

โครงการศึกษาและพัฒนาแบบจำลอง
ด้านพลังงานสาขาขนส่งเพื่อรองรับ
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐาน
ด้านพลังงานที่สอดคล้องกับเทคโนโลยี
ด้านพลังงานในอนาคต

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

๒๕๖๗

รายงานบทสรุปผู้บริหาร

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา

สถานการณ์พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะที่เกิดจากการพัฒนาและเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Disruptive Technology) เพื่อสนับสนุนการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และการมุ่งสู่เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Greenhouse Gas Emission) โดยหลายประเทศได้มีการกำหนดเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality (CN)) และ Net Zero GHG Emission เช่น ญี่ปุ่น ประกาศเป้าหมาย CN ภายในปี ค.ศ. 2050 เกาหลีใต้ ประกาศเป้าหมาย Net Zero GHG Emission ภายในปี ค.ศ. 2050 หลายประเทศในฝั่งยุโรป ประกาศเป้าหมาย Net Zero GHG Emission ภายในปี ค.ศ. 2050 เช่น สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส และเยอรมนี เป็นต้น รวมถึงการปรับตัวเพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทำให้ภาคขนส่งซึ่งเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดมีการปรับตัวอย่างรวดเร็ว

ในปี พ.ศ. 2564 ภาคขนส่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 37.7 ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ ซึ่งเป็นการใช้พลังงานในส่วนของน้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำมันเครื่องบิน LPG NGV น้ำมันเตา และไฟฟ้า โดยน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้ที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ มีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 61.6 และมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 0.07 ของความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งทั้งหมด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (EV) แพร่หลายมากขึ้น นอกจากนั้น นโยบายของประเทศ ยังได้มีการสนับสนุนการใช้นโยบายไฟฟ้า โดยมีการกำหนดนโยบายเพื่อปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานในภาคขนส่งเป็นพลังงานไฟฟ้าสีเขียว ด้วยเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า (EV) ตามนโยบาย 30@30 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายการผลิต ZEV (Zero Emission Vehicle) หรือรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษเป็นศูนย์ ให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 30 ของการผลิตยานยนต์ทั้งหมดในปี ค.ศ. 2030 หรือ พ.ศ. 2573 นอกจากนั้น แผนการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่ง ตามยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2568) ของกระทรวงคมนาคม ยังมีการวางแผนพัฒนาโครงข่ายรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนทั้งในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล แผนการดำเนินโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในเมืองใหญ่ในเขตภูมิภาค การพัฒนาโครงการรถไฟฟ้าความเร็วสูง (High Speed Train) การพัฒนารถไฟฟ้าทางคู่ รวมถึงโครงข่ายทางน้ำ ซึ่งการดำเนินงานดังกล่าว จะทำให้โครงสร้างการใช้พลังงานของประเทศเปลี่ยนแปลงไป จำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมในการจัดหาพลังงานและพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานให้มีความมั่นคง ทันท่วงที รองรับความต้องการใช้พลังงานของประเทศในอนาคต ซึ่งการบริหารจัดการพลังงานหรือการวางแผนนโยบายด้านพลังงานของประเทศ เพื่อเตรียมความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีแบบจำลองด้านพลังงานที่มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานของประเทศ สามารถจัดทำสมมติฐานได้หลายกรณีตามสมมติฐานที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งด้านอุปสงค์และอุปทานที่สามารถสะท้อนภาพอนาคตพลังงานของประเทศไทย

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ในฐานะหน่วยงานที่มีภารกิจในการเสนอแนะนโยบายและแผนด้านพลังงาน และมีภารกิจในการจัดทำประมาณการด้านพลังงานระยะยาว ทั้งในส่วนของความต้องการน้ำมัน (Oil Demand Forecasting) ความต้องการไฟฟ้า (Load Forecast) รวมถึงความต้องการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เพื่อจัดทำเป็นประมาณการความต้องการด้านพลังงานของประเทศ (Energy Outlook) เพื่อประกอบการจัดทำนโยบายและแผนพลังงานของประเทศ ทั้งในส่วนของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan : PDP) ซึ่งเป็นแผนงานหลักในการจัดทำโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้า ทั้งในส่วนของกำหนัดโรงไฟฟ้าเพื่อความมั่นคงในแต่ละพื้นที่ ความมั่นคงของระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้า และการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า โดยการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าสมาร์ทกริด (Smart grid) รวมถึงแผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan : EEP) ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาโครงสร้างความต้องการพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในส่วนของการใช้พลังงานภาคขนส่ง ทั้งในส่วนของเพิ่มประสิทธิภาพ การเปลี่ยนโหมดการเดินทาง (Shift Mode) การเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเป็นใช้ไฟฟ้า (Electrification) เพื่อประกอบการจัดทำเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่งของประเทศ ทั้งนี้ ปัจจุบัน สนพ. ใช้โปรแกรม LEAP ในการจัดทำค่าพยากรณ์ภาพรวมพลังงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้านพลังงาน ซึ่งโปรแกรม LEAP ในการจัดทำค่าพยากรณ์ภาพรวมพลังงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้านพลังงาน ซึ่งโปรแกรม LEAP สามารถใช้จัดทำสมดุลพลังงาน (Energy Balance) และสามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission) จากภาคพลังงาน และใช้ในการจัดทำกรณีสมมุติฐานต่างๆ

โครงการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีด้านพลังงานในอนาคต เป็นการต่อยอดการปรับปรุงแบบจำลองการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ซึ่ง สนพ. ได้มีการพัฒนาแบบจำลองและจัดทำค่าพยากรณ์ในส่วนของความต้องการไฟฟ้าสำหรับการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ ซึ่งได้มีการประเมินความต้องการไฟฟ้าในภาคขนส่งไว้บางส่วน เนื่องจากสถานการณ์และโครงสร้างความต้องการใช้พลังงานในสาขาขนส่งมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ซึ่งโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวส่งผลกระทบอย่างสูงต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศ โดยเฉพาะการใช้น้ำมันไฟฟ้า (Electric Vehicle) ที่เพิ่มมากขึ้น หรือการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ซึ่งจะส่งผลให้โครงสร้างการใช้พลังงานในภาคขนส่งเปลี่ยนแปลงจากการใช้น้ำมันเป็นมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่ม มากขึ้น ดังนั้น การดำเนินโครงการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีด้านพลังงานในอนาคต นอกจากจะทำให้การประมาณการความต้องการไฟฟ้าในสาขาขนส่งมีความทันสมัย สอดคล้องกับแผนงานและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ยังจะช่วยให้การประมาณการความต้องการพลังงานในภาพรวมของประเทศมีความสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงาน นโยบายของประเทศ และทิศทางพลังงานโลก และสามารถนำไปประกอบการเสนอแนะนโยบายและแผนด้านพลังงานให้อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะและปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการจัดทำแบบจำลองและการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานสาขาขนส่ง
- 1.2.2 พัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งของประเทศให้สอดคล้องกับโครงสร้างการใช้พลังงาน ในปัจจุบันและรองรับสถานการณ์ที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต
- 1.2.3 จัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานระยะยาวของประเทศในสาขาขนส่ง ทั้งกรณีปกติ (Business-as-usual: BAU) และกรณีสมมติฐาน (Scenario)
- 1.2.4 จัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย/เทคโนโลยีในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานสาขาขนส่ง เพื่อสนับสนุนนโยบายด้านพลังงานและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในอนาคต

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ที่ปรึกษาต้องดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 1 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงานโครงการ

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	ขอบเขต งาน	วัน ⁽¹⁾									
			30	60	90	120	150	180	210	240	270	
กิจกรรมที่ 1 การศึกษา วิเคราะห์และจัดทำข้อเสนอแนะ												
1	ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ นโยบาย เทคโนโลยี และแนวโน้มทิศทางการพลังงานทั้งในปัจจุบันและอนาคตที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในสาขาขนส่ง (ทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อเป็นแนวทาง ในการจัดหาข้อมูลประกอบการจัดทำแบบจำลอง และใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำสมมติฐานและพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานของประเทศ	TOR 4.1										
2	ศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและข้อมูลหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในสาขาขนส่ง (ทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่ง รวมทั้งการพยากรณ์ความต้องการด้านพลังงานสาขาขนส่ง พร้อมจัดทำรายละเอียดนิยาม (Definition) ของข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง รวมถึงวิธีการได้มาของข้อมูล/หลักการ/สูตรและวิธีการคำนวณในกรณีจำเป็นต้องกำหนดสมมติฐานในการได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าว	TOR 4.2										
3	วิเคราะห์ และจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย/เทคโนโลยี/นวัตกรรม/มาตรการด้านพลังงานในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและ/หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาขนส่ง เพื่อสนับสนุนเป้าหมายของแผนและนโยบายด้านพลังงานและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย รวมถึงข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการเก็บข้อมูลสำหรับใช้ในการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งในอนาคต	TOR 4.5										

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	ขอบเขต งาน	วัน ⁽¹⁾									
			30	60	90	120	150	180	210	240	270	
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาแบบจำลองและการพยากรณ์ความต้องการพลังงาน												
4	การพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งของประเทศในระดับผู้ใช้ (End-used หรือ Bottom-up Model) ให้สอดคล้องกับโครงสร้างการใช้พลังงานในปัจจุบัน โดยพิจารณาประเภทของการขนส่ง และครอบคลุมประเภทเชื้อเพลิงที่มีการใช้ในการขนส่ง รองรับนโยบายภาครัฐและสถานการณ์การใช้พลังงานภาคขนส่ง เทคโนโลยี และเชื้อเพลิงที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยเน้นให้ สนพ. สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผน เสนอแนะและวิเคราะห์นโยบายด้านพลังงานและนโยบายในการสนับสนุนเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยมีรายละเอียดขั้นต่ำครอบคลุมการขนส่ง 4 ประเภท ได้แก่ ทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ โดยทางถนนพิจารณาการใช้พลังงานตามประเภทรถยนต์ อาทิ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ ได้แก่ รถแท็กซี่ รถโดยสารสาธารณะ และรถบรรทุก เป็นต้น	TOR 4.3										
5	พิจารณาคัดเลือกสมมติฐานและจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานระยะยาวของประเทศในสาขาขนส่ง กรณีปกติ (Business-as-usual : BAU) และกรณีสมมติฐาน (Scenario) รวมอย่างน้อย 4 กรณี โดยมีการพิจารณากรอบ/เป้าหมายของแผนและนโยบายด้านพลังงาน และเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ หรือแผน/นโยบายเพิ่มเติมของรัฐบาล พร้อมสรุปผลค่าพยากรณ์ในกรณีต่างๆ	TOR 4.4										
6	จัดทำคู่มือการใช้งานแบบจำลอง ซึ่งมีข้อมูลประกอบด้วย โครงสร้างแบบจำลอง ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง (รายละเอียดนิยาม (Definition) รวมถึงวิธีการได้มาของข้อมูล/ที่มา/หลักการ/สูตรและวิธีการคำนวณในกรณีจำเป็นต้องกำหนดสมมติฐานในการได้มาซึ่งข้อมูล) รายละเอียดตัวย่อ/ตัวแปรในแบบจำลอง วิธีการใช้งานแบบจำลอง การปรับปรุงข้อมูล การจัดทำและปรับปรุงค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานในภาคขนส่ง	TOR 4.8										
7	ให้คำปรึกษาและบริการดูแลรักษาแบบจำลองให้สามารถใช้งานได้ตลอดภายใน 1 ปี โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายนับถัดจากวันที่คณะกรรมการของ สนพ. ได้รับมอบแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว ⁽²⁾	TOR 4.11										
8	จัดหาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์สถิติและเศรษฐกิจสำหรับการพยากรณ์ และจัดหาสิทธิการใช้งานโปรแกรม LEAP (License LEAP) โดยมีระยะเวลาการให้บริการ 48 เดือน และให้สิทธิผู้ใช้งานโปรแกรมได้ 5 ผู้ใช้งาน	TOR 4.12										
กิจกรรมที่ 3 งานสนับสนุนโครงการ												
9	จัดประชุม/หารือ/ฝึกอบรม โดยมีผู้เข้าร่วมรวมไม่น้อยกว่า 200 คน	TOR 4.6										
10	จัดสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็นจากนักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจ โดยมีผู้เข้าร่วมรวมไม่น้อยกว่า 150 คน	TOR 4.7										

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	ขอบเขต งาน	วัน ⁽¹⁾								
			30	60	90	120	150	180	210	240	270
11	จัดเจ้าหน้าที่ประจำที่ สนพ. จำนวน 1 ท่าน (โดยเจ้าหน้าที่ต้อง จัดเตรียมคอมพิวเตอร์พกพาสำหรับประกอบการทำงานมาเอง) เพื่อ ช่วยประสานงาน จัดทำเอกสาร หรืองานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เช่น หนังสือเชิญร่วมงานสัมมนา หนังสือเชิญประชุม และรายงานการ ประชุม เป็นต้น	TOR 4.9									
12	จัดทำรายงานผลการศึกษา ดังนี้ (1) รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) (2) รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary) ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ (3) เอกสารสรุปผลการศึกษา (เอกสารฉบับย่อสำหรับเผยแพร่)	TOR 4.10									
13	การส่งมอบผลงาน										
	(1) งานงวดที่ 1: รายงานฉบับต้น (Inception Report)		●								
	(2) งานงวดที่ 2: รายงานความก้าวหน้า (Progress Report)					●					
	(3) งานงวดที่ 3: รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)										●

หมายเหตุ:

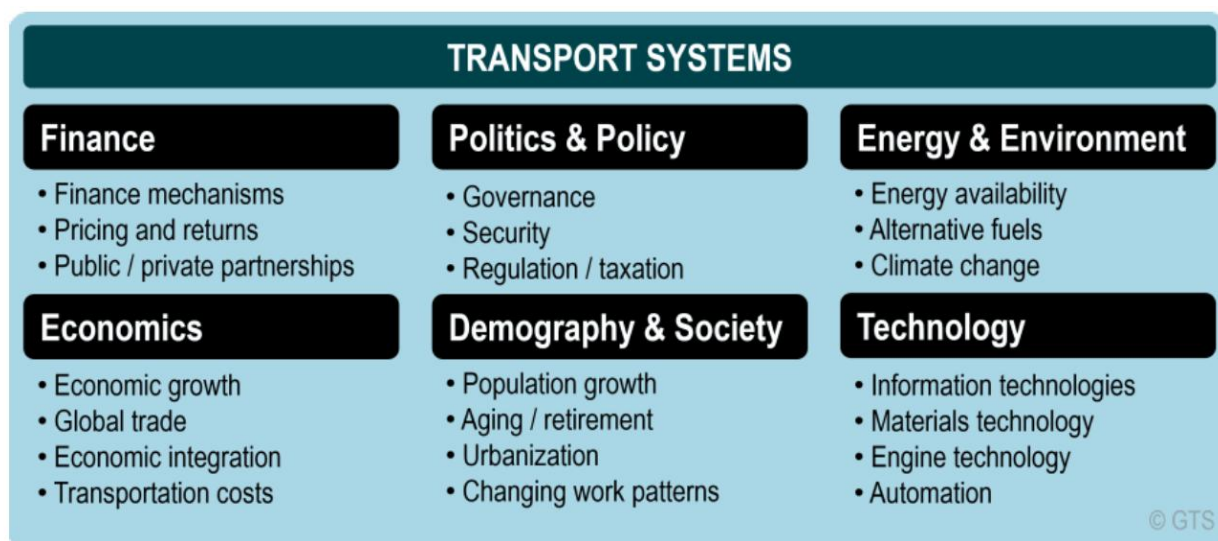
- (1) แผนการดำเนินการอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม
- (2) ครอบคลุมระยะเวลา 1 ปี นับถัดจากวันที่คณะกรรมการของ สนพ. ได้รับมอบแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว

2. การศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ นโยบาย เทคโนโลยี และแนวโน้มทิศทางการพลังงานในสาขาขนส่ง

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ นโยบาย เทคโนโลยี และแนวโน้มทิศทางการพลังงานทั้งในปัจจุบันและอนาคตที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในสาขาขนส่ง (ทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดหาข้อมูลประกอบการจัดทำสมมติฐานและพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานของประเทศ สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.1 ประกอบด้วย

2.1 การศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ นโยบาย เทคโนโลยี และแนวโน้มทิศทางการพลังงานในปัจจุบันและอนาคตทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ที่ปรึกษาฯ ได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงสร้างของระบบพลังงาน ประเภทและปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละสาขา รวมทั้งวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนผ่าน อาทิ ปัจจัยด้านการเงิน (finance) ด้านการเมืองและนโยบาย (politics & policy) ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (energy & environment) ด้านเศรษฐศาสตร์ (economics) ด้านประชากรศาสตร์ และสังคม (demography & society) และด้านเทคโนโลยี (technology) ดังแสดงในรูปที่ 1



Source: adapted from ICF International (2008) Long Range Strategic Issues Facing the Transportation Industry, Final Future-focused Research Framework, National Cooperative Highway Research Program, Project 20-80, Task 2.

รูปที่ 1 ปัจจัยขับเคลื่อน (driver) ที่มีผลกระทบต่อขนส่งในอนาคต
ที่มา: Rodrique, 2024

2.1.1 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่ง

2.1.1.1 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งโลก

ภาคพลังงานและภาคขนส่ง เป็นสองภาคส่วนหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม ด้วยความพยายามในการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและการผลักดันให้เกิดการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างแพร่หลาย ทำให้ภายในปี 2030 คาดว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคไฟฟ้าลดลงถึงเกือบ 60% และคาดว่าภาคไฟฟ้าจะกลายเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ได้ภายในปี 2040 สำหรับภาคขนส่งนั้นเป็นอีกหนึ่งภาคส่วนที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ภาคขนส่งทั่วโลกเติบโตอย่างรวดเร็ว ปัจจุบัน ภาคขนส่งคิดเป็นสัดส่วนการบริโภคน้ำมันโลกถึง 45% ซึ่งสูงกว่าภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ อย่างมาก การเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์ทั่วโลกกว่า 600 ล้านคันในช่วงเวลาดังกล่าว สะท้อนให้เห็นถึงการเติบโตที่นำกังวลของภาคขนส่ง (IEA, 2023) เพื่อบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภาคขนส่งจำเป็นต้องลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมาก โดยต้องลดลงมากกว่า 3% ต่อปีจนถึงปี 2573 จำนวนเที่ยวบินต้องลดลง 20% และจำนวนรถยนต์ลดลง 15% เมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันในปี 2593 การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นจากการส่งเสริมการใช้ขนส่งสาธารณะ การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า และการจำกัดการบิน

2.1.1.1.1 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งประเทศเยอรมนี

ประเทศเยอรมนีไม่ได้ส่งแผนการมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC) แต่เป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายของสหภาพยุโรป (EU) ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 55% ภายในปี ค.ศ. 2030¹ (ไม่รวม LULUCF) และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050

อย่างไรก็ดี ประเทศเยอรมนีมีการปรับเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เข้มข้นขึ้น² ในพระราชบัญญัติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Klimaschutzgesetz) ดังนี้

- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 65% ภายในปี ค.ศ. 2030 เมื่อเทียบกับระดับปี ค.ศ. 1990 (ไม่รวม LULUCF) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเป้าหมายเดิมที่ 55%
- ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 88% ภายในปี ค.ศ. 2040 เมื่อเทียบกับระดับปี ค.ศ. 1990 (ไม่รวม LULUCF) ซึ่งเป็นเป้าหมายระหว่างกาลใหม่
- บรรลุความการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2045

ภาคขนส่งมีบทบาทสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ จากข้อมูล Statista ภาคขนส่งเยอรมันใช้เชื้อน้ำมันมากกว่า 70% ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย³ โดยรัฐบาลเยอรมันตั้งเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งลง 44% จากระดับปี ค.ศ. 1990 หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ลดลงเหลือ 85 MtCO₂e ในปี ค.ศ. 2030

2.1.1.1.2 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งประเทศจีน

ประเทศจีนเป็นหนึ่งในประเทศที่มีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในโลก โดยได้ตั้งเป้าหมายที่จะลดการปล่อย CO₂ ให้ถึงจุดสูงสุด (Carbon peaking) ก่อนปี 2030 และบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี 2060 ขณะนี้ ภาคการขนส่งมีส่วนในการปล่อย CO₂ ประมาณ 9%⁴ ของการปล่อยก๊าซทั้งหมดในประเทศ การลดการปล่อยคาร์บอนในภาคการขนส่งจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของจีน

อย่างไรก็ดี ภาคการขนส่งของจีน กำลังเติบโตและเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ คาดการณ์ว่าระหว่างปี 2022 ถึง 2050 จำนวนยานพาหนะจะเพิ่มขึ้น 18% จำนวนเที่ยวบินโดยสารจะเพิ่มขึ้นสามเท่า และจำนวนผู้โดยสารรถไฟและการขนส่งสินค้าทางรถไฟจะเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่า ในปี 2022 ภาคการขนส่งใช้พลังงานรวม 19 เอกซาจูล (EJ) แม้ว่าภายในปี 2050 กิจกรรมการขนส่งสินค้าหรือผู้โดยสารจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่การใช้พลังงานในภาคนี้คาดว่าจะลดลงเหลือเพียง 15 เอกซาจูล สาเหตุหลักมาจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานอย่างมากที่เกิดจากการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในภาคการขนส่งทางถนนอย่างแพร่หลาย

ปัจจุบันประเทศจีนมีนโยบายระยะยาวในการส่งเสริมการใช้ไฟฟ้าในภาคการขนส่ง โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในภาคถนน ขณะที่ภาคการบินและการขนส่งทางเรือมีการพัฒนาช้ากว่า

¹ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-targets_en#:~:text=In%202023%2C%20the%20EU%20adopted,climate%2Dneutral%20continent%20by%202050.

² <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/climate-change-act-2021-1936846#:~:text=With%20the%20amendment%20to%20the,law%20the%20goal%20of%20achieving>

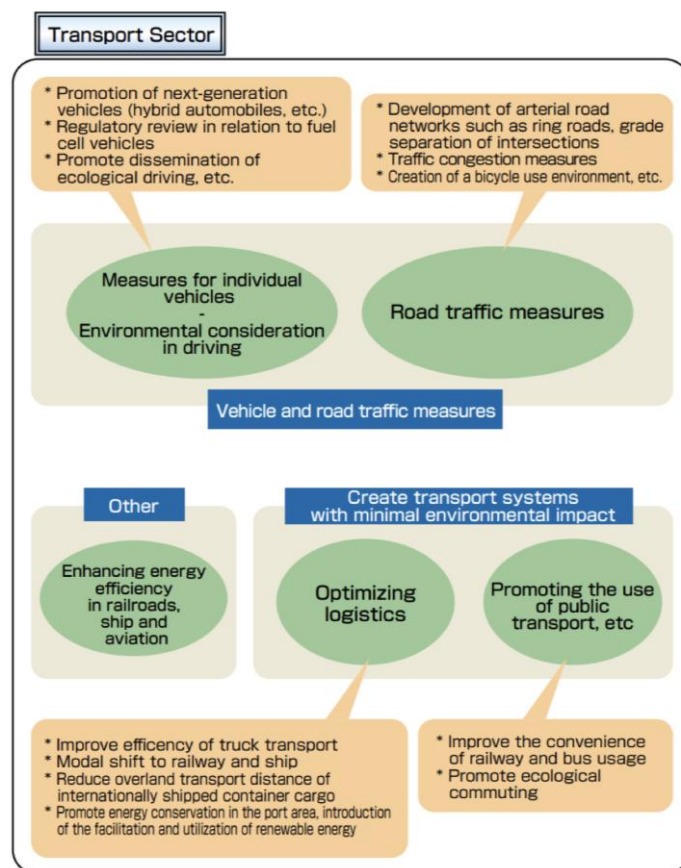
³ <https://www.statista.com/statistics/1312057/energy-consumption-transport-sector-germany-by-source/>

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592552300358X>

2.1.1.1.3 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งประเทศญี่ปุ่น

ในประเทศญี่ปุ่น การปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคการขนส่งมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี 2001 สาเหตุหลักมาจากการลดลงของประชากรและการปรับปรุงประสิทธิภาพเชื้อเพลิงของรถยนต์ ถึงแม้ว่าการปล่อยก๊าซจากภาคการขนส่งทั่วโลกจะเพิ่มขึ้น แต่ภาคการขนส่งในญี่ปุ่นยังคงคิดเป็นประมาณ 20% ของการปล่อยก๊าซทั้งหมดในประเทศ ซึ่งต้องการความพยายามอย่างมีนัยสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเพื่อให้บรรลุเป้าหมายสังคมคาร์บอนเป็นกลาง⁵

ซึ่งการบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนในภาคการขนส่งไม่เพียงแต่สำคัญต่อญี่ปุ่นในการมีบทบาทนำในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระดับโลก รวมถึงจากประเทศกำลังพัฒนา แต่ยังสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมรถยนต์ญี่ปุ่นในเวทีนานาชาติได้อีกด้วย ซึ่งมาตรการสนับสนุนภาคขนส่งของประเทศญี่ปุ่นแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 มาตรการสนับสนุนภาคขนส่งของประเทศญี่ปุ่น⁶

⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592552300358X>

⁶ <https://www.ecomo.or.jp/english/pdf/tej2023.pdf>

2.1.1.1.4 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งประเทศบราซิล

บราซิลเป็นภาคีของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และได้ให้สัตยาบันต่อความตกลงปารีสแล้ว โดยบราซิลยืนยันเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิในปี 2025 ที่ 1.32 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (GtCO₂e) ซึ่งสอดคล้องกับการลดลง 48.4% เมื่อเทียบกับปี 2005 ตามข้อมูลจากการตรวจสอบครั้งล่าสุด นอกจากนี้ บราซิลยังมุ่งมั่นที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิให้เหลือ 1.20 GtCO₂e ภายในปี 2030 ซึ่งสอดคล้องกับการลดลง 53.1% เมื่อเทียบกับปี 2005 โดยภาคเกษตรกรรมเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และมีภาคการขนส่งเป็นผู้ปล่อยก๊าซสูงสุดเป็นอันดับสอง โดยปล่อยก๊าซถึง 201 ล้านตันเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ (MtCO₂e) การปล่อยก๊าซของภาคนี้เพิ่มขึ้น 47% ระหว่างปี 2005-2021 โดยแผนปฏิบัติการตาม NDC ของประเทศบราซิลมีดังนี้

ตารางที่ 2 ฉากทัศน์ของแผนปฏิบัติการตาม NDC ของประเทศบราซิล

ขอบเขต		ฉากทัศน์ของแผนปฏิบัติการตาม NDC
รูปแบบการขนส่ง	ผู้โดยสาร	- เพิ่มส่วนแบ่งเล็กน้อยของการขนส่งทางรถไฟและทางน้ำ - การเปลี่ยนจากยานพาหนะส่วนตัวไปยังระบบขนส่งสาธารณะ - รักษาอัตราการเติบโตของระบบขนส่งตามเดิม
	สินค้า	เพิ่มกิจกรรมการขนส่งทางรถไฟและทางน้ำจากการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานที่ดำเนินการอยู่
การจดทะเบียนยานพาหนะ	ยานยนต์ขนาดเล็ก	- ยุติการขายยานยนต์ ICE ภายในปี 2045 - ยอดขาย HEV และ BEV เติบโตถึง 100% ภายในปี 2045 - ยอดขายจักรยานยนต์ BEV เติบโตถึง 35% ภายในปี 2050
	ยานยนต์ขนาดใหญ่	- สัดส่วนรถบัสที่ใช้ดีเซล เหลือ 22% ภายในปี 2045 และแทนที่ด้วยรถบัส PHEV และ BEV - การใช้ไฟฟ้าในรถบรรทุกจำกัดอยู่ที่การใช้งานในการเก็บขยะและส่วนหนึ่งเป็นรถบรรทุกขนาดเล็ก
การใช้พลังงาน	เชื้อเพลิงชีวภาพ	- สัดส่วนไบโอดีเซลที่ 15% (B15) จากปี 2025 และรักษาส่วนแบ่งนี้ถึงปี 2050 - สัดส่วนผสมเอทานอล 27% ในเบนซิน (E27) - รักษาอัตราการเติบโตของการใช้เอทานอลให้คงเดิม
	ไฟฟ้า	เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในทางรถไฟอย่างค่อยเป็นค่อยไป (เพื่อการขนส่งสินค้า)
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	ถนน	- พัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์และการใช้เทคโนโลยีนำความร้อนกลับมาใช้ (10% ภายในปี 2030 และ 20% ภายในปี 2050) - เพิ่มการบำรุงรักษา (5% ภายในปี 2030 และ 10% ภายในปี 2050)
	อากาศ	การออกแบบเครื่องบินและการปรับปรุงการดำเนินงาน (เพิ่ม 10% ภายในปี 2030 และ 15% ภายในปี 2050)
	น้ำ	การปรับปรุงการออกแบบเรือ น้ำหนัก และเครื่องยนต์ (7% ภายในปี 2030 และ 12% ภายในปี 2050)
	รถไฟ	- ระบบขับเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและระบบเบรกแบบนำพลังงานกลับมาใช้ (5% ภายในปี 2030 และ 7% ภายในปี 2050) - ปรับปรุงการดำเนินงาน (5% ภายในปี 2030 และ 10% ภายในปี 2050)
	ท่อส่ง	เพิ่มความจุและปรับปรุงการดำเนินงาน (สูงสุด 5% ภายในปี 2050)

ขอบเขต		ฉาบทันของแผนปฏิบัติการตาม NDC
พฤติกรรม ของผู้ใช้	ถนน	• การเปลี่ยนจากรถยนต์ส่วนตัวไปใช้รถโดยสาร • การเปลี่ยนจากรถโดยสารไปยังแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง • รักษาอัตราการเติบโตของการขนส่งแบบแอคทีฟ (การเดินทางที่ไม่ถูกจำกัด) • การใช้ยานพาหนะร่วมกัน
การเงิน	การ ขับเคลื่อน ด้วยไฟฟ้า	สินเชื่อสำหรับการจัดการถัไฟฟ้า

2.1.1.1.5 การร่วมมือระดับนานาชาติ: IMO, ICAO และ CORSIA

ทางเลือกในการลดการปล่อยมลพิษในภาคการขนส่งในปัจจุบันมีระดับความ
พร้อมที่แตกต่างกันมาก การขนส่งทางถนนถือว่ามีความก้าวหน้าไปไกลที่สุดในด้านความสามารถในการแข่งขัน
ของทางเลือกการใช้ไฟฟ้าโดยตรง ประเทศที่มีรายได้สูงเป็นผู้นำในการกำหนดนโยบายเพื่อเปลี่ยนแปลงภาค
การขนส่งทางถนนในประเทศของตน ในขณะที่การบินระหว่างประเทศและการขนส่งทางทะเลมีความซับซ้อน
มากขึ้นในการลดการปล่อยมลพิษ ซึ่งไม่เพียงแต่ต้องพึ่งพาวิธีการลดการปล่อยมลพิษที่ไม่ใช่ไฟฟ้าและ
โครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องซึ่งยังไม่พัฒนาอย่างเต็มที่ แต่การกำหนดนโยบายในภาคส่วนระดับโลกเหล่านี้ยัง
เกี่ยวข้องกับความร่วมมือในระดับพหุภาคีและซูเปอร์ชาติกระทรวง การร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน
รวมถึงองค์กรเฉพาะของสหประชาชาติ เช่น องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO) และ องค์การการบินพล
เรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) มีบทบาทสำคัญในการจัดการ
กับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทั้งทางทะเลและทางอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์ในการกำหนด
มาตรฐานและแนวทางการปฏิบัติที่ยั่งยืน โดยมาตรการสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีดังนี้

- **ICAO** ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2486 เพื่อส่งเสริมการพัฒนาการบินพลเรือนอย่าง
ปลอดภัยและยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการกำหนดมาตรฐานการบิน การ
สนับสนุนและให้คำปรึกษาแก่ประเทศสมาชิก และการส่งเสริมความร่วมมือ
ระหว่างประเทศ ในเดือนตุลาคมปี 2022 ICAO ได้ประกาศเป้าหมายระยะยาว
ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2050 โดยมุ่งเน้นที่จะ
รักษาการปล่อยก๊าซสุทธิจากการบินระหว่างประเทศไม่ให้เกินระดับในปี 2020
ผ่านโครงการชดเชยและลดการปล่อยก๊าซ (CORSIA) นอกจากนี้ สมาชิกสาย
การบิน 302 แห่งจากสมาคมการขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ
(International Air Transport Association: IATA) ได้ให้สัญญาว่าจะบรรลุ
การปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2050
- **CORSIA** (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International
Aviation) เป็นโครงการของ ICAO ที่มุ่งหวังในการจัดการกับการปล่อยก๊าซ
เรือนกระจกจากการบินระหว่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการชดเชย
การปล่อยก๊าซ CO₂ และสนับสนุนการลงทุนในโครงการพลังงานสะอาด โดย
โครงการนี้จะเริ่มมีการเข้าร่วมโดยสมัครใจระหว่างปี 2021-2026 และจะมีการ

เข้าร่วมทั้งหมดในระยะที่สองระหว่างปี 2027-2035 ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อให้การปล่อยก๊าซสุทธิจากการบินระหว่างประเทศไม่เกินระดับในปี 2020

- **มาตรการของ IMO** ได้แก่ อนุสัญญาระหว่างประเทศ เช่น MARPOL (การป้องกันมลพิษจากเรือ) และ SOLAS (ความปลอดภัยในการเดินเรือ) ซึ่งมุ่งหวังในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางทะเล รวมถึงการพัฒนาความร่วมมือทางเทคนิคกับประเทศกำลังพัฒนา

2.1.1.2 สถานการณ์ด้านพลังงานและขนส่งของไทย

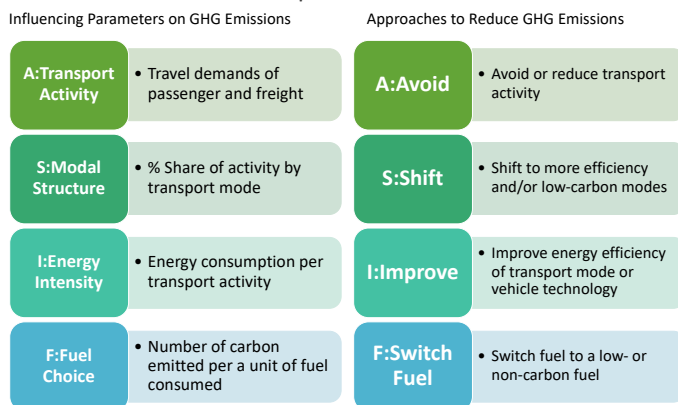
ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา (2543-2562) ภาคพลังงานไทยเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุด โดยมีปริมาณการปล่อยเพิ่มขึ้นกว่า 57% จาก 165,092.40 GgCO₂eq เป็น 260,772.69 GgCO₂eq ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมในภาคพลังงาน เช่น การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและขนส่ง มีส่วนสำคัญในการเร่งให้เกิดภาวะโลกร้อน ปัจจุบัน ภาคพลังงานไทยมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 69.96% ของการปล่อยก๊าซทั้งหมดในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมพลังงาน ซึ่งมีส่วนในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 39.63% หรือประมาณ 103,356.15 GgCO₂eq รองลงมา การขนส่ง (29.50%), อุตสาหกรรมการผลิต (20.38%) และภาคอื่นๆ (6.47%)

สำหรับภาคขนส่งของประเทศไทย มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 75,225.23 GgCO₂eq โดยกว่า 90% ของการขนส่งทางถนนเป็นแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงของประเทศ สูงถึง 71,927.21 GgCO₂eq สาเหตุหลักมาจากจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการพึ่งพาน้ำมันเป็นหลักกว่า 96.5% ในการขับเคลื่อนยานพาหนะ รองลงมาเป็น ทางการบินพลเรือน ทางน้ำ และทางรถไฟ เพื่อแก้ไขปัญหา ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งดำเนินมาตรการและเทคโนโลยี ในการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

2.1.2 มาตรการและเทคโนโลยีการลดการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการศึกษาทบทวนมาตรการและเทคโนโลยีการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งโดยนำกรอบของหลักการ A-S-I-F Approach หรือหลักการ “avoid-shift-improve-fuel” มาใช้ในการพิจารณา ประกอบไปด้วย การลดกิจกรรมการเดินทาง (Avoid: A) การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (Shift: S) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Improve: I) และการเปลี่ยนเชื้อเพลิง (Fuel Switch: F) หรือเรียกว่าแนวคิดแบบ “ASIF” ดังแสดงในรูปที่ 3

The “ASIF” Concept



Ref.: Schipper et al. (2000 and 2009) and Dalkmann, H. and Brannigan, C. (2007)

รูปที่ 3 แนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

1) มาตรการลดการเดินทาง (Avoid)

นโยบายที่ส่งเสริมให้ประชาชนหลีกเลี่ยงการเดินทาง หรือลดระยะทางการเดินทางที่ไม่จำเป็นโดยการบูรณาการระหว่างการวางแผนเมืองกับการวางแผนด้านการขนส่งที่เหมาะสม เช่น การพัฒนาพื้นที่ใช้สอยในลักษณะของ Compact Area การส่งเสริมมาตรการการทำงานอยู่กับบ้าน การสร้างศูนย์ราชการหรือศูนย์การค้าในพื้นที่การเก็บค่าธรรมเนียมการใช้ถนนหรือค่าธรรมเนียมรถติด (road pricing or congestion charge) เป็นต้น

2) มาตรการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (Shift)

นโยบายที่ส่งเสริมให้ประชาชนเปลี่ยนจากการใช้ยานพาหนะส่วนตัวหันไปใช้รูปแบบการเดินทางที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบขนส่งสาธารณะ และการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ (การขี่จักรยาน และการเดินเท้า) ในกลุ่มมาตรการนี้รวมถึงการสร้างแรงจูงใจในการใช้ระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพพลังงานและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ดีสำหรับระบบขนส่งสาธารณะและการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์

3) การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน (Improve)

มาตรการที่มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมยานยนต์และการใช้โครงสร้างพื้นฐานเดิมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น เทคโนโลยีการประหยัดพลังงานของยานยนต์ และการส่งเสริมการใช้รถและจักรยานไฟฟ้า เป็นต้น

4) การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิง (Fuel Switch)

การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเชื้อเพลิงแต่ละประเภท เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน มาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจึงเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหนึ่งหน่วยพลังงานน้อยกว่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคขนส่งทั่วไป ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล โดยเชื้อเพลิงทางเลือกดังกล่าว เช่น เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) ไฮโดรเจน เป็นต้น

2.1.3 นโยบายและแผนด้านนโยบายและขนส่ง

2.1.3.1 การมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution: NDC)

สำหรับมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งนั้น ใน NDC ฉบับแรกได้กล่าวถึงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง (มาตรการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน) และมาตรการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับยานพาหนะ (มาตรการใช้ไบโอดีเซลในภาคการขนส่ง และมาตรการใช้เอทานอลในภาคการขนส่ง) ในขณะที่ NDC ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 ได้กล่าวถึงการส่งเสริมการใช้น้ำมันไฟฟ้าและสนับสนุนเทคโนโลยีการชาร์จแบตเตอรี่

2.1.3.2 แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 สาขา คมนาคมขนส่ง

แผนปฏิบัติการดังกล่าวมีวัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อบรรลุเป้าหมายการมีส่วนร่วมของประเทศ (NDC) ในปี ค.ศ. 2030 โดยมีเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ประมาณ 37.95 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (million ton of carbon dioxide equivalent, MtCO₂e) ซึ่งได้กำหนดกลยุทธ์ออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

- 1) กลยุทธ์ที่ 1 สนับสนุนและส่งเสริมการดำเนินงานตามแผนงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในภาคคมนาคม
- 2) กลยุทธ์ที่ 2 พัฒนาและปรับปรุงกฎหมายที่สนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจก
- 3) กลยุทธ์ที่ 3 พัฒนาระบบการตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification, MRV)
- 4) กลยุทธ์ที่ 4 สร้างการมีส่วนร่วมและเสริมสร้างศักยภาพของทุกหน่วยงานในการลดก๊าซเรือนกระจก

2.1.3.3 แผนพลังงานของประเทศ

แผนพลังงานของประเทศไทย หรือ แผนแม่บทพลังงานบูรณาการของประเทศไทย (TIEB) ซึ่งครอบคลุมแผนพลังงานย่อย 5 แผน ได้แก่ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ และแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง

ทั้งนี้ ในแต่ละแผนมีการพิจารณาถึงระบบขนส่งที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP): มีการพิจารณาถึงแนวโน้มความการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากโครงการลงทุนและนโยบายของรัฐที่มีแผนการดำเนินงานชัดเจนแล้ว ได้แก่ รถไฟฟ้าความเร็วสูง (HST) รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพและปริมณฑล และรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนใน 6 เมืองหลัก (MRT) และแนวโน้มการใช้น้ำมันไฟฟ้า (EV) ที่เพิ่มขึ้น
- 2) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP): มีการพิจารณาถึงแนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ของประเทศตามนโยบาย 30@30 ที่จะส่งผลต่อปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งทางถนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งทำให้การใช้เอทานอลและไบโอดีเซล

ลดลงไปด้วย นอกจากนี้ ในแผนยังมีการตั้งเป้าหมายการส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้ในภาคขนส่ง ได้แก่ การลดชนิดน้ำมันในแต่ละกลุ่มของภาคขนส่งทางถนน (ส่งเสริม B7 เป็นน้ำมันหลักในกลุ่มดีเซล และส่งเสริม E10 เป็นน้ำมันหลักในกลุ่มเบนซิน) รวมถึงการส่งเสริมเชื้อเพลิงอากาศยานยั่งยืน (SAF) และเชื้อเพลิงชีวภาพทางเลือกอื่น อาทิ ไฮโดรเจน

3) แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP): มีการพิจารณาถึงศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่งทางถนนจากภาคบังคับ มาตรการภาคส่งเสริม ได้แก่ มาตรการภาคอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่งทางถนน ภาคขนส่งทางน้ำ (การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารทางน้ำ (Shift mode) และ อื่นๆ ภาคขนส่งทางราง (รถไฟทางคู่ รถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและรถไฟชานเมือง และรถไฟความเร็วสูง (High Speed Train)) และภาคขนส่งทางอากาศ (การบริหารจัดการการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในท่าอากาศยาน) รวมถึงมาตรการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า

4) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan): มีการตั้งเป้าหมายด้านอุปทานของน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งให้สอดคล้องกับแนวโน้มความต้องการตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป มีต้นทุนที่เหมาะสม และสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการผลิตและการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพ โดยการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานด้านการผลิตและขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง

2.2 การศึกษาทบทวนแนวคิดของการพยากรณ์และแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานและการใช้พลังงานในภาคขนส่งทั้งในประเทศและต่างประเทศ และคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานสาขาขนส่งของประเทศไทย

การพยากรณ์ความต้องการและการใช้พลังงานในการศึกษานี้แบ่งเป็นสองระดับ ได้แก่ การพยากรณ์ภาพรวมการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ และการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคขนส่ง โดยในการพยากรณ์ภาพรวมการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศ จะใช้แบบจำลองสมดุลพลังงาน (energy account model) ซึ่งวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานตามปัจจัยขับเคลื่อนที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ โดยสามารถเปรียบเทียบคุณลักษณะ ข้อดี ข้อเสีย ของเครื่องมือที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานและการใช้พลังงานในภาคขนส่ง ดังนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณลักษณะ ข้อดี ข้อเสีย ของเครื่องมือที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานและการใช้พลังงานในภาคขนส่ง

เครื่องมือ / แบบจำลอง	ความครอบคลุม	จุดเด่น	ข้อจำกัด	หน่วยงาน / ผู้พัฒนา
LEAP	สาขาพลังงาน (มีทางเลือกสำหรับ สาขาที่ไม่ใช่พลังงาน)	- รองรับข้อมูลและแบบจำลองในหลายระดับ มีความต้องการข้อมูลขั้นต้นไม่มาก (low initial data requirement) - ใช้งานง่ายและสามารถสื่อสารกับผู้ใช้มีส่วนได้เสียได้ชัดเจน (user friendly for communication) - มีการรวมฐานข้อมูลเทคโนโลยีพลังงาน และสิ่งแวดล้อม (Technology and Environment Database: TED) - มีการแบ่งปันข้อมูลและชุมชนเครือข่ายผู้ใช้ (community) มีช่องทางการให้คำปรึกษาที่สะดวกและรวดเร็ว	- ไม่สามารถวิเคราะห์ควบคู่กับแบบจำลองด้านเศรษฐศาสตร์ - ทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์ที่ไม่ใช่พลังงาน (non-energy) มีจำกัด - มีข้อจำกัดด้านการวิเคราะห์แบบ optimization	Stockholm Environment Institute (SEI), USA
TIMES / MARKAL	สาขาพลังงาน	- สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับแบบจำลองด้านเศรษฐศาสตร์ (economic model) - มีความสามารถในการวิเคราะห์และเชื่อมโยงปัจจัยที่มีความซับซ้อน และความเชื่อมโยงระหว่างสาขา - สามารถวิเคราะห์ทางเลือกผู้ใช้น้ำมันพื้นฐานของการแข่งขันด้านราคา	- มีความต้องการข้อมูลขั้นต่ำที่มีความเข้มข้น (data intensive) และยังต้องการการฝึกอบรมอย่างมาก - เน้นการวิเคราะห์แบบ least cost solution และ optimization อาจเป็นอุปสรรคต่อกิจการพลังงานที่ไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของกลไกตลาด - ไม่มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมรวมอยู่	The Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP) of the International Energy Agency

เครื่องมือ / แบบจำลอง	ความครอบคลุม	จุดเด่น	ข้อจำกัด	หน่วยงาน / ผู้พัฒนา
UTMS	การจราจรในเขตเมือง	- สามารถวิเคราะห์ปริมาณจราจรและความเร็วของการจราจรได้ในแต่ละเส้นทางในพื้นที่เขตเมือง - สามารถวิเคราะห์ปริมาณการเดินทางได้หลายหลายรูปแบบการขนส่ง - สามารถวิเคราะห์ผลกระทบมาตรการด้านการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางในเมืองได้	- ต้องใช้ข้อมูลทั้งทางด้านการจราจร ข้อมูลเส้นทาง (network) พื้นที่และข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม - วิเคราะห์การจราจรได้เฉพาะในพื้นที่เขตเมือง - ไม่มีข้อมูลด้านประสิทธิภาพพลังงานของเทคโนโลยีรถยนต์	Bentley Systems (CUBE)
The UK 2050 calculator	สาขาพลังงาน และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	- มีความต้องการข้อมูลขั้นต้นไม่มาก เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญสำหรับมาตรการ - ใช้งานง่ายและสามารถสื่อสารกับผู้มีส่วนได้เสียได้ชัดเจน - ไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งาน	- มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงที่มีความซับซ้อน และการวิเคราะห์แบบ optimization - ไม่มีฐานข้อมูลเทคโนโลยีรองรับ - ไม่มีการวิเคราะห์ต้นทุนและการแข่งขัน	the UK's Department of Energy and Climate Change (DECC)
AIM	สาขาพลังงาน และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	- มีการรวมฐานข้อมูลเทคโนโลยีพลังงาน และสิ่งแวดล้อม - สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับแบบจำลองด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate model) และด้านสิ่งแวดล้อม (emission model)	- มีข้อจำกัดสำหรับการวิเคราะห์แบบ optimization - มีข้อจำกัดสำหรับการวิเคราะห์การแข่งขันและการวิเคราะห์ทางเลือกผู้ใช้	National Institute for Environmental Studies (NIES)
TEEMP	สาขาขนส่ง	รองรับข้อมูลและแบบจำลองในหลายระดับ มีความต้องการข้อมูลขั้นต้นไม่มาก	ไม่สามารถวิเคราะห์ควบคู่กับแบบจำลองด้านเศรษฐศาสตร์	CAI-Asia and ITDP

เครื่องมือ / แบบจำลอง	ความครอบคลุม	จุดเด่น	ข้อจำกัด	หน่วยงาน / ผู้พัฒนา
		ไม่เสียค่าลิขสิทธิ์การใช้ซอฟต์แวร์ (software license)	- มีข้อจำกัดด้านการวิเคราะห์แบบ optimization - วิเคราะห์ผลของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งได้จำกัดบางมาตรการเท่านั้นและไม่สามารถวิเคราะห์ผลการลดก๊าซเรือนกระจกของหลายมาตรการพร้อมกันได้	
COPERT	การขนส่งทางถนน	- สามารถประมาณการการใช้พลังงานของยานพาหนะที่แตกต่างกัน - สามารถคำนวณมลพิษทางอากาศของรถยนต์ได้หลากหลายประเภทครอบคลุมทั้ง CO, NO_x, VOC, PM, N₂O, NH₃, SO₂, NMVOC และ CO₂	- สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกได้เฉพาะมาตรการที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานของรถยนต์ - ต้องการข้อมูล emission factor จากการทดสอบรถยนต์	EMISIA

จากการเปรียบเทียบเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานและการใช้พลังงานในภาคขนส่ง พบว่า โปรแกรม Low Emission Analysis Platform (LEAP) เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่ง โดยมีความเหมาะสมทางเทคนิคที่สามารถจำลองระบบพลังงานของภาคขนส่งโดยคำนึงถึงโครงสร้างของระบบการขนส่ง และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในภาคขนส่งของไทย สำหรับใช้ในการวางแผนระยะยาวและครอบคลุม scale ในระดับประเทศ นอกจากนี้ ยังให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำ และสามารถเข้าใจได้ผ่านการแสดงกราฟการวิเคราะห์ อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นของการใส่ข้อมูลและการวางโครงสร้างแบบจำลองโดยเฉพาะในระดับ bottom-up

2.3 การศึกษาและคัดเลือกนโยบาย/เทคโนโลยี/นวัตกรรม/มาตรการด้านพลังงานที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและ/หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการจัดทำสมมติฐานในการพัฒนาแบบจำลองสาขาส่งทั้งระยะสั้นและระยะยาว

ที่ปรึกษาฯ ได้รวบรวมนโยบาย เทคโนโลยี นวัตกรรม และมาตรการด้านพลังงานที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน และ/หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากบทความ วิทยานิพนธ์ รายงานวิจัยของหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์และคัดเลือกนโยบาย เทคโนโลยี นวัตกรรม และมาตรการที่เหมาะสมกับการปรับปรุงระบบพลังงานในภาคขนส่งของประเทศไทย สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำสมมติฐานในการพัฒนาแบบจำลองสาขาส่งทั้งระยะสั้นและระยะยาวต่อไป

ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถวิเคราะห์ผลการจัดลำดับความสำคัญของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4 กลุ่มมาตรการที่มีความสำคัญในลำดับแรก คือ กลุ่มมาตรการที่มีความพร้อม (Readiness) และ ผลกระทบสูง (Impact) กว่าค่าเฉลี่ยของความพร้อมและผลกระทบแล้ว กลุ่มมาตรการในลำดับแรกนี้ ได้แก่

- 1) มาตรการเกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานระบบราง เช่น โครงการรถไฟฟ้าทางคู่ ระบบขนส่งมวลชนระบบรางทั้งในเมืองและชานเมือง และรถไฟความเร็วสูง
- 2) มาตรการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าทั้งรถยนต์ EV และเรือไฟฟ้า รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสถานีอัดประจุไฟฟ้า
- 3) มาตรการพัฒนาพื้นที่โดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะ (Transit-oriented Development) และการพัฒนาสถานีรถไฟสีเขียว (Green Station)
- 4) มาตรการการจัดการการขนส่ง (Travel Demand Management) เช่น มาตรการจัดการขนส่งสินค้าเที่ยวเปล่า การสนับสนุนเทคโนโลยีขนถ่ายสินค้า
- 5) การส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ
- 6) การส่งเสริมการเดินทางแบบไร้เครื่องยนต์ และ Shared mobility

กลุ่มมาตรการที่มีความสำคัญในลำดับที่ 2 คือ กลุ่มมาตรการที่มีความพร้อมสูงแต่มีผลกระทบต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่

- 1) กลุ่มมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งทางน้ำ เช่น การปรับปรุงเส้นทางขนส่งในแม่น้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบจัดการการขนส่งสินค้าทางน้ำ และการพัฒนาศูนย์การขนส่งตู้สินค้าทางรถไฟเชื่อมโยงท่าเรือแหลมฉบัง
- 2) กลุ่มมาตรการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนทั้งในภาคขนส่งทางถนน ทางน้ำ และทางราง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการผลิต ระบบขนส่ง และสถานีเติมไฮโดรเจน
- 3) มาตรการกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำหรือการปล่อย CO₂ ของยานยนต์

กลุ่มมาตรการที่มีลำดับความสำคัญในลำดับสุดท้าย คือ กลุ่มมาตรการที่มีความพร้อมและผลกระทบของมาตรการต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่

- 1) มาตรการเปลี่ยนหัวรถจักรดีเซลเป็นหัวรถจักรที่ใช้ไฟฟ้า
- 2) การส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิง Sustainable Aviation Fuel (SAF) ในเครื่องบิน
- 3) การปรับปรุงอัตราภาษีรถยนต์ประจำปีตามปริมาณการปล่อย CO₂
- 4) การขนส่งสินค้าโดยใช้ Drone

มาตรการการจับเก็บค่าธรรมเนียมการใช้ถนนในเขตพื้นที่การจราจรหนาแน่น (Congestion Charge) มาตรการการจับเก็บค่าจอดรถในเขตพื้นที่การจราจรหนาแน่น และ Car Free Zone



รูปที่ 4 ลำดับความสำคัญของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

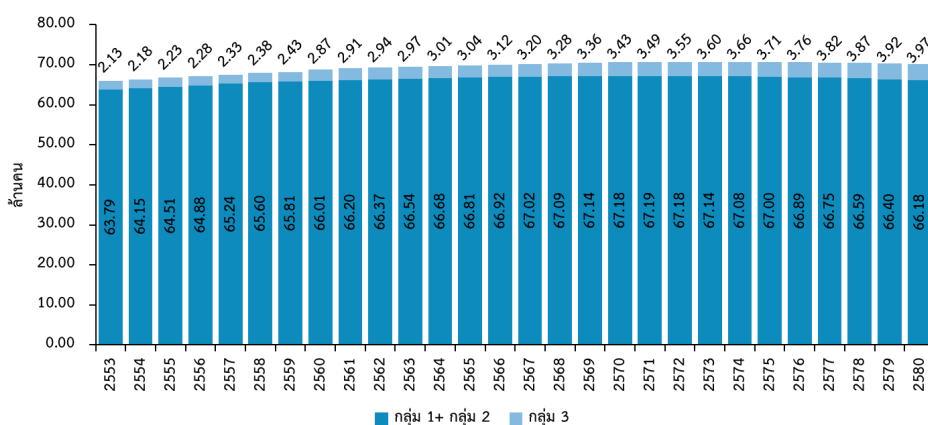
3. การศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและข้อมูลหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในสาขาส่ง

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินการศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและข้อมูลหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในสาขาส่ง (ทางถนน ทางราง ทางน้ำ และทางอากาศ) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาส่ง รวมทั้งการพยากรณ์ความต้องการด้านพลังงานสาขาส่ง เช่น ข้อมูลการใช้พลังงาน ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลด้านยานพาหนะ ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่ง และข้อมูลการใช้พลังงานทดแทนในภาคขนส่ง เป็นต้น พร้อมจัดทำรายละเอียดนิยาม (Definition) ของข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง รวมถึงวิธีการได้มาของข้อมูล/หลักการ/สูตรและวิธีการคำนวณในกรณีจำเป็นต้องกำหนดสมมติฐานในการได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าว สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ข้อมูลภาพรวมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองและการพยากรณ์พลังงานสาขาขนส่ง

สำหรับข้อมูลภาพรวมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองและการพยากรณ์พลังงานสาขาขนส่งที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product; GDP) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญที่สะท้อนถึงสภาพเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อกิจกรรมด้านขนส่งในหลายๆ ด้าน และ
2. ข้อมูลจำนวนประชากรของประเทศ เนื่องจากจำนวนประชากรมีผลต่อความต้องการใช้การขนส่งในแง่ของปริมาณความต้องการการเดินทางของผู้ใช้บริการและการกระจายตัวของชุมชน ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมากจะส่งผลต่อความต้องการการเดินทางของประชากรที่มากขึ้นไปด้วย ทั้งนี้ ตามรายงานการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2583 (ฉบับปรับปรุง) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้ระบุไว้ว่า จำนวนประชากรทั้งหมดที่อยู่ในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่ 1 ประชากรสัญชาติไทย กลุ่มที่ 2 ประชากรไม่ใช่สัญชาติไทยแต่มีชื่อในทะเบียนบ้าน และ กลุ่มที่ 3 ประชากรไม่ใช่สัญชาติไทยและไม่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลรวมประชากรกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แยกจากประชากรกลุ่มที่ 3

3.2 ข้อมูลกิจกรรมด้านการเดินทางและขนส่ง

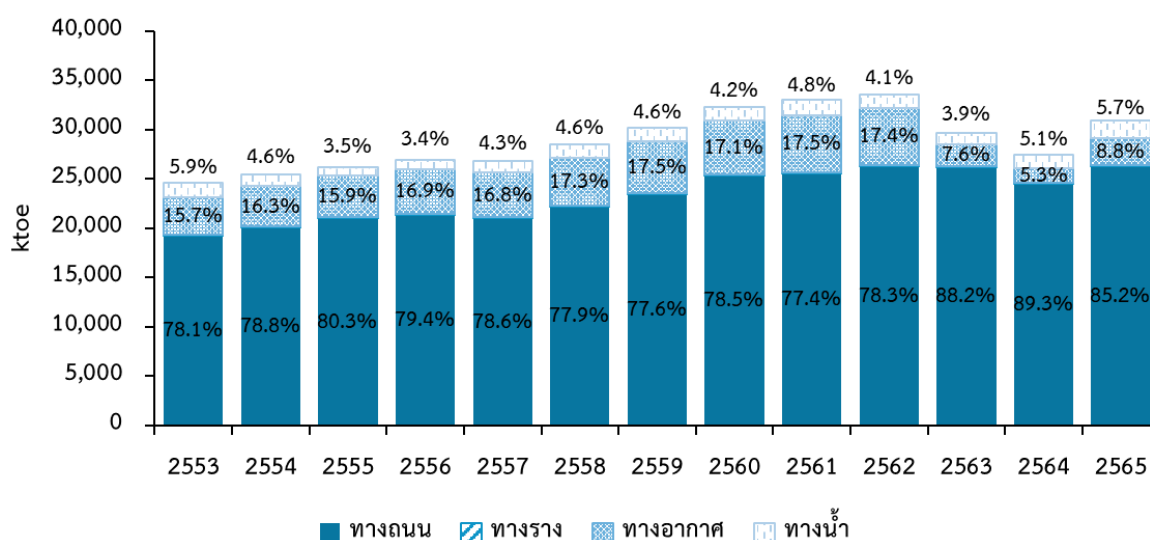
กิจกรรมด้านการเดินทางและขนส่งเป็นกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์ต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจโดยตรง โดยการขนส่งเป็นส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายคน สินค้าและบริการ เป็นการเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต ผู้บริโภค และตลาด ทำให้กิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กิจกรรมค้า ภาควัตถุศาสตร์และการผลิต การเกษตร การท่องเที่ยว และขนส่งและกระจายสินค้า เป็นต้น ดำเนินกิจกรรมตลอดจนการเชื่อมโยงระหว่างภูมิภาคต่างๆ เป็นไปได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลกิจกรรมการขนส่งสามารถแบ่งออกตามหมวดการขนส่งหลัก 4 หมวด ได้แก่ ขนส่งทางถนน ขนส่งทางราง ขนส่งทางน้ำ และขนส่งทางอากาศ

การรวบรวมข้อมูลภาคขนส่งมีหลายรูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบเน้นการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์และใช้ในการวางแผนด้านการขนส่งและการพัฒนาระบบขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีสามแนวทางหลักในการรวบรวมข้อมูลภาคขนส่ง ได้แก่ Vehicle Base, Traffic Count และ Trip Base โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **Vehicle Base (ข้อมูลฐานยานพาหนะ)** แนวทางนี้เน้นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับยานพาหนะที่มีอยู่ในระบบขนส่ง เช่น จำนวน ประเภท และลักษณะของยานพาหนะที่ใช้งาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์สภาพการใช้งานของยานพาหนะและการวางแผนการพัฒนาระบบขนส่ง
- **Traffic Count (การนับจำนวนการจราจร)** Traffic Count เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณและประเภทของยานพาหนะที่ใช้เส้นทางต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อวิเคราะห์ระดับการจราจรและการเคลื่อนย้ายของยานพาหนะในพื้นที่ต่างๆ
- **Trip Base (ข้อมูลฐานการเดินทาง)** ข้อมูลนี้เน้นการรวบรวมข้อมูลการเดินทางของบุคคล เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการเดินทาง เช่น จุดเริ่มต้นและจุดหมาย ระยะทาง รูปแบบการเดินทาง และวิธีการขนส่งที่ใช้

3.3 ข้อมูลการใช้พลังงานภาคขนส่ง

ข้อมูลการใช้พลังงานในภาคขนส่งเป็นข้อมูลสถิติหลักที่ใช้ประกอบในการจัดทำแบบจำลองการพยากรณ์ โดยจะเป็นข้อมูลหลักที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานผ่านแบบจำลอง โดยปัจจุบันหน่วยงานที่ทำกรรวบรวมข้อมูลดังกล่าวและทำการแยกเป็นภาคการใช้พลังงานย่อยสำหรับสาขาขนส่ง คือ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) โดยข้อมูลการใช้พลังงานภาคขนส่งแยกย่อยรายสาขาสารพัดสามารถสรุปภาพรวมได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การใช้พลังงานภาคขนส่งจำแนกรายสาขาการขนส่ง

3.4 ข้อมูลแผนที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางขนส่ง

1. แผนปฏิบัติการด้านน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2567 – 2580 (Oil Plan 2024) เป็นแผนในการกำหนดทิศทางการบริหารจัดการด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศให้สอดคล้องกับเป้าหมายของแผนพลังงานชาติและแผนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีการใช้แบบจำลองสมดุลพลังงาน (Energy Account Model) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจำลองภาพอนาคตของการใช้และการจัดหาพลังงานทั้งระบบ และการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในภาคขนส่งเชิงลึกด้วยแบบจำลอง Stock Turn Over Model

2. แผนปฏิบัติการด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2567-2580 (AEDP 2024) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำหนดเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย ในระยะยาว ทั้งในรูปแบบของการพัฒนาเพื่อผลิตไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ รวมถึงกำหนดแนวทางการจัดการ และโครงการเพื่อรองรับการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดเป้าหมายที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ในการผลิตไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายที่ร้อยละ 37 ภายในปี พ.ศ. 2580

3. แผนปฏิบัติการด้านการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2567 -2580 (EEP2024) ได้จัดทำขึ้นเพื่อจะลดความเข้มการใช้พลังงานลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2580 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ. 2553 โดยให้การสนับสนุนด้านการเงินในการดำเนินโครงการด้านอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการสร้างความรู้ การฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานได้ส่งผลโดยรวมต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ

4. แผนพัฒนาระบบคมนาคมขนส่ง เนื่องจากแผนการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งมีแผนย่อยจำนวนมากตามภารกิจของหน่วยงานคมนาคมขนส่งในแต่ละภาคขนส่ง โดยแผนที่เป็นยุทธศาสตร์ระยะยาวที่ได้จัดทำขึ้นล่าสุดจะเป็นแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2560 ในการรวบรวมข้อมูลครั้งนี้จึงได้พิจารณาทบทวนข้อมูลจากร่างแผนปฏิบัติการด้านคมนาคมปี 2566-2570 ซึ่งได้จัดทำขึ้นในปี 2565 และดำเนินการประมวลผลจากแผนการพัฒนาระบบขนส่งสาขาต่างๆ โดยมีแผนสำคัญ อาทิเช่น แผนพัฒนารถไฟฟ้าไทย แผนพัฒนาแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (M-Map และ M-Map2) แผนพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในภูมิภาค แผนงานและการดำเนินงานของกรมเจ้าท่า แผนปฏิบัติการของการท่าเรือแห่งประเทศไทย แผนแม่บทการจัดตั้งสนามบินพาณิชย์ของประเทศ แผนแม่บทการพัฒนาท่าอากาศยานของบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) เป็นต้น

5. แผนส่งเสริมการผลิตและการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า จากการประชุมคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ ครั้งที่ 2/2564 ในวันที่ 12 พฤษภาคม 2564 ที่ผ่านมา ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตและการใช้ ZEV ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของการร่วมมือกันระหว่างทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในปี ค.ศ. 2030 หรือ พ.ศ. 2573 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เป้าหมายการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ประเภทรถยนต์นั่งและรถกระบะ 725,000 คัน รถจักรยานยนต์ 675,000 คัน รถบัสและรถบรรทุก 34,000 คัน นอกจากนั้น ยังมีการส่งเสริมการผลิตรถสามล้อ เรือโดยสาร และรถไฟระบบรางอีกด้วย

2) เป้าหมายการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ประเภทรถยนต์นั่งและรถกระบะ 440,000 คัน รถจักรยานยนต์ 650,000 คัน รถบัสและรถบรรทุก 33,000 คัน รวมถึงการกำหนดเป้าหมายการส่งเสริมสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสาธารณะแบบ Fast charge จำนวน 12,000 หัวจ่าย และสถานีสับเปลี่ยนแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจำนวน 1,450 สถานี และมีมาตรการส่งเสริม ZEV ในด้านต่าง ๆ ได้แก่

- การส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วน เพื่อให้ไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วน โดยได้มีการกำหนดมาตรฐานให้ครอบคลุมยานยนต์และชิ้นส่วนสำคัญ แผนส่งเสริมผู้ประกอบการรองรับการเปลี่ยนผ่านสู่ยานยนต์ไฟฟ้า และแผนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรและกำลังคน
- การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งมาตรการทางภาษีและที่ไม่ใช่ภาษี โดยมีมาตรการ Quick win เป็นการส่งเสริมการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าของธุรกิจขนส่งเชิงพาณิชย์และหน่วยงานรัฐ
- การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานรองรับยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งการส่งเสริมสถานีอัดประจุไฟฟ้า การพัฒนากฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการอัดประจุ และการส่งเสริมเทคโนโลยีสมาร์ตกริด รวมถึงการส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าและการใช้แบตเตอรี่ที่ผลิตในประเทศ การจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้ว และการพัฒนากำลังคน

3.5 บัญชีข้อมูล

ภายใต้โครงการศึกษานี้ สามารถจัดทำบัญชีข้อมูลตามรูปแบบบัญชีข้อมูลภาครัฐในส่วนของข้อมูลส่วนหลัก (Mandatory) มีทั้งหมด 14 รายการบังคับ ประกอบด้วย

- 1) ประเภทข้อมูล
- 2) ชื่อชุดข้อมูล
- 3) องค์กร
- 4) ชื่อผู้ติดต่อ
- 5) อีเมลผู้ติดต่อ
- 6) คำสำคัญ
- 7) รายละเอียด
- 8) วัตถุประสงค์
- 9) ความสำเร็จของข้อมูล
 - 9.1 หน่วยความสำเร็จของการปรับปรุงข้อมูล
 - 9.2 ค่าความสำเร็จของการปรับปรุงข้อมูล
- 10) ขอบเขตเชิงภูมิศาสตร์หรือเชิงพื้นที่
- 11) แหล่งที่มา
- 12) รูปแบบการเก็บข้อมูล
- 13) หมวดหมู่ข้อมูลตามธรรมาภิบาลข้อมูลภาครัฐ
- 14) สัญญาอนุญาตให้ใช้ข้อมูล

ทั้งนี้ การจัดทำบัญชีข้อมูล จะใช้เพื่อรวบรวมรายการข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานเจ้าของข้อมูลซึ่งสามารถนำมาประกอบการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานภาคการขนส่ง

4. การพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งของประเทศในระดับผู้ใช้

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบจำลองสมดุลพลังงาน (energy account model) โดยใช้โปรแกรม Low Emission Analysis Platform (LEAP) เป็นเครื่องมือในการศึกษา เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถฉายภาพอนาคตที่สะท้อนการใช้ และการจัดหาพลังงานทั้งระบบในเชิงปริมาณได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ยังมีจุดเด่นที่สามารถปรับเปลี่ยนสมการทางคณิตศาสตร์และมีความยืดหยุ่น สามารถรองรับฐานข้อมูลพลังงานในระดับต่างๆ ตั้งแต่ฐานข้อมูลพลังงานรายสาขา (sector) ไปจนถึงฐานข้อมูลพลังงานที่ลงรายละเอียดในระดับผู้ใช้อุปกรณ์ (end user) นอกจากนี้ ยังมีการรวบรวมฐานข้อมูลเทคโนโลยี และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้โปรแกรม LEAP สามารถประเมินผลกระทบด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ จากภาคพลังงานได้

4.1 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางถนน

แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางถนนใช้การวิเคราะห์ในแบบ Bottom-up (หรือ End-use) เพื่อใช้ประเมินปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มรถยนต์ส่วนบุคคล หลักการของ Bottom-up approach (หรือ End-use approach) เป็นการประมาณปริมาณความต้องการพลังงานโดยรวมทั้งหมดจากปริมาณความต้องการเดินทางและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบขนส่ง⁷ โดยข้อมูลที่สำคัญในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ 1) จำนวนยานพาหนะ 2) ระยะการเดินทางของยานพาหนะ และ 3) อัตราการใช้พลังงาน (หรือประสิทธิภาพพลังงาน) ของยานพาหนะ

4.1.1 แบบจำลองทำนายจำนวนยานพาหนะ

แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์จำนวนยานพาหนะสามารถทำได้หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้แบบจำลอง Stock Turnover ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของจำนวนยานพาหนะที่หมุนเวียนเข้าและออกจากระบบ โดยจำนวนรถที่ยังคงอยู่ในระบบทั้งหมดในปีใดๆ ($V_{stock,i}(t)$) คือ ผลรวมของรถที่ขายในแต่ละปี ก่อนหน้าที่ยังคงเหลืออยู่ ($V_{remain,i}(t, v)$) ดังแสดงได้ในสมการที่ 4-1

$$V_{stock,i}(t) = \sum_{v=v'}^{v=t} V_{remain,i}(t, v) \quad 4-1$$

เมื่อ

$V_{stock,i}(t)$	คือ	จำนวนยานพาหนะประเภท i ทั้งหมดในปี t (คัน)
$V_{remain,i}(t, v)$	คือ	จำนวนยานพาหนะประเภท i ที่จดทะเบียนในปี v และยังคงเหลืออยู่ในระบบ ณ ปี t (คัน)
v	คือ	ปีที่ยานพาหนะจดทะเบียน ซึ่ง $v < t$
v'	คือ	ปีที่ยานพาหนะมีอายุมากที่สุด

⁷ Pongthanaisawan J. (2012), "Energy Demand of Road Transport Sector and Fuel/Vehicle Technology Alternatives for Greenhouse Gas Emissions Mitigation in Thailand"

4.1.2 แบบจำลองระยะการเดินทางของยานพาหนะ

การเดินทางเป็นค่าที่แสดงถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นในภาคขนส่ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อปริมาณการใช้พลังงาน โดยทั่วไปปริมาณการเดินทางเฉลี่ยต่อปีของยานพาหนะสามารถหาได้จาก 4 วิธีหลัก คือ จากการอ่านค่าเลขไมล์ (Odometer Reading) จากการสำรวจผู้ขับขี่ยานพาหนะ (Driver Survey) จากการนับปริมาณจราจร (Traffic Count) และการคำนวณจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป นอกจากนั้น จากการวิจัย⁸ พบว่าโดยทั่วไปแล้วค่าระยะทางการเดินทาง (VKT) ของยานพาหนะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประเภทยานพาหนะ อายุของยานพาหนะ เป็นต้น ซึ่งจากการวิจัยในยุโรป พบว่าค่า VKT ของรถยนต์จะลดลงตามอายุของรถ กล่าวคือเมื่อรถมีอายุเพิ่มมากขึ้น ระยะทางวิ่งเฉลี่ยต่อปีจะลดน้อยลง ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางวิ่งเฉลี่ยกับอายุของรถยนต์แสดงได้ดังสมการที่ 4-2

$$VKT_{veh,i,j}(k) = \alpha_{i,j} k^{\beta_{i,j}} \times VKT_{veh,i,j}(0) \quad 4-2$$

เมื่อ

$VKT_{veh,i,j}(k)$ คือ ค่าเฉลี่ยระยะทางวิ่งต่อปีของรถยนต์ประเภท i ที่ใช้เชื้อเพลิง j ที่มีอายุ k (กิโลเมตร)

$VKT_{veh,i,j}(0)$ คือ ค่าเฉลี่ยระยะทางวิ่งต่อปีของรถยนต์ใหม่ประเภท i ที่ใช้เชื้อเพลิง j (กิโลเมตร)

$\alpha_{i,j}$ และ $\beta_{i,j}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

4.1.3 แบบจำลองประสิทธิภาพพลังงานของยานพาหนะ

อัตราการใช้พลังงานของยานพาหนะแสดงได้ด้วยค่าประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง (Fuel economy) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพการใช้พลังงานของยานพาหนะจะลดลงเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยค่า fuel economy degradation factor ($\eta_{i,j}(k)$) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4-3

$$\eta_{i,j}(k) = \frac{FE_{veh,i,j}(k)}{FE_{veh,i,j}(0)} \quad 4-3$$

เมื่อ

$\eta_{i,j}(k)$ คือ ค่า Degradation factor ของ fuel economy สำหรับยานพาหนะประเภท i ที่ใช้เชื้อเพลิง j อายุ k

$FE_{veh,i,j}(k)$ คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะประเภท i ซึ่งใช้เชื้อเพลิง j อายุ k (คัน-กิโลเมตรต่อ MJ)

$FE_{veh,i,j}(0)$ คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะใหม่ประเภท i ซึ่งใช้เชื้อเพลิง j (คัน-กิโลเมตรต่อ MJ)

⁸ Energy Planning and Policy Office (2007) "A Survey of Energy Consumption of Transport Sector in Thailand," Final Report Energy Planning and Policy Office (EPPO), Ministry of Energy, Final Report (in Thai). และ King Mongkut's Institute of Technology Thonburi (1997) "A Study of Strategies for Energy Conservation in Vehicles," Final Report Prepared to National Energy Policy Office, Ministry of Science and Technology, Final Report (in Thai).

4.2 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางราง

โครงสร้างของแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางรางอาจจะประกอบด้วย การขนส่งทางรางในเมือง (Urban rail transport) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการขนส่งผู้โดยสาร และการขนส่งทางรางระหว่างเมือง (Intercity rail transport) ที่แบ่งออกได้เป็นการขนส่งสินค้า (Freight) และการขนส่งผู้โดยสาร (Passenger) การวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางรางนี้วิเคราะห์จากปัจจัยของกิจกรรม (Activity data) และความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy intensity) เป็นหลัก ดังแสดงในสมการที่ 4-4

$$E = A \times I \quad 4-4$$

เมื่อ

E คือ ความต้องการพลังงาน (energy demand) (หน่วย: ลิตร)

A คือ กิจกรรมการขนส่งทางราง (activity level) (หน่วย: คน-กิโลเมตรหรือตัน-กิโลเมตร)

I คือ ความเข้มข้นการใช้พลังงาน (energy intensity) (หน่วย: ลิตรต่อคน-กิโลเมตรหรือลิตรต่อตัน-กิโลเมตร)

4.3 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางน้ำ

แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การขนส่งทางน้ำภายในประเทศ (Inland) และการขนส่งทางน้ำระหว่างประเทศ (Oversea) การขนส่งทางน้ำภายในประเทศมีการขนส่งทั้งสินค้า (Freight) และผู้โดยสาร (Passenger) ซึ่งในการขนส่งสินค้าเป็นการขนส่งสินค้าในลำน้ำหลักในประเทศ ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำป่าสัก โดยอาจจะแยกย่อยไปถึงประเภทการขนส่งสินค้าทั้งขาขึ้น (Inbound) และขาล่อง (Outbound) ประกอบด้วยสินค้าสำคัญ ได้แก่ ถ่านหิน (Coal) ปุ๋ยเคมี (Fertilizer) อาหารสัตว์ (Animal feed) โลหะภัณฑ์ (Metal products) สินค้าปิโตรเลียม (Petroleum products) เคมีภัณฑ์ (Chemical products) ปูนซีเมนต์ (Cement) หินดินทราย (Sand) ข้าว (Rice) ข้าวโพด (Corn) มันสำปะหลัง (Cassava) น้ำตาล (Sugar) และอื่นๆ เป็นต้น ในขณะที่การขนส่งผู้โดยสารส่วนใหญ่เป็นการขนส่งผู้โดยสารในแม่น้ำภายในเมือง เช่น ในเส้นทางแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองแสนแสบ เป็นต้น

การวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางน้ำนี้วิเคราะห์จากปัจจัยของกิจกรรม (Activity data) และความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy intensity) เป็นหลักดังแสดงในสมการที่ 4-5

$$E = A \times I \quad 4-5$$

เมื่อ

E คือ ความต้องการพลังงาน (energy demand) (หน่วย: ลิตร)

A คือ กิจกรรมการขนส่งทางน้ำ (activity level) (หน่วย: คน-กิโลเมตรหรือตัน-กิโลเมตร)

I คือ ความเข้มข้นการใช้พลังงาน (energy intensity) (หน่วย: ลิตรต่อคน-กิโลเมตรหรือลิตรต่อตัน-กิโลเมตร)

4.4 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางอากาศ

แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางอากาศครอบคลุมการขนส่งผู้โดยสาร (Passenger) และการขนส่งสินค้า (Freight) โดยแต่ละส่วนแบ่งออกเป็นภาคการขนส่งภายในประเทศและระหว่างประเทศ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการคมนาคมขนส่งทางอากาศ ได้แก่ น้ำมันเครื่องบิน (Kerosene)

การวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางอากาศนี้วิเคราะห์จากปัจจัยของกิจกรรม (Activity data) และความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy intensity) เป็นหลักดังแสดงในสมการที่ 4-6

$$E = A \times I \quad 4-6$$

เมื่อ

E คือ ความต้องการพลังงาน (Energy demand)

A คือ กิจกรรมการขนส่งทางราง (Activity level)

I คือ ความเข้มข้นการใช้พลังงาน (energy intensity: energy consumed per unit of activity)

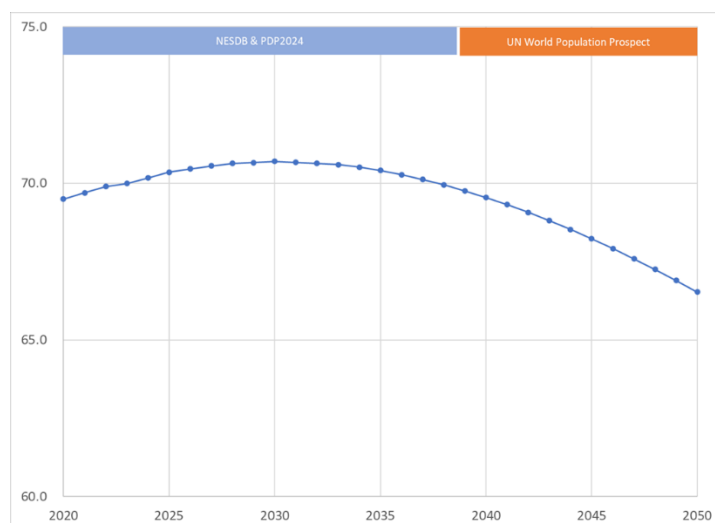
5. การพิจารณาคัดเลือกสมมติฐานและจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานระยะยาวของประเทศในสาขาขนส่ง

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกสมมติฐานและจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานระยะยาวของประเทศในสาขาขนส่ง กรณีปกติ (Business-as-usual : BAU) และกรณีสมมติฐาน (Scenario) รวมอย่างน้อย 4 กรณี โดยมีกรอบพิจารณากรอบ/เป้าหมายของแผนและนโยบายด้านพลังงานและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ หรือแผน/นโยบายเพิ่มเติมของรัฐบาล พร้อมสรุปผลค่าพยากรณ์ในกรณีต่างๆ สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การขยายตัวทางเศรษฐกิจและประชากร

การกำหนดอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจและประชากรในภาพอนาคตในทุกกรณี อยู่บนข้อมูลชุดเดียวกัน บนสมมติฐานของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงประชากรที่ทำให้เกิดกิจกรรมการใช้พลังงานบนฐานเดียวกัน สมมติฐานการคาดการณ์อัตราการเติบโตของผลิตรวมของประเทศไทยมีการปรับปรุงข้อมูลให้ปัจจุบัน โดยการคาดการณ์การเติบโตของเศรษฐกิจไทยในปี ค.ศ. 2025 อยู่ระหว่างร้อยละ 2.3-3.3

สำหรับสมมติฐานการคาดการณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรของประเทศไทยอ้างอิงจาก 2 แหล่งข้อมูล คือ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) และ Department of Economic and Social Affairs Population Division, United Nation ซึ่งจากข้อมูลทั้ง 2 แหล่งจะสามารถสรุปการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงประชากรของไทยดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 สมมติฐานการเปลี่ยนแปลงด้านประชากรของไทย
ที่มา: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564

5.2 การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่ง

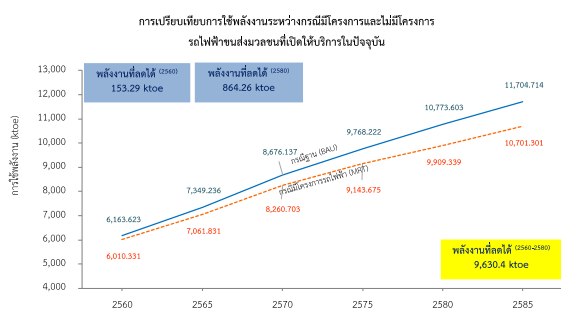
สมมติฐานการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่ง (Modal shift) ในทุกกรณี อยู่บนข้อมูลชุดเดียวกัน โดยอยู่บนสมมติฐานที่การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่งเป็นไปตามเป้าหมายของแผนพัฒนาด้านการเดินทางและการขนส่ง โดยรายละเอียดของสมมติฐานการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่งมีดังนี้

5.2.1 การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่งสู่ระบบราง

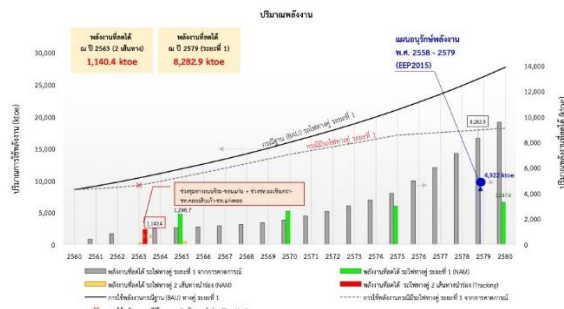
การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและการขนส่งไปสู่ระบบรางแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ การเดินทางในพื้นที่เขตเมืองและการเดินทางระหว่างเมือง โดยในการศึกษานี้ อ้างอิงผลการศึกษาของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.)⁹ ในการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานจากการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางจากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ และรถโดยสารในพื้นที่ กทม.และปริมณฑล ซึ่งการเปลี่ยนรูปแบบเดินทางดังกล่าวทำให้ระยะการเดินทางของกลุ่มยานพาหนะส่วนบุคคลมีระยะการวิ่งเฉลี่ยต่อปีลดน้อยลง จึงทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในการเดินทางโดยรวม ส่วนการเดินทางระหว่างเมืองนั้น อ้างอิงผลการศึกษาการประหยัดพลังงานจากการพัฒนาระบบรถไฟทางคู่ (double track) ของ สนข.¹⁰ ซึ่งการพัฒนา ระบบรถไฟทางคู่ศักยภาพในการลดการใช้พลังงานหลักจะเกิดจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าภายในประเทศ ซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยนจากการใช้รถบรรทุกมาใช้บริการมากขึ้น ซึ่งสามารถประเมินปริมาณการใช้พลังงานของการขนส่งในพื้นที่ กทม. และปริมณฑลในกรณีต่างๆ ได้ดังนี้

⁹ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2564) โครงการติดตามประเมิน (tracking) การใช้พลังงานที่ลดได้จากมาตรการภาคขนส่ง ด้วยการพัฒนาระบบรถไฟทางคู่สายส่งมวลชน

¹⁰ สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2564) โครงการศึกษาแนวทางการติดตามประเมิน (Tracking) การใช้พลังงานที่ลดได้จากการพัฒนาระบบรถไฟทางคู่



(ก) การเดินทางในพื้นที่เขตเมือง



(ข) การเดินทางระหว่างเมือง

รูปที่ 8 สรุปผลการประหยัดพลังงานของการขนส่งในกรณีต่างๆ
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2564)

5.2.2 การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสู่ทางน้ำ

การวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าทางน้ำ อ้างอิงจาก การศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)¹¹ โดยในการศึกษานั้น ได้ประเมิน ศักยภาพการลดการใช้พลังงานจากการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งสินค้าที่มีศักยภาพจากการขนส่งด้วย รถบรรทุกไปสู่การขนส่งทางน้ำตามเส้นทางแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำป่าสัก ได้แก่ บัญ อาหารสัตว์ ปูนซีเมนต์ มินาส่าปะหลัง ข้าว และน้ำตาล ทำให้สามารถคำนวณศักยภาพการลดการใช้พลังงานจากการเปลี่ยนรูปแบบ การขนส่งสินค้าไปสู่ทางน้ำประมาณ 260 ktoe ในปี พ.ศ. 2573

5.3 การเติบโตของยานยนต์คาร์บอนต่ำ

การกำหนดสมมติฐานการเติบโตของยานยนต์คาร์บอนต่ำ (Low emission vehicle: LEV) อยู่บน พื้นฐานของการทดแทนการใช้ยานยนต์สันดาปภายในเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง ยานยนต์ คาร์บอนต่ำประกอบไปด้วยกลุ่มยานยนต์ Hybrid electric vehicle (HEV), Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV), Battery electric vehicle (BEV) และ Fuel cell electric vehicle (FCEV)

โดยในภาพอนาคตกรณีต่างๆ มีการกำหนดสมมติฐานการเติบโตของยานยนต์คาร์บอนต่ำดังต่อไปนี้

- 1) ภาพอนาคตกรณีปกติ (Business-as-usual : BAU) เป็นภาพอนาคตที่จำลองสถานการณ์ที่ไม่ มีการดำเนินมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยยังคงมีการใช้ยานยนต์สันดาปภายใน เป็นหลักเช่นเดียวกับอดีตที่ผ่านมา
- 2) ภาพอนาคตกรณีนโยบายของรัฐ (State policy) เป็นภาพจำลองสถานการณ์ที่เป็นไปตาม เป้าหมายการเติบโตของยานยนต์พลังงานไฟฟ้าตามนโยบาย 30@30 โดยเน้นการใช้ในกลุ่ม ยานยนต์ไฟฟ้า (BEV) เป็นหลักเพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- 3) ภาพอนาคตกรณีกลไกตลาด (Market driven) เป็นภาพจำลองสถานการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของ การตัดสินใจของผู้บริโภคผ่านปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการ ตัดสินใจของผู้ใช้ (Consumer choice model) จะเป็นผลผสมผสานระหว่างยานยนต์คาร์บอนต่ำใน

¹¹ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2563) โครงการศึกษาการเพิ่มศักยภาพการ Shift Mode ขนส่งทางน้ำเพื่อการประหยัด พลังงาน

ทุกรูปแบบโดยเฉพาะยานยนต์ไฟฟ้า (BEV) และยานยนต์ประเภทไฮบริด (HEV) แต่จะมีอัตราการเติบโตแบบค่อยเป็นค่อยไป

- 4) ภาพอนาคตทางเลือกการบรรลุเป้าหมายด้วยยานยนต์แบบผสมผสาน (CN2050 with low EV) เป็นภาพจำลองสถานการณ์ทางเลือกที่มีการส่งเสริมการใช้นานยนต์ที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ (Low emission vehicle: LEV) ที่เป็นการผสมผสานระหว่างยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์ประเภทไฮบริด ควบคู่กับนโยบายการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถยังคงเป้าหมายความเป็นกลางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 ได้
- 5) ภาพอนาคตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 (Net-zero emission 2050: NZ2050) เป็นภาพจำลองสถานการณ์ที่มีเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เข้มข้น โดยมีอัตราการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าสูงที่สุด เช่นเดียวกับกับยานยนต์สันดาปภายในที่จะมีอัตราการลดลงสูงที่สุด

5.4 พลังงานทดแทนในภาคขนส่ง

การกำหนดสมมติฐานการเติบโตของพลังงานทดแทนในภาคขนส่งอยู่บนพื้นฐานของการทดแทนที่มีศักยภาพเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง ประกอบไปด้วยเชื้อเพลิงชีวภาพ เชื้อเพลิงอากาศยานแบบยั่งยืน และพลังงานไฮโดรเจน โดยในภาพอนาคตกรณีต่างๆ มีการกำหนดสมมติฐานการเติบโตของพลังงานทดแทนในภาคขนส่งดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สรุปสมมติฐานสำหรับการจัดทำค่าพยากรณ์สำหรับภาพอนาคตแต่ละแบบ

	S1: State policy	S2: Market driven	S3: CN2050 with low EV	S4: NZ2050
นิยาม	- เป้าหมายตามแผนพลังงานชาติ - นโยบาย 30@30 - เป้าหมาย CN2050 (<38.5 MtCO₂@2050)	การเลือกใช้นโยบายเป็นไปตามกลไกตลาด	ทางเลือกในการบรรลุเป้าหมาย CN2050 (<38.5 MtCO₂@2050)	การบรรลุเป้าหมาย NZ2050 (<27.5 MtCO₂@2050)
	แผนพัฒนาด้านคมนาคมขนส่ง เช่น การเปลี่ยนโหมดจากถนนสู่ระบบรางและทางน้ำ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การจัดการด้านการจราจร และอื่นๆ			
xEV	- เป้าหมาย ZEV 30@30 - สัดส่วนยอดขาย BEV ~ 50%@2030, 100%@2050 - กลุ่มรถยนต์ส่วนบุคคล จักรยานยนต์ รถประจำทาง และรถบรรทุก	- การเลือกยานยนต์ขึ้นกับ - ราคาจำหน่าย - ผลประหยัด - Driving range - การกระจายของสถานีบริการ	- ยกเลิกการใช้ ICE ในปี 2035 - ส่งเสริมการใช้ BEV ควบคู่กับ HEV (50%: 50%)	- เป้าหมาย ZEV 30@30 - สัดส่วนยอดขาย BEV ~ 50%@2030 และเร่งขยายสู่ 100%@2035
เชื้อเพลิงชีวภาพ	- สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพ E10-20, B7 - สัดส่วน B20, B7@2037		- เพิ่มสัดส่วน E50@2050 (เพิ่มสัดส่วน E85) - เพิ่มสัดส่วน B15@2030 (10% B100, 5% BHD)	
SAF	ภายในและระหว่างประเทศ (1%@2026, 3%@2030, 5%@2033-2050) ผลิตจาก UCO (0.5 ml/d)			สัดส่วนการผสม SAF 8%@2036, 15%@2040
ไฮโดรเจน	- FCEV: รถบรรทุกขนาดใหญ่ 4 ktoe@2037 (AEDP) 2% ของสัดส่วนยอดขายรถบรรทุกในปี 2050			- Green ammonia/methanol - H₂ locomotives

5.5 ผลการจัดทำค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่ง

5.5.1 ภาพรวมการใช้พลังงานในภาคขนส่ง

ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งในภาพรวมสำหรับภาพอนาคตแต่ละแบบ โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังต่อไปนี้

- ในกรณี BAU แสดงให้เห็นว่าหากไม่ได้มีการดำเนินมาตรการที่เกี่ยวข้องกับเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและการใช้พลังงานทดแทน ความต้องการพลังงานในภาคขนส่งจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยภาคการขนส่งทางถนนยังคงเป็นรูปแบบการเดินทางที่ใช้พลังงานสูงสุด
- ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งจำแนกตามรูปแบบการขนส่ง พบว่า การใช้พลังงานในภาคขนส่งมีแนวโน้มชะลอตัวในทุกภาพอนาคตของกรณีทางเลือก ซึ่งเป็นผลมาจากการเติบโตของยานยนต์พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่ายานยนต์สันดาปภายใน
- ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานในภาคขนส่งจำแนกตามประเภทของแหล่งพลังงาน พบว่า โครงสร้างการใช้พลังงานมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำมันดีเซลและเบนซินมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับกับการใช้ก๊าซธรรมชาติและ LPG สำหรับยานยนต์ ในขณะที่น้ำมันเครื่องบินสำหรับการขนส่งทางอากาศมีการขยายตัว การใช้พลังงานไฮโดรเจนยังมีปริมาณไม่มากนักและไม่ส่งผลกระทบต่อภาพรวมการใช้พลังงานในภาคขนส่ง

5.5.2 ภาพรวมการใช้พลังงานในภาคขนส่งรายสาขา

(1) สาขาการขนส่งทางถนน

ในภาพรวมเชื้อเพลิงเบนซินและดีเซลยังคงเป็นเชื้อเพลิงหลักในภาคขนส่งทางถนนในทุกภาพอนาคต อย่างไรก็ตามในภาพอนาคต STP และ NZ50 ในปี 2050 คาดว่าสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าจะมีมากกว่าสัดส่วนของน้ำมันเบนซินและดีเซล ซึ่งมีสาเหตุมาจากสัดส่วนของยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้ามาในระบบขนส่งทางถนนในอัตราที่สูง

(2) สาขาการขนส่งทางราง

การขนส่งทางรางแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือการขนส่งทางรางในเมือง และการขนส่งทางรางระหว่าง โดยในภาพอนาคต จะมีปริมาณการใช้พลังงานในการขนส่งทางรางมากขึ้น เนื่องจากการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางรางทั้งในเมือง (รถไฟฟ้า) และระบบรถไฟรางคู่ระหว่างเมือง ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง (Shift mode) จากการขนส่งทางถนนมาสู่ระบบราง นอกจากนี้ ในภาพอนาคต NZ50 คาดว่าจะมีการใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในการขนส่งทางรางระหว่างเมือง

(3) สาขาการขนส่งทางน้ำ

การขนส่งทางน้ำแบ่งเป็นการขนส่งภายในประเทศและระหว่างประเทศ โดยในอนาคตจากข้อบังคับในมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ได้แก่ แอมโมเนีย ก๊าซธรรมชาติเหลว เมทานอล เป็นต้น

(4) สาขาการขนส่งทางอากาศ

การขนส่งทางอากาศแบ่งเป็นการขนส่งภายในประเทศ (domestic) และระหว่างประเทศ (international) ในอดีตที่ผ่านมาเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งทางอากาศมีชนิดเดียวคือน้ำมันอากาศยาน อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการขนส่งทางอากาศภายใต้ Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) จะทำให้มีเชื้อเพลิงอากาศยานอย่างยั่งยืน (Sustainable Aviation Fuel, SAF) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่สำคัญสำหรับภาคการขนส่งทางอากาศโดยเฉพาะการบินระหว่างประเทศ

5.5.3 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคขนส่ง

ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคขนส่งในภาพรวมสำหรับภาพอนาคต และสัดส่วนความต้องการพลังงานไฟฟ้าจำแนกตามผู้ใช้พลังงานในแต่ละกลุ่ม โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

- ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 56-106 พันล้านหน่วย
- ในการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 อาจจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากยานยนต์ไฟฟ้าอย่างน้อย 71 พันล้านหน่วยในปี ค.ศ. 2050
- ในการบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 ที่ท้าทายมากขึ้น อาจจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมสำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากยานยนต์ไฟฟ้าอย่างน้อย 106 พันล้านหน่วยในปี ค.ศ. 2050
- กลุ่มรถบรรทุก (Truck) รถส่วนบุคคล (Private car) และรถกระบะ (Pickup truck) เป็นกลุ่มผู้ใช้ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด โดยทั้ง 3 กลุ่มรวมกันคิดเป็นความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่าร้อยละ 83-87 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคขนส่งทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ความต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในภาคขนส่งสำหรับภาพอนาคตแต่ละแบบ สำหรับเอทานอล และสำหรับไบโอดีเซลและ BHD โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

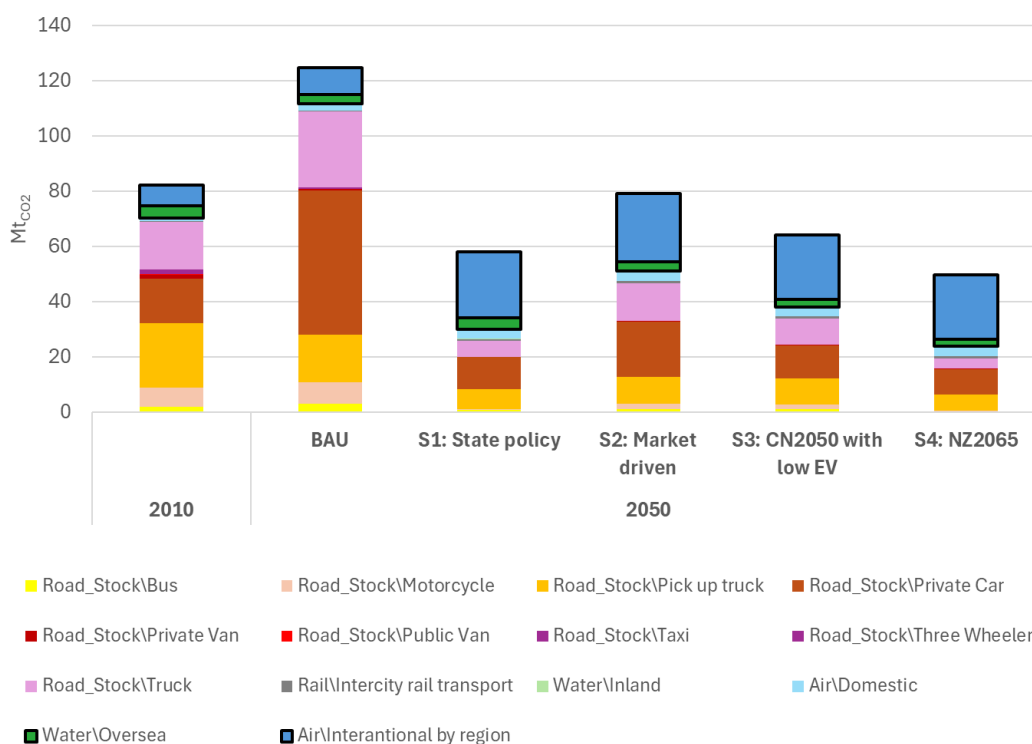
5.5.4 ผลกระทบต่อความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพ

- ภาพอนาคต State policy (S1) ความต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเข้าสู่จุดสูงสุดในช่วงปี ค.ศ. 2025-2030 และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องมากกว่าร้อยละ 50 สำหรับเอทานอลและร้อยละ 72 สำหรับไบโอดีเซลภายในปี ค.ศ. 2050
- ภาพอนาคต Market driven (S2) ความต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเข้าสู่จุดสูงสุดในช่วงปี ค.ศ. 2025-2030 ใกล้เคียงกับภาพอนาคต State policy แต่ในระยะต่อมามีแนวโน้มการลดลงในอัตราที่น้อยกว่า State policy โดยจะมีความต้องการลดลงราวหนึ่งในสามสำหรับเอทานอลและร้อยละ 54 สำหรับไบโอดีเซลภายในปี ค.ศ. 2050

- **ภาพอนาคต CN2050 with low EV (S3)** จุดสูงสุดของการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจะขยับช่วงเวลาไปในช่วงปี ค.ศ. 2030-2040 ส่วนในระยะยาวยังคงมีแนวโน้มการลดลงในอัตราที่น้อยกว่า State policy โดยจะมีความต้องการลดลงราวร้อยละ 20 สำหรับเอทานอลและร้อยละ 50 สำหรับไบโอดีเซลภายในปี ค.ศ. 2050
- **ภาพอนาคต NZ2050 (S4)** จุดสูงสุดของการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจะอยู่ระหว่างภาพอนาคต State policy (S1) และภาพอนาคต CN2050 with low EV (S3) แม้ว่าในภาพอนาคตนี้จะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีส่วนแบ่งตลาดสูงที่สุด แต่ด้วยนโยบายที่เพิ่มสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพในการผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้ตลาดยังคงทรงตัวอยู่ได้ในระยะสั้น อย่างไรก็ตามในระยะยาวความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพจะได้รับผลกระทบจากยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเต็มที่ที่ทำให้ความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพลดลงอย่างรวดเร็ว

5.5.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง

ผลการประเมิน “ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง” แสดงดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบภาพอนาคตแต่ละแบบกับกรณี BAU

6. การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ และจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย/เทคโนโลยี/นวัตกรรม/มาตรการด้านพลังงานในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและ/หรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาขนส่ง เพื่อสนับสนุนเป้าหมายของแผนและนโยบายด้านพลังงานและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย รวมถึงข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลสำหรับการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งในอนาคต สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.5 ประกอบไปด้วยประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.1 การประเมินและวิเคราะห์ผลความแตกต่างระหว่างกรณีปกติ (Business-as-usual : BAU) และกรณีสมมติฐาน (Scenario) เช่น ความต้องการพลังงาน และผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

สำหรับ “ความต้องการใช้พลังงานภาคขนส่ง” จากแบบจำลองพลังงานในภาคขนส่งเปรียบเทียบกับภาพอนาคตแต่ละแบบกับกรณี BAU จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการใช้พลังงานในภาคขนส่งมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกรณี BAU ซึ่งเป็นไปตามทิศทางของเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว

ใน “ด้านเศรษฐกิจ” การศึกษานี้เน้นการประเมินผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเบื้องต้นได้จาก “ค่าใช้จ่ายพลังงาน (Energy expenditure)” และ “ต้นทุนการเป็นเจ้าของยานยนต์ (Total cost of ownership: TCO)” ซึ่งจะสะท้อนผลกระทบด้านเศรษฐกิจต่อผู้ใช้พลังงานเป็นหลัก ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในปี ค.ศ. 2050 จะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ BAU และเทียบกับค่าใช้จ่ายในปี ค.ศ. 2025 โดยค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 3-8 เทียบกับปี ค.ศ. 2025 อันเป็นผลจากการใช้ยานยนต์คาร์บอนต่ำ (Low emission vehicle) เพิ่มมากขึ้น

ใน “ด้านสิ่งแวดล้อม” การศึกษานี้เน้นการประเมินผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเบื้องต้นได้จาก “ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง” ซึ่งจะสะท้อนถึงผลสัมฤทธิ์ในการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ความต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศมีกฎหมายสำคัญ 3 ช่วงเวลา ประกอบไปด้วย 1. การดำเนินการตาม NDC ในปี ค.ศ. 2030 2. ความเป็นกลางทางคาร์บอนในปี ค.ศ. 2050 และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2065

6.2 การจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล (Data input) ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในสาขาขนส่ง เพื่อใช้ในการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งในอนาคต

จากการรวบรวมข้อมูลและหารือกับผู้มีส่วนได้เสียสามารถสรุปข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล (Data input) ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในสาขาขนส่ง เพื่อใช้ในการพัฒนาและจัดทำแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งในอนาคต ประกอบไปด้วย

- พัฒนาโครงสร้างเชิงสถาบัน (Institutional arrangements)
- พัฒนาระบบฐานข้อมูลกลาง หรือ การเชื่อมโยงฐานข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- จัดทำข้อมูลชุดใหม่
- ส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนา

6.3 การจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย/เทคโนโลยี/นวัตกรรม/มาตรการด้านพลังงานในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาขนส่ง และแนวโน้มทิศทางพลังงานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

จากการรวบรวมข้อมูลและหารือกับผู้มีส่วนได้เสียสามารถสรุปข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดทำข้อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย เทคโนโลยี นวัตกรรม มาตรการด้านพลังงานในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาขนส่ง และแนวโน้มทิศทางพลังงานที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ประกอบไปด้วย

- **การพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์** คาดว่าจะเกิดการพัฒนาระบบเลือกเทคโนโลยียานยนต์รูปแบบใหม่ โดยเฉพาะการพัฒนาแบตเตอรี่ในกลุ่มยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอาจพัฒนาไปสู่ระบบการจัดการพลังงาน (Vehicle-to-X: V2X) และเทคโนโลยียานยนต์ไฮบริดที่คาดว่าจะมีรูปแบบใหม่มากขึ้น
- **การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน** สามารถสรุปข้อเสนอแนะด้านการพัฒนาเทคโนโลยีจำแนกตามกลุ่มเทคโนโลยีพลังงานได้ดังต่อไปนี้
 - **พลังงานไฟฟ้า** จากแนวโน้มการใช้พลังงานในภาคขนส่งที่มีทิศทางชัดเจนในการมุ่งสู่พลังงานไฟฟ้าและพลังงานสะอาด ทำให้มีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาชุดข้อมูลและวิเคราะห์ในสาขาคมนาคมขนส่งที่เชื่อมโยงกับการวางแผนพัฒนาระบบไฟฟ้ามากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยี V2X ที่คาดว่าจะเปลี่ยนรูปแบบการใช้และการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญ
 - **เชื้อเพลิงชีวภาพ** การวางแผนพลังงานเพื่อการเปลี่ยนผ่าน (Just transition) เป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะผลกระทบที่มีต่ออุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบอย่างมาก การเพิ่มสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพในน้ำมันเชื้อเพลิงจะช่วยทำให้ช่วงเวลาของการเปลี่ยนผ่านมีความราบรื่น และยังช่วยให้อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพยังสามารถเติบโตได้ในระยะยาว
 - **พลังงานไฮโดรเจน** แม้ว่าปัจจุบันยังมีต้นทุนสูง แต่ในระยะยาวโดยเฉพาะช่วงหลังจากปี ค.ศ. 2040 ไฮโดรเจนและ FCEV อาจเป็นหนึ่งในทางเลือกโดยเฉพาะกลุ่มที่ยานยนต์ไฟฟ้ายังมีข้อจำกัด ดังนั้นจึงควรเตรียมพร้อมสำหรับข้อกำหนดในการพัฒนาเชิงพาณิชย์ กฎระเบียบด้านความปลอดภัย และโครงสร้างพื้นฐานรองรับการเติบโตในอนาคต

6.4 การจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการบริหารจัดการนโยบายด้านพลังงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอันเกิดจากปัจจัยแวดล้อมในอนาคต

จากการรวบรวมข้อมูลและหารือกับผู้มีส่วนได้เสียสามารถสรุปข้อเสนอแนะแนวทางในการบริหารจัดการนโยบายด้านพลังงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอันเกิดจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยหัวใจสำคัญของการบริหารจัดการนโยบายด้านพลังงานคือการประเมินความเสี่ยงและการวางแผนเพื่อรับมือกับความเป็นไปได้ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

โดยข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการนโยบายด้านพลังงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอันเกิดจากปัจจัยแวดล้อมในอนาคตดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 10

	S1: State policy	S2: Market driven	S3: CN2050 with low EV	S4: NZ2050
เงื่อนไขสำคัญ	- การบรรลุเป้าหมาย CN2050 - ความสามารถในการแข่งขันและการเข้าสู่ห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของไทย	ความสำคัญของการบรรลุเป้าหมาย CN2050 ลดลง	- การบรรลุเป้าหมาย CN2050 - การเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานบน Just transition	- นโยบายการลดการปล่อย GHG ที่เข้มข้น - มาตรการภาคบังคับจากต่างประเทศในการจัดการปล่อย GHGs ที่รุนแรงมากขึ้น
ผลกระทบ	ผลกระทบเชิงลบที่รุนแรงต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ ICE และห่วงโซ่มูลค่าของเชื้อเพลิงชีวภาพ และอุตสาหกรรมปิโตรเลียม	- ไม่สามารถบรรลุเป้าหมาย CN2050 และ NZ2065 - ผู้ใช้น้ำมันที่มีทางเลือกที่หลากหลาย	- อุตสาหกรรม ICE, เชื้อเพลิงชีวภาพ และปิโตรเลียม มีระยะเวลาในการปรับตัว - ผู้ใช้น้ำมันที่มีทางเลือกในการใช้ยานยนต์คาร์บอนต่ำ (Low Emission Vehicle)	ผลกระทบเชิงลบที่รุนแรงต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ ICE และห่วงโซ่มูลค่าของเชื้อเพลิงชีวภาพ และอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

 โอกาสที่จะเกิดขึ้น
  ระดับผลกระทบ

รูปที่ 10 สรุปข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการนโยบายด้านพลังงานเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอันเกิดจากปัจจัยแวดล้อมในอนาคต

7. การจัดประชุมและสัมมนาภายใต้โครงการ

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินการจัดประชุม/หารือ/ฝึกอบรม รวมถึงสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็น ร่วมกับหน่วยงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการ สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.6-4.7 รวมถึงการจัดประชุมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องภายใต้โครงการฯ โดยรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

7.1 การประชุมนำเสนอแนวทางและความก้าวหน้าผลการดำเนินโครงการฯ

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดประชุมร่วมกับผู้บริหาร สนพ. และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างที่ปรึกษาฯ เพื่อนำเสนอแผนการดำเนินงาน รวมถึงความก้าวหน้าและสรุปผลการดำเนินโครงการ จำนวน 3 ครั้ง ประกอบด้วย (1) การประชุมเริ่มต้นโครงการฯ เมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 (2) การประชุมนำเสนอความก้าวหน้าผลการดำเนินโครงการฯ เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 และ (3) การประชุมนำเสนอผลการดำเนินโครงการฯ เมื่อวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2568

7.2 การจัดประชุม/หารือ/ฝึกอบรม

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดประชุม/หารือ/ฝึกอบรม โดยมีผู้เข้าร่วมรวมไม่น้อยกว่า 200 คน สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.6 โดยได้ดำเนินการจัดประชุม/หารือ/ฝึกอบรม ในช่วงเดือนที่ 1 – 9 ของโครงการ รวมทั้งสิ้น 22 ครั้ง โดยมีผู้เข้าร่วมรวม 251 ท่าน (ไม่รวมที่ปรึกษาโครงการ) โดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

7.2.1 การฝึกอบรม

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดฝึกอบรมการจัดทำแบบจำลองและนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายให้กับเจ้าหน้าที่ สนพ. และผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการจัดทำแบบจำลองและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายภายใต้โครงการฯ ในช่วงเดือนที่ 1 – 9 ของโครงการ จำนวน 16 ครั้ง โดยมีผู้เข้าร่วมรวมทั้งสิ้น 121 ท่าน (ไม่รวมที่ปรึกษาโครงการ) รายละเอียดสรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปรายละเอียดการจัดฝึกอบรมการจัดทำแบบจำลองและนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายให้กับเจ้าหน้าที่ สนพ. และผู้เกี่ยวข้อง

ครั้งที่	วัตถุประสงค์	วัน-เวลา-สถานที่	จำนวน ผู้เข้าร่วม (ท่าน)
1	หารือเรื่องความต้องการด้านข้อมูลของแต่ละโหมดการขนส่ง	31 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 เวลา 09.30 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สนพ.	7
2	นำเสนอภาพรวมของแบบจำลองทางพลังงานในภาคการขนส่ง	17 กันยายน พ.ศ. 2567 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 2 ชั้น 2 สนพ.	10
3	นำเสนอภาพรวม แนวคิด โครงสร้างแบบจำลองทางพลังงานของการขนส่งทางถนน	20 กันยายน พ.ศ. 2567 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 2 ชั้น 2 สนพ.	15
4	นำเสนอภาพรวม แนวคิด โครงสร้างแบบจำลองทางพลังงานของการขนส่งทางรางและการขนส่งทางน้ำ	24 กันยายน พ.ศ. 2567 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 2 ชั้น 2 สนพ.	15
5	นำเสนอภาพรวม แนวคิด โครงสร้างแบบจำลองทางพลังงานของการขนส่งทางอากาศ และนำเสนอถึงข้อมูลที่คาดหวังว่าจะได้รับการเข้าหารือกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	27 กันยายน พ.ศ. 2567 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 2 ชั้น 2 สนพ.	15
6	ฝึกอบรมโครงสร้างแบบจำลองทางพลังงานของภาคการขนส่ง การกรอกข้อมูลนำเข้า (Input Data) ในโปรแกรม LEAP และวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนยานพาหนะผ่านแบบจำลอง Stock Turnover	8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เวลา 13.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สนพ.	6
7	ฝึกอบรมโครงสร้างโมเดล การใช้ยานโมเดลและการปรับข้อมูล Input สำหรับขนส่งทางถนนครั้งที่ 2 และ Vehicle ownership and technology choice models (Model Car Ownership)	11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สนพ.	5

ครั้งที่	วัตถุประสงค์	วัน-เวลา-สถานที่	จำนวน ผู้เข้าร่วม (ท่าน)
8	ฝึกอบรมโครงสร้างแบบจำลองทางพลังงานของ การขนส่งทางถนน การกำหนดโครงสร้าง แบบจำลองของการขนส่งทางถนนภายใน โปรแกรม LEAP รวมถึงการกรอกข้อมูลนำเข้า (Input Data) และการนำออกผลลัพธ์ (Export Result)	21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	4
9	ฝึกอบรมโครงสร้างแบบจำลองและการกรอก ข้อมูลภายในโปรแกรม LEAP ของการขนส่งทาง อากาศ การขนส่งทางราง และการขนส่งทาง อากาศ	22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	4
10	การกำหนดเป้าหมาย สมมติฐาน และตัวแปรที่จะ นำมาพิจารณาในการกำหนดฉากทัศน์	2 ธันวาคม พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	7
11	ฝึกอบรมแนวคิด รูปแบบสมการ และการ ปรับปรุงข้อมูลนำเข้าสำหรับการคำนวณ แบบจำลองเศรษฐกิจด้วยโปรแกรม MS Excel	3 ธันวาคม พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	5
12	นำเสนอผลการจัดทำแบบจำลองฯ ฉากทัศน์ที่ 1	25 ธันวาคม พ.ศ. 2567 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	5
13	นำเสนอผลการจัดทำแบบจำลองฯ ฉากทัศน์ที่ 2 – 4 ครั้งที่ 1	22 มกราคม พ.ศ. 2568 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	6
14	นำเสนอผลการจัดทำแบบจำลองฯ ฉากทัศน์ที่ 2 – 4 ครั้งที่ 2	3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 เวลา 09.30 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	5
15	การใช้งานคู่มือเพื่อสร้างแบบจำลองทางพลังงาน ของการขนส่งทางถนนในโปรแกรม LEAP	27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	6
16	การใช้งานคู่มือเพื่อสร้างแบบจำลองทางพลังงาน ของการขนส่งทางราง น้ำ และอากาศใน โปรแกรม LEAP	28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 เวลา 10.00 น. ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สทพ.	6
หมายเหตุ ไม่นับรวมที่ปรึกษาโครงการ		รวมทั้งสิ้น	121

7.2.2 การประชุม/หารือ

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดประชุม/หารือที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและพัฒนาแบบจำลอง
ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็น
ประโยชน์ต่อการรวบรวมข้อมูล สมมติฐานที่สำคัญ รวมถึงการพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับ
จากหน่วยงานหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ในช่วงเดือนที่ 1 – 4 ของโครงการ จำนวน 6 ครั้ง โดยมีผู้เข้าร่วม
รวมทั้งสิ้น 130 ท่าน (ไม่นับรวมที่ปรึกษาโครงการ) รายละเอียดสรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปรายละเอียดภาพรวมการจัดประชุมหารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ครั้งที่	กลุ่มเป้าหมาย	วัน-เวลา-สถานที่	จำนวนผู้เข้าร่วม (ท่าน)
1	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและ อนุรักษ์พลังงาน (พพ.)	3 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 09.30 น. ณ ห้องประชุมบุญรอด - นิธิพัฒน์ อาคาร 7 ชั้น 11	34
2	สำนักงานนโยบายและแผนการ ขนส่งและจราจร (สนข.)	18 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 - 12.00 น. ณ ห้องประชุม 201	16
3	กรมเจ้าท่า	21 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 09.30-12.00 น. ณ ห้องประชุมวิสูตรสาครประดิษฐ์ ตึก 162 ชั้น 4	23
4	การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่ง ประเทศไทย	22 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 10.00 -12.00 น. ณ ห้องประชุม ชั้น 4 อาคาร 1	19
5	กรมการขนส่งทางบก	24 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 09.30-12.00 น. ณ ห้องประชุมกองแผนงาน อาคาร 4 ชั้น 5	24
6	บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)	25 ตุลาคม พ.ศ. 2567 เวลา 11.00-12.00 น. ณ ห้องประชุม 2 ชั้น 8	14
หมายเหตุ ไม่นับรวมที่ปรึกษาโครงการ			รวมทั้งสิ้น
			130

7.3 การจัดสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็น

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินการจัดสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็นจากนักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจ โดยมีผู้เข้าร่วมรวมไม่น้อยกว่า 150 คน สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.7 เพื่อรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำผลการศึกษาโครงการให้สมบูรณ์และเป็นที่ยอมรับจากทุกภาคส่วน ทั้งนี้ ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็น “โครงการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองด้านพลังงานสาขาขนส่งเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีด้านพลังงานในอนาคต” ในวันจันทร์ที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 เวลา 09.00 น. ณ ห้องประชุม Eternity ชั้น G โรงแรมพูลแมน คิง เพาเวอร์ กรุงเทพฯ โดยมีผู้เข้าร่วมรวม 179 ท่าน (ไม่รวมที่ปรึกษาโครงการ) โดยมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 7 จำนวนผู้เข้าร่วมการสัมมนานำเสนอผลการศึกษาและรับฟังความคิดเห็น

หน่วยงานที่เข้าร่วม	จำนวนผู้เข้าร่วม (ท่าน)
สนพ.	66
หน่วยงานภาครัฐ (พน.)	13
การไฟฟ้า	6
หน่วยงานภาครัฐ (คม.-ขนส่งทางบก)	13
หน่วยงานภาครัฐ (คม.-ขนส่งทางราง)	13
หน่วยงานภาครัฐ (คม.-ขนส่งทางน้ำ)	4
หน่วยงานภาครัฐ (คม.-ขนส่งทางอากาศ)	5
หน่วยงานภาครัฐ (อื่นๆ)	15
หน่วยงานวิจัย/มหาวิทยาลัย	6
สมาคม/เอกชน	26
องค์กรระหว่างประเทศ	5

หน่วยงานที่เข้าร่วม	จำนวนผู้เข้าร่วม (ท่าน)
วิทยากร	4
อื่นๆ	3
รวม	179

8. งานสนับสนุนโครงการ

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินงานสนับสนุนโครงการ ประกอบด้วย การจัดเจ้าหน้าที่สนับสนุนโครงการ สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.9 และการจัดหาโปรแกรมสำเร็จรูปและลิขสิทธิ์การใช้งานโปรแกรม LEAP สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.12 โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1 การจัดเจ้าหน้าที่สนับสนุนโครงการ

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดเจ้าหน้าที่ประจำที่ สนพ. เพื่อช่วยประสานงาน จัดทำเอกสาร หรืองานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เช่น หนังสือเชิญร่วมงานสัมมนา หนังสือเชิญประชุม และรายงานการประชุม เป็นต้น สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.9

8.2 การจัดหาโปรแกรมสำเร็จรูปและลิขสิทธิ์การใช้งานโปรแกรม LEAP

ที่ปรึกษาฯ ได้จัดหาลิขสิทธิ์การใช้งานโปรแกรม LEAP (License LEAP) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ สถิติและเศรษฐมิติสำหรับการพยากรณ์เรียบร้อยแล้ว โดยลิขสิทธิ์ดังกล่าวมีระยะเวลาการใช้งาน 48 เดือน นับตั้งแต่วันที่ 30 ตุลาคม 2568 ถึง 30 ตุลาคม 2572 โดยให้สิทธิ์ผู้ใช้งาน (user) ได้ 5 ผู้ใช้งาน สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.12

8.3 การจัดทำคู่มือการใช้งานแบบจำลอง

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดทำคู่มือการใช้งานแบบจำลองซึ่งมีข้อมูลประกอบด้วย โครงสร้างแบบจำลอง ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง (รายละเอียดนิยาม (Definition) ของรวมถึงวิธีการได้มาของข้อมูล/ที่มา/หลักการ/สูตรและวิธีการคำนวณในกรณีจำเป็นต้องกำหนดสมมติฐานในการได้มาซึ่งข้อมูล) รายละเอียดตัวแปร/ตัวแปรในแบบจำลอง วิธีการใช้งานแบบจำลอง การปรับปรุงข้อมูล การจัดทำและปรับปรุงค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานในภาคขนส่ง สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.8

8.4 การจัดทำรายงานผลการศึกษา

ที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการจัดทำรายงานผลการศึกษา ได้แก่ (1) รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) (2) รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และ (3) เอกสารสรุปผลการศึกษา (เอกสารฉบับย่อสำหรับเผยแพร่) สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.10

8.5 การให้คำปรึกษาและบริการดูแลรักษาแบบจำลอง

ที่ปรึกษาฯ จะดำเนินการให้คำปรึกษาและบริการดูแลรักษาแบบจำลองให้สามารถใช้งานได้ตลอดภายใน 1 ปี โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายนับถัดจากวันที่คณะกรรมการของ สนพ. ได้รับมอบแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว สอดคล้องกับ TOR ข้อ 4.11