รูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

กฤษฎิ์พิชชา หทัยสุวรรณ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

รูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

กฤษฎิ์พิชชา หทัยสุวรรณ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน"
ของ กฤษฎิ์พิชชา หทัยสุวรรณ
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง รูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

ผู้วิจัย กฤษฎ์พิชชา หทัยสุวรรณ

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาร์ ธนารักษ์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ ยานยนต์ไฟฟ้า, การขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า, แบตเตอรี่, อายุการใช้งานที่สอง, ธุรกิจการบริการพลังงาน, หลังมิเตอร์

บทคัดย่อ

ปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้นอาจส่งผลต่อการบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วอย่างถูกวิธี ซึ่งแบตเตอรี่เหล่านี้ยังสามารถกักเก็บพลังงานไว้ได้เพียงพอเหมาะสมสำหรับการใช้งานอื่นๆ และสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ออกไปได้ งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนเพื่อเป็นระบบกักเก็บไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านขนาด 5 กิโลวัตต์ และแบตเตอรี่ขนาด 10 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยวิเคราะห์หาต้นทุนของระบบต่อหน่วย (Levelized Cost: LCOE) ที่เหมาะสมเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน พบว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 60 - 80% เมื่อเทียบกับของใหม่ อายุใช้งาน 5 ปี จะกำหนดราคารูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS) ได้ไม่เกิน 20,000 บาท ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตระยะเวลา 10 ปี ประมาณ 304,850 บาท ซึ่งประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วมีผลต่อการกำหนดราคาการดำเนินธุรกิจการบริการ ดังนั้น ควรมีข้อกำหนดหรือวิธีการในการตรวจสอบแบตเตอรี่ใช้แล้วก่อนนำไปใช้งานต่อจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดด้านการตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่ก่อนนำมา ใช้กับครัวเรือน ซึ่งเป็นการยากที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วยังปลอดภัย ดังนั้น ข้อกำหนด หรือวิธีการในการตรวจสอบแบตเตอรี่ใช้แล้วก่อนนำไปใช้งานต่อจึงมีความจำเป็นเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายในการนำไปใช้งานต่อไปในอนาคต ซึ่งรูปแบบการดูแลรักษาพร้อมให้คำแนะนำและการรับประกันผลการผลิตไฟฟ้า รวมถึงความปลอดภัยหลังการติดตั้ง แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนจะเป็นทางเลือกในการดำเนินธุรกิจ Energy-as-a-service (EaaS)

Title	BUSINESS MODEL FOR SECOND-LIFE BATTERY ELECTRIC VEHICLES IN HOUSEHOLD USE
Author	KRITPHITCHA HATAISUWAN
Advisor	Assistant Professor Dr. Prapita Thanarak
Academic Paper	M.S. Thesis in Smart Grid Technology, Naresuan University, 2021
Keywords	Electric Vehicles, e-Mobility, Battery Energy Storage, Second Life Battery, Energy-as-a-Service, Behind-the-Meter

ABSTRACT

The growing popularity of electric vehicles may affect the proper management of used batteries. These batteries can also store enough energy for other applications. Furthermore, it can extend the lifespan of the battery. This research presents a business model for Second Life Battery Electric Vehicle in Household use. The system was designed with a 5 kWp Solar Rooftop and a Second Life Battery of 10 kWh. This research analyzed the appropriate Levelized Cost (LCOE) system cost compared with the current tariff. It was found that batteries with a residual energy capacity of at least 60-80% compared to new ones with a service life of 5 years. To determine the price, business model, Energy-as-a-service (EaaS) cannot exceed 20,000 baht. The total cost of the 10-year life cycle is about 304,850 baht, which the efficiency of the used battery affects the pricing of the service business. Requirements or methods for verifying used batteries before continuing to use are essential. However, there are currently limitations in checking the battery status before bringing it in. household use. It is challenging to ensure that a used battery remains safe. Therefore, requirements or procedures to inspect a used battery before further use are necessary to reduce the risk of harm in the environment for further use in the future. The form of maintenance is ready to give advice and guarantee the electricity production results, including safety guarantee after

installing the battery in Household will be a business choice. Energy-as-a-service (EaaS)

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิธาร์ ธนารักษ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ประธานกรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ เกตุจ้อย และ ดร.ยอดธง เม่นสิน ผู้รับผิดชอบหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี สำหรับการวางแผนการเรียนตลอดหลักสูตรและติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิด

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนและผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

กฤษฎ์พิชชา หทัยสุวรรณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา 5

ขอบเขตของงานวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

สถานการณ์รถยนต์ไฟฟ้า 6

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า 6

การจัดการแบตเตอรี่ 8

1.1 การ Reuse แบตเตอรี่สำหรับใช้ใน xEV 9

1.2 การ Recycle แบตเตอรี่สำหรับใช้ใน xEV 10

การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment หรือ WEEE) 10

แนวทางการกำกับดูแล กฎระเบียบต่างๆ ของ Solar Rooftop ในประเทศไทย 14

Business Model Canvas 15
Five Forces Model.....18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....25
การทบทวนเอกสาร 25
การวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัด 25
การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของธุรกิจ 26
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....35
โอกาสและข้อจำกัดของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน.....35
แนวทางการดำเนินธุรกิจการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน 36
บทที่ 5 บทสรุป.....41
สรุปผลการวิจัย.....41
อภิปรายผล 41
ข้อเสนอแนะ.....42
บรรณานุกรม.....43
ภาคผนวก.....46
ประวัติผู้วิจัย.....54

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงข้อกำหนดในการคำนวณ.....27

ตาราง 2 แสดงสมมุติฐานในการวิเคราะห์.....27

ตาราง 3 แสดงสมมุติฐานในการวิเคราะห์ราคา SLB.....28

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนต่อหน่วย 29

ตาราง 5 แสดงการวิเคราะห์ Five Forces สำหรับธุรกิจประเภทต่างๆ.....37

ตาราง 6 การวิเคราะห์ 4P สำหรับธุรกิจประเภทต่างๆ.....39

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพ 1 ห่วงโซ่อุปทานของการจัดการแบตเตอรี่ 3

ภาพ 2 ห่วงโซ่อุปทานของการ Recycle แบตเตอรี่.....4

ภาพ 3 วัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ 9

ภาพ 4 Business Model Canvas.....16

ภาพ 5 การลดลงของราคาแบตเตอรี่ 26

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

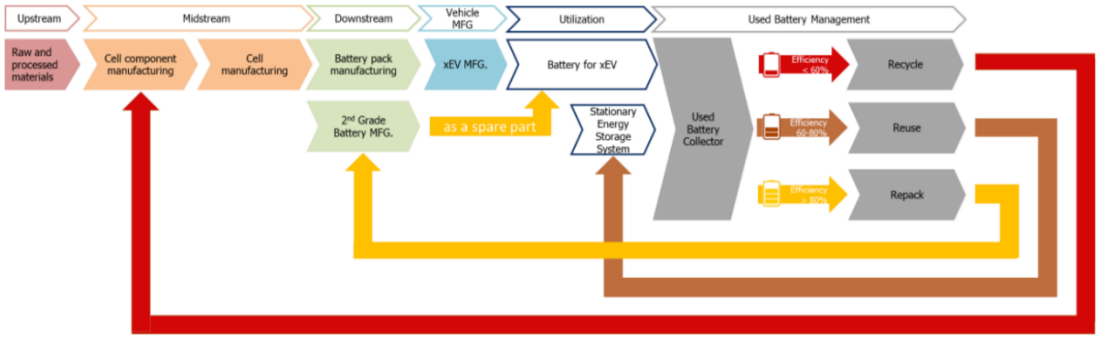
การนำเทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced technology) มาใช้งานในการผลิตไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีผลต่อการสร้างการลงทุนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าสองล้านล้านเหรียญสหรัฐในปี ค.ศ. 2025 โดยเฉพาะในภาคการขนส่งที่มีการปรับเปลี่ยนเป็นการใช้ไฟฟ้าจะต้องลดต้นทุนของแบตเตอรี่ซึ่งคิดเป็นครึ่งหนึ่งของราคายานยนต์ไฟฟ้า (McKinsey, 2021) [1] และ International Energy Agency (IEA) [2] คาดการณ์ใน Global EV Outlook 2021 ว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 5 ในปี 2563 เป็นการเพิ่มอย่างต่อเนื่องแม้โลกจะอยู่ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของ COVID-19 ซึ่งพลังงานทดแทนจะคิดเป็นสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าถึง 44% ในปี ค.ศ. 2040 ต้นทุนของพลังงานหมุนเวียนประเภทดังกล่าวยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องมากกว่า 60% ในช่วง 10-30 ปีข้างหน้า นั่นคือ พลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 0.05 USD/kWh หรือ 1.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี ค.ศ. 2030 และ 0.032 USD/kWh หรือ 0.96 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี ค.ศ. 2050 เช่นเดียวกับพลังงานลมที่โดยเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 0.04 USD/kWh หรือ 1.20 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี ค.ศ. 2030 และ 0.025 USD/kWh หรือ 0.75 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2050 (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 30 บาท/USD) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าดังกล่าวจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ทำให้เกิดการคาดการณ์ว่าปัจจัยด้านต้นทุนของพลังงานหมุนเวียนที่ลดลงอย่างมากนั้น ก็จะยังคงเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญต่อการเติบโตด้านการใช้งานพลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง อย่างไร ก็ตาม การเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลมในสัดส่วนสูงอย่างต่อเนื่องในระบบไฟฟ้ากำลัง ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าจากการปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) และมีความผันแปร (Variability) ค่อนข้างมาก เนื่องจากความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่สามารถคาดการณ์อย่างแน่นอนได้ เนื่องจากในสภาวะ การทำงานจริงมีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้และมีความไม่แน่นอนมากมายที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการแสงอาทิตย์ที่เพียงพอเพื่อการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้น การใช้ระบบกักเก็บพลังงานก็เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งจากข้อมูลของ

Bloomberg NEF (2020) พบว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010-2018 ต้นทุนของแบตเตอรี่ประเภท Li-ion มีมูลค่าลดลงจาก 1,200 USD/kWh หรือ 36,000 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เหลือ 200 USD/kWh หรือ 6,000 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 30 บาท/USD) หรือคิดเป็นเป็นสัดส่วนมูลค่าที่ลดลงกว่า 80% และยังคงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องอีกกว่า 65% ส่งผลให้ ณ ปี ค.ศ. 2030 ต้นทุนของแบตเตอรี่ประเภทดังกล่าวจะลดเหลือเพียง 62 USD/kWh หรือ 1,860 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 30 บาท/USD) จึงทำให้เกิดการคาดการณ์ว่าระบบกักเก็บพลังงานจากแบตเตอรี่ประเภท Li-ion จะเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่จะมีการเติบโตควบคู่ไปกับเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนที่กล่าวไปแล้วในข้างต้นด้วยนั่นเอง และจากข้อมูลของ Bloomberg NEF พบว่า ณ ปี ค.ศ. 2030 ต้นทุนของแบตเตอรี่ประเภท Li-ion จะลดลงจนอยู่ในระดับ 62 USD/kWh หรือ 1,860 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง จากในปัจจุบันที่อยู่ที่ 156 USD/kWh หรือ 4,680 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกับกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากโรงงานแบตเตอรี่จากปัจจุบัน 455 กิกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี ไปเป็น 2,272 กิกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี ในปี ค.ศ. 2029 ซึ่งต้นทุนของแบตเตอรี่ที่ลดลงอย่างมาก นอกจากจะส่งผลให้เกิดการใช้งานระบบกักเก็บพลังงานเพิ่มขึ้นจากในปัจจุบัน 30 กิกะวัตต์-ชั่วโมง ไปเป็น 745 กิกะวัตต์-ชั่วโมง และ 9,000 กิกะวัตต์-ชั่วโมง ในปี ค.ศ. 2030 และ ค.ศ. 2050 แล้วบริบทดังกล่าวก็ยังเป็นแรงหนุนให้มีการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 จะมีปริมาณของยานยนต์ไฟฟ้าสะสมกว่า 379 ล้านคัน และเพิ่มขึ้นเป็น 1,109 ล้านคันในปี ค.ศ. 2050 จากในปัจจุบันที่มีปริมาณเพียง 7.9 ล้านคัน ซึ่งยานยนต์ไฟฟ้าปริมาณดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้งานเป็นระบบกักเก็บพลังงานเพื่อสนับสนุนระบบโครงข่ายได้สูงถึง 14,145 กิกะวัตต์-ชั่วโมง

ดังนั้นแบตเตอรี่จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่มากขึ้นกว่าในอดีต เช่น แบตเตอรี่ที่ผลิตใหม่ แบตเตอรี่ที่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่สำหรับการใช้ในโครงข่ายไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับประเทศไทยอุตสาหกรรมยานยนต์มีการเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและเมื่อมีนโยบายส่งเสริมให้เกิดการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานแล้ว มีความจำเป็นต้องถูกบริหารจัดการอย่างถูกวิธี เพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ลดผลกระทบจากความเป็นพิษของวัสดุที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ และเพื่อรับมือปริมาณแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าปริมาณมากในอนาคต นอกจากนี้การนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) แบตเตอรี่เพื่อใช้งานใน Stationary Energy Storage แทนการใช้งานแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ถูกผลิตขึ้นมาใหม่สามารถลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่และเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ได้ร้อยละ

69 และ 68 ตามลำดับ (Richa, et al., 2017) การบริหารจัดการแบตเตอรี่จึงต้องถูกศึกษาเพื่อให้ภาครัฐ และเอกชน สามารถดำเนินการรับมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และอาจเกิดการสร้างธุรกิจใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยในอนาคตได้

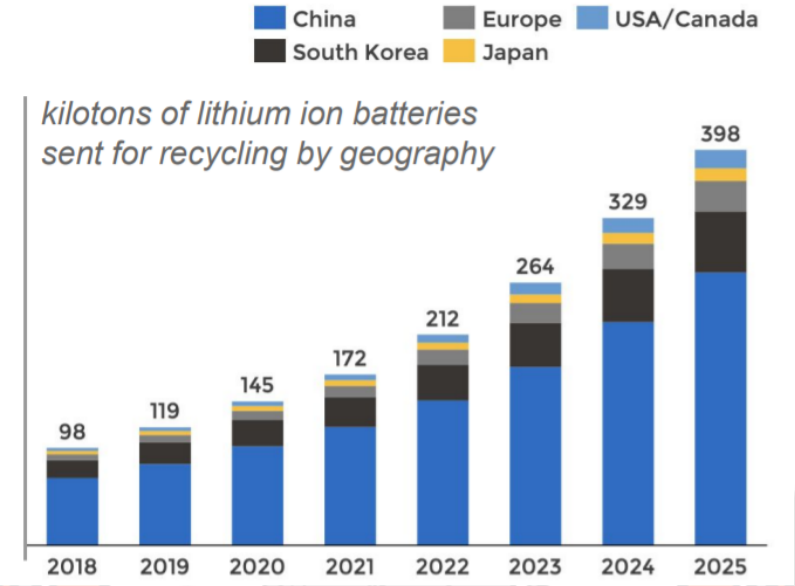
ในปัจจุบันผู้ประกอบการในประเทศไทยเริ่มสนใจลงทุนในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้นรวมถึงการลงทุนเพื่อผลิตแบตเตอรี่ในประเทศไทย ควบคู่ไปกับการลงทุนเพื่อผลิตรถยนต์ไฟฟ้าจากผู้ผลิตรถยนต์ในประเทศไทยซึ่งต้องใช้งานแบตเตอรี่จากผู้ผลิตแบตเตอรี่ที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน โดยผู้ผลิตรถยนต์ที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนนั้นมีแผนการดำเนินการบริหารจัดการแบตเตอรี่เพื่อจัดการบริหารแบตเตอรี่ใช้แล้วที่จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคตได้อย่างถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันรถไฟฟ้าที่ใช้งานในประเทศไทย ไม่ได้ถูกผลิตขึ้นจากผู้ผลิตรถยนต์ที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนเพียงเท่านั้น ยังมีผู้ผลิตรถไฟฟ้าตลาดเฉพาะ ที่ผลิตรถไฟฟ้าสำหรับใช้งานในประเทศไทยด้วย โดยผู้ผลิตเหล่านี้อาจจะยังไม่มีแผนการดำเนินการบริหารจัดการแบตเตอรี่ของตนเอง ดังนั้น นอกจากการบริหารจัดการแบตเตอรี่จากผู้ผลิตรถไฟฟ้าตลาดเฉพาะก็เป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน



ภาพ 1 ห่วงโซ่อุปทานของการจัดการแบตเตอรี่
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2561) [3, 4]

การบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานจากยานยนต์ไฟฟ้าแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทาง ตามประสิทธิภาพของ แบตเตอรี่ ดังนี้ 1. แบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพความจุมากกว่า 80% สามารถนำไปประกอบแพ็กใหม่ (Repack) เพื่อเชื่อมกับแบตเตอรี่โมดูล หรือ เซลล์อื่นๆ ที่ยังมีประสิทธิภาพความจุมากกว่า 80% เป็นแบตเตอรี่แพ็กสำหรับใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้า 2. แบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพความจุอยู่ระหว่าง 60-80% สามารถนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) เพื่อนำโมดูล หรือเซลล์แบตเตอรี่ ที่มีประสิทธิภาพต่ำไม่เพียงพอต่อการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าไปใช้งาน

เป็นแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงานแบบตั้งอยู่กับที่ (Stationary energy storage system) 3. แบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพความจุต่ำกว่า 60% หรือไม่สามารถใช้งานต่อได้แล้ว สามารถนำไปรีไซเคิล (recycle) เพื่อนำวัตถุดิบ กลับมาใช้ผลิตแบตเตอรี่ใหม่



ภาพ 2 ห่วงโซ่อุปทานของการ Recycle แบตเตอรี่

ที่มา: Battery Bits. (2022).

จำนวนแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปและจำนวนนี้จะขยายตัวอย่างมากเนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าได้รับความนิยมมากขึ้น การทิ้งแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วอย่างถูกวิธีเป็นเรื่องที่น่ากังวลมาโดยตลอด แต่พบว่าแบตเตอรี่เหล่านี้มักจะกักเก็บพลังงานไว้ได้เพียงพอเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานอื่น ๆ ซึ่งสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ออกไปได้ การใช้แบตเตอรี่ดังกล่าวถูกเรียกว่า“ อายุการใช้งานที่สอง (Second-Life Battery)” ซึ่งการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานและความประหยัดในการผลิตแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการจัดการแบตเตอรี่ที่ไม่ถูกต้อง

ผู้วิจัยจึงศึกษาการนำแบตเตอรี่อายุการใช้งานที่สอง (SLB) โดยการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หาโอกาสและข้อจำกัดของการนำมาใช้งานในระดับครัวเรือน และเสนอแนวทางการดำเนินธุรกิจที่เป็นไปได้

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัดของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

2. เพื่อเสนอแนวทางการดำเนินการดำเนินธุรกิจการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, xEV) หมายถึง ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เพียงอย่างเดียว หรือยานยนต์ที่อาศัยเครื่องยนต์มาใช้ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก คือ ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด1-3 (Hybrid Electric Vehicle, HEV), ยานยนต์ ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด1-4 (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV), ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV) และ ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)

2. แบตเตอรี่ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับรถ HEV, PHEV และ BEV

3. ลักษณะธุรกิจ และลักษณะการแข่งขันของธุรกิจบริหารจัดการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน ในการวิเคราะห์ Cost-Effectiveness และแนวคิดของ Business Model Canvas เพื่อการวิเคราะห์เชิงตลาด แบบ 4P และ Five Forces Model

4. พิจารณาเฉพาะรูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS)

5. คุณสมบัติเบื้องต้นของ Second Life battery (Energy Storage System; ESS) ต้องมีค่าความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 70% เมื่อเทียบกับของใหม่ โดยจะมีอายุใช้งานได้อีก 5 ปี

6. ระบบที่ให้บริการให้งานวิจัยนี้คือ Solar Rooftop + ESS โดยกำหนดขนาดของ Solar เท่ากับ 5 kW และ ESS ขนาด 10 kWh

7. อายุโครงการ (Project lifetime) 10 ปี เปลี่ยน ESS ทุก ๆ 5 ปี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเติบโตอย่างรวดเร็วของความต้องการและการผลิตแบตเตอรี่เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลาย เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าและระบบกักเก็บพลังงานสำหรับโครงข่ายไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านขยะและการกำจัดทิ้งในอนาคตอันใกล้เมื่อแบตเตอรี่เหล่านี้หมดอายุการใช้งาน การนำแบตเตอรี่มาใช้ซ้ำและการรีไซเคิลจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสำคัญในการรักษาสิ่งแวดล้อมและจัดการกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับโลหะสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของแบตเตอรี่ ผู้วิจัยแบ่งหัวข้อของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

สถานการณ์รถยนต์ไฟฟ้า

รถยนต์ไฟฟ้า(Electric Vehicles: EV) กำลังเริ่มเข้าสู่การใช้งานในภาคขนส่งโดยเพิ่มขึ้นจาก 17,000 ทั่วโลกในปี 2010 เป็น 8.5 ล้านจนถึงปี 2020 เป็น 145 ล้านในปี 2030 ในปีเดียวกันนั้น ยอดขายรถยนต์ไฟฟ้าคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 26 ล้าน การเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าอย่างก้าวกระโดดสร้างประเด็นคำถามของการจัดการแบตเตอรี่เมื่อไม่สามารถใช้งานได้ในรถยนต์อีกต่อไป หรือเมื่อรถเดิมหมดอายุการใช้งาน นักวิเคราะห์คาดว่าความจุติดตั้งของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนในยานยนต์ไฟฟ้าจะอยู่ที่ 8,100 กิกะวัตต์-ชั่วโมง (GWh) ในปี 2573 ซึ่งคิดเป็น 77% ของความจุแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนทั้งหมด โดยคิดเป็น 314 GWh ใน EV เมื่อหมดอายุการใช้งาน เนื่องจากจำนวนแบตเตอรี่ EV ที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สิ่งสำคัญคือต้องเริ่มวางแผนว่าจะจัดการกับแบตเตอรี่เหล่านี้อย่างไร สำหรับในประเทศไทยนั้นอยู่ระหว่างการดำเนินการโครงการวิจัยและโครงการนำร่องเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการ 2 วิธีการ ได้แก่ การใช้ซ้ำและการรีไซเคิล

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบเซลล์ลิเธียมไอออน (Lithium ion) แต่ละเซลล์ประกอบด้วยแคโทด (Cathode) แอโนด (Anode) อิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) และแผ่นกั้น (Separator) เซลล์จะถูกจัดกลุ่มและติดกาวเข้าด้วยกันเป็นชุดและ/หรือขนานกันเป็นโมดูล และโมดูลเหล่านี้จะถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อสร้างก้อนแบตเตอรี่ ซึ่งท้ายที่สุดแล้วจะมีเซลล์จำนวนหลายร้อยหรือหลายพันเซลล์ โดยทั่วไปแล้วชุดแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีจำหน่ายในปัจจุบันจะมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 10 ปี เมื่อเวลาผ่านไป การที่แบตเตอรี่ชาร์จและคายประจุ ก็

เริ่มเสื่อมสภาพ และในที่สุดแล้ว เมื่อแบตเตอรี่ไม่เหมาะสำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์หรือเมื่อรถที่ใช้งานอยู่นั้นถูกไม่สามารถใช้งานต่อไปได้แล้ว และแบตเตอรี่ EV ยังคงมีความจุประมาณ 70% ดังนั้นการนำกลับมาใช้ใหม่ในการใช้งานอื่นๆ ก่อนสิ้นสุดอายุการใช้งาน และการรีไซเคิลจึงสามารถเพิ่มมูลค่าของแบตเตอรี่ได้

ภายในปี 2030 อุปทานของแบตเตอรี่ EV ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อาจเกิน 100 GWh ต่อปี โดยมีการคาดการณ์สูงถึง 145 GWh การใช้งานครั้งที่สองสำหรับแบตเตอรี่เหล่านี้มีมากมายและหลากหลาย โดยมีโอกาสทั้งการนำกลับมาใช้ใหม่โดยตรง ผ่านการตรวจสอบและทดสอบเพื่อให้ใช้งานได้ จะถูกขายต่อเพื่อทดแทนใน EV อื่นๆ ซึ่งแนวทางปฏิบัตินี้คล้ายกับตลาดอุปกรณ์ระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีอยู่

ในปี 2014 นิสสันได้สร้างโครงการนำแบตเตอรี่กลับมาใช้ใหม่จำนวน 16 ก้อนสำหรับระบบกักเก็บพลังงานขนาดใหญ่ควบคู่ไปกับโซลาร์ฟาร์ม ตั้งแต่ปี 2015 BMW ได้ปรับใช้แบตเตอรี่ EV ที่ใช้แล้วในโครงการ Demand Response ของ Pacific Gas & Electric ได้แก่ การติดตั้งชุดแบตเตอรี่ Audi e-tron แบบใช้ซ้ำขนาด 1.9 เมกะวัตต์ต่อชั่วโมง ในกรุงเบอร์ลินในปี 2019 ส่วนประเทศอังกฤษเริ่มในปี 2020 โดยนำชุดแบตเตอรี่ของ Nissan Leaf กลับมาใช้ใหม่ 50 ชุดในการติดตั้งขนาด 1 เมกะวัตต์ชั่วโมง

การนำแบตเตอรี่กลับมาใช้ใหม่แสดงหลักฐานของความเป็นไปได้ในด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ McKinsey (2019a) [5] รายงานว่าแบตเตอรี่สำรองของ EV อาจให้ความได้เปรียบทางเศรษฐกิจถึง 30 ถึง 70% เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ใหม่ อย่างไรก็ตาม มีความท้าทายในการตระหนักถึงผลประโยชน์เหล่านั้นที่จะเกิดขึ้นแต่อาจจะมีส่วนต่างเล็กน้อยและระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนาน นอกเหนือจากอุปสรรคทางการเงินที่อาจเกิดขึ้นแล้ว ยังมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบตเตอรี่ซ้ำ เช่น การขาดสิ่งจูงใจสำหรับเจ้าของรถยนต์ไฟฟ้าและขาดคำแนะนำว่าควรทำอย่างไรกับแบตเตอรี่ EV หลังจากเลิกใช้รถ ดังนั้นจึงมีแบตเตอรี่จำนวนน้อยที่พร้อมสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ และยังไม่มีความชัดเจนว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบในการริเริ่มหรือดำเนินการตามกระบวนการนั้น ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ มาตรการด้านความปลอดภัยที่จำเป็นในการจัดการและจัดเก็บแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ EV ในตลาดไม่ได้ถูกผลิตขึ้นโดยคำนึงถึงการใช้งานแบบที่สองเป็นหลัก เป็นต้น ดังนั้น เมื่อมีการทำงานเพื่อทำให้แบตเตอรี่ EV นำกลับมาใช้ใหม่ได้ดีขึ้น ผู้ผลิตบางรายมองเห็นโอกาสทางธุรกิจที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานครั้งที่สอง และรวบรวมนำสิ่งเหล่านี้เข้ากับการออกแบบแบตเตอรี่ ตัวอย่างเช่น การจัดทำชุดแบตเตอรี่ Ultium ของบริษัท General Motors กำลังพัฒนากรณีทางธุรกิจเกี่ยวกับการนำกลับมาใช้ใหม่

องค์ประกอบหนึ่งที่สามารถปรับปรุงแนวโน้มทางเศรษฐกิจของการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ คือ การสร้างแบบจำลองที่แม่นยำของสภาพของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาใช้งานใน EV เช่น NREL คาดการณ์ว่าด้วยข้อมูลการวินิจฉัย EV ที่มีอยู่ ต้นทุนการนำกลับมาใช้ใหม่อาจต่ำถึง 20 USDต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ส่วนการวิจัยอื่น ๆ พบว่า ราคาขายสำหรับระบบแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานยาวนานอาจอยู่ระหว่าง 60 ถึง 175 USDต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ราคาเหล่านี้สามารถแข่งขันกับแบตเตอรี่ EV ใหม่ได้ แต่อาจไม่น่าสนใจสำหรับการขายและติดตั้งจำนวนมาก หลังจากนำกลับมาใช้ใหม่ ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจะอยู่ที่ประมาณ 35 USDต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงในปี 2573

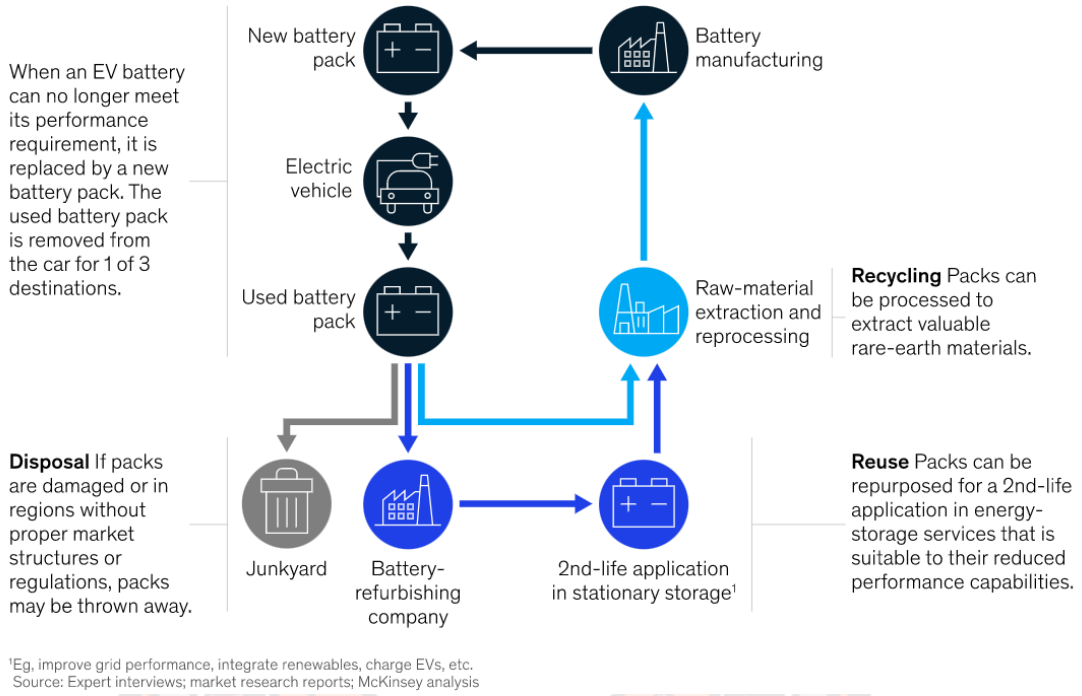
การจัดสรรเงินทุนสำหรับการวิจัยและการศึกษาพิสูจน์แนวคิดเพื่อปรับปรุงการใช้งาน EV ในชีวิตที่สอง เช่น โครงการริเริ่มค่าธรรมเนียมการลงทุนด้านไฟฟ้าของคณะกรรมการพลังงานแห่งแคลิฟอร์เนีย เลือกสามกลุ่มเพื่อรับเงิน 2-3 ล้านดอลลาร์เพื่อตรวจสอบวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่

- RePurpose Energy ได้พัฒนาวิธีการถอดแยกชิ้นส่วนชุดแบตเตอรี่ EV กำหนดสุขภาพของเซลล์ และประกอบกลับเข้าไปใหม่โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมและความปลอดภัยเฉพาะ และเปลี่ยนเซลล์ที่เสื่อมโทรมที่สุด RePurpose คาดการณ์ว่าแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานที่สองจะมีอายุการใช้งานยาวนานถึง 12 ปี
- Smartville Energy ได้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อรวมและปรับปรุงแบตเตอรี่จากแหล่งต่างๆ เทคโนโลยีการแปลงพลังงานและการปรับสภาพแบตเตอรี่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ชุดแบตเตอรี่ที่แตกต่างกันและทำงานเป็นระบบเดียว ระบบนี้จะหมุนเวียนแบตเตอรี่แต่ละก้อนโดยใช้เทคนิคการปรับสมดุลแบบแอคทีฟเพื่อดำเนินการคำสั่งแบตเตอรี่ในขณะที่ยังคงปรับสภาพทั่วทั้งระบบ
- ReJoule ได้สร้างอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแบตเตอรี่ EV ใหม่เพื่อให้ใช้งานได้ยาวนานที่สุด การตรวจสอบอย่างต่อเนื่องและการวัดสถานะสุขภาพหมายความว่าแบตเตอรี่จะได้รับโปรไฟล์เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

การจัดการแบตเตอรี่

McKinsey (2019b) [6] รายงานว่าในปี พ.ศ. 2568 แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานที่สองอาจมีราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ใหม่ 30 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแนวโน้มต้นทุนของแพ็กใหม่กับแพ็กอายุการใช้งานมือสอง ซึ่งรวมถึงค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ การอัปเกรดฮาร์ดแวร์ และการอัปเกรดเป็นระบบการจัดการแบตเตอรี่ในการใช้งานเหล่านี้ ซึ่งจะทำให้ใช้เงินทุนต่อรอบ

น้อยลงอย่างมาก ดังนั้นแบตเตอรี่ มีความคุ้มค่าหาก Recycle แต่ในทางกลับกัน แม้ว่าลิเทียมจะเป็นวัตถุดิบหลักเพื่อสร้างปฏิกิริยาเคมี ในแบตเตอรี่ แต่ปริมาณลิเทียมที่ใช้ผลิตแบตเตอรี่มีน้อยมาก จึงทำให้ต้นทุนการ Recycle แร่ลิเทียมสูงกว่า การผลิตแร่ลิเทียมใหม่จากแหล่งแร่ทางธรรมชาติ (Battery University, 2017)



ภาพ 3 วัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่

ที่มา: McKinsey (2019b) [6]

1.1 การ Reuse แบตเตอรี่สำหรับใช้ใน xEV

กรณีแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน โดยยังคงเหลือความจุแบตเตอรี่ประมาณร้อยละ 80 ของความจุทั้งหมดเมื่อซ่อมแซมแล้ว (Refurbish) ต้องทดสอบแบตเตอรี่โดยประจุไฟจนถึงร้อยละ 70 ของความจุแบตเตอรี่ (Notter, et al., 2010) [7] จึงจะนำไปใช้งานได้ใหม่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดด้านการตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่ก่อนนำมา Reuse เป็น Stationary Energy Storage ซึ่งเป็นการยากที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วยังปลอดภัยสามารถนำไปใช้งานในลักษณะอื่นได้ ดังนั้น ข้อกำหนด หรือวิธีการในการตรวจสอบแบตเตอรี่ใช้แล้วก่อนนำไปใช้งานต่อจึงมีความจำเป็น เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายในการนำไปใช้งานต่อไปในอนาคต หาก Reuse แบตเตอรี่สำหรับใช้ใน xEV 9,800

กิโลวัตต์ชั่วโมง จะลดการใช้วัตถุดิบในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่ได้ถึง 2,100 กิโลวัตต์ชั่วโมง และหากนำไปใช้เป็น Stationary Energy Storage โดย Reuse แบตเตอรี่ 12,075 กิโลวัตต์ชั่วโมง จะลดการใช้วัตถุดิบเพื่อผลิตแบตเตอรี่ตะกั่วกรดได้ 4,875 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือเมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะลดต้นทุนจาก 1,000 เป็น 449 US เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (Notter,et al., 2010) [7] พบว่า แบตเตอรี่ที่ผ่านการ Refurbish จะมีมูลค่า 38 เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น ต้นทุนการ Refurbish 18 เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และต้นทุนซื้อแบตเตอรี่ใช้แล้ว 20 เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในขณะที่แบตเตอรี่ใหม่มีมูลค่า 125 เหรียญสหรัฐต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ทั้งนี้ในปัจจุบันมีผู้ผลิตรถยนต์หลายราย เช่น BMW Daimler Nissan Renault และ Toyota (Daimler Media Site, 2016), (Nissaninsider, 2016), (Toyota, 2015) ให้ความสนใจธุรกิจ Reuse แบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้ สำหรับ Stationary Energy Storage โดยเฉพาะ Nissan ได้ร่วมลงทุนกับ Sumitomo ตั้งบริษัท 4R Energy ซึ่งเป็นบริษัทที่จะ Reuse และ Recycle แบตเตอรี่รถยนต์ของ Nissan โดยมีเป้าหมายที่จะทำการ Refurbish แบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ให้สามารถนำไป Reuse ใหม่ โดยตั้งราคาขายไว้ที่ประมาณ 300,000 เยนหรือต่ำกว่าร้อยละ 50 ของราคาแบตเตอรี่ใหม่

1.2 การ Recycle แบตเตอรี่สำหรับใช้ใน xEV

ทางทฤษฎีสามารถใช้กระบวนการต่าง ๆ เพื่อแยกธาตุในแบตเตอรี่ออกมาเป็นธาตุบริสุทธิ์ได้เกือบทั้งหมด แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้จริงทั้งหมด เนื่องจากต้องใช้พลังงานปริมาณมากในกระบวนการดังกล่าว ดังนั้นกระบวนการ Recycle แบตเตอรี่จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้รับวัตถุดิบที่สามารถนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่ได้ ลดของเสียให้มากที่สุด ลดการทิ้งของเสียมีพิษ และนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้พลังงานจากสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment **หรือ** WEEE)

วิลาสินี สิทธิโสภณ รายงานว่า ประเทศไทยในปัจจุบันไม่มีกฎหมายควบคุมเกี่ยวกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ มีเพียงกฎหมายที่บัญญัติเกี่ยวกับการจัดการของเสียอันตรายและการประกอบ กิจการอุตสาหกรรม และกฎหมายสิ่งแวดล้อม กฎระเบียบที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่เอื้ออำนวยต่อการจัดการซาก ผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจนอย่าง

เป็นระบบ ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง ไม่มีกระบวนการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบ ของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การขนส่ง การแปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งานอย่างครบวงจร และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หากการจัดการซากผลิตภัณฑ์อย่างผิดวิธีทำให้มีการถอดแยกชิ้นส่วนและเกิดการรั่วไหลของสารพิษต่าง ๆ อันเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน ดังนั้น ผู้ผลิตต้อง เลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ดีที่สุด และมีกระบวนการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกต้อง การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องมีหน่วยงานควบคุม และกำกับดูแลเพื่อให้ระบบการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยความรับผิดชอบ ของผู้ผลิต ผู้นำเข้า ตามหลักการความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต ทั้งนี้เพื่อให้มีกลไกในการควบคุมจัดการ ซากผลิตภัณฑ์ให้เป็นระบบและถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและป้องกันอันตรายจาก สารพิษโลหะหนักทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ปัจจัยสำคัญที่ใช้จัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์หรือขยะพิษก็คือ จะต้องมีศูนย์รับคืนซากผลิตภัณฑ์กระจายทั่วประเทศ ประชาชนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการจัดการซากผลิตภัณฑ์ โดยกรมควบคุมมลพิษจะเผยแพร่ความรู้ข้อมูลที่ถูกต้อง ประการสำคัญคือความร่วมมือของผู้ผลิตที่ต้องปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ลดการใช้สารอันตรายและง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ [8]

แนวทางการจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะให้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องดำเนินการบริหารจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่อย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ จึงมีโครงการสนับสนุนการเรียกคืนซากแบตเตอรี่และโทรศัพท์มือถือ โดยขอความร่วมมือ จากผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ผู้ประกอบการผลิต จำหน่าย และให้บริการโทรศัพท์มือถือ กำหนดจุดตั้งวางรับซากโทรศัพท์มือถือ และแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพ โดยให้ร้านค้าตัวแทนจำหน่ายโทรศัพท์มือถือรวบรวมโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ ส่งไปกำจัด

2. ส่งเสริมและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าและประชาชนทั่วไป ร่วมมือร่วมใจกันนำซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ที่ไม่ใช้แล้วหรือเสื่อมสภาพ มาทิ้งในจุดที่กำหนด

3. ส่งเสริมและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ มีความรู้และสามารถใช้โทรศัพท์มือถือ และแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีอายุการใช้งานยืนยาวขึ้น

4. ประชาชนให้ความร่วมมือในการคัดแยกซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว หรือ เสื่อมสภาพ ไม่ทิ้งปะปนกับขยะมูลฝอยทั่วไป โดยนำมาทิ้งในจุดที่กำหนด

โดยเสนอวิธีการจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ในประเทศไทย

1. การป้องกันและลดการเกิดซากฯ

- ผู้ผลิต พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ใช้สารอันตรายน้อยที่สุดและออกแบบให้สามารถรีไซเคิลได้ง่าย

- เลือกซื้อ เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน เพื่อยืดอายุการใช้งาน ลดการกลายเป็น ซากฯ เลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารอันตรายเป็นส่วนประกอบ

- ใช้อย่างคุ้มค่า เลือกซื้อรุ่นที่เหมาะสมกับการใช้งาน ใช้อย่างระมัดระวัง ดูแลรักษาตามคู่มือ การใช้งาน ซ่อมแซม หรือให้ผู้อื่นใช้ต่อก่อนจะทิ้งเป็นซากฯ

2. การแยกทิ้ง

- ไม่ทิ้งซากฯ ปะปนกับขยะทั่วไป ไม่นำซากฯ ไปเผา ฝังดิน หรือทิ้งในแหล่งน้ำ

- ทิ้งซากฯ ตามสถานที่ หรือ ตามเวลาที่กำหนด นำซากฯ ไปทิ้งยังสถานที่ หรือ จุดรับทิ้งที่ หน่วยงานท้องถิ่น ผู้ผลิต หรือผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือจัดไว้ให้ หรือ ทิ้งให้กับหน่วยงานท้องถิ่นในเขต ของท่าน ตามวัน เวลาที่กำหนดสำหรับการทิ้งของเสียอันตรายจากชุมชน

3. การรีไซเคิล การหมุนเวียนซากแบตเตอรี่กลับมาแปรรูปใช้ใหม่ เนื่องจากแบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือนี้มี โลหะมีค่าเป็นส่วนประกอบจึงมีความคุ้มค่าที่จะสามารถนำมารีไซเคิลได้ การรีไซเคิลในต่างประเทศมี กระบวนการ ดังนี้

- นำแบตเตอรี่ไปบดและใส่ลงไปในสารละลายเฉพาะ

- น้ำเสียที่เกิดขึ้น นำไปปรับสภาพให้เป็นกลาง

- แยกโลหะหนักที่มีออก โดยการใช้ไฟฟ้าหรือวิธีอื่น.

- นำโลหะหนักที่ได้ไปใช้ใหม่

- ส่วนที่เหลือนำไปฝังกลบ ตามวิธีที่กล่าวในข้างต้น

- หรือนำแบตเตอรี่ผ่านกระบวนการถลุงในเตาหลอมเพื่อแยกโลหะมีค่ากลับมาใช้ใหม่

4. การบำบัดและกำจัดซากแบตเตอรี่ ในขั้นต้น รวบรวมซากแบตเตอรี่แล้วให้ดำเนินการคัดแยกส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ออกจาก ส่วนที่ต้องนำไปกำจัด และนำส่วนที่ต้องกำจัดไปดำเนินการปรับเสถียรก่อน เพื่อให้สารพิษมีความเสถียรเพิ่มขึ้น ไม่เกิดปฏิกิริยาหรือรั่วไหลปนเปื้อน และไม่ละลายเมื่อถูกชะล้าง ก่อนจะนำไปฝังในสถานที่ฝังกลบแบบปลอดภัย (Secured

Landfill) ซึ่งออกแบบให้สามารถป้องกันมิให้มีการรั่วไหลของสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยใช้วัสดุสังเคราะห์กันซึมหลายชั้น พร้อมระบบเก็บรวบรวมน้ำชะ (Leachate) และระบบการตรวจสอบการรั่วซึม ภายใต้ระเบียบและมาตรฐานที่กำหนด ปัจจุบันผู้ประกอบการรับซากโทรศัพท์มือถือและซากแบตเตอรี่มา ผ่านกระบวนการรีไซเคิลที่มีการควบคุมมลพิษอย่างถูกต้องเพื่อนำโลหะมีค่ากลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยส่งออก ไปดำเนินการในต่างประเทศที่มีเทคโนโลยีชั้นสูง ซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะมีประเด็นปัญหาในเชิงปริมาณที่ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ยังมีปัญหาที่เกิดจากส่วนประกอบที่เป็นสารอันตราย เช่น สารตะกั่ว แคดเมียม ปรอท ฯลฯ ซึ่งหากได้รับการจัดการที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม และมีความเสี่ยงที่จะเป็น อันตรายต่อสุขภาพและระบบนิเวศน์ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว การเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่เร็วขึ้น โดยเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือที่ผู้บริโภคจำนวนมากนิยมเปลี่ยนเครื่องก่อนที่เครื่องเดิม จะเสื่อมสภาพ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อายุการใช้งานเฉลี่ยของ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หดสั้นลง นำไปสู่ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยคาดการณ์ว่า ขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นทั่วโลกน่าจะมีปริมาณมากกว่า 40 ล้านตันต่อปี และมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี

ปภาดา ประมาณพล และคณะ (2562, หน้า 111-118) พบว่า ในหลายประเทศแถบยุโรปตะวันตกได้มีการออกกฎหมายรองรับ เพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้นมานานแล้ว มีประเทศกว่า 35 ประเทศ 23 มลรัฐในสหรัฐอเมริกา และ 6 รัฐ ในแคนาดา ที่มีการออกกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มาบังคับใช้ส่วนประเทศในแถบเอเชียมีประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลีใต้และสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) ที่ได้ดำเนินการเรื่องนี้มาตั้งแต่ปีค.ศ. 1990 ส่วนสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ออกกฎหมาย (Regulations for the Administration of the recovery and disposal of waste electric and electronic products 2009) มีผลบังคับใช้ในปี พ.ศ. 2554 และสาธารณรัฐอินเดียได้ออกกฎหมาย The e-waste (Management and Handling) rules มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ในกลุ่มประเทศอาเซียนมีเพียงสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามและราชอาณาจักรกัมพูชาเท่านั้น ที่มีกฎหมายด้านการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์บังคับใช้สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามนับเป็นประเทศแรกในอาเซียนที่ได้ออกกฎหมายโดยใช้ หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต มาใช้ในการจัดการกับขยะหรือซากผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียอันตรายโดยรัฐบาลเวียดนามได้ออก กฎหมาย Decision No.50/2013 of the Prime Minister on Prescribing Retrieval and Disposal of Discarded

Products มาบังคับใช้ในปีพ.ศ. 2556 และยังมีประเทศที่กำลังอยู่ในระหว่างการออกกฎหมาย เช่น สหพันธรัฐมาเลเซีย สาธารณรัฐอินโดนีเซีย รวมถึงสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว [9]

จากการศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน ของ สิริลัคน์ สุบงกฎ (2562, หน้า 550-560) พบว่า ประเทศไทยยังไม่มีระบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ครบวงจรและมีประสิทธิภาพ ที่สามารถกำกับและควบคุมได้ตลอดทั้งวงจรวัฏจักร ชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การผลิต การจำหน่าย การบริโภค การเก็บรวบรวม การนำไปกำจัด ตลอดจนถึงการนำกลับ ไปใช้ใหม่ เมื่อศึกษากฎหมายเกี่ยวกับมาตรการการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของ ต่างประเทศ ได้แก่ กฎหมายของกลุ่มสหภาพยุโรป เยอรมนี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และไต้หวัน แล้ว เห็นว่า ประเทศ ดังกล่าวล้วนนำแนวคิด “หลักการความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต”(Extended Producer Responsibility : EPR) มาปรับใช้ โดยการออกกฎหมายที่กำหนดให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้า หรือผู้บริโภค ต้องมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบด้านการเงินและการดำเนินการสร้างระบบการจัดการตั้งแต่ต้นทาง ไปจนถึงปลายทาง โดยความร่วมมือของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในการนำมาปรับใช้ในการออกกฎหมายเพื่อเป็นการสร้าง ระบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะต่อไป [10]

แนวทางการกำกับดูแล กฎระเบียบต่างๆ ของ Solar Rooftop ในประเทศไทย

การศึกษาผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) อย่างเสรี ต่อการดำเนินงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (วิทยาลัยพลังงานทดแทน, 2560) [11] พบว่า แนวทางการใช้ Solar Rooftop เพื่อ self-consumption เบื้องต้นที่จะเกิดผลประโยชน์ชัดเจน โดยมีกรอบการกำกับดูแลและการดำเนินงาน จำเป็นจะต้องปรับตัวเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความมั่นใจในศักยภาพการดำเนินการ self-consumption ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

1) การติดตั้ง Solar Rooftop เสรี นอกจากการดู load ไฟฟ้าที่ผ่านมาแล้ว ควรกำหนดให้ผู้ที่จะติดตั้งทั้ง residential & commercial ดำเนินการด้าน energy saving & energy efficiency ก่อนที่จะกำหนดขนาดของ Solar Rooftop

2) การกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน สามารถสมัครผ่าน website และเพิ่มช่องทางในการแจ้งกลับผ่าน email หรือ โทรศัพท์

3) มีการกำหนดมาตรฐานของบริษัทหรือผู้ประกอบการที่จำหน่ายอุปกรณ์ ติดตั้งหรือให้บริการ Solar Rooftop ซึ่งควบคุมและรับรองโดยหน่วยงานของรัฐ เช่น กกพ. หรือ การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย เป็นต้น

4) กกพ. ซึ่งทำหน้าที่เป็น one-stop service จัดทำ website สำหรับผู้ที่ต้องการติดตั้ง Solar Rooftop ให้กรอกข้อมูลเบื้องต้น และดำเนินการเปรียบเทียบข้อเสนอของบริษัทที่รับติดตั้งหรือบริการ Solar Rooftop ทั้งในด้านราคา การประกัน การบริการหลังการขาย เป็นต้น

5) เพิ่มช่องทาง การให้ความรู้ด้านการดูแล การเลือก การใช้ มาตรฐานอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ Solar Rooftop ที่ถูกต้องทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ อาจจะมีการจัดฝึกอบรมความรู้เบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับผู้ที่ดำเนินการติดตั้ง Solar Rooftop

6) การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายมีการควบคุมไฟฟ้าไม่ให้ไหลย้อนกลับเข้าสายส่ง หรือการวางมาตรการลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

7) การรับ maintenance and operation ระบบในพื้นที่ของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยอาจมีรูปแบบการคิดค่าบริการหรือค่าธรรมเนียม เป็นรายปี หรือตามระยะเวลา หรือสามารถให้บริการในกรณีเฉพาะกิจได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ Inverter& controller หรือ battery เป็นต้น

8) การพัฒนา smart meter เพื่อให้สามารถเป็นอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของผู้บริโภคและนำไปสู่การพยากรณ์การใช้และผลิตไฟฟ้าในอนาคต

Business Model Canvas

Business Model Canvas คือ การอธิบายองค์ประกอบของธุรกิจซึ่งมี 9 ส่วน ในแบบที่เรียบง่ายบนหน้ากระดาษเพียงแผ่นเดียว เพื่อให้ทุกคนทั้งภายในและภายนอกองค์กรสามารถสื่อถึงสิ่งเดียวกันได้อย่างตรงประเด็น เข้าใจง่าย และ นำไปใช้งานได้ทันที นอกจากจะทำให้การสื่อสารชัดเจนแล้ว จุดเด่นของ Business Model Canvas หรือ BMC คือ ทำให้เจ้าของกิจการและผู้บริหารสามารถเห็นภาพรวมของบริษัท เพื่อเสริมจุดแข็งและปรับจุดอ่อนรวมไปถึงการปรับกลยุทธ์การตลาดของบริษัทได้ง่ายและรวดเร็วอีกด้วย

องค์ประกอบทั้ง 9 ของ Business Model Canvas ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ คือ

1. ลูกค้า (Customer Segments—CS) ผู้ซื้อสินค้าหรือบริการ
2. คุณค่า (Value Propositions—VP) จุดขายของสินค้า หรือ บริการนั้น
3. ช่องทาง (Channels—CH) วิธีในการสื่อสารไปถึงลูกค้า
4. ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships—CR) วิธีในการรักษาลูกค้าเดิม

5. กระแสรายได้ (Revenue Streams—RS) รายได้ของธุรกิจนี้
6. ทรัพยากรหลัก (Key Resources—KR) สิ่งที่ต้องมีในการดำเนินธุรกิจ
7. กิจกรรมหลัก (Key Activities—KA) กิจกรรมที่ต้องทำเพื่อให้โมเดลธุรกิจอยู่ได้
8. พันธมิตรหลัก (Key Partners—KP) ส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งการช่วยป้อนวัตถุดิบและการช่วยขาย
9. โครงสร้างต้นทุน (Cost Structure-CS) ต้นทุนทั้งหมดของธุรกิจ

ภาพ 4 Business Model Canvas

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2559) [12, 13]

- ช่องที่ 1 สิ่งที่นำเสนอแก่ลูกค้า (Offer, Value proposition) คือสินค้าหรือบริการที่เราจะขายและสามารถแก้ปัญหาและช่วยลูกค้าได้ (ตามที่เราได้ผ่านการคัดเลือกสินค้าตามแนวคิดก้าวที่สองมาแล้ว)
- ช่องที่ 2 กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย (Customer segment) เราต้องรู้ว่าเราทำสินค้านี้เพื่อมาขายให้ใคร หรือใครจะเป็นผู้ซื้อคนสำคัญของเราเช่น สินค้าที่จะขายเด็ก เราก็ควรจะรู้ให้ชัดๆว่าเด็กกลุ่มนี้อาศัยอยู่ที่ไหน ในเมืองหรือต่างจังหวัด เป็นเด็กหญิงหรือชาย อายุประมาณเท่าไหร่และพ่อแม่มีรายได้เดือนละเท่าไหร่เพื่อการประชาสัมพันธ์และ

ออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ถูกกลุ่ม (ในช่องที่2 นี้สามารถสลับการเขียนก่อนหรือหลังกับช่องที่ 1 ได้ขึ้นอยู่กับว่าเรามีสินค้ามาก่อนหรือไม่)

- ช่องที่ 3 ช่องทางการเข้าถึงลูกค้า (Distribution channels) เมื่อเราทราบว่าลูกค้าเป้าหมายเราอยู่ที่ไหน เราก็จะสื่อสารหรือนำสินค้าไปขายได้ถูกที่ถูกทาง เช่นลูกค้าเป็นกลุ่มวัยรุ่น กลุ่มนักศึกษา สินค้าของเราก็ควรผ่านสื่อออนไลน์และขายทางออนไลน์เพื่อเข้าถึงคนกลุ่มนี้ได้ง่าย
- ช่องที่ 4 การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer relationships) ถ้าเราอยากให้ลูกค้าเป็นลูกค้าประจำซื้อแล้วซื้อซ้ำอีกและอยากสร้างความจงรักภักดีในสินค้าของเรา เราจำเป็นต้องกำหนดวิธีการสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า เช่นมีการจัดกิจกรรมร่วมกันในวันสำคัญของกิจการเรา มีการให้คำปรึกษาแนะนำหรือช่วยเหลือหลังการขาย มีการส่งข้อมูลและมีการประชาสัมพันธ์การจัดโปรโมชั่นให้ลูกค้าเก่าได้รับก่อน เป็นต้น
- ช่องที่ 5 รายได้ของกิจการ (Revenue streams) เราควรต้องทราบว่ารายได้ของกิจการเรามาจากการที่เราขายหรือให้บริการอะไรบ้าง กิจการเปิดใหม่มักจะมีรายได้จากการขายสินค้าเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อเราสร้างโมเดลธุรกิจและเห็นว่ามีแค่สินค้าตัวเดียวก็จะทำให้เรายังไม่กำไร ทำให้เราได้คิดต่อไปว่าควรจะมีการขายสินค้าอื่นๆเสริมดีไหม หรือขายสินค้าพร้อมมีบริการหลังการขายเพื่อให้รายได้เพียงพอกับค่าใช้จ่ายคงที่และมีกำไรเพียงพอในการทำธุรกิจต่อไปในอนาคต
- ช่องที่ 6 ทรัพยากรหลัก (Key resource) เราต้องใช้วัตถุดิบ เครื่องมือ เครื่องจักร และคนงาน รวมทั้งทรัพยากรอะไรอีกที่จะผลิตสินค้าหรือบริการที่เราขายอยู่นั้น ตรงนี้แหละที่ทำให้เราทราบว่าเราต้องใช้เงินทุนมากหรือน้อยเพียงใด
- ช่องที่ 7 กิจกรรมหลัก (Key activities) ในการผลิตหรือให้บริการนั้นมีกิจกรรมอะไรบ้าง หรือมีกระบวนการผลิตและการให้บริการนั่นเอง กิจกรรมเหล่านี้เกี่ยวข้องตั้งแต่การออกแบบ การผลิตและการส่งมอบสินค้า กิจกรรมหลักนี้ถือเป็นโมเดลธุรกิจหลักของกิจการประเภทการผลิต
- ช่องที่ 8 คู่ค้าและเครือข่ายสนับสนุน (Key partners) การทำธุรกิจจำเป็นต้องมีพันธมิตรทางธุรกิจ อย่างยิ่ง ต้องมีทั้ง ผู้ขายวัตถุดิบ คู่ค้าและเครือข่ายต่างๆซึ่งเราต้องพึ่งพาในการจัดจำหน่าย หรือช่วยประชาสัมพันธ์ให้

- ช่องที่ 9 โครงสร้างต้นทุน (Cost structure) เราจำเป็นต้องทราบถึงต้นทุนของสินค้า รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆทั้งคงที่และผันแปรของกิจการเพื่อให้เราสามารถตั้งราคาและขายสินค้าได้กำไร และยังช่วยให้เราหาวิธีการต่างๆในการลดต้นทุนอีกด้วย

Five Forces Model

การวิเคราะห์ Five Forces Porter Model เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนใช้กลยุทธ์ทางเทคโนโลยีที่ศาสตราจารย์ Michael E. Porter แห่งมหาลัยฮาวาร์ด เป็นผู้คิดค้นขึ้น เนื่องจากความจำเป็นในการประเมินผลกระทบของสภาวะการแข่งขันในตลาด การวิเคราะห์ Five Force Porter Model ช่วยให้องค์กรต่างๆ มีความระมัดระวังเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อองค์กรและต่อการแสดงการประมาณการตัวเลขในแผนธุรกิจ นอกจากนี้ ยังใช้ อธิบายได้ว่าองค์กรที่กำลังเผชิญหน้ากับการแข่งขันจะสามารถสร้างผลการดำเนินงานที่เหนือกว่าคู่แข่งได้อย่างไร กรอบแนวคิดนี้มุ่งเน้นการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน บอกถึงสภาวะการแข่งขันที่องค์กรเผชิญอยู่ ซึ่งจะทำให้องค์กรมีเกณฑ์พื้นฐานที่ใช้วัดว่าผลการดำเนินการขององค์กร เหนือกว่าคู่แข่งหรือไม่ อย่างไร รวมถึงช่วยอธิบายราคาและต้นทุนโดยเฉลี่ยของอุตสาหกรรมนั้นๆ ตลอดจนความสามารถในการทำกำไรโดยเฉลี่ยของอุตสาหกรรมที่จะช่วยในการค้นหาศักยภาพที่แท้จริงของธุรกิจ โอกาสในการแสวงหาตลาดใหม่

Five Force ที่มีผลต่อการเลือกใช้กลยุทธ์ตามแนวคิดของ Porter ประกอบด้วย 5 ปัจจัยสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ภัยคุกคามจากคู่แข่งรายใหม่ (Threat of New Entrants) เป็นการวิเคราะห์ว่า ใครคือคู่แข่งที่อยู่ในตลาดที่ผู้ประกอบการต้องทำการแข่งขัน และคู่แข่งรายใหม่ที่เข้ามามีการผลิตสินค้าที่มีความแตกต่างจากสินค้าในตลาดมากน้อย เพียงใด หรือมีนวัตกรรมอะไรที่มีลักษณะเฉพาะอย่างไรออกสู่ตลาด ซึ่งแน่นอนว่าหากคู่แข่งขันราย ใหม่มีนวัตกรรมที่ดี สินค้ามีความแปลกใหม่ ก็อาจทำให้คู่แข่งขันสามารถเข้ามาแย่งส่วนแบ่งทาง การตลาดไปได้ นอกจากนั้นอุตสาหกรรมที่ผู้ประกอบการกำลังทำอยู่นั้นหากมียอดขายสูง กำไรดี แต่อุปสรรคในการเข้าสู่ตลาดมีต่ำก็จะทำให้มีคู่แข่งหน้าใหม่ๆ กล้าที่จะเข้ามาลงทุน เมื่อมีผู้ที่เข้ามาลงทุนมาก ความสามารถในการทำกำไรและส่วนแบ่งทางการตลาดก็จะลดลงตามไปด้วย พิจารณาได้ จากปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การประหยัดจากขนาด (Economies of Scale)
- ประสิทธิผลที่ได้จากการเรียนรู้ (Learning Curve)
- ความภักดีต่อยี่ห้อ (Brand Royalty)

- เงินลงทุน (Capital Requirements)
- การเข้าถึงช่องทางในการจัดจำหน่าย
- นโยบายของรัฐบาล (Government Policy) รวมถึงสัมปทาน และใบอนุญาตต่าง ๆ
- ต้นทุนของลูกค้าในการเปลี่ยนแปลงสินค้าที่ใช้ (Switching Cost)
- เทคโนโลยีขั้นสูง (Advanced Technologies)

2. อำนาจต่อรองของซัพพลายเออร์ (Bargaining Power of Supplier) เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการจัดหาวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์เพื่อป้อนเข้าสู่ขบวนการผลิต ถ้าธุรกิจเราต้องมีการพึ่งพาซัพพลายเออร์รายหนึ่งๆ สูงก็จะมีความเสี่ยงของการประกอบธุรกิจมากขึ้น เพราะถ้าซัพพลายเออร์รายนั้นไม่สามารถส่งวัตถุดิบได้ไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใด ก็จะส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจ “ซัพพลายเออร์ที่มีอำนาจมากจะสามารถตั้งราคาที่สูงขึ้น หรือกดดันให้ได้รับเงื่อนไขการซื้อขายที่เป็นประโยชน์กับตนเองมากขึ้น ซึ่งทำให้ ความสามารถในการทำกำไรของธุรกิจเราลดน้อยลง” พิจารณาจากปัจจัย ดังต่อไปนี้

- จำนวนและขนาดของซัพพลายเออร์ (Concentration of Suppliers)
- สัดส่วน/ปริมาณที่ซัพพลายเออร์ขายให้เรา
- จำนวนแหล่งวัตถุดิบ/วัตถุดิบ
- ความแตกต่างและความเหมือนของวัตถุดิบ
- วัตถุดิบทดแทน
- ต้นทุนในการเปลี่ยนซัพพลายเออร์ (Cost of Switching Suppliers)
- ความสามารถของผู้ขายที่อาจจะเข้ามาผลิตสินค้าแข่งกับเรา (Forward Integration)

3. อำนาจต่อรองของลูกค้า (Bargaining Power of Customer) เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภคในตลาดว่า มีมากน้อย เพียงใด ถ้าตลาดมีการแข่งขันทางธุรกิจสูง นั่นหมายความว่า ผู้บริโภคก็จะมีทางเลือกที่มากขึ้นตามไป ด้วยและอาจจะส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจของบริษัทโดยเฉพาะในแง่ของรายได้และส่วนแบ่งการตลาดที่ลดลง พิจารณาได้จากปัจจัยดังต่อไปนี้

- จำนวนและขนาดของกลุ่มผู้ซื้อ (Concentration of Buyers)
- ปริมาณการซื้อ
- ทางเลือกในการซื้อสินค้าอื่นๆ (Buyer Choice)

- การรู้ลึกข้อมูลต่างๆ ของสินค้า (Buyer Information Availability)
- ความภักดีต่อยี่ห้อ (Brand Royalty)
- ความไวในเรื่องราคา (Buyer Price Sensitivity)
- ความสามารถของผู้ซื้อที่อาจจะไปผลิตสินค้าเอง (Backward Integration)
- ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลงไปใช้สินค้าคู่แข่งอื่น

4. ภัยคุกคามจากสินค้าทดแทน (Threat of Substitutes) เป็นการวิเคราะห์ว่าสินค้าและบริการที่บริษัทมีอยู่นั้นมีโอกาสหรือไม่ ที่จะมีสินค้าและบริการอื่นที่สามารถใช้แทนกันได้เข้ามาทดแทน (สินค้าทดแทน หมายถึง สินค้าหรือ บริการที่สามารถต้องสนองความต้องการพื้นฐานของผู้บริโภคได้เหมือนกับสินค้าของอุตสาหกรรมด้วย วิธีที่แตกต่างไป) ซึ่งอาจทำให้รายได้จากการขายสินค้าและบริการ รวมถึงส่วนแบ่งทางการตลาดลดลง ได้นั่นเอง พิจารณาได้จากปัจจัยดังต่อไปนี้

- จำนวน/ประเภทสินค้าทดแทน
- ความยืดหยุ่นในการทดแทนกันของสินค้า (Substantial Product Differentiation)
- ต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงไปสู่สินค้าทดแทน (Cost of Switching to Substitutes)
- ความภักดีต่อยี่ห้อ (Brand Royalty)
- ระดับราคาสินค้าทดแทน
- คุณภาพ/คุณสมบัติในการใช้งานของสินค้าทดแทน

5. การแข่งขันของคู่แข่งรายเดิม (Rivalry Among Existing Competitors) เป็นการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันของคู่แข่งที่มีอยู่เดิมในตลาดว่า มีใครบ้างแล้วแต่จะรายมีศักยภาพในการแข่งขันแค่ไหน เพื่อจะได้สามารถนำมาเตรียมความพร้อมใน การทำธุรกิจหรือดำเนินกิจกรรมทางการตลาดอย่างเหมาะสม สามารถพิจารณาได้จากปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การเติบโตของ Demand
- โครงสร้างตลาด (Market Structure) จำนวนและขนาดของคู่แข่ง
- ความแตกต่างของสินค้า
- กำลังการผลิตส่วนเกิน
- ต้นทุนคงที่ของอุตสาหกรรม
- ต้นทุนในการเก็บรักษา

- อุปสรรคกีดขวางการออกจากธุรกิจ เช่น Sunk Cost การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร / เทคโนโลยี ข้อตกลงกับสหภาพแรงงาน เป็นต้น

ระดับความรุนแรงของ Five Force ในอุตสาหกรรมหนึ่งๆ รวมถึงลักษณะเฉพาะของแต่ละปัจจัยจะเป็นตัวกำหนดโอกาสในการทำกำไรของอุตสาหกรรมนั้น เพราะ ในแต่ละปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อราคาและต้นทุนของอุตสาหกรรม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eklas Hossain และคณะ (2019) พบว่า การใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ในตลาดมวลชนทั่วโลกยังคงถูกขัดขวางโดยแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่มีต้นทุนสูง การเปลี่ยนแบตเตอรี่ EV ที่เสื่อมสภาพในการใช้งานครั้งที่สองถือเป็นการลดต้นทุนครั้งแรกได้ อุปสรรคของ EV รูปแบบธุรกิจใหม่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน EV และอุตสาหกรรมการใช้แบตเตอรี่ครั้งที่สอง (B2U) แต่เน้นด้านเศรษฐกิจโดยไม่รวมมิติทางสังคมและสิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันหัวข้อการวิจัยที่เกิดขึ้นใหม่เกี่ยวกับรูปแบบธุรกิจที่ยั่งยืน (Sustainable Business Model : SBM) ก็จะเชื่อมโยงการจัดการสิ่งแวดล้อมร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม บทความนี้นำเสนอแนวทางสหวิทยาการโดยอาศัยมุมมองที่สำคัญจากเทคโนโลยีที่ยั่งยืนที่เกิดขึ้นใหม่ของ EV และตลาด B2U ที่เกี่ยวข้องกับ SBM ผลการวิจัยเผยให้เห็นการมีส่วนร่วมที่สำคัญต่อนักทฤษฎีและผู้ปฏิบัติงาน B2U มีศักยภาพในการอำนวยความสะดวก ในปัจจุบันการปฏิบัติที่ไม่ยั่งยืนในอุตสาหกรรม EV สิ่งนี้จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นและการปรับปรุงตลาด EV ได้เร็วขึ้นของผลการดำเนินงานด้านความยั่งยืนโดยรวมผ่านมุมมอง SBM ดังนั้นรูปแบบธุรกิจ B2U กรอบการทำงานเป็นแนวความคิดที่รวบรวมผลกระทบของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียข้ามภาคส่วนและคุณค่าร่วมกัน กลไกการสร้างอุตสาหกรรม EV และตลาด B2U ที่เกิดขึ้นใหม่ สรุปได้ว่า B2U ดังกล่าวถือศักยภาพในการพิสูจน์ตัวเองว่าเป็นกรณีที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสำหรับความยั่งยืน ซึ่งสามารถทำได้โดยการการออกแบบรูปแบบธุรกิจที่เน้นเครือข่ายผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่มเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ยึดองค์กรเป็นศูนย์กลางแบบดั้งเดิมซึ่งในที่สุดก็เป็นการทบทวนรูปแบบธุรกิจดั้งเดิมเกี่ยวกับความยั่งยืน [14]

Lluc Canals Casals และคณะ (2019, หน้า 354-363) พบว่า ราคาของแบตเตอรี่ Li-ion ที่สูงเกินไปส่งผลให้เกิดแนวคิดในการนำแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ เช่น โครงการ Sunbatt ซึ่งเชื่อมต่อกับภาคยานยนต์และไฟฟ้า การนำแบตเตอรี่กลับมาใช้ใหม่นั้นเป็นหนทางสู่ความยั่งยืน แต่ยังคงมีข้อจัดกัด เช่น ความสะอาดของการจัดเก็บพลังงานยังขึ้นอยู่กับแหล่ง

พลังงานในการผลิตไฟฟ้าและอายุของแบตเตอรี่ เป็นต้น บทความนี้วิเคราะห์อายุการใช้งานที่เหลือของแบตเตอรี่ อายุการใช้งานที่ 2 (SLB) สำหรับการใช้ไฟฟ้าใน 4 รูปแบบ ได้แก่ : รองรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว (Fast Electric Vehicle Charges) การบริโภค (Self-consumption) การควบคุมพื้นที่ (Area Regulation) และการเลื่อนการส่ง (Transmission deferral) ในการทำเช่นนั้นจะใช้ประโยชน์จากรุ่นอายุแบตเตอรี่ไฟฟ้าที่เทียบเท่าซึ่งจำลองความจุของแบตเตอรี่ที่หายไปจากการใช้งาน โมเดลนี้ทำงานบน MATLAB และมีกลไกการเสื่อมอายุหลายอย่าง เช่น อัตราการ Depth-of-Discharge อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น ผลลัพธ์แสดงให้เห็นอายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ 2 อย่างชัดเจนขึ้นอยู่กับการใช้งานตั้งแต่ประมาณ 30 ปีในแอพพลิเคชั่นรองรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าอย่างรวดเร็วเป็นประมาณ 6ปี ของรูปแบบให้บริการการควบคุมพื้นที่ นอกจากนี้การศึกษานี้จะวิเคราะห์การปล่อยก๊าซจากไฟฟ้าในแต่ละวันของประเทศสเปนและระบุว่าแอพพลิเคชั่นจัดเก็บพลังงานแบบสายส่งแทบจะไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตอันใกล้ แต่ในทางกลับกันการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนในการบริโภคเองมีความเหมาะสมกว่ามาก [15]

Juner Zhu และคณะ (2021, หน้า 100537) [16] พบว่า E-mobility โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์ไฟฟ้า มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (LIBs) อย่างไรก็ตาม LIB จะลดลงอย่างมากตามอายุการใช้งาน ด้วยการเพิ่มขึ้นของการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า (EVs) ในปัจจุบัน แพ็ค LIB ที่เลิกใช้แล้วจำนวนมาก ซึ่งไม่สามารถให้ประสิทธิภาพที่น่าพอใจในการขับเคลื่อน EV ได้อีกต่อไปจะปรากฏขึ้นในไม่ช้า ตัวเลือกการสิ้นสุดอายุการใช้งาน (EOL) ต่างๆ อยู่ระหว่างการพัฒนา เช่น การรีไซเคิลและการกู้คืน เมื่อเร็วๆ นี้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีความมั่นใจมากขึ้นว่าการให้แบตเตอรี่ที่เลิกใช้แล้วมีอายุการใช้งานที่สองโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ในการใช้งานที่มีความต้องการน้อยกว่า เช่น การจัดเก็บพลังงานแบบอยู่กับที่อาจสร้างแหล่งรวมคุณค่าใหม่ในภาคพลังงานและการขนส่ง ในมุมมองนี้ เราประเมินความเป็นไปได้ของการใช้งานแบตเตอรี่สำรอง จากมุมมองด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี โดยอิงจากรายงานทางอุตสาหกรรมล่าสุดและสิ่งพิมพ์ทางเทคนิค สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Noah Horesh และคณะ (2021, หน้า 117007) [17] ภาคการขนส่งมีแนวโน้มไปสู่การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างมากต่อความพร้อมใช้งานของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) ที่ใช้แล้ว ซึ่งสามารถนำมาใช้ซ้ำสำหรับระบบจัดเก็บพลังงานกริด (ESS) อย่างไรก็ตาม โมดูลแบตเตอรี่สำหรับอายุการใช้งานที่สองอาจมีสถานะสุขภาพที่ไม่สมดุล (SOH) ระหว่างเซลล์ ซึ่งสามารถลดความปลอดภัยของแบตเตอรี่ อายุการใช้งาน และความลึกของการปล่อย งานนี้ประเมินความ

คุ้มค่าของระบบการปรับสภาพแบตเตอรี่แบบแยกส่วน (HUB) แบบใหม่ที่หมุนเวียนโมดูลแบตเตอรี่เพื่อรวม SOH ของเซลล์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานครั้งที่สอง รอบการปรับสภาพของ HUB สามารถทำได้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งจากสองวิธี: ปรับสภาพด้วยบริการกริด หรือปรับสภาพใหม่ผ่านการสับเปลี่ยนพลังงาน ผลลัพธ์จากงานนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างง่ายๆ มีแนวโน้มที่จะมีราคาขายต่อในช่วงชีวิตที่สองที่ต่ำกว่า (56 $/kWh) มากกว่าระบบ HUB (62 $/kWh) ในสถานการณ์พื้นฐานของเรา อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์เป้าหมายของเรา ระบบ HUB (34 $/kWh) มีราคาขายต่อที่ต่ำกว่าระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ (38 $/kWh) งานนี้ยังรวมถึงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้แบตเตอรี่ที่ปรับสภาพแล้วในการเปรียบเทียบ ESS ที่ประกอบกับแบตเตอรี่ Li-ion ใหม่ ผลลัพธ์แสดงว่า ESS ที่ปรับสภาพใหม่ HUB ต้องการรายรับจากกริดน้อยกว่า (194 $/kW ต่อปี) มากกว่า Li-ion ESS ใหม่ (253 $/kW-year) ในที่สุด ESS ที่ปรับสภาพของ HUB นั้นแสดงให้เห็นว่าเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจในการควบคุมความถี่ 63%, 18% ของการบรรเทาความแออัดในการส่งสัญญาณ และ 16% ของตลาดการลดค่าใช้จ่ายที่ต้องการแต่ไม่สามารถทำได้ในเชิงเศรษฐกิจในการสำรองสปิน/ไม่สปิน การสนับสนุนแรงดันไฟฟ้า และ ตลาดเก็งกำไรพลังงาน

Wei Wu และคณะ (2020, หน้า 105010) [18] พบว่า รถยนต์ไฟฟ้า (EV) ถูกมองว่าเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากขึ้นเรื่อยๆ แถวหน้าของการปฏิวัติ EV คือจีนซึ่งยอดขาย EV เพิ่มขึ้นอย่างมาก ผลที่ตามมาโดยตรงของ EV จำนวนมากขึ้นบนท้องถนนคือการเติบโตของแบตเตอรี่ที่เลิกใช้แล้วเมื่อหมดอายุการใช้งานภายใน EV แล้ว สต็อกแบตเตอรี่ที่เลิกใช้แล้วที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้เกิดคำถามว่าจะสามารถกำจัด นำกลับมาใช้ใหม่ นำกลับมาใช้ใหม่ หรือรีไซเคิลได้อย่างไรและอย่างไร ในบทความนี้ เราจะตรวจสอบว่าการใช้แบตเตอรี่สำรองในระบบกักเก็บพลังงานแบบอยู่กับที่ในจีนสามารถทำกำไรได้ภายใต้สถานการณ์ใดโดยใช้แบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ผลลัพธ์ของเราแสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่ EV สามารถมีอายุการใช้งานที่สองที่ 785 CNY/kWh (116 USD/kWh) หากซื้อด้วยความจุที่เหลือ 80% และถูกยกเลิกเมื่อความจุถึง 50% อัตรากำไรสำหรับบริษัทจัดเก็บพลังงานจะลดลงหากพิจารณาต้นทุนการจัดหาแบตเตอรี่อายุการใช้งานที่สอง ช่วงราคาสำหรับแบตเตอรี่อายุการใช้งานที่สองจะถือว่าอยู่ในช่วงระหว่างขีดจำกัดล่างของราคา 'เต็มใจขาย' จากมุมมองของเจ้าของ EV และขีดจำกัดบนคือราคา 'การประเมินตลาด' ตามสภาพของแบตเตอรี่และราคาตลาดสำหรับแบตเตอรี่ EV ใหม่ พบว่าเมื่อความจุที่เหลือในการเกษียณอายุต่ำกว่า 87% การประยุกต์ใช้การจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่เลิกใช้แล้วสามารถบรรลุการปรับปรุงพาเรโตได้จากมุมมองของ

สวัสดิการสังคม นอกจากนี้ คาดว่าความจุที่เหมาะสมในการเกษียณอายุจะอยู่ที่ 77% ผลลัพธ์ของเราแนะนำว่าอัตราการยอมรับ EV สามารถปรับปรุงได้หากสามารถสร้างตลาดชีวิตที่สองได้สำเร็จ

Mohammad Shahjalal และคณะ (2022, หน้า 122881) [19] ความหนาแน่นของพลังงานสูงทำให้แบตเตอรี่ Li-ion กลายเป็นเทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงานที่เชื่อถือได้สำหรับการใช้งานกริดสำหรับการขนส่ง การทิ้งแบตเตอรี่ที่มีความจุต่ำกว่า 80% อย่างปลอดภัยเป็นเรื่องที่น่ากังวลอย่างยิ่งในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวม เนื่องจากโดยทั่วไปแบตเตอรี่คิดเป็น 40% ของต้นทุนทั้งหมดของรถยนต์ไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องรวมการนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิลเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์ที่เลิกใช้แล้ว และทำให้ห่วงโซ่อุปทานของแบตเตอรี่โดยรวมมีกำไรมากกว่าการทิ้งโดยตรง จากมุมมองทางเศรษฐกิจ เทคนิค และสิ่งแวดล้อม บทความนี้ให้ภาพรวมที่ครอบคลุมของสถานะปัจจุบันของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่มีอายุการใช้งานที่สองผ่านการสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ Li-ion และวิธีการทดลอง หลังจากตรวจสอบอุปสรรคและวิธีการนำแบตเตอรี่ Li-ion กลับมาใช้ใหม่แล้ว จะมีการหารือเกี่ยวกับการใช้งานที่เกี่ยวข้อง ปัญหาด้านต้นทุน และรูปแบบธุรกิจของแบตเตอรี่ Li-ion ที่มีอายุการใช้งานที่สอง ด้วยการนำเสนอการสำรวจอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับสถานะปัจจุบันของแบตเตอรี่ Li-ion ที่นำกลับมาใช้ใหม่ การตรวจสอบนี้สามารถเลือกเทคโนโลยีที่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว ซึ่งจะช่วยเพิ่มความก้าวหน้าในการใช้งานแบตเตอรี่ Li-ion ครั้งที่สองต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ามีศักยภาพในเชิงเทคนิคที่จะนำมาใช้เป็นระบบสำรองไฟฟ้าหรือกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนได้ภายใต้เงื่อนไขของกฎระเบียบของการกำจัดผลิตภัณฑ์ในแต่ละประเทศ ทั้งนี้สำหรับประเทศไทยมีแนวทางการใช้ Solar Rooftop ร่วมกับแบตเตอรี่เพื่อ self-consumption แต่จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่ทั้งในด้านความปลอดภัยและการคุ้มครองผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้งานแบตเตอรี่ชีวิตที่สองยังมีข้อจำกัดในเรื่องการทดสอบความปลอดภัย ของการนำมาใช้งาน อย่างไรก็ตาม ในหลายประเทศเห็นเป็นโอกาสในทางธุรกิจและประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมในการนำแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้งานเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าก่อนนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน มีวิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

การทบทวนเอกสาร

1. ศึกษา ทบทวนเอกสาร วิเคราะห์สถานการณ์ของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับ Second-Life Battery ในประเทศต่างๆ เช่น เยอรมัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะช่วยให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคของแต่ละประเทศ และที่สำคัญทำให้ทราบถึงข้อจำกัดและโอกาสการพัฒนาการใช้ในประเทศไทย โดยรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น วารสารทางวิชาการ งานวิจัย ตำรา และสื่อต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ สถานการณ์โลก ใน website เช่น http://www.sciencedirect.com, http://www.irena.org, http://www.iea.org เป็นต้น โดยขอบเขตและคำนิยามที่เกี่ยวข้องของการศึกษาวิจัย มีดังนี้

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, xEV) หมายถึง ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เพียงอย่างเดียว หรือยานยนต์ที่อาศัยเครื่องยนต์มาใช้ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก คือ ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEV), ยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV), ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEV) และ ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)

2. รวบรวมข้อมูลสถานการณ์ของประเทศไทย การกำกับดูแลและกฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มาตรการทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัด

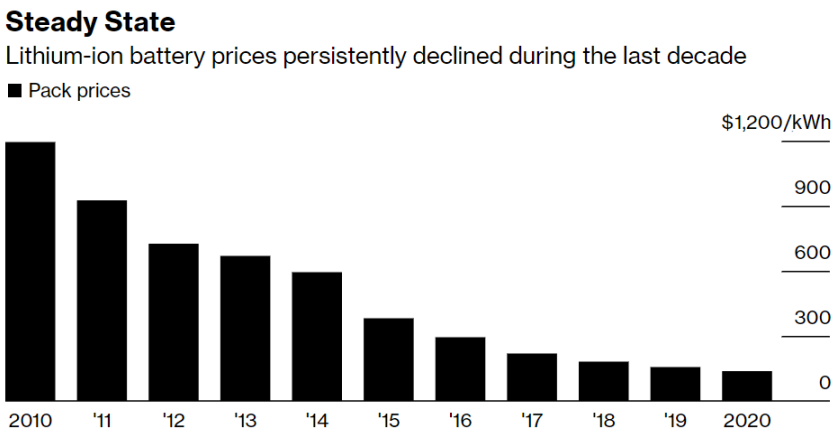
วิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัด วิเคราะห์ด้านการตลาดและการกำหนดกลยุทธ์ ของการดำเนินงานธุรกิจสำหรับการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบ SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities, Threats)

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของธุรกิจ

1. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของธุรกิจ โดยหาต้นทุนของระบบ (Solar Rooftop + ESS) สำหรับครัวเรือน ที่เหมาะสมเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน จากเงื่อนไขที่กำหนดต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์ความเหมาะสมใช้ Cost-Effectiveness Analysis ได้แก่ ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Costing: LCC) ต้นทุนต่อหน่วย (Levelized Cost: LCOE) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยกำหนดความจุพลังงานคงเหลือของแบตเตอรี่ที่ 30 -100% (แสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ก)

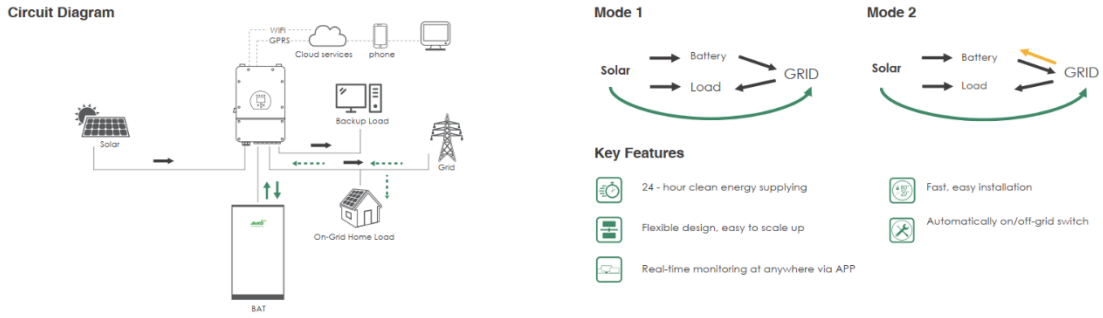
ขอบเขตของแบตเตอรี่และข้อกำหนดในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือ

- แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน ที่ใช้สำหรับรถ HEV, PHEV และ BEV
- อายุโครงการ (Project lifetime) 10 ปี เปลี่ยน ESS ทุกๆ 5 ปี
- อัตราค่าไฟฟ้าของครัวเรือน (ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 150 – 400 kWh/เดือน) ณ ปัจจุบัน ที่อัตราค่าไฟฟ้า 4.22 บาท/kWh
- ระบบที่ให้บริการให้งานวิจัยนี้คือ Solar Rooftop + ESS กำหนดขนาดของ Solar 5 kW + ESS 10 kWh โดยใช้ HOMER ในการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar Rooftop และ ESS (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)
- ราคาของแบตเตอรี่เฉลี่ย $137/kWh ลดลง 10-30% ตามแนวโน้มของ Bloomberg (2020) [20] และ Bloomberg (2021) [21] โดยกำหนดให้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 30 บาท/$



ภาพ 5 การลดลงของราคาแบตเตอรี่

ที่มา: Bloomberg (2021) [21]



ภาพ 6 รูปแบบการใช้แบตเตอรี่สำหรับครัวเรือน

ที่มา: JinkoSolar (2021) [22]

ข้อกำหนดอื่นๆ ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1 และกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์เป็น 6 กรณี (Scenario) ดังตารางที่ 2

ตาราง 1 แสดงข้อกำหนดในการคำนวณ

ข้อกำหนด		หน่วย
ราคาระบบ Solar Rooftop	250,000	บาท
Annual O&M costs (as% of total cost)	0.10	%
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์	6,815	kWh/year
ระยะเวลาดำเนินโครงการ	10	ปี
ระยะเวลาการเปลี่ยนแบตเตอรี่	5	ปี

ตาราง 2 แสดงสมมุติฐานในการวิเคราะห์

Scenario	ความจุพลังงานคงเหลือของแบตเตอรี่ (%)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh/year)
Baseline	100%	2,102
Scenario 1	80%	1,681
Scenario 2	70%	1,471
Scenario 3	60%	1,261
Scenario 4	50%	1,051
Scenario 5	40%	840
Scenario 6	30%	630

หากพิจารณาราคาของแบตเตอรี่ใหม่เฉลี่ย 137USD/kWh หรือ 4,110 บาท/kWh (อัตราแลกเปลี่ยนที่ 30 บาท/USD) และราคาจะลดลง 10-30% ตามแนวโน้มของ Bloomberg (2020) [20] และ Bloomberg (2021) [21] และ Battery Report 2021 ของ Battery Bits. (2022) [23] ยังคงคาดการณ์ราคาแบตเตอรี่ยานยนต์ว่าจะลงมาถึงประมาณ 65 – 70 USD/kWh ในปี ค.ศ. 2030

รายงานของ Mckinsey (2019a) [5] และ Mckinsey (2019b) [6] กำหนดราคาขายของ SLB อยู่ระหว่างที่ 30-70% ของราคาแบตเตอรี่ใหม่ แสดงดังตารางที่ 3

ตาราง 3 แสดงสมมุติฐานในการวิเคราะห์ราคา SLB

Scenario	สัดส่วนของราคา (%)	ราคา (บาท/kWh)
Baseline	100%	4,110
Scenario 1	70%	2,877
Scenario 2	60%	2,466
Scenario 3	50%	2,055
Scenario 4	40%	1,644
Scenario 5	30%	1,233
Scenario 6	20%	822

การนำแบตเตอรี่อายุการใช้งานที่สอง (SLB) มาใช้งานในระดับครัวเรือนโดยวิเคราะห์หาต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านและแบตเตอรี่ (5 kW Solar Rooftop + 10 kWh ESS) ที่เหมาะสม ซึ่งกำหนดราคาแบตเตอรี่อายุการใช้งานที่สองตั้งแต่ 5,000 – 55,000 บาท แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนต่อหน่วย ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนต่อหน่วย

SLB Cost (บาท)	LCC (บาท)	LCOE (บาท/kWh)						
		Baseline	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
55,000	376,775	4.23	4.43	4.55	4.67	4.79	4.92	5.06
50,000	366,500	4.11	4.31	4.42	4.54	4.66	4.79	4.92
45,000	356,225	3.99	4.19	4.30	4.41	4.53	4.65	4.78
40,000	345,950	3.88	4.07	4.17	4.28	4.40	4.52	4.65
35,000	335,675	3.76	3.95	4.05	4.16	4.27	4.38	4.51
30,000	325,400	3.65	3.83	3.93	4.03	4.14	4.25	4.37
25,000	315,125	3.53	3.71	3.80	3.90	4.01	4.12	4.23
20,000	304,850	3.42	3.59	3.68	3.77	3.88	3.98	4.09
15,000	294,575	3.30	3.47	3.55	3.65	3.74	3.85	3.96
10,000	284,300	3.19	3.35	3.43	3.52	3.61	3.71	3.82
5,000	274,025	3.07	3.23	3.31	3.39	3.48	3.58	3.68

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนต่อหน่วยของ SLB เมื่อเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าของครัวเรือน ณ ปัจจุบัน ที่อัตราค่าไฟฟ้า 4.22 บาท/kWh พบว่า ความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 30-50% เมื่อเทียบกับของใหม่ อายุใช้งาน 5 ปี จะสามารถกำหนดราคารูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS) ได้ไม่เกิน 20,000 - 30,000 บาท ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต 10 ปี อยู่ระหว่าง 304,850 – 325,400 บาท ส่วนความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 60 - 80% จะกำหนดราคาได้ไม่เกิน 35,000 -45,000 บาท ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต อยู่ระหว่าง 335,675 - 376,775 บาท กรณีแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน โดยยังคงเหลือความจุแบตเตอรี่ประมาณร้อยละ 80 ของความจุทั้งหมด

Notter, et al. (2010) พบว่า ราคา Second Life แบตเตอรี่ควรมีราคาไม่เกิน 50% ของราคาแบตเตอรี่ใหม่ ดังนั้นราคาควรไม่เกิน 2,000 บาท/kWh ดังนั้นสำหรับการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนในงานวิจัยนี้ ราคาขายที่ธุรกิจจะต้องคาดการณ์ไว้ไม่เกิน 20,000 บาท

2. ออกแบบลักษณะธุรกิจ และลักษณะการแข่งขันของธุรกิจบริหารจัดการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน จะถูกนำเสนอโดยการใช้แนวทางของ Business Model Canvas และ Five Forces Model หรือ แรงผลักดันทั้ง 5 ของ Porter (Porter's five forces) มาพิจารณาเฉพาะรูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS) โดยกำหนดรูปแบบธุรกิจทั้งหมด 3 รูปแบบหลักๆด้วยกัน ได้แก่ ธุรกิจให้คำปรึกษาออกแบบติดตั้ง ธุรกิจรับจ้างติดตั้งและบำรุงรักษา และ ธุรกิจบริษัทจัดการพลังงาน (Energy Service Company: ESCO) แสดงรายละเอียด ดังนี้

<u>รูปแบบที่ 1 (Model 1): ธุรกิจให้คำปรึกษาออกแบบติดตั้ง</u>

<u>ลักษณะของธุรกิจ</u>

1. ออกแบบระบบการติดตั้ง Solar Rooftop + ESS ซึ่งมีทั้งแบบที่เป็นมาตรฐานตามขนาดที่ได้กำหนดไว้และปรับเปลี่ยนได้ตามที่ลูกค้าต้องการ
2. แนะนำจัดหาและจัดจ้างบริษัทอื่นๆหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตั้ง Solar Rooftop ให้กับลูกค้า โดยทางบริษัทจะทำสัญญากับผู้ติดตั้ง (Original Equipment Manufacturer: OEM) และ บริษัทเป็นผู้ที่สามารถเลือก outsource จากบริษัทใดก็ได้เพื่อการบริการลูกค้า โดยต้องออกแบบกฎระเบียบให้กับทางร้านที่บริษัทได้ outsource ไป
3. ลูกค้าจ่ายเงินในแต่ละเดือนให้กับทางบริษัทเพื่อให้บริษัทเป็นตัวกลางในการดูแลและติดต่อกับ outsource ที่ทางบริษัทได้ทำข้อตกลงไว้ (ทางบริษัทต้องทำสัญญากับบริษัทต่างๆ ในแต่ละภูมิภาค เพื่อเป็นแหล่ง outsource และทำหน้าที่รวบรวมแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า)

<u>กระบวนการในการให้บริการ</u>

1. ตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าของบ้านหรืออาคารของลูกค้าแต่ละราย
2. คาดคะเนต้นทุนของการติดตั้งในแต่ละบ้าน
3. เยี่ยมชมที่บ้านเพื่อจะตรวจสอบและออกแบบการติดตั้งโดยวิศวกรที่ชำนาญการ

<u>ทำอย่างไรลูกค้าจึงจะสนใจในการติดตั้ง</u>

1. ใช้ solar module ที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูง ต้องให้ประชาชนตระหนักในเงินที่จะประหยัดได้

2. ต้องมีการรับประกันระบบ Solar Rooftop 10 ปีเป็นอย่างต่ำเพื่อสร้างความมั่นใจให้ลูกค้า
3. มีลักษณะและเกณฑ์ในการเลือก supplier อย่างมีระบบ และมีมาตรฐาน เช่น มีระบบการคัดเลือกและตรวจสอบคุณภาพแบตเตอรี่รถยนต์ตามมาตรฐานสากล หรือ Solar City จะมีการเลือกเฉพาะ supplier ที่มีอุปกรณ์ความคงทนมากกว่าทั่วไป 2-3 เท่า และมีอายุมากกว่าอุตสาหกรรมทั่วไป (35 ปี โดยที่ทั่วไปจะประมาณ 25 ปี) เป็นต้น
4. มีการจัดสรรบุคลากรเพื่อไปตรวจสอบระบบอยู่ทุกปี

<u>จุดแข็ง</u>

1. การทำธุรกิจแบบนี้คือการเป็นตัวกลางที่ บริษัทไม่ต้องแบกรับภาระด้านสินทรัพย์ต่างๆ ทำให้สามารถมุ่งเน้นการบริการและเน้นการหาลูกค้าโดยการออกโปรโมชั่นจูงใจได้

<u>จุดอ่อน</u>

1. ลูกค้าสามารถติดต่อกับทางบริษัทที่ปรึกษาแบบนี้ได้โดยตรง จะต้องดำเนินกิจการให้เน้นการบริการเป็นสำคัญและราคาสามารถสู้กับคู่แข่งได้
2. บริษัทไม่สามารถกำหนดราคาเรื่องการติดตั้งได้ แต่ทางบริษัท outsource จะต้องแข่งขันทางด้านราคากับคู่แข่งรายอื่นเอง

<u>รูปแบบที่ 2 (Model 2): ธุรกิจรับจ้างติดตั้งและบำรุงรักษา</u>

<u>ลักษณะของธุรกิจ</u>

1. ออกแบบระบบการติดตั้ง Solar Rooftop + ESS ซึ่งมีทั้งแบบที่เป็นมาตรฐานตามขนาดที่ได้กำหนดไว้และปรับเปลี่ยนได้ตามที่ลูกค้าต้องการ
2. ติดตั้ง Solar Rooftop ให้กับลูกค้า
3. บริการหลังการขายเกี่ยวกับ Solar Rooftop ให้กับลูกค้า
4. ต้องมีการการันตีสินค้าให้กับลูกค้า
5. ลูกค้าจะต้องได้รับความคุ้มค่าในการลงทุน แต่ปัจจุบันแล้วลูกค้าต้องการที่จะลงทุนเองมากกว่าเนื่องจากต้นทุนของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดต่ำลงมามาก

6. บริษัททำหน้าที่รวบรวมแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยมีการทดสอบมาตรฐานและความปลอดภัยก่อนนำไปใช้งานในครัวเรือน

<u>กระบวนการในการให้บริการ</u>

1. คาดคะเนการใช้งานของบ้านของแต่ละที่
2. คาดคะเนต้นทุนของการใช้งานในแต่ละบ้าน
3. เยี่ยมชมที่บ้านเพื่อตรวจสอบและออกแบบการติดตั้งโดยวิศวกรที่ชำนาญการ
4. ติดตั้งระบบ Solar Rooftop + ESS และให้บริการหลังการติดตั้ง

<u>ทำอย่างไรลูกค้าจึงจะสนใจในการติดตั้ง</u>

1. ใช้ solar module ที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูง ต้องให้ประชาชนตระหนักในเงินที่จะประหยัดได้
2. ต้องมีการรับประกัน Solar Rooftop 10 ปีเป็นอย่างต่ำเพื่อสร้างความมั่นใจให้ลูกค้า
3. มีลักษณะและเกณฑ์ในการเลือก supplier อย่างมีระบบ และมีมาตรฐาน เช่น มีระบบการคัดเลือกและตรวจสอบคุณภาพแบตเตอรี่รถยนต์ตามมาตรฐานสากล หรือ Solar City จะมีการเลือกเฉพาะ supplier ที่มีอุปกรณ์ความคงทนมากกว่าทั่วไป 2-3 เท่า และมีอายุมากกว่าอุตสาหกรรมทั่วไป (35 ปี โดยที่ทั่วไปจะประมาณ 25 ปี)
4. มีการจัดสรรคนเพื่อไปตรวจสอบระบบอยู่ทุกปี
5. ต้องมีการจัดสรรคนเพื่อไปตรวจสอบ supplier ทุกๆเดือน โดยอาศัยวิธีการตรวจสอบแบบสุ่ม

<u>จุดแข็ง</u>

1. บริษัทจะต้องมีลูกค้าเดิมอยู่แล้วซึ่งน่าจะสามารถมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้า สามารถนำข้อมูลนี้มาเป็นประโยชน์ในการแข่งขันต่อไป

<u>จุดอ่อน</u>

1. บริษัทต้องแบกรับภาระในด้านบุคลากรทางเทคนิค และทักษะเฉพาะในด้านการทดสอบและตรวจสอบคุณภาพของแบตเตอรี่
2. บริษัทต้องแบกรับภาระในการซื้อสินทรัพย์ที่ต้องใช้สำหรับการติดตั้ง Solar Rooftop

3. ลูกค้าสามารถติดต่อกับทางบริษัทที่ปรึกษาแบบนี้ได้โดยตรง บริษัทจะต้องดำเนินกิจการให้เน้นการบริการเป็นสำคัญและราคาสามารถสู้กับคู่แข่งได้
4. บริษัทอาจจะต้องแข่งขันกับบริษัทลักษณะนี้โดยตรงซึ่งธุรกิจนี้มีลักษณะการแข่งขันโดยสมบูรณ์ มีผู้เล่นอยู่เป็นจำนวนมาก

<u>รูปแบบที่ 3 (Model 3): ธุรกิจบริษัทจัดการพลังงาน (Energy Service Company: ESCO)</u>

<u>ลักษณะของธุรกิจ</u>

1. เป็นธุรกิจแบบเดียวกับโมเดลธุรกิจที่ 1 หรือ 2 และเพิ่มในส่วนของการลงทุนของบริษัท
2. บริษัทจะเป็นผู้ลงทุนด้าน Solar Rooftop +ESS ทุกอย่างโดยจะเช่าพื้นที่หลังคาอาคารบ้านเรือนของเอกชน โดยนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไป
3. ทางเจ้าของบ้านหรือเจ้าของอาคารจะไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้าน Solar Rooftop +ESS แต่จะได้ค่าเช่าสถานที่ในการติดตั้ง
4. รูปแบบค่าเช่าสามารถทำได้สามรูปแบบคือ

1) Rental Model

ลูกค้าที่ยอมให้ติดตั้งได้รับค่าแรกเข้าและค่าเช่าที่ในการติดตั้งจากทางบริษัท

2) Shared Model (70%: 30%)

ลูกค้าที่ติดตั้งแบ่งส่วนของรายได้กับทางบริษัท

3) Guarantee Saving

ลูกค้าที่ติดตั้งแบ่งส่วนของรายได้กับทางบริษัทแต่ได้รับ options พิเศษที่สามารถการันตีราคาขายของไฟฟ้าได้

โดยสามารถทำได้โดยในรูปแบบของ Solar City ซึ่งเป็นบริษัทลูกของ Tesla โดยขั้นตอนของการดำเนินงาน คือ

1. บริษัทให้คำปรึกษาด้านการออกแบบและติดตั้งหน้างาน
2. ลูกค้าเซ็นการซื้อไฟฟ้าจากบริษัท
3. บริษัทออกแบบการติดตั้งและขนาดที่เหมาะสมแก่ลูกค้า
4. บริษัทดูแลระบบทุกอย่างในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยลูกค้าได้ส่วนลดของราคาไฟฟ้าหรือได้เงินส่วนแบ่ง

5. พอหมดเวลาที่สัญญาระบุไว้ ลูกค้าสามารถถอดระบบออกได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย หรือสามารถต่อสัญญาระยะยาวออกไปอีกได้

<u>จุดแข็ง</u>

1. ลูกค้ามีความต้องการที่จะติดเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่ต้องลงทุนด้วยตัวเอง
2. ลูกค้าไม่ต้องเสียเวลากับ ระบบ Solar Rooftop + ESS แต่ได้ค่าเช่าที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นมา

<u>จุดอ่อน</u>

1. บริษัทต้องใช้เงินทุนจำนวนมากเพื่อซื้ออุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง Solar Rooftop + ESS ซึ่งอาจจะเป็นการเพิ่มความเสี่ยงให้กับบริษัท

3. วิเคราะห์ข้อมูลทางการตลาด เพื่อวางแผนการดำเนินธุรกิจในแบบต่างๆ ในอนาคต การวิเคราะห์การแบ่งส่วน (segmentation) การวางตำแหน่ง (positioning) การประเมินวงจรธุรกิจ (business life cycle) การวิเคราะห์กลยุทธ์ทางการตลาด แบบ 4P (Product, Price, Place, Promotion)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์โอกาสและข้อจำกัดของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน และแนวทางการดำเนินธุรกิจการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน แสดงผลการวิจัย ดังนี้

โอกาสและข้อจำกัดของการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

จากการศึกษาการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนของประเทศต่างๆ พบว่า มีโอกาสและข้อจำกัดในการดำเนินการ ดังนี้

- **โอกาส**
  1) ประเทศไทยมีนโยบายการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่ชัดเจน ทำให้เกิดตลาดการแข่งขันโดยสมบูรณ์และส่งผลต่อความต้องการของผู้ใช้งานในประเทศ
  2) ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าแบบใช้เอง (Self-consumption) ช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จะติดตั้ง Solar Rooftop (Prosumer) ทั้งระดับ residential & commercial สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า และป้องกันความผันผวนของราคาพลังงานที่เกิดขึ้นในอนาคต
  3) Self-consumption เพิ่มการแข่งขันของการผลิตไฟฟ้ารายย่อย และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของตลาดไฟฟ้า จะมีรูปแบบธุรกิจใหม่ๆ เกิดขึ้น และทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าจาก Solar Rooftop เป็นผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ขึ้น ซึ่งผู้บริโภคพลังงานขั้นสุดท้ายจะเป็นตัวแปรสำคัญของผู้ผลิตพลังงานและเป็นผู้กำหนดส่วนแบ่งทางการตลาดด้านพลังงานในอนาคต
  4) Self-consumption ทำให้เกิดผู้ผลิตพลังงานจำนวนมากขึ้น สามารถพึ่งพาพลังงานของตนเองได้ อาจนำไปสู่การลด peak load ลดการสร้างและลดต้นทุนในการดำเนินการโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้
  5) ประเทศไทยมีข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ อุปกรณ์และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ได้มาตรฐานสากล ได้รับการยอมรับจากผู้ประกอบการทั้งในประเทศและต่างประเทศ

6) การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย มีข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่ชัดเจน หากผู้ใช้ในครัวเรือนต้องการติดตั้งระบบ Solar Rooftop + ESS และเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย
7) รายละเอียดต่างๆในการดำเนินการ Solar Rooftop สามารถเข้าถึงได้จาก website ของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ซึ่งทำหน้าที่เป็น one-stop service

- **ข้อจำกัด**
  1) ประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดคุณสมบัติของแบตเตอรี่และการติดตั้งแบตเตอรี่สำหรับการใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาที่ได้มาตรฐานสากล ได้รับการยอมรับจากผู้ประกอบการทั้งในประเทศและต่างประเทศ
  2) ประเทศไทยยังไม่มีความชัดเจนในกฎระเบียบการกำจัดหรือทิ้ง แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า
  3) ในระยะสั้น ยังขาดการกระตุ้นหรือแรงจูงใจ market driven และ demand driven ในระดับ residential เนื่องจากต้นทุนของระบบยังไม่ grid parity แต่หากมีการแข่งขันมากขึ้นจะทำให้ต้นทุน Solar Rooftop + ESS ในกลุ่ม residential ลดลง
  4) ภาครัฐไม่มีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตจาก Solar Rooftop ดังนั้นผู้ที่ติดตั้ง จึงจำกัดในส่วนของผู้ที่มีการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวัน
  5) ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของบริษัทหรือผู้ประกอบการที่จำหน่ายอุปกรณ์ติดตั้งหรือให้บริการ Solar Rooftop การกำหนดระยะเวลาในการรับประกัน เพื่อความเชื่อมั่นหรือคุ้มครองสิทธิ์ของผู้ที่ติดตั้ง Solar Rooftop

แนวทางการดำเนินธุรกิจการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนโดยการวิเคราะห์ Five Forces เปรียบเทียบทั้ง 3 ธุรกิจ ได้แก่ ธุรกิจให้คำปรึกษาออกแบบติดตั้ง ธุรกิจรับจ้างติดตั้งและบำรุงรักษา ธุรกิจบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) มีรายละเอียดในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นการบอกแรงต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจทั้ง 3 ประเภทนี้ โดยแรงต่างๆทั้ง 5 นั้นคือ

แรงที่เกิดจากการที่จะมีคู่แข่งเข้ามาใหม่ (threat of new entrants) แรงที่จะมีผลิตภัณฑ์ที่สามารถมาทดแทนได้ (threat of substitutes) แรงจากการต่อรองของลูกค้า (bargaining power of customers) แรงจากการต่อรองของซัพพลายเออร์ (bargaining power of suppliers) แรงจากการแข่งขันของคู่แข่งปัจจุบัน (industry rivalry)

ตาราง 5 แสดงการวิเคราะห์ Five Forces สำหรับธุรกิจประเภทต่าง ๆ

Detail	Model 1	Model 2	Model 3
Threat of new entrants	**สูง** เงินลงทุนต่ำ สามารถเข้ามาได้ง่าย	**ปานกลาง** มีหลายรายที่รับติดตั้ง แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องความน่าเชื่อถือ	**ต่ำ** ต้องใช้เงินลงทุน และความน่าเชื่อถือ
Threat of substitutes	**สูง** อ่านเองได้ในอินเตอร์เน็ต YouTube	**สูง** บางครั้ง เจ้าของบ้านอาจจะสามารถจ้างช่างมาติดตั้งให้ หรือติดตั้งเองได้เลย	**ปานกลาง** อาจจะใช้รูปแบบ 2 ผสมกับการกู้ธนาคารมาลงทุนได้
Bargaining power of customers	**ต่ำ** ลูกค้าหลายราย	**ต่ำ** ลูกค้าหลายราย	**มาก** เนื่องจากลูกค้ารายใหญ่สามารถลงทุนได้ด้วยตัวเอง เพราะมีเงินทุนเพียงพอ
Bargaining power of suppliers	**ปานกลาง** ผู้จำหน่ายแผงมีไม่มากนัก จากต่างประเทศ แต่ก็ไม่น้อยจนเกินไป	**ปานกลาง** ผู้จำหน่ายแผงมีไม่มากนักจากต่างประเทศ แต่ก็ไม่น้อยจนเกินไป	**ต่ำ** ผู้จำหน่ายแผงมีไม่มากนักจากต่างประเทศ แต่สามารถซื้อได้ในปริมาณที่มาก
Industry rivalry	**ปานกลาง/สูง** ปัจจุบันมีคู่แข่ง ในการให้คำปรึกษา และติดตั้งค่อนข้างมาก	**ปานกลาง** ปัจจุบันมีคู่แข่ง ในการให้คำปรึกษา และติดตั้งค่อนข้างมาก	**ต่ำ** ปัจจุบันมีคู่แข่ง ในการให้คำปรึกษา และติดตั้งค่อนข้างมาก แต่ที่ลงทุนด้วยยังน้อย

ในส่วนของธุรกิจที่ 1 มีแรงที่น่าเป็นห่วงต่างๆคือ การที่เป็นธุรกิจที่มีเงินลงทุนต่ำ ทำให้คู่แข่งรายใหม่สามารถเข้ามาแข่งขันได้ง่าย อีกทั้งลูกค้ายังสามารถหาข้อมูลเชิงลึกจากสื่อต่างๆทางอินเทอร์เน็ตได้ การแข่งขันจากคู่แข่งปัจจุบันก็มีความสำคัญเนื่องจากบริษัทที่ให้คำปรึกษาในประเทศไทยนั้นมีจำนวนมาก ซึ่งบริษัทติดตั้งไฟฟ้าต่างๆ ก็สามารถที่จะให้คำปรึกษาการติดตั้ง solar panel ได้

ในส่วนของธุรกิจที่ 2 มีแรงที่น่าเป็นห่วงที่สุดก็จะเกิดจากการที่ลูกค้านั้นสามารถที่จะจ้างช่างมาให้ติดตั้งด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องผ่านการบริการของบริษัท ซึ่งอาจจะมีราคาที่ถูกกว่า และอาจจะมีประสิทธิภาพที่มากกว่า รวมทั้งมีบริษัทจำนวนมากที่สามารถเป็นตัวแทนของตัวธุรกิจนี้ได้ รวมทั้งอาจจะมีแรงจากการที่ซัพพลายเออร์อาจจะสามารถมีอำนาจต่อรองกับบริษัทเนื่องจากซัพพลายเออร์อยู่ต่างประเทศและอาจจะมีจำนวนไม่มากนักทำให้มีอำนาจการต่อรองกับบริษัท

ในส่วนของธุรกิจที่ 3 นั้นมีแรงจากการต่อรองของลูกค้า ซึ่งจากการคำนวณแล้ว ลูกค้ารายใหญ่จะเป็นลูกค้ากลุ่มสำคัญที่จะลงทุนในการติดตั้งแผง PV ซึ่งสามารถ ที่จะติดตั้งเองได้โดยไม่ต้องอาศัยเงินลงทุนจากทางบริษัทนั่นทำให้การต่อรองของลูกค้านั้นค่อนข้างสูง

การวิเคราะห์เชิงการตลาดแบบ 4P

การดำเนินธุรกิจที่จะประสบความสำเร็จทางการตลาดนั้น ประกอบไปด้วยการบูรณาการทางด้าน ผลิตภัณฑ์ (product) ราคา (price) สถานที่ (place) โปรโมชั่น (promotion) ซึ่งธุรกิจทั้ง 4 จะต้องมีกลยุทธ์ทางการตลาดแบบ 4P ในทุกๆด้าน ตารางที่ 6 ได้แสดงการวิเคราะห์ 4P โดยใช้สำหรับธุรกิจต่างๆทั้ง 3 ประเภท และจะเน้นสำหรับแต่ละธุรกิจในวงเล็บ เช่น บริษัทจะต้องมีการใช้ solar module ที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูง ซึ่งต้องให้ประชาชนตระหนักในเงินที่จะประหยัดได้ ทำให้ประชาชนมีแรงจูงใจในการที่จะติดตั้งระบบ solar module ด้านราคานั้น บริษัทควรจะบวก premium ของการที่บริษัทมีความใส่ใจในสิ่งแวดล้อม โดยการนำแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้ามาให้บริการ ทำให้สามารถที่จะคิดราคาได้มากกว่าคู่แข่ง โดยการวางตำแหน่งของธุรกิจซึ่งจะเน้นการติดตั้งและการบริการที่มีความเชี่ยวชาญที่สูงกว่าและเป็นบริษัทที่น่าเชื่อถือกว่าบริษัทอื่นๆ

ตาราง 6 การวิเคราะห์ 4P สำหรับธุรกิจประเภทต่าง ๆ

Product	Price	Place	Promotion
● ใช้ solar module ที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่สูง ต้องให้ประชาชนตระหนักในเงินที่จะประหยัดได้ ● มีลักษณะและเกณฑ์ในการเลือก supplier อย่างมีระบบและมีมาตรฐาน เช่น Solar City จะมีการเลือกเฉพาะ supplier ที่มีอุปกรณ์ความคงทนมากกว่าทั่วไป 2-3 เท่า และมีอายุมากกว่าอุตสาหกรรมทั่วไป)35 ปี โดยที่ทั่วไปจะประมาณ 25 ปี ● ต้องมีการจัดสรรบุคลากรเพื่อไปตรวจสอบระบบอยู่ทุกปี ● ต้องมีการจัดสรรคนเพื่อไปตรวจสอบ supplier ทุกๆ เดือน	● เนื่องจากความเชื่อมั่นที่มีต่อบริษัทจากลูกค้า เราสามารถใช้ราคาตลาด บวก premium ของการเป็นสินค้าเพื่อสิ่งแวดล้อมเข้าไปได้ ● อาจจะต้องมีระบบการจัดการเป็น dynamic pricing ปรับเปลี่ยนตามสภาวะของราคาอุปกรณ์ต่างๆด้วย	● (Model 1,2) สาขาที่รับชำระเงิน น่าจะสามารถนำมาให้บริการได้ และเพิ่มหน้าที่ของแต่ละสาขาให้สามารถติดต่อเพื่อติดตั้ง solar roof ได้ ● (Model 3) รับเฉพาะสาขาที่มีศักยภาพ โดยที่มีพนักงานที่ฝึกมาโดยเฉพาะ เพื่อออกไปหาลูกค้า แทนที่จะให้ลูกค้ามาหาอย่างเดียว ● ใช้โซเชียลมีเดียต่างๆ ให้เป็นประโยชน์ในการประชาสัมพันธ์และถาม-ตอบ เช่น Facebook page, Instagram, Website, Customer service ซึ่งอาจจะใช้ระบบการถามตอบแบบ artificial intelligence เข้ามาเสริมเพื่อประหยัดพนักงานได้ในอนาคต	● ต้องมีการรับประกันระบบ Solar Rooftop 10 ปี เป็นอย่างต่ำเพื่อสร้างความมั่นใจให้ลูกค้า ● ขายพ่วงกับการขายไฟฟ้าปัจจุบัน ยิ่งจ่ายค่าไฟเยอะ จะได้รับส่วนลดในการติดตั้งมาก % กว่า ● เนื่องจากการใช้ solar rooftop เป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม อาจจะมีโปรโมชั่นจากทางรัฐบาลเพื่อลดภาษีให้กับลูกค้าอีกทาง

Product	Price	Place	Promotion
โดยอาศัยวิธีการตรวจสอบแบบสุ่ม ● การออกแบบ Solar Rooftop ต้องสามารถทนทานและผ่านสภาพอากาศที่เลวร้ายมากๆ ได้		● ใช้ฐานข้อมูลที่มีอยู่ปัจจุบัน ติดต่อกับลูกค้าได้เลย	

Positioning

เป็นบริษัทที่มีการบริการเกี่ยวกับการให้คำปรึกษา ติดตั้ง ดูแล solar rooftop ที่มีความเชี่ยวชาญที่สูงกว่า และน่าเชื่อถือกว่าบริษัทคู่แข่ง มีการสร้างเครือข่ายกับ Certified Body เพื่อการรับรองคุณภาพและความปลอดภัยในการทำงานของอุปกรณ์ รวมถึงให้ใบรับรองกับผู้รับเหมาที่จะดำเนินการติดตั้งระบบ

ตัวอย่างของสถานที่ในการให้บริการนั้น ทางบริษัทสามารถที่จะใช้สาขาการรับชำระบริการปัจจุบัน ในการให้บริการทางด้านการติดตั้ง Solar module ได้ โดยให้พนักงานในแต่ละสาขามีหน้าที่ความรับผิดชอบเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการประหยัดงบประมาณ และการใช้เงินลงทุนในการสร้างสาขาในการให้บริการใหม่ๆ ส่วนตัวอย่างของโปรโมชั่นนั้น ทางบริษัทจะต้องมีการรับประกันให้กับลูกค้าในการที่จะสามารถใช้ solar module 10 ปี ทำให้ลูกค้ามั่นใจที่จะลงทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มแรงจูงใจของลูกค้าไปในตัวอีกด้วย

บทที่ 5
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

กรณีแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน โดยยังคงเหลือความจุแบตเตอรี่ประมาณร้อยละ 80 ของความจุทั้งหมด เมื่อซ่อมแซมแล้ว (Refurbish) ต้องทดสอบแบตเตอรี่โดยประจุไฟจนถึงร้อยละ 70 ของความจุแบตเตอรี่ (Notter, et al., 2010) จึงจะนำไปใช้งานได้ใหม่ได้ ช่วยเสริมไฟฟ้าเข้าสู่ระบบในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้ามากเกินไปได้ โดยสามารถใช้งานต่อได้อีก 4-5 ปี กรณีเช่นนี้เรียกการจัดการแบตเตอรี่แบบรียูส (Reuse) นอกจากนั้นการ Reuse แบตเตอรี่เพื่อใช้งานสำหรับครัวเรือนแทนการใช้งานแบตเตอรี่ที่ถูกผลิตขึ้นมาใหม่ สามารถลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่และลดการเกิดสภาวะอุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลง (Climate change) ได้ร้อยละ 69 และ 68 ตามลำดับ (Richa, et al., 2017) [24] แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดด้านการตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่ก่อนนำมา Reuse เป็น Stationary Energy Storage ซึ่งเป็นการยากที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วยังปลอดภัยสามารถนำไปใช้งานในลักษณะอื่นได้ ดังนั้น ข้อกำหนด หรือวิธีการในการตรวจสอบแบตเตอรี่ใช้แล้วก่อนนำไปใช้งานต่อจึงมีความจำเป็น เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายในการนำไปใช้งานต่อไปในอนาคต

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตและต้นทุนต่อหน่วยของ SLB เมื่อเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าของครัวเรือน ณ ปัจจุบัน ที่อัตราค่าไฟฟ้า 4.22 บาท/kWh พบว่า ความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 80% อายุใช้งาน 5 ปี จะสามารถกำหนดราคารูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS) ได้ไม่เกิน 20,000 บาท ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต 10 ปี อยู่ระหว่าง 304,850 – 315,125 บาท โดยรูปแบบธุรกิจทางด้านการกักเก็บพลังงานนั้นสามารถช่วยให้ลูกค้า ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่ไม่ได้นำมาใช้ และเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายพลังงานในช่วงที่ต้องการใช้พลังงานสูงสุด อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนในการซื้อพลังงานไฟฟ้าด้วย ซึ่งรูปแบบการดูแลรักษาพร้อมให้คำแนะนำและการรับประกันผลการผลิตไฟฟ้า รวมถึงความปลอดภัยหลังการติดตั้ง Solar Rooftop จะเป็นทางเลือกในการดำเนินธุรกิจ Energy-as-a-service (EaaS)

อภิปรายผล

คุณสมบัติเบื้องต้นของ SLB ต้องมีค่าความจุพลังงานคงเหลือไม่น้อยกว่า 50% เมื่อเทียบกับของใหม่ อายุใช้งาน 5 ปี เพื่อให้สามารถกำหนดราคารูปแบบทางธุรกิจแบบ Energy-as-

a-service (EaaS) น้อยกว่า 20,000 บาท การใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ส่งผลให้แบตเตอรี่มีมูลค่าโดยรวมมากขึ้น และเป็นการลดสัดส่วนมูลค่าขณะใช้งานใน xEV ลง ทำให้ผู้บริโภคไม่ต้องแบกรับภาระจากราคาแบตเตอรี่ของ xEV มากจนเกินไปเพื่อความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจจึงควรพิจารณา Recycle แบตเตอรี่สำหรับการใช้งานในครัวเรือน ดังนั้นในการดำเนินธุรกิจ SLB สำหรับครัวเรือน นอกจากต้องคำนึงเรื่องประสิทธิภาพของแบตเตอรี่แล้ว ยังต้องคำนึงถึงอัตราการเก็บรวบรวมแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้วซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนในการดำเนินการรูปแบบธุรกิจแบบ Energy-as-a-service (EaaS) อีกด้วย ดังนั้นบริษัทควรมีพันธมิตรที่มีความสามารถในด้านต่างๆ เพื่อนำมาพัฒนาศักยภาพของบริษัทเพื่อสร้างโอกาสและให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

สำหรับกรณีผู้ใช้ไฟกลุ่มครัวเรือนนั้น แม้ผลการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นว่าการลงทุนติดตั้ง solar rooftop + ESS ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าก็ตาม แต่การตัดสินใจลงทุนของบุคคลอาจทำได้ยาก เนื่องจากบุคคลจะมีแนวโน้มที่จะหลีกเลี่ยงความเสี่ยง (risk avoidance) สูง ในการจูงในให้มีการติดตั้ง solar rooftop + ESS นั้น อาจต้องมีการจูงใจในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม เช่น การจัดให้มีการปล่อยเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ ระยะเวลาการกู้ยาวนาน สำหรับลงทุนใน solar rooftop + ESS เพื่อให้ผู้ใช้ไฟกลุ่มนี้สามารถตัดสินใจลงทุนได้ง่ายขึ้น

บรรณานุกรม

[1] McKinsey. (2021). **Innovating to net Zero: An executive's guide to climate technology**. สืบค้นเมื่อ 15 December 2021; จาก: https://www.mckinsey. com/business-functions/sustainability/our-insights/innovating-to-net-zero-an-executives-guide-to-climate-technology?cid=other-soc--mip-mck-oth-2112--&sid=6182182937&linkId=147664312.

[2] International Energy Agency. (2021). **Global EV Outlook** 2021. สืบค้นเมื่อ 10 June 2021; จาก: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021.

[3] สถาบันยานยนต์. (2561). **รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานการศึกษาธุรกิจการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ภายใต้โครงการศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ปี พ.ศ.2561** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563; จาก: https://www.thaiauto.or.th/2012/th/services/ev/pdf/research/2018/รายงานการศึกษาธุรกิจการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว.pdf.

[4] สถาบันยานยนต์. (2561). **รายงานการศึกษาธุรกิจการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ภายใต้โครงการศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ปี พ.ศ.2561**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563; จาก: https://www.thaiauto.or.th/2012/th/ services/ev/pdf/research/2018/รายงานการศึกษาธุรกิจการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว.pdf.

[5] McKinsey. (2019a). **Breathing New Life into Used Electric Vehicle Batteries**. สืบค้นเมื่อ 15 December 2021; จาก: https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/sustainability-blog/breathing-new-life-into-used-electric-vehicle-batteries.

[6] McKinsey. (2019b). **Second Life EV Batteries: the Newest Value Pool in Energy Storage**. สืบค้นเมื่อ 15 December 2021; จาก: https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/second-life-ev-batteries-the-newest-value-pool-in-energy-storage.

[7] Notter, D.A., M. Gauch, R. Widmer, P. Wäger, A. Stamp, R. Zah, and H.-J. Althaus. (2010). Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric

Vehicles. **Environmental Science & Technology**. 44(17): p. 6550-6556.

[8] วิลาสินี สิทธิโสภณ. (2563). **การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร**. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2564; จาก: https://cdc.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/elaw_parcy/ewt_dl_link.php?nid=2570.

[9] ปภาดา ประมาณพล สุวิทย์ นิ่มน้อย และเรืองไร สุวรรณดำรงชัย. (2562). มาตรการทางกฎหมายเพื่อการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย. **วารสารวิจัยรำไพพรรณี**. 13(2, พฤษภาคม - สิงหาคม 2562): p. 111-118.

[10] สิริลัคน์ สุบงกฎ. (2562). มาตรการทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ : ศึกษากรณีการจัดการซากโทรทัศน์. **วารสารบัณฑิตศึกษานิติศาสตร์**. 12(3, กรกฎาคม – กันยายน 2562): p. 550 – 560.

[11] วิทยาลัยพลังงานทดแทน. (2560). **รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาผลกระทบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) อย่างเสรี ต่อการดำเนินงานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**.

[12] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559a). **โมเดลทางธุรกิจ**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563; จาก: https://bsc.dip.go.th/th/category/business-plan/business-model-content.

[13] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559b). **โมเดลทางธุรกิจ**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563; จาก: https://bsc.dip.go.th/th/category/sale-marketing/sm-5forcesanalysis.

[14] Hossain, E., D. Murtaugh, J. Mody, H.M.R. Faruque, M.S.H. Sunny, and N. Mohammad. (2019). A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers & Potential Solutions, Business Strategies, and Policies. **IEEE Access**. 7: p. 73215-73252.

[15] Casals, L.C., B. Amante García, and C. Canal. (2019). Second life batteries lifespan: Rest of useful life and environmental analysis. **Journal of Environmental Management**. 232: p. 354-363.

[16] Zhu, J., I. Mathews, D. Ren, W. Li, D. Cogswell, B. Xing, T. Sedlatschek, S.N.R. Kantareddy, M. Yi, T. Gao, Y. Xia, Q. Zhou, T. Wierzbicki, and M.Z. Bazant. (2021). End-of-life or second-life options for retired electric vehicle batteries. **Cell Reports**

Physical Science. 2(8): p. 100537.

[17] Horesh, N., C. Quinn, H. Wang, R. Zane, M. Ferry, S. Tong, and J.C. Quinn. (2021). Driving to the future of energy storage: Techno-economic analysis of a novel method to recondition second life electric vehicle batteries. **Applied Energy**. 295: p. 117007.

[18] Wu, W., B. Lin, C. Xie, R.J.R. Elliott, and J. Radcliffe. (2020). Does energy storage provide a profitable second life for electric vehicle batteries? **Energy Economics**. 92: p. 105010.

[19] Shahjalal, M., P.K. Roy, T. Shams, A. Fly, J.I. Chowdhury, M.R. Ahmed, and K. Liu. (2022). A review on second-life of Li-ion batteries: prospects, challenges, and issues. **Energy**. 241: p. 122881.

[20] Bloomberg. (2020). **Battery Pack Prices Cited Below $100/ kWh for the first time in 2020**. สืบค้นเมื่อ 15 December 2021; จาก: https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/.

[21] Bloomberg. (2021). **EV Battery Prices Risk Reversing Downward Trend as Metals Surge**. สืบค้นเมื่อ 15 December 2021; จาก: https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2021-09-14/ev-battery-prices-risk-reversing-downward-trend-as-metals-surge.

[22] JinkoSolar. (2021). **JinkoPV+Energy Storage System**. สืบค้นเมื่อ; จาก: https://www.jinkosolar.com/en/.

[23] Battery Bits. (2022). **The Battery Report 2021**. สืบค้นเมื่อ 12 January 2022; จาก: https://medium.com/batterybits/the-battery-report-2021-442ed2a06324.

[24] Richa, K., C.W. Babbitt, and G. Gaustad. (2017). Eco-Efficiency Analysis of a Lithium-Ion Battery Waste Hierarchy Inspired by Circular Economy. **Journal of Industrial Ecology**. 21(3): p. 715-730.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนของระบบ (Solar Rooftop + ESS) สำหรับครัวเรือน

แสดงการคำนวณต้นทุนของระบบ (Solar Rooftop + ESS) สำหรับครัวเรือน ที่เหมาะสมเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน จากเงื่อนไขที่กำหนดต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์ความเหมาะสมใช้ Cost-Effectiveness Analysis ได้แก่ ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Costing: LCC) ต้นทุนต่อหน่วย (Levelized Cost: LCOE) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยกำหนดความจุพลังงานคงเหลือของแบตเตอรี่ที่ 30-100%

5	kW				Year	Ssytem cost	O&M	Total	Saving	NPV	
Solar Rooftop	200000	THB			0	300,000	1,500.00	301,500.00	0	(301,500.00)	
Converter	50000	THB			1		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(266,257.30)
O&M	0.5	%			2		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(231,014.61)
Battery	50000	THB	10kWh		3		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(195,771.91)
Electricity cost	4.22	THB/kWh			4		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(160,529.22)
PV Production	6815	kWh/year			5	50,000	1,500.00	51,500.00	36,742.70	(14,757.30)	(175,286.52)
Battery output	1891.8	kWh/year			6		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(140,043.82)
	8706.8				7		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(104,801.13)
	36,742.70				8		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(69,558.43)
Total System Cost	300,000.00				9		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	(34,315.74)
O&M	1,500.00	THB/year			10		1,500.00	1,500.00	36,742.70	35,242.70	926.96
								366,500.00	367,426.96	926.96	

	Battery Cost	55000	50,000	45,000	40,000	35,000	30,000	25,000	20,000	15,000	10,000	5,000
	LCC	376775	366,500	356,225	345,950	335,675	325,400	315,125	304,850	294,575	284,300	274,025
100%	LCOE	4.23	4.11	3.99	3.88	3.76	3.65	3.53	3.42	3.3	3.19	3.07
50%		4.79	4.66	4.53	4.4	4.27	4.14	4.01	3.88	3.74	3.61	3.48
40%		4.92	4.79	4.65	4.52	4.38	4.25	4.12	3.98	3.85	3.71	3.58
30		5.06	4.92	4.78	4.65	4.51	4.37	4.23	4.09	3.96	3.82	3.68
80%		4.43	4.31	4.19	4.07	3.95	3.83	3.71	3.59	3.47	3.35	3.23
70%		4.55	4.42	4.3	4.17	4.05	3.93	3.8	3.68	3.55	3.43	3.31
60%		4.67	4.54	4.41	4.28	4.16	4.03	3.9	3.77	3.65	3.52	3.39
	PB		10	10	10	10	9	9	9	8	8	8
			4.22	4.30	4.39	4.48	4.57	4.66	4.75	4.85	4.94	5.04
	LCC	366,500.00										
	LCOE	4.21										

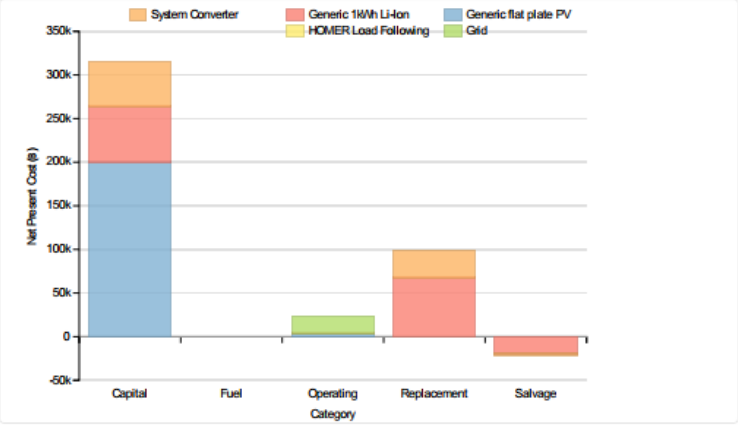
ภาคผนวก ข การใช้ HOMER ในการคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar Rooftop และ ESS

System Report

System architecture

PV	Generic flat plate PV	5	kW
Storage	Generic 1kWh Li-Ion	4	strings
Converter	System Converter	5	kW
Grid	Grid	999,999	kW
Dispatch Strategy	HOMER Load Following		

Cost summary



Cost Summary

Total net present cost	414252	฿
Levelized cost of energy	4.004	฿/kWh

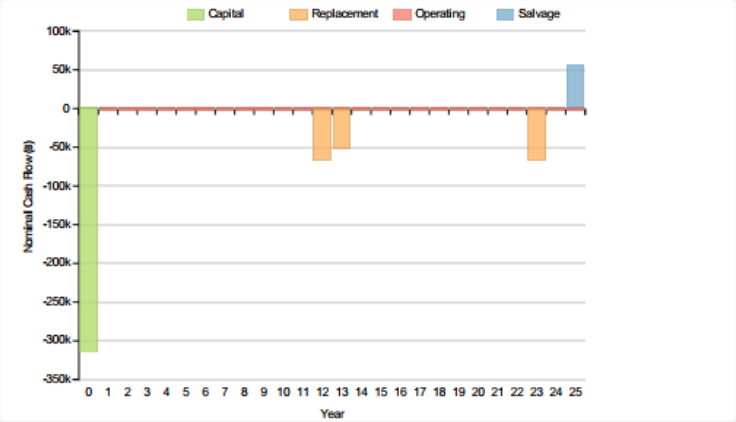
Net Present Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	200,000	0	3,150	0	0	203,150
Grid	0	0	18,966	0	0	18,966
HOMER Load Following	0	0	0	0	0	0
Generic 1kWh Li-Ion	64,000	67,843	1,260	0	-19,822	113,281
System Converter	50,000	30,325	0	0	-1,470	78,854
System	314,000	98,168	23,376	0	-21,293	414,252

Annualized Costs

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	12,696	0	200	0	0	12,896
Grid	0	0	1,204	0	0	1,204

Component HOMER Load Following	Capital 0	Replacement 0	O&M 0	Fuel 0	Salvage 0	Total 0
Generic 1kWh Li-Ion	4,063	4,307	80	0	-1,258	7,191
System Converter	3,174	1,925	0	0	-93	5,006
System	19,933	6,232	1,484	0	-1,352	26,298

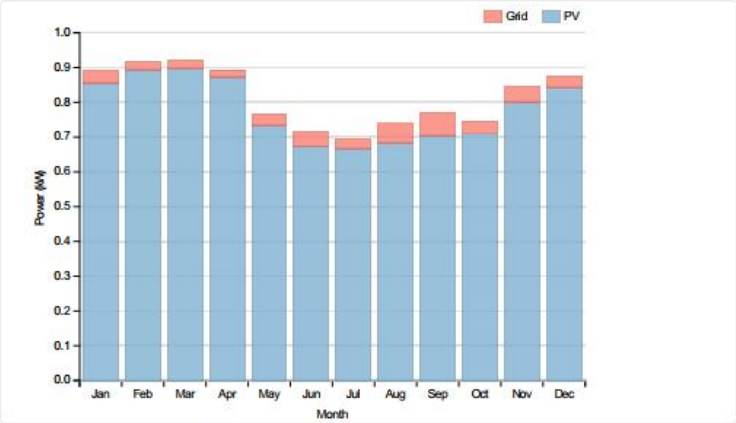


Electrical

Quantity	Value	Units
Excess electricity	0	kWh/yr
Unmet load	0	kWh/yr
Capacity shortage	0	kWh/yr
Renewable percent	95	%

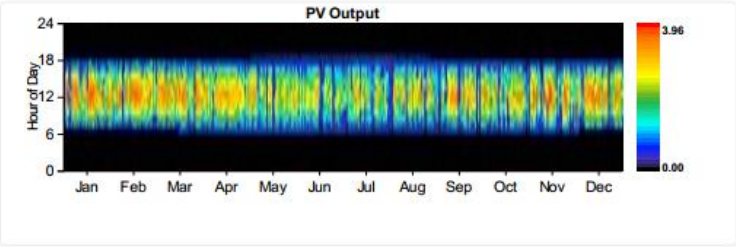
Component	Production(kWh/yr)	Percent (%)
PV	6,815	96
Grid Purchases	301	4
Total	7,116	100

Load	Consumption(kWh/yr)	Percent (%)
AC primary load	3,650	56
DC primary load	0	0
Grid Sales	2,919	44
Total	6,569	100



PV:Generic flat plate PV

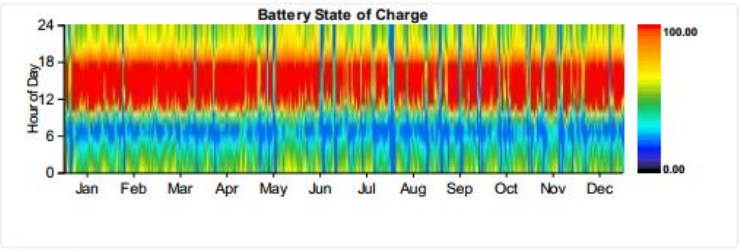
Quantity	Value	Units
Rated capacity	5	kW
Mean output	1	kW
Mean output	18.67	kWh/d
Capacity factor	15.56	%
Total production	6815	kWh/yr
Minimum output	0.00	kW
Maximum output	3.96	kW
PV penetration	186.71	%
Hours of operation	4393	hrs/yr
Levelized cost	1.892	฿/kWh



Battery:Generic 1kWh Li-Ion

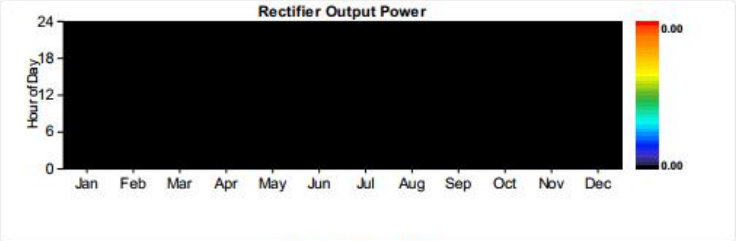
Quantity	Value
String size	2
Strings in parallel	4
Batteries	8
Bus voltage	12

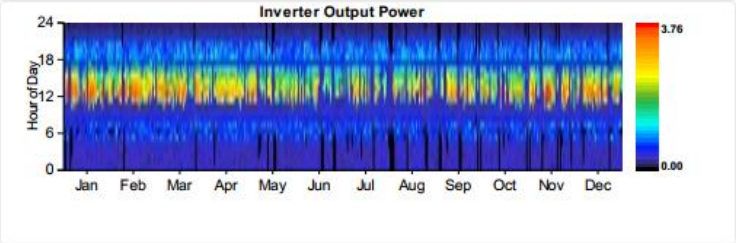
Quantity	Value	Units
Nominal capacity	8	kWh
Usable nominal capacity	6	kWh
Autonomy	15	hr
Battery wear cost	2.811	฿/kWh
Average energy cost	0.000	฿/kWh
Energy in	2212	kWh/yr
Energy out	1994	kWh/yr
Storage depletion	4	kWh/yr
Losses	221	kWh/yr
Annual throughput	2102	kWh/yr



Converter

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	5	5	kW
Mean output	1	0	kW
Minimum output	0	0	kW
Maximum output	4	0	kW
Capacity factor	14	0	%
Hours of operation	8,398	0	hrs/yr
Energy in	6,597	0	kWh/yr
Energy out	6,268	0	kWh/yr
Losses	330	0	kWh/yr





Grid

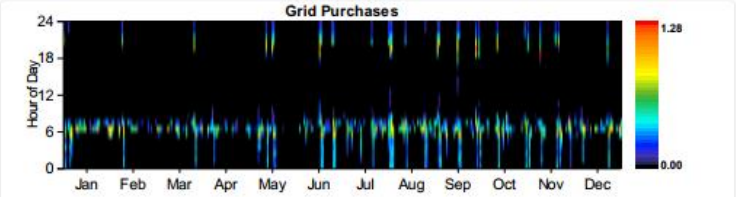
Rate: Demand 1

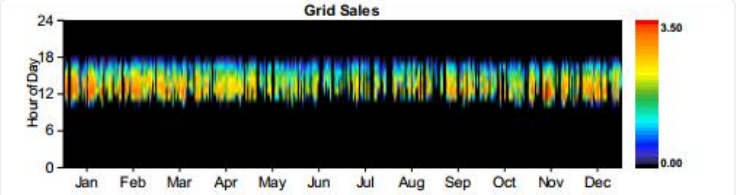
Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (B)	Demand Charge (B)
January	0	0	0	1	0	0
February	0	0	0	1	0	0
March	0	0	0	1	0	0
April	0	0	0	1	0	0
May	0	0	0	1	0	0
June	0	0	0	1	0	0
July	0	0	0	1	0	0
August	0	0	0	1	0	0
September	0	0	0	1	0	0
October	0	0	0	1	0	0
November	0	0	0	1	0	0
December	0	0	0	1	0	0
Annual	0	0	0	1	0	0

Rate: Rate 1

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (B)	Demand Charge (B)
January	24	306	-282	0	96	0
February	13	294	-281	0	52	0

Resources.ReportingService_GenerateInputsReport_Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (B)	Demand Charge (B)
March	16	316	-300	0	66	0
April	11	287	-276	0	43	0
May	23	223	-200	0	93	0
June	29	169	-141	0	114	0
July	21	166	-146	0	82	0
August	42	188	-146	0	166	0
September	45	208	-163	0	179	0
October	25	207	-182	0	101	0
November	29	263	-233	0	117	0
December	23	291	-267	0	94	0
Annual	301	2,919	-2,618	0	1,204	0





Emissions

Pollutant	Emissions	Units
Carbon dioxide	0	kg/yr
Carbon monoxide	0	kg/yr
Unburned hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate matter	0	kg/yr
Sulfur dioxide	0	kg/yr
Nitrogen oxides	0	kg/yr

HOMER Energy, LLC © 2017

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกฤษฎิ์พิชชา หทัยสุวรรณ

วัน เดือน ปี เกิด

ที่อยู่ปัจจุบัน

ที่ทำงานปัจจุบัน กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา ชั้น 4 เลขที่ 99 หมู่ที่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2549 กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2543 รบ.1 (มัธยมศึกษาตอนปลาย) โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี

พ.ศ. 2548 ศศบ. (สาขาพัฒนาสังคม) มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลงานตีพิมพ์ กฤษฎิ์พิชชา หทัยสุวรรณ และประพิธาริ์ ธนารักษ์. (2564). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับครัวเรือน. นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม ครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อ วันที่ 29-30 กรกฎาคม 2564