



การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่างด้วยหลอดไฟ LED:

กรณีศึกษานีรไฟฟ้าแห่งหนึ่ง

An Investment Feasibility Study of LED Lighting Replacement:

A Case Study of an Electric Train Station

นายณัฐพล จงจิตร

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



ใบรับรองสารนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

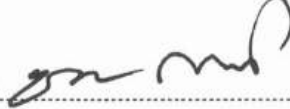
เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่างด้วยหลอดไฟ LED:
กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าแห่งหนึ่ง

An Investment Feasibility Study of LED Lighting Replacement: A Case Study of an
Electric Train Station

ผู้วิจัย นายณัฐพล จงจิตร
Mr. Nudtapon Jongjit

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร)


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 16 เดือน ๘.๓ พ.ศ. 256๙

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่างด้วยหลอดไฟ LED: กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

โดย : นาย ณัฐพล จงจิตร

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา: _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร)

16 / 8 / 69

ท่ามกลางสภาวะวิกฤตพลังงานและเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับสากล การจัดการพลังงานสำหรับโครงสร้างพื้นฐานในระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นระบบสาธารณูปโภคที่มีเพดานการใช้ไฟฟ้าสูงและมีรูปแบบการใช้พลังงานที่ซับซ้อนตลอด 24 ชั่วโมง เป็นสิ่งที่มีความท้าทายอย่างยิ่ง การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบสนับสนุนโดยเฉพาะระบบแสงสว่างในสถานี ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งยังขาดการวิเคราะห์เชิงลึกในด้านความคุ้มค่าของการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบแสงสว่างในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายและการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ยั่งยืน โดยได้มีการพิจารณาการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบ LED ทดแทนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ โดยประเมินและวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมทั้งทำการวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุน ผลการศึกษาพบว่า การใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบ LED ขนาด 23 วัตต์ ทดแทนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 58 วัตต์ จำนวน 573 หลอด มีค่าความสว่างเทียบเท่าและสามารถประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้สูงถึงร้อยละ 60.34 รวมทั้งปริมาณการปล่อย CO₂ ลดลง 24.85 tCO₂e/ปี จากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนในการลงทุน พบว่า การใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบ LED ใช้เงินลงทุน 487,050 บาท มีระยะเวลาคืนทุนใน 1.77 ปี ซึ่งน้อยกว่าระยะเวลาในการรับประกันสินค้า และในระยะเวลาการดำเนินโครงการ 5 ปี ค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 593,806.14 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สูงถึงร้อยละ 34.63 และในระยะเวลาโครงการ 10 ปี พบว่ามีค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 1,309,201.54 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 76.35 แนวทางนี้จึงเป็นแนวทางที่มีความคุ้มค่าสูงทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์ เชิงเทคนิค และสิ่งแวดล้อม และสามารถใช้เป็นแนวทางต้นแบบสำหรับการลงทุนปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในโครงสร้างพื้นฐานระบบอื่นๆ ต่อไป

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ หลอดไฟ LED การปล่อยก๊าซเรือนกระจก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน

Abstract

Title : An Investment Feasibility Study of LED Lighting Replacement: A Case Study of an Electric Train Station

By : Mr. Nudtapon Jongjit

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Advisor : *Y. B. T.*

(Assoc. Prof. Dr. Yuthachai Bunternngchit)

16 / 8 / 26

Amidst the global energy crisis and international greenhouse gas reduction targets, energy management for large-scale mass transit infrastructure public utilities, characterized by high energy demand ceilings and complex 24-hour consumption patterns, presented a significant challenge. Energy efficiency in support systems, particularly station lighting, accounting for a substantial portion of total consumption, remained a lack of in-depth analysis regarding the economic viability of technology transitions under real-world operating conditions. This research aimed to study the economic feasibility of replacing electrical equipment in an electric train station to achieve sustainable cost reduction and energy savings. The study evaluated a replacement model using LED lamps to substitute conventional fluorescent lamps by analyzing investment costs, maintenance expenses, and electricity consumption, along with a payback period. The results demonstrated that replacing 573 fluorescent lamps (58W) with LED lamps (23W) provided comparable illuminance while achieving a reduction in energy consumption and related costs by 60.34%. Furthermore, carbon dioxide (CO₂) emissions were reduced by 24.85 tCO₂e/year. The financial analysis indicated an initial investment of 487,050 Baht with a payback period of 1.77 years, which was shorter than the product warranty period. Over a 5-year project duration, the Net Present Value (NPV) was positive at 593,806.14 Baht, with an Internal Rate of Return (IRR) of 34.63%. For a 10-year period, the NPV increased to 1,309,201.54 Baht, and the IRR rose to 76.35%. Consequently, this approach was proven to be highly cost-effective in both economic and environmental terms and could serve as a prototype for energy efficiency investment in other transit infrastructures.

Keywords: feasibility study, LED lighting, greenhouse gas emissions, net present value, internal rate of return

Approved by

..... *Y. B. T.*

Director

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคลากรที่
บริษัทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร
อาจารย์ที่ปรึกษา ได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แจงข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขเพื่อ
ความสมบูรณ์ถูกต้องมากขึ้น จนสารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณอาจารย์ประจำบัณฑิตวิทยาลัยทุกๆ ท่าน ที่หมั่นดูแลและให้คำ
ชี้แนะต่างๆ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยนี้ได้สำเร็จอย่างดียิ่ง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ผู้
ประสานงานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสยาม ที่ช่วยเหลืองานเอกสารและ
ประสานงานต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจมาโดย
ตลอด

ท้ายสุดนี้ หากสารนิพนธ์นี้ มีส่วนดี และก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวม ผู้วิจัยขอมอบ
ความดีทั้งปวงนี้ให้ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว คณาจารย์และบุคลากรทุกท่านที่ได้
ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้วิจัย มีโอกาสศึกษา มีความรู้ และความสามารถจนทุกวันนี้

ณัฐพล จงจิตร
ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฅ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 สมมุติฐานการศึกษา	3
1.7 แผนการดำเนินการวิจัย	3
1.8 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของพลังงานไฟฟ้า และการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	4
2.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	5
2.3 การวิเคราะห์การลงทุน และผลตอบแทนการลงทุน	11
2.4 เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (MTBF)	12
2.5 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก	13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบและวิธีการศึกษา	17
3.2 ข้อมูลองค์กรกรณีศึกษา	17

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.3 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา	19
3.4 ข้อมูลการใช้งานอาคารกรณีศึกษา	21
3.5 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	22
3.6 การศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา	23
3.7 การประเมินศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญ	24
3.8 การตั้งสมมติฐาน และกำหนดเป้าหมาย	24
3.9 การรวบรวมข้อมูลการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างในสถานีนรไฟฟ้า	25
3.10 การศึกษาข้อมูลของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง เปรียบเทียบกับชนิดอื่น	30
3.11 การศึกษาปัญหาในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ	31
3.12 การบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	32
3.13 การทดสอบค่าแสงสว่างของหลอดไฟฟ้า	33
3.14 การวิเคราะห์รูปแบบการทดแทน	34
3.15 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	35
3.16 การคำนวณจุดคุ้มทุน	37
3.17 การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	37
3.18 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ	38
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 การใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างของสถานีนรไฟฟ้า	39
4.2 การทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	39
4.3 ผลการดำเนินการตามเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน	40
4.4 การประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย	41
4.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	41
4.6 การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	45
4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	45
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการศึกษา	46

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	46
5.3 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	51
ประวัติผู้วิจัย	58



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
3.1 เส้นทางการเดินรถ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส	18
3.2 รูปแบบสถานีรถไฟฟ้า	20
3.3 ภาพจำลองโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า	20
3.4 แผนผังสถานีรถไฟฟ้า	25
3.5 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นจำหน่ายตั๋วสถานีรถไฟฟ้า	26
3.6 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นชานชาลาสถานีรถไฟฟ้า	26
3.7 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้า	28
3.8 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟฟ้า	28
3.9 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้า	29
3.10 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้า	29
3.11 ข้อมูลคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ	31
3.12 กราฟแสดงข้อมูลเปรียบเทียบความสว่างหลอดไฟ	34

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
1.1 แผนการดำเนินการวิจัย	3
2.1 การเปรียบเทียบความสว่างของหลอดประหยัดไฟแต่ละประเภท	9
3.1 จำนวนพนักงานประจำสถานีรถไฟ	21
3.2 รายละเอียดการใช้งานสถานี	21
3.3 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า	22
3.4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ	23
3.5 แบบประเมินศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า	24
3.6 เป้าหมายการลดใช้พลังงาน	25
3.7 จำนวนการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์	27
3.8 จำนวนหลอดไฟ และปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า	27
3.9 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ	30
3.10 การบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง	33
3.11 ผลการวัดค่าความสว่างหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED	33
4.1 จำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างและการใช้พลังงานไฟฟ้า	39
4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอด LED	40
4.3 ผลการดำเนินการตามเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน	40
4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานี	41
4.5 การวิเคราะห์ทางการเงินและค่าใช้จ่ายของหลอดฟลูออเรสเซนต์	42
4.6 การวิเคราะห์ทางการเงินและค่าใช้จ่ายของหลอด LED	43
4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂ e)	45

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้นำเสนอความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษาขั้นตอนการศึกษา สมมุติฐานการศึกษา แผนการดำเนินการ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และคำนิยามศัพท์เฉพาะ ของการวิจัยในครั้งนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานีรถไฟฟ้ามหานครเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมหาศาล เพื่อขับเคลื่อนระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานของประเทศ จากการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของบริษัทในปี พ.ศ. 2566 พบว่าสถานีรถไฟฟ้ามหานคร มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (ไม่รวมส่วนที่ใช้ในการเดินรถ) เฉลี่ยสูงถึง 53,249 kWh/เดือน คิดเป็นเงินเฉลี่ยเดือนละ 220,983.35 บาทต่อสถานี โดยเฉพาะระบบแสงสว่างที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาความปลอดภัย และอำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสาร การใช้หลอดไฟแบบดั้งเดิมทำให้มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูงขึ้น จากการผลิตที่น้อยลง ไม่เป็นที่นิยม และค่าพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดต้นทุน สถานีรถไฟฟ้ามหานครหลายแห่งเริ่มเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ LED ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่า แต่ให้ความสว่างเพียงพอและมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น แม้ว่าจะมีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นที่สูงกว่า แต่ในระยะยาวสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและบำรุงรักษาได้ ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์และเปรียบเทียบต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ อายุการใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของหลอดไฟ LED ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารสถานีรถไฟฟ้ามหานครในการตัดสินใจปรับปรุงระบบแสงสว่าง และส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในองค์กรขนาดใหญ่และภาคสาธารณะ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการเปลี่ยนจากการใช้หลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟแบบ LED และเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานระหว่างหลอดไฟ LED กับหลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์เดิมของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 ศึกษาปัญหาจากข้อมูลในสถานีรถไฟฟ้ามหานครศึกษาเท่านั้น ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ภายในสถานีที่มีการใช้ระบบแสงสว่าง

1.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี และประเมินความคุ้มค่าในช่วงระยะเวลา 5-10 ปี ข้างหน้า

1.3.3 เปรียบเทียบหลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)

1.3.4 วิเคราะห์ต้นทุนรวม การประหยัดพลังงาน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการเปลี่ยนหลอดไฟ LED และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ได้แก่ ค่า NPV, IRR และ Payback Period

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ และเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของสถานีรถไฟฟ้ามหานครแห่งหนึ่ง มีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาปัญหา และกำหนดตัวชี้วัด (KPI)

1.4.2 ศึกษา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และต้นทุนในปัจจุบัน

1.4.4 กำหนดวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และประยุกต์ใช้มาตรการที่กำหนด

1.4.5 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ NPV, IRR และ Payback Period

1.4.6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากงานวิจัยนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1.5.1 ลดการใช้พลังงานและต้นทุนค่าไฟฟ้า

1.5.2 ได้ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบด้านต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.5.3 ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานที่ลดลง และปริมาณการปล่อย CO₂e ที่ลดลง

1.5.4 เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1.5.5 นำวิธีการลดการใช้ไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ส่วนอื่นๆ ในองค์กรได้

1.6 สมมุติฐานการศึกษา

การศึกษานี้มีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

1.6.1 หลอด LED ช่วยลดการใช้พลังงานได้มากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับหลอดไส้

1.6.2 ต้นทุนการเปลี่ยนหลอดไฟ LED สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่ประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

1.7 แผนการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีแผนการดำเนินการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย

ลำดับ	แผนการดำเนินการ	2567												2568					
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1	ศึกษาปัญหา และกำหนดตัวชี้วัด (KPI)																		
2	ศึกษา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																		
3	เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และต้นทุนในปัจจุบัน																		
4	กำหนดวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า																		
5	ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ NPV IRR และ																		
6	สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ																		

ระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด: 12 เดือน

1.8 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

คำนิยามศัพท์เฉพาะมีดังต่อไปนี้

1.8.1 การประหยัดพลังงาน (Energy Saving) หมายถึง การลดการใช้พลังงานโดยใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ เช่น หลอดไฟ LED (กระทรวงพลังงาน, 2564)

1.8.2 หลอดไฟแอลอีดี (Light Emitting Diode: LED) หมายถึง หลอดไฟที่ใช้เทคโนโลยีไดโอดเปล่งแสงในการให้แสงสว่าง มีประสิทธิภาพสูง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2564)

1.8.3 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) หมายถึง การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยลดการใช้พลังงานแต่ยังคงประสิทธิภาพเดิม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2565)

1.8.4 สถานีรถไฟ (Electric Train Station) หมายถึง สถานที่ให้บริการขนส่งมวลชนระบบรางที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการเดินรถ (การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2561)

1.8.5 การลงทุนเริ่มต้น (Initial Investment) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นของโครงการ เช่น การซื้อวัสดุ อุปกรณ์ ค่าติดตั้ง และค่าแรงงานในการเปลี่ยนระบบแสงสว่าง (สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, 2561)

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้นำเสนอทฤษฎี นิยามของพลังงานไฟฟ้า การอนุรักษ์พลังงาน องค์ประกอบของระบบไฟฟ้า แสงสว่าง และหลักการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ การสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องจึงเป็นสาระสำคัญ

2.1 ความหมายของพลังงานไฟฟ้า และการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

2.1.1 พลังงาน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่สามารถให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่สามารถให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อนและไฟฟ้า เป็นต้น (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2535)

2.1.2 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า หมายถึง พลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแยกตัว หรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน หรือโปรตอน ซึ่งการเดินทางของพลังงานดังกล่าวผ่านวัสดุนำไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ ปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากทั้งในแง่การดำรงชีวิต คุณภาพชีวิต และการอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต เช่น การเชื่อมต่อแหล่งพลังงานไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เช่น พัดลม โทรทัศน์ วิทยุ เตารีด เป็นต้น นอกจากนี้ พลังงานไฟฟ้ายังเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านคมนาคม เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และบริการ จึงส่งผลให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (National Power Supply (NPS), 2566)

2.1.3 การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน คือ การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัด ค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และผลิตพลังงานด้วย (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, 2535)

2.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระบบย่อยที่สำคัญของระบบไฟฟ้าในอาคารและพื้นที่ต่างๆ มีหน้าที่ผลิตแสงสว่างเพื่อการอยู่อาศัย การทำงาน และความปลอดภัย ระบบนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง เช่น หลอดไฟ โคมไฟ อุปกรณ์ควบคุม เช่น สวิตช์ และสายไฟที่เชื่อมต่อระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน

2.2.1 ประเภทของหลอดไฟชนิดต่างๆ

หลอดไฟมีการคิดค้นขึ้นเมื่อในช่วงศตวรรษที่ 18 หรือกว่า 140 ปีมาแล้ว หลอดไฟแบบแรกนั้นเป็นต้นแบบของหลอดไฟที่เรียกว่าหลอดไส้ หรือหลอด Incandescent ที่ยังคงมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน หลังจากการประดิษฐ์หลอดไฟหลอดแรกขึ้นมาได้นั้น โลกก็ได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเมื่อมนุษย์สามารถมีแสงสว่างในเวลากลางคืนได้โดยไม่ต้องใช้เทียนไขอีกต่อไป หลังจากนั้นหลอดไฟก็มีการพัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ โดยมีจุดประสงค์หลักที่จะทำให้หลอดไฟนั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น หรือเรียกง่าย ๆ ก็คือทำให้หลอดไฟประหยัดไฟมากขึ้น และให้แสงสว่างเพิ่มมากขึ้น ประเภทของหลอดไฟนั้นสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้เป็น 3 กลุ่มเทคโนโลยี คือ 1. หลอดไส้ (Incandescent) 2. หลอดก๊าซคายประจุ (Gas Discharge) และ 3. หลอดคายประจุสถานะแข็ง (Solid State Discharge) (Chin Power, ม.ป.ป.)

หลอดไฟประเภทที่ 1 : หลอดไส้หรือร้อน (Incandescent)

หลอดไฟประเภทนี้ใช้หลักการทำให้เกิดแสงสว่างโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอด ทำให้ไส้หลอดที่เป็นลวดโลหะร้อนและเปล่งแสงสว่างออกมาได้ เป็นหลอดไฟที่ไม่ซับซ้อนและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในช่วงเกือบ 100 ปีแรกของวิวัฒนาการของหลอดไฟ

1.1) หลอดไส้ (Incandescent) ส่วนมากใช้ไส้หลอดที่ทำมาจากทังสเตน (Tungsten Filament) เพื่อเป็นชิ้นส่วนหลักที่เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแล้วจะทำให้อุณหภูมิที่ตัวไส้หลอดสูงขึ้นและทำให้เกิดแสงสว่างออกมา หลอดไส้มีข้อดีคือสามารถให้ค่าความถูกต้องของสีได้ดีมาก หรือ $CRI = 100$ เมื่อนำหลอดไฟประเภทหลอดไส้ไปส่องวัตถุใดๆ แล้วเราจะสามารถเห็นสีสันทันของวัตถุนั้นได้สดใสและสมจริงมากๆ ถึงแม้ว่าแสงที่ปรากฏหรืออุณหภูมิสี (CCT) ของหลอดไส้จะออกไปทางสีเหลืองอมส้ม ($CCT = 2700K$) ก็ตาม อายุการใช้งานของหลอดไส้ก่อนดับมีอายุเพียง 1,000 ชม. ขาดง่าย กินไฟมาก มีค่าความสว่างต่ำเพียง 10-15 ลูเมนต่อวัตต์ และยังปล่อยความร้อนออกมาค่อนข้างมาก แต่หลอดไฟประเภทนี้มีราคาถูก

1.2) หลอดฮาโลเจน (Halogen) หลอดไฟฮาโลเจนเป็นหลอดที่มีการพัฒนาต่อยอดมาจากหลอดไส้ และยังถือว่าเป็นหลอดที่อยู่ในประเภทหลอดไส้อยู่ โดยนักพัฒนาได้ทำการเติมสารกลุ่มฮาโลเจน (เมทิลโบรไมด์) เข้าไปในหลอดไส้ เพื่อช่วยลดการระเหิดของขดลวดทั้งสแตนด์ และเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไส้ให้ยาวนานขึ้นจาก 1,000 ชม. เป็น 3,000 ชม. โดยยังคงข้อดีต่างๆ ของหลอดไส้ไว้ทั้งหมด เช่น มีค่าความถูกต้องของสีดีมาก (CRI = 100) และสามารถเปิดติดได้ทันที โดยไม่ต้องรออุ่นหลอด

หลอดไฟประเภทที่ 2 : หลอดก๊าซคายประจุ (Gas Discharge)

หลอดไฟให้กำเนิดแสงโดยใช้วิธีการปล่อยกระแสไฟฟ้าไปกระตุ้นอะตอมของก๊าซ (ลูมินิสเซนซ์) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย คือ หลอดคายประจุความดันต่ำ (Low-pressure Discharge Lamps) และหลอดคายประจุความดันสูง (High-pressure Discharge Lamps) หรือที่เรียกว่า หลอดคายประจุความเข้มสูง (High Intensity Discharge Lamps: HID lamps) หลอดบรรจุก๊าซแต่ละประเภทยังแบ่งได้เป็นหลายชนิดดังต่อไปนี้

2.1) หลอดก๊าซคายประจุความดันต่ำ

2.1.1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอดไฟ ที่ได้รับความนิยมมากในช่วง 10-30 ปีที่ผ่านมา มีหลักการส่องสว่างคือ ให้กระแสอิเล็กตรอน วิ่งชนไอโอดีนและก๊าซเฉื่อย ที่อยู่ภายในหลอด ทำให้เกิดแสง UV ขึ้นมา แต่เนื่องด้วยตามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นแสง UV ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเคลือบสารบนผิวหลอดที่เรียกว่า สารฟลูออเรสเซนต์ เมื่อแสง UV มากระทบสารเคลือบที่ข้างหลอด จึงทำให้เกิดการเรืองแสงที่มนุษย์มองเห็นได้ออกมา โดยหลอดประเภทนี้สามารถเลือกสีของแสงหรืออุณหภูมิสี (CCT) ได้จากการผสมสารฟลูออเรสเซนต์ที่เคลือบหลอดด้วยสูตรและส่วนผสมภายในที่ต่างกันก็ทำให้สีของแสงที่เปล่งออกมามีความต่างกันได้ ทำให้ได้ตั้งแต่ช่วง 2700K-6500K หรือตั้งแต่สีเหลืองจนไปถึงสีขาวได้เลย หลอดประเภทนี้มีจุดเด่นตรงที่มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 8,000-15,000 ชม. และยังมีค่าความสว่างที่สูงถึง 50-90 ลูเมนต่อวัตต์อีกด้วย แต่ก็แลกมาด้วยข้อเสียอย่างหนึ่งคือมีปรอทซึ่งเป็นสารอันตรายบรรจุอยู่ภายในหลอด ทำให้ต้องถูกกำจัดอย่างถูกวิธีเท่านั้น หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ถูกผลิตออกมาในหลายหลายรูปแบบเช่น หลอดทรงยาว (Tubular Fluorescent) ประเภท T10 T8 T5 ที่เราใช้กันทั่วไปตามบ้านที่เป็นหลอดนีออนยาว 1.2 เมตรและ 0.6 เมตร หรือในอีกรูปแบบหนึ่งที่เราหลอดฟลูออเรสเซนต์ทรงยาวนั้นมาดัดแปลงโดยการขดเป็นเกลียวให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำมาใช้แทนหลอดไส้ (Incandescent) (Chin Power, ม.ป.ป.) ให้อยู่ในรูปแบบของขั้วเกลียว E14 E27 ที่เราเรียกกันว่าหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (CFL : Compact

Fluorescent Lamp) หรือมีชื่อเล่นว่าหลอดตะเกียบนั่นเอง โดยหลอดตะเกียบ (CFL) นั้นมีบัลลาสต์อยู่ภายใน แต่ก็มีหลอดที่คล้ายกับหลอดตะเกียบแต่เป็นรุ่นที่ใช้บัลลาสต์ภายนอก ที่เรียกว่าหลอด Plug light เมื่อบัลลาสต์อยู่ภายนอกตัวหลอดก็จะมีอายุยาวนานมากขึ้น เอาไว้ใช้กับงานที่ต้องเปิดไฟ 12-24 ชั่วโมงต่อวัน เช่น โรงพยาบาล หรือห้างสรรพสินค้า

2.1.2) หลอดโซเดียมค่าความดันต่ำ (Low Pressure Sodium) ภายในบรรจุโซเดียม นีออน และ อาร์กอน ให้แสงสีเหลืองเข้มอมแดง (CCT 1,700K) ใช้หลักการให้กระแสอิเล็กตรอนวิ่งชนก๊าซที่บรรจุภายในหลอด เพื่อให้เกิดการเปล่งแสงขึ้น หลอดประเภทนี้เป็นหลอดที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดาหลอดไฟแบบต่างๆ ที่ไม่ใช่หลอด LED ให้ค่าความสว่างสูงถึง 140-190 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ต้องแลกมาด้วยค่าความถูกต้องของสี (CRI) ที่ดัดลบ นิยมในการไปใช้ในการส่องสว่างถนน หรือพื้นที่ภายนอกที่ห่างไกล แต่ในปัจจุบันมีการใช้งานน้อยลง อันเนื่องมาจากค่าความถูกต้องของสีที่น้อยจนเกินไป (Chin Power, ม.ป.ป.)

2.2) หลอดก๊าซคายประจุความดันสูง

2.2.1) หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury Vapor Lamp) หรือหลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดรุ่นแรกของหลอดในกลุ่มที่ให้แสงสว่างสูงเพื่อใช้สำหรับติดตั้งในที่สูง เช่น โรงงาน หรือ คลังสินค้า ทำงานโดยใช้ไฟฟ้าแรงสูง กระโดดผ่านไอปรอทที่อยู่ในหลอดเพื่อให้เกิดแสงสว่าง โครงสร้างจะประกอบด้วยหลอดแก้วควอตซ์ขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุไอปรอทและขั้วไฟฟ้า ครอบด้วยหลอดแก้วบอโรซิลิเกตขนาดใหญ่ ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันความร้อน และปิดกั้นรังสีเหนือม่วง (UV) ที่เปล่งออกมาจากไอปรอท พร้อมกับแสง หลอดไฟประเภทนี้มีสีของแสงที่เป็นสีขาวอมเหลือง หรือขาวนวล ซึ่งมีสีคล้ายกับแสง พระจันทร์คนไทยจึงนิยมเรียกว่าหลอดแสงจันทร์ มีค่า CCT อยู่ที่ 3,500-4,500K หลอดไฟแสงจันทร์นั้นจะต้องมีการอุ่นหลอด 4-10 นาทีเพื่อให้หลอดสามารถสว่างได้เต็มที่ (Chin Power, ม.ป.ป.)

2.2.2) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide Lamp) หลอดนี้มีการพัฒนาต่อออกมาจากหลอดไอปรอท หรือหลอดแสงจันทร์ โดยการใส่ก๊าซกลุ่มฮาไลด์เข้าไปในตัวหลอดเพื่อ 1. เพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง 2. ยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น และ 3. ให้ค่าความถูกต้องของสีที่ดีขึ้น หลอดเมทัลฮาไลด์เป็นหลอดที่นิยมใช้มากสำหรับโคมไฟที่ติดตั้งที่สูงตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป หากเป็นโคมไฟที่ติดตั้งที่สูงและหลอดไฟมีสีของแสง ขาวอมเหลือง (4000K) หรือแสงขาว (6500K) เราสามารถเดาได้ว่าหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคม นั้นมากกว่าร้อยละ 80 น่าจะเป็นหลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดเมทัลฮาไลด์มีค่าความสว่างค่อนข้างสูง 75-110 ลูเมนต่อวัตต์ มีค่าความถูกต้องของสีปานกลางถึงดี (CRI 60-80) อายุการใช้งาน 16,000-20,000 ชั่วโมง

2.2.3) หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium Lamp) หลอดไฟที่เราเห็นตามถนนหลวง ที่ออกเป็นสีเหลืองอมส้ม นั่นหลอดไฟที่ใช้อยู่ภายในโคมล้วนเป็นหลอดโซเดียมความดันสูงทั้งสิ้น ภายในหลอดบรรจุก๊าซกลุ่มโซเดียมซึ่งเป็นตัวที่ทำให้แสงของหลอดประเภทนี้ออกมาเป็นสีเหลืองอมส้ม (ไม่สามารถทำเป็นแสงโทนสีขาวได้) หลอด High Pressure Sodium นั้นมีค่าความสว่างที่สูงมาก 80-140 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีค่าความถูกต้องของสีต่ำ ประมาณ CRI 25 (แต่ก็ยังสูงกว่าหลอด Low Pressure Sodium) ดังนั้นหลอดประเภทนี้จึงนิยมไปติดตั้งเพื่อส่องสว่างถนน ทางด่วนหรือพื้นที่ภายนอก ลานกว้าง สนามกีฬาต่างๆ ที่ต้องการความสว่างแต่ไม่ได้ต้องการค่าความถูกต้องของสีที่มากนัก (Chin Power, ม.ป.ป.)

หลอดไฟประเภทที่ 3 : หลอดคายประจุสถานะแข็ง (Solid State Discharge)

หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED: Light Emitting Diode) เป็นหลอดไฟที่มีเทคโนโลยีใหม่ที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในปัจจุบัน หลอดไฟ LED คือ ไดโอดที่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำ P และสารกึ่งตัวนำ N) เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจุดต่อเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำทั้งสอง (P-N Junction) ก็จะเกิดการปล่อยแสงสว่างออกมา โดยที่หลอด LED แสงโทนสีขาว (CCT : 3000K-6500K) ที่นิยมใช้ในการส่องสว่างทั่วไปนั้น เป็นการนำหลอดไฟ LED แสงสีฟ้ามาเป็นต้นกำเนิดแสงและมีการเคลือบสารฟอสฟอรัส (Phosphor) เพื่อเปลี่ยนแสงสีฟ้า ให้กลายเป็นแสงโทนสีขาว วิธีการนี้เป็นการทำให้เกิดแสงสีขาวที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและยังทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีที่สุดอีกด้วย

หลอดไฟ LED นั้นมีจุดเด่นที่ดีกว่าหลอดไฟแบบดั้งเดิมชนิดอื่นๆ แบบหาจุดด้อยแทบจะไม่ได้ เช่น ประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง ค่าความถูกต้องของสีสูง เปิดติดได้ทันที อายุการใช้งานนาน แต่ข้อควรระวังคือ เนื่องด้วยผู้ผลิตในปัจจุบันพยายามทำให้ราคาของหลอดไฟ LED นั้นต่ำลงอย่างมากจึงจำเป็นต้องลดคุณภาพของวัตถุดิบให้ต่ำลงด้วย ดังนั้นหลอดไฟ LED บางรุ่น บางยี่ห้อ อาจจะมีอายุการใช้งานที่ต่ำกว่าหลอดไฟแบบดั้งเดิมก็เป็นได้ ในอดีตมากกว่า 40 ปีก่อนมีนักประดิษฐ์ได้คิดค้นหลอดไฟ LED แสงสีแดงขึ้นและมีการใช้อย่างแพร่หลายในการนำมาทำเป็นไฟแสงสถานะที่มีการกินไฟต่ำแต่ก็ให้แสงได้น้อย เช่น หลอดไฟแสงสถานะของทีวี วิทย์ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เก่าๆ แต่หลอดไฟ LED แสงสีแดงนั้นก็ยังไม่มียุติภาพเพียงพอที่จะให้แสงสว่างมากเพียงพอมาใช้ในการส่องสว่างแทนหลอดไฟแบบดั้งเดิม (Chin Power, ม.ป.ป.)

2.2.2 เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านแสงสว่าง

เทคโนโลยีระบบแสงสว่างมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา หลอดไฟ LED ได้เข้ามาปฏิวัติวงการไฟฟ้าแสงสว่างจนแทบจะกลายเป็นมาตรฐานใหม่ แทนที่หลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม หลอด LED สมัยใหม่มีประสิทธิภาพการเปล่งแสงสูงมาก สามารถให้ประสิทธิภาพผลเชิงแสงมากกว่า 100-120 ลูเมนต่อวัตต์ ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ และหลอดไส้เพียง 10-15 ลูเมนต่อวัตต์ เท่านั้น กล่าวได้ว่าหลอด LED ใช้พลังงานเพียง 20% เมื่อเทียบกับหลอดไส้ และประมาณครึ่งหนึ่งของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการให้แสงสว่างเท่านั้น นอกจากนี้ หลอด LED ยังมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าเดิมมาก โดยทั่วไป 50,000 ชั่วโมงขึ้นไป หรือประมาณ 6-10 ปีขึ้นอยู่กับการใช้งานเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อายุประมาณ 10,000 ชั่วโมง และหลอดไส้เพียง 1,000 ชั่วโมง ทำให้ลดภาระการบำรุงรักษาและเปลี่ยนหลอดบ่อยๆ ประโยชน์อีกด้านของ LED คือไม่มีการแผ่รังสีความร้อนสูงหรือรังสี UV จากหลอด ลดความเสี่ยงต่อวัสดุเสื่อมสภาพและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน และยังไม่มีการปรอทเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ด้วยข้อดีเหล่านี้ ปัจจุบันหลอด LED ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งในรูปแบบหลอดไฟทั่วไป (LED bulb) หลอดแท่ง (LED tube) สำหรับแทนหลอดนีออนเดิม โคมไฟดาวน์ไลท์ LED โคมไฟถนน LED ตลอดจนแผงไฟ LED ผีเสื้อ (LED panel) ในสำนักงาน เป็นต้น (ไพบูลย์ ศรีอนันต์, 2561)

เมื่อนำหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ หลอดไส้ หลอดฮาโลเจน หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอด LED มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพว่าหลอดไฟแบบไหนประหยัดไฟที่สุด ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสว่างของหลอดประหยัดไฟแต่ละประเภท (Winnerlight, ม.ป.ป.)

ประเภทหลอดไฟ	หลักการทำงาน	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ความสว่าง (ลูเมนต่อวัตต์) โดยประมาณ
หลอดไส้ (Incandescent)	ให้ความร้อนแก่ไส้หลอดทั้งสแตนจนเปล่งแสง	750–1,000 ชม.	10 – 15 lm/W
หลอดฮาโลเจน (Halogen)	ใช้ไส้หลอดทั้งสแตนในก๊าซฮาโลเจน ช่วยนำโมเลกุลทั้งสแตนกลับมาที่ไส้หลอด	2,000–4,000 ชม.	15 – 25 lm/W

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสว่างของหลอดประหยัดไฟแต่ละประเภท (ต่อ)

ประเภทหลอดไฟ	หลักการทำงาน	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ความสว่าง (ลูเมนต่อ วัตต์) โดยประมาณ
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)	ปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านไอปรอท ในหลอดแก้ว ทำให้สารเคลือบ ฟลูออเรสเซนต์เปล่งแสง	7,000–15,000 ชม.	35 – 100 lm/W
หลอด LED (Light Emitting Diode)	ปล่อยแสงเมื่อกระแสไฟฟ้าไหล ผ่านสารกึ่งตัวนำ	15,000–50,000 ชม.	80 – 120+ lm/W

2.2.3 มาตรฐานความปลอดภัยด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

มาตรฐานความปลอดภัยด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีทั้งในมิติของความปลอดภัยทางสายตา/การมองเห็น และความปลอดภัยทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อลดอันตรายจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ในด้านแรก มาตรฐานความเข้มของแสงสว่างในสถานที่ทำงาน ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าพื้นที่ทำงานหรือพื้นที่สาธารณะต่างๆ มีแสงสว่างเพียงพอที่จะป้องกันอุบัติเหตุและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพสายตาของผู้ใช้งาน กฎหมายไทยโดยกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานได้กำหนดระดับความสว่างขั้นต่ำในสถานประกอบการไว้อย่างชัดเจน เช่น ทางเดิน บันได และลานจอดรถ ต้องมีความสว่างไม่น้อยกว่า 50 ลักซ์ ป้อมยามหรือป้อมรักษาการณ์ 50 ลักซ์ ห้องน้ำ 100 ลักซ์ โรงอาหารและห้องครัว 100 ลักซ์ เป็นต้น สำหรับพื้นที่ทำงานที่ต้องเพ่งสายตาเป็นพิเศษ เช่น พื้นที่ตรวจสอบหรือพื้นที่ผลิตในโรงงาน กำหนดให้มีความสว่างขั้นต่ำ 200-300 ลักซ์ ขึ้นไปตามลักษณะงาน (เช่น คลังสินค้า 200 ลักซ์ พื้นที่แพ็คสินค้า 300 ลักซ์) ในขณะที่สำนักงานหรือห้องที่ใช้คอมพิวเตอร์ กำหนดไว้ที่ 500 ลักซ์ เพื่อให้มีแสงเพียงพอต่อการมองเห็นรายละเอียดบนหน้าจอและเอกสารต่างๆ มาตรฐานเหล่านี้สอดคล้องกับเกณฑ์สากลและการศึกษาทางสรีรศาสตร์ที่พบว่าค่าความสว่างดังกล่าวช่วยลดความเมื่อยล้าของสายตาและลดอุบัติเหตุจากการมองไม่เห็นสิ่งกีดขวางหรืออันตรายในที่ทำงาน (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2561)

2.3 การวิเคราะห์การลงทุน และผลตอบแทนการลงทุน

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงิน ที่จ่ายออกไป ภายได้ โครงการที่พิจารณา ณ อัตราลดค่า (Discount rate) หรือค่าของทุน (Cost of capital) ที่กำหนดจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะต้องทราบข้อมูลจากสมการที่ 2.1 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left(\frac{ES_t}{(1+i)^t} \right) - I_0 \quad (2.1)$$

ในที่นี้

n	=	อายุของโครงการ (ปี)
ES _t	=	ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n
I ₀	=	เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)
i	=	อัตราลดค่า (Discount rate)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (Discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และ ขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้า NPV มีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

2.3.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึงอัตราลดค่า (Discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงาน ตลอดอายุโครงการ จากคำนิยามข้างต้นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่าจะต้องทราบข้อมูลจากสมการที่ 2.2 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2.2)$$

ในที่นี้

- n = อายุของโครงการ (ปี)
 ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy cost savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n
 Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)
 IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า Discount rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่า หรือ เท่ากับ ค่าของทุน Discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่า โครงการดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการ หรือปฏิเสธโครงการ เป็นไปในทำนองเดียวกัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

2.3.3 งวดเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุนจะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรกและให้ผลตอบแทนที่เท่ากันทุกปีจากสมการที่ 2.3 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ม.ป.ป.)

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Cost Saving)}} \quad (2.3)$$

2.4 เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (MTBF)

MTBF (Mean Time Between Failures) คือ เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว หรือช่วงเวลาเฉลี่ยที่ส่วนประกอบหรือระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องก่อนที่จะเกิดความล้มเหลวครั้งต่อไป เป็นตัวชี้วัดสำคัญในด้านวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ ใช้เพื่อประเมินอายุการใช้งานและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ โดยค่า MTBF ที่สูงแสดงว่าอุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือสูง และมีแนวโน้มที่จะทำงานได้ยาวนานขึ้นก่อนที่จะต้อง

ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนโดยทั่วไปมีหน่วยเป็นชั่วโมงหรือปี จากสมการที่ 2.4 (International Standard IEC 60300, 2009)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{เวลาการทำงาน (Total Operation Time)}}{\text{จำนวนความล้มเหลว (Number of Failures)}} \quad (2.4)$$

ดังนั้น หากต้องการหาจำนวนของเสียหรือจำนวนความล้มเหลวสามารถหาได้จากสมการที่ 2.5

$$\begin{aligned} \text{จำนวนความล้มเหลว} \\ (\text{Number of Failures}) \end{aligned} = \frac{\text{เวลาการทำงาน (Total Operation Time)}}{\text{MTBF}} \quad (2.5)$$

2.5 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้โครงการ LESS สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.7

ปริมาณการลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ eq)	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ดำเนินโครงการ (kgCO ₂ eq)	(2.6)
---	---	--	-------

และคำนวณปริมาณการปล่อยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าได้จากสมการ

ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ eq)	=	กำลังไฟฟ้า(กิโลวัตต์) x จำนวนหลอดไฟฟ้า x ชั่วโมงการ ใช้งาน x EF _{elec}	(2.7)
--	---	--	-------

EF_{elec} มีค่าเท่ากับ 0.4682 โดยอ้างอิงจาก ประกาศค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/การใช้ไฟฟ้า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2568)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hong & Rahmat. (2024) ได้นำเสนอแนวทางการใช้พลังงานของระบบแสงสว่างในอาคารพาณิชย์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนโดยการเปรียบเทียบข้อมูลตัวอย่าง และได้ประยุกต์ใช้แนวทางนี้กับห้องสมุดแห่งหนึ่งในประเทศบรูไนดารุสซาลาม และพบว่า การติดตั้งระบบแสงสว่างแบบหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพสูงจะช่วยให้อาคารดังกล่าวเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น คาดการณ์ว่าการเปลี่ยนหลอดไฟแบบเดิมเป็นหลอด LED จะช่วยลดการใช้พลังงานสำหรับแสงสว่างได้ถึง 6.7 เทา (เหลือเพียง 3.98 kWh/ตร.ม./ปี) ลดการปล่อย CO₂ ได้ถึง 8 เทา (เหลือเพียง 0.59 kgCO₂e/ตร.ม./ปี) และลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 8.7 เทา (เหลือเพียง 7.07 ดอลลาร์บรูไน/ตร.ม./ปี) ภายในปี ค.ศ. 2050

การณ ชัยวนิชย์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานโดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง โดยใช้กองโรงงานวัดสระเบ็ด กรมสรรพอุตสาหกรรมเป็นกรณีศึกษา และเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างและประเภทของหลอดไฟ พบว่ามีการใช้หลอดไฟทั้งหมด 577 ชุด เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ทั้งหมด เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์ฐาน พบว่ามีมูลค่าทั้งหมด 143,736.50 บาท และ 22.10 tCO₂e/ปี และได้ทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 เป็นหลอด LED ทั้งหมด 577 ชุด ผลการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปีจากการดำเนินโครงการมีค่าเท่ากับ 56,153.32 บาท และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 8.65 tCO₂e/ปี สามารถลดค่าไฟฟ้าทั้งสิ้นได้ 87,583.18 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 60.93 และสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 13.45 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 60.86 เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินโครงการ ปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 1,139,076.02 บาท, 73.43% และ 1.46 ปี ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการดำเนินโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน

สันติภาพ ก้าวพรหม. (2562) ได้วิเคราะห์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และนำเสนอมาตรการเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารควบคุม สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ผลการวิจัยพบว่า มาตรการที่ประหยัดพลังงานได้มากที่สุดคือ มาตรการเปลี่ยนใช้หลอดประหยัดพลังงานชนิด LED ในอาคารมีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ (ความสว่าง 2,300-2,850 ลูเมน) ต่อใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา จำนวน 776 หลอด โดยทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา 36 W เป็นหลอด

ประหยัดพลังงาน LED T8 สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 25.4 W/ชุด คิดเป็นร้อยละ 58.39 ของหลอดคอมแพ็คเคียม แต่มีการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนที่สูง คือ 2.17 ปี

จิตชนก ประสพสุข และปณณมี สัจกมล (2555) ได้ศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคาร โดยเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี จำนวน 3,782 หลอด ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้ถึง 242,601 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลง 1,091,704 บาท/ปี ขณะที่การลงทุนในการเปลี่ยนหลอด LED อยู่ที่ 3,176,370 บาท มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3.47 ปี ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าหลอด LED มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีประสิทธิภาพสูง ทนทาน ไม่มีการสูญเสียพลังงานจากบัลลาสต์ และมีความประหยัดมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ แม้ต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่าแต่ค่าดูแลและค่าไฟฟ้าน้อยกว่าในระยะยาว ทำให้การเปลี่ยนมาใช้หลอดLED ช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างชัดเจน

จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร และคณะ (2559) ได้ศึกษาการเปลี่ยนหลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอด LED เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และวิเคราะห์ต้นทุนและจุดคุ้มทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า โดยใช้ห้องประชุมอารีมี โรงแรมสีมราณี ผลการดำเนินงานพบว่าหลอด LED มีประสิทธิภาพการส่องสว่างมากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์เฉลี่ยร้อยละ 2.97 แต่หลอด LED ใช้พลังงานเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงน้อยกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ถึงร้อยละ 79 เมื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนแล้วจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนหลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอด LED โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน (NPV) ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 และวิธีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน (BCR) ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงการลงทุนที่คุ้มค่า มีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.1 ปี หรือ 1 ปี 1 เดือน 6 วัน และเหลือระยะเวลาที่จะประหยัดพลังงานค่าใช้จ่ายได้อีก 5.749 ปี หรือ 5 ปี 9 เดือน

ธัญชนก หล้าริ้ว และคณะ (2563) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในห้องบรรยาย โดยใช้หลอด LED ร่วมกับการออกแบบแสงสว่างผ่านโปรแกรม DIALux กำหนดแนวทางการปรับปรุงเป็น 2 แนวทาง ได้แก่ 1. การปรับปรุงทุกห้องบรรยาย และ 2. การปรับปรุงเฉพาะห้องที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนหลอดไฟสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 15,585 kWh/ปี และ 4,914 kWh/ปี สำหรับแนวทางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 8.82 tCO₂e/ปี และ 2.78 tCO₂e/ปี ตามลำดับ การวิเคราะห์ด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า แนวทางที่ 1 มี NPV เท่ากับ 387,515 บาท และ IRR เท่ากับ 96.3% ส่วนแนวทางที่ 2 มี NPV เท่ากับ 122,201 บาท และ IRR เท่ากับ 96.0%

จิรพรรณ โพธิ์ปาน และสุพัตรา ศรีญาณลักษณ์ (2563) ได้ศึกษาทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานปฏิบัติการของโครงการก่อสร้างระยะยาว โดยใช้กรณีศึกษารถไฟฟ้ามหานครสายสีน้ำเงิน โดยนำหลักการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงคุณภาพ (Cost Effectiveness Analysis) มาประเมินมูลค่าต้นทุน ร่วมกับการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างการใช้หลอดไฟชนิดประหยัดพลังงาน LED กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 ในพื้นที่ใช้งาน 3 ประเภท คือ พื้นที่สำนักงาน พื้นที่ส่วนกลาง และพื้นที่ภายนอก ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนไปใช้หลอด LED ให้ระยะเวลากินทุนที่ 2.47 ปี สำหรับพื้นที่สำนักงาน 1.39 ปี สำหรับพื้นที่ส่วนกลาง และ 1.59 ปี สำหรับพื้นที่ภายนอก โดยเมื่อคำนวณผลตอบแทนในระยะเวลา 8 ปี ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6.99 จะมีมูลค่ารวม 60,822.48 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อยู่ที่ 35.99%

Ahmet NUR (2025) ได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต (Internet of Things: IoT) ร่วมกับระบบแสงสว่าง LED เพื่อยกระดับสู่ระบบแสงสว่างอัจฉริยะ (Smart Lighting) โดยชี้ให้เห็นว่าระบบแสงสว่างแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดด้านการตรวจสอบและการควบคุมแบบรวมศูนย์ งานวิจัยดังกล่าวได้รวบรวมและวิเคราะห์การใช้เสาไฟอัจฉริยะ ที่ติดตั้งเทคโนโลยี LED ร่วมกับเซนเซอร์อัจฉริยะ และเครือข่ายการสื่อสาร ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมและเข้าถึงระบบได้จากระยะไกล ผลการศึกษาพบว่า การบูรณาการ IoT เข้ากับระบบ LED ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงานระดับชาติ เพื่อมุ่งสู่การเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับเมืองอัจฉริยะในอนาคต

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนี้นำเสนอวิธีการดำเนินงานวิจัย ข้อมูลทั่วไปของสถานีรถไฟที่ใช้ในการศึกษาการใช้พลังงาน และการกำหนดมาตรการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการ

3.1 รูปแบบและวิธีการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปรับปรุงระบบแสงสว่างด้วยหลอดไฟ LED มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดค่าใช้จ่ายและอนุรักษ์พลังงาน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานีรถไฟ โดยใช้วิธีการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาในการคืนทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างทดแทนด้วยหลอดไฟ LED วิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลอาคารกรณีศึกษา
2. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา
3. ตั้งสมมุติฐานและกำหนดเป้าหมายการลดพลังงาน
4. ศึกษาข้อมูลและดำเนินการตามเป้าหมาย
5. รวบรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ความคุ้มค่า ด้วยค่า NPV, IRR และ Payback Period
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3.2 ข้อมูลองค์กรกรณีศึกษา

รถไฟฟ้ามหานคร เป็นรถไฟฟ้าสายแรกของประเทศไทย ดำเนินการบริหารงานโดย บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เส้นทางเดินรถ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส มีเส้นทางเดินรถ 2 เส้นทาง รวมระยะทางโดยประมาณ 68.25 กิโลเมตร รวม 60 สถานี

สายสุขุมวิท ให้บริการจากสถานีเคหะสมุทรปราการถึงสถานีคูคต เส้นทางเริ่มจากสถานีเคหะสมุทรปราการ มาตามถนนสุขุมวิท ผ่านแยกบางนา เรื่อยมาจนถึง ถนนเพลินจิต ถนนพระรามที่ 1 ถนนพญาไท อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ เข้าสู่ถนนพหลโยธิน สนามเป้า สะพานควาย ผ่านจตุจักร ห้าแยกลาดพร้าว แยกรัชโยธิน แยกเกษตรศาสตร์ วงเวียนหลักสี่ สะพานใหม่ แยก คลอ. ไปถึงคูคต เป็นการเดินทางเชื่อมต่อแบบไร้รอยต่อ และครอบคลุม 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี กรุงเทพมหานคร และจังหวัดสมุทรปราการ ทำให้สายสุขุมวิทมีระยะทาง รวมทั้งสิ้นประมาณ 54.25 กิโลเมตร มี 47 สถานี รวมสถานีสยาม

สายสีลม ให้บริการจากสถานีบางหว้าถึงสนามกีฬาแห่งชาติ เส้นทางเริ่มจาก แยกถนนราชพฤกษ์ ตัดกับถนนเพชรเกษม ไปตามถนนราชพฤกษ์ ผ่านแยกถนนราชพฤกษ์ตัดกับถนนวุฒากาศ ผ่านแยกรัชดา - ตลาดพลู ผ่านแยกตากสิน ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่สะพานตากสิน ไปตามถนนสาทร เลี้ยวซ้ายเข้าถนนช่องนนทรี ผ่านถนนสีลม สวนลุมพินี ถนนราชดำริ และเลี้ยวซ้ายเข้าถนนพระราม 1 ไปสิ้นสุดที่บริเวณหน้าสนามกีฬาแห่งชาติ ทำให้สายสีลมมีระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 14 กิโลเมตร มี 14 สถานี รวมสถานีสยามและสถานีเซนต์หลุยส์ ตามแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เส้นทางรถโดยสารระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส (ACE10NEW, 2022)

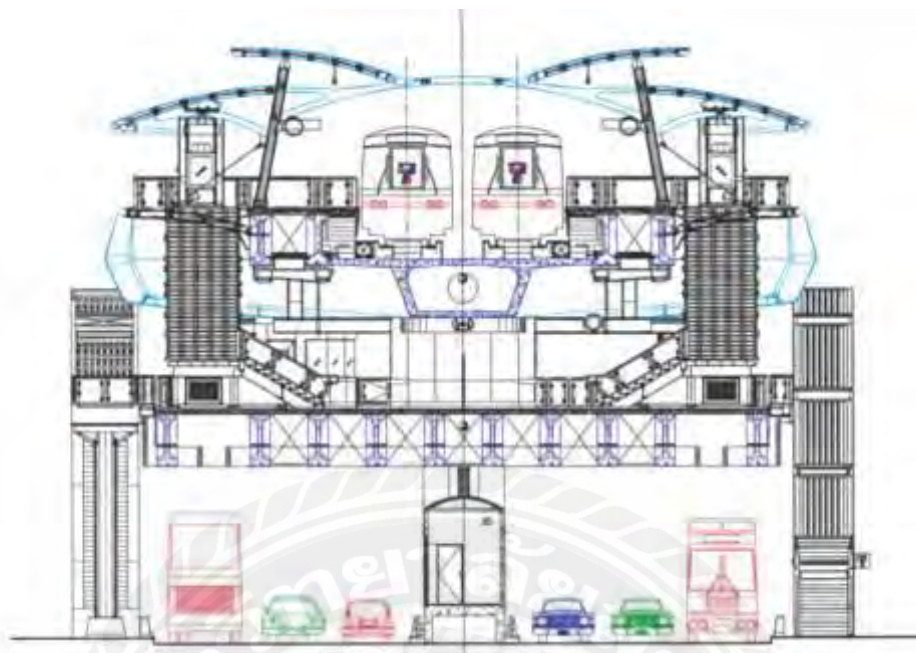
ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส เป็นระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ความจุสูงแบบมาตรฐานสากล ที่ใช้กันแพร่หลายในเมืองใหญ่ทั่วโลก สามารถให้บริการแก่ผู้โดยสาร ได้มากกว่า 1,000 คน ต่อขบวน ในขณะที่การเดินทางโดยรถยนต์ ต้องใช้รถยนต์จำนวนมากถึง 250 คัน เพื่อขนส่งผู้โดยสารในจำนวนที่เท่ากัน ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน วิ่งบนรางคู่ระดับ แยกทิศทางไปและกลับ โดยมีรางป้อนกระแสไฟฟ้าอยู่ด้านข้าง (Third Rail System) นับได้ว่าการให้บริการของรถไฟฟ้าบีทีเอสเป็นการพลิกโฉมรูปแบบการเดินทางที่สะดวกสบายและเป็นการยกระดับมาตรฐานการให้บริการของระบบขนส่งมวลชนตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา (BTS Skytrain, ม.ป.ป.)

3.3 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

โครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้ามีลักษณะเป็นทางยกระดับ (Viaduct) วางบนเสาเดี่ยว โดยทั่วไปจะสร้างอยู่ในเกาะกลางถนน มีความกว้างประมาณ 9 เมตร อยู่สูงจากพื้นโดยทั่วไปประมาณ 12 เมตร มีระยะห่างช่วงเสาประมาณ 30 – 35 เมตร ในส่วนสถานีรถไฟฟ้าถูกออกแบบให้หลบเลี่ยงสาธารณูปโภคใต้ดินและบนดินและรักษาสภาพผิวจราจรบนถนนมากที่สุด โดยทั่วไปออกแบบให้มีโครงสร้างแบบเสาเดี่ยว ตั้งอยู่บนเกาะกลางถนน เช่นเดียวกับโครงสร้างทางวิ่งโดยทั่วไป ระยะห่างของแต่ละสถานีอยู่ที่ประมาณ 800-1,000 เมตร โครงสร้างสถานีมีความยาวประมาณ 150 เมตร มีชานชาลาอยู่สองข้างโดยรถไฟฟ้าวิ่งอยู่ตรงกลางตามแสดงในภาพที่ 3.2-3.3

สถานีรถไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้

1. ชั้นพื้นถนน (Street Level) เป็นชั้นล่างสุดของสถานีอยู่ระดับเดียวกับถนน
2. ชั้นจำหน่ายตั๋ว (Concourse Level) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างทางเข้าสถานีกับชั้นชานชาลา ให้บริการด้านการเดินทางแก่ผู้โดยสาร
3. ชั้นชานชาลา (Platform Level) เป็นพื้นที่ผู้โดยสารใช้เป็นจุดรอรถไฟฟ้าและขึ้น-ลงขบวนรถไฟฟ้า



ภาพที่ 3.2 รูปแบบสถานีรถไฟฟ้า (BTS Skytrain, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 3.3 ภาพจำลองโครงสร้างทางวิ่งรถไฟฟ้า (Google Gemini, 2025)

3.4 ข้อมูลการใช้งานอาคารกรณีศึกษา

สถานีรถไฟฟ้ากรณีศึกษามีปริมาณผู้ใช้บริการ 10,000-20,000 เที่ยวคนต่อวัน มีจำนวนบุคลากรประจำสถานี 20-30 คน แบ่งเป็นรอบปฏิบัติงาน เพื่อให้ครอบคลุมระยะเวลาการให้บริการตั้งแต่ตั้งแต่เริ่มเดินรถจนถึงสิ้นสุดการให้บริการ (05.00 น.-24.00 น.) แบ่งตามกลุ่มงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนพนักงานประจำสถานีรถไฟฟ้า

ลำดับที่	ตำแหน่งงาน	จำนวนพนักงาน (คน)
1	นายสถานี	3-5
2	พนักงานประจำสถานี	10-12
3	แม่บ้าน	4-6
4	พนักงานรักษาความปลอดภัย	6-8

รายละเอียดการใช้งานสถานีรถไฟฟ้าที่เปิดให้บริการ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 เป็นรายละเอียดการใช้งานในรอบปีของสถานี ซึ่งเป็นสถานีกรณีศึกษา

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการใช้งานสถานี

ชื่อสถานี	พื้นที่ของสถานี (ตารางเมตร)	เวลาทำงาน		
		ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	ชั่วโมง/ปี
E10	8,562.00	19.30	365	7,044.50

3.5 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานีรถไฟฟ้ามหานครศึกษาในปี พ.ศ. 2566 ไม่รวมส่วนที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2566

เดือน	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สถานีกรณศึกษา (kWh)
ม.ค. 2566	50,566
ก.พ. 2566	49,989
มี.ค. 2566	62,237
เม.ย. 2566	58,613
พ.ค. 2566	60,131
มิ.ย. 2566	55,794
ก.ค. 2566	56,371
ส.ค. 2566	51,569
ก.ย. 2566	48,856
ต.ค. 2566	49,819
พ.ย. 2566	47,305
ธ.ค. 2566	47,739
รวมทั้งปี	638,989
เฉลี่ยต่อเดือน	53,249

3.6 การศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา

สำหรับการเลือกพื้นที่กรณีศึกษา ผู้วิจัยได้เลือกสถานี E10 เป็นตัวแทนในการศึกษาเนื่องจากเป็นสถานีที่มีลักษณะโครงสร้างแบบยกระดับมาตรฐาน (Typical Station) ซึ่งมีรูปแบบการติดตั้งระบบแสงสว่างและปริมาณการใช้งานไฟฟ้าสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของสถานีส่วนใหญ่ นอกจากนี้สถานียังเป็นจุดเชื่อมต่อที่มีความหนาแน่นของผู้โดยสารในระดับปานกลางถึงสูง ทำให้การวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบให้กับสถานีอื่นๆ ได้

ข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานี E10 แยกตามระบบ ไม่รวมส่วนที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า จากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ

ระบบ	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	ร้อยละ
ระบบแสงสว่าง	194,763.85	30.48%
ระบบปรับอากาศ	153,101.76	23.90%
บันไดเลื่อน	64,218.39	10.05%
ระบบลิฟต์	62,173.63	9.73%
อื่นๆ	164,731.36	25.78%
รวม	638,989.00	100.00%

จากตารางที่ 3.4 สรุปได้ว่าระบบแสงสว่างมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด โดยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 30.48 รองลงมาเป็นระบบอื่นๆ ระบบปรับอากาศ บันไดเลื่อน และลิฟต์โดยลำดับ ตามลำดับ ในส่วนระบบอื่นๆ ประกอบด้วยร้านค้า และสาธารณูปโภคอื่นๆ รวมกัน จึงไม่นำมาพิจารณาในส่วนถัดไป

3.7 การประเมินศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญ

การค้นหาอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญได้ดำเนินการโดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพและการใช้พลังงาน ผลสรุปดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แบบประเมินศักยภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ระบบหรือ อุปกรณ์หลัก	(1) ปริมาณการใช้ พลังงาน				(2) ชั่วโมงการใช้งาน				(3) ศักยภาพการ ปรับปรุง				รวม (1) x (2) x (3)
	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	น้อยที่สุด (1 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	
แสงสว่าง ภายในสถานี				4				4				4	64
เครื่องปรับอากาศ				4			3					4	48
บันไดเลื่อน				4			3		1				12
ลิฟต์โดยสาร				4		2			1				8

จากตารางที่ 3.5 สรุปได้ว่าระบบหรืออุปกรณ์หลักที่มีคะแนนสูงสุดคือ แสงสว่างภายในสถานี รองลงมาคือ เครื่องปรับอากาศ บันไดเลื่อน และลิฟต์โดยสาร ตามลำดับ และได้้นำอุปกรณ์หลักที่มีคะแนนรวมสูงสุดไปกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงาน

3.8 การตั้งสมมุติฐานและกำหนดเป้าหมาย

3.8.1 การเปลี่ยนหลอดไฟ LED ช่วยลดการใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO₂)

3.8.2 เป้าหมายในการลดการใช้พลังงานคือไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสถานี ต่อปีจากการให้บริการ และคิดเป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งสถานีต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เป้าหมายการลดใช้พลังงาน

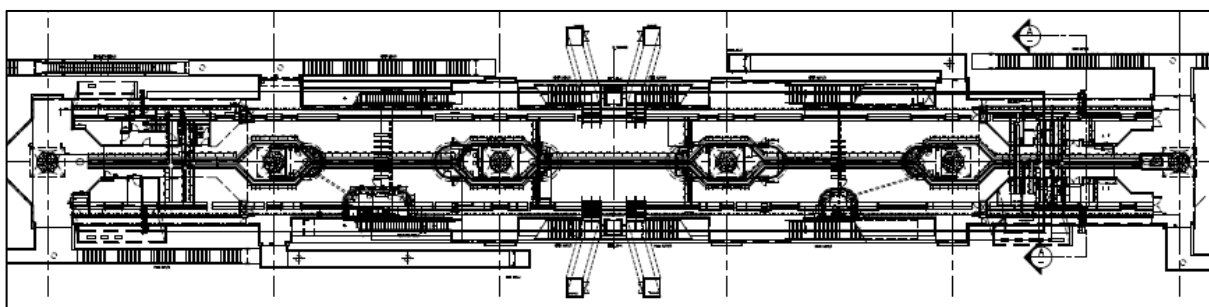
มาตรการ	เป้าหมายการประหยัดไฟฟ้า			ร้อยละ ผลประหยัด	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์- ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี			
การเปลี่ยนหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ 58W	15	50,000	207,500	25.67%	500,000	2.41

หมายเหตุ : 1. ร้อยละผลประหยัด คิดเทียบจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในปี พ.ศ. 2566
2. อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 4.15 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ในตารางที่ 3.6 ระยะเวลาคืนทุน 2.41 ปี ได้จากการคำนวณตามหลักการประเมินโครงการ โดยนำมูลค่าเงินลงทุนเริ่มต้นจำนวน 500,000 บาท หารด้วยมูลค่าผลประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปีจำนวน 207,500 บาท ซึ่งสะท้อนถึงระยะเวลาที่โครงการใช้ในการสร้างผลตอบแทนกลับมาเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก

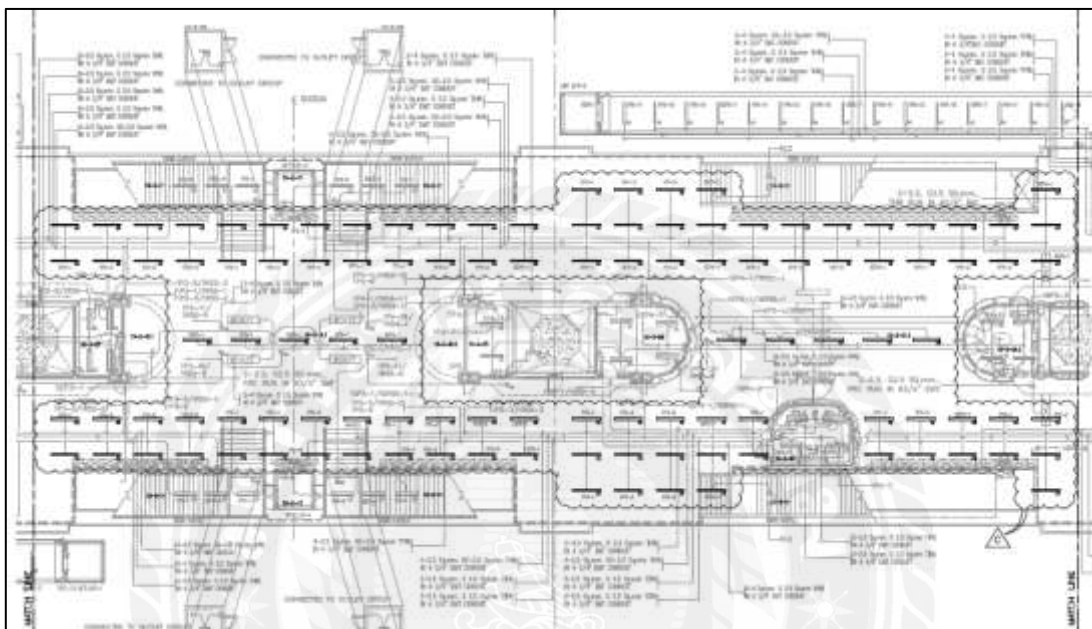
3.9 การรวบรวมข้อมูลการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างในสถานีรถไฟฟ้า

การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งานหลอดไฟแสงสว่างภายในสถานีรถไฟฟ้า เป็นข้อมูลจากเอกสารแบบติดตั้งจริง (As-Built Drawing) เพื่อหาชนิดของหลอดไฟแสงสว่างที่มีการติดตั้งใช้งาน และสำรวจจากพื้นที่การติดตั้งใช้งานจริง เพื่อหาข้อมูลรายละเอียดด้านเทคนิคของหลอดไฟที่ติดตั้งใช้งาน ตามพื้นที่ดังแสดงในภาพที่ 3.4

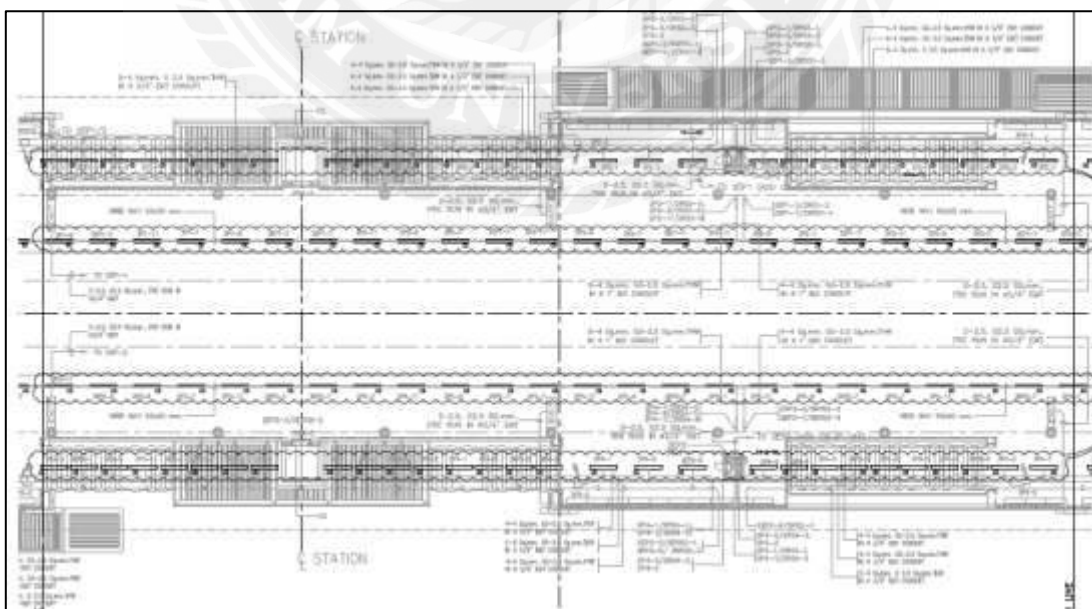


ภาพที่ 3.4 แผนผังสถานีรถไฟฟ้า

3.9.1 เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งานของหลอดไฟจากแบบติดตั้งจริง (As-Built Drawing) เพื่อหาชนิดของหลอดไฟแสงสว่างที่มีปริมาณการใช้งานสูงสุด ตามภาพที่ 3.5 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นจำหน่ายตัวโดยสารสถานีรถไฟ E10 และภาพที่ 3.6 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นชานชาลาสถานีรถไฟ E10



ภาพที่ 3.5 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นจำหน่ายตัวโดยสารสถานีรถไฟ (แสดงเพิ่มเติมในภาคผนวก ก.)



ภาพที่ 3.6 แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างชั้นชานชาลาสถานีรถไฟ (แสดงเพิ่มเติมในภาคผนวก ก.)

เมื่อได้ข้อมูลการใช้งานหลอดไฟแสงสว่างแต่ละชนิด ก็ทำการบันทึกลงตารางเพื่อหาจำนวนของหลอดไฟแสงสว่างที่มีการติดตั้งใช้งาน โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นหลอดไฟแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) ขนาดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 จำนวนการใช้งานหลอดไฟแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์

ชื่อสถานี	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18 วัตต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์
E10	4	534	194

เมื่อได้ข้อมูลจำนวนหลอดไฟแต่ละขนาดก็ทำการเลือกเป้าหมายคือ หลอดไฟแสงสว่างที่มีสัดส่วนการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อการลดพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 จำนวนหลอดไฟ และปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า

ลำดับที่	ชนิด/ขนาด หลอดไฟ	จำนวน (หลอด)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
1	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์ 1.5 เมตร	573	33,234
2	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ 1.2 เมตร	584	21,024
3	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18 วัตต์ 0.6 เมตร	20	360

จากตารางที่ 3.8 สรุปได้ว่าหลอดไฟแสงสว่างที่มีการติดตั้งใช้งานและมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์ รวมเป็นจำนวน 573 หลอด ใช้กำลังไฟฟ้า 33,234 วัตต์ รองลงมาคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ รวมเป็นจำนวน 584 หลอด ใช้กำลังไฟฟ้า 21,024 วัตต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18 วัตต์ รวมเป็นจำนวน 20 หลอด ใช้กำลังไฟฟ้า 360 วัตต์ เป็นลำดับสุดท้าย ผู้วิจัยจึงเลือกเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า

3.9.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการเปิดใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างของชั้นชานชาลาและชั้นจำหน่ายบัตรโดยสาร โดยมีการเปิดไฟ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 ชั่วโมง และ 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง และบริเวณจุดสำคัญอื่นๆ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่ได้มีการใช้งานหลอดไฟแสงสว่างขนาด 58 วัตต์

3.9.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลการติดตั้งใช้งานของชั้นชานชาลา ดังแสดงในภาพที่ 3.7-3.8 และชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสาร ดังแสดงในภาพที่ 3.9-3.10 เพื่อหาข้อมูลด้านเทคนิคในการดำเนินการติดตั้งทดแทน



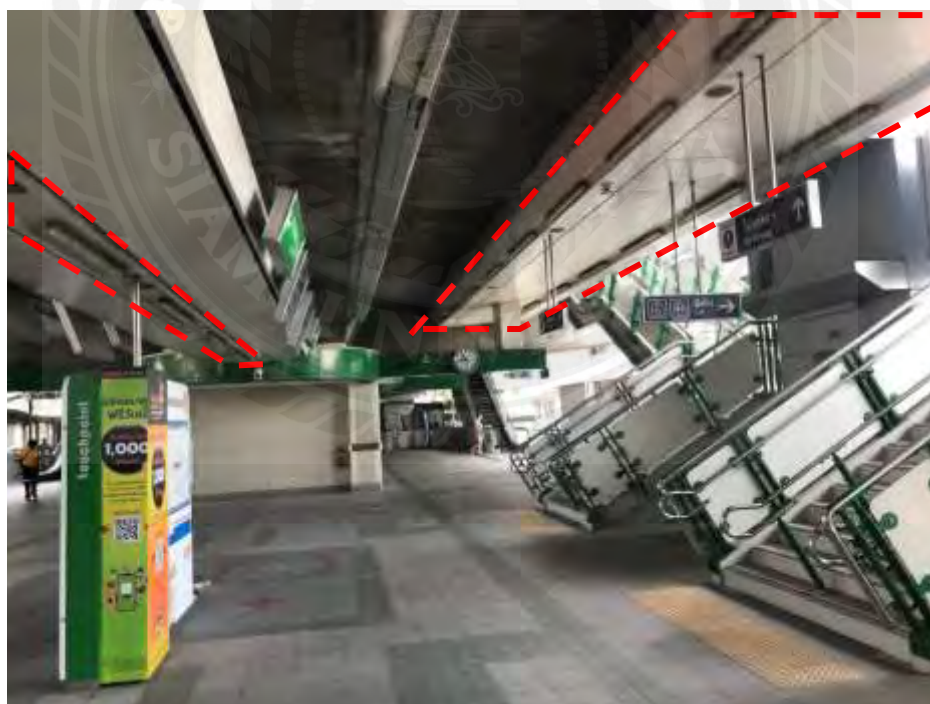
ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟ



ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นชานชาลาของสถานีรถไฟ



ภาพที่ 3.9 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้า



ภาพที่ 3.10 ตำแหน่งติดตั้งหลอดไฟชั้นจำหน่ายตั๋วโดยสารของสถานีรถไฟฟ้า

จากการสำรวจตำแหน่งติดตั้งการใช้งานของหลอดไฟแสงสว่าง ทำการเก็บข้อมูลทางเทคนิค เช่น ความสูงของการติดตั้ง ลักษณะการจับยึดแต่ละจุด เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณค่าใช้จ่ายในลำดับถัดไป

3.10 การศึกษาข้อมูลของหลอดไฟแสงสว่างเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

ในการศึกษาข้อมูลหลอดไฟแสงสว่าง เป็นการค้นคว้าหาข้อมูลทางด้านเทคนิคจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายหลอดไฟแสงสว่าง รวมทั้งการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ความสว่าง คุณภาพของแสง การปล่อยมลพิษ อายุการใช้งาน และราคา ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ

คุณสมบัติ	หลอดไส้ (Incandescent)	หลอดฮาโลเจน (Halogen)	หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)	หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode)
1. ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	ใช้พลังงานสูง เปลี่ยนพลังงานส่วนใหญ่เป็นความร้อน	ใช้พลังงานต่ำกว่าหลอดไส้ 20-30%	ใช้พลังงานต่ำกว่าหลอดไส้ประมาณ 75%	ใช้พลังงานต่ำที่สุด ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไส้ถึง 80-90%
2. ความสว่างต่อวัตต์โดยประมาณ	10-15 ลูเมน/วัตต์	15-25 ลูเมน/วัตต์	35-100 ลูเมน/วัตต์	80-150 ลูเมน/วัตต์
3. คุณภาพของแสง	ให้แสงสีเหลืองอบอุ่น ค่า CRI สูง	ให้แสงขาวนวลใกล้เคียงธรรมชาติ ค่า CRI สูง	มีแสงหลากสี เช่น ขาวนวล, ขาวเย็น แต่บางรุ่นอาจมีการกะพริบ	ให้แสงที่คงที่ ไม่มีการกะพริบ ค่า CRI สูง และสามารถเลือกอุณหภูมิสีได้
4. การปล่อยมลพิษ	ไม่มีสารอันตราย แต่ใช้พลังงานมาก ทำให้ปล่อย CO ₂ สูง	ปล่อย CO ₂ น้อยกว่าหลอดไส้เล็กน้อย	มีสารปรอทภายในหลอด ต้องกำจัดอย่างถูกวิธี	ไม่มีสารอันตราย ปล่อย CO ₂ ต่ำ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
5. อายุการใช้งาน	1,000 - 2,000 ชั่วโมง	2,000 - 4,000 ชั่วโมง	8,000 - 15,000 ชั่วโมง	15,000 - 50,000 ชั่วโมง
6. ราคา	ราคาถูกที่สุด แต่ต้องเปลี่ยนบ่อย	ราคาสูงกว่าหลอดไส้เล็กน้อย	ราคาปานกลาง คummค่าในระยะยาว	ราคาสูง ประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานยาวนาน

ที่มา: (Winnerlight, ม.ป.ป.)

จากตารางที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าหลอดไฟ LED มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานดีที่สุด ในขณะที่หลอดไฟ Incandescent มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานต่ำที่สุด ความสามารถในการประหยัดพลังงานของหลอดไฟแต่ละชนิดมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการใช้งานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 3.11

	INCANDESCENT	HALOGEN	FLUORESCENT	LIGHT EMITTING DIODE
				
CONSUMPTION	100w	70w	20w	12w
EFFICIENCY	Low	Low	Medium	High
AVG. LIFETIME	1 year 1000 hours	1-2 years 2500 hours	10 years 10,000 hours	25+ years 50,000 hours
PRICE OF BULB	Low	Low	Medium	High
COST TO RUN	High	Medium	Low	Low

ภาพที่ 3.11 ข้อมูลคุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ

ที่มา: (Power of Engineers, 2021)

3.11 การศึกษาปัญหาในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ

ขั้นตอนการศึกษาปัญหาในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่าง เป็นการศึกษาวิธีการติดตั้งทดแทนระหว่างหลอดไฟแสงสว่างชนิดเดิมที่เป็นหลอดไฟแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์กับหลอดไฟ LED ในด้านการเข้าด้วยกันของหลอดไฟ 2 ชนิดในโคมไฟเดิม โดยการหาข้อมูลและปรึกษาตัวแทนจำหน่ายหรือผู้ผลิต รวมถึงภาพแบบการดำเนินการในการติดตั้งทดแทน อุปสรรคในการดำเนินการ รวมเป็นค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น สรุปได้ดังนี้

3.11.1 การเข้ากันได้ในการติดตั้งทดแทนของหลอดไฟแสงสว่าง 2 ชนิด

- ตรวจสอบขนาดและรูปแบบของโคมไฟว่าสามารถรองรับหลอด LED ได้หรือไม่
- ประเมินระบบไฟฟ้าและรูปทรงตัวของหลอดเดิม
- หลอด LED บางรุ่นสามารถใช้ขั้วของหลอดไฟเดิมได้
- บางรุ่นต้องเปลี่ยนขั้วหลอดไฟเดิมและต่อสายไฟใหม่

3.11.2 วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินการ

- ตรวจสอบรายการหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม
- เลือกุ่นหลอด LED ที่เหมาะสมกับโคมและระบบไฟฟ้า
- ทดสอบหลอด LED ก่อนติดตั้งจริงทั้งหมด
- วางแผนการติดตั้งเป็นช่วง เพื่อลดผลกระทบต่อการใช้งานสถานี

3.11.3 อุปสรรคที่เกิดขึ้นในการดำเนินการ เช่น พื้นที่ ระยะเวลา ความเสี่ยง เป็นต้น

- พื้นที่ติดตั้ง บางจุดมีพื้นที่แคบหรือสูง ต้องใช้อุปกรณ์ยกหรือรถกระเช้า
- ระยะเวลาต้องวางแผนให้การเปลี่ยนหลอดเสร็จในเวลาที่กำหนด
- ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย การทำงานบนที่สูง การป้องกันไฟฟ้าช็อต
- อุปกรณ์ของเก่าอาจจะชำรุดเนื่องจากการติดตั้งใช้งานมานาน

3.11.4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินการ

- ต้นทุนอุปกรณ์หลอดไฟ LED อุปกรณ์เสริม (สายไฟ ขั้วต่อ)
- ค่าแรงติดตั้งและกำจัดหลอดเดิม
- ค่าใช้จ่ายในการวางแผนและทดสอบ เช่น LED ตัวอย่าง การประเมินความเข้ากันได้
- ค่าอุปกรณ์เสริมความปลอดภัย รถกระเช้า อุปกรณ์ป้องกันตก อุปกรณ์ไฟฟ้า
- ค่าใช้จ่ายแฝงอื่นๆ การปิดพื้นที่ ลดผลกระทบต่อผู้ใช้งาน

3.12 การบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ของหลอดไฟแสงสว่าง

แบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ของหลอดไฟแสงสว่างกลุ่มเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลอดไฟแสงสว่างใหม่ที่จะนำมาติดตั้งทดแทน ดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 การบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟแสงสว่าง

ชื่ออุปกรณ์หลัก		หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์	หลอด LED T8 ขนาด 23 วัตต์
จำนวน		573	573
อายุการใช้งาน (ปี)		>5	>5
ชั่วโมงใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมง/ปี)		2,646	2,646
พลังงาน (วัตต์) เริ่มต้น		58	23
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปีเริ่มต้น)		87,937.16	34,871.63
สัดส่วนการใช้พลังงานในสถานี		13.76%	5.46%
ค่าประสิทธิภาพ	ค่าฟักัด (ลูเมน/วัตต์)	88.8	160.9

หมายเหตุ : ข้อมูลเฉพาะในส่วนที่จะดำเนินการปรับปรุง

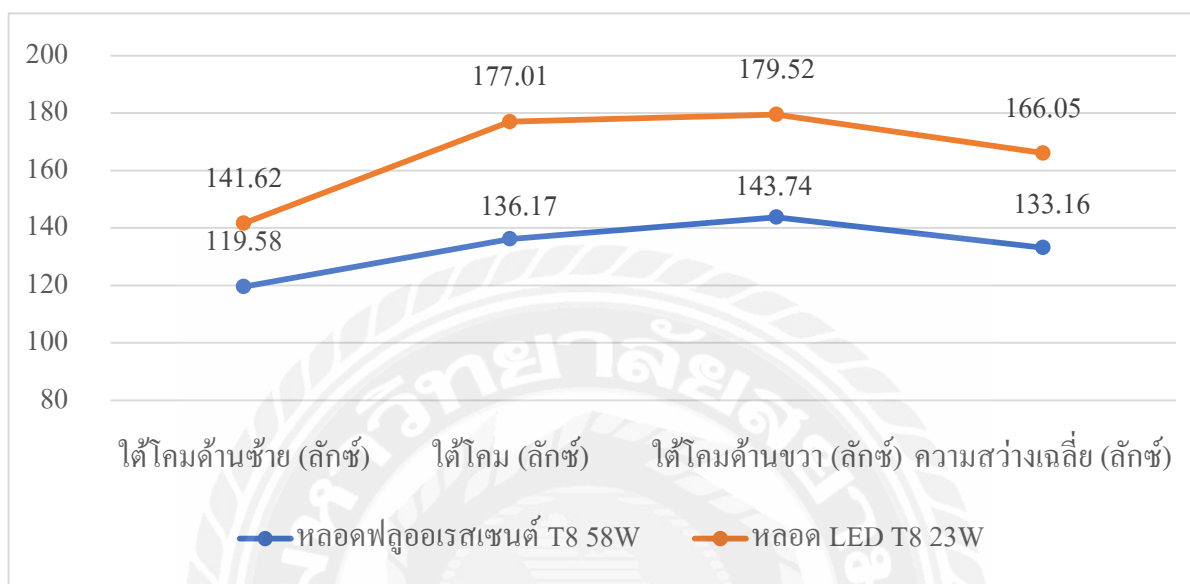
3.13 การทดสอบค่าแสงสว่างของหลอดไฟ

จากการศึกษาข้อมูลวิธีการติดตั้งทดแทนและการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ดำเนินการทดสอบค่าความสว่างเปรียบเทียบระหว่างหลอดไฟเดิมที่ติดตั้งอยู่และหลอดไฟ LED ที่จะนำมาติดตั้งทดแทน โดยทำการติดตั้งหลอดไฟที่จะนำมาติดตั้งทดแทนจำนวน 5 โคม (10 หลอด) และวัดค่าความเข้มแสงสว่าง ณ จุดใช้งานจริงจำนวน 30 จุด โดยอ้างอิงมาตรฐานกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง พ.ศ. 2561 ซึ่งกำหนดค่าความสว่างขั้นต่ำที่เหมาะสมกับพื้นที่ทางเดินและพื้นที่สาธารณะ โดยกำหนดค่าความสว่างขั้นต่ำสำหรับพื้นที่ทางเดินไม่น้อยกว่า 50-100 ลักซ์ เพื่อหาค่าความสว่างเฉลี่ยและนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยทั้งหมดอีกครั้งตามข้อมูลแสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ผลการวัดค่าความสว่างหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED

ตำแหน่งการวัด	หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 58W	หลอด LED T8 23W
ใต้โคมด้านซ้าย (ลักซ์)	119.58	141.62
ใต้โคม (ลักซ์)	136.17	177.01
ใต้โคมด้านขวา (ลักซ์)	143.74	179.52
ค่าเฉลี่ย (ลักซ์)	133.16	166.05

จากตารางที่ 3.11 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าแสงสว่างของหลอดไฟลูออเรสเซนต์มีค่าความสว่างอยู่ที่ 133.16 ลักซ์ ค่าความสว่างหลอด LED อยู่ที่ 166.05 ลักซ์ ให้ค่าความสว่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้นกว่าหลอดเดิม 32.89 ลักซ์ หรือคิดเป็นร้อยละ 24.69



ภาพที่ 3.12 กราฟแสดงข้อมูลเปรียบเทียบความสว่างหลอดไฟ

จากภาพที่ 3.12 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า หลอด LED T8 23W ให้ค่าความสว่างที่สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ 58W ในทุกจุดการวัด แม้จะใช้กำลังไฟฟ้า น้อยกว่าครึ่ง

3.14 การวิเคราะห์รูปแบบการทดแทน

การวิเคราะห์แบบจำลองการทดแทนอุปกรณ์ (Replacement Model) เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานอุปกรณ์เดิม และการแทนที่ด้วยเทคโนโลยีใหม่ แม้ในทางปฏิบัติหลอดไฟเดิมอาจยังไม่เกิดความล้มเหลวพร้อมกันทุกชุด แต่การเลือกใช้แนวทางการเปลี่ยนเป็นกลุ่ม (Group Replacement) มีความเหมาะสมผลมากกว่าแนวทางการเปลี่ยนเมื่อเสีย (Spot Replacement) ในเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และลดความเสี่ยงจากค่าความเข้มแสงที่ไม่สม่ำเสมอที่จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร

3.15 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและส่วนที่เกี่ยวข้องสำหรับการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟ LED ในสถานียรถไฟฟ้าพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

1. ต้นทุนค่าอุปกรณ์ และติดตั้ง
2. ต้นทุนแฝงอื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดหลอดไฟเก่า
3. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการปิดกั้นพื้นที่
4. ค่าพลังงานไฟฟ้า
5. ค่าซ่อมบำรุง

1. ต้นทุนค่าอุปกรณ์ และติดตั้ง

จากการศึกษาการเข้ากันได้ของการเปลี่ยนหลอดไฟ พบว่าสามารถใช้งานกับโคมไฟเดิมได้ โดยการถอดชุดบัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ออก เปลี่ยนขั้วหลอด และต่อสายตรงเข้าขั้วหลอดใหม่ สรุปเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนและอุปกรณ์ได้ ดังนี้

$$\text{ราคาหลอดไฟ LED และอุปกรณ์} = 573 \times 550 = 315,150 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าแรงเปลี่ยน + ค่ากำจัดหลอดไฟเก่า} = 573 \times 300 = 171,900 \text{ บาท}$$

$$\text{**รวมลงทุนครั้งแรก} = 487,050 \text{ บาท}$$

2. ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี

การคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วยเป็น kWh) และค่าไฟฟ้าต่อปี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{พลังงาน (kWh)} = \text{จำนวนหลอด} \times \text{กำลังไฟ (kW)} \times \text{ชั่วโมงใช้งานต่อปี} / 1000$$

หลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม (58W)

$$\text{พลังงาน} = 573 \times 0.058 \times 2,646 = 87,937 \text{ kWh/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟ} = 87,937 \times 4.15 = 364,938 \text{ บาท/ปี}$$

หลอดไฟ LED ใหม่ (23W)

$$\text{พลังงาน} = 573 \times 0.023 \times 2,646 = 34,871 \text{ kWh/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟ} = 34,871 \times 4.15 = 144,717 \text{ บาท/ปี}$$

สรุปได้ว่า สามารถประหยัดค่าไฟ = $364,938 - 144,717 = 220,221$ บาท/ปี และประหยัดพลังงานได้ = $87,937 - 34,871 = 53,066$ kWh/ปี หรือคิดเป็นร้อยละ 60.34 ของหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม

3. ค่าซ่อมบำรุงต่อปี

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมบำรุงเกิดจากการเสียของหลอดไฟและอุปกรณ์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$\text{MTBF} = \frac{\text{เวลาการทำงาน (Total Operation Time)}}{\text{จำนวนความล้มเหลว (Number of Failures)}}$$

$$\text{หลอดฟลูออเรสเซนต์ (58W) อายุการใช้งานหรือ MTBF} = 20,000 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{ระยะเวลาการใช้งาน} = 2,646 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

$$\text{จำนวนหลอดที่ต้องเปลี่ยนต่อปี} = 573 \times 2,646 / 20,000 = 75.8 \text{ หลอด}$$

$$\text{ต้นทุนการเปลี่ยนต่อครั้ง (หลอด + ค่าแรง)} = 350 \times 75.8 = 26,530 \text{ บาท}$$

$$\text{บัลลาสต์ อายุการใช้งานหรือ MTBF} = 25,000 \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{จำนวนที่ต้องเปลี่ยนต่อปี} = 573 \times 2,646 / 25,000 = 60.6 \text{ ชุด}$$

$$\text{ต้นทุนการเปลี่ยนต่อครั้ง (บัลลาสต์ + ค่าแรง)} = 460 \times 60.6 = 27,876 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าซ่อมบำรุงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (58W)} = 26,530 + 27,879$$

$$\text{**ค่าซ่อมบำรุงการใช้งานหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ต่อปี} = 54,406 \text{ บาท}$$

หลอด LED (23W) อายุการใช้งานหรือ MTBF	= 50,000 ชั่วโมง
ระยะเวลาการใช้งาน	= 2,646 ชั่วโมง/ปี
จำนวนหลอดที่ต้องเปลี่ยนต่อปี	= $573 \times 2,646 / 50,000 = 30.3$ หลอด
ต้นทุนเปลี่ยนแต่ละครั้ง (หลอด + ค่าแรง)	= 350×30.3
**ค่าซ่อมบำรุงหลอด LED ต่อปี	= 10,605 บาท

เนื่องจากหลอด LED อยู่ในระยะเวลาประกัน (5 ปี) ค่าซ่อมบำรุงจึงไม่เกิดขึ้นในช่วงเวลาประกันนี้

3.16 การคำนวณจุดคุ้มทุน

การคำนวณจุดคุ้มทุนจากสมการที่ 2.3 สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน ดังต่อไปนี้

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนสุทธิ / ต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อปี

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} &= \text{เงินลงทุนสุทธิ} / (\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า} + \text{ค่าซ่อมบำรุง}) \\
 &= 487,050 / (220,182 + 54,406) \\
 &= 487,050 / 274,648.58 = 1.77 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

3.17 การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

1. ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี) จากค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี

หลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม (58W)

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า} = 573 \times 0.058 \times 2,646 = 87,937 \text{ kWh/ปี}$$

หลอดไฟ LED ใหม่ (23W)

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า} = 573 \times 0.023 \times 2,646 = 34,871 \text{ kWh/ปี}$$

2. คำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ต่อปี
จากสมการที่ (2.7)

$$\text{CO}_2\text{e (kg/ปี)} = \text{พลังงาน (kWh/ปี)} \times 0.4682 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

ปริมาณที่ปล่อย CO₂e ก่อนเปลี่ยนหลอด

$$\text{CO}_2\text{e} = 87,937 \times 0.4682 = 41,176.07 \text{ kg/ปี}$$

ปริมาณที่ปล่อย CO₂ หลังเปลี่ยนหลอด

$$\text{CO}_2\text{e} = 34,871 \times 0.47 = 16,326.60 \text{ kg/ปี}$$

ปริมาณ CO₂e ที่ลดลงได้

$$\text{CO}_2\text{e} = 41,176.07 - 16,326.60 = 24,845.50 \text{ kg/ปี}$$

**การเปลี่ยนหลอดไฟในครั้งนี้ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 24.85 ตัน CO₂e/ปี

3.18 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

ขั้นตอนการสรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานหลอดไฟแสงสว่าง ปัญหาในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการดำเนินการ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO₂) เพื่อเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

บทนี้นำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ปัญหาในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการ ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการดำเนินการ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO₂) เพื่อเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลการวิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.1 การใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างของสถานียรถไฟฟ้า

จากการเก็บข้อมูลการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างของสถานียรถไฟฟ้า ส่วนใหญ่เป็นการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) ขนาดต่างๆ สรุปได้ว่าหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีการติดตั้งใช้งานมากที่สุดและใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์ ความยาว 1.5 เมตร แบบ 1x58 วัตต์ และ 2x58 วัตต์ รวมเป็นจำนวน 573 หลอด ใช้พลังงานไฟฟ้า 240.95 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ข้อมูลการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างของสถานียรถไฟฟ้า ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1 จำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างและการใช้พลังงานไฟฟ้า

ลำดับที่	ชนิด/ขนาด หลอดไฟ	จำนวน (หลอด)	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน)
1	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 58 วัตต์ 1.5 เมตร	573	240.95
2	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ 1.2 เมตร	584	118.18
3	ฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18 วัตต์ 0.6 เมตร	20	2.61

4.2 การทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง

จากการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดไฟ LED

คุณสมบัติ	หลอดฟลูออเรสเซนต์	หลอด LED
การแผ่ความร้อน	ปานกลาง	น้อย
สารปรอท	มี	ไม่มี
รังสียูวี	มี	ไม่มี
การปล่อยสาร CO ₂	202 kg/ปี	44 kg/ปี
การใช้พลังงาน	1-58 วัตต์	1-25 วัตต์
ค่าใช้จ่ายซ่อมบำรุง	มาก	น้อย
การกำจัดขยะ	ยุ่งยาก	ง่ายกว่า
อายุการใช้งาน	8,000-20,000 ชั่วโมง	15,000-50,000 ชั่วโมง
ราคาต่อชุด	ถูกกว่า	แพงกว่า

4.3 ผลการดำเนินการตามเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน

ผลการดำเนินการตามเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน และความคุ้มค่าในการลงทุนดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการตามเป้าหมายการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ	การประหยัดไฟฟ้า		ผลประหยัด (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาดูคืน (ปี)
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี			
เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED	53,066	274,627	54,406	487,050	1.77

จากการทดสอบตามสมมุติฐาน หลังดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าตามมาตรการลดการใช้พลังงาน สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 53,066 kWh หรือคิดเป็นร้อยละ 60.34 ระยะเวลาดูคืนที่ 1.77 ปี โดยคำนวณจากเงินลงทุนเริ่มต้นจำนวน 487,050 บาท หาดด้วยผลประโยชน์รวมรายปี ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้และค่าบำรุงรักษาที่ลดลงรวม 274,627 บาทต่อปี และได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานี่หลังดำเนินการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานี

ระบบ	การใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (kWh/ปี)	การใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง (kWh/ปี)	ลดลงร้อยละ
ระบบแสงสว่าง	194,763.85	141,757.85	27.21
รวมทั้งสถานี	638,989.00	585,983.00	8.29

จากตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างลดลงอย่างชัดเจน โดยก่อนปรับปรุงมีการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 194,763.85 kWh/ปี ลดลงเหลือ 141,757.85 kWh/ปี หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 27.21 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งสถานีต่อปี และคิดเป็นร้อยละ 8.29 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสถานีต่อปี ซึ่งลดลงได้มากกว่าวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4.4 การประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย

การเปลี่ยนหลอดไฟจำนวน 573 หลอด จากหลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม 58 วัตต์ เป็นหลอด LED 23 วัตต์ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก 87,937 kWh/ปี เหลือ 34,871 kWh/ปี คิดเป็นการใช้พลังงานที่ลดลง 53,066 kWh/ปี หรือร้อยละ 60.34 ในด้านค่าใช้จ่าย การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เดิมมีค่าพลังงานไฟฟ้า 364,938 บาท/ปี ส่วนหลอดไฟ LED มีค่าพลังงานไฟฟ้า 144,717 บาท/ปี ทำให้ประหยัดค่าไฟได้ 220,221 บาท/ปี นอกจากนี้ ยังลดค่าซ่อมบำรุงรายปีจาก 54,406 บาท (หลอดฟลูออเรสเซนต์เดิม) เหลือ 0 บาท (หลอด LED ในช่วงรับประกัน 5 ปี)

4.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการทดสอบตามสมมุติฐาน ได้ดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนการดำเนินงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางการเงิน โดยพิจารณาจากค่าไฟและค่าซ่อมบำรุงรายปี ในระยะเวลา 5 ปี และระยะเวลา 10 ปี และคำนวณหาค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของค่าใช้จ่ายรวม ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ทางการเงินและค่าใช้จ่ายของหลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง (บาท)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าไฟ (บาท)	-364,938.00	-364,938.00	-364,938.00	-364,939.00	-364,939.00
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	-54,406.0	-54,406.00	-54,406.00	-54,406.00	-54,406.00
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00
NPV (5 ปี)	-1,714,799				

หลอดฟลูออเรสเซนต์	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง (บาท)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าไฟ (บาท)	-364,939.00	-364,939.00	-364,939.00	-364,939.00	-364,939.00
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	-54,406.00	-54,406.00	-54,406.00	-54,406.00	-54,406.00
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00	-419,344.00
NPV (10 ปี)	-2,931,730				

จากตารางที่ 4.5 เห็นได้ว่า การใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่าใช้จ่ายรายปีที่ประกอบด้วยค่าไฟฟ้าจำนวน 364,939 บาท และค่าซ่อมบำรุง 54,406 บาท รวมเป็นค่าใช้จ่ายต่อปี 419,344 บาท เมื่อคำนวณมูลค่ากระแสเงินสดจ่ายระยะเวลา 5 ปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นลบอยู่ที่ -1,714,799 บาท และระยะเวลา 10 ปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นลบอยู่ที่ -2,931,730 บาท ซึ่งสะท้อนถึงมูลค่าต้นทุนรวมในปัจจุบันที่ต้องแบกรับหากไม่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน

หลังจากได้ดำเนินการตามมาตรการลดการใช้พลังงานโดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดประหยัดพลังงาน LED เพื่อลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในระยะยาว ได้ดำเนินการวิเคราะห์ทางการเงินและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการในระยะเวลา 5 ปี และระยะเวลา 10 ปี ซึ่งครอบคลุมทั้งเงินลงทุนเริ่มต้น (Initial Investment) ผลประหยัดจากการลดค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา รวมถึงการคำนวณหาดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางการเงิน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.6

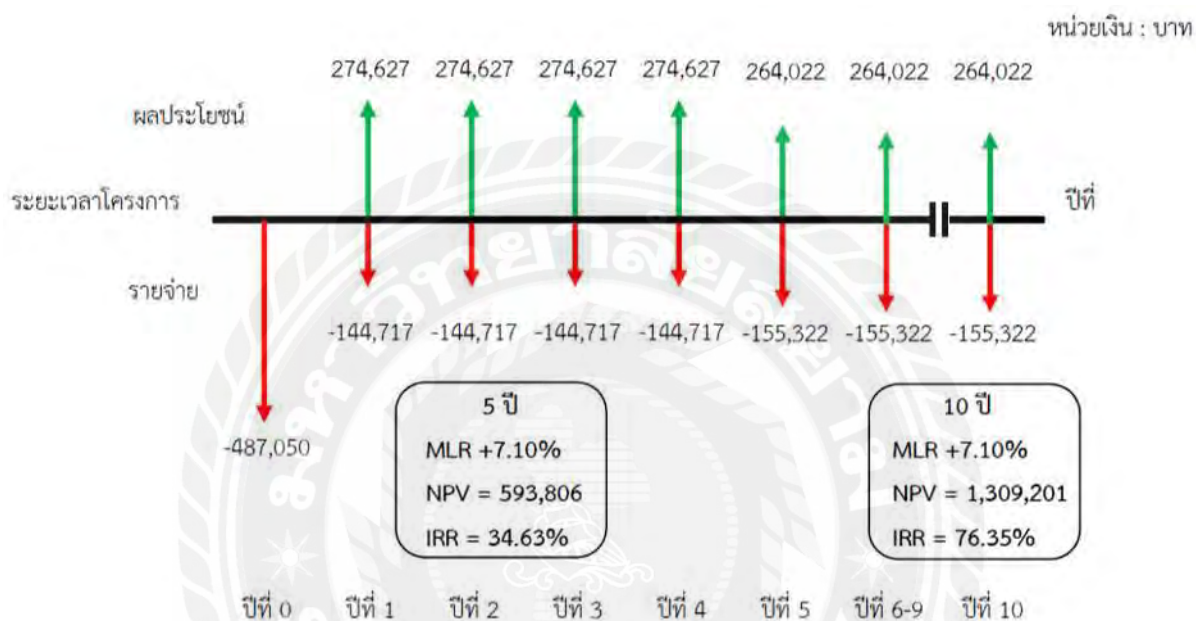
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ทางการเงินและค่าใช้จ่ายของหลอด LED

หลอดไฟ LED	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4 = ปีที่ 5
ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง (บาท)	-487,050.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าไฟ (บาท)	0.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	-487,050.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00
ผลประโยชน์ (บาท)	0.00	274,627.00	274,627.00	274,627.00	274,627.00
NPV (5 ปี)	593,806.14				
ผลตอบแทน IRR (5 ปี)	34.63 %				

หลอดไฟ LED	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10
ค่าอุปกรณ์และติดตั้ง (บาท)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าไฟ (บาท)	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00	-144,717.00
ค่าซ่อมบำรุง (บาท)	-10,605.00	-10,605.00	-10,605.00	-10,605.00	-10,605.00
รวมค่าใช้จ่าย (บาท)	-155,322.00	-155,322.00	-155,322.00	-155,322.00	-155,322.00
ผลประโยชน์ (บาท)	264,022.00	264,022.00	264,022.00	264,022.00	264,022.00
NPV (10 ปี)	1,309,201.54				
ผลตอบแทน IRR (10 ปี)	76.35 %				

จากตารางที่ 4.6 คำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เห็นได้ว่าโครงการนี้ใช้เงินลงทุนเริ่มต้นสำหรับค่าอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งเป็นเงิน 487,050 บาท ผลจากการประหยัดพลังงานสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาเพียง 1.77 ปี ถือว่าเป็นระยะคืนทุนที่สั้นและมีความคุ้มค่าสูง เมื่อวิเคราะห์กระแสเงินสดโดยคำนวณที่อัตราดอกเบี้ย MLR +7.10% ของธนาคารพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2566 พบว่าในระยะเวลาโครงการ 5 ปี (ปีที่ 1-5) มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 593,806.14 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สูงถึงร้อยละ 34.63 จากค่าไฟฟ้าที่ลดลงและค่าบำรุงรักษาที่อยู่ในระยะเวลารับประกันสินค้า และในระยะเวลาโครงการ 10 ปี (ปีที่ 6-10) พบว่ามีค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 1,309,201.54 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เพิ่มขึ้น สูงถึงร้อยละ 76.35 จากค่าไฟฟ้าที่ลดลง แม้อยู่ในช่วงที่สิ้นสุดระยะเวลาประกันสินค้า และมีความบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น 10,605.00 บาท ต่อปี

จากข้อมูลการวิเคราะห์ทางการเงินและค่าใช้จ่ายของหลอด LED ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาจัดทำแผนภาพกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) เพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนเริ่มต้น รายจ่ายในการดำเนินงานที่ลดลง และผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาโครงการ 10 ปี โดยแผนภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนไหวของเงินสดจำแนกตามรายปี เพื่อกำหนดดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางการเงิน ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ผังกระแสเงินสดการดำเนินโครงการ

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นได้ว่ากระแสเงินสดจ่ายในปีที่ 0 มีการลงทุนเริ่มต้นในส่วนของค่าอุปกรณ์และติดตั้งจำนวน 487,050 บาท และในปีที่ 0 ถึงปีที่ 5 จะมีรายจ่ายค่าไฟฟ้าคงที่อยู่ที่ 144,717 บาท ต่อปี แสดงด้วยลูกศรทึบชี้ลงด้านล่าง และจากการลดลงของปริมาณการใช้พลังงานและค่าบำรุงรักษา ส่งผลให้เกิดผลประโยชน์คืนกลับมาจำนวนปีละ 274,627 บาท ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 5 แสดงด้วยลูกศรสีเขียวชี้ขึ้นด้านบน เมื่อวิเคราะห์กระแสเงินสดรวมภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจลงทุนที่อัตรา MLR +7.10% ซึ่งเป็นอัตราในปีที่ดำเนินการ พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกสูงถึง 593,806.14 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 34.63 และในปีที่ 6 ถึงปีที่ 10 พบว่ามีค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 1,309,201.54 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 76.35

4.6 การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากมาตรการลดการใช้พลังงาน ด้วยการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂e)

ปริมาณก่อนปรับปรุง (kgCO ₂ e/ปี)	ปริมาณหลังปรับปรุง (kgCO ₂ e/ปี)	ปริมาณที่ลดลง (kgCO ₂ e/ปี)	ลดลงร้อยละ
41,172.10 kgCO ₂ e/ปี	16,326.60 kgCO ₂ e/ปี	24,845.50 kgCO ₂ e/ปี	60.34

จากตารางที่ 4.7 เห็นได้ว่าสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากเดิม 41,172.10 kgCO₂e/ปี เหลือ 16,326.60 kgCO₂e/ปี คิดเป็นปริมาณที่ลดลง 24,845.50 kgCO₂e/ปี หรือ ประมาณ 24.85 tCO₂e/ปี เทียบเท่ากับการปลูกต้นไม้ประมาณ 1,467 ต้น (คิดจากค่าการดูดซับที่ประมาณ 17 kgCO₂e/ต้น/ปี)

4.7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

เพื่อให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของโครงการภายใต้ความผันแปรของปัจจัยทางเศรษฐกิจ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวใน 2 กรณีหลัก ดังนี้

4.7.1 กรณีมีการเปลี่ยนแปลงของค่าไฟฟ้า หากค่าไฟฟ้ามีการปรับตัวสูงขึ้นร้อยละ 10 จากฐานปัจจุบัน (4.15 บาท/หน่วย) จะส่งผลให้ผลประโยชน์ประจำปีเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ให้สั้นลงกว่า 1.77 ปี ในทางกลับกัน แม้ค่าไฟฟ้าจะทรงตัวโครงการนี้ยังคงมีความคุ้มค่าสูงเนื่องจากมีส่วนต่างของกำลังไฟฟ้าที่ลดลงได้ถึงร้อยละ 60.34

4.7.2 กรณีราคาหลอดไฟ LED ในตลาดมีการปรับราคาลงในอนาคต จะส่งผลให้เงินลงทุนเริ่มต้น (Initial Investment) ลดลงจาก 487,050 บาท ตัวอย่างเช่น หากราคาอุปกรณ์ลดลงร้อยละ 15 จะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการเพิ่มสูงขึ้นกว่าเดิมที่วิเคราะห์ไว้ร้อยละ 38.97 (ในระยะ 5 ปี) และร้อยละ 48.93 (ในระยะ 10 ปี) อย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า โครงการมีความทนทานต่อความเสี่ยงทางการเงินสูง (High Robustness) เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้นเพียง 1.77 ปี ซึ่งสั้นกว่าอายุการรับประกันสินค้า (5 ปี) การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก เช่น ค่าไฟฟ้า หรือราคาวัสดุอุปกรณ์ จึงเป็นเพียงปัจจัยสนับสนุนที่ช่วยเร่งให้จุดคุ้มทุนมาถึงเร็วขึ้นเท่านั้น สอดคล้องกับแนวทางการลงทุนในโครงการที่ต้องการความมั่นคงทางต้นทุนพลังงานในระยะยาว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและการวัดผลการดำเนินงานของการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานีรถไฟฯ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบ LED ขนาด 23 วัตต์ ทดแทนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 58 วัตต์ จำนวน 573 หลอด ให้ค่าความสว่างที่สูงกว่าหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแบบฟลูออเรสเซนต์และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า สามารถประหยัดพลังงานได้สูงถึงร้อยละ 60.34 หรือคิดเป็นค่าใช้จ่าย 220,221 บาท/ปี รวมทั้งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2e) ลดลง 24.85 t CO_2e /ปี จากการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน หรือจุดคุ้มทุน พบว่าใช้ระยะเวลาคืนทุนใน 1.77 ปี ซึ่งน้อยกว่าระยะเวลาในการรับประกันสินค้า และในระยะเวลาการดำเนินโครงการ 5 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 593,806.14 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) สูงถึงร้อยละ 34.63 และในระยะเวลาโครงการ 10 ปี พบว่ามีค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นบวกอยู่ที่ 1,309,201.54 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 76.35 ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าเทคโนโลยี LED เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการพลังงานระบบแสงสว่าง จึงสรุปได้ว่าโครงการดังกล่าวมีความคุ้มค่าทางการเงินอย่างยิ่ง เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับมีมูลค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และสามารถคืนทุนเงินลงทุนได้ในระยะเวลาอันสั้น และยังชี้ให้เห็นว่าผลประโยชน์จากการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นทันทีหลังการเปลี่ยนมีมูลค่าครอบคลุมต้นทุนของหลอดไฟเดิมที่ยังเหลืออายุการใช้งานอยู่

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการศึกษาพบปัญหาและอุปสรรค ดังนี้

5.2.1 ด้านเทคนิคและความเข้ากันได้ การเลือกหลอด LED ทดแทน (LED Tube) จะต้องเลือกรุ่นที่เข้ากันได้ โคมไฟเดิมที่ใช้งานมานานอาจเสื่อมสภาพ (เช่น พลาสติกกรอบ ตัวล็อกเสื่อม) การเปลี่ยนหลอดใหม่อาจทำให้โคมเสียหาย หรืออาจต้องเปลี่ยนทั้งโคมซึ่งเพิ่มค่าใช้จ่าย

5.2.2 ด้านการดำเนินงานและความปลอดภัย พื้นที่ติดตั้งมักอยู่บนที่สูง (เพดานสูง เหนือบันไดเลื่อน เหนือชานชาลา) และบางจุดอยู่ใกล้รางรถไฟ การทำงานต้องใช้นั่งร้าน และต้องมีมาตรการความปลอดภัยที่เข้มงวดสูงสุดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

5.2.3 ด้านงบประมาณและการจัดการ มีต้นทุนเริ่มต้นสูง เนื่องจากสถานีรถไฟฟ้ามีย่านหลอดไฟเป็นจำนวนมาก แม้ว่าหลอด LED จะถูกลง แต่เมื่อคูณจำนวนแล้ว งบประมาณเริ่มต้น (Upfront Cost) ทั้งค่าหลอดและค่าแรงติดตั้งยังคงสูง

5.2.4 การจัดการของเสีย หลอดฟลูออเรสเซนต์เก่าที่ถูกถอดออกจำนวนมาก ถือเป็นขยะอันตรายเนื่องจากมีสารปรอทบรรจุอยู่ จำเป็นต้องมีแผนการรวบรวมและกำจัดอย่างถูกวิธีตามกฎหมาย ซึ่งมีค่าใช้จ่ายและขั้นตอนที่ยุ่งยาก

แม้จะมีอุปสรรคเหล่านี้ แต่ผลประโยชน์ระยะยาวในเรื่องการประหยัดพลังงาน และการลดค่าบำรุงรักษา ก็ทำให้วิธีการนี้ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุนสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การวิจัยเรื่องการเปลี่ยนหลอดไฟ LED ทดแทนหลอดไฟฟ้ายางแบบฟลูออเรสเซนต์ในสถานีรถไฟฟ้ามีย่านบรรลุเป้าหมายการลดใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การดำเนินการควรมีการทดสอบนำร่อง (Pilot Test) ในพื้นที่จำกัดเพื่อวัดผลเชิงคุณภาพและปริมาณจริงก่อนการติดตั้งทั้งระบบ และควรมีการติดตามผลหลังการติดตั้งอย่างต่อเนื่อง เพื่อยืนยันความสำเร็จและเสถียรภาพของโครงการในระยะยาว นอกจากนี้สำหรับองค์กรที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ เริ่มต้นอาจพิจารณารูปแบบการลงทุนผ่านบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) เพื่อร่วมลงทุนและแบ่งปันผลประโยชน์จากค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้จริงซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงทางการเงินขององค์กร

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

สำหรับการวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาต่อยอดเรื่องการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Sensor) หรือเซนเซอร์ตรวจจับความหนาแน่นของผู้โดยสารเพื่อควบคุมการหรี่แสง (Dimming Control) แบบอัตโนมัติโดยการปรับลดความเข้มแสงให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลา จะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าการเปิดใช้งานที่ความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ตลอดเวลา ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยยืดอายุการใช้งานของหลอดไฟและเพิ่มผลประหยัดได้อย่างมีนัยสำคัญ และศึกษาการเชื่อมต่อระบบแสงสว่างเข้ากับโครงข่าย Internet of Things (IoT) เพื่อการมอนิเตอร์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบ Real-time และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Predictive Maintenance) ในอนาคต

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). *วิสัยทัศน์ พันธกิจ หน้าที่ ยุทธศาสตร์ ค่านิยม*.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). *เครื่องมือในการบริหารโครงการ*.
<http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm>
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2561). *ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง พ.ศ. 2561*.
- กระทรวงพลังงาน. (2564). *คู่มือการลดใช้พลังงาน พ.ศ. 2564*.
- การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย (รฟม.). (2561). *รายงานกิจกรรมและผลสำรวจความพึงพอใจการใช้บริการ*.
- การุณ ชัยฉวีชัย, กิตติชัย ช้างน้อย, สงขลา ไพศาลสุขกุล, ชีรวัต กุลสุวรรณ, กิตติศักดิ์ พิมพ์ชัน, และ เขมชาติ ขนุนทอง. (2565). การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษาของโรงงานวัดสระเบ็ด ศูนย์อุตสาหกรรมสรรพคุณ กรมสรรพาทนุทธการ. ในมหาวิทยาลัยศิลปากร (บ.ก.), *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการขำงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2565* (น. 722-728). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, อรุณ พิชิตกุล, ภาวนา ดอกพิกุล, ธนวัฒน์ สว่างงาม, มรกต ทิวสิงห์, อนุจิต คงฤทธิ์, และณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. (2559). การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนของการเปลี่ยนหลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดแอลอีดี (LED) กรณีศึกษาห้องประชุม อรพิม โรงแรมสยามธานี. ในวิทยาลัยนครรราชสีมา (บ.ก.), *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 7* (น. 390-397). วิทยาลัยนครรราชสีมา.
- จิรพรรณ โพธิ์ปาน, และสุพัตรา ศรีญาณลักษณ์. (2563). การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการพลังงานของระบบแสงสว่างในอาคารที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง กรณีศึกษา รถไฟฟ้ามหานครสายสีน้ำเงิน. *วารสารขำงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 6(2), 1-7.
- ชิดชนก ประสพสุข, และปณณมี สัจกมล. (2555). การอนุรักษ์พลังงานและการทดแทนฟลูออเรสเซนต์ด้วย LED กรณีศึกษาบริษัทค้าขำคอตตอนไทย. ในมหาวิทยาลัยศรีปทุม (บ.ก.), *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการขำงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2555*. เพชรบุรี, ประเทศไทย. (น. 1091-1095). มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- รัชชนก หล้าริ้ว, หฤทัย กลิ่นเพชร, และธนาพล ตันติสัตยกุล. (2563). แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างในห้องเรียน: กรณีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. *วารสารศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8(2), 1309-1320.
- ไพบูลย์ ศรีอนันต์. (2561). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หลอดไฟ LED ในสถานศึกษา กรณีศึกษา อาคารเกษม จาคิกวนิช มหาวิทยาลัยบูรพา. (นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่ไม่มีการตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. (2535, 4 เมษายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 109 ตอนที่ 29, หน้า 1-35.
- สันติภาพ กั้วพรหม. (2562). การศึกษาเพื่อประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตที่ไม่มีการตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสยาม.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.). (2564). *อภิธานศัพท์พลังงาน*.
- สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง (สศค.). (2561). *รายงานภาวะเศรษฐกิจการคลัง*.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2568). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/การใช้ไฟฟ้า (Emission Factor) สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก*.
- ACE10NEW. (2565). 23 ปี รถไฟฟ้า BTS. <https://aec10news.com/contents/special-report/197166/>
- Ahmet NUR. (2025). IoT and LED-based approach in smart street lighting: A review. *Electrical Engineering and Energy*, 4(3), 128-141.
- BTS Skytrain. (ม.ป.ป.). *ระบบโครงสร้างทางวิ่งและสถานี*. <https://www.bts.co.th/library/system-design.html>
- Chin Power. (ม.ป.ป.). *ประเภทของหลอดไฟชนิดต่างๆ*. <https://chinpower.net/knowledge/lighting-technology-led/>
- Hong, W. Y., & Rahmat, B. N. N. (2024). Energy consumption, CO2 emissions and electricity costs of lighting for commercial buildings in Southeast Asia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(2), 1-11.
- International Standard IEC 60300. (2009). *Dependability management - Part 3-11: Application guide - Reliability centred maintenance*.

บรรณานุกรม (ต่อ)

National Power Supply (NPS). (2566). *พลังงานไฟฟ้า*. <https://www.npsplc.com/th/updates/blog>

Power of Engineers. (2564). *Presenting Led Bulb*.

<https://powerofengineers.wordpress.com/2021/10/15/presenting-led-bulb-from-power-of-engineers-2/>

Winnerlight. (ม.ป.ป.). *หลอดประหยัดไฟ เลือกแบบไหนให้ประหยัดและคุ้มค่า*.

<https://www.winnerlight.co.th/blog/efficient-light-bulbs/>



ภาคผนวก



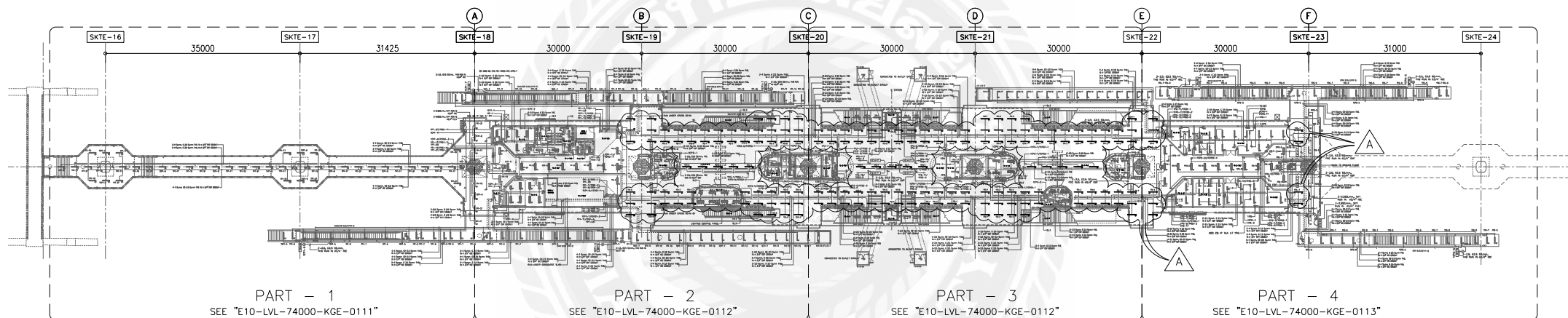
ภาคผนวก ก
แบบติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างสถานีรถไฟ



E09 Train Direction
To Onnut

Train Direction
To Punnaviti E11

E10
Bangchak



LEGEND:

— : 1x23W LED LAMP PRISMATIC DIFFUSER IP65
(CONCOURSE LEVEL = 185 EA.)

1 CONCOURSE LEVEL LIGHTING SYSTEM REFERENCE PLAN
PLAN SCALE A3 = 1 : 750



ภาคผนวก ข

ผลการสำรวจจำนวนโคมไฟที่สถานีรถไฟ



จำนวนโคมไฟที่สถานีรถไฟฟ้า E10

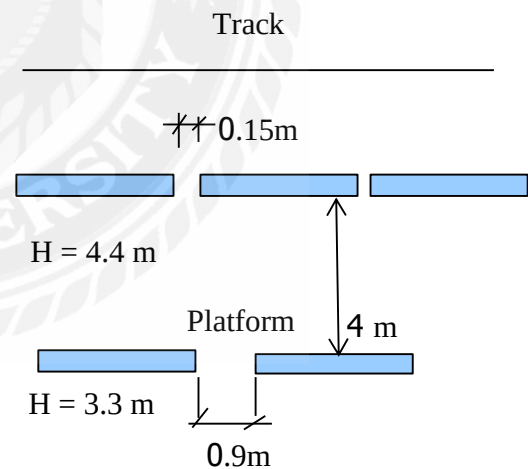
Concorse and Walkway & Stair area

โคมไฟ	Siteco
บัลลาสต์	ECG DALI
หลอด	Osram T8 58W Fluorescent Coolwhite



Platform area

โคมไฟ	Siteco FR200
บัลลาสต์	ECG DALI
หลอด	Osram T8 58W Fluorescent Coolwhite



Station	1x58W (Q'ty)	2x58W (Q'ty)
E10	185	194
E11	189	204
E12	185	204
E13	175	204
E14	188	204
Total	922	1010

ภาคผนวก ค

ผลการตรวจวัดพลังงานและแสงสว่าง



Report testing of LED tube

58W Fluorescent Light						Forth LED Tube T8 23W 1.5m					
 						  					
Measuring Point (PF-NB)	Left side (lux)	center (lux)	Right side (lux)	Index	Before	Measuring Point (PF-NB)	Left side (lux)	center (lux)	Right side (lux)	Index	After
1	89.0	110	103.5	Lighting	Fluorescent Lamp	1	91.7	135.4	121.5	Lighting	LED Tube T8 Lamp
2	111.0	124.5	131.6	Power Consumption(W)	58	2	117.5	148.3	151.8	Power Consumption(W)	23
3	117.7	139.5	135.0	Lighting units	10	3	130.7	165.2	171.3	Lighting units	10
4	119.3	124.7	150.1			4	135.6	168.8	190.6	Illuminance (Avg.)	166.1
5	106.4	131.0	136.9	Illuminance (Avg.)	133.2	5	146.9	188.4	190.9	Power-watt (mea.)	22.10
6	106.9	112.8	123.2			6	148.8	176.9	186.5	Thdi-% (mea.)	9.14
7	118.3	132.3	152.6			7	165.8	191.2	196.2	cos θ (mea.)	0.96
8	140.3	162.2	173.4			8	172.4	205.3	204.2	energy saving (%)	60.34
9	147.5	162.4	164.6			9	165.4	196.2	195.5	<u>Remark:</u> Terminal of tube did not show L-N	
10	139.4	162.3	166.5			10	141.4	194.4	186.7		
Evg.	133.2	E _{max}	173.4			Evg.	166.1	E _{max}	205.3		
E _{min}	89					E _{min}	91.7				

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายณัฐพล จงจิตร
วัน เดือน ปีเกิด	23 กรกฎาคม 2533
ที่อยู่	46/2 หมู่ที่ 6 ตำบลท้ายเหมือง อำเภอย้ายเหมือง จังหวัดพังงา 82120
โทรศัพท์	065-654-6225
อีเมลล์	Nudtapon_za@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	- กำลังศึกษาอยู่ในระดับ ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม (Engineering Management) มหาวิทยาลัยสยาม - สำเร็จการศึกษาระดับ ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยสยาม - สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคพังงา - สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคพังงา
สถานที่ทำงาน	บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด(มหาชน) 1000 ซอยพหลโยธิน 18/1 ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900
ตำแหน่ง	วิศวกรไฟฟ้า