

ภาพพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือนและศักยภาพของการประหยัดพลังงานตาม  
มาตรฐานฉลากประหยัดไฟของประเทศไทย : กรณีศึกษานครเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตย  
ประชาชนลาว



นายวัฒน์ชัย กลีบรัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2557  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HOUSEHOLD ELECTRICITY DEMAND FORECAST AND ENERGY SAVINGS POTENTIAL FOR  
VIENTIANE, LAO PDR

Mr. Wattanachai Kleebrang



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management  
(Interdisciplinary Program)  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2014  
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ภาพพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือนและ  
ศักยภาพของการประหยัดพลังงานตามมาตรฐานฉลาก  
ประหยัดไฟของประเทศไทย : กรณีศึกษานครเวียงจันทน์  
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

โดย

นายวัฒนชัย กลีบรัง

สาขาวิชา

เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรณเดชะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

..... กรรมการ

(ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย)

วัฒนชัย กลีบรัง : ภาพพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าภาคครัวเรือนและศักยภาพของการประหยัดพลังงานตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟของประเทศไทย : กรณีศึกษานครเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (HOUSEHOLD ELECTRICITY DEMAND FORECAST AND ENERGY SAVINGS POTENTIAL FOR VIENTIANE, LAO PDR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนจาก 5 เขต 31 หมู่บ้าน ในแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว โดยการใช้แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ผสมผสานแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) เพื่อทำการพยากรณ์และวิเคราะห์ภาพอนาคตความต้องการของการใช้ไฟฟ้าทั้งภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) และศักยภาพของลดการใช้ไฟฟ้าจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟของประเทศไทย (Efficiency case) ซึ่งกำหนดเป็นการเปลี่ยนการใช้งานของเครื่องปรับอากาศและหลอดไฟฟ้า ภายในกรอบเวลาดั้งแต่ปีค.ศ. 2013 - 2030 โดยโครงสร้างของครัวเรือนนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้า

ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของเวียงจันทน์นั้นได้เพิ่มขึ้นจาก 593 GWh ในปี ค.ศ. 2013 เป็น 964 GWh ในปีค.ศ.2030 หรือคิดเป็นร้อยละ 62.5 ซึ่งในรูปแบบของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency case) จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในปีค.ศ. 2030 ได้ถึง 147 GWh คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.2 โดยแบ่งเป็นการลดการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ 117 GWh คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 12.1 และการลดการใช้ไฟฟ้าจากการใช้หลอดไฟฟ้า 30 GWh คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.1 ซึ่งนอกเหนือจากนั้นแล้วเมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและการเปลี่ยนเป็นการให้แสงสว่างในรูปแบบใหม่อย่างการเปลี่ยนเป็นหลอด LED แล้วจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเพิ่มขึ้นอีกได้ถึง 42 GWh หรือมีการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 5.10 ในปีค.ศ.2030

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน      ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557      ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 5587612320 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: ENERGY / ENERGY MODEL / HOUSEHOLD ELECTRICITY / ENERGY EFFICIENCY

WATTANACHAI KLEEBRANG: HOUSEHOLD ELECTRICITY DEMAND FORECAST AND ENERGY SAVINGS POTENTIAL FOR VIENTIANE, LAO PDR. ADVISOR: WEERIN WANGJIRANIRAN, Ph.D., 95 pp.

This paper uses the survey data on household electricity demand from 5 districts of Vientiane, Lao PDR, for the demand projection up to 2030 using the end-use mode combine with econometric model. The scenario analysis is used to verify the potential for energy saving program by alternating selected appliances to more energy-efficient ones following the labeling standard of Thailand. The demographic structure of electrified households and the energy efficiency of electric appliances are considered as the dominant factors affecting the electricity demand. Under the base-case scenario, the total electricity demand of Vientiane is increased from 593 GWh in 2013 to 964 GWh in 2030. In the energy efficiency scenario, it is revealed that the appliance standard enhancement program can save total electricity demand in 2030 by 147 GWh (-15.2%), where 117 GWh (-12.1%) of which is contributed by switching the air conditioner and 30 GWh (-3.1%) by switching the lighting equipment. In additional, If lighting equipment switching to LED the total electricity demand will able to save more 42 GWh (-5.1%) in 2030.

Field of Study: Energy Technology and  
Management

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยได้รับคำแนะนำ สั่งสอน เสนอแนะ และความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน หากปราศจากบุคคลที่กล่าวถึงดังต่อไปนี้ วิทยานิพนธ์นี้จะไม่สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วีรินทร์ หวังจิรินรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ ให้คำปรึกษา รวมถึงการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มงานวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จจุล่งตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ดร.พงษ์สันต์ บัณฑิตสกุลชัย ที่กรุณาช่วยชี้แนะและช่วยจัดการข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ให้คำปรึกษา รวมถึงการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มทำงานวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง สำหรับกำลังใจในการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ กระตุ้น และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆมากมาย ตลอดจนบุคคลท่านอื่นๆ ที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ให้ความช่วยเหลือ ทั้งทางตรงและทางอ้อม จนโครงการนี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี

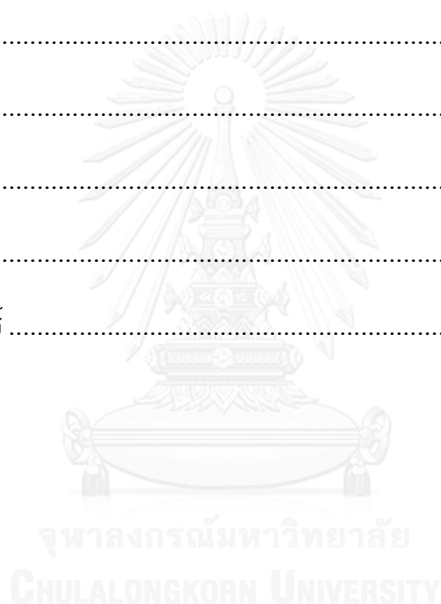
ขอขอบพระคุณอย่างสูง

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม/เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 ลักษณะพฤติกรรมและโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน.....	5
2.3 ประสิทธิภาพการลดการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานในประเทศ ต่างๆ .....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	16
3.1 รูปแบบด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (baseline case)....	16
3.2 รูปแบบการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง(energy efficiency case).....	31
3.3 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์(Changes in Household Characteristics, Socio-Economic and Demographic Structure of Vientiane).....	34

3.4 รูปแบบการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน (Methodology of Household Electricity Demand Forecasting) .....	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	45
4.1 การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)..	46
4.2 การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกรณีของการใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency case).....	54
4.3 การเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มี มาตรฐาน.....	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	75
รายการอ้างอิง .....	78
ภาคผนวก.....	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	95





## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 การกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศที่สำคัญ.....	14
ตารางที่ 2.2 การกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศที่สำคัญ (ต่อ).....	15
ตารางที่ 3.1 เขตและจำนวนหมู่บ้านที่ทำการสำรวจข้อมูล .....	17
ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนและระดับรายได้.....	19
ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การแบ่งระดับรายได้ของครัวเรือน .....	20
ตารางที่ 3.4 ลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง .....	23
ตารางที่ 3.5 ลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง.....	24
ตารางที่ 3.6 สัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าคงที่ในสมการ (9) และ (10) .....	36
ตารางที่ 3.7 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์ ในปีค.ศ. 2013 - 2030 .....	41
ตารางที่ 3.8 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์ ในปีค.ศ. 2013 - 2030 (ต่อ).....	42
ตารางที่ 4.1 ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนโดยรวมในแขวงเวียงจันทน์ในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case).....	49
ตารางที่ 4.2 ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case).....	50
ตารางที่ 4.3 ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case).....	51
ตารางที่ 4.4 เกณฑ์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ .....	55
ตารางที่ 4.5 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีมาตรฐาน.....	61

ตารางที่ 4.6 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมพิจารณาการเปลี่ยนจากฟลูออเรสเซนต์ T12 (40 วัตต์) มาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) และหลอด LED.....	63
ตารางที่ 4.7 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมพิจารณาการเปลี่ยนจากหลอดไส้ 40 วัตต์เป็นหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 และหลอด LED.....	66
ตารางที่ 4.8 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมกรณีการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง.....	69
ตารางที่ 4.9 ศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทย.....	73
ตารางที่ 4.10 ศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทย.....	74



## สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	สถิติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคส่วนของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว .....	1
รูปที่ 2.1	รูปแบบการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน .....	9
รูปที่ 2.2	หลักการการเปลี่ยนแปลงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้า .....	9
รูปที่ 3.1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายได้ในครัวเรือน .....	19
รูปที่ 3.2	โครงสร้างการใช้ไฟฟ้าโดยแบ่งตามชั้นระดับรายได้ .....	27
รูปที่ 3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาวในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง	29
รูปที่ 3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง .....	29
รูปที่ 3.5	สัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ....	33
รูปที่ 3.6	สัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า.....	33
รูปที่ 3.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพีและอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงานในกลุ่มแรงงานที่ทักษะดี.....	38
รูปที่ 3.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพีและอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงานในกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ .....	38
รูปที่ 3.9	รูปแบบการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน .....	44
รูปที่ 4.1	อัตราส่วนครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้.....	46
รูปที่ 4.2	ลักษณะความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง .....	52
รูปที่ 4.3	ลักษณะความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง.....	53
รูปที่ 4.4	ขนาดจำนวนกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของแขวงเวียงจันทน์ .....	57

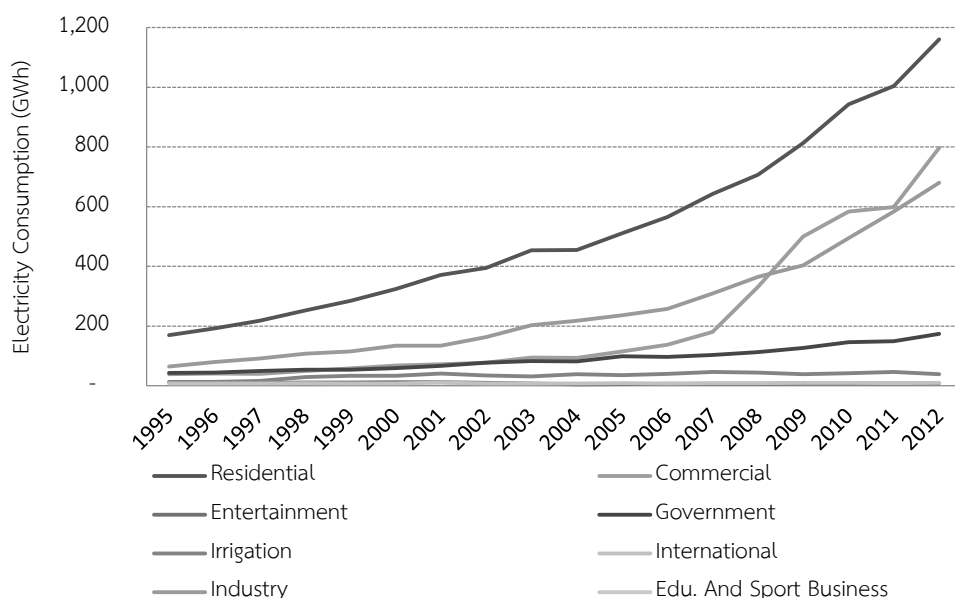
รูปที่ 4.5	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศ .....	59
รูปที่ 4.6	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดฟลูออโรไลต์ T5 28 วัตต์ และหลอด LED .....	64
รูปที่ 4.7	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) และหลอด LED .....	65
รูปที่ 4.8	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าตามมาตรฐานประสิทธิภาพของไทย .....	68
รูปที่ 4.9	เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทยในปี ค.ศ. 2030 .....	71
รูปที่ 4.10	เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในปีค.ศ. 2030 (กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง).....	72
รูปที่ 4.11	เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในปีค.ศ.2030 (กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง).....	72
รูปที่ 5.1	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย.....	77

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกประเทศมุ่งเน้นที่จะพัฒนาควบคู่ไปกับความเจริญของเศรษฐกิจภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่อยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาดังเช่นสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ซึ่ง สปป.ลาวนั้นเคยเป็นประเทศที่ถูกมองจากภายนอกว่ามีความเจริญทางด้านเศรษฐกิจที่ต่ำ จำนวนประชากรน้อยและไม่มีทางเชื่อมต่อทางทะเล แต่ในปัจจุบัน สปป.ลาว มีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชน โดยในปี ค.ศ.2012 นั้น สปป.ลาวได้มีการเติบโตทางผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศมากกว่าร้อยละ 8 ซึ่งเป็นประเทศที่มีการเติบโตทางผลิตภัณฑ์มวลรวมในกลุ่มที่สูง ซึ่งภายในปี ค.ศ. 2020 นั้นรัฐบาลของ สปป.ลาวได้มีการตั้งเป้าการเพิ่มการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนให้ได้ร้อยละ 90 จากครัวเรือนทั้งหมดทั่วประเทศ ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน โดยการใช้ไฟฟ้าในภาคที่ครัวเรือนนั้นเป็นภาคส่วนที่มีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของ สปป.ลาว นับตั้งแต่ ค.ศ 1995 – 2012 ซึ่งในปี ค.ศ.2012 นั้นจากข้อมูลของการไฟฟ้าลาว (Electricité du Laos) พบว่าการใช้ไฟฟ้าในภาค



ที่มา: Electricite Du Laos; EDL, Statistic Year Book 2012

รูปที่ 1.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคส่วนของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ครัวเรือนนั้นมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 40.39 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในประเทศ แสดงให้เห็นจากรูปที่ 1.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภาคส่วนของ สปป.ลาว โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ในสปป.ลาวนั้นยังเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำเพราะขาดการควบคุมทั้งด้านคุณภาพมาตรฐานและประสิทธิภาพซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้ไฟฟ้าอย่างมากเนื่องจากเป็นการใช้ไฟฟ้าอย่างขาดประสิทธิภาพ

ด้วยประการนี้จึงได้เกิดการร่วมมือกันระหว่าง Today Policy Alternative Research Institute (“PARI”, the University of Tokyo) The National University of Laos (NUoL) และสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ERI) จัดทำโครงการความร่วมมือสำรวจความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ขึ้นเพื่อที่จะเป็นแผนแม่บทในการพัฒนาการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มประเทศอาเซียนโดยเน้นหลักที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ซึ่งในงานวิจัยในครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์พยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ในกรอบเวลาดังแต่ปีค.ศ. 2013 - 2030 เนื่องจากแขวงเวียงจันทน์เป็นเมืองหลวงที่มีเขตเมืองที่มีความเจริญสูงสุดใน 18 แขวงของ สปป.ลาวและยังเป็นเมืองที่มีการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนสูงถึงร้อยละ 38 จากการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนทั้งหมดทั่วประเทศ ซึ่งจะสามารถบ่งชี้ถึงผลกระทบของการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนได้ดีที่สุด

ในการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ในงานวิจัยนี้จะใช้การประมาณการข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่มีผลต่อระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าตามระดับขั้นรายได้ในครัวเรือน ทั้งนี้การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนนั้นจะเป็นพื้นฐานสำคัญเพื่อการต่อยอดในการทำวิจัยในด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับ สปป.ลาว ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดนโยบายเพื่ออนุรักษ์พลังงาน การพยากรณ์มลพิษอันเนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้าและการส่งเสริมการส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นการเปิดตลาดของนักลงทุนในประเทศไทยที่สามารถส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานเครื่องใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยไปยัง สปป.ลาวได้ โดยในอนาคตนั้นปัญหาเรื่องราคาพลังงานมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชนและความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพยากรณ์ระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนพร้อมทั้งประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่าง Todai Policy Alternative Research Institute (“PARI”, the University of Tokyo) มหาวิทยาลัยแห่งชาตินิวโอเอช (NUoL) และสถาบันวิจัยพลังงาน (ERI) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์นั้นได้ทำการเก็บรวบรวมจากคณะผู้เก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยแห่งชาตินิวโอเอช (NUoL)
- 1.3.2 พยากรณ์และทำการวิเคราะห์ภาพอนาคต (Scenario Analysis) เกี่ยวกับลักษณะและความต้องการการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ภายในกรอบเวลาปีค.ศ. 2013 – 2030
- 1.3.3 ประเมินศักยภาพการประหยัดไฟฟ้าในการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงภายใต้มาตรฐานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนได้แก่ เครื่องปรับอากาศและหลอดไฟฟ้าภายในกรอบเวลาปี ค.ศ. 2013 – 2030

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1.4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากกลุ่มประชากรตัวอย่างภายใต้โครงการความร่วมมือสำรวจความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ซึ่งแบบสำรวจนั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อครอบคลุมเนื้อหาของการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามรายละเอียดต่างๆ
- 1.4.2 พยากรณ์และทำการวิเคราะห์ภาพอนาคต (Scenario Analysis) เกี่ยวกับลักษณะและความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) ภายในกรอบเวลาปีค.ศ. 2013 – 2030
- 1.4.3 ประเมินศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าในการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงภายใต้มาตรฐานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของ

เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนได้แก่ เครื่องปรับอากาศและหลอดไฟฟ้าภายในกรอบเวลาปี ค.ศ. 2013 – 2030

- 1.4.4 วิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานพร้อมทั้งสรุปผลการศึกษาและเผยแพร่ผลการศึกษา

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ภาพเหตุการณ์จำลองการใช้ไฟฟ้าในอนาคตในรูปแบบต่างๆที่ได้จากการศึกษาจะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดการณ์และกำหนดทิศทางการพัฒนาด้านพลังงานในระยะยาว ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆได้อย่างเป็นระบบและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต
- 1.5.2 ภาพเหตุการณ์จำลองการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานนั้นจะเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมเพิ่มความตระหนักและยังสามารถเป็นแนวทางการพัฒนาด้านประสิทธิภาพมาตรฐานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในสปป.ลาว และประเทศอื่นๆที่ยังไม่ได้เริ่มในการพัฒนาด้านประสิทธิภาพและมาตรฐานของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้
- 1.5.3 เป็นการประเมินและส่งเสริมการลงทุนของนักลงทุนในประเทศไทยที่สามารถส่งออกสินค้าตามมาตรฐานเครื่องใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยไปยังสปป. ลาว และยังเป็นข้อมูลที่สามารถทำงานวิจัยต่อยอดในการพัฒนาศักยภาพการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของ สปป. ลาวได้



## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม/เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมศึกษางานวิจัยต่างๆที่ผ่านมาโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ลักษณะพฤติกรรมและโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน ส่วนที่ 2 วิธีการออกแบบแบบจำลองการใช้ไฟฟ้าและเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน ส่วนที่ 3 ประสิทธิภาพการลดการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานในประเทศต่างๆ ซึ่งจากงานวิจัยต่างๆที่ผ่านมาได้สรุปไว้ในส่วนที่ 4 เพื่อเป็นวิธีการที่นำมาใช้งานในงานวิจัยครั้งนี้

#### 2.1 ลักษณะพฤติกรรมและโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน

การเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนามาตรฐานการครองชีพได้ทำให้เกิดความต้องการในการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในด้านการวางแผนทางด้านพลังงานและการลงทุน เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นที่จะไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนด้านไฟฟ้า โดยในสาธารณรัฐประชาชนจีน Falong Yan, (1995) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของลักษณะการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของจีน นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ที่เริ่มมีการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจและการเปิดกว้างสู่โลกภายนอกของจีน ซึ่งส่งผลทำให้รายได้ต่อครัวเรือนในเขตเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจากปกติแล้วในการดำรงชีวิตของประชากรนั้นมีความต้องการเพียงแค่ด้านอาหารและเสื้อผ้าซึ่งก็เพียงพอต่อความต้องการแล้วแต่จากการที่พวกเขาได้เพิ่มขึ้นนั้นทำให้มีความต้องการของการที่จะปรับปรุงมาตรฐานการดำรงชีวิตเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายยิ่งขึ้น ทำให้เกิดความต้องการของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในประเภทต่างๆ โดยช่วงแรกนั้นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นิยมใช้หลักๆเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานจำพวกเครื่องเสียงประเภทเทป เครื่องโทรทัศน์จอขาวดำ แต่หลังจากนั้นก็ได้มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใหม่ที่พัฒนาเพิ่มขึ้นมาเช่นเครื่องโทรทัศน์แบบจอสี เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศและตู้เย็น ซึ่งนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 นั้นได้มีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของรายได้ของครัวเรือนและในเวลาเดียวกันก็ทำให้เกิดความแตกต่างของรายได้เพิ่มมากขึ้น โดยในครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นได้มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นเช่นการใช้เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความอุ่น ด้วยเหตุนี้ทำให้ในปี ค.ศ. 1993 ครัวเรือนในเขตเมืองของจีนนั้นมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าประมาณร้อยละ 57.14 ของการใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนทั้งหมด แม้ว่าประชากรภายในเขตเมืองนั้นจะมีเพียงแค่อ้อยละ 28.14 ของประชากรทั้งหมดก็ตาม

E. Raphael Branch, (1993) ได้กล่าวว่าความต้องการของการใช้ไฟฟ้าหลักในครัวเรือนนั้น เกิดจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทในการทำความร้อน การทำความเย็น และการทำอาหาร ซึ่ง พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า และจำนวนของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงขนาดความ ต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนได้เป็นอย่างดี โดยพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตาม ลักษณะของชั้นรายได้ โครงสร้างของครัวเรือน จำนวนประชากร ราคาค่าไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลง ของลักษณะภูมิอากาศ

Joseph C. Lam, (1998) กล่าวว่านอกเหนือจากอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศแล้วการ เปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเศรษฐกิจและประชากรยังส่งผลกระทบต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้า ในภาคครัวเรือนอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยายตัวของเขตเมืองการเพิ่มขึ้นของรายได้ของ ประชากร ซึ่งจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาในการดำรงชีวิตนั้นเป็นส่วนสำคัญของการ เพิ่มขึ้นของการใช้ไฟฟ้าในฮ่องกงในระหว่างปี ค.ศ. 1971 - 1993 โดยมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 633 จากปี ค.ศ. 1971 ที่มีความต้องการการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 1,056 GWh เพิ่มขึ้นเป็น 6,692 GWh ในปี ค.ศ. 1993 ซึ่งเป็นช่วงที่ฮ่องกงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสูงทางด้านลักษณะเศรษฐกิจสังคมและ ประชากร

Debbie Hollen (2001) ได้กล่าวว่าจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนในเมืองนั้นๆคือ ตัวชี้วัดในวงกว้างของศักยภาพการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและความต้องการของการใช้ไฟฟ้า สำหรับจำนวนประชากรนั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงขนาดของแรงงาน และจำนวนโดยรวมของครัวเรือนเป็นตัว ชี้หลักของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

Halvorsen และ Larsen (2001) ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญในการอธิบายการเติบโตของ ความต้องการในการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของชาวนอร์เวย์ในช่วงปี ค.ศ. 1976 - 1993 โดย ดำเนินการวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติหลายประการเพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าใน ภาคครัวเรือน ผลการศึกษาพบว่าเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนนั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนครัวเรือนซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าใน ครัวเรือน พวกเขาชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงราคาค่าไฟฟ้ามีผลอย่างมากต่อระดับการใช้ไฟฟ้า และการเพิ่มภาษีค่าไฟฟ้าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

Nou Sovanndara, (2003) ศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในประเทศกัมพูชา โดย ในประเทศกัมพูชานั้นมีการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนสูงถึงร้อยละ 54 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดทั่ว ประเทศ ซึ่งในกรุงเทพมหานครมีรายได้สูงนั้นมีการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 401 kWh/HH/Month หรือร้อยละ 71 ของครัวเรือนทั้งหมดในกรุงเทพมหานคร รองลงมาคือครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้ระดับ ปานกลางมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้า 125 kWh/HH/Month หรือร้อยละ 22 ของครัวเรือน ทั้งหมดในกรุงเทพมหานคร และสุดท้ายคือกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้น้อยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้า

42 kWh/HH/Month หรือร้อยละ 7 ของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ถึงความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในแต่ละระดับชั้นรายได้ของประเทศที่กำลังพัฒนาในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

## 2.2 วิธีการออกแบบแบบจำลองการใช้ไฟฟ้าและเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน

การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้านั้นเป็นการดำเนินการที่มีความซับซ้อน โดยในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาหลักการเฉพาะเจาะจงที่จะทำให้การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้ามีความแม่นยำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพยากรณ์ของการใช้ไฟฟ้าในช่วงกรอบระยะเวลาที่ยาวนาน ในงานการพยากรณ์นั้นจะมีความยากขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ต่างๆในประเทศนั้นๆซึ่งเป็นเรื่องที่ยากที่จะคาดเดา Tripathy, (1997)

Bajay (1983) จำแนกเทคนิคการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆคือ 1) วิธีการอนุมาน (extrapolation) 2) วิธีการทำสหสัมพันธ์ (correlation) หรือ เศรษฐมิติ (econometric) 3) วิธีการสอบถามโดยตรง (direct inquiry) หรือการใช้ข้อมูลขั้นสุดท้าย (end-use) และ 4) การผสมผสานวิธีต่างๆเหล่านี้ (hybrid) โดย Gelling et al., (1991) สรุปว่า ระหว่างการเลือกรูปแบบการผสมผสานหรือรูปแบบแยกวิธีเดี่ยวนั้นไม่มีรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่มีความสมบูรณ์แบบ แต่ควรเลือกรูปแบบของวัตถุประสงค์เช่นถ้ามีวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์ในระยะสั้นพร้อมทั้งมีวิธีการดำเนินงานอย่างง่ายและต้องการอธิบายในแง่ของความไว (sensitivity analysis) เช่น ความยืดหยุ่นของราคา จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวแล้วแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ก็อาจมีความเหมาะสมมากกว่ารูปแบบอื่น แต่ถ้าต้องการออกแบบเพื่อเป็นแผนพัฒนาด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นการประเมินเกี่ยวกับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (demand side management:DSM) ก็ควรใช้รูปแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ซึ่งมีรายละเอียดของการทำงานจริง โดยในความเป็นจริงปัจจุบันรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการผสมผสาน (hybrid) ระหว่างรูปแบบทางเศรษฐมิติ (econometric models) และรูปแบบการใช้งานปลายทาง (end-use model) ซึ่งใช้การวิเคราะห์เศรษฐมิติแยกย่อย (disaggregate econometric) เป็นส่วนเพื่อพัฒนาองค์ประกอบการพยากรณ์ของรูปแบบการใช้งานปลายทาง (end-use model) ซึ่งเป็นอีกความพยายามหนึ่งที่จะนำเสนอรูปแบบพฤติกรรมของผู้บริโภคให้ดีขึ้นในแนวทางเชิงวิศวกรรม (engineering-based approach)

Swisher et al. (1997) อ้างว่ารูปแบบการพยากรณ์แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) เข้าถึงรายละเอียดมากกว่ารูปแบบเศรษฐมิติ (econometric models) ถึงแม้จะเป็นการวิเคราะห์ที่มีการคำนวณที่ค่อนข้างง่าย โดยการวิเคราะห์แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model)

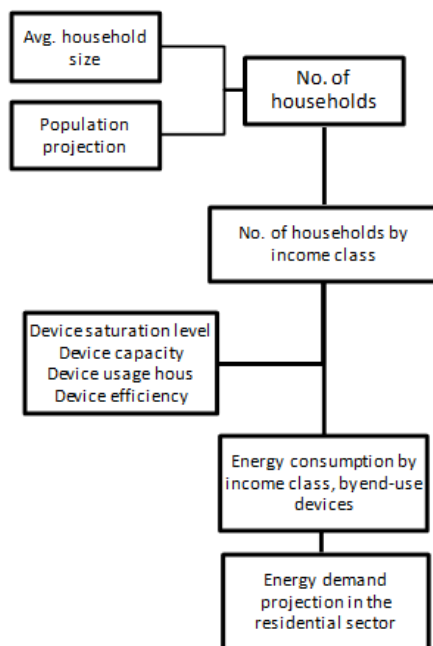
นั้นมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการทำการวิเคราะห์สถานการณ์การใช้พลังงานในด้านการวิเคราะห์ภาพจำลองการใช้พลังงานแบบมีประสิทธิภาพ (energy-efficiency scenario analysis) เนื่องจากเป็นแนวทางที่สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในด้านเทคโนโลยีและระดับการเข้าถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน (residential sector) คำนวณได้จากการคูณกันของจำนวนครัวเรือนทั้งหมด จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานโดยเฉลี่ย และขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆโดยเฉลี่ย โดยความต้องการไฟฟ้าในภาคครัวเรือนนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามระดับชั้นรายได้ ดังนั้นจึงอาจแบ่งลักษณะแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ไปตามระดับชั้นรายได้ตามที่เหมาะสม

Jerason Santisirisomboon (2001) ได้นำเสนอรายละเอียดของแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) เพื่อพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนของประเทศไทย โดยแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) นั้นได้รวมลักษณะทางเศรษฐกิจสังคมและรูปแบบลักษณะของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนแบ่งออกตามชั้นระดับรายได้จำนวน 6 กลุ่ม และความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนของแต่ละกลุ่มรายได้นั้น ได้ถูกพยากรณ์จากจำนวนของครัวเรือนใน

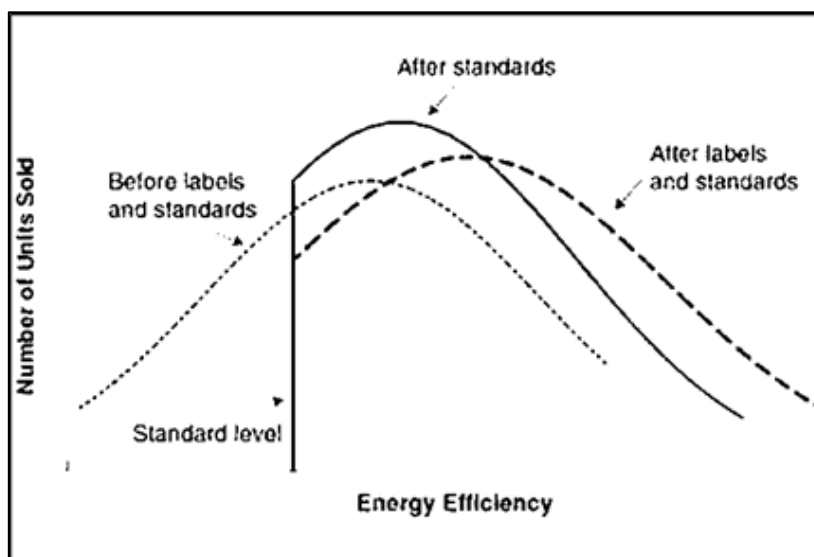
แต่ละระดับชั้นรายได้ คูณด้วยจำนวนเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้า ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยและระยะเวลาการใช้โดยเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มรายได้

Mustonen S.M. (2007) ได้ทำการวิเคราะห์ภาพอนาคตการใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟในหมู่บ้านที่เริ่มมีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีผู้นำหมู่บ้านเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการเรียกประชุมครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้แล้วจำนวน 30 ครัวเรือนจากจำนวนครัวเรือนทั้งหมดในหมู่บ้าน 95 ครัวเรือน เพื่อทำการสอบถามจากถึงลักษณะการใช้ไฟฟ้า แล้วทำการฉายภาพอนาคตไปจนถึงปี ค.ศ. 2030 ซึ่งพบว่าเมื่อมีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าตามเป้าหมาย 80% ของครัวเรือนทั้งหมดแล้วจะมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 5.2%

Pimporn Chaosuangoen (2008) เสนอภาพพยากรณ์ของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของประเทศไทยจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงจากแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) โดยได้กำหนดลักษณะของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใหม่ (penetration rates) เป็นแบบเส้นตรงแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลาและทำการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) จากการเพิ่มจำนวนครัวเรือนตามโครงสร้างของรายได้และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน



ที่มา: CLASP (Collaborative Labeling and Appliance Standards Program)

รูปที่ 2.2 หลักการการเปลี่ยนแปลงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้า

## 2.3 ประสิทธิภาพการลดการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานในประเทศ ต่างๆ

การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเป็นวิธีการที่ลดการใช้ไฟฟ้าได้ดีที่สุดวิธีหนึ่งซึ่งเป็นที่ยอมรับมาแล้วมากกว่า 60 ประเทศทั่วโลกนับตั้งแต่ปีค.ศ. 1970 Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert and Stephane,(2008) โดยการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทย่อมจะสามารถลดจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำที่ขายตามท้องตลาดได้ซึ่งจะทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทย่อมมีประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่านระดับเกณฑ์มาตรฐานนั้นยังสามารถแบ่งชั้นการประหยัดไฟฟ้าตามประสิทธิภาพได้อีกด้วย โดยหลักการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นตานั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ผลิตออกมาได้ทั้งในรูปแบบที่บริโภคพลังงานโดยตรงและทางอ้อม ศักยภาพในการประหยัดไฟฟ้านั้นจะเกิดประโยชน์อย่างมากเมื่อมีการประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องใช้พลังงานสูงในการทำงานของเครื่องซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการประยุกต์ใช้และเห็นผลอย่างสูงคือ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น และหลอดไฟฟ้า โดยประเทศแรกที่มีการบังคับให้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำได้ถูกเข้าใจกันอย่างแพร่หลายว่ามีการเริ่มในประเทศโปแลนด์นับตั้งแต่ปีค.ศ.1962 โดยได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำในเครื่องใช้ไฟฟ้าในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งต่อมารัฐบาลฝรั่งเศสก็ได้เริ่มมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน โดยได้เริ่มต้นจากการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของตู้เย็นในปีค.ศ.1966 และตู้แช่แข็งในปีค.ศ.1978 ซึ่งได้เป็นต้นแบบของการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้ามาจนถึงปัจจุบัน เช่นเดียวกันรัฐบาลของประเทศในแถบยุโรปอื่นๆและประเทศรัสเซีย ก็ได้นำเอากฎหมายการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้ามาใช้ตลอดช่วงทศวรรษที่ 1960 และทศวรรษที่ 1970 โดยในช่วงต้นๆนั้นได้มีกฎหมายหลายฉบับที่ออกมาแต่ไม่ค่อยมีความเข้มงวดนักจึงทำให้การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ค่อยได้ผลและมีอิทธิพลต่อการประหยัดพลังงานในเครื่องใช้ไฟฟ้าน้อยมาก ซึ่งกฎหมายเหล่านั้นก็ได้ถูกยกเลิกไปในช่วงทศวรรษที่ 1970 และหลังจากนั้นในช่วงทศวรรษที่ 1980 ภายใต้งบร่างต้นในเงื่อนไขการค้าของยุโรปสอดคล้องกับการประกาศบังคับใช้ที่ให้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำในประเทศสหรัฐอเมริกา โนมลรัฐแคลิฟอร์เนียในปีค.ศ.1976 ทำให้แต่ละประเทศมีการเริ่มประกาศใช้อย่างจริงจัง ซึ่งภายในช่วงต้นปี ค.ศ.2000 รัฐบาลกว่า 43 ประเทศทั่วโลก รวมถึง 15 ประเทศต้นแบบในสหภาพยุโรปได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นต่ำในแต่ละอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยมีการกำหนดให้มีการติดป้ายฉลากประสิทธิภาพควบคู่ไปกับการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นต่ำในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

ซึ่งในปี ค.ศ. 1976 ประเทศฝรั่งเศสได้ประกาศบังคับใช้ให้มีการติดป้ายฉลากประสิทธิภาพในเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทที่เป็นเครื่องทำความร้อนเย็นและเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทการให้ความบันเทิง เช่นหม้อน้ำ เครื่องทำน้ำอุ่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ เต้าไฟฟ้า และเครื่องล้างจาน ซึ่งหลังจากนั้นประเทศญี่ปุ่น แคนาดา และสหรัฐอเมริกา ก็ได้ดำเนินการตามโดยครอบคลุมเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้โดยมีการพัฒนาในการใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ อีกด้วย

เมื่อไม่นานมานี้มีหลายประเทศที่ได้ประกาศเริ่มใช้การกำหนดการติดป้ายฉลากประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจากการสมัครใจ ซึ่งหนึ่งในโครงการที่ครอบคลุมเครื่องใช้ไฟฟ้ามากที่สุดและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายคือโครงการเอเนอร์จีสตาร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. ENERGY STAR program) โดยการติดป้ายฉลากประสิทธิภาพที่รับรองจากเอเนอร์จีสตาร์นี้ได้ถูกประกาศใช้ในปีค.ศ. 1992 และได้รับการพัฒนาเพื่อเป็นการระบุป้ายฉลากประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้ามากกว่า 40 ประเภท รวมไปถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทในการให้แสงสว่างอีกด้วย ซึ่งในขณะเดียวกันประเทศอื่นๆอีกหลายประเทศรวมถึงประเทศออสเตรเลีย แคนาดา จีน บราซิล และอังกฤษ ก็ได้นำโครงการนี้ไปเป็นต้นแบบการดำเนินการเพื่อเป็นโครงการในประเทศอีกด้วย โดยในตารางที่ 2.1 แสดงประเทศและประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการประกาศกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำคัญ ซึ่งหลังจากการใช้อย่างจริงจังแล้วก็ได้มีผลการวิจัยออกมาอย่างแพร่หลายในหลายๆประเทศที่เห็นถึงผลกระทบในด้านการลดการใช้ไฟฟ้าดังเช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา Greening, L., A. Sanstad, J. McMahon, T. Wenzel, and S. Pickle (1996) ได้สำรวจว่าหลังจากการเริ่มต้นการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพและฉลากประหยัดไฟฟ้าแล้วโครงการนี้ได้เพิ่มระดับประสิทธิภาพของการใช้ไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งเห็นผลได้อย่างชัดเจนหลังจากการประกาศการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพและฉลากประหยัดไฟฟ้าของตู้เย็น โดยราคาของตู้เย็นที่มีมาตรฐานและประสิทธิภาพดีนั้นไม่ได้สูงขึ้นมากอย่างที่หน่วยงานที่กำกับดูแลได้คาดการณ์ไว้ ซึ่งการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของตู้เย็นที่มีมาตรฐานนั้นจะประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่าตู้เย็นแบบเดิมที่ยังไม่มีการตรวจด้านเกณฑ์มาตรฐานถึงร้อยละ 75 นับตั้งแต่การประกาศใช้เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพและฉลากประหยัดไฟฟ้าได้ 30 ปี

Lee Sun-Keun (2001) แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างสูงของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานในปี ค.ศ. 1990 ของประเทศเกาหลีใต้ เนื่องจากประเทศเกาหลีใต้ได้มีทั้งการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐาน (mandatory programs) และทั้งการสมัครใจของผู้ผลิตเองที่ต้องการให้สินค้ามีมาตรฐาน (voluntary programs) ในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งสามารถเห็นได้อย่างเป็นรูปธรรมเมื่อพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าในโครงการได้เพิ่มขึ้นตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ โดยประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของตู้เย็นได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 42 และประสิทธิภาพ

ของเครื่องปรับอากาศได้เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 54 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพก่อนหน้านี้ที่ยังไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ

Nou Sovanndara (2003) ได้ศึกษาศักยภาพของการประหยัดไฟฟ้าในประเทศกัมพูชาเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของไทย โดยได้ทำการเปรียบเทียบในเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทตู้เย็นและหลอดไฟฟ้า ซึ่งได้ประเมินว่าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นจะสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละระดับรายได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 4.09 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

David Fridley, Nathaniel Aden, Nan Zhou and Jiang Lin (2007) ได้ทำการศึกษาผลกระทบหลังจากที่ได้เริ่มมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าในสาธารณรัฐประชาชนจีนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าหลักที่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ โดยจากผลของการศึกษาพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานโดยรวมได้ถึง 1143 TWh ในปี ค.ศ. 2020 หรือคิดเป็นร้อยละ 9 ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

## 2.4 สรุปการทบทวนงานวิจัย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นอิทธิพลอย่างสูงจากการเพิ่มขึ้นของครัวเรือนซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเปลี่ยนแปลงขนาดของครัวเรือน โดยในการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจนั้นจะเป็นผลทำให้โครงสร้างของระดับรายได้ต่อครัวเรือนเปลี่ยนไป ซึ่งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงและการเพิ่มขึ้นของรายได้ต่อหัวนั้นเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักในการเพิ่มกำลังการซื้อและความสามารถในการจับจ่ายของประชาชนในการซื้อสินค้าได้มากขึ้นและเป็นสินค้าที่มีราคาแพงขึ้น โดยโครงสร้างด้านประชากรของครัวเรือนตามระดับรายได้ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตามภาวะเศรษฐกิจที่เติบโต ซึ่งจากลักษณะโครงสร้างการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนแล้ว ครัวเรือนที่มีรายได้สูงจะใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกสบายมากกว่าเช่นการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้ความเย็นจะมีการใช้การใช้เครื่องปรับอากาศในจำนวนมากแทนที่พัดลมในกลุ่มผู้มีรายได้สูง และจะมีการใช้พัดลมในจำนวนมากในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้น้อย ซึ่งส่งผลทำให้มีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับรายได้ของครัวเรือน โดยรูปแบบในการทำการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับบริบทของวัตถุประสงค์ที่จะทำการพยากรณ์

ในงานศึกษานี้ได้ใช้รูปแบบผสมผสาน (hybrid model) ระหว่างการใช้แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ผสมผสานแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของประชากรที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ



และความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน จากข้อมูลการสำรวจพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว โดยกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้าคือการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างของครัวเรือน โครงสร้างทางเศรษฐกิจระดับรายได้ของครัวเรือน และโครงสร้างลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ส่วนราคาค่าไฟฟ้าการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง และการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศนั้นได้อยู่นอกเหนือขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้



ตารางที่ 2.1 การกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศที่สำคัญ

Year of First Label or Standard	1966	1976		1979	1981	1984	1986	1987	1989
Product	France	U.S.	Germany	Japan	Taipei China	Brazil	Australia	India	Malaysia
Refrigerators	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub> ,L <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>
Freezers	S <sub>m</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>
Dishwashers	L <sub>m</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>		
Microwave Ovens			L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>			
Rice Cookers					S <sub>m</sub>				
Solar Water Heaters				L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	S <sub>v</sub>		
Showerheads						L <sub>v</sub>			
Room Air Cleaners		L <sub>v</sub>							
Chillers					S <sub>m</sub>		S <sub>v</sub>		
Fans		L <sub>v</sub>			L <sub>v</sub> ,S <sub>m</sub>				
Heat Pumps		L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>		S <sub>v</sub>			L <sub>m</sub>		
Ballasts		L <sub>m</sub> ,S <sub>v</sub>		S <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>		S <sub>m</sub>
Lamps		L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub> ,S <sub>m</sub> <sup>1</sup>	L <sub>v</sub>	
Televisions	L <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	
DVDs		L <sub>v</sub>		S <sub>v</sub>			L <sub>v</sub>		
Computers		L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>		
Monitors		L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		
Copiers		L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub> ,S <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>		
Printers		L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>		

ที่มา : Collaborative Labeling and Appliance Standards Program

สัญลักษณ์ : L<sub>v</sub> = voluntary labels; L<sub>m</sub> = mandatory labels; S<sub>v</sub> = voluntary standards; S<sub>m</sub> = mandatory standards.

ตารางที่ 2.2 การกำหนดมาตรฐานและประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศที่สำคัญ(ต่อ)

Year of First Label or Standard	1990	1993		1994	1995	1999	2003
Product	Korea	Singapore	Philippines	Thailand	Hong Kong	Indonesia	Sri Lanka
Refrigerators	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>m</sub>	L <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	
Freezers	S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>m</sub>				
Dishwashers	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>						
Microwave Ovens	L <sub>v</sub>						
Rice Cookers	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>			L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		
Solar Water Heaters							
Showerheads							
Room Air Cleaners							
Chillers							
Fans							
Heat Pumps							
Ballasts	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>			L <sub>v</sub>
Lamps	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>m</sub> ,S <sub>m</sub> ,L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>
Televisions	L <sub>v</sub>				L <sub>v</sub>		
DVDs							
Computers	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>			
Monitors	L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		
Copiers	L <sub>v</sub>			L <sub>v</sub>	L <sub>v</sub>		
Printers	L <sub>v</sub>				L <sub>v</sub>		

ที่มา : Collaborative Labeling and Appliance Standards Program

สัญลักษณ์ : L<sub>v</sub> = voluntary labels; L<sub>m</sub> = mandatory labels; S<sub>v</sub> = voluntary standards;  
S<sub>m</sub> = mandatory standards.

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มีเป้าหมายเพื่อทำการพยากรณ์และวิเคราะห์ผลกระทบด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์สปป.ลาว ภายในกรอบเวลาดังตั้งปี ค.ศ. 2013 ถึงปี ค.ศ. 2030 โดยใช้วิธีการพยากรณ์จากรูปแบบผสมผสาน (hybrid model) ระหว่างการใช้แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ผสมผสานแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ในการวิเคราะห์ ซึ่งทำการประมาณข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนโดยแบ่งตามระดับชั้นของรายได้

ซึ่งในการทำการพยากรณ์นั้นสามารถจำแนกรูปแบบออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) รูปแบบด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (baseline case) 2) รูปแบบการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) และ 3) รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์

#### 3.1 รูปแบบด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (baseline case)

##### 3.1.1 วิธีการเก็บข้อมูลในโครงการสำรวจความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์

ในการสำรวจการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในแขวงเวียงจันทน์ภายใน 5 เขตประกอบด้วยจำนวนหมู่บ้าน 31 หมู่บ้าน 606 ครัวเรือน โดยในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างนั้นมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ที่ร้อยละ 5 ซึ่งรายชื่อเขตและหมู่บ้านได้แสดงในตารางที่ 3.1 โดยได้ทำการสุ่มเลือกครัวเรือนที่จะทำการสำรวจจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าที่ออกให้จากการไฟฟ้าลาว (Electricité du Laos) ซึ่งจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้านั้นสามารถแยกประเภทของครัวเรือนได้โดยคร่าวๆจากขนาดของมิเตอร์ไฟฟ้าที่แสดงในใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้า โดยการใช้สมมุติฐานที่ว่าครัวเรือนที่ใช้หม้อแปลงขนาด 1 เฟตนั้นเป็นครัวเรือนที่มีขนาดเล็กมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่น้อย และครัวเรือนที่ใช้หม้อแปลงขนาด 3 เฟตเป็นครัวเรือนที่มีขนาดใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าที่สูง

ซึ่งเก็บข้อมูลจากการสอบถามและกรอกแบบสอบถามจากเจ้าของบ้านโดยตรงเกี่ยวกับลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละครัวเรือน เพื่อนำข้อมูลมาศึกษาวิเคราะห์และพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของแขวงเวียงจันทน์ โดยข้อมูลดิบถูกเก็บรวบรวมจาก

ตารางที่ 3.1 เขตและจำนวนหมู่บ้านที่ทำการสำรวจข้อมูล

Surveyed districts				
Sikhottabong	Chanhthaboury	Sisattanak	Saysettha	Hadsayfong
Kaoliew (21)	Hongzeng (26)	Saysathan (23)	Naxay (11)	Nonghai (20)
Nonhsavang (22)	Thongsangnang (23)	Kokninh (21)	Phonhthanh (17)	Salakham (21)
Akad (22)	Hongkaikeo (25)	Jomejaeng (21)	Nonhwai (11)	Somvang (10)
Wattaiyaitha (21)	Phontongsavad (23)	Phonhpapao (10)	Saphangmor (20)	Bor-O (21)
Sikhaythong (21)	Chomemany (20)	Vatnak (20)	Phonhsaad (21)	Hadaykhao (21)
	Phonhsavaang (13)	Sokpaluang (21)	Viengjalern (17)	Thana (21)
		Phonhsinuane (11)	Khamsavaad (21)	

คณะเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว (National University of Laos; NUoL)

โดยแบบสำรวจนั้นได้ถูกออกแบบมาครอบคลุมเนื้อหาการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าตามรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) รายละเอียดโดยทั่วไปของครอบครัว ประกอบไปด้วย อาชีพ และรายได้
- 2) ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนซึ่งสามารถใช้ข้อมูลได้จากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว
- 3) จำนวน ระยะเวลาการใช้งาน และขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด
- 4) พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและทัศนคติต่อการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง

โดยในการเก็บรวบรวมการใช้ไฟฟ้านั้นได้มีการแบ่งประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 6 กลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานดังต่อไปนี้

1) เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้ความบันเทิง (Entertainment) ประกอบไปด้วย โทรทัศน์ (TV set) เครื่องเล่นซีดีและดีวีดี (CD/DVD player) และอุปกรณ์เครื่องเสียง (Sound systems)

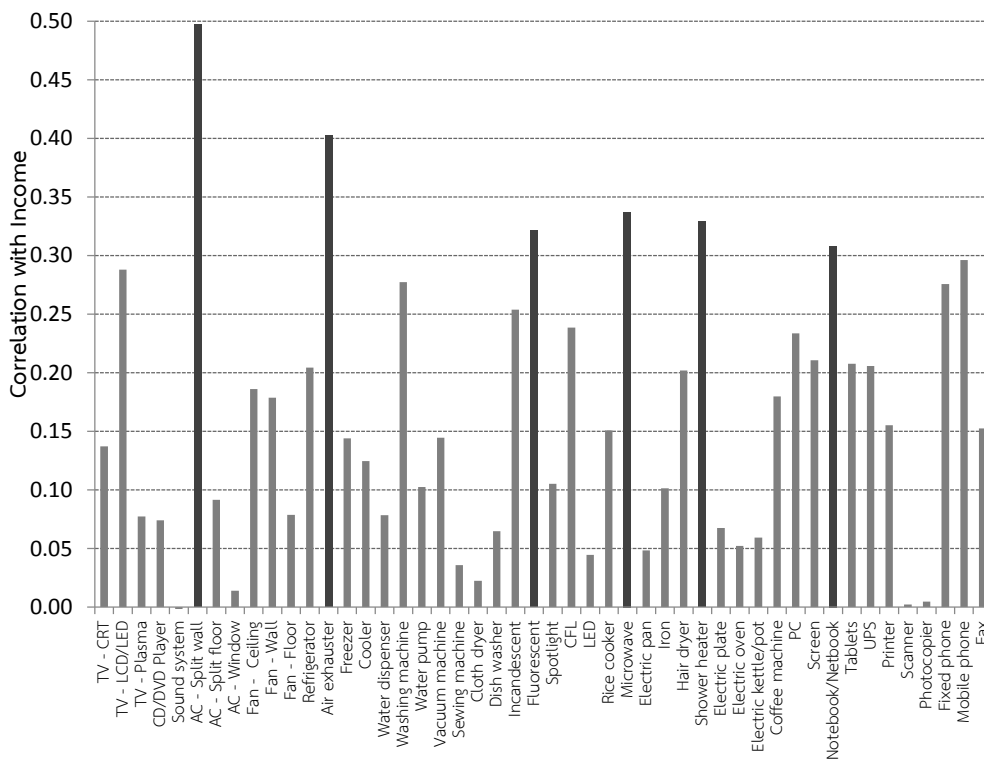
2) เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้ความเย็น (Cooling) ประกอบไปด้วย เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) พัดลม (Fan) และพัดลมระบายอากาศ (Air exhauster)

3) เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเกี่ยวกับการทำอาหาร (Cooking) ประกอบไปด้วย ตู้เย็น (Refrigerators) ตู้แช่แข็ง (Freezer) เครื่องทำน้ำเย็น (Cooler) เครื่องกวดน้ำดื่ม (Water dispenser) หม้อหุงข้าว (Rice cooker) ไมโครเวฟ (Microwave) กระทะไฟฟ้า (Electric pan) แผ่นทำความร้อน (Electric plate) เตาอบไฟฟ้า (Electric oven) หม้อต้มน้ำไฟฟ้า (Electric kettle/pot) และเครื่องทำกาแฟ (Coffee machine)

4) หลอดไฟฟ้า (Lighting) ประกอบไปด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamps) หลอดไส้ (Incandescent bulbs) หลอดสปอ์ไลท์ (Spotlight) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact fluorescent lamps) และหลอดแอลอีดี (Light-Emitting Diode; LED)

5) เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใช้ทำความสะอาด (Cleaning) ประกอบไปด้วย เครื่องซักผ้า (Washing machine) เครื่องปั้มน้ำ (Water pump) เครื่องดูดฝุ่น (vacuum machine) จักรเย็บผ้า (Sewing machine) เครื่องปั่นแห้ง (Cloth dryer) เครื่องล้างจาน (Dish washer) เตารีด (Iron) เครื่องเป่าผม (Hair dryer) และเครื่องทำน้ำอุ่น (Shower heater)

6) เครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน (Office appliances) ประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์ (PC) หน้าจอคอมพิวเตอร์ (PC screen) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Notebook/Netbook) แทปเล็ต (Tablets) เครื่องแสกน (Scanner) เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) ปริ้นเตอร์ (Printer) เครื่องคัดลอกรูปภาพ (Photocopier) โทรศัพท์สำนักงาน (Fixed telephone) และ โทรศัพท์มือถือ (Mobile phone)



รูปที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า และรายได้ในครัวเรือน



ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนและระดับรายได้

Appliance	Monthly cash income (1000 LAK)										Correlation
	< 2,000	2,001 - 4,000	4,001- 6,000	6,001- 8,000	8,001- 10,000	10,001- 12,000	12,001- 14,000	14,001- 16,000	16,001- 18,000	> 18,000	
AC - Split wall	0.20	0.64	1.20	1.90	2.41	3.45	2.71	1.33	3.50	3.13	<b>0.79</b>
Air exhauster	0.58	1.47	2.09	2.60	2.97	3.09	2.86	3.33	10.00	5.31	<b>0.77</b>
Fluorescent	6.42	9.43	11.20	13.76	12.10	13.45	12.14	9.00	31.00	17.44	<b>0.63</b>
Microwave	0.04	0.15	0.26	0.48	1.03	0.64	0.71	0.33	0.50	0.63	<b>0.52</b>
Shower heater	0.14	0.35	0.51	0.91	0.83	0.82	1.57	1.33	1.00	1.13	<b>0.82</b>
Notebook	0.23	0.44	0.53	1.02	1.00	0.73	1.14	1.33	1.00	1.38	<b>0.88</b>

### 3.1.2 พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์

เพื่อทำการพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายได้ของครัวเรือน จึงได้ทำการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายได้ในครัวเรือนซึ่งแสดงผลในรูปแบบที่ 3.1 โดยผลลัพธ์ที่ได้พบว่ามีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในระดับเกณฑ์ที่ดี (Correlation Coefficient > 0.3) ได้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) พัดลมระบายอากาศ (Air exhauster) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamps) ไมโครเวฟ (Microwave) เครื่องทำน้ำอุ่น (Shower heater) และคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Notebook/Netbook) และเพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพัทธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนและระดับรายได้ในกลุ่มของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในระดับเกณฑ์ที่ดี ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงได้พิจารณานำข้อมูลของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดนั้นมาพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและรายได้ต่อครัวเรือนอีกครั้ง โดยนำจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในแต่ละระดับรายได้นำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เทียบกับระดับรายได้ของครัวเรือน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยได้แสดงผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในด้านขวาของตาราง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงที่เห็นได้ชัดเจนมากกว่า

ดังนั้นสามารถสรุปในขั้นต้นได้ว่าการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์นั้นมีลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันตามขั้นระดับรายได้ กล่าวคือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นเทคโนโลยีใหม่และทันสมัยจะมีใช้กันมากในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตัว เช่น มีการใช้เครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) ไมโครเวฟ (Microwave) เครื่องทำน้ำอุ่น (Shower heater) และคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Notebook) กันอย่างมากในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง ซึ่งมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จำนวนน้อยมากในกลุ่มของผู้มีรายได้น้อย

### 3.1.3 ความสอดคล้องของรายได้ในครัวเรือนและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

อ้างอิง McInnes. (1991), Branch (1993) และ Yan (1995) ที่ได้ระบุไว้ว่าระดับรายได้เป็นปัจจัยหลักในการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน เนื่องจากสัดส่วนการครอบครองเครื่องใช้ไฟฟ้าจะแปรผัน

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การแบ่งระดับรายได้ของครัวเรือน

	Monthly Income in USD	Exchange Rate at Nov 01, 2013
Low-income group	Lower than 200	
Middle-income group	Between 200 and 500	7905 LAK/USD
High-income group	More than 500	



ตามระดับชั้นรายได้ของครัวเรือน โดยในปี ค.ศ. 2002 หน่วยงานด้านการวางแผนและพัฒนาของ กรุงเทพมหานครได้แบ่งระดับชั้นรายได้ของครัวเรือนในพจนมเปญออกเป็นสามระดับเทียบตามสกุลเงิน ดอลลาร์สหรัฐดังแสดงในตารางที่ 3.3 และเนื่องจากการขาดแคลนข้อมูลอ้างอิงในกรณีของแขวง เวียงจันทน์นี้จึงได้ใช้เกณฑ์เดียวกันนี้กับการแบ่งชั้นระดับรายได้ในครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์จาก ที่ได้ทำการสำรวจมา โดยอ้างอิงอัตราแลกเปลี่ยนเงินในปีค.ศ. 2013 (7905 กีบลาว/ดอลลาร์สหรัฐฯ)

โดยการแบ่งขอบเขตระหว่างกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ปานกลางอยู่ที่ประมาณ 1,581,000 กีบลาว และ 3,952,500 กีบลาวเป็นการแบ่งรายได้ระหว่างกลุ่มที่มีรายได้ปานกลางและกลุ่มที่มีรายได้สูง

อย่างไรก็ตามในแบบสอบถามที่ได้ทำการสอบถามนั้น ได้แบ่งช่วงระดับรายได้ของครัวเรือน ในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้โดยเริ่มต้นจาก 2,000,000 กีบลาวและเพิ่มขึ้นทีละ 2,000,000 กีบลาว ซึ่งการแบ่งระดับรายได้นี้ยังไม่เหมาะสมกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.3 ดังนั้นจึงได้นำกลุ่มครัวเรือนที่เป็นกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ปานกลางมารวมไว้ด้วยกันและเรียกว่าเป็นกลุ่มครัวเรือนรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) โดยอีกเหตุผลหนึ่งที่อยู่ภายใต้การตัดสินใจนี้คือความคล้ายคลึงกันของพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ปานกลางซึ่งจะนำเสนอในส่วนถัดไปจากบทความนี้

ดังนั้นจึงได้เหลือกลุ่มครัวเรือน 2 กลุ่มคือ กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) โดยขนาดจำนวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) มีจำนวน 326 ตัวอย่าง ขณะที่กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) มีจำนวน 277 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ลักษณะของพฤติกรรมการใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มได้ดังต่อไปนี้

#### 3.1.4 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือน (Average number of electric appliances per household)

จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้นั้นเป็นตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน โดยจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือนสามารถคำนวณได้จากการหารจำนวนรวมของเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยจำนวนครัวเรือนที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นแบ่งตามชั้นระดับรายได้ ซึ่งกำหนดให้อักษรย่อ ‘AAN’ คือจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือน ซึ่งผลลัพธ์ของจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือน (Average number of electric appliances per household) นั้นได้แสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ

### 3.1.5 ขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดโดยเฉลี่ย (Average capacity of each electric appliance)

ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถอธิบายถึงประสิทธิภาพการ  
ใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดได้ (energy efficiency: EE) โดยขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า  
แต่ละชนิดจะมีหน่วยวัตต์เป็นวัตต์ (Watt) สามารถคำนวณได้จากการหารจำนวนรวมของขนาดของ  
เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนั้น (Capacity of electric appliance) ด้วยจำนวนครัวเรือนที่ใช้  
เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทนั้นแบ่งตามชั้นระดับรายได้ โดยกำหนดให้อักษรย่อ ‘ACP’ คือขนาด  
เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย โดยผลลัพธ์ของขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดโดยเฉลี่ย (Average capacity  
of each electric appliance) ได้แสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้  
ต่ำและปานกลางและในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ

### 3.1.6 เวลาในการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด (Average usage hours of each electric appliance)

ระยะเวลาการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ได้ทำการเก็บข้อมูลมานั้นมี  
หน่วยเป็นชั่วโมงต่อสัปดาห์ซึ่งจากข้อมูลต้องพิจารณาการครอบครองเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆด้วย เพื่อเป็น  
การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยคำนวณได้จากการหารเวลาการใช้งานรวมของเครื่องใช้ไฟฟ้า  
(usage hours of electric appliance) นั้นด้วยจำนวนครัวเรือนที่ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นแบ่งตามชั้น  
ระดับรายได้ ซึ่งกำหนดให้อักษรย่อ ‘AUH’ คือเวลาการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น โดย  
ผลลัพธ์ของเวลาในการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด (Average usage hours of  
each electric appliance) แสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและ  
ปานกลาง และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ

### 3.1.7 การใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้า (Average energy consumption of electric appliance)

การใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดนั้นสามารถคำนวณได้จากการคูณกัน  
ทั้งหมดของ จำนวนเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือน (AAN) ขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดโดย  
เฉลี่ย (ACP) และเวลาการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด (AUH) ซึ่งแสดงผลลัพธ์ใน  
ตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 สำหรับกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และในกลุ่มครัวเรือน  
ที่มีรายได้สูงตามลำดับ โดยได้กำหนดให้ ‘AEC’ คือการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละ  
ประเภท

ตารางที่ 3.4 ลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง

No.	Appliance	Low-and-Middle Income Group			
		AAN	ACP	AUH	AEC
1	Entertainment	2.67	97.05	22.53	303.51
2	Air conditioner	0.38	3427.86	4.60	308.30
3	Fan	4.53	70.99	25.25	422.52
4	Refrigerator	1.19	136.12	168.00	1372.59
5	Freezer	0.08	371.67	31.29	49.92
6	Cooler	0.17	217.50	9.68	19.08
7	Water dispenser	0.34	339.78	52.04	312.10
8	Washing machine	0.52	609.29	8.04	133.19
9	Water pump	0.06	735.00	6.80	16.70
10	Vacuum machine	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Sewing machine	0.05	616.00	14.12	20.75
12	Cloth dryer	0.01	1500.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Lamp - Incandescent	0.81	48.26	8.67	17.57
15	Lamp - Fluorescent	7.83	41.29	37.92	637.07
16	Lamp - Spotlight	0.19	184.00	0.00	0.00
17	Lamp - CFL	0.09	12.00	37.80	2.16
18	Lamp - LED	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Rice cooker	0.93	650.00	10.88	340.71
20	Microwave	0.09	1164.00	4.48	24.86
21	Electric pan	0.78	1534.12	10.26	637.98
22	Iron	0.73	1199.28	10.18	466.05
23	Hair dryer	0.11	767.50	1.51	6.62
24	Shower heater	0.17	3456.25	0.68	20.04
25	Electric cooking appliances	0.68	775.04	9.72	265.82
26	Communication	4.76	20.33	25.35	127.63
<b>Total</b>					<b>5505.19</b>

Unit: AAN [Units], ACP [Watts], AUH [Hours/week], AEC [kWh/year]

ตารางที่ 3.5 ลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง

No.	Appliance	High-Income Group			
		AAN	ACP	AUH	AEC
1	Entertainment	3.14	120.00	24.57	481.35
2	Air conditioner	1.71	3453.40	12.68	3892.72
3	Fan	7.16	70.80	18.08	476.68
4	Refrigerator	1.29	168.00	168.00	1726.39
5	Freezer	0.14	385.00	32.94	92.32
6	Cooler	0.24	243.40	28.03	85.14
7	Water dispenser	0.50	444.30	50.41	582.34
8	Washing machine	0.98	709.00	10.83	391.13
9	Water pump	0.09	700.00	3.62	11.87
10	Vacuum machine	0.08	1180.00	3.24	15.88
11	Sewing machine	0.08	625.00	0.00	0.00
12	Cloth dryer	0.01	450.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.13	303.30	0.00	0.00
14	Lamp - Incandescent	2.60	33.40	7.19	32.48
15	Lamp - Fluorescent	11.78	40.80	43.34	1083.26
16	Lamp - Spotlight	0.28	189.40	8.64	23.83
17	Lamp - CFL	0.37	16.60	8.08	2.58
18	Lamp - LED	0.02	15.00	38.46	0.60
19	Rice cooker	1.10	651.90	12.20	454.85
20	Microwave	0.45	1135.80	4.59	122.11
21	Electric pan	0.81	1584.80	11.62	775.60
22	Iron	0.87	1239.80	11.67	654.69
23	Hair dryer	0.23	850.00	2.99	30.35
24	Shower heater	0.55	3836.30	7.72	847.22
25	Electric cooking appliances	0.68	916.00	9.17	296.87
26	Communication	7.06	36.00	18.09	239.08
<b>Total</b>					<b>12319.34</b>

Unit: AAN [Units], ACP [Watts], AUH [Hours/week], AEC [kWh/year]

จากข้อมูลในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 นั้นเป็นที่น่าสังเกตว่า มีเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่มีการรอกค่าตอบในแบบสอบถามว่ามีครอบครองอยู่ในบ้านแต่ไม่ได้มีการใช้งานเลย ตัวอย่างเช่น จักรเย็บผ้า (sewing machine) เครื่องปั่นผ้า (cloth dryer) และเครื่องล้างจาน (dish washer) ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง เช่นเดียวกันก็มีการตอบแบบสอบถามในลักษณะนี้ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางโดยมีการตอบแบบสอบถามว่ามีเครื่องใช้ไฟฟ้าครอบครองอยู่ในบ้านแต่ไม่ได้มีการใช้งานเลยเช่นเครื่องดูดฝุ่น (vacuum machine) เครื่องปั่นผ้า (cloth dryer) และเครื่องล้างจาน (dish washer) เป็นต้น

จากข้อมูลพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มรายได้ที่แสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 นั้นเป็นพบว่า ครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงนั้นมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 12,319.34 kWh/year ในขณะที่ครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเพียง 5,505.19 kWh/year ความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้านี้สามารถอธิบายได้จากความแตกต่างของพฤติกรรมในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น พฤติกรรมของการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยในครัวเรือนที่มีรายได้สูงมีส่วนของการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศมากถึงร้อยละ 30.2 แต่ในทางกลับกันสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศของครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางมีเพียงร้อยละ 5.6 เท่านั้น โดยครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้สูงนั้นมีจำนวนเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 1.71 เครื่องต่อครัวเรือนและมีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 12.68 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ขณะที่ครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลางมีจำนวนเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 0.38 เครื่องต่อครัวเรือนและมีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 4.68 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานจากทั้งสองกลุ่มรายได้นั้นมีเทคโนโลยีที่คล้ายคลึงกันคือมีขนาดโดยเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศที่ประมาณ 3400 วัตต์

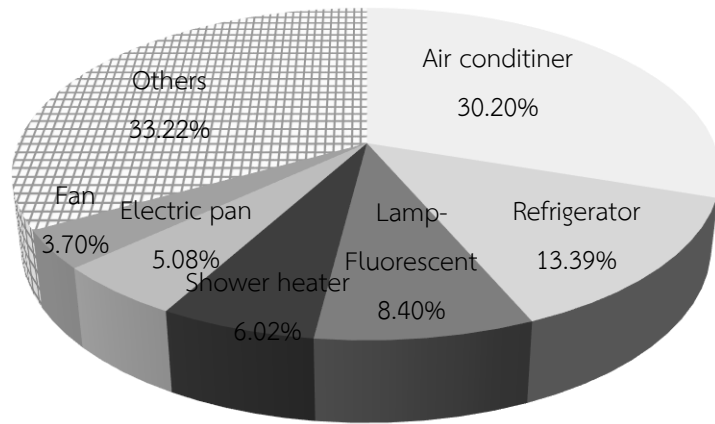
อีกหนึ่งประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความแตกต่างกันในด้านพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มระดับรายได้คือเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทให้แสงสว่าง (lighting) แม้ว่าในทั้งสองกลุ่มครัวเรือนนั้น จะมีการใช้หลอดไฟที่มีขนาดโดยเฉลี่ยที่ประมาณ 41 วัตต์ แต่จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์เฉลี่ยต่อครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงนั้นมีจำนวนสูงถึง 11.78 หลอดต่อครัวเรือนและมีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย 43.34 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ขณะที่ครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางมีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์เฉลี่ยต่อครัวเรือนอยู่ที่ 7.83 หลอดต่อครัวเรือนและมีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย 37.92 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

จากลักษณะโครงสร้างของการใช้ไฟฟ้าแยกตามกลุ่มรายได้ของครัวเรือนที่แสดงในรูปที่ 3.2 นั้นในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (air conditioner) เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดโดยคิดเป็นร้อยละ 30.20 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด รองลงมาคือการใช้ไฟฟ้าของตู้เย็น (refrigerator) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 13.39 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 8.40 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เครื่องทำน้ำอุ่น (shower

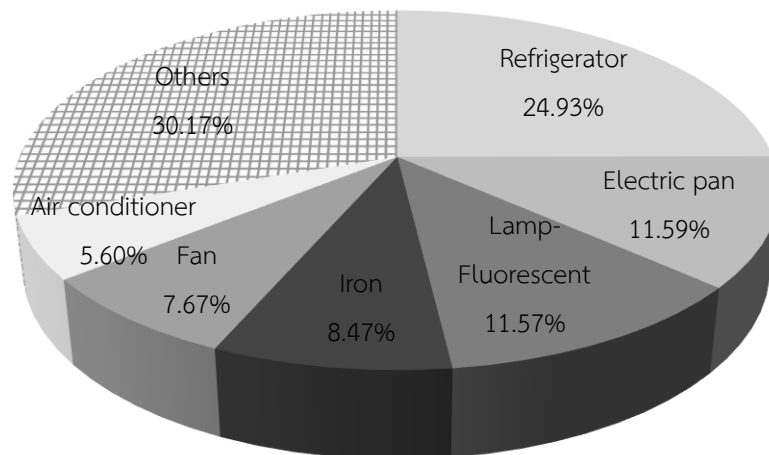
heater) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 6.0 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด กระทะไฟฟ้า (electric pan) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 5.1 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และพัดลม (fan) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 3.7 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด โดยมีการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆร้อยละ 33.22 ตามลำดับ

โดยในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดคือ ตู้เย็น (refrigerator) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 24.9 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด รองลงมาด้วยกระทะไฟฟ้า (electric pan) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 11.59 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 11.57 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เตารีด (iron) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 8.47 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด พัดลม (fan) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 7.67 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เครื่องปรับอากาศ (air conditioner) มีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 5.6 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด โดยมีการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆร้อยละ 30.17 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างในพฤติกรรมของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าระหว่างครัวเรือนในกลุ่มมีรายได้สูง และกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางนั้นเป็นอิทธิพลสำคัญในการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางประชากรของครัวเรือนในอนาคตและการพัฒนาด้านเศรษฐกิจนั้นย่อมส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของจำนวนครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้ด้วย

### High Income



### Low-and-middle Income



รูปที่ 3.2 โครงสร้างการใช้ไฟฟ้าโดยแบ่งตามชั้นระดับรายได้

### 3.1.8 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการหาค่าเปรียบเทียบข้อมูล

เนื่องจากการสำรวจและเก็บข้อมูลนั้นผู้ทำการสำรวจได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสอบถามข้อมูลการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทโดยทำการเก็บข้อมูลขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้า จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและระยะเวลาในการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด แต่ในความเป็นจริงแล้วการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นไม่ได้มีการทำงานของเครื่องตลอดเวลา ยกตัวอย่างเช่นเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) เมื่อเครื่องทำงานจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วระบบอัตโนมัติจะทำการตัดการทำงานของเครื่องและจะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้งเมื่ออุณหภูมิในห้องเริ่มสูงขึ้นหรืออีกตัวอย่างเช่นการทำงานของตู้เย็น (refrigerator) ก็จะมีตัดการทำงานอัตโนมัติเช่นกันเมื่ออุณหภูมิในตู้เย็นมีความเย็นถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการสอบถามเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว โดยจากข้อมูลข้างต้นนี้สามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและหาค่าเปรียบเทียบข้อมูลได้ดังนี้

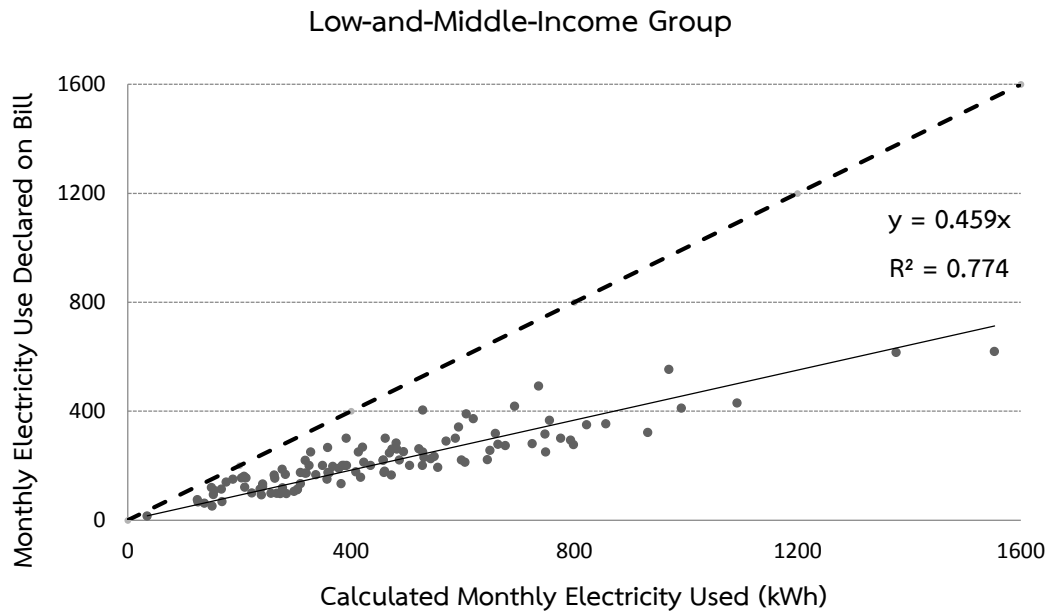
1) ทำการคำนวณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจากสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} \text{Monthly electricity consumption} &= \text{Capacity (W)} * \text{Using hour per day (hr/day)} \\ (\text{KWh/month}) & * \text{Frequency of using in week (day/week)} \quad (1) \\ & * 4.33 (\text{week/month}) / 1000 \end{aligned}$$

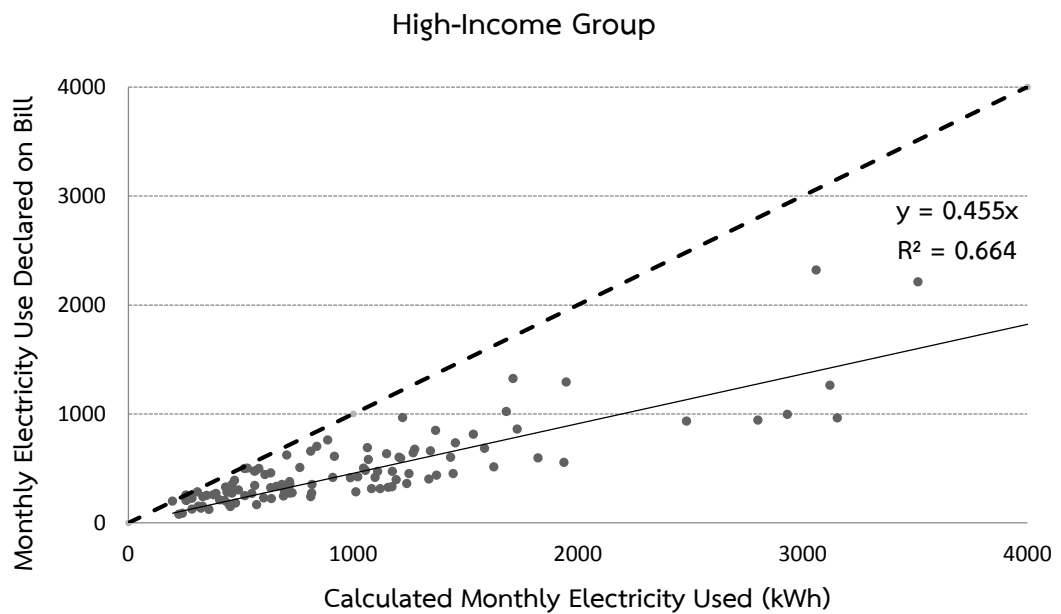
2) ทำการรวมการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่ใช้ในครัวเรือนนั้น ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นความต้องการของการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน (Monthly electricity consumption; [KWh/month]) โดยแสดงแกน x ในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ในชื่อของ the calculated energy use หรืออัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ

3) นำอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ (the calculated electricity use) ทำการพล็อตเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว ซึ่งเป็นข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริงดังแสดงในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ในกลุ่มของครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ





รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาวในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง

โดยหลังจากทำการพล็อตกราฟเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนจากใบแจ้งยอดการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาวแล้วได้พบว่า เส้นแนวโน้มของข้อมูล (trend line) ของกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นมีความชัน (slope) เท่ากับ 0.459 และเส้นแนวโน้มของข้อมูล (trend line) ของกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงมีความชัน (slope) เท่ากับ 0.455

ดังนั้นเพื่อความถูกต้องของข้อมูลในการคำนวณการปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในงานวิจัยนี้จึงได้มีการใช้ค่าปรับเทียบข้อมูล (adjustment factor) ในแต่ละกลุ่มรายได้เพิ่มเข้าไปในสมการแยกตามระดับชั้นรายได้ตามสมการที่ (2) ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (Monthly electricity consumption of low-and-middle-income) และสมการที่ (3) ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (Monthly electricity consumption of high-income)

$$\begin{aligned} \text{Monthly electricity consumption} &= \text{Capacity (W)} * \text{Using hour per day (hr/day)} \\ \text{of low-and-middle-income} & * \text{Frequency of using in week (day/week)} \quad (2) \\ \text{group (kWh/month)} & * 4.33 \text{ (week/month)} * \text{Adjustment factor} \\ & (=0.459) / 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Monthly electricity consumption} &= \text{Capacity (W)} * \text{Using hour per day (hr/day)} \\ \text{of high-income group} & * \text{Frequency of using in week (day/week)} \quad (3) \\ \text{(kWh/month)} & * 4.33 \text{ (week/month)} * \text{Adjustment factor} \\ & (=0.455) / 1000 \end{aligned}$$

### 3.2 รูปแบบการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง(energy efficiency case)

จากพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ ดังที่แสดงในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่อการใช้ไฟฟ้า มีการใช้ไฟฟ้าที่สูง และสามารถเป็นตัวชี้วัดผลกระทบต่อการใช้ไฟฟ้าในแต่ละระดับรายได้คือ เครื่องปรับอากาศ(air conditioner) ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และตู้เย็น(refrigerator) ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลของตู้เย็น(refrigerator) นั้นขาดการเก็บข้อมูลขนาดของตู้เย็น ซึ่งจากการที่ไม่มีข้อมูลขนาดของตู้เย็นนั้นทำให้ไม่สามารถทำการคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า(EC)ของตู้เย็นได้

ดังนั้นในการทำการวิเคราะห์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง(energy efficiency case) ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้ทำการเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีข้อมูลครบถ้วนและสามารถเป็นตัวชี้วัดผลกระทบต่อการใช้ไฟฟ้าในแต่ละระดับรายได้คือ เครื่องปรับอากาศ(air conditioner) และหลอดไฟฟ้า(lighting) เนื่องจากเครื่องปรับอากาศ(air conditioner) นั้นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดทั้งการใช้ไฟฟ้าโดยรวมและการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และในส่วนของหลอดไฟฟ้า(lighting) นั้นเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนง่ายและมีการใช้ไฟฟ้าที่สูงทั้งในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ซึ่งคาดหมายว่าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งสองประเภทนี้ตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ปี 2011 ของไทยแล้วจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแขวงเวียงจันทน์ได้อย่างสูง โดยรูปแบบลักษณะของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพนั้นได้กำหนดให้เป็นลักษณะกราฟในรูปตัว S (S-Shaped curve)

จากข้อมูลอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยเครื่องใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) นั้นพบว่าเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 10 ปี โดยในส่วนของหลอดไฟฟ้า (lighting) นั้นได้แบ่งชนิดของหลอดไฟออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ หลอดไฟฟ้าแบบไส้ (Incandescent) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) โดยในหลอดไฟฟ้าแบบไส้ (Incandescent) จะมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 1,000 ชม.และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) จะมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 8,000 ชม. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการใช้งานโดยเฉลี่ยของหลอดไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดตามรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 นั้นสามารถกำหนดอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดโดยคร่าวๆได้ โดยอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของหลอดไส้ (Incandescent) มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 2 ปี เนื่องจากมีการใช้งานโดยเฉลี่ย 8 ชม./สัปดาห์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 4 ปี เนื่องจากมีการใช้งานโดยเฉลี่ย 40 ชม./สัปดาห์

โดยลักษณะของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในรูปตัว S (S-Shaped curve) นั้นมีลักษณะเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงปีแรกและจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อสินค้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นมีการติดตลาดหรือเริ่มเป็นที่นิยม โดยเมื่อใกล้ครบอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากเริ่มเข้าใกล้ถึงจุดอิ่มตัวดังแสดงในรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 ที่แสดงสัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในรูปตัว S (S-Shaped curve) ที่ได้จากการคำนวณของเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) และหลอดไฟฟ้า (lighting) ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดปีที่เริ่มต้นมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของไทยในปี ค.ศ. 2014 โดยอ้างอิงเครื่องใช้ตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี 2011 ของประเทศไทยซึ่งลักษณะของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในรูปตัว S (S-Shaped curve) นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) และ (5)

$$P_t = \frac{1}{1 + C X_j} \quad (4)$$

$$X_j = \frac{Y_j - y_j + \frac{L_j}{2}}{L_j} \quad (5)$$

โดย  $P_t$  คืออัตราการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในแต่ละปี [%]

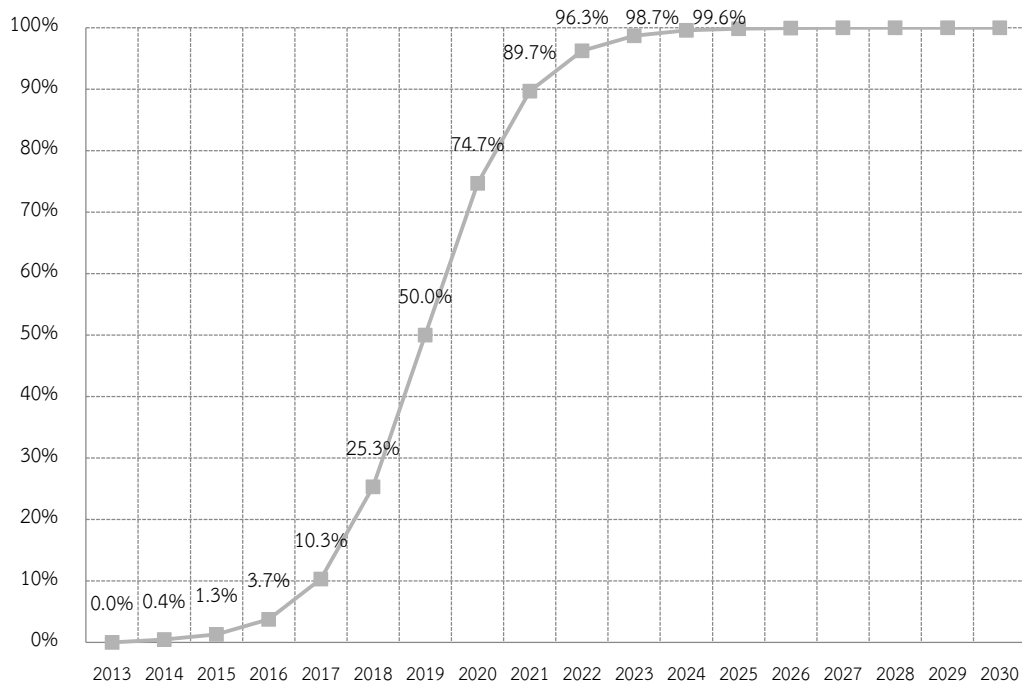
$C$  คือค่าคงที่ในการปรับแต่งกราฟรูปตัว S (S-Shaped curve) [50000]

$x_j$  คือฟังก์ชันกราฟรูปตัว S ในแต่ละชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

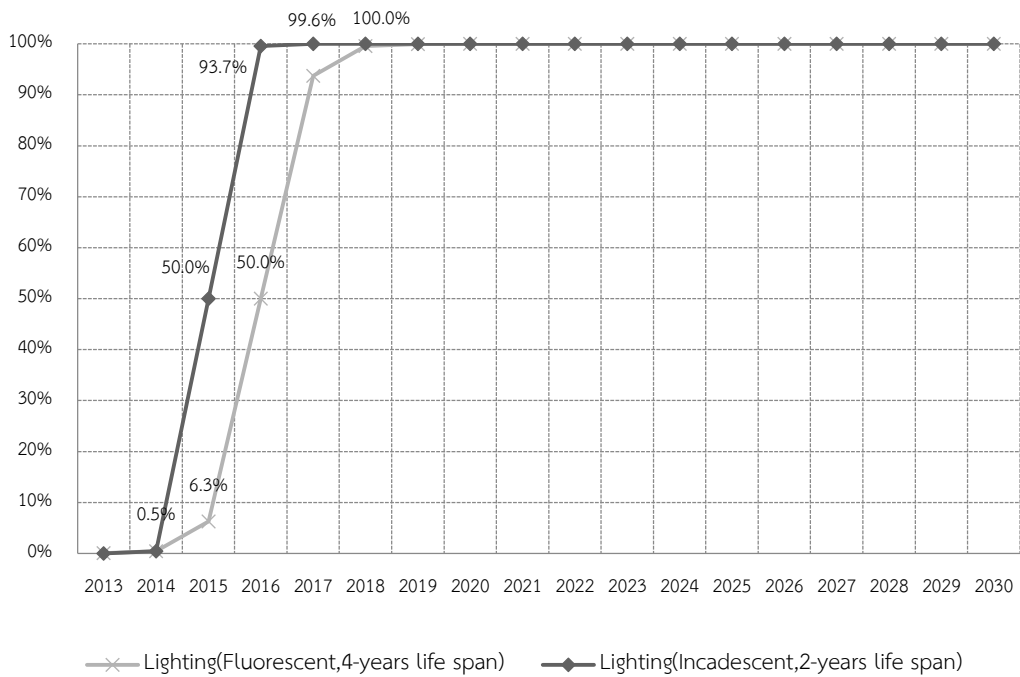
$y_j$  คือปีเริ่มต้นของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ [2014]

$y_j$  คือปีปัจจุบันที่ใช้ในการคำนวณอัตราการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ[Years]

$L_j$  คืออายุการใช้งานโดยเฉลี่ยเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น[Years]



รูปที่ 3.5 สัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 3.6 สัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพของหลอดไฟฟ้า

### 3.3 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์ (Changes in Household Characteristics, Socio-Economic and Demographic Structure of Vientiane)

#### 3.3.1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross domestic product of Lao PDR)

สมมุติฐานของการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างทางเศรษฐกิจและประชากรของแขวงเวียงจันทน์ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศหรือจีดีพี (GDP) นั้นมีอิทธิพลหลักต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรและจำนวนครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้ ซึ่งเป็นส่วนที่จะนำมาพิจารณาถึงความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ โดยข้อมูลของจีดีพี (GDP) และอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) นั้นเป็นข้อมูลที่นำมาจาก EconMap Data base ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกรวบรวมและพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 โดยสถาบันวิจัยของประเทศฝรั่งเศสที่มีชื่อว่า French research center international economics (CEPII) เพื่อวัตถุประสงค์ของการพยากรณ์ภาพอนาคตเศรษฐกิจโลกโดยมีการพิจารณาประกอบกับข้อมูลของจำนวนประชากรและแรงงานของยูเอ็นหรือ United Nations and International Labor Office (UN) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดประกอบด้วยข้อมูลด้านเศรษฐกิจและประชากรของแต่ละประเทศจำนวน 147 ประเทศภายในมีรายละเอียดข้อมูลโครงสร้างทางเศรษฐกิจ จำนวนประชากรและโครงสร้างจำนวนแรงงานนับตั้งแต่ปี 1980 ไปจนถึงปี 2050 (Fouré et al., 2012); (Fouré et al., 2013) โดยจากข้อมูล EconMap Data base นั้นสามารถคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) ของสปป.ลาวได้จากสมการ (6)

$$g - GDP_t = \frac{GDP_t}{GDP_{t-1}} - 1 \quad (6)$$

โดย  $g - GDP_t$  คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth at year  $t$ ) [%]

$GDP_t$  คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (real gross domestic product at year  $t$ ) [million USD]

#### 3.3.2 จำนวนประชากรและจำนวนแรงงาน (Population and labor force)

เช่นเดียวกับข้อมูลของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ข้อมูลของจำนวนประชากรและจำนวนแรงงาน (Population and labor force) นั้นก็เป็นข้อมูลที่นำมาจาก EconMap Data base ของ CEPII และเนื่องจากการขาดข้อมูลอ้างอิงของข้อมูลโครงสร้างลักษณะการย้ายถิ่นฐานของประชากร (population migration) ในกรณีของแขวงเวียงจันทน์นี้ จึงได้ทำการกำหนดสมมุติฐานที่

ไม่มีการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานเกิดขึ้นเลยในระหว่างแขวงเวียงจันทน์และแขวงอื่นๆ ใน สปป.ลาว ซึ่งจะทำให้สัดส่วนของประชากรในแขวงเวียงจันทน์นั้นคงที่ตลอด ในกรอบระยะเวลาของงานวิจัยนี้ และจากข้อมูลอ้างอิงจากการไฟฟ้าลาว (Electricité du Laos) ในปีค.ศ. 2012 สัดส่วนของประชากรในเวียงจันทน์นั้น มีจำนวนประชากรร้อยละ 12.44 จากประชากรทั้งหมดใน สปป.ลาว ซึ่งการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรรายปี (population growth) นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ (7)

$$g_{-POP_t} = \frac{POP_t}{POP_{t-1}} - 1 \quad (7)$$

โดย  $g_{-POP_t}$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรรายปี (population growth at year  $t$ ) [%]

$POP_t$  คือ จำนวนประชากรทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ (total population in Vientiane at year  $t$ ) [persons]

โดยในส่วนของจำนวนแรงงานหรือ labor force นั้นหมายถึงจำนวนประชากรในวัยที่สามารถทำงานได้ซึ่งจะประกอบด้วยประชากรในกลุ่มแรงงานที่มีการจ้างงานและประชากรในกลุ่มแรงงานที่ว่างงาน ซึ่งสมการที่ (8) แสดงถึงวิธีการคำนวณอัตราจำนวนแรงงาน โดยกำหนดให้อักษรย่อ 'LFPR' หรือ labor force participation rate คืออัตราจำนวนแรงงานต่อประชากรทั้งหมดซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 3.7

$$LFPR_t = \frac{LF_t}{POP_t} \quad (8)$$

โดย  $LFPR_t$  คือ อัตราจำนวนแรงงานในรายปี (labor force participation rate at year  $t$ ) [%]

$LF_t$  คือ จำนวนประชากรวัยทำงานเวียงจันทน์ (labor force in Vientiane at year  $t$ ) [persons]

### 3.3.3 การแบ่งกลุ่มรายได้ของครัวเรือน (Household classification)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในการพิจารณาการแบ่งกลุ่มของครัวเรือนโดยพิจารณาจากระดับรายได้ซึ่งได้แบ่งครัวเรือนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) เช่นเดียวกันจากใน

ฐานข้อมูลของ EconMap database นั้นได้มีการแยกประเภทของแรงงานออกเป็น 2 กลุ่มที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกันคือกลุ่มแรงงานทักษะดี (skilled-labor) และกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ (unskilled-labor) โดยจากลักษณะแรงงานของสองกลุ่มนี้ จึงได้กำหนดให้กลุ่มแรงงานที่มีทักษะดี (skilled-labor) นั้นเป็นประชากรในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) และกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ (unskilled-labor) ถูกกำหนดให้เป็นประชากรในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) โดยกำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มแรงงานทักษะดี (skilled-labor) และกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ (unskilled-labor) คือ  $g_{SKL}$  และ  $g_{USK}$ , ตามลำดับ

### 3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงาน (Relationship between GDP growth and labor force growth)

ในกรณีการทำการวิเคราะห์ผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนนั้น จำเป็นต้องทำการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงงาน (labor force growth) หรือการอัตราการเปลี่ยนแปลงของครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้ดังที่ได้กำหนดในหัวข้อที่ผ่านมา

ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นคือ อัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) เทียบกับอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงาน (labor force growth) ดังแสดงในรูปที่ 3.7

ที่แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) และการเพิ่มขึ้นของกลุ่มแรงงานที่มีทักษะดี (skilled-labor) หรือที่กำหนดให้เป็นประชากรในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) และรูปที่ 3.8 ที่แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) และกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ (unskilled-labor) หรือที่กำหนดให้เป็นประชากรในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) โดยใช้สัญลักษณ์  $g_{SKL}$ , [%] และ  $g_{USK}$ , [%]

ตารางที่ 3.6 สัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าคงที่ในสมการ (9) และ (10)

Income Level	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
High-income group	1.3443	-2.6805	0.8427
Low-and-middle-income group	0.7865	-2.9485	0.9854



โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) และอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงาน(labor force growth) นั้นคำนวณได้จากสมการ (9) และ (10) ซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 3.6

$$g_{HHD-H_t} = \alpha_H g_{GDP_t} + \beta_H \quad (9)$$

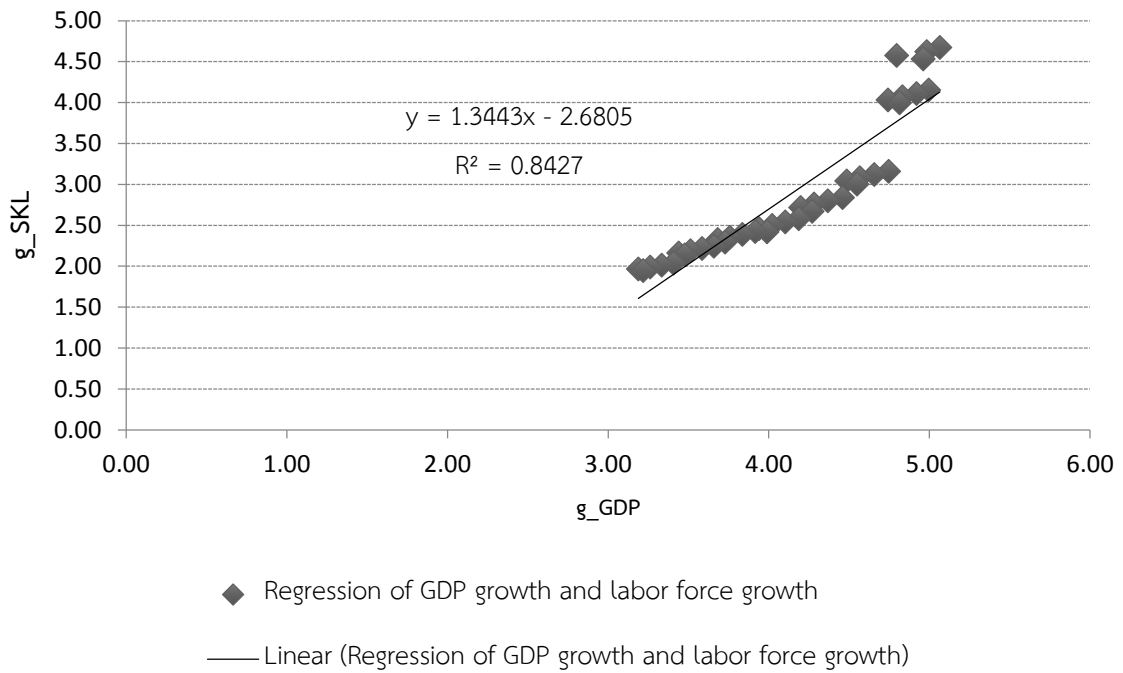
$$g_{HHD-L_t} = \alpha_L g_{GDP_t} + \beta_L \quad (10)$$

โดย  $g_{HHD-H_t}$  คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของครัวเรือนที่มีรายได้สูง(growth of household in high-income group) [%],

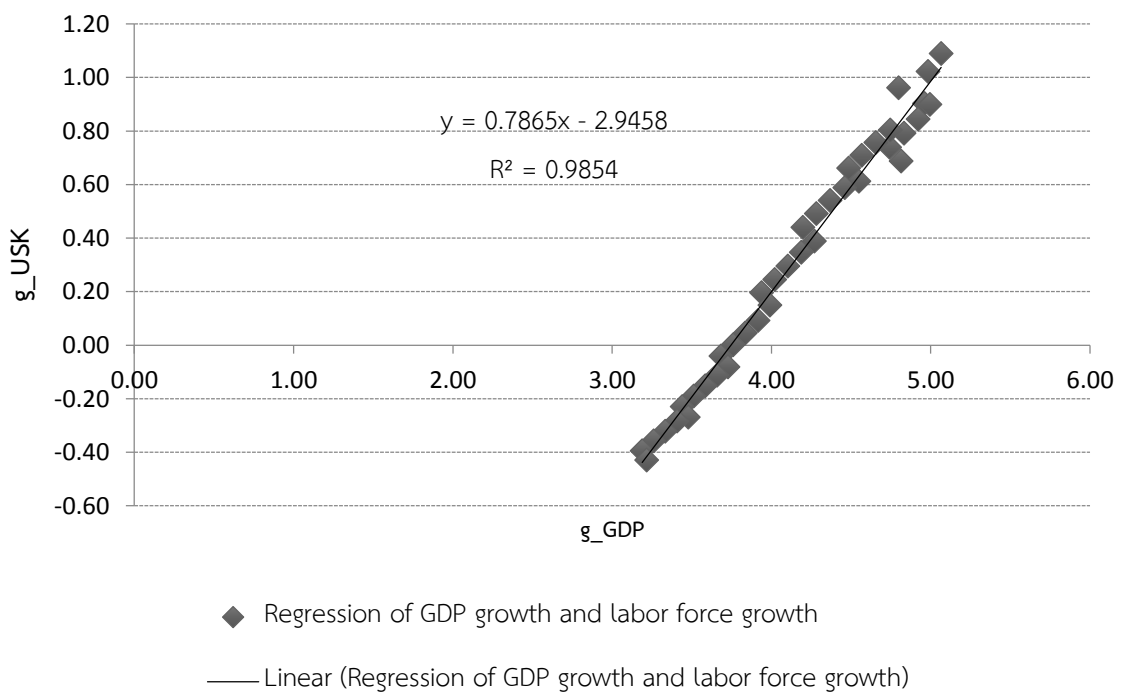
$g_{HHD-L_t}$  คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง growth of household in low-and-middle-income group [%]

$\alpha_H, \alpha_L, \beta_H$  and  $\beta_L$  คือสัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าคงที่ regression coefficients and constant [dimensionless]

โดยผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าคงที่นั้น (regression coefficients and constant) แสดงในตารางที่ 3.6 ซึ่งอัตราการเปลี่ยนของกลุ่มกลุ่มแรงงานที่มีทักษะดี (skilled-labor) และกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ (unskilled-labor) ที่คำนวณได้ในสมการ (9) และ (10) จะถูกนำมาคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้อีกครั้งซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพีและอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงานในกลุ่มแรงงานที่ทักษะดี



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพีและอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงงานในกลุ่มแรงงานที่ขาดทักษะ

### 3.3.5 ขนาดและจำนวนของครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้ (Household size and number of households in each income group)

ขนาดของครัวเรือนโดยเฉลี่ยของแขวงเวียงจันทน์ในขั้นต้นนั้นจะคำนวณจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจจาก 606 ครัวเรือน ที่กำหนดให้เป็นตัวแทนของครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ ซึ่งพบว่าขนาดของครัวเรือนโดยเฉลี่ยของแขวงเวียงจันทน์มีขนาดโดยเฉลี่ย 5.28 คนต่อครัวเรือน โดยจำนวนของครัวเรือนทั้งหมดนั้นจะสามารถคำนวณได้จากสมการ (11)

$$HHD_t = \frac{POP_t}{AHS_t} \quad (11)$$

โดย  $HHD_t$  คือ จำนวนครัวเรือนทั้งหมด (number of households at year  $t$ ) [%]

$AHS_t$  คือ ขนาดของครัวเรือนโดยเฉลี่ย (average household size at year  $t$ ) [persons]

ซึ่งจากสมมติฐานของการเก็บข้อมูลที่กลุ่มตัวอย่างนี้เป็นตัวแทนของครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์นั้น สามารถประมาณสัดส่วนของครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้ในปี.ศ. 2013 โดยมีสัดส่วนของครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) คือร้อยละ 54.06 และสัดส่วนของครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) คือร้อยละ 45.94 ตามลำดับ โดยจำนวนของครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้ในปีฐานปี.ศ.2013 (Baseline year) นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12) และสมการที่ (13)

$$HHD - H_{2013} = 0.4594 \times HHD_{2013} \quad (12)$$

$$HHD - L_{2013} = 0.5406 \times HHD_{2013} \quad (13)$$

ซึ่งครัวเรือนทั้งหมดนั้นจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (14) และสมการที่ (15) โดยแบ่งเป็นกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (low-and-middle-income group) และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (high-income group) ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงในตารางที่ 3.7

$$HHD - H_t = g - HHD - H_{t-1} \times HHD - H_{t-1} \quad (14)$$

$$HHD - L_t = g - HHD - L_{t-1} \times HHD - L_{t-1} \quad (15)$$

โดย  $HHD - H_t$  คือ จำนวนครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (number of households in high-income group[household])

$HHD\_L$ , คือ จำนวนครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (number of households in low-and-middle-income group) [household]

### 3.3.6 สัดส่วนครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้า (Proportion of electrified households)

จากข้อมูลของแผนพัฒนาไฟฟ้าของการไฟฟ้าลาว (PDP 2010-2020) นั้นในปีค.ศ. 2013 แขวงเวียงจันทน์มีสัดส่วนครัวเรือนที่มีไฟฟ้าใช้แล้วประมาณร้อยละ 96 จากครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ โดยการไฟฟ้าลาวได้ตั้งเป้าที่จะให้ทุกครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์ได้มีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าภายในปีค.ศ. 2020 และเพื่อความสมเหตุสมผลของข้อมูลจึงกำหนดให้ทุกครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงมีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าและกำหนดอัตราการเพิ่มของครัวเรือนที่มีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางเป็นร้อยละ 0.05 ต่อปี นับตั้งแต่ปีค.ศ. 2013 ถึง ค.ศ. 2021 โดยกำหนดให้ 'ELT' คือสัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้า โดยครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในแต่ละระดับรายได้นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (16) และสมการที่ (17) ซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 8

$$EHH\_H_t = HHD\_H_t \quad (16)$$

$$EHH\_L_t = ELT_t \times HHD\_L_t \quad (17)$$

โดย  $EHH\_H_t$ , คือจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง (number of electrified households in high-income group) [household]

$EHH\_L_t$ , คือจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (number of electrified households in low-and-middle-income group) [household],

$ELT\_L_t$ , คือสัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง (electrification rate or ratio of electrified households to total households in low-and-middle-income group) [dimensionless]

ตารางที่ 3.7 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์ ในปีค.ศ.  
2013 - 2030

Year	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GDP	3,615	3,789	3,977	4,176	4,381	4,593	4,811	5,042
g_GDP	4.984	4.797	4.962	4.996	4.920	4.833	4.743	4.815
POP	805,837	814,639	823,256	831,699	839,970	848,070	856,006	863,797
g_POP	1.092	1.058	1.026	0.995	0.964	0.936	0.910	0.887
LFPR	0.576	0.578	0.580	0.582	0.584	0.586	0.588	0.589
LF	463,864	470,665	477,355	483,942	490,421	496,793	503,046	509,189
g_SKL	4.623	4.576	4.532	4.152	4.110	4.071	4.033	3.996
g_USK	1.023	0.962	0.903	0.900	0.845	0.792	0.740	0.688
g_HHD_H	4.019	3.768	3.989	4.035	3.934	3.816	3.695	3.792
g_HHD_L	0.974	0.827	0.957	0.983	0.924	0.855	0.784	0.841
AHS	5.284	5.218	5.159	5.090	5.018	4.948	4.881	4.817
HHD	152,511	156,130	159,565	163,385	167,391	171,400	175,384	179,329
HHD_H	82,511	83,315	84,004	84,808	85,642	86,433	87,172	87,856
HHD_L	70,109	72,927	75,675	78,694	81,870	85,091	88,338	91,602
ELT_L	0.960	0.965	0.970	0.975	0.980	0.985	0.990	0.995
EHH_H	76,406	77,846	79,214	80,720	82,291	83,860	85,417	86,959
EHH_L	70,109	72,927	75,675	78,694	81,870	85,091	88,338	91,602

Unit: GDP [Million USD], g\_GDP [%], POP [Persons], LFPR [Dimensionless], LF [Persons], g\_SKL [%], g\_USK [%], g\_HHD\_H [%], g\_HHD\_L [%], AHS [Persons], HHD [Households], HHD\_H [Households], HHD\_L [Households], ELT\_L [Dimensionless], EHH\_H [Households], EHH\_L [Households]

หมายเหตุ: สัดส่วนการเปลี่ยนไปของครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้นั้นไม่ได้พิจารณาเกี่ยวกับอัตราเงินเฟ้อในแต่ละปี

ตารางที่ 3.8 รูปแบบด้านการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจและประชากรในแขวงเวียงจันทน์ ในปีค.ศ.  
2013 – 2030 (ต่อ)

Year	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
GDP	5,281	5,527	5,780	6,039	6,314	6,595	6,883	7,178	7,480	7,799
g_GDP	4.746	4.656	4.568	4.485	4.549	4.460	4.369	4.281	4.198	4.269
POP	871,455	878,983	886,377	893,638	900,764	907,748	914,590	921,285	927,825	934,196
g_POP	0.864	0.841	0.819	0.797	0.775	0.754	0.732	0.710	0.687	0.663
LFPR	0.591	0.593	0.595	0.596	0.598	0.599	0.600	0.601	0.603	0.603
LF	515,297	521,281	527,131	532,839	538,398	543,802	549,047	554,123	559,017	563,719
g_SKL	3.160	3.121	3.081	3.042	3.001	2.840	2.800	2.759	2.716	2.672
g_USK	0.804	0.757	0.710	0.662	0.613	0.589	0.542	0.492	0.441	0.389
g_HHD_H	3.699	3.578	3.460	3.348	3.435	3.315	3.192	3.075	2.963	3.059
g_HHD_L	0.787	0.716	0.647	0.581	0.632	0.562	0.490	0.422	0.356	0.412
AHS	4.748	4.682	4.619	4.559	4.502	4.441	4.383	4.329	4.277	4.228
HHD	183,539	187,750	191,914	196,026	200,087	204,411	208,667	212,841	216,931	220,937
HHD_H	88,595	89,292	89,931	90,513	91,039	91,615	92,130	92,582	92,972	93,303
HHD_L	95,076	98,593	102,121	105,654	109,192	112,943	116,688	120,413	124,115	127,793
ELT_L	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
EHH_H	88,595	89,292	89,931	90,513	91,039	91,615	92,130	92,582	92,972	93,303
EHH_L	95,076	98,593	102,121	105,654	109,192	112,943	116,688	120,413	124,115	127,793

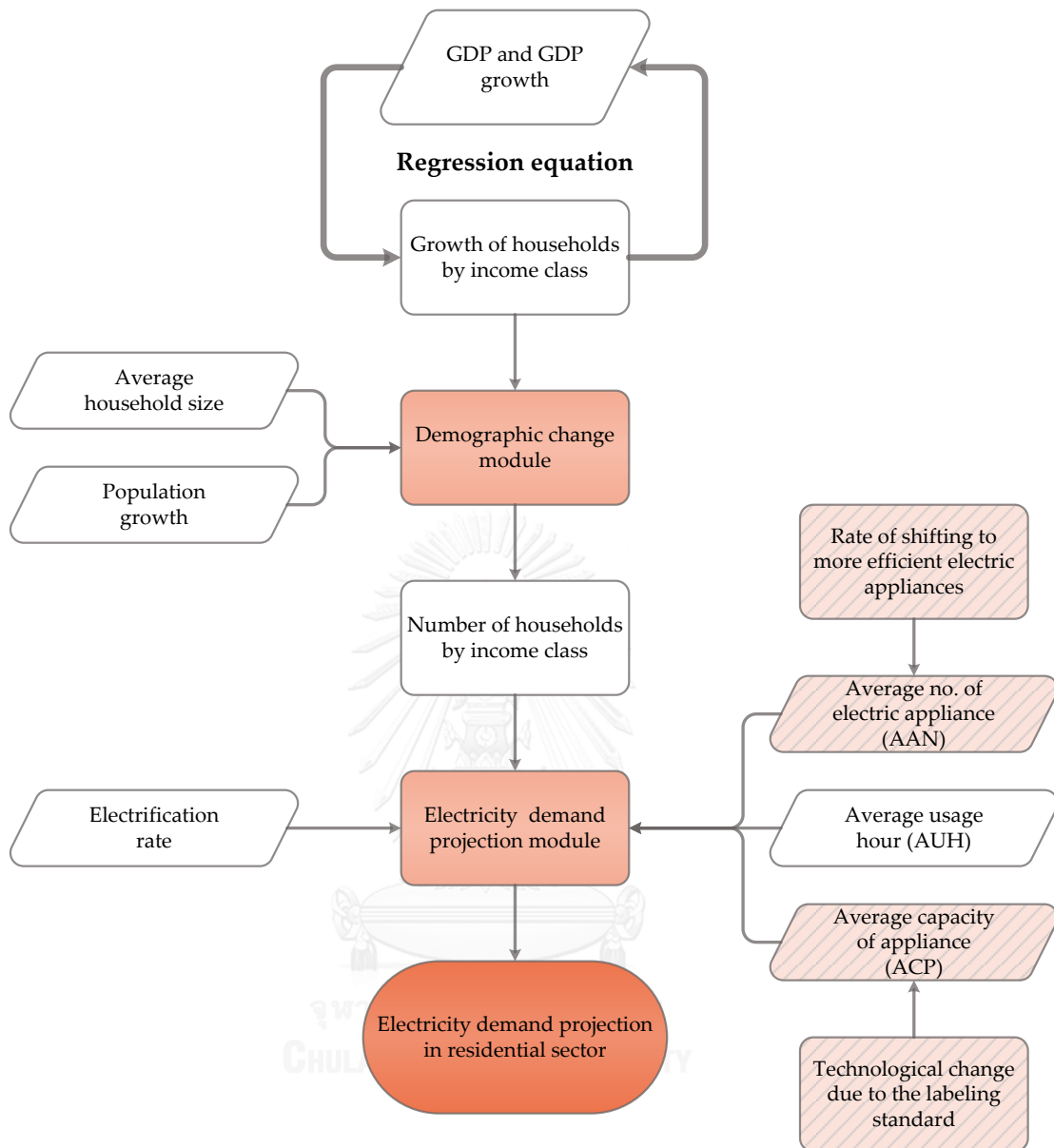
Unit: GDP [Million USD], g\_GDP [%], POP [Persons], LFPR [Dimensionless], LF [Persons], g\_SKL [%], g\_USK [%], g\_HHD\_H [%], g\_HHD\_L [%], AHS [Persons], HHD [Households], HHD\_H [Households], HHD\_L [Households], ELT\_L [Dimensionless], EHH\_H [Households], EHH\_L [Households]

หมายเหตุ: สัดส่วนการเปลี่ยนไปของครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้นั้นไม่ได้พิจารณากับอัตราเงินเฟ้อในแต่ละปี

### 3.4 รูปแบบการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน (Methodology of Household Electricity Demand Forecasting)

รูปแบบวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการพยากรณ์จากรูปแบบผสมผสาน (hybrid model) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างแบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) และแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ในการวิเคราะห์ซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงลักษณะของการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพจากการพยากรณ์จากรูปแบบการใช้ปลายทาง (end-use model) และสามารถบ่งบอกถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของครัวเรือนจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ซึ่งได้ดังแสดงในรูปที่ 3.9

โดยวิธีการพยากรณ์นั้น จะถูกแบ่งออกเป็น 2 โมดูล คือ โมดูลการเปลี่ยนแปลงด้านประชากรและโมดูลด้านความต้องการของการใช้ไฟฟ้า โดยในกรณีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าหลังจากมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) นั้นจะทำการเปรียบเทียบจากเครื่องใช้ไฟฟ้า 3 ประเภทได้แก่ เครื่องปรับอากาศ (Air condition) การเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ (Fluorescent T12 40W) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภท T5 28 วัตต์ (T5 Fluorescent 28W) การเปลี่ยนจากหลอดไส้ 40 วัตต์ (Incandescent 40W) เป็นหลอดไฟฟ้าประเภทหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ (CFL) และเพิ่มเติมการเปลี่ยนจากการใช้หลอดไฟฟ้าทั้งหมดไปเป็นหลอด LED ตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี 2011 ของประเทศไทย



รูปที่ 3.9 รูปแบบการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ภายในกรอบเวลาปีค.ศ. 2013 ถึง 2030 โดยแบ่งการพยากรณ์ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) การพยากรณ์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างประชากร
- 2) การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกรณีของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)
- 3) การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกรณีของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency case) โดยการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี 2011 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ และหลอดไฟฟ้า

ซึ่งความต้องการโดยรวมของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์ในแต่ละปีนั้นจะถูกคำนวณจากอัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในครัวเรือน คูณด้วยจำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่มีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในแขวงเวียงจันทน์และค่าปรับเทียบในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ดังแสดงในสมการที่ (18)

$$ED_t = \sum_{i,j} \frac{EHH_{i,t} \times AAN_{i,j} \times ACP_{i,j} \times AUH_{i,j} \times 52 \times Adj_i}{1000} \quad (18)$$

โดย  $ED_t$  คือความต้องการโดยรวมของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแต่ละปี (total electricity demand of household in year  $t$ ) [kWh/year]

$EHH_{i,t}$  คือจำนวนครัวเรือนในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ที่เข้าถึงการใช้ไฟฟ้าในแต่ละปี (number of electrified household with income level  $i$  at year  $t$ ) [household]

$AAN_{i,j}$  คือจำนวนเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ (average number of appliance  $j$  per household with income level  $i$ ) [unit/household]

$ACP_{i,j}$  คือขนาดโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ (average capacity of appliance  $j$  of household with income level  $i$ ) [watt/unit]

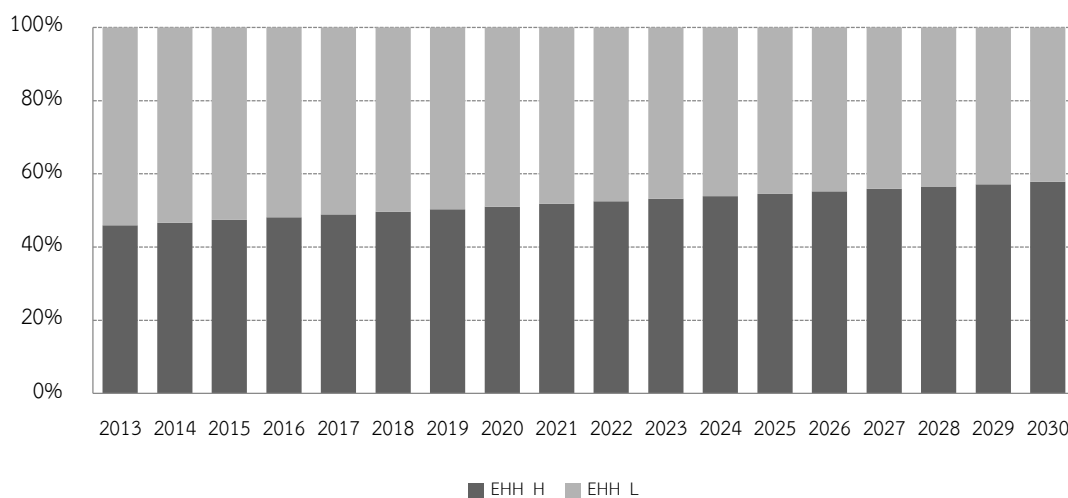
$AUH_{i,j}$  คือระยะเวลาการใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด(ต่อสัปดาห์)ในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ (average usage hour of appliance  $j$  of household with income level  $i$  per week)[hour/week]

$Adj_i$  คือค่าปรับเทียบของอัตราการใช้ไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ (adjustment factor for energy consumption of household with income level  $i$ ) [dimensionless]

โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากรูปแบบผสมผสาน (hybrid model) ระหว่างการใช้แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ผสมผสานแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ดังที่ได้กล่าวไปในส่วนที่แล้ว ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้าคือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะของครัวเรือน โครงสร้างทางเศรษฐกิจสังคมและประชากรในแต่ละระดับรายได้ของกลุ่มครัวเรือน และลักษณะของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งราคาไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศได้ออกนอกเหนือขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้

#### 4.1 การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

ผลลัพธ์ในการทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของประชากรในตารางที่ 3.7 นั้นพบว่า จากการพยากรณ์ความสัมพันธ์ของอัตราการเพิ่มขึ้นของจีดีพี (GDP growth) และอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรในแต่ละกลุ่มรายได้นั้นมีอัตราความยืดหยุ่นของการเติบโตของกลุ่มรายได้สูง  $\alpha_H$  สูงถึง 1.3443 ซึ่งเกือบจะเป็นสองเท่าของความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตของกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลาง  $\alpha_L$  ที่มีค่าคือ 0.7865 ซึ่งตีความได้ว่าการเติบโตทางเศรษฐกิจนั้นมีผลกระทบต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของรายได้ในครัวเรือนและการปรับปรุงมาตรฐานของการดำรงชีพ โดยสัดส่วนของครัวเรือนในระดับรายได้ต่ำและปานกลางจะค่อยๆ ลดลงในแต่ละปี (หรือเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลง) ซึ่งครัวเรือนเหล่านี้จะเปลี่ยนขึ้นระดับรายได้ไปยังกลุ่มครัวเรือนที่เป็นครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้สูง



รูปที่ 4.1 อัตราส่วนครัวเรือนในแต่ละกลุ่มรายได้

โดยจากผลของการพยากรณ์ในตารางที่ 3.7 นั้นพบว่าสัดส่วนของครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูงต่อครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางในปีค.ศ. 2013 คือร้อยละ 0.459:0.541 ขณะที่สัดส่วนในปีค.ศ. 2030 คือ 0.578:0.422 ที่แสดงในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับรายได้ในแต่ละปี ซึ่งจะส่งผลต่อระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าอีกด้วย

จากความแตกต่างของพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าระหว่างกลุ่มครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนครัวเรือนในแต่ละระดับรายได้จะมีผลอย่างยิ่งต่อระดับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการครอบครองเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละชนิด โดยจะแตกต่างกันในแต่ละระดับรายได้ดังที่ได้ตั้งข้อสังเกตไว้ก่อนหน้านี้

ความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนในลักษณะพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าระหว่างครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงและครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางนั้นคือ การครอบครองจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและชั่วโมงการใช้งาน เช่นการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากตารางที่ 3.7 พบว่าในสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของครัวเรือนที่มีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 146,411 ครัวเรือน ในปี ค.ศ. 2013 เป็น 221,096 ครัวเรือน ในปี ค.ศ. 2030 คิดเป็นร้อยละ 50.9 แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในครัวเรือนเพิ่มขึ้นสูงถึง ร้อยละ 77.46 จาก 135.11GWh ในปี ค.ศ. 2013 เป็น 239.77GWh ในปี ค.ศ. 2030 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนครัวเรือนอย่างมาก แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรระหว่างกลุ่มรายได้ที่ก่อให้เกิดการเพิ่มการใช้ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาดังกล่าว การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัดส่วนครัวเรือนจากครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้ต่ำไปสู่กลุ่มที่มีรายได้สูงขึ้นนั้นยังเป็นการเพิ่มอัตราการใช้ของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามระดับชั้นรายได้ของครัวเรือนด้วย โดยการเพิ่มขึ้นของเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใหม่นั้นอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของครัวเรือนที่มีการเข้าถึงการใช้ไฟฟ้า อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงระดับรายได้ในทุกปีก็เป็นส่วนของการเพิ่มจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดตามพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มครัวเรือนอีกด้วย จากผลการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มครัวเรือนนั้นพบว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นต่ำกว่ากลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง โดยความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำ และปานกลางเพิ่มขึ้นจาก 194.78 GWh ในปี ค.ศ. 2013 เป็น 237.85 GWh ในปี ค.ศ. 2030 (ร้อยละ 22.11 หรือ ประมาณร้อยละ 1.30 ต่อปี) ขณะที่ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงเพิ่มขึ้นจาก 398.68 GWh ในปีค.ศ. 2013 เป็น 726.71 GWh ในปีค.ศ. 2030 (ร้อยละ 82.28 หรือประมาณ 4.84 ต่อปี) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 ที่แสดงรายละเอียดของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละปีของครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และกลุ่มครัวเรือนที่มี

รายได้สูงจําแนกตามประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) ซึ่งปริมาณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มรายได้นั้นได้เพิ่มขึ้นด้วยอัตราเดียวกันกับความต้องการของการใช้ไฟฟ้าไฟฟ้าโดยรวมคือร้อยละ 1.30 ต่อปีสำหรับกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และร้อยละ 4.84 ต่อปีสำหรับกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง โดยจะเห็นได้ชัดในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 ในลักษณะการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละปีของกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีผลอย่างสูงต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้าคือเครื่องปรับอากาศ ที่เป็นที่นิยมใช้ในการให้ความเย็นในกลุ่มของผู้มีรายได้สูงซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าอย่างสูง โดยภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) นั้นจะเป็นการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในแบบเดิมที่ใช้อยู่ โดยทั่วไปที่ยังไม่มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพขั้นต่ำซึ่งส่วนใหญ่จากข้อมูลที่ได้สำรวจมานั้นจะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำ



ตารางที่ 4.1 ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนโดยรวมในแขวงเวียงจันทน์  
ในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2018	2021	2024	2027	2030
1	ENT	26.02	26.84	27.63	30.34	33.19	35.78	38.42	41.02
2	AIR	135.11	140.31	145.38	162.73	181.10	200.13	219.92	239.77
3	FAN	30.05	30.94	31.80	34.75	37.83	40.50	43.21	45.85
4	Refrigerator	110.22	113.58	116.84	127.99	139.68	150.05	160.62	170.96
5	Freezer	4.70	4.85	5.00	5.50	6.03	6.52	7.02	7.51
6	Cooler	3.39	3.51	3.63	4.03	4.46	4.89	5.33	5.77
7	Water dispenser	29.55	30.50	31.42	34.59	37.91	40.99	44.15	47.27
8	Washing machine	17.16	17.75	18.33	20.29	22.36	24.36	26.42	28.47
9	Water pump	0.96	0.99	1.02	1.10	1.19	1.27	1.34	1.41
10	Vacuum machine	0.51	0.53	0.55	0.62	0.69	0.76	0.84	0.92
11	Sewing machine	0.73	0.74	0.75	0.80	0.84	0.86	0.88	0.89
12	Lamp-Incandescent	1.65	1.71	1.76	1.94	2.12	2.29	2.47	2.64
13	Lamp-Fluorescent	56.94	58.76	60.51	66.52	72.83	78.61	84.52	90.35
14	Lamp -Spotlight	0.76	0.79	0.82	0.92	1.03	1.15	1.27	1.39
15	Lamp - CFL	0.16	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23	0.24
16	Lamp - LED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
17	Rice cooker	26.48	27.29	28.07	30.75	33.56	36.05	38.59	41.07
18	Microwave	4.77	4.94	5.11	5.69	6.30	6.91	7.54	8.17
19	Electric pan	47.15	48.57	49.94	54.63	59.54	63.84	68.21	72.48
20	Iron	37.26	38.41	39.52	43.32	47.31	50.88	54.51	58.07
21	Hair dryer	1.20	1.24	1.29	1.43	1.58	1.74	1.89	2.05
22	Shower heater	27.75	28.86	29.93	33.60	37.50	41.60	45.87	50.17
23	UNT	18.81	19.36	19.90	21.74	23.67	25.33	27.02	28.67
24	OFC	12.11	12.50	12.88	14.18	15.55	16.81	18.11	19.38
<b>Total</b>		<b>593.46</b>	<b>613.16</b>	<b>632.27</b>	<b>697.66</b>	<b>766.51</b>	<b>831.55</b>	<b>898.42</b>	<b>964.56</b>

Unit: GWh/year

**ตารางที่ 4.2** ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

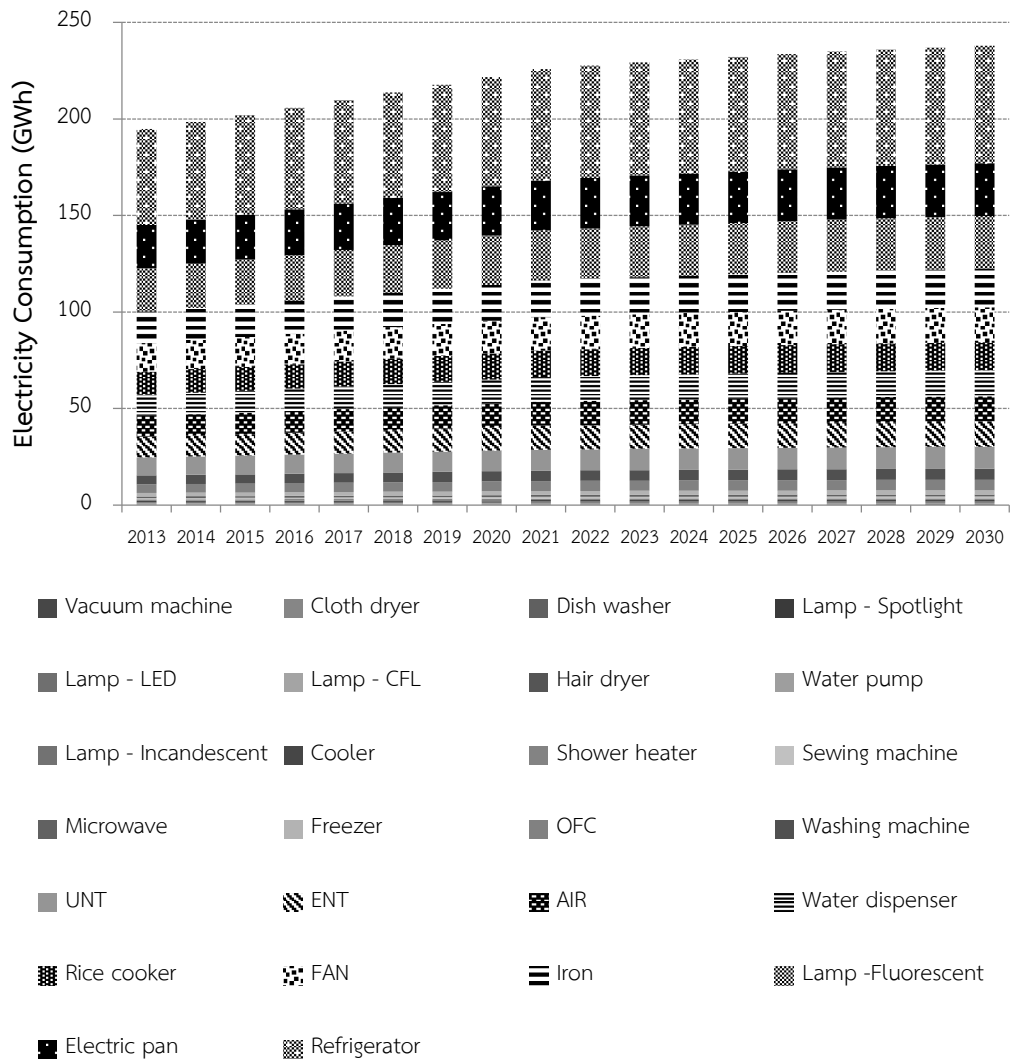
No.	Appliance	2013	2014	2015	2018	2021	2024	2027	2030
1	Entertainment	10.65	10.85	11.04	11.69	12.35	12.62	12.84	13.01
2	Air conditioner	10.82	11.02	11.22	11.87	12.54	12.82	13.04	13.21
3	Fan	14.83	15.11	15.37	16.27	17.19	17.56	17.88	18.11
4	Refrigerator	49.77	50.70	51.59	54.62	57.70	58.95	60.01	60.77
5	Freezer	1.75	1.78	1.82	1.92	2.03	2.08	2.11	2.14
6	Cooler	0.67	0.68	0.69	0.74	0.78	0.79	0.81	0.82
7	Water dispenser	10.95	11.16	11.35	12.02	12.70	12.97	13.21	13.37
8	Washing machine	4.67	4.76	4.85	5.13	5.42	5.54	5.64	5.71
9	Water pump	0.59	0.60	0.61	0.64	0.68	0.69	0.71	0.72
10	Sewing machine	0.73	0.74	0.75	0.80	0.84	0.86	0.88	0.89
11	Lamp - Incandescent	0.62	0.63	0.64	0.68	0.71	0.73	0.74	0.75
12	Lamp -Fluorescent	22.36	22.78	23.18	24.54	25.92	26.48	26.96	27.30
13	Lamp - Spotlight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Lamp - CFL	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
15	Lamp - LED	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Rice cooker	11.96	12.18	12.40	13.12	13.86	14.16	14.42	14.60
17	Microwave	0.87	0.89	0.90	0.96	1.01	1.03	1.05	1.07
18	Electric pan	22.39	22.81	23.21	24.57	25.96	26.52	26.99	27.34
19	Iron	16.35	16.66	16.95	17.95	18.96	19.37	19.72	19.97
20	Hair dryer	0.23	0.24	0.24	0.26	0.27	0.28	0.28	0.28
21	Shower heater	0.70	0.72	0.73	0.77	0.82	0.83	0.85	0.86
22	Electric cooking	9.33	9.50	9.67	10.24	10.82	11.05	11.25	11.39
23	Communication	4.48	4.56	4.64	4.92	5.19	5.31	5.40	5.47
<b>Total</b>		<b>194.78</b>	<b>198.45</b>	<b>201.94</b>	<b>213.78</b>	<b>225.85</b>	<b>230.74</b>	<b>234.86</b>	<b>237.85</b>

Unit: GWh/year

**ตารางที่ 4.3** ภาพพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงในกรณีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

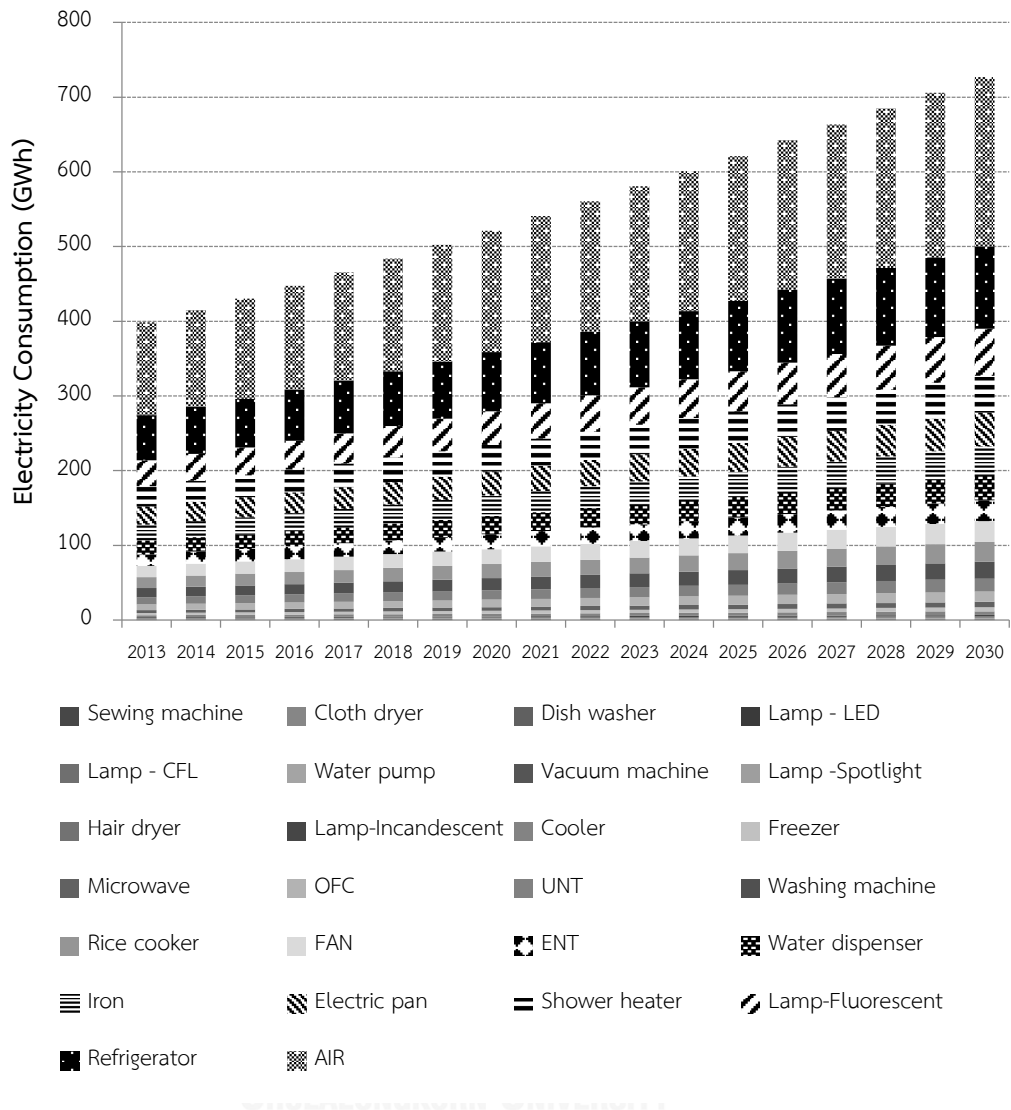
No.	Appliance	2013	2014	2015	2018	2021	2024	2027	2030
1	Entertainment	15.37	15.99	16.59	18.65	20.84	23.16	25.58	28.01
2	Air conditioner	124.29	129.29	134.16	150.85	168.56	187.31	206.87	226.56
3	Fan	15.22	15.83	16.43	18.47	20.64	22.94	25.33	27.74
4	Refrigerator	60.45	62.88	65.25	73.37	81.98	91.10	100.61	110.19
5	Freezer	2.95	3.07	3.18	3.58	4.00	4.44	4.91	5.37
6	Cooler	2.72	2.83	2.93	3.30	3.69	4.10	4.52	4.96
7	Water dispenser	18.59	19.34	20.07	22.57	25.22	28.02	30.95	33.89
8	Washing machine	12.49	12.99	13.48	15.16	16.94	18.82	20.79	22.76
9	Water pump	0.38	0.39	0.41	0.46	0.51	0.57	0.63	0.69
10	Sewing machine	0.51	0.53	0.55	0.62	0.69	0.76	0.84	0.92
11	Lamp - Incandescent	1.04	1.08	1.12	1.26	1.41	1.56	1.73	1.89
12	Lamp -Fluorescent	34.59	35.98	37.33	41.98	46.91	52.12	57.57	63.05
13	Lamp - Spotlight	0.76	0.79	0.82	0.92	1.03	1.15	1.27	1.39
14	Lamp - CFL	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15
15	Lamp - LED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
16	Rice cooker	14.52	15.11	15.68	17.63	19.70	21.89	24.17	26.47
17	Microwave	3.90	4.06	4.21	4.73	5.29	5.88	6.49	7.11
18	Electric pan	24.76	25.76	26.73	30.06	33.58	37.32	41.22	45.14
19	Iron	20.90	21.74	22.56	25.37	28.35	31.50	34.79	38.10
20	Hair dryer	0.97	1.01	1.05	1.18	1.31	1.46	1.61	1.77
21	Shower heater	27.05	28.14	29.20	32.83	36.68	40.77	45.02	49.31
22	Electric cooking	9.48	9.86	10.23	11.50	12.85	14.28	15.78	17.28
23	Communication	7.63	7.94	8.24	9.27	10.35	11.50	12.71	13.91
<b>Total</b>		<b>398.68</b>	<b>414.71</b>	<b>430.34</b>	<b>483.88</b>	<b>540.66</b>	<b>600.81</b>	<b>663.56</b>	<b>726.71</b>

Unit: GWh/year



รูปที่ 4.2 ลักษณะความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง





รูปที่ 4.3 ลักษณะความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง

## 4.2 การพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในกรณีของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency case)

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้เป็นการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปีค.ศ. 2011 ของประเทศไทย ได้แก่เครื่องปรับอากาศ และหลอดไฟฟ้า ซึ่งเป็นกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีผลกระทบสูงต่อการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในแต่ละกลุ่มระดับรายได้ โดยศักยภาพของการลดการใช้ไฟฟ้านั้นจะสามารถคำนวณได้จากขนาดโดยเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้า (ACP) ที่ลดลงไป ซึ่งมีผลต่อการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง

จากที่ได้กล่าวไปแล้ว พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในด้านอื่นๆเช่นระยะเวลาการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า (AUH) และจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนโดยเฉลี่ย (AAN) นั้นจะไม่นำมาคำนวณถึงศักยภาพการลดการใช้พลังงานในครั้งนี้ เนื่องจากอยู่นอกเนื้อหาของขอบเขตของงานวิจัยที่มุ่งเน้นที่จะวิเคราะห์ในด้านการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปีค.ศ. 2011 ของประเทศไทย

### 4.2.1 ประสิทธิภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี ค.ศ. 2011

ในการแบ่งเกณฑ์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น ได้กำหนดให้มีการแบ่งเกณฑ์เป็นประสิทธิภาพเป็นไปตามค่าประสิทธิภาพพลังงานหรือ Energy Efficiency Ratio (EER) ที่สามารถคำนวณได้จากการหารขีดความสามารถทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (BTU/Hr) ด้วยจำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ (Watt) ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณค่าประสิทธิภาพพลังงาน EER นั้นได้จากสมการ (19) ที่เป็นการคำนวณตามมาตรฐานของไทย

$$\text{EER (BTU/hr/W)} = \text{Size (BTU/hr)} / \text{Capacity (W)} \quad (19)$$

โดยเกณฑ์การแบ่งระดับประสิทธิภาพพลังงาน EER ตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าปีค.ศ. 2011 นั้นได้แสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือเบอร์ 5 ที่มีมาตรฐานกำหนดให้เครื่องปรับอากาศที่มีจำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้(Watt) น้อยกว่า 8000 วัตต์ ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงาน EER มากกว่า 11.60 และเครื่องปรับอากาศที่มีจำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ (Watt) มากกว่า 8000 วัตต์ แต่น้อยกว่า 12000 วัตต์ ต้องมีค่าประสิทธิภาพพลังงาน EER มากกว่า 11.00

**ตารางที่ 4.4** เกณฑ์ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ  
ตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าปี 2011

Capacity	Energy Efficiency Ratio (EER: BTU/hr/W)		
	No.3	No.4	No.5
Not over 8000W	10.60-10.99	11.00-11.59	more than 11.60
8000-12000W	9.60-10.59	10.60-10.99	more than 11.00

จากข้อมูลตัวอย่างของเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 210 เครื่องหรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.14 ต่อครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ ในการใช้เครื่องปรับอากาศในครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์ นั้นพบว่าทั้งในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และครัวเรือนในกลุ่มที่มีรายได้สูงนั้นไม่ได้มีการใช้เครื่องปรับอากาศที่ผ่านมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี ค.ศ. 2011 ของประเทศไทย เลย ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางจะมีการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ที่ 6.19 และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นมีการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER โดยเฉลี่ยคือ 5.94 โดยจากกลุ่มตัวอย่างสามารถใช้เกณฑ์การประหยัดไฟฟ้ามาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี ค.ศ. 2011 ที่ต้องมีค่า ERR มากกว่า 11.60 เนื่องจากเครื่องปรับอากาศทั้งหมดนั้นเป็นเครื่องปรับอากาศกลุ่มที่มีจำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้น้อยกว่า 8000 วัตต์

จากข้อมูลของสภาวิศวกร ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในประเทศไทยนั้นได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้าน การใช้ระบบอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยการปรับรอบของคอมเพรสเซอร์ ทำให้การควบคุมอุณหภูมิสม่ำเสมอขึ้นและการใช้คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี ซึ่งจะทำให้ประหยัดไฟมากกว่า และไม่เกิดไฟกระชาก ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบการลดการใช้ไฟฟ้า หลังจากมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่ผ่านมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของไทยในทุกครัวเรือนแล้ว จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้กว่าร้อยละ 46.57 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 48.77 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง โดยจากที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ถึงรูปแบบสัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานนั้นจะเป็นไปตามสมการที่ (4) และ (5) ซึ่งจะเป็นไปตามแบบลักษณะของ S-Shaped curve ตามกราฟที่ 3.4

#### 4.2.2 ประสิทธิภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้หลอดประหยัดไฟตามมาตรฐานของประเทศไทย

ระบบการให้แสงสว่างนั้นเป็นอีกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ให้ความสำคัญในงานวิจัยนี้เนื่องจากพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนของแขวงเวียงจันทน์นั้นพบว่าในกลุ่มประชากรตัวอย่าง มีการใช้หลอดไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานเป็นจำนวนที่น้อยมากคิดเป็นร้อยละ 2.17 จากข้อมูลกลุ่ม

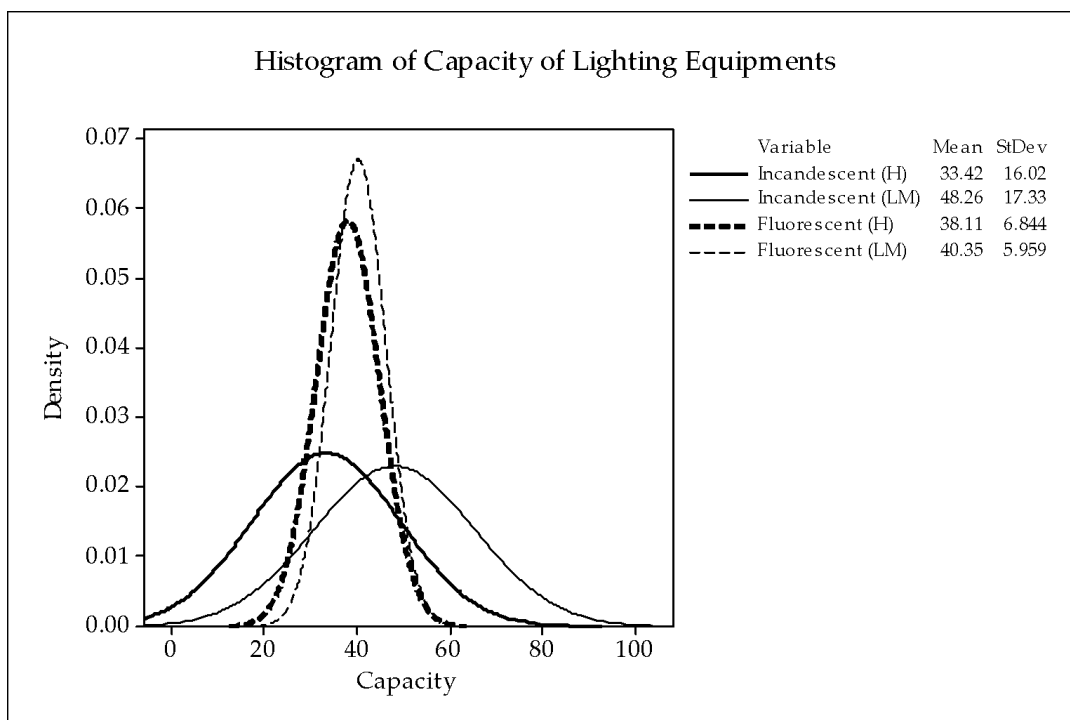
ตัวอย่าง ซึ่งในปัจจุบันในสปป.ลาวมีการใช้หลอดไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่เป็นแบบ incandescent bulbs 40W หรือหลอดไส้ 40 วัตต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ (Fluorescent T12 40W) ที่ยังไม่ได้มาตรฐาน

โดยจากข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจนั้นพบว่ามีจำนวนของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ ทั้งหมด 2,149 ตัวอย่าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.47 ต่อครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ และหลอดไส้ 40 วัตต์ ทั้งหมด 374 ตัวอย่าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.26 ต่อครัวเรือนทั้งหมดในแขวงเวียงจันทน์ ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่โดยเฉลี่ยแสดงในรูปที่ 4.4

อีกเหตุผลสำคัญในการพิจารณาเลือกหลอดไฟฟ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะนำมาพิจารณาการเพิ่มศักยภาพการใช้ไฟฟ้าคือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้านั้นเป็นเรื่องง่ายจะที่สามารถเปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟ้าที่มีมาตรฐานได้เลย ซึ่งได้กำหนดสมมุติฐานในการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าตามมาตรฐานของไทยคือการเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ ที่ใช้อยู่มาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) ตามมาตรฐานของประเทศไทย โดยหลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพค T5 28 วัตต์ และหลอดไส้ 40 วัตต์ หรือ incandescent bulbs 40W เปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) ตามมาตรฐานของประเทศไทย โดยหลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพค T5 28 วัตต์ นั้นเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเดิมคือ

- 1) หลอดคอมแพค T5 ประหยัดไฟกว่าหลอด T12 กว่าร้อยละ 60 เนื่องจากหลอดคอมแพค T5 มีประสิทธิภาพแสงสูงกว่าหลอด T12 ทำให้กินไฟน้อยกว่าที่ความสว่างเท่ากัน
- 2) หลอดคอมแพคใหม่ T5 (28 วัตต์) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าจึงใช้วัสดุและสารปรอทน้อยกว่าหลอดคอมแพค T8 (36 วัตต์) และหลอดอ้วน T12 (40 วัตต์)
- 3) หลอดคอมแพค T5 มีอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lumen maintenance) ประมาณ 95% เมื่อใช้งานไป 2,000 ชั่วโมงสูงกว่าหลอด T8 และ T12 เนื่องจากใช้สารเรืองแสงแบบ Tri-phosphors ในขณะที่หลอด T8 และ T12 ใช้สาร Halophosphors ผสมกับ Tri-phosphors
- 4) หลอดคอมแพค T5 มีขนาดเล็กกว่าหลอด T8 จึงใช้พื้นที่ในการเก็บและระวางขนส่งน้อยกว่าหลอด T8 ถึงร้อยละ 60 รวมทั้งใช้วัตถุดิบในการผลิตน้อยกว่าเมื่อหมดอายุใช้งานจึงก่อมลภาวะน้อยกว่าด้วย

โดยในหลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบ (CFL) นั้นเป็นเทคโนโลยีการให้แสงสว่างที่เป็นแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แทนหลอดไส้ สามารถประหยัดพลังงานได้ 75 – 80% ซึ่งรัฐบาล สปป.ลาว ได้เริ่มมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้ประชาชนได้ใช้ใน



**รูปที่ 4.4** ขนาดจำนวนกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของแขวงเวียงจันทน์

ครัวเรือนแล้วซึ่งจะส่งผลต่อการลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าได้ดีและหลอดคอมตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) นั้นจะมีการลดการใช้ไฟฟ้าได้อย่างสูงเมื่อเทียบหลอดไฟฟ้าที่ใช้อยู่เดิม

ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบการลดการใช้ไฟฟ้าในกรณีของการเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ ที่ใช้อยู่มาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอม T5 28 วัตต์ ของไทยแล้วก็พบว่าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 32.21 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 30.71 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และเมื่อพิจารณากรณีของการเปลี่ยนจากการใช้หลอดไส้ 40 วัตต์ หรือ incandescent bulbs 40W เป็นหลอดคอมตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) โดยการพิจารณาประสิทธิภาพการให้แสงสว่างในปริมาณเท่าเดิมนั้นพบว่าจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 79.87 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางและสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 80.08 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง โดยมีรูปแบบสัดส่วนของการเปลี่ยนมาใช้เป็นไปตามสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ซึ่งจะนำไปตามแบบลักษณะของ S-Shaped curve ตามกราฟที่ 3.5 ทั้ง 2 ชนิดของหลอดไฟฟ้างดที่กล่าวไปแล้ว\*

\*หมายเหตุ: ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้มีการใช้หลอด LED (light-emitting diode) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีด้านการให้แสงสว่างที่ประหยัดไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนจากฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ จากกลุ่มตัวอย่างที่สำรวจมานั้นจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 77.51 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำ

และปานกลาง และ 77.01 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงและเมื่อพิจารณากรณีของการเปลี่ยนจากการใช้หลอดไส้ 40 วัตต์ เป็นหลอดไฟฟ้าแบบ LED แล้วจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 84.39 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และ 84.32 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง

#### 4.3 การเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐาน

ในการคำนวณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในภาคครัวเรือนในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานนั้น จำเป็นต้องเพิ่มการคำนวณในส่วนของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานเข้าไปด้วย โดยความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในครัวเรือนในแต่ละปีนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (20)

$$ED_t = \sum_{i,j} \frac{EHH_{i,t} \times (E_j + e_j) \times AUH_{i,j} \times 52 \times Adj_i}{1000} \quad (20)$$

$$E_j = (AAN_{i,j} \times S_{i,j}) \times (ACP_{i,j} \times (1 - S_{i,j})) \quad (21)$$

$$e_j = (AAN_{i,j} - (AAN_{i,j} \times S_{i,j})) \times ACP_{i,j} \quad (22)$$

โดย  $E_j$  คือลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ (energy efficiency case of appliance  $j$ )

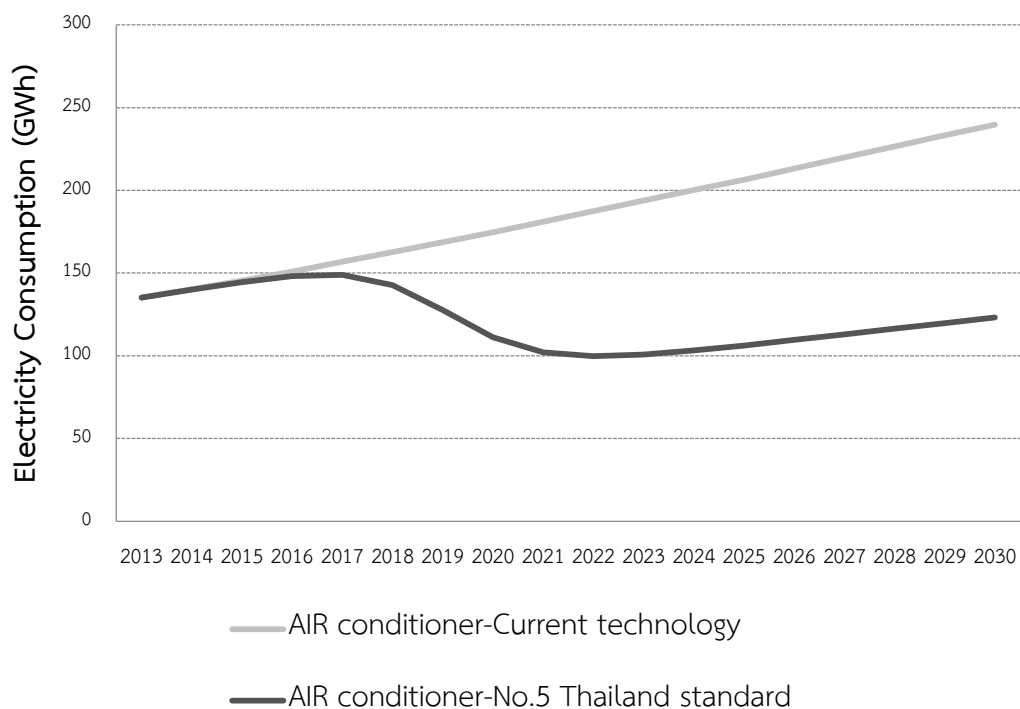
$e_j$  คือลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในรูปแบบการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในแบบปัจจุบัน (current using behavior of appliance  $j$ )

$S_{i,j}$  อัตราการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในแต่ละปี (penetration rate of appliance  $j$  at year  $t$ )

ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี ค.ศ. 2011 ของประเทศไทยนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 – 2030

##### 4.3.1 ศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

จากที่ได้กล่าวไปแล้วสำหรับเกณฑ์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ตามมาตรฐานของประเทศไทยที่ต้องมีค่า EER หรือค่าประสิทธิภาพพลังงานมากกว่า 11.60 ในประเภทเครื่องปรับอากาศที่มีจำนวนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องใช้ (Watt) น้อยกว่า 8000 วัตต์ ซึ่งจากข้อมูลการ



รูปที่ 4.5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศ

สำรวจไม่พบว่ามีการใช้เครื่องปรับอากาศที่ผ่านมาตรฐานเบอร์ 5 เลย โดยเมื่อทำการวิเคราะห์และพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศในแต่ละกลุ่มระดับรายได้แล้วพบว่า

ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงซึ่งมีพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศในจำนวนที่สูงหรือคิดเป็นร้อยละ 30.20 นั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในปีค.ศ.2030 จาก 226.56 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 116.06 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 110.49 GWh หรือร้อยละ 48.77 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 2.87 ต่อปี

เช่นเดียวกันสำหรับกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปีค.ศ. 2011 ของประเทศไทยแล้วจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในปีค.ศ.2030 จาก 13.21 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 7.06 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 6.15 GWh หรือร้อยละ 46.57 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 2.74 ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่ามี

ปริมาณการลดการใช้ไฟฟ้าในจำนวนที่ไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง เนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก และยังมีอัตราการการลดลงของครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ซึ่งครัวเรือนเหล่านั้นได้พัฒนาไปยังกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง จากการพัฒนาการเติบโตด้านเศรษฐกิจ

โดยในตารางที่ 4.5 ได้แสดงการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในแต่ละปี เมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปีค.ศ. 2011 ซึ่งโดยรวมแล้วจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในปีค.ศ.2030 จาก 239.77 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 123.12 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 116.65 GWh หรือร้อยละ 48.65 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 2.86 ต่อปี ซึ่งลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศจะเป็นไปตามรูปที่ 4.5

และรายละเอียดของการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.9



ตารางที่ 4.5 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้  
เครื่องปรับอากาศที่มีมาตรฐาน

Year	Baseline	Energy efficiency case :	
	case	Applying for air conditioner-No.5 Thailand standard	Saving
2013	135.11	135.11	0.00 (-0.00%)
2014	140.31	140.01	0.30 (-0.21%)
2015	145.38	144.46	0.92 (-0.63%)
2016	150.94	148.19	2.75 (-1.82%)
2017	156.80	148.94	7.85 (-5.01%)
2018	162.73	142.70	20.02 (-12.31%)
2019	168.71	127.70	41.01 (-24.31%)
2020	174.71	111.27	63.44 (-36.31%)
2021	181.10	102.12	78.98 (-43.61%)
2022	187.43	99.71	87.72 (-46.80%)
2023	193.78	100.78	93.00 (-47.99%)
2024	200.13	103.24	96.89 (-48.41%)
2025	206.47	106.21	100.26 (-48.56%)
2026	213.20	109.56	103.64 (-48.61%)
2027	219.92	112.97	106.95 (-48.63%)
2028	226.58	116.37	110.21 (-48.64%)
2029	233.20	119.76	113.44 (-48.64%)
2030	239.77	123.12	116.65 (-48.65%)

Unit: GWh/year

#### 4.3.2 ศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า (Lighting)

จากการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในการให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าในเทคโนโลยีปัจจุบันที่ใช้อยู่ในแขวงเวียงจันทน์ที่เป็นแบบหลอดไส้ 40 วัตต์ (incandescent bulbs 40W) และฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ (fluorescent T12 40W) นั้นจะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในปีค.ศ.2030 ถึง 92.99 GWh แบ่งเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้า 28.05 GWh ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และ 64.94 GWh ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง เนื่องจากหลอดไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันในครัวเรือนส่วนใหญ่ของแขวงเวียงจันทน์นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ล้าสมัย ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ ที่ใช้อยู่มาเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดผอม T5 28 วัตต์ นั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจาก 90.35 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 62.19 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 28.15 GWh หรือร้อยละ 31.16 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.83 ต่อปี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.6

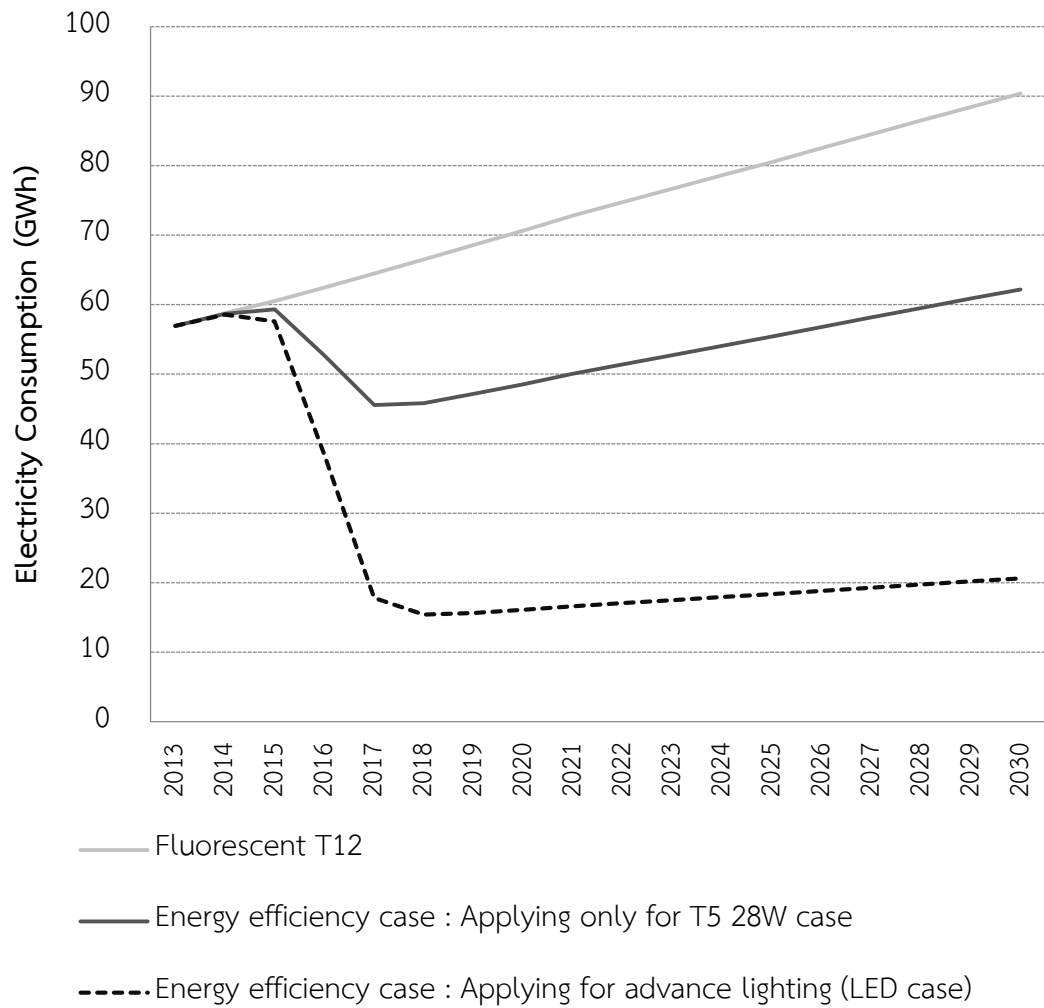
โดยในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจาก 27.30 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 18.51 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 28.15 GWh หรือร้อยละ 8.79 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.89 ต่อปี และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจาก 63.05 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 43.69 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 19.36 GWh หรือร้อยละ 30.71 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.81 ต่อปี โดยรูปแบบและลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดผอม T5 28 วัตต์ ได้แสดงในรูปที่ 4.6

นอกเหนือจากการเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดผอม T5 28 วัตต์แล้ว เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แล้ว จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในกรณีของการเปลี่ยนจากฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ ได้ถึง 43.69 GWh หรือร้อยละ 77.61 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.54 ต่อปี

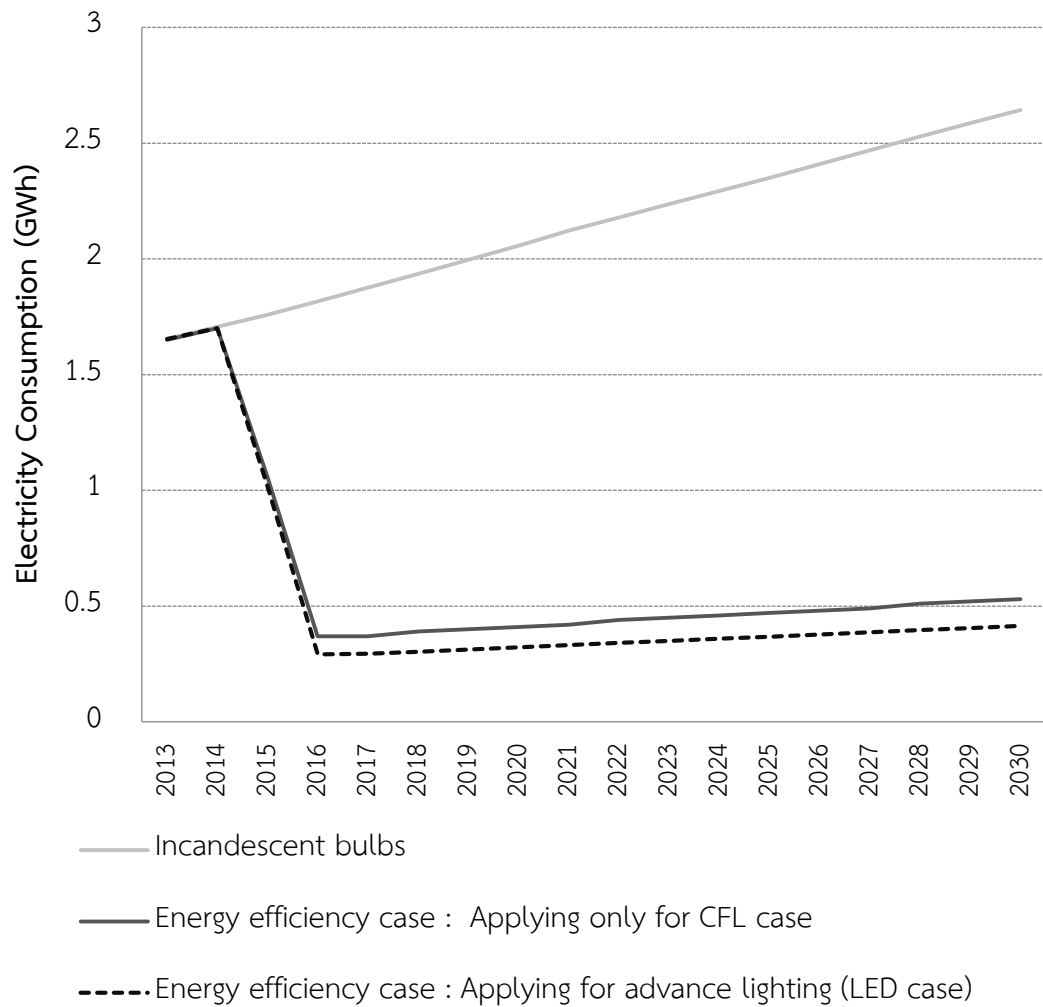
**ตารางที่ 4.6** ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมพิจารณาการเปลี่ยนจากฟลูออเรสเซนต์ T12 (40 วัตต์) มาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) และหลอด LED

Year	Baseline case :	Energy efficiency case :	Energy efficiency case :
	Fluorescent T12	Applying only for T5 28W case	Applying only for LED case
2013	56.94	56.94	56.94
		(-0.00%)	(-0.00%)
2014	58.76	58.67	58.55
		(-0.15%)	(-0.35%)
2015	60.51	59.32	57.58
		(-1.96%)	(-4.84%)
2016	62.44	52.68	38.34
		(-15.64%)	(-38.60%)
2017	64.47	45.57	17.82
		(-29.31%)	(-72.36%)
2018	66.52	45.81	15.40
		(-31.13%)	(-76.85%)
2019	68.57	47.15	15.66
		(-31.24%)	(-77.17%)
2020	70.63	48.56	16.11
		(-31.24%)	(-77.19%)
2021	72.83	50.08	16.61
		(-31.24%)	(-77.19%)
2022	74.77	51.42	17.06
		(-31.23%)	(-77.19%)
2023	76.69	52.75	17.50
		(-31.22%)	(-77.18%)
2024	78.61	54.07	17.94
		(-31.22%)	(-77.18%)
2025	80.51	55.39	18.38
		(-31.21%)	(-77.18%)
2026	82.53	56.78	18.84
		(-31.20%)	(-77.17%)
2027	84.52	58.16	19.30
		(-31.18%)	(-77.17%)
2028	86.49	59.53	19.75
		(-31.17%)	(-77.17%)
2029	88.43	60.87	20.20
		(-31.17%)	(-77.16%)
2030	90.35	62.19	20.63
		(-31.16%)	(-77.16%)

Unit: GWh/year



รูปที่ 4.6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอม T5 28 วัตต์ และหลอด LED



รูปที่ 4.7 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) และหลอด LED

ตารางที่ 4.7 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมพิจารณาการเปลี่ยนจากหลอดไส้ 40 วัตต์เป็นหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 และหลอด LED

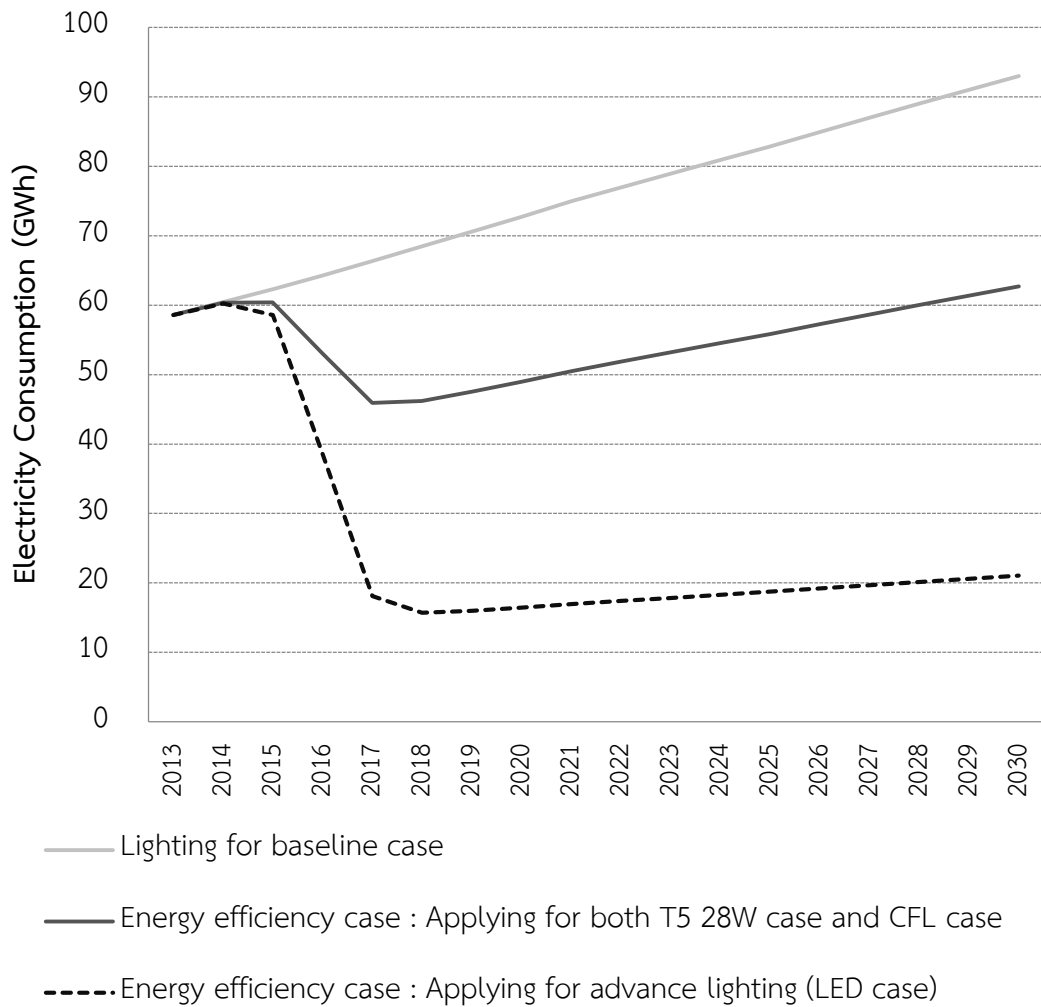
Year	Baseline case : Incandescent	Energy efficiency case : CFL case	Energy efficiency case : Applying only for LED case
2013	1.65	1.65 (-0.00%)	1.65 (-0.00%)
2014	1.71	1.70 (-0.58%)	1.70 (-0.55%)
2015	1.76	1.06 (-39.77%)	1.02 (-42.22%)
2016	1.82	0.37 (-79.67%)	0.29 (-84.01%)
2017	1.88	0.37 (-80.32%)	0.29 (-84.38%)
2018	1.94	0.39 (-79.90%)	0.30 (-84.38%)
2019	2.00	0.40 (-80.00%)	0.31 (-84.38%)
2020	2.06	0.41 (-80.10%)	0.32 (-84.37%)
2021	2.12	0.42 (-80.19%)	0.33 (-84.33%)
2022	2.18	0.44 (-79.82%)	0.34 (-84.35%)
2023	2.24	0.45 (-79.91%)	0.35 (-84.37%)
2024	2.29	0.46 (-79.91%)	0.36 (-84.32%)
2025	2.35	0.47 (-80.00%)	0.37 (-84.34%)
2026	2.41	0.48 (-80.08%)	0.38 (-84.34%)
2027	2.47	0.49 (-80.16%)	0.39 (-84.34%)
2028	2.53	0.51 (-79.84%)	0.40 (-84.35%)
2029	2.59	0.52 (-79.92%)	0.41 (-84.36%)
2030	2.64	0.53 (-79.92%)	0.41 (-84.32%)

Unit: GWh/year

เช่นเดียวกันในกรณีของการเปลี่ยนหลอดไส้ 40 วัตต์ (incandescent bulbs 40W) เป็นหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) ตามมาตรฐานของประเทศไทย ซึ่งกรณีนี้เป็นเทคโนโลยีที่รัฐบาลสปป.ลาว ได้มีแผนการสนับสนุนและส่งเสริมให้ใช้ในครัวเรือน โดยจากการทำการวิเคราะห์และพยากรณ์นั้นพบว่าจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในปีค.ศ.2030 จาก 2.64 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 0.53 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 2.12 GWh หรือร้อยละ 79.95 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.70 ต่อปี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7

โดยในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางนั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในปีค.ศ.2030 จาก 0.75 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 0.15 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 0.60 GWh หรือร้อยละ 79.87 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.70 ต่อปี และกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในปีค.ศ. 2030 จาก 1.89 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 0.38 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าแบบหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 1.51 GWh หรือร้อยละ 80.08 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.71 ต่อปี โดยรูปแบบและลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 นั้นได้แสดงในรูปที่ 4.7 และ นอกเหนือจากการเปลี่ยนเป็นหลอด CFL แล้วเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แล้ว จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในกรณีของการเปลี่ยนจากหลอดไส้ 40 วัตต์ ได้ถึง 2.23 GWh หรือร้อยละ 84.34 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.96 ต่อปี

เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพของการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งการเปลี่ยนจากฟลูออเรสเซนต์ T12 40 วัตต์ที่ใช้อยู่มาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบหลอดผอม T5 (28 วัตต์) และการเปลี่ยนจากหลอดไส้ 40 วัตต์เป็นหลอดคอมแพคตะเกียบเบอร์ 5 (CFL) ตามมาตรฐานของประเทศไทยแล้วพบว่าสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในการให้แสงสว่าง (Lighting) จาก 92.99 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 62.72 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 30.27 GWh หรือร้อยละ 32.55 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.91 ต่อปี และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าทั้งหมดเป็นหลอด LED แล้ว จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมได้ถึง 71.94 GWh หรือร้อยละ 77.97 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 4.55 ต่อปีดังตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟฟ้าตามมาตรฐานประสิทธิภาพของไทย



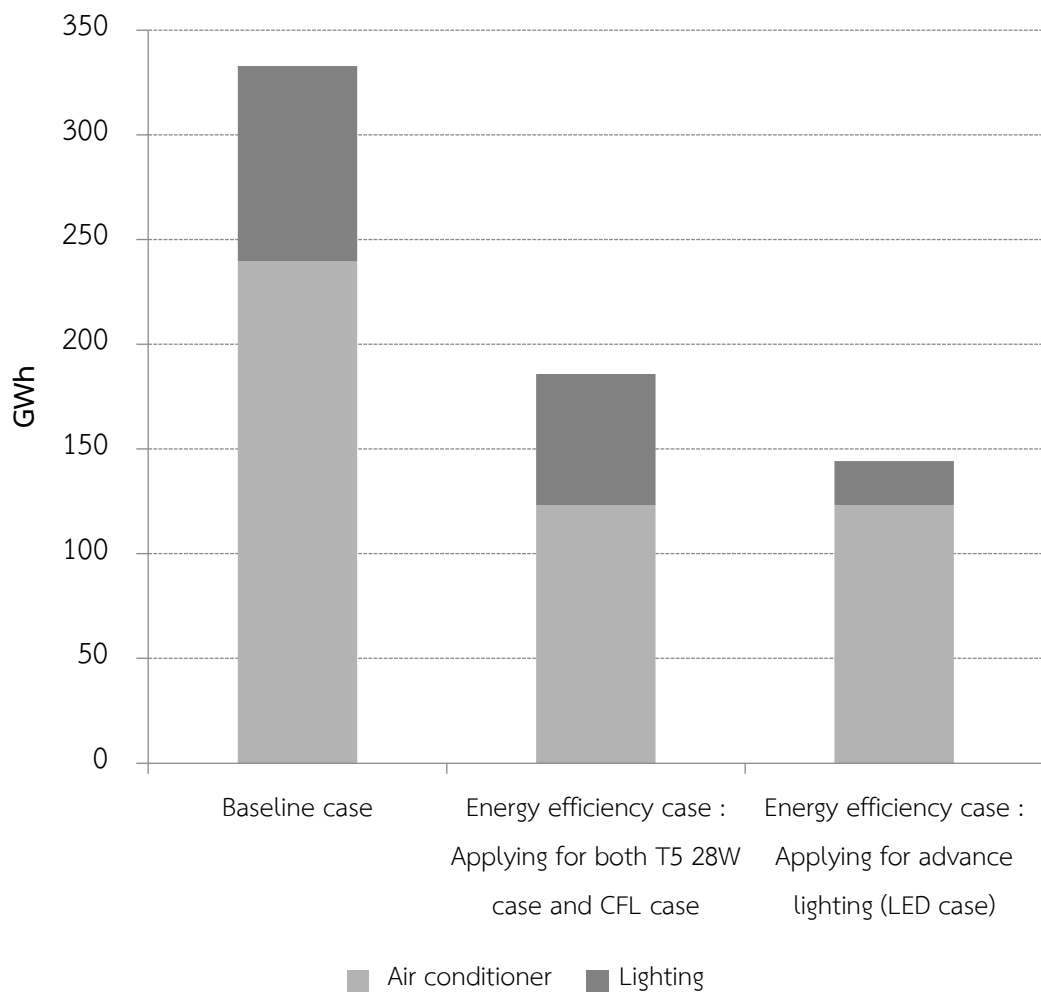
ตารางที่ 4.8 ตารางการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมกรณีการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า  
ที่มีประสิทธิภาพสูง

Year	Lighting for baseline case	Energy efficiency case :	
		Applying for both T5 28W case and CFL case	Applying for advance lighting (LED case)
2013	58.59	58.59	58.60
		(-0.00%)	(-0.00%)
2014	60.47	60.37	60.25
		(-0.16%)	(-0.36%)
2015	62.27	60.38	58.60
		(-3.03%)	(-5.89%)
2016	64.26	53.05	38.63
		(-17.45%)	(-39.88%)
2017	66.35	45.94	18.11
		(-30.76%)	(-72.70%)
2018	68.46	46.20	15.70
		(-32.51%)	(-77.07%)
2019	70.57	47.55	15.97
		(-32.62%)	(-77.37%)
2020	72.69	48.97	16.43
		(-32.63%)	(-77.39%)
2021	74.95	50.50	16.95
		(-32.63%)	(-77.39%)
2022	76.95	51.86	17.40
		(-32.61%)	(-77.39%)
2023	78.93	53.20	17.85
		(-32.60%)	(-77.38%)
2024	80.90	54.53	18.30
		(-32.59%)	(-77.38%)
2025	82.86	55.86	18.74
		(-32.59%)	(-77.38%)
2026	84.94	57.26	19.22
		(-32.59%)	(-77.38%)
2027	86.99	58.65	19.68
		(-32.57%)	(-77.37%)
2028	89.02	60.04	20.15
		(-32.56%)	(-77.37%)
2029	91.02	61.39	20.60
		(-32.55%)	(-77.37%)
2030	92.99	62.72	21.05
		(-32.55%)	(-77.37%)

Unit: GWh/year

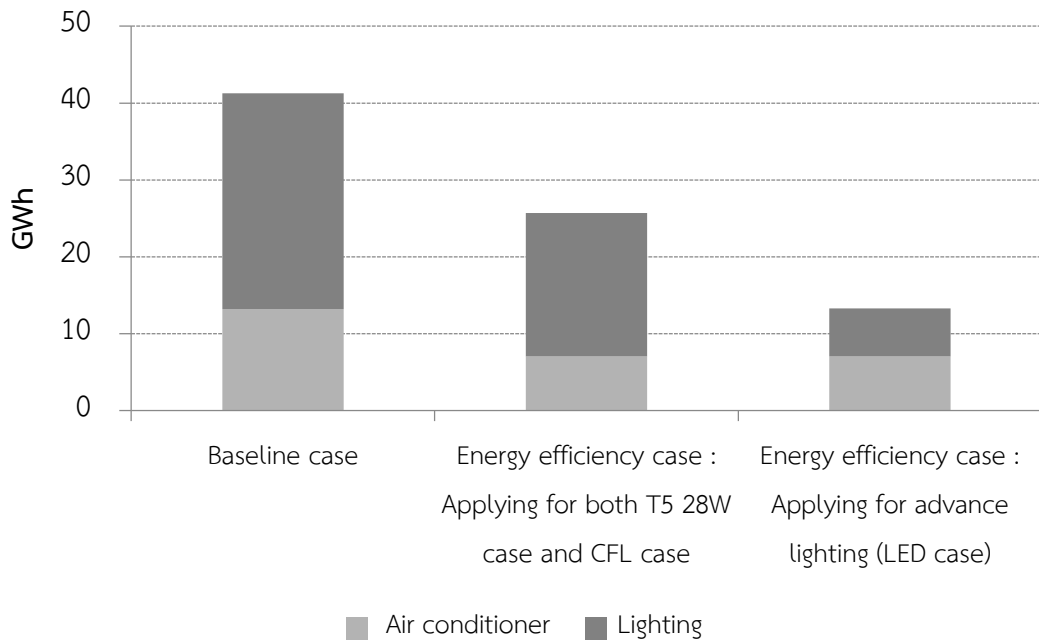
เมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งสามประเภทที่มีมาตรฐาน ตามเกณฑ์มาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปี 2011 ของประเทศไทยในรูปแบบตัว S (S-Shaped curve) นั้นได้พบว่าในปี ค.ศ. 2030 จะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนโดยรวมของเวียงจันทน์ จาก 964.56 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 817.65 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 146.91 GWh หรือร้อยละ 15.23 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.9 ต่อปี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.9 โดยในปีค.ศ. 2030 กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้น้อยและปานกลางนั้น จะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจาก 237.85 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 222.31 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 15.55 GWh หรือร้อยละ 6.54 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.38 ต่อปี และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงจะสามารถลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมจาก 726.71 GWh ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) เป็น 595.34 GWh ในกรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case) โดยมีความต้องการของการใช้ไฟฟ้าลดลง 131.37 GWh หรือร้อยละ 18.08 คิดเป็นการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.06 ต่อปี

จากการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานตามมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของประเทศไทยนั้นจะสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนหลังจากที่มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานนั้นๆครบในทุกครัวเรือน เช่น ในปีค.ศ. 2020 ที่ได้กำหนดให้เป็นปีที่ครบอายุการใช้งานของหลอดไฟแบบเดิมและมีการเปลี่ยนเป็นหลอดไฟที่มีมาตรฐานทั้งหมดหรือในปีค.ศ. 2024 ที่เป็นปีที่ครบอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศในเทคโนโลยีเดิมแล้วมีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของประเทศไทย โดยการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในปีค.ศ. 2030 ของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิดนั้นแสดงในรูปที่ 4.9 และการเปรียบเทียบศักยภาพการลดการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด ในปีค.ศ. 2030 แบ่งตามระดับชั้นรายได้ ได้แสดงในรูปที่ 4.10 และ รูปที่ 4.11 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้น้อยและปานกลาง และในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ

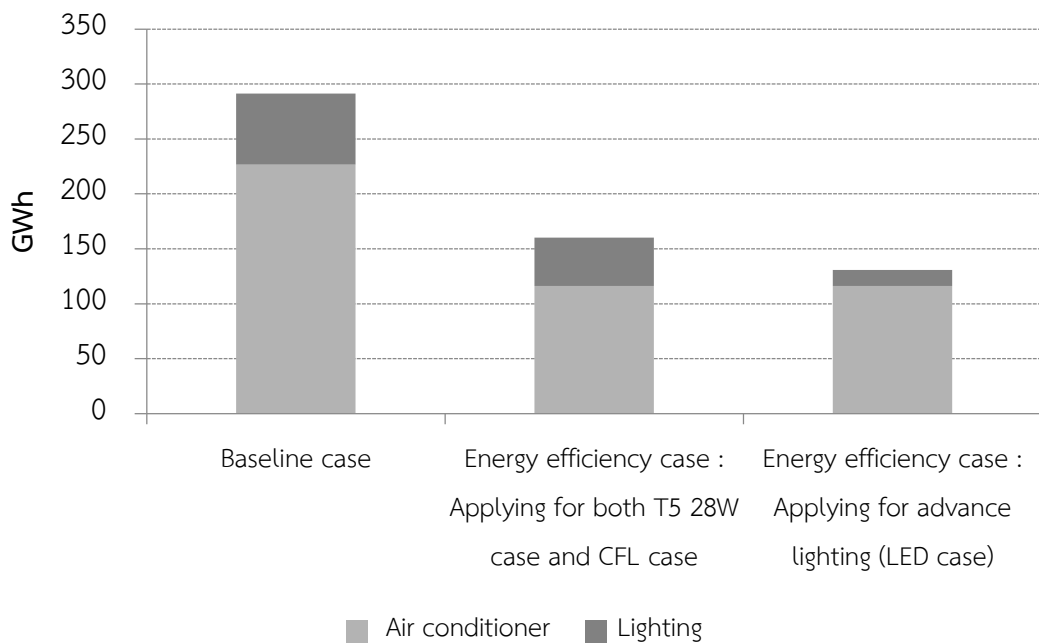


CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทยในปี ค.ศ. 2030



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในปี ค.ศ. 2030 (กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง)



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนในเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดในปี ค.ศ.2030 (กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง)

ตารางที่ 4.9 ศักยภาพภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทย

Year	Low-and-middle-income group				High-income group			
	Lighting (T5+CFL)	Air	Others	Total	Lighting (T5+CFL)	Air	Others	Total
2013	22.97	10.82	160.99	194.78	35.63	124.29	238.76	398.68
	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)
2014	23.37	11.00	164.02	198.39	37.00	129.01	248.36	414.37
	(-0.15%)	(-0.21%)	(-0.00%)	(-0.03%)	(-0.14%)	(-0.22%)	(-0.00%)	(-0.08%)
2015	23.09	11.15	166.90	201.15	37.29	133.31	257.72	428.32
	(-3.04%)	(-0.61%)	(-0.00%)	(-0.39%)	(-3.03%)	(-0.64%)	(-0.00%)	(-0.47%)
2016	19.95	11.23	170.08	201.26	33.10	136.96	268.00	438.07
	(-17.81%)	(-1.75%)	(-0.00%)	(-2.20%)	(-17.23%)	(-1.83%)	(-0.00%)	(-2.11%)
2017	16.94	11.09	173.39	201.42	29.01	137.85	278.82	445.67
	(-31.52%)	(-4.80%)	(-0.00%)	(-3.98%)	(-30.27%)	(-5.03%)	(-0.00%)	(-4.27%)
2018	16.80	10.47	176.69	203.97	29.40	132.23	289.78	451.41
	(-33.35%)	(-11.79%)	(-0.00%)	(-4.59%)	(-32.01%)	(-12.35%)	(-0.00%)	(-6.71%)
2019	17.08	9.28	179.98	206.34	30.46	118.42	300.84	449.73
	(-33.48%)	(-23.28%)	(-0.00%)	(-5.24%)	(-32.13%)	(-24.39%)	(-0.00%)	(-10.47%)
2020	17.39	8.03	183.22	208.64	31.59	103.24	311.96	446.79
	(-33.49%)	(-34.78%)	(-0.00%)	(-5.88%)	(-32.14%)	(-36.43%)	(-0.00%)	(-14.23%)
2021	17.72	7.30	186.67	211.69	32.78	94.82	323.79	451.39
	(-33.49%)	(-41.77%)	(-0.00%)	(-6.27%)	(-32.14%)	(-43.75%)	(-0.00%)	(-16.51%)
2022	17.86	6.98	188.14	212.97	34.00	92.74	335.77	462.50
	(-33.49%)	(-44.82%)	(-0.00%)	(-6.44%)	(-32.14%)	(-46.94%)	(-0.00%)	(-17.51%)
2023	17.98	6.88	189.49	214.35	35.21	93.90	347.78	476.89
	(-33.49%)	(-45.96%)	(-0.00%)	(-6.50%)	(-32.14%)	(-48.14%)	(-0.00%)	(-17.88%)
2024	18.10	6.87	190.71	215.69	36.43	96.36	359.82	492.61
	(-33.49%)	(-46.36%)	(-0.00%)	(-6.52%)	(-32.14%)	(-48.55%)	(-0.00%)	(-18.01%)
2025	18.20	6.90	191.82	216.92	37.65	99.31	371.86	508.83
	(-33.49%)	(-46.50%)	(-0.00%)	(-6.53%)	(-32.14%)	(-48.70%)	(-0.00%)	(-18.05%)
2026	18.32	6.93	193.03	218.29	38.94	102.63	384.64	526.21
	(-33.49%)	(-46.54%)	(-0.00%)	(-6.53%)	(-32.14%)	(-48.75%)	(-0.00%)	(-18.07%)
2027	18.42	6.97	194.12	219.51	40.23	106.00	397.39	543.62
	(-33.49%)	(-46.56%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-32.14%)	(-48.76%)	(-0.00%)	(-18.07%)
2028	18.51	7.00	195.07	220.59	41.52	109.37	410.08	560.96
	(-33.49%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-32.14%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)
2029	18.59	7.03	195.89	221.52	42.80	112.73	422.69	578.21
	(-33.49%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-32.14%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)
2030	18.66	7.06	196.59	222.31	44.06	116.06	435.21	595.34
	(-33.49%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-32.14%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)

Unit: GWh/year

ตารางที่ 4.10 ศักยภาพภาพการลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามมาตรฐานของประเทศไทย

Year	Low-and-middle-income group				High-income group			
	Lighting (LED)	Air	Others	Total	Lighting (LED)	Air	Others	Total
2013	22.97	10.82	160.99	194.78	35.63	124.29	238.76	398.68
	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)	(-0.00%)
2014	23.32	11.00	164.02	198.39	36.93	129.01	248.36	414.37
	(-0.35%)	(-0.21%)	(-0.00%)	(-0.03%)	(-0.34%)	(-0.22%)	(-0.00%)	(-0.08%)
2015	22.42	11.15	166.90	201.15	36.18	133.31	257.72	428.32
	(-5.86%)	(-0.61%)	(-0.00%)	(-0.39%)	(-5.91%)	(-0.64%)	(-0.00%)	(-0.47%)
2016	14.57	11.23	170.08	201.26	24.06	136.96	268.00	438.07
	(-39.97%)	(-1.75%)	(-0.00%)	(-2.20%)	(-39.83%)	(-1.83%)	(-0.00%)	(-2.11%)
2017	6.69	11.09	173.39	201.42	11.43	137.85	278.82	445.67
	(-72.97%)	(-4.80%)	(-0.00%)	(-3.98%)	(-72.54%)	(-5.03%)	(-0.00%)	(-4.27%)
2018	5.71	10.47	176.69	203.97	9.99	132.23	289.78	451.41
	(-77.36%)	(-11.79%)	(-0.00%)	(-4.59%)	(-76.89%)	(-12.35%)	(-0.00%)	(-6.71%)
2019	5.73	9.28	179.98	206.34	10.23	118.42	300.84	449.73
	(-77.67%)	(-23.28%)	(-0.00%)	(-5.24%)	(-77.20%)	(-24.39%)	(-0.00%)	(-10.47%)
2020	5.83	8.03	183.22	208.64	10.60	103.24	311.96	446.79
	(-77.69%)	(-34.78%)	(-0.00%)	(-5.88%)	(-77.22%)	(-36.43%)	(-0.00%)	(-14.23%)
2021	5.94	7.30	186.67	211.69	11.00	94.82	323.79	451.39
	(-77.69%)	(-41.77%)	(-0.00%)	(-6.27%)	(-77.22%)	(-43.75%)	(-0.00%)	(-16.51%)
2022	5.99	6.98	188.14	212.97	11.41	92.74	335.77	462.50
	(-77.69%)	(-44.82%)	(-0.00%)	(-6.44%)	(-77.22%)	(-46.94%)	(-0.00%)	(-17.51%)
2023	6.03	6.88	189.49	214.35	11.82	93.90	347.78	476.89
	(-77.69%)	(-45.96%)	(-0.00%)	(-6.50%)	(-77.22%)	(-48.14%)	(-0.00%)	(-17.88%)
2024	6.07	6.87	190.71	215.69	12.23	96.36	359.82	492.61
	(-77.69%)	(-46.36%)	(-0.00%)	(-6.52%)	(-77.22%)	(-48.55%)	(-0.00%)	(-18.01%)
2025	6.11	6.90	191.82	216.92	12.64	99.31	371.86	508.83
	(-77.69%)	(-46.50%)	(-0.00%)	(-6.53%)	(-77.22%)	(-48.70%)	(-0.00%)	(-18.05%)
2026	6.14	6.93	193.03	218.29	13.07	102.63	384.64	526.21
	(-77.69%)	(-46.54%)	(-0.00%)	(-6.53%)	(-77.22%)	(-48.75%)	(-0.00%)	(-18.07%)
2027	6.18	6.97	194.12	219.51	13.51	106.00	397.39	543.62
	(-77.69%)	(-46.56%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-77.22%)	(-48.76%)	(-0.00%)	(-18.07%)
2028	6.21	7.00	195.07	220.59	13.94	109.37	410.08	560.96
	(-77.69%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-77.22%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)
2029	6.23	7.03	195.89	221.52	14.37	112.73	422.69	578.21
	(-77.69%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-77.22%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)
2030	6.26	7.06	196.59	222.31	14.79	116.06	435.21	595.34
	(-77.69%)	(-46.57%)	(-0.00%)	(-6.54%)	(-77.22%)	(-48.77%)	(-0.00%)	(-18.08%)

Unit: GWh/year

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนในแขวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว สำหรับทำการวิเคราะห์และการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในกรอบเวลาตั้งแต่ปีค.ศ.2013 ถึงปีค.ศ. 2030 โดยการใชรูปแบบผสมผสาน (hybrid model) ระหว่างการใช้แบบจำลองการใช้สุดท้าย (end use model) ผสมผสานแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) ในการวิเคราะห์ โดยจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงการไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนและการใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าจะเป็นส่วนที่บ่งบอกถึงความแตกต่างของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในแต่ละระดับกลุ่มรายได้ โดยครัวเรือนในกลุ่มระดับรายได้ต่ำและปานกลางนั้นมีสัดส่วนของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 30.89 ซึ่งในครัวเรือนที่มีรายได้สูงมีสัดส่วนของความต้องการของการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 69.11 จากความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนโดยรวมของแขวงเวียงจันทน์

โดยจากพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนนั้นเห็นได้ชัดว่ากลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงนั้นมีความนิยมในการใช้เครื่องปรับอากาศถึงร้อยละ 30.2 ในทางกลับกัน สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศของครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลางมีเพียงร้อยละ 5.6 เท่านั้น ซึ่งในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้น้อยและปานกลางมีการใช้ไฟฟ้าจากตู้เย็นสูงสุดซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 13.4

ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case) ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของแขวงเวียงจันทน์ได้เพิ่มขึ้นจาก 593.46 GWh ในปีค.ศ. 2013 เป็น 964.56 GWh ในปีค.ศ. 2030 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 62.53 คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.68 ต่อปี โดยเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.11 ในความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และเพิ่มขึ้นร้อยละ 82.28 ในกลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูงตามลำดับ สาเหตุหลักของความแตกต่างในการเพิ่มขึ้นของความต้องการของการใช้ไฟฟ้านี้คือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างรายได้ของครัวเรือนจากระดับรายได้ต่ำและปานกลางไปสู่ระดับที่มีรายได้สูงอันเนื่องมาจากการพัฒนาปรับปรุงรายได้ของครัวเรือนและการปรับปรุงมาตรฐานการครองชีพจากผลของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยสัดส่วนของครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงต่อครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลางในปีค.ศ. 2013 คือ 0.459:0.541 ขณะที่สัดส่วนในปีค.ศ. 2030 คือ 0.578:0.422 ซึ่งมีจำนวนครัวเรือนในกลุ่มรายได้สูงมากกว่าครัวเรือนในกลุ่มรายได้ต่ำและปานกลาง

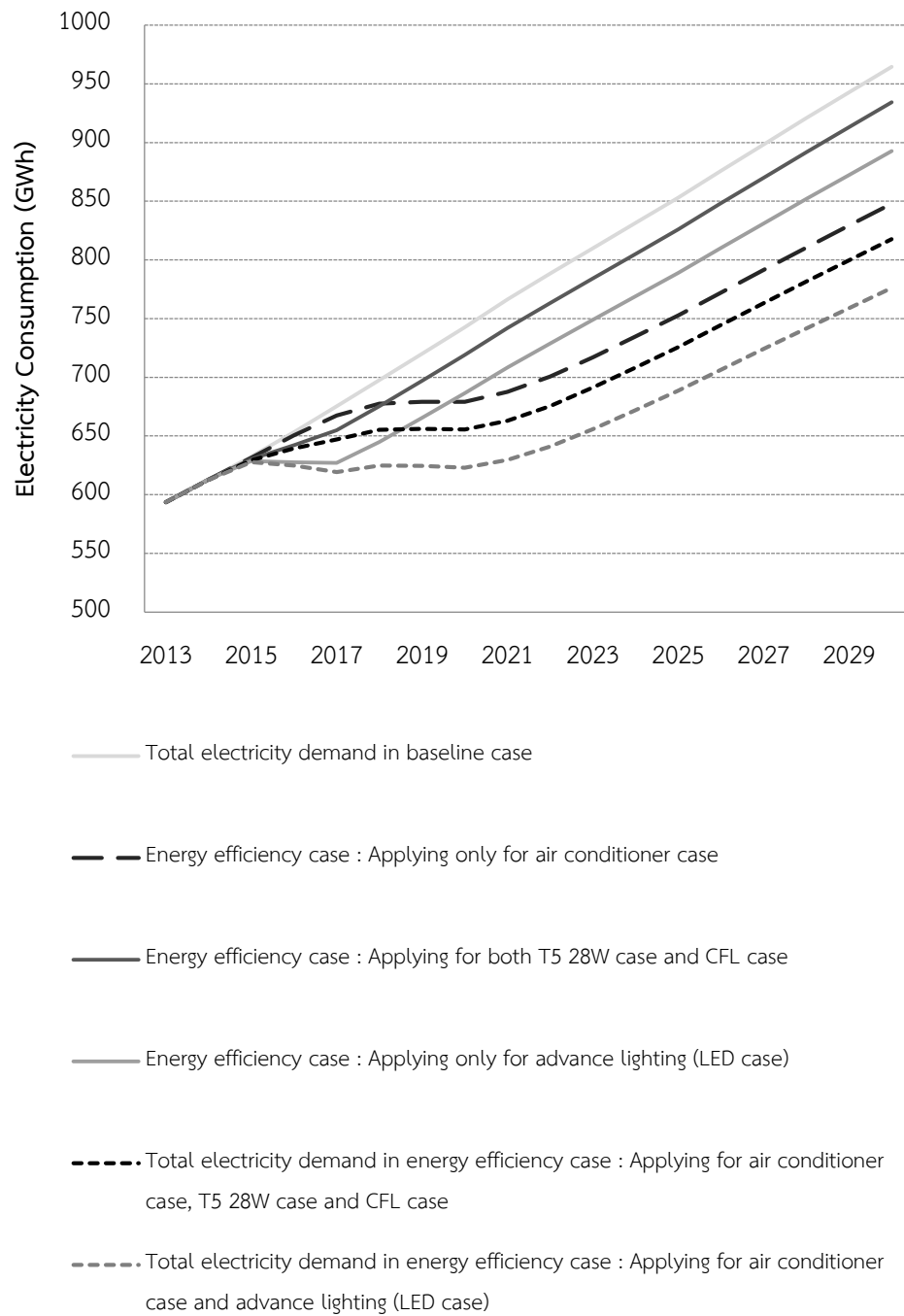
ในสถานการณ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ปีค.ศ. 2011 ของประเทศไทยซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้าคือ เครื่องปรับอากาศและหลอดไฟฟ้า ได้พบว่าในปีค.ศ. 2030 จะสามารถ

ลดความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนโดยรวมของเวียงจันทน์สูงสุดได้ถึง 146.91 GWh หรือมีการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 15.23 จากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภทตามเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย โดยแบ่งเป็นการลดปริมาณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศลดลงร้อยละ 12.09 และการลดปริมาณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้าลดลงร้อยละ 3.14 เมื่อพิจารณาถึงกรณีเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 28 วัตต์ และหลอด CFL

นอกเหนือจากนั้นแล้วเมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและการเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีการให้แสงสว่างในอนาคตอย่างการเปลี่ยนเป็นหลอด LED แล้วจะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าโดยรวมเพิ่มขึ้นอีกได้ถึง 41.61 GWh หรือมีการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 5.10 จากกรณีเดิมที่พิจารณาถึงมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพและการเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 28 วัตต์และหลอด CFL ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีที่จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือนและยังลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ด้วย ซึ่งทางรัฐบาลของสปป.ลาวควรให้การสนับสนุนโครงการมาตรฐานฉลากประหยัดไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้า (energy efficiency standard and labeling) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ดังเช่นประเทศอื่นๆทั่วโลกได้ปฏิบัติและเห็นผลชัดเจนมาแล้ว





รูปที่ 5.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าตามเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย

## รายการอ้างอิง

(2004). "04/01138 Governments should implement energy-efficiency standards and labels — cautiously: Wiel, S. and McMahon, J. E. Energy Policy, 2003, 31, (13), 1403–1415." Fuel and Energy Abstracts 45(2): 147.

Appliance Efficiency Improvement Project , Electricity Generating Authority of Thailand, (2012). Demand Side Implementation Division (2012) Detail of Labeled Appliances in Label no.5 project. Thailand.

Appliance Efficiency Improvement Project, Electricity Generating Authority of Thailand, (2012). Demand Side Implementation Division (2012) Detail of Labeled Appliances in Label no.5 project. Thailand.

B, P. (2012). Laos, South-East Asia's New Emerging Economy. London, The Guardian.

Chaosuangoen., P. (2008). "Scenario-Base Ads sessmenotf Energy Savingsin Thailand: A Long-range Energy Alternative Planning Approach." Thammasat Int 3.

Collaborative Labeling and Appliance Standards Programs (2013). "CLASP (2013) Energy Efficiency Labeling Programs Aim to Shift Markets for Energy-Using Products toward Improved Energy Efficiency."

Electricite du Laos (2011). Electricite du Laos (2011) Power Development Plan (PDP) 2010-2020. Laos.

- Filippini, M. (1995). "Electricity demand by time of use An application of the household AIDS model." *Energy Economics* 17(3): 197-204.
- Foure, J., et al. (2012). *The Great Shift: Macroeconomic Projections for the World Economy at the 2050 Horizon*, CEPII Working paper 2012-03.
- Foure, J., et al. (2013). *Modeling the World Economy at the 2050 Horizon*, CEPII Working paper 2012-03.
- Halvorsen, B. and B. M. Larsen (2001). "Norwegian residential electricity demand—a microeconomic assessment of the growth from 1976 to 1993." *Energy Economics* 29(3): 227-236.
- Halvorsen, B. and B. M. Larsen (2001). "Norwegian residential electricity demand—a microeconomic assessment of the growth from 1976 to 1993." *Energy Policy* 29(3): 227-236.
- Holtedahl, P. and F. L. Joutz (2004). "Residential electricity demand in Taiwan." *Energy Economics* 26(2): 201-224.
- Khanna, N. Z., et al. (2013). "Evaluation of China's local enforcement of energy efficiency standards and labeling programs for appliances and equipment." *Energy Policy* 63(0): 646-655.
- Lam, J. C. (1998). "Climatic and economic influences on residential electricity consumption." *Energy Conversion and Management* 39(7): 623-629.

McInnes, G. and E. Unterwurzacher (1991). "Electricity end-use efficiency: An assessment of the scope for efficiency gains and policy options." *Energy Policy* 19(3): 208-216.

McNeil, M. A., et al. (2008). "Global Potential of Energy Efficiency Standards and Labeling Programs."

Ministry of Energy and Mines in Lao PDR (2012). Department of Electricity (2012) Electricity Statistics Yearbook of Lao PDR. Laos.

Mustonen, S. M. (2010). "Rural energy survey and scenario analysis of village energy consumption: A case study in Lao People's Democratic Republic." *Energy Policy* 38(2): 1040-1048.

Nou, S. (2002). Household Electricity Use Analysis and Forecasting: The Case of Phnom Penh, Cambodia. Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi. Master.

Phnom Penh, Cambodia, (2002). "Planning Department of Phnom Penh Municipality (2002) Data of Socio-Economic of Phnom Penh City Year 2001." Draft paper no.10.

Sun-Keun., L. (2001). "MEPS Experience in Korea."

Vine, E., et al. (2001). "Evaluating the impact of appliance efficiency labeling programs and standards: process, impact, and market transformation evaluations." *Energy* 26(11): 1041-1059.

Wiel, S. and J. E. McMahon (2003). "Governments should implement energy-efficiency standards and labels—cautiously." *Energy Policy* 31(13): 1403-1415.

Yan, F. (1995). "Urban household-electricity use in China." *Energy* 20(8): 711-713.



ภาคผนวก



**ตารางที่ 1** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง  
ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	10.65	10.85	11.04	11.25	11.47	11.69	11.91	12.12	12.35
2	AIR	10.82	11.02	11.22	11.43	11.65	11.87	12.09	12.31	12.54
3	FAN	14.83	15.11	15.37	15.66	15.97	16.27	16.58	16.87	17.19
4	Refrigerator	49.77	50.7	51.59	52.57	53.6	54.62	55.63	56.64	57.7
5	Freezer	1.75	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.96	1.99	2.03
6	Cooler	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.78
7	Water dispenser	10.95	11.16	11.35	11.57	11.8	12.02	12.24	12.46	12.7
8	Washing machine	4.67	4.76	4.85	4.94	5.03	5.13	5.22	5.32	5.42
9	Water pump	0.59	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68
10	Vacuum machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Sewing machine	0.73	0.74	0.75	0.77	0.78	0.8	0.81	0.83	0.84
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Incandescent	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.68	0.69	0.7	0.71
15	Fluorescent	22.36	22.78	23.18	23.62	24.08	24.54	24.99	25.44	25.92
16	Lamp -Spotlight	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Lamp - CFL	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
18	Lamp - LED	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Rice cooker	11.96	12.18	12.4	12.63	12.88	13.12	13.37	13.61	13.86
20	Microwave	0.87	0.89	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01
21	Electric pan	22.39	22.81	23.21	23.65	24.11	24.57	25.03	25.48	25.96
22	Iron	16.35	16.66	16.95	17.28	17.61	17.95	18.28	18.61	18.96
23	Hair dryer	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27
24	Shower heater	0.7	0.72	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.8	0.82
25	UNT	9.33	9.5	9.67	9.85	10.05	10.24	10.43	10.62	10.82
26	Office	4.48	4.56	4.64	4.73	4.82	4.92	5.01	5.1	5.19
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>194.80</b>	<b>198.45</b>	<b>201.93</b>	<b>205.77</b>	<b>209.78</b>	<b>213.79</b>	<b>217.76</b>	<b>221.67</b>	<b>225.84</b>

**ตารางที่ 2** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง  
ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	12.45	12.54	12.62	12.69	12.77	12.84	12.91	12.96	13.01
2	AIR	12.64	12.73	12.82	12.89	12.97	13.04	13.11	13.16	13.21
3	FAN	17.33	17.45	17.56	17.67	17.78	17.88	17.97	18.04	18.11
4	Refrigerator	58.16	58.57	58.95	59.3	59.67	60.01	60.3	60.55	60.77
5	Freezer	2.05	2.06	2.08	2.09	2.1	2.11	2.12	2.13	2.14
6	Cooler	0.78	0.79	0.79	0.8	0.8	0.81	0.81	0.81	0.82
7	Water dispenser	12.8	12.89	12.97	13.05	13.13	13.21	13.27	13.33	13.37
8	Washing machine	5.46	5.5	5.54	5.57	5.6	5.64	5.66	5.69	5.71
9	Water pump	0.68	0.69	0.69	0.7	0.7	0.71	0.71	0.71	0.72
10	Vacuum machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Sewing machine	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Incandescent	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.75	0.75
15	Fluorescent	26.13	26.31	26.48	26.64	26.8	26.96	27.09	27.2	27.3
16	Lamp -Spotlight	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Lamp - CFL	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18	Lamp - LED	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Rice cooker	13.97	14.07	14.16	14.25	14.34	14.42	14.49	14.55	14.6
20	Microwave	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07
21	Electric pan	26.16	26.35	26.52	26.67	26.84	26.99	27.13	27.24	27.34
22	Iron	19.11	19.25	19.37	19.49	19.61	19.72	19.82	19.9	19.97
23	Hair dryer	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
24	Shower heater	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
25	UNT	10.9	10.98	11.05	11.11	11.18	11.25	11.3	11.35	11.39
26	Office	5.23	5.27	5.31	5.34	5.37	5.4	5.43	5.45	5.47
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>227.62</b>	<b>229.26</b>	<b>230.73</b>	<b>232.11</b>	<b>233.53</b>	<b>234.88</b>	<b>236.03</b>	<b>237.00</b>	<b>237.87</b>



**ตารางที่ 3** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูง  
ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	15.37	15.99	16.59	17.25	17.95	18.65	19.37	20.08	20.84
2	AIR	124.29	129.29	134.16	139.51	145.14	150.85	156.61	162.4	168.56
3	FAN	15.22	15.83	16.43	17.08	17.77	18.47	19.18	19.89	20.64
4	Refrigerator	60.45	62.88	65.25	67.85	70.59	73.37	76.17	78.98	81.98
5	Freezer	2.95	3.07	3.18	3.31	3.44	3.58	3.71	3.85	4
6	Cooler	2.72	2.83	2.93	3.05	3.17	3.3	3.43	3.55	3.69
7	Water dispenser	18.59	19.34	20.07	20.87	21.71	22.57	23.43	24.29	25.22
8	Washing machine	12.49	12.99	13.48	14.02	14.58	15.16	15.74	16.32	16.94
9	Water pump	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.5	0.51
10	Vacuum machine	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	0.66	0.69
11	Sewing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Incandescent	1.04	1.08	1.12	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41
15	Fluorescent	34.59	35.98	37.33	38.82	40.39	41.98	43.58	45.19	46.91
16	Lamp -Spotlight	0.76	0.79	0.82	0.85	0.89	0.92	0.96	0.99	1.03
17	Lamp - CFL	0.08	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.11	0.11
18	Lamp - LED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
19	Rice cooker	14.52	15.11	15.68	16.3	16.96	17.63	18.3	18.98	19.7
20	Microwave	3.9	4.06	4.21	4.38	4.55	4.73	4.91	5.09	5.29
21	Electric pan	24.76	25.76	26.73	27.8	28.92	30.06	31.2	32.36	33.58
22	Iron	20.9	21.74	22.56	23.46	24.41	25.37	26.34	27.31	28.35
23	Hair dryer	0.97	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	1.22	1.27	1.31
24	Shower heater	27.05	28.14	29.2	30.36	31.59	32.83	34.09	35.34	36.68
25	UNT	9.48	9.86	10.23	10.64	11.07	11.5	11.94	12.38	12.85
26	Office	7.63	7.94	8.24	8.57	8.91	9.27	9.62	9.97	10.35
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>398.67</b>	<b>414.72</b>	<b>430.33</b>	<b>447.48</b>	<b>465.53</b>	<b>483.88</b>	<b>502.35</b>	<b>520.90</b>	<b>540.67</b>

**ตารางที่ 4** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูง  
ภายใต้สถานการณ์ปกติ (Baseline case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	21.61	22.39	23.16	23.94	24.76	25.58	26.4	27.21	28.01
2	AIR	174.79	181.05	187.31	193.58	200.23	206.87	213.47	220.04	226.56
3	FAN	21.4	22.17	22.94	23.7	24.52	25.33	26.14	26.94	27.74
4	Refrigerator	85.01	88.05	91.1	94.15	97.39	100.61	103.83	107.02	110.19
5	Freezer	4.15	4.29	4.44	4.59	4.75	4.91	5.06	5.22	5.37
6	Cooler	3.82	3.96	4.1	4.23	4.38	4.52	4.67	4.81	4.96
7	Water dispenser	26.15	27.08	28.02	28.96	29.95	30.95	31.94	32.92	33.89
8	Washing machine	17.56	18.19	18.82	19.45	20.12	20.79	21.45	22.11	22.76
9	Water pump	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69
10	Vacuum machine	0.71	0.74	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.9	0.92
11	Sewing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Incandescent	1.46	1.51	1.56	1.62	1.67	1.73	1.78	1.84	1.89
15	Fluorescent	48.64	50.38	52.12	53.87	55.72	57.57	59.41	61.23	63.05
16	Lamp -Spotlight	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39
17	Lamp - CFL	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
18	Lamp - LED	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
19	Rice cooker	20.42	21.15	21.89	22.62	23.4	24.17	24.94	25.71	26.47
20	Microwave	5.48	5.68	5.88	6.07	6.28	6.49	6.7	6.9	7.11
21	Electric pan	34.83	36.07	37.32	38.57	39.9	41.22	42.53	43.84	45.14
22	Iron	29.4	30.45	31.5	32.56	33.68	34.79	35.9	37.01	38.1
23	Hair dryer	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.72	1.77
24	Shower heater	38.04	39.4	40.77	42.13	43.58	45.02	46.46	47.89	49.31
25	UNT	13.33	13.81	14.28	14.76	15.27	15.78	16.28	16.78	17.28
26	Office	10.74	11.12	11.5	11.89	12.3	12.71	13.11	13.51	13.91
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>560.65</b>	<b>580.71</b>	<b>600.80</b>	<b>620.93</b>	<b>642.28</b>	<b>663.56</b>	<b>684.73</b>	<b>705.80</b>	<b>726.69</b>

ตารางที่ 5 ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ภายใต้กรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง(energy efficiency case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	10.65	10.85	11.04	11.25	11.47	11.69	11.91	12.12	12.35
2	AIR	10.82	11	11.15	11.23	11.09	10.47	9.28	8.03	7.3
3	FAN	14.83	15.11	15.37	15.66	15.97	16.27	16.58	16.87	17.19
4	Refrigerator	49.77	50.7	51.59	52.57	53.6	54.62	55.63	56.64	57.7
5	Freezer	1.75	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.96	1.99	2.03
6	Cooler	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.78
7	Water dispenser	10.95	11.16	11.35	11.57	11.8	12.02	12.24	12.46	12.7
8	Washing machine	4.67	4.76	4.85	4.94	5.03	5.13	5.22	5.32	5.42
9	Water pump	0.59	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68
10	Vacuum machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Sewing machine	0.73	0.74	0.75	0.77	0.78	0.8	0.81	0.83	0.84
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CFL	0.62	0.63	0.38	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
15	Fluorescent T5 28W	22.36	22.74	22.71	19.81	16.81	16.67	16.94	17.25	17.57
16	Lamp -Spotlight	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Lamp - CFL	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
18	Lamp - LED	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Rice cooker	11.96	12.18	12.4	12.63	12.88	13.12	13.37	13.61	13.86
20	Microwave	0.87	0.89	0.9	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01
21	Electric pan	22.39	22.81	23.21	23.65	24.11	24.57	25.03	25.48	25.96
22	Iron	16.35	16.66	16.95	17.28	17.61	17.95	18.28	18.61	18.96
23	Hair dryer	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27
24	Shower heater	0.7	0.72	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.8	0.82
25	UNT	9.33	9.5	9.67	9.85	10.05	10.24	10.43	10.62	10.82
26	OFC	4.48	4.56	4.64	4.73	4.82	4.92	5.01	5.1	5.19
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>194.80</b>	<b>198.39</b>	<b>201.13</b>	<b>201.24</b>	<b>201.42</b>	<b>203.98</b>	<b>206.35</b>	<b>208.64</b>	<b>211.68</b>

ตารางที่ 6 ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ภายใต้กรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง(energy efficiency case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	12.45	12.54	12.62	12.69	12.77	12.84	12.91	12.96	13.01
2	AIR	6.98	6.88	6.87	6.9	6.93	6.97	7	7.03	7.06
3	FAN	17.33	17.45	17.56	17.67	17.78	17.88	17.97	18.04	18.11
4	Refrigerator	58.16	58.57	58.95	59.3	59.67	60.01	60.3	60.55	60.77
5	Freezer	2.05	2.06	2.08	2.09	2.1	2.11	2.12	2.13	2.14
6	Cooler	0.78	0.79	0.79	0.8	0.8	0.81	0.81	0.81	0.82
7	Water dispenser	12.8	12.89	12.97	13.05	13.13	13.21	13.27	13.33	13.37
8	Washing machine	5.46	5.5	5.54	5.57	5.6	5.64	5.66	5.69	5.71
9	Water pump	0.68	0.69	0.69	0.7	0.7	0.71	0.71	0.71	0.72
10	Vacuum machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Sewing machine	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CFL	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
15	Fluorescent T5 28W	17.71	17.84	17.95	18.06	18.17	18.27	18.36	18.44	18.51
16	Lamp -Spotlight	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Lamp - CFL	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
18	Lamp - LED	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Rice cooker	13.97	14.07	14.16	14.25	14.34	14.42	14.49	14.55	14.6
20	Microwave	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07
21	Electric pan	26.16	26.35	26.52	26.67	26.84	26.99	27.13	27.24	27.34
22	Iron	19.11	19.25	19.37	19.49	19.61	19.72	19.82	19.9	19.97
23	Hair dryer	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
24	Shower heater	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
25	UNT	10.9	10.98	11.05	11.11	11.18	11.25	11.3	11.35	11.39
26	OFC	5.23	5.27	5.31	5.34	5.37	5.4	5.43	5.45	5.47
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>212.97</b>	<b>214.36</b>	<b>215.67</b>	<b>216.96</b>	<b>218.27</b>	<b>219.53</b>	<b>220.59</b>	<b>221.51</b>	<b>222.33</b>

**ตารางที่ 7 ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูง  
ภายใต้ของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case)**

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	15.37	15.99	16.59	17.25	17.95	18.65	19.37	20.08	20.84
2	AIR	124.29	129.01	133.31	136.96	137.85	132.23	118.42	103.24	94.82
3	FAN	15.22	15.83	16.43	17.08	17.77	18.47	19.18	19.89	20.64
4	Refrigerator	60.45	62.88	65.25	67.85	70.59	73.37	76.17	78.98	81.98
5	Freezer	2.95	3.07	3.18	3.31	3.44	3.58	3.71	3.85	4
6	Cooler	2.72	2.83	2.93	3.05	3.17	3.3	3.43	3.55	3.69
7	Water dispenser	18.59	19.34	20.07	20.87	21.71	22.57	23.43	24.29	25.22
8	Washing machine	12.49	12.99	13.48	14.02	14.58	15.16	15.74	16.32	16.94
9	Water pump	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.5	0.51
10	Vacuum machine	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	0.66	0.69
11	Sewing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CFL	1.04	1.07	0.67	0.24	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28
15	Fluorescent T5 28W	34.59	35.93	36.62	32.86	28.77	29.15	30.2	31.32	32.5
16	Lamp -Spotlight	0.76	0.79	0.82	0.85	0.89	0.92	0.96	0.99	1.03
17	Lamp - CFL	0.08	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.11	0.11
18	Lamp - LED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
19	Rice cooker	14.52	15.11	15.68	16.3	16.96	17.63	18.3	18.98	19.7
20	Microwave	3.9	4.06	4.21	4.38	4.55	4.73	4.91	5.09	5.29
21	Electric pan	24.76	25.76	26.73	27.8	28.92	30.06	31.2	32.36	33.58
22	Iron	20.9	21.74	22.56	23.46	24.41	25.37	26.34	27.31	28.35
23	Hair dryer	0.97	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	1.22	1.27	1.31
24	Shower heater	27.05	28.14	29.2	30.36	31.59	32.83	34.09	35.34	36.68
25	UNT	9.48	9.86	10.23	10.64	11.07	11.5	11.94	12.38	12.85
26	OFC	7.63	7.94	8.24	8.57	8.91	9.27	9.62	9.97	10.35
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>398.67</b>	<b>414.38</b>	<b>428.32</b>	<b>438.05</b>	<b>445.65</b>	<b>451.42</b>	<b>449.73</b>	<b>446.78</b>	<b>451.39</b>

**ตารางที่ 8** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูง  
 ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (energy efficiency case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	21.61	22.39	23.16	23.94	24.76	25.58	26.4	27.21	28.01
2	AIR	92.74	93.9	96.36	99.31	102.63	106	109.37	112.73	116.06
3	FAN	21.4	22.17	22.94	23.7	24.52	25.33	26.14	26.94	27.74
4	Refrigerator	85.01	88.05	91.1	94.15	97.39	100.61	103.83	107.02	110.19
5	Freezer	4.15	4.29	4.44	4.59	4.75	4.91	5.06	5.22	5.37
6	Cooler	3.82	3.96	4.1	4.23	4.38	4.52	4.67	4.81	4.96
7	Water dispenser	26.15	27.08	28.02	28.96	29.95	30.95	31.94	32.92	33.89
8	Washing machine	17.56	18.19	18.82	19.45	20.12	20.79	21.45	22.11	22.76
9	Water pump	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69
10	Vacuum machine	0.71	0.74	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.9	0.92
11	Sewing machine	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Cloth dryer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Dish washer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CFL	0.29	0.3	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38
15	Fluorescent T5 28W	33.71	34.91	36.12	37.33	38.61	39.89	41.16	42.43	43.69
16	Lamp -Spotlight	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39
17	Lamp - CFL	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
18	Lamp - LED	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
19	Rice cooker	20.42	21.15	21.89	22.62	23.4	24.17	24.94	25.71	26.47
20	Microwave	5.48	5.68	5.88	6.07	6.28	6.49	6.7	6.9	7.11
21	Electric pan	34.83	36.07	37.32	38.57	39.9	41.22	42.53	43.84	45.14
22	Iron	29.4	30.45	31.5	32.56	33.68	34.79	35.9	37.01	38.1
23	Hair dryer	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.72	1.77
24	Shower heater	38.04	39.4	40.77	42.13	43.58	45.02	46.46	47.89	49.31
25	UNT	13.33	13.81	14.28	14.76	15.27	15.78	16.28	16.78	17.28
26	OFC	10.74	11.12	11.5	11.89	12.3	12.71	13.11	13.51	13.91
<b>Total</b>	<b>Unit: GWh/year</b>	<b>462.50</b>	<b>476.88</b>	<b>492.60</b>	<b>508.82</b>	<b>526.23</b>	<b>543.62</b>	<b>560.95</b>	<b>578.22</b>	<b>595.32</b>

ตารางที่ 9 ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง  
ภายใต้กรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง  
(energy efficiency case: advance lighting, LED case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	10.65	10.85	11.04	11.25	11.47	11.69	11.91	12.12	12.35
2	AIR	10.82	11.00	11.15	11.23	11.09	10.47	9.28	8.03	7.30
3	FAN	14.83	15.11	15.37	15.66	15.97	16.27	16.58	16.87	17.19
4	Refrigerator	49.77	50.70	51.59	52.57	53.60	54.62	55.63	56.64	57.70
5	Freezer	1.75	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.96	1.99	2.03
6	Cooler	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.78
7	Water dispenser	10.95	11.16	11.35	11.57	11.80	12.02	12.24	12.46	12.70
8	Washing machine	4.67	4.76	4.85	4.94	5.03	5.13	5.22	5.32	5.42
9	Water pump	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68
10	Vacuum machine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Sewing machine	0.73	0.74	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84
12	Cloth dryer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Advance lighting(LED)	22.97	23.32	22.42	14.57	6.69	5.71	5.73	5.83	5.94
15	Lamp - Spotlight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Lamp - CFL	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
17	Lamp - LED	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Rice cooker	11.96	12.18	12.40	12.63	12.88	13.12	13.37	13.61	13.86
19	Microwave	0.87	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01
20	Electric pan	22.39	22.81	23.21	23.65	24.11	24.57	25.03	25.48	25.96
21	Iron	16.35	16.66	16.95	17.28	17.61	17.95	18.28	18.61	18.96
22	Hair dryer	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27
23	Shower heater	0.70	0.72	0.73	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82
24	UNT	9.33	9.50	9.67	9.85	10.05	10.24	10.43	10.62	10.82
25	OFC	4.48	4.56	4.64	4.73	4.82	4.92	5.01	5.10	5.19
Total	Unit: GWh/year	194.78	198.35	200.47	195.88	191.17	192.88	194.99	197.09	199.92

**ตารางที่ 10** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง  
ภายใต้กรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง  
(energy efficiency case: advance lighting, LED case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	12.45	12.54	12.62	12.69	12.77	12.84	12.91	12.96	13.01
2	AIR	6.98	6.88	6.87	6.90	6.93	6.97	7.00	7.03	7.06
3	FAN	17.33	17.45	17.56	17.67	17.78	17.88	17.97	18.04	18.11
4	Refrigerator	58.16	58.57	58.95	59.30	59.67	60.01	60.30	60.55	60.77
5	Freezer	2.05	2.06	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14
6	Cooler	0.78	0.79	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82
7	Water dispenser	12.80	12.89	12.97	13.05	13.13	13.21	13.27	13.33	13.37
8	Washing machine	5.46	5.50	5.54	5.57	5.60	5.64	5.66	5.69	5.71
9	Water pump	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70	0.71	0.71	0.71	0.72
10	Vacuum machine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Sewing machine	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
12	Cloth dryer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Advance lighting(LED)	5.99	6.03	6.07	6.11	6.14	6.18	6.21	6.23	6.26
15	Lamp - Spotlight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Lamp - CFL	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
17	Lamp - LED	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Rice cooker	13.97	14.07	14.16	14.25	14.34	14.42	14.49	14.55	14.60
19	Microwave	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07
20	Electric pan	26.16	26.35	26.52	26.67	26.84	26.99	27.13	27.24	27.34
21	Iron	19.11	19.25	19.37	19.49	19.61	19.72	19.82	19.90	19.97
22	Hair dryer	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
23	Shower heater	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86
24	UNT	10.90	10.98	11.05	11.11	11.18	11.25	11.30	11.35	11.39
25	OFC	5.23	5.27	5.31	5.34	5.37	5.40	5.43	5.45	5.47
Total	Unit: GWh/year	201.10	202.40	203.66	204.82	206.11	207.27	208.28	209.16	209.91



**ตารางที่ 11** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูงภายใต้กรณี  
ของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง  
(energy efficiency case: advance lighting, LED case)

No.	Appliance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	ENT	15.37	15.99	16.59	17.25	17.95	18.65	19.37	20.08	20.84
2	AIR	124.29	129.01	133.31	136.96	137.85	132.23	118.42	103.24	94.82
3	FAN	15.22	15.83	16.43	17.08	17.77	18.47	19.18	19.89	20.64
4	Refrigerator	60.45	62.88	65.25	67.85	70.59	73.37	76.17	78.98	81.98
5	Freezer	2.95	3.07	3.18	3.31	3.44	3.58	3.71	3.85	4.00
6	Cooler	2.72	2.83	2.93	3.05	3.17	3.30	3.43	3.55	3.69
7	Water dispenser	18.59	19.34	20.07	20.87	21.71	22.57	23.43	24.29	25.22
8	Washing machine	12.49	12.99	13.48	14.02	14.58	15.16	15.74	16.32	16.94
9	Water pump	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51
10	Vacuum machine	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	0.66	0.69
11	Sewing machine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Cloth dryer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Advance lighting(LED)	35.63	36.93	36.18	24.06	11.43	9.99	10.23	10.60	11.00
15	Lamp -Spotlight	0.76	0.79	0.82	0.85	0.89	0.92	0.96	0.99	1.03
16	Lamp - CFL	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11
17	Lamp - LED	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
18	Rice cooker	14.52	15.11	15.68	16.30	16.96	17.63	18.30	18.98	19.70
19	Microwave	3.90	4.06	4.21	4.38	4.55	4.73	4.91	5.09	5.29
20	Electric pan	24.76	25.76	26.73	27.80	28.92	30.06	31.20	32.36	33.58
21	Iron	20.90	21.74	22.56	23.46	24.41	25.37	26.34	27.31	28.35
22	Hair dryer	0.97	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	1.22	1.27	1.31
23	Shower heater	27.05	28.14	29.20	30.36	31.59	32.83	34.09	35.34	36.68
24	UNT	9.48	9.86	10.23	10.64	11.07	11.50	11.94	12.38	12.85
25	OFC	7.63	7.94	8.24	8.57	8.91	9.27	9.62	9.97	10.35
Total	Unit: GWh/year	398.68	414.30	427.21	429.03	428.09	432.01	429.50	425.81	429.61

**ตารางที่ 12** ความต้องการของการใช้ไฟฟ้าโดยรวมในครัวเรือนกลุ่มที่มีรายได้สูงภายใต้กรณีของการเปลี่ยนมาใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง  
(energy efficiency case: advance lighting, LED case)

No.	Appliance	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	ENT	21.61	22.39	23.16	23.94	24.76	25.58	26.40	27.21	28.01
2	AIR	92.74	93.90	96.36	99.31	102.63	106.00	109.37	112.73	116.06
3	FAN	21.40	22.17	22.94	23.70	24.52	25.33	26.14	26.94	27.74
4	Refrigerator	85.01	88.05	91.10	94.15	97.39	100.61	103.83	107.02	110.19
5	Freezer	4.15	4.29	4.44	4.59	4.75	4.91	5.06	5.22	5.37
6	Cooler	3.82	3.96	4.10	4.23	4.38	4.52	4.67	4.81	4.96
7	Water dispenser	26.15	27.08	28.02	28.96	29.95	30.95	31.94	32.92	33.89
8	Washing machine	17.56	18.19	18.82	19.45	20.12	20.79	21.45	22.11	22.76
9	Water pump	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69
10	Vacuum machine	0.71	0.74	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.90	0.92
11	Sewing machine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Cloth dryer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Dish washer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Advance lighting(LED)	11.41	11.82	12.23	12.64	13.07	13.51	13.94	14.37	14.79
15	Lamp -Spotlight	1.07	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39
16	Lamp - CFL	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
17	Lamp - LED	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
18	Rice cooker	20.42	21.15	21.89	22.62	23.40	24.17	24.94	25.71	26.47
19	Microwave	5.48	5.68	5.88	6.07	6.28	6.49	6.70	6.90	7.11
20	Electric pan	34.83	36.07	37.32	38.57	39.90	41.22	42.53	43.84	45.14
21	Iron	29.40	30.45	31.50	32.56	33.68	34.79	35.90	37.01	38.10
22	Hair dryer	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56	1.61	1.66	1.72	1.77
23	Shower heater	38.04	39.40	40.77	42.13	43.58	45.02	46.46	47.89	49.31
24	UNT	13.33	13.81	14.28	14.76	15.27	15.78	16.28	16.78	17.28
25	OFC	10.74	11.12	11.50	11.89	12.30	12.71	13.11	13.51	13.91
Total	Unit: GWh/year	439.92	453.50	468.41	483.81	500.34	516.89	533.38	549.78	566.07

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นายวัฒนชัย กลีบรัง

วันเดือนปีเกิด 9 ธันวาคม 2529

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 212 หมู่ที่ 1 บ้านนาคู ตำบลนาคู อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านนาคู

มัธยมศึกษา โรงเรียนบ้านนาคูพัฒนา"กรป.กลางอุปลั้มภ"

ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: มจธ.

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม