



การพยากรณ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพยากรณ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงานใน
ประเทศไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

PREDICTION OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION FOR ELECTRIC VEHICLES
ACCORDING TO ENERGY EFFICIENCY PLAN IN THAILAND



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering ENERGY ENGINEERING
Department of MECHANICAL ENGINEERING
Academic Year 2023
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การพยากรณ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตาม แผนอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย
โดย	นางสาวภัทราพร เตชาภินันท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. กษมา ศิริสมบุญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ประเมศร์ อารมย์ดี

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติ
ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณศรี ลีจิระจำเนียร) เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชชานนท์ โพธิคุณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. กษมา ศิริสมบุญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประเมศร์ อารมย์ดี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิบดีนทร์ แสงสว่าง)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัมพล พรหมจรรย์ประวัตติ)

630920029 : วิศวกรรมพลังงาน แผน ก แบบ ก 2

คำสำคัญ : รถยนต์ไฟฟ้า, การใช้พลังงานไฟฟ้า, ความต้องการใช้ไฟฟ้า, แนวโน้มคาร์บอนเครดิต, การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

นางสาว ภัทราพร เตชาภินันท์: การพยากรณ์ปริมาณพลังงานไฟฟ้ากรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. กษมา ศิริสมบุญ

แนวโน้มความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้นและการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์อุปสงค์และอุปทานพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตของประเทศไทย (PDP2018) และแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP 2015) เพื่อพิจารณาความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศไทยและพยากรณ์ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565-2579 โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN ในการจำลองสถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน สถานการณ์ที่ 2: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน และสถานการณ์ที่ 3: ประเมินการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2579 จำนวน 2.8 ล้าน โดยสำรวจพฤติกรรมความต้องการใช้ไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทไฮบริดปลั๊กอินและรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ เพื่อรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผลการสำรวจและจำลอง พบว่า ความต้องการไฟฟ้ารวมของทั้ง 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2579 เท่ากับ 344.52 TWh/year 354.43 TWh/year และ 359.69 TWh/year ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของทั้ง 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2579 เท่ากับ 123.29 TWh/year 113.35 TWh/year และ 107 TWh/year ตามลำดับ ความต้องการใช้ไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าปี พ.ศ.2579 ในวันธรรมดา เวลา 6.00-7.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และเวลา 21.00-22.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุด ส่วนวันหยุดและนักชดถุกซ์พบว่า เวลา 7.00-8.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และเวลา 23.00-24.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุด ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั้ง 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2579 เท่ากับ 3.608 MtCO₂eq, 6.827 MtCO₂eq และ 8.417 MtCO₂eq ตามลำดับ

630920029 : Major ENERGY ENGINEERING

Keyword : Electric vehicle, Electrical energy consumption, Electricity demand, Carbon Credit Trends, Zero Emission Vehicles

MISS Patraporn TECHAPINANT : Prediction of Electrical Energy Consumption for Electric Vehicles According to Energy Efficiency Plan in Thailand Thesis advisor : Kasama Sirisomboon

The trend of energy demand is increasing because the world's population is increasing and the increasing use of electric cars Causes the problem of carbon dioxide (CO₂) emissions. This study is to forecast the demand and supply of electricity in Thailand according to the Power Development Plan (PDP2018) and the Energy Efficiency Plan (EEP2015) in order to assess the energy security of Thailand. It also aims to predict the excess electricity and the amount of carbon dioxide emissions from 2022 to 2035 using the EnergyPLAN program to simulate situations, including Scenario 1: Promote the electric vehicles 1.2 million in 2036, Scenario 2: Promote the electric vehicles 2.3 million in 2036, and Scenario 3: Estimated the electric vehicles 2.8 million in 2036 and survey the behavior of demand for electricity to charge the batteries of plug-in hybrid electric vehicles and battery electric vehicles to collect data on electricity consumption. The results found that the total electricity demand for 3 scenarios in 2036 is equal to 344.52 TWh/year, 354.43 TWh/year, and 359.69 TWh/year, respectively. The excess electrical energy of 3 scenarios in 2036 is equal to 123.29 TWh/year, 113.35 TWh/year, and 107 TWh/year, respectively. Electricity demand for charging electric vehicle batteries in 2036. On weekdays, 6:00 a.m. - 7:00 a.m. has the lowest users, and 9:00 p.m. - 10:00 p.m. is the highest users. As for holidays, it was found that 7:00 a.m. - 8:00 a.m. has the lowest users, and 11:00 p.m. - 12:00 a.m. is the highest users. The amount of carbon dioxide emissions reduction for 3 scenarios in 2036 is equal to 3.608 MtCO₂eq, 6.827 MtCO₂eq and 8.417 MtCO₂eq respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร. กษมา ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเมศร์ อารมย์ดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชชานนท์ โพธิคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิบดีนทร์ แสงสว่าง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัมพล พรหมจรรย์ประวัตติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. มนฤดี ช่างฉำ ผู้ให้คำแนะนำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวี เจียรวิภา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัชพล โชติโกกร ผู้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการคำนวณคาร์บอนเครดิต คุณโอม อุดมวนิช และเพจ EV Club Thailand Group ผู้ให้คำแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า และบุคลากรของการไฟฟ้านครหลวง ผู้ให้คำแนะนำและข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้าในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทวีพล ชือสัตย์ อาจารย์ภาสกร พันธุ์โอภาส ผู้อำนวยการและบุคลากรสถาบันยานยนต์ที่ให้ข้อคิดและข้อเสนอแนะในการประเมินตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถาม

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนตั้งแต่เริ่มการศึกษา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่เป็นแหล่งให้ความรู้วิชาการ การเรียนรู้ชีวิตและสังคมของผู้คนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับปริญญาโท ทั้งนี้เพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งที่ทำให้การศึกษาสำเร็จลงอย่างสมบูรณ์ในทุก ๆ ด้าน

ภัทรพร เตชาภินันท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 โปรแกรม EnergyPLAN	5
2.1.1 หลักการทำงานของโปรแกรม	6
2.1.1.1 ความต้องการ (Demand).....	6
2.1.1.2 การจัดหาพลังงาน (Supply).....	7
2.1.1.3 ผลลัพธ์ (Output).....	7
2.2 แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP).....	7
2.2.1 ความสำคัญของแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย.....	8
2.2.2 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1).....	8

2.2.3	แผนกำลังการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2561-2580.....	13
2.2.4	โรงไฟฟ้าตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐ.....	14
2.2.5	โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามนโยบายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน.....	14
2.3	แผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย	15
2.3.1	นโยบายการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า	15
2.3.2	ผลกระทบในด้านการควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า	17
2.3.3	สถานการณ์ของการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย	18
2.3.4	แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan: EEP).....	19
2.3.5	แนวทางประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย.....	21
2.3.6	ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้า.....	22
2.4	ข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า.....	23
2.4.1	ประเภทรถยนต์ไฟฟ้า	23
2.4.2	ประเภทหัวชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า	24
2.5	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	27
2.5.1	ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor)	27
2.5.2	ตัวประกอบกำลังผลิต (Capacity Factor or Plant Factor).....	27
2.5.3	ตัวประกอบสำรองไฟฟ้า (Reserve Factor).....	28
2.5.4	การพยากรณ์จำนวนรถยนต์ใหม่ทั้งหมด	28
2.5.5	การประมาณค่าจำนวนประชากรสำหรับแบบสอบถาม (Yamane, 1973).....	29
2.5.6	การทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม	29
2.5.7	การขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up).....	29
2.6	การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	34
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	45
2.7.1	งานวิจัยเกี่ยวกับหลักการทำงานโปรแกรม EnergyPLAN	45

2.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดสถานการณ์จำลองในการออกแบบระบบพลังงานตาม แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต.....	46
2.7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดสถานการณ์จำลองในการออกแบบระบบพลังงานและ ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต	56
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ	69
3.2 รวบรวมข้อมูลระบบพลังงาน.....	70
3.2.1 ข้อมูลกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้า.....	70
3.2.1.1 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า	70
3.2.1.2 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน	74
3.2.2 ข้อมูลปริมาณความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทย	78
3.2.2.1 ข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)	78
3.2.2.2 ข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)	82
3.2.3 ข้อมูลปริมาณรถยนต์ไฟฟ้า	89
3.2.3.1 การประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน	89
3.2.3.2 การประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน	91
3.2.3.3 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2.....	92
3.3 การออกแบบแบบสอบถามพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ของผู้ใช้งานในประเทศ ไทย และการนำข้อมูลไปใช้งาน	93
3.3.1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	93
3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	94
3.3.3 การนำข้อมูลไปใช้งาน.....	95

3.4 การคำนวณลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	97
3.5 แบบจำลองพลังงานไฟฟ้าและปริมาณรถยนต์ไฟฟ้า โดยป้อนข้อมูลในโปรแกรม EnergyPLAN	101
3.5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงของปี พ.ศ.2562	101
3.5.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562	103
3.5.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562	104
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและอภิปราย.....	106
4.1 ผลสรุปจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า.....	106
4.1.1 ข้อมูลทั่วไป.....	106
4.1.1.1 เพศ.....	106
4.1.1.2 อายุ.....	107
4.1.1.3 อาชีพ.....	107
4.1.1.4 รายได้.....	108
4.1.1.5 แบนด์รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV).....	108
4.1.1.6 แบนด์รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	109
4.1.2 ลักษณะพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า.....	109
4.1.2.1 พฤติกรรมการเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จของรถยนต์ไฟฟ้า.....	109
4.1.2.2 พฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเมื่อมีเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่คงเหลือที่เท่าใด.....	111
4.1.2.3 พฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเมื่อมีเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่คงเหลือที่เท่าใด.....	112
4.1.2.3 ระยะเวลาในการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าต่อวัน.....	113

4.1.2.4	ระยะเวลาในการขับเคลื่อนไฟฟ้าต่อวัน.....	114
4.1.2.5	ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อครั้งของการชาร์จแบตเตอรี่	115
4.1.2.6	พฤติกรรมกรเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดา วันหยุด และวันนักขัตฤกษ์.....	116
4.1.2.7	พฤติกรรมกรเลือกสถานที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า.....	117
4.1.2.8	ความสนใจในการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการคิดอัตราค่าไฟต่ำลงในช่วง Off-Peak ของแต่ละวัน	118
4.2	เปรียบเทียบข้อมูลการขับเคลื่อนไฟฟ้ากับผลจำลอง.....	118
4.3	เปรียบเทียบการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์.....	119
4.4	พฤติกรรมกรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุดในปี พ.ศ. 2565-2579.....	120
4.4.1	พฤติกรรมกรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน	122
4.4.2	พฤติกรรมกรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน	124
4.4.3	พฤติกรรมกรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของ สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณ จากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2	125
4.5	ผลการจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ใน ปี พ.ศ. 2565-2579.....	127
4.5.1	การผลิตพลังงานลม (TWh/year).....	128
4.5.2	การผลิตพลังงานน้ำ (TWh/year).....	128
4.5.3	การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ (TWh/year)	128
4.5.4	การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล (TWh/year).....	129
4.6	ข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565-2579.....	129

4.6.1 ค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า).....	131
4.6.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า	132
4.6.2.1 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 1	132
4.6.2.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2	132
4.6.2.3 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 3	132
4.6.3 ผลรวมของค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) และความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์	133
4.7 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจาก 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579.....	134
4.7.1 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน.....	135
4.7.2 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน.....	135
4.7.3 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2	135
4.8 เปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารวม	136
4.8.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารวมรายปี.....	136
4.8.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุดในปี พ.ศ. 2579.....	138
4.9 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณคาร์บอนเครดิต	141
4.9.1 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	141
4.9.2 มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเครดิต	142

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	144
5.1 สรุปผลจำลอง	144
5.1.1 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุด	144
5.1.2 ความต้องการไฟฟ้าของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579	144
5.1.3 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579.....	145
5.1.4 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุดในปี พ.ศ. 2579	146
5.1.5 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565- 2579.....	146
5.1.6 มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตจาก 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579	147
5.2 ข้อเสนอแนะ	147
ภาคผนวก ก.....	148
ภาคผนวก ข.....	152
ภาคผนวก ค.....	154
ภาคผนวก ง.....	161
ภาคผนวก จ.....	172
ภาคผนวก ฉ.....	175
ภาคผนวก ช.....	185
รายการอ้างอิง.....	191
ประวัติผู้เขียน.....	198



สารบัญรูป

หน้า

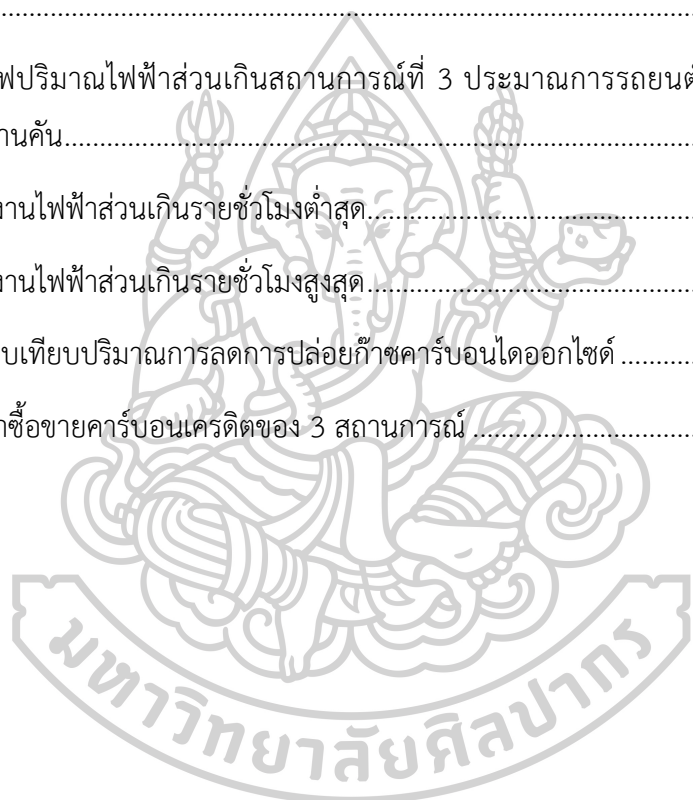
รูปที่ 1 แผนการขับเคลื่อนพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2579 [6]	2
รูปที่ 2 แผนผังโปรแกรม EnergyPLAN [8].....	6
รูปที่ 3 แผนที่นำทางการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย [10]	16
รูปที่ 4 แผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย [10]...	19
รูปที่ 5 เป้าหมายมาตรการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 [10].	21
รูปที่ 6 การประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้ากรณี EEP และกรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า [10]	22
รูปที่ 7 ประเภทรถยนต์ไฟฟ้า [12].....	24
รูปที่ 8 การชาร์จแบบธรรมดา (Normal Charge) [13].....	25
รูปที่ 9 การชาร์จแบบรวดเร็ว (Double Speed Charge) [13].....	25
รูปที่ 10 การชาร์จแบบด่วน (Quick Charge) [13].....	26
รูปที่ 11 ลำดับความสำคัญของเครื่องมือ EnergyPLAN [26].....	45
รูปที่ 12 การผลิตไฟฟ้าประจำปีสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเดียวและสองแหล่ง [28].....	48
รูปที่ 13 ไฟฟ้ารายชั่วโมงที่คุ้มค่าที่สุดด้วย 4 เทคโนโลยี (NG + WOF + WON + PV) [28].....	48
รูปที่ 14 ผังงานของกระบวนการจำลองสถานการณ์ต่างๆ อินพุต เอาต์พุต และพารามิเตอร์ [29]...	49
รูปที่ 15 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายและ RES [30].....	50
รูปที่ 16 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2050 สถานการณ์ Not-Interconnected.....	51
รูปที่ 17 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2050 สถานการณ์ Not-Interconnected ของเกาะ Faial [30]	51
รูปที่ 18 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 – 2014 [31]	53
รูปที่ 19 การใช้แหล่งพลังงานและปริมาณไฟฟ้าที่นำเข้าไปในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน [31]	53
รูปที่ 20 ปริมาณการปล่อย CO ₂ ในแต่ละสถานการณ์ [23]	53

รูปที่ 21	ติดตั้งพลังงานหมุนเวียน ลมและแสงอาทิตย์ [35]	55
รูปที่ 22	การปล่อยมลพิษเมื่อความจุพลังงานหมุนเวียนและรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น [37]	58
รูปที่ 23	ความต้องการใช้ไฟฟ้า [37]	58
รูปที่ 24	ปริมาณรถ EV ปี 2010 ถึง ปี 2019 [38]	59
รูปที่ 25	ปริมาณรถ EV และความต้องการพลังงาน [38]	60
รูปที่ 26	ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO ₂ ในประเทศนอร์เวย์ [38]	60
รูปที่ 27	ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO ₂ ในประเทศนอร์เวย์ [39]	61
รูปที่ 28	ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO ₂ ในประเทศจีน [39]	61
รูปที่ 29	ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO ₂ ใน 26 ประเทศ [39]	62
รูปที่ 30	การทำงานโปรแกรม EnergyPLAN ของระบบ [41]	65
รูปที่ 31	พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละประเภท [42]	67
รูปที่ 32	ขั้นตอนการดำเนินการ	69
รูปที่ 33	ข้อมูลกำลังการผลิตตามสัญญาสำหรับโรงไฟฟ้าของกฟผ.	75
รูปที่ 34	ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตสุทธิสำหรับโรงไฟฟ้าของกฟผ.	76
รูปที่ 35	ข้อมูลการผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงของเขื่อนศรีนครินทร์	76
รูปที่ 36	ข้อมูลความเข้มรังสีของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปี พ.ศ.2562	77
รูปที่ 37	ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานลม	78
รูปที่ 38	เว็บไซต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)	79
รูปที่ 39	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบของไฟล์ Excel ของเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2562	80
รูปที่ 40	ข้อมูลของ PEAKDAY ของเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2562	80
รูปที่ 41	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเดือนมกราคมของ กฟน. ในชื่อ System_Data	82
รูปที่ 42	แผนภูมิการใช้ไฟฟ้าเดือนมกราคมของ กฟน. ในชื่อ System_Graph	83
รูปที่ 43	การจัดเรียงข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน. หน่วย TW ใน Excel (ก) และค่า Distribution ใน notepad (ข)	88

รูปที่ 44 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลการใช้ไฟชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมงต่อคน	96
รูปที่ 45 ตัวอย่างการคำนวณการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up)	97
รูปที่ 46 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{PJ,i,y}$).....	98
รูปที่ 47 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับการชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{RE,i,y}$).....	98
รูปที่ 48 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริดสำหรับการดำเนินโครงการ ($FC_{PJ,i,y}$).....	99
รูปที่ 49 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างค่าที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับค่าข้อมูลจริงปี พ.ศ. 2562	103
รูปที่ 50 สัดส่วนเพศผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า.....	107
รูปที่ 51 สัดส่วนอายุของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า.....	107
รูปที่ 52 สัดส่วนอาชีพของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า.....	108
รูปที่ 53 สัดส่วนรายได้ของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า.....	108
รูปที่ 54 แบรนต์รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV).....	109
รูปที่ 55 แบรนต์รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	109
รูปที่ 56 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV).....	110
รูปที่ 57 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	110
รูปที่ 58 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV).....	111
รูปที่ 59 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	111
รูปที่ 60 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV).....	112
รูปที่ 61 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)....	112

รูปที่ 62 สัดส่วนระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)	113
รูปที่ 63 สัดส่วนระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	114
รูปที่ 64 สัดส่วนระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)	114
รูปที่ 65 สัดส่วนระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)....	115
รูปที่ 66 สัดส่วนระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ต่อครั้งของการชาร์จแบตเตอรี่	115
รูปที่ 67 สัดส่วนระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV) ต่อครั้งของการชาร์จแบตเตอรี่	116
รูปที่ 68 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดา	116
รูปที่ 69 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันหยุดละวันนักชัตดักซ์	117
รูปที่ 70 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกสถานที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า	117
รูปที่ 71 สัดส่วนความสนใจในการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการคิดอัตราค่าไฟต่ำลงในช่วง Off-Peak ของแต่ละวัน	118
รูปที่ 72 ประเมินการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์	120
รูปที่ 73 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดา ปี พ.ศ.2579..	121
รูปที่ 74 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันหยุดและนักชัตดักซ์ ปี พ.ศ. 2579	122
รูปที่ 75 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันธรรมดา ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 1	123
รูปที่ 76 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 1	123
รูปที่ 77 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันธรรมดา ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 2	124
รูปที่ 78 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 2 ...	125
รูปที่ 79 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 3 ...	126

รูปที่ 80 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 3 ...	126
รูปที่ 81 ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน (TWh) ในปี พ.ศ. 2565-2579	134
รูปที่ 82 ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยรายชั่วโมง (MW) ในปี พ.ศ. 2565-2579	134
รูปที่ 83 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 1 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน	136
รูปที่ 84 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน	137
รูปที่ 85 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 3 ประสิทธิภาพการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน.....	137
รูปที่ 86 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุด.....	139
รูปที่ 87 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงสูงสุด.....	140
รูปที่ 88 เปรียบเทียบปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	142
รูปที่ 89 มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์	142



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ...	10
ตารางที่ 2	แผนกำลังการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2561-2580	13
ตารางที่ 3	โรงไฟฟ้าตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580	14
ตารางที่ 4	โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580.....	14
ตารางที่ 5	รายละเอียดคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)	30
ตารางที่ 6	รายละเอียดคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV).....	32
ตารางที่ 7	กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ	36
ตารางที่ 8	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่อระยะทางจากยานพาหนะ ($SFC_{i,x}$).....	37
ตารางที่ 9	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (NCV_x).....	38
ตารางที่ 10	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ($EF_{CO_2,x}$).....	39
ตารางที่ 11	ค่าระยะทางของยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($L_{km,y}$)	42
ตารางที่ 12	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้าสำหรับโครงการ Standard T-VER และโครงการ LESS ($EF_{EC,y}$)	43
ตารางที่ 13	หลักการวิเคราะห์สถานการณ์ปี ค.ศ. 2050 [27].....	46
ตารางที่ 14	กำลังการผลิตไฟฟ้าของแหล่งพลังงานหมุนเวียนของปักกิ่ง เทียนจิน และเหอเป่ย์ [29]	49
ตารางที่ 15	เปรียบเทียบข้อมูลอ้างอิงตามความจริงกับข้อมูลที่ใช้โปรแกรม [31]	52
ตารางที่ 16	ผลการวิเคราะห์ในแต่ละสถานการณ์ของเมืองปักกิ่ง [33].....	54
ตารางที่ 17	ข้อมูลอ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2559 [36]	56
ตารางที่ 18	ความต้องการใช้ไฟฟ้าของอิตาลี (TWh/year) ในปี พ.ศ. 2558 [37]	57
ตารางที่ 19	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า EV ประจำปี พ.ศ. 2558 [37]	57
ตารางที่ 20	ความต้องการผลิตไฟฟ้าและการชาร์จไฟฟ้า [39].....	62

ตารางที่ 21 การป้อนพารามิเตอร์ระบบขนส่ง [40]	64
ตารางที่ 22 ข้อมูลการผลิตติดตั้งปี ค.ศ. 2011 และปี ค.ศ. 2050 [41].....	66
ตารางที่ 23 ข้อมูลพารามิเตอร์ความต้องการด้านขนส่ง [41].....	66
ตารางที่ 24 ข้อมูลกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้าปี พ.ศ. 2564	70
ตารางที่ 25 กำลังการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิง และพลังงานทดแทนแต่ละประเภทปี พ.ศ.2562	71
ตารางที่ 26 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2562	71
ตารางที่ 27 ประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565–2580.....	72
ตารางที่ 28 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทโรงไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2565–2579.....	73
ตารางที่ 29 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565-2579	74
ตารางที่ 30 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.).....	81
ตารางที่ 31 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.).....	83
ตารางที่ 32 ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้าใหม่รายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ที่ได้มาจากการรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.).....	85
ตารางที่ 33 ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ในหน่วยเทระวัตต์ (TW).....	87
ตารางที่ 34 สมมติฐานสัดส่วน PHEV และ BEV ในแต่ละปี	89
ตารางที่ 35 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ.2560 - 2579 กรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1.2 ล้านคัน.....	90
ตารางที่ 36 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560 - 2579 กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2.3 ล้านคัน	91
ตารางที่ 37 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565 - 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณการรวมจากอัตราการเติบโต (Growth Rate) ของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2	93
ตารางที่ 38 ข้อมูลตัวอย่างจากการสำรวจสำหรับคำนวณการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale Up)	95

ตารางที่ 39 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากกรณีฐาน (BE _y).....	100
ตารางที่ 40 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ (PE _y).....	100
ตารางที่ 41 ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้ารายเดือนระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงปี พ.ศ.2562.....	102
ตารางที่ 42 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562	104
ตารางที่ 43 ตารางเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าตามประเภทโรงไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างข้อมูลจริงกับผลลัพธ์จากโปรแกรม EnergyPLAN ปี พ.ศ. 2562.....	104
ตารางที่ 44 เปรียบเทียบข้อมูลการขับเคลื่อนไฟฟ้า.....	118
ตารางที่ 45 ผลการจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579 [57]-[60].....	127
ตารางที่ 46 ค่าความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทยปี พ.ศ. 2565-2579	130
ตารางที่ 47 ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2565-2579.....	131
ตารางที่ 48 ผลรวมของค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) และความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์.....	133
ตารางที่ 49 ประมาณการราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ย พ.ศ. 2565-2579	143

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พลังงานไฟฟ้า มีความจำเป็นในทั้งภาคอุตสาหกรรม ภาคครัวเรือน และภาคคมนาคม ซึ่งได้แก่รถยนต์ไฟฟ้าที่มีอัตรา การเติบโตเป็นอย่างสูง การผลิตกระแสไฟฟ้าจะอาศัยทรัพยากรจากแหล่งกำเนิดฟอสซิล ได้แก่ ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น แต่ปัจจุบันพบว่า แหล่งพลังงานต่าง ๆ มีปริมาณ จำกัดและลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล พลังงาน ความร้อนใต้พิภพ และพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ถูกนำมาช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเลือกใช้ เทคโนโลยีให้ประหยัดพลังงาน เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน และ เตรียมความพร้อมจากการเพิ่มขึ้นของรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต [1]

แนวโน้มความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้น มาตรฐาน ความเป็นอยู่ที่สูงขึ้น และการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันยังคงมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้น อย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดปัญหา การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดจากการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งภาพรวมการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2562 - 2565 โดยไตรมาสแรกปี พ.ศ. 2565 พบว่า การใช้ไฟฟ้าในภาพรวม เพิ่มขึ้น 5.9% โดยสถิติการใช้ไฟฟ้าสูงสุดได้แก่ภาคอุตสาหกรรมสูงถึง 46% รองลงมาได้แก่ ภาค ครัวเรือน 27% ภาคธุรกิจ 23% และภาคอื่น ๆ 4% การฟื้นตัวของเศรษฐกิจไทยชะลอตัวลงทำให้การ จัดหาพลังงานขั้นต้นโดยรวมลดลง ในขณะที่พลังงานขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นจากการใช้พลังงานทุกประเภท สำหรับราคาน้ำมันดิบ น้ำมันสำเร็จรูปในตลาดสิงคโปร์และก๊าซ LPG ปรับตัวสูงขึ้น ในส่วนการปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมของประเทศไทยเพิ่มขึ้น 6.3% ภาคขนส่งสูงสุดที่ 19.9% และภาค การผลิตไฟฟ้าลดลง 4.1% [2] ทำให้การจัดทำแผนพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้ามีความสำคัญ ทั้ง ด้านการลงทุนในการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้า และระบบส่งไฟฟ้า เพื่อรองรับความต้องการไฟฟ้าที่ เพิ่มขึ้นในระดับที่เหมาะสม เน้นความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของประเทศ และปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากภาคการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐและสถานการณ์ด้านพลังงานที่ เปลี่ยนแปลงไป [3]

ประเทศไทยกำลังเข้าสู่การเป็นฐานการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วนของโลก โดย คณะกรรมการนโยบายรถยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ ได้ตั้งแนวทางการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ตาม

นโยบาย 30@30 คือ การตั้งเป้าหมายผลิตรถ ZEV (Zero Emission Vehicle) หรือ รถยนต์ที่ปล่อยมลพิษเป็นศูนย์ ให้ได้อย่างน้อย 30% ของการผลิตรถยนต์ทั้งหมดในปี ค.ศ. 2030 หรือ พ.ศ. 2573 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานรองรับรถยนต์ไฟฟ้า ส่งเสริมสถานีชาร์จ พัฒนากฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการอัดประจุ และการส่งเสริมเทคโนโลยีสมาร์ทกริด (Smart Grid) รวมถึงการส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และการใช้แบตเตอรี่ที่ผลิตในประเทศ ด้วยการคาดการณ์การเติบโตของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตแบบก้าวกระโดด ทำให้โครงสร้างพื้นฐานอย่างพลังงานไฟฟ้าในอนาคตจึงมีความจำเป็นจะต้องมีการรองรับกับความต้องการชาร์จไฟฟ้าอย่างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า พฤติกรรมของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า ประสิทธิภาพแบตเตอรี่ เป็นต้น [4] นอกจากนี้ ในแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) โดยกระทรวงพลังงาน ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) บรรจุมาตรการการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าเป็นหนึ่งในมาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง โดยมีการตั้งเป้าหมายการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 รวมทั้งสิ้น 1.2 ล้านคัน และ 2.3 ล้านคัน [5, 6] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนการขับเคลื่อนพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2579 [6]

โปรแกรม EnergyPLAN ได้ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลภาคไฟฟ้า โปรแกรมนี้ถูกใช้โดยนักวิจัย ที่ปรึกษา และผู้กำหนดนโยบายทั่วโลก เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้ในการผลิตสิ่งพิมพ์และรายงานวิจัยหลายฉบับ โดยโปรแกรมนี้ทำหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ จัดการระบบ และพยากรณ์พลังงานในอนาคต การจำลองข้อมูลรายชั่วโมงในช่วง 1 ปี จำนวน 8,784 ค่า เพื่อวิเคราะห์

ข้อมูลทางเทคนิคและเศรษฐกิจ รวมไปถึงผลกระทบที่ตามมาของระบบพลังงาน และการลงทุนของในประเทศที่แตกต่างกัน [7]

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาและรวบรวมข้อมูล การผลิตไฟฟ้า ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย และจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2565-2579 โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม EnergyPLAN ที่สามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างแม่นยำ และสอดคล้องกับค่าความเป็นจริงในการพยากรณ์ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานหมุนเวียน และพฤติกรรมความต้องการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
2. เพื่อพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579 ใน 3 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน สถานการณ์ที่ 2: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน สถานการณ์ที่ 3: ประเมินการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากการรวมอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN ในการวิเคราะห์แต่ละสถานการณ์
3. เพื่อคำนวณหาความต้องการทางไฟฟ้า (TWh/year) ที่รวมความต้องการไฟฟ้าพื้นฐานกับการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าใน 3 สถานการณ์ ปี พ.ศ. 2565-2579

ขอบเขตของการวิจัย

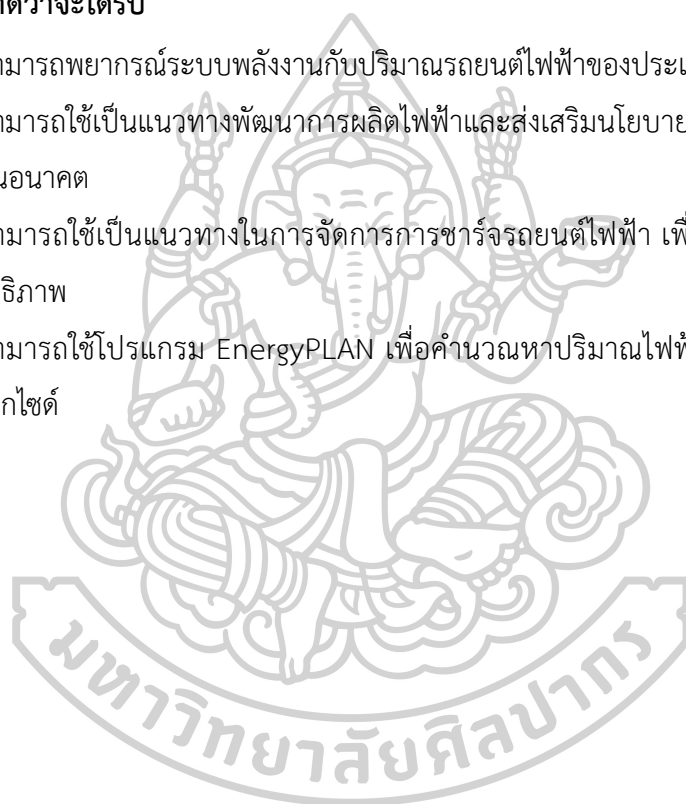
1. สํารวจพฤติกรรมความต้องการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจากผู้ใช้งานจริง เพื่อรวบรวมข้อมูล ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ช่วงเวลาการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ ประเภทของรถยนต์ไฟฟ้าและยี่ห้อรถยนต์ไฟฟ้าที่ผู้ใช้งานเลือกใช้
2. ศึกษาและพยากรณ์ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) และปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) จากสถิติการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย
3. รวบรวมข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยตามแผนพัฒนา กำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ (Power Development Plan: PDP) และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตาม แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 (EEP 2015) ได้แก่ ก) กรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน ข) กรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน และ ค) ประเมินการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากการรวมอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

4. ศึกษาข้อมูลและหลักการคำนวณการลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกรณีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าแทนการใช้รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในรถเครื่องยนต์สันดาปภายใน ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ฉบับ T-VER-METH-TM-01 Version 2

5. ใช้เครื่องมือ EnergyPLAN สร้างแบบจำลอง เพื่อศึกษาปริมาณการผลิตไฟฟ้า ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย และปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพยากรณ์ระบบพลังงานกับปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต
2. สามารถใช้เป็นแนวทางพัฒนาการผลิตไฟฟ้าและส่งเสริมนโยบายการใช้รถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อให้การใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
4. สามารถใช้โปรแกรม EnergyPLAN เพื่อคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565-2579 โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN แบ่งเป็น 7 ส่วน ดังนี้

- 2.1 โปรแกรม EnergyPLAN
- 2.2 แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580
- 2.3 แผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย
- 2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า
- 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรม EnergyPLAN

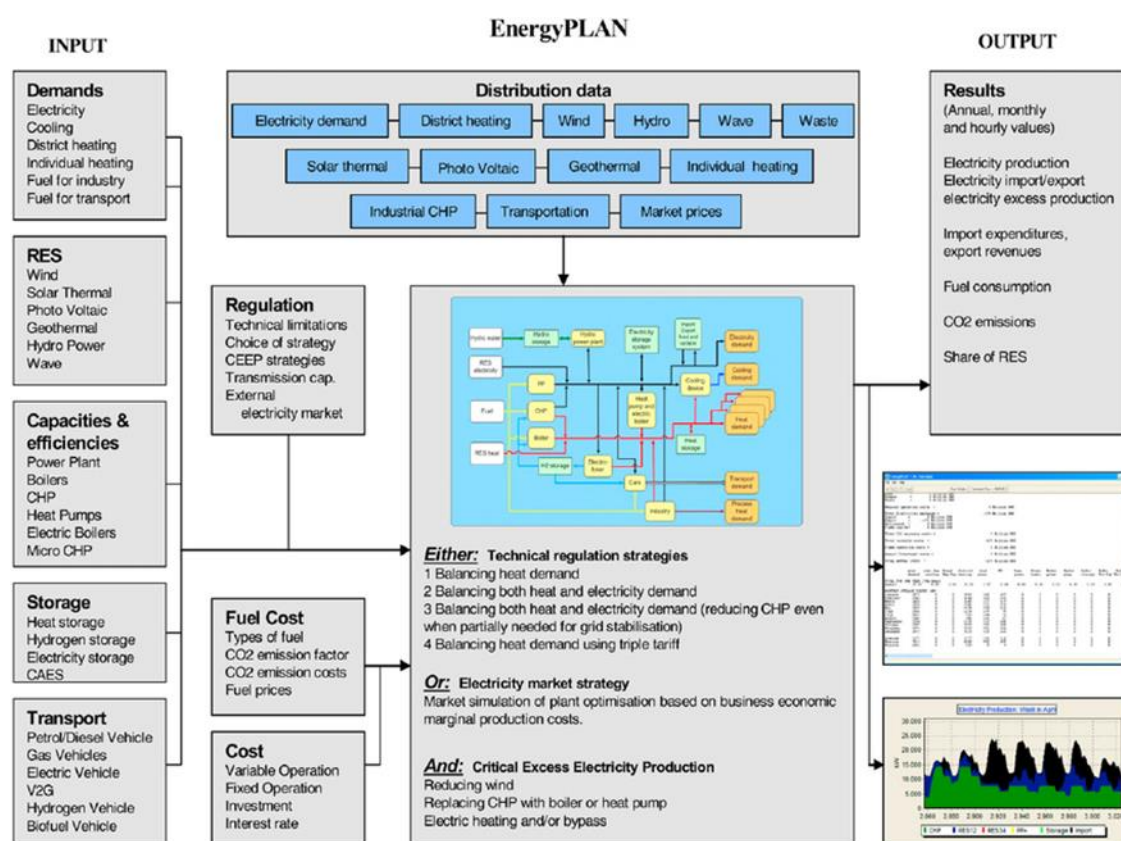
EnergyPLAN เป็นโปรแกรมจัดการ วิเคราะห์ วางแผน ออกแบบจำลองสถานการณ์ในอนาคต โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าความต้องการไฟฟ้า กำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงงานไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานทดแทน การนำเข้าและส่งออกของไฟฟ้ารวมถึงปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณหาค่าปริมาณต่างๆ เพื่อนำค่าที่ได้ไปพัฒนาสถานการณ์จำลอง ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นข้อมูลรายชั่วโมง มหาวิทยาลัย Aalborg ประเทศเดนมาร์ก เป็นกลุ่มวิจัยการวางแผนพลังงานอย่างยั่งยืน แบบจำลองนี้ใช้โดยนักวิจัย ที่ปรึกษาและผู้กำหนดนโยบายจำนวนมากทั่วโลก และได้นำไปประยุกต์ใช้หลายประเทศ

แบบจำลอง EnergyPLAN ง่ายต่อการใช้งานและผลที่ได้จากการโปรแกรม คือ ประสิทธิภาพระบบพลังงาน ต้นทุนรวม การปล่อยมลพิษ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และปริมาณพลังงานหมุนเวียน ค่าที่ได้มีความแม่นยำสูง ผู้วิจัยจึงไม่พิจารณาส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องและส่วนที่ไม่มีข้อมูลในประเทศไทย เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณค่าปริมาณไฟฟ้าเหลือใช้ ค่าความต้องการไฟฟ้า กำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานทดแทน การนำเข้าและส่งออกไฟฟ้า ในการคำนวณโปรแกรมจะใช้ค่า Distribution เป็นแบบรายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี

ซึ่งมีค่าทั้งหมด 8,784 ค่า โดยจะนำข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้า ค่าการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า ฟอสซิลและพลังงานทดแทนต่าง ๆ มาใช้ในโปรแกรม [8]

2.1.1 หลักการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 2 แผนผังของโปรแกรมสามารถแบ่งหัวข้อหลักออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ความต้องการ (Demand) การใช้ (Supply) และผลลัพธ์ (Output) ตามรายละเอียดในหัวข้อย่อย ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แผนผังโปรแกรม EnergyPLAN [8]

2.1.1.1 ความต้องการ (Demand)

ป้อนข้อมูลค่าความต้องการปริมาณการใช้ไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้า ลงในโปรแกรม เช่น ค่าความต้องการไฟฟ้า ค่าความต้องการความร้อน [8] โดยสามารถเลือกใส่ค่าความต้องการได้ตามหัวข้อในโปรแกรกดังนี้

- Electricity Demand เป็นข้อมูลในด้านค่าความต้องการไฟฟ้า จะมีหน่วยเป็น TWh/year และมีค่า Distribution เป็นค่าความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี จะมีจำนวนเท่ากับ 8,784 ค่า

- District Heating เป็นระบบต่างๆ ในเขตให้ความร้อน ซึ่งกำหนดค่าทั้ง 3 เขต เป็น 0 เนื่องจากประเทศไทยไม่มีเขตให้ความร้อน
- Transport เป็นระบบการขนส่ง เป็นค่าเชื้อเพลิง น้ำมัน แก๊ส และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น TWh/year

2.1.1.2 การจัดหาพลังงาน (Supply)

การจัดหาพลังงานคือข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานหมุนเวียน [8] ดังนี้

- Fuel Distribution เป็นค่าสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยเชื้อเพลิงที่จะมี ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ น้ำมันและชีวมวล
- Central Power Production เป็นค่าความจุของโรงไฟฟ้าที่ผลิตเฉพาะพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำ และค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า
- Variable Renewable Electricity เป็นค่าพลังงานหมุนเวียนต่าง ๆ เช่น ค่าความเร็วลม ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ โดยใช้ค่า Distribution เป็นรายชั่วโมง ระยะเวลา 1 ปี จะมีทั้งหมด 8,784 ค่า
- Heat and Electricity เป็นปริมาณการผลิตพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า และค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

2.1.1.3 ผลลัพธ์ (Output)

เป็นรูปแบบการแสดงผลที่ได้ออกมา จากการใช้เครื่องมือโปรแกรมคำนวณ จะมีหัวข้อว่า Tab Screen [8] ซึ่งสามารถกำหนดผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้หรือสามารถแสดงค่าทั้งหมด

2.2 แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศ (Power Development Plan: PDP)

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศเป็นแผนหลักในการจัดหาพลังงานไฟฟ้าของประเทศให้เพียงพอกับความต้องการใช้ เพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศรวมถึงจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น กระทรวงพลังงาน (พ.น.) ร่วมกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงได้จัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 (PDP2018) ซึ่งกรอบระยะเวลาของแผนมีความสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) เพื่อวางแผนก่อสร้างโรงไฟฟ้าประเภทใด ใช้เชื้อเพลิงใด ตั้งอยู่ที่ไหน และรองรับการใช้ไฟฟ้าอย่างเพียงพอในอนาคต

แผน PDP ฉบับล่าสุด คือ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) ผ่านการอนุมัติจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2563 สัดส่วนเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าใกล้เคียงแผนเดิม คือ ก๊าซธรรมชาติ 53.4% ถ่านหินและลิกไนต์ 11.4% พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทน 24.5% และพลังน้ำทั้งในและต่างประเทศ 10.7% ซึ่งสาระสำคัญของแผน PDP ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 นี้ เป็นการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 พบว่า ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในปี พ.ศ. 2580 อยู่ที่ 53,997 MW หรือคิดเป็นพลังงานไฟฟ้า 367,458 ล้านหน่วย ขณะที่ภาพรวมของกำลังการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ที่ 77,211 MW และคงเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ไว้ตลอดแผน 56,431 MW [9]

2.2.1 ความสำคัญของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

1) ด้านความมั่นคงทางพลังงาน (Security) เพื่อให้มีความมั่นคงครอบคลุมทั้งระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้ารายพื้นที่ และตอบสนองปริมาณความต้องการไฟฟ้าเพื่อรองรับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ รวมถึงการพิจารณาโรงไฟฟ้าเพื่อความมั่นคงในระดับที่เหมาะสม เพื่อรองรับกรณีเกิดเหตุวิกฤตด้านพลังงาน

2) ด้านเศรษฐกิจ (Economy) ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสม ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อลดภาระผู้ใช้ไฟฟ้า และไม่ใช่อุปสรรคต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในระยะยาว รวมถึงการเตรียมความพร้อมของระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการแข่งขันด้านการผลิตไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศ การผลิตไฟฟ้าสะท้อนต้นทุนที่แท้จริง

3) ด้านสิ่งแวดล้อม (Ecology) ต้องลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบไฟฟ้า (Efficiency) ทั้งด้านการผลิตไฟฟ้าและด้านการใช้ไฟฟ้า โดยพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าสมาร์ทกริด (Smart grid)

ในการจัดทำแผน PDP2018 ต้องสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งจัดทำและประมาณการโดยสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ที่ได้คาดการณ์ว่าจะมีการเติบโตทางเศรษฐกิจระยะยาวที่ร้อยละ 3.8 ต่อปี [9]

2.2.2 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1)

การปรับปรุงแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) ได้พิจารณานโยบายด้านพลังงานเพื่อเศรษฐกิจฐานรากเพิ่มเติม

และยังคำนึงถึงความมั่นคงในระบบไฟฟ้ารายภูมิภาคให้พึ่งพาตนเองได้ ในการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ PDP2018 Rev.1 ซึ่งได้เปลี่ยนแปลงจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า PDP2018 ฉบับเดิม [9] รายละเอียดดังนี้

1) ปรึบลดการรับซื้อไฟฟ้าจากโครงการโซลาร์ประชาชน เนื่องจากในปี พ.ศ. 2562 มีผู้เข้าร่วมโครงการไม่เป็นไปตามแผน

2) สนับสนุนนโยบาย Energy for All ในการพิจารณาปรับซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชุมชนในช่วงปี พ.ศ. 2563–2567

3) โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลประชารัฐ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความล่าช้าไปจากแผน จึงปรับเลื่อนวันกำหนดเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าจากปี พ.ศ. 2564 เป็นปี พ.ศ. 2565 ปริมาณปีละ 60 MW และปี พ.ศ. 2566 ปริมาณปีละ 60 MW พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนประเภทผู้ผลิตจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP)

4) ปรับเพิ่มเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากแผน PDP2018 ที่ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2580 มีกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญารวม 546 MW เพิ่มเป็น 1,183 MW พร้อมทั้งแยกประเภทเชื้อเพลิงให้ชัดเจนระหว่างน้ำเสียหรือของเสียกับพืชพลังงาน

5) เลื่อนกำหนดวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าและเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าเอกชนขนาดใหญ่ บริษัท บูรพา พาวเวอร์ เจเนอเรชั่น จำกัด (ชื่อเดิม เนชั่นแนล พาวเวอร์ ซัพพลาย จำกัด) ตามกำหนดวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าและประเภทเชื้อเพลิงที่ทางบริษัทฯ ได้ลงนามในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

6) เพิ่มความมั่นคงในระบบไฟฟ้าของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา และจังหวัดลำพูน ด้วยการลดความเสี่ยงในกรณีที่กำลังผลิตไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าผ่านระบบส่งไฟฟ้า ด้วยการยึดอายุโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 9 กำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา 270 MW ออกไปอีก 3 ปี จากกำหนดเดิมปลดปี พ.ศ. 2565 เลื่อนกำหนดปลดเป็นปี พ.ศ. 2568

7) ลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศด้วยการยึดอายุโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนต่ำ ได้แก่ โรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 12–13 ซึ่งเดิมมีกำหนดปลดในปี พ.ศ. 2568 เลื่อนออกไปอีก 1 ปีเป็นปลดในปี พ.ศ. 2569

การปรับปรุงแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) ดังตารางที่ 1 [9]

ตารางที่ 1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1

ปี	ความต้องการไฟฟ้า สูงสุดของระบบ (MW)	โครงการโรงไฟฟ้า	ชนิด เชื้อเพลิง
2561	29,969	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -43.1 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 4 -314 MW	ก๊าซฯ
		ปลด โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 4–7 -560 MW	ลิกไนต์
2562	31,377	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -244.5 MW	ก๊าซฯ
		ปลด โรงไฟฟ้าวังน้อย ชุดที่ 1–2 -1,224 MW	
2563	32,732	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -248 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าพระนครใต้ ชุดที่ 1 -316 MW	ก๊าซฯ
		ปลด ไตรเอนเนอจี จำกัด -700 MW	ก๊าซฯ
2564	34,006	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -241.5 MW	-
2565	35,213	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -150 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 8 -270 MW	ลิกไนต์
		ปลด โรงไฟฟ้าพระนครใต้ ชุดที่ 2 -562 MW	ก๊าซฯ
2566	36,390	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -41 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าวังน้อย ชุดที่ 3 -686 MW	ก๊าซฯ
		ปลด อีสเทิร์น เพาเวอร์ แอนด์ อิเล็กตริค -350 MW	ก๊าซฯ
2567	37,610	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -679.8 MW	-
		ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -32.2 MW	-
2568	38,780	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -89 MW	-
		ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -236 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 9 -270 MW	ลิกไนต์
		ปลด โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 10–11 -540 MW	ลิกไนต์
		ปลด โรงไฟฟ้าน้ำพอง ชุดที่ 1–2 -650 MW	ก๊าซฯ
		ปลด โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี -700 MW	ก๊าซฯ
		ปลด ผลิตไฟฟ้าราชบุรี เครื่องที่ 1–2 -1,440 MW	ก๊าซฯ/ น้ำมันเตา

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

ตารางที่ 1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

ปี	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของระบบ (MW)	โครงการโรงไฟฟ้า	ชนิดเชื้อเพลิง
2569	39,933	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -53 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -5 MW ปลด โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 12–13 -540 MW	- - ลิกไนต์
2570	41,079	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -56 MW	-
		ปลด โรงไฟฟ้าบางปะกง เครื่องที่ 3 -576 MW ปลด ผลิตไฟฟ้าราชบุรี ชุดที่ 1–3 -2,041 MW	ก๊าซฯ/ น้ำมันเตา ก๊าซฯ
2571	42,267	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -93 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -103 MW ปลด โรงไฟฟ้าบางปะกง เครื่องที่ 4 -576 MW ปลด โกลว์ ไอพีพี -713 MW	- - ก๊าซฯ/ น้ำมันเตา ก๊าซฯ
2572	43,541	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -179 MW ปลด สปป.ลาว (ห้วยเหาะ) -126 MW	- พลังน้ำ
2573	44,781	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -104 MW	-
2574	46,054	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -22.8 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -40.2 MW	- -
2575	47,303	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -74.4 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -8.8 MW ปลด บีแอลซีพี เพาเวอร์ เครื่องที่ 1–2 -1,347 MW ปลด กัลฟ์เพาเวอร์เจนเนอเรชั่น ชุดที่ 1 -734 MW	- - ถ่านหิน ก๊าซฯ
2576	48,627	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -73 MW ปลด กัลฟ์เพาเวอร์เจนเนอเรชั่น ชุดที่ 2 -734 MW ปลด ราชบุรีเพาเวอร์ ชุดที่ 1–2 -1,400 MW	- ก๊าซฯ ก๊าซฯ

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

ตารางที่ 1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (ต่อ)

ปี	ความต้องการ ไฟฟ้าสูงสุดของ ระบบ (MW)	โครงการโรงไฟฟ้า	ชนิด เชื้อเพลิง
2577	49,921	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -3 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -20.6 MW ปลด โรงไฟฟ้ากระบี่ -315 MW ปลด โรงไฟฟ้าจะนะ ชุดที่ 1 -710 MW	- - น้ำมันเตา ก๊าซฯ
2578	51,265	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -8.2 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -90 MW ปลด โรงไฟฟ้าพระนครใต้ ชุดที่ 3 -710 MW ปลด โรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 5 -710 MW ปลด สบป.ลาว (น้ำเทิน 2) -948 MW	- - ก๊าซฯ ก๊าซฯ พลังน้ำ
2579	52,609	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -3 MW ปลด โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ ชุดที่ 1 -670 MW	ก๊าซฯ
2580	53,997	ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กมาก -8 MW ปลด ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก -268 MW ปลด เก็คโค-วัน -660 MW	- - ถ่านหิน
<p>กำลังผลิตไฟฟ้าถึงขั้นวางคม พ.ศ. 2560 46,090 MW รวมกำลังผลิตที่เพิ่มขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2561–2580 56,431 MW โรงไฟฟ้าที่ปลดออกจากระบบ ในช่วงปี พ.ศ. 2561–2580 25,310 MW รวมกำลังผลิตไฟฟ้าสุทธิ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2580 77,211 MW</p>			

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561–2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

2.2.3 แผนกำลังการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2561-2580

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Revision 1) จะมีกำลังผลิตไฟฟ้าในระบบ 3 การไฟฟ้าในปลายปี พ.ศ. 2580 รวมสุทธิ 77,211 เมกะวัตต์ ดังตารางที่ 2 ประกอบด้วยกำลังผลิตไฟฟ้า ณ สิ้นปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 46,090 เมกะวัตต์ โดยเป็นกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าใหม่ รวม 56,431 เมกะวัตต์ และมีการปลดกำลังผลิตโรงไฟฟ้าเก่าที่หมดอายุในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 จำนวน 25,310 เมกะวัตต์ และมีกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ โดยแยกตามประเภทโรงไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 เท่ากับ 56,431 เมกะวัตต์ [9]

ตารางที่ 2 แผนกำลังการผลิตไฟฟ้า พ.ศ. 2561-2580

กำลังผลิตไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580

- กำลังผลิตไฟฟ้า ณ ธันวาคม พ.ศ. 2560	46,090 เมกะวัตต์
- กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2580	56,431 เมกะวัตต์
- กำลังผลิตไฟฟ้าที่ปลดออกจากระบบ ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580	25,310 เมกะวัตต์
- รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น ณ สิ้นปี พ.ศ. 2580	77,211 เมกะวัตต์

กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 เท่ากับ 56,431 เมกะวัตต์

แยกตามประเภทโรงไฟฟ้า ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน	18,833 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าชุมชน	1,933 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ	500 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าโคเจนเนอเรชั่น	2,112 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	15,096 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าถ่านหิน/ลิกไนต์	1,200 เมกะวัตต์
- ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ	5,857 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าใหม่/ทดแทน	6,900 เมกะวัตต์
- มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	4,000 เมกะวัตต์
รวม	56,431 เมกะวัตต์

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

2.2.4 โรงไฟฟ้าตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐ

กำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2580 จำนวน 2,453 เมกะวัตต์ สรุปลกำลังผลิตแต่ละโรงไฟฟ้า [9] ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โรงไฟฟ้าตามนโยบายการส่งเสริมของภาครัฐในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ ตามนโยบายส่งเสริมในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2580	
- โรงไฟฟ้าขยะ	400 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าชีวมวลประชารัฐฯ	120 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าชุมชน (ชีวมวล)	600 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าชุมชน (ก๊าซชีวภาพ พืชพลังงาน)	600 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้าชุมชน (ก๊าซชีวภาพ น้ำเสีย)	183 เมกะวัตต์
- โรงไฟฟ้า Solar Hybrid โรงไฟฟ้าชุมชน	550 เมกะวัตต์
รวม	2,453 เมกะวัตต์

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

2.2.5 โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามนโยบายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

กำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ส่วนเพิ่มจากนโยบายภาครัฐมีเป้าหมายกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง ณ สิ้นปี พ.ศ. 2580 จำนวน 16,293 เมกะวัตต์ [9] สรุปลกำลังผลิตแต่ละโรงไฟฟ้า ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2580	
โรงไฟฟ้าชีวมวล	2,780 เมกะวัตต์
โรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ	400 เมกะวัตต์
พลังงานแสงอาทิตย์	8,740 เมกะวัตต์
พลังงานแสงอาทิตย์ทุ่นลอยน้ำร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ	2,725 เมกะวัตต์

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

ตารางที่ 4 โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 (ต่อ)

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580	
พลังงานลม	1,485 เมกะวัตต์
ขยะอุตสาหกรรม	44 เมกะวัตต์
โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก กฟผ.	69 เมกะวัตต์
รวม	16,243 เมกะวัตต์

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

2.3 แผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งเป้าหมายลดก๊าซเรือนกระจกลง 20-25% ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยจะส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แทนน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบขนส่งของประเทศ รวมทั้งนวัตกรรมรถยนต์ไฟฟ้า หรือ อุตสาหกรรมรถยนต์สมัยใหม่ (Next-generation Automotive) เป็น 1 ใน 10 อุตสาหกรรมเป้าหมายที่รัฐบาลให้การส่งเสริมอย่างจริงจัง โดยรถยนต์ไฟฟ้าจะเป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมรถยนต์แรก ถัดไปจะเป็นการพัฒนาการผลิตไร้คนขับที่ขับเคลื่อนอัตโนมัติ ซึ่งวัตถุประสงค์ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการจัดทำนโยบายการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า 2 กรณี ได้แก่ กรณีตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และกรณีส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า [10] ตามหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

2.3.1 นโยบายการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 คณะรัฐมนตรีได้มีมติข้อเสนอการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าของสภาปฏิรูปแห่งชาติ และกระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานหลักให้รับรายงานของคณะกรรมการการปฏิรูปพลังงานเรื่อง “การส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย” พร้อมทั้งพิจารณา ร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนกำหนดวิธีการ และแนวทางการส่งเสริมให้เกิดการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นการปฏิรูปการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความมั่นคงด้านพลังงาน เพิ่มทางเลือกการใช้พลังงานและลดการพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย กระทรวงการคลัง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงอุตสาหกรรม

กระทรวงคมนาคม กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (สำนักงาน กกพ.) และการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในกลุ่มรถโดยสารสาธารณะก่อน แล้วจึงขยายผลไปสู่การส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลต่อไป สรุปการดำเนินงานที่สำคัญตามแผนระยะยาว 20 ปี แบ่งเป็น 4 ระยะ [10] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนที่นำทางการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย [10]

1.ระยะที่ 1 (ปี พ.ศ. 2559-2560) ศึกษาข้อมูลด้านกฎหมายการขออนุญาต และการสนับสนุนการวิจัย เรื่องแบตเตอรี่ นำร่องกลุ่มรถโดยสารไฟฟ้าสาธารณะขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.) ที่นำเข้ามาประกอบในประเทศจำนวน 20 คัน ดำเนินการควบคู่กับการจัดการรถโดยสารไฟฟ้า 200 คันให้ได้ภายในปี พ.ศ. 2560 ขณะเดียวกันนำเข้ารถยนต์ไฟฟ้าได้รับการยกเว้นภาษีอากรนำเข้าจำนวน 5,000 คัน เพื่อทดลองตลาด ภายในปี พ.ศ. 2560 รวมถึงเตรียมความพร้อมด้านสถานีอัดประจุรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต โดยกรมการขนส่งทางบก ดำเนินการเสนอร่างประกาศ เรื่องกำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ และแนวทางการใช้รถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กอย่างปลอดภัย

2.ระยะที่ 2 (ปี พ.ศ. 2561-2563) ศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง ด้านสมรรถนะ แบตเตอรี่มอเตอร์ รวมทั้งเพิ่มจำนวนรถ รูปแบบค่าบริการ มาตรฐานจุดบริการสถานีอัดประจุให้เพียงพอ และมาตรการจูงใจให้ภาคเอกชนลงทุน

3.ระยะที่ 3 (ปี พ.ศ. 2564-2578) ขยายผลการศึกษาส่งเสริมไปยังรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล และพัฒนาระบบบริหารความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศ

4.ระยะที่ 4 (ปี พ.ศ. 2579 เป็นต้นไป) กำหนดเป้าหมายรถยนต์ไฟฟ้าจะเข้ามาแทนที่รถน้ำมันได้อย่างเต็มรูปแบบตามแผนส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1.2 ล้านคัน

การส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนให้ถึง 1.2 ล้านคันในปี พ.ศ. 2579 คาดการณ์ได้ว่า จะส่งผลให้ประเทศไทยต้องมีปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าตามแผนประมาณ 70,000 เมกะวัตต์ รวมกับ กำลังผลิตไฟฟ้าสำรองที่ 15-20% ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ศึกษาการเชื่อมโยงโครงข่ายระบบไฟฟ้า (Smart Grid) จะช่วยลดการลงทุนโรงไฟฟ้าใหม่ที่ขณะนี้ ถ้าช้ากว่ากำหนด ทำให้จะมีไฟฟ้าใช้เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้ง กฟผ. พร้อมรองรับแนวโน้มการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต โดยมุ่งวิจัยและพัฒนา (R&D) เพื่อให้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้มากขึ้น จากนั้นจึงมีการเพิ่มการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าอีกกรณีให้ถึง 2.3 ล้านคัน ในปี พ.ศ. 2579

2.3.2 ผลกระทบในด้านการควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า

จากข้อมูล Load Profile ของประเทศ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงกลางวันระหว่าง 13.00-15.00 น. และค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงกลางคืนระหว่าง 19.00-21.00 น. ส่งผลให้มีการบริหารจัดการเพื่อให้สามารถจัดหาพลังงานได้อย่างเพียงพอ ความต้องการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จของรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น จากการพยากรณ์พบว่าการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ ช่วงกลางคืน อย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลกระทบต่อ การควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศ และการเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณมากในช่วงเวลาสั้น ๆ นั้นจะส่งผลกระทบต่อด้านความถี่และแรงดันของระบบไฟฟ้าในภาพรวมของทั้งประเทศ ซึ่งอาจจะนำไปสู่ความมั่นคงของระบบไฟฟ้าที่ลดลง รวมถึงคุณภาพพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายอาจจะไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้งในด้านความถี่และด้านแรงดันไฟฟ้า [10]

2.3.3 สถานการณ์ของการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

การใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในปัจจุบัน ที่ใช้ในการคมนาคมขนส่งสามารถจดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกได้ สามารถแบ่งลักษณะการใช้งานได้เป็น 3 รูปแบบ [10] ดังนี้

1. เพื่อใช้งานส่วนบุคคล ส่วนใหญ่จะเป็นรถจักรรถยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูง การผลิตและประกอบภายในประเทศ ส่วนกรณีรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลพบว่าส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ไฟฟ้าชนิด Plug-in Hybrid Electric Vehicle : PHEV) เนื่องจากมีบริษัทผู้ผลิตเริ่มทำตลาด PHEV ในประเทศไทย ขณะที่รถยนต์ไฟฟ้าชนิดแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) ยังไม่มีการผลิตและประกอบในประเทศ ทำให้การซื้อ BEV ต้องเป็นการนำเข้าทั้งคันจากต่างประเทศ ซึ่งต้องเสียภาษีในอัตราที่สูงมาก เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบชาร์จในประเทศไทยยังไม่พร้อม จึงเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ผู้ใช้งานสนใจ PHEV มากกว่า BEV เนื่องจากมีความสะดวกและยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า

2. ศึกษาและวิจัยพัฒนา โดยหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้จัดหารถยนต์ไฟฟ้า หรือสร้างสถานีชาร์จเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าที่นำมาใช้งาน เพื่อศึกษาศักยภาพและเตรียมความพร้อมรองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต ในกรณีนี้ส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ไฟฟ้าชนิด (Battery Electric Vehicle: BEV)

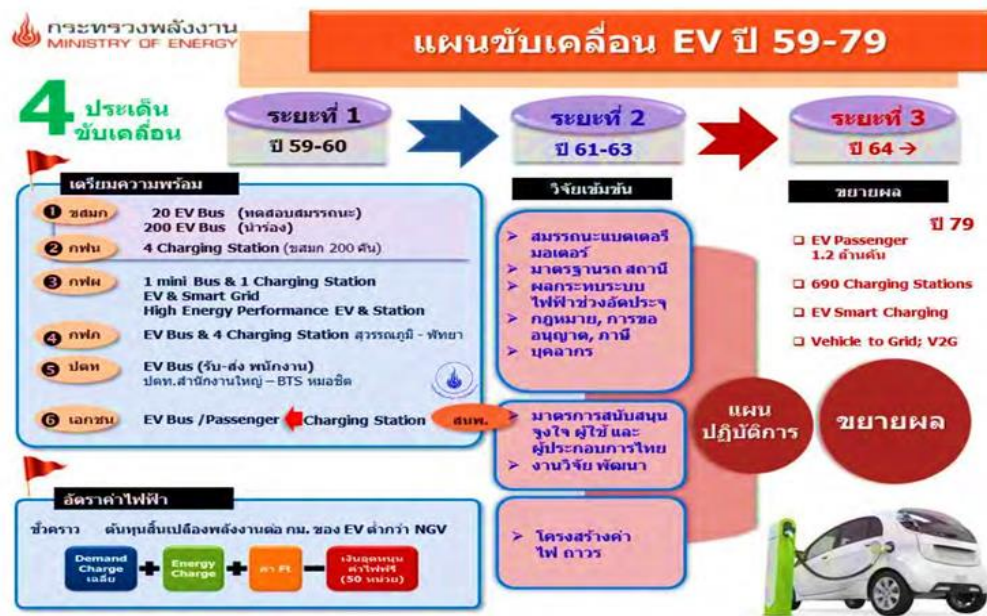
3. เพื่อใช้ในการขนส่งสาธารณะ พื้นที่จำกัด เช่น มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้นำรถโดยสารไฟฟ้ามาใช้สำหรับการขนส่งบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย เพื่อลดการใช้พลังงานและลดมลภาวะ ซึ่งรถโดยสารไฟฟ้าที่นำมาใช้ ส่วนใหญ่จะผลิตและประกอบในประเทศไทยจึงมีราคาไม่สูง

จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในปัจจุบัน สามารถพิจารณาได้จากข้อมูลการจดทะเบียนของกรมขนส่งทางบก ซึ่งจะแสดงข้อมูลยอดการจดทะเบียนรถยนต์ตามประเภทเชื้อเพลิงที่เป็นไฟฟ้าและปลั๊กอินไฮบริด เปรียบเทียบกับยอดการจดทะเบียนรถยนต์ทั้งหมด โดยจะพิจารณาเฉพาะประเภทรถยนต์ที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมให้เป็นรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ซึ่งยอดจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้ายังมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับรถยนต์ทั้งหมด

2.3.4 แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan: EEP)

คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้เห็นชอบแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) ตามข้อเสนอของกระทรวงพลังงาน โดยมีเป้าหมายที่จะอนุรักษ์การใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศให้ได้ 51,700 ktoe โดยเฉพาะในภาคขนส่งซึ่งได้ถูกวางเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานให้ได้ 30,213 ktoe ซึ่งมาตรการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าได้ถูกบรรจุเป็นมาตรการหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่ง โดยตั้งเป้าหมายการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 รวมทั้งสิ้น จำนวน 1.2 ล้านคัน

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนการขับเคลื่อนด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในรูปแบบที่ 4 เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางที่เสนอกับคณะรัฐมนตรีไว้ให้เกิดการบูรณาการและพัฒนาจากการเตรียมการเกี่ยวกับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าของหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการมาแล้ว แผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย [10] แบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้



รูปที่ 4 แผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย [10]

ระยะที่ 1 : การเตรียมความพร้อมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า (พ.ศ. 2559 - 2560) มุ่งเน้นการนำร่องการใช้งานกลุ่มรถโดยสารสาธารณะไฟฟ้า เนื่องจากจะเกิดประโยชน์กับประชาชนในวงกว้างและสามารถพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้งานได้ง่าย รวมถึงดำเนินการเตรียม

ความพร้อมด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อรองรับการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต โดยจะมีการดำเนินการ 4 ส่วน ดังนี้

1. การจัดทำโครงการนำร่องใช้งานรถยนต์ไฟฟ้ากลุ่มรถโดยสารสาธารณะ เพื่อให้เกิดประโยชน์กับสาธารณชนในวงกว้าง และสามารถจำกัดงบประมาณในการส่งเสริมได้

2. การศึกษาการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้งาน เช่น ศึกษาสมรรถนะของรถยนต์ไฟฟ้าเมื่อมีการนำมาใช้งานจริง ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการชาร์จให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจำนวนมาก เป็นต้น

3. การเตรียมความพร้อมด้านสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ไฟฟ้า เช่น เตรียมความพร้อมระบบไฟฟ้า เตรียมความพร้อมด้านสถานีชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

4. การเตรียมความพร้อมรองรับด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การสนับสนุนด้านภาษี การปรับปรุงกฎหมายหรือกฎระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงอัตราค่าบริการสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ด้านบุคลากรในอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า วิจัยและพัฒนาด้านการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า เป็นต้น

ระยะที่ 2 : การขยายผลการดำเนินงานกลุ่มรถโดยสารสาธารณะและเตรียมความพร้อมสำหรับการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล (พ.ศ. 2561 – 2563)

1. สนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานตามจำนวนรถโดยสารสาธารณะที่จะเพิ่มในช่วงเวลา พ.ศ.2561 - 2563

2. กำหนดรูปแบบและมาตรฐานสถานีชาร์จและการขออนุญาตในการให้บริการชาร์จ

3. ศึกษาและกำหนดมาตรการเพื่อจูงใจให้เอกชนลงทุนพัฒนาสถานีชาร์จ

4. ศึกษาและทบทวนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า และอัตราค่าบริการสำหรับสถานีชาร์จ

ระยะที่ 3 : การขยายผลไปสู่การส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล (พ.ศ. 2564 เป็นต้นไป)

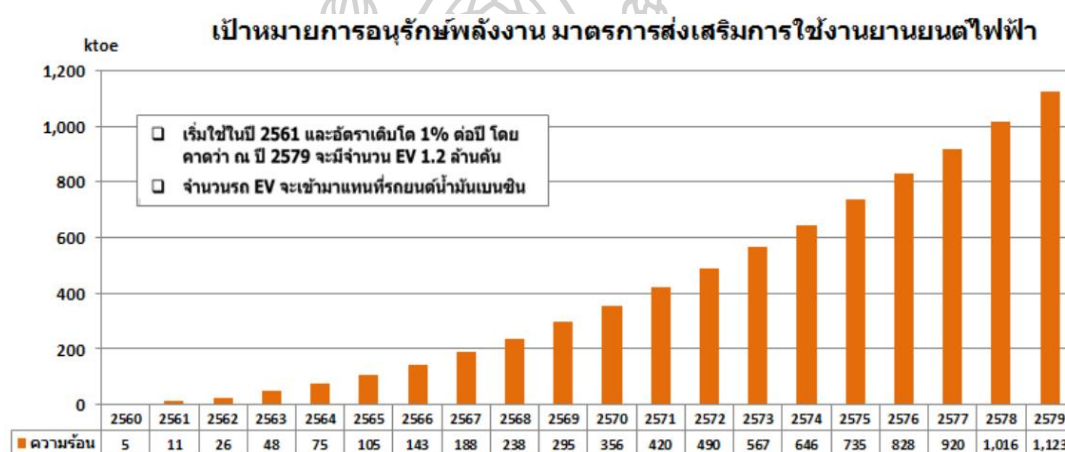
1. สนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของระบบไฟฟ้าให้สอดคล้องกับปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลที่จะเพิ่มขึ้น

2. พัฒนาระบบบริหารจัดการการชาร์จอัจฉริยะ (EV Smart Charging) เข้ามาช่วยลดการลงทุนในการปรับปรุงระบบไฟฟ้า

3. พัฒนาระบบบริหารความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศร่วมกับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า (Vehicle to Grid: V2G)

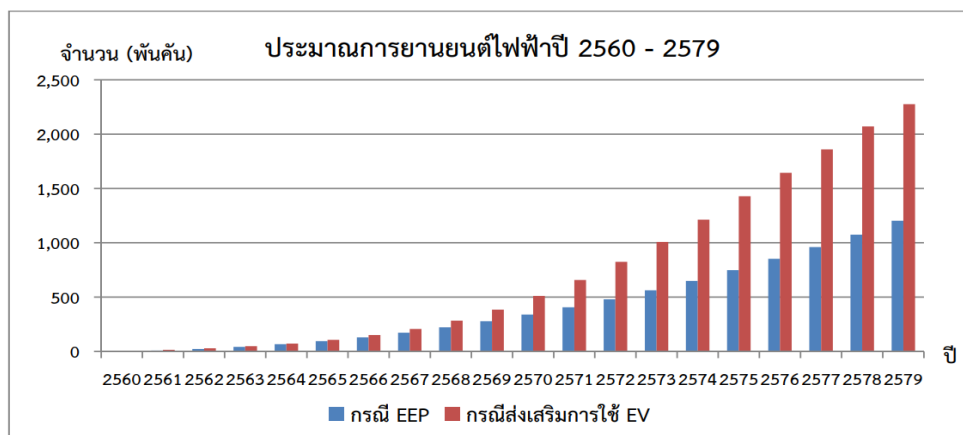
2.3.5 แนวทางประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

จากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2579 โดยจะศึกษาเฉพาะกลุ่มรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (ประเภท รย.1 ตามประเภทรถยนต์ของกรมการขนส่งทางบก) เนื่องจาก เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในภาคประชาชน มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ามากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับให้เหมาะสม แนวทางการแบ่งสัดส่วนระหว่าง PHEV และ BEV สำหรับการประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยทั้งกรณีตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และกรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า โดยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี [10] ได้แก่



รูปที่ 5 เป้าหมายมาตรการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 [10]

1. กรณีตามแผนอนุรักษ์พลังงาน คือ การประมาณการสถานการณ์ขยายตัวรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ตามมาตรการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 (EEP 2015) ตลอดจนแผนพัฒนาพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้า มีเป้าหมายที่จะอนุรักษ์การใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศให้ได้ 51,700 ktoe เฉพาะในภาคขนส่งได้ถูกวางเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานให้ได้ 30,213 ktoe โดยตั้งเป้าหมายการส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 รวมทั้งสิ้น จำนวน 1.2 ล้านคัน มีเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน 1,123 ktoe การศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย จะอ้างอิงการประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2560 - 2579 จากแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 เป็นกรณีฐาน



รูปที่ 6 การประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้ากรณี EEP และกรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า [10]

2. กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า เป็นสถานการณ์ที่การส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้รับผลตอบรับที่ดี จนทำให้การขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยเทียบเท่ากับนานาชาติ ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวางแผนเตรียมความพร้อมกรณีที่มีการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าสูงเกินกว่าเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ การประมาณการในกรณีนี้จะใช้แบบจำลองเพื่อพยากรณ์จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 รวมทั้งสิ้น จำนวน 2.3 ล้านคัน

2.3.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้า

1. ด้านราคารถยนต์ไฟฟ้ายังสูงอยู่มาก เนื่องจากยังไม่มีการผลิตและประกอบในประเทศจึงจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เสียภาษีศุลกากรในอัตราที่สูง
2. ยังไม่มีโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบชาร์จในที่สาธารณะรองรับ จึงทำให้ผู้ใช้งานไม่มั่นใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากเกรงว่าแบตเตอรี่จะหมดระหว่างทาง
3. ผู้ใช้งานไม่มีที่จอดรถเพื่อชาร์จไฟในบ้านอยู่อาศัย โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร ซึ่งประชาชนจำนวนมากพักอาศัยตามหอพัก หรือคอนโดมิเนียม
4. รถยนต์ไฟฟ้ามีระยะขับที่ค่อนข้างสั้น จึงไม่สะดวกต่อการเดินทางระยะไกล ถึงแม้จะมีสถานีชาร์จไฟฟ้าสาธารณะก็ตาม เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการชาร์จยังค่อนข้างนาน และผู้ใช้งานอาจไม่สะดวกกับการที่ต้องจอดชาร์จไฟฟ้าในทุก ๆ 100 กิโลเมตร [11]

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า

2.4.1 ประเภทรถยนต์ไฟฟ้า

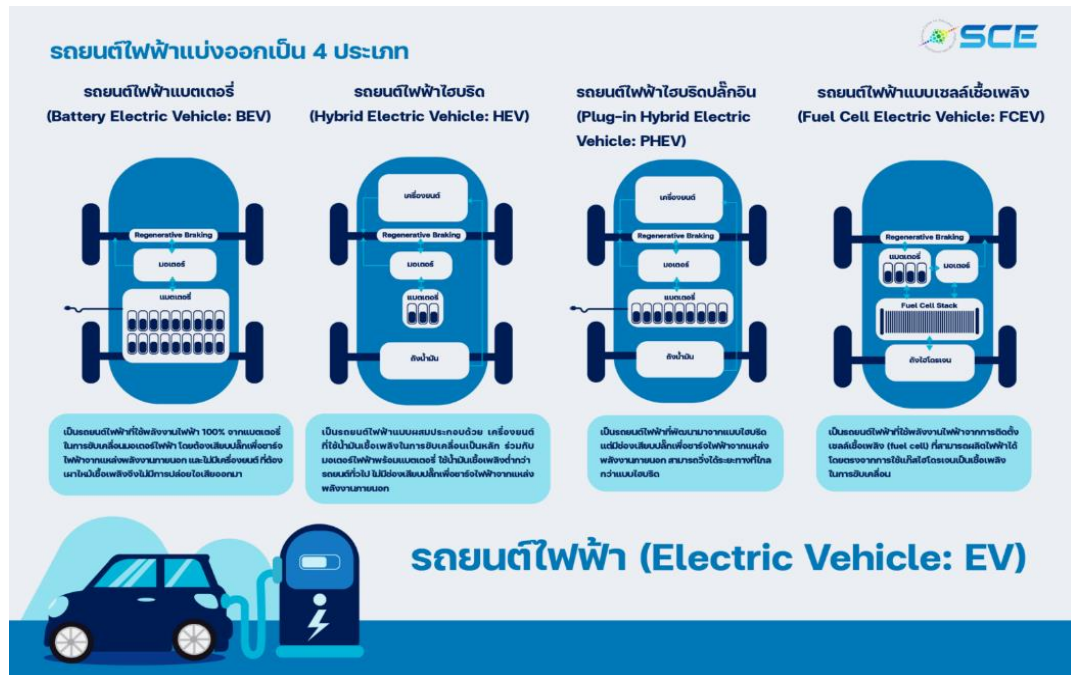
รถยนต์ไฟฟ้าเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในยุคปัจจุบัน ทดแทนรถยนต์ที่ขับเคลื่อนโดยใช้แหล่งพลังงานจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งน้ำมันดิบเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีวันหมด รถยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานที่อาจเป็นแบตเตอรี่ หรือแหล่งพลังงานอื่นโดยไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไม่ปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกิดฝุ่นและเสียงรบกวน ถือว่าเป็นมิตรกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในการก้าวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (low carbon society) [12] จากรูปที่ 12 รถยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle: HEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมประกอบไปด้วยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเป็นหลัก ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมแบตเตอรี่นั้นสามารถที่จะชาร์จไฟได้เองจากพลังงานที่สร้างขึ้นมาจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือจากการดึงพลังงานกลับจากการใช้เบรก ส่งผลให้ให้อัตราสิ้นเปลืองต่ำกว่าการเครื่องยนต์สันดาปอย่างเดียว ไม่มีช่องเสียบปลั๊กเพื่อชาร์จไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอก

2. รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนามาจากแบบไฮบริด สามารถเลือกขับเคลื่อนได้ทั้งเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว หรือใช้การขับเคลื่อนแบบผสมผสาน สามารถเสียบชาร์จไฟจากสถานีชาร์จเช่นเดียวกับรถยนต์ไฟฟ้า มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าแบบไฮบริด และสามารถวิ่งได้ระยะทางไกลกว่าแบบไฮบริด

3. รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า 100% จากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ไม่มีเครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นมิตรกับสภาพอากาศด้วยการปลดปล่อยมลภาวะเป็นศูนย์ หรือเรียกว่า Zero Emission สามารถเสียบปลั๊กชาร์จไฟฟ้าได้ทั้งในที่พักอาศัยและสถานีชาร์จ

4. รถยนต์ไฟฟ้าแบบเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากการติดตั้งเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยตรงจากการใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน ปล่อยมลภาวะเป็นศูนย์ มีเพียงการปล่อยน้ำเท่านั้น แต่ต้องมีถังบรรจุไฮโดรเจนซึ่งสามารถเติมเต็มได้ภายในไม่ถึงนาที



รูปที่ 7 ประเภทรถยนต์ไฟฟ้า [12]

2.4.2 ประเภทหัวชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

การชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ 2 รูปแบบ คือ หัวชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่พบในประเทศญี่ปุ่นและประเทศสหรัฐอเมริกา กับหัวชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่พบในทวีปยุโรปรวมถึงประเทศไทย โดยหัวชาร์จก็จะถูกแบ่งย่อยออกไปตามกระแสไฟที่ได้รับ ซึ่งได้แก่ หัวชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าประเภท AC (กระแสไฟฟ้าสลับ) กับประเภท DC (กระแสไฟฟ้าตรง) การชาร์จรถไฟฟ้า EV ในปัจจุบันมีทั้งหมด 3 ประเภท [13] ดังนี้

1. การชาร์จแบบธรรมดาแบบ Normal Charger (ชาร์จจากเต้ารับภายในบ้านโดยตรง) ดังรูปที่ 8 ใช้มิเตอร์ไฟของบ้านต้องสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าขั้นต่ำ 15(45)A และเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) ซึ่งเต้ารับไฟในบ้านต้องติดตั้งใหม่เป็นเต้ารับเฉพาะการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้เต้ารับแบบธรรมดาได้ ระยะเวลาในการชาร์จประมาณ 12-16 ชม. ทั้งนี้การติดตั้ง+ต้องมาจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าเท่านั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานในระยะยาว โดยหัวชาร์จที่ใช้มี 2 แบบ ดังนี้

- TYPE 1 หัวชาร์จที่นิยมในทวีปอเมริกาเหนือและประเทศญี่ปุ่น เป็นหัวชาร์จพลังงานไฟฟ้าแบบกระแสสลับ (AC) ใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่ 120 V หรือ 240 V

- TYPE 2 หัวชาร์จที่นิยมใช้ในแถบทวีปยุโรป เป็นหัวชาร์จแบบพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) รองรับแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 120 V หรือ 240 V





รูปที่ 8 การชาร์จแบบธรรมดา (Normal Charger) [13]

2. การชาร์จแบบรวดเร็ว Double Speed Charge (เครื่องชาร์จ WALL BOX) เป็นการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) ดังรูปที่ 9 จะชาร์จได้เร็วขึ้นปลอดภัยขึ้น มากกว่า Normal Charging แบบแรก และการชาร์จด้วยตู้ชาร์จติดผนัง (Wall Box) สามารถชาร์จได้ 4-7 ชั่วโมง สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 24 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และ 9 ชั่วโมงสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 30 กิโลวัตต์/ชั่วโมง โดยหัวชาร์จที่ใช้จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

การชาร์จแบบธรรมดาด้วยเครื่อง Wall Box

การชาร์จแบบธรรมดาด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging)
 เช่น ตู้ชาร์จติดผนังติดตั้งที่บ้านหรือตามห้างสรรพสินค้า ระยะเวลาในการชาร์จไฟจะอยู่ที่ 4-7 ชั่วโมง สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 24 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ 9 ชั่วโมงครึ่งสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 30 กิโลวัตต์ชั่วโมง

TYPE 1	TYPE 2
	
1 phase: 32 A 250 V	1 phase: 70 A 250 V 3 phase: 63 A 480 V
เป็นหัวชาร์จที่ใช้กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น	เป็นหัวชาร์จที่นิยมใช้กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ในแถบทวีปยุโรป

รูปที่ 9 การชาร์จแบบรวดเร็ว (Double Speed Charge) [13]

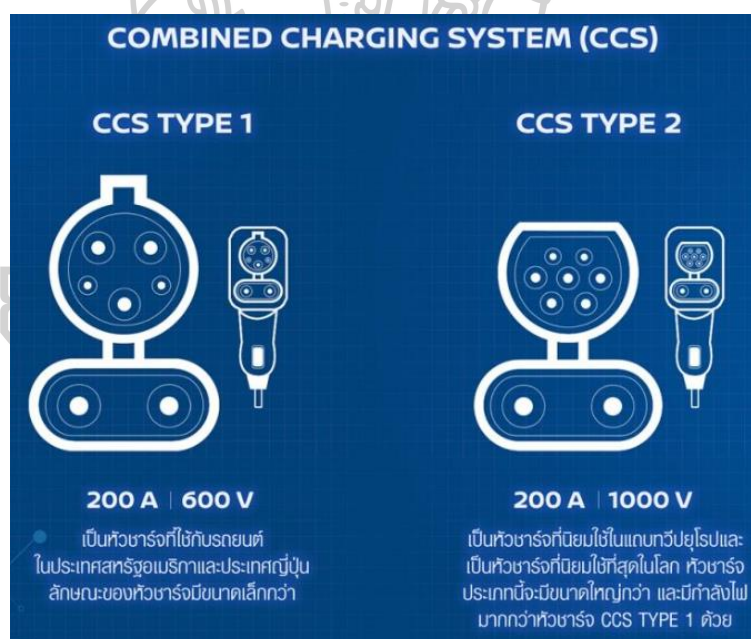
- TYPE 1 เป็นหัวชาร์จที่ใช้กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่น

- TYPE 2 เป็นหัวชาร์จที่นิยมใช้กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้าในแถบทวีปยุโรป

3. การชาร์จแบบด่วน (Quick Charge) ชาร์จโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Charging) เหมาะสำหรับคนที่ต้องการความรวดเร็วในการชาร์จ โดยใช้เวลา 0% - 80% ใน 40-60 นาที ทั้งนี้เวลาความเร็วขึ้นอยู่กับความจุพลังงานแบตเตอรี่กิโลวัตต์/ชั่วโมง ซึ่งประเภทหัวชาร์จจะมีอยู่ 3 แบบ ดังรูปที่ 10 ได้แก่

- CHArge de Move(CHAdEMo) แปลได้ว่า ชาร์จไฟแล้วขับต่อไป เป็นชื่อระบบชาร์จไฟฟ้าแบบเร็วสำหรับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ซึ่งระบบCHAdEMO มีการใช้แพร่หลายในประเทศญี่ปุ่น

- GB/T เป็นหัวชาร์จที่มีประเทศจีนเป็นผู้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ภายในประเทศ รองรับการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศ



รูปที่ 10 การชาร์จแบบด่วน (Quick Charge) [13]

- Combined Charging System (CCS) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.) CCS TYPE 1 เป็นหัวชาร์จที่ใช้กับรถยนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกา ลักษณะของหัวชาร์จมีขนาดเล็กกว่า CCS Type 2 และรองรับแรงดันไฟฟ้าที่ 200 V - 500 V และ 2.) CCS TYPE 2 เป็น

หัวขาร์จที่นิยมใช้ในแถบทวีปยุโรป หัวขาร์จประเภทนี้จะมึขนาดใหญ่มากกว่า และมีกำลังไฟมากกว่า หัวขาร์จ CCS Type 1

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor)

ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า คือ อัตราส่วนระหว่าง Load เฉลี่ย ในเวลาที่พิจารณา ต่อ Load สูงสุด ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ดังสมการที่ (1) หรือ สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Average of Load in the period}}{\text{Peak Load in the same period}} \quad (1)$$

หรือ

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Average of MWh per year}}{MW_{\max} \times 8,784 \text{ hrs}} \quad (2)$$

โดยปกติ Load factor จะมีค่าน้อยกว่า 1 จากสมการที่ (1) Load สูงสุดจะมากกว่า Load เฉลี่ยเสมอ ถ้าค่า Load factor ใกล้เคียงกับ 1 แสดงว่าโรงไฟฟ้าที่สร้างนี้มีการใช้งานที่คุ้มค่างบเงินที่ลงทุน เพราะ Load เฉลี่ย ใกล้เคียงกับ Load สูงสุด ดังนั้น ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยจะไม่แพงมาก [14]

2.5.2 ตัวประกอบกำลังผลิต (Capacity Factor or Plant Factor)

ตัวประกอบกำลังผลิต คือ อัตราส่วนระหว่าง Load เฉลี่ย (Average load) ในช่วงเวลาที่พิจารณาต่อขนาดของโรงไฟฟ้า ดังสมการที่ (3)

$$\text{Capacity Factor} = \frac{\text{Average of Load}}{\text{Size of the Power Plant}} \quad (3)$$

ค่า Capacity factor บ่งบอกว่า ขนาดของโรงไฟฟ้าใกล้เคียงกับปริมาณไฟฟ้าที่ ต้องการเพียงใด โดยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เสมอ หากค่าใกล้เคียงกับ 1 แสดงว่าโรงไฟฟ้ามีขนาดใกล้เคียงกับปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการ แสดงถึงการใช้โรงไฟฟ้าที่คุ้มค่างบเงินที่ลงทุน ถ้าขนาดของโรงไฟฟ้าเท่ากับขนาดของ Load สูงสุด ค่า Load factor จะเท่ากับค่า Capacity factor ขนาดของ

โรงไฟฟ้าที่ติดตั้งส่วนใหญ่จะมากกว่า Load สูงสุด โดยค่าที่บ่งบอกว่า ขนาดโรงไฟฟ้ามีขนาดมากกว่า Load สูงสุดเท่าใด คือ ค่า Reserve factor [14]

2.5.3 ตัวประกอบสำรองไฟฟ้า (Reserve Factor)

ตัวประกอบสำรองไฟฟ้า (Reserve Factor) คือ อัตราส่วนขนาดโรงไฟฟ้า (MW_{inst}) ต่อขนาดของ Load สูงสุด (MW_{max}) หรืออัตราส่วน Load factor ต่อ Capacity factor ซึ่งหาได้จาก ดังสมการที่ (4)

$$Reserve\ Factor = \frac{Load\ factor}{Capacity\ factor} \quad (4)$$

ค่า Reserve factor จะมากกว่า 1 เสมอ เช่น ถ้า Reserve factor มีค่าเป็น 1.2 แสดงว่า ขนาดของโรงไฟฟ้านี้มากกว่า Load สูงสุดประมาณ 20% นั่นคือมีการสำรองการผลิตไฟฟ้าไว้ที่ 20% [14]

2.5.4 การพยากรณ์จำนวนรถยนต์ใหม่ทั้งหมด

สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของจำนวนรถยนต์ที่สะสมในระบบในแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 - 2558 จากกรมการขนส่งทางบก [15] โดยมีสมมติฐานว่า จำนวนรถยนต์ต่อจำนวนประชากร (Vehicle Ownership) ในปีใด ๆ ขึ้นอยู่กับค่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per Capita) ของปีนั้น เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vehicle Ownership ของจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (รย.1) กับค่า GDP per Capita โดยอ้างอิงจากสมการที่มีการศึกษามาแล้ว จากบทความทางวิชาการเรื่อง Modelling vehicle ownership and use in low income countries ซึ่งถูกอ้างอิงจากโดยงานวิจัยทางด้านรถยนต์มาแล้วกว่า 170 เรื่อง ดังสมการที่ (5)

$$VO = \frac{S}{1 + e^{-aGDP_{cap} - b}} \quad (5)$$

เมื่อ VO (Vehicle Ownership) เป็นจำนวนรถยนต์ต่อจำนวนประชากร
 S (Saturated Vehicle Ownership) เป็นค่าอิ่มตัวของจำนวนรถยนต์ต่อจำนวนประชากร หมายความว่า เมื่อ GDP per Capita สูงขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่ง Vehicle Ownership ก็จะไม่สูงขึ้นไปกว่าค่า S

$GDP\ Cap$ (GDP per Capita) เป็นค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว

2.5.5 การประมาณค่าจำนวนประชากรสำหรับแบบสอบถาม (Yamane, 1973)

การประมาณค่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็นสิ่งจำเป็นในการเก็บข้อมูลการสำรวจพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย การใช้ทฤษฎีของ Taro Yamane [16] จากข้อมูลที่ศึกษาจำนวนรถยนต์ไฟฟ้ามีมากกว่า 100,000 คัน ดังนั้นค่า e เท่ากับ 0.5 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างประชากรจะเท่ากับ 400 คน มีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95 % เพื่อหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ดังสมการที่ (6)

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (6)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่าง
 N เป็นจำนวนของประชากรที่ต้องการศึกษา
 e เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

2.5.6 การทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

หลังจากการออกแบบแบบสอบถาม และประมาณค่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ควรทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถามโดยการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence: IOC) [17] ด้วยผู้เชี่ยวชาญในด้านนั้น ๆ โดยการประเมินจะต้องมีคะแนนมากกว่า 0.5 ขึ้นไป จะผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งสมการของ IOC สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (7)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (7)$$

เมื่อ IOC เป็นค่าดัชนีความสอดคล้อง
 R เป็นผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน
 N เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญ
 เกณฑ์การประเมิน: +1 ได้แก่มีความเหมาะสม สอดคล้องตรงกับวัตถุประสงค์
 0 ได้แก่ไม่แน่ใจ
 -1 ได้แก่ไม่สอดคล้องหรือไม่ตรงกับวัตถุประสงค์

2.5.7 การขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up)

พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในงานวิจัยนี้จะถูกคำนวณโดยเทคนิคการขยายขนาดจำนวนประชากรจากคำตอบในแบบสอบถาม เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของ

จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่ได้จากการทำนายในแต่ละปี ได้มีการใช้ข้อมูลพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างการชาร์จแบตเตอรี่ และความจุแบตเตอรี่ของแต่ละคน รวม 450 คน ซึ่งจะแยกคำนวณตามประเภทรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ PHEV จำนวน 225 คน และ BEV จำนวน 225 คน [18] ดังสมการที่ (8)

$$E = (C_{stop} - C_{begin}) \times C_{EV,Battery} \quad (8)$$

เมื่อ E เป็นการใช้งานไฟฟ้าต่อวันต่อคน (kWh)

C_{stop} เป็นเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่เมื่อหยุดชาร์จ โดยคำนวณจากคำตอบในแบบสอบถามที่ผู้ใช้งานแต่ละคนเลือกเป็นค่าเฉลี่ย

C_{begin} เป็นเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่เมื่อเริ่มชาร์จ โดยคำนวณจากคำตอบในแบบสอบถามที่ผู้ใช้งานแต่ละคนเลือกเป็นค่าเฉลี่ย

$C_{EV,Battery}$ เป็นความจุแบตเตอรี่ (kWh) ตามคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละแบรนด์ และแต่ละรุ่น ดังตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

หลังจากได้การใช้งานไฟฟ้าต่อวันต่อคน สามารถคำนวณหาการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงได้ โดยคำนวณจากประสิทธิภาพของหัวชาร์จแต่ละชนิด [18] ดังสมการที่ (9)

$$Time\ Period\ (hrs) = \frac{E}{Charger\ (kW)} \quad (9)$$

เมื่อ $Time\ Period$ เป็นระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ต่อคน (hrs)

E เป็นการใช้งานไฟฟ้าต่อวันต่อคน (kWh)

$Charger$ เป็นหัวชาร์จที่รองรับไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่ (kW) ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5 รายละเอียดคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

แบรนด์	รุ่น	Battery Capacity (kWh)	AC Charger (kWh)	DC Charger (kWh)	Distance (km)
MG	HS PHEV	16.6	7.4	-	67
GMW	HAVAL H6 PHEV	34.0	6.6	60.0	201
Mitsubishi	Outlander	13.8	3.7	40.0	55
Volvo	XC40 Recharge PHEV	10.7	3.6	50.0	44

ที่มา: สอบถามบริษัทรถยนต์ไฟฟ้าทางโทรศัพท์

ตารางที่ 5 รายละเอียดคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) (ต่อ)

แบรนด์	รุ่น	Battery Capacity (kWh)	AC Charger (kWh)	DC Charger (kWh)	Distance (km)
Volvo	XC60 Recharge PHEV	10.4	3.3	-	54
	XC90 PHEV	11.6	3.7	-	76
	S90 T8 PHEV	10.4	3.7	-	52
	V60 PHEV	11.6	3.6	-	88
Toyota	Prius PHEV	13.6	7.4	-	105
	RAV 4	18.1	6.6	-	75
BMW	X1 XDrive25e	11.0	3.7	-	89
	X2 XDrive25e	10.0	3.7	-	57
	X3 XDrive30e	13.0	3.7	13.0	47
	X5 XDrive45e	24.0	3.7	24.0	87
	330e PHEV M Performance Edition	12.0	3.7	12.0	60
Audi	Q7 60 TFSI e	17.9	7.4	-	54
	Q8 60 TFSI e	17.9	7.4	-	54
Jaguar	F-Pace PHEV	19.2	7.4	-	65
Mercedes	GLE 500e PHEV	8.8	3.7	-	30
Benz	C350e PHEV	25.4	11.0	55.0	100
	GLE 350 de 4 Matic Exclusive	31.2	7.4	60.0	106
Land	Sport P 400e PHEV	12.4	7.4	-	51
Rover	P 400e PHEV	19.2	7.4	50.0	43
Porsche	Cayenne PHEV	14.1	7.4	-	47
KIA	Niro PHEV	11.1	3.3	-	65
	Xceed PHEV	8.9	7.2	-	57
Lexus	RX 450h+ PHEV	18.1	6.6	-	87

ที่มา: สอบถามบริษัทรถยนต์ไฟฟ้าทางโทรศัพท์

ตารางที่ 6 รายละเอียดคุณสมบัติของรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

แบรนด์	รุ่น	Battery Capacity (kWh)	AC Charger (kWh)	DC Charger (kWh)	Distance (km)
MG	ZS EV (D,X)	50.3	6.6	75.0	403
	EP / EP Plus	50.3	6.6	75.0	403
	MG4	51.0	11.0	75.0	380
	ES	51.0	6.6	87.0	380
GMW	ORA Good Cat (400PRO)	47.0	6.6	60.0	400
	ORA Good Cat (500ULTRA)	63.0	6.6	60.0	500
Nissan	Leaf EV	40.0	6.6	-	311
Volvo	XC40 Recharge Pure Electric	75.0	11.0	150.0	565
Tesla	Model 3 (standard)	55.0	7.6	170.0	491
	Model 3 (Long Range)	75.0	11.5	210.0	602
	Model 3 (Performance)	82.0	11.0	250.0	547
	Model Y (Standard)	57.5	11.0	170.0	510
	Model Y (Long Range)	75.0	11.0	250.0	623
	Model Y (Performance)	75.0	11.0	250.0	582
BMW	iX3 M Sport	74.0	11.0	50.0	460
	i4 M50	83.0	11.0	50.0	521
Audi	Q8 e-tron 50 quattro	95.0	11.0	150.0	530
Jaguar	I-Pace	90.0	7.0	100.0	470
BYD	Atto 3	49.0	7.0	70.0	410
	T3	60.5	7.0	80.0	480
NETA	V	38.5	6.6	50.0	384

ที่มา: สอบถามบริษัทรถยนต์ไฟฟ้าทางโทรศัพท์

หลังจากนั้นจะคำนวณตามสมการ (8) (9) โดยแยกคำนวณตามประเภทรถยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ PHEV จำนวน 225 คน และ BEV จำนวน 225 คน จึงทราบปริมาณพลังงานไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ดังนี้ ก) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ PHEV ($E_{Total, PHEV}$) เท่ากับ 3,299.07 kWh สามารถทำการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) ได้โดยใช้จำนวนของรถไฟฟ้าในแต่ละปีของ 3 สถานการณ์ [18] ประเภท PHEV ดังสมการที่ (10)

$$E_{Scale-Up, PHEV} = \frac{E_{Total, PHEV} \times N_{EV, PHEV} \times N_{Year}}{N_{Survey, PHEV}} \quad (10)$$

เมื่อ $E_{Scale-up, PHEV}$ เป็นการใช้งานพลังงานไฟฟ้าต่อปีที่ขยายขนาดจำนวนประชากรแล้วของผู้ใช้งานประเภท PHEV (kWh)

$E_{Total, PHEV}$ เป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งานประเภท PHEV (kWh)

$N_{EV, PHEV}$ เป็นจำนวนรถไฟฟ้าประเภท PHEV ในแต่ละปีของ 3 สถานการณ์

N_{Year} เป็นจำนวนวันในปีนั้น ๆ

$N_{Survey, PHEV}$ เป็นจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามประเภท PHEV จำนวน 225 คน

$N_{Survey, BEV}$ เป็นจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามประเภท BEV จำนวน 225 คน

และ ข) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ BEV ($E_{Total, BEV}$) เท่ากับ 6,967.96 kWh สามารถทำการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) ได้โดยใช้จำนวนของรถไฟฟ้าในแต่ละปีของ 3 สถานการณ์ [18] ประเภท BEV ดังสมการที่ (11)

$$E_{Scale-Up, BEV} = \frac{E_{Total, BEV} \times N_{EV, BEV} \times N_{Year}}{N_{Survey, BEV}} \quad (11)$$

เมื่อ $E_{Scale-up, BEV}$ เป็นการใช้งานพลังงานไฟฟ้าต่อปีที่ขยายขนาดจำนวนประชากรแล้วของผู้ใช้งานประเภท BEV (kWh)

$N_{EV, PHEV}$ เป็นจำนวนรถไฟฟ้าประเภท PHEV ในแต่ละปีของ 3 สถานการณ์

N_{Year} เป็นจำนวนวันในปีนั้น ๆ

$N_{Survey, BEV}$ เป็นจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามประเภท BEV จำนวน 225 คน

หลังจากจะได้ปริมาณการการใช้งานพลังงานไฟฟ้าต่อปีที่ขยายขนาดจำนวนประชากรแล้วของผู้ใช้งานประเภท PHEV และประเภท BEV ทั้ง 3 สถานการณ์จำลอง

2.6 การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำให้ส่งผลกระทบต่อทั่วโลก [19] เลขาธิการสหประชาชาติจึงได้ออกมาประกาศว่าขณะนี้โลกได้ก้าวผ่านยุคโลกร้อน (Global Warming) และเข้าสู่ยุคโลกเดือด (Global Boiling) องค์กรต่าง ๆ ทั่วโลกตั้งเป้าหมายและดำเนินมาตรการอย่างเร่งด่วนเพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายสีเขียว คือ การอาศัยกลไกราคาและตลาดคาร์บอน โดยกลไกราคาคาร์บอน (Carbon Pricing) หมายถึง การทำให้การปล่อยคาร์บอนมีต้นทุนหรือราคาที่ต้องจ่าย เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกลไกดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) ที่กำหนดอัตราภาษีต่อหน่วยการปล่อยคาร์บอน ซึ่งอาจเก็บจากแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Tax) หรือจากการใช้ประโยชน์ เช่น เก็บตามปริมาณคาร์บอนในน้ำมัน ตลอดจนกลไกตลาดซื้อขายการปล่อยคาร์บอนที่สำคัญ ได้แก่

ระบบซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme: ETS) กำหนดให้องค์กรต่างๆ สามารถปล่อยคาร์บอนได้ เมื่อได้รับการจัดสรรสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Allowance) โดยรัฐบาลจะกำหนดเพดานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไว้ และอนุญาตให้มีการซื้อขายสิทธิในการปล่อยคาร์บอน (Cap and Trade) จึงมีลักษณะเป็นกลไกกำกับในระดับองค์กรที่เป็นผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายใหญ่ (Site-based หรือ Facility-based Mechanism) ให้ลดก๊าซเรือนกระจกตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น ETS ในสหภาพยุโรป สหราชอาณาจักร และจีน

การซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) เป็นการซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บได้จากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานต่างๆ (Project-based Mechanism) ซึ่งสามารถนำไปชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรได้ คาร์บอนเครดิตจะมาจากโครงการ 2 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission reduction / avoidance) เช่น การใช้พลังงานทดแทน การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน และการจัดการของเสีย และ 2) การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Removal หรือ nature-based sequestration) เช่น การใช้เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน และการปลูกป่า โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จาก (Business as usual: BAU) ต้องได้รับการรับรองและขึ้นทะเบียนตามมาตรฐานต่างๆ เป็นคาร์บอนเครดิตก่อน ผู้ดำเนินโครงการลดคาร์บอน (Supply) จึงจะสามารถนำไปขายแก่ผู้ต้องการชดเชยการปล่อยคาร์บอน (Demand) ได้

ตัวอย่างมาตรฐานคาร์บอนเครดิตที่ได้รับความนิยมในระดับสากล เช่น Clean Development Mechanism (CDM) ซึ่งเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศขององค์การสหประชาชาติ

Gold Standard (GS) พัฒนาโดยองค์การกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (WWF) และองค์กรไม่แสวงหาผลกำไรอื่นๆ และ Verified Carbon Standard (VCS) ของ Verra นอกจากนี้ไทยยังมีมาตรฐานคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Project: T-VER) ทั้งนี้ มาตรฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายและมีปริมาณการรับรองมากที่สุด คือ VCS โดยมีส่วนแบ่งปริมาณเครดิตในตลาดโลกถึง 42% ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2565 รองลงมา ได้แก่ CDM (32%) และ GS (8.2%) ตามลำดับ ในขณะที่คาร์บอนเครดิตจากมาตรฐาน T-VER ของไทย คิดเป็นเพียง 0.8% ของทั้งโลก

สถานะตลาดคาร์บอนเครดิตของประเทศไทยในปัจจุบัน ปริมาณคาร์บอนเครดิตได้รับการรับรองและขึ้นทะเบียนกับองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. จะสามารถนำไปซื้อขายผ่านตลาดคาร์บอนเครดิตได้ รูปแบบการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1.การตกลงกันเองระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย (Over the Counter: OTC) สามารถถ่ายโอนเครดิตระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขายผ่านการจัดทำสัญญาซื้อขายคาร์บอนเครดิต และ 2.การซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มหรือศูนย์ซื้อขายคาร์บอนเครดิต (FTIX) ที่ทำหน้าที่เหมือนตลาดหลักทรัพย์ในการจับคู่ราคาซื้อและราคาขายที่ตรงกันโดยอัตโนมัติ

สำหรับภาพรวมการซื้อขายคาร์บอนเครดิตของไทยนั้น แม้จะยังมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ขึ้นทะเบียนได้จากโครงการ T-VER ต่าง ๆ โดยในปี พ.ศ. 2565 มีคาร์บอนเครดิตที่ได้รับการรับรอง 4.7 MtCO₂eq แต่ปริมาณการซื้อขายอยู่ที่ราว 1.2 MtCO₂eq หรือคิดเป็นประมาณ 1 ใน 4 เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณและมูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเครดิตจากโครงการ T-VER เติบโตอย่างก้าวกระโดดเมื่อเทียบกับช่วงแรกของการดำเนินงาน โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมในช่วงปี พ.ศ. 2559-2565 ถึง 144% และ 131% ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2565 ที่มีปริมาณและมูลค่าการซื้อขายสูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ เนื่องจากในปีดังกล่าว กระแสความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมแพร่หลายและเด่นชัดขึ้น รวมถึงภาคธุรกิจที่ได้ตั้งเป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net Zero Emission ระดับองค์กรมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดความต้องการซื้อคาร์บอนเครดิตจำนวนมาก เพื่อกักตุนปริมาณคาร์บอนเครดิตในช่วงที่ราคาซื้อขายยังไม่ขยายตัวสูง ซึ่งท้ายที่สุดจะสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กรได้ ในขณะที่ผู้พัฒนาโครงการเองสามารถมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการขายคาร์บอนเครดิต นอกจากนี้ คาร์บอนเครดิตที่ได้รับจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถถ่ายโอนระหว่างประเทศได้ ตามมาตราที่ 6 ของความตกลงปารีส (Article 6 of Paris Agreement) ภายใต้แนวทางและระบบติดตามที่หลีกเลี่ยงการนับผลการลดก๊าซเรือนกระจกซ้ำ

(Double counting) สะท้อนว่าผู้พัฒนาโครงการคาร์บอนเครดิตจะมีโอกาสจากทั้งตลาดในประเทศ และตลาดระหว่างประเทศ ที่มุ่งไปสู่เป้าหมายด้านความยั่งยืนเช่นเดียวกัน

การคำนวณคาร์บอนเครดิตจึงมีความสำคัญ โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (T VER S-METH-04-01 Version 02: ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ ยานพาหนะไฟฟ้า) [20] กำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ดังสมการที่ (12) และมีตัวแปรดังตารางที่ 7

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (12)$$

- เมื่อ ER_y เป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี y (tCO₂eq/year)
 BE_y เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO₂eq/year)
 PE_y เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO₂eq/year)
 LE_y เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ ในปี y (tCO₂eq/year)

ตารางที่ 7 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ตัวแปร	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
กรณีฐาน	BE_y	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO ₂	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปใน
การดำเนินโครงการ	PE_y	การใช้พลังงานไฟฟ้า	CO ₂	การใช้พลังงานไฟฟ้าจากยานพาหนะไฮบริด/ ยานพาหนะไฟฟ้า
		การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	CO ₂	การใช้พลังงานไฟฟ้าจากยานพาหนะไฮบริด
นอกขอบเขตโครงการ	LE_y	ไม่เกี่ยวข้อง	-	-

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) T VER S-METH-04-01 Version 02 [20]

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) [20] การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยคิดเทียบจากปริมาณการบรรทุกขนส่งหรือระยะทางของยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้า สามารถคำนวณกรณีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปในได้ดังสมการที่ (13) และมีค่าตัวแปรดังตารางที่ 8 – 11 ตามลำดับ และผลลัพธ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (BE_y) จะแสดงผลการคำนวณในบทที่ 3 ดังตารางที่ 39

$$BE_y = \sum_{i,x} [(SFC_{i,x} \times NCV_x \times EF_{CO_2,x}) \times L_{km,i,y} \times 10^{-9}] \quad (13)$$

เมื่อ BE_y เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (tCO₂/year)

SFC_{i,x} เป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่อระยะทางจากยานพาหนะคันที่ i ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x ในกรณีฐาน (unit/km)

NCV_x เป็นค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x (MJ/unit)

EF_{CO₂,x} เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x (kgCO₂/TJ)

L_{km} เป็นค่าระยะทางของรถยนต์ไฮบริดหรือรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แทนพาหนะคันที่ i จากการดำเนินโครงการ ในปี y (ton-km/year)

ตัวแปรอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่อระยะทางจากยานพาหนะ (SFC_{i,x}) ในสมการที่ (13) ผู้วิจัยฯ เลือกคำนวณรถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc) เชื้อเพลิงเบนซิน มีอัตราการสิ้นเปลือง เท่ากับ 17.770 km/L ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่อระยะทางจากยานพาหนะ (SFC_{i,x})

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลือง
รถยนต์ขนาดเล็ก (1500 cc)	เบนซิน	km/L	17.770
รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc)	เบนซิน	km/L	15.238
รถยนต์ขนาดกลาง (1800 cc)	เบนซิน	km/L	13.796
รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000 cc)	เบนซิน	km/L	12.248

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [21]

ตารางที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่อระยะทางจากยานพาหนะ ($SFC_{i,x}$) (ต่อ)

ประเภทรถยนต์	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการสิ้นเปลือง
รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	14.763
รถกระบะส่วนบุคคล 1 คัน	ดีเซล	km/L	11.111
รถกระบะบรรทุกทุกเฉลี่ย	ดีเซล	km/L	6.369
รถ NGV	CNG	km/kg	11.905
รถ LPG	LPG	km/L	8.929
รถตู้โดยสาร	ดีเซล	km/L	10.204
รถโดยสารประจำทาง	ดีเซล	km/L	2.850
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่า 125 cc	เบนซิน	km/L	36.625
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเครื่องยนต์ขนาด 125 cc	เบนซิน	km/L	38.655
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเครื่องยนต์ขนาด 120 cc	เบนซิน	km/L	37.245
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเครื่องยนต์ขนาด 150 cc	เบนซิน	km/L	27.625
รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	37.640
รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะเฉลี่ยทุกขนาด	เบนซิน	km/L	32.435

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [21]

ตัวแปรค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (NCV_x) [22] ในสมการที่ (13) ผู้วิจัย เลือกคำนวณเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน (ลิตร) มีค่าความร้อนสุทธิ เท่ากับ 31.48 MJ/unit ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล (NCV_x)

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสุทธิ (MJ/unit)
น้ำมันเบนซิน (ลิตร)	31.48
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	36.42
NGV/CNG (กิโลกรัม)	37.92
LPG (ลิตร)	26.62

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) LESS-TM-01 Version 02 [22]

ตัวแปรค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ($EF_{CO_2,x}$) [23, 24] ในสมการที่ (13) ผู้วิจัยฯ เลือกคำนวณ Motor Gasoline มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เท่ากับ $69,300 \text{ (kg/TJ)}^2$ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ($EF_{CO_2,x}$)

Fuel type English description		Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidaton Factor	Effective CO ₂ emission factor (kg/TJ) ²		
				Default value	95% confidence interval	
		A	B	C=A*B*44/12*1000	Lower	Upper
Crude oil		20.0	1	73,300	71,100	75,500
Orimulsion		21.0	1	77,000	69,300	85,400
Natural gas Liquids		17.5	1	64,200	58,300	70,400
Gasoline	Motor Gasoline	18.9	1	69,300	67,500	73,000
	Aviation Gasoline	19.1	1	70,000	67,500	73,000
	Jet Gasoline	19.1	1	70,000	67,500	73,000
	Jet Kerosene	19.5	1	71,500	69,700	74,400
Other Kerosene		19.6	1	71,900	70,800	73,700
Shale Oil		20.0	1	73,300	67,800	79,200
Gas/Dissel Oil		20.2	1	74,100	72,600	74,800
Residual Fuel Oil		21.1	1	77,400	75,500	78,800
Liquefied Petroleum Gases		17.2	1	63,100	61,600	65,600
Ethene		16.8	1	61,600	56,500	68,600
Naphtha		20.0	1	73,300	69,300	76,300
Bitumen		22.0	1	80,700	73,000	89,900
Liubricants		20.0	1	73,300	71,900	75,200
Petroleum Coke		26.6	1	97,500	82,900	115,000
Refinery Feedstocks		20.0	1	73,300	68,900	76,600

ที่มา: Table 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories [23]

ตารางที่ 10 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ($EF_{CO_2,x}$) (ต่อ)

Fuel type English description		Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidaton Factor	Effective CO ₂ emission factor (kg/TJ) ²		
				Default value	95% confidence interval	
Other Oil	Refinery Gas	15.7	1	57,600	48,200	69,000
	Paraffin Waxes	20.0	1	73,300	72,200	74,400
	White Spirit & SBP	20.0	1	73,300	72,200	74,400
Other Petroleum Products		20.0	1	73,300	72,200	74,400
Other Petroleum Products		20.0	1	73,300	72,200	74,400
Anthracite		26.8	1	98,300	94,600	101,000
Coking Coal		25.8	1	94,600	87,300	101,000
Other Bituminous Coal		25.8	1	94,600	89,500	99,700
Sub-Bituminous Coal		26.2	1	96,100	92,800	100,000
Lignite		27.6	1	101,000	90,900	115,000
Natural Gas		15.3	1	56,100	54,300	58,300
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		25.0	1	91,700	73,300	121,000
Industrial Wastes		39.0	1	143,000	110,000	183,000
Waste Oil		20.0	1	73,300	72,200	74,400
Peat		28.9	1	106,000	100,000	108,000
Solid Biofuels	Wood/Wood Waste	30.5	1	112,000	95,000	132,000
	Sulphite lyes (black liquor) ⁵	26.0	1	95,300	80,700	110,000
	Other Primary Solid Biomass	27.3	1	100,000	84,700	117,000
	Charcoal	30.5	1	112,000	95,000	132,000

ที่มา: Table 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories [23]

ตารางที่ 10 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ($EF_{CO_2,x}$) (ต่อ)

Fuel type English description		Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidaton Factor	Effective CO ₂ emission factor (kg/TJ) ²		
				Default value	95% confidence interval	
Liquid Biofuels	Biogasoline	19.3	1	70,800	59,800	84,300
	Biodiesels	19.3	1	70,800	59,800	84,300
	Other Liquid Biofuels	21.7	1	79,600	67,100	95,300
Gas biomass	Landfill Gas	14.9	1	54,600	46,200	66,000
	Sludge Gas	14.9	1	54,600	46,200	66,000
	Other Biogas	14.9	1	54,600	46,200	66,000
Other non-fossil	Municipal Wastes (biomass fraction)	27.3	1	100,000	84,700	117,000
Notes:						
¹ The lower and upper limits of the 95 percent confidence intervals, assuming lognormal distributions, fitted to a dataset, based on national inventory reports, IEA data and available national data. A more detailed description is given in section 1.5						
² TJ = 1000GJ						
³ The emission factor values for BFG includes carbon dioxide originally contained in this gas as well as that formed due to combustion of this gas.						
⁴ The emission factor values for OSF includes carbon dioxide originally contained in this gas as well as that formed due to combustion of this gas						
⁵ Includes the biomass-derived CO ₂ emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO ₂ emitted from the kraft mill lime kiln.						

ที่มา: Table 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories [23]

ตัวแปรค่าระยะทางของยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($L_{km,i,y}$) ในสมการที่ (13) ผลการบันทึกข้อมูลระยะทางการวิ่งของรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการสำรวจแบบสอบถาม จำนวน 450 คน มีค่าระยะทางขับขี่เฉลี่ย 67 km/day ซึ่งใน 1 ปี จะมีระยะทางขับขี่เฉลี่ย 24,455 km/year ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าระยะทางของยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($L_{km,i,y}$)

ประเภทรถยนต์	ระยะทางขับขี่เฉลี่ย (km/year)
รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า	24,455

ที่มา: ตารางที่ 44 เปรียบเทียบข้อมูลการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้า

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) [20] การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับชาร์จยานพาหนะและการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (เฉพาะยานพาหนะไฮบริด) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (14) – (16) และผลลัพธ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ PE_y จะแสดงผลการคำนวณในบทที่ 3 ดังตารางที่ 40

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y} \quad (14)$$

เมื่อ PE_y เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงฟอสซิลการดำเนินโครงการ ในปี y ($tCO_2/year$)

$PE_{EC,y}$ เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y ($tCO_2/year$)

$PE_{FC,y}$ เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y ($tCO_2/year$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ [20] และมีค่าตัวแปรดังตารางที่ 12 และตารางที่ 46-47 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (15)

$$PE_{EC,y} = \sum_i (EC_{PJ,i,y} - EC_{RE,PJ,i,y}) \times EF_{EC,y} \times 10^{-3} \quad (15)$$

เมื่อ $PE_{EC,y}$ เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจากยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO₂/year)

$EC_{PJ,i,y}$ เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับচার์จยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าคันที่ i จากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EC_{RE,i,y}$ เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับচার์จยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าคันที่ i จากการดำเนินโครงการ ในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่งสำหรับผู้ใช้อิไฟฟ้า ในปี y (tCO₂/MWh)

ตัวแปรปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับচার์จยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้า $EC_{PJ,i,y}$ ในสมการที่ (15) ตัวแปรดังกล่าวเป็นผลรวมที่ได้จากการคำนวณในสมการ (10) และสมการ (11) ดังตารางที่ 46 สามารถดูผลที่เป็นตัวเลขได้ในภาคผนวก ข

ตัวแปรปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับচার์จยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้า $EC_{RE,i,y}$ ในสมการที่ (15) ตัวแปรดังกล่าวคำนวณจากผล $EC_{PJ,i,y}$ หักสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนต่อกำลังการผลิตทั้งหมด (ข้อมูลจากตารางที่ 27) ดังนั้นผล $EC_{RE,i,y}$ ที่ได้จะแสดงในตารางที่ 47 สามารถดูผลที่เป็นตัวเลขได้ในภาคผนวก ข

ตัวแปรค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้อิไฟฟ้าสำหรับโครงการ Standard T-VER และโครงการ LESS ($EF_{EC,y}$) ในสมการที่ (15) ผู้วิจัยฯ เลือกคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้อิไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2564 เนื่องจากเป็นข้อมูลฉบับล่าสุดในรายงาน T-VER-TOOL-ENERGY-01 มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสายส่งสำหรับผู้ใช้อิไฟฟ้า เท่ากับ 0.4857 tCO₂/MWh ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้อิไฟฟ้าสำหรับโครงการ Standard T-VER และโครงการ LESS ($EF_{EC,y}$)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบสายส่ง			
		พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ.2563	พ.ศ.2564
สำหรับผู้ใช้อิไฟฟ้า					
ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้อิไฟฟ้า	tCO ₂ /MWh	0.4872	0.4770	0.4758	0.4857

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) T-VER-TOOL-ENERGY-01 [25]

การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินโครงการ [20] และมีค่าตัวแปรดังตารางที่ 9-10 และตารางที่ 48 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (17)

$$PE_{FC,y} = \sum_{i,x}(FC_{PJ,i,x,y} \times NCV_x \times EF_{co2,x} \times 10^{-9}) \quad (16)$$

เมื่อ $PE_{FC,y}$ เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากยานพาหนะไฮบริดในการดำเนินโครงการ ในปี y (tCO₂/year)

$FC_{PJ,i,x,y}$ เป็นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x สำหรับยานพาหนะไฮบริดคันที่ i จากการดำเนินโครงการ ในปี y (unit/year)

NCV_x เป็นค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x (MJ/unit)

$EF_{co2,x}$ เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท x (kgCO₂/TJ)

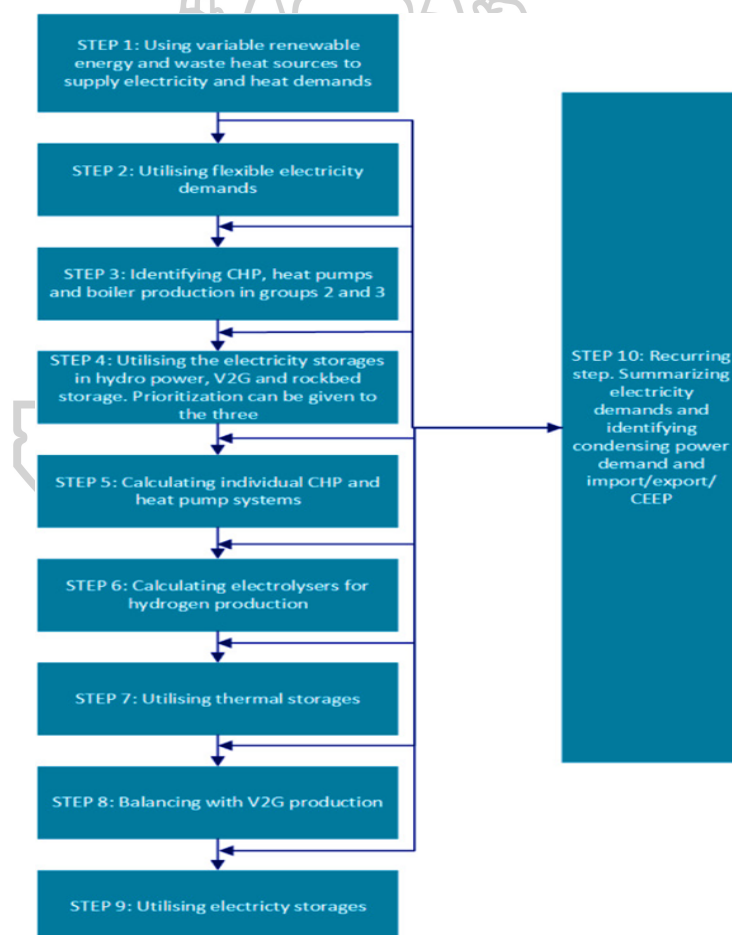
ตัวแปรปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับยานพาหนะไฮบริด $FC_{PJ,i,x,y}$ ในสมการที่ (16) ตัวแปรดังกล่าวคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในการขับเคลื่อนของรถประเภท PHEV ที่ได้จากแบบสอบถาม เท่ากับ 5.28 kWh การพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในการขับเคลื่อนต่อกิโลเมตร เท่ากับ 0.155 kWh/km ซึ่งจะได้ระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อน จากนั้นนำระยะทางเฉลี่ยในการขับเคลื่อน เท่ากับ 67 km หักกับระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อน จะได้ระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้น้ำมันขับเคลื่อนและนำไปหารด้วยอัตราสิ้นเปลืองการใช้น้ำมันต่อหนึ่งกิโลเมตร แล้วนำไปคูณจำนวนรถประเภท PHEV ทั้ง 3 สถานการณ์ คูณจำนวนวันในหนึ่งปี และหารด้วยวันเฉลี่ยในการชาร์จแบตเตอรี่รถประเภท PHEV ต่อครั้ง ซึ่งได้ข้อมูลจากคำตอบในแบบสอบถาม เท่ากับ 2.72 วัน จึงจะได้ผลลัพธ์ของ $FC_{PJ,i,x,y}$ ดังตารางที่ 48 สามารถดูผลที่เป็นตัวเลขได้ในภาคผนวก ซ

ตัวแปรค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิล NCV_x ในสมการที่ (16) แสดงค่าดังตารางที่ 9 และตัวแปรค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล $EF_{co2,x}$ ในสมการที่ (16) แสดงค่าดังตารางที่ 10

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยเกี่ยวกับหลักการดำเนินงานโปรแกรม EnergyPLAN

Lund et al. (2021) [26] ได้ศึกษาการใช้โปรแกรม EnergyPLAN ซึ่งกล่าวว่า EnergyPLAN เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ระบบพลังงานที่สร้างขึ้นเพื่อการศึกษาวิจัยการออกแบบพลังงานในอนาคต ช่วยให้สามารถวิเคราะห์การแปลงไฟฟ้าหมุนเวียนเป็นพลังงานอื่นได้ เช่น ความร้อน, ไฮโดรเจน และเชื้อเพลิงไฟฟ้า ตลอดจนการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน จากรูปที่ 11 อินพุตที่ใส่เข้าไปในโปรแกรม EnergyPLAN จะเป็นด้านระบบพลังงาน ได้แก่ ความต้องการพลังงาน (ความร้อน ไฟฟ้า การขนส่ง ฯลฯ) หน่วยการผลิตพลังงาน และทรัพยากร (กังหันลม โรงไฟฟ้า หม้อต้มน้ำมัน การจัดเก็บ ฯลฯ) รวมถึงการแปลงพลังงานหน่วยต่าง ๆ เช่น อิเล็กโทรไลเซอร์ โรงผลิตก๊าซชีวภาพและแก๊สซิฟิเคชัน เป็นหน่วยไฮโดรจิเนชัน



รูปที่ 11 ลำดับความสำคัญของเครื่องมือ EnergyPLAN [26]

โดยการจำลองจะกำหนดการจำลองและการทำงานของแต่ละโรงงานและระบบ รวมถึงข้อจำกัดทางเทคนิค เช่น ความสามารถในการส่งออก และต้นทุน (ค่าเชื้อเพลิง ค่าแลกเปลี่ยน

ไฟฟ้าและก๊าซ ภาษี ต้นทุนการดำเนินงานคงที่และผันแปรและต้นทุนในการลงทุน) ส่วนเอาต์พุตที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN คือความสมดุลของพลังงานและผลผลิตประจำปี ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง การนำเข้า/ส่งออก ของค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมทั้งรายได้จากการแลกเปลี่ยนไฟฟ้า ข้อดีหลักของ EnergyPLAN เมื่อเทียบกับโปรแกรมอื่น ๆ คือ ความสามารถในการจำลองระบบทั้งหมดกับทุกภาคส่วน ที่จำกัดความต้องการข้อมูล ความสามารถในการจำลองสถานการณ์ที่ผู้ใช้กำหนดได้อย่างรวดเร็ว ความโปร่งใสในการพัฒนาสถานการณ์จำลอง ขั้นตอนการจำลองชั่วคราว 1 ชั่วโมง และสามารถจำลองได้ตลอดทั้งปี

2.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดสถานการณ์จำลองในการออกแบบระบบพลังงานตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต

Hrnčić et al. (2021) [27] การวิเคราะห์เทคโนโลยีและเศรษฐกิจของระบบพลังงานในอนาคตตามแหล่งพลังงานหมุนเวียน เพื่อจัดการกับปัญหาในการวางแผนพลังงานในระยะยาว การวิจัยตัวเลือกความยืดหยุ่นที่แตกต่างกัน การจัดเก็บและเทคโนโลยีตอบสนองความต้องการระบบพลังงานกรณีศึกษาที่จำลองในแบบจำลอง EnergyPLAN

เป้าหมายของการวิจัย คือ เพื่อแสดงให้เห็นว่าตัวเลือกความยืดหยุ่นแต่ละอย่างส่งผลต่อความสามารถในการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่เป็นไปได้ทางเศรษฐกิจอย่างไร แหล่งที่มา เทคโนโลยีการจัดเก็บและการตอบสนองความต้องการเพื่อให้ได้พลังงานหมุนเวียนบางส่วนในขั้นสุดท้าย พลังงานที่ใช้ไปเพื่อติดตามการกำหนดค่าที่เป็นไปได้มากมายของระบบ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในการบูรณาการ VRES และการผลิตไฟฟ้าส่วนเกินที่สำคัญสำหรับพลังงานประเทศเดียว ระบบขึ้นอยู่กับการใช้ตัวเลือกความยืดหยุ่นที่เลือก ได้แก่ การดำเนินงานที่ยืดหยุ่นของโรงไฟฟ้าแนวคิด V2G ในการขนส่งด้วยไฟฟ้า แสดงให้เห็นผลกระทบในกรณีของบัลแกเรีย อีกทั้งความคล่องตัว มีการเปรียบเทียบตัวเลือกในแง่ของอิทธิพลต่อระบบ: RES, CEEP การปล่อย CO₂ และค่าใช้จ่ายรวมประจำปี ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 หลักการวิเคราะห์สถานการณ์ปี ค.ศ. 2050 [27]

	First scenario 2050	First scenario 2050 40% less hydro	Second scenario 2050	Second scenario 2050 40% less hydro
co ₂ emission[Mt]	0	0	0	0
Biomass consumption [TWh]	2.56	2.87	2.63	2.93

ตารางที่ 13 หลักการวิเคราะห์สถานการณ์ปี ค.ศ. 2050 [27] (ต่อ)

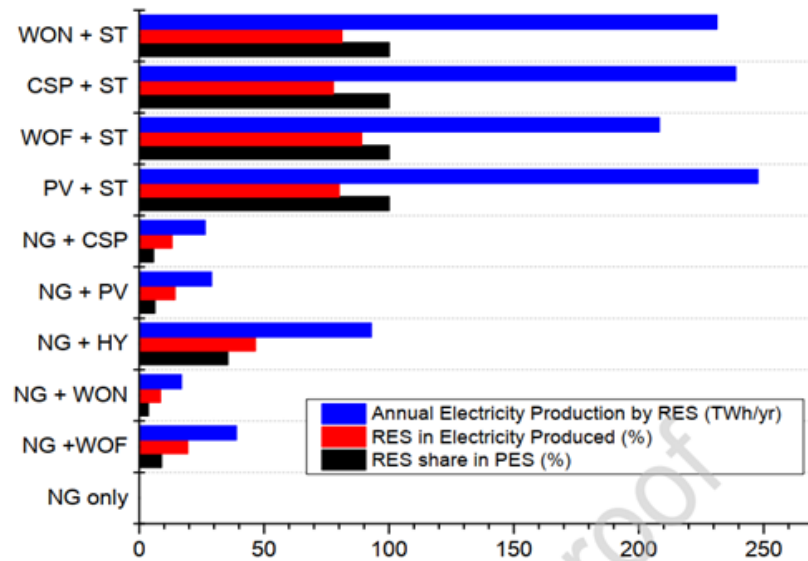
	First scenario 2050	First scenario 2050 40% less hydro	Second scenario 2050	Second scenario 2050 40% less hydro
Excess electricity [GWh]	160	60	230	190
Electricity import [GWh]	0	470	0	180

Bamisile et al. (2020) [28] ในการศึกษาได้มีการนำเสนอแผนการทำงานเชิงเศรษฐกิจใช้พลังงานไฟฟ้า 100% ในประเทศไนจีเรียภายในปี ค.ศ.2030 วิเคราะห์การใช้ก๊าซธรรมชาติ (NG) ลมบนบก (WON) ลมนอกชายฝั่ง (WOF) เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) พลังงานแสงอาทิตย์แบบเข้มข้น และโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ดำเนินการโดยใช้ EnergyPLAN

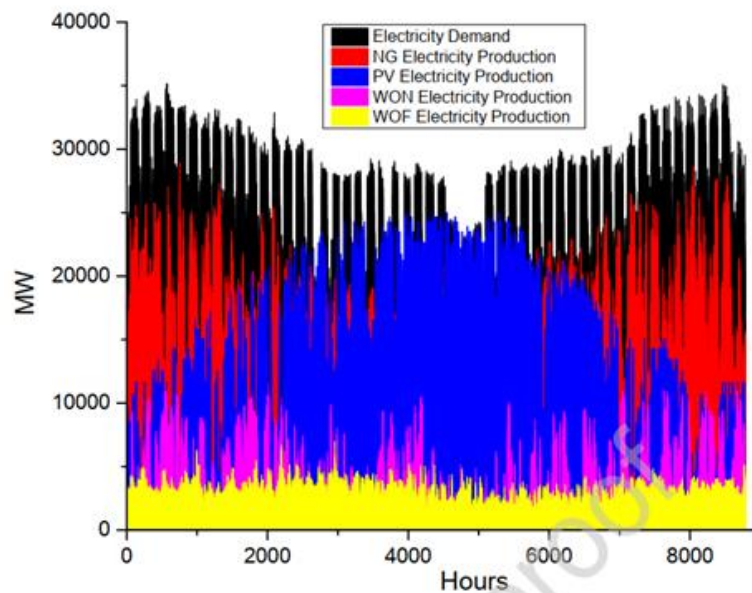
การนำเข้าการผลิตไฟฟ้าและการผลิตไฟฟ้าส่วนเกินที่สำคัญเป็นปัจจัยที่กำหนดในการศึกษานี้ ความต้องการไฟฟ้าในไนจีเรียคาดว่าจะอยู่ที่ 200 TWh ต่อปีภายในปี ค.ศ.2030 กำลังการผลิต NG ที่ 36,000 เมกะวัตต์ จะต้องเป็นไปตามความต้องการนี้หากใช้เทคโนโลยีพลังงานเดียว แผนการที่ยั่งยืนที่สุด คือ การใช้ NG และ PV หรือ NG และ WON ร่วมกัน เพื่อตอบสนองความต้องการไฟฟ้า มีการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า 100% จากโปรแกรมจำลอง EnergyPLAN การพิจารณาการใช้ RE (พลังงานแสงอาทิตย์ ลม PV CSP NG และการจัดเก็บพลังน้ำ)

การศึกษานี้พิจารณาเชื้อเพลิงฟอสซิลและแหล่งพลังงานทดแทนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนและทำให้การผลิตไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้ามีเสถียรภาพ การวิเคราะห์เหล่านี้ครอบคลุมหนึ่งปีโดยอิงตามขั้นตอนเวลารายชั่วโมง ปริมาณไฟฟ้าที่คาดการณ์ไว้ในประเทศไนจีเรีย ณ ปี ค.ศ.2019 คือ 16,500 เมกะวัตต์ เมื่อพิจารณาจากการเติบโตของประชากรในไนจีเรียและปัจจัยทางเศรษฐกิจอื่น ๆ ความต้องการไฟฟ้าภายในปี ค.ศ.2030 คาดว่าจะอยู่ที่ 19.6 GW

ดังนั้น การศึกษาในปัจจุบันจึงสันนิษฐานว่าต้องใช้ไฟฟ้า 200 TWh ต่อปี ในปี ค.ศ.2030 เพื่อรองรับความต้องการไฟฟ้าส่วนเกิน โพรไฟล์โหลดรายชั่วโมงทั่วไปของไนจีเรียถูกใช้สำหรับการจำลองโพรไฟล์ความต้องการใช้ไฟฟ้ายาววัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี โดยอิงจากความต้องการใช้ไฟฟ้า 200 TWh/ปี ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 13



รูปที่ 12 การผลิตไฟฟ้าประจำปีสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเดียวและสองแหล่ง [28]



รูปที่ 13 ไฟฟ้ารายชั่วโมงที่คุ้มค่าที่สุดด้วย 4 เทคโนโลยี (NG + WOF + WON + PV) [28]

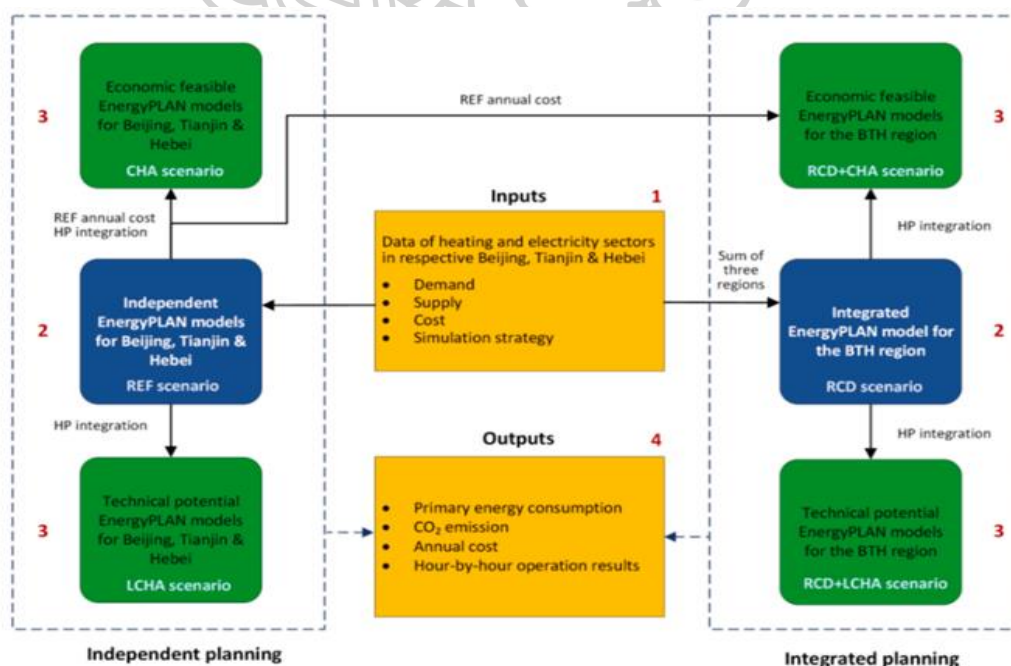
Yuan et al. (2020) [29] การส่งเสริมการทำความร้อนที่สะอาดขึ้นเป็นหนึ่งในเส้นทางสำคัญสู่การเปลี่ยนแปลงของพลังงานในอนาคต ทางออกหนึ่งที่มีแนวโน้มดี คือ การใช้ปั๊มความร้อนขนาดใหญ่ในระบบจ่ายความร้อนที่มีอยู่ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวางแผนพลังงานสำหรับภูมิภาคใกล้เคียงหลายแห่ง เพื่อสำรวจข้อดีของการทำงานร่วมกันด้านพลังงานระหว่างภูมิภาค การรวมตัวในเขตเมืองปักกิ่ง-เทียนจิน-เหอเป่ย์ (BTH) เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีมลพิษมากที่สุดในประเทศจีนที่เกิดจากระบบทำความร้อนจากถ่านหิน โดยการนำชุดการจำลองสำหรับระบบทำ

ความร้อนและพลังงานมาใช้ในเครื่องมือ EnergyPLAN สร้างแบบจำลองอิสระสามแบบสำหรับปักกิ่ง เทียนจิน และเหอเป่ย์ ตามลำดับ และโมเดลแบบบูรณาการสำหรับภูมิภาคปักกิ่ง เทียนจิน และเหอเป่ย์ ตามลำดับ ทั้งหมด บทความนี้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำความร้อนสามารถช่วยปรับปรุงด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ทั้งหมดภายในปี ค.ศ.2030 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 กำลังการผลิตไฟฟ้าของแหล่งพลังงานหมุนเวียนของปักกิ่ง เทียนจิน และเหอเป่ย์ [29]

Capacities [MW]	Beijing			Tianjin			Hebei		
	2015	2020	2030	2015	2020	2030	2015	2020	2030
Wind	200	650	2,500	323	1,160	1,930	10,200	20,800	32,307
PV	165	1,160	6,190	-	800	1,500	2,800	15,000	60,000
Hydro	980	980	980	5	5	605	182	364	364
Biomass	100	350	470	66	120	160	460	800	1,080
CSP	-	-	-	-	-	-	-	500	1,000

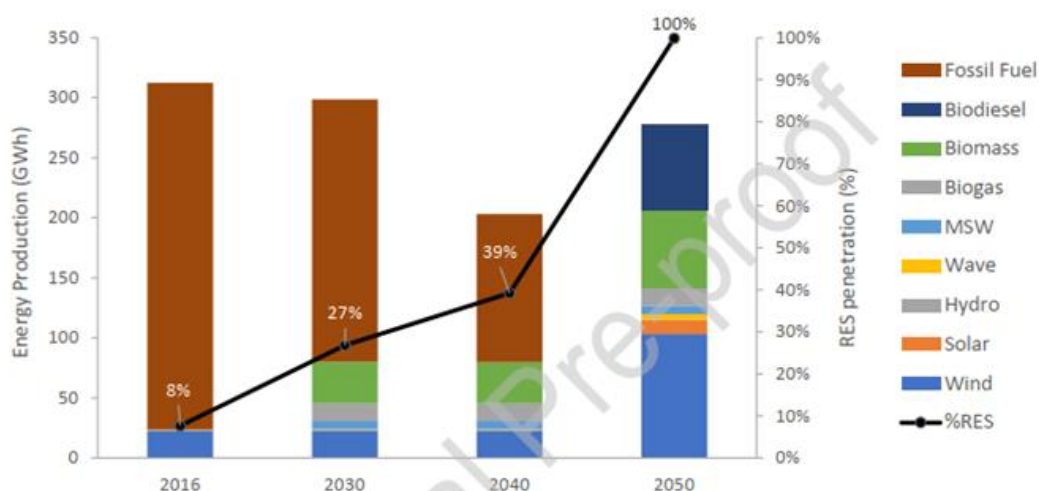
จากรูปที่ 14 สถานการณ์ในอนาคตในปี ค.ศ. 2020 - 2030 ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความร้อนที่สะอาด โดยใช้กลยุทธ์การวางแผนที่แตกต่างกัน (อิสระหรือแบบบูรณาการ) และเน้นการวิเคราะห์ (ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจหรือศักยภาพทางเทคนิค)



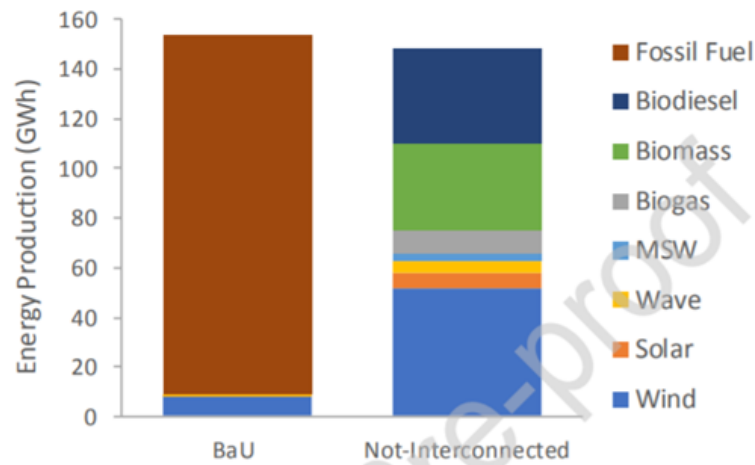
รูปที่ 14 ฝั่งงานของกระบวนการจำลองสถานการณ์ต่างๆ อินพุต เอาต์พุต และพารามิเตอร์ [29]

การผสมผสานระบบทำความร้อนแบบแยกส่วนและแบบเขตเป็นหลักการศึกษานี้ ปักกิ่งและเทียนจินมีความต้องการสูงสำหรับด้านความร้อนและไฟฟ้า แต่มีทรัพยากรหมุนเวียนไม่เพียงพอ ในขณะที่เหอเป่ย์มีแหล่งพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มาก ช่วยสร้างสมดุลอุปสงค์และอุปทาน ช่วยให้เกิดการพัฒนาแบบบูรณาการและประสานกันระหว่างภูมิภาคต่างๆ และใช้เครื่องมือ EnergyPLAN เพื่อจำลองสถานการณ์ต่างๆ การทำงานรายชั่วโมงประจำปีของระบบทำความร้อนและพลังงาน ผลกระทบของสถานการณ์ในอนาคตที่มีต่อต้นทุนรวมประจำปี พลังงานปฐมภูมิ การบริโภค การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการทำงานจะถูกวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับกรณีอ้างอิงตามการวางแผนที่เป็นอิสระ ซึ่งแนวทางในอนาคตของเทียนจินและเหอเป่ย์ กำลังส่งเสริมกฎหมายคัดแยกขยะเพื่อนำมาทำให้เป็นพลังงาน

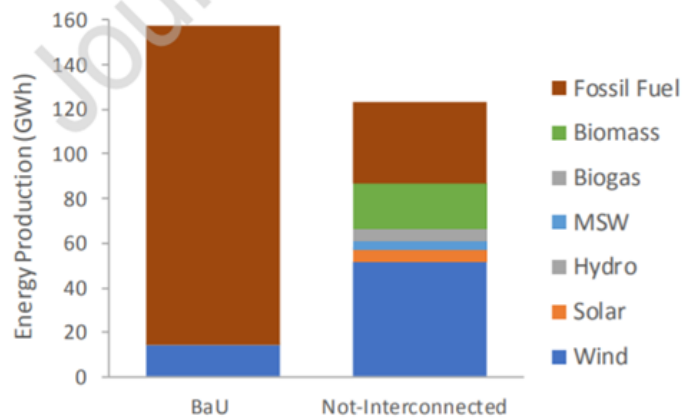
Alves et al. (2020) [30] ได้ศึกษา การประเมินผลกระทบของการเชื่อมต่อโครงข่ายของสองเกาะเล็ก ๆ ในเส้นทางสู่ 100% RES ของระบบพลังงานทั้งหมด มีการใช้แบบจำลอง EnergyPLAN ในหมู่เกาะ Pico และ Faial ใน Azores เป็นกรณีศึกษา จากรูปที่ 15-17 มีการสร้างสถานการณ์จำลอง 3 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1: สถานการณ์ BaU. สถานการณ์ที่ 2: สถานการณ์ Interconnect และสถานการณ์ที่ 3: สถานการณ์ Not-Interconnect ซึ่งในสถานการณ์ Interconnected scenario เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์จำลอง BAU ในปี ค.ศ. 2050 สถานการณ์ interconnect แสดงการเพิ่มขึ้น 92 pp ในส่วนแบ่ง RES ของการผลิตพลังงานขั้นสุดท้าย นอกจากนี้ ยังมีการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ผลการวิจัยพบว่าค่าพลังงานในสถานการณ์ Not-Interconnect คือ ต่ำกว่าต้นทุนของสถานการณ์ BAU ในปี ค.ศ. 2050 และลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ Interconnect



รูปที่ 15 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายและ RES [30]



รูปที่ 16 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2050 สถานการณ์ Not-Interconnected ของเกาะ Pico [30]



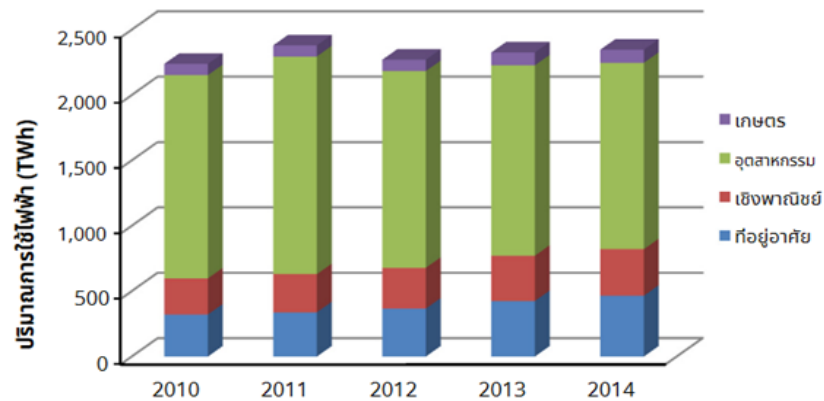
รูปที่ 17 การผลิตพลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2050 สถานการณ์ Not-Interconnected ของเกาะ Faial [30]

Liu et al. (2016) [31] กล่าวถึง ระบบพลังงานในปัจจุบันของมณฑลชงหิงมีการนำเข้าไฟฟ้าเป็นอย่างมาก จึงพิจารณาระบบพลังงานหมุนเวียน ในบทความนี้จำลองโดยใช้ซอฟต์แวร์ EnergyPLAN อ้างอิงปี ค.ศ.2014 ค่าความแตกต่างส่วนใหญ่ไม่เกิน 5% มีการสร้างสถานการณ์จำลอง 3 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1: wind สถานการณ์ที่ 2: photovoltaic และสถานการณ์ที่ 3: Wind-photovoltaic ซึ่งวิเคราะห์เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนรวมอยู่ที่ 1.43 TWh/ปี อินพุตความจุจำเพาะ ดังตารางที่ 15

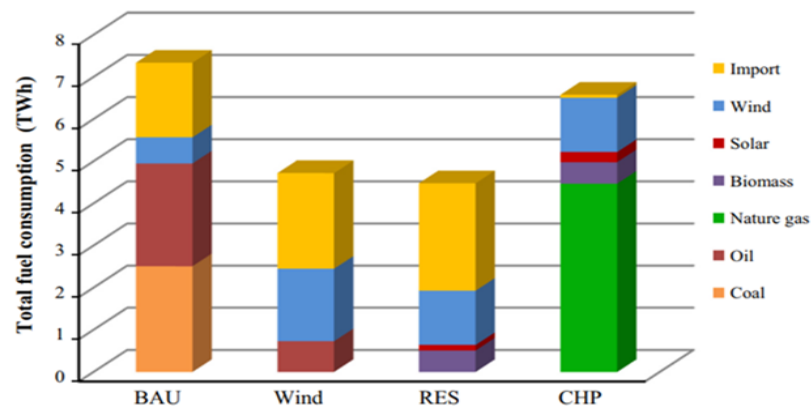
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบข้อมูลอ้างอิงตามความจริงกับข้อมูลที่ใช้โปรแกรม [31]

	Simulation Value	Actual Value	Absolute Error	Relative Error (%)
Coal consumption (TWh/year)	0.23	0.24	-0.01	4.2
Biomass consumption (TWh/year)	0.21	0.21	0	0
Input/output electricity (TWh/year)	1.85	1.94	-0.09	-4.96
Maximum electricity demand (MW)	578	578.1	0.1	0.0173
Renewable energy generation (TWh/year)	0.64	0.632	0.008	1.266
CO2 emission (Mt)	1.32	1.33	-0.01	0.75

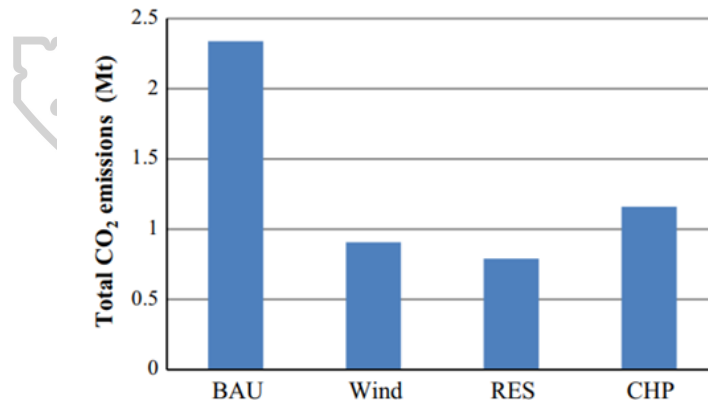
จากรูปที่ 18-20 ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงการลดการใช้พลังงานขั้นต้น การนำเข้าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพ เช่น การบริโภคใช้เชื้อเพลิงโดยรวม การผลิตไฟฟ้าทั้งหมด และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยประมาณสัดส่วน PV เท่ากับ 20% ในขณะที่เศษส่วนพลังงานลม คือ 80% นอกจากนี้ การวิเคราะห์ยังคำนึงถึงว่าจำเป็นต้องใช้เทคนิคที่ยืดหยุ่นได้หลายอย่าง เพื่อสร้างสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน และเพื่อให้แรงดันไฟฟ้ามีเสถียรภาพ แบบจำลองอ้างอิงและสถานการณ์ในอนาคตสำหรับระบบพลังงานของมณฑลชงหิง ได้แก่ ติดตั้ง PV ตามแผนเนื่องจากมีความไวสูง, RES ที่แตกต่างกันสามารถเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของการผลิตส่วนเกิน และปรับปรุงการเจาะแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พบส่วนผสมที่เหมาะสมของ 20% PV และพลังงานลม 80%, โรงงานพลังงานความร้อนร่วมและปั๊มความร้อน ต้องรักษาสมดุลระหว่างการผลิตไฟฟ้าและความต้องการของผู้บริโภค และการเพิ่มเทคโนโลยี V2G ยังช่วยให้สามารถบูรณาการไฟฟ้าหมุนเวียนในระดับที่สูงขึ้นมากถึง 60% โดยแสดงผลของการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลจำลองจากEnergyPLAN ผลลัพธ์ที่จำลองได้แสดงความแตกต่างที่มากที่สุดเพียง 1.85% ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองระบบพลังงานสามารถแสดงค่าที่แม่นยำ



รูปที่ 18 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 – 2014 [31]



รูปที่ 19 การใช้แหล่งพลังงานและปริมาณไฟฟ้าที่นำเข้าในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน [31]



รูปที่ 20 ปริมาณการปล่อย CO₂ ในแต่ละสถานการณ์ [23]

Roncallo et al. (2020) [32] ได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของการจัดเก็บพลังงานระบบไฟฟ้าพลังน้ำที่มีส่วนในการผลิตพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น ใช้ระบบพลังงานของประเทศโคลอมเบียเป็นกรณีศึกษา โมเดลที่ใช้ในงานนี้สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN และเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยมีความแตกต่างน้อยกว่า 4% และมีการประเมินใน 3 สถานการณ์ที่

แตกต่างกันในอนาคตในปี พ.ศ. 2573 คือ สถานการณ์ที่ 1 (พื้นฐาน): ภาพจำลองนี้อิงตามแนวโน้มธุรกิจตามปกติ (BaU), สถานการณ์ที่ 2 (COL 2030) และสถานการณ์ที่ 3 (COL 2030 + storage) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าระดับการจัดเก็บพลังงานที่เพิ่มขึ้น อาจทำให้ด้านพลังงานและการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดของประเทศลดลงอย่างมีนัยสำคัญ กรณีที่ดีที่สุดแสดงให้เห็นว่า ช่วยให้เพิ่มพลังงานหมุนเวียน (ลมและแสงอาทิตย์) จากประมาณ 19% เป็น 25% และช่วยลด CEEP เป็น 1.63 TWh นอกจากนี้ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจลดลงประมาณ 67%

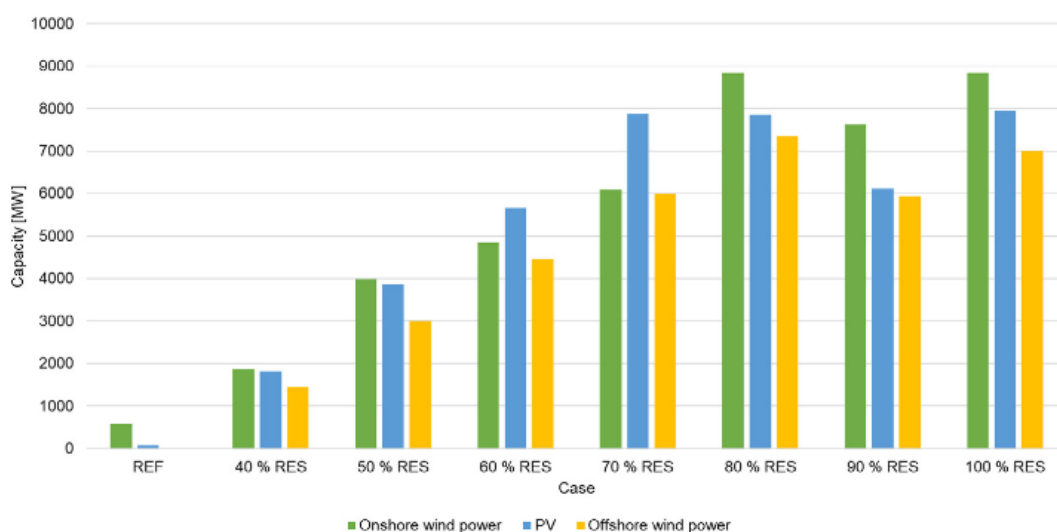
Zhao et al. (2017) [33] ได้ศึกษาแบบจำลองระบบพลังงานสู่พลังงานหมุนเวียนการพัฒนาพลังงานและคาร์บอนต่ำในเมืองปักกิ่ง โดยการวิเคราะห์แบบจำลองระบบพลังงานแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนในการสำรวจระบบพลังงานทดแทนในเมืองปักกิ่ง ประการแรก คือ การอ้างอิงระบบพลังงานของปักกิ่งถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลที่มีอยู่ในปี พ.ศ. 2557 โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ระบบพลังงาน และพัฒนาแบบจำลองพลังงานอ้างอิง ประการที่สอง แบบจำลองอ้างอิงนี้ใช้เพื่อตรวจสอบระบบพลังงานทดแทนสำหรับการรวมพลังงานหมุนเวียน ผลลัพธ์ของแบบจำลองระบบพลังงานจากการใช้พลังงานจริงของปักกิ่งและการจำลอง EnergyPLAN มีความแตกต่างน้อยกว่า 1% มีการสร้างสถานการณ์จำลอง 3 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1: สถานการณ์อ้างอิง, สถานการณ์ที่ 2: สถานการณ์ BAU (ธุรกิจตามปกติ) และสถานการณ์ที่ 3: สถานการณ์ RES (สถานการณ์พลังงานหมุนเวียน) ผลการวิจัยพบว่าสถานการณ์จำลอง BAU และสถานการณ์ RES สามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงหลักประจำปีได้มากกว่าเมื่อเทียบกับสถานการณ์อ้างอิงปี พ.ศ. 2573 การลดลงของการใช้เชื้อเพลิงหลัก คือ 15% ในสถานการณ์ BAU และ 28% ในสถานการณ์จำลอง RES และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่คำนวณได้จากสถานการณ์อ้างอิงนั้นสูงกว่าสถานการณ์ BAU ถึงสองเท่า ซึ่งผลการวิเคราะห์ในแต่ละสถานการณ์ แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ในแต่ละสถานการณ์ของเมืองปักกิ่ง [33]

	Reference scenario 2030	BAU scenario 2030	RES scenario 2030
Fuel consumption (TWh)	216.58	183.64	155.90
RES shares %	3.39	11.66	100.00
CO ₂ Emission (Mt)	67.62	34.29	0.00
CEEP (TWh)	0.01	0.23	0.76

Okonkwo et al. (2021) [34] ได้ศึกษาและนำเสนอการวิเคราะห์โครงข่ายไฟฟ้าในเมืองกาตาร์ และศึกษาสถานการณ์แนวโน้มของการรวมแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่าง ๆ (RES) เข้ากับกริด ความต้องการรายชั่วโมงสำหรับการใช้ไฟฟ้า ความเย็น และน้ำ เพื่อตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากกังหันลม เซลล์แสงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์แบบเข้มข้น เพื่อลดการปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนรวมประจำปีของระบบต่าง ๆ ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN ซึ่งการเปรียบเทียบข้อมูลจริงและในแบบจำลองมีค่าความแตกต่างประมาณ 2.06% นอกจากนี้ยังมีอีก 8 สถานการณ์ ที่นำเสนอความต้องการไฟฟ้าขึ้นในปี พ.ศ. 2568 ผลปรากฏว่าการเพิ่มส่วนแบ่งของ RES ในการผลิตไฟฟ้าเป็นไปได้มากถึง 80% สถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้พลังงานลม เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) และพลังงานแสงอาทิตย์แบบเข้มข้น (CSP) พร้อมเทคโนโลยีการจัดเก็บที่แสดงส่วนแบ่งของค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ 28.3%, 23.4% และ 38.2% ตามลำดับ

Herc et al. (2022) [35] ได้ศึกษาวิเคราะห์เทคโนโลยีและเศรษฐกิจของระบบพลังงานในอนาคต จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN ในการจำลองประเทศบัลแกเรียเป็นกรณีศึกษา ระบบพลังงานของบัลแกเรียประกอบด้วยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนควบแน่น 4,000 เมกะวัตต์ แต่ในปี พ.ศ. 2573 จะพิจารณาการใช้โซลาร์เซลล์มากถึง 3,000 MW และคาดว่าจะมีการติดตั้งพลังงานลมแบบใหม่มากถึง 1,000 MW ผลลัพธ์พบว่ามีกำลังการผลิตติดตั้งของ VRES เช่น พลังงานลมที่ 20,000 MW และโซลาร์เซลล์ที่ 20,000 MW ตามลำดับ ถ้ามีส่วนแบ่ง RES 51% แต่ CEEP นั้นจะสูงมาก 162% ของความต้องการไฟฟ้าทั้งหมด การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีนี้ลดลงจาก 17 Mt เหลือน้อยกว่า 2 Mt และการใช้ชีวมวลลดลงจาก 36 TWh เหลือต่ำกว่า 20 TWh ในสถานการณ์อ้างอิง แสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 ติดตั้งพลังงานหมุนเวียน ลมและแสงอาทิตย์ [35]

2.7.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดสถานการณ์จำลองในการออกแบบระบบพลังงาน และปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

Bellocchia et al. (2019) [36] ได้ศึกษารถยนต์ไฟฟ้าและพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มขึ้นเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปรียบเทียบระหว่างประเทศอิตาลีกับประเทศเยอรมันว่าผลลัพธ์คล้ายคลึงกันหรือไม่ ประการแรกประเทศเยอรมันต้องการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานหมุนเวียน ประการที่สองประเทศอิตาลีใช้ประโยชน์จากพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบการขนส่ง กำลังการผลิตพลังงานหมุนเวียนต่ำ แหล่งพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น 6 เท่า และใช้กลยุทธ์ควบคุมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า จากทั้งสองกรณีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดลดลง 39% และ 22% ตามลำดับ พร้อมกับพลังงานส่วนเกิน 28% และ 15% ตามลำดับ โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN เป็นเครื่องมือสร้างแบบจำลองพลังงาน ข้อมูลนำเข้าด้านอุปสงค์ ได้แก่ ความต้องการความร้อนและความเย็น จ่ายค่าพลังงานรายชั่วโมง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ด้านอุปทาน ได้แก่ ความจุของโรงไฟฟ้า ประสิทธิภาพและเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าทุกชั่วโมง โดยแยกประเภทโรงไฟฟ้า กำหนดสถานการณ์พื้นฐานทั้งสองประเทศโดยอ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2559 จากสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ข้อมูลอ้างอิงข้อมูลปี พ.ศ. 2559 [36]

	Consumption (TWh/year)	
	Italy	Germany
Total national	326.8	598.59
electricity demand		
of which:		
Electricity for cooling	6.42	0.96
Electricity for heating	8.37	43.04
(electric boilers)		
Electricity for heating	18.63	5.82
(heat pumps)		
Electricity for transport	11.16	11.73
Import	43.18	28.34
Export	-6.15	-78.86
Net Import/Export	37.03	-50.52

ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าความจุ iRES เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปี 2016 ซึ่งส่งผลกระทบต่อปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และส่วนเกินพลังงานหมุนเวียนของประเทศอิตาลีและเยอรมันส่งผลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ทำให้ประเทศเยอรมันมีกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ

Gambini et al. (2018) [37] ยานพาหนะไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทอย่างมากในระบบขนส่งจะส่งผลกระทบต่อการวางแผนเชิงกลยุทธ์ของระบบพลังงานขนาดใหญ่ เพื่อลดการใช้น้ำมัน ลดก๊าซเรือนกระจกและการปล่อยสารก่อมลพิษ การศึกษานี้ประเมินรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์พลังงานของประเทศอิตาลีและการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน โดยระบุผลกระทบในแง่ของการปล่อยมลพิษ และต้นทุน ระบบพลังงานของประเทศได้รับการระบุอย่างแม่นยำโดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันและการจำลองการทำงานของระบบด้วยซอฟต์แวร์ EnergyPLAN ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบผสมผสาน กำหนดด้วยส่วนแบ่งที่เพิ่มขึ้นของยานพาหนะไฟฟ้าและแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ไม่สม่ำเสมอ ดังตารางที่ 18-19 และรูปที่ 22-23

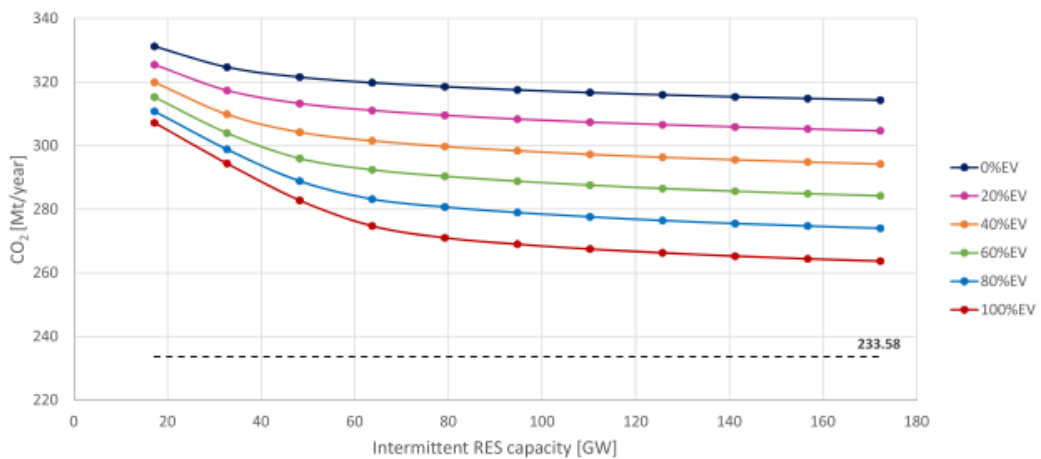
ตารางที่ 18 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของอิตาลี (TWh/year) ในปี พ.ศ. 2558 [37]

Electric cooling	13.08
Heat pumps	18.44
Other electric heating	10.56
Transport	10.85
Net import	46.38
Other loads	228.63
Overall gross demand	327.94

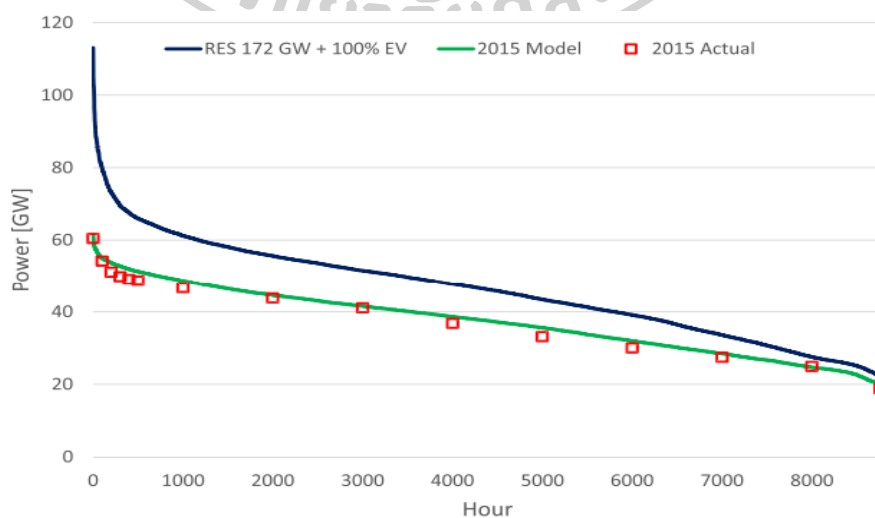
ตารางที่ 19 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า EV ประจำปี พ.ศ. 2558 [37]

Type	Category	N.	Share	Avg capacity [kWh]	Avg range [km]
BEV	Small	1,515	35%	15.68	144.40
	Medium	2,419	56%	23.17	198.66
	Large	219	5%	59.65	390.15
	Van	182	4%	33.13	194.40
Tot. BEV		4,335	-	-	-
PHEV		1,461	-	8.56	40.23
Tot.EV		5,796	-	-	-

ผลลัพธ์ประเมินผลกระทบของรถยนต์ไฟฟ้า คือ ลดการปล่อยคาร์บอนของระบบขนส่งและระดับพลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้นภายใต้กลยุทธ์การชาร์จรถยนต์ที่แตกต่างกัน และความสามารถของรถยนต์ไฟฟ้าในการทำงานเป็นระบบจัดเก็บไฟฟ้า จำลองข้อมูลอ้างอิงปี พ.ศ. 2558 โดยแบ่งออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์แรก คือ ใช้ฐานข้อมูลปีพ.ศ. 2558 ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ความจุที่ติดตั้ง การจ่ายเชื้อเพลิง ความต้องการใช้ไฟฟ้า เพื่อลดเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในโรงไฟฟ้า และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สถานการณ์สุดท้าย คือ การเพิ่มพารามิเตอร์ความจุแหล่งพลังงานหมุนเวียนและเพิ่มรถยนต์ไฟฟ้าจากปีพ.ศ. 2558 ซึ่งความแตกต่างระหว่างการจำลองกับค่าจริงต่ำกว่า 1.8% การจำลองโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ความร้อนใต้พิภพ แสงอาทิตย์ และลมในปี พ.ศ. 2558 เกือบถึงจุดอิ่มตัว และด้านรถยนต์ไฟฟ้าเข้ามาแทนที่ 50% ของจำนวนรถยนต์ทั้งหมด โดยการชาร์จจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมความต้องการของผู้ใช้ ช่วงเวลา และการไหลย้อนกลับพลังงานจากรถยนต์ไปโครงข่าย



รูปที่ 22 การปล่อยมลพิษเมื่อความจุพลังงานหมุนเวียนและรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น [37]

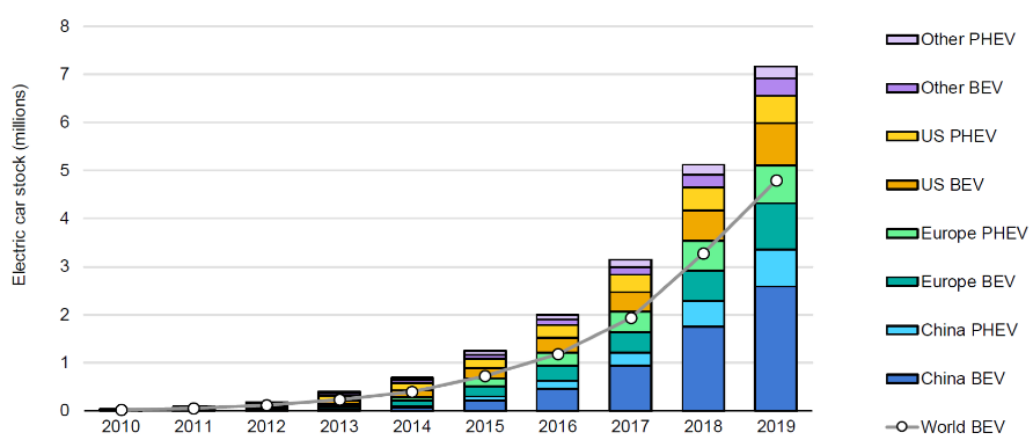


รูปที่ 23 ความต้องการใช้ไฟฟ้า [37]

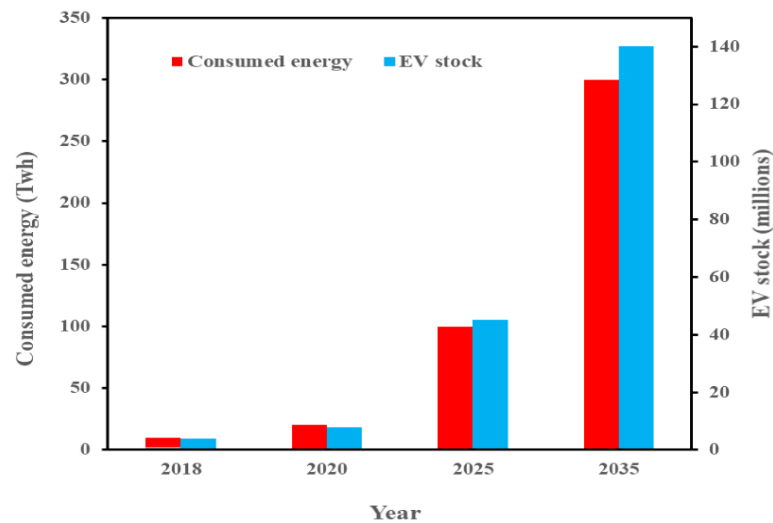
ผลลัพธ์แหล่งพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น 10 เท่าจากปีพ.ศ.2558 จาก 17.225 GW เป็น 172.25 GW รถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การปล่อยมลพิษลดลง 20% ลดต้นทุนเชื้อเพลิงลง แต่ต้นทุนรถยนต์ไฟฟ้าและพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นถึง 56%

Abo-Khalil et al. (2022) [38] จากการศึกษารัฐบาลมีกฎระเบียบที่เข้มงวดเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงและก๊าซไอเสีย ซึ่งทำให้รถยนต์ไฟฟ้าคาดว่าจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้น สิ่งสำคัญการศึกษานี้ คือ การใช้รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นและผลกระทบของระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ยังนำเสนอการประเมินรถยนต์ไฟฟ้าในการกระจายพลังงานโดยมุ่งเน้นที่ความสามารถของสถานีชาร์จ ที่จะประมวลผลข้อมูลเพื่อจำกัดผลกระทบของความต้องการที่เพิ่มขึ้นในการกระจายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 24-26 การศึกษาประเมินผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระยะทางเดินทางโดยยานพาหนะและที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า ปัจจัยต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่ การผลิตไฟฟ้า รัฐบาลทั่วโลกกำลังพยายามจัดหาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม รถยนต์ไฟฟ้าถือเป็นทางเลือกในการแก้ไขหรือลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน การเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้า สามารถตีความได้ว่าเป็นการประกาศการปฏิวัติในการขนส่งและพลังงาน โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน การชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ากำลังเพิ่มขึ้น รองรับการแพร่กระจายของรถยนต์ไฟฟ้า ตอบสนองความต้องการและอุปทานพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 24 ปริมาณรถ EV ปี 2010 ถึง ปี 2019 [38]



รูปที่ 25 ปริมาณรถ EV และความต้องการพลังงาน [38]

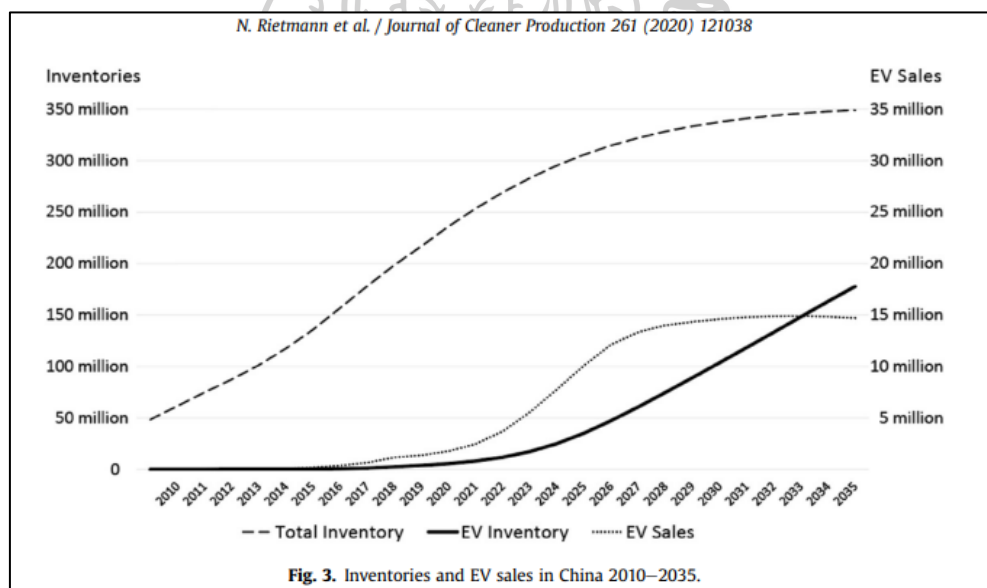


Fig. 3. Inventories and EV sales in China 2010–2035.

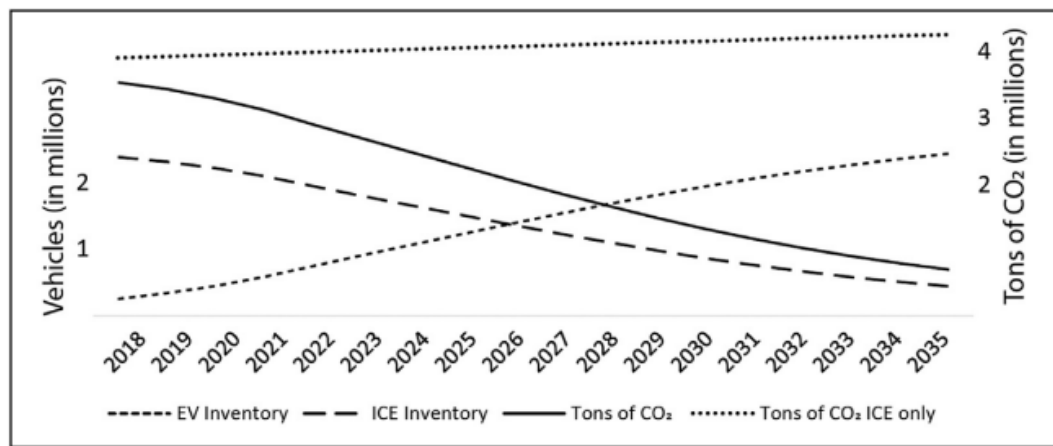
รูปที่ 26 ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO₂ ในประเทศนอร์เวย์ [38]

Rietmann et al. (2020) [39] จากงานวิจัยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมายอดขายรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ทั่วโลกมีการเติบโตอย่างมาก การคาดการณ์พัฒนาการขายในอนาคตซึ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนการผลิต EV เช่น นโยบายสนับสนุนและการจัดหาพลังงาน ในการศึกษาทำการคาดการณ์ของสินค้าคงคลัง EV ใน 26 ประเทศในทวีป ใช้ข้อมูลการขายจริงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 - 2561 คาดการณ์สำหรับประเทศเหล่านี้จนถึง พ.ศ. 2578 ดังตารางที่ 20

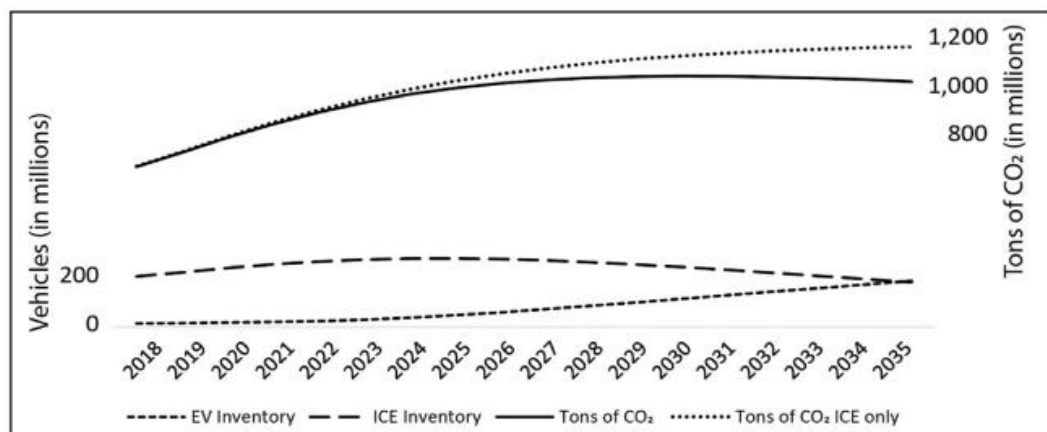
ผลการวิจัยระบุว่า ยานพาหนะโดยสารทั่วโลกจะเป็นรถยนต์ไฟฟ้า 30% ในปี พ.ศ. 2575 ผลลัพธ์ยังแสดงความแตกต่างในการสนับสนุนของรัฐบาล การคาดการณ์การเติบโตของ

EV ได้รับการวิเคราะห์เพิ่มเติมในแง่ของผลกระทบต่อด้านความยั่งยืน การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สามารถทำได้ด้วยคาดการณ์การเติบโตของ EV เนื่องจากประเทศต่าง ๆ ลงทุนอย่างมากในแหล่งพลังงานหมุนเวียน

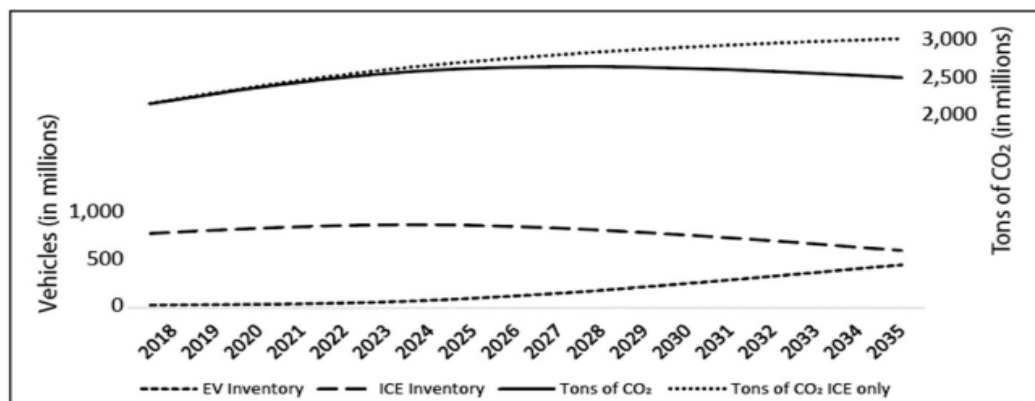
การปล่อย CO₂ ทั่วโลกจะยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2578 แม้ส่วนแบ่งของ EV เป็น 50% บทความนี้กล่าวถึงปริมาณพลังงานที่ต้องใช้เพื่อตอบสนองการเติบโตความต้องการและเน้นว่าการผลิตแบตเตอรี่ EV จะเป็นคอขวดที่สำคัญในการพัฒนาของ EV ดังรูปที่ 27-29



รูปที่ 27 ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO₂ ในประเทศนอร์เวย์ [39]



รูปที่ 28 ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO₂ ในประเทศจีน [39]



รูปที่ 29 ปริมาณสินค้าคงคลังรถ EV เทียบกับ ICE และการปล่อย CO₂ ใน 26 ประเทศ [39]

ยอดขาย EV จะเพิ่มขึ้นอย่างมากภายในปี พ.ศ. 2578 ส่วนแบ่งตลาด EV คาดว่า จะสูงถึง 42.5% ทั่วโลก การศึกษาที่สำคัญแสดงให้เห็นว่าการปล่อย CO₂ จากรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ทั้ง 26 ประเทศจะยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2578 บางประเทศจะเห็นการลด CO₂ ลงอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ประเทศนอร์เวย์และสวีเดนจะมีส่วนแบ่งการตลาดถึง 50% ก่อนปี พ.ศ. 2578 ซึ่งเป็นผล มาจากการสนับสนุนที่แข็งแกร่งของรัฐบาล การปล่อย CO₂ จะลดลง 80% ระหว่างปี พ.ศ. 2561 - 2578 ในประเทศแอฟริกาใต้และบราซิล การนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้จะล่าช้า ประเทศจีน และอินเดียจะพึ่งพาถ่านหินในการสร้างพลังงาน ด้านยานพาหนะ EV มีการใช้มากกว่าแต่ยังคงเพิ่ม การปล่อย CO₂ แต่ปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์สันดาป ICE นอกจากนี้เพื่อให้สินค้าคง คลัง EV เพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืน ประเทศต่างๆ จะต้องลงทุนในแหล่งพลังงานหมุนเวียนขนาดใหญ่ สุดท้าย นี้รัฐบาลควรพิจารณาการศึกษาเพื่อวางแผนการลงทุนและนโยบายที่สนับสนุนการเติบโตของ EV ตลอดจนการพัฒนาพลังงานทดแทนแบบผสมผสานมากขึ้น

ตารางที่ 20 ความต้องการผลิตไฟฟ้าและการชาร์จไฟฟ้า [39]

Country	Electricity production in 2000 (TWh)	Electricity production in 2017/18 (TWh)	Total inventory Evs in 2035	Charging demand in 2035 (TWh)	% from total production in 2017/18
Australia	210.2	261.1	6,913.0	21.7	0.1
Austria	61.3	68.6	3,438.0	10.8	0.2
Belgium	84.0	75.0	5,457.0	17.2	0.2
Brazil	348.9	601.4	7,104.0	22.3	0.0

ตารางที่ 20 ความต้องการผลิตไฟฟ้าและการชาร์จไฟฟ้า [39] (ต่อ)

Country	Electricity production in 2000 (TWh)	Electricity production in 2017/18 (TWh)	Total inventory Evs in 2035	Charging demand in 2035 (TWh)	% from total production in 2017/18
Canada	605.7	650.8	7,917.0	24.9	0.0
China	1,387.1	6,671.9	177,776.0	559.1	0.1
Denmark	36.1	30.0	2,033.0	6.4	0.2
Finland	70.0	70.0	1,782.0	5.6	0.1
France	540.0	580.7	19,670.0	61.9	0.1
Germany	576.5	649.9	34,615.0	108.9	0.2
Hong Kong	31.3	37.0	524.0	1.6	0.0
India	569.7	1,532.2	2,302.0	7.2	0.0
Italy	276.6	290.6	15,792.0	49.7	0.2
Japan	1,067.8	1,025.8	17,031.0	53.6	0.1
Korea	290.1	579.9	4,557.0	14.3	0.0
Netherlands	89.6	113.5	5,333.0	16.8	0.1
Norway	143.0	147.5	2,400.0	7.5	0.1
Portugal	43.8	59.8	3,010.0	9.5	0.2
Russia	877.8	1,109.2	14,675.0	46.2	0.0
South Africa	210.7	255.1	281.0	0.9	0.0
Spain	224.5	273.8	12,510.0	39.3	0.1
Sweden	145.3	159.3	4,492.0	14.1	0.1
Switzerland	67.5	69.2	3,223.0	10.1	0.1
Taiwan	238.3	270.3	125.0	0.4	0.0
UK	377.1	333.9	24,276.0	76.3	0.2
USA	4,052.7	4,434.9	61,970.0	194.9	0.0
Total	12,625.4	20,351.7	439,206.0	1,381.3	0.1

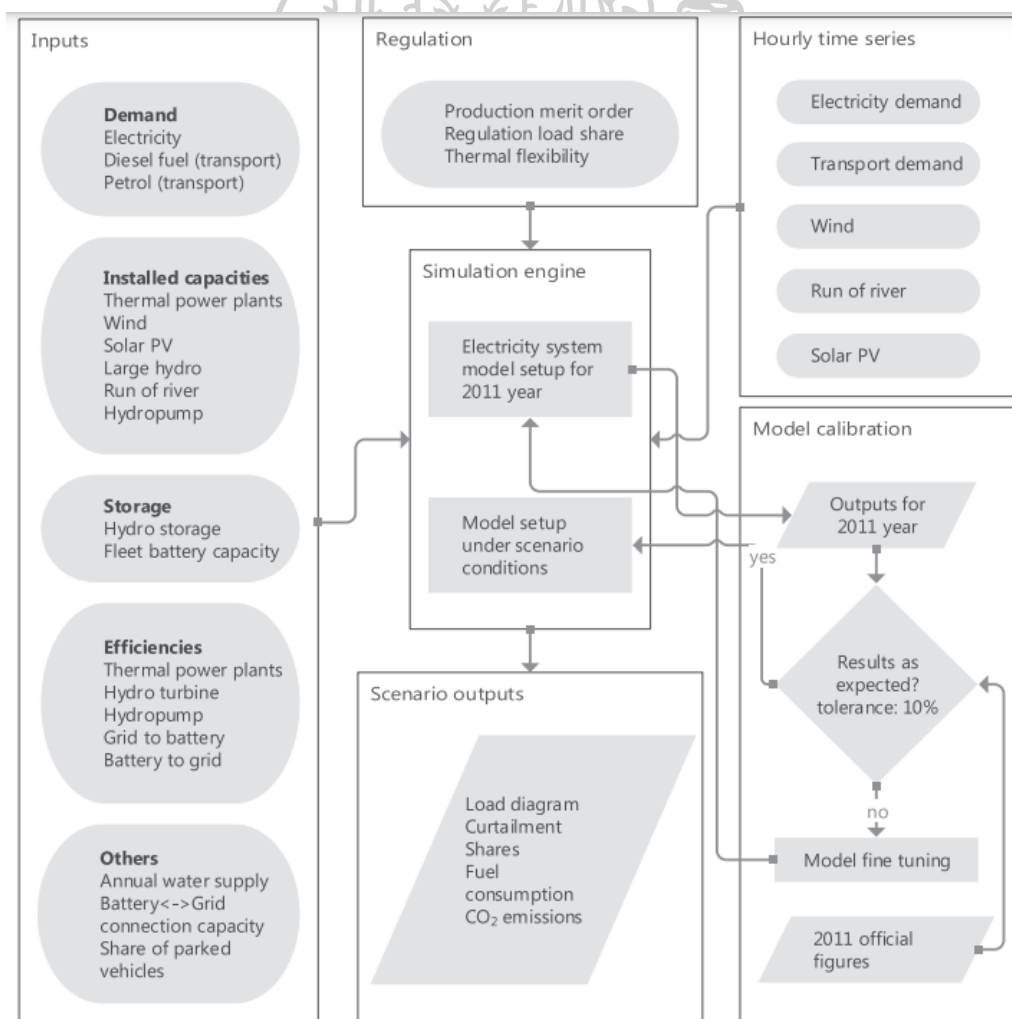
Nunes et al. (2017) [40] การศึกษานี้เกี่ยวกับการเพิ่มพลังงานหมุนเวียนในระบบไฟฟ้า เพิ่มความเสถียรและสมดุลของกริด ต้องใช้ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าเท่าไรถึงจะปิดโรงไฟฟ้า

ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติในประเทศโปรตุเกสปี พ.ศ.2593 และต้องการลดพลังงานส่วนเกิน ใช้พลังงานที่ปราศจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งส่วนใหญ่ในทวีปยุโรปพลังงานหมุนเวียนมาจากลม 51% และแสงอาทิตย์ 27% และใช้เทคโนโลยี V2G เพื่อให้แหล่งพลังงานหมุนเวียนมีประสิทธิภาพ ควบคุมการชาร์จไฟของรถยนต์ไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงาน การวิเคราะห์ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN สำหรับกรณีศึกษาของชาวโปรตุเกส ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีความเสถียรภาพก็สามารถนำไปสู่การลดการใช้ก๊าซธรรมชาติและพลังงานส่วนเกิน ปริมาณการใช้รถยนต์ไฟฟ้า 30% ของจำนวนรถทั้งหมด สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 2.41 Mt หากไม่มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าส่วนแบ่งก๊าซธรรมชาติจะอยู่ที่ 10.3% และพลังงานส่วนเกิน 1.5% กรณีส่วนแบ่งรถยนต์ไฟฟ้า 15% เป็นต้นไป พลังงานส่วนเกินจะลดลงเหลือศูนย์ ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การป้อนพารามิเตอร์ระบบขนส่ง [40]

	Reference	BEV Night charge	BEV Intelligent charge	V2G
Number of vehicles	1.9 million	1.9 million	1.9 million	1.9 million
Average use	20,000 km/year	20,000 km/year	20,000 km/year	20,000 km/year
Vehicle efficiency	14 km/l	6 km/kWh	6 km/kWh	7 km/kWh
Gasoline consumption	25.5TWh/year	6.33TWh/year	6.33TWh/year	6.33TWh/year
Electricity consumption	-	19 GW	20 GW	19 GW
Charging capacity	-	57 GWh	58 GWh	57 GWh
Battery storage	-	-	-	19 GW
Discharging capacity	-	-	-	-

Farias et al. (2015) [41] การศึกษางานวิจัยนี้เนื่องจากพลังงานส่วนเกินจากแสงอาทิตย์มีปริมาณมากในช่วงเวลากลางวัน แต่จะมีปริมาณลมนในช่วงเวลากลางคืน จึงนำพลังงานส่วนเกินนี้มาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าและการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ.2050 ในประเทศโปรตุเกส โดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN สร้างแบบจำลองระบบพลังงาน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ การวิเคราะห์ระบบขนส่งเฉพาะรถยนต์ขนาดเล็ก ให้ข้อมูลอ้างอิงปี ค.ศ. 2011 อินพุต ได้แก่ ความต้องการไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้า ส่วนแบ่งพลังงานหมุนเวียน การใช้เชื้อเพลิง และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ พลังงานส่วนเกินจากแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันจะมีมากในฤดูร้อน และมีปริมาณน้อยกว่าในฤดูหนาว และลักษณะการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในตอนกลางวันลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 3.86 Mt การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสมที่สุดที่ 16,000 MW ส่วนการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในตอนกลางคืนลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 5.4 Mt การติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสมที่สุดที่ 14,000 MW ดังนั้นการชาร์จในช่วงเวลากลางวันจึงมีประโยชน์มากกว่า



รูปที่ 30 การทำงานโปรแกรม EnergyPLAN ของระบบ [41]

ตารางที่ 22 ข้อมูลการผลิตติดตั้งปี ค.ศ. 2011 และปี ค.ศ. 2050 [41]

Modeled installed capacities in 2011 and 2050.	2011	2050
	(MW)	
Production installed capacity	18,902	37,997
Thermal	9,274	7,071
CCGT	4,687	5,723
Coal	1,756	
fuel-oil	2,228	-
Solar PV	155	13,316
Biomass, urban residues, waste	603	1,348
Wind onshore	4,081	7,674
Wind offshore	-	
Hydro	5,392	8,536
Large hydro	2,537	
Run of river	2,855	2,855
Hydropump	1,020	4,004

ตารางที่ 23 ข้อมูลพารามิเตอร์ความต้องการด้านขนส่ง [41]

Scanario fleet and demand parameters	#	Share
	M	%
ICE gasoline	0.576	13.8
ICE diesel	1.037	24.8
PHEV gasoline	0.840	20.1
PHEV diesel	0.314	7.5
PEV	1.409	33.7
Demand	TWh	
Total electricity	62.30	
EV	6.49	
Gasoline	4.15	
Diesel	7.35	

Xing et al. (2022) [42] ได้มีการพัฒนาแนวทางการทำนายการไหลของการชาร์จของรถยนต์ไฟฟ้า (EV) โดยพิจารณาจากประเภทของยานพาหนะ และแบบจำลองจะได้รับการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างผลการคาดการณ์และสถานการณ์จริง ดังรูปที่ 31 อัลกอริทึมของมอนติคาร์โลยังใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจายความน่าจะเป็นของกฎการเดินทางและลักษณะการชาร์จ เพื่อทำนายความต้องการไหลเมื่อสเกลของ EV เชื่อมต่อกับกริด สำหรับ EV ประเภทต่างๆ พฤติกรรมการชาร์จจะวิเคราะห์โดยพิจารณาจากช่วงเวลาเริ่มต้นการชาร์จ ระยะเวลาการชาร์จ สถานะเริ่มต้นของการชาร์จ (SOC) ระยะทางรายวัน และโหมดการชาร์จ เส้นกราฟไหลของการชาร์จสำหรับ EV เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของภาระการชาร์จ และเพื่อให้แนวทางเชิงทฤษฎีสำหรับการวางแผนกริดและการจัดส่งที่เหมาะสมที่สุด วิธีนี้จะแนะนำผู้ประกอบการสถานีชาร์จในการกำหนดจำนวน EV ที่สามารถจัดส่งได้ล่วงหน้าเพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจเสนอราคา

Vehicle type	Charge times	Period	Mode	Probability	Initial SOC distribution	Start time distribution
Bus	2	9:30–16:00	Fast	1	N (0.5,0.01)	Uniform distribution
		23:00–5:00	Regular	1		
Taxi	2	0:00–5:00	Regular	1	N (0.3,0.01)	Uniform distribution
		12:00–14:00	Fast	1		
Official car	1	18:00–6:00	Regular	1	N (0.4,0.01)	Uniform distribution
Private car	1	8:00–17:00	Regular	0.2	N (0.6,0.01)	Uniform distribution
		19:00–6:00	Regular	0.7		
		19:00–22:00	Fast	0.1		

รูปที่ 31 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละประเภท [42]

Nogueira et al. (2022) [43] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์เชื้อเพลิงแบบดั้งเดิมไปสู่ระบบไฟฟ้า รถยนต์ไฟฟ้า (EV) โดยเฉพาะรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเล็กเข้ากับกริดและแบตเตอรี่กักเก็บไฟฟ้า ดังนั้นการศึกษานี้คาดการณ์การเติบโตของยอดขายรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับปี พ.ศ. 2563-2573 กำหนดพื้นที่ส่วนภูมิภาคของประเทศโปรตุเกส มีการประมาณพลังงานที่ต้องการสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ การวิเคราะห์ถูกนำไปใช้กับรถยนต์ไฟฟ้า 3 รุ่น ได้แก่ Nissan Leaf, Tesla Model 3 และ Renault Zoe ใน 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 ขึ้นอยู่กับข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้าที่มีอยู่ซึ่งคาดการณ์ไว้สำหรับวิวัฒนาการของประชากรในภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ สถานการณ์ที่ 2 รถยนต์ไฟฟ้าคิดเป็น 1/3 ของยอดขายทั้งหมดในปี พ.ศ. 2573 และสถานการณ์ที่ 3 รถยนต์ไฟฟ้าคิดเป็นคิดเป็น 20% ของรถยนต์ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2573 ผลลัพธ์สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (Peak Hour) ช่วงเวลาระหว่าง 08.00-22.00 น. การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในชั่วโมงเร่งด่วนจะทำได้ในสถานการณ์ที่ 1 และ 2 เท่านั้น ผลลัพธ์สำหรับนอกชั่วโมงเร่งด่วน (Off-Peak Hour) ช่วงเวลาดังแต่

22.00-08.00 น. มีพลังงานมากขึ้นในการชาร์จแบตเตอรี่ เวลาในการชาร์จสูงสุด (6 ชม.) โดยสนับสนุนให้การชาร์จ EV ในช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วน

Peerawat et al. (2013) [44] การศึกษานี้วิเคราะห์รถยนต์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับความต้องการไฟฟ้ากับแผนพัฒนาประเทศ ลดปริมาณฟอสซิลและลดก๊าซมลพิษตามนโยบายรัฐบาล ซึ่งทำการศึกษารถยนต์ไฟฟ้า 2 ประเภท ได้แก่ รถจักรรถยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคล เป็นรถ Hybrid EV (HEV), Plug-In Hybrid EV (PEV) และ Battery EV (BEV) จากงานวิจัยได้กำหนด 4 สถานการณ์ ได้แก่ 1. Business As Usual (BAU) 2. รถจักรรถยนต์ไฟฟ้า (eMC) 3. รถยนต์ไฟฟ้า (PcEV) และ 4. รถจักรรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการแบ่งพื้นที่การพิจารณาออกเป็น 2 ภูมิภาค ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (BKK) และต่างจังหวัด (PRO) จำลองความต้องการพลังงานบนถนน พฤติกรรมการขับขี่ และพฤติกรรมการชาร์จ นำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ LEAP มีการคำนวณการลดเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซมลพิษ ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากแผนพัฒนาพลังงานประเทศ (Power Development Plan 2010 revision 3: PDP2010 r.3) ผลลัพธ์ คือ รถจักรรถยนต์ไฟฟ้าบนถนนจะมี 18.5 ล้านคัน (44.16%) และรถยนต์นั่ง PHEV และ BEV บนถนนเพียง 1.1 ล้านคัน (5.85%) ประเทศไทยควรมีไฟฟ้าสำรองที่เหมาะสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 15-20 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ความต้องการไฟฟ้าไม่พออาจเกิดขึ้นได้ กำลังการผลิตไฟฟ้าที่คาดการณ์โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) สามารถรองรับความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากตัวเลขคาดการณ์ของรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับทั้งประเทศในประเภทรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (eMC) และรถยนต์นั่ง EV (PcEV) พบว่าการชาร์จแบบต่อเนื่อง (ชาร์จทุกที่ I) เวลา 19.30-21.30 น. เป็นช่วงที่ต้องการสูงสุด (Peak Hour) กำลังการชาร์จสูงสุด 14.26% ของกำลังการผลิตไฟฟ้า เทคโนโลยี EV ทำให้ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลน้อยลงและปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง 14.09% (คิดเป็น 50.65 ล้านตัน) เนื่องจากใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

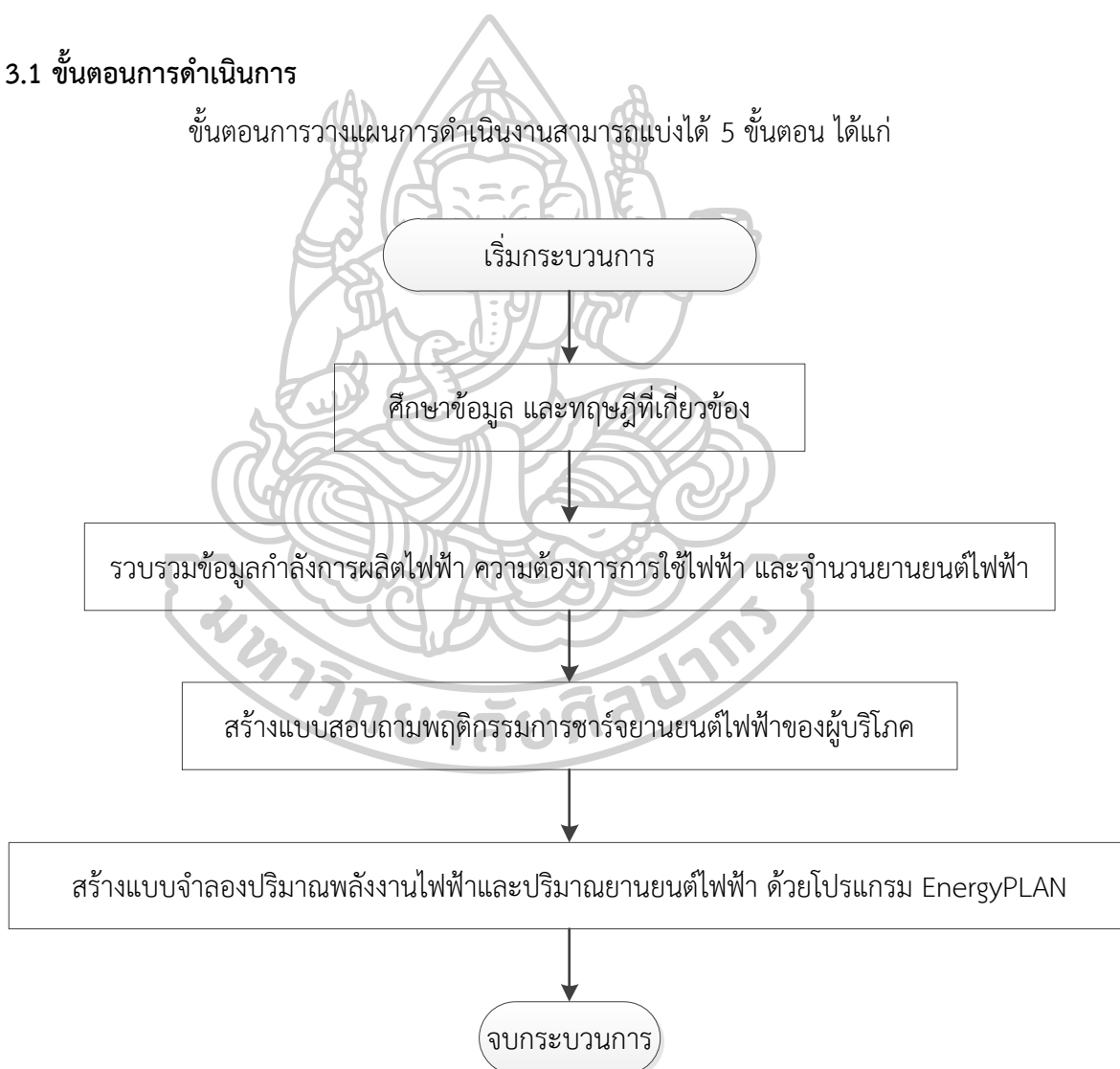
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพยากรณ์ปริมาณไฟฟ้าจากพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565-2580 (PDP 2018) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 ซึ่งอ้างอิงฐานข้อมูล ปี พ.ศ.2562 โดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนเกิน โดยนำเสนอการวิจัยตามลำดับ ดังรูปที่ 32

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

ขั้นตอนการวางแผนการดำเนินงานสามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่



รูปที่ 32 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.2 รวบรวมข้อมูลระบบพลังงาน

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์การป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรม EnergyPLAN นั้นเป็นสิ่งสำคัญ ได้แก่ ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า กำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานลม ซึ่งได้มาจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) สำนักงานการไฟฟ้าฝ่ายนครหลวง (กฟน.) และเว็บไซต์ของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ดังตารางที่ 24

3.2.1 ข้อมูลกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้า

3.2.1.1 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 24 ข้อมูลกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้าปี พ.ศ. 2564

ประเภทโรงไฟฟ้า	ปี 2564	
	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	ร้อยละ
กำลังผลิตของ กฟผ.		
- พลังความร้อน	3,687.00	8.00
- พลังความร้อนรวม	8,262.00	17.92
- พลังงานหมุนเวียน	3,057.92	6.63
- ดีเซล	30.40	0.07
- พลังงานอื่น ๆ	1,000.00	2.17
รวมกำลังผลิตของ กฟผ.	16,037.32	34.79
กำลังผลิตจากแหล่งอื่น		
ภายในประเทศ		
- ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่	14,873.50	32.26
- ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก	9,470.95	20.54
ภายนอกประเทศ	5,720.60	12.41
รวมกำลังผลิตจากแหล่งอื่น	30,065.05	65.21
รวมกำลังผลิตในระบบ	46,102.37	100.00

ที่มา: ฝ่ายสื่อสารและประชาสัมพันธ์องค์กร กฟผ. [45]

ข้อมูลกำลังการผลิตของเชื้อเพลิงและกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้า
พลังงานทดแทนประเภทต่าง ๆ ของปี พ.ศ. 2562 แสดงดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 กำลังการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิง และพลังงานทดแทนแต่ละประเภทปี พ.ศ.2562

ประเภทเชื้อเพลิง	กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)
ก๊าซธรรมชาติ	32,321.23
ถ่านหิน	5,569.06
น้ำมัน	348.40
แสงอาทิตย์	2,968.31
พลังงานน้ำ	3,520.61
พลังงานลม	1,523.21
ชีวมวลและขยะ	3,642.87
รวม	49,893.69

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน และกฟผ. [46]

ข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าของปี พ.ศ.2562 แสดงดัง
ตารางที่ 26

ตารางที่ 26 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ.2562

ประเภทเชื้อเพลิง	จำนวน (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)	ร้อยละ
ก๊าซธรรมชาติ	81,020.64	52.83
ถ่านหิน	34,197.52	22.30
พลังงานหมุนเวียน (พลังน้ำ, อื่นๆ)	29,160.78	19.20
น้ำมันเตา	840.11	0.55
น้ำมันดีเซล	5,660.28	3.69
อื่นๆ (สปป.ลาว, มาเลเซีย, ลำตะคองชลภา วัฒนา)	2,466.42	1.61
รวม	153,345.75	100.00

ที่มา: ฝ่ายสื่อสารและประชาสัมพันธ์องค์กร กฟผ. [47]

ข้อมูลประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579

แสดงดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2580

ปี	ประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้า (MW)							
	ก๊าซ	ถ่านหิน	น้ำมัน เตา	ชีวมวล	พลังงาน น้ำ	พลังงาน แสงอาทิตย์	พลังงาน ลม	รวมแต่ละปี (MW)
2565	31,247	5,840	320	2,750	3,087	3,324	1,594	48,162
2566	31,450	5,840	320	2,910	3,105	3,478	1,684	48,787
2567	33,190	5,660	320	2,928	3,105	3,608	1,774	50,585
2568	31,690	4,790	320	2,782	3,111	3,608	1,774	48,075
2569	32,390	4,850	320	2,724	3,815	3,906	1,774	49,779
2570	32,413	4,850	320	2,668	3,819	3,956	1,774	49,800
2571	31,824	4,850	320	2,472	4,525	4,806	1,774	50,571
2572	32,524	4,850	320	2,293	4,527	6,736	1,774	53,024
2573	33,224	4,850	320	2,590	4,531	7,936	1,774	55,225
2574	33,224	4,850	320	2,827	4,533	10,436	1,774	57,964
2575	34,590	3,503	320	2,844	5,236	11,186	1,904	59,583
2576	32,456	4,503	320	3,770	5,939	13,224	1,904	62,116
2577	31,746	5,503	5	3,947	5,967	13,364	1,904	62,436
2578	31,636	5,503	5	4,439	6,672	14,089	2,204	64,548
2579	31,666	5,503	5	4,716	6,673	14,579	2,861	66,003
รวม	485,270	75,745	3,855	46,660	68,645	118,236	28,247	826,658

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

ข้อมูลสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและเชื้อเพลิงฟอสซิลในปี พ.ศ. 2565-2579 ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยคิดเป็นสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทโรงไฟฟ้า ได้แก่ ประเภทก๊าซ ถ่านหิน น้ำมันเตา ชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม แสดงดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทโรงไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2565-2579

ปี	สัดส่วนประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้า (%)						
	ก๊าซ	ถ่านหิน	น้ำมัน เตา	ชีวมวล	พลังงาน น้ำ	พลังงาน แสงอาทิตย์	พลังงาน ลม
2565	6.04	7.25	8.29	5.35	4.10	2.50	5.10
2566	6.08	7.25	8.29	5.67	4.12	2.62	5.39
2567	6.41	7.02	8.29	5.70	4.12	2.71	5.68
2568	6.13	5.94	8.29	5.42	4.13	2.71	5.68
2569	6.26	6.02	8.29	5.30	5.07	2.94	5.68
2565	6.04	7.25	8.29	5.35	4.10	2.50	5.10
2566	6.08	7.25	8.29	5.67	4.12	2.62	5.39
2567	6.41	7.02	8.29	5.70	4.12	2.71	5.68
2568	6.13	5.94	8.29	5.42	4.13	2.71	5.68
2569	6.26	6.02	8.29	5.30	5.07	2.94	5.68
2570	6.26	6.02	8.29	5.20	5.07	2.97	5.68
2571	6.15	6.02	8.29	4.81	6.01	3.61	5.68
2572	6.29	6.02	8.29	4.47	6.01	5.07	5.68
2573	6.42	6.02	8.29	5.04	6.02	5.97	5.68
2574	6.42	6.02	8.29	5.50	6.02	7.85	5.68
2575	6.69	4.35	8.29	5.54	6.95	8.41	6.10
2576	6.27	5.59	8.29	7.34	7.89	9.94	6.10
2577	6.14	6.83	0.13	7.69	7.92	10.05	6.10
2578	6.11	6.83	0.13	8.64	8.86	10.59	7.06
2579	6.12	6.83	0.13	9.18	8.86	10.96	9.16
รวม	100	100	100	100	100	100	100

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

ข้อมูลสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565-2579 ตามแผนพัฒนา
กำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 สัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565-2579

ปี	สัดส่วนประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้า (%)							
	ก๊าซ	ถ่าน หิน	น้ำมัน เตา	ชีวมวล	พลังงาน น้ำ	พลังงาน แสงอาทิตย์	พลังงาน ลม	รวมแต่ละปี (%)
2565	64.88	12.13	0.66	5.71	6.41	6.90	3.31	100
2566	64.46	11.97	0.66	5.96	6.36	7.13	3.45	100
2567	65.61	11.19	0.63	5.79	6.14	7.13	3.51	100
2568	65.92	9.96	0.67	5.79	6.47	7.50	3.69	100
2569	65.07	9.74	0.64	5.47	7.66	7.85	3.56	100
2570	65.09	9.74	0.64	5.36	7.67	7.94	3.56	100
2571	62.93	9.59	0.63	4.89	8.95	9.50	3.51	100
2571	62.93	9.59	0.63	4.89	8.95	9.50	3.51	100
2572	61.34	9.15	0.60	4.32	8.54	12.70	3.35	100
2573	60.16	8.78	0.58	4.69	8.20	14.37	3.21	100
2574	57.32	8.37	0.55	4.88	7.82	18.00	3.06	100
2575	58.05	5.88	0.54	4.77	8.79	18.77	3.20	100
2576	52.25	7.25	0.52	6.07	9.56	21.29	3.07	100
2577	50.85	8.81	0.01	6.32	9.56	21.40	3.05	100
2578	49.01	8.53	0.01	6.88	10.34	21.83	3.41	100
2579	47.98	8.34	0.01	7.15	10.11	22.09	4.33	100

ที่มา: แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 [9]

3.2.1.2 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

ข้อนี้กล่าวถึงการแบ่งแยกระหว่างโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแต่ละประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และโรงไฟฟ้าพลังงานลม เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนมีจำนวนหลายแห่ง และแต่ละแห่งมีกำลังการผลิต และประสิทธิภาพต่างกัน ทำให้ไม่สามารถที่จะนำมารวมกันได้ ซึ่งหากทำเช่นนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมลดลง และผลลัพธ์จาก

การคำนวณของโปรแกรมจะคลาดเคลื่อนสูง จึงเลือกวิธีการแยกจัดทำข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแต่ละประเภท ดังนี้

1) ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (เขื่อน)

จากข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงของเขื่อนเป็นข้อมูลที่เฉพาะ จึงไม่สามารถค้นคว้าในเว็บไซต์ของ กฟผ. ได้ ทางผู้จัดทำจึงจำเป็นต้องจัดทำเอกสารเพื่อขอข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของเขื่อนไปยัง กฟผ. โดยทาง กฟผ. นั้นไม่สามารถให้ข้อมูลการผลิตเป็นรายชั่วโมงได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ละเอียดอ่อน จึงได้รับมาเพียงข้อมูลการผลิตรายเดือนเท่านั้น โดยไฟล์ที่ได้รับมีสองชีท คือ Contracted Capacity ซึ่งหมายถึงกำลังการผลิตตามสัญญา และ Net Actual Generation หมายถึงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตสุทธิของโรงไฟฟ้า ดังรูปที่ 33

Contracted Capacity (MW)													
Type	Plant	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19
Cycle	BPK-C	710	710	710	710	710	710	710	710	710	710	710	710
	CHN	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476
	NPO	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
	SB-C	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588
	WN	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436	1436
	NB	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498	1498
Thermal	BPK-T	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
	KA	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
	MM	2180	2180	2180	2180	2180	2180	2180	2180	2220	2220	2220	2220
	BB	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2	779.2
	FPB	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	
	SK	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
	SNR	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	
	VRK	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [48]

รูปที่ 33 ข้อมูลกำลังการผลิตตามสัญญาสำหรับโรงไฟฟ้าของกฟผ.

จากข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนของ กฟผ. นั้นไม่เพียงพอต่อการดำเนินงานเนื่องจากต้องมีข้อมูลรายชั่วโมงด้วย จึงได้ตั้งสมมติฐานว่าสามารถใช้โรงไฟฟ้าเขื่อนที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดเป็นตัวแทนของข้อมูลการผลิตรายชั่วโมงเพื่อใช้ป้อนในโปรแกรมโดยเขื่อนที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดคือ เขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งมีกำลังการผลิต 720 MW จากนั้น จึงได้ติดต่อไปยังเขื่อนศรีนครินทร์ เพื่อขอข้อมูลการผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงจากเขื่อนในปี พ.ศ. 2562 ดังรูปที่ 34-35

Net Actual Generation (MkWh)														
Type	Plant	Jan-19	Feb-19	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19	
Combined Cycle	BPK-C	147.270	336.797	385.628	397.751	414.170	410.614	379.800	369.678	367.007	398.519	409.933	424.987	
	CHN	646.671	629.210	720.168	716.902	722.328	662.058	426.679	648.955	635.315	699.609	698.157	706.460	
	NPO	369.681	246.815	385.967	355.652	390.545	126.409	285.842	336.686	113.043	298.999	357.871	366.346	
	SB-C	533.594	335.462	489.812	480.025	461.777	470.655	474.019	456.362	430.097	482.177	360.130	412.835	
	WN	385.549	418.272	525.930	388.965	520.923	509.509	462.263	283.378	370.857	456.745	585.917	316.760	
	NB	979.204	968.953	1,080.309	866.488	977.723	891.503	1,068.219	1,045.656	718.431	840.604	749.605	866.244	
Thermal	BPK-T	55.098	194.363	227.600	227.457	237.506	190.640	193.428	220.400	-1.027	-0.792	-0.779	-0.818	
	KA	8.796	-0.699	-0.759	-0.759	14.191	22.179	37.959	-0.740	-0.673	-0.696	-0.656	-0.680	
	MM	1,309.320	1,113.390	1,343.978	1,255.371	1,221.694	1,197.942	1,119.329	1,130.435	1,196.144	1,300.194	1,403.742	1,390.964	
	BB	179.796	145.955	146.084	111.231	148.926	142.874	142.041	63.129	15.876	64.991	67.224	58.199	
	RPB	37.160	43.048	54.599	52.460	58.807	50.157	64.478	27.294	28.021	28.487	27.636	24.890	
	SK	159.359	126.477	122.156	93.739	112.906	89.547	79.049	33.146	25.253	65.547	54.049	50.436	
	SNR	107.704	134.217	159.500	147.811	129.979	108.967	110.191	126.821	53.260	70.591	117.104	103.343	
	VRK	56.100	76.709	96.704	90.209	76.897	58.977	45.249	40.214	103.276	85.172	73.989	69.545	

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [48]

รูปที่ 34 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตสุทธิสำหรับโรงไฟฟ้าของกฟผ.

1	Date	Time	Energy(kW.hr)
2	1/1/2019	1:00	33,000.00
3	1/1/2019	2:00	
4	1/1/2019	3:00	
5	1/1/2019	4:00	
6	1/1/2019	5:00	
7	1/1/2019	6:00	
8	1/1/2019	7:00	
9	1/1/2019	8:00	
10	1/1/2019	9:00	
11	1/1/2019	10:00	
12	1/1/2019	11:00	
13	1/1/2019	12:00	
14	1/1/2019	13:00	
15	1/1/2019	14:00	
16	1/1/2019	15:00	125,000.00
17	1/1/2019	16:00	256,720.00
18	1/1/2019	17:00	440,690.00
19	1/1/2019	18:00	431,230.00
20	1/1/2019	19:00	464,670.00
21	1/1/2019	20:00	273,740.00
22	1/1/2019	21:00	99,000.00
23	1/1/2019	22:00	38,000.00
24	1/1/2019	23:00	82,000.00

ที่มา: เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี [48]

รูปที่ 35 ข้อมูลการผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงของเขื่อนศรีนครินทร์

2) ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลพบว่ามีความเข้มรังสีตั้งแต่เวลา 5.00-19.00 น. ของทุกวัน จึงจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรายชั่วโมงโดยกำหนดให้ค่าความเข้มรังสีของเวลา 19.00-5.00 น. มีค่าเท่ากับการป้อนข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากคู่มือของโปรแกรม EnergyPLAN พบว่าสามารถใช้ข้อมูลความเข้มรังสีในการจัดทำ Distribution ได้ เนื่องจากความเข้มรังสีนั้นมีผลโดยตรง

ต่อกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถนำมาจัดทำเป็น Distribution ได้ โดยได้รับข้อมูลความเข้มรังสีแสงอาทิตย์มาจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) จากข้อมูลที่ได้ นั้นมีทั้งหมด 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดลพบุรี ปราจีนบุรี ชลบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และ กรุงเทพมหานคร โดยเลือกใช้ข้อมูลความเข้มรังสีของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นตัวแทนของ Distribution ดังรูปที่ 36

Hourly and daily Global Radiation (MJ/m ²)																
January		2019														
PRACHUABKHIRIKHAN																
Latitude 11.83° N Longitude 99.83° E																
Date	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Total	
1	0.000	0.000	0.198	1.092	1.749	2.401	2.700	2.685	2.566	2.781	1.822	0.704	0.380	0.000	19.077	
2	0.000	0.000	0.268	1.069	1.832	2.215	2.672	3.110	3.198	2.928	2.028	0.537	0.223	0.000	20.078	
3	0.000	0.000	0.108	0.589	1.125	0.786	0.891	0.852	1.411	1.698	0.883	0.539	0.107	0.000	8.969	
4	0.000	0.000	0.056	0.213	1.170	1.752	1.391	1.122	0.883	0.813	0.537	0.292	0.000	0.000	8.229	
5	0.000	0.000	0.000	0.188	0.329	0.333	0.450	0.620	0.735	1.078	0.661	0.394	0.073	0.000	4.860	
6	0.000	0.000	0.093	0.504	0.917	1.402	2.207	2.050	2.619	2.673	1.487	0.610	0.212	0.000	14.773	
7	0.000	0.000	0.086	0.635	1.179	0.510	1.588	1.613	0.672	0.681	0.503	0.107	0.152	0.021	7.747	
8	0.000	0.000	0.190	0.979	1.810	2.091	0.000	1.979	2.965	2.724	1.988	0.762	0.313	0.000	15.800	
9	0.000	0.000	0.254	1.030	1.699	2.267	2.690	2.782	2.428	2.032	1.499	0.257	0.221	0.000	17.158	
10	0.000	0.000	0.120	0.397	1.425	1.993	2.588	2.809	2.523	2.079	1.643	1.293	0.405	0.000	17.275	
11	0.000	0.000	0.139	0.703	1.330	2.114	2.360	2.911	2.888	2.591	2.057	1.296	0.523	0.000	18.912	
12	0.000	0.000	0.124	0.764	1.495	2.165	2.647	2.851	2.662	2.169	2.033	1.101	0.305	0.000	18.316	
13	0.000	0.000	0.152	0.742	1.434	2.084	2.456	2.638	2.649	1.693	1.313	1.000	0.200	0.000	16.362	
14	0.000	0.000	0.171	0.813	1.590	2.167	2.550	2.726	2.643	2.478	2.019	1.284	0.532	0.000	18.973	
15	0.000	0.000	0.140	0.794	1.552	2.114	2.534	2.718	2.659	2.454	1.947	1.269	0.505	0.000	18.686	
16	0.000	0.000	0.142	0.774	1.414	1.982	2.216	2.655	2.535	2.424	1.899	1.189	0.464	0.000	17.694	
17	0.000	0.000	0.124	0.679	1.421	2.036	2.573	2.770	2.732	2.136	1.873	1.145	0.409	0.000	17.898	
18	0.000	0.000	0.170	0.693	0.775	0.621	1.377	1.171	1.676	0.833	0.369	0.309	0.242	0.000	8.236	
19	0.000	0.000	0.157	0.789	1.568	2.245	2.724	2.948	2.894	2.625	2.076	1.348	0.564	0.000	19.936	

ที่มา: สำนักงานของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) [49]

รูปที่ 36 ข้อมูลความเข้มรังสีของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปี พ.ศ.2562

3) ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานลม

กังหันลม เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้สกัดพลังงานจลน์ของกระแสลม และเปลี่ยนให้เป็นให้เป็นพลังงานกล จากนั้นจึงนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์ กล่าวคือ เมื่อกระแสลมพัดผ่านใบกังหัน จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานจลน์ไปสู่ใบกังหัน ทำให้กังหันหมุนรอบแกน สามารถนำพลังงานจากการหมุนนี้ไปใช้งานได้ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม ข้อมูลความเร็วลมได้จากสำนักงานวิจัยพลังงานลม โดยข้อมูลที่ได้นั้นอยู่ในรูปแบบความเร็วลมราย

ศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า จากนั้น จึงเลือกการแสดงผลของข้อมูลตามที่ต้องการ ได้แก่ สำนักงาน ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเลือก เดือน และปี โดยสำนักงานให้เลือกภาพรวม กฟภ.ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าให้เลือก ทุกประเภท เดือนให้เลือกตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม และปีให้เลือก 2562 จากนั้นเลือกที่แสดง ข้อมูล และเลือกดาวน์โหลดข้อมูล No. 1 [50] ดังรูปที่ 38

The screenshot shows a web browser window with the URL 'peac.pea.co.th/loadprofile/'. The page title is 'การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า'. Below the header, there is a search form with the following fields:

- สำนักงาน: ภาพรวม กฟภ.
- ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า: ทุกประเภท
- เดือน: มกราคม
- ปี: 2562

A blue button labeled 'แสดงข้อมูล' is located below the form. Below the form is a table with the following data:

No	ชื่อไฟล์	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า
1	0413120109.xlsx Data by tariff : ข้อมูลแบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ภาพรวม (ยกเว้นไฟชั่วคราวและอื่นๆ)
2	0413120108.xlsx Summarize Graph : กราฟภาพรวม เมล หรือ กฟภ.	ภาพรวม (ยกเว้นไฟชั่วคราวและอื่นๆ)
3	0413120110.xlsx Data by tariff : ข้อมูลแบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	บ้านที่อยู่อาศัย (< 150 หน่วย/เดือน)
4	0413120111.xlsx	บ้านที่อยู่อาศัย (> 150 หน่วย/เดือน)

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [50]

รูปที่ 38 หน้าเว็บไซต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

2. การจัดเรียงข้อมูล

2.1 เปิดไฟล์ Excel ที่ดาวน์โหลดขึ้นมาเพื่อเลือกใช้และจัดเรียงข้อมูลสำหรับใช้ในการดำเนินงาน โดยเลือกที่ซิท Source โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยของกิโลวัตต์ (kW) เนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในราย 15 นาที จึงต้องใช้โปรแกรม Excel ช่วยในการคำนวณเพื่อให้เป็นรายชั่วโมง

2.2 คัดลอกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าไปยังไฟล์ Excel ใหม่เพื่อจัดเรียงข้อมูลให้เป็นรายวัน เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีวันบอก ได้แก่ PEAKDAY, WORKDAY, SATURDAY, SUNDAY และ HOLIDAY จึงสามารถเปิดดูได้ตามปฏิทินของปี พ.ศ.2562 แล้วเรียงข้อมูลของวันต่างๆ ให้ตรงกับวันที่จริงในปฏิทิน โดย PEAKDAY จะบอกวันที่และเวลามาในไฟล์ Excel ในซิท Graph ซึ่งปรากฏอยู่ที่ช่อง Peak Date จากนั้นจึงจัดเรียงข้อมูลในครบทุกเดือนเป็นซิทละเดือน

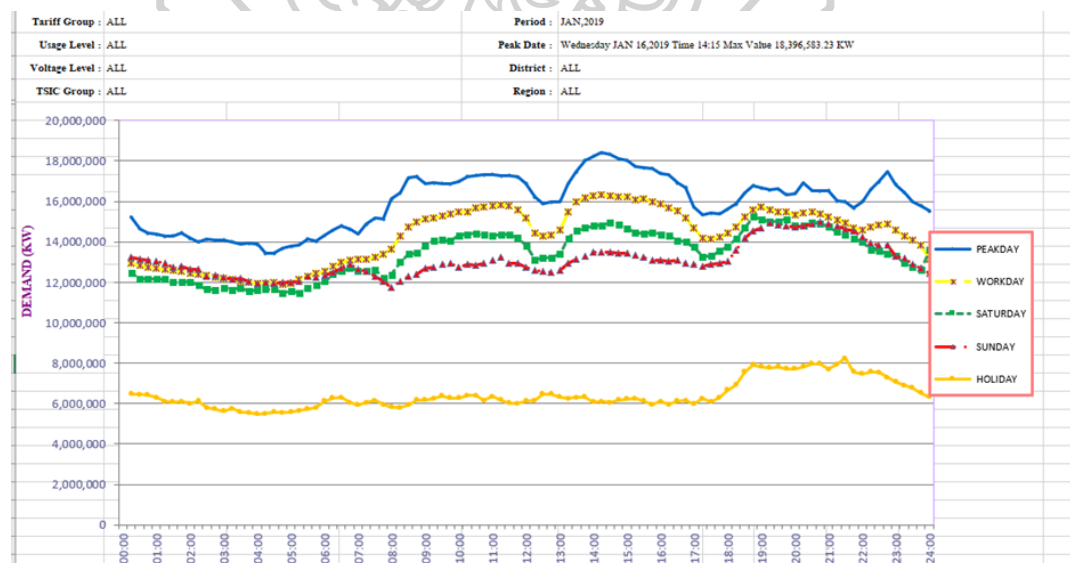
2.3 เรียงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละเดือนตามจริงให้อยู่ในคอลัมน์เดียวกันทั้งหมด ข้อมูลจะอยู่ในหน่วย kW จึงต้องแปลงตัวเลขทั้งหมดให้อยู่ในหน่วย MW โดยจะได้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี โดยมีค่าทั้งหมด 8,760 ค่า แต่จากโปรแกรมกำหนดให้

มี 8,784 ค่า เนื่องจากเมื่อในปีที่มีวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ดังนั้นเราจึงกำหนดให้มีวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ในข้อมูลที่จัดเรียงด้วย โดยใส่ค่าการใช้ไฟฟ้าของทั้งวันเท่ากับ 0 ดังรูปที่ 39-40 และตารางที่ 30

1		การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค		LOAD RESEARCH OF PEA		
2		PROVINCIAL ELECTRICITY AUTHORITY		Enquiry by Population - Data		
4 DEMAND (KW)						
5	TIME	PEAKDAY	WORKDAY	SATURDAY	SUNDAY	HOLIDAY
6	00:00					
7	00:15	15,215,700.20	12,939,890.97	12,486,485.40	13,228,148.26	6,488,161.66
8	00:30	14,635,355.49	12,851,567.18	12,144,617.17	13,134,456.00	6,459,888.85
9	00:45	14,425,740.55	12,762,649.15	12,169,267.23	13,083,562.10	6,431,131.92
10	01:00	14,362,765.64	12,682,513.49	12,143,523.41	13,062,957.66	6,313,190.21
11	01:15	14,279,780.15	12,618,305.66	12,156,717.92	12,926,082.03	6,095,025.29
12	01:30	14,308,502.38	12,568,755.39	11,995,331.65	12,753,809.26	6,076,921.72
13	01:45	14,444,989.71	12,542,818.33	11,994,913.77	12,795,602.76	6,106,882.67
14	02:00	14,163,041.57	12,457,766.66	12,037,939.86	12,663,832.76	5,991,759.75
15	02:15	14,003,694.66	12,372,870.00	11,846,463.04	12,646,031.37	6,118,521.74
16	02:30	14,113,531.12	12,330,458.90	11,653,788.80	12,301,430.02	5,795,273.91
17	02:45	14,075,253.78	12,228,163.10	11,628,073.49	12,321,714.30	5,735,706.71
18	03:00	14,091,814.46	12,183,787.81	11,725,421.39	12,233,304.08	5,632,823.51
19	03:15	14,004,316.77	12,131,438.83	11,624,124.54	12,151,838.96	5,748,152.93
20	03:30	13,891,433.30	12,054,153.40	11,726,786.17	12,184,982.18	5,579,065.47
21	03:45	13,933,411.21	12,014,672.20	11,551,120.80	12,054,122.26	5,558,686.80
22	04:00	13,872,403.45	11,927,927.74	11,622,806.56	11,946,565.89	5,479,217.78
23	04:15	13,434,603.67	11,940,772.58	11,667,365.71	11,991,158.93	5,503,870.61
24	04:30	13,423,109.72	11,988,660.19	11,655,450.10	11,946,720.45	5,585,993.32
25	04:45	13,664,931.61	11,917,641.79	11,483,532.69	11,999,772.60	5,550,590.40
26	05:00	13,769,725.88	11,957,303.35	11,563,379.05	11,970,117.19	5,579,777.14
27	05:15	13,856,714.69	12,121,604.68	11,490,799.30	12,044,142.22	5,650,062.57
28	05:30	14,157,799.48	12,270,430.97	11,694,850.05	12,272,625.89	5,715,945.80
29	05:45	14,013,651.79	12,434,473.07	11,885,388.63	12,219,773.85	5,800,799.50
30	06:00	14,331,957.76	12,529,717.32	12,053,091.48	12,325,328.22	6,117,291.21
31	06:15	14,574,858.19	12,774,437.60	12,395,295.48	12,491,517.63	6,266,506.01
32	06:30	14,807,133.82	12,975,527.78	12,560,227.33	12,670,250.30	6,310,433.74

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [50]

รูปที่ 39 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบของไฟล์ Excel ของเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2562



ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [50]

รูปที่ 40 ข้อมูลของ PEAKDAY ของเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2562

ตารางที่ 30 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

วันที่	เวลา (นาทื)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (MW)
1/1/2019	01:00	2,569.99
1/1/2019	02:00	2,460.91
1/1/2019	03:00	2,306.72
1/1/2019	04:00	2,293.60
1/1/2019	05:00	2,251.00
1/1/2019	06:00	2,340.13
1/1/2019	07:00	2,322.50
1/1/2019	08:00	2,200.96
1/1/2019	09:00	2,526.23
1/1/2019	10:00	2,625.00
1/1/2019	11:00	2,804.23
1/1/2019	12:00	2,394.58
1/1/2019	13:00	2,342.90
1/1/2019	14:00	2,458.69
1/1/2019	15:00	2,483.02
1/1/2019	16:00	2,416.39
1/1/2019	17:00	2,292.09
1/1/2019	18:00	2,475.29
1/1/2019	19:00	2,929.00
1/1/2019	20:00	2,887.76
1/1/2019	21:00	2,931.85
1/1/2019	22:00	2,830.00

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [50]

ตารางที่ 30 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) (ต่อ)

วันที่	เวลา (นาท)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (MW)
1/1/2019	23:00	2,962.40
1/1/2019	24:00	2,607.28

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [50]

3.2.2.2 ข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

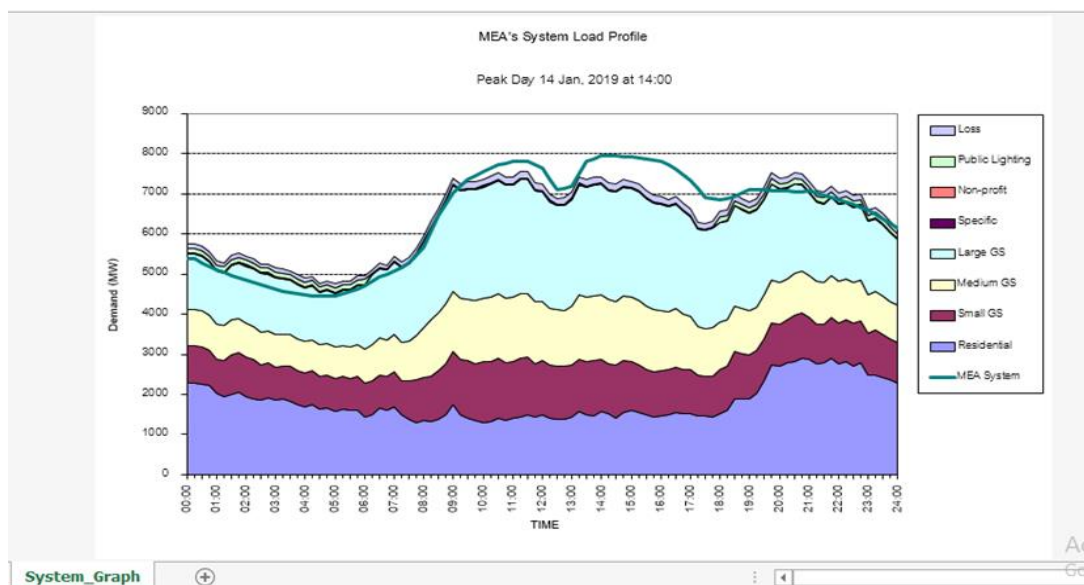
1. ติดต่อขอข้อมูลผ่านทางกรไฟฟ้านครหลวง

เนื่องจาก กฟน. ไม่มีการเผยแพร่ข้อมูลเช่นเดียวกับ กฟภ. ผู้วิจัยจึงต้องติดต่อสำนักงานใหญ่ เพื่อจัดทำเอกสารขอข้อมูลของ กฟน. จากนั้นจะจัดเรียงไฟล์ตามรายเดือน ซึ่งในไฟล์จะมีชื่อว่า System_ชื่อเดือนและ 62 เช่น เดือนมกราคม มีชื่อไฟล์ว่า System_Jan62 ข้อมูลที่ได้มีทั้งชีท System_Data เป็นข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลตัวเลข และ System_Graph เป็นแผนภูมิการใช้ไฟฟ้าทั้งระบบของการไฟฟ้านครหลวง ดังรูปที่ 41-42

1	Time	Residential	Small GS	Medium GS	Large GS	Specific	Non-profit	Public Lightin	Loss	MEA System	LR_System
2	00:00	2,272.74	930.02	913.82	1,368.50	25.98	7.91	116.26	112.38	5,379.29	5,747.61
3	00:15	2,272.74	930.02	913.82	1,368.50	25.98	7.91	116.26	112.38	5,379.29	5,747.61
4	00:30	2,246.90	942.23	900.96	1,345.23	26.41	8.00	116.26	110.22	5,275.61	5,696.21
5	00:45	2,224.76	871.60	878.25	1,321.52	25.51	7.71	116.26	108.50	5,193.19	5,554.11
6	01:00	2,031.38	835.84	874.16	1,317.36	25.09	7.73	116.26	106.77	5,110.77	5,314.59
7	01:15	1,943.32	909.70	871.54	1,296.32	29.03	7.69	116.26	105.24	5,037.46	5,279.09
8	01:30	2,006.31	973.88	865.93	1,358.13	29.25	7.98	116.26	103.71	4,964.14	5,461.45
9	01:45	2,052.17	981.23	850.93	1,383.49	29.53	7.71	116.26	102.42	4,902.31	5,523.74
10	02:00	1,953.11	986.77	832.84	1,420.12	29.12	7.37	116.26	101.13	4,840.47	5,446.72
11	02:15	1,895.69	982.84	808.41	1,438.26	25.35	7.29	116.26	99.91	4,782.42	5,374.01
12	02:30	1,857.32	884.15	812.32	1,449.43	23.75	7.16	116.26	98.70	4,724.36	5,249.08
13	02:45	1,902.45	879.61	806.97	1,411.29	24.46	7.45	116.26	97.57	4,670.29	5,246.05
14	03:00	1,868.28	819.44	810.46	1,401.12	23.95	7.31	116.26	96.44	4,616.22	5,143.25
15	03:15	1,884.49	816.83	792.28	1,381.60	23.25	7.19	116.26	95.62	4,577.00	5,117.53
16	03:30	1,838.67	854.96	790.13	1,360.42	22.56	7.11	116.26	94.80	4,537.79	5,084.90

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49]

รูปที่ 41 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเดือนมกราคมของ กฟน. ในชีท System_Data



ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49]

รูปที่ 42 แผนภูมิการใช้ไฟฟ้าเดือนมกราคมของ กฟน. ในชื่อ System_Graph

2. จัดเรียงข้อมูล

2.1 เมื่อเปิดข้อมูลที่ได้อาจจะเลือกใช้ที่ sheet ที่มีชื่อว่า System_Data เป็นข้อมูลการใช้ไฟฟ้าราย 15 นาที และเฉลี่ยของทุกวันตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ใน 1 เดือน เลือกใช้ข้อมูลในคอลัมน์ MEA system เนื่องจากเป็นข้อมูลที่รวมแต่ละประเภทผู้ผลิตไฟฟ้าไว้แล้ว จากนั้นจึงต้องใช้โปรแกรม Excel ช่วยในการคำนวณเพื่อให้เป็นรายชั่วโมง

2.2 คัดลอกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าไปยังไฟล์ Excel ใหม่เพื่อจัดเรียงข้อมูล ให้เป็นรายวันจะได้จำนวนข้อมูลทั้งหมด 8,784 ชั่วโมง เนื่องจากข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีจำนวนทั้งหมด 8,784 ค่า จึงเลือกแสดงตัวอย่างข้อมูลเพียง 1 วันเท่านั้น ซึ่งมีจำนวนเพียง 24 ค่า ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

วันที่	เวลา (นาที)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟน. (MW)
1/1/2019	01:00	5,110.77

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49]

ตารางที่ 31 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) (ต่อ)

วันที่	เวลา (นาท)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟน. (MW)
1/1/2019	01:00	5,110.77
1/1/2019	02:00	4,840.47
1/1/2019	03:00	4,616.22
1/1/2019	04:00	4,475.59
1/1/2019	05:00	4,450.20
1/1/2019	06:00	4,714.25
1/1/2019	07:00	5,061.20
1/1/2019	08:00	5,653.91
1/1/2019	09:00	7,030.28
1/1/2019	10:00	7,554.61
1/1/2019	11:00	7,813.85
1/1/2019	12:00	7,633.85
1/1/2019	13:00	7,176.92
1/1/2019	14:00	7,946.75
1/1/2019	15:00	7,924.15
1/1/2019	16:00	7,797.82
1/1/2019	17:00	7,335.34
1/1/2019	18:00	6,836.24
1/1/2019	19:00	7,100.62
1/1/2019	20:00	7,076.51
1/1/2019	21:00	7,061.76
1/1/2019	22:00	6,844.75

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49]

ตารางที่ 31 ตัวอย่างข้อมูลความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) (ต่อ)

วันที่	เวลา (นาท)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟน. (MW)
1/1/2019	23:00	6,586.68
1/1/2019	24:00	6,146.29

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49]

ขั้นตอนที่ 2 การรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

รวมข้อมูลรายชั่วโมงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของ กฟภ. และ กฟน. ที่ทำใส่ไฟล์ Excel เช่น ณ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 เวลา 1.00 น. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 2,569.99 MW และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 5,110.77 MW เมื่อรวมกันจะได้ความต้องการไฟฟ้าใหม่เท่ากับ 7,680.76 MW ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการคำนวณ ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้าใหม่รายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ที่ได้มาจากการรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

วันที่	เวลา (นาท)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน.(MW)
1/1/2019	01:00	7,680.76
1/1/2019	02:00	7,301.38
1/1/2019	03:00	6,922.94
1/1/2019	04:00	6,769.19
1/1/2019	05:00	6,701.19
1/1/2019	06:00	7,054.37
1/1/2019	07:00	7,383.70
1/1/2019	08:00	7,854.87
1/1/2019	09:00	9,556.50

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49] [50]

ตารางที่ 32 ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้าใหม่รายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ที่ได้มาจากการรวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) (ต่อ)

วันที่	เวลา (นาท)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน.(MW)
1/1/2019	10:00	10,179.61
1/1/2019	11:00	10,618.07
1/1/2019	12:00	10,028.43
1/1/2019	13:00	9,519.82
1/1/2019	14:00	10,405.44
1/1/2019	15:00	10,407.16
1/1/2019	16:00	10,214.20
1/1/2019	17:00	9,627.43
1/1/2019	18:00	9,311.52
1/1/2019	19:00	10,029.62
1/1/2019	20:00	9,964.27
1/1/2019	21:00	9,993.61
1/1/2019	22:00	9,674.75
1/1/2019	23:00	9,549.09
1/1/2019	24:00	8,753.57

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49] [50]

เมื่อนำข้อมูลของทั้ง 2 การไฟฟ้ามารวมกันแล้ว จากนั้นจึงแปลงหน่วยให้อยู่ในหน่วยเทระวัตต์ (TW) โดยสามารถแปลงหน่วยได้โดยนำตัวเลขที่อยู่ในหน่วยเมกะวัตต์ (MW) หารกับจำนวน 1,000,000 เพื่อให้ได้ข้อมูลตัวเลขที่อยู่ในหน่วยเทระวัตต์ (TW) ดังแสดงในตารางที่ 26

เมื่อแปลงหน่วยปริมาณความต้องการทางไฟฟ้าเป็นหน่วย TW แล้ว จากนั้นคำนวณปริมาณความต้องการไฟฟ้าทั้งหมด ในหนึ่งปีซึ่งอยู่ในหน่วย TWh โดยสามารถคำนวณได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากรายชั่วโมงในระยะเวลาหนึ่งปีมีทั้งหมด 8,784 ชั่วโมง จะได้เท่ากับ 198 TWh/year

ตารางที่ 33 ปริมาณความต้องการทางไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ในหน่วยเทระวัตต์ (TW)

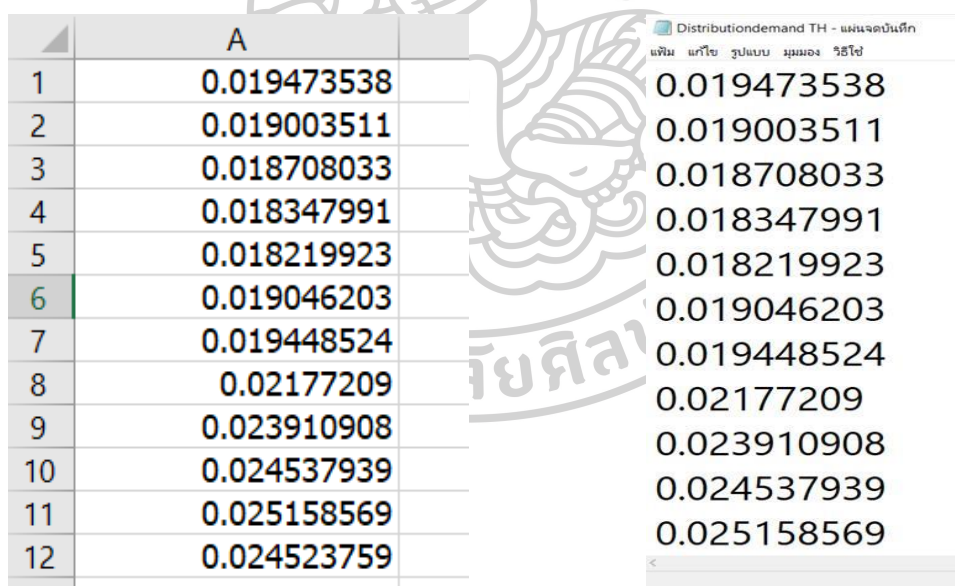
วันที่	เวลา (นาทีก)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน.(TW)
1/1/2019	01:00	0.007718052
1/1/2019	02:00	0.007410456
1/1/2019	03:00	0.007077130
1/1/2019	04:00	0.006782304
1/1/2019	05:00	0.006743801
1/1/2019	06:00	0.006965243
1/1/2019	07:00	0.007401327
1/1/2019	08:00	0.007976412
1/1/2019	09:00	0.009231234
1/1/2019	10:00	0.010080839
1/1/2019	11:00	0.010438842
1/1/2019	12:00	0.010438072
1/1/2019	13:00	0.0095715
1/1/2019	14:00	0.010289654
1/1/2019	15:00	0.010382835
1/1/2019	16:00	0.010280833
1/1/2019	17:00	0.009751729
1/1/2019	18:00	0.009128322
1/1/2019	19:00	0.009575907
1/1/2019	20:00	0.010005516
1/1/2019	21:00	0.009949522
1/1/2019	22:00	0.009776597
1/1/2019	23:00	0.009416683
1/1/2019	24:00	0.009108689

ที่มา: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [49] [50]

ขั้นตอนที่ 3 บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ให้อยู่ในไฟล์ notepad

การบันทึกข้อมูลจะมีเพียงคอลัมน์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน. ซึ่งข้อมูลที่บันทึกไว้นั้นต้องเป็นข้อมูลตัวเลขเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูล และข้อมูลเมื่ออยู่ในไฟล์ notepad แล้ว จะปรากฏเป็นตัวเลขเรียงกันจากบนลงล่างซึ่งมีจำนวน 8,784 ค่า โดยไฟล์ notepad นี้ โปรแกรมจะเรียกว่า Distribution ดังรูปที่ 43

วิธีการบันทึกไฟล์ Excel ให้เป็นไฟล์ notepad ได้โดยนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน. ในหน่วย TW มาจัดเรียงให้เป็นข้อมูลรายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี จะได้ข้อมูลในไฟล์ Excel ทั้งหมด 8,784 แถว จากนั้นจึงเลือกบันทึกที่ตัวเลือก “ไฟล์” ของโปรแกรม เมื่อเลือกแล้วจึงเลือกที่ “บันทึกเป็น” แล้วจึงเรียกดูที่ไฟล์ของโปรแกรม EnergyPLAN เลือก “energyPLAN Data” เลือก “Distributions” จากนั้นจึงเลือกบันทึกชนิดเป็น “Text(Macintosh)” เมื่อเสร็จแล้วจะได้ข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ notepad และสามารถนำไปใช้ในโปรแกรมได้ทันที



	A	
1	0.019473538	0.019473538
2	0.019003511	0.019003511
3	0.018708033	0.018708033
4	0.018347991	0.018347991
5	0.018219923	0.018219923
6	0.019046203	0.019046203
7	0.019448524	0.019448524
8	0.02177209	0.02177209
9	0.023910908	0.023910908
10	0.024537939	0.024537939
11	0.025158569	0.025158569
12	0.024523759	0.024523759

(ก)

(ข)

รูปที่ 43 การจัดเรียงข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. และ กฟน. หน่วย TW ใน Excel (ก) และค่า Distribution ใน notepad (ข)

3.2.3 ข้อมูลปริมาณรถยนต์ไฟฟ้า

ข้อมูลประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยทั้งกรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าจำนวน 1.2 ล้านคัน และกรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2.3 ล้านคัน ดังตารางที่ 34 สรุปสัดส่วนระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอิน (PHEV) และรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2579 ดังนี้

ตารางที่ 34 สมมติฐานสัดส่วน PHEV และ BEV ในแต่ละปี

ปี	สัดส่วน PHEV (%)	สัดส่วน BEV (%)	ปี	สัดส่วน PHEV (%)	สัดส่วน BEV (%)
2560	92	8	2570	45	55
2561	90	10	2571	40	60
2562	85	15	2572	39	61
2563	80	20	2573	37	63
2564	75	25	2574	33	67
2565	70	30	2575	31	69
2566	65	35	2576	29	71
2567	60	40	2577	25	75
2568	55	45	2578	21	79
2569	50	50	2579	20	80

ที่มา: คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย [10]

3.2.3.1 การประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน

เป็นสถานการณ์ที่ 1 ส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 (EEP 2015) ซึ่งนโยบายหรือมาตรการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ตลอดจนแผนพัฒนาพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้า โดยมีการประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1.2 ล้านคัน ดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ.2560 - 2579 กรณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1.2 ล้านคัน

ปี	จำนวน PHEV	จำนวน BEV	รวมทั้งหมด
2560	4,182	331	4,513
2561	8,245	782	9,027
2562	19,814	2,823	22,637
2563	35,111	6,647	41,758
2564	53,571	12,800	66,371
2565	73,109	21,173	94,282
2566	95,783	33,382	129,165
2567	121,925	50,810	172,735
2568	148,772	72,775	221,547
2569	177,009	101,012	278,021
2570	204,719	134,880	339,599
2571	231,415	174,923	406,338
2572	260,144	219,859	480,003
2573	290,716	271,915	562,631
2574	319,236	329,820	649,056
2575	349,905	398,084	747,989
2576	380,375	472,682	853,057
2577	407,256	553,326	960,582
2578	431,221	643,478	1,074,699
2579	456,838	745,944	1,202,782

ที่มา: คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย [10]

3.2.3.2 การประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ.2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน

เป็นสถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้รับผลตอบแทนที่ดี จนทำให้การขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยเทียบเท่ากับนานาชาติ ซึ่งหากเกิดกรณีดังกล่าว แผนงานรองรับที่เตรียมไว้ อาจไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องวางแผนรับมือกรณีที่การเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าสูงเกินกว่าเป้าหมายที่คาดการณ์เอาไว้ ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560 - 2579 กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2.3 ล้านคัน

ปี	จำนวน PHEV	จำนวน BEV	รวมทั้งหมด
2560	5,770	469	6,239
2561	14,145	1,399	15,544
2562	25,673	3,433	29,106
2563	40,982	7,260	48,242
2564	59,320	13,372	72,692
2565	83,087	23,558	106,645
2566	111,836	39,038	150,874
2566	111,836	39,038	150,874
2567	145,407	61,419	206,826
2568	187,483	95,844	283,327
2569	238,204	146,565	384,769
2570	294,951	215,923	510,874
2571	353,729	304,089	657,818
2572	418,742	405,775	824,517
2573	486,755	521,581	1,008,336

ที่มา: คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย [10]

ตารางที่ 36 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560 - 2579 กรณีส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2.3 ล้านคัน (ต่อ)

ปี	จำนวน PHEV (คัน)	จำนวน BEV (คัน)	รวมทั้งหมด (คัน)
2574	554,054	658,219	1,212,273
2575	620,928	807,068	1,427,996
2576	683,545	960,372	1,643,917
2577	737,305	1,121,651	1,858,956
2578	781,737	1,288,801	2,070,538
2579	822,779	1,452,971	2,275,750

ที่มา: คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย [10]

3.2.3.3 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

เป็นสถานการณ์ที่ 3 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เตรียมวางแผนความพร้อมกรณีเติบโตกว่าเป้าหมายที่คาดการณ์ไว้ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ที่ 1 เป็นการประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP2015) 1.2 ล้านคัน เพื่ออนุรักษ์พลังงานให้ได้ 30,213 ktoe และสถานการณ์ที่ 2 เป็นการประมาณการตามการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าให้ขยายจำนวนเทียบเท่า นานาชาติ (EEP2015) 2.3 ล้านคัน จึงเป็นวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ 3 ขึ้น

เนื่องจากการอัตราการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันอาจจะเติบโตสูงกว่าที่พยากรณ์ไว้ จึงเป็นสาเหตุการคำนวณอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 โดยใช้วิธีคำนวณ Growth Rate [51] เมื่อได้จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่ประมาณการจากสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 แล้ว จะหาอัตราการเติบโตรวมทั้ง 2 สถานการณ์ เพื่อดูปริมาณการเติบโตที่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นนำจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2 มาเป็นฐานในการคำนวณ โดยการนำอัตราเติบโตที่ได้คูณกับจำนวนรถในสถานการณ์ที่ 2 จะได้จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีเป็นสถานการณ์ที่ 3 ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565 - 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน
 คำนวณการรวมจากอัตราการเติบโต (Growth Rate) ของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

ปี	จำนวน PHEV (คัน)	จำนวน BEV (คัน)	รวมทั้งหมด (คัน)
2565	146,679	56,913	203,593
2566	185,217	87,200	272,418
2567	228,741	128,697	357,438
2568	283,017	190,997	474,014
2569	347,858	280,996	628,854
2570	411,390	390,499	801,889
2571	470,348	518,533	988,880
2572	547,689	645,704	1,193,393
2573	623,018	793,932	1,416,950
2574	685,012	970,821	1,655,833
2575	755,526	1,156,619	1,912,145
2576	812,000	1,322,763	2,134,763
2577	847,398	1,501,378	2,348,777
2578	874,848	1,690,841	2,565,689
2579	914,854	1,869,421	2,784,275

ที่มา: คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับรถยนต์ไฟฟ้า
 ของประเทศไทย [10] [51]

3.3 การออกแบบแบบสอบถามพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ของผู้ใช้งานใน ประเทศไทย และการนำข้อมูลไปใช้งาน

3.3.1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ผู้ขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย
 ประเภทรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Vehicle: PHEV) และรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่
 (Battery Electric Vehicle: BEV) โดยสำรวจข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้าสะสมจากกรมขนส่งทางบก [52] ณ
 วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2565 จำนวน 59,642 คัน จากสูตรการคำนวณ (Yamane, 1973) [16] ทำให้
 สามารถคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยได้ 398 ตัวอย่าง ดังสมการที่ (6) ตามทฤษฎี
 ที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ผู้ใช้ชื้อรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยอยู่ในช่วงอายุ ต่ำกว่า 20 ปี ถึง 61 ปี ขึ้นไป และมีใบขับขี่ส่วนบุคคลถูกต้องตามกฎหมาย โดยมีมุ่งเน้นการสำรวจพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ที่มีผลต่อปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตตามการคาดการณ์จำนวนรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ทำให้ผู้วิจัยเลือกจำนวนประชากรจำนวน 450 คน ซึ่งเกินจากค่าที่คำนวณได้ เพื่อเป็นการป้องกันความคาดเคลื่อนจากการตอบแบบสอบถามไม่ครบถ้วน

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) จึงใช้แบบสอบถามความคิดเห็นออนไลน์ (Online Questionnaire) ผ่านไมโครซอฟต์ฟอร์ม (Microsoft Form) ซึ่งแบบสอบถามถูกออกแบบจากทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางการคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากผู้ใช้งานรถยนต์จริง รวมทั้งสิ้นจำนวน 21 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งานในประเทศไทย จำนวน 12 ข้อ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย นอกเหนือจากแบบสอบถามในส่วนที่ 1-2

ผู้วิจัยได้ทำการนำเสนอแบบสอบถามที่ได้ออกแบบต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้อง ความครบถ้วน และความสอดคล้องกับเนื้อหาของเรื่องที่ศึกษา จากนั้นจึงส่งแบบสอบถามไปยังผู้เชี่ยวชาญภายนอกตามส่วนงานต่าง ๆ เพื่อหาค่า IOC (Index of item objective congruence) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย เพื่อยืนยันความสอดคล้องของคำถาม วัตถุประสงค์ และเนื้อหา โดยเกณฑ์คำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 มีค่าความเที่ยงตรงที่สามารถนำไปใช้ได้ แบบสอบถามถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอกจำนวน 3 ท่าน ก่อนทำการสำรวจผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยโดยอ้างอิงทฤษฎี Yamane ดังสมการที่ (7)

จากผลการประเมิน IOC พบว่ามีเพียงคำถามเดียวที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ได้แก่ ระดับการศึกษา ผู้วิจัยจึงดำเนินการยกเลิกคำถามข้อดังกล่าว

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาแบบสำรวจพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งานในประเทศไทย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยการส่งแบบสอบถามออนไลน์ผ่านไมโครซอฟต์ฟอร์ม (Microsoft Form) ถึงกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 450 ตัวอย่างเมื่อผู้วิจัยได้รวบรวมแบบสอบถามทั้งหมดแล้ว จึงทำการตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

3.3.3 การนำข้อมูลไปใช้งาน

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับจำนวนของรถยนต์ไฟฟ้าจากประมาณการในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละผู้ใช้งาน ตัวอย่าง เช่น หากผู้ตอบแบบสอบถามมีการตอบแบบสอบถามดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ข้อมูลตัวอย่างจากการสำรวจสำหรับคำนวณการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale Up)

ข้อมูลตัวอย่างที่ได้/คน		ข้อมูลที่น่าไปใช้งาน
ยี่ห้อรถ	MG	MG
รุ่น	EP/Ep Plus	EP/Ep Plus
เริ่มชาร์จ	21%-40%	30.5 %
หยุดชาร์จ	91%-100%	95.5 %
หัวชาร์จ AC รองรับไฟ	6.6 kW	6.6 kW
หัวชาร์จ DC รองรับไฟ	75 kW	75 kW
ความจุแบตเตอรี่	50.3 kWh	50.3 kWh
ชาร์จ 1 ครั้ง ใช้ได้กี่วัน	1-2 วัน	1.5 วัน
ช่วงเวลาวันธรรมดา	18.01-24.00	6 ชั่วโมง
ช่วงเวลาวันหยุด	18.01-24.00	6 ชั่วโมง
ระยะทาง/วัน	21-40 km	30.5 km

การขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับจำนวนของรถยนต์ไฟฟ้าจากประมาณในประเทศไทยสมการที่ (10) และสมการที่ (11) ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ผลรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบบสอบถามทั้งหมด และค่าประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในปีนั้น ๆ และคำนวณการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (9) ตามทฤษฎีที่

เกี่ยวข้องตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก จ วิธีคำนวณรายคน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 เมื่อทราบปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ คือค่า E (kWh) จากข้างต้น จะหา Time Period (hrs) ต่อ เพื่อจะได้ทราบว่าต้องใช้ระยะเวลาที่ชั่วโมง หรือกี่นาทีถึงชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเต็ม และช่วงเวลาในการตัดสินใจชาร์จแบตเตอรี่มาจากการตอบแบบสอบถามของบุคคลนั้น เช่น $E = 34.45$ kWh, Time Period = 5 ชั่วโมง 13 นาที หรือ 313.2 นาที, ตัดสินใจเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเวลา 18.00 น. ขั้นตอนที่ 2 กรอกข้อมูลใน 1 ชั่วโมงใช้ไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่เท่าไร ส่วนเศษนาทีก็ปัดชั่วโมงถัดไป ซึ่งจะทำแบบนี้ทั้งหมด 450 คน

หลังจากได้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงแล้วนำข้อมูลมากระจายใน Excel แบ่งเป็น 4 แบบ ได้แก่ ก) การใช้งานประเภท PHEV ในวันธรรมดา ข) การใช้งานประเภท PHEV ในวันหยุด ค) การใช้งานประเภท BEV ในวันธรรมดา และ ง) การใช้งานประเภท BEV ในวันหยุด เพื่อหาช่วงเวลาที่ชาร์จไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดย 1 คน สามารถชาร์จได้เกิน 1 ชั่วโมง โดยเศษของชั่วโมงจะคิดเป็นชั่วโมงถัดไป เช่น เริ่มชาร์จ 01.00-03.30 น. จะเท่ากับชาร์จเต็มชั่วโมง ได้แก่ เวลา 01.00-03.00 น. ส่วนชั่วโมงถัดไปที่ชาร์จเพียง 30 นาที จะนำไปกระจายข้อมูลในช่วงเวลา 04.00 น. ดังรูปที่ 44

วันธรรมดา	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	
1																			
2																			
3		0.006600	0.006600	0.006295															
4		0.006600	0.006600	0.006295															
5		0.006295																	
6																			
7		0.006295								0.006600	0.006600	0.006600	0.006600	0.001265					
8		0.006600	0.006600	0.006295															
9		0.006600	0.006600	0.006295															
10		0.006600	0.006600	0.0034065															
11		0.006600	0.006600	0.0034065															
12		0.006600	0.006600	0.006295															
13		0.006600	0.006600	0.001265															
14		0.001265																	
15										0.006600	0.006600	0.006600	0.006600	0.001265					
16																			
17		0.006600	0.006600	0.006295															
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27		0.001265																	
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36		0.006600	0.006600	0.006600	0.006600	0.006600	0.00015												
37		0.006600	0.00015																
38		0.006600	0.006600	0.006600	0.00015														

รูปที่ 44 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลการใช้ไฟชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมงต่อคน

ตัวอย่างการกรอกข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงจากรูปที่ 44 นำมาสรุปข้อมูลใน Excel ดังรูปที่ 45 แสดงตัวอย่างประชากรใช้รถประเภท BEV จำนวน 225 คน จะชาร์จแบตเตอรี่

รถยนต์ไฟฟ้าเต็มชั่วโมงรวม 776 ชั่วโมง ส่วนเศษชั่วโมงรวม 113 ชั่วโมง จะได้ระยะเวลาในการใช้ไฟฟ้าชาร์จแบตเตอรี่ใน 1 วัน เท่ากับ 889 ชั่วโมง กรณีการคำนวณการใช้ไฟฟ้ายกขยายขณะเดียวกันจะทราบปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 วัน เท่ากับ 6.97 MW ที่สามารถนำไปคำนวณขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) ในสมการที่ (10) และสมการที่ (11) ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

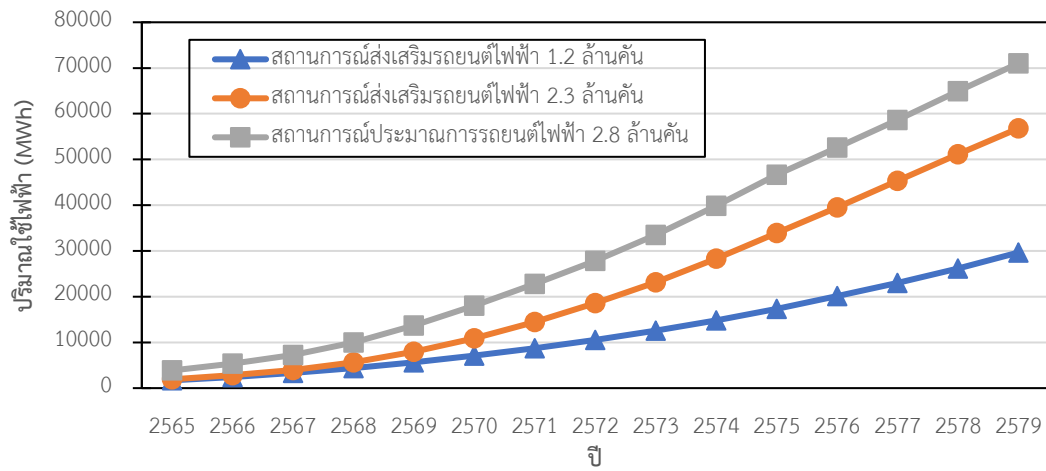
	A	B	C	D	E	F	G	H	AK	AL
1	วันธรรมดา EV									
2	จำนวน 225 คน									
3	เวลา	จำนวนคัน/ชม.	จำนวนคัน/เศษ ชม.	จำนวนคัน/เวลา	ไฟฟ้าใช้ (MW)	เฉลี่ย/คน(MW)	สัดส่วน (%)	ชม.เฉลี่ย	จำนวนรถปี 79	รวมปี 79 (MW)
4	01.00	81	13.82	94.82	0.671969	0.007086568	0.10666083	3.95117067	745,944	2227.783305
5	02.00	69	13.43166147	82.43166147	0.6089446	0.007387266	0.09272263	3.95117067	745,944	2018.838092
6	03.00	40	17.00660606	57.00660606	0.42541	0.007462468	0.06412345	3.95117067	745,944	1410.364609
7	04.00	19	12.50304167	31.50304167	0.248764	0.007896507	0.03543596	3.95117067	745,944	824.7289476
8	05.00	10	3.843272727	13.84327273	0.120412	0.008698232	0.0155715	3.95117067	745,944	399.2027063
9	06.00	4	3.214533032	7.214533032	0.054996	0.007622947	0.00811521	3.95117067	745,944	182.3286054
10	07.00	2	0.045454545	2.045454545	0.0135	0.0066	0.00230081	3.95117067	745,944	44.75664
11	08.00	7	0	7	0.0567	0.0081	0.0078739	3.95117067	745,944	187.977888
12	09.00	6	0.211666667	6.211666667	0.051497	0.008290368	0.00698715	3.95117067	745,944	170.7283474
13	10.00	13	1.163974545	14.16397455	0.167351	0.011815257	0.01593224	3.95117067	745,944	554.819886
14	11.00	11	0.60687013	11.60687013	0.106139	0.009144498	0.0130559	3.95117067	745,944	351.8833343
15	12.00	12	1.509987578	13.50998758	0.127546	0.009440867	0.01519661	3.95117067	745,944	422.8541041
16	13.00	6	2.526515152	8.526515152	0.079825	0.009361972	0.00959099	3.95117067	745,944	264.6443547
17	14.00	13	0.383333333	13.38333333	0.11223	0.008385803	0.01505414	3.95117067	745,944	372.0768672
18	15.00	13	0	13	0.1097	0.008438462	0.01462295	3.95117067	745,944	363.6891413
19	16.00	20	0.921936759	20.92193676	0.1826	0.008727681	0.02353388	3.95117067	745,944	605.3749973
20	17.00	16	2.110658009	18.11065801	0.156114	0.008620007	0.02037164	3.95117067	745,944	517.565785
21	18.00	31	4.010837154	35.01083715	0.326973	0.009339194	0.03938168	3.95117067	745,944	1084.015767
22	19.00	26	0.655151515	26.65515152	0.225344	0.008454051	0.02998285	3.95117067	745,944	747.0844655
23	20.00	64	3.68708498	67.68708498	0.541061	0.007993563	0.07613731	3.95117067	745,944	1793.78314
24	21.00	55	4.218636364	59.21863636	0.453303	0.007654736	0.06661164	3.95117067	745,944	1502.838458
25	22.00	88	6.612812208	94.61281221	0.77197	0.008159254	0.10642451	3.95117067	745,944	2559.317287
26	23.00	71	7.849320346	78.84932035	0.562327	0.007131666	0.08869306	3.95117067	745,944	1864.286452
27	24.00	99	12.67714286	111.6771429	0.79328	0.007103334	0.12561919	3.95117067	745,944	2629.966473
28	total	776	113.0134019	889.0134019	6.9679556					

รูปที่ 45 ตัวอย่างการคำนวณการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up)

หรือสามารถคำนวณขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) ได้อีกวิธี ตามรูปที่ 45 จะได้ว่าในคอลัมน์ AL ซึ่งจะนำคอลัมน์คูณกัน (F * G * H * AK = AL) จากรูปดังกล่าวเป็นการยกตัวอย่างการคำนวณจากสถานการณ์ที่ 1

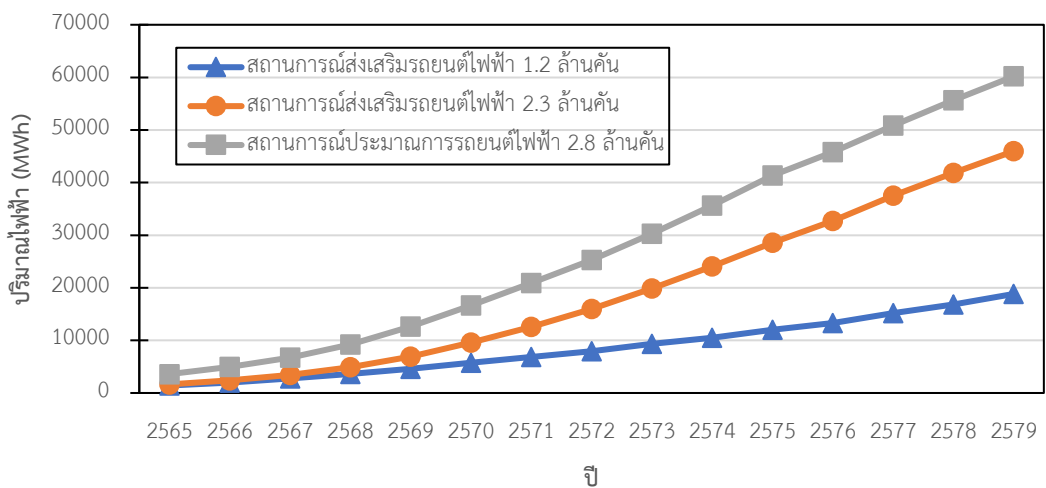
3.4 การคำนวณลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (T VER S-METH-04-01 Version 02: ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า) [20] ผลคำนวณของตัวแปรในสมการที่ (15) ดังรูปที่ 46-47 และสมการที่ (16) ดังรูปที่ 48 นอกจากนี้ผลคำนวณของตัวแปรที่เป็นตัวเลขจะอยู่ในภาคผนวก ข



รูปที่ 46 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{PJ,i,y}$)

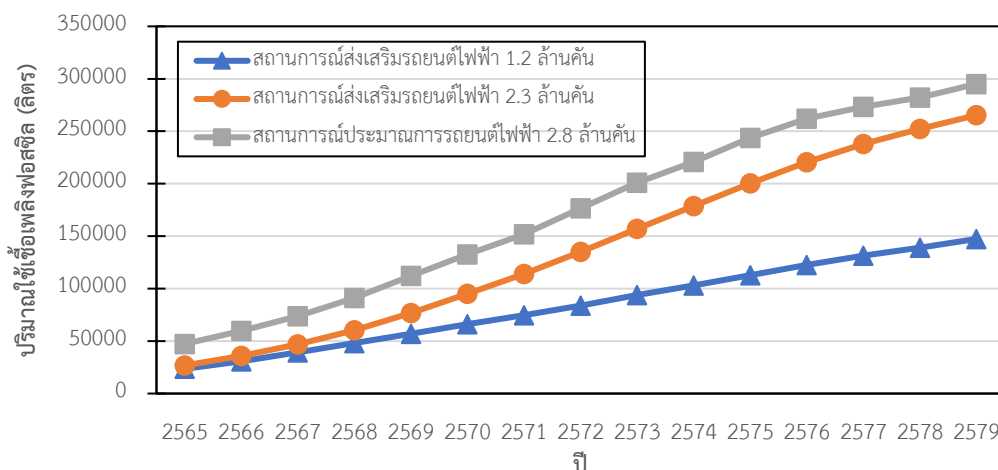
จากรูปที่ 46 เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า คันที่ i จากการดำเนินโครงการในปี y ซึ่งวิธีคำนวณได้มาจากสมการที่ (10) ร่วมกับสมการที่ (11) ทั้ง 3 สถานการณ์จำลอง จะได้ผลลัพธ์ของตัวแปร ($EC_{PJ,i,y}$) สามารถดูผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้ที่ภาคผนวก ข



รูปที่ 47 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับการชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{RE,i,y}$)

จากรูปที่ 47 เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับการชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{RE,i,y}$) คันที่ i จากการดำเนินโครงการในปี y ซึ่งวิธีคำนวณจากข้อมูลประมาณการกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี

พ.ศ. 2565–2579 โดยคิดสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดในแต่ละปี จากนั้นจะทำผลตัวแปร ($EC_{PJ,i,y}$) หักกับสัดส่วนที่คิดได้ จะได้ผลลัพธ์ของตัวแปร ($EC_{RE,i,y}$) สามารถดูผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้ที่ภาคผนวก ข



รูปที่ 48 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริดสำหรับการดำเนินโครงการ ($FC_{PJ,i,y}$)

จากรูปที่ 48 เป็นปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริดสำหรับการดำเนินโครงการ ($FC_{PJ,i,y}$) สามารถคำนวณจากพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในการขับเคลื่อนของรถประเภท PHEV ที่ได้จากแบบสอบถาม เท่ากับ 5.28 kWh การพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในการขับเคลื่อนต่อกิโลเมตร เท่ากับ 0.155 kWh/km ซึ่งจะได้ระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อน จากนั้นนำระยะทางเฉลี่ยในการขับเคลื่อนเท่ากับ 67 km หักกับระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้พลังงานไฟฟ้าขับเคลื่อน จะได้ระยะทางที่รถประเภทไฮบริดใช้น้ำมันขับเคลื่อนและนำไปหารด้วยอัตราสิ้นเปลืองการใช้น้ำมันต่อหนึ่งกิโลเมตรแล้วนำไปคูณจำนวนรถประเภท PHEV ทั้ง 3 สถานการณ์ คูณจำนวนวันในหนึ่งปี และหารด้วยวันเฉลี่ยในการชาร์จแบตเตอรี่รถประเภท PHEV ต่อครั้ง ซึ่งได้ข้อมูลจากคำตอบในแบบสอบถาม เท่ากับ 2.72 วัน จึงจะได้ผลลัพธ์ของตัวแปร $FC_{PJ,i,x,y}$ สามารถดูผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้ที่ภาคผนวก ข

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปในได้ตั้งสมการที่ (13) ผลคำนวณของตัวแปรกรณีฐาน ดังตารางที่ 39 และสมการที่ (14) ดังรูปที่ 40

ตารางที่ 39 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากกรณีฐาน (BE_y)

ปี	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากกรณีฐาน ($tCO_2e/year$)		
	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	285,198.65	322,596.15	615,858.15
2566	390,718.10	456,386.81	824,050.79
2567	522,515.32	625,639.01	1,081,233.38
2568	670,169.34	857,050.96	1,433,869.87
2569	841,000.56	1,163,908.28	1,902,253.08
2570	1,027,271.14	1,545,370.03	2,425,677.01
2571	1,229,153.50	1,989,868.78	2,991,316.81
2572	1,451,986.69	2,494,125.48	3,609,956.97
2573	1,701,932.54	3,050,169.38	4,286,208.12
2574	1,963,364.13	3,667,069.30	5,008,818.46
2575	2,262,631.85	4,319,621.31	5,784,150.85
2576	2,580,457.65	4,972,772.27	6,457,559.07
2577	2,905,715.76	5,623,255.22	7,104,940.11
2578	3,250,914.36	6,263,280.90	7,761,089.43
2579	3,638,359.46	6,884,037.63	8,422,301.11

จากตารางที่ 39 เป็นผลลัพธ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากกรณีฐาน (BE_y) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (13)

ตารางที่ 40 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ (PE_y)

ปี	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ($tCO_2e/year$)		
	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	138.28	138.33	138.64
2566	199.10	199.18	199.54
2567	271.97	272.09	272.50

ตารางที่ 40 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ (PE_y) (ต่อ)

ปี	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ ($tCO_2e/year$)		
	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2568	378.09	378.28	378.75
2569	527.11	527.41	527.95
2570	665.01	665.46	666.03
2571	935.05	935.65	936.23
2572	1,262.81	1,263.59	1,264.23
2573	1,581.94	1,582.91	1,583.58
2574	2,081.60	2,082.76	2,083.40
2575	2,598.90	2,600.23	2,600.90
2576	3,319.27	3,320.77	3,321.40
2577	3,805.99	3,807.61	3,808.16
2578	4,524.40	4,526.13	4,526.59
2579	5,275.51	5,277.32	5,277.77

จากตารางที่ 40 เป็นผลลัพธ์ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการ (PE_y) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (14)

3.5 แบบจำลองพลังงานไฟฟ้าและปริมาณรถยนต์ไฟฟ้า โดยป้อนข้อมูลในโปรแกรม

EnergyPLAN

3.5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม

EnergyPLAN และข้อมูลจริงของปี พ.ศ.2562

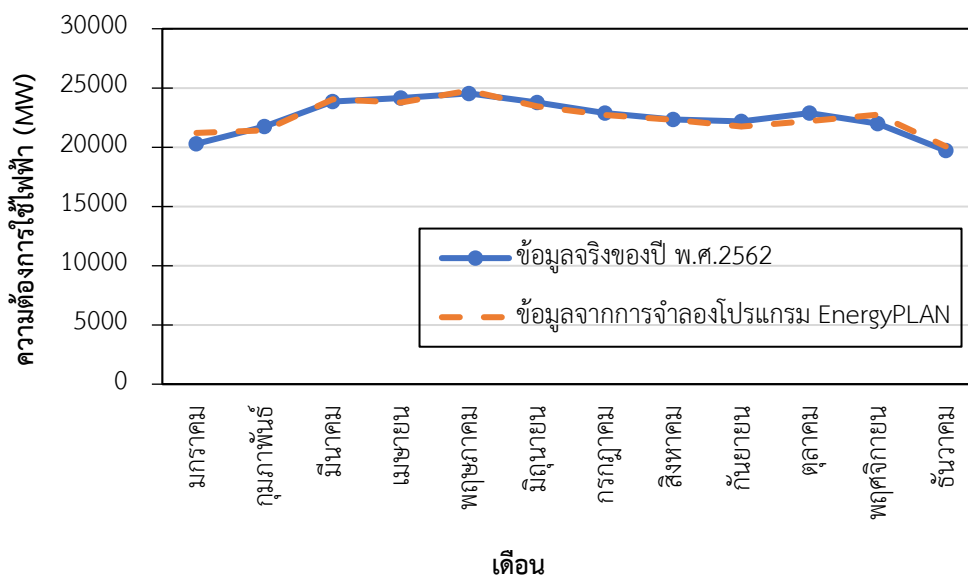
ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้ารายเดือนระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงปี พ.ศ.2562 [49] แสดงดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้ารายเดือนระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงปี พ.ศ.2562

เดือน	ข้อมูลจริงของปี พ.ศ.2562 (MW)*	ข้อมูลจากการจำลองโปรแกรม EnergyPLAN	ค่าความแตกต่าง (MW)	ค่าความแตกต่าง (%)
มกราคม	20,284.56	21,195.00	-910.44	4.49
กุมภาพันธ์	21,757.57	21,428.00	329.57	1.51
มีนาคม	23,841.81	24,032.00	-190.19	0.80
เมษายน	24,150.56	23,766.00	384.56	1.59
พฤษภาคม	24,543.19	24,780.00	-236.81	0.96
มิถุนายน	23,760.82	23,448.00	312.82	1.32
กรกฎาคม	22,881.16	22,730.00	151.16	0.66
สิงหาคม	22,337.14	22,324.00	13.14	0.06
กันยายน	22,180.85	21,750.00	430.85	1.94
ตุลาคม	22,880.24	22,194.00	686.24	3.00
พฤศจิกายน	22,002.68	22,754.00	-751.32	3.41
ธันวาคม	19,712.30	20,069.00	-356.70	1.81

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [48] [49]

จากตารางที่ 41 แสดงให้เห็นถึงค่าความแตกต่างระหว่างค่าความต้องการไฟฟ้าที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับข้อมูลจริง โดยพบว่ามีความแตกต่างน้อยที่สุดอยู่ที่เดือนสิงหาคม คือ 0.06% และมีความแตกต่างมากที่สุดเท่ากับ 4.49% อยู่ที่เดือนมกราคม จากเงื่อนไขที่กำหนดในวิธีดำเนินการให้ความแตกต่างไม่เกิน 5% พบว่าผลความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับข้อมูลจริงมีค้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทุกค่า และรูปที่ 49 แสดงให้เห็นว่าเส้นแผนภูมิของ Actual และ EnergyPLAN มีความใกล้เคียงกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์การผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงมีความน่าเชื่อถือ ในรูปแบบต่าง ๆ ต่อไป



รูปที่ 49 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างค่าที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับค่าข้อมูลจริงปี พ.ศ. 2562

3.5.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562 แสดงให้เห็นว่าโรงไฟฟ้าในประเทศไทย มีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดถึง 283.91 TWh/year รองลงมา คือ ถ่านหินเท่ากับ 48.92 TWh/year ตามด้วยชีวมวล คือ 32.00 TWh/year และน้อยที่สุด คือ น้ำมัน เท่ากับ 3.06 TWh/year

เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN มาเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งความแตกต่างน้อยที่สุด คือ ถ่านหิน เท่ากับ 0.79% และความแตกต่างมากที่สุดคือน้ำมัน เท่ากับ 0.99% และค่าความแตกต่างรวมเท่ากับ 0.83% จากเงื่อนไขที่กำหนดในวิธีดำเนินการให้ความแตกต่างไม่เกิน 59 พบว่าผลของความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับข้อมูลจริงอ้างอิงจากปี พ.ศ. 2562 มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทุกค่า ซึ่งตารางที่ 42 จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562

ตารางที่ 42 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562

เชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสุทธิ (TWh/year)		ค่าความแตกต่าง (TWh/year)	ค่าความแตกต่าง (%)
	ข้อมูลจริงของ ปี พ.ศ.2562*	ข้อมูลจากการจำลอง ในโปรแกรม EnergyPLAN		
ถ่านหิน	48.92	48.53	0.39	0.79
น้ำมัน	3.06	3.03	0.03	0.99
ก๊าซธรรมชาติ	283.91	281.56	2.35	0.83
ชีวมวล	32	31.74	0.26	0.81
รวม	367.89	364.86	3.03	0.83

* ที่มา: เว็บไซต์ของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [46] [49]

3.5.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตโรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ของประเทศไทยระหว่างโปรแกรม EnergyPLAN และข้อมูลจริงในปี พ.ศ. 2562 แสดงดังตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ตารางเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าตามประเภทโรงไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างข้อมูลจริงกับผลลัพธ์จากโปรแกรม EnergyPLAN ปี พ.ศ. 2562

ประเภทโรงไฟฟ้า	ปริมาณผลิต (TWh/year)		ค่าความแตกต่าง (TWh/year)	ค่าความแตกต่าง (%)
	ข้อมูลจริง ของปี พ.ศ.2562*	ข้อมูลจากการ จำลองในโปรแกรม EnergyPLAN		
โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิง ฟอสซิล	367.89	364.85	3.04	0.83

* ที่มา: เว็บไซต์ของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน และเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [46] [49]

ตารางที่ 43 ตารางเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าตามประเภทโรงไฟฟ้าของประเทศไทยระหว่างข้อมูลจริงกับผลลัพธ์จากโปรแกรม EnergyPLAN ปี พ.ศ. 2562 (ต่อ)

ประเภทโรงไฟฟ้า	ปริมาณผลิต (TWh/year)		ปริมาณผลิต (TWh/year)	ค่าความแตกต่าง (%)
	ข้อมูลจริงของปี พ.ศ.2562*	ข้อมูลจากการจำลองในโปรแกรม EnergyPLAN		
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ	6.29	6.29	0.00	0.00
โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	5.43	5.34	0.09	1.69
โรงไฟฟ้าพลังงานลม	3.90	3.95	-0.05	1.22
รวม	383.51	380.43	3.08	0.08

* ที่มา: เว็บไซต์ของสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน และเว็บไซต์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) [46] [49]

จากตารางที่ 43 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำปริมาณไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมาเปรียบเทียบ ซึ่งมีปริมาณการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดถึง 367.89 TWh รองลงมาเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเท่ากับ 6.29 TWh ตามด้วยโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 5.43 TWh และน้อยที่สุดคือโรงไฟฟ้าพลังงานลมเท่ากับ 3.90 TWh เมื่อนำข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้าจริงมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN จะได้ค่าความแตกต่างมากที่สุดคือโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เท่ากับ 1.69% และค่าความแตกต่างน้อยที่สุดคือโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เท่ากับ 0% และค่าความแตกต่างรวมเท่ากับ 0.8 จากเงื่อนไขที่กำหนดในวิธีดำเนินการให้ความแตกต่างไม่เกิน 5% พบว่า ผลของความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN กับข้อมูลจริงมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทุกค่า

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและอภิปราย

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทย และสำรวจพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าจากผู้ใช้งานจริงในปัจจุบัน เพื่อหาปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินของประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN และแบบสอบถาม 450 ชุด เป็นเครื่องมือในการศึกษา และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และประมวลผล ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงปริมาณ โดยขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

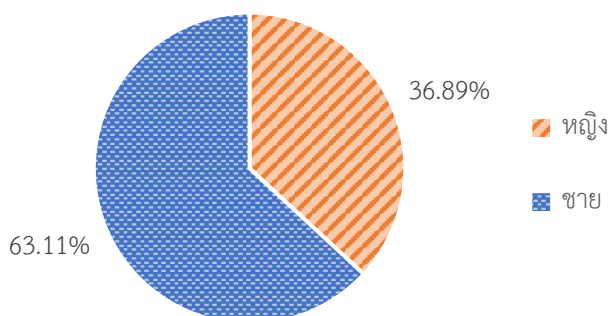
- 4.1 ผลสรุปจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า
- 4.2 เปรียบเทียบผลการจำลองรถยนต์ไฟฟ้า
- 4.3 เปรียบเทียบการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์
- 4.4 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุดในปี พ.ศ. 2565-2579
- 4.5 ผลการจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579
- 4.6 ข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2565-2579
- 4.7 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจาก 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579
- 4.8 เปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารวม
- 4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณคาร์บอนเครดิต

4.1 ผลสรุปจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป

4.1.1.1 เพศ

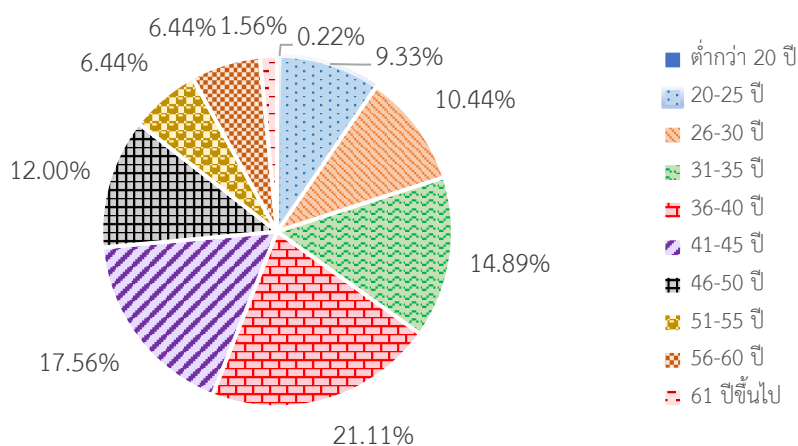
ผลสำรวจจากแบบสอบถาม จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 50 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 284 คน คิดเป็น 63.11% และส่วนน้อยเป็นเพศหญิง 166 คน คิด 36.89%



รูปที่ 50 สัดส่วนเพศผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

4.1.1.2 อายุ

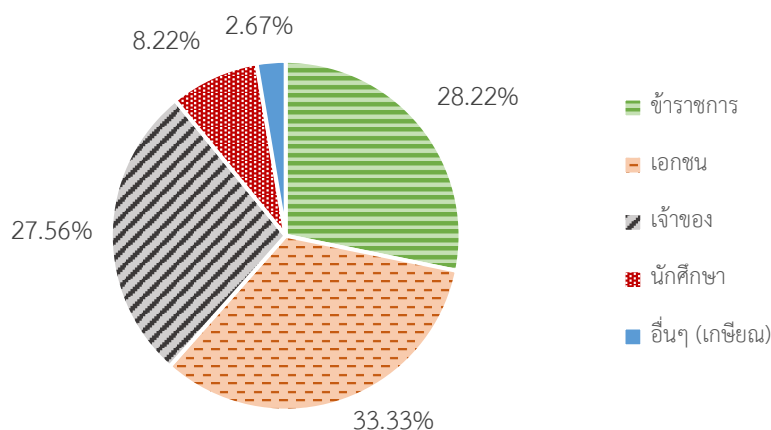
ผลสำรวจจากแบบสอบถาม จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 51 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอายุ 20-50 ปี ได้แก่ ช่วงอายุมากที่สุด คือ 36-40 ปี คิดเป็น 21.11% และช่วงอายุน้อยที่สุด คือ 20-25 ปี คิดเป็น 9.33% ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนน้อยจะอยู่ในช่วงอายุน้อยที่สุด คือ ต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็น 0.22%



รูปที่ 51 สัดส่วนอายุของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

4.1.1.3 อาชีพ

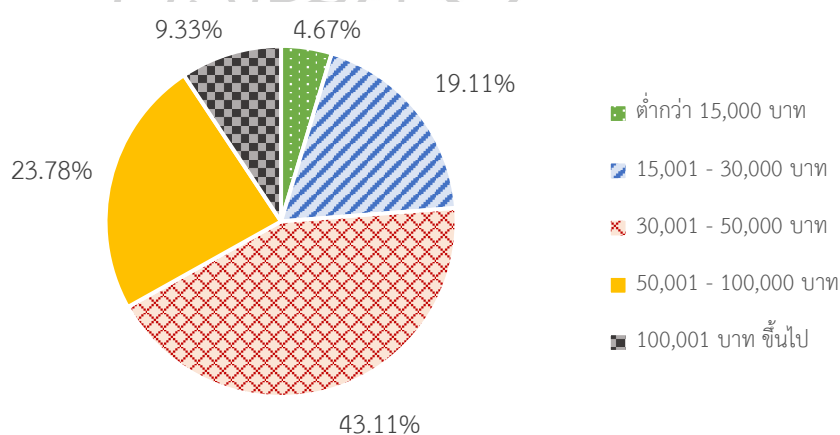
ผลสำรวจจากแบบสอบถาม จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 52 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ทำอาชีพพนักงานเอกชน 150 คน คิดเป็น 33.33% ข้าราชการ/พนักงานรัฐ 127 คน คิดเป็น 28.22% และเจ้าของกิจการ 124 คน คิดเป็น 27.56% ตามลำดับ ส่วนน้อยเป็นนักศึกษาและอื่น ๆ (เกษียณ)



รูปที่ 52 สัดส่วนอาชีพของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

4.1.1.4 รายได้

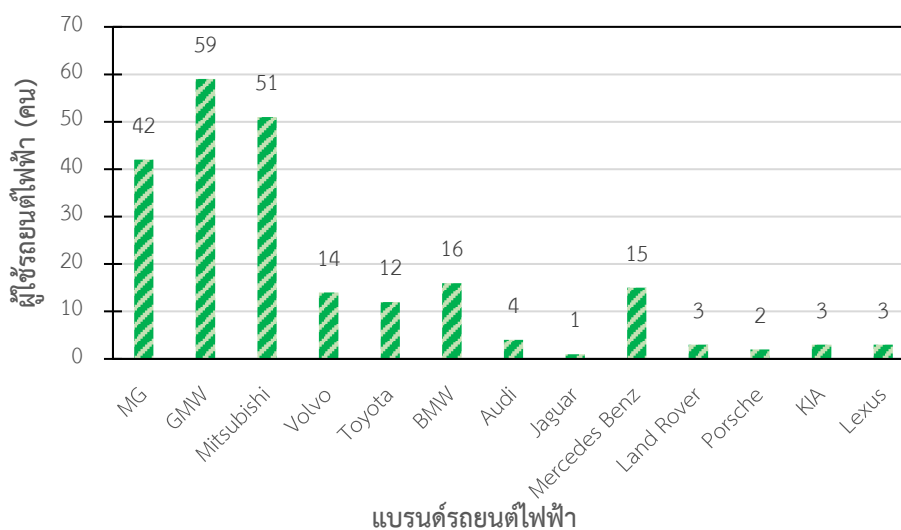
ผลสำรวจจากแบบสอบถาม จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 53 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้ามีรายได้มากที่สุด ได้แก่ 30,001-50,000 บาท จำนวน 194 คน คิดเป็น 43.11% และรายได้น้อยที่สุด ได้แก่ ต่ำกว่า 15,000 บาท จำนวน 21 คน คิดเป็น 4.67%



รูปที่ 53 สัดส่วนรายได้ของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

4.1.1.5 แบนด์รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

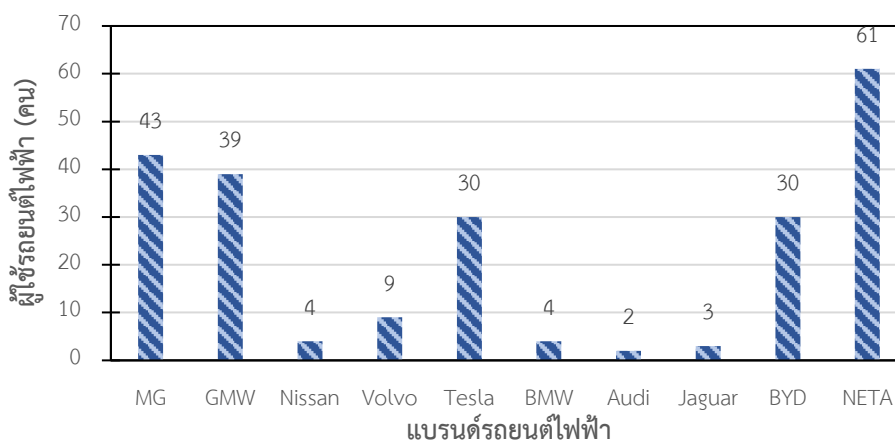
ผลจากการสำรวจแบบสอบถาม จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 54 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดส่วนใหญ่เลือกใช้แบรนด์ ได้แก่ GMW 59 คน คิดเป็น 26.22% Mitsubishi 51 คน คิดเป็น 22.67% และ MG 42 คน คิดเป็น 18.67% ตามลำดับ ส่วนแบรนด์ที่เลือกใช้น้อยที่สุด ได้แก่ Jaguar 1 คน คิดเป็น 0.44%



รูปที่ 54 แบรินตรีรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

4.1.1.6 แบรินตรีรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

ผลจากการสำรวจแบบสอบถาม จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 55 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ส่วนใหญ่เลือกใช้แบรนด์ ได้แก่ NETA 61 คน คิดเป็น 27.11% MG 43 คน คิดเป็น 19.11% และ GMW 39 คน คิดเป็น 17.33% ตามลำดับ ส่วนแบรนด์ที่เลือกใช้น้อยที่สุด ได้แก่ Audi 2 คน คิดเป็น 0.89%



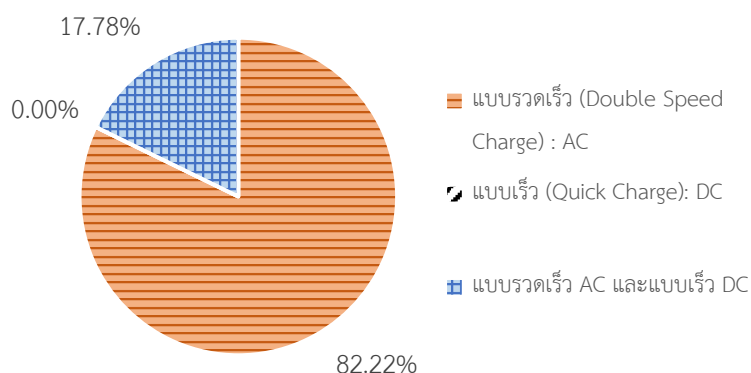
รูปที่ 55 แบรินตรีรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

4.1.2 ลักษณะพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

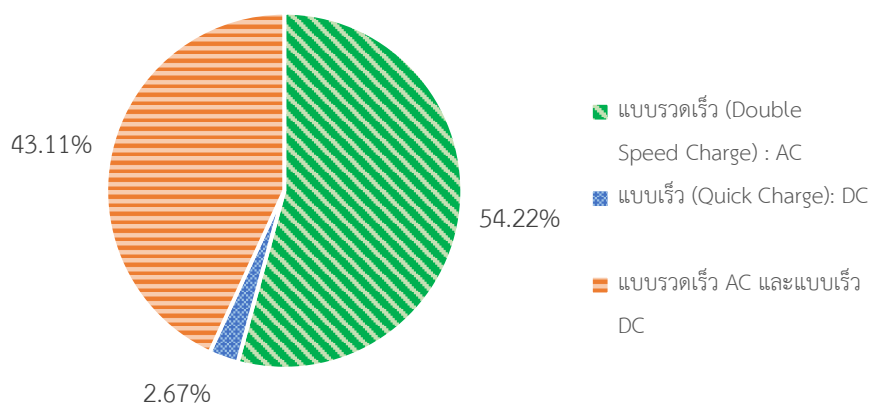
4.1.2.1 พฤติกรรมการใช้งานประเภทหัวชาร์จของรถยนต์ไฟฟ้า

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 56 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดเลือกหัวชาร์จประเภทแบบรวดเร็ว (Double

Speed Charge): AC จำนวน 185 คน คิดเป็น 82.22% และแบบรวดเร็ว AC และแบบเร็ว DC จำนวน 40 คน คิดเป็น 17.78%



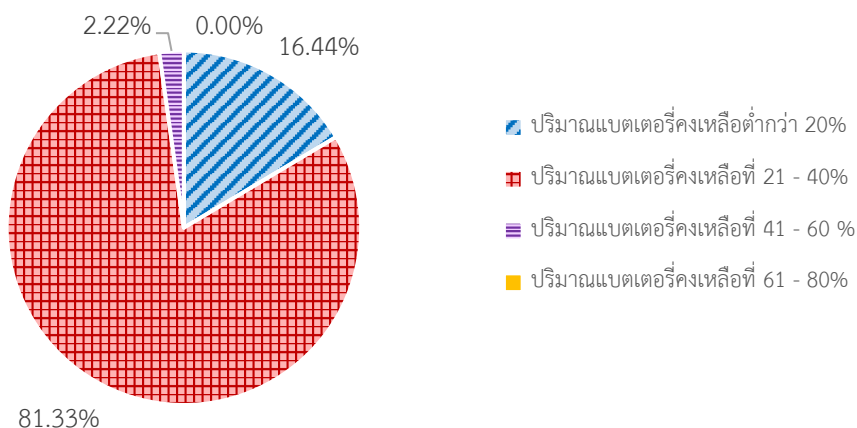
รูปที่ 56 สัดส่วนพฤติกรรมกรเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 57 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่เลือกหัวชาร์จประเภทแบบรวดเร็ว (Double Speed Charge): AC จำนวน 122 คน คิดเป็น 54.22% แบบรวดเร็ว AC และแบบเร็ว DC จำนวน 97 คน คิดเป็น 43.11% และแบบเร็ว (Quick Charge): DC จำนวน 6 คน คิดเป็น 2.67%



รูปที่ 57 สัดส่วนพฤติกรรมกรเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

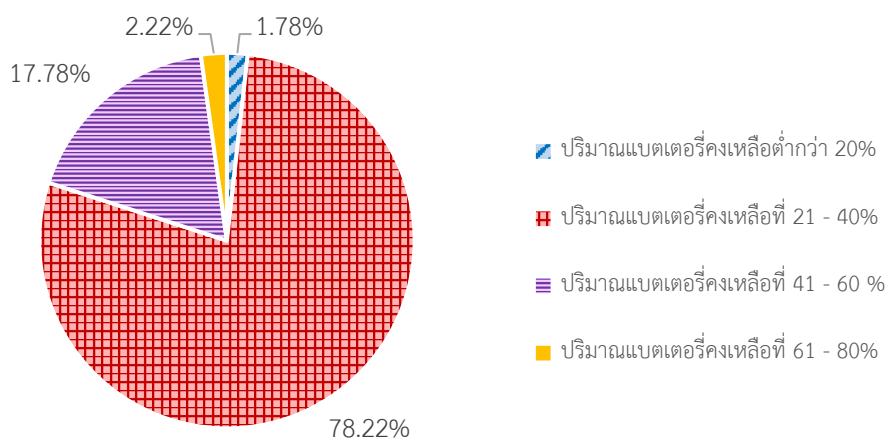
4.1.2.2 พฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเมื่อมีเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่คงเหลือที่เท่าใด

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 58 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดตัดสินใจเริ่มชาร์จมากที่สุด เมื่อมีปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือในช่วง 21-40% จำนวน 183 คน คิดเป็น 81.33%



รูปที่ 58 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

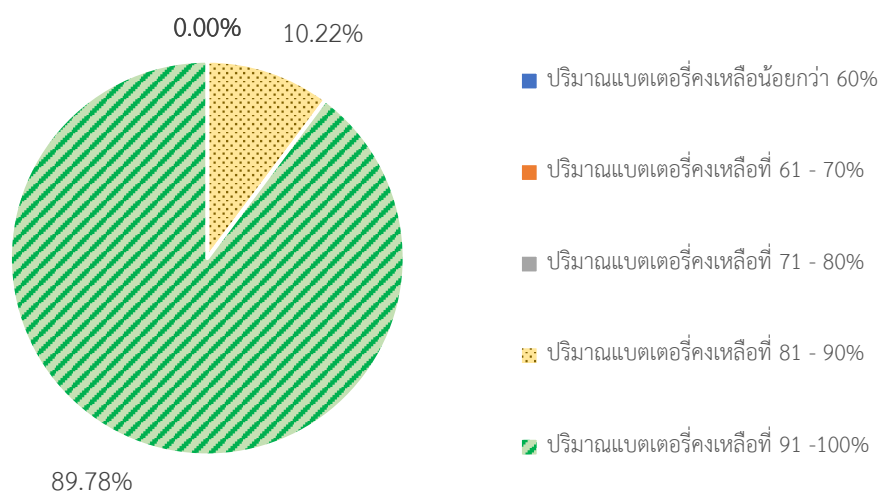
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 59 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดตัดสินใจเริ่มชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุด เมื่อมีปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือในช่วง 21-40% จำนวน 176 คน คิดเป็น 78.22% และเริ่มชาร์จแบตเตอรี่น้อยที่สุด เมื่อมีปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือที่ ช่วงต่ำกว่า 20% จำนวน 4 คน คิดเป็น 1.78%



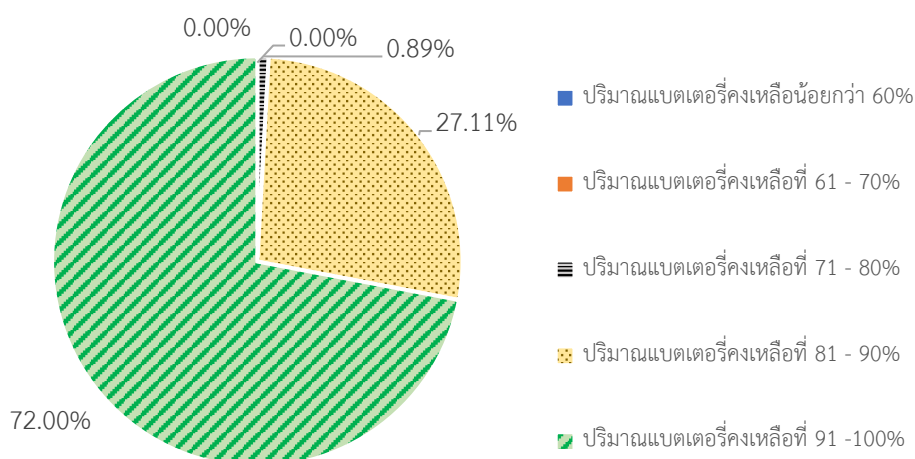
รูปที่ 59 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

4.1.2.3 พฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเมื่อมีเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่คงเหลือที่เท่าใด

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 60 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดตัดสินใจหยุดชาร์จมากที่สุด เมื่อมีปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือที่ ช่วง 91-100% จำนวน 202 คน คิดเป็น 89.78% และช่วง 81-90% จำนวน 23 คน คิดเป็น 10.22% ตามลำดับ



รูปที่ 60 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

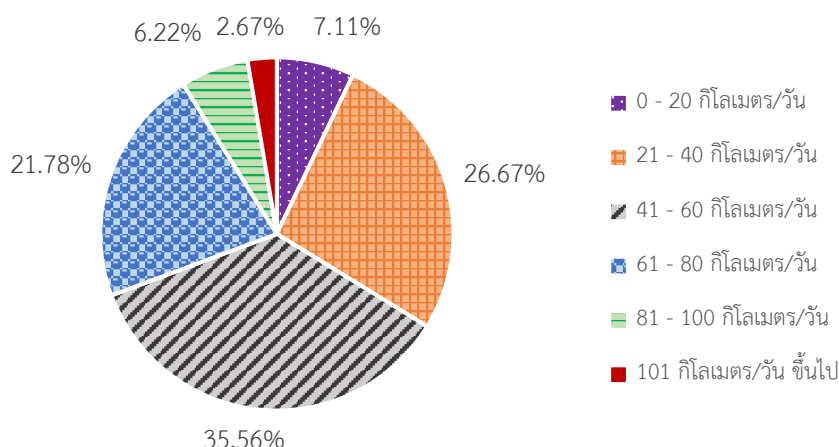


รูปที่ 61 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 61 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ตัดสินใจหยุดชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุด เมื่อมีปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือที่ช่วง 91-100% จำนวน 162 คน คิดเป็น 72.00% และช่วง 81-90% จำนวน 61 คน คิดเป็น 27.11% ตามลำดับ

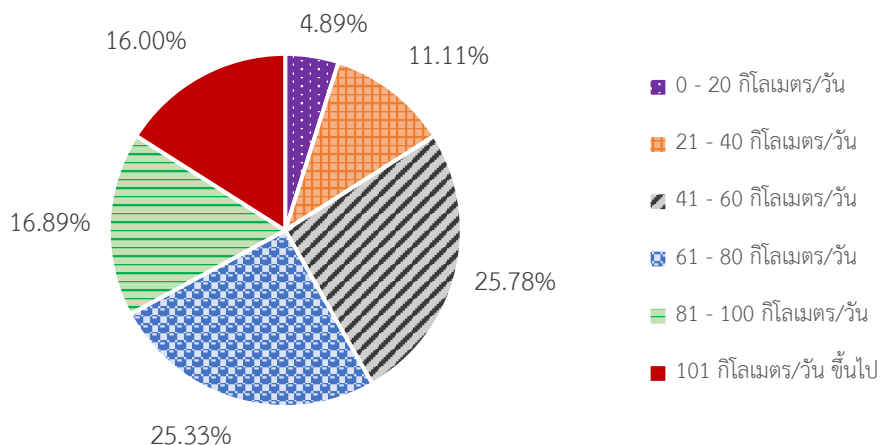
4.1.2.3 ระยะทางในการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าต่อวัน

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 62 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดมีระยะทางในการขับขี่มากที่สุด คือ ช่วง 41-60 กิโลเมตร/วัน จำนวน 80 คน คิดเป็น 35.56% และช่วง 21-40 กิโลเมตร/วัน จำนวน 60 คน คิดเป็น 26.67% ตามลำดับ ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดมีระยะทางในการขับขี้น้อยที่สุด คือ ช่วง 101 กิโลเมตร/วัน ขึ้นไป จำนวน 6 คน คิดเป็น 2.67%



รูปที่ 62 สัดส่วนระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

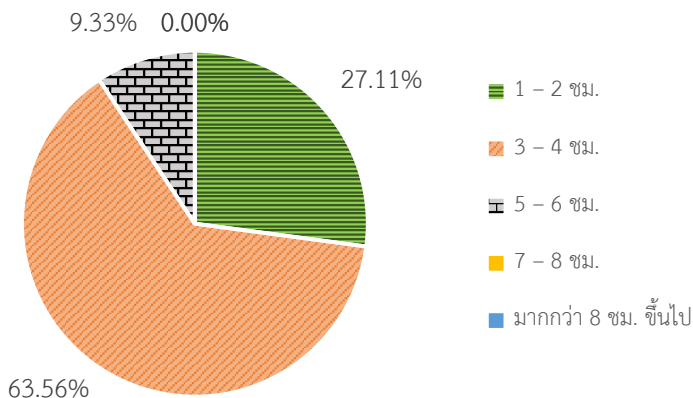
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 63 พบว่าผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ มีระยะทางในการขับขี่มากที่สุด คือ ช่วง 41-60 กิโลเมตร/วัน จำนวน 58 คน คิดเป็น 25.78% และช่วง 61-80 กิโลเมตร/วัน จำนวน 57 คน คิดเป็น 25.33% ตามลำดับ ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ มีระยะทางในการขับขี้น้อยที่สุด คือ ช่วง 0-20 กิโลเมตร/วัน ขึ้นไป จำนวน 11 คน คิดเป็น 4.89%



รูปที่ 63 สัดส่วนระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

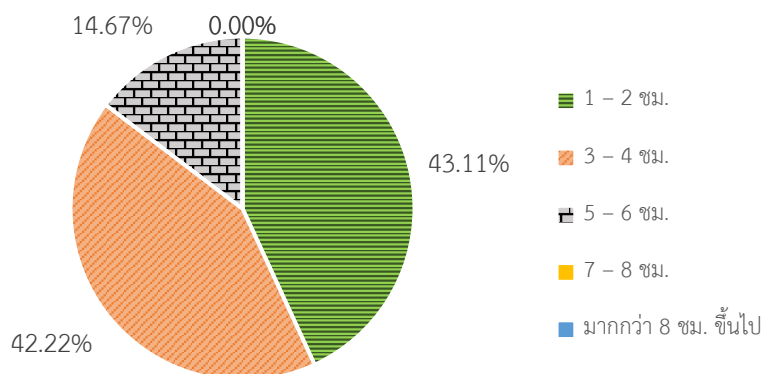
4.1.2.4 ระยะเวลาในการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าต่อวัน

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 64 พบว่าผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดใช้ระยะเวลาในการขับขี่มากที่สุด คือ 3-4 ชั่วโมง/วัน จำนวน 143 คน คิดเป็น 63.56% และ 1-2 ชั่วโมง/วัน จำนวน 61 คน คิดเป็น 27.11% ตามลำดับ ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดใช้ระยะเวลาในการขับขี่น้อยที่สุด คือ 7 ชั่วโมงขึ้นไป/วัน จำนวน 0 คน



รูปที่ 64 สัดส่วนระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

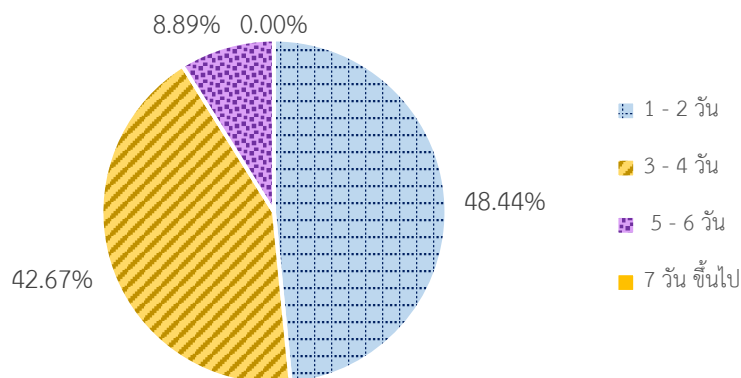
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 65 พบว่าผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ใช้ระยะเวลาในการขับขี่มากที่สุด คือ 1-2 ชั่วโมง/วัน จำนวน 97 คน คิดเป็น 43.11% และ 3-4 ชั่วโมง/วัน จำนวน 95 คน คิดเป็น 42.22% ตามลำดับ ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ใช้ระยะเวลาในการขับขี่น้อยที่สุด คือ 7 ชั่วโมงขึ้นไป/วัน จำนวน 0 คน



รูปที่ 65 สัดส่วนระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)

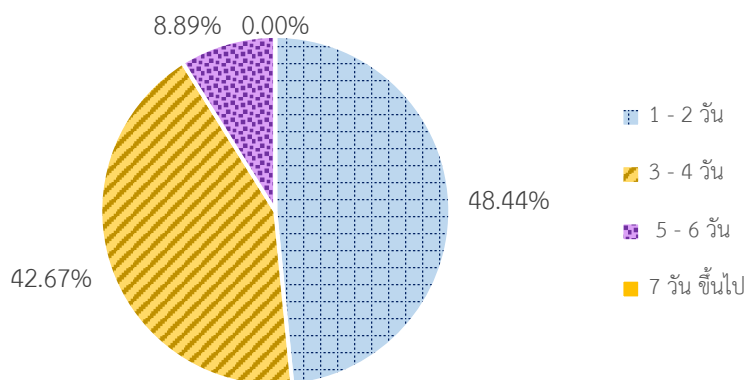
4.1.2.5 ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จแบตเตอรี่

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 66 พบว่าระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุด คือ 1-2 วัน จำนวน 109 คน คิดเป็น 48.44% และ 3-4 วัน จำนวน 96 คน คิดเป็น 42.67% ตามลำดับ ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จแบตเตอรี่ที่สุด คือ 7 วันขึ้นไปจำนวน 0 คน



รูปที่ 66 สัดส่วนระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ต่อการชาร์จแบตเตอรี่

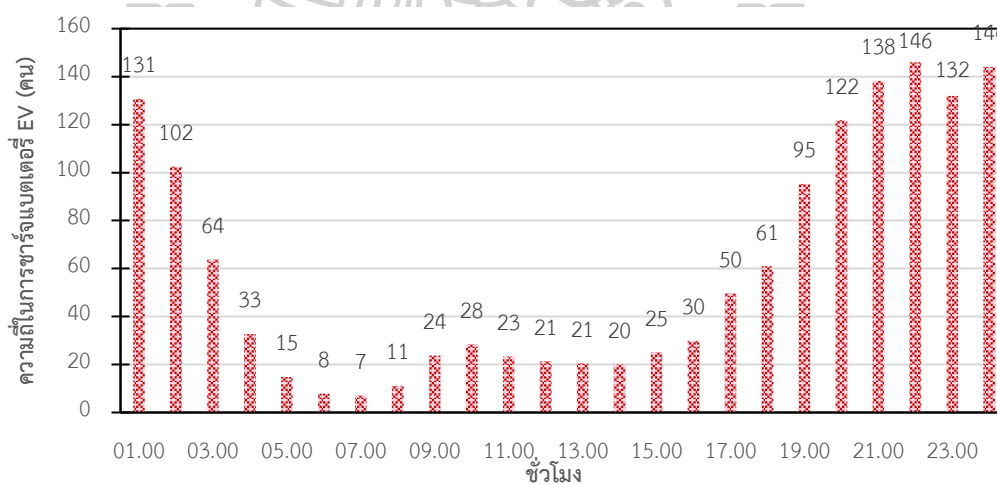
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จำนวน 225 คน ดังรูปที่ 67 พบว่า ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุด คือ 1-2 วัน จำนวน 101 คน คิดเป็น 44.89% และ 3-4 วัน จำนวน 91 คน คิดเป็น 40.44% ตามลำดับ ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จแบตเตอรี่ที่สุด คือ 7 วันขึ้นไป จำนวน 3 คน คิดเป็น 1.33%



รูปที่ 67 สัดส่วนระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV) ต่อครั้งของการชาร์จแบตเตอรี่

4.1.2.6 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดา วันหยุดและวันนักขัตฤกษ์

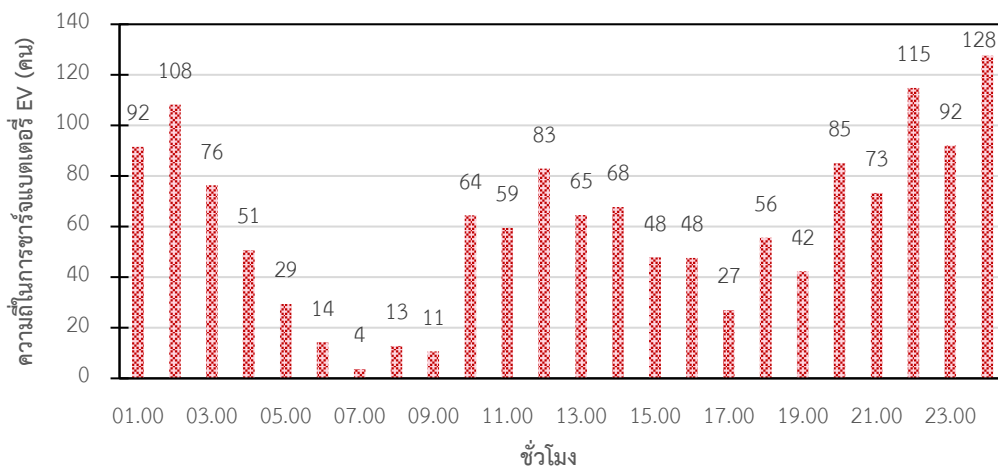
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ในวันธรรมดา จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 68 พบว่าผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเลือกชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุดใน 3 ลำดับช่วงเวลา ดังนี้ 1.) เวลา 21.00-22.00 น. จำนวน 146 คน คิดเป็น 10.06% 2.) เวลา 23.00-24.00 น. จำนวน 144 คน คิดเป็น 9.93% และ 3.) เวลา 20.00-21.00 น. จำนวน 138 คน คิดเป็น 9.53% ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดเลือกชาร์จแบตเตอรี่น้อยที่สุดในช่วงเวลา คือ เวลา 06.00-07.00 น. จำนวน 7 คน คิดเป็น 0.49%



รูปที่ 68 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดา

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ในวันหยุดและวันนักขัตฤกษ์ จำนวน 450 คน ดังรูปที่ 69 พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเลือกชาร์จแบตเตอรี่มากที่สุดใน 3 ลำดับช่วงเวลา ดังนี้ 1.) เวลา 23.00-24.00 น. จำนวน 128 คน

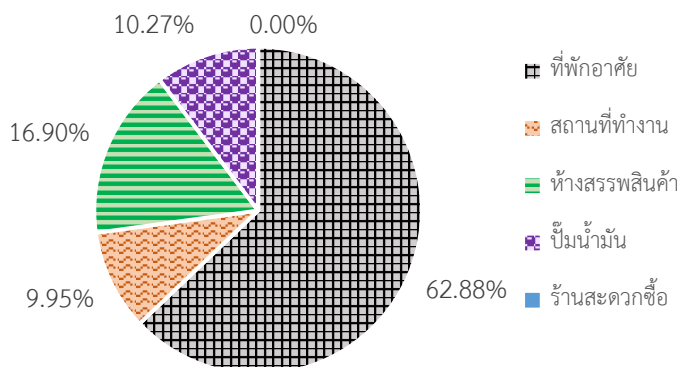
คิดเป็น 8.80% 2.) เวลา 22.00-23.00 น. จำนวน 115 คน คิดเป็น 7.91% และ 3.) เวลา 01.00-02.00 น. จำนวน 108 คน คิดเป็น 7.46% ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดเลือกชาร์จแบตเตอรี่น้อยที่สุดในช่วงเวลา คือ เวลา 06.00-07.00 น. จำนวน 4 คน คิดเป็น 0.25%



รูปที่ 69 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันหยุดละวันนักชดถุกษ์

4.1.2.7 พฤติกรรมการเลือกสถานที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

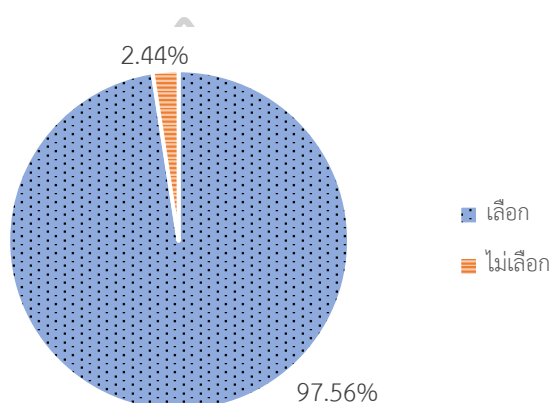
ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 450 คน พบว่า ผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเลือกชาร์จแบตเตอรี่สถานที่ดังรูปที่ 70 มากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ 1.) ที่พักอาศัย จำนวน 398 คน คิดเป็น 62.88% 2.) ห้างสรรพสินค้า จำนวน 107 คน คิดเป็น 16.90% 3.) ปั้มน้ำมัน จำนวน 65 คน คิดเป็น 10.27% 4.) สถานที่ทำงาน จำนวน 63 คน คิดเป็น 9.95% และ 5.) ร้านสะดวกซื้อไม่มีท่านใดเลือก



รูปที่ 70 สัดส่วนพฤติกรรมการเลือกสถานที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

4.1.2.8 ความสนใจในการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการคิดอัตราค่าไฟต่ำลงในช่วง Off-Peak ของแต่ละวัน

ผลจากการสำรวจแบบสอบถามรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 450 คน หากอัตราไฟฟ้าปกติราคา 5.7982 บาท/หน่วย ลดลงเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ในวันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22.00 - 09.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์และวันนักขัตฤกษ์ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) เวลา 00.00-24.00 น. ดังรูปที่ 71 พบว่า มีผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าตัดสินใจเลือก 439 คน คิดเป็น 97.56% และตัดสินใจไม่เลือก 11 คน คิดเป็น 2.44%



รูปที่ 71 สัดส่วนความสนใจในการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการคิดอัตราค่าไฟต่ำลงในช่วง Off-Peak ของแต่ละวัน

4.2 เปรียบเทียบข้อมูลการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้ากับผลจำลอง

การเปรียบเทียบผลการสำรวจจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยที่ผู้วิจัยศึกษากับงานวิจัยอื่น แสดงข้อมูลการขับขี่รถยนต์ เช่น ระยะทางขับขี่กิโลเมตรต่อวัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 เปรียบเทียบข้อมูลการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้า

ข้อมูลการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้าต่อวัน	อ้างอิงงานวิจัยอื่น	ค่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้
ค่าเฉลี่ยระยะทาง (km/วัน)	74.69 ± 3.77 [53]	67.00
ค่าเฉลี่ยระยะทาง (km/วัน)	54.79 [54]	67.00
ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/km)	0.150 [55]	0.155

จากตารางที่ 44 พบว่า ระยะทางขับขี่ (km/วัน) ของผลสำรวจ 450 คน ผลรวมเท่ากับ 30,150 km/วัน ระยะทางขับขี่เฉลี่ยรวม เท่ากับ 67 km/วัน ซึ่งเทียบกับงานวิจัยอื่นที่ผลใกล้เคียงมากที่สุด [53] พบว่าระยะทางขับขี่เฉลี่ย เท่ากับ 74.69 km/วัน โดยความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ± 3.77

จากตารางที่ 44 พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ารวมจากผลสำรวจแบบสอบถามคน เท่ากับ 0.155 kWh/km เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น [55] พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 0.150 kWh/km โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยรวม 450 คน ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยความต้องการใช้ไฟฟ้า (kWh/วัน) / การใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อ
การชาร์จ (วัน) = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไป (kWh)

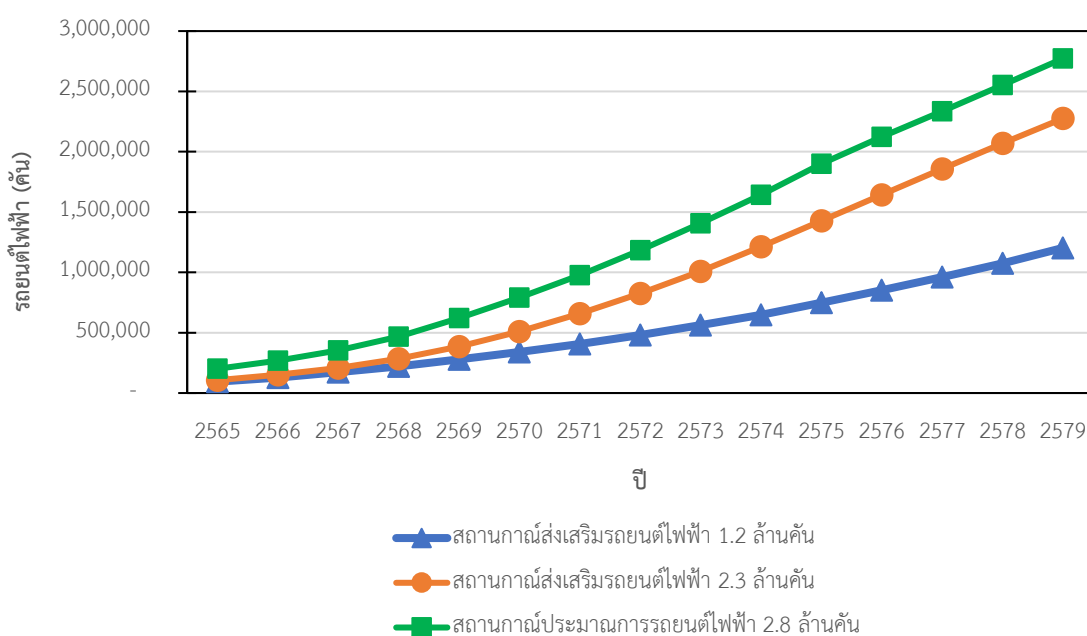
- ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไป (kWh) / ระยะทางขับขี่เฉลี่ยรวม (km/วัน) = ค่าเฉลี่ย
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/km)

ดังนั้น ผลประมาณการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการขับขี่รถยนต์ไฟฟ้ามีความใกล้เคียง
กับงานวิจัยอื่น

4.3 เปรียบเทียบการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์

การประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ 1 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน และสถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน เป็นการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าจากแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (EEP2015) โดยวัตถุประสงค์ของการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 1 มีเป้าหมายที่จะอนุรักษ์การใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศไทยให้ได้ 51,700 ktoe โดยเฉพาะในภาคขนส่งซึ่งได้ถูกวางเป้าหมายให้อนุรักษ์พลังงานให้ได้ 30,213 ktoe ซึ่งมาตรการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าได้ถูกบรรจุเป็นมาตรการหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงานในภาคขนส่ง โดยส่งเสริมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน และวัตถุประสงค์ของการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน เนื่องจากความเป็นไปได้ว่าการขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยจะสูงเทียบเท่านานาชาติ ซึ่งอาจทำให้แผนต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ไม่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การประมาณการณ์รถยนต์ไฟฟ้าจึงเพิ่มการศึกษาในกรณีที่การขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้าสูงกว่าปกติ เพื่อใช้สำหรับวางแผนรับมือกรณีที่รถยนต์ไฟฟ้าเติบโตสูงกว่าเป้าหมายที่คาดการณ์เอาไว้ ดังรูปที่ 72

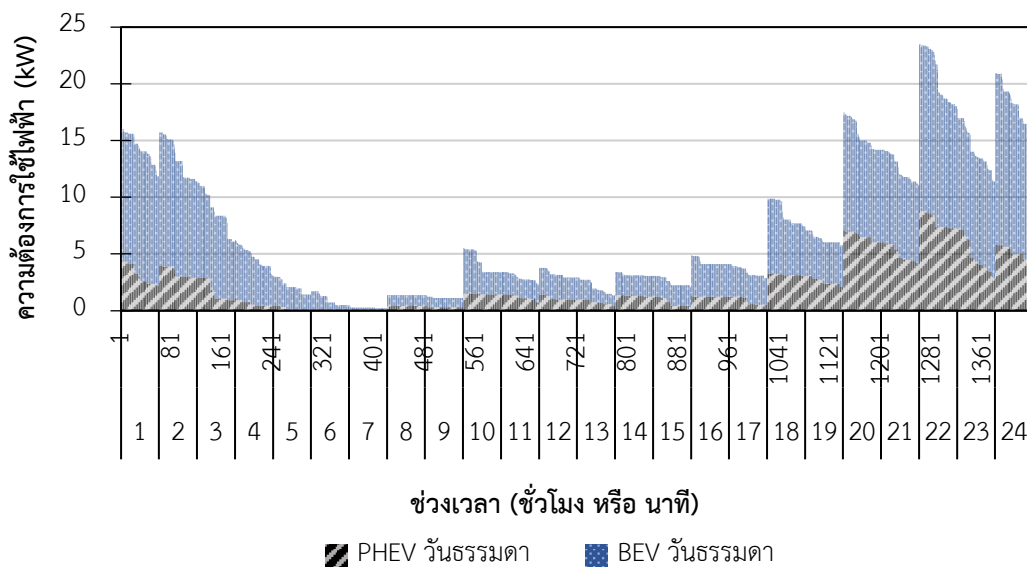
นอกจากนี้การประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ 3 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน โดยคำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 เพื่อดูปริมาณการเติบโตที่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นนำจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2 มาเป็นฐานในการคำนวณ โดยการนำอัตราเติบโตที่ได้คูณกับจำนวนรถในสถานการณ์ที่ 2 จะได้จำนวนรถที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีเป็นสถานการณ์ที่ 3 ซึ่งวัตถุประสงค์การเลือกสถานการณ์ที่ 2 มาเป็นฐานในการคำนวณ เพราะว่าในปัจจุบันรถยนต์ไฟฟ้ามีอัตราการเติบโตค่อนข้างเร็ว จึงคาดการณ์ว่าปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าสามารถเพิ่มขึ้นอีกจากการคาดการณ์ในสถานการณ์ที่ 2 เพื่อวางแผนเตรียมรับมือความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ดังรูปที่ 72



รูปที่ 72 ประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์

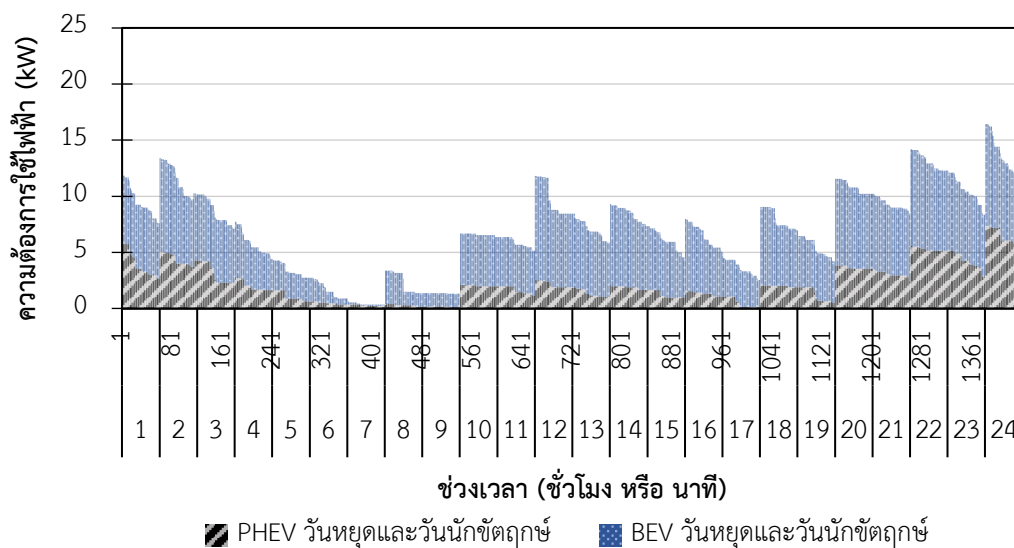
4.4 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุดในปี พ.ศ. 2565-2579

จากแบบสอบถาม 450 ชุด ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลและสร้างกราฟรายนาทีกใน 1 วัน เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุด



รูปที่ 73 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดา ปี พ.ศ.2579

จากรูปที่ 73 พบว่าวันธรรมดา ช่วงเวลา 6.00-7.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และช่วงเวลา 21.00-22.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานเลิกงานและเดินทางถึงที่บ้าน และบางบ้านอาจจะมีการใช้มิเตอร์อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ Time of Use Tariff หรือ TOU Tariff [56] เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ On-Peak เวลา 09.00 น. - 22.00 น. (วันจันทร์ - ศุกร์) และ Off-Peak เวลา 22.00 น. - 09.00 น. (วันจันทร์ - ศุกร์ และวันพืชมงคล) เวลา 00.00 น. - 24.00 น. (วันเสาร์ - อาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันพืชมงคล ที่ตรงกับวันเสาร์ - อาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ) (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ราคาจะเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า จากเดิมราคา 5.7982 บาท/หน่วย

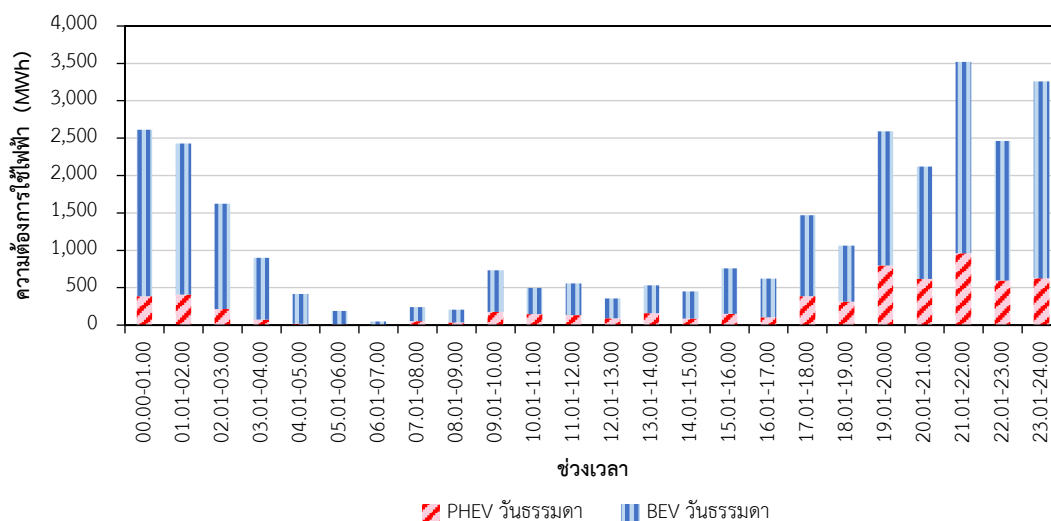


รูปที่ 74 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันหยุดและนักขัตฤกษ์ ปี พ.ศ.2579

จากรูปที่ 74 พบว่าวันหยุดและนักขัตฤกษ์ ช่วงเวลา 7.00-8.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และช่วงเวลา 23.00-24.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มียูใช้งานมากที่สุด

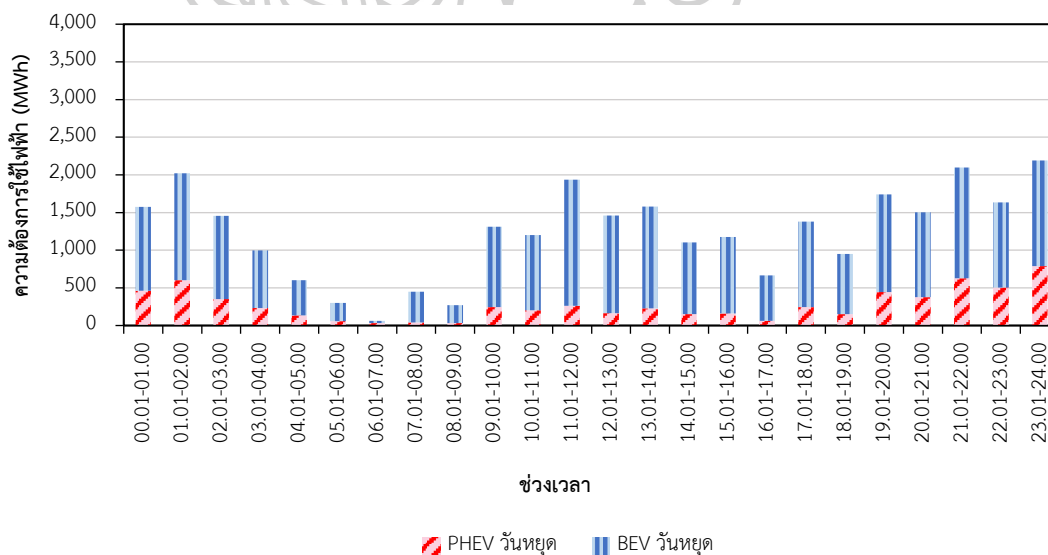
4.4.1 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน

ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าคำนวณจากสมการที่ (10) (11) โดยจะแบ่งการคำนวณตามประเภทรถยนต์ไฟฟ้าและประเภทวัน ได้แก่ PHEV ในวันธรรมดา 225 คน, PHEV ในวันหยุด 225 คน, BEV ในวันธรรมดา 225 คน และ BEV ในวันหยุด 225 คน ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสูงสุดในสถานการณ์ที่ 1 ปี พ.ศ. 2579 ดังรูปที่ 75 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดาเริ่มชาร์จมากขึ้นในช่วง 19.00 น. เป็นต้นไป เนื่องจากอาจจะเป็นเวลาที่พักเลิกทำงานแล้วกลับบ้าน และเริ่มลดน้อยลงในช่วงเช้า 03.00 น. จนน้อยที่สุดเวลา 06.00-07.00 น. เนื่องจากช่วงเช้าเป็นเวลาเดินทางไปทำงาน



รูปที่ 75 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันธรรมดา ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 1

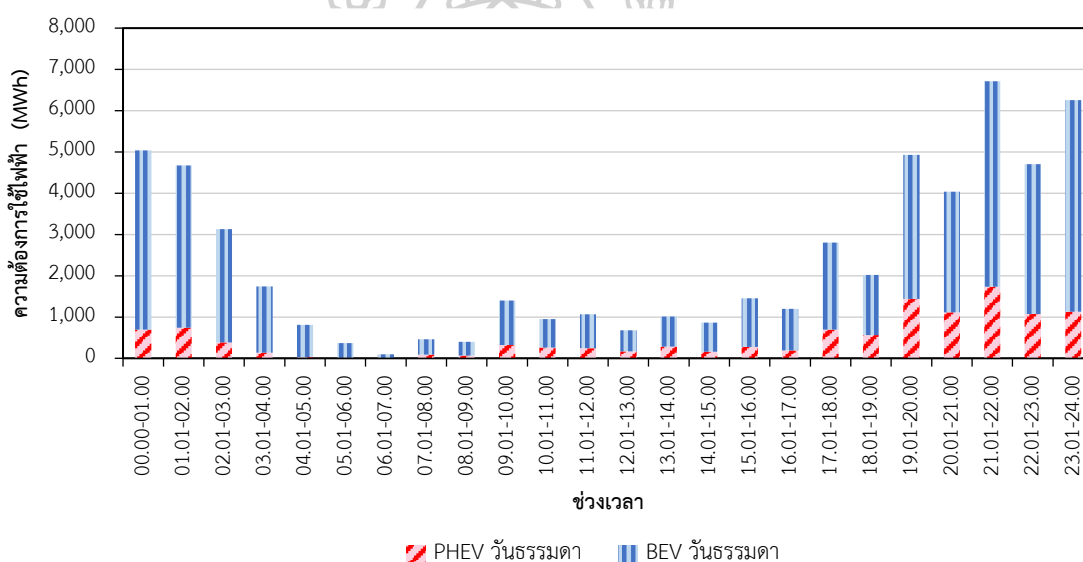
ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 1 ดังรูปที่ 76 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันหยุดและนักชัตตกษ์นั้นเกิดขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละเวลา ซึ่งมากที่สุดในเวลา 23.00-24.00 น. เนื่องจากอาจจะเป็นช่วงเวลา TOU (Time of Use) ซึ่งมีอัตราค่าไฟราคาถูกกว่าปกติ และเริ่มลดน้อยลงในช่วงเช้า 04.00 น. จนน้อยที่สุดในเวลา 06.00-07.00 น.



รูปที่ 76 ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 1

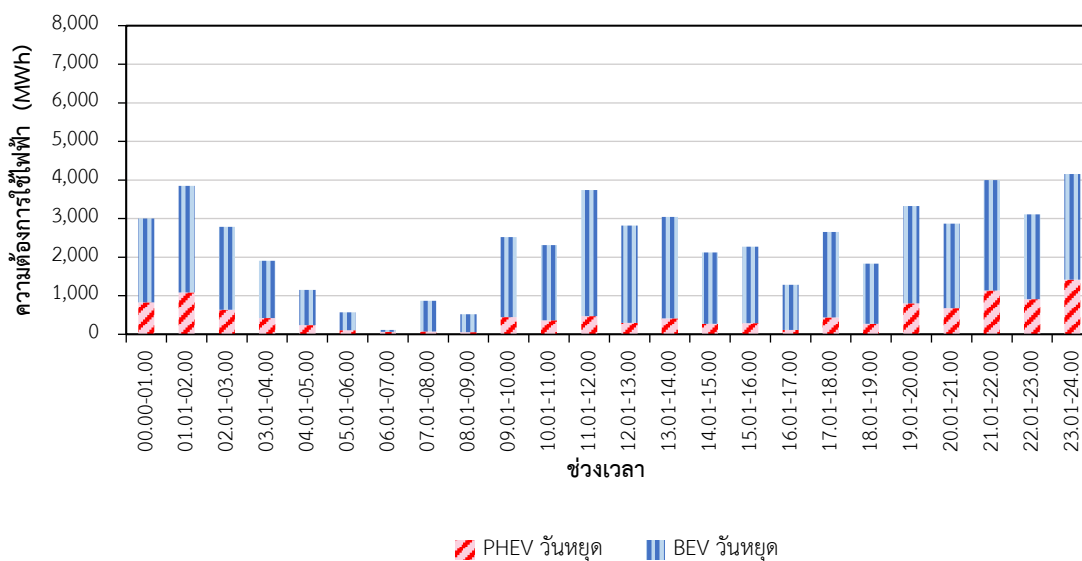
4.4.2 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน

ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าคำนวณจากสมการที่ (10) (11) โดยจะแบ่งการคำนวณตามประเภทรถยนต์ไฟฟ้าและประเภทวัน ได้แก่ PHEV ในวันธรรมดา 225 คน, PHEV ในวันหยุด 225 คน, BEV ในวันธรรมดา 225 คน และ BEV ในวันหยุด 225 คน ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสูงสุดในสถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2579 ดังรูปที่ 77 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะคล้ายกับพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน ซึ่งจะแตกต่างกันตรงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 77 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันธรรมดา ปี พ.ศ. 2579 สถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า

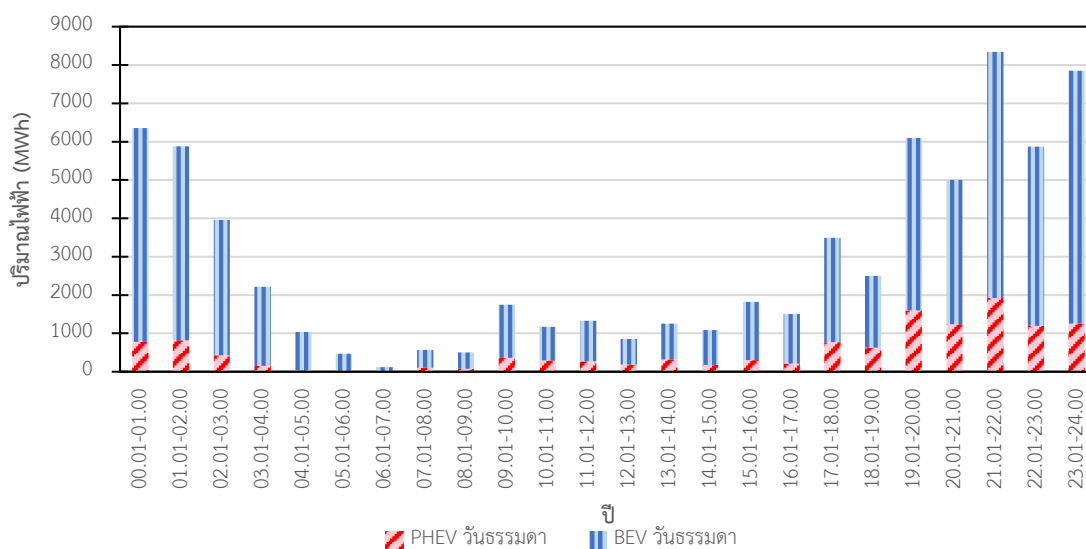
ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 78 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะคล้ายกับพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณีส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน ซึ่งจะแตกต่างกันตรงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 78 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 2

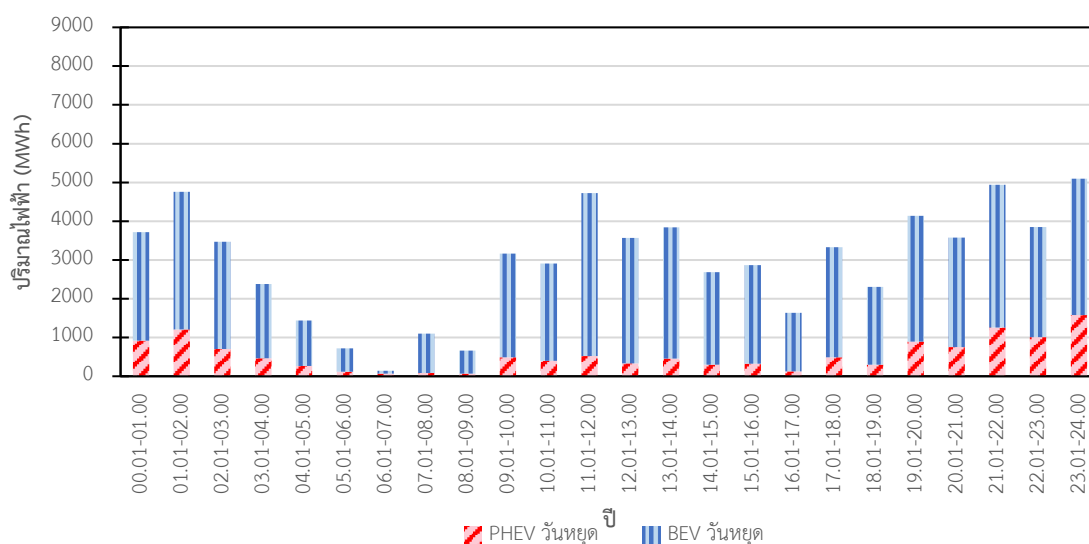
4.4.3 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าคำนวณจากสมการที่ (10) (11) โดยจะแบ่งการคำนวณตามประเภทรถยนต์ไฟฟ้าและประเภทวัน ได้แก่ PHEV ในวันธรรมดา 225 คน, PHEV ในวันหยุด 225 คน, BEV ในวันธรรมดา 225 คน และ BEV ในวันหยุด 225 คน ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสูงสุดในสถานการณ์ที่ 3 ปี พ.ศ. 2579 ดังรูปที่ 79 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะคล้ายกับพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน และสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน ซึ่งจะแตกต่างกันตรงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 79 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 3

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 3 ดังรูปที่ 80 พบว่าพฤติกรรมการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะคล้ายกับพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสูงสุดของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน และสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน ซึ่งจะแตกต่างกันตรงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 80 กราฟความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงวันหยุด ปี พ.ศ. 2579 สถานการณ์ที่ 3

4.5 ผลการจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579

จากการใช้งานโปรแกรม Energy PLAN สามารถจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (TWh/year) จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579 [55]-[58] ดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ผลการจำลองกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579 [57]-[60]

ปี	การผลิตพลังงานลม (TWh/year)	การผลิตพลังงานน้ำ (TWh/year)	การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ (TWh/year)	การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (TWh/year)
2565	4.14	6.33	5.98	712.05
2566	4.37	6.37	6.25	718.43
2567	4.61	6.37	6.49	746.15
2568	4.61	6.38	6.49	701.95
2569	4.61	7.82	7.03	714.28
2570	4.61	7.83	7.11	713.70
2571	4.61	9.28	8.64	699.91
2572	4.61	9.28	12.11	709.07
2573	4.61	9.29	14.27	726.58
2574	4.61	9.29	18.77	730.74
2575	4.94	10.73	20.11	731.38
2576	4.94	12.18	23.78	727.72
2577	4.94	12.23	24.03	730.39
2578	5.72	13.68	25.33	737.10
2579	7.43	13.68	26.22	742.50

4.5.1 การผลิตพลังงานลม (TWh/year)

จากตารางที่ 45 การผลิตพลังงานลมจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579 พบว่าการผลิตพลังงานลมนี้อาจมีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2565 คือ 4.14 TWh/year ซึ่งในปี พ.ศ. 2567-2574 มีค่าการผลิตเท่ากันในทุกปี คือ 4.61 TWh/year และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปี พ.ศ. 2579 คือ 7.43 TWh/year โดยภาพรวมการผลิตพลังงานลมในประเทศไทย มีการผลิตไม่สูงมากนัก เพราะความเร็วลมที่ผลิตไฟฟ้าได้ในประเทศไทยมีจำกัด โดยพบศักยภาพลมอยู่ที่ระดับความสูงไม่มากนัก คือ ประมาณ 40-90 เมตรซึ่งมีศักยภาพผลิตไฟฟ้าได้เพียง 20% ต่อปีของกำลังการผลิตติดตั้ง รวมทั้งปริมาณการผลิตไฟฟ้าก็ยังไม่เสถียร เพราะต้องขึ้นอยู่กับสภาพลมในแต่ละวันด้วย [57]

4.5.2 การผลิตพลังงานน้ำ (TWh/year)

จากตารางที่ 45 การผลิตพลังงานน้ำจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579 พบว่า การผลิตพลังงานน้ำมีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2565 คือ 6.33 TWh/year และมีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2578-2579 ซึ่งมีค่าเท่ากัน คือ 13.68 TWh/year ซึ่งมีค่าต่างกัน 7.35 TWh/year โดยภาพรวมมีการผลิตพลังงานน้ำที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เกือบทุกปี จากการศึกษาพื้นที่ที่มีศักยภาพ ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กได้ถึง 25,500 เมกะวัตต์ และเป็นไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากหรือไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน 1,000 เมกะวัตต์ และเป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำทำอ่างเก็บน้ำอีกประมาณ 115 เมกะวัตต์ [58]

4.5.3 การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ (TWh/year)

จากตารางที่ 45 การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579 พบว่าการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2565 คือ 5.98 TWh/year และมีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2579 คือ 26.22 TWh/year ซึ่งการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นทุกปี และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต ซึ่งศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานสูง และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [59]

4.5.4 การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล (TWh/year)

จากตารางที่ 45 การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2565-2579 พบว่าการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล มีค่าน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2571 คือ 699.91 TWh/year และมีค่ามากที่สุดในปี พ.ศ. 2579 คือ 742.50 TWh/year จะเห็นได้ว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลในประเทศไทยจะมีค่ามากที่สุด เพราะโรงไฟฟ้าฟอสซิลสามารถผลิตได้ 24 ชั่วโมง แต่เชื้อเพลิงฟอสซิลมีปริมาณจำกัดสามารถใช้แล้วหมดไปได้ ซึ่งสภาพเศรษฐกิจของประเทศไทยต้องพึ่งพาน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นหลัก ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ 4,505 ล้านลิตรต่อเดือน น้ำมันสำเร็จรูปปริมาณ 350 ล้านลิตรต่อเดือน ซึ่งแหล่งสำรองน้ำมันดิบในประเทศไทยไม่เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละปี ปริมาณก๊าซธรรมชาติสำรองในประเทศ มีปริมาณ 356 พันล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบสามารถใช้ได้ พ.ศ. 2562 ปริมาณถ่านหินสำรองในประเทศ มีปริมาณ 1,676 พันล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ สามารถใช้ไปได้ถึง พ.ศ. 2602 เมื่อน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในโลกและในประเทศหมดลง แหล่งพลังงานที่สำคัญที่ใช้ในประเทศ คือ พลังงานทดแทน [60]

4.6 ข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565-2579

จากการใช้งานโปรแกรม Energy PLAN สามารถจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทย (TWh) ปี พ.ศ. 2565-2579 ได้ดังตารางที่ 46 แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ก) ความต้องการไฟฟ้าในภาพรวมทั้งประเทศ (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และ ข) ความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์

ค่าความต้องการไฟฟ้าในภาพรวมทั้งประเทศ (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) อ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า 3 สถานการณ์ อ้างอิงจากข้อมูลที่ผู้วิจัยฯ ทำการสำรวจ ได้แก่ 1) สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน 2) สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน 3) สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

ตารางที่ 46 ค่าความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทยปี พ.ศ. 2565-2579

ปี	ความต้องการไฟฟ้า (TWh/year)			
	ภาพรวม (ยกเว้น รถยนต์ไฟฟ้า)	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณ การรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	223.36	0.62	0.70	1.41
2566	230.83	0.88	1.03	1.96
2567	238.56	1.21	1.46	2.66
2568	245.99	1.60	2.07	3.64
2569	253.30	2.07	2.90	5.00
2570	260.57	2.60	3.99	6.57
2571	268.10	3.19	5.29	8.35
2572	276.18	3.85	6.78	10.17
2573	284.05	4.60	8.45	12.24
2574	292.13	5.40	10.34	14.56
2575	300.05	6.33	12.38	17.08
2576	308.45	7.34	14.44	19.21
2577	316.65	8.39	16.54	21.41
2578	325.18	9.53	18.66	23.70
2579	333.70	10.82	20.73	25.99

ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง (MW) ในปี พ.ศ. 2565-2579 แสดงในตารางที่ 47 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN โดยได้ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) 2) ความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ทั้ง 3 สถานการณ์

ตารางที่ 47 ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2565-2579

ปี	ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง (MW)			
	ภาพรวม (ยกเว้น รถยนต์ไฟฟ้า)	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณ การรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	25,387	71	80	161
2566	26,298	100	117	223
2567	27,209	138	166	303
2568	28,005	183	236	416
2569	28,802	236	332	571
2570	29,713	296	455	750
2571	30,510	364	604	950
2572	31,421	439	774	1,161
2573	32,332	525	964	1,397
2574	33,242	616	1,181	1,662
2575	34,153	723	1,413	1,944
2576	35,064	837	1,648	2,192
2577	36,088	958	1,888	2,444
2578	36,999	1,088	2,130	2,705
2579	38,024	1,236	2,367	2,959

4.6.1 ค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จ แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า)

จากตารางที่ 46-47 ค่าความต้องการไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 223.36 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 333.70 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 110.34 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 25,387 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 38,024 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 12,637 MW

4.6.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

จากตารางที่ 46-47 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2565-2579 โดยค่าความต้องการไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน, สถานการณ์ที่ 2: ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน และสถานการณ์ที่ 3: ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

4.6.2.1 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของ สถานการณ์ที่ 1

ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 1 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 0.62 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 10.82 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 10.20 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 71 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 1,236 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,165 MW

4.6.2.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของ สถานการณ์ที่ 2

ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 0.70 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 20.73 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 20.03 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 80 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 2,367 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,287 MW

4.6.2.3 ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของ สถานการณ์ที่ 3

ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 3 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 1.41 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 25.99 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 24.58 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 161 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 2,959 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,798 MW

4.6.3 ผลรวมของค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) และความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ทั้ง 3 สถานการณ์

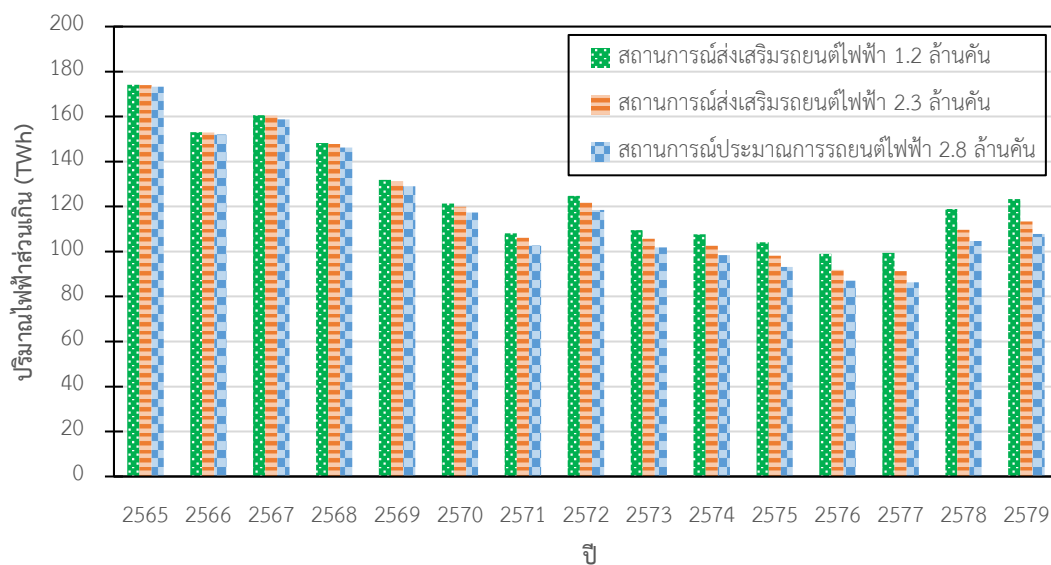
ผลรวมค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยจากหัวข้อ 4.5.1 รวมกับหัวข้อ 4.5.2 ทั้ง 3 สถานการณ์ ซึ่งการค่าความต้องการเฉลี่ยที่ได้มาจากค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) กับค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า จะได้ค่าความต้องการเฉลี่ยไฟฟ้ารวมแต่ละสถานการณ์ โดยค่าความต้องการไฟฟ้านี้จะถูกนำไปใช้ในโปรแกรม EnergyPLAN ดังตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ผลรวมของค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) และความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์

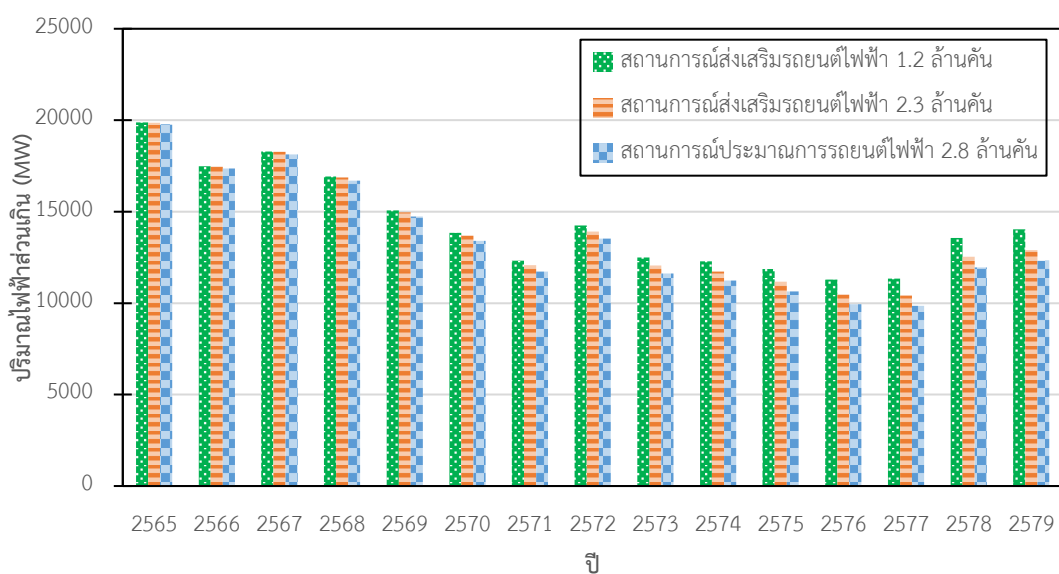
ปี	ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย สถานการณ์ที่ 1 (MW)	ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย สถานการณ์ที่ 2 (MW)	ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย สถานการณ์ที่ 3 (MW)
2565	25,458	25,467	25,548
2566	26,398	26,415	26,521
2567	27,347	27,375	27,512
2568	28,188	28,241	28,421
2569	29,038	29,134	29,373
2570	30,009	30,168	30,463
2571	30,874	31,114	31,460
2572	31,860	32,195	32,582
2573	32,857	33,296	33,729
2574	33,858	34,423	34,904
2575	34,876	35,566	36,097
2576	35,901	36,712	37,256
2577	37,046	37,976	38,532
2578	38,087	39,129	39,704
2579	39,260	40,391	40,983

4.7 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินจาก 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579

พลังงานไฟฟ้าส่วนเกิน คือ พลังงานเหลือใช้จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย หักความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้นในประเทศไทย จะเท่ากับพลังงานไฟฟ้าส่วนเกิน ได้แก่ ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน (TWh) ในปี พ.ศ. 2565-2579 ดังรูปที่ 81 และปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยรายชั่วโมง (MW) ในปี พ.ศ. 2565-2579 ดังรูปที่ 82



รูปที่ 81 ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน (TWh) ในปี พ.ศ. 2565-2579



รูปที่ 82 ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยรายชั่วโมง (MW) ในปี พ.ศ. 2565-2579

4.7.1 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579

จำนวน 1.2 ล้านคัน

จากรูปที่ 81-82 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 1 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 174.10 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 123.29 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 50.81 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,874 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 14,035 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 5,839 MW

4.7.2 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579

จำนวน 2.3 ล้านคัน

จากรูปที่ 81-82 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 2 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 174.02 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 113.35 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 60.67 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,865 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 12,904 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 6,961 MW

4.7.3 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579

จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

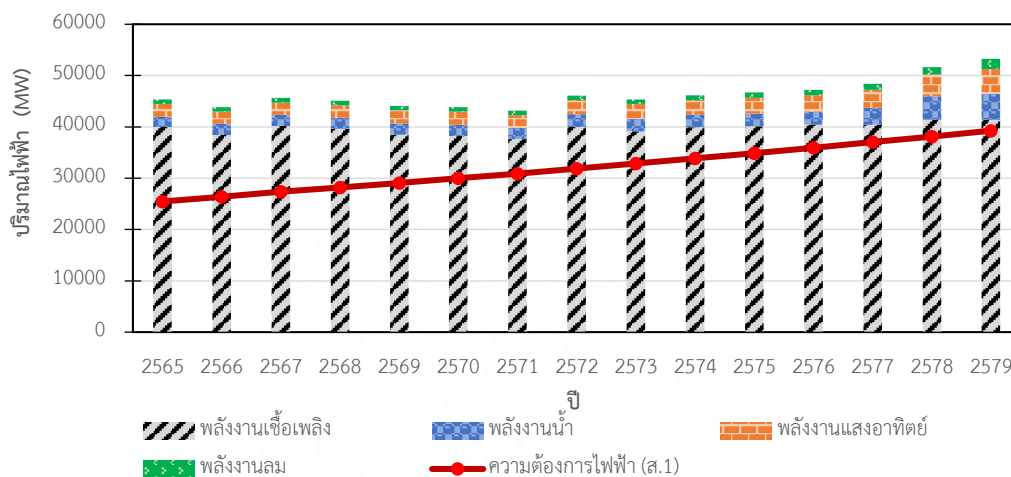
จากรูปที่ 81-82 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 3 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 173 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 107 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 66 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,784 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 12,312 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 7,472 MW

สรุปพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบผลต่างจากปี พ.ศ. 2565 กับปี พ.ศ. 2579 ทั้ง 3 สถานการณ์ พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 50.81 TWh/year 60.67 TWh/year และ 66 TWh/year ตามลำดับสถานการณ์ ส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 5,839 MW 6,961 MW และ 7,472 MW ตามลำดับสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ที่ 3 เป็นช่วงปีที่กำลังการผลิตไฟฟ้าลดลง ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้กราฟมีลักษณะต่ำสุดตั้งรูปที่ 80-81

4.8 เปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารวม

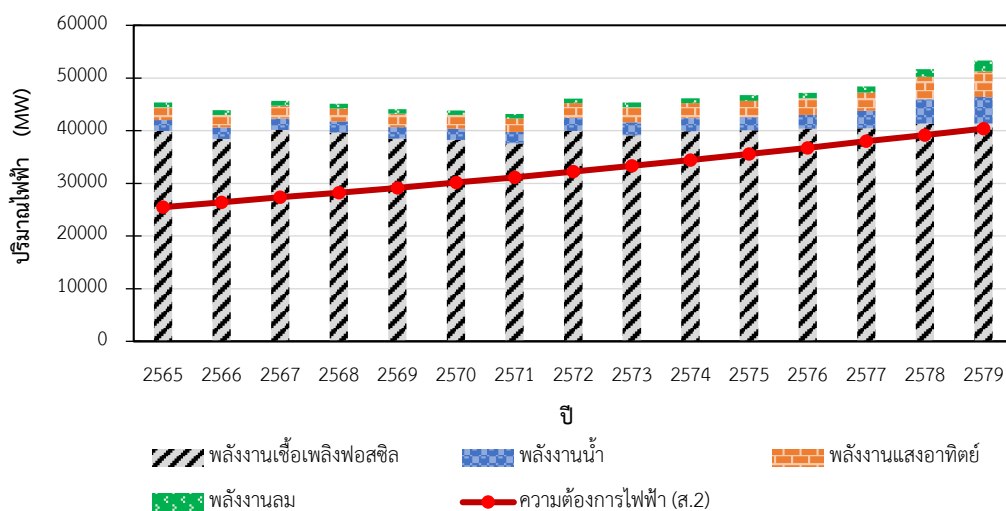
4.8.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารวมรายปี

พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยของ 3 สถานการณ์ มาจากข้อมูลกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม หักความต้องการไฟฟ้ารวมเฉลี่ย แสดงข้อมูลในรูปแบบรายชั่วโมง ดังรูปที่ 83-85



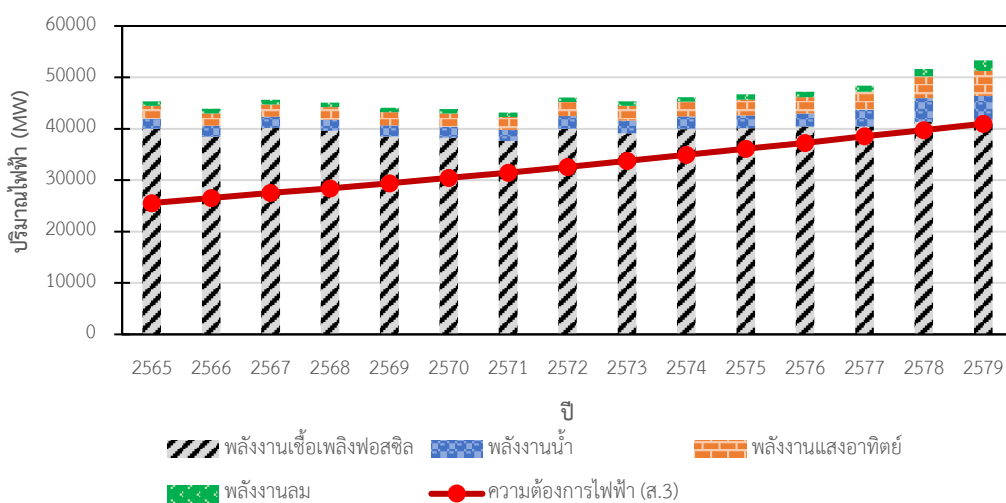
รูปที่ 83 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 1 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน

จากรูปที่ 83 แสดงให้เห็นว่า ปี พ.ศ. 2565 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 39,957 MW พลังงานน้ำ 2,046 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 2,437 MW และพลังงานลม 892 MW รวมทั้งหมด 45,332 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 1 เท่ากับ 25,458 MW ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 19,874 MW นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2579 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 41,349 MW พลังงานน้ำ 5,029 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 4,899 MW และพลังงานลม 2,018 MW รวมทั้งหมด 53,295 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 1 เท่ากับ 39,260 MW ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 14,035 MW



รูปที่ 84 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน

จากรูปที่ 84 แสดงให้เห็นว่า ปี พ.ศ. 2565 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 39,957 MW พลังงานน้ำ 2,046 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 2,437 MW และพลังงานลม 892 MW รวมทั้งหมด 45,332 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 2 เท่ากับ 25,467 MW ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 19,865 MW นอกจากนั้นในปี พ.ศ. 2579 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 41,349 MW พลังงานน้ำ 5,029 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 4,899 MW และพลังงานลม 2,018 MW รวมทั้งหมด 53,295 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 2 เท่ากับ 40,391 MW ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 12,904 MW



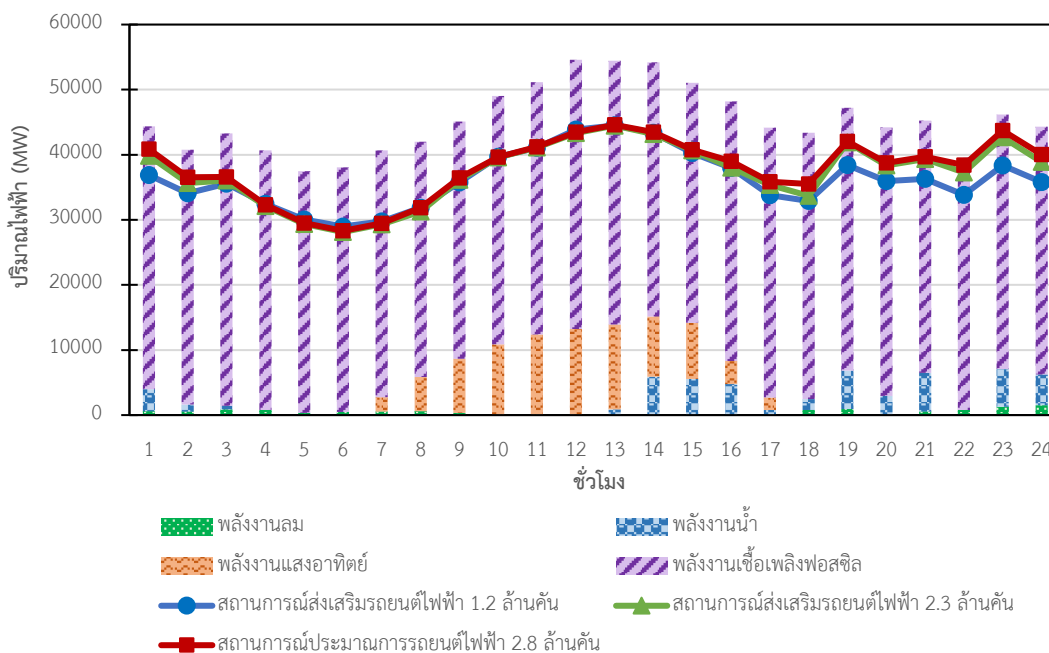
รูปที่ 85 กราฟปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 3 ประเมินการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579

จำนวน 2.8 ล้านคัน

จากรูปที่ 85 แสดงให้เห็นว่า ปี พ.ศ. 2565 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 39,957 MW พลังงานน้ำ 2,046 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 2,437 MW และพลังงานลม 892 MW รวมทั้งหมด 45,332 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 3 เท่ากับ 25,548 MW ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 19,782 MW นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2579 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 41,349 MW พลังงานน้ำ 5,029 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 4,899 MW และพลังงานลม 2,018 MW รวมทั้งหมด 53,295 MW ความต้องการเฉลี่ยสถานการณ์ที่ 3 เท่ากับ 40,983 MW ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย เท่ากับ 12,312 MW

4.8.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้กับความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุดใน ปี พ.ศ. 2579

พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุด ในปี พ.ศ. 2565-2579 เป็นผลที่ได้จากโปรแกรม EnergyPLAN จำนวน 8,784 ค่า เป็นค่ารายชั่วโมง ซึ่งจากผลคำนวณจะได้ค่ารายชั่วโมงที่ต่ำสุดและสูงสุดใน 1 ปี เนื่องจากแผนการผลิตไฟฟ้าจากแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Rev.1) ยังเป็นการประเมินการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ยังไม่ได้มีความต้องการไฟฟ้าจากรถยนต์ไฟฟ้า จึงทำให้พบว่า ในบางช่วงเวลามีปริมาณไฟฟ้าสำรองมีค่าต่ำกว่า 20 % โดยในผลการจำลองพบว่า ในปี พ.ศ. 2579 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด จะส่งผลให้มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินน้อยสุด คือ วันศุกร์ที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2579 และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด จะส่งผลให้มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินมากที่สุด คือ วันเสาร์ที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2579 ดังนี้

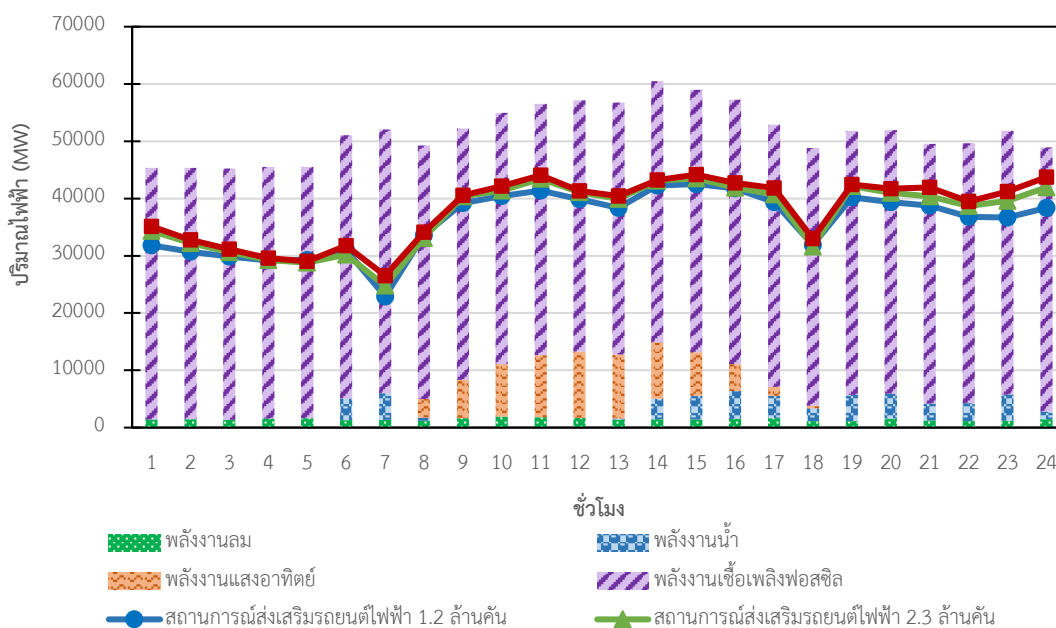


รูปที่ 86 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุด

จากรูปที่ 86 แสดงให้เห็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงในวันที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (On-Peak) แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ความต้องการใช้ไฟฟ้า กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า และพลังงานส่วนเกิน โดยจะเป็นข้อมูล ณ วันศุกร์ที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2579 ซึ่งเป็นวันที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดของปี พ.ศ. 2579 จากผลชั่วโมงที่ 7 คือ เวลา 06.00-07.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียังพลังงานส่วนเกินมากที่สุดทั้ง 3 สถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 29,761 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 29,323 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 29,458 MW ส่วนที่ 2 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานลม 544 MW พลังงานแสงอาทิตย์ 2,230 MW พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 37,898 MW และส่วนที่ 3 พลังงานส่วนเกิน ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 10,911 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 11,349 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้าตามสถิติการใช้งาน เท่ากับ 11,214 MW

นอกจากนี้ ผลชั่วโมงที่ 22 คือ เวลา 21.00-22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียังพลังงานส่วนเกินน้อยที่สุดทั้ง 3 สถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 33,838 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า

2.3 ล้านคัน เท่ากับ 37,278 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 38,424 MW ส่วนที่ 2 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานลม 808 MW พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 38,715 MW และส่วนที่ 3 พลังงานส่วนเกิน ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 5,685 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 2,245 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 1,099 MW



รูปที่ 87 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงสูงสุด

จากรูปที่ 87 แสดงให้เห็นข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายวันที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย (Off-Peak) แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ความต้องการใช้ไฟฟ้า กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า และพลังงานส่วนเกิน โดยจะเป็นข้อมูล ณ วันเสาร์ที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2579 ซึ่งเป็นวันที่ใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุดของปี พ.ศ. 2579 จากผลชั่วโมงที่ 7 คือ เวลา 06.00-07.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มียังพลังงานส่วนเกินมากที่สุดทั้ง 3 สถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 22,904 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 24,754 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 26,527 MW ส่วนที่ 2 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานลม 1,360 MW พลังงานน้ำ 4,649 MW พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 46,071 MW และส่วนที่ 3 พลังงานส่วนเกิน ได้แก่

สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 29,176 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 27,326 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 25,553 MW

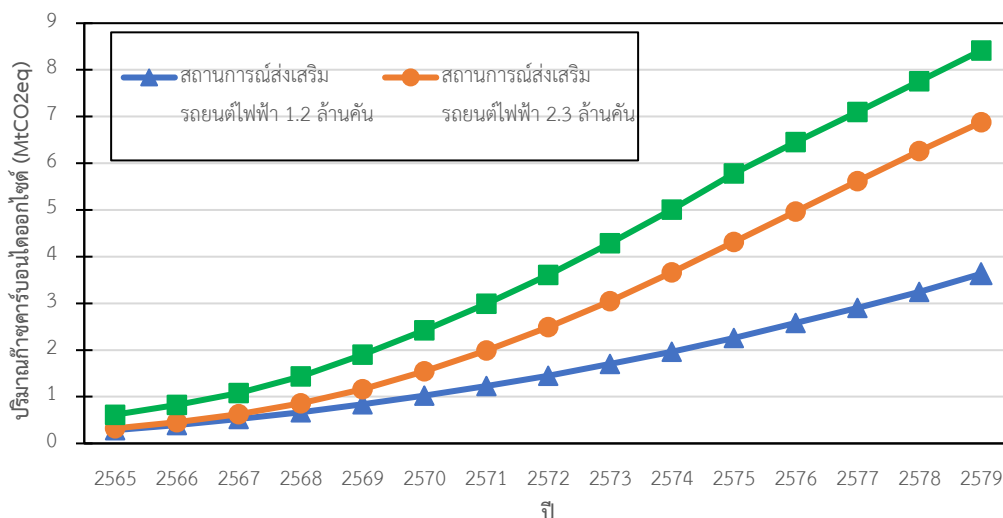
นอกจากนี้ ผลชั่วโมงที่ 24 คือ เวลา 23.00-24.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มิมีพลังงานส่วนเกินน้อยที่สุดทั้ง 3 สถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 38,382 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 41,924 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 43,730 MW ส่วนที่ 2 กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พลังงานลม 1,472 MW พลังงานน้ำ 1,333 MW พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล 46,097 MW และส่วนที่ 3 พลังงานส่วนเกิน ได้แก่ สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน เท่ากับ 10,520 MW สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน เท่ากับ 6,978 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เท่ากับ 5,172 MW

4.9 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณคาร์บอนเครดิต

ปัจจุบันสหภาพยุโรปได้ปรับปรุงกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ให้มีมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยคณะกรรมการยุโรปพิจารณาเสนอแก้ไข Regulation (EU) 2019/631 [61] เพื่อกำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สำหรับรถยนต์ให้เข้มงวดมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งมุ่งใจให้มีการพัฒนารถยนต์ที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำและเป็นศูนย์ (Zero- and low-emission vehicles: ZLEV) ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 55% สำหรับเป้าหมายในปี พ.ศ. 2573 และภายในปี พ.ศ. 2578 รถยนต์ของสหภาพยุโรปต้องปลอดมลพิษ ทั้งรถยนต์ที่ผลิตในสหภาพยุโรปและรถยนต์ที่นำเข้า

4.9.1 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

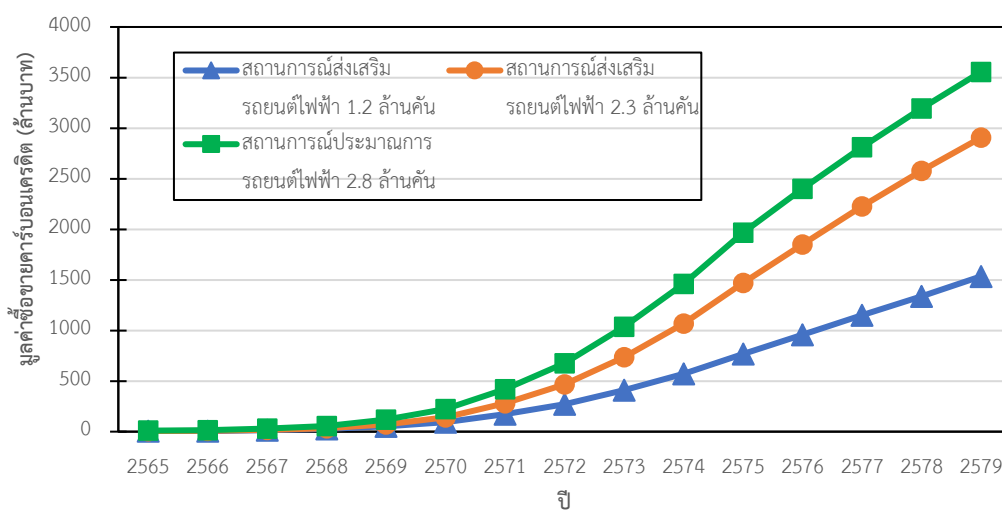
เปรียบเทียบการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 94,282 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 0.283 MtCO₂eq ซึ่งจากการประมาณการมีการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี ส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงตามลำดับ ดังรูปที่ 88 และสามารถดูผลลัพธ์เป็นตัวเลขในภาคผนวก ข



รูปที่ 88 เปรียบเทียบปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.9.2 มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเครดิต

จากสูตรการคำนวณในรายงาน T-VER-METH-TM-04 ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการใช้ยานพาหนะไฮบริดหรือยานพาหนะไฟฟ้าใหม่ ฉบับที่ 2 (Using New Hybrid Vehicles and Electric Vehicles) [20] จะได้ค่าปริมาณลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้รถยนต์ไฟฟ้า โดยปริมาณซื้อขายคาร์บอนเครดิต (tCO₂eq) จะคิดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 80% [62] หลังจากนั้น นำมาคูณราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ยดังตารางที่ 49 ซึ่งวิธีคำนวณจะนำข้อมูลราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ย พ.ศ. 2565-2567 [63, 64] เป็นข้อมูลตั้งต้นในการประมาณการราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ยปีอื่น ๆ ด้วยวิธี Weight Average [65] ผลการประมาณการราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ยในแต่ละปีจะแสดงในตารางที่ 49



รูปที่ 89 มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์

ตารางที่ 49 ประมาณการราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ย พ.ศ. 2565-2579

ปี	ราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ย (บาท/ตัน)
2565	20.00
2566	20.08
2567	35.48
2568	49.16
2569	77.48
2570	114.74
2571	175.37
2572	234.38
2573	301.96
2574	364.84
2575	425.23
2576	464.97
2577	495.07
2578	514.65
2579	528.07

มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579 แสดงดังรูปที่ 89 โดยนำปริมาณลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO₂eq) คิดค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 80% [62] หลังจากนั้น นำมาคูณราคาคาร์บอนเครดิตของชีวมวลเฉลี่ยแต่ละปี ดังตารางที่ 49 เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์ จะพบว่า มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตต่ำที่สุดในปี พ.ศ. 2565 เรียงตามแต่ละสถานการณ์ ดังนี้ 4.6 ล้านบาท 5.2 ล้านบาท และ 9.9 ล้านบาท มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตสูงที่สุดในปี พ.ศ. 2575 เรียงตามแต่ละสถานการณ์ ดังนี้ 1,530 ล้านบาท 2,901 ล้านบาท และ 3,546 ล้านบาท ซึ่งในสถานการณ์ที่ 3 ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน เป็นสถานการณ์ที่มีมูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ศึกษาและพยากรณ์ปริมาณไฟฟ้าส่วนเกิน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565-2579 และพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าจากผู้ใช้งานในปัจจุบัน 450 คน โดยเปรียบเทียบ 3 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 1.2 ล้านคัน, สถานการณ์ที่ 2 ส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.3 ล้านคัน และสถานการณ์ที่ 3 ปริมาณการรถยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 จำนวน 2.8 ล้านคัน คำนวณจากอัตราการเติบโตของสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 โดยใช้โปรแกรม EnergyPLAN ในการวิเคราะห์สถานการณ์

5.1 สรุปผลจำลอง

5.1.1 พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันธรรมดาและวันหยุด

ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานการณ์ ในวันธรรมดาและวันหยุด พบว่าวันธรรมดา (วันจันทร์-วันศุกร์) เวลา 6.00-7.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และเวลา 21.00-22.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานเลิกงานและเดินทางถึงที่บ้าน และบางบ้านอาจจะมีการใช้มิเตอร์อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ Time of Use Tariff หรือ TOU Tariff เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ On-Peak เวลา 09.00-22.00 น. (วันจันทร์ - ศุกร์) และ Off-Peak เวลา 22.00-09.00 น. (วันจันทร์ - ศุกร์ และวันพืชมงคล) เวลา 00.00-24.00 น. (วันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ราคาจะเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจากเดิมราคา 5.7982 บาท/หน่วย

ส่วนวันหยุดและนักขัตฤกษ์ พบว่า เวลา 7.00-8.00 น. มีผู้ใช้งานน้อยที่สุด และเวลา 23.00-24.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุด

5.1.2 ความต้องการไฟฟ้าของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579

จากการคำนวณพบว่า ค่าความต้องการไฟฟ้าภาพรวม (ยกเว้นความต้องการไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 223.36 TWh/year และในปี

พ.ศ. 2579 มีค่า 333.70 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 110.34 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 25,387 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 38,024 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 12,637 MW

จากการคำนวณพบว่า ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 1 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 0.62 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 10.82 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 10.20 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 71 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 1,236 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,165 MW เป็นสถานการณ์ที่มีความต้องการไฟฟ้าน้อยที่สุด

จากการคำนวณพบว่า ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 0.70 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 20.73 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 20.03 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 80 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 2,367 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,287 MW

จากการคำนวณพบว่า ค่าความต้องการไฟฟ้าในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 3 ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 1.41 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 25.99 TWh/year ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 24.58 TWh/year ในส่วนของค่าความต้องการเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 161 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 2,959 MW ซึ่งความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,798 MW เป็นสถานการณ์ที่มีความต้องการไฟฟ้ามากที่สุด

5.1.3 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินของ 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579

จากการคำนวณพบว่าพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 1 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 174.10 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 123.29 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 50.81 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,874 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 14,035 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 5,839 MW เป็นสถานการณ์ที่มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินมากที่สุด

จากการคำนวณพบว่าพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 2 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 174.02 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 113.35 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง 60.67 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,865 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 12,904 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 6,961 MW

จากการคำนวณพบว่าพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินสถานการณ์ที่ 3 ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 173 TWh/year และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 107 TWh/year ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินลดลง

66 TWh/year ในส่วนพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 19,784 MW และในปี พ.ศ. 2579 มีค่า 12,312 MW ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินเฉลี่ยลดลง 7,472 MW เป็นสถานการณ์ที่มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินน้อยที่สุด

5.1.4 พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุดในปี พ.ศ. 2579

พลังงานไฟฟ้าส่วนเกินรายชั่วโมงต่ำสุดและสูงสุดในปี พ.ศ. 2579 วันที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดจะส่งผลให้มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินน้อยที่สุด คือ วันศุกร์ที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2579 เวลา 06.00-07.00 น. ใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด ส่วนเวลา 21.00-22.00 น. ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดจะส่งผลให้มีพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินมากที่สุด คือ วันเสาร์ที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2579 เวลา 06.00-07.00 น. ใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด ส่วนเวลา 23.00-24.00 น. ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด

5.1.5 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ 3 สถานการณ์ ในปี

พ.ศ. 2565-2579

ประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 1 ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 94,282 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 0.283 MtCO₂eq และในปี พ.ศ. 2579 รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1,202,782 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 3.608 MtCO₂eq เป็นสถานการณ์ที่ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยที่สุด

ประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 2 ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 106,645 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 0.320 MtCO₂eq และในปี พ.ศ. 2579 รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2,275,750 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 6.827 MtCO₂eq

ประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าของสถานการณ์ที่ 3 ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 203,593 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 0.616 MtCO₂eq และในปี พ.ศ. 2579 รถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 2,784,275 คัน แทนการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 8.417 MtCO₂eq เป็นสถานการณ์ที่ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด

5.1.6 มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตจาก 3 สถานการณ์ ในปี พ.ศ. 2565-2579

มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิต ในสถานการณ์ที่ 1 มีรายได้สูงสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2579 คือ 1,535 ล้านบาท และต่ำสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2565 คือ 4.6 ล้านบาท มีค่าต่างกัน 1,530 ล้านบาท เป็นสถานการณ์ที่มีมูลค่าซื้อขายน้อยที่สุด

มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิต ในสถานการณ์ที่ 2 มีรายได้สูงสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2579 คือ 2,906 ล้านบาท และต่ำสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2565 คือ 5.2 ล้านบาท มีค่าต่างกัน 2,901 ล้านบาท

มูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิต ในสถานการณ์ที่ 3 มีรายได้สูงสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2579 คือ 3,556 ล้านบาท และต่ำสุดอยู่ที่ปี พ.ศ. 2565 คือ 9.9 ล้านบาท มีค่าต่างกัน 3,546 ล้านบาท เป็นสถานการณ์ที่มีมูลค่าซื้อขายมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังการผลิตของประเทศไทยฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 v.1) ที่ยังไม่รวมความต้องการไฟฟ้าด้านรถยนต์ไฟฟ้า ศึกษาปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าภาครวม (ยกเว้นความต้องการสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า) ซึ่งเป็นข้อมูลฐานในการคำนวณที่ได้จากการไฟฟ้าภูมิภาค (กฟภ.) และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 จึงพบว่า ในบางปีของผลการวิจัยมีปริมาณไฟฟ้าสำรองต่ำกว่า 20% นอกจากนี้ผู้วิจัย ฯ ได้พบว่า ทางรัฐบาลมีการดำเนินการทำแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับใหม่ เพื่อให้มีความเหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าในอนาคตและควรตรวจสอบข้อมูลอย่างถี่ถ้วนเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด





ที่ อว 8615/ 199

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์
อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

๒๑ มกราคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันยานยนต์

ด้วยนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในรายวิชา 626 673 วิทยานิพนธ์ หัวข้อเรื่อง “ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ.2566 - 2580 (PDP 2018)” จัดทำโดยนางสาวภัทราพร เตชาภินันท์ รหัสนักศึกษา 630920029 นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ชั้นปีที่ 3 โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.กษมา ศิริสมบุญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา มีความจำเป็นต้องขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการสถาบันยานยนต์ ในการตรวจสอบแบบสอบถาม การวิจัยเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ในการนี้ทางคณะฯ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัยเพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลในการจัดทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณศรี ลิขิจำเริญ)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สำนักงานคณบดี

โทร. 0-3427-0510-2 ต่อ 209400

โทรสาร 0-3427-0520



ที่ อว 8615/432

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์
อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

๒ กุมภาพันธ์ 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีพล ชื้อสัคย์

ด้วยนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในรายวิชา 626 673 วิทยานิพนธ์ หัวข้อเรื่อง “ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจากแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN” จัดทำโดยนางสาวภัทราพร เตชะภินันท์ รหัสนักศึกษา 630920029 นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ชั้นปีที่ 3 โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.กษมา ศิริสมบูรณ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา มีความจำเป็นต้องขอความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีพล ชื้อสัคย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการตรวจสอบแบบสอบถาม การวิจัยเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ในการนี้ทางคณะฯ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัยเพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลในการจัดทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณศรี ลิขิจำเนียร)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



ที่ อว 8615/ ๔๓๗

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์
อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

๒๓ กุมภาพันธ์ 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย

เรียน อาจารย์ภาสกร พันธุ์โอภาส

ด้วยนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ ได้จัดทำวิทยานิพนธ์ในรายวิชา 626 673 วิทยานิพนธ์ หัวข้อเรื่อง “ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจากแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือ EnergyPLAN” จัดทำโดยนางสาวภัทราพร เตชะภินันท์ รหัสนักศึกษา 630920029 นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ชั้นปีที่ 3 โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.กษมา ศิริสมบูรณ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา มีความจำเป็นต้องขอความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ภาสกร พันธุ์โอภาส หัวหน้าศูนย์วิจัยและตรวจสอบยานยนต์ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ในการตรวจสอบแบบสอบถาม การวิจัยเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม ในกรณีนี้ทางคณะฯ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัยเพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลในการจัดทำวิทยานิพนธ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณศรี ลีจิจำเนียร)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สำนักงานคณบดี
โทร. 0-3427-0510-2 ต่อ 209400
โทรสาร 0-3427-0520

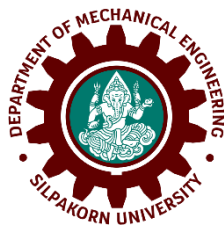


ภาคผนวก ข
ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบสอบถามการวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบสอบถามการวิจัย

คำถาม	IOC	ผล IOC
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป		
1.ท่านเป็นผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล (ไม่เกิน 7 ที่นั่ง) ใช่หรือไม่	1.00	1.00
2.เพศ	1.00	1.00
3.อายุ	1.00	1.00
4.ระดับการศึกษา	1.00	-0.67
5.ตำแหน่งงาน	1.00	0.67
6.รายได้	1.00	0.67
7.จังหวัดที่พำนักอาศัย	1.00	0.67
8.ท่านใช้งานรถ EV ยี่ห้อใด	1.00	1.00
9.รุ่นรถ EV	1.00	1.00
ส่วนที่ 2 ลักษณะพฤติกรรมการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งาน		
1.ท่านเลือกหัวชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบใด (AC/DC)	1.00	1.00
2.ท่านตัดสินใจชาร์จแบตเตอรี่รถ EV เมื่อใด	1.00	1.00
3.เมื่อท่านชาร์จแบตเตอรี่รถ EV ท่านตัดสินใจหยุดชาร์จที่ปริมาณแบตเตอรี่กี่เปอร์เซ็นต์	1.00	1.00
4.ในวันทำการ (วันจันทร์ - วันศุกร์) ท่านตัดสินใจเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ช่วงเวลาใดมากที่สุด	1.00	0.67
5.ในวันหยุดราชการและนักชัตตกข์ (วันเสาร์- วันอาทิตย์) ท่านตัดสินใจเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ช่วงเวลาใดมากที่สุด	1.00	0.67
6.ระยะทางที่ท่านขับชาร์จ EV เฉลี่ยกี่กิโลเมตรต่อวัน	1.00	1.00
7.ท่านใช้ระยะเวลาในการขับชาร์จ EV เฉลี่ยกี่ชั่วโมงต่อวัน	1.00	1.00
8.ท่านชาร์จรถ EV 1 ครั้ง สามารถใช้งานเฉลี่ยสูงสุดกี่วัน	1.00	0.67
9.ท่านชาร์จรถ EV เกิน 1 ครั้งต่อวันหรือไม่	1.00	0.67
10.จำนวนครั้งที่ท่านชาร์จรถต่อวัน (กรณีตอบข้อ 9)	1.00	0.67
11.ท่านเลือกใช้สถานีใด ในการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า	1.00	1.00
12.หากอัตราไฟฟ้าปกติราคา 5.7982 บาท/หน่วย ลดลงเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ท่านจะเลือกชาร์จไฟในเวลา Time of Use (TOU) หรือไม่	1.00	1.00





คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบสอบถาม

พฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งานในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาการพยากรณ์ปริมาณไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) และรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV) เฉพาะรถยนต์ส่วนบุคคลที่นั่งไม่เกิน 7 คน จากแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566-2580

คำชี้แจง : แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 ลักษณะพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle หรือ EV) ของผู้ใช้งาน

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ขอความกรุณาตอบแบบสำรวจนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำเสนอในภาพรวม และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ตอบแบบสำรวจแต่อย่างใด โดยจะนำไปใช้ในการวิจัยนี้เท่านั้น ขอขอบพระคุณอย่างสูงในความอนุเคราะห์ข้อมูลของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

1. ท่านเป็นผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลที่นั่งไม่เกิน 7 คน ใช่หรือไม่

<input type="checkbox"/> ใช่	<input type="checkbox"/> ไม่ใช่ (จบบแบบสอบถาม)
------------------------------	--
2. เพศ

<input type="checkbox"/> ชาย	<input type="checkbox"/> หญิง
------------------------------	-------------------------------
3. อายุ

<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 20 ปี	<input type="checkbox"/> 20 – 25 ปี	<input type="checkbox"/> 26 – 30 ปี
<input type="checkbox"/> 31 -35 ปี	<input type="checkbox"/> 36 – 40 ปี	<input type="checkbox"/> 41 – 45 ปี
<input type="checkbox"/> 46 -50 ปี	<input type="checkbox"/> 51 – 55 ปี	<input type="checkbox"/> 56 – 60 ปี
<input type="checkbox"/> 61 ปี ขึ้นไป		
4. อาชีพ

<input type="checkbox"/> นักเรียน / นักศึกษา	<input type="checkbox"/> เจ้าของธุรกิจ / ผู้ประกอบการ
<input type="checkbox"/> พนักงานเอกชน	<input type="checkbox"/> ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ / พนักงาน

หน่วยงานรัฐ

อื่นๆ
5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 15,000 บาท	<input type="checkbox"/> 15,001-30,000 บาท
<input type="checkbox"/> 30,001-50,000 บาท	<input type="checkbox"/> 50,001-100,000 บาท
<input type="checkbox"/> ตั้งแต่ 100,001 บาท ขึ้นไป	
6. จังหวัดที่พักอาศัย ณ ปัจจุบัน

.....
7. ท่านเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้าประเภทใด (เมื่อเลือกประเภทรถยนต์ไฟฟ้าในข้อ 7 ก็จะมีข้อ 8 หรือ 9 เพียงข้อเดียว)

<input type="checkbox"/> รถยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)
<input type="checkbox"/> รถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ (BEV)
8. ยี่ห้อรถ PHEV ที่ท่านใช้งาน (เมื่อกดเลือกยี่ห้อในข้อ 8 ก็จะมีรุ่นเฉพาะยี่ห้อในข้อ 10)

<input type="checkbox"/> MG	<input type="checkbox"/> Tesla	<input type="checkbox"/> Nissan	<input type="checkbox"/> BMW
<input type="checkbox"/> Audi	<input type="checkbox"/> Lexus	<input type="checkbox"/> Hyundai	<input type="checkbox"/> KIA
<input type="checkbox"/> Toyota	<input type="checkbox"/> Volvo	<input type="checkbox"/> Haval	<input type="checkbox"/> Mercedes-Benz

8. ยี่ห้อรถ PHEV ที่ท่านใช้งาน (เมื่อกดเลือกยี่ห้อในข้อ 8 ก็จะมีขึ้นรุ่นเฉพาะยี่ห้อนั้นในข้อ 10) (ต่อ)

- Porsche Mitsubishi LEXUS Jaguar
 อื่นๆ

9. ยี่ห้อรถ BEV ที่ท่านใช้งาน (เมื่อกดเลือกยี่ห้อในข้อ 9 ก็จะมีขึ้นรุ่นเฉพาะยี่ห้อนั้นในข้อ 11)

- MG Tesla Nissan BMW
 Audi Lexus Hyundai KIA
 Toyota Volvo Haval Mercedes-Benz
 Porsche Fomm LEXUS Jaguar
 GMW Pocco BYD Mini Cooper
 NETA Mitsubishi อื่นๆ

10. รุ่น (PHEV)

- ZS EV (D, X) EP / EP Plus HS PHEV S90 T8
 XC40 Recharge Plug-in Hybrid XC60 Recharge Plug-in Hybrid
 XC 90 PHEV V 60 PHEV V 90 Twin Engine PHEV
 X1 XDrive25e X2 XDrive25e X3 xDrive30e M Sport
 X5 xDrive45e M Sport 330e PHEV M Performance Edition
 Q7 60TFSI e Q8 60TFSI e Cayenne PHEV
 Outlander PHEV Sport P 400e PHEV P 400e PHEV
 Prius PHEV RAV 4 H6 PHEV C 350e PHEV
 GLC 300 e 4MATIC AMG Dynamic GLE 350 de 4MATIC Exclusive
 GLE 500e PHEV RX 450h+ PHEV Niro PHEV
 XCeed PHEV F-Pace PHEV อื่นๆ

11. รุ่น (BEV)

- ZS EV (D, X) EP / EP Plus MG4 ES
 ORA Good Cat (GT) ORA Good Cat (400TECH) One
 ORA Good Cat (400PRO) ORA Good Cat (500ULTRA)
 Leaf EV XC40 Recharge Pure Electric
 XC40 Recharge Plug-in Hybrid T5 Model Y (Long Range)
 Model 3 (Standard) Model 3 (Long Range)
 Model 3 (Performance) Model Y (Standard)

11. รุ่น (BEV) (ต่อ)

- Model Y (Performance) SE DD (L) DD (K)
 MM (YX) MM (ZX) iX Drive40 Sport i4 M50
 iX Drive50 Sport iX3 M Sport i4 eDrive40 M Sport
 i7 xDrive60 M Sport i7 Drive60 M Sport Gran Lusso
 X5 xDrive45e M Sport EV e-tron GT quattro
 EV e-tron GT quattro Performance EV RS e-tron GT quattro
 Q8 e-tron 55 quattro Black Edition Q8 e-tron 50 quattro
 EV e-tron Sportback 55 quattro S line EV e-tron 55 quattro
 Q8 Sportback e-tron 50 quattro S line Cayenne E-Hybrid
 I-Pace Outlander PHEV Taycan Turbo S Cross Turismo
 Taycan performance battery Taycan Turbo Cross Turismo
 Taycan performance battery plus Taycan 4 Cross Turismo
 Sport 2.0 Litre Plug-In Hybrid AWD Dynamic HSE T3
 M3 Atto3 Dolphin Tang Han
 V U Pro อื่นๆ

ส่วนที่ 2 ลักษณะพฤติกรรมการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าของผู้ใช้งาน

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

1. ท่านเลือกเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบใด? (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ประเภทของเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้ามี 3 รูปแบบ ได้แก่

- 1.) ชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) : จากตู้ชาร์จติดผนังติดตั้งที่บ้านหรือตามห้างสรรพสินค้า (Wall Box) ใช้เวลาประมาณ 4-8 ชั่วโมง
- 2.) ชาร์จแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC Charging) : ชาร์จจาก 0-80% ใช้เวลาประมาณ 40-60 นาที

- แบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging)
 แบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC Charging)

2. ท่านตัดสินใจชาร์จแบตเตอรี่รถ EV เมื่อใด

- 0 - 20 % 21 - 40 % 41 - 60% 61 - 80 %

3. เมื่อท่านชาร์จแบตเตอรี่รถ EV ท่านตัดสินใจหยุดชาร์จที่ปริมาณแบตเตอรี่กี่เปอร์เซ็นต์

- น้อยกว่า 60% 61 - 70% 71 - 80%
- 81 - 90% 91 -100%

4. ในวันทำการ (วันจันทร์ - วันศุกร์) ท่านตัดสินใจเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ช่วงเวลาใดมากที่สุด

- 00.01 - 01.00น. 01.01 - 02.00น. 02.01 - 03.00น.
- 03.01 - 04.00น. 04.01 - 05.00น. 05.01 - 06.00น.
- 06.01 - 07.00น. 07.01 - 08.00น. 08.01 - 09.00น.
- 09.01 - 10.00น. 10.01 - 11.00น. 11.01 - 12.00น.
- 12.01 - 13.00น. 13.01 - 14.00น. 14.01 - 15.00น.
- 15.01 - 16.00น. 16.01 - 17.00น. 17.01 - 18.00น.
- 18.01 - 19.00น. 19.01 - 20.00น. 20.01 - 21.00น.
- 21.01 - 22.00น. 22.01 - 23.00น. 23.01 - 24.00น.

5. ในวันหยุดราชการและนักชัตตฤกษ์ (วันเสาร์- วันอาทิตย์) ท่านตัดสินใจเริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ช่วงเวลาใดมากที่สุด

- 00.01 - 01.00น. 01.01 - 02.00น. 02.01 - 03.00น.
- 03.01 - 04.00น. 04.01 - 05.00น. 05.01 - 06.00น.
- 06.01 - 07.00น. 07.01 - 08.00น. 08.01 - 09.00น.
- 09.01 - 10.00น. 10.01 - 11.00น. 11.01 - 12.00น.
- 12.01 - 13.00น. 13.01 - 14.00น. 14.01 - 15.00น.
- 15.01 - 16.00น. 16.01 - 17.00น. 17.01 - 18.00น.
- 18.01 - 19.00น. 19.01 - 20.00น. 20.01 - 21.00น.
- 21.01 - 22.00น. 22.01 - 23.00น. 23.01 - 24.00น.

6. ระยะทางที่ท่านขับซีรด EV เฉลี่ยกี่กิโลเมตรต่อวัน

- 0 - 20 กิโลเมตร/วัน 21 - 40 กิโลเมตร/วัน
- 41 - 60 กิโลเมตร/วัน 61 - 80 กิโลเมตร/วัน
- 81 - 100 กิโลเมตร/วัน 101 กิโลเมตร/วัน ขึ้นไป
- อื่นๆ.....

7. ท่านใช้ระยะเวลาในการขับซีรด EV เฉลี่ยกี่ชั่วโมงต่อวัน

- 1 - 2 ชม. 3 - 4 ชม. 5 - 6 ชม. 7 - 8 ชม.

8. ท่านชาร์จรถ EV 1 ครั้ง สามารถใช้งานเฉลี่ยสูงสุดกี่วัน

- 1 - 2 วัน 3 - 4 วัน 5 - 6 วัน 7-8 วัน

9. ท่านชาร์จรถ EV เกิน 1 ครั้งต่อวันหรือไม่

- ใช่ ไม่

10. จำนวนครั้งที่ท่านชาร์จรถต่อวัน

- 2 ครั้ง 3 ครั้ง 4 ครั้ง 5 ครั้ง

11. ท่านเลือกใช้สถานที่ใด ในการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ที่พักอาศัย สถานที่ทำงาน ห้างสรรพสินค้า
 ปั้มน้ำมัน ร้านสะดวกซื้อ อื่นๆ

12. หากอัตราไฟฟ้าปกติราคา 5.7982 บาท/หน่วย ลดลงเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ท่านจะเลือกชาร์จไฟในเวลาดังกล่าวหรือไม่

- วันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.
 - วันเสาร์-อาทิตย์และวันนักขัตฤกษ์ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) เวลา 00.00-24.00 น.

- เลือก ไม่เลือก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ข้อมูลของท่านมา ณ โอกาสนี้



ภาคผนวก ง
ผลสำรวจแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 เพศของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

เพศ	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
หญิง	166	36.89
ชาย	284	63.11
รวม	450	100

ตารางที่ 2 อายุของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

อายุ	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่า 20 ปี	1	0.22
20-25 ปี	42	9.33
26-30 ปี	47	10.44
31-35 ปี	67	14.89
36-40 ปี	95	21.11
41-45 ปี	79	17.56
46-50 ปี	54	12.00
51-55 ปี	29	6.44
56-60 ปี	29	6.44
61 ปีขึ้นไป	7	1.56
รวม	450	100

ตารางที่ 3 อาชีพของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

อาชีพ	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ข้าราชการ	127	28.22
พนักงานเอกชน	150	33.33
เจ้าของdb0dki	124	27.56
นักศึกษา	37	8.22
อื่นๆ (เกษียณ)	12	2.67
รวม	450	100

ตารางที่ 4 รายได้ของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า

รายได้	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่า 15,000 บาท	21	4.67
15,001 - 30,000 บาท	86	19.11
30,001 - 50,000 บาท	194	43.11
50,001 - 100,000 บาท	107	23.78
100,001 บาท ขึ้นไป	42	9.33
รวม	450	100

ตารางที่ 5 แบรินด์และรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

ยี่ห้อรถ	รุ่น	จำนวน (คัน)	รวม (คัน)	สัดส่วน (%)
MG	HS PHEV	42	42	18.67
GMW	HAVAL H6 PHEV	59	59	26.22
Mitsubishi	Outlander	51	51	22.67
Volvo	XC40 Recharge PHEV	4	14	6.22
	XC60 Recharge PHEV	5		
	XC90 PHEV	2		
	S90 T8 PHEV	2		
	V60 PHEV	1		
Toyota	Prius PHEV	10	12	5.33
	RAV 4	2		
BMW	X1 XDrive25e	1	16	7.11
	X2 XDrive25e	1		
	X3 XDrive30e	5		
	X5 XDrive45e	6		
	330e PHEV M Performance Edition	3		
Audi	Q7 60 TFSI e	2	4	1.78
	Q8 60 TFSI e	2		

ตารางที่ 5 แบรินด์และรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) (ต่อ)

ยี่ห้อรถ	รุ่น	จำนวน (คัน)	รวม (คัน)	สัดส่วน (%)
Jaguar	F-Pace PHEV	1	1	0.44
Mercedes Benz	GLE 500e PHEV	3	15	6.67
	C350e PHEV	5		
	GLE 350 de 4 Matic Exclusive	7		
Land Rover	Sport P 400e PHEV	2	3	6.22
	P 400e PHEV	1		
Porsche	Cayenne PHEV	2	2	6.22
KIA	Niro PHEV	2	3	6.22
	Xceed PHEV	1		
Lexus	RX 450h+ PHEV	3	3	6.22
รวม		225	225	100

ตารางที่ 6 แบรินด์และรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV)

ยี่ห้อรถ	รุ่น	จำนวน (คัน)	รวม (คัน)	สัดส่วน (%)
MG	ZS EV (D, X)	5	43	19.11
	EP / EP Plus	19		
	MG4	10		
	ES	9		
GMW	ORA Good Cat (400PRO)	16	39	17.33
	ORA Good Cat (500ULTRA)	23		
Nissan	Leaf EV	4	4	1.78
Volvo	XC40 Recharge Pure Electric	9	9	4.00
Tesla	Model 3 (Long Range)	8	30	13.33
	Model 3 (standard)	1		
	Model 3 (Performance)	2		
	Model Y (Standard)	6		

ตารางที่ 6 แบรินด์และรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) (ต่อ)

ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน (คัน)	รวม (คัน)	สัดส่วน (%)
Tesla	Model Y (Long Range)	10		
	Model Y (Performance)	3		
BMW	iX3 M Sport	3	4	1.78
	i4 M50	1	2	0.89
Audi	Q8 e-tron 50 quattro	2	2	0.89
Jaguar	I-Pace	3	3	1.33
BYD	Atto 3	29	30	13.33
	T3	1		
NETA	V	61	61	27.11
รวม		225	225	100

ตารางที่ 7 พฤติกรรมการเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

หัวชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
แบบรวดเร็ว (Double Speed Charge): AC	185	82.22
แบบเร็ว (Quick Charge): DC	0	0
แบบรวดเร็ว AC และแบบเร็ว DC	40	17.78
รวม	225	100

ตารางที่ 8 พฤติกรรมการเลือกใช้งานประเภทหัวชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV)

หัวชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
แบบรวดเร็ว (Double Speed Charge): AC	122	54.22
แบบเร็ว (Quick Charge): DC	6	2.67
แบบรวดเร็ว AC และแบบเร็ว DC	97	43.11
รวม	225	100

ตารางที่ 9 พฤติกรรมการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

เริ่มชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่า 20%	37	16.44
21 - 40%	183	81.33
41 - 60 %	5	2.22
61 - 80%	0	0
รวม	225	100

ตารางที่ 10 พฤติกรรมการเลือกชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV)

เริ่มชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
ต่ำกว่า 20%	4	1.78
21 - 40%	176	78.22
41 - 60 %	40	17.78
61 - 80%	5	2.22
รวม	225	100

ตารางที่ 11 พฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

เริ่มชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
น้อยกว่า 60%	0	0
61 - 70%	0	0
71 - 80%	0	0
81 - 90%	23	10.22
91 -100%	202	89.78
รวม	225	100

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV)

เริ่มชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
น้อยกว่า 60%	0	0
61 - 70%	0	0
71 - 80%	2	0.89
81 - 90%	61	27.11

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการเลือกหยุดชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV) (ต่อ)

เริ่มชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
91 -100%	162	72.00
รวม	225	100

ตารางที่ 13 ระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

ระยะทางขับ/วัน	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
0 - 20 กิโลเมตร/วัน	16	7.11
21 - 40 กิโลเมตร/วัน	60	26.67
41 - 60 กิโลเมตร/วัน	80	35.56
61 - 80 กิโลเมตร/วัน	49	21.78
81 - 100 กิโลเมตร/วัน	14	6.22
101 กิโลเมตร/วัน ขึ้นไป	6	2.67
รวม	225	100

ตารางที่ 14 ระยะทางในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV)

ระยะทางขับ/วัน	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
0 - 20 กิโลเมตร/วัน	11	4.89
21 - 40 กิโลเมตร/วัน	25	11.11
41 - 60 กิโลเมตร/วัน	58	25.78
61 - 80 กิโลเมตร/วัน	57	25.33
81 - 100 กิโลเมตร/วัน	38	16.89
101 กิโลเมตร/วัน ขึ้นไป	36	16.00
รวม	225	100

ตารางที่ 15 ระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV)

ระยะเวลาขับ/วัน	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
1 - 2 ชม.	97	43.11
3 - 4 ชม.	95	42.22
5 - 6 ชม.	33	14.67

ตารางที่ 15 ระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV) (ต่อ)

ระยะเวลาขับ/วัน	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
7 - 8 ชม.	0	0.
มากกว่า 8 ชม. ขึ้นไป	0	0
รวม	225	100

ตารางที่ 16 ระยะเวลาในการขับขี่ต่อวันของผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV)

ระยะเวลาขับ/วัน	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
1 - 2 ชม.	61	27.11
3 - 4 ชม.	143	63.56
5 - 6 ชม.	21	9.33
7 - 8 ชม.	0	0
มากกว่า 8 ชม. ขึ้นไป	0	0
รวม	225	100

ตารางที่ 17 ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จ 1 ครั้ง	จำนวน	สัดส่วน (%)
1 - 2 วัน	109	48.44
3 - 4 วัน	96	42.67
5 - 6 วัน	20	8.89
7 วัน ขึ้นไป	0	0
รวม	225	100

ตารางที่ 18 ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (EV) ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

ระยะเวลาใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต่อการชาร์จ 1 ครั้ง	จำนวน	สัดส่วน (%)
1 - 2 วัน	101	44.89
3 - 4 วัน	91	40.44
5 - 6 วัน	30	13.33
7 วัน ขึ้นไป	3	1.33
รวม	225	100

ตารางที่ 19 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันธรรมดา

เวลาวันธรรมดา	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
00.01-01.00 น.	131	9.03
01.01-02.00 น.	102	7.03
02.01-03.00 น.	64	4.41
03.01-04.00 น.	33	2.27
04.01-05.00 น.	15	1.03
05.01-06.00 น.	8	0.55
06.01-07.00 น.	7	0.48
07.01-08.00 น.	11	0.76
08.01-09.00 น.	24	1.65
09.01-10.00 น.	28	1.93
10.01-11.00 น.	23	1.59
11.01-12.00 น.	21	1.45
12.01-13.00 น.	21	1.45
13.01-14.00 น.	20	1.38
14.01-15.00 น.	25	1.72
15.01-16.00 น.	30	2.07
16.01-17.00 น.	50	3.45
17.01-18.00 น.	61	4.20
18.01-19.00 น.	95	6.55
19.01-20.00 น.	122	8.41
20.01-21.00 น.	138	9.51
21.01-22.00 น.	146	10.06
22.01-23.00 น.	132	9.10
23.01-24.00 น.	144	9.92
รวม	1,451	100

ตารางที่ 20 พฤติกรรมการเลือกช่วงเวลาชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในวันหยุดและวันนักขัตฤกษ์

เวลาวันหยุดและวันนักขัตฤกษ์	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
00.01-01.00 น.	92	6.34
01.01-02.00 น.	108	7.44
02.01-03.00 น.	76	5.24
03.01-04.00 น.	51	3.51
04.01-05.00 น.	29	2.00
05.01-06.00 น.	14	0.96
06.01-07.00 น.	4	0.28
07.01-08.00 น.	13	0.90
08.01-09.00 น.	11	0.76
09.01-10.00 น.	64	4.41
10.01-11.00 น.	59	4.07
11.01-12.00 น.	83	5.72
12.01-13.00 น.	65	4.48
13.01-14.00 น.	68	4.69
14.01-15.00 น.	48	3.31
15.01-16.00 น.	48	3.31
16.01-17.00 น.	27	1.86
17.01-18.00 น.	56	3.86
18.01-19.00 น.	42	2.89
19.01-20.00 น.	85	5.86
20.01-21.00 น.	73	5.03
21.01-22.00 น.	115	7.93
22.01-23.00 น.	92	6.34
23.01-24.00 น.	128	8.82
รวม	1,451	100

ตารางที่ 21 พฤติกรรมการเลือกสถานที่ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

สถานที่ชาร์จ	จำนวน (คัน)	สัดส่วน (%)
ที่พักอาศัย	398	62.88
สถานที่ทำงาน	63	9.95
ห้างสรรพสินค้า	107	16.90
ปั้มน้ำมัน	65	10.27
ร้านสะดวกซื้อ	0	0
รวม	633	100

ตารางที่ 22 ความพึงพอใจในการชาร์จแบตเตอรี่กรณีสถานที่ชาร์จค่าไฟปกติราคา 5.7982 บาท/หน่วย ลดลงเหลือ 2.6369 บาท/หน่วย ในวันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22.00-09.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์และวันนักขัตฤกษ์ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) เวลา 00.00-24.00 น.

กรณีสถานที่ชาร์จค่าไฟต่ำลง	จำนวน (คน)	สัดส่วน (%)
เลือก	439	97.56
ไม่เลือก	11	2.44
รวม	450	100



1. วิธีคำนวณจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

$$n = \frac{59,642}{1 + (59,642)(0.05)^2}$$

$$n = 397.34 \approx 398$$

2. หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับจำนวนของรถยนต์ไฟฟ้าจากประมาณการในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละผู้ใช้งาน ตัวอย่าง เช่น หากผู้ตอบแบบสอบถามมีการตอบแบบสอบถามดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ข้อมูลตัวอย่างสำหรับคำนวณการขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale Up)

ข้อมูลตัวอย่างที่ได้/คน จากแบบสอบถาม		ข้อมูลที่น่าไปใช้งาน
ยี่ห้อรถ	MG	MG
รุ่น	EP/Ep Plus	EP/Ep Plus
เริ่มชาร์จ	21%-40%	30.5 %
หยุดชาร์จ	91%-100%	95.5 %
หัวชาร์จ AC รองรับไฟ	6.6 kW	6.6 kW
หัวชาร์จ DC รองรับไฟ	75 kW	75 kW
ความจุแบตเตอรี่	50.3 kWh	50.3 kWh
ชาร์จ 1 ครั้ง ใช้ได้กี่วัน	1-2 วัน	1.5 วัน
ช่วงเวลาวันหยุด	18.01-24.00	6 ชั่วโมง
ช่วงเวลาวันธรรมดา	18.01-24.00	6 ชั่วโมง
ช่วงเวลาวันหยุด	18.01-24.00	6 ชั่วโมง
ระยะทาง/วัน	21-40 km	30.5 km

การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละผู้ใช้งานสามารถใช้สมการที่ (8) ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิธีคำนวณดังนี้

$$E = (C_{\text{stop}} - C_{\text{begin}}) \times C_{\text{EV,Battery}}$$

$$E = (95.5\% - 30.5\%) \times 50.3\text{kWh}$$

$$E = 34.45\text{kWh}$$

การขยายขนาดจำนวนประชากร (Scale up) เพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับจำนวนของรถยนต์ไฟฟ้าจากประมาณในประเทศไทยสมการที่ (10) (11) ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ผลรวมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบบสอบถามทั้งหมด และค่าประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในปีนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2579 มีการประมาณการจำนวนรถยนต์ไฟฟ้า EV จำนวน 745,977 คัน และจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า EV เป็น 255 คน วิธีคำนวณดังนี้

$$E_{\text{Scale-up}} = \frac{E \times N_{\text{EV,EEP}} \times N_{\text{Year}}}{N_{\text{Survey}}}$$

$$E_{\text{Scale-up}} = \frac{6.9679556\text{MWh} \times 745,944 \times 366}{225}$$

$$E_{\text{Scale-up}} = 8,454,932.93 \text{ MWh}$$

การคำนวณการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (9) ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยคำนวณเป็นรายบุคคล ดังนี้

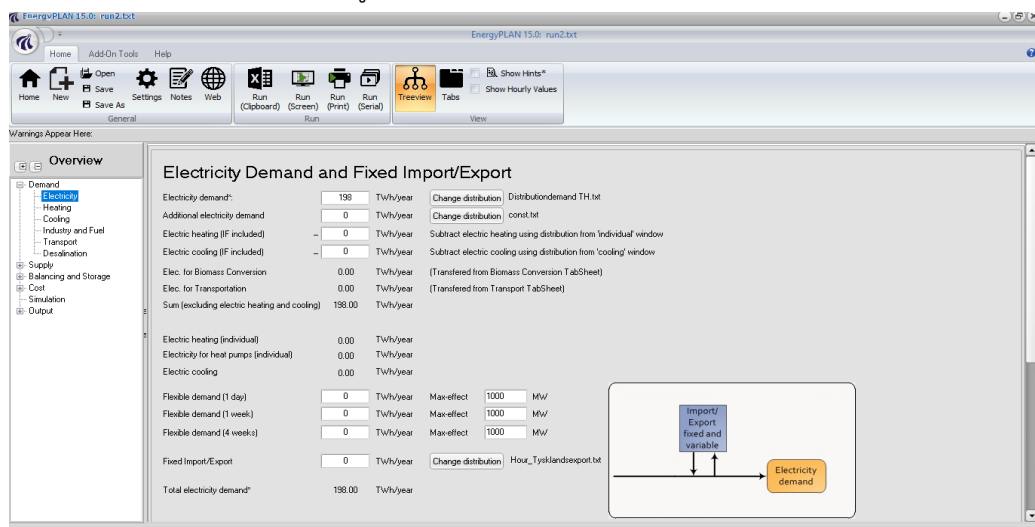
$$\text{Time Period}(\text{hrs}) = \frac{E}{\text{Charger}(\text{kW})}$$

$$\text{Time Period}(\text{hrs}) = \frac{34.45}{6.6} = 5.21969 \text{ hrs}$$



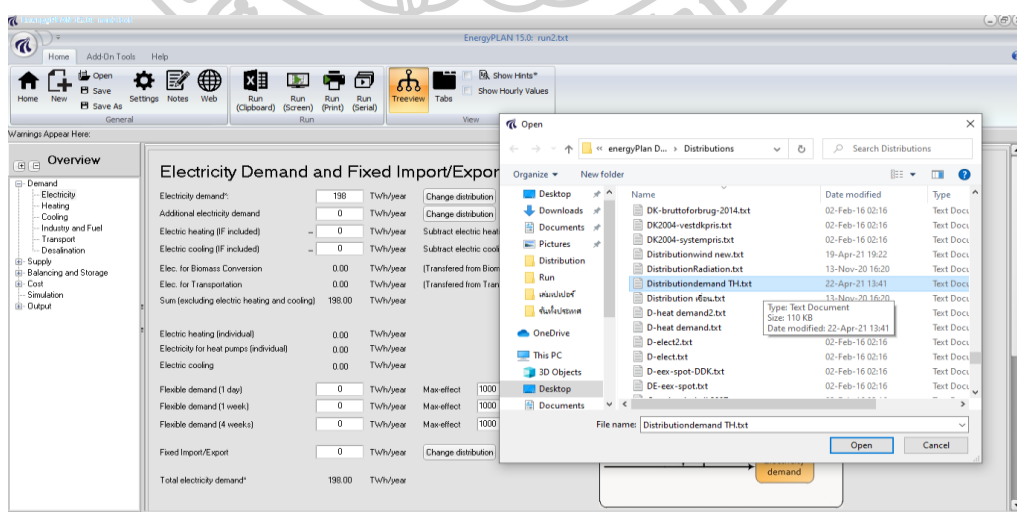
ขั้นตอนที่ 1 การป้อนปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า

ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการทางด้านพลังงานทั้งหมด โดยเลือกที่แท็บ Demand เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาทางด้านพลังงานไฟฟ้า จึงเลือกป้อนข้อมูลที่แท็บ Electricity จากนั้นจึงใส่เพียงข้อมูลปริมาณความต้องการไฟฟ้าโดยมีค่าเท่ากับ 198 TWh/year ที่ช่อง Electricity demand และเพิ่มไฟล์ notepad ของการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี ของปี พ.ศ. 2562 ในตัวเลือก Change distribution ในรูปที่ 1



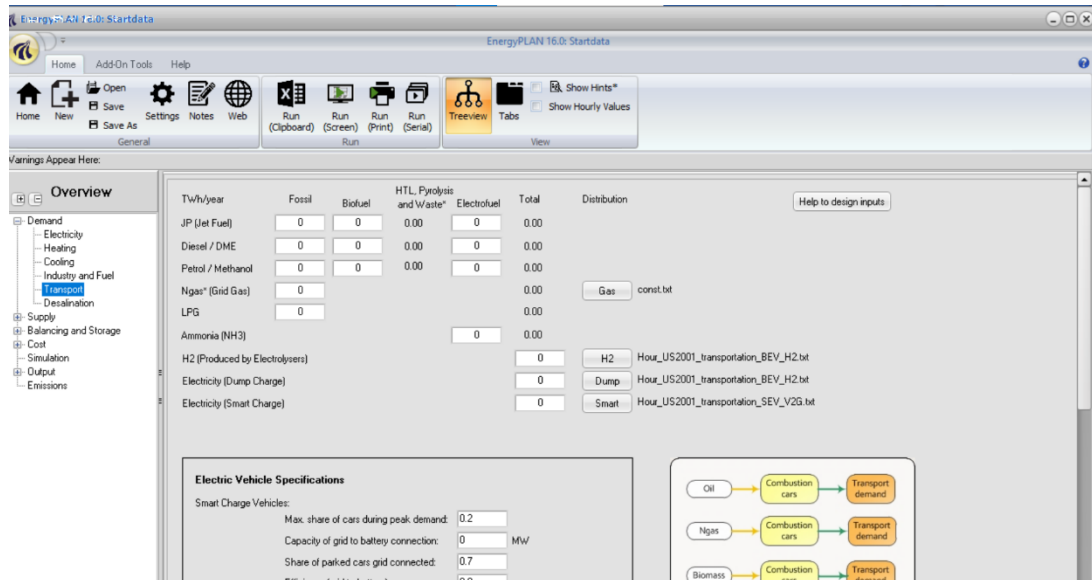
รูปที่ 1 การป้อนข้อมูลปริมาณความต้องการไฟฟ้า

หลังจากที่เลือก Change distribution แล้ว จะขึ้นหน้าต่างของไฟล์ notepad ต่าง ๆ โดยเลือกที่ไฟล์ “Distributiondemand TH” ในรูปที่ 2



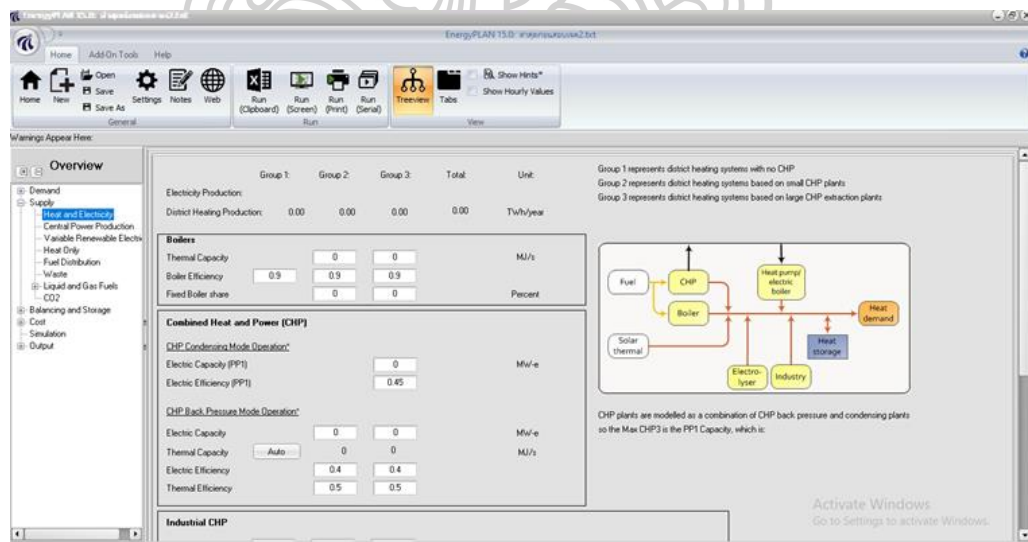
รูปที่ 2 การเลือกไฟล์ notepad เพื่อใช้เป็น Distribution สำหรับโปรแกรม EnergyPLAN

เมื่อป้อนข้อมูลแท็บ Electricity เสร็จ ให้ไปกดแท็บ Transport เพื่อกรอกข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าจากรถยนต์ไฟฟ้า โดยกรอกกล่อง Electricity (Dump Charge) พร้อมกับอัปโหลดไฟล์ Distribution ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ป้อนข้อมูลปริมาณความต้องการไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าความร้อนและไฟฟ้า



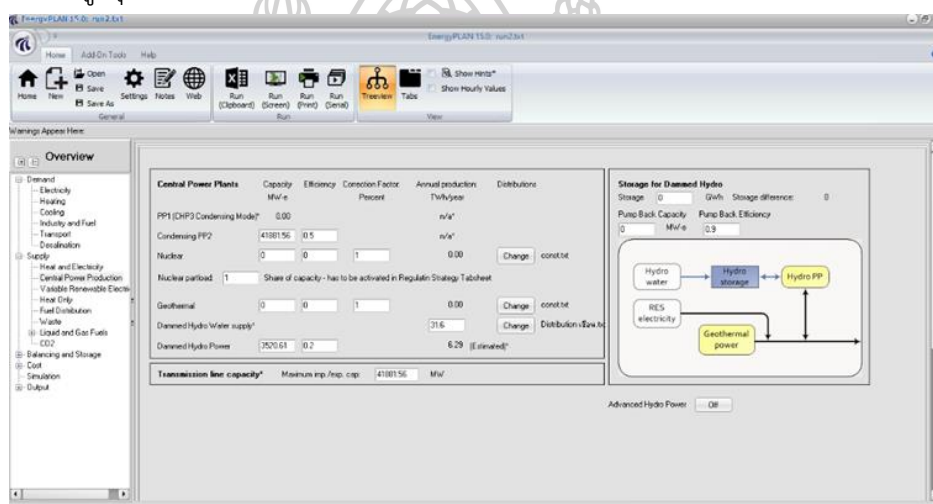
รูปที่ 4 การกำหนดค่าความร้อนและไฟฟ้า

จากรูปที่ 4 กดแท็บ Supply จากนั้นเลือกที่แท็บ Heat and Electricity (ความร้อนและไฟฟ้า) ในขั้นตอนนี้จะกำหนดค่าเท่ากับ 0 ทุกช่อง เนื่องจากพลังงานที่ผลิตได้จากตัวเลือกนี้มีทั้ง

พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนร่วมกัน และประเทศไทยยังไม่มีระบบพลังงานความร้อนที่ส่งไปยังเขตต่าง ๆ โดยรายละเอียดของช่องที่ใส่ค่าเท่ากับ 0 มีดังนี้

- Boiler
Thermal capacity group 2, 3 = 0
- Combine Heat and Power
CHP Condensing Mode Operation > Electric Capacity (PP1) group 3 = 0
CHP Back Pressure Mode Operation > Electricity Capacity group 2, 3 = 0

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่ากำลังการผลิตติดตั้ง ค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ค่านำเข้า/ส่งออกสูงสุด ค่ากำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ



รูปที่ 5 การป้อนกำลังการผลิต ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ปริมาณการนำเข้า/ส่งออกสูงสุด และกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

จากรูปที่ 5 ในขั้นตอนนี้จะกำหนดค่ากำลังการผลิตและค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในแท็บ Central Power Production โดยนำค่ากำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิง ชีวมวลรวมด้วย เนื่องจากโปรแกรมออกแบบมาให้ นำค่ากำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิง ชีวมวลรวมกับค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดต่าง ๆ มีดังนี้

- โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตเท่ากับ 5,569.06 MW
- โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตเท่ากับ 348.40 MW
- โรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตเท่ากับ 32,321.23 MW
- โรงไฟฟ้าที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตเท่ากับ 3,642.87 MW

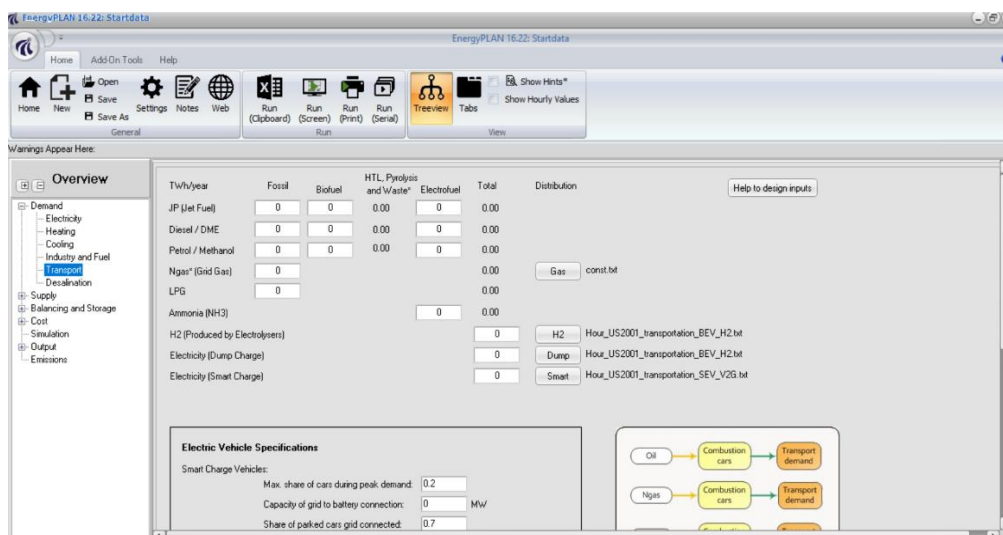
เมื่อนำกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 ชนิดมารวมกันมีค่าเท่ากับ 41,881.56 MW ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกป้อนในช่อง Condensing PP2 Capacity MW-e เท่ากับ 41,881.56 MW เนื่องจากไม่สามารถหาค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่แน่นอนได้เราจึงทำการทดลองใส่ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 0.38 ไปจนถึง 0.50 และจากผลการทดลองพบว่าที่ ค่าประสิทธิภาพ 0.5 ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด โดยเราจะนำค่าประสิทธิภาพใส่ในช่อง Condensing PP2 Efficiency เท่ากับ 0.5 อ้างอิงจากกำลังการผลิตส่วนใหญ่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าประมาณร้อยละ 50 [49]

กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (เขื่อน) ได้จากการนำค่ากำลังการผลิตของเขื่อนในประเทศไทยทั้งหมด 26 เขื่อน มีกำลังการผลิตเท่ากับ 3,520.61 MW โดยเราจะนำค่ากำลังการผลิตรวมของเขื่อนทั้งหมด 26 เขื่อน ใส่ในช่อง Dammed Hydro Power Capacity MW-e และค่าประสิทธิภาพได้จากการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้ โดยค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้สามารถแบ่งได้เป็น 2 หัวข้อ คือ

1. ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้โดยคิดจากค่า distribution หรือค่า Estimated จะมีค่าเท่ากับค่ากำลังการผลิตรายปีที่เกิดขึ้นจริงของเขื่อนทั้งหมด 26 เขื่อน มีค่าเท่ากับ 6.29 TWh/year

2. ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้โดยคิดจากค่ากำลังการผลิตโดยกำหนดให้โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำทำงาน 24 ชั่วโมงตลอดทั้งปี หรือค่า Annual production (TWh/year) เป็นการนำค่ากำลังการผลิตรวมทั้งหมด 26 เขื่อนคูณจำนวนชั่วโมงตลอดระยะเวลา 1 ปี พลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำจึงมีค่าเท่ากับ 31.6 TWh/year ซึ่งเราจะนำค่า 31.6 TWh/year ใส่ในช่อง Dammed Hydro Water supply และทำการเลือก Distribution profile ที่ได้มาจากกำลังการผลิตของเขื่อนศรีนครินทร์ตลอดระยะเวลา 1 ปี โดย Distribution อยู่ในรูปแบบไฟล์ notepad เมื่อทำการกำหนดค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้ทั้ง 2 ค่า แล้วพบว่าค่าประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่ทำให้ค่า Estimated มีค่าเท่ากับ 6.29 มีค่าเท่ากับ 0.2 ปริมาณการนำเข้า/ส่งออกไฟฟ้าสูงสุด อ้างอิงมาจากปริมาณกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าฟอสซิลรวมกันเท่ากับ 41,881.56 MW

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดค่าการขนส่ง ข้อมูลเชื้อเพลิงของรถยนต์เครื่องสันดาปและข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้า



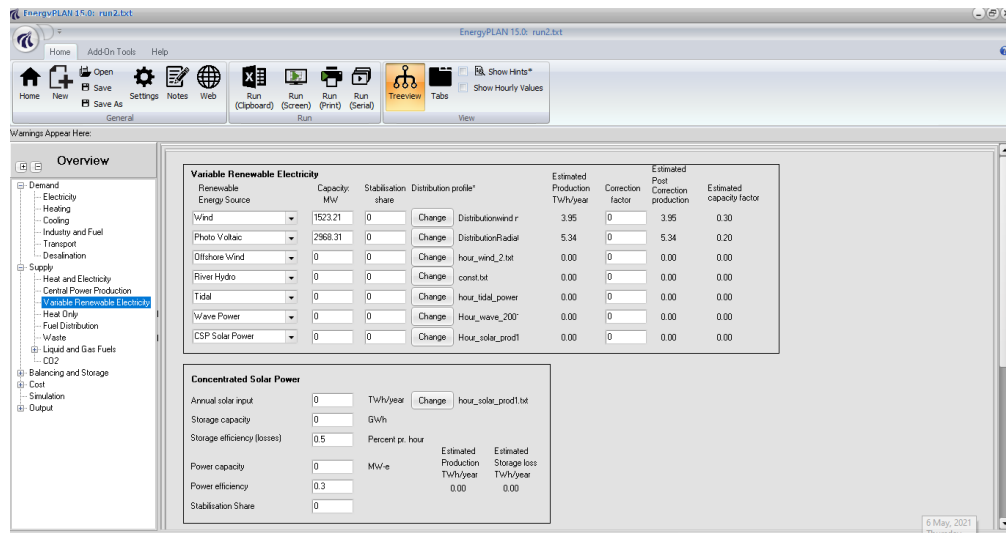
รูปที่ 6 การป้อนข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 6 จะใส่ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเป็นค่า Distribution 8,784 ค่า เป็นไฟล์ Notepad แล้วใส่ค่าในโปรแกรมให้หัวข้อ Demand หัวข้อย่อย Transport: Electricity (Dump Charge)

ขั้นตอนที่ 5 การป้อนกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

ในขั้นตอนนี้จะใส่ค่ากำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนที่เก็บ Variable Renewable Electricity ดังรูปที่ 7 โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนในประเทศไทยที่สอดคล้องกับโปรแกรมมี 2 ประเภท คือ โรงไฟฟ้าพลังงานลมและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยโรงไฟฟ้าพลังงานลมมีค่ากำลังการผลิตเท่ากับ 1,523.21 MW และโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ากำลังการผลิตเท่ากับ 2,968.31 MW ซึ่งเราจะใส่ค่ากำลังการผลิตในช่อง Capacity MW

ในส่วนของ Distribution ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมจะใช้ข้อมูลความเร็วลมของ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากมีกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานลมมากที่สุดในประเทศไทย และโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เนื่องจากมีค่าความเข้มแสงสูงและมีเสถียรภาพสูงสุดโดยจะใช้ Distribution ในรูปแบบไฟล์ notepad



รูปที่ 7 การป้อนกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน

ขั้นตอนที่ 6 การป้อนสัดส่วนกำลังการผลิตจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

จากตารางที่ 24 ในขั้นตอนนี้จะใส่ค่าสัดส่วนเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวลที่เทียบ Fuel Distribution ซึ่งขั้นตอนนี้จะสอดคล้องกับการป้อนข้อมูลที่ช่อง Condensing PP2 ในขั้นตอนที่ 3 โดยวิธีการคำนวณสัดส่วนของเชื้อเพลิงนั้นเป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

- นำกำลังการผลิตของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดรวมกัน จะได้

$$5,569.06 + 348.40 + 32,321.23 + 3,642.87 = 41,881.56 \text{ MW}$$

- นำกำลังการผลิตของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดหารด้วยจำนวนกำลังการผลิตทั้งหมด จะได้สัดส่วนของแต่ละเชื้อเพลิง ดังนี้

- ถ่านหิน = $5,569.06 / 41,881.56 = 0.1330$ (คิดเป็นร้อยละ 13.30)
- น้ำมัน = $348.40 / 41,881.56 = 0.0083$ (คิดเป็นร้อยละ 0.83)
- ก๊าซธรรมชาติ = $32,321.23 / 41,881.56 = 0.7717$ (คิดเป็นร้อยละ 77.17)
- ชีวมวล = $3,642.87 / 41,881.56 = 0.0870$ (คิดเป็นร้อยละ 8.70)

ตารางที่ 24 ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าและสัดส่วนร้อยละของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

กำลังการผลิต	Coal	Oil	Natural Gas	Biomass	รวม
กำลังการผลิต (MW)	5,569.06	348.40	32,321.23	3,642.87	41,881.56

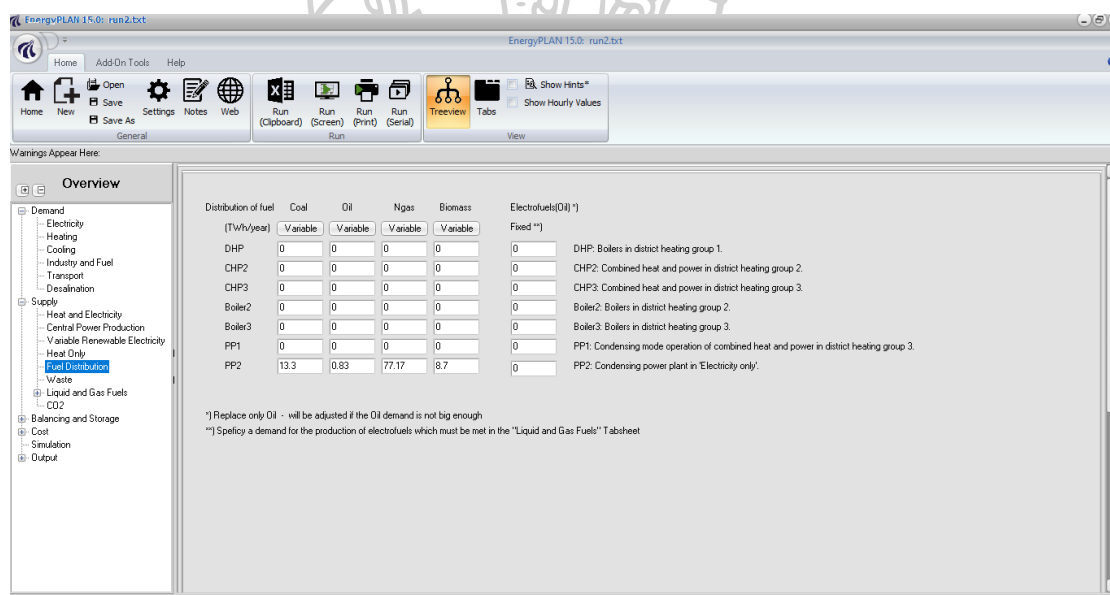
ที่มา: การหาปริมาณไฟฟ้าเหลือใช้ของประเทศไทยจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562 [49]

ตารางที่ 24 ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าและสัดส่วนร้อยละของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ (ต่อ)

กำลังการผลิต	Coal	Oil	Natural Gas	Biomass	รวม
พลังงานไฟฟ้าสุทธิ (TWh/year)	48.92	3.06	283.91	32.00	367.89
สัดส่วนกำลังการผลิต (%)	13.30	0.83	77.17	8.70	100

ที่มา: การหาปริมาณไฟฟ้าเหลือใช้ของประเทศไทยจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562 [49]

นำค่าสัดส่วนกำลังการผลิต มาใส่ในแถวของ PP2 เนื่องจากในโปรแกรมนิยามไว้ว่า PP2 คือ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว และกำหนดให้ตัวเลือกแถว บนสุดเป็น Variable ซึ่งเป็นตัวเลือกที่โปรแกรมจะเลือกคำนวณไปตามสัดส่วนที่ใส่จากกำลังการผลิต ทั้งหมด แต่หากเลือก Fixed โปรแกรมจะคำนวณออกมาเป็นจำนวนการใช้ของสัดส่วนที่ใส่ไป ดังรูปที่ 8



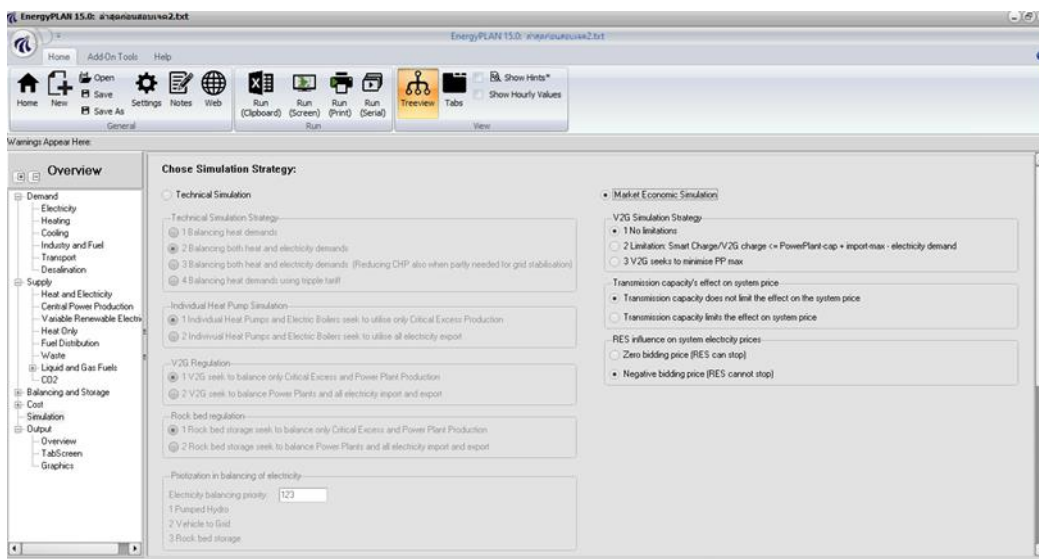
The screenshot shows the EnergyPLAN 15.0 software interface. The 'Overview' tab is active, displaying a table titled 'Distribution of fuel' with columns for Coal, Oil, Ngas, Biomass, and Electrofuels(Oil). The table lists several power plants (DHP, CHP2, CHP3, Boiler2, Boiler3, PP1, PP2) and their fuel distribution in TWh/year. The values for PP2 are 13.3 for Coal, 0.83 for Oil, 77.17 for Ngas, and 8.7 for Biomass. The 'Fixed' column is empty for all plants. Below the table, there are two footnotes: '*1 Replace only Oil - will be adjusted if the Oil demand is not big enough' and '*2 Specify a demand for the production of electrofuels which must be met in the "Liquid and Gas Fuels" Tabsheet'.

Distribution of fuel	Coal	Oil	Ngas	Biomass	Electrofuels(Oil) *1
(TWh/year)	Variable	Variable	Variable	Variable	Fixed **
DHP	0	0	0	0	0
CHP2	0	0	0	0	0
CHP3	0	0	0	0	0
Boiler2	0	0	0	0	0
Boiler3	0	0	0	0	0
PP1	0	0	0	0	0
PP2	13.3	0.83	77.17	8.7	0

รูปที่ 8 การป้อนสัดส่วนกำลังการผลิตของเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 7 การตั้งค่าการจำลองตามสถานการณ์

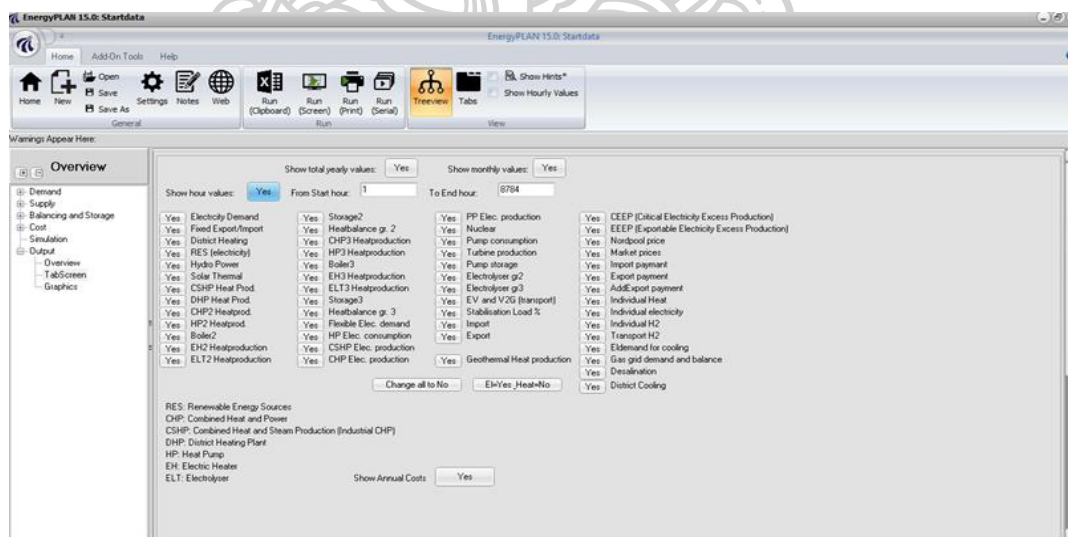
แท็บ Simulation ดังรูปที่ 9 จะมีการจำลองในสองรูปแบบคือ การจำลองทางเทคนิค และการจำลองทางเศรษฐศาสตร์ ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวเลือกการจำลองทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากต้องการหาปริมาณไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าทั้งหมดดังนั้นจึงเลือกที่ Market Economic Simulation



รูปที่ 9 ตัวเลือกการจำลองในโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 8 การตั้งค่าการแสดงผลของข้อมูล

จากรูปที่ 10 ขั้นตอนนี้เป็นการตั้งค่าให้โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดออกมาแบบละเอียด โดยกดที่แท็บ TabScreen ซึ่งจะมีตัวเลือกสองตัวเลือกคือ YES และ NO โดยกำหนดให้การแสดงผลในทุกหัวข้อเป็น YES เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ละเอียดและชัดเจน

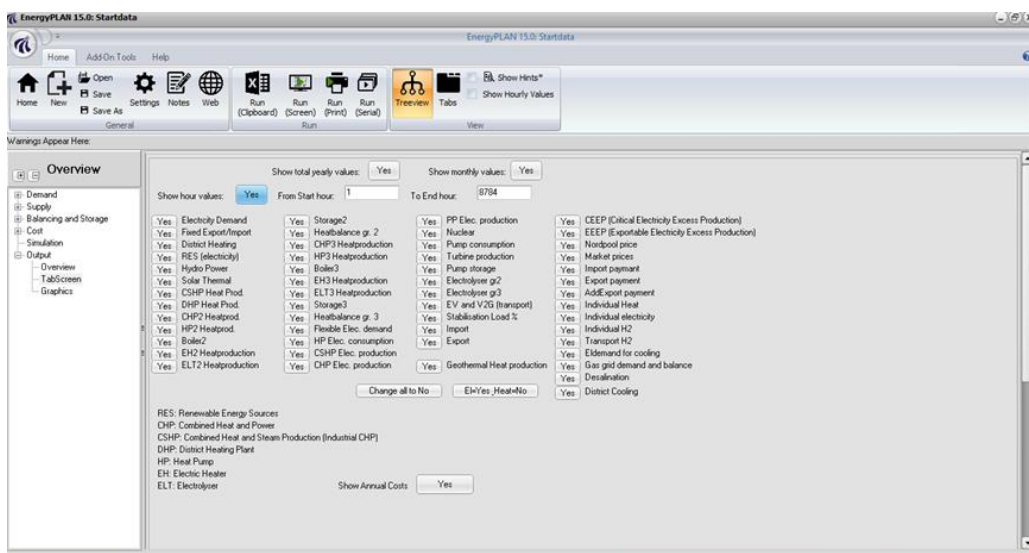


รูปที่ 10 การตั้งค่าการแสดงผลของข้อมูล

ขั้นตอนที่ 9 การแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรม

จากรูปที่ 11 โปรแกรมจะมีตัวเลือกในการแสดงผลการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ตัวเลือก ได้แก่ Run (Clipboard), Run (Screen) และ Run (Print) โดยเลือกใช้ Run (Clipboard) เนื่องจากเป็น

การแสดงผลละเอียดที่สุด ข้อมูลที่ได้จากการแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบของ Clipboard ซึ่งเราจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้ไปวางในไฟล์ Excel



รูปที่ 11 ตัวเลือกในการแสดงผลการวิเคราะห์





ภาคผนวก ข

ผลคำนวณของตัวแปรต่าง ๆ ตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน
กระจก (องค์การมหาชน)

1. ผลคำนวณของตัวแปรตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ผลคำนวณของตัวแปรในสมการที่ (15) ดังตารางที่ 25-26 และสมการที่ (16) ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 25 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{PJ,y}$)

ปี	ปริมาณใช้ไฟฟ้าสำหรับชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า (kWh/year)		
	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	1,704,919	1,921,978	3,867,589
2566	2,408,420	2,813,963	5,358,616
2567	3,323,318	3,988,865	7,268,336
2568	4,388,838	5,658,813	9,976,626
2569	5,668,542	7,957,495	13,694,328
2570	7,115,068	10,919,822	17,997,280
2571	8,738,273	14,493,757	22,808,440
2572	10,542,185	18,575,869	27,856,724
2573	12,593,043	23,138,313	33,528,240
2574	14,795,588	28,335,650	39,895,970
2575	17,349,779	33,905,047	46,661,869
2576	20,097,270	39,551,315	52,617,605
2577	22,980,490	45,317,447	58,657,106
2578	26,116,311	51,131,527	64,918,455
2579	29,657,190	56,804,669	71,022,987

ตารางที่ 26 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับการชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้าจากการดำเนินโครงการ ($EC_{RE,I,y}$)

ปี	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับการชาร์จรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า (kWh/year)		
	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	1,421,545	1,638,604	3,584,215
2566	2,000,311	2,405,854	4,950,507
2567	2,765,741	3,431,289	6,710,760
2568	3,613,499	4,883,474	9,201,288
2569	4,587,307	6,876,260	12,613,092
2570	5,750,775	9,555,530	16,632,987
2571	6,819,416	12,574,899	20,889,583
2572	7,950,180	15,983,864	25,264,719
2573	9,345,646	19,890,916	30,280,843
2574	10,521,857	24,061,919	35,622,239
2575	12,013,491	28,568,759	41,325,581
2576	13,281,165	32,735,210	45,801,500
2577	15,164,635	37,501,593	50,841,251
2578	16,824,604	41,839,820	55,626,749
2579	18,822,473	45,969,952	60,188,270

ตารางที่ 27 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริดสำหรับการดำเนินโครงการ ($FC_{PI,I,y}$)

ปี	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริด (L/year)		
	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2565	23,585,131	26,804,056	47,319,069
2566	30,899,815	36,078,549	59,751,506

ตารางที่ 27 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริดสำหรับการดำเนินโครงการ ($FC_{P,i,y}$)
(ต่อ)

ปี	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากรถยนต์ไฮบริด (L/year)		
	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน	สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน
2567	39,333,284	46,908,631	73,792,439
2568	47,994,187	60,482,445	91,301,869
2569	57,103,508	76,845,155	112,219,825
2570	66,042,818	95,151,867	132,715,378
2571	74,655,008	114,113,784	151,735,239
2572	83,923,049	135,087,127	176,685,610
2573	93,785,646	157,028,276	200,987,044
2574	102,986,264	178,739,087	220,986,419
2575	112,880,153	200,312,793	243,734,480
2576	122,709,845	220,513,180	261,953,119
2577	131,381,717	237,856,279	273,372,632
2578	139,112,881	252,190,144	282,227,948
2579	147,376,983	265,430,387	295,133,843

2. เปรียบเทียบการใช้รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อลดปริมาณปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปี	สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน		สถานการณ์ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน		สถานการณ์ประมาณการรถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน	
	จำนวนรถยนต์ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (MtCO ₂ eq)	จำนวนรถยนต์ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (MtCO ₂ eq)	จำนวนรถยนต์ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (MtCO ₂ eq)
2565	94,282	0.2851	106,645	0.3225	203,593	0.6157
2566	129,165	0.3905	150,874	0.4562	272,418	0.8239
2567	172,735	0.5222	206,826	0.6254	357,438	1.0810

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ต่อ)

ปี	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน		สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน		สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน	
	จำนวน รถยนต์ ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (MtCO ₂ eq)	จำนวน รถยนต์ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (MtCO ₂ eq)	จำนวน รถยนต์ไฟฟ้า (คัน)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (MtCO ₂ eq)
2568	221,547	0.6698	283,327	0.8567	474,014	1.4335
2569	278,021	0.8405	384,769	1.1634	628,854	1.9017
2570	339,599	1.0266	510,874	1.5447	801,889	2.4250
2571	406,338	1.2282	657,818	1.9889	988,880	2.9904
2572	480,003	1.4507	824,517	2.4929	1,193,393	3.6087
2573	562,631	1.7004	1,008,336	3.0486	1,416,950	4.2846
2574	649,056	1.9613	1,212,273	3.6650	1,655,833	5.0067
2575	747,989	2.2600	1,427,996	4.3170	1,912,145	5.7815
2576	853,057	2.5771	1,643,917	4.9695	2,134,763	6.4542
2577	960,582	2.9019	1,858,956	5.6194	2,348,777	7.1011
2578	1,074,699	3.2464	2,070,538	6.2588	2,565,689	7.7566
2579	1,202,782	3.6331	2,275,750	6.8788	2,784,275	8.4170

ตารางที่ 29 ปริมาณและมูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์

ปี	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน		สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน		สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน	
	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)
2565	228,048.30	4.56	257,966.26	5.16	492,575.61	9.85
2566	312,415.20	6.27	364,950.11	7.33	659,081.00	13.23
2567	417,794.68	14.82	500,293.53	17.75	864,768.70	30.68
2568	535,833.00	26.34	685,338.15	33.69	1,146,792.89	56.37

ตารางที่ 29 ปริมาณและมูลค่าซื้อขายคาร์บอนเครดิตของ 3 สถานการณ์ (ต่อ)

ปี	สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 1.2 ล้านคัน		สถานการณ์ส่งเสริม รถยนต์ไฟฟ้า 2.3 ล้านคัน		สถานการณ์ประมาณการ รถยนต์ไฟฟ้า 2.8 ล้านคัน	
	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)	ปริมาณซื้อ ขายคาร์บอน เครดิต (tCO ₂ eq)	มูลค่าการ ซื้อขาย คาร์บอน เครดิต (ล้านบาท)
2569	672,378.76	52.10	930,704.70	72.11	1,521,380.10	117.88
2570	821,284.90	94.23	1,235,763.66	141.79	1,940,008.78	222.59
2571	982,574.76	172.32	1,591,146.50	279.05	2,392,304.47	419.55
2572	1,160,579.10	272.02	1,994,289.51	467.42	2,886,954.19	676.64
2573	1,360,280.48	410.74	2,438,869.18	736.43	3,427,699.63	1,035.01
2574	1,569,026.03	572.44	2,931,989.23	1,069.71	4,005,388.05	1,461.33
2575	1,808,026.36	768.83	3,453,616.86	1,468.59	4,625,239.96	1,966.80
2576	2,061,710.70	958.63	3,975,561.20	1,848.51	5,163,390.13	2,400.81
2577	2,321,527.82	1,149.32	4,495,558.08	2,225.62	5,680,905.56	2,812.45
2578	2,597,111.97	1,336.60	5,007,003.82	2,576.85	6,205,250.27	3,193.53
2579	2,906,467.16	1,534.81	5,503,008.25	2,905.96	6,733,618.68	3,555.80

รายการอ้างอิง

1. บริษัท เนชั่นแนล เพาเวอร์ ซัพพลาย จำกัด (มหาชน). พลังงานไฟฟ้า (*Electrical Energy*) ความสำคัญของพลังงานไฟฟ้า NPS. สืบค้นจาก <https://www.npsplc.com/th/updates/blog/606/>.
2. กัญญ์ภรณ์ บุตรดี. เปิดเหตุผลแนวโน้มยอดใช้ไฟปี 65 สวนกระแสค่าไฟแพง. 2565; สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/business/1007966#google_vignette.
3. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ภาพรวมพลังงานไทย. สืบค้นจาก <https://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/20450-situation-info-jan>.
4. ทีดีอาร์ไอชวนอ่าน. นโยบาย 30@30 เคลื่อนอย่างไร กระทบไทยน้อยที่สุด. สืบค้นจาก <https://tdri.or.th/2022/08/3030-zev-policy/>.
5. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 (*Energy Efficiency Plan; EEP 2015*) มติการประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ครั้งที่ 1/2563 (ครั้งที่ 150). 2563; สืบค้นจาก <https://www.eppo.go.th/index.php/th/Component/k2/item//15744-nepc-prayut19-03-63#s7>.
6. ภูริ สิริสุนทร และ คณพศ ภูวบริรักษ์. โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินมาตรการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ต่อการยอมรับของผู้บริโภคและประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคขนส่ง. สืบค้นจาก <https://researchcafe.tsri.or.th/internal-combustion-engine/>.
7. Department of Development and Planning. *EnergyPLAN - Advanced energy system analysis computer model*. 2021; Retrieved from <https://www.energyplan.eu/>.
8. Planning, D.o.D.a. *EnergyPLAN Documentation V16.3*. Retrieved from <https://www.energyplan.eu/training/documentation/>
9. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. 2563.
10. การไฟฟ้านครหลวง. รายงานแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://www.eppo.go.th/index.php/th/>.
11. Canalyst. 5 ปัจจัยที่มีผลต่อเทรนด์รถยนต์ไฟฟ้า (รถ EV) และ 5 โอกาสในการลงทุน. สืบค้นจาก <https://www.peerpower.co.th/blog/ev-and-investment>.

12. ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา. รถยนต์ไฟฟ้า (*Electric Vehicle : EV*). สืบค้นจาก <https://sciplanet.org/content/8804>.
13. NISSAN. รูปแบบและประเภทการชาร์จรถยนต์พลังงานไฟฟ้า. สืบค้นจาก <https://www.nissan.co.th/experience-nissan/Nissan-EV/EV-charger-type.html>.
14. กษมา ศิริสมบูรณ์, วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2560: p. 12-14.
15. Tinakorn, P. and C. Sussangkarn, *Analysis and forcast of registered motor vehicles and of car ownership in Thailand*. Ministry of Transport and Communications, 1996.
16. Yamane, T., *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd Edition ed. 1973, New York: Harper and Row.
17. สุรพงษ์ คงสัตย์ และ ชีรชาติ ธรรมวงศ์. การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. สืบค้นจาก <https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329>.
18. Techapinant, P., *The Estimation of Electric Energy Consumption For EVs According to EEP, in Thailand*. *International Conference on Engineering and Industrial Technology*. 2023.
19. Leenoi, P. วิจัยคาร์บอนเครดิต กลไกพิชิตเป้าหมายความยั่งยืน ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน). 2566; สืบค้นจาก <http://www.krungsri.com/th/reserch/reserch-intelligence/carbon-credit-2023>.
20. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.), *T VER S-METH-04-01 Version 02: ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการเปลี่ยนยานพาหนะเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นยานพาหนะไฮบริด/ยานพาหนะไฟฟ้า*. 2566: หน้า 5-11.
21. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.), *ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. 2565: หน้า 78.
22. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.), *ค่าความร้อนสุทธิ โครงการติดตามประเมิน (Tracking) การใช้พลังงานที่ลดลงจากมาตรการภาคขนส่งด้วยการพัฒนารถไฟฟ้าขนส่งมวลชน, สนข. LESS-TM-01 Version 02*. 2565: หน้า 5.
23. IPCC Guidelines for National GHG Inventories, *Effective CO2 emission factor*. Table 1.4. 2006: p. 123-124.
24. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.), *คู่มือการคำนวณปริมาณการ*

- ลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับโครงการภาคพลังงานและของเสีย. 2561.
25. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.), ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/ใช้ไฟฟ้า (*Emission Factor*) สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก. *T-VER-TOOL-ENERGY-01* ฉบับล่าสุด. 2566: หน้า 2.
 26. Lund, H., et al., *EnergyPLAN – Advanced analysis of smart energy systems*. Smart Energy, 2021.
 27. Hrnčić, B., et al., *Different investment dynamics in energy transition towards a 100% renewable energy system*. Energy, 2021(237): p. 121526.
 28. Bamisile, O., et al., *An approach for sustainable energy planning towards 100 % electrification of Nigeria by 2030*. Energy, 2020(197): p. 117172.
 29. Yuan, M., et al., *The first feasible step towards clean heating transition in urban agglomeration: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region*. Energy Conversion and Management, 2020(223).
 30. Alves, M., R.Segurado, and M.Costa, *On the road to 100% renewable energy systems in isolated islands*. Energy, 2020(198).
 31. Liu L., et al., *Multiple energy complementation based on distributed energy systems – Case study of Chongming county*. Applied Energy, 2016.
 32. Pupo-Roncillo, D. O. Ingham, and M. Pourkashanian, *Techno-economic benefits of grid-scale energy storage in future energy systems*. Energy, 2020.
 33. Zhao, G., et al., *Energy modelling towards low carbon development of Beijing in 2030*. Energy, 2017(121): p. 107-113.
 34. Okonkwo, E.C., et al., *Grid integration of renewable energy in Qatar: Potentials and limitations*. Energy, 2021(235).
 35. Herc, L., A. Pfeifer and N. Duić, *Optimization of the possible pathways for gradual energy system decarbonization*. Renewable Energy, 2022(193): p. 617-633.
 36. Bellocchi, S., et al., *On the role of electric vehicles towards low-carbon systems: Italy and Germany in comparison*. Applied Energy, 2019(255): p. 113848.
 37. Gambini, M., et al., *Positive interactions between electric vehicles and renewable energy sources in CO₂-reduced energy scenarios: The Italian case*. Energy, 2018(161): p. 172-182.

38. Abo-Khalil, A.G., et al., *Electric vehicle impact on energy industry, policy, technical barriers, and power systems*. International Journal of Thermofluids, 2022(13): p. 100134.
39. Rietmann, N., B. Hügler, and T. Lieven, *Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO2 emissions*. Journal of Cleaner Production, 2020(261): p. 121038.
40. Nunes, P. and M.C. Brito, *Displacing natural gas with electric vehicles for grid stabilization*. Energy, 2017(141): p. 87-96.
41. Farias, T., P. Nunes, and M.C. Brito, *Enabling solar electricity with electric vehicles smart charging*. 2015(87): p. 10-20.
42. Xing, Y., et al., *Multi-type electric vehicle load prediction based on Monte Carlo simulation*. Energy Reports, 2022(8): p. 966-972.
43. Nogueira, T., E. Sousa, and G.R. Alves, *Electric vehicles growth until 2030: Impact on the distribution network power*. Energy Reports, 2022(8): p. 145-152.
44. Saisirirat, P., et al., *Scenario Analysis of Electric Vehicle Technology Penetration in Thailand: Comparisons of Required Electricity with Power Development Plan and Projections of Fossil Fuel and Greenhouse Gas Reduction*. Energy Procedia, 2013(34): p. 459-470.
45. กองบริหารสื่อองค์กร ฝ่ายสื่อสารและประชาสัมพันธ์องค์กร กฟผ. กำลังผลิตตามสัญญาของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). 2565; สืบค้นจาก <https://www.egat.co.th/home/statistics-all-latest/>.
46. สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. โครงสร้างกิจการไฟฟ้าและแผนการจัดการไฟฟ้าของประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://www.erc.or.th/th/power-statistics-electricity>
47. กองบริหารสื่อองค์กร ฝ่ายสื่อสารและประชาสัมพันธ์องค์กร กฟผ. สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบของ กฟผ. 2565; สืบค้นจาก <https://www.egat.co.th/home/statistics-fuel-usage/>.
48. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). สืบค้นจาก <https://www.egat.co.th/home/powerplants-and-dams/>
49. สิรินาท วงศ์แสวงกิจ และ สุธาสินี พึ่งเทียน, การหาปริมาณไฟฟ้าเหลือใช้ของประเทศไทยจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2562: หน้า 33-46.

50. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า. สืบค้นจาก <http://peaoc.pea.co.th/loadprofile>.
51. Fomichenko. D, *Wiki how to calculate growth rate*. สืบค้นจาก <https://www.wikihow.com/Calculate-Growth-Rate>
52. กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. ข้อมูลด้านทะเบียนรถ. สืบค้นจาก <https://web.dlt.go.th/statistics/>.
53. กฤษฎา อนันตกาลต์, พฤติกรรมการขับขี้อยนต์ในกรุงเทพมหานครด้วยระบบบันทึกข้อมูล GPS กรณีศึกษาการใช้เชื้อเพลิงเบนซิน ดีเซล LPG และ CNG. คณวศิวิศวกรรมศาสตรมหาวิทาลัยธรรมศาสตร์, 2559: หน้า 38.
54. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). “เลขไมล์” หรือ “Car Mileage” PTT Blue Plus Society. 2023.
55. Sogaard, I., and Carlson, *Electric cars for grids services A system perspective study of V2G in a future energy system of Sweden and a local perspective study of a commercial car fleet*. 2022: p. 27.
56. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). คำชี้แจงเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า TOU. Available from: สืบค้นจาก <https://www.pea.co.th/ข่าวสารประกาศ/ข่าวประชาสัมพันธ์/ArtMID/542/ArticleID/119801/คำชี้แจงเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า-TOU>.
57. Energynews, M.o. *Handbook for Development and Investment in Renewable Energy Production 3rd Set “Water Energy”*. 2022; Retrieved from <https://energy.go.th>.
58. Energynews. *Wind energy in Thailand is still good enough, Suggest studying the potential at a height of more than 100 met*. 2019; Retrieved from <https://www.energynewscenter.com>.
59. Thailand, E.G.A.o. *Thailand's solar energy potential*. 2022; Retrieved from <https://www.egat.co.th>.
60. Pongsawat, S. *Fossil fuel situation and renewable energy potential in Thailand*. 2011; Retrieved from <https://so01.tci-thaijo.org>.
61. สำนักงานที่ปรึกษาด้านอุตสาหกรรมในต่างประเทศ ประจำกรุงเวียนนา. ข้อเสนอมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เข้มงวดขึ้นสำหรับรถยนต์ขนาดเล็กและรถเพื่อการพาณิชย์ขนาดเล็ก. สืบค้นจาก <https://thaiindustrialoffice.wordpress.com/2022/01/28/ข้อเสนอมาตรฐานการปล่อย>.
62. Chiarawipa, R., et al., *Investigating Drivers Impacting Carbon Stock and Carbon*

Offset in a Large-scale Rubber Plantation in the Middle South of Thailand.
Tropical Life Sciences Research, 2023: p. 9-10.

63. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ราคาคาร์บอนเครดิตตลาดคาร์บอน. สืบค้นจาก <https://carbonmarket.tgo.or.th/?lang=en>.
64. กองบรรณาธิการ Green news. “โต 5 เท่า” ยอดซื้อขายคาร์บอนเครดิตไทย (T-VER) 2 เดือนแรกปี 66. สืบค้นจาก <http://greennews.agency/?p=33483>.
65. Sexton. J. *Weighted Average Calculator, Inchcalculator*. Retrieved from <https://www.inchcalculator.com/weighted-average-calculator/>.





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ภัทรพร เตชาภินันท์
วัน เดือน ปี เกิด	2 ธันวาคม 2540
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2562 สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาธุรกิจวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2563 ศึกษาต่อระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	17/30 หมู่ 2 ซอยจอมทอง 1 ถนนจอมทอง แขวงจอมทอง เขตจอมทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10150

