรับไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ ครอบคลุมถึงราคาส่วนต่างของการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำและการผลิตไฮโดรเจนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลด้วย

มาตรฐาน/การรับรอง Chubu Region Low Carbon Hydrogen Certificate ยังไม่ได้รับข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่แน่ชัด

■ ประเทศเกาหลีใต้

เกาหลีใต้ได้จัดทำ Korea's Clean Hydrogen Policy ในปี ค.ศ. 2022 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจไฮโดรเจนผ่าน 3Ups Policy ประกอบด้วย การสร้างห่วงโซ่อุปทานพลังงานไฮโดรเจนในระดับประเทศและระดับสากล พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้พลังงานไฮโดรเจนในภาคการผลิตไฟฟ้าและการขนส่ง การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจน และลดข้อบังคับ ระเบียบที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาตลาดเศรษฐกิจไฮโดรเจนและใบรับรอง อนึ่งไฮโดรเจนส่วนใหญ่ผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ โดยมีเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำให้ได้ 4 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2030

มาตรการสนับสนุน เกาหลีใต้ ได้กำหนด Clean Hydrogen Certificate และอุดหนุนด้านการเงินในการผลิตไฮโดรเจนในสัดส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกระบวนการผลิต อยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-4 kgCO₂eq/kgH₂ นอกจากนี้ยังมีการจัดทำมาตรฐานเพื่อสนับสนุนการใช้ไฮโดรเจนในภาคการผลิตไฟฟ้าเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านการชดเชยเงินส่วนต่างเมื่อเทียบการผลิตไฟฟ้าแบบ Co-firing ในรูปแบบ Contracts for Difference

มาตรฐาน/การรับรอง Clean Hydrogen Portfolio Standard (CHPS) ที่ได้รับข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

Grade 1: 0-0.1 kgCO₂eq/kgH₂

Grade 2: 0.1-1 kgCO₂eq/kgH₂

Grade 3: 1-2 kgCO₂eq/kgH₂

Grade 4: 2-4 kgCO₂eq/kgH₂

■ ประเทศในแถบตะวันออกกลาง

ประเทศในแถบตะวันออกกลางมีศักยภาพสูงในการผลิตไฮโดรเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนสีเขียวที่สามารถผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ อีกทั้งยังสามารถผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำและอนุพันธ์ที่เกี่ยวข้องได้จากแหล่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	- เป้าหมายเป็นผู้ผลิตและส่งออกหลักของไฮโดรเจนสีเขียวในภูมิภาค - UAE National Hydrogen Strategy 2050 ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ 1.4 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2030 และขยายการผลิตเป็น 15 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2050
ประเทศซาอุดีอาระเบีย	ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ 2.9 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2030
ประเทศโอมาน	ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวอย่างน้อย 1 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2030
ประเทศอียิปต์	ตั้งเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว 5.8 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2040

■ ประเทศจีน

จีนมีแผนพัฒนาพลังงานไฮโดรเจน Medium and Long-term Plan for the development of Hydrogen Energy Industry โดยมีเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวให้ได้ 200,000 ตัน ภายในปี ค.ศ. 2025 และเพิ่มกำลังการผลิตติดตั้งของ Electrolyser เป็น 80 GW ภายในปี ค.ศ. 2030 นอกจากนี้ แผนพัฒนาไฮโดรเจนของจีนดังกล่าวได้มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่มีต้นทุนต่ำ พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรมพลังงานไฮโดรเจน พัฒนาลาดไฮโดรเจน ปรับปรุงกฎระเบียบและพัฒนามาตรฐานและใบรับรองไฮโดรเจน เพื่อเป้าหมายการพัฒนาเศรษฐกิจไฮโดรเจนระยะยาว ที่มีเป้าหมายการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ 30 MtH₂ ภายในปี ค.ศ. 2060

มาตรฐาน/การรับรอง Standard and Assessment for Low-carbon Hydrogen, Clean Hydrogen and Renewable Hydrogen Energy ที่มีข้อกำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 4.9 kgCO₂eq/kgH₂ สำหรับไฮโดรเจนสีเขียว และไม่เกิน 14.5 kgCO₂eq/kgH₂ สำหรับไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ

ตารางที่ 2

เปรียบเทียบการพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนสีเขียวในต่างประเทศ

ประเทศ	Electrolyser	Standard/ Certificate	มาตรการสนับสนุน
สหภาพยุโรป	✓	✓	• Grants • Incentive
ประเทศสหรัฐอเมริกา	-	✓	• Tax Credit
ประเทศออสเตรเลีย	✓	-	• Tax incentive
สหราชอาณาจักร	✓	✓	• Grants
ประเทศแคนาดา	-	-	• Tax Credit
ประเทศชิลี	✓	-	-
ประเทศญี่ปุ่น	-	✓	• สัญญาซื้อขายส่วนต่าง
ประเทศเกาหลีใต้	-	✓	• Incentive • สัญญาซื้อขายส่วนต่าง
ประเทศแถบตะวันออกกลาง	✓	-	-
ประเทศจีน	✓	✓	-

หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูล

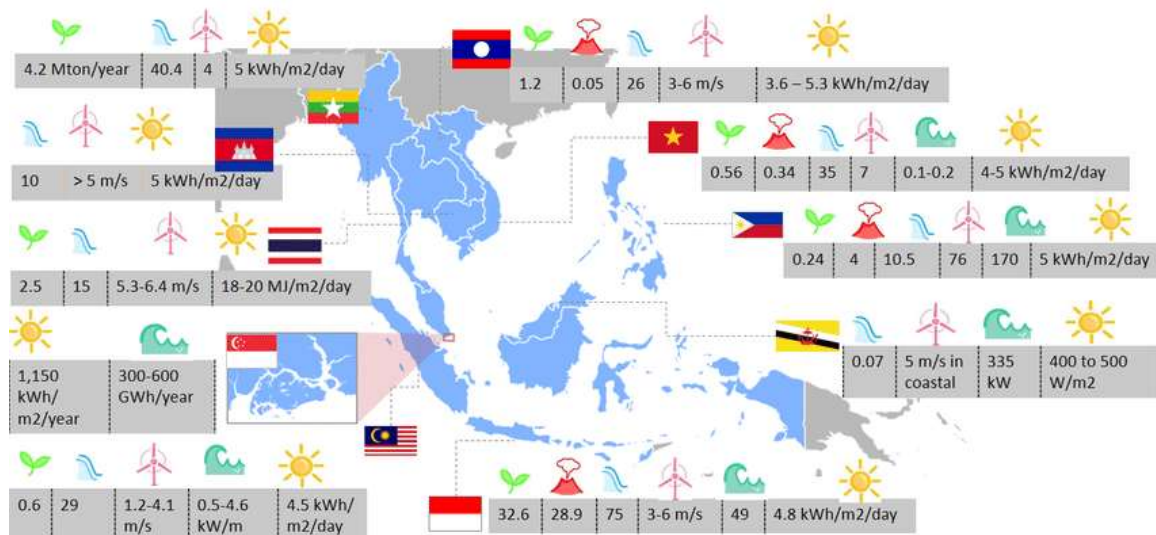
3

การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียว ในอาเซียนและประเทศไทย

3.1 การพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนสีเขียวในภูมิภาคอาเซียน

อาเซียนตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานไฮโดรเจนในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สร้างความมั่นคงทางพลังงาน และการขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจสีเขียว หลายๆ ประเทศในอาเซียนได้เริ่มพิจารณาและวางแผนยุทธศาสตร์ด้านไฮโดรเจน โดยมีเป้าหมายที่จะนำไฮโดรเจนมาใช้ในการภาคส่วนต่างๆ เช่น การใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง อุตสาหกรรม และการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น

ภูมิภาคอาเซียนมีศักยภาพสูงในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว เนื่องจากมีแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพและหลากหลาย โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ศักยภาพพลังงานหมุนเวียนของประเทศสมาชิกอาเซียน (ASEAN Centre for Energy)

ตารางที่ 3

การพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนสีเขียวของประเทศสมาชิกอาเซียน

ประเทศสมาชิกอาเซียน	การพัฒนาพลังงานไฮโดรเจนสีเขียว
บรูไนดารุสซาลาม	การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการสำรวจและศึกษาความเป็นไปได้
กัมพูชา	การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการสำรวจและศึกษาความเป็นไปได้
อินโดนีเซีย	Garuda Hydrogen Hijau Project โครงการร่วมทุนระหว่าง ACWA Power (ชาวคูเวต) และ PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) มีเป้าหมายผลิตแอมโมเนียสีเขียวจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยมีกำลังการผลิตเริ่มต้นที่ 255,000 ตันต่อปี คาดว่าจะเริ่มดำเนินการเชิงพาณิชย์ในปี ค.ศ. 2026
ลาว	National Green Hydrogen and Ammonia Roadmap แผนพัฒนาไฮโดรเจนและแอมโมเนียสีเขียวระดับชาติ เพื่อส่งเสริมการผลิตไฮโดรเจนและแอมโมเนียสีเขียวจากพลังงานน้ำส่วนเกินในช่วงฤดูฝน
มาเลเซีย	- National Energy Transition Roadmap มีแผนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวปริมาณ 220,000 ตันต่อปี ภายในปี ค.ศ. 2027 - Sarawak H2biscus and H2ornbill Projects โครงการขนาดใหญ่ที่มีเป้าหมายที่จะผลิตไฮโดรเจนสีเขียวจากพลังงานน้ำ เพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้
เมียนมา	-
ฟิลิปปินส์	กำลังดำเนินการศึกษาศักยภาพในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่าง ๆ
สิงคโปร์	National Hydrogen Strategy ยุทธศาสตร์ระดับชาติว่าด้วยไฮโดรเจน โดยมุ่งเน้นไปที่การนำเข้าไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำและการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานไฮโดรเจนในภาคอุตสาหกรรมและพลังงาน
ไทย	- ความร่วมมือระหว่าง ปตท. และ ACWA Power เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฮโดรเจนและแอมโมเนียสีเขียวในประเทศไทย - โครงการนำร่องผลิตไฮโดรเจนสีเขียวจากพลังงานลม ขนาดกำลังการผลิต 300 kW (ศูนย์การเรียนรู้ กฟผ. ลำตะคอง)
เวียดนาม	- กำลังศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวจากพลังงานหมุนเวียน - โครงการนำร่องขนาดเล็กเกี่ยวกับการใช้ไฮโดรเจนในภาคอุตสาหกรรมและขนส่ง

การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค การพัฒนาพลังงาน ไฮโดรเจนสีเขียวในอาเซียน (SWOT analysis)

จุดแข็ง (Strengths) • ภูมิภาคอาเซียนมีศักยภาพพลังงานหมุนเวียนสูง เช่น แสงอาทิตย์ น้ำ และลม • ความต้องการพลังงานในภูมิภาคอาเซียนกำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสร้างโอกาสในการบูรณาการไฮโดรเจนสีเขียวเข้าสู่ระบบพลังงาน • ประเทศสมาชิกอาเซียนมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกและเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาดอย่างชัดเจน • สามารถสร้างความร่วมมือกับประเทศนอกภูมิภาคในการพัฒนาเทคโนโลยีและโครงการไฮโดรเจน	จุดอ่อน (Weaknesses) • ต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวยังคงสูงเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล • โครงสร้างพื้นฐานสำหรับการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง และการใช้ไฮโดรเจนยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา • กรอบนโยบาย ทิศทางและกฎระเบียบยังไม่ชัดเจนในการพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียว • เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรเจนสีเขียวยังต้องการการพัฒนาและปรับปรุง • ขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญ
โอกาส (Opportunities) • ไฮโดรเจนสีเขียวเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยให้อาเซียนบรรลุเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศ • การผลิตไฮโดรเจนจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศจะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล • การพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียวจะสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจใหม่ ๆ การจ้างงาน และการลงทุน • อาเซียนมีโอกาที่จะเป็นผู้นำในการผลิตและส่งออกไฮโดรเจนสีเขียวและอนุพันธ์ไปยังตลาดโลก	อุปสรรค (Threats) • ภูมิภาคอื่น ๆ ทั่วโลกกำลังพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียวอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการแข่งขันที่สูงขึ้น • ความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงฟอสซิลอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันของไฮโดรเจนสีเขียวในระยะสั้น • การพัฒนากฎระเบียบและกฎระเบียบที่มีความล่าช้า จะส่งผลกระทบต่อการลงทุนและการเติบโตของอุตสาหกรรม • การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต้องใช้เวลาและเงินลงทุนจำนวนมาก • การสร้างความเข้าใจและการยอมรับไฮโดรเจนสีเขียวจากสาธารณชน • การปรับตัวลดลงของราคาปิโตรเลียมตามนโยบายประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา ส่งผลต่อทิศทางด้านพลังงานสะอาดของโลก

3.2 ไฮโดรเจนสีเขียวประเทศไทย

■ นโยบายและทิศทางพลังงานไฮโดรเจนประเทศไทย

ตามที่ประเทศไทยได้มีการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561 – 2580 เพื่อเป็นกรอบในการจัดทำแผนนโยบายต่าง ๆ ให้สอดคล้องและบูรณาการกัน ในส่วนของยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีประเด็นที่สำคัญ ได้แก่ (1) สร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อมุ่งสู่สังคมเมืองคาร์บอนต่ำและการลงทุนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ส่งเสริมสินค้าและบริการคาร์บอนต่ำ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และ (2) การพัฒนาความมั่นคงน้ำ พลังงานและเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เน้นการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทางเลือกที่สะอาด

ประกอบกับแผนขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศด้านพลังงานด้วยโมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy: BCG) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาที่ขับเคลื่อนพลังงานสีเขียว ก้าวสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ประกอบด้วยกรอบแนวทางการปรับรูปแบบการผลิตไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานในภาคขนส่งด้วยเชื้อเพลิงที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และ Biorefinery โดยส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและพัฒนาโรงไฟฟ้าระดับชุมชน ส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนสำหรับภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ ตลอดจนการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าเชื้อเพลิงชีวภาพและพัฒนาพลังงานใหม่

ประเทศไทยได้จัดทำแผนการพัฒนาการผลิตและการใช้ไฮโดรเจนในภาคพลังงาน พ.ศ. 2568 – 2593 โดยมีแนวทางการผลิตและการใช้ไฮโดรเจนเพื่อส่งเสริมการใช้ไฮโดรเจนในภาคพลังงาน ได้แก่ ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคความร้อนในอุตสาหกรรม และภาคขนส่ง โดยประเมินรูปแบบการใช้และการผลิต ศักยภาพ และความคุ้มค่าของการใช้งานไฮโดรเจนในลักษณะต่าง ๆ ตามวิสัยทัศน์และเป้าหมายในระยะสั้นและระยะกลาง ประเทศไทยมีความพร้อม สามารถเริ่มมีการใช้ไฮโดรเจนเชิงพาณิชย์ในภาคพลังงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2030 ทั้งนี้ ภายใต้วิสัยทัศน์ดังกล่าว ได้กำหนดยุทธศาสตร์เป็นแนวทางการพัฒนาเพื่อผลักดันให้บรรลุเป้าหมาย ประกอบไปด้วย 4 ด้าน ดังนี้

- ยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาลาดและสร้างแรงจูงใจให้กับผู้ใช้ เพื่อส่งเสริมการใช้ไฮโดรเจนสำหรับกลุ่มเป้าหมาย (โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม และยานยนต์) ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
- ยุทธศาสตร์ที่ 2 ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศ เพื่อสนับสนุนให้เกิดการผลิตไฮโดรเจนในประเทศ ลดการพึ่งพาการนำเข้า
- ยุทธศาสตร์ที่ 3 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานรองรับการเติบโตของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง การใช้ไฮโดรเจนในภาคพลังงาน รวมถึงการซื้อขายไฮโดรเจนระหว่างประเทศ
- ยุทธศาสตร์ที่ 4 ปรับปรุงกฎระเบียบและมาตรฐาน เพื่อเตรียมความพร้อมด้านกฎหมาย มาตรฐาน และข้อกำหนดต่างๆ รองรับการจัดหาและการใช้งานไฮโดรเจนตลอดห่วงโซ่มูลค่า

อนึ่ง ร่างแผนปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2567-2580 (AEDP2024) ตามรูปที่ 13 ได้กำหนดให้มีการใช้ไฮโดรเจนในภาคการผลิตไฟฟ้าโดยผสมร่วมกับก๊าซธรรมชาติ การใช้ไฮโดรเจนในภาคการผลิตความร้อนเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ โลหะ อาหาร สิ่งทอ และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดเป้าหมายให้ไฮโดรเจนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพทางเลือกสำหรับภาคขนส่ง โดยเฉพาะเป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ส่วนบุคคล (Fuel Cell Electric Vehicles) และรถบรรทุก (Fuel Cell Trucks) เป็นต้น

ประเภทพลังงาน	หน่วย	พ.ศ. 2580
ไฟฟ้า	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	15,332
	เมกะวัตต์	73,286
1. พลังงานแสงอาทิตย์	เมกะวัตต์	38,974
2. พลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำ	เมกะวัตต์	2,789
3. พลังงานลม	เมกะวัตต์	9,379
4. ชีวมวล	เมกะวัตต์	5,490
5. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	เมกะวัตต์	925
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	เมกะวัตต์	757
7. พลังงานขยะชุมชน	เมกะวัตต์	1,142
8. พลังงานขยะอุตสาหกรรม	เมกะวัตต์	249
9. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกะวัตต์	347
10. พลังน้ำขนาดใหญ่	เมกะวัตต์	2,918
11. พลังน้ำนำเข้า	เมกะวัตต์	10,295
12. พลังงานทดแทนอื่นๆ (ความร้อนใต้พิภพ, ไฮโดรเจน)	เมกะวัตต์	21
ความร้อน	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	17,061
1. พลังงานแสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	200
2. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	15,551
3. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	700
4. พลังงานขยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	600
5. อื่นๆ (อาทิ น้ำมันไพโรไลซิส ไฮโดรเจน ความร้อนใต้พิภพ)	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	10
เชื้อเพลิงชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,621
1. เอทานอล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	289
2. ไบโอดีเซล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	775
3. น้ำมันอากาศยานยั่งยืน (SAF)	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	553
4. ไฮโดรเจน	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	4
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		34,014
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		93,017
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		36

รูปที่ 13 ค่าเป้าหมาย ร่างแผนปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2567-2580
(ฉบับปรับปรุงความคิดเห็น)

4

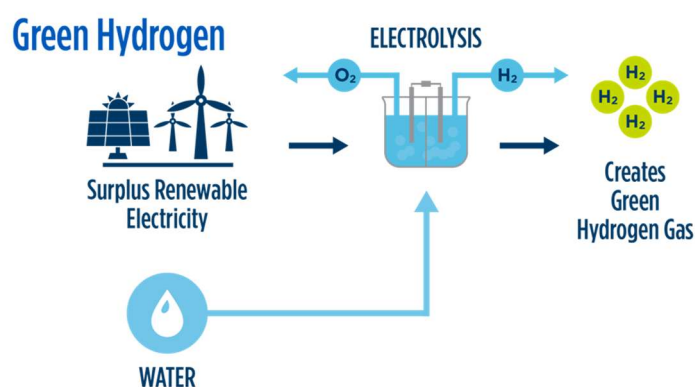
ความเหมาะสมของการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทย

4.1 เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว

เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว เป็นเทคโนโลยีที่สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 100 ในกระบวนการผลิต ซึ่งแตกต่างจากไฮโดรเจนชนิดอื่น ๆ ที่ยังคงพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก

ปัจจุบัน เทคโนโลยีหลักในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวคือ Electrolyser เป็นเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนผ่านการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis of Water) โดยใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม และน้ำ มาแยกโมเลกุลของน้ำ ออกเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยเทคโนโลยี Electrolyser ที่นิยมใช้และกำลังพัฒนา ได้แก่

- (1) **Alkaline Water Electrolysis (ALK)** เป็นกระบวนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวโดยใช้สารละลายอัลคาไลน์ เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเล็กโทรไลต์ เป็นเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุดและเป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์ มีต้นทุนที่ต่ำ มีความทนทานสูง แต่ประสิทธิภาพการผลิตไฮโดรเจนค่อนข้างต่ำ ต้องการอุณหภูมิและแรงดันในการทำงานที่เฉพาะเจาะจง ไม่สามารถปรับการผลิตตามความผันผวนของพลังงานหมุนเวียนได้ดี
- (2) **Proton Exchange Membrane (PEM) Electrolysis** จะใช้วัสดุเมมเบรนพอลิเมอร์ที่ยอมให้โปรตอนเคลื่อนที่ผ่านได้เป็นอิเล็กโทรไลต์ มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่า Alkaline สามารถทำงานที่อุณหภูมิต่ำและแรงดันสูงได้ดี ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานหมุนเวียนได้รวดเร็ว เหมาะกับการใช้งานร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม แต่มีต้นทุนค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องใช้วัสดุราคาแพง และมีอายุการใช้งานของเมมเบรนจำกัด
- (3) **Solid Oxide Electrolysis Cell (SOEC)** เป็นเทคโนโลยีผลิตไฮโดรเจนที่ใช้วัสดุเซรามิกแข็งเป็นอิเล็กโทรไลต์และทำงานที่อุณหภูมิสูงมากเพื่อกระตุ้นการทำงานเริ่มต้น มีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นไฮโดรเจนสูงมาก เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการสามารถลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าลงได้ แต่มีต้นทุนสูงมากและเป็นเทคโนโลยีที่ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นการพัฒนา



รูปที่ 14 การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยกระบวนการ Electrolysis

ตารางที่ 4

คุณสมบัติการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี Electrolyser

คุณสมบัติ	ALK	PEM	SOEC
สถานะเทคโนโลยี	เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์	กำลังพัฒนาและเติบโตอย่างรวดเร็ว	อยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา
ประสิทธิภาพ	ปานกลาง (ประมาณ 60%)	สูง (ประมาณ 70-80%)	สูงมาก (อาจสูงถึง 85-90%)
ต้นทุน	ต่ำที่สุด	ปานกลางถึงสูง	สูงที่สุด
อุณหภูมิการทำงาน	ต่ำถึงปานกลาง (70-140 °C)	ต่ำ (20-80 °C)	สูงมาก (500-1,000 °C)
ความบริสุทธิ์ของไฮโดรเจน	สูง (>99.9%) ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์เพิ่มเติม	สูง (99.9%)	สูง (>99.9%)
อายุการใช้งาน	~80,000 ชม.	~40,000 ชม.	ยังไม่ชัดเจน
ความเหมาะสม	โครงการขนาดใหญ่ที่มีแหล่งไฟฟ้าคงที่	โครงการที่มีความยืดหยุ่นสูง (เช่น VRE)	โครงการที่สามารถใช้ความร้อนทิ้งได้

นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนด้วย **Steam Methane Reforming (SMR)** ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตไฮโดรเจนที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน โดยใช้ก๊าซธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบหลัก ในกระบวนการนี้ มีเทนจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำที่อุณหภูมิสูงและแรงดันสูงในที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อผลิตไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ จากนั้น คาร์บอนมอนอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในกระบวนการที่เรียกว่า "Water-Gas Shift Reaction" เพื่อผลิตไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นและคาร์บอนไดออกไซด์ การรวมเทคโนโลยี Carbon Capture Storage (CCS) เข้ากับ SMR จะสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไฮโดรเจนได้

เทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนด้วย SMR ร่วมกับ CCS อาจไม่ใช่เทคโนโลยีผลิตไฮโดรเจนสีเขียวโดยตรง แต่เป็นทางออกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับพลังงานหมุนเวียนได้ โดยการใช้ก๊าซชีวภาพ (Biomethane) ทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติที่เป็นวัตถุดิบหลัก

ตารางที่ 5

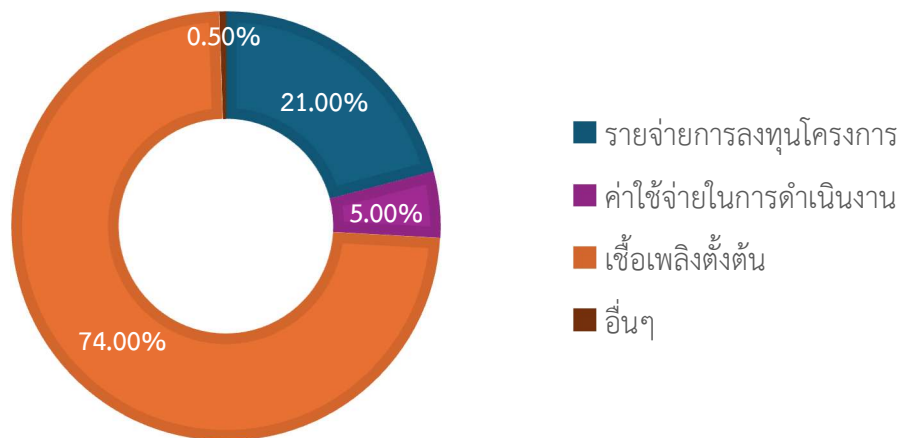
การเปรียบเทียบเทคโนโลยีผลิตไฮโดรเจนด้วย Electrolysis และ SMR + CCS

คุณสมบัติ	Electrolysis	SMR + CCS
วัตถุดิบหลัก	น้ำ	ก๊าซชีวภาพ
แหล่งพลังงาน	พลังงานหมุนเวียน	พลังงานหมุนเวียน
การปล่อย CO ₂	เกือบเป็นศูนย์ตลอดวัฏจักร	ลดลงอย่างมาก แต่ไม่เป็นศูนย์
ความบริสุทธิ์ไฮโดรเจน	สูง	สูง (หลังจากทำให้บริสุทธิ์)
ต้นทุน	ปัจจุบันสูงกว่า มีแนวโน้มลดลง	ต่ำกว่า
ความยั่งยืน	ยั่งยืนในระยะยาว	เป็นทางเลือกยั่งยืนในระยะ เปลี่ยนผ่าน
ความท้าทาย	ต้นทุน ความพร้อมของพลังงานหมุนเวียน โครงสร้างพื้นฐาน	ต้นทุน CCS ประสิทธิภาพการดักจับ การรั่วไหลของมีเทน การจัดการแหล่งกักเก็บถาวร

4.2 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว

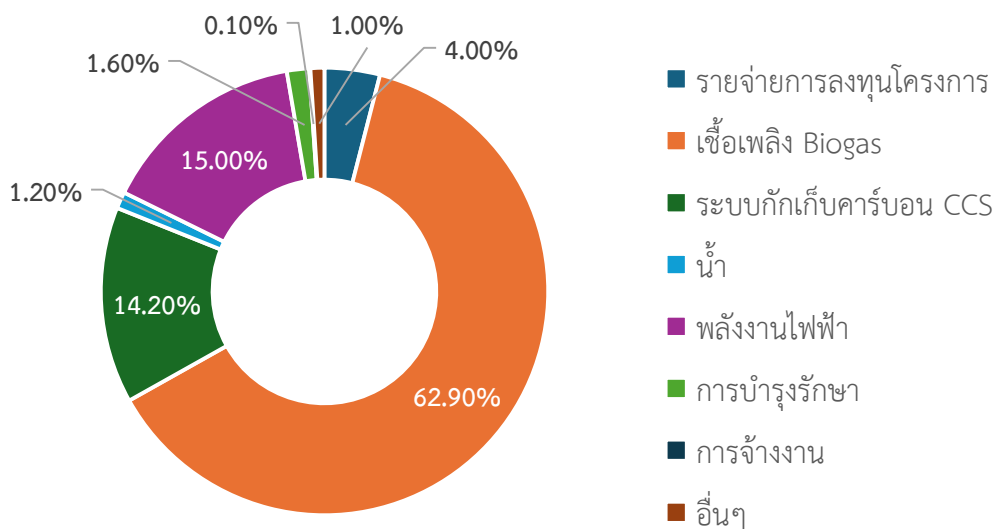
การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนเฉลี่ยตลอดอายุโครงการ (Levelized cost of hydrogen: LCOH) เป็นตัวชี้วัดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่สำคัญที่แสดงถึงต้นทุนเฉลี่ยการผลิตไฮโดรเจนหนึ่งกิโลกรัมตลอดอายุโครงการ โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายด้านทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมด โดยสามารถสรุปสัดส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว มีดังนี้

- การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี Electrolyser มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนต่อหน่วย (Electrolyser ขนาด 20 MW) ประกอบด้วย (1) รายการการลงทุนโครงการ (CAPEX) (2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) (การบำรุงรักษา การจ้างงาน และน้ำ) (3) เชื้อเพลิงตั้งต้น (ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า) และ (4) อื่น ๆ โดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนมากที่สุด ได้แก่ ต้นทุนเชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานไฟฟ้า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 74.0 ขณะที่ต้นทุนที่เป็น CAPEX, OPEX และอื่น ๆ มีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 21.0 5.0 และ 0.5 ตามลำดับ



รูปที่ 15 สัดส่วนปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนต่อหน่วยด้วยเทคโนโลยี Electrolyser

- การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี SMR ร่วมกับ CCS จากก๊าซชีวภาพ (Biogas) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนต่อหน่วย ประกอบด้วย (1) รายจ่ายการลงทุนโครงการ (CAPEX) (2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) (ได้แก่ การบำรุงรักษา ระบบกักเก็บคาร์บอน CCS พลังงานไฟฟ้า การจ้างงาน และน้ำ) (3) เชื้อเพลิงตั้งต้น (ได้แก่ เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ) และ (4) อื่น ๆ โดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนมากที่สุด ได้แก่ ราคาเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนร้อยละ 62.90 รองลงมาได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในส่วนที่เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ (15.00%) และในส่วนระบบกักเก็บคาร์บอน CCS (14.20%)



รูปที่ 16 สัดส่วนปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนต่อหน่วยด้วยเทคโนโลยี SMR ร่วมกับ CCS จากก๊าซชีวภาพ

4.3 ศักยภาพที่เป็นไปได้ในการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวของประเทศไทย

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานหมุนเวียนที่หลากหลาย ประกอบด้วยแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีความสามารถในการผลิตพลังงานมีความผันผวน (Variable Renewable Energy) แต่มีศักยภาพสูง ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ เป็นต้น และแหล่งพลังงานชีวภาพ (Bioenergy) ประกอบด้วย ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่พร้อมสำหรับการนำมาผลิตไฮโดรเจนสีเขียวในระยะสั้นถึงระยะกลาง โดยสามารถประเมินศักยภาพการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวได้ ดังนี้

● การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี Electrolyser

โครงการศึกษาแนวทางการพัฒนาการผลิตและการใช้ไฮโดรเจนเพื่อส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน พ.ศ. 2564) ได้วิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานหมุนเวียนในกลุ่มพลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวล ลม และพลังงานน้ำ โดยใช้เทคโนโลยี Electrolyser สำหรับการผลิตไฮโดรเจน มีวิธีการประเมินศักยภาพที่แตกต่างกันสำหรับพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท โดยมีสมมติฐานสำหรับการประเมินศักยภาพการผลิตไฮโดรเจน และในส่วนชุด Electrolyser จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฮโดรเจนร้อยละ 75 โดยมีอัตราการผลิตไฮโดรเจน 52.49 kWh ต่อ 1 กิโลกรัมของไฮโดรเจน ซึ่งไฮโดรเจนที่ผลิตได้จะเป็นไฮโดรเจนสีเขียว

ตารางที่ 6

สรุปศักยภาพของประเทศไทยในการผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานหมุนเวียนด้วย Electrolyser

แหล่งพลังงาน หมุนเวียน	สมมติฐานการประเมินศักยภาพ	ปริมาณการผลิตไฮโดรเจน (Mtoe/year)
แสงอาทิตย์	ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบคริสตัลไลน์มาทำการผลิตไฟฟ้า อ้างอิงความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์ของพื้นที่ทั่วประเทศ เท่ากับ 5.0 kWh/m ² /day และคิดประสิทธิภาพของ Solar PV ที่ร้อยละ 13 และมี plant factor ที่ 0.2 โดยประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนพื้นอยู่ที่ 16,652 GW และบนหลังคาโรงงานประมาณ 5,983 MW ทั้งนี้กำหนดให้มีการนำพลังงานไฟฟ้าจากกรณีนี้มาประมาณร้อยละ 10 ป้อนให้กับกระบวนการ Electrolysis	33.20
พลังงานชีวมวล	ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีศักยภาพรวมทั้งสิ้น 8,747 MW	3.77
พลังงานลม	มีศักยภาพทั่วประเทศที่ 11,550 MW	1.11

แหล่งพลังงาน หมุนเวียน	สมมติฐานการประเมินศักยภาพ	ปริมาณการผลิตไฮโดรเจน (Mtoe/year)
พลังงานน้ำ	กำหนดให้มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้ารวม 3,044.37 MW	0.44
ศักยภาพโดยรวม		38.51

จากสมมติฐานข้างต้นพบว่าในปี พ.ศ. 2564 การผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานหมุนเวียนข้างต้น มีกำลังการผลิตรวมอยู่ที่ 38.51 Mtoe/year หรือคิดเป็นปริมาณที่ผลิตได้เท่ากับ 13.226 MtH₂ ต่อปี

• การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี SMR+CCS ด้วยก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่เกิดจากการนำของเสีย อาทิ มูลสัตว์จากฟาร์มปศุสัตว์ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มาผ่านกระบวนการหมักทางชีวภาพให้เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ซึ่งทำให้ได้ก๊าซชีวภาพที่มีองค์ประกอบหลัก คือ ก๊าซมีเทน (ร้อยละ 50-70) โดยสัดส่วนหรือความเข้มข้นนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและสภาวะแวดล้อมในกระบวนการผลิต ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟาร์มปศุสัตว์โดยเฉพาะสุกร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงานผลิตเอทานอล โรงงานแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โดยมีศักยภาพโดยรวมอยู่ที่ 4,234.79 ล้านลูกบาศก์เมตร ถูกนำไปใช้เพื่อผลิตไฟฟ้าและความร้อนประมาณ 1,457.54 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีศักยภาพคงเหลือ 2,777.54 ล้านลูกบาศก์เมตร (รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย พ.ศ. 2566)

สำหรับสมมติฐานการประเมินศักยภาพการผลิตไฮโดรเจนด้วยเทคโนโลยี SMR+CCS นั้น จะใช้ก๊าซมีเทนปริมาณ 3.7 กิโลกรัม เพื่อผลิตไฮโดรเจน 1 กิโลกรัม (โดย 2.7 กิโลกรัมของมีเทนใช้เพื่อผลิตไฮโดรเจนโดยตรง และ 1 กิโลกรัมมีเทนใช้สำหรับผลิตความร้อนใช้ในกระบวนการผลิตไฮโดรเจน)

ตารางที่ 7

สรุปศักยภาพของประเทศไทยในการผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซชีวภาพด้วย SMR+CCS

แหล่งพลังงาน หมุนเวียน	สมมติฐานการประเมินศักยภาพ	ปริมาณการผลิตไฮโดรเจน (MtH ₂ /year)
ก๊าซชีวภาพ	ใช้ศักยภาพก๊าซชีวภาพคงเหลือปริมาณ 2,777.54 ล้านลูกบาศก์เมตร นำมาผลิตไฮโดรเจนด้วยเทคโนโลยี SMR+CCS โดยก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร มีก๊าซมีเทนอยู่ในสัดส่วนร้อยละ 60 โดยปริมาตร ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันที่ 1 STP	0.323

5

มุมมองและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับความท้าทายหลากหลายมิติ โดยเฉพาะด้านพลังงานเพื่อปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสนับสนุนการเติบโตทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางเทคโนโลยีที่กำลังเดินทางเข้าสู่ยุคปัญญาประดิษฐ์ ประกอบกับความขัดแย้งด้านภูมิรัฐศาสตร์และแรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ทุกภาคส่วนเร่งสร้างระบบพลังงานที่มั่นคง สะอาด และยั่งยืน อนึ่ง เพื่อขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจให้สอดคล้องกับภูมิทัศน์พลังงานที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงไป หลากๆ เทคโนโลยีอุบัติใหม่และนวัตกรรมพลังงาน ได้แก่ พลังงานไฮโดรเจนสีเขียว ระบบกักเก็บพลังงาน และพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น ที่เข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงาน เพิ่มประสิทธิภาพ สร้างความยืดหยุ่น และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทยจะเป็นกุญแจสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน มีส่วนสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ในปี ค.ศ. 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) ในปี ค.ศ. 2065 ตามที่ประเทศได้ประกาศเจตนารมณ์ไว้ อีกทั้งประเทศไทยมีศักยภาพสูงในด้านพลังงานหมุนเวียน ที่จะนำไปสู่การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวอย่างยั่งยืน โดยมีเทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้แก่ การผลิตไฮโดรเจนสีเขียวด้วยเทคโนโลยี Electrolyser และเทคโนโลยี SMR+CCS ด้วยก๊าซชีวภาพ

เพื่อให้การพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทยสามารถแยกเป็น 3 ประเด็นการพัฒนาที่สำคัญ ดังนี้

1

การพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียวให้มีความสามารถแข่งขันได้ เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวยังมีต้นทุนเริ่มต้นที่สูงเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ต้องอาศัยการสนับสนุนจากภาครัฐผ่านนโยบายที่ชัดเจน การสร้างตลาดเศรษฐกิจไฮโดรเจน และการลดต้นทุนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว เพื่อให้สามารถแข่งขันได้และดึงดูดนักลงทุน โดยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ดังนี้

- **การกำหนดมาตรการสนับสนุนทางการเงินและการลงทุน** เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ช่วยการขับเคลื่อนที่สำคัญต่อการริเริ่มการส่งเสริมและพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศไทย ให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ประกอบด้วย (1) การให้เงินอุดหนุนและสิทธิพิเศษจูงใจทางภาษี

สำหรับโครงการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวขนาดใหญ่ รวมถึงโครงการนำร่องและโครงการสาธิต เทคโนโลยี (2) การสร้างกลไกราคาคาร์บอนสำหรับไฮโดรเจนสีเขียวและการกำหนดเป้าหมาย หรือโควตาการใช้ไฮโดรเจนสีเขียวในอุตสาหกรรมบางประเภท และ (3) การส่งเสริมการลงทุนจากต่างประเทศ (FDI) โดยคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในการส่งเสริมการลงทุนเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียว เพื่อดึงดูดนักลงทุนต่างชาติที่มีความพร้อมทั้งด้านเทคโนโลยีและความเชี่ยวชาญ

- **การสร้างอุปสงค์และตลาดรองรับ** จะผลักดันให้เกิดการลงทุนและการพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนสีเขียวอย่างยั่งยืน สิ่งสำคัญคือการกำหนดกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้และประเมินความต้องการใช้เป็นหลัก จะช่วยสร้างตลาดเริ่มต้นที่มั่นคง และการสร้างมาตรการจูงใจเฉพาะสำหรับผู้ใช้กลุ่มเป้าหมายจะทำให้เกิดการขับเคลื่อนตลาดอุปสงค์ไฮโดรเจนสีเขียวอย่างเป็นรูปธรรม เช่น สัญญาซื้อขายไฮโดรเจนสีเขียวระยะยาว (Offtake Agreement) และการชดเชยส่วนต่างราคาไฮโดรเจน (Contract for Difference) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรับไฮโดรเจนสีเขียวได้ในราคาที่แข่งขันได้ในช่วงแรก เป็นต้น
- **การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา** เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตไฮโดรเจนสีเขียวที่เกิดขึ้นในเชิงพาณิชย์ยังมีราคาแพงส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต มาตรการการส่งเสริมศักยภาพการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องในประเทศ (Local content) สามารถลดต้นทุนการผลิต เสริมความยืดหยุ่น และสร้างความมั่นคงของห่วงโซ่อุปทานในระยะยาว

2

การกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฮโดรเจน หลาย ๆ ประเทศที่มีนโยบายและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ โดยมีมาตรฐานการรับรองที่ได้กำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฮโดรเจนตลอดวัฏจักร (Carbon Intensity) ฉะนั้น เพื่อให้ประเทศมีมาตรฐานการรับรองเกี่ยวกับไฮโดรเจนที่ชัดเจนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจไฮโดรเจนให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มีดังนี้

- **การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนามาตรฐานการรับรองคาร์บอนของประเทศ** เพื่อยกระดับความน่าเชื่อถือและความโปร่งใสในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฮโดรเจน การวิจัยและพัฒนามาตรฐานการรับรองคาร์บอนที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล โดยเฉพาะจากประเทศที่มีกฎเกณฑ์ชัดเจนเกี่ยวกับข้อกำหนดเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฮโดรเจนตลอดวัฏจักรชีวิต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมพลังงานสะอาดไทยในตลาดโลก และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่นักลงทุนและผู้บริโภคในเรื่องความยั่งยืน ประกอบด้วย การกำหนดเกณฑ์การวัดและคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของไฮโดรเจนตั้งแต่การผลิต การขนส่ง ไปจนถึงการใช้งาน รวมถึงการสร้างระบบตรวจสอบและรับรองที่เชื่อถือได้ และพัฒนาเครื่องมือหรือฐานข้อมูลที่จะช่วยให้ผู้ผลิตและผู้ใช้ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ

- **การสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศ** เป็นกลยุทธ์ที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวในประเทศ การทำงานร่วมกับประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และพันธมิตรระหว่างประเทศเพื่อสร้างห่วงโซ่อุปทานไฮโดรเจนสีเขียวระดับภูมิภาค ช่วยให้ประเทศไทยเข้าถึงเทคโนโลยี ลดต้นทุน และเปิดโอกาสทางการตลาดใหม่ ๆ นำไปสู่การกำหนดนโยบายที่ส่งเสริมการซื้อขายไฮโดรเจนสีเขียวข้ามพรมแดน รวมถึงการแลกเปลี่ยนผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรผ่านการจัดสัมมนาแลกเปลี่ยนประสบการณ์ด้านนโยบายจากประเทศที่มีแผนยุทธศาสตร์ไฮโดรเจนสีเขียวที่ชัดเจนเพื่อพัฒนาแนวทางและมาตรฐานคาร์บอนสำหรับไฮโดรเจนเพื่อผลักดันเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและส่งเสริมพลังงานสะอาดอย่างเป็นระบบ เช่น มาตรฐานคาร์บอนสำหรับไฮโดรเจนของประเทศเกาหลีใต้ ที่มีนโยบายและแผนการพัฒนาเศรษฐกิจไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำที่ชัดเจน เป็นต้น

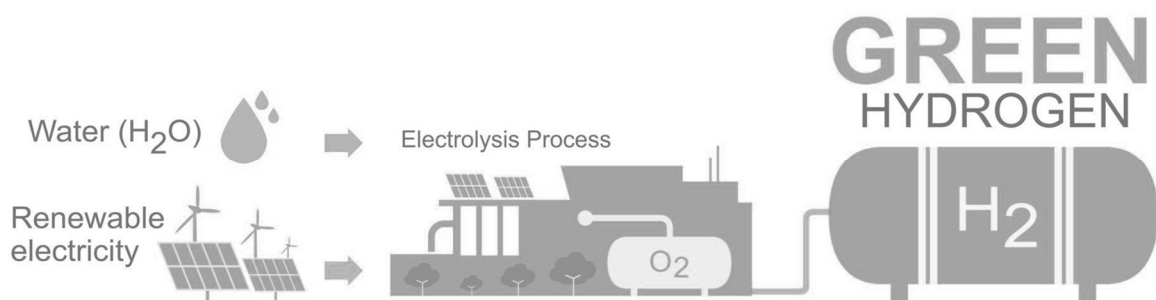
3

การกำหนดเป้าหมายและแผนที่นำทางไฮโดรเจนสีเขียวของประเทศ ประเทศไทยมีความมุ่งมั่นที่จะเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งพลังงานไฮโดรเจนสีเขียวจะเข้ามามีบทบาทสำคัญมาช่วยเสริมสร้างความมั่นคงและยั่งยืนทางพลังงานให้กับประเทศ โดยแนวทางการพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวของประเทศ มีดังนี้

- **ระยะสั้น** การพัฒนาการผลิตไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำผ่านการสร้างความร่วมมือกับประเทศในเอเชีย โดยเฉพาะกับประเทศที่มีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีและมีความต้องการไฮโดรเจนสูง เช่น ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ความร่วมมือดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแบบของโครงการนำร่อง ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยสามารถเร่งพัฒนาอุตสาหกรรมไฮโดรเจนได้รวดเร็วขึ้นเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในตลาดโลก และสร้างความเชื่อมั่นให้นักลงทุน
- **ระยะกลาง-ยาว** ประเทศไทยสามารถเน้นการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว โดยใช้พลังงานชีวภาพที่มีอยู่ภายในประเทศ เช่น ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำมันสำหรับปศุสัตว์ อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม และอุตสาหกรรมน้ำกากส่า แนวทางนี้จะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานและส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศ

อนึ่ง บทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการขับเคลื่อนนโยบายการพัฒนาไฮโดรเจนสีเขียวให้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน/รัฐวิสาหกิจ ซึ่งมีบทบาทที่แตกต่างกันแต่ต้องดำเนินงานเชื่อมโยงกันอย่างบูรณาการ ดังนี้

หน่วยงานภาครัฐ	หน่วยงานภาคเอกชน/รัฐวิสาหกิจ
ภาครัฐทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดนโยบาย ทิศทาง และสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการลงทุน	ผู้ขับเคลื่อนหลักที่นำนโยบายไปสู่ การปฏิบัติจริง และเป็นผู้ลงทุนในโครงการต่าง ๆ
● กระทรวงพลังงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กำหนดเป้าหมายและยุทธศาสตร์ระดับชาติ สำหรับไฮโดรเจนสีเขียว จัดทำแผนแม่บท และกำหนดนโยบายที่ชัดเจนเพื่อส่งเสริม การลงทุน การวิจัย และพัฒนามาตรฐาน ทางเทคนิคสำหรับการผลิต การจัดเก็บ และการขนส่งไฮโดรเจนสีเขียว ● กระทรวงการคลังและหน่วยงานด้านเศรษฐกิจ จัดสรรงบประมาณและเครื่องมือทางการเงิน เช่น เงินอุดหนุน สิทธิประโยชน์ทาง ภาษี หรือกองทุนเพื่อการพัฒนาพลังงาน หมุนเวียน เพื่อดึงดูดการลงทุนจาก ภาคเอกชน ● สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กำหนดระเบียบการผลิตและใช้ไฮโดรเจน สีเขียว รวมถึงการกำหนดราคาหรือ ค่าธรรมเนียมที่เหมาะสม ● กระทรวงอุตสาหกรรม สนับสนุนการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงาน ของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูง ให้หันมาใช้ไฮโดรเจนสีเขียวแทน เพื่อลด การปล่อยคาร์บอนในภาคการผลิต	● ผู้ผลิตพลังงาน ผู้ลงทุนหลักในโครงการการผลิตไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน เช่น โรงไฟฟ้าพลังงาน แสงอาทิตย์ และโรงไฟฟ้าพลังงานลม ● บริษัทด้านอุตสาหกรรมและขนส่ง ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและ ยานพาหนะให้รองรับการใช้ไฮโดรเจน สีเขียวเป็นเชื้อเพลิง ● สถาบันการเงิน จัดหาแหล่งเงินทุน และออกแบบสินเชื่อ เพื่อสนับสนุนโครงการไฮโดรเจนสีเขียว ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเงิน ลงทุนได้ง่ายขึ้น ● การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การออกแบบและพัฒนาโครงการนำร่อง รวมถึงโครงข่ายไฟฟ้าเพื่อผลิตไฮโดรเจน สีเขียวจากพลังงานหมุนเวียน ● สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศึกษา วิจัย และพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยลด ต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของ กระบวนการผลิตไฮโดรเจนสีเขียว รวมถึง การสร้างระบบการจัดเก็บและการใช้งาน ที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น



คำอธิบายประกอบรายงาน

AEDP	แผนปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก
Biogas	ก๊าซชีวภาพ
CAPEX	รายจ่ายการลงทุนโครงการ
Carbon Capture and Storage (CCS)	การดักจับและกักเก็บคาร์บอน
Carbon Neutrality	ความเป็นกลางทางคาร์บอน
CBAM	มาตรการปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน
CO ₂	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Conference of Parties (COP)	การประชุมด้านสภาพภูมิอากาศโลก
Electrolysis	กระบวนการแยกธาตุไฮโดรเจนออกมาจากน้ำด้วยพลังงานไฟฟ้า
Electrolyser	เทคโนโลยีการแยกธาตุไฮโดรเจนออกมาจากน้ำด้วยพลังงานไฟฟ้า
Giga Watt (GW)	กิกะวัตต์
Green Hydrogen	ไฮโดรเจนสีเขียว (ไฮโดรเจนที่ผลิตจากไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน)
H ₂	ก๊าซไฮโดรเจน
IEA	องค์การพลังงานระหว่างประเทศ
IRENA	ทบวงการพลังงานหมุนเวียนระหว่างประเทศ
kgCO ₂ e	หน่วยวัด กิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
kgH ₂	หน่วยวัด กิโลกรัมของไฮโดรเจน
Kilowatt-hour (kWh)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
Low-carbon Hydrogen	ไฮโดรเจนคาร์บอนต่ำ (ไฮโดรเจนที่มาจากกระบวนการผลิตที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ)
Mega Watt (MW)	เมกะวัตต์
MtH ₂	หน่วยวัด ล้านตันของไฮโดรเจน
Mtoe	หน่วยวัด ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ
Mtpa	หน่วยวัด ล้านตันต่อปี
Net Zero Emission	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์
OPEX	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
Plant factor	การวัดประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า โดยแสดงถึงอัตราการผลิตไฟฟ้าจริงเทียบกับศักยภาพสูงสุด
Solar PV	แผงโซลาร์เซลล์
Steam Methane Reforming (SMR)	การรีฟอร์มมีเทนด้วยไอน้ำ
tCO ₂	หน่วยวัด ตันของคาร์บอนไดออกไซด์
USD	ดอลลาร์สหรัฐ

เอกสารอ้างอิง

- (1) IRENA Collaborative Framework on Green Hydrogen. (2024). Internation Co-operation to Accelerate Green Hydrogen Development. p. 10-12
- (2) IRENA. (2024). Global Trade in Green Hydrogen Derivatives. p. 20
- (3) IRENA. (2024). Green Hydrogen Cost Reduction. p. 10
- (4) IEA. (2024). Global Hydrogen Review 2024.
- (5) IRENA. (2024). Renewable Power Generation Costs in 2023.
- (6) McKinsey & Company. The clean hydrogen opportunity for hydrocarbon-rich countries. สืบค้นวันที่ 7 พฤษภาคม 2568 จาก <https://mck.co/3U2dXwc>
- (7) Deloitte. Global green hydrogen outlook. (2023). Green Hydrogen: Energizing the path to net zero.
- (8) Veng, Visal & Suryadi, Beni & Pranadi, Aloysius Damar & Shani, Nadhilah. (2020). A Review of Renewable Energy Development and Its Policy under Nationally Determined Contributions in ASEAN. International Journal of Smart Grid and Clean Energy.
- (9) ASEAN Centre for Energy. (2023). ASEAN Energy Booklet Volume 1: Low carbon hydrogen in ASEAN.
- (10) Jiyoung An. (2024). Korea's Clean Hydrogen Economy Policy (presentation).
- (11) U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap.
- (12) World Economic Forum White Paper. (2023). Green Hydrogen in China: A Roadmap for Progress.
- (13) Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, Australian Government. (2024). National Hydrogen Strategy 2024.
- (14) Report Roland Berger. (2023). Unlocking Hydrogen Growth in the Middle East.
- (15) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2024). สัมมนารับฟังความคิดเห็น (ร่าง) แผนปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2567-2580 (AEDP2024). วันที่ 18 มิถุนายน 2567.
- (16) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2021). รายงาน โครงการศึกษาแนวทางการพัฒนาการผลิตและการใช้ไฮโดรเจนเพื่อส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน. หน้า 24-25.
- (17) สำนักงานที่ปรึกษาด้านการอุดมศึกษาและวิทยาศาสตร์ ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์. (2021). รายงานผลการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลนโยบายมาตรการในสหภาพยุโรปประกอบข้อเสนอแนะนโยบายด้านการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมประเทศไทย (แผนการพัฒนการใช้ไฮโดรเจนในยุโรป). หน้า 11-14.
- (18) รายงาน แผนการพัฒนการผลิตและการใช้ไฮโดรเจนในภาคพลังงาน พ.ศ. 2567-2593
- (19) Dr Florian Nigbur, Dr Martin Robinius, Patrick Wienert. Umlaut & Agora Industry (2023): Levelized cost of hydrogen calculation tool. Version 1.0. สืบค้นวันที่ 24 มิถุนายน 2568 จาก <https://www.agora-energiawende.org/data-tools/levelised-cost-of-hydrogen-calculator>
- (20) ดร. จิตติ มังคละศิริ และฤทัยรัตน์ วิชาลสุวรรณกร ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. มาตรฐานและการรับรองด้านคาร์บอนของไฮโดรเจน.