การศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงาน : กรณีศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของทางเท้า สจล.

A STUDY ON ENERGY GENERATING TILES: CASE STUDY OF KMITL SIDEWALKS IN ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

กันต์ ปุญญมัย

ชนาธิป แก้วเกิด

ธีรภัทร ตะโฉ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY ON ENERGY GENERATING TILES: CASE STUDY OF KMITL SIDEWALKS IN ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

GUN PUNYAMAI

CHANATHIP KAEWKERD

THEERAPHAT TACHO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงาน : กรณีศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของทางเท้า สจล.

นายกันต์	ปุญญมัย	รหัสนักศึกษา 59010087
นายชนาธิป	แก้วเกิด	รหัสนักศึกษา 59010277
นายธีรภัทร	ตะโฉ	รหัสนักศึกษา 59010666

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์มีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการผลิตพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์เอง พลังงานทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เกิดแนวคิดการเก็บเกี่ยวพลังงานซึ่งสูญเปล่าจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์ โดยแผ่นพื้นผลิตพลังงานเป็นอุปกรณ์ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์จากการก้าวเท้าเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งอาจเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้กับทางเท้า งานวิจัยนี้จึงศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงานในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อประยุกต์ใช้แผ่นพื้นผลิตพลังงานกับทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้านเทคนิควิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การติดตั้งแผ่นพื้นในบริเวณที่ทำการศึกษา ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้น้อยมาก ขณะที่ต้นทุนแผ่นพื้นในปัจจุบันที่ยังคงสูงอยู่ ส่วนในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นพื้นในบริเวณที่ทำการศึกษาจะสามารถชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล 0.40 ถึง 0.77 กิโลกรัมต่อปีต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY ON ENERGY GENERATING TILES: CASE STUDY OF KMITL SIDEWALKS IN ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Mr. Gun	Punyamai	Student ID. 59010087
Mr. Chanathip	Kaewkerd	Student ID. 59010277
Mr. Theeraphat	Tacho	Student ID. 59010666

Advisor: Asst. Prof. Dr. Chalida U-tapao

Academic Year 2019

ABSTRACT

The current environmental problems that affected human lives partly caused by the production of energy in response to human needs. Renewable energy that is environmentally friendly began to play a huge role today. The idea of energy harvesting, which is wasted from human movement has occurred. Energy generating tiles are devices that can change the kinetic energy from the footsteps to electrical energy, which may be suitable for application on sidewalks. This research is a study on energy generating tiles in economic worthiness and environmental impact of applying energy generating tiles to sidewalks in the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. By using engineering technique, economics and environmental impact. Due to the very small amount of electrical power produced while the current cost of energy generating tiles is still high. The results show that Installation of the tiles in the study area are not worth the investment. As for the environmental impact, the amount of electrical energy produced from the tiles in the study area can compensate for carbon dioxide emissions from electricity production using fossil fuels 0.40 to 0.77 kilograms per year per square meter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ได้แก่

ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผศ.ดร.ชดชนก อัฑฒพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ คำปรึกษา และช่วยแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนการช่วยเหลือสนับสนุน

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะ อบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดีเสมอมา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมาจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จ

กันต์ ปุญญมัย
ชนาธิป แก้วเกิด
ธีรภัทร ตะโฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 3

2.1 พลังงาน 3

2.1.1 การจำแนกประเภทของพลังงานตามธรรมชาติ 3

2.1.2 รูปแบบของพลังงาน 3

2.1.3 การเปลี่ยนรูปและประสิทธิภาพของพลังงาน 3

2.1.4 พลังงานสูญเปล่าและการเก็บเกี่ยวพลังงาน 4

2.1.5 การเปลี่ยนพลังงานกลสูญเปล่าเป็นพลังงานไฟฟ้า 5

2.1.6 เพฟเจนรุ่นที่ 3 (Pavegen V3) 5

2.1.7 การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย 6

2.1.8 การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ด้านสิ่งแวดล้อม 8
2.2.1 ภาวะโลกร้อน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของโลก (Global Warming, Climate Change and Global Change) 8
2.2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) 10
2.2.3 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) 10
2.2.4 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 11
2.2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน 18
2.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 19
2.3.1 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB) 19
2.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 19
2.3.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR) 20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 23
3.1 การศึกษาด้านเทคนิควิศวกรรม 24
3.1.1 การศึกษาแผ่นพื้นเพฟเจน 24
3.1.2 การศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 24
3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านวิศวกรรม 25
3.2 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ 25
3.2.1 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy) 25
3.2.2 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB) 25
3.2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 26
3.3.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR) 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม 27

3.3.1 เลือกรูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 27

3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 27

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 29

4.1 การศึกษาแผ่นพื้น เพฟเจน 29

4.2 การศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 29

4.2.1 ทางเท้า 29

4.2.2 ปริมาณการสัญจร 31

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิควิศวกรรม 34

4.4 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ 34

4.4.1 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy) 34

4.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) 36

4.4.3 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB) 41

4.4.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR) 44

4.5 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 50

5.1 สรุปและอภิปรายผลการดำเนินการ 50

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 51

5.3 ข้อเสนอแนะ 51

เอกสารอ้างอิง 52

ประวัติผู้จัดทำ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 อัตราการแปรใช้ใหม่ของเสียในภาคอุตสาหกรรม 15
ตารางที่ 2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น 16
ตารางที่ 3.1 หลักการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 27
ตารางที่ 4.1 ปริมาณการสัญจร ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ 31
ตารางที่ 4.2 ปริมาณการสัญจรทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ 32
ตารางที่ 4.3 ปริมาณการสัญจรทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ 33
ตารางที่ 4.4 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือน 36
ตารางที่ 4.5 ค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปี 38
ตารางที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 40
ตารางที่ 4.7 อัตราผลตอบแทนภายใน 45
ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน 45
ตารางที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล 48
ตารางที่ 4.10 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล 48
ตารางที่ 4.11 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปแบบและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน 5
รูปที่ 2.2 แผ่นพื้นเพฟเจนรุ่นที่ 3 6
รูปที่ 2.3 แผนภูมิแสดงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 7
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงการผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง 8
รูปที่ 2.5 แผนภูมิแสดงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แยกตามชนิดเชื้อเพลิง 18
รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 23
รูปที่ 4.1 ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ 30
รูปที่ 4.2 ทางเดินเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ 30
รูปที่ 4.3 ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ 31
รูปที่ 4.4 แผนภาพกระแสเงินสด 35
รูปที่ 4.5 แผนภาพกระแสเงินสดของแผ่นพื้นเพฟเจน 35
รูปที่ 4.6 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ 37
รูปที่ 4.7 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ 37
รูปที่ 4.8 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ 38
รูปที่ 4.9 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ 39
รูปที่ 4.10 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ 39
รูปที่ 4.11 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันจำนวนประชากรโลกมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี และเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกต่อมนุษย์ที่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทำให้ต้องมีการผลิตพลังงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้น ส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วและเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เมื่อเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากสภาวะสิ่งแวดล้อมที่แย่ลงอย่างรุนแรงจนส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงทำให้เกิดความตระหนักในการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม พลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีพลังงานสะอาดจากทรัพยากรที่สามารถหมุนเวียนได้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นประเด็นที่มีการศึกษาและพัฒนาอย่างมากในช่วงเวลานี้ อาทิเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานน้ำ เป็นต้น นอกเหนือจากพลังงานหมุนเวียนเหล่านี้ ยังมีแนวคิดการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) เป็นการเก็บเกี่ยวพลังงานปริมาณน้อยๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมหรือสูญเสียจากการเปลี่ยนรูปของพลังงานให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจะสามารถลดการสูญเปล่าของพลังงานและส่งผลดีทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

ขณะที่ปัจจุบัน ทางเท้าของประเทศไทยถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อการสัญจรของมนุษย์ ทำให้เกิดแนวคิดในการนำพื้นที่ทางเท้ามาประยุกต์ใช้ในการผลิตพลังงาน เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ของพื้นที่สูงสุด ประกอบกับ การพัฒนาแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจน (Pavegen) ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดกระทำกับแผ่นพื้น เป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อผู้คนเดินบนแผ่นพื้นจะเกิดการผลิตพลังงานไฟฟ้าและเก็บในแบตเตอรี่ซึ่งจะสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานต่ำ เช่น ไฟถนน จอแสดงผลแอลอีดี สัญญาณเตือนภัย และการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการประยุกต์ใช้แผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจน กับทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยจะวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความสามารถในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผ่นพื้นผลิตพลังงาน เพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้แล้วหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานและประสิทธิภาพของแผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.2.2 เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการก่อสร้างทางเท้าที่ใช้แผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.2.3 เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของทางเท้าที่ใช้แผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาพื้นที่และปริมาณการสัญจรบนทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.2 ศึกษาการทำงานและประสิทธิภาพของแผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.3.3 ศึกษาข้อมูลงบประมาณในการก่อสร้างทางเท้าด้วยแผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.3.4 ศึกษาข้อดีและข้อเสีย ตลอดจนผลที่ได้รับจากการก่อสร้างทางเท้าด้วยแผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.1 กำหนดหัวข้อวิจัยและขอบเขตการศึกษา

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจน

1.4.4 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของทางเท้าใน สจล.

1.4.5 ศึกษางบประมานในการก่อสร้างทางเท้าด้วยแผ่นพื้นผลิตพลังงาน

1.4.6 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 อาจช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.5.2 มีส่วนช่วยในการลดปัญหาด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.5.3 สามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานที่อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 พลังงาน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน พลังงานสิ้นเปลือง และให้ความหมายรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น (พ.ร.บ. การส่งเสริมการการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535)

2.1.1 การจำแนกประเภทของพลังงานตามธรรมชาติ

1) พลังงานหมุนเวียน (renewable energy) หมายถึง พลังงานที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานน้ำ เป็นต้น

2) พลังงานสิ้นเปลือง (non-renewable energy) หมายถึง พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ ได้แก่ พลังงานจากเชื้อเพลิงบรรพชีวิน และพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น

2.1.2 รูปแบบของพลังงาน

พลังงานรูปแบบต่างๆ นั้น อาจจัดแบ่งให้อยู่ในรูปแบบพลังงานพื้นฐานได้ 4 แบบ คือ

1) พลังงานจลน์ คือ พลังงานที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจปรากฏอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนก็ได้ เช่น เมื่อวัตถุได้รับความร้อนโมเลกุลจะสั่นสะเทือน ทำให้เกิดพลังงานขึ้น

2) พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุ พลังงานศักย์มีค่าเท่ากับงานที่เกิดจากแรงที่ออกต้านแรงดึงดูดของโลก ที่กระทำกับวัตถุในการเคลื่อนย้ายวัตถุจากระดับอ้างอิงไปยังตำแหน่งใด

3) พลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน พลังงานไฟฟ้าอาจอยู่ในรูปของพลังงานเคมี ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

4) พลังงานนิวเคลียร์ คือ พลังงานที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียสของอะตอม

2.1.3 การเปลี่ยนรูปและประสิทธิภาพของพลังงาน

พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ โดยพลังงานจะมีค่าคงที่ตลอดในการเปลี่ยนรูปนั้น ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานแต่โดยปกติแล้วพลังงานที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่เท่ากับพลังงานที่ใส่เข้าไป เนื่องจากมีการเปลี่ยนพลังงานเป็นรูปอื่นๆ ที่ไม่เกิดประโยชน์ อัตราส่วนของพลังงานที่ผลิตออกมาต่อพลังงานที่ใส่เข้าไปในกระบวนการ เรียกว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะต่างๆ หลายประการได้แก่ กระบวนการ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ของกระบวนการนั้น ทำให้การเปลี่ยนพลังงานด้วยกระบวนการใดก็ตาม ประสิทธิภาพจะมีค่าต่ำกว่า 1 เสมอ

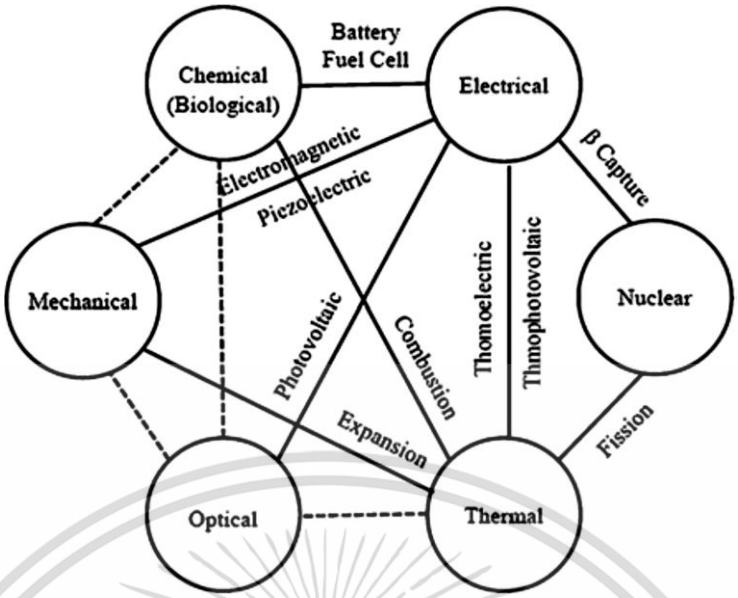
2.1.4 พลังงานสูญเปล่าและการเก็บเกี่ยวพลังงาน

พลังงานสูญเปล่า (Waste Energy) หมายถึง พลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้แต่สูญเสียไปในการเปลี่ยนรูปของพลังงานและพลังงานที่มีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม พลังงานสูญเปล่าจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากหากสามารถเก็บเกี่ยวได้ พลังงานจำนวนเล็กน้อยนี้อาจมีนัยสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดแนวคิดในการเก็บเกี่ยวพลังงาน

การเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting, Energy Scavenging) หมายถึง การเก็บเกี่ยวพลังงานจำนวนเล็กน้อยที่อยู่ในรูปของ ความร้อน แสง เสียง การสั่นสะเทือน หรือการเคลื่อนไหว พลังงานที่เก็บเกี่ยวได้สามารถนำไปใช้งานในหลากหลายรูปแบบ ยกตัวอย่าง เช่น สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ตรวจจับไร้สาย จากการเพิ่มความเร็วและขนาดที่เล็กลงของคอมพิวเตอร์ การใช้คอมพิวเตอร์จะปล่อยความร้อนปริมาณมากสู่สิ่งแวดล้อมอย่างสูญเปล่า ถ้าพลังงานความร้อนที่สูญเปล่านี้สามารถเก็บเกี่ยวกลับมาได้และนำมาให้พลังงานกับคอมพิวเตอร์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ การเก็บเกี่ยวพลังงานสูญเปล่ายังมีศักยภาพพอที่จะทดแทนแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ใช้พลังงานต่ำ ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบหลายๆ อย่าง อาทิ ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หลีกเลี่ยงปัญหาในการกำจัดซากของแบตเตอรี่ เนื่องจากแบตเตอรี่มักจะประกอบไปด้วยสารเคมีและโลหะซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์

พลังงานสูญเปล่าประเภทต่างๆ ควรจะใช้เทคโนโลยีและวัสดุเก็บเกี่ยวพลังงานที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงรูปแบบของพลังงานและกระบวนการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวพลังงานในรูป การสั่นสะเทือน, การเคลื่อนที่ และเสียง จะสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาหลักของงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รูปแบบและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน

2.1.5 การเปลี่ยนพลังงานกลสูญเปล่าเป็นพลังงานไฟฟ้า

พลังงานกลเป็นหนึ่งในพลังงานที่พบมากโดยทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้ แหล่งของพลังงานกลมาจากการสั่นสะเทือนของสิ่งปลูกสร้าง การเคลื่อนไหวของวัตถุ การสั่นสะเทือนที่มีอิทธิพลมาจากอากาศและน้ำโดยตรง หรือโดยอ้อม เช่น พลังงานลมและพลังงานน้ำ เป็นต้น

พลังงานกลสูญเปล่า จะนำมาผลิตไฟฟ้าโดยใช้ การเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานกลสูญเปล่าจะให้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณต่ำ ดังนั้นเป้าหมายของการใช้งานคือการให้พลังงานแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เล็กๆ อย่างไรก็ตามการพัฒนาในปัจจุบันบ่งบอกว่า การผลิตพลังงานรูปแบบนี้สามารถใช้กับอุปกรณ์ที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงได้ โดยการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนเป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้ผ่านกระบวนการพื้นฐานทางกลศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิต และเพียโซอิเล็กทริก

2.1.6 เพฟเจนรุ่นที่ 3 (Pavegen V3)

เพฟเจนได้ทำการผลิตและพัฒนาสิทธิบัตรเทคโนโลยีแผ่นพื้นที่สามารถเปลี่ยนการก้าวเท้าเป็นพลังงาน ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งในร่มและกลางแจ้ง

ส่วนประกอบที่สำคัญของเพฟเจนรุ่นที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย กระเบื้องวัสดุผสมรูปสามเหลี่ยมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยแม่เหล็กไฟฟ้า 3 เครื่อง ซึ่งเมื่อผู้คนก้าวเหยียบลงบนแผ่นกระเบื้อง น้ำหนักที่กดลงไปจะทำให้แผ่นกระเบื้องเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งเป็นระยะ 5 ถึง 10 มิลลิเมตร เกิดแรงกดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ด้านใต้และนำเข้าสู่การหมุนของกลไกแม่เหล็กไฟฟ้าก่อให้ให้เกิดกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แผ่นพื้นเพฟเจนรุ่นที่ 3

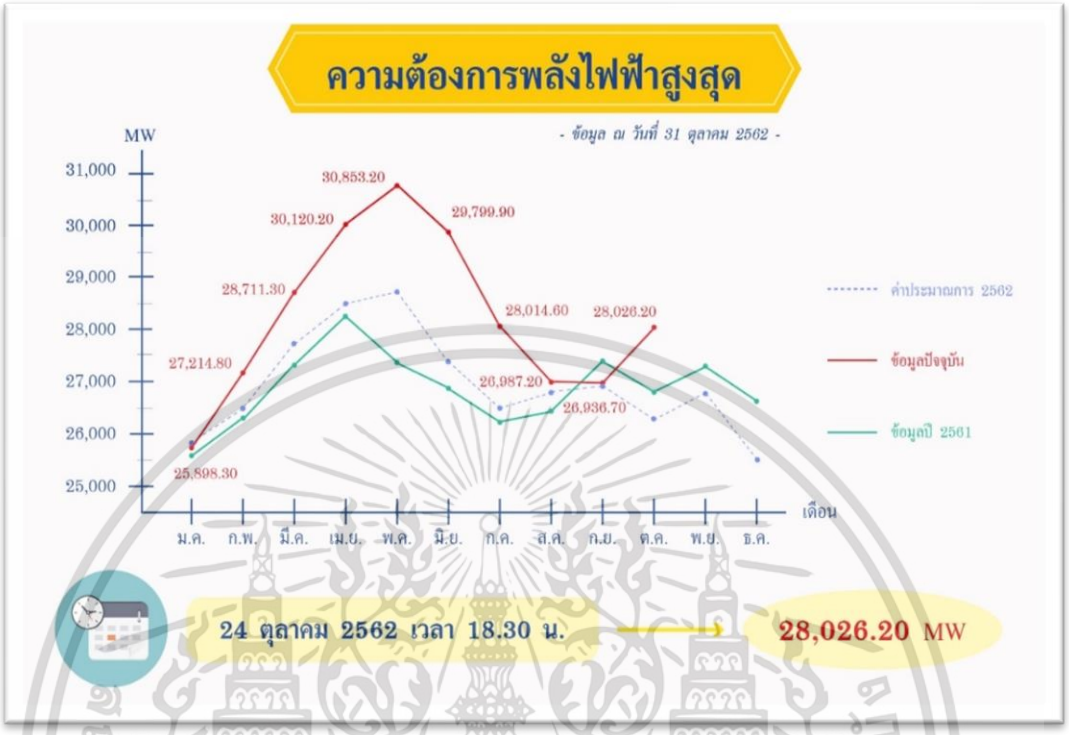
เพฟเจนรุ่นที่ 3 สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 กิโลนิวตัน มีความสูงจากฐานถึงผิวบน 89.50 มิลลิเมตร เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 180 มิลลิเมตร ทำจากอลูมิเนียม ความหนาแน่น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แผ่นกระเบื้องสามเหลี่ยมมีความยาวด้าน 500 มิลลิเมตร ประกอบด้วยแผ่นพื้นซึ่งทำจากพลาสติกเสริมแก้ว (Glass Reinforced Plastic : GRP) ความหนาแน่น 7.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และครอบหัวแผ่นกระเบื้อง ทำจากโลหะสเตนเลส ความหนาแน่น 8.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยหากคิดเป็น 1 ตารางเมตร จะต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 3.8 เครื่อง คิดเป็นน้ำหนัก 11.78 กิโลกรัม และ แผ่นกระเบื้องจำนวน 9.25 แผ่น คิดเป็นน้ำหนัก 23.12 กิโลกรัม

2.1.7 การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

การใช้ไฟฟ้าของประเทศ ณ ครึ่งปีแรกของปี 2562 อยู่ที่ 115,788 กิกะวัตต์-ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.1 โดยภาคครัวเรือนยังคงเติบโตสูงสุดที่ร้อยละ 14.2 ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมลดลงที่ร้อยละ 0.2 ในภาคอุตสาหกรรม มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 37 มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่น แต่การใช้ลดลงที่ร้อยละ 0.2 โดยอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะพื้นฐาน และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 6.2 และ 5.7 ตามลำดับสอดคล้องกับดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมหดตัวจากระยะเดียวกันปีก่อนโดยลดลงร้อยละ 5.54 จากแนวโน้มเศรษฐกิจและการค้าโลกที่ชะลอตัวอย่างต่อเนื่อง ในภาคธุรกิจ มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 22 การใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.6 โดยกลุ่มธุรกิจหลักที่มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้แก่ อพาร์ตเมนต์และเกสต์เฮาส์ ห้างสรรพสินค้า และโรงแรม ร้อยละ 17.6, 5.9 และ 5.1 ตามลำดับ เป็นผลจากจำนวนนักท่องเที่ยวจากต่างประเทศยังคงขยายตัวที่ร้อยละ 0.9 จากระยะเดียวกันของปีก่อน ตามจำนวนนักท่องเที่ยวอินเดียที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ในภาคครัวเรือน มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 22 การใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.2 สอดคล้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือนที่ขยายตัวร้อยละ 17.2 ความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นทุกปี ดังรูปที่ 2.3



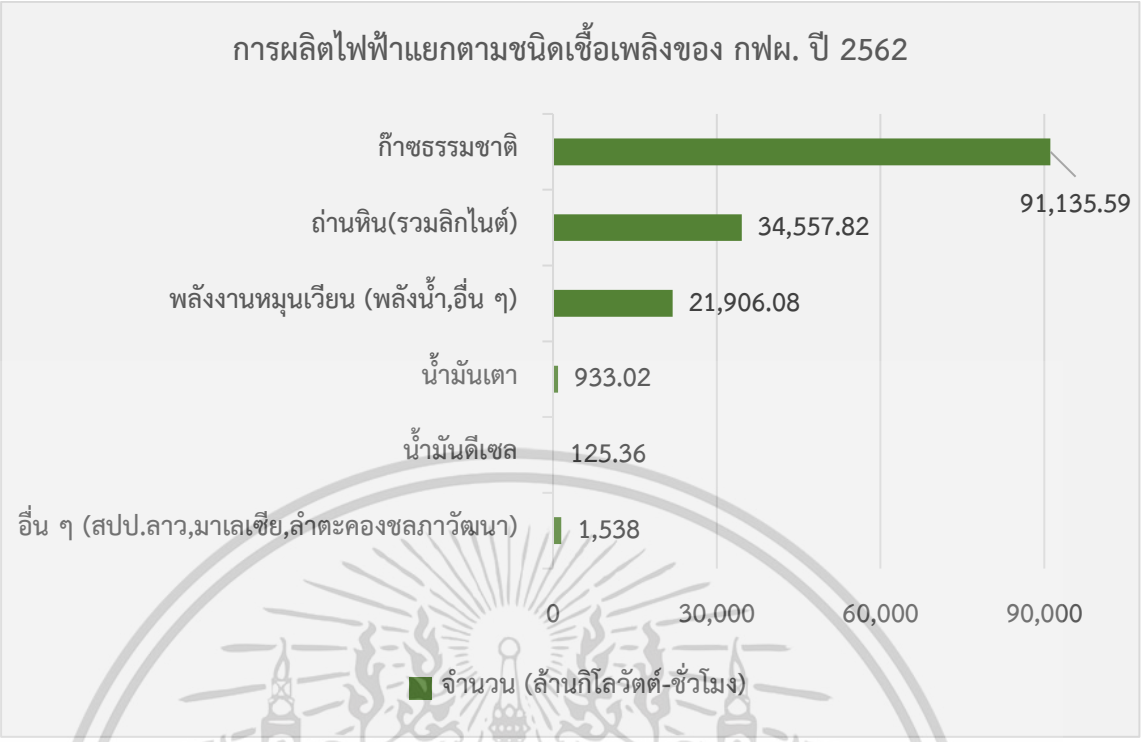
รูปที่ 2.3 แผนภูมิแสดงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

2.1.8 การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ในปี พ.ศ. 2562 การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิงในประเทศไทยมีการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ มาผลิตไฟฟ้า โดยการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ 91,135.59 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 60.67 การผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน 34,557.82 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 23.01 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน 21,906.08 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 14.59 การผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันเตา 933.02 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 0.63 การผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล 125.36 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 0.08 และอื่นๆ 1,538 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 1.02 การผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้เกิดมลภาวะต่างๆ และรวมไปถึงใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญต่อทรัพยากรโลก ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงการผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

2.2 ด้านสิ่งแวดล้อม

2.2.1 ภาวะโลกร้อน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของโลก (Global Warming, Climate Change and Global Change)

ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดในด้านภาวะโลกร้อนนั้นได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก แต่ในความเป็นจริงแล้วแนวคิดนี้มีมานานกว่าหนึ่งศตวรรษ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน สวานเต อาร์เรเนียส (Svante Arrhenius) คือบุคคลที่ได้รับการยกย่องให้เป็นมนุษย์คนแรกที่ตั้งสมมุติฐานว่า กิจกรรมของมนุษย์และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล อาจส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยให้เหตุผลว่า ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ในช่วงแรกไม่มีคนให้ความสนใจกับประเด็นนี้มากนัก จนกระทั่งถึงช่วงปี ค.ศ.1980 ที่นักวิทยาศาสตร์เริ่มสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีของโลกสูงขึ้น ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนในทฤษฎีภาวะโลกร้อน ในปี ค.ศ. 1988 องค์การสหประชาชาติ (the United Nations : UN) และองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (the World Meteorological Organization : WMO) ได้ก่อตั้งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายแขนงมากกว่า 2000 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะโลกร้อน เป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณเหนือผิวโลกตั้งแต่ช่วงกลางทศวรรษที่ 20 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยเหนือผิวโลกจากการประมาณรวมกันของภาคพื้นทวีปและมหาสมุทรในปี ค.ศ. 2006 มีค่า 14.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเพิ่มขึ้นมาเรื่อยๆ ตั้งแต่ก่อนยุคอุตสาหกรรม จากรายงานการประเมินครั้งที่ 4 ของ IPCC (AR4) ได้บันทึกไว้ว่าในคาบเวลา 100 ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 1906 ถึง 2005 อุณหภูมิบริเวณผิวโลกเพิ่มขึ้น 0.74 ± 0.18 องศาเซลเซียส โดยในช่วง 50 ปีหลัง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิถึง 0.13 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ขณะที่ 11 ปี จาก 12 ปีหลังสุด (ค.ศ. 1995 - ค.ศ. 2006) มีอุณหภูมิสูงที่สุดในการบันทึกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1850 โดยล่าสุดนักวิจัยของ สถาบันนาซ่าก็อดดาร์ทเพื่อการศึกษาอวกาศ (NASA's Goddard Institute for Space Studies : GISS) รายงานว่า อุณหภูมิผิวโลกปี ค.ศ. 2010 มีอุณหภูมิสูงสุดเทียบเท่ากับปี ค.ศ. 2005 ซึ่งจากการสังเกต โดยส่วนมากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงกลางทศวรรษที่ 20 นั้นมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการทำลายป่า เป็นต้น

ภาวะโลกร้อนทำให้เกิดความกังวล แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเองไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความตระหนักต่อภาวะโลกร้อน ภาวะโลกร้อนได้เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกซึ่งส่งผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางระบบชีววิทยา ซึ่งไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติและคาดการณ์ไม่ได้ ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนส่งผลต่อระบบนิเวศของโลก และระบบนิเวศของโลกส่งผลต่ออารยธรรมของมนุษย์ ด้วยเหตุผลนี้ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงของโลกจึงเป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการทำความเข้าใจและจัดการปัญหามากกว่าในรูปแบบของภาวะโลกร้อน

สรุปได้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นต้นเหตุของภาวะโลกร้อน ภาวะโลกร้อนเป็นต้นเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก ภาวะโลกร้อน หมายถึง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวโลก ขณะที่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงนี้รวมถึง แบบแผนของหยาดน้ำฟ้า ปริมาณน้ำจืด ธารน้ำแข็งและปริมาณน้ำแข็งในทะเล ระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของโลกนั้นหมายรวมถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดทุกชนิดซึ่งบางส่วนอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ อื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงทางประชากร โลกาภิวัตน์ เศรษฐศาสตร์ และมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs)

ก๊าซเรือนกระจก หมายถึง ก๊าซในชั้นบรรยากาศที่ดูดซึมและปลดปล่อยรังสีความร้อนในช่วงอินฟราเรด กระบวนการนี้เป็นสาเหตุหลักของปรากฏการณ์เรือนกระจกและภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจกขั้นปฐมภูมิในชั้นบรรยากาศ ได้แก่ ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และ โอโซน (O_3) ซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ

ขณะที่ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากพิธีสารเกียวโต จะประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด คือ CO_2 CH_4 N_2O และ ก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์อื่นๆ ได้แก่ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) และเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs)

2.2.3 การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์นั้นเป็นกระบวนการวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ต้นกำเนิดของ องค์ประกอบต่างๆ และปริมาณ ซึ่งควรมีการรวบรวมอัตราการปล่อยและการกำจัดก๊าซเรือนกระจกไว้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อหาการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก “ทั้งหมด” โดยทั่วไปแล้ว คำว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ นั้นอาจใช้เพื่อระบุขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือน-กระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของบุคคลหรือองค์กร นอกจากนี้ยังเป็นไปได้ที่จะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากประเทศ เหตุการณ์ ผลิตภัณฑ์ หรือแม้แต่การบริการต่างๆ คำว่า “การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์” นั้นมีความหมายเหมือนกันกับคำว่า “คลังก๊าซเรือนกระจก” คำว่าคาร์บอนถูกนำมาใช้เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีมากที่สุด ซึ่งถูกปล่อยออกมาจากการกระทำของมนุษย์ ส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ได้แก่ มีเทน (CH_4) และไนตรัส-ออกไซด์ (N_2O) ก็มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อภาวะโลกร้อน เพื่อให้มีหน่วยสำหรับการรายงานผลการปล่อยก๊าซจากก๊าซอื่นๆ เหล่านี้ จะถูกทำให้เป็นมาตรฐานตามมวลของ CO_2 และรายงานผลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมวลของ CO_2 ที่เทียบเท่า (CO_2e) (เช่นกิโลกรัมของ CO_2e หรือเมตริกตันของ CO_2e)

หลายคนที่ใช้คำว่าเอเนอร์จีฟุตพริ้นท์กับคาร์บอนด์ฟุตพริ้นท์แทนกัน เนื่องจากการปลดปล่อยคาร์บอนโดยส่วนมากทั้งจาก บุคคล ผลิตภัณฑ์ หรือองค์กร มาจากพลังงานจากฟอสซิล ดังนั้นบ่อยครั้งที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพลังงานจากฟอสซิล อย่างไรก็ตามในทางเทคนิคแล้วไม่ถูกต้อง เนื่องจากพลังงานจากฟอลซิลไม่ใช่สิ่งเดียวที่เป็นต้นเหตุของก๊าซเรือนกระจก ขึ้นอยู่กับลักษณะขององค์กร ผลิตภัณฑ์ หรือจากแหล่งอื่นๆ เช่น กระบวนการทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ป่าไม้ และของเสีย ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

2.2.4.1 รูปแบบการประเมิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) แบบเครเดิ้ลทูเกรฟ (Cradle to Grave, Business to Consumer: B2C)

เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งและกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

2) แบบเครเดิ้ลทูเกต (Cradle to Gate, Business to Business: B2B)

เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป

2.2.4.2 ข้อมูลสนับสนุน (Supporting Data)

ข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วย ชื่อผลิตภัณฑ์ ขอบเขตกระบวนการผลิต วัตถุดิบ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลอื่นๆ

2.2.4.3 แหล่งกำเนิด ก๊าซเรือนกระจก และหน่วยวัด

1) ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์

2) ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าในรอบ 100 ปีของ IPCC (GWP100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์

3) ระยะเวลาที่ใช้ทำการประเมิน

ในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยกเว้นช่วงกำจัดซาก (Final Disposal) ให้ถือว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเพียงครั้งเดียวที่จุดเริ่มต้นของช่วงอายุ 100 ปี

สำหรับช่วงการกำจัดซาก ใช้หลักการว่ามีการทยอยปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาทุกปีตลอดช่วงเวลา 100 ปี โดยคูณกับค่าถ่วงน้ำหนักของช่วงเวลาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วง 100 ปี ซึ่งเท่ากับ 0.76 (อ้างอิงตามมาตรฐาน PAS 2050 ข้อ 6.4.9.1 และ Annex B)

4) แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

พิจารณาก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ดังนี้

- การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทุกประเภท
- การผลิตพลังงานที่ใช้ทุกประเภท
- กระบวนการเผาไหม้
- ปฏิกิริยาเคมี
- การสูญเสียน้ำยาทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ
- การปฏิบัติงาน
- การขนส่งทุกประเภทที่เกี่ยวข้อง
- การปศุสัตว์และกระบวนการผลิตทางการเกษตรอื่นๆ
- ของเสียและการจัดการของเสีย

5) การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอน ต้องนำการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฟอสซิลมาคำนวณด้วย แต่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากไบโอจินิคคาร์บอน

6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแหล่งกำเนิดจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอน ต้องนำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งที่มาจากฟอสซิลและไบโอจินิคคาร์บอนมาคำนวณด้วย

2.2.4.4 กรอบแนวคิดการคำนวณ (Methodological Framework)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบ และการแปลผล

2.2.4.5 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน

ต้องกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) เป้าหมาย

กำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้ การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภค หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ข้อมูล

2.) ขอบเขต

2.1) ระบบผลิตภัณฑ์ (Product System)

ต้องประกอบด้วยทุกขั้นตอนที่มีอยู่ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ในกรณีที่ไม่สามารถศึกษาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นการดำเนินงานในลักษณะ เครเดิ้ลทูเกต ต้องมีการระบุขอบเขตไว้อย่างชัดเจนเพื่อเอื้อประโยชน์ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ต่อ

2.2) หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ต้องระบุหน้าที่ของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยการกำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 และต้องมีการระบุเอกสารอ้างอิงด้วย ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงาน

2.3) ขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ต้องแสดงขอบเขตการศึกษา ระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (Unit Process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียด เนื่องจากมีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ และกระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประมาณการได้ เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้เป็นไปตามองค์ประกอบและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.3.1) ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

(1) วัตถุดิบ

ให้รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากทุกกระบวนการที่ใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน รวมทั้งแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง

(2) พลังงาน

ให้นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดหาและการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มารวมกับการปล่อยก๊าซที่เกิดจากระบบการจัดหาพลังงานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) สินค้าทุน (Capital Goods)

ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสินค้าทุน

(4) ข้อกำหนดของการผลิตและการบริการ (Manufacturing and Service Provision)

ให้นำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการภายในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาคำนวณด้วย

(5) การปฏิบัติงานในพื้นที่ (Operation of Premises)

ให้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการปฏิบัติงานในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย ระบบแสงสว่าง ระบบความร้อน ระบบความเย็น การระบายอากาศ การควบคุมความชื้น และการควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ณ สถานที่นั้น โดยใช้วิธีการปันส่วนที่เหมาะสม เช่น ในกรณีของโกดังสินค้าให้ปันส่วนโดยใช้ช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกเก็บ จำนวนผลิตภัณฑ์ เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ เป็นต้น ซึ่งรวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงาน โกดังสินค้า แหล่งกระจายสินค้า

(6) การขนส่ง

ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งโดยเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้คำนวณก่อน ดังนี้

(6.1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง คูณด้วยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

(6.2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ (6.1) ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก จากนั้นจึงนำมาคูณเข้ากับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทรถที่ใช้ขนส่ง

สำหรับการขนส่งเพื่อกระจายสินค้า หากไม่มีข้อมูล ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

(7) บรรจุภัณฑ์

ให้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของบรรจุภัณฑ์โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิ หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิให้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ และสามารถละเว้นการคำนวณหากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ในกรณีของการประเมินคาร์บอนฟุต-พริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จำพวกบรรจุภัณฑ์โดยตรง ต้องใช้ข้อมูลปฐมภูมิของวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2) ช่วงการใช้งาน

ต้องคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในช่วงการใช้งานผลิตภัณฑ์ รวมถึงการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบเครเดิ้ลทูเกต หากมีการกำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้ ข้อมูลอายุของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้คำนวณต้องสัมพันธ์กับสภาวะการใช้งานและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการใช้งานควรใช้ตามแบบแผนการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในตลาดที่ศึกษา หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์ต้องกำหนดจากข้อมูลด้านเทคนิคที่ตีพิมพ์แล้ว

ทั้งนี้ จำเป็นต้องระบุข้อมูลสมมุติฐานการใช้งานไว้อย่างชัดเจน ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตามที่ระบุไว้ข้างต้นได้ สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้

2.3.3) ช่วงหลังการใช้งาน (Final Disposal)

คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน (ยกเว้นการประเมินแบบเครเดิ้ลทูเกต) แบบการฝังกลบ (Landfill) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ-เรือนกระจกดังตารางที่ 2.2 และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปแปรใช้ใหม่ (Recycle) ได้ โดยประเมินตามอัตราการแปรใช้ใหม่รายละเอียดดังตารางที่ 2.1 โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกในช่วงการกำจัดซากผลิตภัณฑ์เท่ากับ

$E_{EoL} = \sum [(1-R_{R,i}) \times E_{d,I}] + E_{tW}$

E_{EoL} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการจัดการซากผลิตภัณฑ์

$R_{R,i}$ = อัตราการแปรใช้ใหม่วัสดุประเภท i (ค่าในตารางที่ 2.1)

$E_{d,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการของเสีย ขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i

E_{tW} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งซากผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.1 อัตราการแปรใช้ใหม่ของของเสียในภาคอุตสาหกรรม

ประเภท	อัตราการแปรใช้ใหม่ (ร้อยละ)
กระดาษ	77
พลาสติก	87
ยาง	44

ในกรณีที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังการใช้งานซึ่งถูกถ่ายเทไปยังระบบอื่น เช่น การเผาไหม้ก๊าซมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบ ให้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงดังกล่าวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น

องค์ประกอบของมูลฝอย	**ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (tCO_2e ต่อตันมูลฝอย (น้ำหนักแห้ง))**
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

2.4) ประเด็นที่ไม่กำหนดให้อยู่ในขอบเขตระบบ

กิจกรรมที่ไม่ต้องคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่

- พลังงานของมนุษย์ที่ใช้สำหรับกระบวนการต่างๆ และ/หรือ สำหรับการเตรียมกระบวนการ (เช่น การเก็บผลไม้ด้วยมือ)
- การเดินทางไป-กลับของลูกค้า ณ จุดขายปลีก
- สินค้าทุน สำนักงาน การวิจัยและพัฒนา การควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ
- การเดินทางของพนักงานทั้งไปและกลับจากที่ทำงาน
- การบริการขนส่งโดยใช้สัตว์

2.5) สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญ (Material Contribution) และค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต้องคำนวณเฉพาะวัตถุดิบ สารขาเข้า และพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยคิดทุกช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ทั้งนี้ สามารถพิจารณาตัดรายการที่สัดส่วนค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม โดยหลังการตัดออกต้องเพิ่มสัดส่วน (Scale up) ร้อยละของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมให้เท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6) กรณีที่ไม่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบ หรือสารขาออกบางชนิด

ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารขาเข้าหรือสารขาออกใด ให้พิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบหรือสารขาออกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาคำนวณแทน สำหรับวัตถุดิบหรือสารขาออกที่ไม่สามารถจำแนกหรือหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาใช้คำนวณได้ ให้นำค่าการปล่อยก๊าซสูงสุด (Highest Emission Factor) ของวัสดุหรือสารขาออก ในรายการข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในกลุ่มเดียวกันแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตนั้นๆ มาคำนวณแทน

2.2.4.6 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์

ในการคำนวณหาค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรใช้วิธีการดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน-กระจก โดยการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

2) แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

3) ผลกระทบของการเก็บกักก๊าซของผลิตภัณฑ์ ต้องแสดงในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4) ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดต้องอยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วย โดย

4.1) การประเมินแบบ B2C: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต (รวมช่วงการใช้งาน) โดยให้ระบุแยกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงใช้งานด้วย ซึ่งควรระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือสมมุติฐานที่กำหนดขึ้น รวมถึงการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภคด้วย เช่น การจัดการของเสียหลังจากการใช้งานที่เหมาะสม เป็นต้น

4.2) การประเมินแบบ B2B: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกบางช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ให้คำนวณการปล่อยก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการประเมินแบบ B2B นี้ ไม่ควรเปิดเผยแก่ผู้บริโภคโดยตรง แต่เป็นข้อมูลที่ให้กับองค์กรหรือผู้ผลิตรายอื่นที่อยู่ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานเดียวกัน ทั้งนี้ ต้องมีการระบุช่วงวัฏจักรชีวิตที่ทำการประเมินไว้อย่างชัดเจนเพื่อให้ผู้ผลิตรายอื่นสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

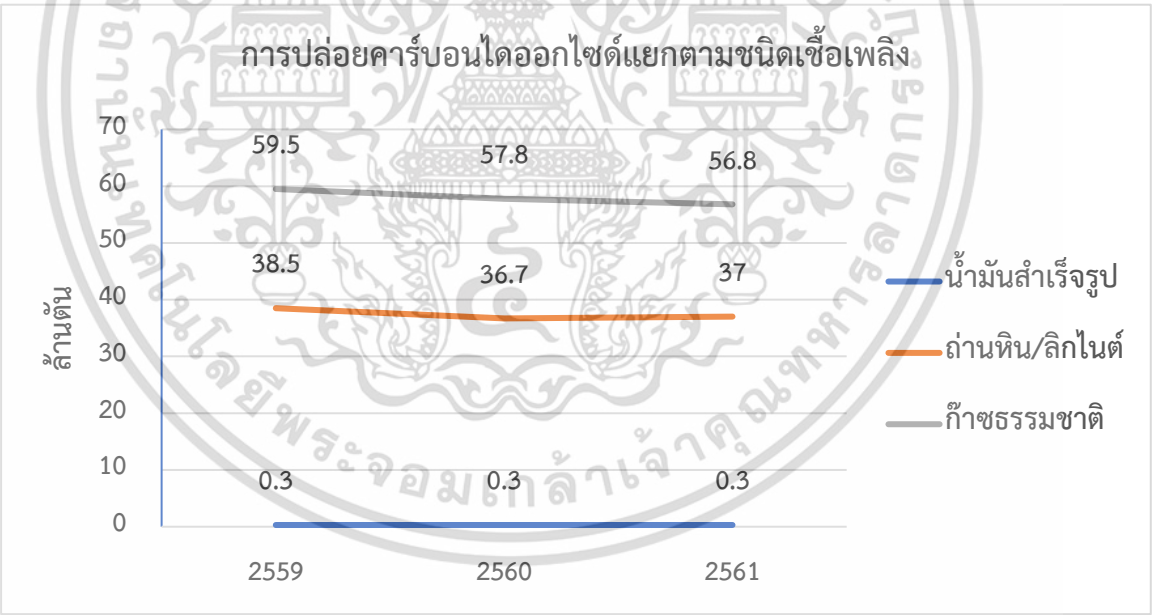
4.3) การประเมินแบบอื่นๆ ให้แสดงผลได้ขอบเขตแบบ B2B และ B2C เท่านั้น ปริมาณก๊าซ-เรือนกระจกที่ประเมินนอกเหนือขอบเขตดังกล่าว สามารถระบุเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้ใช้ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในประเทศไทยปี 2561 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี 2560 สอดคล้องกับการใช้พลังงานของประเทศที่เพิ่มขึ้น ในภาคการผลิตไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง แต่ภาคการผลิตไฟฟ้ายังคงเป็นภาคเศรษฐกิจหลักที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของประเทศ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบดัชนีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภาคพลังงานของประเทศไทยกับต่างประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการใช้พลังงานและอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศอาเซียน และประเทศจีน

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 56.8 ล้านตัน ลดลงร้อยละ 1.7 ในขณะที่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้ถ่านหิน/ลิกไนต์ อยู่ที่ระดับ 37.0 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 0.9 ส่วนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูปในการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย ที่ระดับ 0.3 ล้านตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3



รูปที่ 2.5 แผนภูมิแสดงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แยกตามชนิดเชื้อเพลิง
(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ในปี 2561 มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากภาคการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยที่ระดับ 0.46 กิโลกรัมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไฟฟ้า ของประเทศไทยกับต่างประเทศ พบว่า ปี 2561 ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ที่ระดับ 0.462 กิโลกรัมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของโลก และเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศพัฒนาแล้วในทวีปอเมริกา และกลุ่มสหภาพยุโรปที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ระดับ 0.37 และ 0.29 กิโลกรัมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าตามลำดับ เนื่องจากปัจจัยด้านเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของประเทศพัฒนาแล้วในทวีปอเมริกาและกลุ่มสหภาพยุโรป ที่มีการใช้นิวเคลียร์ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าในระดับต่ำกว่าประเทศจีน และประเทศในภูมิภาคเอเชีย

2.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญต่อการลงทุน เป็นการวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทน ซึ่งรวมไปถึงการวางแผนในการลงทุน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

2.3.1 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB)

ระยะเวลาที่กิจการได้รับผลตอบแทนและคืนทุนได้ หลักเกณฑ์การตัดสินใจ คือ จะต้องเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดเพราะมีความเสี่ยงน้อยที่สุด โดยการหาระยะเวลาคืนทุนทำได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิต่อปี}} \qquad (2.1)$$

การพิจารณาว่าโครงการ ควรจะลงทุนหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

ถ้า PB ของโครงการน้อยกว่า PB ที่กำหนด ควรลงทุน

ถ้า PB ของโครงการมากกว่า PB ที่กำหนด ไม่ควรลงทุน

ถ้า PB ของโครงการเท่ากับ PB ที่กำหนด ลงุทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

ถ้าต้องเลือกโครงการเดียว ต้องเลือกโครงการที่ PB สั้นที่สุด

2.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับในแต่ละปีตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ หรือต้นทุนของเงินทุนโครงการ หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ จะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไรนั่นเอง โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \qquad (2.2)$$

โดยที่

n คือ อายุของโครงการ (ปี)

ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost saving) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate)

การพิจารณาว่าโครงการ ควรจะลงทุนหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

ถ้า NPV ของโครงการมากกว่า 0 ควรลงทุน

ถ้า NPV ของโครงการน้อยกว่า 0 ไม่ควรลงทุน

ถ้า NPV ของโครงการเท่ากับ 0 ลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

ถ้าต้องเลือกโครงการเดียว ต้องเลือกโครงการที่ NPV สูงที่สุด

2.3.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ หมายถึง อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย หรือ IRR เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันจึงเท่ากับศูนย์ (NPV = 0) ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการทำกำไรของโครงการ ซึ่งสามารถเขียนสมการของอัตราผลตอบแทนภายในโครงการได้ดังนี้

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (2.3)$$

โดยที่ IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการลงทุน

ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost saving) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

n คือ อายุของโครงการ (ปี)

เกณฑ์การตัดสินใจว่าโครงการใดควรลงทุนหรือไม่ จะพิจารณาโดยเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) กับค่าของทุนอัตราส่วนลด (Discount rate) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาว่าโครงการ ควรจะลงทุนหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

ถ้า IRR ของโครงการมากกว่าที่กำหนด ควรลงทุน

ถ้า IRR ของโครงการน้อยกว่าที่กำหนด ไม่ควรลงทุน

ถ้า IRR ของโครงการเท่ากับที่กำหนด ลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

ถ้าต้องเลือกโครงการเดียว ต้องเลือกโครงการที่ค่า IRR สูงสุด

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปทุมสวัสดิ์ (2003) ในงานวิจัยสรุปใจความสำคัญได้ว่า พลังงานส่วนใหญ่ที่นำมาใช้กันในปัจจุบันนั้นมากจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ เป็นเวลาหลายล้านปีที่ซากพืชซากสัตว์ เกิดการทับถมกันใต้พื้นโลก เกิดเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลขึ้นมา เราได้นำเชื้อเพลิงเหล่านี้ขึ้นมาใช้งาน เชื้อเพลิงฟอสซิลเหล่านี้เกิดขึ้นภายใต้สภาวะความดันและความร้อนภายในโลก แต่ด้วยอัตราการใช้งานเชื้อเพลิงนั้นมากกว่าอัตราการเกิดของเชื้อเพลิงซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นในปัจจุบันเชื้อเพลิงฟอสซิลเริ่มหมดลง ขณะที่พลังงานก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เราจึงจำเป็นต้องค้นหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ เพิ่มขึ้น และสามารถใช้ได้เป็นระยะเวลานาน ในขณะเดียวกันการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย ดังนั้นในการค้นหาพลังงานใหม่นั้น ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

สว่างผล (2010) ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าโดยปล่อยคาร์บอนต่ำจากการวิเคราะห์สถานการณ์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 3 แนวทาง ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามนโยบายการพัฒนาพลังงานของรัฐที่มีอยู่ในปัจจุบัน (BAU), การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าโดยที่รัฐสามารถพึ่งพาเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้ในอนาคต (WNC) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยรัฐไม่สามารถพึ่งพาเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้ในอนาคต (NNC) จากการศึกษาพบว่าการปล่อยก๊าซเรือน-กระจก ตามแนว BAU กับการพัฒนา WNC และ NNC พบว่า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 9.46 และ 7.18 ตามลำดับ

Kennedy และคณะ (2018) ได้ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับแบบจำลองพื้นเก็บเกี่ยวพลังงานประสิทธิภาพสูงที่ทันสมัย โดยยึดหลักการดีไซน์ที่ทันสมัย, ผลิตผลพลังงานที่สูง และการเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง ผลของการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่าพื้นเก็บเกี่ยวพลังงานสามารถผลิตพลังงานได้เฉลี่ย 3.6 วัตต์ ในเวลามากกว่า 0.5 วินาทีหลังจากการเหยียบ พลังงานสูงสุด 12 วัตต์ ในการเดินแบบปกติ และผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1.8 จูลต่อก้าว ตามหลักทฤษฎีแล้ว ร้อยละ 75 ของพลังงานที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่ตัวพื้นเก็บเกี่ยวพลังงาน และ ร้อยละ 50 ของพลังงานจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า การใส่แผ่นพื้นที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงานไว้ที่ผิวบนสุดของพื้นขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นมีผลกระทบที่เล็กน้อยมากสำหรับคนเดินเท้า และแบบจำลองที่ผู้จัดทำได้สร้างขึ้นสามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาได้อีก

Elhalwagy และคณะ (2017) ได้ศึกษาและนำเสนอถึงการที่จะติดตั้งแผ่นพื้นเก็บเกี่ยวพลังงานแบบเพียโซอิเล็กทริค ในพื้นที่ที่คนเดินน้อย เช่น อพาร์ทเมนต์ แต่สามารถผลิตและประหยัดพลังงานได้ ผลการทดลองที่ได้คือ การใช้แผ่นพื้นสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ในระดับต่ำ เก็บได้ในหลักนาโนหรือไมโครวัตต์ สามารถใช้เป็นตัวกระตุ้นเซนเซอร์ที่สามารถให้พลังงานแก่ตัวเอง การส่งออกพลังงานไฟฟ้านั้นเพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบไร้สายให้แก่อุปกรณ์ พลังงานที่เก็บเกี่ยวได้จะถูกเก็บสะสมไว้ในแบตเตอร์รี่และสามารถใช้กับไฟฟ้าได้ทั้งกระแสสลับและกระแสตรง โดยที่แผ่นพื้นเก็บเกี่ยวพลังงาน 1 แผ่นสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์แสดงผลทางหน้าจอต่างๆ เช่น แอลซีดี (ที่ใช้เทคโนโลยีแบบไร้สาย อัตรารับส่งข้อมูลที่ต่ำ ใช้พลังงานต่ำ และราคาถูก)

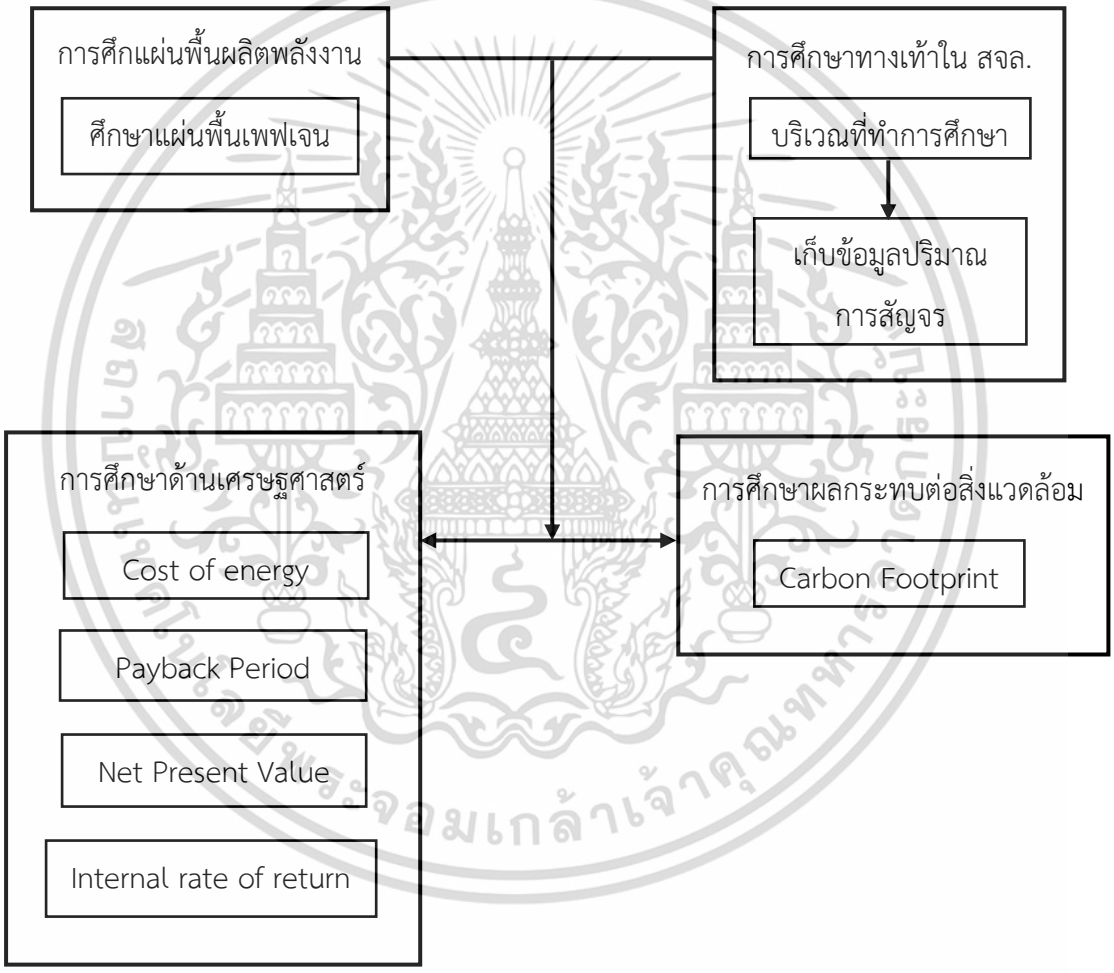
Strezov และคณะ (2014) ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้างแบบจำลองเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นเพียโซอิเล็กทริก ในหอสมุดและทดสอบหาปริมาณที่เป็นไปได้ของพลังงานที่จะเก็บเกี่ยวได้ โดยใช้ แผ่นพื้นเพฟเจน (Pavegen) จำนวน 1820 แผ่น ติดตั้งในพื้นที่ขนาด 49.15 ตารางเมตร และจุดตรวจจับความร้อน 3 จุด ด้วยความถี่ที่สูงของคนเดินสัญจรผ่านไปมา มีค่าเฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 26,188 ครั้ง ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่เป็นได้ในการเก็บเกี่ยว ของคนเดินเท้าที่สัญจรผ่านพื้นนี้ อยู่ที่ 1.1 เมกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี แผ่นพื้นเพียโซอิเล็กทริกยังอยู่ในช่วงของการพัฒนา และมีความเป็นได้ที่แผ่นพื้นสามารถเก็บพลังงานเพิ่มขึ้นได้ถึง 9.9 เมกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นประมานร้อยละ 0.5 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของหอสมุด สามารถประหยัดเงินไปได้ 540 ดอลลาร์ออสเตรเลียของค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อปีของหอสมุด และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงมากกว่า 10 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เป็นการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเริ่มต้นจากการศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจน ศึกษาทางเท้า วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษาด้านเทคนิควิศวกรรม

3.1.1 การศึกษาแผ่นพื้นเพฟเจน

เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากงานวิจัยและบริษัทของผลิตภัณฑ์ เพฟเจน ในด้านต่างๆ เช่น วัสดุที่ใช้ ต้นทุนในการซ่อมบำรุง ความสามารถในการผลิตไฟฟ้า อายุการใช้งาน ข้อมูลต่างๆ นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ในด้านเศรษฐศาสตร์ และให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในการผลิตไฟฟ้า

คุณลักษณะต่าง ๆ ของแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจนจะเป็นข้อมูลที่ได้รับจากผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย การจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในการผลิตไฟฟ้า จะต้องดูการพื้นที่และปริมาณการสัญจรบริเวณที่ทำการติดตั้ง โดยศึกษาและหาข้อมูลจากบทความที่เกี่ยวข้องกับแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1.2 การศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2.1 ทางเท้า

เป็นการศึกษาหาทางเท้าที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สำหรับการติดตั้ง โดยจะคำนึงถึงหลายๆ ด้าน เช่น ปริมาณการสัญจร ขนาดของทางเท้า และความปลอดภัยในการใช้งาน โดยจะทำการเลือกบริเวณที่ต้องการจะศึกษาเพื่อใช้เก็บข้อมูล ทางเท้าที่ต้องการศึกษานั้นจะคัดเลือกจากประเภทการใช้งานเพื่อนำมาเป็นตัวแทนของประเภทต่างๆ โดยกำหนดพื้นที่ที่จะศึกษา 3 ประเภทพื้นที่ ดังนี้

1) ทางเท้าโรงอาหาร
2) ทางเท้าอาคารเรียนของคณะ
3) ทางเท้าอาคารเรียนรวม

3.1.2.2 ปริมาณการสัญจร

เป็นตัวแปรสำคัญในการรวบรวมข้อมูลของการสัญจรไปมา ณ บริเวณที่ต้องการศึกษาเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่จะได้จากแผ่นพื้นผลิตพลังงาน อีกทั้งยังนำไปวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยจะนับจำนวนคนที่เดินผ่านบริเวณที่ทำการศึกษา ในวันเปิดทำการตามปกติเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านวิศวกรรม

เป็นการนำข้อมูลปริมาณการสัญจร และแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจนมาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยจะหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละปี ได้ดังสมการ 3.1

ไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี = (กำลังผลิตไฟฟ้าต่อการก้าวเท้า (3.1)
× จำนวนคนที่เดินผ่านบริเวณที่ศึกษาเฉลี่ยต่อวัน
× 1 ก้าวต่อคน × 5 วันต่อสัปดาห์ × 52 สัปดาห์ต่อปี)

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะบ่งบอกถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแผ่นพื้นผลิตพลังงานในปริมาณการสัญจรแต่ละพื้นที่ เพื่อนำไปศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

3.2 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษาด้านการเงิน เป็นการวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนที่ได้จากโครงการ โดยจะวิเคราะห์ ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy) ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ

3.2.1 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy)

เป็นการหาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าต่อ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (3.5 บาทต่อ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ดังสมการที่ 3.2

$$\text{ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อ 1 หน่วย} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ต่ออายุการใช้งาน}} \quad (3.2)$$

3.2.2 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB)

ระยะเวลาที่กิจการได้รับผลตอบแทนและคืนทุนได้ หลักเกณฑ์การตัดสินใจ คือ จะต้องเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุดเพราะมีความเสี่ยงน้อยที่สุด (อ้างอิงจากสมการที่ 2.1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิต่อปี}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับในแต่ละปีตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ ณ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ หรือต้นทุนของเงินทุนโครงการ หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ จะต้องเลือกโครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ เพราะโครงการลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนของเงินทุนหรือหมายถึงโครงการนั้นมีผลกำไร (อ้างอิงจากสมการที่ 2.2)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0$$

โดยที่

n คือ อายุของโครงการ (ปี)

ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost saving) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate)

3.3.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ หมายถึง อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย หรือ IRR เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันจึงเท่ากับศูนย์ (NPV = 0) ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการทำกำไรของโครงการ (อ้างอิงจากสมการที่ 2.3)

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

โดยที่

IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการลงทุน

ES_t คือ ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost saving) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

I_0 คือ เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

n คือ อายุของโครงการ (ปี)

โดยการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์จะสามารถประเมินความเป็นไปได้ของโครงการว่ามีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่ โดยจะมีหลักการตามตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 หลักการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินความคุ้มค่า	**PB**	**NPV**	**IRR**
คุ้มค่า	น้อยกว่าอายุการใช้งาน	มากกว่าศูนย์	มากกว่าอัตราส่วนลด
ไม่คุ้มค่า	มากกว่าอายุการใช้งาน	น้อยกว่าศูนย์	น้อยกว่าอัตราส่วนลด
ไม่มีความแตกต่าง	เท่ากับอายุการใช้งาน	เท่ากับศูนย์	เท่ากับอัตราส่วนลด

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3.1 โครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนก็ต่อเมื่อ มีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่าอายุการใช้งานของแผ่นพื้นผลิตพลังงาน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ และค่าอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าอัตราส่วนลด

3.3 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการหาข้อมูลและศึกษาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผ่นพื้นผลิตพลังงาน โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ดังนี้

3.3.1 เลือกรูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

โดยเลือกรูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบเครเดิ้ลทูเกต (Cradle to Gate, Business to Business: B2B) ซึ่งเป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึง ณ หน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป

3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ควรดำเนินการ 4 ขั้นตอนตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

3.3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

กำหนดเป้าหมายการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำผลการศึกษาไปใช้การประเมินขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อใช้สื่อสารกับผู้บริโภค หรือเพื่อประโยชน์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของประเภทวัสดุ พลังงานหรือกระบวนการนั้นๆ และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการนำไปคูณกับค่าของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด

3.4.2.3 การประเมินผลกระทบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องประเมินทั้งระบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการย่อย (Unit Process) สารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดบ้างที่ต้องทำการประเมินอย่างละเอียด กระบวนการย่อยใดที่สามารถใช้การประเมินได้ เนื่องจากไม่ได้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ รวมทั้งกำหนดว่ากระบวนการย่อยใดที่ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา

3.4.2.4 การแปลผล

ผลกระทบของการเก็บกักก๊าซของผลิตภัณฑ์ ต้องแสดงในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาแผ่นพื้น เพฟเจน

ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มาจากผู้ผลิตและจัดจำหน่ายแผ่นพื้น เพฟเจน ในปี 2559 พบว่าแผ่นพื้นเพฟเจนราคาตารางเมตรละ 24,210 บาท ถึง 51,650 บาท สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3 วัตต์-วินาที ต่อการเหยียบ 1 ครั้งลงบนแผ่นพื้นเพฟเจน และมีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี

4.2 การศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.1 ทางเท้า

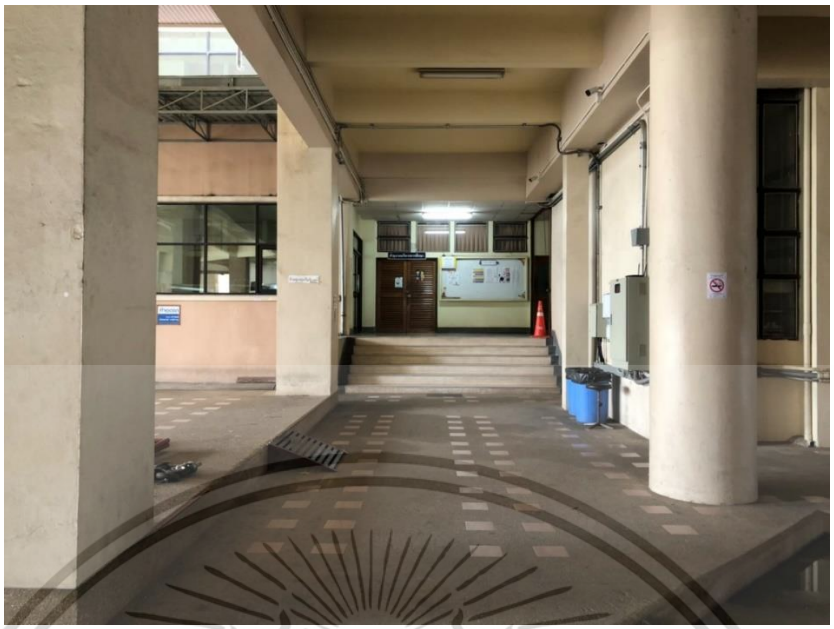
จากการศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ได้ทำการเก็บข้อมูล 4 สถานที่ แต่ด้วยมีสถานที่ที่มีปริมาณคนเดินน้อยกว่าอีก 3 สถานที่ที่ได้ทำการเก็บข้อมูล จึงทำสถานที่ที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ ได้แก่

1.) ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยตึก 12 ชั้น เป็นอาคารเรียนรวมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ผู้คนส่วนใหญ่ที่สัญจรบริเวณนี้จะเป็นนักศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีนักศึกษาจากคณะอื่นมาใช้งานเล็กน้อย

2.) ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ โดยอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ เป็นอาคารรวมของสถาบัน ผู้คนที่ใช้ทางเดินบริเวณนี้จะเป็นนักศึกษาจากหลายคณะมาเรียนที่อาคารเรียนรวมแห่งนี้

3.) ทางเข้าคณะวิทยาศาสตร์ โดยคณะวิทยาศาสตร์มีทางที่สามารถสัญจรเข้าออกได้หลายทาง ทางเข้าที่เลือกมานั้นเป็นทางเดินที่อยู่ติดกับโรงอาหารของคณะวิทยาศาสตร์ และติดกับจุดรอรถสาธารณะ ผู้คนส่วนใหญ่ที่ใช้ทางเท้าบริเวณนี้เป็นนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และครุศาสตร์

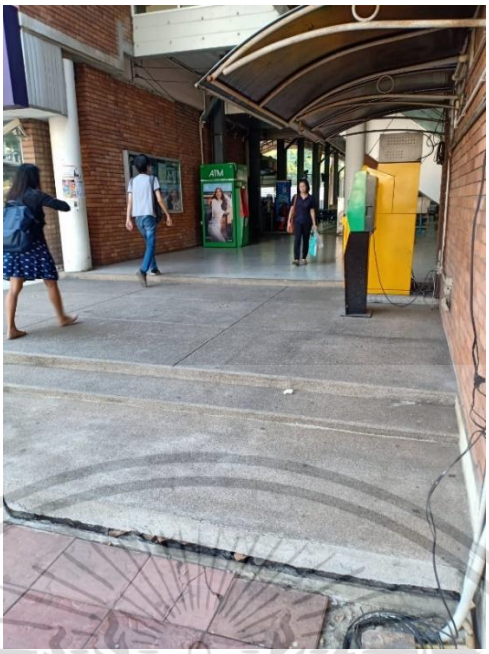
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

รูปที่ 4.2 ทางเดินเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

4.2.2 ปริมาณการสัญจร

จากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลการเดินเท้าของนักศึกษา และบุคลากรของสถาบันเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตามสถานที่ที่ได้เลือกไว้ โดยช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นวันเวลาราชการ คือ 8.00 ถึง 17.00 น. เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากการเก็บข้อมูลได้ผลดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการสัญจร ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

เวลา	ชั่วโมงที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
8.00 - 9.00	1	250	242	222	209	198
9.00 - 10.00	2	470	462	403	406	423
10.00 - 11.00	3	430	425	298	350	302
11.00 - 12.00	4	653	652	516	540	506
12.00 - 13.00	5	729	737	651	680	661
13.00 - 14.00	6	380	394	424	431	460
14.00 - 15.00	7	286	297	326	324	327
15.00 - 16.00	8	484	508	700	684	705
16.00 - 17.00	9	532	519	523	514	514
รวม		4,214	4,236	4,063	4,138	4,096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ปริมาณการสัญจรทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ตามวันเวลาราชการ ได้ปริมาณการสัญจร ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ 4,214 4,236 4,063 4,138 4,096 คนต่อวัน ตามลำดับ จะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณการสัญจรบริเวณทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์มีค่าเท่ากับ 4,149 คนต่อวัน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการสัญจรทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

เวลา	ชั่วโมงที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
8.00 - 9.00	1	769	848	527	530	514
9.00 - 10.00	2	540	567	558	564	540
10.00 - 11.00	3	440	446	567	580	573
11.00 - 12.00	4	570	562	796	804	822
12.00 - 13.00	5	1024	1129	940	1076	946
13.00 - 14.00	6	480	492	624	645	637
14.00 - 15.00	7	534	539	665	668	670
15.00 - 16.00	8	1060	1075	825	912	856
16.00 - 17.00	9	197	203	281	240	275
รวม		5,614	5,861	5,783	6,019	5,833

จากตารางที่ 4.2 ปริมาณการสัญจรทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ตามวันเวลาราชการ ได้ปริมาณการสัญจรตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เท่ากับ 5,614 5,861 5,783 6,019 5,833 คนต่อวัน ตามลำดับ พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณการสัญจรบริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีค่าเท่ากับ 5,822 คนต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการสัญจรทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

เวลา	ชั่วโมงที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
8.00 - 9.00	1	641	634	657	645	654
9.00 - 10.00	2	397	393	451	462	454
10.00 - 11.00	3	164	167	122	150	136
11.00 - 12.00	4	274	265	287	292	288
12.00 - 13.00	5	569	554	478	481	469
13.00 - 14.00	6	169	174	137	142	135
14.00 - 15.00	7	201	198	205	201	209
15.00 - 16.00	8	443	438	345	357	349
16.00 - 17.00	9	203	241	271	279	262
รวม		3,061	3,064	2,953	3,009	2,956

จากตารางที่ 4.3 ปริมาณการสัญจรทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ตามวันเวลาราชการได้ปริมาณการสัญจรตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์เท่ากับ 3,061 3,064 2,953 3,009 2,956 คนต่อวัน ตามลำดับ จะได้ค่าเฉลี่ยของปริมาณการสัญจรบริเวณทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 3,008 คนต่อวัน

จากการเก็บข้อมูลตลอดระยะ 1 สัปดาห์ พบว่าช่วงเวลาที่มีปริมาณการสัญจรสูงเป็นช่วงเวลา 8.00 - 9.00 น., 12.00 – 13.00 น. และ 15.00 – 16.00 น. คาดว่าเป็นช่วงเริ่มต้นคาบเรียน จบคาบเรียนและช่วงเวลารับประทานอาหาร ซึ่งบริเวณที่มีปริมาณการสัญจรที่สูงที่สุดต่อวัน คือ บริเวณทางเดินเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีค่าเท่ากับ 5,822 คนต่อวัน คาดว่าที่บริเวณนี้มีปริมาณการสัญจรสูง เนื่องจากอาคารนี้เป็นอาคารเรียนรวมที่มีนักศึกษาจากหลากหลายคณะมาใช้งาน จึงทำให้บริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนสมเด็จพระเทพฯ มีปริมาณการสัญจรสูงถึง 5,822 คนต่อวัน ซึ่งมากที่สุดใน 3 สถานที่ที่ได้ทำการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านเทคนิควิศวกรรม

นำข้อมูลปริมาณการสัญจร และแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจนมาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยจะหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละปี ได้ดังนี้ (อ้างอิงจากสมการ 3.1)

ไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี = (กำลังผลิตไฟฟ้าต่อการก้าวเท้า (3 วัตต์-วินาที)
× จำนวนคนที่เดินผ่านบริเวณที่ศึกษาเฉลี่ยต่อวัน
× 1 ก้าวต่อคน × 5 วันต่อสัปดาห์ × 52 สัปดาห์ต่อปี)

ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปีบริเวณทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์เท่ากับ 0.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี บริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมพระเทพฯ 1.26 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี และบริเวณทางเข้าคณะวิทยาศาสตร์ 0.65 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

จะเห็นว่าการติดตั้งแผ่นพื้นบริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมพระเทพฯ จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดสืบเนื่องจากปริมาณสัญจรที่สูงที่สุด โดยทั้งหมดนี้จะนำไปวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้พื้นที่ของแผ่นพื้นผลิตพลังงานขนาด 1 ตารางเมตร

4.4 การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

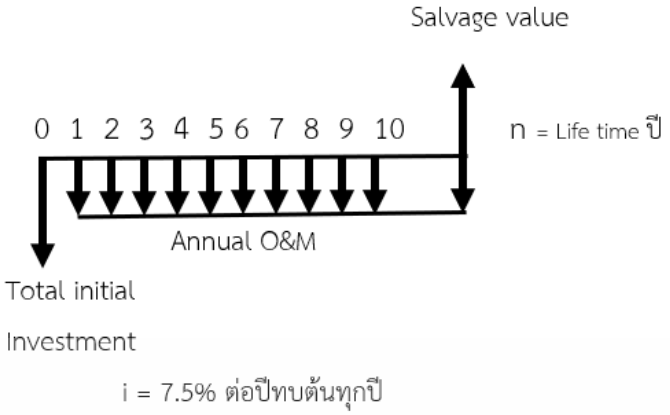
การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนที่ได้จากโครงการ โดยจะวิเคราะห์ ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy) ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ

โดยกำหนดให้ราคาของแผ่นพื้นเพฟเจนอยู่ที่ 40,000 บาทต่อตารางเมตร ในส่วนของค่าบำรุงรักษาของแผ่นพื้น (Annual O&M) จะเท่ากับร้อยละ 1.5 ของต้นทุนแรกเริ่มต่อปีซึ่งเท่ากับ 600 บาทต่อปี และมูลค่าซาก (Salvage value) เท่ากับร้อยละ 10 ของต้นทุนแรกเริ่มซึ่งเท่ากับ 4000 บาท

4.4.1 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Cost of energy)

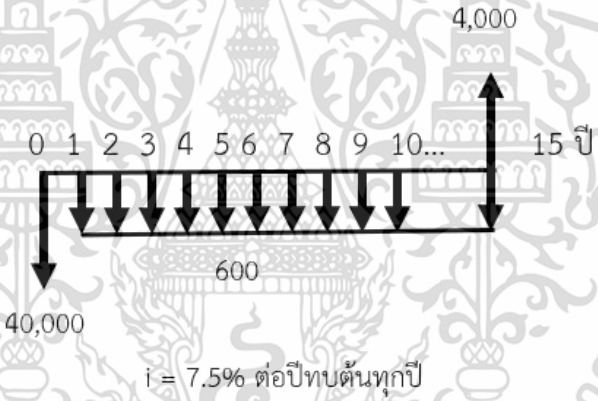
ในการคำนวณต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจะใช้การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ โดยเริ่มจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี และหาต้นทุนทั้งหมด โดยมีแผนภาพกระแสเงินสด (Cash flow diagram) ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนภาพกระแสเงินสด

จากรูปที่ 4.4 สามารถคำนวณหาต้นทุนทั้งหมด โดยแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณ เพราะฉะนั้นจะหาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.5 แผนภาพกระแสเงินสดของแผ่นพื้นเพฟเจน

1.) ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

$$\text{Cost of energy} = \frac{-40{,}000 - 600(P/A,7.5,15) + 4{,}000(P/F,7.5,15)}{0.9 \times 15}$$

$$= 3{,}255.178 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

2.) ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

$$\text{Cost of energy} = \frac{-40{,}000 - 600(P/A,7.5,15) + 4{,}000(P/F,7.5,15)}{1.26 \times 15}$$

$$= 2{,}325.127 \text{ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

$$\text{Cost of energy} = \frac{-40{,}000 - 600(P/A, 7.5, 15) + 4{,}000(P/F, 7.5, 15)}{0.65 \times 15}$$

= 4,507.169 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ของแต่ละพื้นที่ พบว่า ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่ำที่สุด 2,325.127 บาท ส่วนทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 4,507.169 บาท

จะเห็นได้ว่าแม้ในบริเวณที่มีต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำสุดก็ยังคงเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่สูงมาก เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าปกติซึ่งอยู่ที่ประมาณ 3.5 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

4.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

ในการหามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเริ่มจากการหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือนดังตารางที่ 4.4 และนำค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มาคิดเป็นเงินที่ลดลงไปได้หากใช้แผ่นพื้นผลิตไฟฟ้าโดยคิดที่ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.5 บาท

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือน

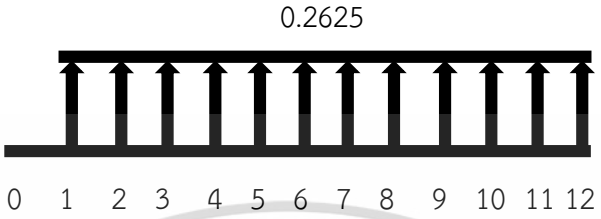
สถานที่	ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน)	0.075	0.105	0.054
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/เดือน)	0.2625	0.3675	0.189

จากนั้นจะคำนวณค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือนให้เป็นค่าไฟฟ้าที่ลดได้ในแต่ละปี โดยจะต้องแปลงค่าอัตราส่วนลดต่อปีทบต้นทุกปี เป็นค่าอัตราส่วนลดต่อเดือนทบต้นทุกปีและมีแผนภาพกระแสเงินสดและวิธีการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก i = 7.5% ต่อเดือน เพราะฉะนั้น i = 7.5/12 จะได้ i = 0.625% ต่อเดือน

1.) ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีแผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟฟ้าที่ลดลงดังรูปที่ 4.6



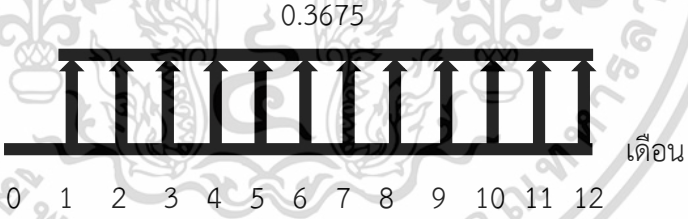
i = 0.625% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

รูปที่ 4.6 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปี = 0.2625(F/A, 0.625%, 12)

= 3.261 บาท/ปี

2.) ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีแผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟฟ้าที่ลดลงดังรูปที่ 4.7



i = 0.625% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

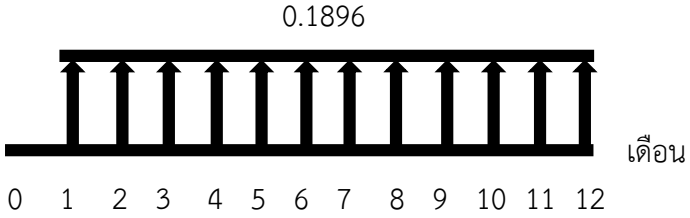
รูปที่ 4.7 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

ค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปี = 0.3675(F/A, 0.625%, 12)

= 4.565 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ มีแผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟฟ้าที่ลดลงดังรูปที่ 4.8



i = 0.625% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

รูปที่ 4.8 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

ค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปี = 0.1896(F/A, 0.625%, 12)

= 2.355 บาท/ปี

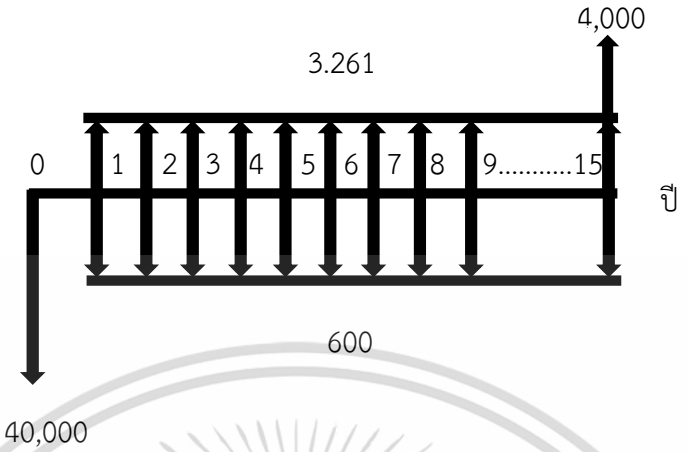
ตารางที่ 4.5 ค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปี

สถานที่	**ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์**	**ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ**	**ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์**
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี)	3.261	4.565	2.355

ผลการคำนวณหาค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ใน 1 ปีของแต่ละสถานที่ที่จะติดตั้งแผ่นพื้น แสดงดังตารางที่ 4.5 จากนั้นจะคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยข้อมูลจากหัวข้อที่ 4.3 และตารางที่ 4.5 มีแผนภาพกระแสเงินสดและวิธีการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ทางขึ้นตึก 12 ชั้นคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีแผนภาพกระแสเงินสดดังรูปที่ 4.9



i = 7.5% ต่อเดือนทบต้นทุกปี

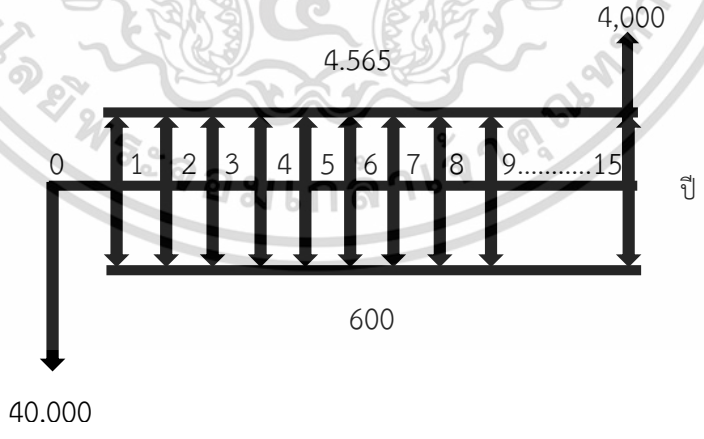
รูปที่ 4.9 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = -40,000 -600(P/A, 7.5%, 15) +3.261(P/A, 7.5%, 15)

+4,000(P/F, 7.5%, 15)

= -43,916.094 บาท

2.) ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีแผนภาพกระแสเงินสดดังรูปที่ 4.10



i = 7.5% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

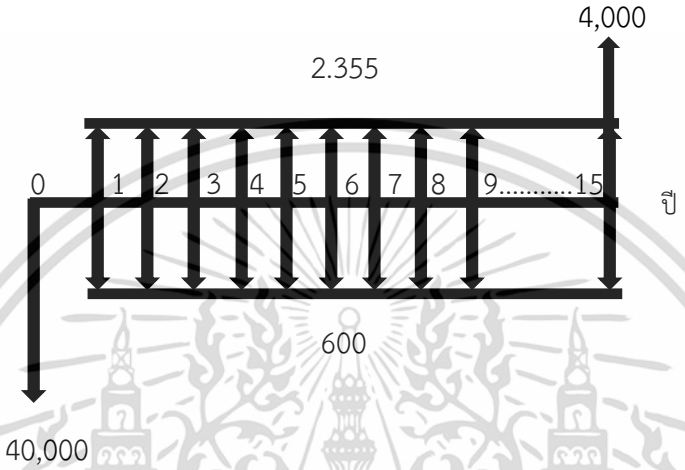
รูปที่ 4.10 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = -40,000 -600(P/A, 7.5%, 15) +4.565(P/A, 7.5%, 15)
+4,000(P/F, 7.5%, 15)

= -43,904.575 บาท

2.) ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์มีแผนภาพกระแสเงินสดดังรูปที่ 4.11



i = 7.5% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

รูปที่ 4.11 แผนภาพกระแสเงินสดค่าไฟที่ลดได้ของทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = -40,000 -600(P/A, 7.5%, 15) +2.355(P/A, 7.5%, 15)
+4,000(P/F, 7.5%, 15)

= -43,924.097 บาท

ตารางที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

สถานที่	ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์
NPV (บาท)	-43,916.094	-43,904.575	-43,924.097

จากตารางที่ 4.6 มูลค่าปัจจุบันสุทธิในการใช้แผ่นพื้นเพฟเจนตามสถานที่ที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 4.6 พบว่าทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากที่สุดเท่ากับ -43,904.575 บาท ส่วนทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้นคณะวิศวกรรมศาสตร์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิรองลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ -43,916.094 บาท และทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิต่ำที่สุดเท่ากับ -43,924.097 บาท

จะเห็นว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของทั้งสามสถานที่เป็นค่าลบ เนื่องจากต้นทุนที่สูงมาก ขณะที่ค่าใช้จ่ายรายปีก็สูงกว่าผลตอบแทนรายปี มีการขาดทุนเพิ่มขึ้นทุกปี จึงสรุปได้ว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในทุกสถานที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

4.4.3 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PB)

ระยะเวลาคืนทุน (PB) คือระยะเวลาที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

1) ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีที่ 1 NPV_1 = -40,000 -600(P/F, 7.5%,1) +3.261(P/F, 7.5%,1)

= -40,555.116 บาท

ปีที่ 2 NPV_2 = -40,555.116 -600(P/F, 7.5%,2) +3.261(P/F, 7.5%,2)

= -41,071.504 บาท

ปีที่ 3 NPV_3 = -41,071.504 -600(P/F, 7.5%,3) +3.261(P/F, 7.5%,3)

= -41,551.909 บาท

ปีที่ 4 NPV_4 = -41,551.909 -600(P/F, 7.5%,4) +3.261(P/F, 7.5%,4)

= -41,998.837 บาท

.

.

ปีที่ 95 NPV_{95} = -47,450.450 -600(P/F, 7.5%, 95) +3.261(P/F, 7.5%, 95)

= -47,451.134 บาท

ปีที่ 100 NPV_{100} = -47,451.134 -600(P/F, 7.5%, 100) +3.261(P/F, 7.5%, 100)

= -47,451.611 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

ปีที่ 1 NPV_1 = -40,000 -600(P/F, 7.5%,1) +4.565(P/F, 7.5%,1)

= -40,553.903 บาท

ปีที่ 2 NPV_2 = -40,553.903 -600(P/F, 7.5%,2) +4.565(P/F, 7.5%,2)

= -41,069.163 บาท

ปีที่ 3 NPV_3 = -41,069.163 -600(P/F, 7.5%,3) +4.565(P/F, 7.5%,3)

= -41,548.518 บาท

ปีที่ 4 NPV_4 = -41,548.518 -600(P/F, 7.5%,4) +4.565(P/F, 7.5%,4)

= -41,994.469 บาท

ปีที่ 5 NPV_5 = -41,994.469 -600(P/F, 7.5%,5) +4.565(P/F, 7.5%,5)

= -42,409.368 บาท

.

.

.

.

.

.

.

ปีที่ 95 NPV_{95} = -47,434.170 -600(P/F, 7.5%, 95) +4.565(P/F, 7.5%, 95)

= -47,434.851 บาท

ปีที่ 100 NPV_{100} = -47,434.851 -600(P/F, 7.5%, 100) +4.565(P/F, 7.5%, 100)

= -47,435.328 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์

ปีที่ 1 NPV_1 = -40,000 -600(P/F, 7.5%,1) +2.355(P/F, 7.5%,1)

= -40,555.959 บาท

ปีที่ 2 NPV_2 = -40,555.959 -600(P/F, 7.5%,2) +2.355(P/F, 7.5%,2)

= -41,073.131 บาท

ปีที่ 3 NPV_3 = -41,073.131 -600(P/F, 7.5%,3) +2.355(P/F, 7.5%,3)

= -41,554.265 บาท

ปีที่ 4 NPV_4 = -41,554.265 -600(P/F, 7.5%,4) +2.355(P/F, 7.5%,4)

= -42,001.872 บาท

ปีที่ 5 NPV_5 = -42,001.872 -600(P/F, 7.5%,5) +2.355(P/F, 7.5%,5)

= -42,418.311 บาท

.

.

.

.

.

.

ปีที่ 95 NPV_{95} = -47,461.762 -600(P/F, 7.5%, 95) +2.355(P/F, 7.5%, 95)

= -47,462.446 บาท

ปีที่ 100 NPV_{100} = -47462.446 -600(P/F, 7.5%, 100) +2.355(P/F, 7.5%, 100)

= -47,462.925 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนพบว่าการจัดทำโครงการในแต่ละสถานที่นั้น ทุกสถานที่มีระยะเวลาคืนทุนที่มากกว่า 100 ปี

เนื่องจากตารางอัตราดอกเบี้ยทบต้นนั้นมีจำนวนปีที่มากที่สุดเพียง 100 ปี การจะคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนนั้นจึงไม่สามารถทำได้ และจากแนวโน้มมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเห็นว่า มีมูลค่าลดลงทุกปี ซึ่งหมายความว่าโครงการจะไม่มีการคืนทุนเกิดขึ้นไม่ว่าจะใช้เวลานานเท่าใด ประกอบกับอายุการใช้งานของแผ่นพื้นที่มีเพียง 15 ปี จึงสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในทุกสถานที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

4.4.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) คืออัตราส่วนลด (i) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ (อ้างอิงจากสมการที่ 2.3) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

1.) อัตราผลตอบแทนภายใน ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้นคณะวิศวกรรมศาสตร์ แทนค่าลงในสมการ

$$0 = 40,000 + \frac{-600+3.261}{(1+IRR)^1} + \frac{-600+3.261}{(1+IRR)^2} + \ldots + \frac{-600+3.261}{(1+IRR)^{14}} + \frac{-600+3.261+4,000}{(1+IRR)^{15}}$$

IRR = -21%

2.) อัตราผลตอบแทนภายใน ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ แทนค่าลงในสมการ

$$0 = 40,000 + \frac{-600+4.565}{(1+IRR)^1} + \frac{-600+4.565}{(1+IRR)^2} + \ldots + \frac{-600+4.565}{(1+IRR)^{14}} + \frac{-600+4.565+4,000}{(1+IRR)^{15}}$$

IRR = -21%

3.) อัตราผลตอบแทนภายใน ทางเข้าคณะวิทยาศาสตร์ แทนค่าลงในสมการ

$$0 = 40,000 + \frac{-600+2.355}{(1+IRR)^1} + \frac{-600+2.355}{(1+IRR)^2} + \ldots + \frac{-600+2.355}{(1+IRR)^{14}} + \frac{-600+2.355+4,000}{(1+IRR)^{15}}$$

IRR = -21%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 อัตราผลตอบแทนภายใน

สถานที่	ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์
IRR	-21%	-21%	-21%

จากตารางที่ 4.7 ผลตอบแทนภายใน (IRR) ของสถานที่ต่าง ๆ ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ, ทางขึ้นตึก 12 ชั้นคณะวิศวกรรมศาสตร์ และทางเข้าคณะวิทยาศาสตร์ให้ค่าอัตราผลตอบแทนภายในที่เท่ากัน เท่ากับ -21%

จะเห็นว่าอัตราผลตอบแทนภายในของทั้งสามสถานที่เป็นค่าลบ เนื่องจากต้นทุนที่สูงมาก ขณะที่ค่าใช้จ่ายรายปีก็สูงกว่าผลตอบแทนรายปี มีการขาดทุนเพิ่มขึ้นทุกปี จึงสรุปได้ว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในทุกสถานที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถสรุปรายละเอียดการศึกษาได้ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์

สถานที่	ทางเดินขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์
Cost of Energy (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	3,255.178	2,325.127	4,507.169
NPV (บาท)	-43,916.094	-43,904.575	-43,924.097
PB (ปี)	>100	>100	>100
IRR (%)	-21	-21	-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ ทุกวิธีการวิเคราะห์ล้วนชี้ให้เห็นว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในทุกสถานที่ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งมีสาเหตุมาจากต้นทุนการติดตั้งที่สูงมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายรายปีซึ่งมากกว่าผลตอบแทนรายปี มีการขาดทุนสะสมเพิ่มขึ้นทุกปี โดยผลตอบแทนรายปีที่น้อยเกิดสืบเนื่องมาจากปริมาณพลังงานที่ผลิตได้น้อยมาก ไม่ว่าปริมาณการสัญจรจะมากเพียงใดก็ยังยากที่จะคืนทุน จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในทุกสถานที่ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

หากต้องการให้การติดตั้งแผ่นพื้นผลิตพลังงานคืนทุน จะสามารถคำนวณได้โดยการกำหนดมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เพื่อคำนวณกลับหาปริมาณการสัญจรอย่างต่ำได้ ดังนี้

กำหนดให้ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ X บาทต่อปี ใช้อัตราคิดลด (Discount rate) 7.5% และ ใช้แผ่นพื้นขนาด 1 ตารางเมตร โดยที่จำนวนก้าวคือ 1 ก้าวต่อตารางเมตร

จะได้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) = -40,000 -600(P/A, 7.5%, 15) + X(P/A, 7.5%, 15) +4,000(P/F, 7.5%, 15)

0 = -40,000 -600(P/A, 7.5%, 15) + X(P/A, 7.5%, 15) +4,000(P/F, 7.5%, 15)

X = 4,974.8 บาท/ปี

ทำการคำนวณหาส่วนลดค่าไฟฟ้าต่อเดือนโดยกำหนดให้เท่ากับ Y บาทต่อเดือน และใช้อัตราคิดลด 0.625% ทบต้นทุกเดือน

4,947.8 = Y(F/A, 0.625%, 12)

Y = 397.22 บาท/เดือน

ทำการคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตต่อเดือน โดยใช้ค่าไฟฟ้า 3.5 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือน = 397.22/3.5

= 113.49 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน

โดยแผ่นพื้นผลิตพลังงานได้ 3 วัตต์-วินาทีต่อก้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณการสัญจรอย่างต่ำต่อวัน} = \frac{113.49}{30 \times \left(3 \times \frac{10^{-3}}{3600} \right) kWh}$$

จะได้ปริมาณการสัญจรอย่างต่ำที่ 4,539,600 คนต่อวัน ที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ และทำให้โครงการนี้ไม่ขาดทุน

จากปริมาณการสัญจรอย่างต่ำที่ต้องการ เพื่อให้โครงการคืนทุน จะเห็นว่าเป็นปริมาณที่สูงมากจนยากที่จะเกิดขึ้นได้จริง ทั้งนี้ปริมาณการสัญจรที่ต้องการอาจลดลงได้หากทำการติดตั้งแผ่นพื้นให้มีลักษณะแคบยาวตามแนวทิศทางการสัญจร ซึ่งจะทำให้ผู้ที่สัญจรเดินผ่านด้วยจำนวนก้าวที่มากขึ้น ขณะที่แผ่นพื้นมีขนาด 1 ตารางเมตรเท่าเดิม

4.5 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการหาข้อมูลและศึกษาการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เนื่องจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบเครเดิ้ลทูเกต ด้วยข้อมูลที่เป็นในส่วนของการผลิตหรือขึ้นรูปวัสดุไม่สามารถหาข้อมูลได้ จึงไม่สามารถใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบเครเดิ้ลทูเกตได้

เพราะฉะนั้น ในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงจะทำการวิเคราะห์ในส่วนของพลังงานที่ผลิตได้จากแผ่นพื้น ว่าจะสามารถชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลได้เท่าใด โดยใช้ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังตารางที่ 4.9 และ 4.10 เพื่อหาอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล

ปี พ.ศ.	พลังงานไฟฟ้า (กิกะวัตต์-ชั่วโมง)		
	น้ำมัน	ถ่านหิน	ก๊าซธรรมชาติ
2552	448	29,808	106,343
2553	558	29,764	118,438
2554	1,295	31,712	108,261
2555	1,300	34,583	119,368
2556	1,238	35,352	119,218
2557	1,606	37,572	120,314
2558	797	34,582	128,525
2559	318	37,107	126,150
2560	133	35,732	121,044
2561	65	35,796	116,265

ตารางที่ 4.10 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล

ปี พ.ศ.	การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (10^6 กิโลกรัม)		
	น้ำมัน	ถ่านหิน	ก๊าซธรรมชาติ
2552	548.80	30,758.16	51,756.53
2553	843.40	32,050.72	57,989.32
2554	1,461.71	32,923.86	52,616.10
2555	1,681.95	36,493.88	56,911.98
2556	1,185.30	37,885.28	57,284.49
2557	1,059.22	39,770.63	58,223.92
2558	675.70	36,107.92	60,755.50
2559	345.23	38,533.10	59,525.60
2560	331.40	36,657.88	57,794.20
2561	342.32	37,180.32	56,794.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในตาราง ที่ 4.9 และ 4.10 จะได้ว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 10 ปีอยู่ที่ 0.613 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง สามารถนำไปหาการชดเชยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล

สถานที่	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารลดได้ (กิโลกรัมต่อปี)
ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	0.9	0.55
ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	1.26	0.77
ทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์	0.65	0.40

จากตารางที่ 4.11 จะได้ว่า พลังงานที่ผลิตได้จากแผ่นพื้นขนาด 1 ตารางเมตร บริเวณทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์, ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ และทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ สามารถชดเชยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ 0.55, 0.77 และ 0.40 กิโลกรัมต่อปีตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ซึ่งก็สืบเนื่องมาจากปริมาณการสัญจรในพื้นที่นั้นๆ หากไม่คำนึงถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของแผ่นพื้นเอง และเงื่อนไขในด้านเศรษฐศาสตร์ การติดตั้งแผ่นพื้นผลิตพลังงานในบริเวณทางเท้าก็จะมีส่วนช่วยในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการดำเนินการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงานในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อประยุกต์ใช้กับทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร-ลาดกระบัง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้านเทคนิควิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาแผ่นพื้นผลิตพลังงาน ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มาจากผู้ผลิตและจัดจำหน่ายแผ่นพื้นเพฟเจนในปี 2559 พบว่าแผ่นพื้นเพฟเจนมีราคาตารางเมตรละ 24,210 บาท ถึง 51,650 บาท สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3 วัตต์-วินาที ต่อการเหยียบ 1 ครั้ง และมีอายุการใช้งานอยู่ที่ประมาณ 15 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งาน

จากการศึกษาทางเท้าในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถานที่ที่เลือกนำมาวิเคราะห์คือ ทางขึ้นตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์, ทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ และทางเดินเข้าคณะวิทยาศาสตร์ ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณการสัญจรเฉลี่ยต่อวัน ในแต่ละสถานที่มีค่า 4,149, 5,822 และ 3,008 คนต่อวัน ตามลำดับ

จากการศึกษาด้านเทคนิควิศวกรรมพบว่าการติดตั้งแผ่นพื้นขนาด 1 ตารางเมตร บริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด ที่ 1.26 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี เนื่องจากบริเวณนี้มีปริมาณการสัญจรมากที่สุด

จากการศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าการติดตั้งแผ่นพื้นในบริเวณที่ทำการศึกษาทั้งหมด ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยบริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าถึง 2,325.13 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -43,904.58 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ -21% และระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 100 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นการศึกษาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเทียบกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลพบว่าพลังงานที่ผลิตได้จากแผ่นพื้นผลิตพลังงานบริเวณทางเชื่อมอาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ สามารถชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลได้มากที่สุดที่ 0.77 กิโลกรัมต่อปี หากไม่คำนึงถึงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวัฏจักรชีวิตของแผ่นพื้นเอง และเงื่อนไขในด้านเศรษฐศาสตร์ การติดตั้งแผ่นพื้นผลิตพลังงานในบริเวณทางเท้าก็จะมีส่วนช่วยในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

ข้อมูลในด้านต่างๆ ของแผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจนที่ต้องใช้สำหรับศึกษา อาทิ ราคา อายุการใช้งาน ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา รวมถึงกระบวนการผลิตและจัดจำหน่าย ค่อนข้างรวบรวมได้ยาก เนื่องจากทางบริษัทแผ่นพื้นไม่ได้ให้ข้อมูลโดยตรงที่สามารถนำมาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล จึงทำให้ต้องทำการรวบรวมข้อมูล จากคลิปวิดีโอของทางบริษัท บทความ และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผลการศึกษาทั้งความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในงานวิจัยนี้ อาจมีความคลาดเคลื่อนและไม่ได้เป็นจริงหากมีการนำไปใช้จริง

การคิดคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบเครเดิ้ลทูเกต ด้วยข้อมูลที่หามาได้นั้นไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ เนื่องจากต้องการข้อมูลของวัตถุดิบแผ่นพื้น การขนส่ง และกระบวนการผลิตโดยละเอียด ซึ่งทางบริษัทไม่ได้เปิดเผยข้อมูลในส่วนนี้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการหาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดได้เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล

5.3 ข้อเสนอแนะ

แผ่นพื้นผลิตพลังงานเพฟเจน มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตพลังงานสำหรับใช้ในอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น หลอดไฟแอลอีดีขนาดเล็ก, จอแสดงผลแอลอีดีชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาทดแทนการใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน

เนื่องจากราคาที่ค่อนข้างสูงในปัจจุบัน หากต้องการให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จะต้องใช้ในพื้นที่ที่มีการสัญจรสูงมาก แต่ในอนาคตเมื่อเทคโนโลยีพัฒนาจนผลผลิตไฟฟ้าจากแผ่นพื้นมีปริมาณสูงขึ้นและแผ่นพื้นมีราคาลดลง อาจจะมีความเป็นไปได้ในการใช้แผ่นพื้นผลิตไฟฟ้าแทนที่วัสดุปูพื้นธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Ling, B.K. et.al. 2014. “Waste Energy Harvesting.” **Lecture Notes in Energy.** 24. Heidelberg : Springer.

[2] Pavegen System Ltd. **Pavegen V3 Hardware Installation Guide.** London.

[3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2562. “ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด” [ออนไลน์].สืบค้นจาก : https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=348&Itemid=116 [24 ตุลาคม 2562]

[4] กระทรวงพลังงาน. 2561. **การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานปี 2561.** : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

[5] Franchetti, M.J. and Apul, D. 2013. **Carbon Footprint Analysis.** Boca Raton. : CRC Press.

[6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2561. **แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง

[7] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2546. “พลังงานหมุนเวียน.” **พัฒนาเทคนิคศึกษา.** 15(47).

[8] นฤมิตร สว่างผล. 2553. “ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อการวางแผนพัฒนาการผลิตไฟฟ้าโดยปล่อยคาร์บอนต่ำ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] Kennedy, Brook. et.al. 2018. “Design, simulation and experiment of a novel high efficiency energy harvesting paver.” 966 – 975. In **Applied Energy.** 212 : Elsevier.

[10] Elhalwagy, A.M. et.al. 2017. “Feasibility Study for Using Piezoelectric Energy Harvesting Floor in Buildings’ Interior Spaces.” 114 – 126. in **Energy Procedia.** 115 **:** Elsevier B.V..

[11] Strezov, V. and Li, X. 2014. “Modelling piezoelectric energy harvesting in an educational building.” 435 – 442. in **Energy Conversion and Management.** 85 : Elsevier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] สิรณัฐ โกมลมิศร์. 2556. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าแบบกังหันลมสำหรับครัวเรือน.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[13] Brueck, H. 2016. 18 Nov. “In Washington, DC, People Are Using Their Feet To Turn On The Lights.” **Forbes.** [Online].Available : https://www.forbes.com/sites/hilarybrueck/2016/11/18/pavegen-energy-generating-sidewalk/#269c045878da

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล	นาย กันต์ ปุญญมัย
วัน เดือน ปีเกิด	25 กรกฎาคม พ.ศ. 2540
ที่อยู่	238/5 ถนนพหลโยธิน ต.แม่ต๋ำ อ.เมือง จ.พะเยา 56000
โทร	086-9188874
E-mail	gun_punyamai@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพะเยาพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

ชื่อ-นามสกุล	นาย ชนาธิป แก้วเกิด
วัน เดือน ปีเกิด	5 กันยายน พ.ศ. 2540
ที่อยู่	37/1 ม.7 ต.ท่าสะท้อน อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี 84130
โทร	095-9477563
E-mail	Chanathip-12@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นาย ธีรภัทร ตะโฉ
วัน เดือน ปีเกิด	19 สิงหาคม พ.ศ. 2540
ที่อยู่	65 ม.4 ต.ราชกรูด อ.เมือง จ.ระนอง 85000
โทร	086-0361666
E-mail	theeraphat_tum@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร อำเภอเมือง จังหวัดระนอง
ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้