ทางเลือกเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรม

Alternative Water Heating Technologies Replacing Instantaneous Water Heater in Hotel Sector

ศุทธินี จริงจิตร

Suttinee Jingjit

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Environmental Management
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ทางเลือกเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรม

ผู้เขียน นางสาวศุทธินี จริงจิตร

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกื้ออนันต์ เตชะโต)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(Asst. Prof. Dr. Thomas Brudermann)

.....
(Dr. Ralf Aschermann)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พนาลี ชีวกิดาการ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์)

.....กรรมการ
(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกื้ออนันต์ เตชะโต)

.....กรรมการ
(Asst. Prof. Dr. Thomas Brudermann)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกื้ออนันต์ เตชะโต)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุทธินี จริงจิตร)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวศุทธินี จริงจิตร)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ทางเลือกเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนเพื่อทดแทนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรม

ผู้เขียน นางสาวศุทธินี จริงจิตร

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงมาก โดยการเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทน เช่น เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ซึ่งใช้การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อการลงทุนในภาคส่วนครัวเรือน ธุรกิจรีสอร์ท และธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย พบว่าธุรกิจโรงแรมมีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีสูงสุด มีระยะเวลาคืนทุนต่ำ มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในสูง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยสำหรับธุรกิจโรงแรมโดยการใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP พบว่าธุรกิจโรงแรมที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีปัจจัยสำคัญสูงสุดคือการติดตั้งง่าย (จุดแข็ง) รองลงมาคือการลงทุนต่ำ (จุดแข็ง) ในขณะที่ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีปัจจัยสำคัญสูงสุดคือ การประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (จุดแข็ง) รองลงมาคือ ช่างชำนาญการน้อย (อุปสรรค) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 ภายใต้ชื่อ โปรแกรม SWOT AHP เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์และแสดงผลด้วยกราฟ SWOT-AHP ซึ่งถือเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยย่อยที่มีจำนวน 3 ปัจจัยเท่านั้น ผลการศึกษาการประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทยซึ่งมีจำนวน 50 ห้องพัก พบว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 74.01% และ 94.87% ตามลำดับ โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในสภาวการณ์ปัจจุบัน (ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.50 บาทต่อหน่วยและมี Ft

-24.77 สตางค์ต่อหน่วย) คือ 14.02 ล้านบาท และ 9.8 ล้านบาทเมื่อสิ้นสุดโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าไฟฟ้าจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเปลี่ยนแปลงไปในอัตราที่สูงมาก ซึ่งหากค่าไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มขึ้นเพียง 1% ของทุกปี จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงขึ้น 14.27% เมื่อสิ้นสุดโครงการ ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และ 10.69% ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ในขณะที่ค่า Ft ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้น้อยมาก รวมทั้งมูลค่าการลงทุนซึ่งการเพิ่มราคาของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 20% ส่งผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 4.23% และ 3.31% สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม เมื่อใช้การวิเคราะห์ Monte Carlo จากการสุ่มตัวอย่าง 100 กรณี จะได้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในการติดตั้งในธุรกิจโรงแรมเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ 14.51 ± 0.19 ล้านบาท และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม คือ 9.37 ± 0.13 ล้านบาท โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 6 ปี จากนั้นผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบโปรแกรมคำนวณภายใต้ชื่อ AWHs cal เพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรมด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2015 เพื่อสะดวกในการคำนวณเพื่อการลงทุนได้มากขึ้น

ผู้ศึกษาเสนอแนวทางประสบผลสำเร็จต่อการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า โดยเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามนโยบายของรัฐบาลในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภคได้ แม้ว่าประชาชนส่วนใหญ่จะมองเห็นผลกำไรที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีจากค่าไฟฟ้าที่ลดลง แต่ประชาชนก็ไม่มั่นใจในความสามารถของช่างชำนาญการ หรือบริการหลังการขายในประเทศไทย ประกอบกับนิสัยโดยพื้นฐานของประชาชนที่มักเลือกสินค้าและบริการที่ไม่ซับซ้อนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ติดตั้งได้ด้วยตัวเอง ดังนั้นเพื่อกระตุ้นให้นโยบายสัมฤทธิ์ผล สิ่งที่สำคัญเป็นอันดับแรก คือ สร้างความเชื่อมั่นด้านเทคโนโลยีให้แก่ประชาชนเพื่อการบรรลุเป้าหมายอย่างยั่งยืนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

คำหลัก: เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อน; การจัดการพลังงาน; SWOT-AHP

Thesis Title Alternative Water Heating Technologies Replacing Instantaneous Water Heater in Hotel Sector

Author Miss Suttinee Jingjit

Major Program Environmental Management

Academic Year 2016

ABSTRACT

This study aims to investigate a possible phasing out of instantaneous water heaters in Thailand. Replacing instantaneous water heaters by more efficient water heating technologies such as solar water heaters and heat pumps seems reasonable, but requires economic analysis from the perspective of potential adopters such as households or the resort and hotel sector. The highest potential for technological change can be seen in the hotel business because of short payback periods, high net present values (NPV) and internal rates of return (IRR). The factors influencing changes in water heating technology in Thailand for the hotel sector was studied by using a SWOT-AHP process, and it was found that the most important factor for hotel business using instantaneous water heater is the easy installation followed by low investment volume. The most important factor for hotels adopting solar water heaters and heat pumps are energy savings and savings on electricity bills, followed by low availability of skilled technicians. In addition, the researcher developed the model by using Microsoft Excel 2010 under the name SWOT AHP program for AHP analysis and display of a SWOT-AHP graph. SWOT-AHP is a software tool that can be used to conduct a SWOT-AHP analysis with three factors per SWOT category. The result of the case study on energy saving by changing water heater technologies in 50-room-hotels

in Thailand showed that solar water heater and heat pump can reduce energy consumption by 74.01% and 94.87%, respectively. The net present value (base on average electricity price at 3.5฿/unit and Ft at -24.77 Satang/unit) is 14.02 million Baht and 9.8 million Baht when finished the Installation of solar water heater and heat pump project respectively. The sensitivity analysis found ratio of inclement and decrement of electric bill are the important factors which cause project's NPV changing. If electric bill increase 1% every year, the NPV will increase 14.27% and 10.69% for solar water heater and heat pump respectively. The Ft value has minor effect on NPV. The increment of total investment at 20% affect to NPV at 4.23% and 3.31% of solar water heater and heat pump respectively. The Monte Carlo analysis of 100 random cases using 6 years historical data found that the solar water heater NPV is 14.51 ± 0.19 million Baht and the heat pump NPV is 9.37 ± 0.13 million Baht. The researcher designed a calculation program named AWHs cal in Microsoft Visual Studio Enterprise 2015 as an investment decision support tool for changing the water heating technology in the hotel sector.

This study suggested the successful instantaneous water heater alteration to alternative technology for efficiency. However, present government's policy cannot response directly to consumers need. Almost people know technology alteration benefit through decrement of electric bill but they are not confident in professional of mechanic or after-sale service in Thailand. Moreover, the basic habits of Thai people who choose simplicity goods and service, easy to understanding and self-installation. Hence, the most important of arousing policy accomplish is building confident about technology to people, and eventually facilitate short-term and long-term sustainability goals.

Keywords: Water heater technology; Energy management; SWOT-AHP

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ. ดร. เกื้ออนันต์ เตชะโต และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Asst. Prof. Dr. Thomas Brudermann และ Dr. Ralf Aschemann ที่ได้ให้คำปรึกษา เสนอแนะแนวทาง ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษาที่ผ่านมา รวมทั้งคณะกรรมผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กราบขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ. ป.เอก) ประจำปีการศึกษา 2558 และ ASEAN European Academic University Network (Asean Uninet) ที่สนับสนุนทุน OeAD Scholarship “Sandwich Program” ณ ประเทศออสเตรีย ประจำปี 2555

กราบขอบคุณ Univ-Prof. Dr. Rupert Baumgartner, Dr. Ulrike-Maria Gelbmann และ Mr. Klampfl-Pernold Hannes ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลา 1 ปี 4 เดือน ณ Karl Franzens University, Graz, Austria รวมทั้ง Prof. Syed Islam และ Asst. Prof. Dr. Muyeen M. ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลา 1 เดือน ณ Curtin university, Perth, Australia

กราบขอบคุณ อาจารย์ณรัล ลือวรสิริกุล คุณอุกฤษฎ์ แก้วรุ่งเรือง และคุณธีระ จันทร์แจ่มใส ผู้ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ ข้อมูลเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานทดแทน อีกทั้งผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมให้การสัมภาษณ์ทุกท่าน รวมทั้งผู้ประกอบการธุรกิจโรงแรมที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามเพื่อให้งานวิจัยนี้ได้ครบถ้วนสมบูรณ์และ คุณชาญวิทย์ คงแคล้ว ผู้ช่วยเหลือในการออกแบบโปรแกรม

กราบขอขอบคุณบุพการี ครอบครัว เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนทั้งกำลังใจ และกำลังทรัพย์ จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ศุทธินี จริงจิตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
ABSTRACT	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(13)
รายการภาพประกอบ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	3
บทที่ 2 บทนำ	
2.1 สถานการณ์พลังงานโลก – ไทย	4
2.2 เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น	22
2.3 การเปลี่ยนแปลงสภาวะของตลาดและนโยบายการยกเลิก	36
2.4 นโยบายยกเลิกเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในประเทศออสเตรเลีย	39
2.5 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการลงทุน	46
2.6 กระบวนการตัดสินใจ	53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย 72

3.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นใน ภาคส่วนต่างๆ ของประเทศไทย 73

3.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น ในประเทศไทยในธุรกิจโรงแรมโดยใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP 83

3.3 ศึกษาผลประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิต น้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทย 98

3.4 การวิเคราะห์โครงการ 104

3.5 โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม 106

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นใน ภาคส่วนต่างๆ ของประเทศไทย 110

4.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น ในประเทศไทยในธุรกิจโรงแรมโดยใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP 115

4.3 ศึกษาผลประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิต น้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทย 158

4.4 การวิเคราะห์โครงการ 165

4.5 โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม 168

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย 178

5.2 ข้อเสนอแนะ 183

เอกสารอ้างอิง 184

ภาคผนวก 195

ประวัติผู้เขียน 221

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2-1	จุดเด่น จุดด้อย ด้านพลังงานของประเทศในกลุ่มอาเซียน	14
2-2	กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในครัวเรือน	17
2-3	ค่าเป้าหมายจากแผน AEDP และ REDP	20
2-4	ระดับความเข้มข้นของความสำคัญด้วยค่าตัวเลข	60
2-5	แสดงการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ๆ	61
2-6	แสดงดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index, RI)	64
2-7	การหาลำดับความสำคัญ (หลัก) จากงานวิจัย	67
3-1	คำอธิบายความหมายของแต่ละชุดการทดลอง	73
3-2	อายุที่ใช้คำนวณในแต่ละชุดการทดลอง	81
3-3	ตารางตัวอย่างการจำแนกหมวดหมู่ปัจจัยและให้ความสำคัญต่อกลุ่มของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นแบบต่างๆ ของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย	88
3-4	ตารางการคัดเลือกปัจจัย SWOT ในแต่ละเทคโนโลยี	88
3-5	ระดับความเข้มข้นของความสำคัญแสดงด้วยค่าตัวเลข	89
3-6	แสดงตัวอย่างการให้ค่าความสำคัญของปัจจัย A, B และ C ในปัจจัยหลักจุดแข็งสำหรับโรงแรมที่มีเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	91
3-7	แสดงตาราง Multiplied Matrix	92
3-8	แสดงตารางการหาผลรวมแต่ละแถว และหาค่า Eigenvector 1	93
3-9	แสดงตารางการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย (ภายนอก) จากปัจจัยหลักจุดแข็งของเทคโนโลยีที่เลือก	94
3-10	แสดงตารางการหาผลรวมแต่ละแถว และหาค่า Eigenvector	95
3-11	จำนวนห้องพักของโรงแรมในประเทศไทย	99

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
3-12	กรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์ Monte Carlo สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	106
4-1	ปั๊มน้ำที่เลือกใช้ในครัวเรือน รีสอร์ทและโรงแรม	111
4-2	เงินลงทุนสำหรับการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคส่วนต่างๆ ของประเทศไทย (หน่วย: บาท)	112
4-3	เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่เลือกใช้ในครัวเรือน รีสอร์ทและโรงแรม	113
4-4	ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของชุดการทดลองต่างๆ	113
4-5	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยโดยการสัมภาษณ์	117
4-6	แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	120
4-7	แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)	122
4-8	แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์(B)	125
4-9	แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)	127
4-10	แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)	130
4-11	แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)	132
4-12	แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	137
4-13	แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	141

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
4-14	แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	145
4-15	การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	148
4-16	การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	149
4-17	การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	150
4-18	แสดงปริมาณน้ำร้อน – น้ำเย็นที่ผสมกันในช่วงเวลาต่างๆ	160
4-19	การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาโรงแรมขนาด 50 ห้องพักในประเทศไทย	164
4-20	แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุน โดยกระบวนการ Sensitivity Analysis	166

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2-1	จำนวนประชากรโลกในช่วง ค.ศ. 1750 – 2100	5
2-2	ปรากฏการณ์ Urban Heat Island	6
2-3	การบริโภคพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ทั่วโลก ในช่วง ค.ศ. 1990 – 2015	8
2-4	การบริโภคพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ในปี ค.ศ. 2015 แบ่งตามภูมิภาค	8
2-5	สัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตพลังงานประเภทต่างๆ (Reserve/Production) แบ่งตามภูมิภาค	11
2-6	โครงสร้างการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย	16
2-7	การใช้ไฟฟ้าเมื่อแยกตามภาคเศรษฐกิจ	16
2-8	ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	22
2-9	หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	24
2-10	เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มประเภทต่างๆ ในตลาดโลก	26
2-11	รังสีจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศไทย	28
2-12	หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียน	29
2-13	เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ (ก) และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน (ข)	30
2-14	เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผสมผสาน	31
2-15	ส่วนประกอบของตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector)	33
2-16	เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนโดยใช้แผ่นรับแสงอาทิตย์	34
2-17	ประเทศทางซีกโลกเหนือ แสงอาทิตย์จะส่องสัมผัส ผนังหรือหลังคา	35
2-18	การเปลี่ยนแปลงในตลาด	37

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
2-19	การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์จากแหล่งต่างๆ ของครัวเรือนในประเทศออสเตรเลีย ค.ศ. 2008	40
2-20	แสดงจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นประเภทต่างๆ ในสถานอยู่อาศัยประเทศออสเตรเลีย ปี ค.ศ. 2010 – 2030 (ก) ในสภาวการณ์ปกติ ที่ไม่มีนโยบายยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (ข) เมื่อมีการประกาศใช้นโยบาย	43
2-21	โครงสร้างของ SWOT Analysis	54
2-22	โครงสร้างของ AHP	60
2-23	แผนภูมิขั้นตอนกระบวนการ AHP	65
3-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	72
3-2	การดาวน์โหลดโปรแกรม Protech Technology เพื่อใช้งาน	76
3-3	การใช้งานโปรแกรม Protech Technology version 1.7	77
3-4	เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	79
3-5	แผนผังการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	85
3-6	แผนผังแสดงการหาค่าน้ำหนักความสำคัญภายในและภายนอก	90
3-7	เมตริกซ์ที่ได้จากตารางที่ 3-6	91
3-8	แสดงการคูณเมตริกซ์ 3x3	92
3-9	การหาค่า Multiply	95
3-10	ตัวอย่างกราฟ SWOT – AHP	97
3-11	การดาวน์โหลดโปรแกรม OriginPro เพื่อทดลองใช้งาน	103
3-12	ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม OriginPro	104

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
3-13	ค่าไฟฟ้าและค่า Ft ของประเทศไทย ย้อนหลัง 6 ปี	106
3-14	การดาวน์โหลดโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 เพื่อทดลองใช้งาน	109
3-15	ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105	109
4-1	แผนผังการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	116
4-2	กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	138
4-3	สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย	139
4-4	กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	142
4-5	สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย	143
4-6	กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	146
4-7	สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย	147
4-8	โปรแกรมภายในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive) ของงานวิจัย	151
4-9	ไฟล์โปรแกรม SWOT AHP ของงานวิจัย	152
4-10	รายละเอียดของ Worksheet ที่อยู่ในโปรแกรม SWOT AHP	152
4-11	รายละเอียดของ Worksheet ที่อยู่ในโปรแกรม SWOT AHP	153

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
4-12	Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถาม	154
4-13	ตัวอย่างการกรอกข้อมูลจากแบบสอบถาม	154
4-14	ตัวอย่างการคำนวณหาค่าน้ำหนักใน Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถาม	155
4-15	การตั้งรหัสผ่านเพื่อป้องกันความผิดพลาดของโปรแกรม	155
4-16	Worksheet คำนวณค่าน้ำหนัก	156
4-17	Worksheet กราฟ SWOT-AHP	157
4-18	อัตราการใช้น้ำของโรงแรมในเวลา 24 ชั่วโมง	158
4-19	การกรอกข้อมูลเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วันด้วยโปรแกรม OriginPro 8	159
4-20	การหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วันด้วยโปรแกรม OriginPro 8	160
4-21	ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบประจำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555	162
4-22	อัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา Monte Carlo	167
4-23	โปรแกรมภายในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive) ของงานวิจัย	168
4-24	แสดงรายละเอียดหน้าหลัก (Home) ของโปรแกรม AWH cal	169
4-25	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ AWH cal	170
4-26	แสดงรายละเอียดแท็ป HP cal สำหรับการคำนวณการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	171
4-27	แสดงรายละเอียดแท็ป SWH cal สำหรับการคำนวณการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	172
4-28	แสดงรายละเอียดแท็ป Calculator สำหรับการคำนวณตัวเลข	173

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
4-29	แสดงผลการคำนวณของ HP cal	174
4-30	แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	175
4-31	แสดงผลการคำนวณ NPV และ IRR ของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม	175
4-32	แสดงผลการคำนวณของ SWH cal	176
4-33	แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	177
4-34	แสดงผลการคำนวณ NPV และ IRR ของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	177

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันทั่วโลกตื่นตระหนักกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ความต้องการพลังงานของมนุษย์มีไม่สิ้นสุด ประกอบกับประชาชนส่วนใหญ่นิยมความสะดวกสบายและทันสมัย ทำให้ในยุคปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า เป็นต้น แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากความต้องการของมนุษย์ที่ไม่สิ้นสุด ทำให้ทุกวันนี้ต้องพยายามแสวงหาพลังงานเพิ่มขึ้น แต่พลังงานเหล่านั้นจัดเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป อันได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้จัดเป็นตัวการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย ทำให้นักวิทยาศาสตร์พยายามหันหน้าเข้าสู่การพึ่งพาพลังงานทดแทน หรือ พลังงานทางเลือก เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งนับเป็นการเข้าสู่ยุคของคำว่า “ยั่งยืน” เนื่องจากพลังงานเหล่านี้หมุนเวียนกันอยู่ตามธรรมชาติไม่มีวันหมดสิ้น และพลังงานบางอย่างสามารถผลิตได้จากเศษของเหลือในปัจจุบัน เช่น พลังงานขยะ และก๊าซชีวภาพ แต่หากมนุษย์ทุกคนยังคงใช้พลังงานอย่างไม่จำกัด ในอนาคตอาจทำให้ต้องสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานทางเลือกขึ้นมาทั่วทุกแห่งของโลก และอาจมีปัญหากระทบตามมาจากการรุกล้ำเขตอยู่อาศัยได้อีก ดังนั้น หากเราสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพทางพลังงาน อันหมายถึง มีกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้พลังงานน้อยเพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิมที่มีกำลังไฟฟ้าสูงอยู่แล้วนั้น ถือเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างมหาศาล ซึ่ง ‘เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า’ จัดเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นๆ โดยมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 3.5 – 4.5 กิโลวัตต์

เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจัดเป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับคนไทยมายาวนาน เนื่องมาจากมีราคาที่ไม่สูงมาก หาซื้อได้ง่าย และมีการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อน ทำให้ประชาชนนิยมซื้อมาติดตั้งเพื่อใช้งานในครัวเรือน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในธุรกิจรีสอร์ท-โรงแรมซึ่งจำเป็นต้องมีการทำน้ำร้อนน้ำอุ่นเพื่อเน้นความสะดวกสบายของลูกค้าเป็นสำคัญ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องทำน้ำร้อนติดตั้งในทุกๆแหล่ง โดย 80 – 90% ของทั้งหมด พบว่า การผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นจะเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเป็นหลัก ดังนั้น จึงควรปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เหล่านี้ โดยการใช้เทคโนโลยีทางเลือกในการผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทน เช่น เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และฮีทปั๊มน้ำร้อน ซึ่งเทคโนโลยีทั้งสองอาศัยหลักการของพลังงานทดแทนอันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และหลักการถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายนอก

การเปลี่ยนไปใช้เครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนสามารถลดการใช้พลังงานในระดับที่สูง อีกทั้งลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้ในปริมาณมหาศาล ถือเป็นการช่วยประหยัดให้แก่ประเทศชาติ ช่วยลดการก่อเกิดโรงไฟฟ้าใหม่ๆ อีกทั้งเป็นการสนับสนุนนโยบายของรัฐบาลต่อการลดความเข้มของพลังงาน (Energy Intensity: EI) การสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งธุรกิจท่องเที่ยวจัดเป็นหนึ่งในกลุ่มเศรษฐกิจหลักของประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการการจัดการใช้พลังงาน ถือเป็นการสนับสนุนมาตรการ EERS (Energy Efficiency Resource Standard) นอกจากนี้ถือเป็นการสนับสนุนมาตรการด้านการเงิน เช่น ESCO fund (Energy Service Companies Revolving Fund) ให้แก่ธุรกิจที่ต้องการลงทุนด้านอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน

แต่อย่างไรก็ตามเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นถือเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากการลงทุนสูง ประกอบกับการขาดความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน อีกทั้งบริษัทจัดจำหน่ายเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในประเทศยังคงมีน้อย และขาดช่างผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ ทำให้ประชาชนไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของรูปธรรมและนามธรรมได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญต่อการประเมินความเป็นไปได้ต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในปัจจุบัน อีกทั้งศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดนโยบายการยกเลิกเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นของภาคส่วนต่างๆ ในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่สำคัญด้วยวิธี SWOT-AHP ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม
3. เพื่อออกแบบโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อง่ายต่อการคำนวณ SWOT-AHP ในงานวิจัยอื่นๆ
4. เพื่อศึกษาผลประหยัดพลังงานต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม
5. เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไวของโครงการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนและจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo
6. เพื่อออกแบบโปรแกรมคำนวณต่อการตัดสินใจลงทุนสำหรับเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม

1.3 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ต่อการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนมาใช้ฮีทปั๊มน้ำร้อน หรือเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจให้กับองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น โรงงานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า โดยสามารถนำไปเป็นแนวทางในการกำหนดร่างนโยบายที่เป็นแบบแผนของกระทรวงพลังงานเพื่อให้ดำเนินการตามเป้าหมายได้

อีกทั้ง ผู้วิจัยได้จัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมา 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมคำนวณ SWOT-AHP พร้อมการสร้างกราฟอย่างง่าย และโปรแกรมคำนวณการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น ซึ่งทั้ง 2 โปรแกรมสามารถนำไปใช้งานได้จริงสำหรับผู้ที่สนใจ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดการวางยุทธศาสตร์หรือนโยบายของประเทศในการพิจารณาความเหมาะสมในการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ซึ่งผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. สถานการณ์พลังงานโลก – ไทย
2. เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น
3. การเปลี่ยนแปลงสภาวะของตลาดและนโยบายการยกเลิก
4. นโยบายยกเลิกเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในประเทศออสเตรเลีย
5. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน
6. กระบวนการตัดสินใจ

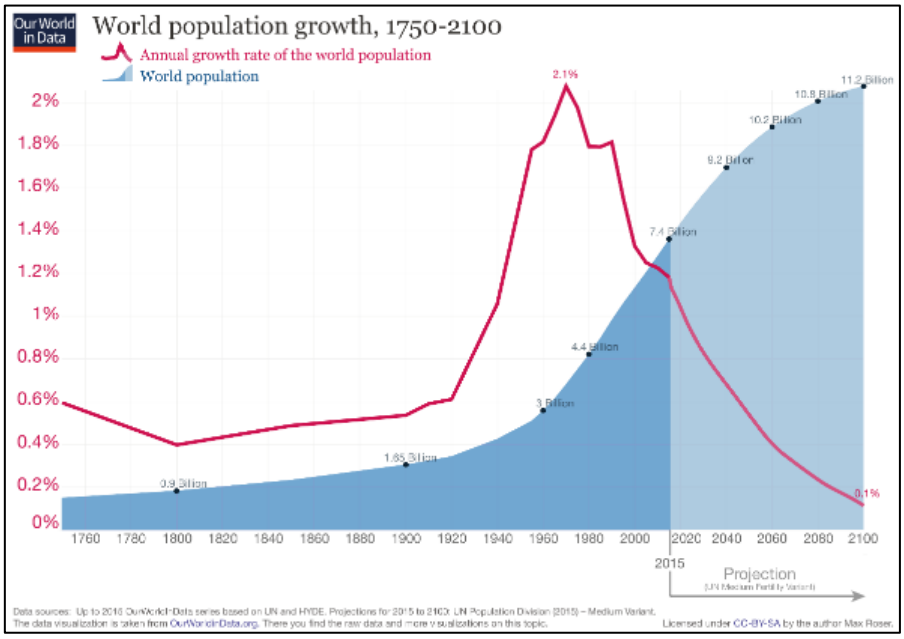
2.1 สถานการณ์พลังงานโลก – ไทย

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งมนุษย์ได้นำเอาพลังงานมาใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการอุปโภคและบริโภคตั้งแต่อดีตเป็นต้นมา ตลอดจนการใช้พลังงานเพื่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม นำโดยประเทศอังกฤษซึ่งถือว่าเป็นผู้นำในการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยนำเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติมาใช้เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างมากมาย และในเวลาต่อมาได้ขยายวงกว้างออกไปทั่วโลก

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานอย่างเห็นได้ชัด คือ

1) จำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี จากการประเมินจำนวนประชากรโลกในปัจจุบัน (ค.ศ. 2015) พบว่า มีประชากรโลกมากกว่า 7 ล้านล้านคน และเมื่อนับย้อนไปประมาณ 200

ปีที่ผ่านมาพบว่าประชากรโลกมีเพียง 1 ล้านล้านคนเท่านั้น โดยประชากรโลกได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงศตวรรษที่ 20 (ค.ศ. 1901 – ค.ศ. 2000) โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 2.1% หรือ คิดเป็น 1.5 – 6.1 ล้านล้านคนในเวลาเพียง 100 ปี (Roser and Ortiz-Ospina, 2017) ดังภาพประกอบที่ 2-1 แสดงให้เห็นจำนวนประชากรโลกและการคาดการณ์จำนวนประชากรโลก ในช่วง ค.ศ. 1750 – 2100 จากการคาดการณ์จำนวนประชากรโลกจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการเพิ่มของประชากรที่ลดต่ำกว่า 1% ในทุกๆปี คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2100 อาจมีประชากรโลกสูงถึง 11.2 ล้านล้านคน

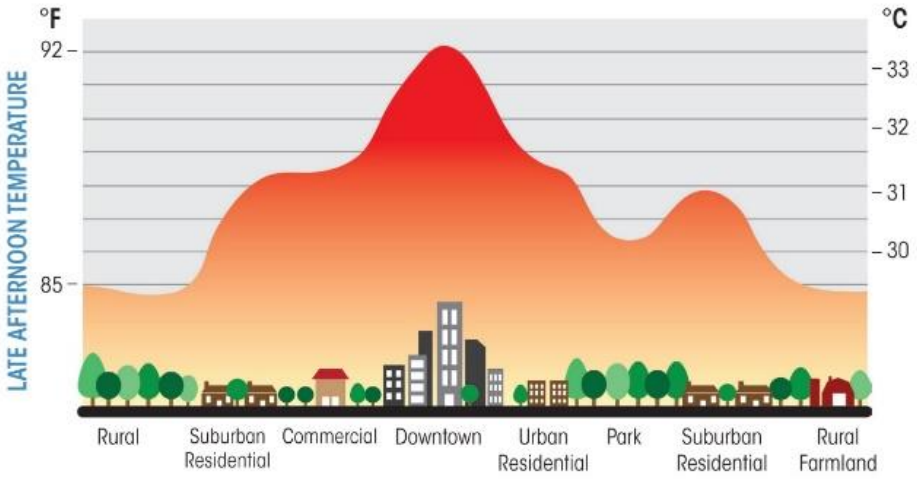


ภาพประกอบที่ 2-1 จำนวนประชากรโลกในช่วง ค.ศ. 1750 – 2100

(ที่มา : Roser and Ortiz-Ospina, 2017)

2) การขยายขนาดของเมือง ปัจจุบันมีประเทศมหานคร (Megacities) หรือ เมืองที่มีจำนวนประชากรมากกว่า 10 ล้านคน มากกว่า 20 เมืองทั่วโลก เช่น กรุงโตเกียวมีประชากรจำนวน 35 ล้านคนซึ่งมากกว่าประชากรทั้งประเทศแคนาดา มหานครเหล่านี้ต้องการพลังงานมหาศาล ทั้งในรูปแบบของการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง พาณิชยกรรม ที่อยู่อาศัย รวมทั้งการให้บริการจากภาครัฐ ซึ่งคิดเป็นความต้องการพลังงาน 75% ของโลกเมื่อเทียบกับพื้นที่เพียง 2%

ของพื้นที่โลกทั้งหมด อีกทั้งเมืองเหล่านี้ได้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 80% ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลก (วิพล และคณะ, 2551) ในขณะที่ กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย มีจำนวนประชากรมากกว่าเชียงใหม่ซึ่งเป็นนครอันดับที่ 2 ของประเทศถึง 35 เท่า โดยมีอัตราการใช้ไฟฟ้า 85% ของทั่วประเทศ (นิธิ เอียวศรีวงศ์, 2558) นอกจากนี้ในเมืองใหญ่มีปรากฏการณ์ทางความร้อนอย่างหนึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์เกาะเมืองร้อน (Urban Heat Island; UHI) ซึ่งมาจากการสะสมความร้อนของมวลความร้อน อันได้แก่ ผนังอาคาร พื้นถนน คอนกรีต ซีเมนต์ต่างๆ เป็นต้น โดยความร้อนเหล่านี้จะถูกเก็บสะสมไว้ในช่วงเวลากลางวันในปริมาณที่สูง และปล่อยคืนสู่สิ่งแวดล้อมรอบๆ ในเวลากลางคืน แต่ปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยคืนสู่สิ่งแวดล้อม ไม่สามารถกำจัดได้ทั้งหมด ทำให้ความร้อนบางส่วนยังคงถูกเก็บสะสมในวัสดุต่างๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวเมืองจึงมีค่าสูงกว่าบริเวณรอบข้าง (Ozdemir *et al*., 2012) ดังภาพประกอบที่ 2-2 เมื่อดูจากกราฟอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่าบริเวณเมืองจะมีอุณหภูมิสูงสุด หรือ เห็นเป็นจุดยอดของกราฟพาราโบลา ในขณะที่บริเวณกึ่งเมืองกึ่งชนบทจะมีค่าอุณหภูมิต่ำลงมา และในบริเวณชนบทจะมีค่าความร้อนต่ำสุด

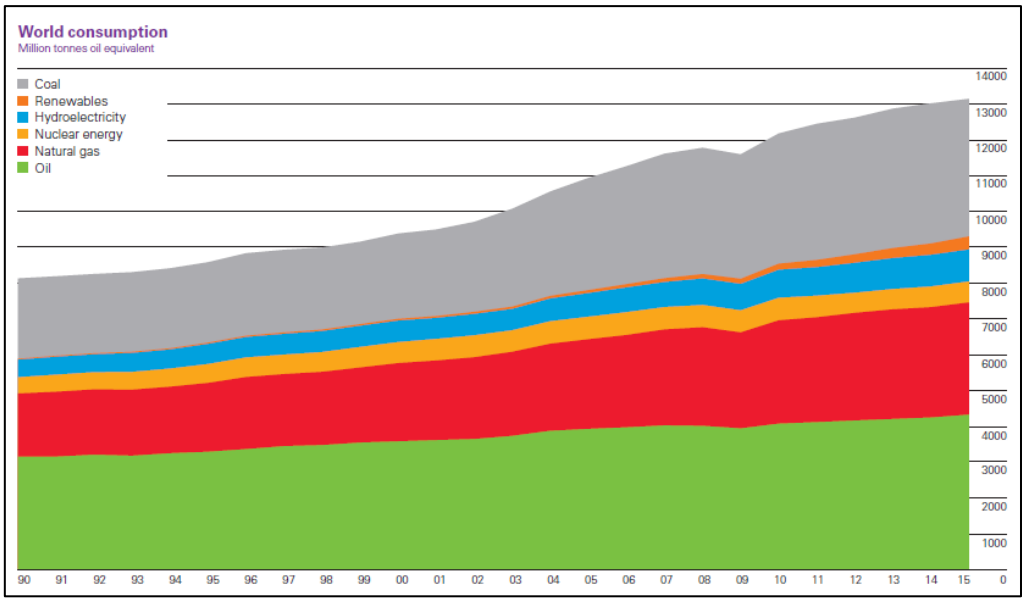


ภาพประกอบที่ 2-2 ปรากฏการณ์ Urban Heat Island

(ที่มา : Ozdemir *et al*., 2012)

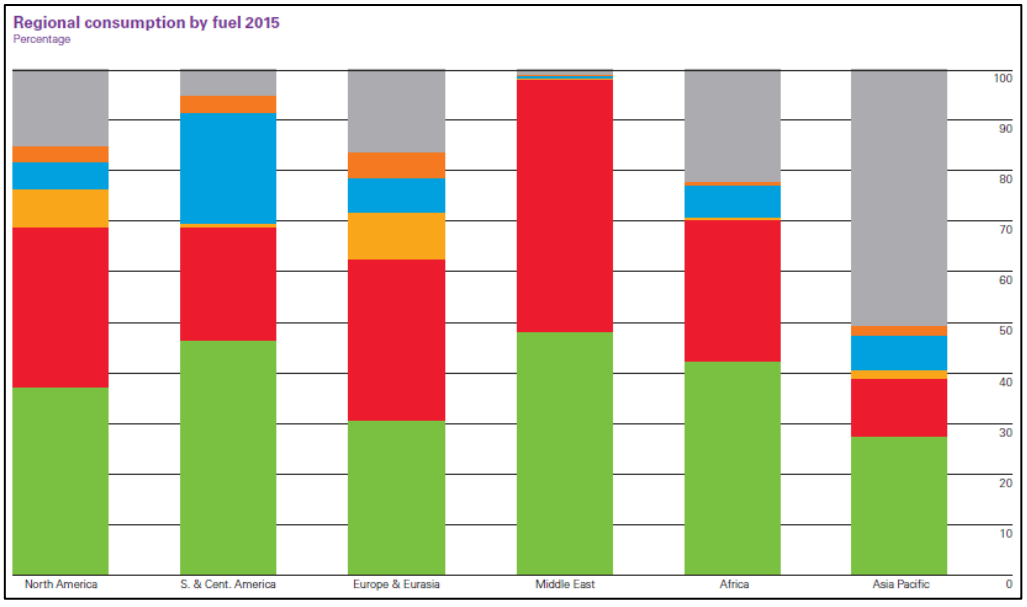
3) พฤติกรรมการบริโภคพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปของประชากรในปัจจุบัน หลายศตวรรษที่ผ่านมาโดยมนุษย์ได้คิดค้นนวัตกรรมมากมายเพื่อการใช้ชีวิตที่สะดวกสบายขึ้นและตอบสนองความต้องการที่มีอยู่อย่างไม่มีที่สิ้นสุดของมนุษย์ มีการพัฒนาสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน (Infrastructure) ปรับปรุงระบบคมนาคม (Transportation) การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อขยายพื้นที่อาศัย (Residential Area) ซึ่งการพัฒนาเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นอย่างสูง โดยเฉพาะการเผาผลาญในรูปแบบของพลังงาน

จากข้อมูลการรายงานของ BP Statistical review เมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 2016 ของบริษัท บีพี ซึ่งเป็นบริษัทใหญ่ในการสำรวจและผลิต น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ได้รายงานอัตราการใช้พลังงานของโลกซึ่งขยายตัวต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 1.0% ในปี ค.ศ. 2015 ยกเว้นในภูมิภาคยุโรปและยูโรเชีย ซึ่งนับเป็นอัตราการเติบโตต่ำสุดในรอบหลายปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 (ไม่นับรวมถึงวิกฤตการณ์ทางการเงินของโลก) (BPstats, 2016) โดยพลังงานฟอสซิลยังคงถือเป็นพลังงานหลักของโลกนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ น้ำมันดิบ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-3 โดยพบว่าประเทศในกลุ่มเอเชียแปซิฟิก มีการใช้พลังงานจากถ่านหินสูงสุดประมาณ 50% เมื่อเทียบกับการบริโภคพลังงานชนิดอื่นๆ รองลงมาคือน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-4 ในขณะที่ประเทศแถบตะวันออกกลางมีการบริโภคพลังงานจากถ่านหินน้อยมาก เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานจากน้ำมันดิบประมาณ 49% และก๊าซธรรมชาติประมาณ 49%



ภาพประกอบที่ 2-3 การบริโภคพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ทั่วโลก ในช่วง ค.ศ. 1990 – 2015

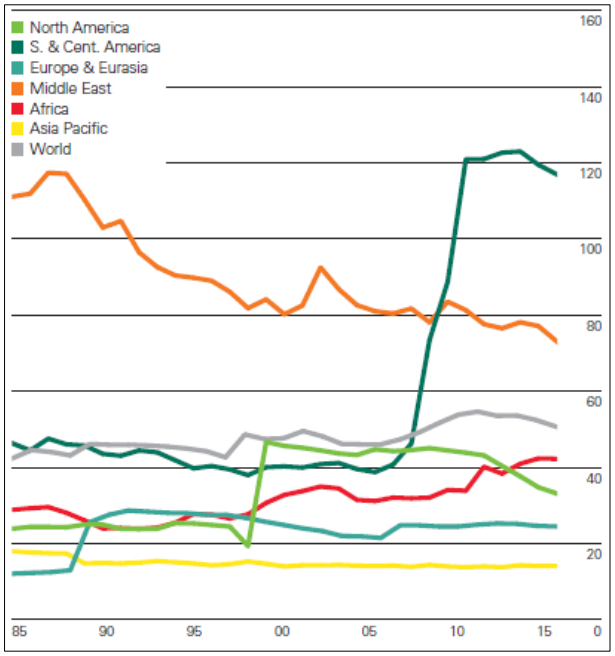
(ที่มา : BPstats, 2016)



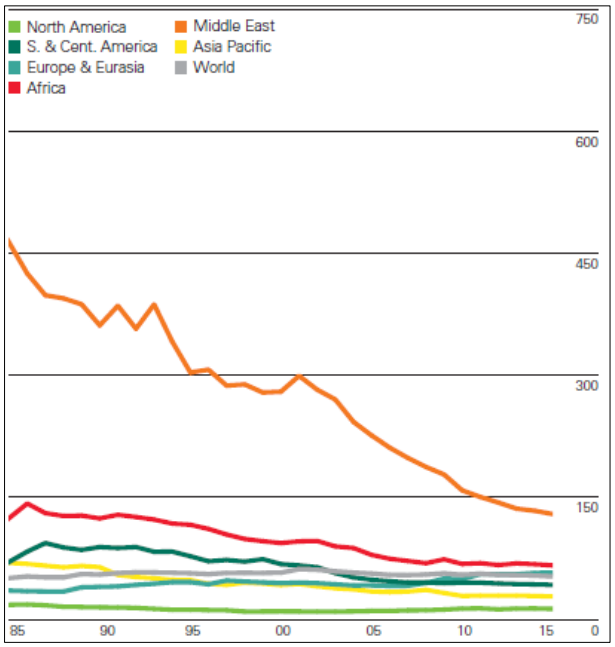
ภาพประกอบที่ 2-4 การบริโภคพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ในปี ค.ศ. 2015 แบ่งตามภูมิภาค

(ที่มา : BPstats, 2016)

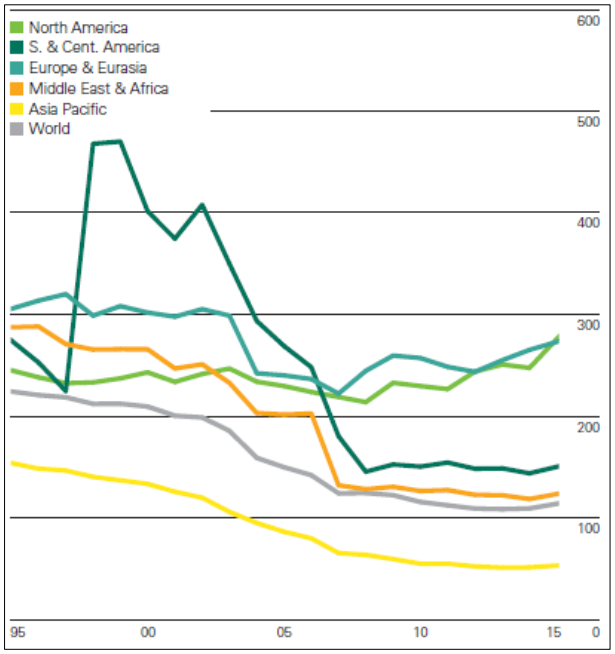
จากการรายงานพบว่าน้ำมันดิบสำรองของโลก ณ ปี ค.ศ. 2016 มีประมาณ 239.4 พันล้านตัน โดยส่วนใหญ่อยู่ในแถบตะวันออกกลางคิดเป็น 47.3% ของปริมาณน้ำมันดิบสำรองทั่วโลก แหล่งสำรองน้ำมันอันดับหนึ่งของโลกอยู่ในประเทศซาอุดีอาระเบีย (กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ, 2554) ก๊าซธรรมชาติมีปริมาณสำรองอยู่ที่ 186.9 พันล้านลูกบาศก์เมตร โดย 42.8% ของทั้งหมดอยู่ในแถบประเทศตะวันออกกลาง จากภาพประกอบที่ 2-5ข พบว่า กลุ่มประเทศตะวันออกกลางมีสัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตลดลงอย่างต่อเนื่อง มีผลมาจากการขายพลังงานเหล่านั้นแก่ประเทศอื่นๆ ในขณะที่ปริมาณสำรองของถ่านหินมีประมาณ 891,531 พันล้านตัน โดยปริมาณสำรองอันดับหนึ่งของโลก อยู่ในบริเวณแถบยุโรปรวมกับยูโรเชียคิดเป็น 34.8% ของปริมาณสำรองถ่านหินทั่วโลก สัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตแสดงในภาพประกอบที่ 2-5ค พบว่ากลุ่มประเทศอเมริกาใต้รวมกับอเมริกากลางมีสัดส่วนสูงมากในอดีตและลดลงในช่วงปี ค.ศ. 2004 ในขณะที่ สัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตน้ำมันดิบของกลุ่มประเทศอเมริกาใต้รวมกับอเมริกากลางมีสัดส่วนที่สูงเพิ่มขึ้นอย่างสวนทางกัน (ภาพประกอบที่ 2-5ก) สืบเนื่องมาจากปี ค.ศ. 2004 รัฐบาลสหรัฐฯ สนับสนุนให้รัฐบาลอุดหนุนเงินจำนวนมหาศาลในโครงการเปลี่ยนถ่านหินให้เป็นพลังงานสำหรับรถยนต์ เพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันของอเมริกาทำให้ปริมาณน้ำมันในสหรัฐฯ มีเหลือสำรองไว้ในปริมาณมาก ประกอบกับสงครามพลังงานกับกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง แต่ต่อมาภายหลังรัฐบาลสหรัฐฯ ต้องการบรรลุเป้าหมายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงมุ่งเน้นในการลดพลังงานถ่านหิน เนื่องจากถ่านหินเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในสหรัฐฯ ซึ่งถ่านหินปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซธรรมชาติถึง 2 เท่า ทำให้ในปี ค.ศ. 2006 รัฐบาลสหรัฐฯ ได้ออกกฎหมายเพื่ออากาศสะอาด (Clean Air Act) ทำให้เกิดโครงการต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น Duke Energy ซึ่งหยุดดำเนินการโรงไฟฟ้าถ่านหินจำนวน 40 แห่ง และคาดการณ์ว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินจะลดลงเกินกว่าครึ่งในปี ค.ศ. 2018 จึงทำให้สัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตลดลงอย่างรวดเร็วดังภาพประกอบที่ 2-5ค (Mufson, 2015)


North America
S. & Cent. America
Europe & Eurasia
Middle East
Africa
Asia Pacific
World
160
140
120
100
80
60
40
20
85
90
95
00
05
10
15
0

(ก)


North America
S. & Cent. America
Europe & Eurasia
Africa
Middle East
Asia Pacific
World
750
600
450
300
150
85
90
95
00
05
10
15
0

(ข)



(ค)

ภาพประกอบที่ 2-5 สัดส่วนพลังงานสำรองต่อการผลิตพลังงานประเภทต่างๆ (Reserve/Production) แบ่งตามภูมิภาค (ก) น้ำมันดิบ (ข) ก๊าซธรรมชาติ (ค) ถ่านหิน (ที่มา : BPstats, 2016)

จากปัญหาการขาดแคลนพลังงานและปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้หลายประเทศมีการออกนโยบาย กฎระเบียบและมาตรการเพื่ออนุรักษ์พลังงานและคุ้มครองสิ่งแวดล้อม ซึ่งหลายฝ่ายอาจมองว่าเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าในอีกรูปแบบหนึ่ง เช่น REACH (Registration Evaluation and Authorization of Chemicals), WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) และ RoHS (Restriction of Hazardous Substances) เป็นต้น ตัวอย่างนโยบายของประเทศต่างๆ ดังต่อไปนี้

ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยประธานาธิบดีบารัก โอบามา ซึ่งกำหนดให้มีการลดการพึ่งพาน้ำมันและให้นำพลังงานหมุนเวียนและพลังงานสะอาดมาใช้ โดยจัดสรรงบประมาณในปี ค.ศ. 2009 จำนวน 61,000 ล้านเหรียญสหรัฐ ภายใต้กฎหมาย ARRA (American Recovery and Reinvestment Act of 2009) เพื่อทำให้สหรัฐฯ เป็น Low Carbon Green Economy และมี

โครงการที่ประสบผลสำเร็จ คือ โครงการช่วยเหลือผู้บริโภคในการนำรถเก่ามาขายเพื่อซื้อรถใหม่ภายใต้กฎหมาย Consumer Assistance to Save Act of 2009 ระหว่างวันที่ 27 กรกฎาคม – 26 สิงหาคม 2552 ทำให้สามารถนำรถเก่าไปทำลายได้ถึง 7 แสนคัน นอกจากนี้ยังวางแผนเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2020 ให้อยู่ในระดับเดียวกับปี ค.ศ. 1990 และลดลงให้ได้ 80% ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยการกำหนดระดับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมของประเทศ โดยใช้ระบบ Cap-and-trade ภายใต้กฎหมาย American Clean Energy and Security Act ซึ่งจะทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นต้นทุนการผลิต เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการกิจการพัฒนาหรือปรับปรุงเทคโนโลยีเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง มีการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม คลื่น และกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนของประเทศต้องเป็น 25% ในปี ค.ศ. 2025 มีการใช้มาตรการจูงใจด้านภาษีเพื่อสนับสนุนการใช้รถยนต์ชนิดไฟฟ้า และฟื้นฟูพื้นที่สีเขียว โดยให้รางวัลแก่เจ้าของพื้นที่ รวมทั้งเพิ่มงบประมาณในการอนุรักษ์พื้นที่สวนสาธารณะและอุทยานแห่งชาติ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทวงพลังงาน, 2555)

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2560 ตำแหน่งประธานาธิบดีคนที่ 45 ของสหรัฐฯ ได้กลายเป็นของโดนัลด์ ทรัมป์ ซึ่งมีความคิดเห็นด้านพลังงานที่ตรงข้ามกับอดีตประธานาธิบดีโอบามาโดยสิ้นเชิง ซึ่งประธานาธิบดีทรัมป์มีจุดยืนในการนำเชื้อเพลิงฟอสซิลมาใช้เพิ่ม เนื่องจากไม่เชื่อว่าจะมีปัญหาภาวะโลกร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นจริง โดยจะถอนตัวจากข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ที่อเมริกาได้ให้ไว้กับประชาคมโลก (Inverso, 2016) โดยประธานาธิบดีทรัมป์ถือคติแผนพลังงานแบบอเมริกามาก่อน โดยจะยกเลิกข้อจำกัดการขุดเจาะน้ำมัน ฟื้นฟูอุตสาหกรรมถ่านหิน สนับสนุนการวางท่อส่งน้ำมัน Keyston XL ความยาว 1,900 กิโลเมตร ซึ่งอดีตประธานาธิบดีโอบามาเคยปฏิเสธไว้ เพื่อลดการนำเข้าน้ำมันจากกลุ่มโอเปค อาจส่งผลให้ราคาน้ำมันลดลง (Dutton, 2016)

ประเทศจีน จากรายงานอัตราค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในปี พ.ศ. 2547 พบว่า รายจ่ายด้านพลังงานของประเทศจีนที่สูงกว่าอัตราเฉลี่ยของโลกถึง 4 เท่า และสูงกว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของประเทศญี่ปุ่นถึง 14 เท่า เนื่องมาจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจของจีนทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้จีนมีนโยบายปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและปกป้องสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน

- พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทำความร้อน เป็นพลังงานไฟฟ้า และผลิตพลังงานไฟฟ้า แต่จากต้นทุนที่สูง จึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก การผลิตร้อยละ 90% เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก โดยมีตลาดที่สำคัญ คือ เยอรมนีและสหรัฐอเมริกา
- พลังงานชีวมวล รัฐบาลส่งเสริมการผลิตโดยให้เงินอุดหนุนแก่ผู้ผลิต ผู้วิจัย และพัฒนา แต่ปัญหาของจีน คือ พื้นที่ไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกพืชเพื่อผลิตเป็นชีวมวล รวมทั้งไม่มีระบบรวบรวมจัดเก็บวัตถุดิบ อีกทั้งกฎหมายห้ามนำอาหารที่ใช้บริโภคเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตชีวมวล
- พลังงานลม รัฐบาลสนับสนุนค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลม และออกกฎหมายให้ใช้อุปกรณ์ผลิตพลังงานลมต้องเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตภายในประเทศร้อยละ 70 ทำให้ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศจีนมีฟาร์มลม 61 แห่ง และเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานลมเป็นอันดับ 8 ของโลก แต่จีนยังประสบปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตพลังงาน รวมทั้งการเชื่อมโยงแหล่งการใช้พลังงานลมกับโรงไฟฟ้า

อาเซียนหรือสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นองค์กรที่ก่อตั้งขึ้นตามปฏิญญา ณ กรุงเทพฯ เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2510 มีประเทศสมาชิกรวม 10 ประเทศ คือ บรูไนดารุสซาลาม อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไทย กัมพูชา ลาว พม่า และเวียดนาม ซึ่งมีทั้งประเทศที่มีพลังงานเหลือเฟือและประเทศที่ยังขาดแคลนพลังงาน จึงจำเป็นที่จะต้องจัดสรรการใช้พลังงานให้ทั่วถึงทั้งภูมิภาค โดยประเทศพม่าและอินโดนีเซีย จัดเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ในด้านทรัพยากรพลังงาน แต่ประชากร 1 ใน 3 ไม่สามารถเข้าถึงพลังงานเหล่านั้นได้ ประเทศไทย

สิงคโปร์ และมาเลเซีย มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มากพอที่จะแบ่งปันให้กับประเทศที่ขาดแคลน หากมีการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าภายในภูมิภาคได้สมบูรณ์ จะช่วยลดภาระทางการเงินในการสร้างโรงไฟฟ้าและสายส่งกำลังระหว่างประเทศสมาชิกลงได้บ้าง (วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2559) เมื่อพิจารณาโอกาสในการบริหารจัดการพลังงานของแต่ละประเทศจะพบจุดเด่น จุดด้อย ดังแสดงในตารางที่ 2-1

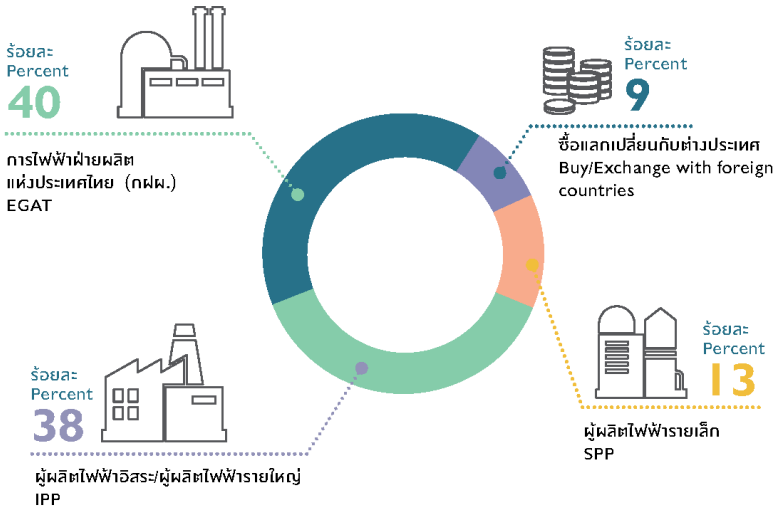
ตารางที่ 2-1 จุดเด่น จุดด้อย ด้านพลังงานของประเทศในกลุ่มอาเซียน

ประเทศ	จุดเด่น	จุดด้อย
บรูไน	มีทรัพยากรน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติมาก	ขาดแคลนผู้มีความรู้ ความสามารถในการผลิตพลังงาน
กัมพูชา	ทรัพยากรธรรมชาติหลากหลายและอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะน้ำ ป่าไม้และ แร่ชนิดต่างๆ	ระบบสาธารณูปโภคยังไม่ค่อยพัฒนา ขาดบุคลากรที่มีความรู้ด้านพลังงาน
อินโดนีเซีย	มีทรัพยากรด้านเชื้อเพลิงมาก	ระบบสาธารณูปโภคยังไม่ค่อยพัฒนา โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างประเทศ
ลาว	ทรัพยากรธรรมชาติหลากหลายและอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะน้ำและแร่	ไม่มีพลังงานน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ
มาเลเซีย	มีก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหินมาก	มีประชากรน้อยทำให้ขาดแคลนแรงงาน
เมียนมาร์	มีก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันมาก	ระบบสาธารณูปโภคยังไม่พัฒนา ขาดผู้มีความเชี่ยวชาญด้านพลังงาน
ฟิลิปปินส์	มีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	มีที่ตั้งห่างไกลจากประเทศสมาชิกอื่นๆ
สิงคโปร์	มีที่ตั้งเอื้อต่อการเป็นศูนย์กลางเดินเรือในการขนส่งวัตถุดิบด้านพลังงาน	มีพื้นที่น้อย ไม่มีทรัพยากรเชื้อเพลิง ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงาน
ไทย	มีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	เทคโนโลยีผลิตเป็นขั้นกลาง ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านพลังงาน
เวียดนาม	มีปริมาณน้ำมันสำรองมาก	ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานยังไม่พัฒนาเท่าที่ควร

จากรายงานสถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่น้ำมันเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย รองลงมา ได้แก่ ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560) ซึ่งการนำเข้าสุทธิของพลังงานทุกประเภทเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากโรงไฟฟ้าหงสา ของ สปป.ลาว และการนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งซอติการ์ ประเทศเมียนมาร์ ซึ่งพลังงานที่นำเข้าคิดเป็น 60% ของการใช้พลังงานขั้นต้นทั้งหมด (รวมพลังงานทดแทน) (Energy Policy and Planning Office, 2016a)

ในอดีตการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยมีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) (The Electricity Authority of Thailand; EGAT) เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าเพียงรายเดียว ต่อมาในปี พ.ศ. 2537 รัฐบาลมีนโยบายให้เอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้มีการแข่งขันด้านการผลิต จึงทำให้มีผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (Independent Power Producers : IPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก (Small Power Producers : SPP) เข้ามามีบทบาทในภาคการผลิตไฟฟ้าทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและการบริการ ในปัจจุบันได้ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าจึงมีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producers : VSPP) ที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นหลักเข้ามาในระบบ ในประเทศไทยมีแหล่งกระจายไฟฟ้า 2 แหล่ง คือ การไฟฟ้านครหลวง (The Metropolitan Electricity Authority; MEA) ซึ่งรับผิดชอบกระจายไฟฟ้าในส่วนกรุงเทพและปริมณฑล ได้แก่ นนทบุรี และสมุทรปราการ และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (The Provincial Electricity Authority; PEA) (IAEA, 2013)

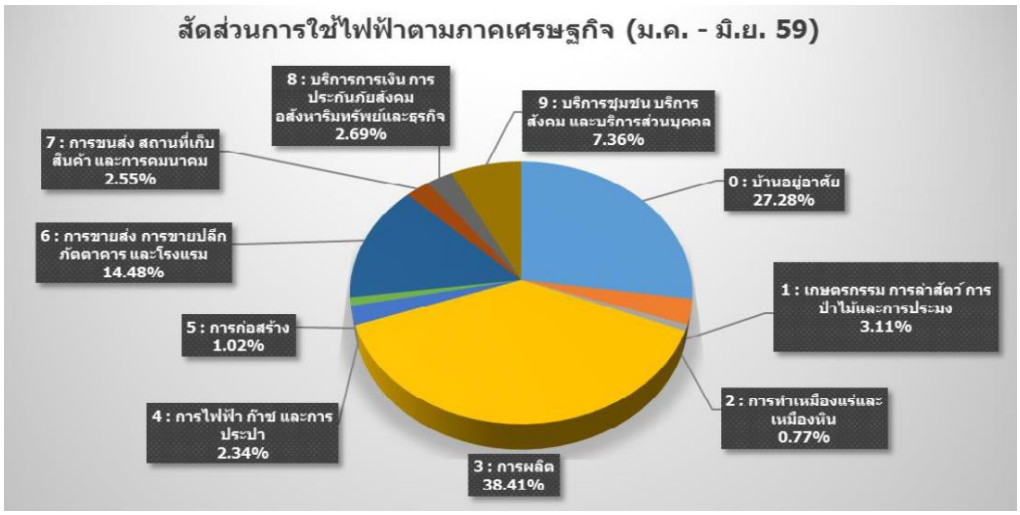
ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 มีกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งที่อยู่ในระบบรวมทั้งสิ้น 38,815 เมกะวัตต์ (MW) เป็นการผลิตติดตั้งของ กฟผ. ร้อยละ 40 IPP ร้อยละ 38 SPP ร้อยละ 13 และนำเข้า/แลกเปลี่ยน ร้อยละ 9 ดังภาพประกอบที่ 2-6



ภาพประกอบที่ 2-6 โครงสร้างการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

(ที่มา : Energy Policy and Planning Office, 2016a)

เมื่อแยกประเภทการใช้ไฟฟ้าตามภาคเศรษฐกิจ (ภาพประกอบที่ 2-7) พบว่า การผลิตมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด คิดเป็น 38.41% ซึ่งมีอัตราเติบโตร้อยละ 2.57 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 รองลงมา คือ บ้านอยู่อาศัย คิดเป็น 27.28% ซึ่งมีอัตราเติบโตร้อยละ 10.11 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 โดยพบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นที่สูงมากอย่างต่อเนื่องทุกปี



ภาพประกอบที่ 2-7 การใช้ไฟฟ้าเมื่อแยกตามภาคเศรษฐกิจ

(ที่มา : คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2559)

การใช้ไฟฟ้าของบ้านอยู่อาศัยซึ่งนับว่าเป็นปริมาณไฟฟ้าที่สูงสุดอันดับ 2 ตามภาคเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากในครัวเรือนมีอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากชนิดเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์ โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มีกำลังไฟฟ้าแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2-2 ซึ่งหากมีการลดการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้น หรือเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเพื่อการลดพลังงานงาน ถือเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างมหาศาล

ตารางที่ 2-2 กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในครัวเรือน

เครื่องใช้ไฟฟ้า	**ขนาด/ประเภท**	**กำลังไฟฟ้า (วัตต์)**
พัดลม	ติดเพดาน	70 - 100
	ตั้งโต๊ะ	25 - 75
โทรทัศน์	CRT	60 – 100
	Plasma	230 – 400
	LCD	120 - 325
ไมโครเวฟ	-	650 – 1,500
เครื่องดูดฝุ่น	-	750 – 1,200
เตารีด	ธรรมดา	750 -1,000
	ไอน้ำ	1,000 – 1,750
	กดทับ	900 – 1,200
กระติกน้ำร้อน	2 – 4 ลิตร	500 – 1,300
เครื่องปรับอากาศ	-	1,000 – 1,200
เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	แรงดัน 0.1 - 0.3 บาร์	3,500 – 6,000
	แรงดัน 0.5 บาร์	8,000 – 10,000

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2551 และการไฟฟ้านครหลวง, 2556

จากสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ทำให้ปัจจุบันมีการแสวงหาพลังงานทดแทนมากมายเพื่อตอบสนองต่อความต้องการการใช้พลังงาน และเพื่อจัดการทรัพยากรพลังงานอย่างยั่งยืน โดยพลังงานทดแทนถือเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งนับวันพลังงานฟอสซิลมีปริมาณที่ลดลง มีราคาเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่บนความไม่แน่นอนตามสภาพเศรษฐกิจของโลก อีกทั้งเป็นตัวการสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงกำหนดนโยบายและมาตรการต่างๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการใช้พลังงานฟอสซิล สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน ตัวอย่างเช่น

1. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 โดยมียุทธศาสตร์เพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและพลังงาน โดยการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
2. ยุทธศาสตร์การเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ปี 2558 โดยการพัฒนาระบบเชื่อมโยงสายส่งไฟฟ้าอาเซียน พัฒนาความร่วมมือเพื่อแสวงหาแหล่งพลังงานในประเทศเพื่อนบ้าน เพื่อสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน และพัฒนาการผลิตพลังงานทางเลือก
3. นโยบายพลังงาน ของรัฐบาลพลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา คือ ปฏิรูปโครงสร้างราคาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ให้สอดคล้องกับต้นทุนและให้มีภาระภาษีที่เหมาะสม และดำเนินการให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยหน่วยงานของรัฐและเอกชน
4. นโยบายพลังงานภายใต้กรอบการดำเนินงานของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติและกระทรวงพลังงาน การดำเนินนโยบายและแผนพลังงานภายใต้ยุทธศาสตร์ของกระทรวงพลังงาน ประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (Energy Policy and Planning Office, 2016b)

   ยุทธศาสตร์ที่ 1 จัดหาพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการ

   ยุทธศาสตร์ที่ 2 การสร้างเสริมความมั่นคงและสร้างมูลค่าเพิ่มด้านพลังงานของประเทศ

   ยุทธศาสตร์ที่ 3 การกำกับดูแลกิจการพลังงานและราคาพลังงาน

   ยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

   ยุทธศาสตร์ที่ 5 การเป็นองค์กรสมรรถนะสูงที่ยึดมั่นในหลักธรรมาภิบาล

4.1 แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 – 2565) หรือ Renewable Energy Development Plan: REDP มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ประเทศใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานทางเลือกทดแทนการนำเข้าน้ำมัน เพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ ส่งเสริมการใช้พลังงานรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร สนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ และส่งเสริมการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนประสิทธิภาพสูง โดยกำหนดเป้าหมายในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้เป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศภายในปี 2565

4.2 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 – 2564) หรือ Alternative Energy Development Plan: AEDP เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและและการนำเข้าน้ำมันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต โดยในแผนนี้จะไม่รวมเป้าหมายการพัฒนาก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (NGV) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศและเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนในรูปแบบชุมชนสีเขียวแบบครบวงจร อีกทั้งสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ และเพื่อวิจัยพัฒนาส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของไทยให้สามารถแข่งขันในตลาดสากลได้

4.3 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ 20 ปี ,Power Development Plan : PDP 2015 (พ.ศ. 2558 – 2579) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศไทยในปี 2579 ให้ได้ร้อยละ 30 หรือประมาณ 56,142 ktoe (เศรษฐกิจขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3.94 ต่อปี) และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ 13% ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งบรรลุเป้าหมายของ UNFCCC ซึ่งจะต้องลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ 7 – 23% ซึ่งคิดเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่หลีกเลี่ยงได้ในปี พ.ศ. 2579 คือ 177 ล้านตัน CO_2 และมีมูลค่าการประหยัดพลังงานได้ถึง 842,130 ล้านบาทต่อปี (คิดราคาน้ำมันดิบ 1 ktoe = 15 ล้านบาท)

ตารางที่ 2-3 ค่าเป้าหมายจากแผน AEDP และ REDP

	AEDP (10 ปี)	REDP (15 ปี)
ด้านพลังงาน		
- % การทดแทนฟอสซิล (ไม่รวม NGV)	25 %	12%
- กำลังการผลิตไฟฟ้า MW จากพลังงานทดแทน	9,201	5,604
- ปริมาณความร้อน (ktoe)	9,335	7,433
- เชื้อเพลิงชีวภาพ (ล้านลิตรต่อวัน)	39.97	13.5
- % ทดแทนน้ำมัน	44%	14%
ด้านเศรษฐกิจ		
- ลดการนำเข้าน้ำมัน (ล้านบาทต่อปี) (million baht per year)	574,000	460,000
- ส่งเสริมการลงทุนในภาคเอกชน (ล้านบาทต่อปี)	442,000	382,240
ด้านสิ่งแวดล้อม		
- การลด CO_2 (ล้านตันต่อปี) (million ton per year)	76 (ในปี 2564)	42 (ในปี 2565)
- รายได้ที่เกิดขึ้นจากการขายคาร์บอนเครดิต (ล้านบาทต่อปี)	23,000	14,000
ด้านการพัฒนางานนวัตกรรมและเทคโนโลยี		
- แผนงานวิจัย	มี	ไม่มี

4.4 แผนอนุรักษ์พลังงาน, Energy Efficiency Plan: EEP 2015 (พ.ศ. 2558 – 2579) สาระสำคัญของการจัดทำแผน ในช่วงระยะสั้นถึงปานกลางมีการพยากรณ์ว่าราคาน้ำมันในตลาดโลกน่าจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 50 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล ดังนั้นกระทรวงพลังงาน จึงเห็นว่าเป็นโอกาสเหมาะที่จะยกระดับความเข้มข้นของการขับเคลื่อนแผนอนุรักษ์พลังงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงแผนเดิม (พ.ศ. 2554-2573) ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

สมมติฐานที่ใช้ในการจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานได้บูรณาการกับอีก 4 แผนหลักของกระทรวงพลังงาน ได้แก่ (1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (2) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (3) แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย และ (4) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยสมมติฐานการคาดการณ์ความต้องการพลังงานในอนาคต ประกอบด้วย

- อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) เฉลี่ยร้อยละ3.94ต่อปี
- อัตราการเพิ่มของประชากร เฉลี่ยร้อยละ0.03 ต่อปี
- แบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังจากปี พ.ศ. 2537-ปี พ.ศ. 2556 โดยใช้ ปี พ.ศ. 2553 เป็นปีฐาน

โดยกำหนดเป้าหมาย

1. ลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปีพ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553

2. ตระหนักถึงเจตจำนงของ APEC มีเป้าหมายร่วมในการลด EI ลงร้อยละ 45 ในปี พ.ศ. 2578 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 โดยมุ่งเน้นสัดส่วนที่ประเทศไทยจะสามารถมีส่วนร่วมได้เป็นหลัก

3. ตระหนักถึงเจตจำนงของ UNFCCC ในการประชุม COP 20 ที่ประเทศไทยได้เสนอเป้าหมาย NAMAs ในปี พ.ศ. 2563 จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งและภาคพลังงานให้ได้ร้อยละ 7-20 จากปริมาณที่ปล่อยในปี พ.ศ. 2548 ในภาวะปกติ (สำหรับกรณีที่ไม่ได้รับความช่วยเหลือจากชาติอื่น)

2.2 เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น

2.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า จัดเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทสิ้นเปลืองพลังงาน มีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 3.5 – 4.5 กิโลวัตต์ (แรงดัน 0.1 บาร์) ซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำร้อนที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไป นอกจากนี้ยังมีเครื่องทำน้ำร้อนแบบหลายจุด ซึ่งผลิตน้ำร้อนได้มาก แต่ใช้ไฟฟ้ามากกว่าจุดเดียวและมีแรงดันที่สูง (0.5 บาร์) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2551) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีส่วนประกอบดังภาพประกอบที่ 2-8 โดยมีหลักการคืออาศัยการพาความร้อนจากขดลวดความร้อน (Electrical Heater) และมีเทอร์โมสตัท (Thermostat) เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิของน้ำถึงระดับที่เราตั้งค่าไว้

ภาพประกอบที่ 2-8 ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

(ที่มา : Camarciothai, 2014)

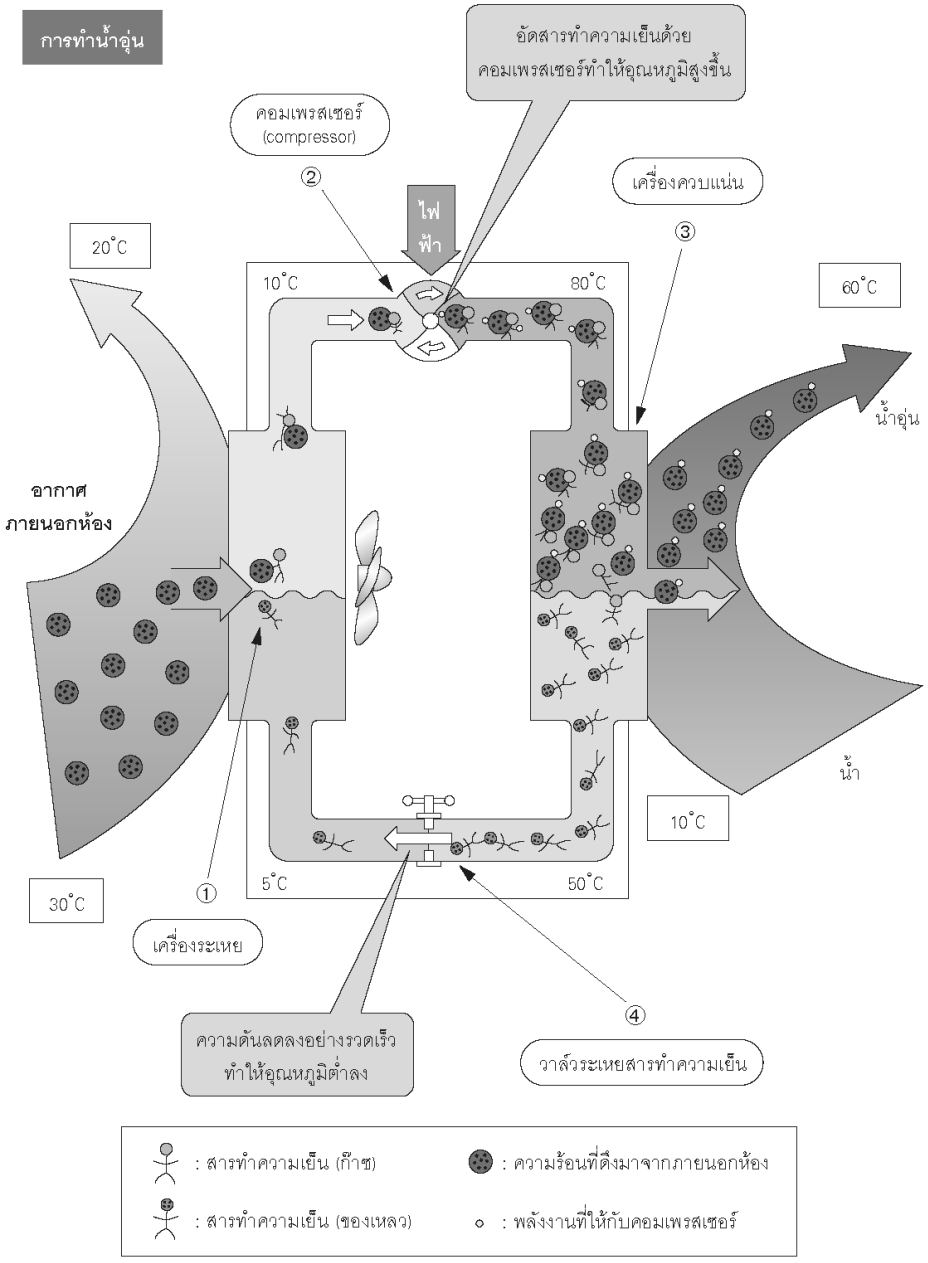
2.2.2 เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (heat pump) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนอุณหภูมิต่ำจากแหล่งหนึ่ง (Heat Source) มาทำให้ร้อนขึ้นแล้วส่งไปยังแหล่งที่ต้องการซึ่งมีความร้อนอุณหภูมิสูง (Heat Sink) โดยใช้อุปกรณ์เช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศ แต่สามารถใช้ความร้อนที่ออกจากเครื่องเพื่อไปทำน้ำร้อนหรือลมร้อน อุณหภูมิของความร้อนที่ได้ไม่สูงมากนัก ขึ้นอยู่กับชนิดของ Refrigerant ที่ใช้ เช่น R22, R134a, R407c (ทวีวัฒน์ สุภารส, 2556)

เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับระบบปรับอากาศโดยทั่วๆ ไป โดยอุปกรณ์หลักของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มความร้อน มี 4 อุปกรณ์ ได้แก่

1) เครื่องอัดไอ (Compressor)
2) เครื่องควบแน่น (Condenser)
3) วาล์วลดความดัน (Expansion Valve)
4) เครื่องระเหย (Evaporator)

การทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มแสดงในภาพประกอบที่ 2-9



ภาพประกอบที่ 2-9 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

(ที่มา : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2014)

จากภาพประกอบที่ 2-9 อธิบายหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม คือ ในเครื่องระเหย (evaporator) จะมีสารทำความเย็นซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกบรรจุอยู่ (อุณหภูมิ 5 °C) สารทำความเย็นในเครื่องระเหยนี้จะถูกทำให้อุ่นขึ้นโดยการถ่ายเท

ความร้อนจากอากาศภายนอกเข้ามา ทำให้สารทำความเย็นระเหยเป็นก๊าซ (อุณหภูมิ 10 °C) จากนั้นก๊าซจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องอัดไอ (Compressor) ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 80 °C แล้วจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งภายนอกเครื่องควบแน่นจะมีน้ำไหลอยู่ เมื่อก๊าซอุณหภูมิ 80 °C ไหลเข้าไปในเครื่องควบแน่น จะมีการถ่ายเทความร้อนให้น้ำที่ไหลอยู่ภายนอก ทำให้น้ำที่อยู่ภายนอกร้อนขึ้นกลายเป็นน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 60 °C ทำให้สารทำความเย็นภายในตัวเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่ตำแหน่งเครื่องควบแน่นจะถูกลดอุณหภูมิลง เหลือประมาณ 50 °C กลายเป็นสถานะของเหลวอีกครั้ง ดังนั้นการดึงความร้อนจากอากาศเข้ามาถ่ายเทให้น้ำด้วยตัวเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจึงสามารถทำน้ำอุ่นได้ด้วยหลักการดังที่กล่าวมา และในขั้นตอนสุดท้ายสารทำความเย็นภายในจะไหลผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำให้ความดันลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการที่ความดันลดลงอย่างรวดเร็วนั้น มีหลักการเดียวกับการฉีดสเปรย์ออกจากกระป๋องสเปรย์ ถ้าหากฉีดสเปรย์ออกไปอย่างต่อเนื่อง กระป๋องสเปรย์นั้นจะค่อยๆ เย็นลง ในทำนองเดียวกันตัวเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ณ ตำแหน่งวาล์วลดความดัน จะทำให้สารทำความเย็นถูกลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิประมาณ 5 °C แล้ววนกลับเข้าไปยังเครื่องระเหยอีกครั้ง ดังที่อธิบายไว้แล้วข้างต้น จึงกล่าวได้ว่าเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม เป็นระบบที่สามารถดึงพลังงานความร้อนที่มีในธรรมชาติมาใช้แล้วถ่ายเทต่อไป

กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่ใช้ทั่วไป โดยพิจารณาเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มน้ำร้อนที่ความจุ 300 ลิตร มีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 0.78 – 1.28 kW ต่อตัว ซึ่งน้อยกว่าเครื่องทำน้ำอุ่นประมาณ 3.5 – 4 เท่า (Techato, 2014) และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการให้ความร้อนพบว่าเพิ่มขึ้น 3 เท่า เมื่อเทียบกับขดลวดไฟฟ้า สามารถประหยัดพลังงานได้ 66% จากข้อมูลกรณีศึกษาการติดตั้งในประเทศ มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2 – 5 ปี ซึ่งในบางกรณีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม อาจให้ระยะเวลาคืนทุนไม่ถึง 1 ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2552)

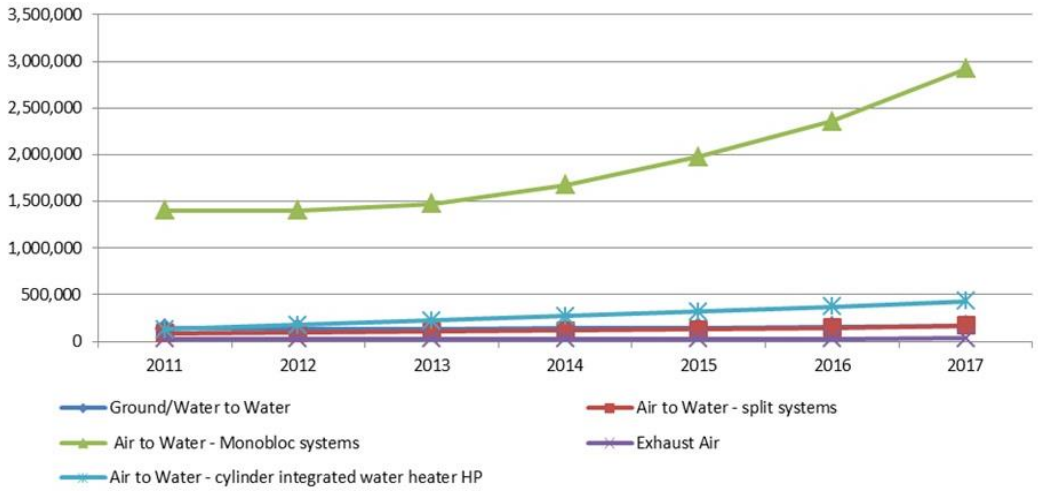
เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามแหล่งที่มาของการให้ความร้อน (Energy groove, 2013) ได้แก่

1. Air Source Heat Pump คือ เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจากก๊าซมี 2 ประเภท คือ Air to Air heat pump และ Air to water heat pump

2. Absorption Heat Pump คือ เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มชนิดนี้มีแหล่งให้พลังงานความร้อนมาจากน้ำ มี 2 ประเภท คือ Water to Air heat pump และ Water to water heat pump

3. Ground Source Heat Pump คือ เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มชนิดนี้มีแหล่งให้พลังงานความร้อนมาจากใต้พิภพ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มประเภทต่างๆ ในตลาดโลก ดังภาพประกอบที่ 2-10 พบว่า เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม Air to Water – Monobloc system หรือเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจากอากาศ โดยมีถังบรรจุน้ำกับเครื่องปั๊มรวมเข้าด้วย เป็นประเภทที่คนทั่วโลกนิยมใช้สูงสุดและมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกๆปี



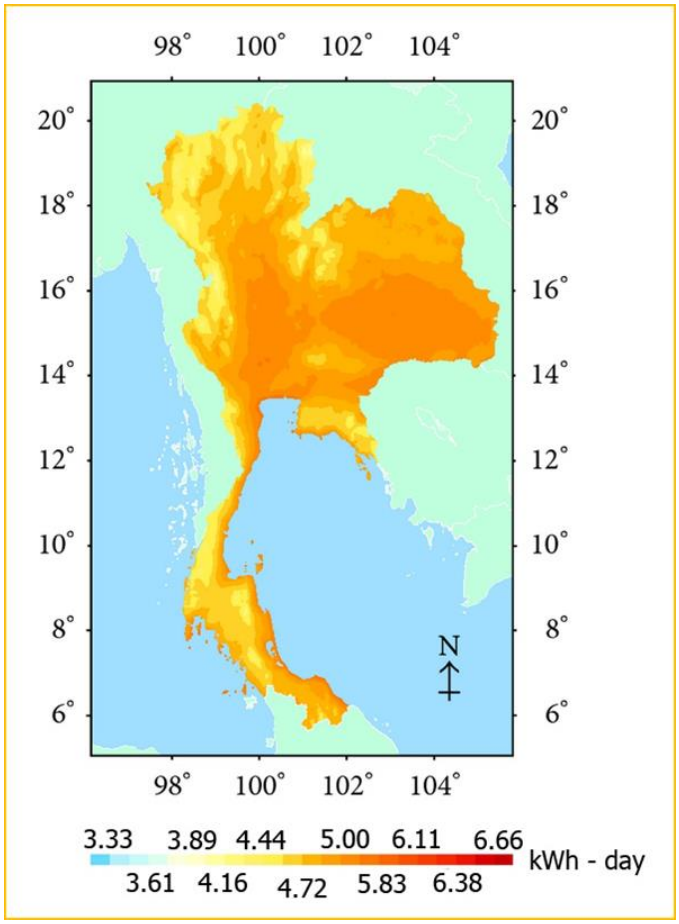
ภาพประกอบที่ 2-10 เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มประเภทต่างๆ ในตลาดโลก

(ที่มา : BSRIA, 2014)

2.2.3 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง สำหรับเทคโนโลยีที่มีการใช้งานในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย และมีความคุ้มค่าในปัจจุบัน ได้แก่ เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตน้ำร้อน และเทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการอบแห้ง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2555)

ในประเทศไทย พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง 5.56 – 6.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m^2/day) ดังภาพประกอบที่ 2-11 หรือประมาณ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (MJ/m^2/day) ซึ่งได้รับรังสีสูงสุดในเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบางส่วนของภาคกลางของประเทศไทยถือเป็นตำแหน่งที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์สูงสุด โดยพื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งประเทศ และมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ในประเทศไทยที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ต่ำกว่า 4.45 kWh/m^2/day (ตลาดนัดโซล่าร์เซลล์, 2558) แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง



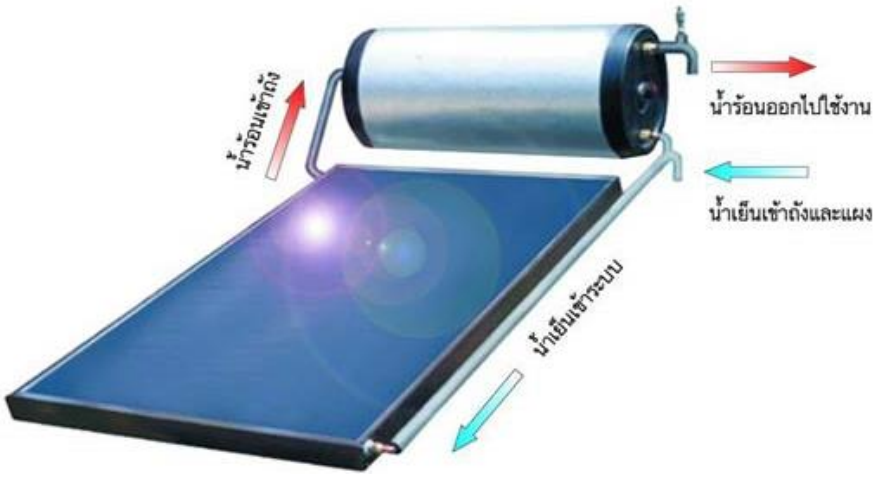
ภาพประกอบที่ 2-11 รังสีจากดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศไทย

(ที่มา : ตลาดนัดโซล่าร์เซลล์, 2558)

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่ได้รับการยอมรับและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศเช่น อิสราเอล ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น ออสเตรียและจีน (วิทยาลัยพลังงานทดแทน, 2557) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

- เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติเป็นการผลิตน้ำร้อนชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ ใช้หลักการทางธรรมชาติเรียกว่า Thermosyphon (Anuar Sharif *et al*., 2015) โดยน้ำที่ร้อนกว่าจะอยู่ด้านบน ดังนั้น เมื่อทำการติดตั้งถังกักเก็บน้ำร้อนให้อยู่สูงกว่าตัวกักเก็บความร้อน จะทำให้

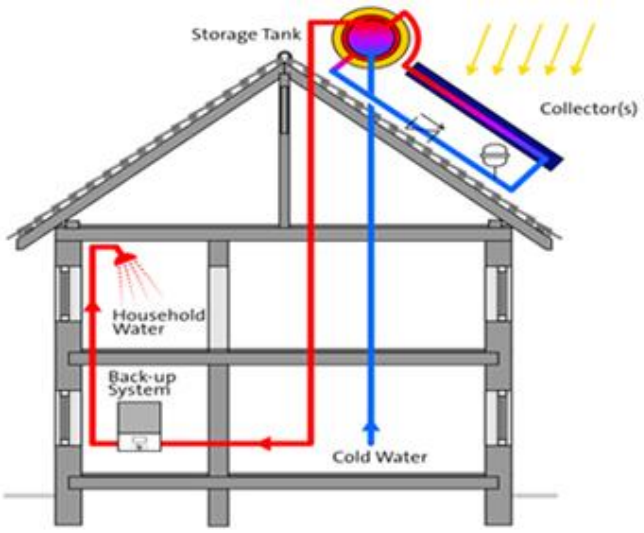
เกิดการหมุนเวียนของน้ำ ระหว่างตัวกักเก็บความร้อนกับถังเก็บน้ำร้อน เพราะเมื่อน้ำในตัวกักเก็บความร้อนถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้น้ำจะมีน้ำหนักเบาขึ้น และจะขึ้นไปอยู่ในถังเก็บน้ำร้อนด้านบนตามหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติ ขณะเดียวกันน้ำเย็นที่อยู่ด้านล่างของถังเก็บน้ำร้อน จะไหลไปสู่ด้านล่างของตัวกักเก็บความร้อน เพื่อทดแทนน้ำร้อนที่เคลื่อนที่ขึ้นไปบนถังเก็บน้ำร้อน ในลักษณะเช่นนี้ ทำให้เกิดการไหลเวียนขึ้นในระบบมีลักษณะคล้ายกับกาลักน้ำ (Siphon) (ธนารัฐ สิงหา, 2559) ระบบแบบนี้มีประสิทธิภาพดีและราคาไม่สูงมาก เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัยหรือรีสอร์ท ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-12



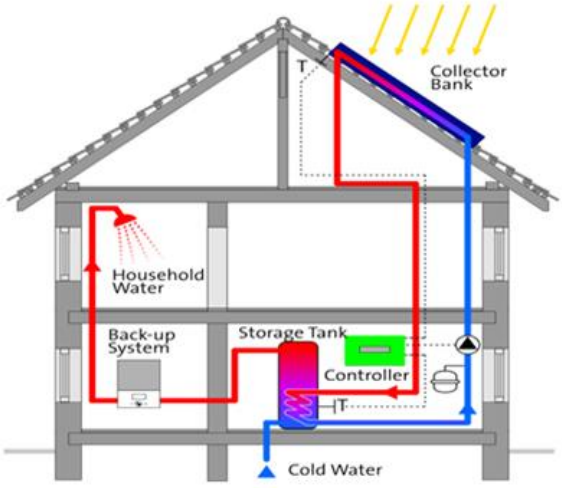
ภาพประกอบที่ 2-12 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ (ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558)

- เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียนเหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนจำนวนมาก และมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง มักใช้ในสถานประกอบการ โรงแรม โรงพยาบาล บ้านพักขนาดใหญ่ และอุตสาหกรรมบางประเภท ระบบดังกล่าวนี้มีอุปกรณ์เพิ่มเติม คือ ปั๊มน้ำร้อน และระบบควบคุมการทำงานของปั๊ม ระบบควบคุมนี้จะมีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าและออกของตัวเก็บรังสี ถ้าผลต่างของอุณหภูมิน้อยกว่า 3 – 5 °C แสดงว่าปริมาณของแสงอาทิตย์ที่

ตกลงบนตัวเก็บรังสีน้อยมาก ระบบควบคุมดังกล่าวจะตัดการทำงานของปั้มทันที ส่งผลให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และสูญเสียความร้อนที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-13



(ก)



(ข)

ภาพประกอบที่ 2-13 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ (ก) และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน (ข)

(ที่มา : บริษัท เฮอริเทจอินเตอร์เนชั่นเนลดีเวลลอปเมนท์ จำกัด, 2560)

- เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผสมผสานเป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง (Waste Heat) จากแหล่งต่างๆ เช่น การนำความร้อนจากการระบายความร้อนทิ้งของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศมาใช้งาน (Heat Recovery) การนำความร้อนจากปล่องควัน Boiler มาใช้งาน (Economizer System) (Triple E Energy Plus co., Ltd, 2014) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-14 เพื่อลดขนาดพื้นที่แผงรับรังสีความร้อนและการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของระบบการผลิตน้ำร้อนกับความร้อนที่ปล่อยทิ้งไปในอากาศ ทั้งยังเป็นการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานเชิงพาณิชย์ในการผลิตน้ำร้อนได้อีกด้วย

ภาพประกอบที่ 2-14 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดผสมผสาน

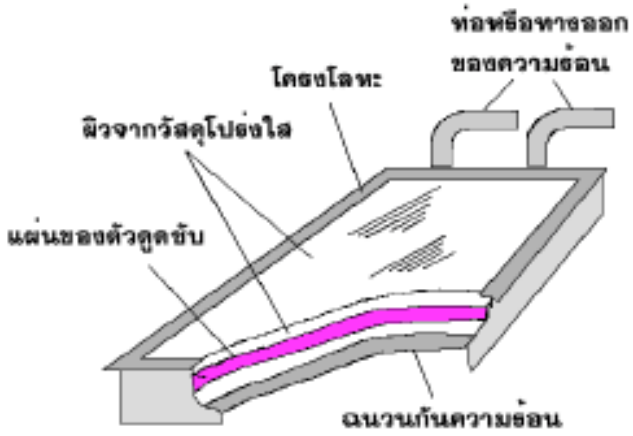
(ที่มา : Isenergy, 2014)

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการใช้พลังงานในรูปความร้อน โดยตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) เป็นตัวดูดเก็บพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำ ทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกลายเป็นน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 – 70 °C ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการอาบน้ำ การซักล้าง ซึ่งเป็นการทำน้ำร้อนเพื่อรองรับการใช้งานทั้งในบ้านพักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาลหรือโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย 2 ระบบ ได้แก่ ระบบ Passive คือ ตัวรับแสงอาทิตย์ และถังเก็บน้ำร้อน นอกจากนี้จะมีการเพิ่มปั้มน้ำเพื่อเพิ่มแรงดันและอัตราไหลของน้ำในระบบ Active

ตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) จะมีส่วนประกอบหลักสำคัญ (ดังภาพประกอบที่ 2-15) ดังนี้ (ธนารัฐ สิงหา, 2559)

- มีผนังโปร่งใสเป็นผิวด้านที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปกระจกจะเป็นที่นิยมสูงสุด เนื่องจากกระจกหาซื้อได้ง่าย ในการ เมื่อแสงอาทิตย์ผ่านกระจก และตกกระทบผิวภายในเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะก่อให้เกิดความร้อนขึ้น คุณสมบัติเด่นของกระจก คือ ยอมให้แสงผ่านได้ง่ายแต่เป็นฉนวนความร้อนที่ดี ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องจะถูกกักเก็บไว้
- มีผิวสีดำหรือสีทึบด้านใน เพื่อทำหน้าที่เป็น ตัวดูดซับความร้อน ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องทำน้ำร้อนจะถูกดูดซับไว้โดยวัตถุภายในเครื่อง เช่น แผ่นโลหะ ถังเก็บน้ำ ท่อน้ำ ก้อนอิฐ หรือก้อนหิน (มวลกักเก็บความร้อน หรือ Thermal Mass) ซึ่งวัตถุเหล่านี้ควรทาสีดำหรือสีทึบ เนื่องจากวัตถุสีดำหรือสีทึบจะมีความสามารถในการดูดความร้อนสูง วัตถุที่เป็นตัวดูดซับ มีความจำเป็นมากในการทำน้ำร้อนด้วยพลังแสงอาทิตย์ เนื่องจากหากปราศจากตัวดูดซับ จะทำให้ระบบการทำความร้อนไม่สามารถผลิตความร้อนมาให้เพียงพอต่อการ ทำให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิตามที่ต้องการได้
- มีการหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่ดูดซับไว้รั่วไหลออกจากเครื่อง โดยธรรมชาติแล้ว ความร้อนจะมีการเคลื่อนที่จากที่ร้อนไปยังที่ที่เย็นกว่า (การถ่ายเทความร้อน) ฉนวนกันความร้อนจะเป็นสิ่งป้องกันความร้อนรั่วไหล หรือเป็นการชะลอการรั่วไหลของความร้อน

- มีท่อหรือทางออกของความร้อน ซึ่งจะเป็น ช่องทางนำความร้อนที่กักเก็บไว้ออกไป ใช้งาน โดยผ่าน ตัวนำ เช่น น้ำ หรือของเหลวอื่นๆ



ภาพประกอบที่ 2-15 ส่วนประกอบของตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector)

(ที่มา : ธนารัฐ สิงหา, 2559)

ตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) มี 3 ประเภท (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2555) ได้แก่

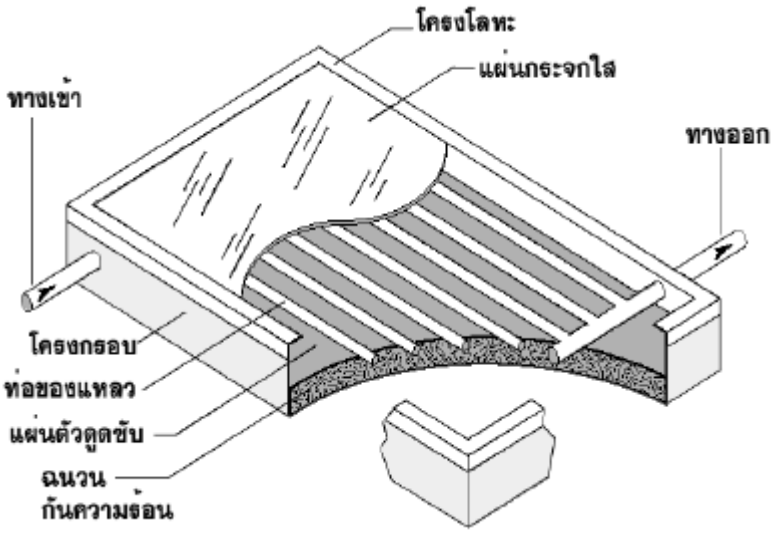
1. แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector) สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำ แผ่นรับแสงแบบนี้จะไม่มีอุปกรณ์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ได้แก่ แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดที่แผ่นปิดใส (single glazed) และชนิดไม่มีแผ่นปิด (unglazed) ซึ่งสามารถผลิตน้ำได้ที่อุณหภูมิ 40 – 90 ºC และ ต่ำกว่า 40 ºC ตามลำดับ

2. แผ่นรับแสง แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector) มีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้น ระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ ภายในเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสี มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำร้อนอุณหภูมิสูงประมาณ 100 – 200 ºC

3. สระแสงอาทิตย์ (Solar Pond) สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำและไม่มีอุปกรณ์บังคับให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้แก่ สระชนิดตื้น (shallow solar pond) และสระชนิดลึก (deep or

salt gradient solar pond) เป็นต้น สามารถผลิตความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 40 – 60 ºC และ 40 – 90 ºC ตามลำดับ

ปัจจุบัน การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตน้ำร้อนใช้เพื่อจุดประสงค์ดังกล่าวแล้ว เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดก็คือเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนโดยใช้แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส ซึ่งอุปกรณ์ระบบจะมีราคาถูกกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบหลอดแก้วสุญญากาศ และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยกว่าแบบสระแสงอาทิตย์ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-16

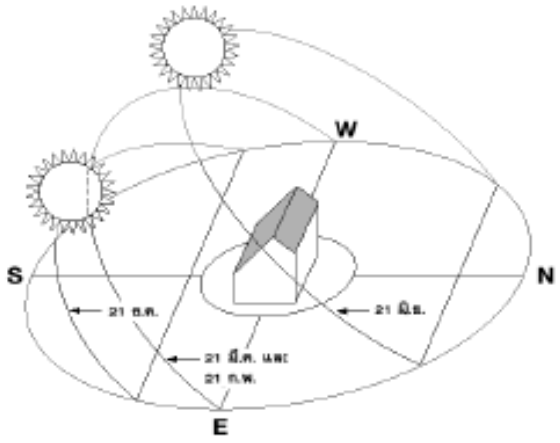


ภาพประกอบที่ 2-16 เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนโดยใช้แผ่นรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส (ที่มา : ธนารัฐ สิงหา, 2559)

นอกจากตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) แล้วยังมีถังเก็บน้ำร้อนที่เป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยลักษณะสำคัญ คือ จะต้องมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเป็นอย่างดี ในบางระบบจะมีการใช้ถังกักเก็บน้ำร้อนที่มีระบบการสลับไปมาระหว่างการทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้ากับการทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อมีน้ำใช้เพียงพอในวันที่แสงอาทิตย์น้อย

ในต่างประเทศที่มีอากาศหนาวนั้น การใช้เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์บางระบบจะมีการ ติดตั้งปั๊มน้ำ เพื่อทำให้น้ำร้อนที่อยู่ในถังกักเก็บน้ำร้อน หมุนเวียนผ่านตัวกักเก็บความร้อนและระบบท่อต่างๆ ที่ติดตั้งภายนอกอาคาร เพื่อป้องกันน้ำในท่อเย็นจนกลายเป็นน้ำแข็ง เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

ในการติดตั้งตัวรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) นั้น ตำแหน่งที่ควรจะติดตั้ง คือ ตำแหน่งที่จะมีโอกาสได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด คือจะต้องอยู่สูงพอที่จะไม่ถูกเงาของอาคารข้างเคียง หรือต้นไม้บัง และควรทำให้เป็นมุมเอียงเพื่อให้มีการระบายน้ำที่ดี และสามารถใช้น้ำฝนในการชะล้างสิ่งสกปรก ฝุ่นที่อาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำลงไป และหากลักษณะของอาคารเอื้ออำนวย ควรติดตั้งที่ทิศใต้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ทางซีกโลกเหนือ ทำให้แสงแดดจะส่องโดนหลังคาทางด้านทิศใต้ตลอดทั้งปี ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-17



ภาพประกอบที่ 2-17 ประเทศทางซีกโลกเหนือ แสงอาทิตย์จะส่องสัมผัส ผนังหรือหลังคาทางทิศใต้เป็นเวลานานที่สุด (ที่มา : ธนารัฐ สิงหา, 2559)

หากพิจารณา จะพบว่าเครื่องทำน้ำร้อนตามบ้านในปัจจุบันที่นิยมมากที่สุดคือ เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า โดยเมื่อเทียบราคาค่าเครื่องและการติดตั้งแล้วจะน้อยกว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ แต่หากมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน จะพบว่าเครื่องทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 15-40 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดและการดูแล

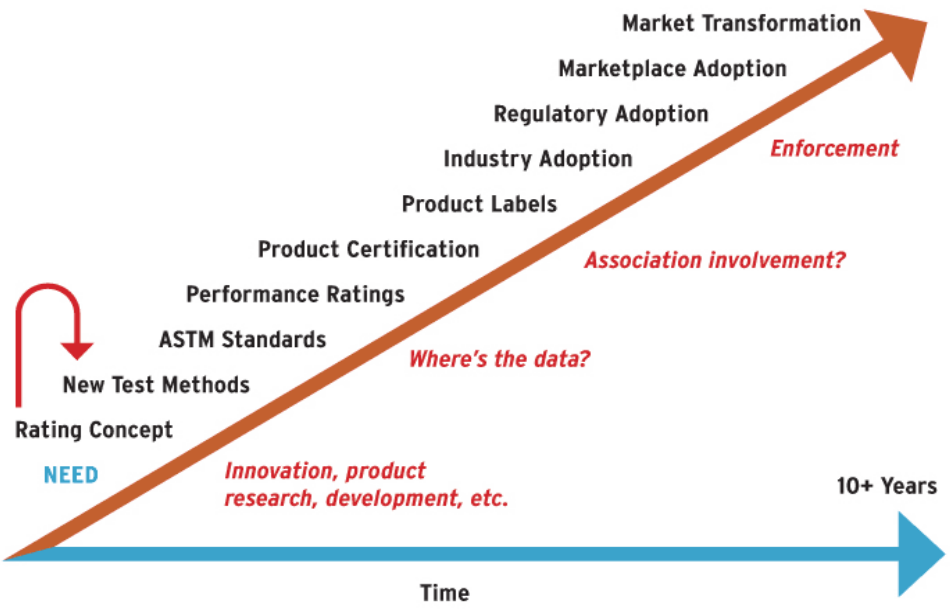
รักษา นอกจากนั้น หากมองในระยะยาวแล้ว เมื่อเกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ หรือปัญหาการกำหนดราคาน้ำมัน ซึ่งจะส่งผลให้ราคาน้ำมัน แก๊ส และไฟฟ้า มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ แล้ว การตัดสินใจใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังแสงอาทิตย์ นอกจากจะส่งผลดีต่อการที่จะไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวการณ์ดังกล่าวแล้ว ยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2.3 การเปลี่ยนแปลงสภาวะของตลาดและนโยบายการยกเลิก

การเปลี่ยนแปลงนับว่าเป็นสิ่งที่ยาก เมื่อมนุษย์ได้เลือกเทคโนโลยีอย่างใดอย่างหนึ่งไปแล้ว แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีประสิทธิภาพที่มากขึ้น เนื่องจากเหตุผลทางพฤติกรรม (Altman, 2000) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเพื่อให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคยอมรับ โดยเฉพาะการมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นนับว่าเป็นเรื่องที่ยากยิ่ง (Arthur, 1989)

การจัดการเปลี่ยนแปลงตลาดเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า นับว่าเป็นไปตาม ยุทธศาสตร์ที่ 2 ของแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573) คือ การใช้มาตรการการใช้มาตรการที่จะส่งผลกระทบในวงกว้างในเชิงการสร้างความตระหนักและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้พลังงานและพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้ประกอบการ และการเปลี่ยนทิศทางด้านการตลาด (market transformation) โดยเพิ่มนวัตกรรมในการรณรงค์และประชาสัมพันธ์ เช่น การเชื่อมโยงการอนุรักษ์พลังงานกับการรักษาสิ่งแวดล้อมและลดปัญหาภาวะโลกร้อน โดยมีเป้าหมายเพื่อ ลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย 7,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 23 ล้านตันต่อปี (กระทรวงพลังงาน, 2554)

จากภาพประกอบที่ 2-18 พบว่าการเปลี่ยนแปลงตลาดจะใช้เวลานานประมาณ 10 ปี และผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนมาก โดยขึ้นอยู่กับประเภทของตลาดนั้นๆ



ภาพประกอบที่ 2-18 การเปลี่ยนแปลงในตลาด

ที่มา : ASTM – international, 2010

เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคของการเปลี่ยนแปลงตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการแทรกแซงตลาดขึ้นมาเพื่อช่วยผลักดันให้การเปลี่ยนแปลงตลาดนั้นไปได้อย่างรวดเร็ว การแทรกแซงตลาด คือ การใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายร่วมกับองค์กรต่างๆ ที่จะเข้าไปแทรกแซงตลาดเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนในโครงสร้างหรือการทำงานของตลาด และนำไปสู่การยอมรับของผลิตภัณฑ์/เทคโนโลยี หรือการปฏิบัติแบบใหม่ (Schlegal et al., 1997) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของตลาดเกิดจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตลาดโดยการใช้การแทรกแซงเข้าร่วมเราเรียกว่า “Phase Out”

โดยทั่วไปการ Phase Out จะเป็นการยกเลิกผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของนโยบายหรือโครงการ ซึ่งมีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอนจากองค์กรสำคัญระดับชาติ ตัวอย่างเช่น

การประกาศยกเลิกการใช้ตู้เย็นประสิทธิภาพต่ำ ในประเทศจีน (United nation, 2007) ซึ่งตู้เย็นประสิทธิภาพต่ำนี้มีอัตราการใช้พลังงาน คือ 2.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปีต่อลิตร (kWh/year/L)

รัฐบาลจึงทำการสนับสนุนให้มีโครงการเปลี่ยนเป็นตู้เย็นประสิทธิภาพสูง (อัตราการใช้พลังงาน คือ 1.5 kWh/year/L) โดยมีระยะเวลาดำเนินงาน ธันวาคม ค.ศ. 1999 – มิถุนายน ค.ศ. 2006 มีการลงทุน 40 ล้านดอลลาร์ ภายหลังสิ้นสุดโครงการพบว่าประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี โดยมีตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทั้งประเทศ 14 เท่า โดยรัฐบาลจีนมี 2 นโยบายหลักในการประสบผลสำเร็จ คือ Technology Push และ Demand Pull

นโยบายการปิดทำการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (nuclear phase-out) ของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี เนื่องมาจากปี ค.ศ. 1973 ประเทศเยอรมนีได้รับผลกระทบจากวิกฤติน้ำมัน ทำให้หันมาสนใจกระแสพลังงานนิวเคลียร์มากขึ้น โดยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีทั้งสิ้น 17 แห่งและปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นคิดเป็น 1 ใน 4 ของปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการบริโภคของประเทศ แต่อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 1986 ได้เกิดเหตุการณ์โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิลระเบิด ทำให้ วันที่ 14 มิถุนายน ค.ศ. 2000 ประเทศเยอรมนีข้อตกลงในการยกเลิกการใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในเชิงพาณิชย์ และมีการตราเป็นกฎหมายของประเทศ ซึ่งมีระยะเวลาการดำเนินงานทั้งสิ้น 32 ปี หลังจากนั้นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2 แห่งคือ Stade และ Obrigheim ได้ปิดตัวลงภายในปี ค.ศ. 2005 และไม่มีโครงการก่อสร้างโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ใหม่เกิดขึ้น ในเดือนกันยายน ค.ศ. 2010 รัฐบาลได้ขยายเวลาเพิ่มขึ้นให้แก่เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไม่เกิน 14 ปี และผลักดันการพัฒนาแหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม จากการขยายเวลาปิดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ทำให้เกิดการต่อต้านจากประชาชน โดยเฉพาะในกรุงเบอร์ลิน และนครมิวนิคที่มีการประท้วงอย่างรุนแรง (Bruninx *et al.*, 2013) เช่นเดียวกับนโยบายยกเลิกโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ที่ได้ประกาศให้ยกเลิกโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศทั้งสิ้นภายในปี ค.ศ. 2035 (World Nuclear News, 2011)

ภายใต้อนุสัญญา United Nations Minamata Convention on Mercury ได้บังคับในประเทศภาคีสมาชิกยกเลิกการทำเหมืองปรอทภายในระยะเวลา 15 ปี และยกเลิกการใช้ปรอทในผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงเทอร์โมมิเตอร์ ภายในปี ค.ศ. 2020 (Mercola, 2013) ยกเว้น ผลิตภัณฑ์บางกลุ่ม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ทางการทหาร ผลิตภัณฑ์สำหรับการวิจัย ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีทางเลือกทดแทน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในประเพณีดั้งเดิมหรือความเชื่อทางศาสนาและผลิตภัณฑ์ที่มีสารไทเมอร์โรซอลเป็น

สารกันบูด และข้อกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท อะมัลกัมอุดฟัน ที่ไม่ได้บังคับเวลา phase-out แต่ต้อง phase-down ตามมาตรการนั้นๆ

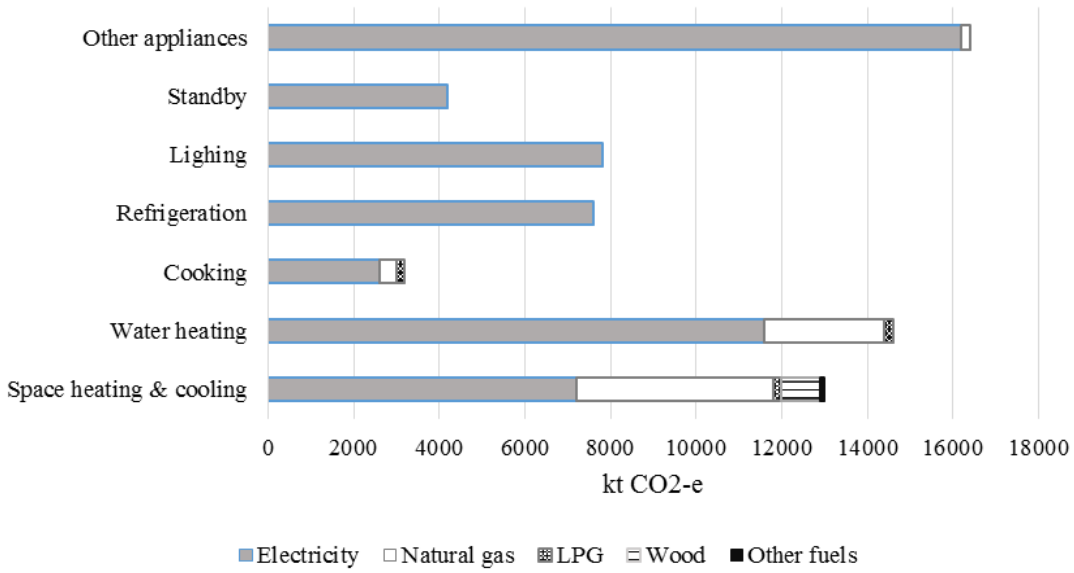
การยกเลิกการใช้สาร HCFC ภายในกลุ่มประเทศยุโรปซึ่งกำหนดเวลาสิ้นสุดโครงการ คือ ค.ศ. 2030 (Derwent et al., 2007) นอกจากนี้ โครงการยกเลิกการใช้สาร HCFC ได้ส่งผลต่อประเทศไทยด้วย เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณการใช้สาร HCFC สูงมากในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 ทำให้ปี พ.ศ. 2556 ได้ถูกบังคับให้ลดปริมาณการใช้ลง ซึ่งมีเป้าหมาย คือ ยกเลิกการใช้สาร HCFC ทั้งสิ้นภายในปี พ.ศ. 2573 และเปลี่ยนไปใช้สารทำความเย็นอื่นๆ ทดแทนการใช้ HCFC-22 ซึ่งมีการใช้ในปริมาณที่สูงมากในโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ โดยโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนเงินจากธนาคารโลก (สยามธุรกิจ, 2557)

2.4 นโยบายยกเลิกเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในประเทศออสเตรเลีย

นโยบายยกเลิกเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจัดว่าเป็นนโยบายที่มีประสิทธิภาพในด้านการสนับสนุนการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิด้านพลังงานเพื่อทดแทนเทคโนโลยีแบบเก่า อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณสูง ซึ่งประเทศที่มีการบังคับใช้มาแล้วนั้นได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย

ประเทศออสเตรเลียเป็นหนึ่งในภาคีสมาชิกภายใต้สนธิสัญญาเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งจัดอยู่ในประเทศกลุ่ม Annex I ที่มีเป้าหมายในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ 5% ภายในปี ค.ศ. 2020 เมื่อเทียบกับปีฐาน ค.ศ. 2000 หรือ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 530 เมกะตันคาร์บอนไดออกไซด์ (Mt CO_2) (The Conversation Media Group Ltd., 2014) ซึ่งหากไม่มีนโยบายการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกใดๆ สามารถประมาณการณ์ได้ว่าประเทศออสเตรเลียจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 656 เมกะตันคาร์บอนไดออกไซด์ (Mt CO_2) ในปี 2020 หรือ มีค่าสูงกว่าเป้าหมาย 17% (Department of Environment Australian Government, 2015)

เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้านับเป็นปัจจัยหลักในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากครัวเรือนของประเทศออสเตรเลีย (ดังภาพประกอบที่ 2-19) ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 4 ตันต่อปี หรือเทียบเท่าได้กับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถยนต์บนท้องถนนจำนวน 10 คัน ในเวลา 1 ปี (A joint initiative of the Australian, State and Territory Governments, 2014) โดยการผลิตไฟฟ้าของประเทศออสเตรเลียมาจาก ถ่านหิน 80% ก๊าซธรรมชาติ 15% และมีเพียง 3% ที่มาจากแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งการเปลี่ยนเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนในครัวเรือนเป็นระบบฮีทปั๊มหรือเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 50 – 60% (Williams and Wilkenfeld, 2011)



ภาพประกอบที่ 2-**19** การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งต่างๆ ของครัวเรือนในประเทศออสเตรเลีย ค.ศ. 2008 (ที่มา : Jingjit and Techato, 2014)

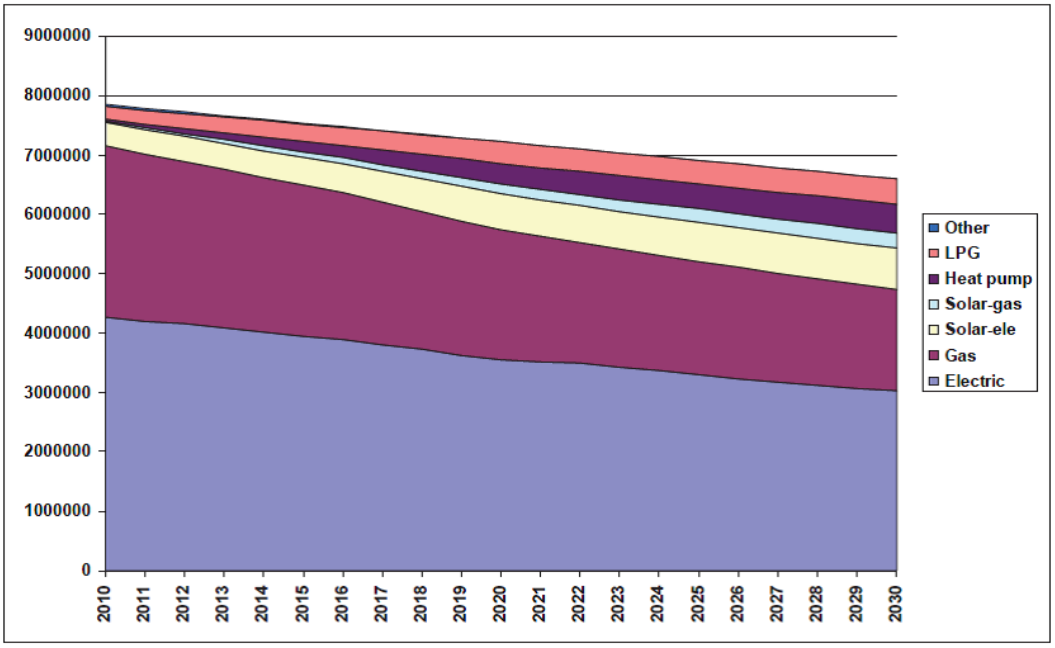
ประเทศออสเตรเลียจัดหมวดหมู่ของสถานที่อยู่อาศัยเป็น 3 หมวดด้วยกัน (Williams and Wilkenfeld, 2011) คือ

- หมวด 1 (Class I) คิดเป็น 83% ของสถานที่อยู่อาศัยทั้งหมดในประเทศออสเตรเลีย หมายถึง สถานที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว ซึ่งบ้านประเภทนี้มักจะมีเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นแยกเป็นของส่วนตัว อย่างน้อยบ้านละ 1 เครื่อง
- หมวด 2 (Class II) คิดเป็น 16% ของสถานที่อยู่อาศัยทั้งหมดในประเทศออสเตรเลีย หมายถึง อาคารที่อยู่ขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่รวมกันหลายครัวเรือน เช่น อพาร์ทเมนต์ โดย 60% ของหมวดสถานที่อยู่อาศัย 2 มักจะมีเครื่องผลิตน้ำร้อนอุ่นแยกเป็นของส่วนตัว และอีก 40% จะมีระบบทำความร้อนส่วนกลาง แล้วมีท่อส่งน้ำร้อนไปยังห้องต่างๆ
- หมวด 3 (Class II) คิดเป็น 1% ของสถานที่อยู่อาศัยทั้งหมดในประเทศออสเตรเลีย อันได้แก่ ลักษณะสถานอยู่อาศัยอื่นๆ นอกเหนือจาก หมวด 2 และ 3

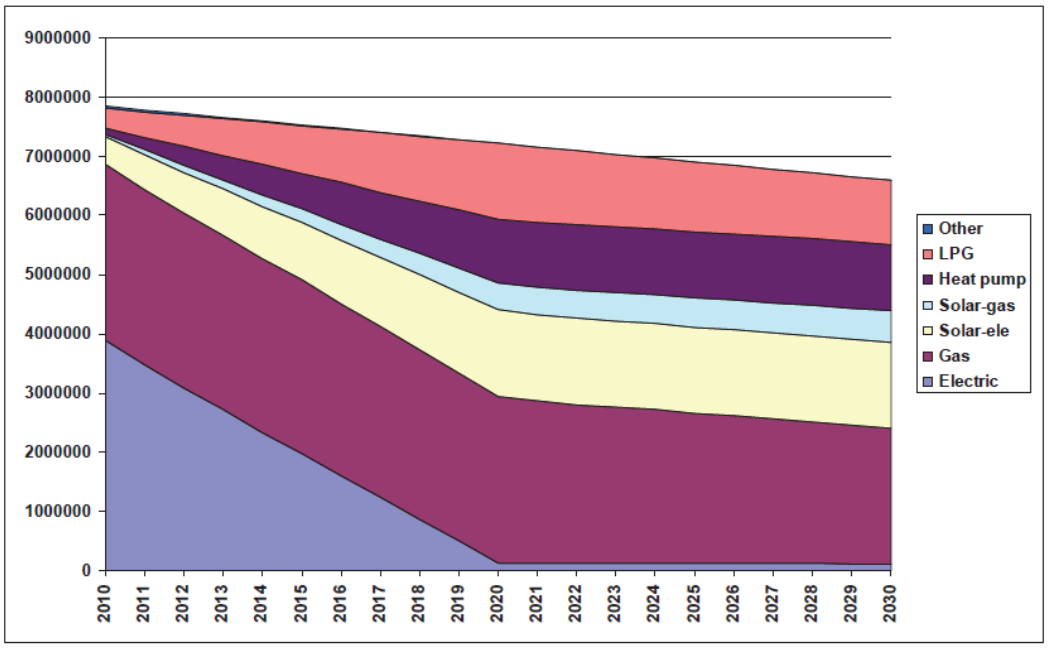
เครื่องผลิตน้ำร้อนอุ่นในประเทศออสเตรเลียส่วนใหญ่เป็นเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า เนื่องมาจากราคาที่ถูกกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ รัฐบาลจึงต้องให้การสนับสนุนเงินลงทุนบางส่วนสำหรับการเปลี่ยนแปลงมาเป็นเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน ภายใต้โครงการสนับสนุนพลังงานทดแทน (the Renewable Energy Target (RET) scheme) รัฐบาลสนับสนุนเงินประมาณ 900 – 1,400 $AUD (1.3 $AUD/$US) ให้กับผู้บริโภคที่ต้องการเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน (Wilkenfeld, 2010) ในขณะที่บางรัฐผู้บริโภคได้รับเงินสนับสนุนสูงถึง 75% ของราคาเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน (Williams and Wilkenfeld, 2011) นอกจากนี้ รัฐบาลยังให้การสนับสนุนด้านข้อมูล การให้ความรู้แก่ประชาชน การฝึกอบรมให้กับวิศวกรหรือช่างผู้เชี่ยวชาญ ให้การสนับสนุนด้านนวัตกรรม นอกจากนี้ยังจัดสายด่วนผู้บริโภค เช่น hotwaterinahurry.com.au หรือ 1300 426 468 (Jingjit and Techato, 2016)

รัฐบาลออสเตรเลียมีการประกาศใช้ กรอบกลยุทธ์น้ำร้อนแห่งชาติ หรือ National Hot Water Strategic Framework (MCE 2008) ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 โดยกลยุทธ์นี้มุ่งเน้นการ

ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า รัฐบาลมีนโยบายติดฉลากมาตรฐานแสดงประสิทธิภาพพลังงานต่ำสุด (The Minimum Energy Performance Standards; MEPS) ซึ่งเป้าหมาย คือ การยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (Wilkenfeld, 2010) นอกจากนี้ยังช่วยลดค่าไฟฟ้าและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย รัฐบาลกำหนดให้สถานที่อยู่อาศัยหมวด 1 ในส่วนของอาคารปลูกใหม่ต้องยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าภายในปี ค.ศ. 2010 ในขณะที่บ้านอยู่อาศัยเดิม จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยพลังงานทดแทน ให้แล้วเสร็จภายในปี ค.ศ. 2012 ดังนั้น จากนโยบายดังกล่าวจะไม่มีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยหลังจากปี ค.ศ. 2012 สำหรับสถานที่อยู่อาศัยหมวด 2 กำหนดให้อาคารทุกหลังจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2020 ซึ่งในช่วงแรก ค.ศ.2013 – 2015 จะสนับสนุนอาคารปลูกใหม่ ในการติดตั้งเทคโนโลยีเหล่านี้ และมีผลบังคับใช้ในอาคารเดิมที่ต้องเปลี่ยนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเดิมให้แล้วเสร็จก่อนสิ้นสุดสนธิสัญญาเกียวโต ค.ศ. 2020 (Hawala *et al*., 2015) จากนโยบายดังกล่าว สามารถยกเลิกการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าได้ภายในปี ค.ศ. 2020 ดังภาพประกอบที่ 2-20 พบว่าจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจะลดลงตั้งแต่เริ่มนโยบาย จนกระทั่งปี ค.ศ. 2020 จะไม่พบการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในสถานอยู่อาศัยของประเทศออสเตรเลียอีกเลย โดยเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนจะเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับในสภาวการณ์ปกติที่ไม่มีการประกาศใช้นโยบาย



(ก)



(ข)

ภาพประกอบที่ 2-20 แสดงจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นประเภทต่างๆ ในสถานอยู่อาศัยประเทศออสเตรเลีย ปี ค.ศ. 2010 – 2030 (ก) ในสภาวการณ์ปกติ ที่ไม่มีนโยบายยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (ข) เมื่อมีการประกาศใช้นโยบาย (ที่มา : Wilkenfeld, 2010)

จากการคาดคะเน พบว่า ในปี ค.ศ. 2020 จากการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 4.2 – 4.3 ล้านตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบทำความร้อนได้ 33% หรือ 79 – 82 เมกกะตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Mt CO_2) ในปี ค.ศ. 2030 (United Nations, 2014)

ผลกระทบจากการประกาศใช้นโยบายดังกล่าว สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มอุตสาหกรรม สืบเนื่องจากการประกาศยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในประเทศออสเตรเลียตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 ทำให้อุตสาหกรรมดังกล่าวต้องลดกำลังการผลิตเป็นอย่างมาก ซึ่งอุตสาหกรรมหลักของเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ได้แก่ บริษัท Rheem, Welshpool, Scoresby, Moorabbin, Dux, Beasley และ Saxon (Wilkenfeld, 2010) ทำให้บริษัทเหล่านี้หันมาสนใจผลิตเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน โดยถังเก็บน้ำร้อนซึ่งมีกำลังผลิตหลักอยู่ในประเทศออสเตรเลีย มียอดขายที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อนำไปใช้คู่กับเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนอื่นๆ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าขนาดเล็กยังคงดำเนินธุรกิจไปได้ เนื่องมาจากอุปกรณ์เหล่านั้นสามารถนำไปติดตั้งเป็นเครื่องทำน้ำร้อนสำรองได้ ในขณะที่บริษัทรับซ่อมเครื่องทำน้ำร้อนต้องยุบตัวลงเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อีกทั้งจำเป็นต้องใช้ช่างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการดูแลรักษาและซ่อมแซม จากนโยบายดังกล่าวก่อให้เกิดแรงงานใหม่ๆ ขึ้นเป็นจำนวนมาก เช่น ช่างประปา ที่ปรึกษาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานทดแทน ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ และแรงงานยกของขึ้นบนหลังคาเพื่อการติดตั้ง

2. กลุ่มครัวเรือน ถูกบังคับใช้ให้มีการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเป็นเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนภายในระยะเวลาที่กำหนด ในช่วงแรกของการเปลี่ยนแปลงเจ้าของบ้านส่วนใหญ่มักกลัวการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เนื่องจากไม่มีความรู้ความเข้าใจ อีกทั้งเป็นการลงทุนที่สูงมาก แม้ว่ารัฐบาลจะมีการสนับสนุนเงินช่วยเหลือบางส่วนสูงถึง 75% และมีนโยบายเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำเพื่อการลงทุนอีกด้วย ภายหลังจากการติดตั้งและการทดลองใช้ เจ้าของบ้านส่วนใหญ่พอใจกับค่าไฟฟ้าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และไม่เกิดการเปรียบเทียบใดๆ กับเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นเทคโนโลยีเดิม ทำให้ในปี ค.ศ. 2013 ประเทศออสเตรเลียได้ถูกจัดอันดับให้อยู่ในประเทศผู้ติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อน

น้ำอุ่นพลังงานทดแทนรายใหม่ เป็นอันดับที่ 6 ของโลก รองจากสหรัฐอเมริกา (Havas *et al*., 2015) ในขณะที่บ้านเช้าหรืออพาร์ทเมนต์ พบว่า ภายหลังจากการติดตั้ง เจ้าของสถานที่อยู่อาศัยเหล่านั้นได้มีการขึ้นค่าเช่า เนื่องจากการลงทุนที่สูงจากการติดตั้ง อย่างไรก็ตาม พบว่า เกิดปรากฏการณ์ Rebound Effect ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในอุปกรณ์ชนิดอื่น เนื่องจากการลดลงของค่าไฟฟ้า

ประเทศไทย ได้เริ่มสนับสนุนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยสนับสนุนให้มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงพยาบาลของรัฐ ในอดีตประเทศไทยมีการนำเข้าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และแผงรับแสงอาทิตย์จากประเทศออสเตรเลีย แต่ในปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าจากประเทศจีน เยอรมัน และอิสราเอล ซึ่งมีราคาถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตามผู้บริโภคในประเทศไทยไม่นิยมเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีบริษัทเพียง 25 บริษัท ซึ่งสามารถแข่งขันในตลาดนี้ได้ โดยปัญหาหลักในประเทศไทย คือ ผู้ติดตั้งส่วนใหญ่ขาดความรู้ความชำนาญ ทำให้เกิดปัญหาตามมาหลังการจากติดตั้งเพียงไม่กี่ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555) ประเทศไทยได้จัดตั้ง 4 สถาบันการศึกษาเพื่อให้คำปรึกษาและให้บริการด้านเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในปัจจุบันได้ทำการปิดตัวลงแล้วทั้งสิ้น

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยไม่ได้รับฉลากรับรองคุณภาพ ทำให้ผู้บริโภคไม่กล้าเสี่ยงใช้งาน นอกจากนี้กรมศุลกากรไทยได้ยื่นข้อเสนอให้รัฐบาลยกเว้นภาษีนำเข้าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ซึ่งทำให้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากต่างชาติมีราคาถูกลงประมาณ 20% และผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย (JGSEE, IIEC and FRAUNHOFER ISE, 2007)

นอกจากนี้ รัฐบาลไทยยังสนับสนุนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในปี พ.ศ. 2545 โดยมีเงินสนับสนุน 25 – 30% ของราคาเมื่อผู้บริโภคต้องการเปลี่ยนระบบผลิตน้ำร้องเป็นเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ซึ่งโครงการนี้ได้มุ่งเน้นไปที่ธุรกิจโรงแรม โดยเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มส่วนใหญ่มักจะนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะความน่าเชื่อถือในยี่ห้อของสินค้า แต่ในปัจจุบันบริษัทหลายๆ แหล่งใน

ประเทศไทยได้ผลิตเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสินค้าจากต่างชาติ แต่มีราคาที่ถูกกว่ากันมาก อย่างไรก็ตามการผลิตถังเก็บน้ำร้อนต้องนำเข้าอุปกรณ์บางอย่างต่างประเทศ เช่น อินเดีย จีน และประเทศยุโรป (Techato, 2012) ทำให้ราคาต้นทุนของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มยังคงสูงเมื่อเทียบกับการตัดสินใจลงทุน โดยบริษัทต่างชาติที่เข้ามาลงทุนในประเทศไทยในฐานะตัวแทนขาย เช่น Quantum, Trane, Carolex, Big Red, BTP, Energy Master, Ecotech, Rheem, Pecol และ PAC เป็นต้น

นอกจากนี้ รัฐบาลได้จัดตั้งโครงการ ภายใต้ชื่อ “Cost Base” ในปี พ.ศ. 2555 เพื่อสนับสนุนให้ประชากรใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงาน โดยผู้บริโภคสามารถนำใบเสร็จจากสินค้าเหล่านี้ไปใช้ในการลดหย่อนภาษีได้สูงถึง 25%

ในปัจจุบันรัฐบาลไทยมีการสนับสนุนการลงทุนเพื่อการใช้พลังงานทดแทนในการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับธุรกิจขนาดใหญ่ ภายใต้ชื่อโครงการ ESCO Fund (Energy Service Company) แต่อย่างไรก็ตามรัฐบาลยังไม่มีการบ่งชัดด้านการสนับสนุนเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนเหล่านี้ อีกทั้งไม่ได้เป็นนโยบายหรือกฎหมายบังคับใช้ ทำให้ผู้บริโภคไม่สนใจลงทุนเนื่องจากราคาแพง และไม่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเหล่านี้

2.5 การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ได้เริ่มมีขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งแรกเมื่อต้นศตวรรษที่ 20 เมื่อรัฐบาลได้ออกกฎได้ออกกฎหมายเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงกิจการพาณิชย์นาวี มีชื่อว่า “The River and Harbor Act) โดยกฎหมายฉบับนี้ได้ให้ความสำคัญของโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวกับต้นทุนและผลประโยชน์ทางการค้า ซึ่งนำมาสู้การพัฒนาเทคนิคทางด้านการตีค่าต้นทุนและผลประโยชน์ที่มีตัวตนหรือที่สามารถคิดคำนวณเป็นตัวเงิน มีการขยายองค์ความรู้และแนวคิดในการวิเคราะห์ต้นทุนทางสังคมและเศรษฐกิจในภาคเอกชนต่างๆ ทั่วโลกในปี ค.ศ. 1950 นับแต่นั้นมาประเทศต่างๆ เริ่มให้ความสนใจกับประเด็นการนำหลักเศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โดยละเอียดก่อนดำเนินโครงการ (ทัศนีย์ ศิริพงศาภรณ์, 2556)

การวิเคราะห์ก่แอนการตัดสินใจลงทุน โดยใช้ทฤษฎีด้านการศึกษาความเป็นไปได้ในวิธีต่างๆ เพื่อเป็นเครื่องมือที่สามารถบ่งชี้ว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมต่อการลงทุนหรือไม่ ประกอบไปด้วย (อรทัย วรรคาวิสันต์, 2552)

- การวิเคราะห์ด้านเทคนิค (Technical Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์เทคโนโลยีที่มีสามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ควรมีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ในปัจจุบันได้
- การวิเคราะห์ด้านเทคนิค (Social Analysis) เป็นการพิจารณารูปแบบองค์กรทางสังคม มาตรการการครองชีพ รวมทั้งกระบวนการทางสังคม ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์สูงสุด
- การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment Analysis) เป็นการพิจารณาการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) เป็นการพิจารณาโดยใช้ตัวเงิน ซึ่งบ่งชี้ถึงความสมเหตุสมผลของการลงทุนในรูปของกำไรหรือขาดทุน

การตัดสินใจลงทุนดำเนินการใดๆ จำเป็นต้องมีการศึกษาก่อนการลงทุน การวิเคราะห์การลงทุนด้านเศรษฐศาสตร์ มีความสำคัญต่อธุรกิจเป็นอย่างมาก เพราะอาจทำให้ธุรกิจประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายหรือล้มเหลวจากการตัดสินใจได้ ดังนั้นจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคและเครื่องมือทางการเงินมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีความเสี่ยงน้อยสุด (เบญจมาศ อภิสิทธิ์ภิญโญ, 2547) การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์นับเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการลงทุนที่นิยมสูงสุด เนื่องจากได้ค่าออกมาเป็นตัวเลขที่สามารถทำการเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

2.5.1 ระยะเวลาคืนทุน (PB)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไป ระยะเวลาคืนทุน เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่าเมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้ว จะใช้ระยะเวลากี่งวด (ปี) ในการคืนทุน วิธีการคิดระยะเวลาคืนทุน วิธีนี้จะใช้ได้ดีเมื่อหาผลตอบแทนแล้วใกล้เคียงกัน แล้วเปรียบเทียบโครงการที่คืนทุนเร็วที่สุด เนื่องจากโครงการที่คืนทุนเร็วกว่านั้นย่อมมีความเสี่ยงน้อยกว่า (สิรินันท์ บุตรเต, 2555)

หากผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากันทุกปีสามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน ได้ดังสมการที่ 2-1 หากผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการในแต่ละปีมีค่าไม่เท่ากัน การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจะใช้วิธีบวกรายได้หรือผลประหยัดที่เกิดขึ้นในแต่ละปี จนกระทั่งยอดรวมมีค่าเท่ากับเงินลงทุนของโครงการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุน (บาท)}}{\text{รายได้หรือผลประหยัดที่เกิดขึ้น (บาทต่อปี)}}$$

สมการที่ 2-**1**

ข้อดี : PB เป็นวิธีที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และสามารถคำนวณได้ง่าย ถือเป็นเครื่องมือในการคัดสรรโครงหารลงทุนเบื้องต้น

ข้อเสีย : PB จะไม่แสดงความสามารถในการทำกำไรของโครงการ ไม่คำนึงถึงเงินสดภายหลังจากการคืนทุน และไม่คำนึงมูลค่าเงินเวลา

(วไลพร ธนารักษ์สกุล, 2554 และ สิรินันท์ บุตรเต, 2555)

2.5.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

เป็นมูลค่าผลตอบแทนที่ได้จากโครงการที่เทียบกลับมาเป็นค่า ณ วันนี้ คือวันที่เริ่มลงทุน ซึ่งเป็นตัวกำหนดการตัดสินใจแบบคำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา เนื่องจากการลงทุนในระยะยาวจำนวน

เงินที่จ่ายไป กับผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนที่เกิดขึ้นในระยะเวลาต่างกัน ต้องมีการปรับมูลค่าของจำนวนเงินลงทุนกับผลตอบแทนที่จะได้รับให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (กนิกนันต์ กล้าหาญ, 2556) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) สามารถคำนวณหาได้จากสมการ 2-2

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}\right) - I$$

สมการที่ 2-2

เมื่อ t = ระยะเวลา (ปี) ที่ลงทุน

n = ระยะเวลาทั้งหมด (ปี) ที่นำมาวิเคราะห์

r = อัตราคิดลด หรือ ดอกเบี้ยนโยบาย

C_t = ผลประหยัดในปีที่ 1, 2, 3, ...

I = เงินลงทุนในครั้งแรก

เกณฑ์ในการประเมิน สรุปได้ว่าหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

NPC < 0 ไม่ควรลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยี

NPV = 0 อาจเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนเทคโนโลยีก็ได้ เนื่องจากผลตอบแทนเท่ากับการลงทุน

NPV > 0 ควรลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยี

โดย NPV ที่มีค่าสูงมากจะหมายถึงความคุ้มค่าของการลงทุนสูง

2.5.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่า NPV ของโครงการลงทุนนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ หรืออัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืน เมื่อพิจารณาด้วยมูลค่าของเงินตามเวลา ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในนี้จัดว่าเป็น อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตราเวลา เช่น เดียวกับ อัตราดอกเบี้ย และต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน ดังแสดงใน

สมการที่ 2-3 โดยถ้าอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) ค่าสูงกว่าต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเงินทุนก็ควรลงทุน แต่ถ้าอัตราผลตอบแทนของโครงการมีค่าต่ำกว่าต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเงินทุนไม่ควรลงทุนในโครงการ (วาฎิกาณ์ ไพศาลธยางกูล, 2557)

$$0 = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+IRR)^t}\right) - I$$

สมการที่ 2-3

เมื่อ t = ระยะเวลา (ปี) ที่ลงทุน

n = ระยะเวลาทั้งหมด (ปี) ที่นำมาวิเคราะห์

C_t = ผลประหยัดในปีที่ 1, 2, 3, ...

I = เงินลงทุนในครั้งแรก

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ นำค่า IRR มาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยนโยบาย หรือ r ที่ใช้ในการประเมิน NPV ข้างต้น โดย

IRR < ดอกเบี้ยนโยบาย ไม่ควรลงทุน เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้ต่ำกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

IRR = ดอกเบี้ยนโยบาย ไม่มีความแตกต่างระหว่างลงทุนหรือไม่ลงทุน เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้เท่ากับค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

IRR > ดอกเบี้ยนโยบาย ควรลงทุน เพราะได้ประโยชน์มากกว่าต้นทุนทางการเงินที่เสียไป เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้มากกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

ในกรณีที่มีการเลือกหลายโครงการ จะเลือกโครงการที่ให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่สูงที่สุดเป็นอันดับแรก เนื่องจากประโยชน์จากการตอบแทนสูงสุด

การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการลงทุน ได้ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยที่หลากหลายโครงการ ดังตัวอย่างเช่น

การวิเคราะห์โครงการลงทุนเพื่อพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ภายในคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ประจำปีงบประมาณ 2557 โดยมีต้นทุนทั้งสิ้น 2,098,726 บาท ระยะเวลาคืนทุน คือ 6 เดือน 29 วัน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) 6,940,214 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) 189.36% จึงจัดได้ว่าเป็นโครงการที่คุ้มค่ากับการลงทุน เพราะผลตอบแทนที่ได้รับมีมูลค่าสูงเมื่อเทียบกับการลงทุนนั้น (กนิกนันต์ กล้าหาญ, 2556) ในขณะที่ Manit S., 2004 ได้อธิบายในรายงานเรื่อง IT Project Evaluation กล่าวว่าการวิธีการที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์การลงทุนทางด้านระบบสารสนเทศ คือ PB และ NPV โดย PB ถือเป็นวิธีที่คำนวณง่ายและเข้าใจได้ง่าย แต่เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญมากเกินไปในช่วงไม่กี่ปีแรกของโครงการและไม่ได้พิจารณาจำนวนเงินของกระแสเงินสดหลังจากระยะเวลาคืนทุน อีกทั้งไม่ได้พิจารณาค่าของเงินตามระยะเวลาที่แท้จริง ในขณะที่ NPV จะคิดมูลค่าของเงินตามระยะเวลาที่แท้จริงตั้งแต่ปัจจุบันถึงอนาคต ซึ่งเป็นที่เข้าใจยากสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านการเงิน และค่า NPV ที่ได้ ไม่ได้เป็นอัตราร้อยละของผลตอบแทนที่แท้จริง

การวิเคราะห์การลงทุนของหน่วยงานรัฐบาล เช่น การวิเคราะห์การลงทุนของโครงการเดินเรือคลองแสนแสบส่วนต่อขยายจากวัดศรีบุญเรืองถึงสำนักงานเขตมีนบุรี ซึ่งเส้นทางนี้สามารถใช้แทนการเดินทางทางบกบนถนนรามคำแหงและถนนเสรีไทยซึ่งมีการจราจรที่คับคั่ง เป็นระยะทางรวม 11 กิโลเมตร ผลตอบแทนทางด้านการเงิน พบว่า NPV เท่ากับ 2,523 ล้านบาท โดยมี IRR ร้อยละ 38.22 โครงการนี้มีผลตอบแทนเป็นบวกมากกว่าค่าเสียโอกาสในการลงทุน ดังนั้นโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน นอกจากนี้ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เปรียบเทียบผลตอบแทนทางการเงินและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ผลตอบแทนทางด้านการเงินมีค่าน้อยกว่าผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นจึงถือเป็นโครงการที่มุ่งเน้นทางเศรษฐกิจและสวัสดิการทางสังคม (วาฎิกาณ์ ไพศาลธยางกูล, 2557)

การวิเคราะห์โครงการด้านการเกษตร เช่น การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนปลูกยางพาราในจังหวัดมหาสารคาม พบว่า ความเป็นไปได้ของการลงทุนปลูกยางพาราในช่วงเวลา 25 ปี โดยใช้อัตราคิดลดลงร้อยละ 7 มีค่า NPV เท่ากับ 61,315 และ 52,087 บาท สำหรับเกษตรกรที่ได้รับเงินอุดหนุนจากรัฐบาลและในกรณีที่ไม่ได้เงินอุดหนุน ตามลำดับ โดยมีค่า IRR เท่ากับ 32.25% และ 22.86% ดังนั้น การลงทุนปลูกยางพาราในจังหวัดมหาสารคาม เกษตรกรมีความคุ้มค่าในการลงทุนแม้จะไม่ได้รับเงินสนับสนุนจากรัฐบาลก็ตาม (สมาน ศรีทองอินทร์ และคณะ, 2557)

การวิเคราะห์การลงทุนโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาครัวเรือนในประเทศไทย โดยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 4 kW โดยเปรียบเทียบกรณีเข้าร่วมโครงการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าและใช้เองในครัวเรือน โดยศึกษาในพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือของประเทศไทย จากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน พบว่า ค่า NPV ในกรณีศึกษาภาคเหนือมีค่าติดลบจึงจัดว่าเป็นโครงการที่ไม่ควรลงทุน ภาคกลางมี NPV เป็นบวก แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า IRR ของภาคกลางมีค่า 8.38% และ 8.07% เมื่อเข้าร่วมโครงการจำหน่ายไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าใช้เอง ตามลำดับ ซึ่งค่า IRR ที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับอัตราส่วนบดที่นำมาคิด (8%) ดังนั้น จึงจัดว่ามีความคุ้มค่าการลงทุนต่ำ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า NPV เป็นบวก และค่า IRR 9.14% และ 8.64% เมื่อเข้าร่วมโครงการจำหน่ายไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าใช้เอง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ค่า NPV ในกรณีเข้าร่วมโครงการจำหน่ายไฟฟ้าของทุกพื้นที่ในประเทศไทยมีค่าเป็นลบทั้งสิ้น จึงไม่เหมาะสมต่อการลงทุน ในขณะที่การติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เองมีค่า NPV เป็นบวกทุกพื้นที่ และค่า IRR คือ 10.36% 10.88% และ 11.58% ในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ จึงถือได้ว่าโครงการซื้อรับไฟฟ้าถือว่าไม่มีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ (วิรัฒน์ ชโนวิทย์, 2557)

การวิเคราะห์การลงทุนในต่างประเทศ เช่น การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ต่อการลงทุนของฟาร์มนมในรัฐเทนเนสซี่ ในการขยายตลาดผลิตภัณฑ์ นม ชีส และโยเกิร์ต เนื่องจากอุตสาหกรรมนี้รัฐบาลพยายามจะให้ลดการผลิตลง ทำให้เกษตรส่วนใหญ่พยายามเพิ่มมูลค่าในการพัฒนาและแปรรูปสินค้า จากการวิเคราะห์พบว่า ภายในระยะเวลาโครงการ 10 ปี NPV ของนมมีค่าเป็นบวก ในขณะที่

NPV ของโยเกิร์ตและชีสมีค่าติดลบ และค่า IRR ของทุกผลิตภัณฑ์มีค่าติดลบทั้งหมด ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า โครงการพัฒนาและแปรรูปสินค้าของฟาร์มนมในรัฐเทนเนสซี่ไม่เหมาะสมที่จะลงทุน อาจจะมีการพัฒนาในรูปแบบอื่น เช่น ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ การเพิ่มผลผลิต การลดต้นทุน และการเพิ่มราคาขายสินค้า (Moss, 2012)

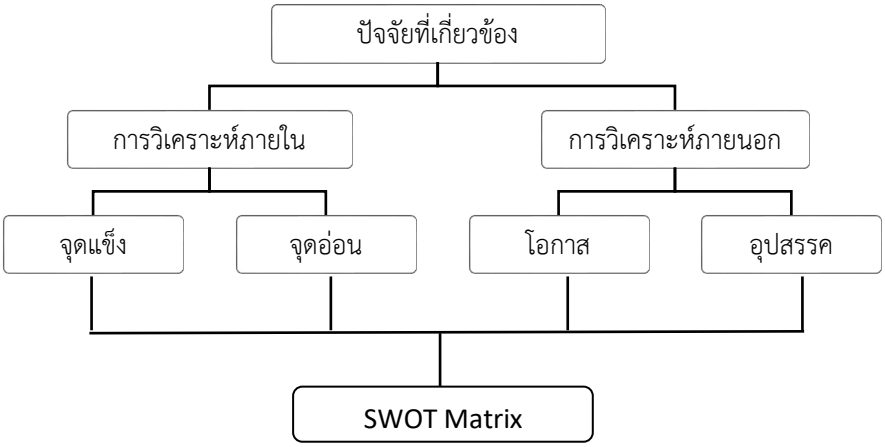
2.6 กระบวนการตัดสินใจ

กระบวนการตัดสินใจที่จะนำมาใช้วิเคราะห์มีหลายวิธี แต่วิธีที่ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้คือ กระบวนการตัดสินใจ SWOT – AHP ซึ่งเป็นการนำเอากระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process; AHP) ร่วมกับ ทฤษฎีการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก (SWOT Analysis)

2.6.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก (SWOT Analysis)

ทฤษฎีนี้ถูกค้นคิดโดยผู้ให้คำปรึกษาด้านธุรกิจชาวอเมริกา ชื่อ อัลเบิร์ต ฮัมฟรี (Albert S. Humphrey) ในขณะที่เขาได้ทำงานอยู่ ณ Stanford Research Institute (SRI Alumni Association Newsletter, 2005)

SWOT Analysis เป็นการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและภายใน เพื่อค้นหาจุดแข็ง จุดเด่น จุดด้อย หรือสิ่งที่อาจเป็นปัญหาสำคัญในการดำเนินงานสู่สภาพที่ต้องการในอนาคต ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-21 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการตัดสินใจลงทุนหรือวางยุทธศาสตร์หนึ่งๆขององค์กรเพื่อความเหมาะสมต่อไป



ภาพประกอบที่ 2-21 โครงสร้างของ SWOT Analysis

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Kahraman *et al*., 2008)

SWOT เป็นตัวย่อที่มีความหมาย ดังนี้

S	มาจาก	Strengths	จุดแข็งหรือข้อได้เปรียบเพื่อการบรรลุเป้าหมาย
W	มาจาก	Weaknesses	จุดอ่อนหรือข้อเสียเปรียบ
O	มาจาก	Opportunities	โอกาสที่จะดำเนินการได้หรือเป็นไปได้
T	มาจาก	Threats	อุปสรรคข้อจำกัดหรือปัจจัยที่คุกคาม

การวิเคราะห์ SWOT ได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์อย่างแพร่หลายเป็นเวลานาน โดยมีกรอบการวิเคราะห์หลายประเด็น เช่น

- รูปแบบของการเติบโตที่คาดหวัง (Goodstein *et al*., 1993)
- แนวโน้มสภาพแวดล้อมที่คาดว่าเป็นอุปสรรคหรือโอกาส (MacMillan, 1986)
- ความเฉพาะเจาะจงของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ผลิตภัณฑ์ นโยบายที่เกี่ยวข้อง และอื่นๆ (Piercy and Giles, 1989)
- การตลาดต่อกลุ่มลูกค้าที่แตกต่างกัน (Gramlich, 1994)
- ประเมินความสามารถของตนให้ถูกต้อง (Boseman *et al*., 1986)

ขั้นตอน/วิธีการดำเนินการ SWOT Analysis ประกอบไปด้วย (เอกกมล เอี่ยมศรี, 2554)

1. วิเคราะห์ภายใน/การประเมินสภาพแวดล้อมภายใน ซึ่งประกอบไปด้วย

1.1 จุดแข็ง (Strengths) หมายถึง จุดแข็งหรือข้อได้เปรียบ ซึ่งเราจะใช้ประโยชน์จากจุดแข็งเหล่านี้เพื่อการบรรลุเป้าหมาย การตั้งคำถามสำหรับจุดแข็ง เช่น

- อะไรคือข้อได้เปรียบของเรา เมื่อเทียบกับองค์กร/เทคโนโลยีอื่นๆ ?
- อะไรคือสิ่งที่เราทำได้ดีกว่าคู่แข่ง ?
- อะไรคือสิ่งที่คู่แข่งไม่มี ?
- อะไรคือสิ่งที่ลูกค้าเห็น/นึกถึงเราก่อน และสิ่งนั้นถูกมองว่าเป็นจุดแข็งหรือไม่ ?

1.2 จุดอ่อน (Weaknesses) หมายถึง จุดอ่อนหรือข้อเสียเปรียบ ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เราอาจถูกมองข้ามจากลูกค้า และทำให้สูญเสียประโยชน์ การตั้งคำถามสำหรับจุดอ่อน เช่น

- อะไรคือสิ่งที่เราควรปรับปรุง ?
- อะไรคือสิ่งที่เราควรหลีกเลี่ยง ?
- อะไรคือสิ่งที่คู่แข่งทำได้ดีกว่าเรา ?
- อะไรคือสิ่งที่คู่แข่งมี แต่เราไม่มี ?
- อะไรคือสิ่งที่ลูกค้าเห็น/นึกถึงเราก่อน และสิ่งนั้นถูกมองว่าเป็นจุดอ่อนหรือไม่ ?

การพิจารณาจุดแข็ง – จุดอ่อน เราสามารถพิจารณาได้จากตัวเอง มุมมองจากลูกค้า และมุมมองจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นๆ โดยพิจารณาข้อมูลทุกอย่างด้วยความเป็นจริงไม่เข้าข้างตนเอง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในสามารถพิจารณาได้จากหลายโมเดล (เอกชัย บุญยาทิษฐาน, 2553) ได้แก่

- PRIMO-F analysis (P=People, R=Resources, I=Innovation & Idea, M=Marketing, O=Operation, F=Finance)
- 4P-Analysis (P=People, P=Properties, P=Processes, P=Products & Services)
- MMPF (M=Marketing, M=Management, P=Products, F=Finance)

- Seven-S (S=Strategy, S=Structure, S=System, S=Staff, S=Skill, S=Style, S=Shared values)

2. วิเคราะห์ภายนอก/การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอก คือ ปัจจัยที่ไม่ได้ขึ้นตรงกับการควบคุมขององค์กร/เทคโนโลยีของเรา สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (อุทิศ ขาวเธียร, 2552) คือ

- สภาพแวดล้อมการดำเนินงาน (Task Environment) จะประกอบด้วยปัจจัยที่กระทบและถูกกระทบโดยตรงต่อการดำเนินงาน ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ผู้มีส่วนได้เสีย รัฐบาล ผู้จำหน่ายวัตถุดิบ ชุมชน คู่แข่งขัน และกลุ่มผลประโยชน์
- สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป (General Environment) จะประกอบด้วยปัจจัยที่ไม่กระทบโดยตรงต่อการดำเนินงานระยะสั้นปัจจัยเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจระยะยาวได้แก่ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยี การเมืองและกฎหมาย

การวิเคราะห์ภายนอก/การประเมินสภาพแวดล้อมภายนอก ประกอบไปด้วย

2.1 โอกาส (Opportunities) หมายถึง สภาพแวดล้อมภายนอกที่เป็นประโยชน์ ซึ่งต้องคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น เศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยี และการแข่งขันเพื่อการแสวงหาประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเหล่านี้ เช่น การพัฒนาของคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงของประชากรและการเปลี่ยนแปลงค่านิยมและทัศนคติ และการแข่งขันจากต่างประเทศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจจะทำให้ความต้องการของลูกค้าเปลี่ยนแปลงไป การตั้งคำถามสำหรับโอกาส เช่น

- อะไรคือโอกาสที่ดีหรือสิ่งที่ดีที่สามารถมองเห็น ?
- แนวโน้มของพฤติกรรมของลูกค้าในปัจจุบันเป็นอย่างไร ?
- อะไรคือค่านิยมของลูกค้า และแนวโน้มค่านิยมในสังคม ?

- กิจกรรมของชุมชน ที่ถูกผลักดันหรือสนับสนุนโดยรัฐบาลจัดเป็นโอกาสของเราหรือไม่?
- นโยบายของรัฐมีผลหรือไม่ และสิ่งนั้นจัดเป็นโอกาสของเราหรือไม่?

2.2 อุปสรรค (Treats) หมายถึง หมายถึง สภาพแวดล้อมภายนอกที่คุกคามต่อการดำเนินงานขององค์การ สภาพแวดล้อมเหล่านี้ได้แก่ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยีและการแข่งขัน หรือการได้เปรียบของคู่แข่ง การตั้งคำถามสำหรับอุปสรรค เช่น

- อุปสรรคที่อยู่ตรงหน้าคืออะไร ?
- คู่แข่งกำลังทำอะไร ?
- เทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นอันตรายต่อธุรกิจของเราหรือไม่ ?
- กิจกรรมของชุมชน ที่ถูกผลักดันหรือสนับสนุนโดยรัฐบาลไปกระตุ้นโอกาสให้แก่คู่แข่งหรือไม่?
- นโยบายของรัฐมีผลหรือไม่ และสิ่งนั้นไปกระตุ้นโอกาสให้แก่คู่แข่งหรือไม่?

การพิจารณาโอกาส – อุปสรรค เราสามารถพิจารณาได้จากนโยบายรัฐบาลหรือความเปลี่ยนไปของโลกในปัจจุบัน ค่านิยมของสังคม และปัจจัยเกี่ยวข้องอื่นๆ โดยพิจารณาด้วยความเป็นจริงไม่เข้าข้างตนเอง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกสามารถพิจารณาได้จาก 5 Force Model หรือ PEST Analysis (P=Political, E=Economic, S=Socio cultural, T=Technological) มาช่วยสร้างความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ได้ เพื่อไม่ให้มองข้ามปัจจัยต่างๆ

3. การตรวจสอบตัวแปรสภาพแวดล้อม ก่อนนำตัวแปรจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคที่หามาได้ ไปวิเคราะห์ SWOT ควรตรวจสอบอีกครั้ง เผื่อมีข้อผิดพลาด

4. การจัดลำดับความสำคัญของตัวแปร ตัวแปรที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงตามข้อมูลที่มีอยู่และจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติม ให้นำมาจัดลำดับความสำคัญก่อนนำเข้าตาราง MATRIX ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี

4.1 การกำหนดระดับช่วงคะแนนในแต่ระดับชั้น (Ranging Scale) โดยพิจารณาจาก ตัวแปรต่างๆ โดยการให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์ปริมาณต่ำมาก (1) ต่ำ (2) กลาง (3) สูง (4) สูงมาก (5) จากนั้นนำเอามาคำนวณเป็นคะแนนรวม (Njoh, 2017)

4.2 ระบบการวัดผลการปฏิบัติงานที่ครอบคลุมด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไว้ครบถ้วน โดยให้น้ำหนักตามมุมมอง 4 ด้านคือ ความคุ้มค่าด้านการเงิน ประสิทธิผลตามพันธกิจ นวัตกรรม และการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

5. ระบุสถานการณ์จากการประเมินสภาพแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์ว่าเรากำลังเผชิญสถานการณ์เช่นใดและภายใต้สถานการณ์นั้น ควรจะทำอย่างไร จากการวิเคราะห์ SWOT ดังกล่าวจะเผชิญรูปแบบ 4 รูปแบบดังนี้

5.1 จุดแข็ง - โอกาส หรือ ยุทธศาสตร์เชิงรุก (SO Strategies)

5.2 จุดอ่อน - โอกาส หรือ ยุทธศาสตร์เชิงพัฒนา (WO Strategies)

5.3 จุดแข็ง - อุปสรรค หรือ ยุทธศาสตร์เชิงรับ (ST Strategies)

5.4 จุดอ่อน - อุปสรรค หรือ ยุทธศาสตร์เชิงถอย (WT Strategies)

เทคนิคการวิเคราะห์ SWOT ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในสถานการณ์ต่างๆ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ด้านต่างๆ มากมาย แต่อย่างไรก็ตาม SWOT ถูกมองว่าทำให้โอกาสผิดพลาดไม่น้อย เนื่องมาจากข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ทักษะ ประสบการณ์ และความรู้ความเข้าใจในพื้นฐานของ SWOT ของผู้วิเคราะห์ ต้องทำการทบทวน SWOT เป็นระยะๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (ชูเพ็ญ วิบุลสันติ, 2551) ตัวอย่างงานวิจัยโดยใช้ SWOT เช่น

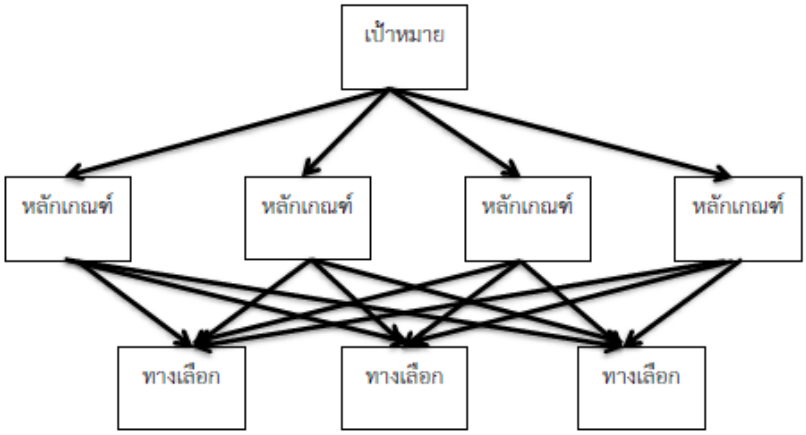
2.6.2 กระบวนการตัดสินใจเชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process; AHP)

AHP เป็นกระบวนการที่ใช้กำหนดน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่างๆ โดยถูกพัฒนามาจาก Thomas L. Saaty นักคณิตศาสตร์ ชาวอเมริกัน ในปี ค.ศ.1970 มีหลักการ คือ แปลงสิ่งที่ไม่สามารถวัดค่าได้ในเชิงปริมาณมาพิจารณาในเชิงปริมาณ โดยใช้เทคนิคในการตัดสินใจเลือกหรือเรียงลำดับความสำคัญที่ต้องใช้การพิจารณาที่ซับซ้อน โดยสร้างรูปแบบการตัดสินใจให้เป็นโครงสร้างลำดับชั้นและนำข้อมูลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ (Saaty, 1980) วิธีการนี้ทำให้ผู้พิจารณาสามารถมองเห็นองค์ประกอบโดยรวมและเปรียบเทียบอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้ผลการตัดสินใจมีความถูกต้องรัดกุมมากขึ้น

AHP จัดเป็นเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์ที่เลียนแบบความคิดของมนุษย์ในการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา โดยเป็นเทคนิคที่ง่ายสามารถนำปัจจัยที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมมาวิเคราะห์ได้อย่างมีความสอดคล้องกันโดยใช้เหตุผล เทคนิคนี้ไม่จำเป็นต้องการผู้เชี่ยวชาญพิเศษคอยควบคุมเหมือนการตัดสินใจด้วยวิธีการอื่นๆ ผลลัพธ์ที่ได้น่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากมีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจ ซึ่งผลลัพธ์ทีได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆได้ง่าย (Soma, 2003 และ อภิชาต โสภาแดง, 2552)

การดำเนินการของวิธี AHP ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา และ ชูศรี เที้ยศิริเพชร, 2554)

1. การสลายปัญหาที่ซับซ้อน ให้อยู่ในรูปของแผนภูมิโครงสร้างเป็นลำดับชั้น โดยแต่ละระดับชั้นประกอบไปด้วยเกณฑ์ในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ระดับชั้นบนสุดเรียกว่าเป้าหมายซึ่งมีเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น ระดับชั้นอื่นๆ อาจมีหลายปัจจัยย่อย โดยปัจจัยต่างๆ ในระดับชั้นเดียวกันต้องมีความสำคัญเท่ากัน ถ้ามีความสำคัญแตกต่างกันมากควรแยกเอาปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยกว่าลงไปอยู่ระดับชั้นที่อยู่ถัดลงไป ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-22 และระดับล่างสุดของลำดับชั้นเรียกว่าทางเลือกของการตัดสินใจ



ภาพประกอบที่ 2-22 โครงสร้างของ AHP

(ที่มา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2559)

2. การหาลำดับความสำคัญ โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทีละคู่จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละระดับชั้น โดยทำการให้คะแนนเป็นตัวเลข 1 – 9 ในตารางเมตริกซ์ เพราะ ตารางเมตริกซ์คือเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดในการเปรียบเทียบในลักษณะเป็นคู่ๆ ระดับความเข้มข้นของความสำคัญด้วยตัวเลข 1 – 9 แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ระดับความเข้มข้นของความสำคัญด้วยค่าตัวเลข

ตัวเลขแสดงระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน
3	มีความสำคัญมากกว่าในระดับเล็กน้อย
5	มีความสำคัญมากกว่าในระดับปานกลาง
7	มีความสำคัญมากกว่าในระดับค่อนข้างมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าในระดับมากที่สุด

3. การสังเคราะห์ โดยการพิจารณาจากลำดับความสำคัญทั้งหมดจากการเปรียบเทียบว่าทางเลือกใดควรได้รับเลือก ประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

3.1 การวิเคราะห์เมตริกซ์ โดยสร้างตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ จากตารางที่ 2-5 ปัจจัย A1 ในแถวซ้ายมือบนสุดจะถูกเปรียบเทียบกับปัจจัย A1 ลงมาเรื่อยๆ จนถึงปัจจัยสุดท้าย ตัวอย่างดังการเปรียบเทียบปัจจัย A1 กับ A2 ซึ่งตัวเลขเท่ากับ 5 แสดงถึงหลักเกณฑ์ A2 ให้น้ำหนักความสำคัญเทียบกับ A1 เท่ากับ 5 เท่า แต่ถ้าเอา A1 เปรียบเทียบกับ A2 จะได้เป็น 1/5 เป็นต้น

ตารางที่ 2-5 แสดงการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ๆ

เป้าหมายการตัดสินใจตัดสิน	หลักเกณฑ์				
	A1	A2	→	→	An
A1	1	5			
A2	1/5	1			
↓					
↓					
An					1

3.2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต (Geometric Mean Method)

หาได้จากสมการที่ 2-4 ดังต่อไปนี้

$$V_i = \left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij} \right)^{1/n}$$

สมการที่ 2-4

เมื่อ a_{ij} = ค่าตัวเลขในตารางเมตริกซ์

V_i = ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

n = จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

3.3 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักคะแนนของรูปแบบทางเลือก

หาได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลแต่ละรูปแบบทางเลือก ในสมการที่ 2-5 ดังต่อไปนี้

$$W_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i}$$

สมการที่ 2-5

และ $\sum_{i=1}^{n} W_i = 1.0$

เมื่อ W_i = น้ำหนักคะแนนของแต่ละหลักเกณฑ์

V_i = ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

n = จำนวนตัวเลขที่นำมาหาค่าเฉลี่ย

3.4 การวิเคราะห์ความสอดคล้อง

วิธีการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผลในการให้คะแนน โดยใช้การเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ของปัจจัยทั้งหมดที่ถูกกำหนดโดยนำผลรวมของค่าวินิจฉัยของแต่ละปัจจัยในแถวตั้งแต่ละแถวมาคูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยในแถวนอนแต่ละแถว แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน ผลลัพธ์จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ดังสมการที่ 2-6 ผลรวมนี้เรียกว่า Eigen Values สูงสุด (λ_{max})

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij} W_i \right]$$

สมการที่ 2-6

λ_{max} = จำนวนหลักเกณฑ์ที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n)

คือ ตารางเมตริกซ์มีความสอดคล้องกันของเหตุผลสมบูรณ์ 100%

λ_{max} > จำนวนหลักเกณฑ์ที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n)

คือ ตารางเมตริกซ์ไม่มีความสอดคล้องกัน

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากวิธีการ AHP ต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง โดยการหาความสอดคล้องของข้อมูลจากค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency ratio, CR) ว่ายอมรับได้หรือไม่ (Vaidya and Kumar, 2006) โดยหากค่า CR ต่ำกว่า 10% แสดงว่าข้อมูลมีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ได้ และหาก CR สูงกว่า 10% แสดงว่าข้อมูลไม่มีความถูกต้อง โดยค่าสัดส่วนความถูกต้องสามารถหาได้ดังสมการที่ 2-7

$$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}}$$

สมการที่ 2-7

เมื่อ CR = ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

CI = ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

RI = ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index)

ซึ่งสามารถหาดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) ได้จากสมการที่ 2-8

$$\mathrm{CI} = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

สมการที่ 2-8

เมื่อ n = จำนวนปัจจัยทั้งหมด

ค่าดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index, RI) เป็นค่าที่ได้มาจากการทดลองสุ่มตัวอย่างจากตารางเมตริกซ์จำนวน 64,000 ตัวอย่าง (Saaty, 1980) ดังแสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 แสดงดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index, RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

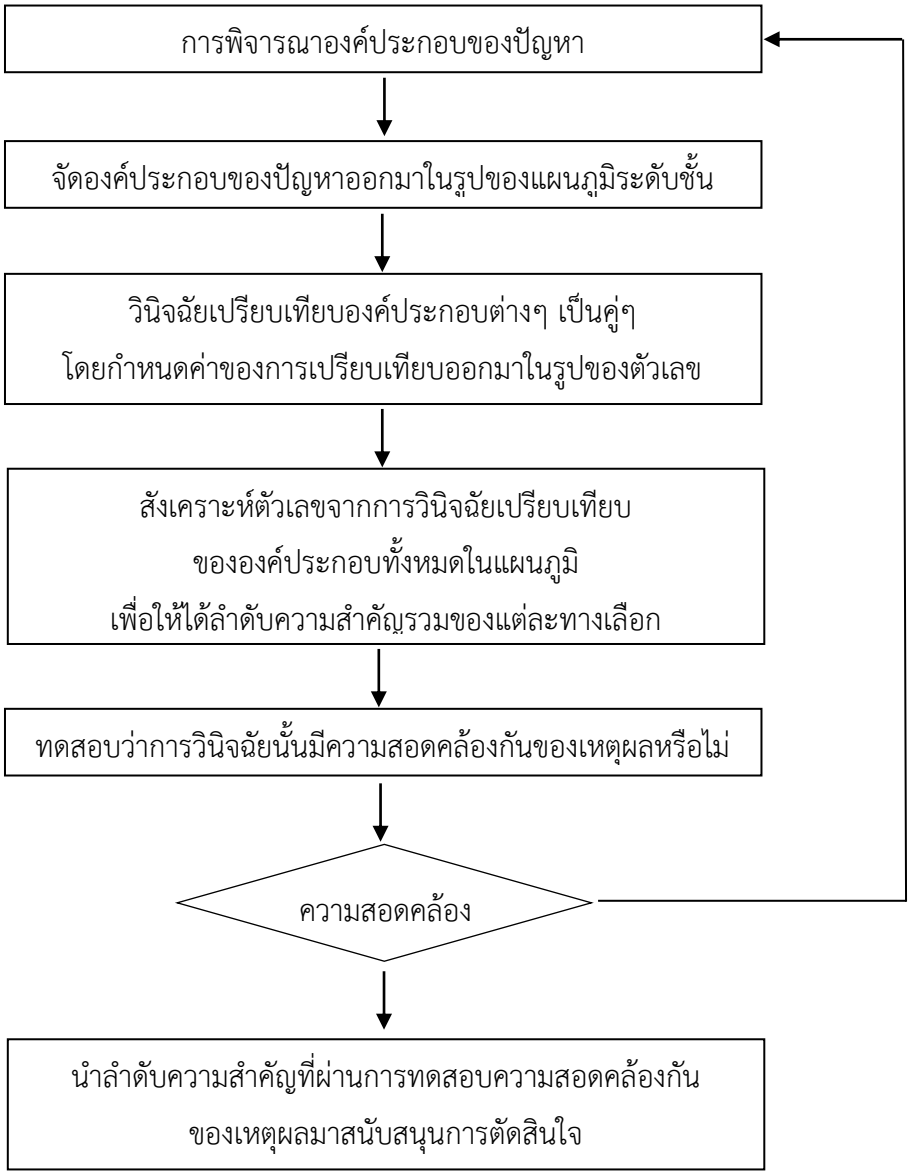
(ที่มา : Saaty, 1980)

3.5 การวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญ

โดยการหาผลรวมของตัวเลขในแถวตั้งของแต่ละแถวของตารางเมตริกซ์ แล้วนำตัวเลขแต่ละช่องของแต่ละแถวตั้งแต่ละแถวหารด้วยผลรวมของตัวเลขในแถวตั้งนั้น เพื่อให้ได้ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยซึ่งจะเป็นนัยสำคัญที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยต่างๆ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดในแต่ละแถวนำมาหารด้วยจำนวนตัวเลขที่มีอยู่ในแถวนอนนั้นๆ ค่าที่ได้จะเป็นค่าลำดับความสำคัญ

4. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของทางเลือก โดยจะทำการทดสอบหลังจากเสร็จจากกระบวนการทั้งหมด เป็นการพิจารณาว่าเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง จะทำให้อันดับความสำคัญของการทางเลือกมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

จากขั้นตอนต่างๆ ของทฤษฎี AHP สามารถสรุปได้เป็นแผนภูมิดังภาพประกอบที่ 2-23



ภาพประกอบที่ 2-23 แผนภูมิขั้นตอนกระบวนการ AHP

(ที่มา : วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น AHP ได้ถูกใช้ในการวิเคราะห์ความสำคัญของข้อมูลมาเป็นเวลานานในหลายๆ งานวิจัย ตัวอย่างเช่น

การประเมินความยั่งยืนของการผลิตแผงไฟฟ้าในประเทศอินเดีย โดยทำการวิเคราะห์ AHP เพื่อให้ผู้ผลิตมีความกระตือรือร้นต่อความยั่งยืนในการผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม การออกแบบกระบวนการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว การคืนผลิตภัณฑ์ และการผลิตที่สะอาด จากการทำการวิเคราะห์ AHP พบว่า บริษัท EP-3 มีสถิติดีมากขึ้นเกี่ยวกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน ซึ่งถือเป็นตัวอย่างที่ดีแก่บริษัทอื่นๆ เพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน บรรลุเป้าหมายและยอดขายในอนาคตต่อไป (Gupta *et al*., 2015)

กรณีศึกษาการสร้างเขื่อน Mujur ในเกาะลอมบอค โดยการใช้วิธีวิเคราะห์ AHP เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับการก่อสร้างเขื่อนแห่งใหม่ การกำหนดปัจจัยถูกแบ่งออกเป็นปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยโดยมีความกังวลเข้ามาเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ คือ ผลประโยชน์ ค่าใช้จ่าย และความเสี่ยง นอกจากนี้ยังอยู่บนพื้นฐานทางเศรษฐกิจ สังคมวัฒนธรรม และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับการสร้างเขื่อนใหม่ คือ พื้นที่โดยรอบจะเป็นที่หมู่บ้าน Mujur ในเขต East Praya โดยมีค่าคะแนนสูงสุด (0.12941) (Kurniati *et al*., 2013)

จากการศึกษาการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิคส์ โดยมีกลุ่มผู้ตัดสินใจเป็นผู้บริหารและพนักงานในแผนกโลจิสติกส์ของบริษัทฯรวมทั้งสิน 6 ราย ผลการวิจัยพบว่าเกณฑ์หลักที่มีความสำคัญสูงสุดคือ ต้นทุน รองลงมาคือความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ การตอบสนอง ความมั่นคงทางการเงิน และเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามลำดับ (ศุภลักษณ์ ใจสูง, 2555)

นอกจากนี้ ตารางที่ 2-7 แสดงตัวอย่างการกำหนดลำดับความสำคัญจากหลากหลายงานวิจัยเพื่อการวิเคราะห์ AHP ต่อไป ซึ่งการกำหนดจำนวนลำดับหลักนั้นว่าจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสำคัญของแต่ละปัจจัยนั้นๆ

ตารางที่ 2-7 การหาลำดับความสำคัญ (หลัก) จากงานวิจัย

งานวิจัย	ลำดับความสำคัญ (หลัก)	อ้างอิง
Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology road mapping	1. Performance 2. Reliability 3. Economic 4. Geometric 5. Environmental compatibility 6. Serviceability and maintenance 7. Flexibility	Gerdsria and Kocaoglub, 2007
Vendor selection using AHP	1. Quality 2. Risk avoidance (RA) 3. Agility (AG) 4. Relationship (RL) 5. Cost (C)	UmaDevi *et al*., 2012
Selection of reverse logistics provider using AHP	1. Quality (Q) 2. Technical Capability (TC) 3. Delivery (D) 4. Reverse logistics cost (RLC)	Divahar and Sudhahar, 2012
Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm	1. Strengths 2. Opportunities 3. Weakness 4. Threats	Gorener *et al*., 2012
Identifying The Importance Level of Factors Influencing The Selection Of Nursing As A Career Choice Using AHP: Survey To Compare The Precedence Of Private Vocational High School Nursing Students And Their Parents	1. Nursing profession related criteria 2. School related criteria 3. Students related criteria	Önder *et al*., 2014

2.6.3 กระบวนการ SWOT – AHP

เนื่องจากกระบวนการ SWOT มักถูกข้อโต้แย้ง เนื่องด้วยเป็นการวิเคราะห์อย่างไม่มีระบบ ซึ่งทำการประเมินเพียงจุดอ่อน จุดแข็ง โอกาสและอุปสรรคของโครงการหรือสิ่งที่สนใจ โดยไม่มีลำดับความสำคัญใดๆ ดังนั้นการบูรณาการ โดยนำกระบวนการวิเคราะห์ AHP มาผสมผสานร่วมกับเทคนิค SWOT จะทำให้ข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์นั้นมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยการใช้แทนค่าตัวเลข ซึ่งมีการประมวลผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ (Brudermann *et al*., 2015)

วิธีการ SWOT – AHP สามารถทำได้โดยการประเมินหาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจที่มีผลต่อการลงทุนนั้นๆ โดยการหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องและสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติม เช่นเดียวกับการหา AHP ทั่วไป จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาแบ่งแยกตามคุณลักษณะที่มีผลต่อการลงทุน/เทคโนโลยี/โครงการนั้นๆ ได้แก่ จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาสและอุปสรรค จากนั้นทำการหาลำดับจากการวิเคราะห์ AHP ในแต่ละกลุ่มย่อยเพื่อหาอันดับความสำคัญของปัจจัยในแต่ละกลุ่มย่อย อันได้แก่ จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาสและอุปสรรค แล้วนำเอาเกณฑ์การประเมินต่างๆ มาหาลำดับความสำคัญโดยวิธี AHP อีกครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาลำดับโดยรวมของทั้งหมด

การวิเคราะห์ SWOT – AHP มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันเพื่อประเมินการตัดสินใจก่อนการลงทุนใดๆ ดังตัวอย่างเช่น

กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในประเทศตุรกี โดยการใช้เทคนิค SWOT ร่วมกับการวิเคราะห์ AHP เนื่องจากวิธี SWOT ขาดการจัดลำดับความสำคัญทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการบูรณาการ SWOT – AHP ในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยพบว่าน้ำหนักคะแนนของบริษัทมีจุดแข็ง (36.7%) ใกล้เคียงกับโอกาส (36.5%) ในขณะที่จุดอ่อนและอุปสรรคมีน้ำหนักคะแนนที่น้อย โดยเมื่อพิจารณาปัจจัยรวมพบว่า น้ำหนักคะแนนสูงสุด คือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (14.7%) รองลงมา คือ ต้นทุนด้านพลังงาน (4.3%) (Gorener *et al*., 2012)

2.6.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) หมายถึง การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเพื่อศึกษาว่าเมื่อสถานการณ์การดำเนินโครงการไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ มีปัจจัยต่างๆ เปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายและรายรับของโครงการ โครงการนี้จะยังคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกระแสเงินสดสุทธิ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ เช่น ราคาต่อหน่วย ต้นทุนต่อหน่วย และปริมาณขาย เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจึงเป็นขั้นตอนที่ช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น กรณีที่ที่คาดว่าวัตถุดิบที่ใช้อาจมีราคาสูงขึ้นกว่าที่คาดการณ์ไว้ เราสามารถวิเคราะห์ได้โดยการหาค่า IRR ของการลงทุนตามราคาปกติและตามราคาที่คาดว่าจะสูงขึ้น แล้วพิจารณาว่าค่าที่ได้ในกรณีหลังนั้นเป็นอย่างไร หากยังคงมีค่าสูงกว่าต้นทุนของเงินทุนของโครงการอยู่ แสดงว่าการลงทุนนี้ยังมีความคุ้มค่า เป็นต้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis), ขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดตัวแปรทุกตัวซึ่งมูลค่ามีความไม่แน่นอน
2. ระบุขอบเขตของข้อมูลที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปรแต่ละตัว
3. คำนวณค่า NPV IRR และ PB แต่ละกรณีโดยเปลี่ยนค่าของตัวแปรทีละตัวและให้ตัวแปรอื่นคงที่ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของ NPV IRR และ PB กับตัวแปรแต่ละตัว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวช่วยผู้วิเคราะห์ในแง่

1) ไม่หวังผลเลิศในความสำเร็จของโครงการสูงเกินไป

2) ลดความเสี่ยงของโครงการที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัวที่มีผลกระทบต่อโครงการ

ข้อพึงสังเกตในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

1) ถ้าการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ค่า NPV มีความอ่อนไหวต่อตัวแปรบางตัวอย่างในทางปฏิบัติควรจะค้นหาข้อมูลเหล่านั้นให้มากขึ้น

2) การรวบรวมข้อมูลอาจต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง

3) ความยุ่งยากในการหาค่าตัวแปรหลักซึ่งมีความไม่แน่นอนนั้นจะเป็นเช่นไร

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) โดยหลังจากที่ได้ตัวชี้วัดทางการเงินแล้ว หากผลที่ได้สามารถทำให้โครงการยอมรับได้ แต่ยังไม่แน่ใจว่ามีความแน่นอนในการประเมินผลตอบแทนและต้นทุนของการลงทุน เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นการใช้ข้อมูลในปัจจุบันและแนวโน้มจากอดีตในการวิเคราะห์ผลในอนาคตที่ดีที่สุด ซึ่งอนาคตเป็นเรื่องของความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Risk and Uncertainly) อยู่ด้วย โอกาสผิดพลาดจึงอาจจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบโดยการเพิ่มต้นทุนอย่างเดียว ผลตอบแทนอย่างเดียว หรือเพิ่มต้นทุนและผลตอบแทนเพื่อที่จะดูว่าค่าที่ได้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544)

2.6.3 การจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo

คือ วิธีการที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตฯ ได้ วิธีการนี้อาศัยหลักแห่งโอกาสที่จะเกิดขึ้น (low of chance) วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Random) จากข้อมูลจริง กับตัวเลขเชิงสุ่ม (random number)

การแก้ปัญหาตามแบบวิธีการของ Monte Carlo จากเหตุการณ์ x ซึ่งมีโอกาสเกิด N เหตุการณ์ ไม่ว่าจะมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ปกติก็ตาม เหตุการณ์ x จะมีความต่อเนื่องดังนั้นการเลือกสุ่มเหตุการณ์จาก a ถึง b จาก N เหตุการณ์จะได้สมการ ดังนี้

$$I = \int_{a}^{b} f(x)\,dx$$

$$\int_{a}^{b} f(x)\,dx = \frac{k}{N} M(b-a)$$

$$M = Max[f(x)]$$

ค่าความแปรปรวน(Variance)

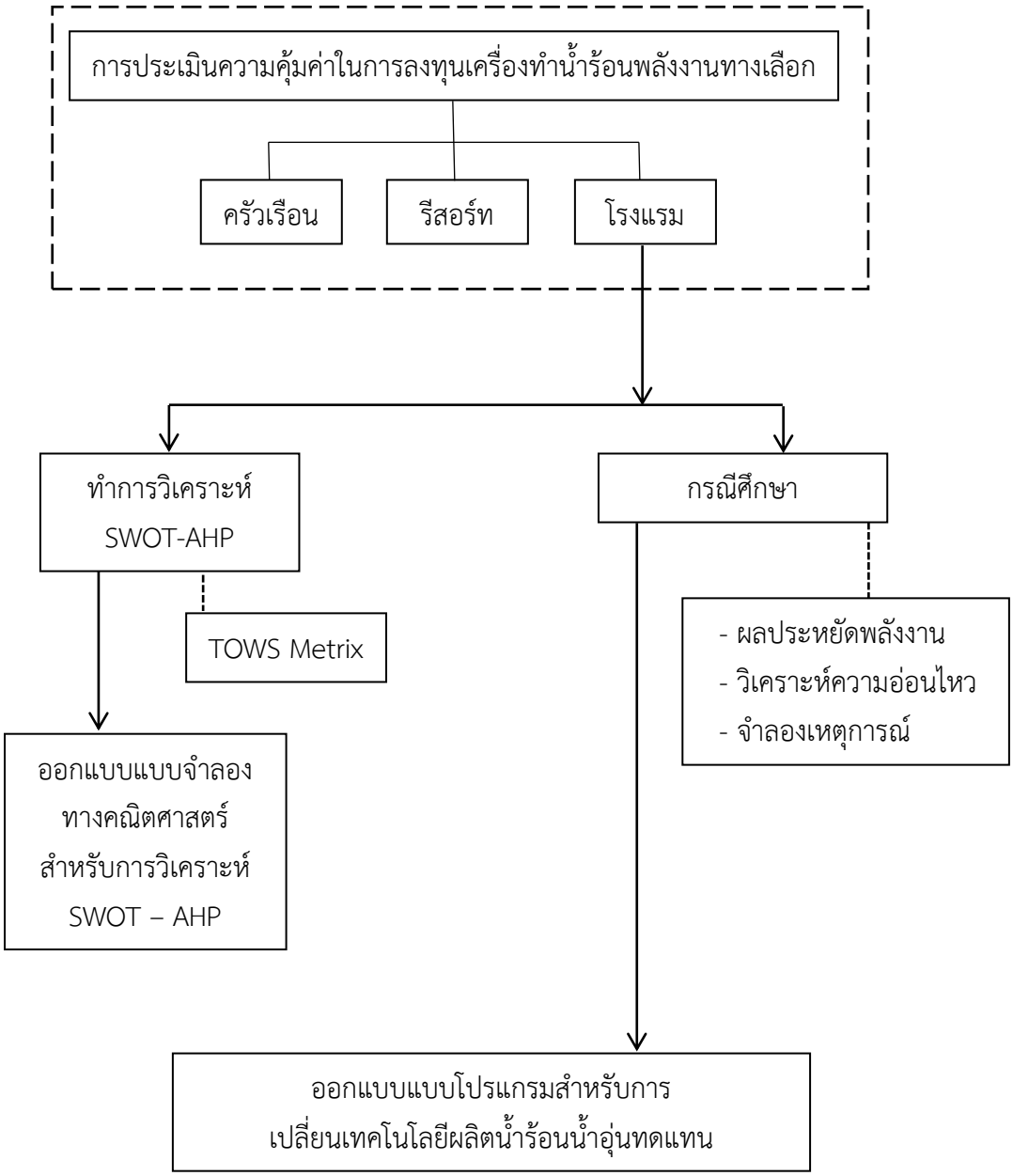
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{N} (Xi - \bar{x})^2$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยทำการกำหนดกรอบของการทำการวิจัย ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-1 ซึ่งประกอบด้วย การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทย เพื่อหาความคุ้มค่าการลงทุนในภาคส่วนที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ ครัวเรือน รีสอร์ท และโรงแรม (1) จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยในภาคส่วนที่เลือกไว้จากข้อ 1 โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบบูรณาการ SWOT – AHP โดยหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยภายในและภายนอก และวิเคราะห์ TOWS สำหรับเทคโนโลยีต่างๆ พร้อมทั้งออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสะดวกสำหรับการใช้งานในอนาคต (2) แล้วทำการศึกษาผลประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาของประเทศไทย (3) และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการและจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo (4) แล้วใช้ข้อมูลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อิงตามการไฟฟ้าฝ่ายผลิตของประเทศไทย และ บริษัทแอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด เพื่อออกแบบโปรแกรมสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นlesiy สำหรับธุรกิจโรงแรม (5)



ภาพประกอบที่ 3-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในภาคส่วนต่างๆ ของประเทศไทย

งานวิจัยในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าซึ่งมีอยู่ทั่วไป โดยแหล่งที่มีการใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสูง ได้แก่ สถานที่พักอาศัย เช่น ครัวเรือน ธุรกิจการท่องเที่ยวเพื่อการพักผ่อน คือ ธุรกิจรีสอร์ท และ ธุรกิจโรงแรม ผู้วิจัยจึงศึกษาการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าใน 3 ภาคส่วนเหล่านี้ โดยใช้การประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณความคุ้มค่าการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานทดแทน ได้แก่ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องทำร้อนแบบฮีทปั๊ม โดยมี 6 ชุดการทดลอง (Scenario) ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 คำอธิบายความหมายของแต่ละชุดการทดลอง

Scenario #	คำอธิบาย
Scenario 1	ภาคส่วนครัวเรือนเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
Scenario 2	ธุรกิจรีสอร์ทเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
Scenario 3	ธุรกิจโรงแรมเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์
Scenario 4	ภาคส่วนครัวเรือนเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนฮีทปั๊ม
Scenario 5	ธุรกิจรีสอร์ทเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนฮีทปั๊ม
Scenario 6	ธุรกิจโรงแรมเมื่อทำการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนฮีทปั๊ม

วิธีการศึกษาวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

3.1.1 กำหนดเกณฑ์ของแต่ละภาคส่วน

ทำการสืบค้นข้อมูล ณ เวลาปัจจุบันขณะทำการวิจัยของภาคส่วนต่างๆ ในประเทศไทย โดยทำการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำร้อนน้ำอุ่น จำนวนเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าที่ใช้งาน พลังงานที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า รายจ่ายค่าไฟฟ้า และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องของภาคส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1.1.1 ภาคส่วนครัวเรือน

จากสำมะโนประชากรปี 2556 พบว่าประชากรของประเทศไทยมี 20.17 ล้านครัวเรือน โดยพบว่ามีจำนวน 14.4% ของครัวเรือน หรือ 2.9 ล้านครัวเรือนมีอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นเพื่อการใช้ในครัวเรือน ซึ่งได้แก่เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556a) โดยส่วนใหญ่พบในกรุงเทพมหานครคิดเป็น 25.4% ในขณะที่ภาคใต้มีเพียง 5.2% ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในภาคส่วนครัวเรือนประเทศไทย จากการสำรวจจากสำมะโนประชากรไทยปี 2556 พบว่า ครัวเรือนมีการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ารวมทั้งประเทศ 3.2 ล้านเครื่อง หรือคิดเป็นครัวเรือนละประมาณ 1 เครื่อง ค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำในครัวเรือน คิดเป็น 128 ลิตรต่อวัน (สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2558 และ สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2554)

การใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าของภาคส่วนครัวเรือน คิดโดยการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจำนวน 1 เครื่อง ซึ่งมีกำลังไฟฟ้า 3.5 – 4.5 กิโลวัตต์ (kW) โดยการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าคิดเป็นระยะเวลา 12 นาทีต่อการใช้งาน 1 ครั้งต่อ 1 คน ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าใน 1 ครัวเรือน คือ 34.6 ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นการใช้พลังงาน 153.6 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) สามารถคิดเป็นมูลค่าการใช้ไฟฟ้า 597 บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากโปรแกรม Protech Electrical version 1.5 (ซึ่งจะบรรยายต่อไปในส่วนท้ายหัวข้อ 5.1.1) เมื่อค่า Ft = 0.5809 (ข้อมูล ณ วันที่ 13 มกราคม 2558) โดยราคา Ft จะขึ้นอยู่กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.1.1.2 ธุรกิจรีสอร์ท

ประเทศไทยประกอบด้วยธุรกิจรีสอร์ทจำนวน 5,557 แห่ง หรือคิดเป็น 167,017 ห้อง (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2558) คำว่าโรงแรมที่นี้หมายถึงสถานประกอบการพักแรมระยะสั้นซึ่งมีลักษณะเป็นบังกะโล มีการแยกห้องพักเป็นหลังอย่างชัดเจน ซึ่งมีสมมติฐานจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนประมาณ 167,017 เครื่อง หรือคิดเป็นเฉลี่ยจำนวน 30 เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าต่อรีสอร์ท 1 แห่ง

การคำนวณในงานวิจัยชิ้นนี้ มีสมมติฐาน คือ รีสอร์ท 1 แห่ง ประกอบไปด้วยห้องจำนวน 30 ห้อง ซึ่งมีการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า 1 เครื่องต่อรีสอร์ท 1 ห้อง โดยมีจำนวนผู้เข้าพักสูงสุด 2 คน ซึ่งมีการใช้น้ำโดยเฉลี่ย 240 ลิตรต่อวันต่อห้อง (สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2558) จากสถิติการอาบน้ำของคนไทยใช้เวลาประมาณ 20 นาทีต่อครั้งต่อคน หรือคิดเป็น 40 ชั่วโมงการใช้น้ำต่อห้องต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจำนวน 160 kWh คิดเป็นเงิน 626 บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากโปรแกรม Protech Electrical version 1.5 (ซึ่งจะบรรยายต่อไปในส่วนท้ายหัวข้อ 5.1.1) เมื่อค่า Ft = 0.5809 (ข้อมูล ณ วันที่ 13 มกราคม 2558) โดยราคา Ft จะขึ้นอยู่กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.1.1.3 ธุรกิจโรงแรม

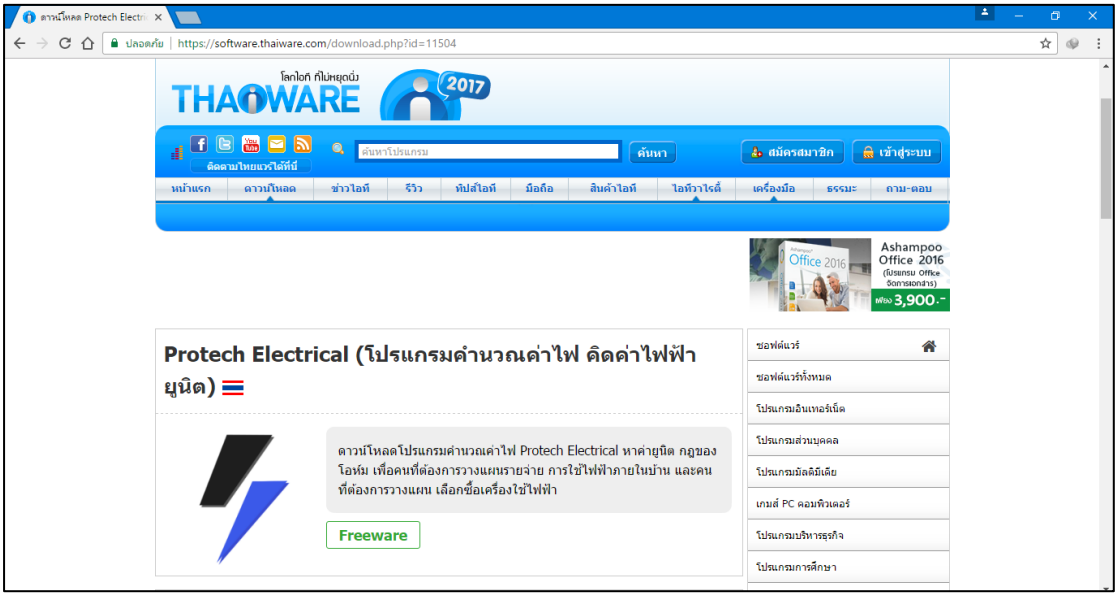
สถานประกอบการโรงแรมและเกสต์เฮาส์ทั่วประเทศ ถูกจัดตามมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทย ปี 2552 (Thailand Standard Industrial Classification TSIC-2009) ซึ่งจัดอยู่ในประเภท I หมวดย่อย 55 ที่พักแรม ซึ่งเป็นการให้บริการที่พักแรมระยะสั้นที่จัดตั้งโดยจดทะเบียนและไม่จดทะเบียนตามพระราชบัญญัติโรงแรม พ.ศ. 2547 ได้แก่ กิจกรรม 55101 โรงแรม (ไม่รวมรีสอร์ท บังกะโล โมเต็ล ห้องชุด และโรงแรมห้องชุด) (สำนักงานสถิติแห่งชาติb, 2556)

จากผลสำรวจในปี 2557 พบว่า จำนวนโรงแรมในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 3,989 แห่ง (ไม่นับรวมเกสต์เฮาส์) ซึ่งมีห้องพักทั้งสิ้น 316,439 ห้อง (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2558) ดังนั้นโดยเฉลี่ยมีจำนวน 80 ห้องในแต่ละโรงแรม จากข้อมูลพบว่า 90% ของห้องพักจะเป็นห้องที่ประกอบไปด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (สำนักงานสถิติแห่งชาติb, 2556) ดังนั้นในการคำนวณในขั้นตอนนี้มี

ข้อกำหนด คือ ในธุรกิจโรงแรม ประกอบไปด้วยห้องที่มีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในการอำนวยความสะดวก จำนวน 72 ห้อง ซึ่งแต่ละห้องใช้น้ำ 260 ลิตรต่อวัน ดังนั้นคิดเป็น 18,720 ลิตรต่อวันต่อ 1 โรงแรม ซึ่งคิดเป็นการใช้ไฟฟ้าจำนวน 11,520 kWh ต่อเดือน คิดเป็นเงิน 55,470 บาทต่อเดือน โดยคำนวณจากโปรแกรม Protech Electrical version 1.5 (ซึ่งจะบรรยายต่อไปในส่วนท้ายหัวข้อ 5.1.1) เมื่อค่า Ft = 0.5809 (ข้อมูล ณ วันที่ 13 มกราคม 2558) โดยราคา Ft จะขึ้นอยู่กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

โปรแกรม Protech Electrical

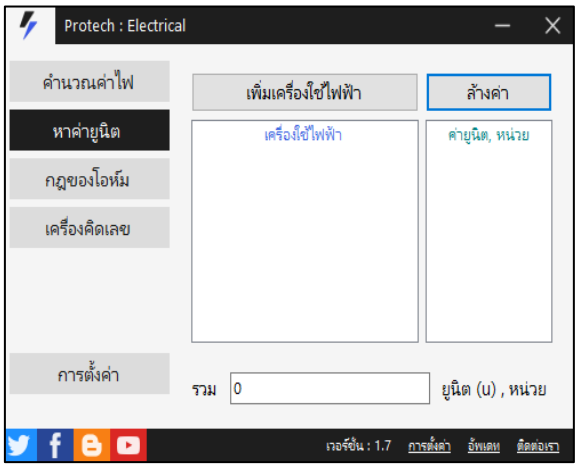
เป็นโปรแกรมในเครือ “Protech Technology” มีความสามารถในการคำนวณหาค่าไฟฟ้า ค่ายูนิต และกฎของโอห์ม ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Protech Electrical version 1.5 แต่ปัจจุบันได้มี version 1.7 ซึ่งผู้พัฒนาได้แก้ไขข้อมูลการคิดอัตราก้าวหน้าเป็นของปี พ.ศ. 2559 ไว้แล้ว โปรแกรม Protech Electrical สามารถดาวน์โหลดได้จาก https://software.thaiware.com ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-2



ภาพประกอบที่ 3-2 การดาวน์โหลดโปรแกรม Protech Technology เพื่อใช้งาน

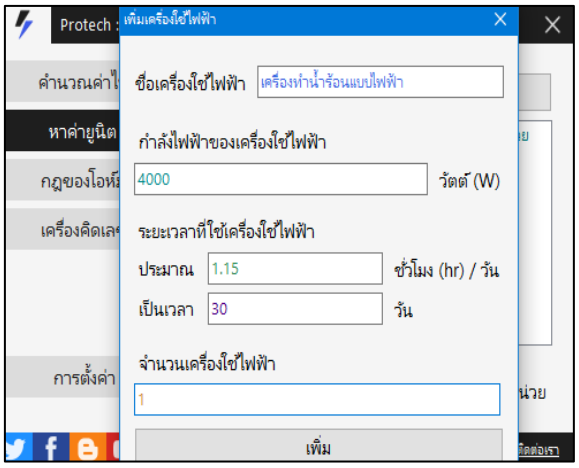
การหาค่าไฟฟ้าจากโปรแกรม Protech Technology version 1.7 (เนื่องจากโปรแกรมมีการอัพเดตอยู่เสมอทำให้ไม่สามารถนำแสดงในเวอร์ชั่นที่เก่ากว่าได้) สามารถทำได้โดยวิธีการดังนี้ (ภาพประกอบที่ 3-3 ก-ง)

1) เลือกปุ่ม “หาค่ายูนิต” จากปุ่มด้านซ้ายมือ กดปุ่มเพิ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า



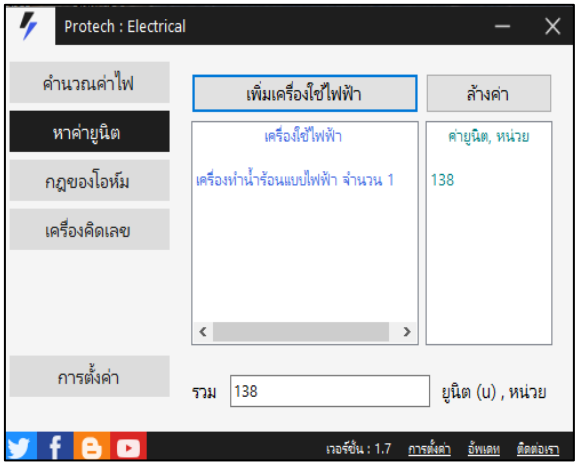
ภาพประกอบที่ 3-3 ก

2) เมื่อกดปุ่มดังข้อ 1) จะมีหน้าต่างขึ้นมาอีกอันหนึ่ง โดยช่องแรกใส่ชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจะคำนวณ จากนั้นใส่กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราจะคำนวณโดยมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) จากนั้นระบุระยะเวลาที่ใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้น หน่วยเป็นชั่วโมงต่อวัน และใส่จำนวนวันที่ใช้งานทั้งสิ้นในช่วงเวลา 1 เดือน และช่องสุดท้าย ให้ใส่จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้น จากนั้นกดคำว่า “เพิ่ม” ซึ่งอยู่ล่างสุดของหน้าต่าง



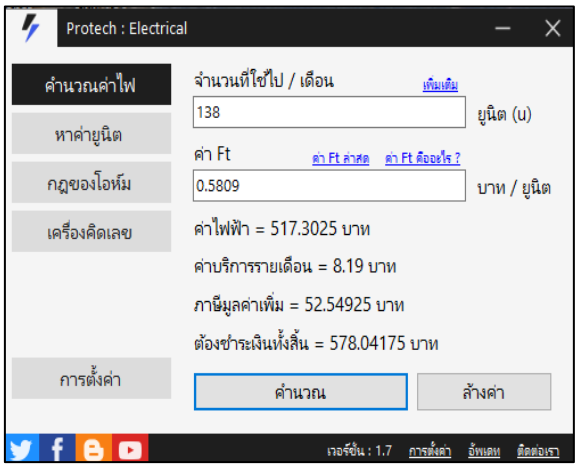
ภาพประกอบที่ 3-3 ข

3) จะสังเกตว่าช่องเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ถูกเพิ่มจากข้อมูลที่เราได้กรอก ทางด้านซ้ายของตารางจะเห็นจำนวนหน่วยหรือยูนิต (unit) ซึ่งจำนวนหน่วยนี้จะนำไปคำนวณในขั้นตอนถัดไป



ภาพประกอบที่ 3-3 ค

4) เลือก “คำนวณค่าไฟ” จากช่องด้านซ้ายมือ จากนั้นให้ใส่ข้อมูล คือ จำนวนหน่วยหรือยูนิตที่หาได้จากข้อ 3) แล้วใส่ค่า Ft ซึ่งได้มาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ค่า Ft เป็นค่าที่ผันแปรตามค่าของพลังงาน ดังนั้นเราควรตรวจสอบค่านี้เสมอก่อนการคำนวณ



ภาพประกอบที่ 3-3 ง

5) จะได้ค่าไฟฟ้าทั้งสิ้นของการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ที่เราสนใจ โดยแบ่งเป็นค่าไฟฟ้าจากการใช้งานจริง ค่าบริการรายเดือน และภาษีมูลค่าเพิ่ม

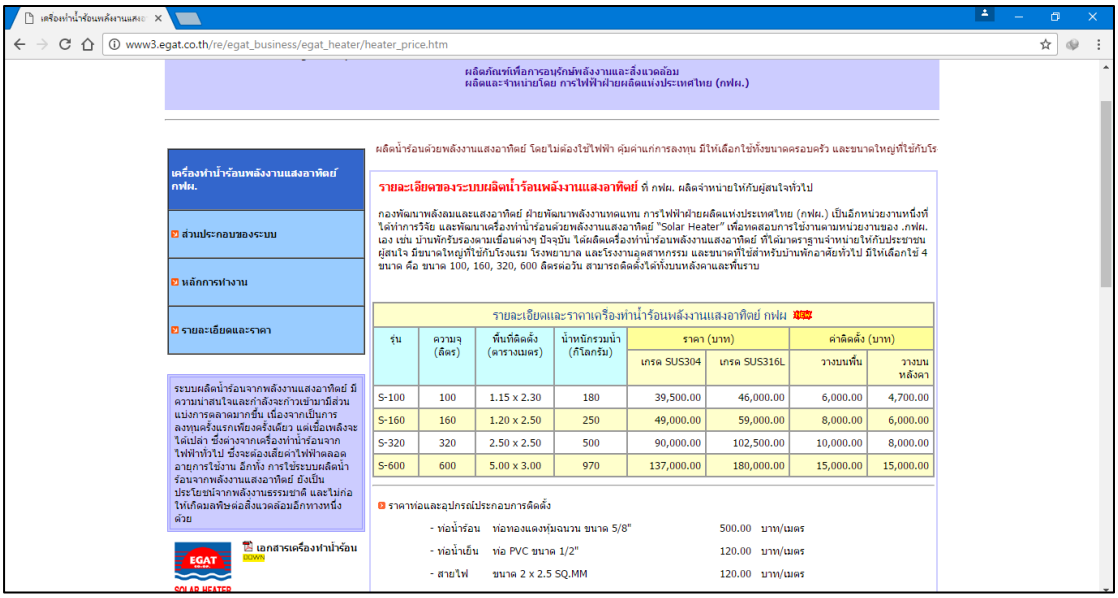
3.1.2 คำนวณเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทน

เนื่องจากการวิเคราะห์การลงทุนในหัวข้อ 3.1 นี้ เราต้องทราบเงินลงทุนเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ดังนั้น เราจำเป็นมีต้องการคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดเมื่อเริ่มการติดตั้ง โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะไม่รวมถึงค่าบำรุงรักษารายปี และค่าซ่อมอื่นๆ เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทนในงานวิจัยนี้มี 2 เทคโนโลยี คือ

3.1.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ใช้ผลิตภัณฑ์ตามข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเข้าถึงได้ที่เวบไซด์โดยตรง คือ http://www3.egat.co.th/re/egat_business/egat_heater/heater_price.htm จากเวบไซด์แสดงรุ่นของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งบอกความจำเพาะในแต่ละรุ่น ขนาด น้ำหนัก ราคา ค่าติดตั้ง และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ (EGAT, 2558) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-4

เนื่องจากในประเทศไทย มีบริษัทจำหน่ายเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่กว้างขวางมาก จึงใช้ข้อมูลกลางที่มาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยมีขนาด 100, 160 , 320 และ 600 ลิตร ซึ่งทุกรุ่นครอบคลุมการใช้งานทั้งในครัวเรือน และในธุรกิจขนาดใหญ่ เช่น โรงแรมได้



ภาพประกอบที่ 3-4 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.1.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

ใช้ผลิตภัณฑ์จากราคากลางของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม โดยทำการเลือกรุ่นของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่เหมาะสมกับเกณฑ์การวิเคราะห์ในแต่ละภาคส่วน

3.1.3 วิเคราะห์ด้านการเงิน

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการลงทุน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุน ดังนี้

1) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PB)
2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)
3) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return, IRR)

3.1.3.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period, PB)

การหาระยะเวลาคืนทุนในงานวิจัยชนิดนี้ หมายถึง การนำเงินลงทุนของแต่ละเทคโนโลยีหารด้วยผลประหยัดที่ประหยัดได้ต่อปี ในที่นี้หมายถึง ผลประหยัดจากค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนเมื่อเทียบกับการใช้เทคโนโลยีเดิม คือ เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ดังแสดงในสมการที่ 3-1 ซึ่งระยะเวลาคืนทุนจะสามารถบอกได้ว่า เราต้องใช้เวลานานเท่าใด การลงทุนจึงจะถึงจุดคุ้มทุน ซึ่งระยะเวลาคืนทุนนี้เราควรเทียบกับอายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนนั้นๆ เพื่อจะได้ทราบความคุ้มค่าว่าควรลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยีหรือไม่

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุน (บาท)}}{\text{รายได้หรือผลประหยัดที่เกิดขึ้น (บาทต่อปี)}}$$

สมการที่ 3-1

3.1.3.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

การหา NPV ถือเป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่า PP แต่จะได้ข้อมูลที่ดีกว่า เนื่องจาก NPV จะแสดงค่ามูลค่าของเทคโนโลยีนั้นเมื่อสิ้นสุดโครงการ ในที่นี้หมายถึงเมื่อครบอายุการใช้งานของเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นเทคโนโลยีนั้นๆ โดยในงานวิจัยนี้จะคิดอายุของแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันขึ้นกับเทคโนโลยีที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และใช้ดอกเบี้ยนโยบายในการวิเคราะห์แทนค่าอัตราคิดลด (Richter, 2009) ในงานวิจัยนี้ใช้ดอกเบี้ยนโยบาย 2% (ข้อมูล ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2558) (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2558) การคำนวณค่า NPV สามารถหาได้ดังสมการที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 อายุที่ใช้คำนวณในแต่ละชุดการทดลอง

Scenario #	จำนวนปีที่ใช้ในการวิเคราะห์, n (ปี)
Scenario 1	15
Scenario 2	15
Scenario 3	20
Scenario 4	10
Scenario 5	10
Scenario 6	15

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}\right) - I$$

สมการที่ 3-2

เมื่อ t = ระยะเวลา (ปี) ที่ลงทุน

n = ระยะเวลาทั้งหมด (ปี) ที่นำมาวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-2

r = อัตราคิดลด หรือ ดอกเบี้ยนโยบาย

C_t = ผลประหยัดในปีที่ 1, 2, 3, ...

I = เงินลงทุนในครั้งแรก

เกณฑ์ในการประเมิน สรุปได้ว่าหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

NPC < 0 ไม่ควรลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยี

NPV = 0 อาจเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนเทคโนโลยีก็ได้ เนื่องจากผลตอบแทนเท่ากับการลงทุน

NPV > 0 ควรลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยี

โดย NPV ที่มีค่าสูงมากจะหมายถึงความคุ้มค่าของการลงทุนสูง

3.1.3.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate Return, IRR)

หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่า NPV ของการลงทุนเป็นศูนย์ หรือ อัตราที่ทำให้การลงทุนมีค่าเท่ากับผลเงินที่ประหยัดได้ เมื่อพิจารณาด้วยมูลค่าของเงินตามเวลา คำนวณได้ตามสมการที่ 3-

$$0 = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+IRR)^t}\right) - I$$

สมการที่ 3-3

เมื่อ t = ระยะเวลา (ปี) ที่ลงทุน

n = ระยะเวลาทั้งหมด (ปี) ที่นำมาวิเคราะห์ตามตารางที่ 3-3

C_t = ผลประหยัดในปีที่ 1, 2, 3, ...

I = เงินลงทุนในครั้งแรก

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ นำค่า IRR มาเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยนโยบาย หรือ r ที่ใช้ในการประเมิน NPV ข้างต้น โดย

IRR < ดอกเบี้ยนโยบาย ไม่ควรลงทุน เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้ต่ำกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

IRR = ดอกเบี้ยนโยบาย ไม่มีความแตกต่างระหว่างลงทุนหรือไม่ลงทุน เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้เท่ากับค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

IRR > ดอกเบี้ยนโยบาย ควรลงทุน เพราะได้ประโยชน์มากกว่าต้นทุนทางการเงินที่เสียไป เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้มากกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินลงทุน

ในกรณีที่มีการเลือกหลายโครงการ จะเลือกโครงการที่ให้อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ที่สูงที่สุดเป็นอันดับแรก เนื่องจากประโยชน์จากการตอบแทนสูงสุด

3.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยในธุรกิจโรงแรมโดยใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP

การศึกษาวิจัยในส่วนนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย โดยทำการศึกษาเป็น 3 กรณี ดังนี้

1) ธุรกิจโรงแรมในประเทศไทยที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า
2) ธุรกิจโรงแรมในประเทศไทยที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม
3) ธุรกิจโรงแรมในประเทศไทยที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการศึกษาวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

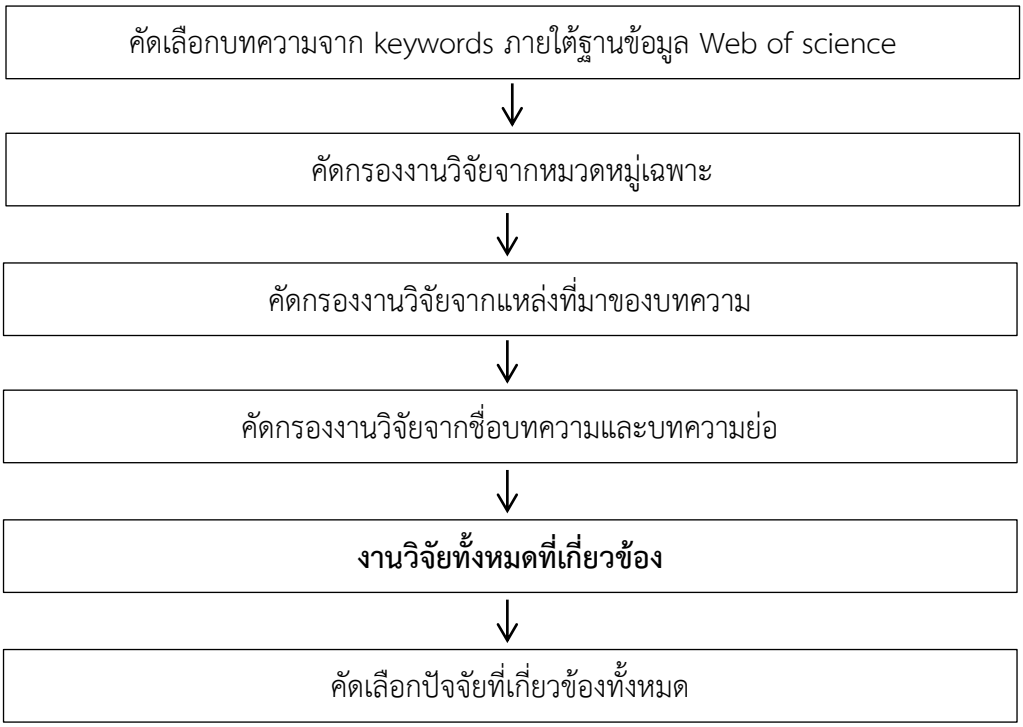
3.2.1 การหาปัจจัยที่เหมาะสมก่อนการนำไปวิเคราะห์

การหาปัจจัยที่เหมาะสมก่อนก่อนการไปวิเคราะห์ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญสูงสุดเนื่องจากปัจจัยที่ดีจะสามารถบอกถึงสภาวการณ์ที่เราสนใจได้อย่างตรงจุด ในขั้นตอนหาปัจจัยเพื่อการวิเคราะห์จะทำ 2 กระบวนการ คือ การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review: SLR) และสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.1 การคัดเลือกปัจจัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการค้นคว้าหาปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า/การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานทดแทน โดยหาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายใต้ฐานข้อมูล Social Sciences Citation Index (SSCI) and Science

Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ของ the Web of Science Core Collection ซึ่งนับว่าเป็นฐานข้อมูลที่น่าเชื่อถือสูงสุด (Sriwannawit and Sandström, 2015) การหางานวิจัยทำโดยการค้นจาก keyword ว่า (resident* AND water) OR (water AND heat*) OR (Instantaneous AND water AND heat*) เพื่อต้องการให้ผลการค้นหาครอบคลุมสูงสุด โดยงานวิจัยที่ค้นคว้าจะเลือกเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมดและอยู่ในระหว่างปี ค.ศ. 2006 – 2015 (ทำการค้นคว้าเดือนธันวาคม ค.ศ. 2015) เมื่อได้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจะทำการตรวจสอบอีกครั้งโดยเลือกงานวิจัยที่อยู่ในหมวด Economics, Energy Fuel, Engineering Environmental, Environmental Sciences and Environmental Studies ทำการคัดกรองอีกครั้งโดยใช้แหล่งที่มาที่น่าเชื่อถือ จากนั้นงานวิจัยที่ผ่านการคัดกรองจะถูกคัดกรองอีกครั้งด้วยชื่อของบทความและบทคัดย่อ เมื่อได้งานวิจัยที่ผ่านการเลือกโดยชื่อของบทความแล้ว จะนำบทความทั้งหมดที่ถูกเลือกในขั้นตอนนี้หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม ซึ่งจะถูกแยกออกเป็นเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นไฟฟ้า เครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นฮีทปั๊ม และเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ (ดัดแปลงวิธีการจาก Karakaya and Sriwannawit, 2015) ดังภาพประกอบที่ 3-5



ภาพประกอบที่ 3-5 แผนผังการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.1.2 การคัดเลือกปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ

เนื่องจากการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากบทความงานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของลักษณะภูมิภาค – ภูมิประเทศ เพราะงานวิจัยทั้งหมดไม่ได้มาจากประเทศไทยเพียงอย่างเดียว แต่เป็นงานวิจัยที่ได้เกิดขึ้นจริงจากประเทศต่างๆ ทั่วโลก ทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของสภาพภูมิอากาศ ลักษณะพฤติกรรมของประชาชนในประเทศนั้นๆ นโยบายและข้อกำหนด กฎหมายของแต่ละประเทศ เป็นต้น ทำให้ปัจจัยนั้นอาจมีบางปัจจัยที่ไม่เหมาะสมจะนำมาปรับใช้จริงในประเทศไทย การสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยจึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นเป็นอย่างมาก เพราะผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ทราบถึงบริบทและความเป็นไปของสังคมไทยเป็นอย่างดี ทำให้ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจาก 3 แหล่งด้วยกัน คือ

- ผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา

  ข้อกำหนด : ดำรงตำแหน่งอาจารย์ในมหาวิทยาลัยที่มีความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น หรือ มีงานวิจัยด้านการประเมินการตัดสินใจการลงทุนเป็นอย่างดี ซึ่งมีบทความทางวิชาการในเรื่องดังกล่าวมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 บทความ

- ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนนโยบาย

  ข้อกำหนด : เป็นนักวิชาการ หรือผู้ชำนาญการพิเศษการวางแผนนโยบาย โดยดำรงตำแหน่งในงานราชการขึ้นตรงกับกระทรวง ทบวง กรมต่างๆ มาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี

- ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทย

  ข้อกำหนด : เป็นเจ้าของหรือกรรมการผู้จัดการในบริษัทเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทย โดยมีการตลาดอยู่ภายในประเทศมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนนี้ จะเป็นการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว โดยใช้เวลาสัมภาษณ์ประมาณ 30 – 45 นาที (ขึ้นอยู่กับบริบทของการสัมภาษณ์) โดยคำถามหลักของการสัมภาษณ์ ได้แก่

1) ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย
2) ท่านคิดว่าอะไร คือ ปัจจัยที่เหมาะสมต่อแนวโน้มการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย
3) ปัจจัยแต่ละตัวที่ท่านกล่าวมา มีความสำคัญอย่างไรบ้าง
4) ท่านรู้จัก เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทนชนิดอื่นๆ หรือไม่ ได้แก่อะไรบ้าง
5) ท่านคิดว่า ปัจจุบันประเทศไทยพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นไปสู่เทคโนโลยีทดแทนได้หรือไม่ อย่างไร โปรดอธิบาย

6) เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นทดแทนในประเทศไทย มีข้อจำกัดอย่างไรบ้าง

7) อื่นๆ ตามความเหมาะสม

3.2.2 การแยกหมวดหมู่และให้ลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย

นำปัจจัยที่ได้จากการเก็บข้อมูลทั้ง 2 วิธีการตามข้อ 3.2.1. มาจัดจำแนกหมวดหมู่ที่ถูกต้องและให้คะแนนลำดับความสำคัญดังตารางที่ 3-3 โดยปัจจัยแต่ละตัวจะถูกจำแนกว่าอยู่ในหมวดหมู่ใดของแต่ละเทคโนโลยี โดย S แสดงจุดแข็งของเทคโนโลยีนั้นๆ W แสดงจุดอ่อนของเทคโนโลยีนั้นๆ O แสดงโอกาสของเทคโนโลยีนั้นๆ และ T แสดงอุปสรรคต่อเทคโนโลยีนั้นๆ จากนั้นจะมีการให้ความสำคัญของกลุ่มโดยพิจารณาจากข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการสัมภาษณ์ และจากบทความงานวิจัยที่ได้รวมรวบมา จากนั้นความสำคัญในแต่ละปัจจัยจะถูกแทนค่าด้วยคะแนนดังนี้

ความสำคัญต่อกลุ่มสูงมาก	=	5	คะแนน
ความสำคัญต่อกลุ่มสูง	=	4	คะแนน
ความสำคัญต่อกลุ่มปานกลาง	=	3	คะแนน
ความสำคัญต่อกลุ่มต่ำ	=	2	คะแนน
ความสำคัญต่อกลุ่มต่ำมาก	=	1	คะแนน

จากนั้นนำจำนวนครั้งที่พบปัจจัยในแต่ละปัจจัยมาคูณกับค่าความสำคัญเพื่อทำการเลือกปัจจัย 3 อันดับแรกของแต่ละกลุ่มออกมา ดังตารางที่ 3-4 เพื่อใช้ในงานศึกษาวิจัยขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 3-3 ตารางตัวอย่างการจำแนกหมวดหมู่ปัจจัยและให้ความสำคัญต่อกลุ่มของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นแบบต่างๆ ของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบ.....											
ปัจจัย	**กลุ่ม**				**ความสำคัญต่อกลุ่ม**					**จำนวนครั้งที่พบ**	**รวม**
	S	**W**	**O**	**T**	**สูง**	**สูง**	**กลาง**	**ต่ำ**	**ต่ำ**		
1.											
2.											
3.											
4.											

ตารางที่ 3-4 ตารางการคัดเลือกปัจจัย SWOT ในแต่ละเทคโนโลยี

ลำดับที่	**ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า**			
	S	W	O	T
1				
2				
3				
ลำดับที่	**ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม**			
	S	W	O	T
1				
2				
3				
ลำดับที่	**ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**			
	S	W	O	T
1				
2				
3				

3.2.3 การสำรวจโดยการใช้แบบสอบถาม

ทำการสอบถามธุรกิจโรงแรมในประเทศไทยโดยตัวอย่างแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก- โดยการเก็บแบบสอบถามจะกระจายทั่วประเทศไทย คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ของประเทศไทย ผู้กรอกแบบสอบถามจะต้องมีตำแหน่ง คือ ผู้จัดการโรงแรม/หัวหน้าช่าง/เจ้าของโรงแรม การเก็บข้อมูลแบบสอบถามจะทำการซักถามข้อมูลทั่วไปของโรงแรม เช่น ชื่อโรงแรม จำนวนห้อง อายุของโรงแรม เป็นต้น และตรวจสอบเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นของโรงแรมเพื่อกรอกแบบสอบถามในชุด

A สำหรับโรงแรมที่มีเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

B สำหรับโรงแรมที่มีเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

C สำหรับโรงแรมที่มีเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

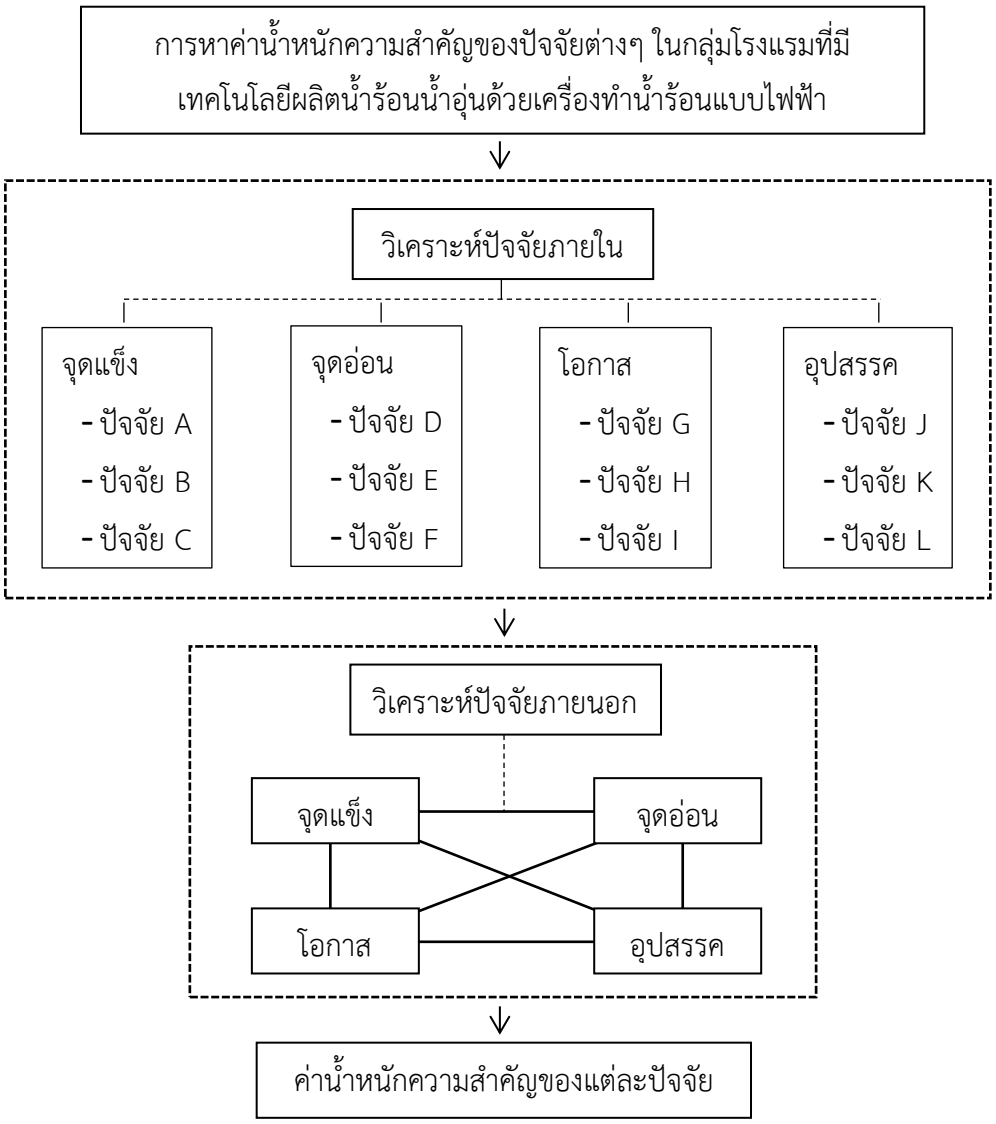
การสำรวจในขั้นตอนนี้จะให้ค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยเปรียบเทียบกับเป็นคู่ๆ (pairwise comparison matrix) โดยกำหนดค่าความสำคัญ 1-9 ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ระดับความเข้มข้นของความสำคัญแสดงด้วยค่าตัวเลข

ตัวเลขแสดงระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน
3	มีความสำคัญมากกว่าในระดับเล็กน้อย
5	มีความสำคัญมากกว่าในระดับปานกลาง
7	มีความสำคัญมากกว่าในระดับค่อนข้างมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าในระดับมากที่สุด

การเปรียบเทียบความสำคัญโดยการให้น้ำหนักคะแนนจะทำการเปรียบเทียบภายในปัจจัยภายใน ตัวอย่างเช่น จุดแข็ง มีปัจจัยที่ถูกคัดเลือกจากขั้นตอน 3.2.2 คือ ปัจจัย A ปัจจัย B และปัจจัย C โดยจะทำการให้ค่าความสำคัญเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ภายใน ดังนี้ ปัจจัย A – ปัจจัย B, ปัจจัย A –

ปัจจัย C และ ปัจจัย B – ปัจจัย C จากนั้นทำการเปรียบเทียบจากปัจจัยหลัก เพื่อหาค่าน้ำหนักโดยรวมของทั้งหมด คือ จุดแข็ง – จุดอ่อน, จุดแข็ง – โอกาส, จุดแข็ง – อุปสรรค, จุดอ่อน – โอกาส, จุดอ่อน – อุปสรรค และ โอกาส – อุปสรรค ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-6



ภาพประกอบที่ 3-6 แผนผังแสดงการหาค่าน้ำหนักความสำคัญภายในและภายนอก

3.2.4 การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค AHP

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะนำค่าที่ได้จากผลสำรวจทั้งหมดมาหาค่าน้ำหนักโดยวิธีการวิเคราะห์ AHP วิธีการ คือ

1. นำค่าความสำคัญของแต่ละการเปรียบเทียบปัจจัยมาใส่ในตารางเปรียบเทียบของปัจจัยแต่ละคู่ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-6 โดยช่องสีเทาคือส่วนกลับของค่าความสำคัญในคู่นั้นๆ

ตารางที่ 3-6 แสดงตัวอย่างการให้ค่าความสำคัญของปัจจัย A, B และ C ในปัจจัยหลักจุดแข็งสำหรับโรงแรมที่มีเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

ปัจจัย	ค่าความสำคัญ		
	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
ปัจจัย A	1	3	5
ปัจจัย B	1/3	1	7
ปัจจัย C	1/5	1/7	1

2. นำผลที่ได้จากข้อ 1 มาเขียนเมตริกซ์ (Matrix) 3x3 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-7 แล้วทำการคูณด้วยเมตริกซ์เดิมนั้นๆ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-8 แล้วทำตารางขึ้นมา ดังแสดงในตารางที่ 3-7 ซึ่งจะเรียกตารางนี้ว่า Multiplied Matrix

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบที่ 3-7 เมตริกซ์ที่ได้จากตารางที่ 3-6

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (1x1) + \left(\frac{3x1}{3}\right) + (\frac{5x1}{5}) & (1x3) + (3x1) + (\frac{5x1}{7}) & (1x5) + (3x7) + (5x1) \\ \left(\frac{1x1}{3}\right) + \left(\frac{1x1}{3}\right) + (\frac{7x1}{5}) & \left(\frac{1x3}{3}\right) + (1x1) + (\frac{7x1}{7}) & \left(\frac{1x5}{3}\right) + (1x7) + (7x1) \\ \left(\frac{1x1}{5}\right) + \left(\frac{1x1}{7x3}\right) + (\frac{1x1}{5}) & \left(\frac{1x3}{5}\right) + \left(\frac{1x1}{7}\right) + (\frac{1x1}{7}) & \left(\frac{1x5}{5}\right) + \left(\frac{1x7}{7}\right) + (1x1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3.0000 & 6.7143 & 31.0000 \\ 2.0667 & 3.0000 & 15.6667 \\ 0.4476 & 0.8857 & 3.0000 \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบที่ 3-8 แสดงการคูณเมตริกซ์ 3x3

ตารางที่ 3-7 แสดงตาราง Multiplied Matrix

ปัจจัย	ค่าความสำคัญ		
	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
ปัจจัย A	3.0000	6.7143	31.0000
ปัจจัย B	2.0667	3.0000	15.6667
ปัจจัย C	0.4476	0.8857	3.0000

3. นำมาหาค่า Eigenvector 1 โดยทำการหาผลรวมในแต่ละแถว แล้วนำผลรวมนั้นไปหารกับผลรวมทั้งหมดของทุกแถว ดังแสดงในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 แสดงตารางการหาผลรวมแต่ละแถว และหาค่า Eigenvector 1

ปัจจัย	ค่าความสำคัญ			ผลรวมแต่ละแถว	Eigenvector 1
	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C		
ปัจจัย A	3.0000	6.7143	31.0000	40.71	40.71/65.78 = 0.62
ปัจจัย B	2.0667	3.0000	15.6667	20.73	20.73/65.78 = 0.32
ปัจจัย C	0.4476	0.8857	3.0000	4.33	4.33/65.78 = 0.07
				65.78	1.00

4. นำมาสร้าง Multiplied Matrix Repetition โดยการนำ Multiplied Matrix ที่หาได้จากข้อ 2 มาคูณกันอีกครั้ง โดยวิธีเดิม
5. นำมาหาค่า Eigenvector 2 โดยทำการหาผลรวมในแต่ละคอลัมน์ของตาราง Multiplied Matrix Repetition แล้วนำผลรวมนั้นไปหารกับผลรวมทั้งหมดของทุกคอลัมน์ ค่า Eigenvector 2 ที่ได้ คือ ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ (ภายใน)
6. ใช้เทคนิคเดียวกันนี้ วิเคราะห์ปัจจัยตัวอื่นๆ ที่เหลือ
7. ใช้เทคนิคเดียวกันนี้ วิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค เพื่อหาค่าความสำคัญของปัจจัยเหล่านี้ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ Eigenvector 3 ของแต่ละตัว
8. หาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ (ภายนอก) โดยการใช้น้ำหนักความสำคัญภายในคูณกับค่า Eigenvector 3 ของแต่ละปัจจัย ดังตัวอย่างในตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 แสดงตารางการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย (ภายนอก) จากปัจจัยหลักจุดแข็งของเทคโนโลยีที่เลือก

ปัจจัยหลัก	ค่าความสำคัญ		
	ปัจจัย ภายใน	จากปัจจัย	ปัจจัยภายนอก
จุดแข็ง น้ำหนัก = 0.57	ปัจจัย A = 0.62	0.57	0.62 x 0.57 = 0.3534
	ปัจจัย B = 0.32	0.57	0.32 x 0.57 =0.1824
	ปัจจัย C = 0.67	0.57	0.07 x 0.57 = 0.0399
จุดอ่อน			
โอกาส			
อุปสรรค			

9. ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio, CR) ว่าค่าความสำคัญที่ให้น้ำหนักกับปัจจัยต่างๆ มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยมีวิธีการ คือ ใช้ตาราง 1-6 ในข้อ 1 นำมาหาผลรวมของแต่ละแถว แล้วหาค่า Eigenvector ดังแสดงในตารางที่ 3-10 โดยการนำผลรวมของแต่ละแถวนั้นๆ หารด้วยผลรวมของทุกแถว ค่า Eigenvector ที่ได้จะสร้างเป็นเมตริกซ์ 3x1 นำเมตริกซ์จากภาพประกอบที่ 3-7 ในข้อ 2 มาคูณกับเมตริกซ์ที่ได้ข้างต้น ดังภาพประกอบที่ 3-9 จะได้ค่า Multiply

ตารางที่ 3-10 แสดงตารางการหาผลรวมแต่ละแถว และหาค่า Eigenvector

ปัจจัย	ค่าความสำคัญ			ผลรวมแต่ละแถว	Eigenvector
	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C		
ปัจจัย A	1	3	5	9	9/18.95 = 0.48
ปัจจัย B	1/3	1	7	8.33	8.33/18.95 = 0.45
ปัจจัย C	1/5	1/7	1	1.25	1.25/18.95 = 0.07
				18.95	1.00

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.48 \\ 0.45 \\ 0.07 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1x0.48) + (3x0.45) + (5x0.07) \\ \left(\frac{1x0.48}{3}\right) + (1x0.45) + (7x0.07) \\ \left(\frac{1x0.48}{5}\right) + \left(\frac{1x0.45}{7}\right) + (1x0.07) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.16652 \\ 1.08198 \\ 0.18645 \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบที่ 3-9 การหาค่า Multiply

จากนั้นทำการหาค่า Eigenvalue โดยใช้ค่า Multiply หารด้วย Eigenvector ของแต่ละปัจจัย แล้วทำการหาค่า Mean หรือ λ_{max} ซึ่งมาจากค่าเฉลี่ยของ Eigenvalue ในแต่ละปัจจัยย่อย ทำการหาค่า CI ดังสมการที่ 3-4 แล้วนำไปหาค่า CR ดังสมการที่ 3-5 โดยใช้ค่าดัชนีการสุ่ม (Random Index, RI) คือ 0.58 เมื่อ n = 3 และ 0.90 เมื่อ n = 4 (Saaty, 1980)

$$\mathrm{CI} = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

สมการที่ 3-4

$$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{CI}}{\mathrm{RI}}$$

สมการที่ 3-5

เมื่อ CR = ค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

CI = ดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index)

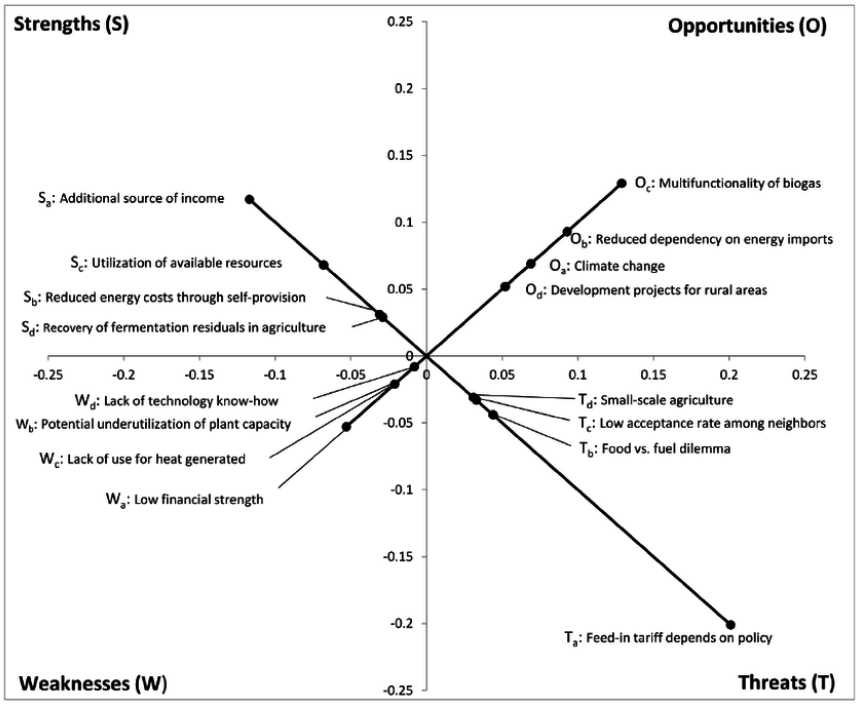
RI = ดัชนีจากการสุ่มตัวอย่าง (Random Index)

n = จำนวนปัจจัยทั้งหมด

ทำการหาค่าสัดส่วนความสอดคล้องของทุกปัจจัยย่อย และปัจจัยหลัก โดยหากค่า CR ต่ำกว่า 10% ซึ่งถือเป็นค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ หากข้อมูลชุดใดมีค่า CR สูงกว่า 10% จะไม่นำข้อมูลชุดนั้นมาทำการคำนวณ โดยค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยก่อนทำการวิเคราะห์จะทำการหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับจากแบบสำรวจ โดยค่าที่วิเคราะห์ได้ ถือ เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย

3.2.6 การสร้างกราฟ SWOT – AHP

นำค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย มาสร้างกราฟ SWOT – AHP เพื่อสามารถอธิบายผลได้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างในภาพประกอบที่ 3-10 โดยกราฟจะแบ่งเป็น 4 จตุรภาค หรือ Quadrants ซึ่งแบ่งเป็นปัจจัยในเชิงบวก ได้แก่ จุดแข็ง และ โอกาส อยู่ด้านบนของเส้นแกนนอน และปัจจัยในเชิงลบ ได้แก่ จุดอ่อน และ อุปสรรค อยู่ด้านล่างของเส้นแกนนอน ซึ่งปัจจัยภายในจะอยู่ด้านซ้ายของแกนตั้ง ได้แก่ จุดแข็ง และ จุดอ่อน ปัจจัยภายนอกจะอยู่ด้านขวาของแกนตั้ง ได้แก่ โอกาส และ อุปสรรค โดยเส้นกราฟจะระบุตำแหน่งตามค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ พร้อมทั้งระบุชื่อปัจจัยไว้



ภาพประกอบที่ 3-10 ตัวอย่างกราฟ SWOT – AHP

การวิเคราะห์ TOWS (TOWS matrix) เป็นการประยุกต์การใช้ประเด็นสำคัญของ SWOT ทั้ง 4 ด้านมาวิเคราะห์ ประกอบไปด้วย

1 การวิเคราะห์เชิงรับ (WT) หมายถึง กลยุทธ์ที่ปกป้องตัวเองอย่างที่สุด เพื่อพยายามลดความอ่อนแอภายในให้ได้ และพยายามหลีกเลี่ยงสภาวะแวดล้อมภายนอกที่กีดขวางคุกคามให้ได้มากที่สุด

2 การวิเคราะห์เชิงพัฒนา (WO) หมายถึง กลยุทธ์ที่จะปรับปรุงแก้ไขความอ่อนแอภายในโดยอาศัยหรือฉกฉวยประโยชน์จากโอกาสภายนอกที่เปิดโอกาสให้

3 การวิเคราะห์เชิงป้องกัน (ST) หมายถึง กลยุทธ์ที่ใช้ความเข้มแข็งภายใน เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดทอนอิทธิพลของสิ่งกีดขวาง ภายนอก

4 การวิเคราะห์เชิงรุก (SO) หมายถึง กลยุทธ์ที่จะใช้ความเข้มแข็งภายในฉวยประโยชน์จากโอกาส ณ ภายนอกที่เปิดโอกาสให้

3.2.7 การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป

เนื่องจากการวิเคราะห์ AHP จำเป็นต้องใช้วิธีการหลายขั้นตอนที่ยุ่งยาก อีกทั้งมีสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องหลายสมการ ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อทำให้การคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญได้สะดวกยิ่งขึ้น อีกทั้งโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาสามารถสร้างกราฟ SWOT – AHP ได้อย่างง่าย โดยพื้นฐานการสร้างฟังก์ชั่นต่างๆ จากโปรแกรม Microsoft จะใช้สมการที่กล่าวมาข้างต้น

โครงสร้างของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในโปรแกรม Microsoft Excel ประกอบด้วย 4 กลุ่ม Worksheet คือ

Worksheet 1 = บทนำ วัตถุประสงค์ของการพัฒนาแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ SWOT – AHP และข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ชิ้นนี้

Worksheet 2 = การกรอกข้อมูลจากการสำรวจ โดยใส่ค่าน้ำหนักเปรียบเทียบเป็นคู่จากแบบสำรวจที่ได้รับ ซึ่งไม่เกิน 50 ชุดข้อมูล

Worksheet 3 = การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญโดยการวิเคราะห์ AHP ซึ่งประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ภายใน และภายนอก อีกทั้งมีการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน

Worksheet 4 = การสร้างกราฟ SWOT – AHP

ซึ่งโปรแกรมนี้มีข้อจำกัด คือ ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องทำการคัดเลือกชุดข้อมูลที่เชื่อถือได้ด้วยตัวเอง เนื่องจากแบบจำลองที่ออกแบบทำการออกแบบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายๆ แบบสำรวจเท่านั้น และโปรแกรมนี้ ใช้ได้กับปัจจัยย่อยเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้น

จากนั้นทำการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์มาแล้ว เพื่อทดสอบหาความถูกต้องก่อนนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชิ้นนี้ไปใช้จริง อีกทั้งจัดทำคู่มือวิธีการใช้โปรแกรม ทั้งนี้เพื่อก่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ท่านอื่นๆ และเพื่อการพัฒนาต่อไปในอนาคตสำหรับปัจจัยต่างๆ ที่ถูกจำกัดอยู่ในโปรแกรมชิ้นนี้

3.3 ศึกษาผลประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทย

ในงานวิจัยขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้โรงแรมขนาด 50 ห้อง เนื่องจากจำนวนห้องพักของโรงแรมในประเทศไทย คือ 50 ห้อง ดังแสดงดังตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 จำนวนห้องพักของโรงแรมในประเทศไทย

ขนาด	น้อยกว่า 60 ห้อง	60 – 150 ห้อง	มากกว่า 150 ห้อง	รวม
จำนวนห้องพัก (ห้อง)	8,014	1,306	545	9,865
%	81.3	13.2	5.5	100

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2555

3.3.1 Water Load Profile

จากข้อมูลของอัตราการใช้น้ำ สร้างกราฟ Water Load Profile เพื่อทราบอัตราการใช้น้ำในแต่ละชั่วโมงใน 1 วันของโรงแรมสมมติ จากกราฟจะสามารถหาจุดสูงสุด หรือ เวลาที่มีการใช้น้ำสูงสุดของโรงแรมได้

3.3.2 ศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่น

3.3.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

ทำการศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งเป็นปริมาณไฟฟ้าจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า โดยให้ความร้อนน้ำจากอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (°C) ให้กลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C ตามสมการที่ 3-6

$$Q = mc\Delta t$$

สมการที่ 3-6

เมื่อ Q = พลังงานที่ใช้ (kW)

m = ปริมาณน้ำที่ให้ความร้อน (L)

c = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kW °C/L)

Δt = ผลต่างของอุณหภูมิ (°C)

จากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟพลังงานที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นหาปริมาณน้ำที่ใช้จริงใน 1 วัน โดยการหาพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดด้วยโปรแกรม OriginPro 8 (ซึ่งจะบรรยายต่อไปในส่วนท้ายหัวข้อ 3.3.2)

เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า คือ 90% จึงต้องคำนวณหาพลังงานที่ใช้จริง และพลังงานไฟฟ้าในเวลา 1 เดือน และ 1 ปี จากนั้นคำนวณหาค่าไฟฟ้าเบื้องต้น โดยใช้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย คือ 3.1729 บาท ราคาอ้างอิง ณ เดือนตุลาคม 2559

3.3.2.2 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงโดยส่งผ่านท่อน้ำร้อนและเมื่อใช้งานจะมีท่อน้ำเย็นมาผสม เพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดน้ำร้อนที่ใช้ในท่อน้ำร้อน คือ 60 °C จากท่อน้ำเย็น คือ 25 °C ซึ่งการใช้งานที่เหมาะสม คือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 40 °C จากข้อมูลข้างต้นสามารถหาปริมาณน้ำได้โดยสมการที่ 3-7

$$(25 \times V_1) + (60 \times V_2) = 40 \times (V_1 + V_2)$$

สมการที่ 3-7

เมื่อ V_1 = ปริมาณน้ำจากท่อน้ำเย็น (L)

V_2 = ปริมาณน้ำจากท่อน้ำร้อน (L)

จากสมการข้างต้นสามารถทำให้อยู่ในรูปอย่างง่าย คือ

$$25V_1 + 60V_2 = 40V_1 + 40V_2$$

$$60V_2 - 40V_2 = 40V_1 - 25V_1$$

$$20V_2 = 15V_1$$

$$\boxed{\frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{4}}$$

ดังนั้นการใช้ปริมาณน้ำร้อนต่อปริมาณน้ำเย็นในการผสมใช้งาน จะคิดเป็นอัตราส่วน 3 : 4 จากสมการสามารถหาปริมาณน้ำร้อน น้ำเย็น ในแต่ละช่วงเวลาได้ แล้วทำการหาปริมาณน้ำทั้งหมดใน 1 วัน

ใช้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของวัน เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อหาความสามารถในการผลิตน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ได้มาจากการเก็บข้อมูลของงานวิจัยศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในพื้นมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (ณรัล ลือวรศิริกุล และคณะ, 2555) โดยใช้ข้อมูลประจำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ดังแสดงในภาคผนวก จากนั้นหาจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ทั้งหมดในการติดตั้งโดย

1) หาค่าพลังงานที่ตกกระทบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ โดยอ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยนำค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (วัตต์ต่อตารางเมตร, W/m^2) คูณกับพื้นที่ตกกระทบ

2) หาปริมาณน้ำที่ให้ความร้อนใน 1 หน่วยเวลา ซึ่งจะทำให้น้ำอุณหภูมิ 25 °C กลายเป็น 60 °C โดยสมการที่ 3-6 ดังนั้นจะสามารถหาปริมาณน้ำที่ให้ความร้อนได้ในเวลา 1 วันของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 1 เครื่อง
3) คำนวณหาปริมาณน้ำที่สามารถให้ความร้อนได้ในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน
4) คำนวณหาจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากปริมาณน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้

จากข้อมูลจำเพาะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อนเท่านั้น ยกเว้น ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ได้ เช่น ผลิตน้ำร้อนไม่ทัน วันที่อากาศมืดครึ้ม หรือในเวลากลางคืนที่น้ำสำรองไม่พอใช้ โดยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละตัวจะมี Heater Supplement อยู่ภายในตัวเครื่องซึ่งจะทำงานในกรณีฉุกเฉิน

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลย้อนหลังเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไม่สามารถผลิตน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ได้และนำมาหาค่าพลังงานจากการใช้ Heater Supplement ในเวลา 1 ปี (โดยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพ 70%)

3.3.2.3 เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

เนื่องจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะใช้หลักการเดียวกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงโดยส่งผ่านท่อน้ำร้อนและเมื่อใช้งานจะมีท่อน้ำเย็นมาผสม เพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดน้ำร้อนที่ใช้ในท่อน้ำร้อน คือ 60 °C จากท่อน้ำเย็น คือ 25 °C ซึ่งการใช้งานที่เหมาะสม คือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 40 °C จากข้อมูลข้างต้นสามารถหาปริมาณน้ำได้โดยสมการที่ 3-6 จากหัวข้อ 3.3.2.2 ซึ่งน้ำร้อนที่จำเป็นต้องผลิตในการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะใช้ข้อมูลจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการคำนวณหาขนาดของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่เหมาะสมต่อโรงแรม โดยการใช้พลังงานความร้อนที่ต้องใช้ต่อวันส่วนระยะเวลาการทำงานของเครื่องใน 1 วัน ค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็น kW ทำการคัดเลือกรุ่นที่เหมาะสม โดยการอิงข้อมูลจากบริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด ซึ่งมีทั้งสิ้น 8 รุ่น ทำการหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จริงใน 1 วันโดยคิดจากค่า C.O.P. (Coefficient of Performance)

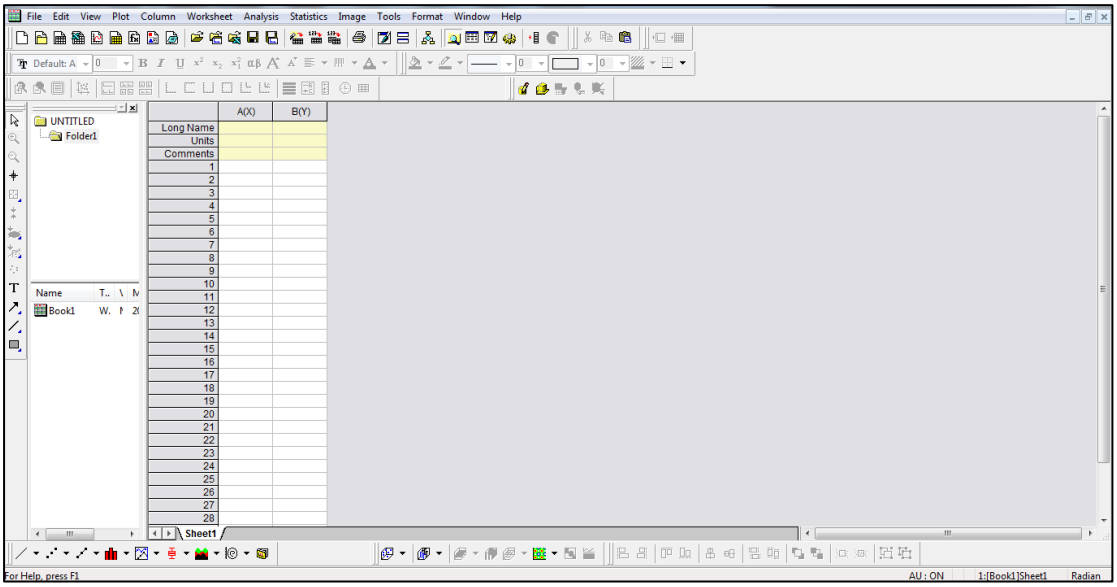
โปรแกรม OriginPro

เนื่องจากข้อมูลดิบที่ได้จากการสำรวจมีจำนวนมาก ดังนั้น เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และลดการรบกวนจากสภาพแวดล้อม จึงมีโปรแกรมมากมายให้ใช้ เช่น MATLAB, IGOR, Origin, Excel ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้โปรแกรม OriginPro เวอร์ชั่น 8 เพื่อสร้างกราฟและทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ต่อไป

โปรแกรมนี้สามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้ทดลองเบื้องต้นได้จาก http://www.originlab.com/ ดังภาพประกอบที่ 3-11

ภาพประกอบที่ 3-11 การดาวน์โหลดโปรแกรม OriginPro เพื่อทดลองใช้งาน

ลักษณะของโปรแกรม OriginPro ที่ใช้ในงานวิจัยดังภาพประกอบที่ 3-12 ซึ่งจะกำหนดแกน X และ แกน Y ใส่ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ เพื่อสร้างกราฟ แล้วทำการหาพื้นที่ใต้กราฟต่อไป



ภาพประกอบที่ 3-12 ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม OriginPro

3.4 การวิเคราะห์โครงการ

3.4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในธุรกิจโรงแรม

เนื่องจากการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางการลงทุนของโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในธุรกิจโรงแรม พบว่า ในหลักความเป็นจริงจะมีตัวแปรบางตัวของการวิเคราะห์ซึ่งไม่คงที่ตลอดระยะเวลาของโครงการ เช่น ค่าไฟฟ้าที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่า Ft เป็นต้น จากการวิเคราะห์เพื่อหาความคุ้มค่าการลงทุน พบว่า เครื่องมือที่เหมาะสมที่สุด คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้สามารถบอกเป็นกำไรที่ได้รับซึ่งมีหน่วยเป็นสกุลเงินนั้นๆ ในขณะที่ระยะเวลาคืนทุนจะเพียงบอกแค่ระยะเวลาคืนทุน และ IRR จะบอกผลตอบแทนที่ได้ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ในงานวิจัยส่วนนี้จะทำการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการโดยการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยจะทำการทดสอบทั้งสิ้น 25 ชุดการทดลอง (Scenario) ดังนี้

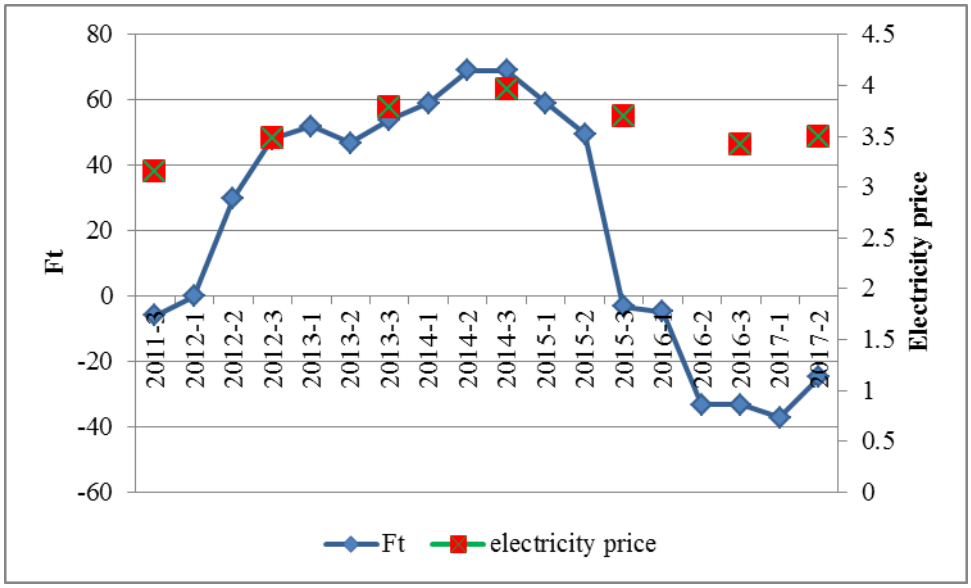
- ชุดการทดลองที่ 1 จะเป็นกรณีปกติ ซึ่งจะใช้ค่าไฟฟ้า ค่า Ft และราคาของเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่น ณ เวลาปัจจุบันที่วิเคราะห์
- ชุดการทดลองที่ 2 – 5 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการเพิ่มขึ้นของราคาไฟฟ้าทุกปี โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุกปีที่อัตรา 1%, 2%, 3% และ 5% ตามลำดับ
- ชุดการทดลองที่ 6 – 9 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการลดลงของราคาไฟฟ้าทุกปี โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุกปีที่อัตรา 1%, 2%, 3% และ 5% ตามลำดับ
- ชุดการทดลองที่ 10 – 13 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการเพิ่มขึ้นของราคา Ft ทุกปี โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุกปีที่อัตรา 1%, 3%, 5% และ 10% ตามลำดับ
- ชุดการทดลองที่ 14 – 17 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการลดลงของราคา Ft ทุกปี โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุกปีที่อัตรา 1%, 3%, 5% และ 10% ตามลำดับ
- ชุดการทดลองที่ 18 – 21 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการเพิ่มขึ้นของราคาเครื่องทำน้ำร้อน 3%, 5%, 10% และ 20% ตามลำดับ
- ชุดการทดลองที่ 22 – 25 จะเป็นกรณีศึกษาที่มีการลดลงของราคาเครื่องทำน้ำร้อน 3%, 5%, 10% และ 20% ตามลำดับ

โดยการวิเคราะห์จะหาได้จากสมการ 3-2 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และใช้อัตราดอกเบี้ยนโยบาย 1.5% (ข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2560) (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2560)

3.4.2 การจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo โครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในธุรกิจโรงแรม

จากข้อมูลย้อนหลัง 6 ปี พบว่าค่าไฟฟ้าในประเทศไม่คงที่ ซึ่งเราไม่สามารถจะประเมินค่าไฟฟ้าในอนาคตได้อย่างแน่นอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo ซึ่ง

ใช้ปัจจัยสำหรับ คือ ค่าไฟฟ้า และค่า Ft ซึ่งมีค่าขึ้น-ลง อย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-13



ภาพประกอบที่ 3-13 ค่าไฟฟ้าและค่า Ft ของประเทศไทย ย้อนหลัง 6 ปี

การวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 5 กรณี ได้แก่ กรณีปกติ, กรณีที่ส่งผลต่อโครงการในทิศทางที่ดีขึ้น, กรณีที่ส่งผลต่อโครงการในทิศทางที่ดีขึ้นสูงสุด, กรณีที่ส่งผลต่อโครงการในทิศทางที่แย่ลง และกรณีที่ส่งผลต่อโครงการในทิศทางที่แย่ลงสูงสุด กรณีศึกษาสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มดังแสดงในตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-12 กรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์ Monte Carlo สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

	ราคาไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)	ค่า Ft (บาทต่อหน่วย)	เงินลงทุน (บาท)	
			SWH	ฮีทปั๊ม
1	3.96	0.69	- 10%	
2	3.75	0.30	- 5%	
3	3.50	-0.25	2975000	1120000
4	3.40	-0.3	+ 5%	
5	3.16	-0.37	+ 10%	

3.5 สร้างโปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม

เนื่องจากการตัดสินใจการลงทุนเปลี่ยนเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนพลังงานทดแทนจำเป็นต้องอาศัยหลายสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 เพื่อออกแบบโปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ และสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยพื้นฐานการสร้างฟังก์ชั่นต่างๆ ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 จะใช้สมการที่กล่าวมาข้างต้น ในข้อ 3.3

โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม ที่พัฒนาขึ้นในจากโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 ประกอบไปด้วย 4 กลุ่ม คือ

1) บทนำ วัตถุประสงค์ของการสร้างโปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม และข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม
2) การกรอกข้อมูลจากข้อมูลจริงของโรงแรม
3) ผลการวิเคราะห์เมื่อเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดรุ่นที่เหมาะสมของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ราคาโดยคร่าวๆ อีกทั้งระยะเวลาคืนทุน และ NPV โดยอิงจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
4) ผลการวิเคราะห์เมื่อเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม โดยมีรายละเอียดรุ่นที่เหมาะสมของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ราคาโดยคร่าวๆ อีกทั้งระยะเวลาคืนทุน และ NPV โดยอิงจากข้อมูลของบริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด
5) เครื่องคิดเลขเพื่อความสะดวกของการใช้งาน

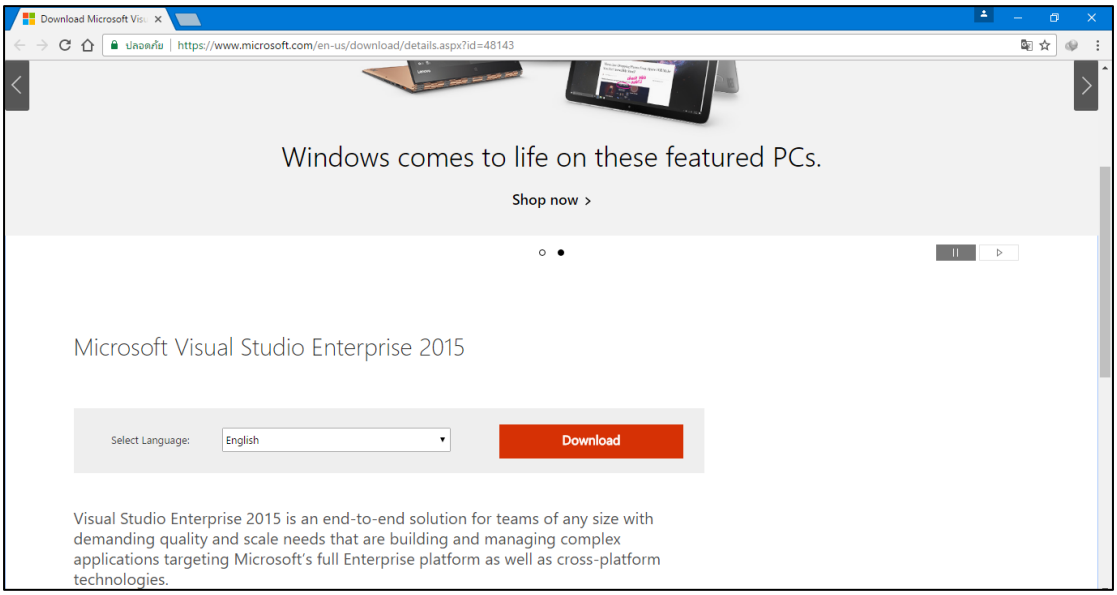
โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรมอิงข้อมูลเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนจาก 2 แหล่งเท่านั้น คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ บริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด ไม่สามารถอิงข้อมูลของบริษัทอื่นๆ นอกเหนือได้ นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมจำเป็นต้องทราบข้อมูลที่ถูกต้องของโรงแรม เพื่อการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ

จากนั้นทำการทดสอบโปรแกรม เพื่อทดสอบหาความถูกต้องก่อนนำโปรแกรมนี้ไปใช้จริง อีกทั้งจัดทำคู่มือวิธีการใช้โปรแกรม ทั้งนี้เพื่อก่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ท่านอื่นๆ และเพื่อการพัฒนาต่อไปในอนาคตจากปัจจัยต่างๆ ที่ถูกจำกัดอยู่ในโปรแกรมชิ้นนี้

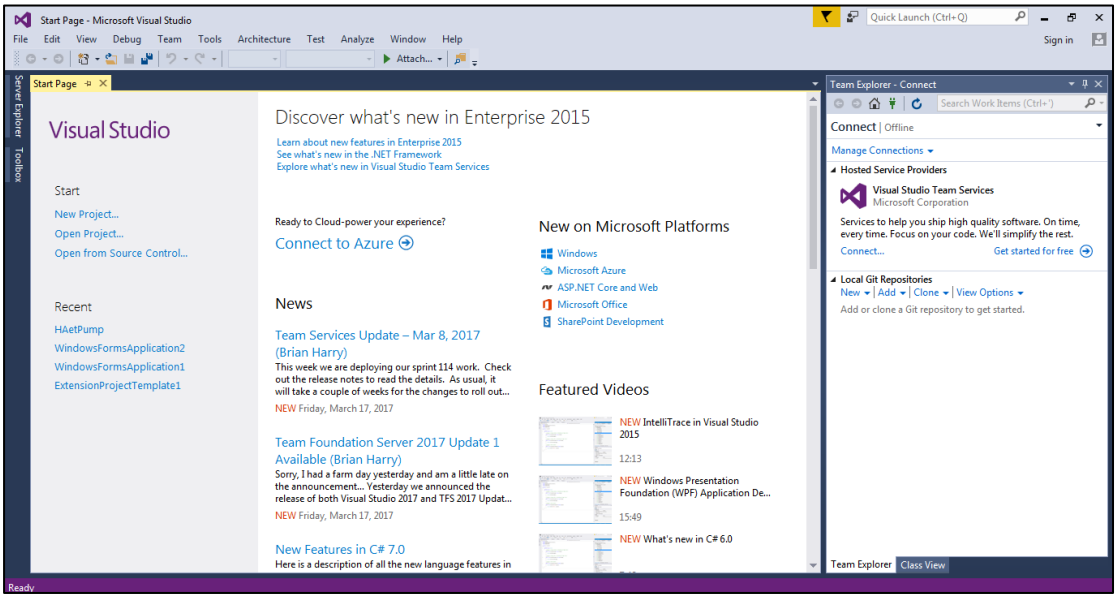
โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105

การออกแบบโปรแกรมสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้หลากหลาย เช่น Notepad, EditPlus, Eclipse, Visual Studio เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 ซึ่งถูกต้องตามลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โปรแกรมนี้จัดเป็นโปรแกรมที่เข้าใจง่ายและสามารถเพิ่มเติมลูกเล่นของโปรแกรมได้มาก

โปรแกรมนี้สามารถดาวน์โหลดเพื่อทดลองใช้งานเบื้องต้นได้จากเวบไซด์ https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=48143 ดังภาพประกอบที่ 3-14 ซึ่งลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3-15



ภาพประกอบที่ 3-14 การดาวน์โหลดโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105 เพื่อทดลองใช้งาน



ภาพประกอบที่ 3-15 ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2105

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในภาคส่วนต่างๆ ของประเทศไทย

4.1.1 การเลือกเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในการติดตั้งในภาคส่วนต่างๆ

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการคำนวณสำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งรุ่นที่เลือกใช้ได้คำนวณตามความเหมาะสมของแต่ละภาคส่วนโดยอิงข้อมูลจากการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วน ซึ่งภาคส่วนครัวเรือนมีการใช้น้ำประมาณ 128 ลิตรต่อวันจึงทำให้เลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-160 ซึ่งสามารถผลิตน้ำร้อนได้ไม่เกินวันละ 160 ลิตร มีอายุการใช้งาน 15 ปี ซึ่งแผงรับแสงอาทิตย์จะติดตั้งบนพื้นที่ขนาด 1.20 x 2.50 ตารางเมตร ราคาขึ้นอยู่กับวัสดุประมาณ 49,000 – 59,000 บาท และราคาติดตั้งประมาณ 6,000 – 8,000 บาท นอกจากนี้การติดตั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ เช่น ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำเย็น และสายไฟ จัดเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งราคาจะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวบ้าน จำนวนชั้นของอาคาร โดยงานวิจัยนี้จะคิดราคาประมาณ 65,000 บาทสำหรับอุปกรณ์และการติดตั้งทั้งหมด

จากการประมาณการใช้น้ำของรีสอร์ท พบว่ามีการใช้น้ำทั้งสิ้น 260 ลิตรต่อห้องต่อวัน เนื่องมาจากมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เพิ่มเติมเข้ามา เช่น อ่างอาบน้ำ ซึ่งถือเป็นสุขภัณฑ์ที่ใช้น้ำเป็นปริมาณมาก ดังนั้นในภาคส่วนธุรกิจรีสอร์ทจะเลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-320 ที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุด 320 ลิตรต่อวัน ใช้พื้นที่การติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ 2.50 x 2.50 ตารางเมตร มีอายุการใช้งาน 15 ปี ราคาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นนี้ คือ 90,000 – 102,500 บาท ซึ่งมีค่าติดตั้ง 8,000 – 10,000 บาท สำหรับการคำนวณในงานวิจัยชิ้นนี้จะคิดราคาทั้งหมดโดยประมาณ คือ 105,400 บาท

ในขณะที่ธุรกิจโรงแรมมีการใช้น้ำสูง โดยประมาณ 18,720 ลิตรต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดสูงสุด คือ รุ่น S-600 ซึ่งสามารถผลิตน้ำร้อนได้ 600 ลิตรต่อวัน มีอายุการใช้งานทั้งสิ้น 20 ปี ดังนั้นในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีการติดตั้งทั้งสิ้น 31 เครื่อง โดยใช้พื้นที่การติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ต่อตัว 5.00 x 3.00 ตารางเมตร เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นนี้มีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับรุ่นอื่นๆ คือ 137,000 – 180,000 บาท และมีค่าติดตั้ง 15,000 บาท ดังนั้นเมื่อคำนวณการลงทุนทั้งสิ้นจะมีมูลค่าประมาณ 4,860,000 บาท

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้จะคิดการติดตั้งปั๊มน้ำ เพื่อช่วยเพิ่มแรงดันน้ำจากชั้นล่างของอาคารขึ้นสู่หลังคา ซึ่งในสถานการณ์ปกติการติดตั้งปั๊มน้ำอาจไม่จำเป็นในบางครัวเรือนหรือรีสอร์ทบางแห่งที่มีการติดตั้งบนพื้นด้านล่างหรือมีแรงดันของน้ำในระดับที่มากพอแล้ว ซึ่งปั๊มน้ำที่เหมาะสมในแต่ละภาคส่วนได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-1 โดยจะแสดงปั๊มน้ำที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งในแต่ละภาคส่วน จำนวนปั๊มน้ำที่ติดตั้ง กำลังไฟฟ้า อัตราการไหล ราคาปั๊มน้ำ การใช้งาน และค่าไฟฟ้าจากการใช้งาน

ตารางที่ 4-1 ปั๊มน้ำที่เลือกใช้ในครัวเรือน รีสอร์ทและโรงแรม

	หน่วย	ภาคส่วน		
		ครัวเรือน	รีสอร์ท	โรงแรม
จำนวน		1	1	5
กำลังไฟฟ้า	แรงม้า	0.5	0.5	1.5
	กิโลวัตต์	0.373	0.373	1.12
อัตราการไหล	ลิตรต่อนาที	50	50	160
ราคา	บาท	1,850	1,850	2,800
การใช้งาน	นาที/เดือน	90	150	600
ราคาไฟฟ้า	บาท/ปี	122.4	134.4	2,400

จากการเลือกการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคส่วนต่างๆ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดการลงทุนในตารางที่ 4-2 โดยมีการลงทุนในการติดตั้งระบบทั้งสิ้น โดยประมาณ 67,350 บาท (สำหรับครัวเรือน) 107,250 บาท (สำหรับธุรกิจรีสอร์ท) และ 4,874,000 บาท (สำหรับธุรกิจโรงแรม)

ตารางที่ 4-2 เงินลงทุนสำหรับการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคส่วนต่างๆของประเทศไทย (หน่วย: บาท)

	ภาคส่วน		
	ครัวเรือน	รีสอร์ท	โรงแรม
เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	65,500	105,400	4,860,000
ปั๊มน้ำ	1,850	1,850	14,000
ราคารวม	67,350	107,250	4,874,000

4.1.2 การเลือกเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในการติดตั้งในภาคส่วนต่างๆ

เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในงานวิจัยนี้ จะใช้ราคากลางของบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ผลิตน้ำน้ำร้อนอุ่นในประเทศไทย ซึ่งโดยรวมแล้วเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม มีราคาต่ำกว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ในภาคส่วนครัวเรือนจะเลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ที่มีอัตราการผลิตน้ำร้อน 100 – 115 ลิตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ควรใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มรุ่นที่มีอัตราการผลิตน้ำร้อน 150 – 160 ลิตรต่อชั่วโมงสำหรับธุรกิจรีสอร์ท โดยอายุการใช้งานเฉลี่ยของทั้ง 2 รุ่น คือ 10 ปี

ธุรกิจโรงแรมมีการใช้น้ำที่สูงกว่า ดังนั้นรุ่นที่เลือกใช้จะเลือกเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มรุ่นที่มีอัตราการผลิตน้ำร้อน 2,000 – 3,000 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 15 ปี และจำนวนการติดตั้งที่เหมาะสม คือ 4 เครื่อง ซึ่งกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในแต่ละรุ่น เงินลงทุนทั้งหมด และค่าจำเพาะอื่นๆ แสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่เลือกใช้ในครัวเรือน รีสอร์ทและโรงแรม

	หน่วย	ภาคส่วน		
		ครัวเรือน	รีสอร์ท	โรงแรม
จำนวน		1	1	4
กำลังไฟฟ้า	กิโลวัตต์	1.25	1.75	2.80
อัตราการผลิตน้ำร้อน	ลิตรต่อชั่วโมง	100-150	150-160	2,000-3,000
ราคา	บาท	43,650	43,650	121,600
ราคาไฟฟ้า	บาท/ปี	183.6	215.04	868.92

4.1.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

ในการวิเคราะห์ทางทางเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อการลงทุนเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในภาคส่วนครัวเรือน ธุรกิจรีสอร์ท และธุรกิจโรงแรมจากชุดการทดลองทั้งสิ้น 6 ชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของชุดการทดลองต่างๆ

	PB	NPV	IRR
Scenario 1	9.56	23,130	6.24
Scenario 2	14.56	-12,450	0.79
Scenario 3	7.12	5,972,890	24.53
Scenario 4	6.25	19,050	9.59
Scenario 5	5.98	21,900	10.63
Scenario 6	0.73	8,056,960	136.7

ชุดการทดลองที่ไม่สมควรลงทุน คือ ชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในธุรกิจรีสอร์ท เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุน 14.56 ปี ในขณะที่อายุการใช้งานของเครื่องรุ่นนั้นคือ 15 ปี มีค่าปัจจุบันสุทธิ -12,450 บาทเมื่อสิ้นสุดโครงการ จากค่าที่ติดลบนี้แสดงให้ทราบว่าไม่สมควรติดตั้งเพราะขาดทุน และอัตราผลตอบแทนภายในมีค่า 0.79 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า

ดอกเบี้ยนโยบายที่นำมาวิเคราะห์ (2.0) การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในธุรกิจรีสอร์ท จัดว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนมีระยะเวลาคืนทุน 5.98 ปี จากอายุการใช้งาน 10 ปี ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายในเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ 21,900 บาท และ 10.63 ตามลำดับ

ในภาคส่วนครัวเรือน สำหรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม จัดว่ามีความคุ้มค่ากับการลงทุนต่ำเมื่อเทียบกับธุรกิจรีสอร์ท มีระยะคืนทุน คือ 6.25 ปี ซึ่งมีอายุการใช้งาน 10 ปี จากการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มรุ่นใกล้เคียงกัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ 19,050 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน คือ 9.56 เมื่อสิ้นสุดโครงการ ในขณะที่การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคส่วนครัวเรือนมีระยะเวลาคืนทุน 9.56 ปี จากอายุการใช้งานเฉลี่ย 15 ปี ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ 23,130 บาท และมีอัตราผลตอบแทนภายใน คือ 6.24

จากผลการศึกษาพบว่า ธุรกิจโรงแรม จัดเป็นธุรกิจที่เหมาะสมต่อการลงทุนติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนสูงสุด ซึ่งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาคืนทุน 7.12 ปี ซึ่งอายุเฉลี่ยของเครื่อง คือ 20 ปี และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 0.73 ปี จากอายุเฉลี่ยของเครื่อง คือ 15 ปี ซึ่งมูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อสิ้นสุดโครงการจากการลงทุนติดตั้งทั้ง 2 เทคโนโลยีในธุรกิจโรงแรมมีค่าสูงมาก คือ 5,972,890 และ 8,056,960 สำหรับการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ตามลำดับ และมีอัตราผลตอบแทนภายในของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ คือ 24.5 และสูงถึง 136 เมื่อลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

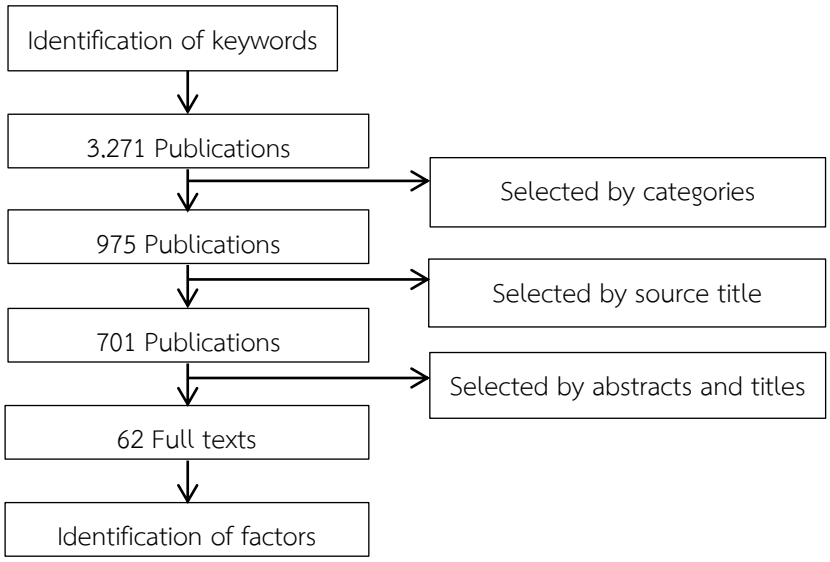
4.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยในธุรกิจโรงแรมโดยใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP

การศึกษาขั้นตอนนี้จะประเมินปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยในธุรกิจโรงแรม ซึ่งจะทำการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 กรณี คือ (1) ธุรกิจโรงแรมที่เลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (2) ธุรกิจโรงแรมที่เลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (3) ธุรกิจโรงแรมที่เลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม โดยการศึกษาทั้ง 3 กรณีจะนำปัจจัยจากการเก็บข้อมูลมาคัดเลือกกลุ่มและให้คะแนนลำดับความสำคัญ และเลือกปัจจัยที่สำคัญออกมากลุ่มละ 3 ปัจจัยเพื่อใช้ในการกรอกแบบสอบถามจากธุรกิจโรงแรมทั่วประเทศต่อการวิเคราะห์ SWOT-AHP ของเทคโนโลยีนั้นๆ

ผลการทดลองจะนำเสนอดังลำดับต่อไปนี้

1) ผลการเก็บข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ
2) ผลการคัดเลือกกลุ่มและให้คะแนนลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย
3) ผลการเก็บข้อมูลการใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย
4) ผลการวิเคราะห์ SWOT-AHP ของแต่ละเทคโนโลยี
5) การวิเคราะห์ TOWS ของแต่ละเทคโนโลยี

การคัดเลือกปัจจัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ภายใต้ฐานข้อมูล Social Sciences Citation Index (SSCI) and Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ของ the Web of Science Core Collection โดยมี keyword คือ (resident* AND water) OR (water AND heat*) OR (Instantaneous AND water AND heat*) เฉพาะเอกสารภาษาอังกฤษ ซึ่งอยู่ในระยะเวลา ค.ศ. 2006 – 2015 (ทำการค้นคว้าเดือนธันวาคม ค.ศ. 2015) ได้ทั้งสิ้น 3,251 บทความ แล้วคัดเลือกบทความที่อยู่ในหมวด Economics, Energy Fuel, Engineering Environmental, Environmental Sciences and Environmental Studies ได้ทั้งสิ้น 975 บทความ แล้วทำการคัดกรองอีกครั้งโดยใช้แหล่งที่มาที่น่าเชื่อถือ ได้ทั้งสิ้น 701 บทความ จากนั้นจะถูกคัดกรองอีกครั้งด้วยชื่อของบทความและบทคัดย่อ ได้ทั้งสิ้น 62 บทความ แล้วนำบทความทั้งหมดที่ถูกเลือกในขั้นตอนนี้ทำการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นต่างๆ ซึ่งจะถูกแยกออกเป็นเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม และเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งผลการคัดเลือกปัจจัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงดังภาพประกอบที่ 4-1



ภาพประกอบที่ 4-1 แผนผังการหาปัจจัยที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การคัดเลือกปัจจัยจากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญเนื่องมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยในต่างประเทศ ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องภูมิประเทศ พฤติกรรมของประชากร อีกทั้งนโยบายการสนับสนุน ข้อกำหนด กฎหมายต่างๆของภาครัฐ เป็นต้น ทำให้บางปัจจัยไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยได้ และในบางปัจจัยที่สำคัญมากในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทย แต่ไม่ได้ถูกกล่าวถึงในงานวิจัยของต่างชาติ ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจาก 3 แหล่งได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนนโยบายและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทย โดยการสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว/สัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมผ่านทางอีเมลล์ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการสัมภาษณ์ทั้งสิ้นมี 10 ผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยโดยการสัมภาษณ์

ที่	รายชื่อ	ตำแหน่ง	ลักษณะความเชี่ยวชาญ		
			การศึกษา	วางแผนนโยบาย	เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อน
1	คุณดิเรก ฮุ่นตระกูล	กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		X	
2	คุณนัฎวดี แป้นน้อย	อาจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	X		
3	คุณอุกฤษฎ์ แก้วรุ่งเรือง	กรรมการผู้จัดการบริษัท แอดวานซ์ เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด			X
4	คุณจันทกานต์ ทวีกุล	อาจารย์ประจำคณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	X		
5	คุณจักรินทร์ เดชสาทิตย์	นักวิชาการด้านพลังงาน, กระทรวงพลังงาน		X	
6	คุณสมใจ สุขพร้อม	ฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า กองการขยายและบริหารสัญญาธุรกิจวิศวกรรมและก่อสร้าง			X

ที่	รายชื่อ	ตำแหน่ง	ลักษณะความเชี่ยวชาญ		
			การศึกษา	วางแผนนโยบาย	เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อน
7	คุณนำจิตร จันทร์หอม	นักวิชาการชำนาญพิเศษสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม		X	
8	คุณวันฉัตร จารุวรรณโน	อาจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	X		
9	คุณฐิติกา แก้วสมวงศ์	อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	X		
10	คุณธีระ จันทร์แจ่มใส	ฝ่ายปฏิบัติการระบบ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย			X

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่านในระหว่างเดือนตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2558 เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นต่างๆในธุรกิจโรงแรม ร่วมกับสถานการณ์ทั่วไป ปัญหาและข้อเสนอแนะเที่ยวกับการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นต่างๆในธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย

ผลการรวบรวมปัจจัยที่ส่งผลต่อการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นต่างๆ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ทั้งสิ้น 32 ปัจจัย

โดยนำไปวิเคราะห์ปัจจัยสำหรับ

A เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

B เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

C เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

ผลการคัดเลือกกลุ่มและการให้คะแนนของแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 4-6, 4-8 และ 4-10 จากนั้นนำผลคะแนนรวมเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่เหมาะสมในการคำนวณต่อไป โดยผลการคัดเลือกปัจจัยที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 4-7, 4-9 และ 4-11

ตารางที่ 4-6 แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)

ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
1. การประหยัดพลังงาน		X				X				25	100
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก		X				X				27	108
3. นโยบายสนับสนุนจากรัฐ				X		X				18	72
4. เงินสนับสนุน				X	X					20	100
5. ศักยภาพของเทคโนโลยี	X						X			5	15
6. เงินลงทุน	X					X				16	64
7. ค่าบำรุงรักษา	X						X			6	18
8. ค่าไฟฟ้า		X			X					18	90
9. ระยะเวลาคืนทุน										0	**0**
10. การตลาดภายในประเทศ			X			X				19	76
11. การประหยัดน้ำ										0	0
12. แรงงาน/คนงาน										0	0
13. การใช้พื้นที่ติดตั้ง	X				X					8	40
14. ราคาพลังงาน		X						X		4	8

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
15. ความนิยม			X			X				33	132
16. ระบบติดตั้งเพิ่มเติม										0	0
17. ยี่ห้อ			X				X			8	24
18. ภาวะโลกร้อน		X				X				18	72
19. ระบบความปลอดภัย		X			X					10	50
20. ระบบผลิตน้ำร้อน	X						X			6	18
21. อายุการใช้งาน		X						X		3	6
22. พฤติกรรมของประชากร			X		X					5	25
23. ประหยัดเงิน			X				X			2	6
24. โครงการสนับสนุน				X		X				16	64
25. สุขภาพ		X					X			5	20
26. รายได้			X				X			3	9
27. การติดตั้งเทคโนโลยี	X				X					8	40
28. ความซับซ้อนของระบบ	X					X				10	40
29. การกีดกันทางนโยบาย				X		X				8	32

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
30. ผลพลอยได้										0	0
31. มุมมอง/ความรู้ความเข้าใจ			X		X					12	60
32. โครงการ CDM				X		X				5	20

ตารางที่ 4-7 แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)

ลำดับที่	ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (A)			
	S	W	O	T
1	การลงทุนต่ำ	สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง	เป็นที่นิยม	การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น
2	ติดตั้งง่าย	อันตรายจากการใช้	หาซื้อง่าย	ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน
3	ใช้พื้นที่น้อย	การปลดปล่อยคาร์บอน	มีราคา/คุณภาพหลากหลาย	นโยบายของรัฐ

คำจำกัดความของ**จุดแข็ง (Strengths)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

• การลงทุนต่ำ (Low initial cost) การติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจัดว่าเป็นการลงทุนที่ต่ำ ซึ่งในประเทศไทยมีราคาถูกมาก ราคาต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 1,000 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ง่าย

• ติดตั้งง่าย (Easy for installation) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถติดตั้งได้ง่าย ไม่ต้องอาศัยการชำนาญพิเศษใดๆ ผู้ซื้อสามารถประกอบสายฝักบัว ติดตั้งบนผนังห้องน้ำได้ตามคู่มือประกอบการใช้งานที่บรรจุในกล่องสินค้า โดยสิ่งที่สำคัญคือการติดตั้งสายดินซึ่งอาจจะติดตั้งโดยตนเองหรือให้ผู้ที่มีความรู้ทำการต่อสายดินให้

• ใช้พื้นที่น้อย (Little space required) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถติดตั้งได้โดยใช้พื้นที่น้อย โดยการติดไว้บนฝาผนังด้านหนึ่งในห้องน้ำ ด้วยขนาดประมาณ 22 x 40 x 15 เซนติเมตร

คำจำกัดความของ**จุดอ่อน (Weaknesses)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

• สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง (High electricity consumption and bills) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าสูง ประมาณ 3.5 – 4.5 kW ดังนั้นการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจึงถือเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมาก ซึ่งการใช้งานทำให้ต้องจ่ายค่าไฟสูง

• อันตรายจากการใช้งาน (Safety problem) การใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าค่อนข้างอันตรายหากมีการติดตั้งหรือบำรุงรักษาที่ไม่ถูกวิธี ดังกรณีศึกษาเป็นจำนวนมากในประเทศไทย

• การปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2/GHG emission) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งไฟฟ้ามาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยส่วนใหญ่ จัดเป็นการเพิ่มมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของสภาวะโลกร้อน

คำจำกัดความของ**โอกาส (Opportunities)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

• เป็นที่นิยม (Widespread in Thailand) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเป็นที่นิยมกว้างขวางในประเทศไทย ผู้ใช้ทุกระดับสามารถเข้าถึงได้ง่าย ซึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมรักความสะดวกสบายของมนุษย์ ทำให้แสวงหาอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเหล่านี้มาใช้งาน แม้ว่าประเทศไทยอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแต่คนไทยหลายคนต้องการเครื่องทำน้ำร้อนเหล่านี้มาใช้งาน

• หาซื้อง่าย (Variety of buying channels) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถหาซื้อได้ง่ายจากหลายแหล่ง เช่น ร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้า และห้างสรรพสินค้าทั่วไป หรือการสั่งสินค้าจากอินเตอร์เนต ซึ่งเป็นช่องทางที่สะดวกสบาย

• มีราคาและคุณภาพที่หลากหลาย (Variety of price ranges and quality) เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีหลายรุ่น หลากหลายราคา มีทั้งที่ผลิตในประเทศและจากการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยผู้บริโภคสามารถเลือกคุณภาพและราคาได้ตามกำลังซื้อของตน

คำจำกัดความข**องอุปสรรค (Threats)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

• การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น (Financial support for alternative water heating technologies) ปัจจุบันรัฐบาลและภาคเอกชนหลายแห่งสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีทางเลือก ทำให้กระแสการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรงลดลง

• ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน (Increasing of awareness in energy efficiency) ผู้บริโภคบางส่วนเริ่มตระหนักเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงาน เนื่องมาจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้น และจากความรู้ความเข้าใจถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

• นโยบายของรัฐ (Mandatory policy plans for reducing energy consumption) นโยบายของประเทศหลายโครงการมีการสนับสนุนหรือบังคับให้มีการลดการใช้พลังงาน ทำให้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าซึ่งมีกำลังไฟฟ้าสูงถูกใช้งานลดลง

ตารางที่ 4-8 แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์(B)

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)											
ปัจจัย	**กลุ่ม**				**ความสำคัญต่อกลุ่ม**					**จำนวนครั้งที่พบ**	**คะแนน**
	S	**W**	**O**	**T**	**สูงมาก**	**สูง**	**กลาง**	**ต่ำ**	**ต่ำมาก**		
1. การประหยัดพลังงาน	X				X					24	120
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	X				X					28	140
3. นโยบายสนับสนุนจากรัฐ			X		X					15	75
4. เงินสนับสนุน			X		X					20	100
5. ศักยภาพของเทคโนโลยี	X				X					12	60
6. เงินลงทุน		X			X					35	175
7. ค่าบำรุงรักษา	X					X				22	110
8. ค่าไฟฟ้า	X				X					30	150
9. ระยะเวลาคืนทุน	X					X				20	100
10. การตลาดภายในประเทศ				X		X				7	28
11. การประหยัดน้ำ	X						X			1	5
12. แรงงาน/คนงาน				X	X					16	80
13. การใช้พื้นที่ติดตั้ง										0	0
14. ราคาพลังงาน			X				X			2	6

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
15. ความนิยม				X		X				20	80
16. ระบบติดตั้งเพิ่มเติม		X			X					21	105
17. ยี่ห้อ				X				X		10	20
18. ภาวะโลกร้อน	X				X					10	50
19. ระบบความปลอดภัย	X					X				12	48
20. ระบบผลิตน้ำร้อน	X						X			15	45
21. อายุการใช้งาน	X					X				23	92
22. พฤติกรรมของประชากร				X			X			3	9
23. ประหยัดเงิน	X					X				15	60
24. โครงการสนับสนุน	X					X				12	48
25. สุขภาพ	X					X				7	28
26. รายได้				X				X		5	10
27. การติดตั้งเทคโนโลยี		X			X					15	75
28. ความซับซ้อนของระบบ		X				X				14	56
29. การกีดกันทางนโยบาย										0	0

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
30. ผลพลอยได้										0	0
31. มุมมอง/ความรู้ความเข้าใจ				X	X					25	125
32. โครงการ CDM			X		X					10	50

ตารางที่ 4-9 แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)

ลำดับที่	ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (B)			
	S	W	O	T
1	ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	ราคาสูง	การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	ช่างชำนาญการน้อย
2	ลดการปล่อยคาร์บอน	การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร	บรรลุเป้าหมายนโยบาย	ไม่เป็นที่นิยม
3	คืนทุนเร็ว	ต้องมีระบบสำรอง	ได้รับเงินจากโครงการ CDM	ผู้บริโภคไม่มีความรู้

คำจำกัดความของ**จุดแข็ง (Strengths)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

- ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (Energy consumption and bills saving) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีกำลังไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากใช้ใช้พลังงานจากธรรมชาติ (แสงอาทิตย์) ถือเป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ทำให้สามารถลดค่าไฟได้ในปริมาณมาก
- พลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิส ทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ซึ่งถือเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน
- คืนทุนเร็ว (Short payback period) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีจุดคุ้มทุนสั้น สามารถคืนทุนได้ในเวลาไม่กี่ปี

คำจำกัดความของ**จุดอ่อน (Weaknesses)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

- ลงทุนสูง (High initial cost) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีราคาสูง โดยเฉพาะสำหรับธุรกิจโรงแรมซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน จึงถือเป็นการลงทุนสูงมาก
- การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร (Installation depend on building characteristic) การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องคำนึงต้องอายุของอาคาร ลักษณะของหลังคาที่จะติดตั้ง รวมทั้งต้องใช้พื้นที่กว้างสำหรับการติดตั้ง
- ต้องมีระบบสำรอง (Need back-up heating system) การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีระบบ back-up เพราะข้อจำกัดของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตน้ำร้อนได้ในเวลากลางคืน อีกทั้งในบางช่วงเวลาที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ

คำจำกัดความของ**โอกาส (Opportunities)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

• การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ (Financial support by government) ปัจจุบันรัฐบาลสนับสนุนโครงการและอุปกรณ์ต่างๆที่ลดการใช้พลังงาน ดังนั้นการหันมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนจากรัฐบาลได้บางส่วนในรูปแบบต่างๆ

• บรรลุเป้าหมายนโยบาย (Contribute to policy targets) การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นการลดพลังงานซึ่งถือเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการลดใช้พลังงาน

• ได้รับเงินจากโครงการ CDM (Benefit from CDM) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเข้าร่วมโครงการขายคาร์บอนดิต ดังนั้นเจ้าของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่สามารถเข้าร่วมโครงการนี้ได้

คำจำกัดความของ**อุปสรรค (Threats)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

• ช่างชำนาญการน้อย (Lack of knowledge about technology among installers) ความรู้ความสามารถของช่างชำนาญการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีน้อย

• ไม่เป็นที่นิยม (Not widespread in Thailand) เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เป็นที่นิยมสำหรับคนไทย

• ผู้บริโภคไม่มีความรู้ (No user awareness about technology) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4-10 แสดงการคัดเลือกกลุ่มของแต่ละปัจจัยและการให้คะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยนั้นๆ สำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)

ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
1. การประหยัดพลังงาน	X				X					24	120
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	X				X					28	140
3. นโยบายสนับสนุนจากรัฐ			X		X					15	75
4. เงินสนับสนุน			X		X					20	100
5. ศักยภาพของเทคโนโลยี	X				X					5	25
6. เงินลงทุน		X			X					31	155
7. ค่าบำรุงรักษา	X					X				18	72
8. ค่าไฟฟ้า	X				X					26	130
9. ระยะเวลาคืนทุน	X					X				18	90
10. การตลาดภายในประเทศ				X		X				5	20
11. การประหยัดน้ำ	X						X			1	5
12. แรงงาน/คนงาน				X	X					16	80
13. การใช้พื้นที่ติดตั้ง										0	0
14. ราคาพลังงาน			X				X			2	6

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
15. ความนิยม				X		X				16	64
16. ระบบติดตั้งเพิ่มเติม		X			X					16	80
17. ยี่ห้อ				X				X		6	12
18. ภาวะโลกร้อน	X				X					10	50
19. ระบบความปลอดภัย	X					X				12	48
20. ระบบผลิตน้ำร้อน	X						X			8	24
21. อายุการใช้งาน	X					X				19	95
22. พฤติกรรมของประชากร				X			X			3	9
23. ประหยัดเงิน	X					X				14	56
24. โครงการสนับสนุน	X					X				12	48
25. สุขภาพ	X					X				4	16
26. รายได้				X				X		1	2
27. การติดตั้งเทคโนโลยี		X			X					18	90
28. ความซับซ้อนของระบบ		X			X					21	105
29. การกีดกันทางนโยบาย								X		0	0

ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)											
ปัจจัย	กลุ่ม				ความสำคัญต่อกลุ่ม					จำนวนครั้งที่พบ	คะแนน
	S	W	O	T	สูงมาก	สูง	กลาง	ต่ำ	ต่ำมาก		
30. ผลพลอยได้	X				X					20	100
31. มุมมอง/ความรู้ความเข้าใจ				X	X					21	105
32. โครงการ CDM			X		X					9	45

ตารางที่ 4-11 แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ถูกคัดเลือกสำหรับการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)

ลำดับที่	ตารางแสดงความสำคัญของปัจจัยต่างๆต่อเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (C)			
	S	W	O	T
1	ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	ราคาสูง	การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	ช่างชำนาญการน้อย
2	ลดการปล่อยคาร์บอน	ต้องใช้สารทำความเย็น	บรรลุเป้าหมายนโยบาย	ไม่เป็นที่นิยม
3	ผลพลอยได้คือความเย็น	การติดตั้งซับซ้อน	ได้รับเงินจากโครงการ CDM	ผู้บริโภคไม่มีความรู้

คำจำกัดความของ**จุดแข็ง (Strengths)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

- ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (Energy consumption and bills saving) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีกำลังไฟฟ้าต่ำ สามารถผลิตน้ำร้อนโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากหลายแหล่ง เช่น น้ำ อากาศ หรือพื้นดิน โดยไม่ใช้ไฟฟ้า ทำให้ถือเป็นอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานชนิดหนึ่ง สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้
- ลดการปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2/GHG emission reduction) เนื่องจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งถือเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน
- ผลพลอยได้คือความเย็น (Cool air as by-product) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีการปลดปล่อยความเย็นควบคู่กับการผลิตความร้อน ดังนั้น ความเย็นที่ได้ถือเป็นผลพลอยได้จากการใช้งาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

คำจำกัดความของ**จุดอ่อน (Weaknesses)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

- ลงทุนสูง (High initial cost) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีราคาสูง โดยเฉพาะสำหรับธุรกิจโรงแรมซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน จึงถือเป็นการลงทุนสูงมาก
- ต้องใช้สารทำความเย็น (Refrigerant needed) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำเป็นต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ซึ่งสารทำความเย็นบางชนิดสามารถทำลายชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้
- การติดตั้งซับซ้อน (Complicated installation) การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำเป็นต้องออกแบบระบบท่อส่งน้ำอีกทั้งการออกแบบการจัดวางในพื้นที่ รวมถึงอุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ ชุดควบคุมและวัดความดัน เป็นต้น

คำจำกัดความของ**โอกาส (Opportunities)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

- การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ (Financial support by government) ปัจจุบันรัฐบาลสนับสนุนโครงการและอุปกรณ์ต่างๆที่ลดการใช้พลังงาน ดังนั้นการหันมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มสามารถได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนจากรัฐบาลได้บางส่วนในรูปแบบต่างๆ
- บรรลุเป้าหมายนโยบาย (Contribute to policy targets) การใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ถือเป็นการลดพลังงานซึ่งถือเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการลดใช้พลังงาน
- ได้รับเงินจากโครงการ CDM (Benefit from CDM) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มสามารถเข้าร่วมโครงการขายคาร์บอนดิต ดังนั้นเจ้าของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่สามารถเข้าร่วมโครงการนี้ได้

คำจำกัดความของ**อุปสรรค (Threats)** ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

- ช่างชำนาญการน้อย (Lack of knowledge about technology among installers) ความรู้ความสามารถของช่างชำนาญการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในประเทศไทยมีน้อย
- ไม่เป็นที่นิยม (Not widespread in Thailand) เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มไม่เป็นที่นิยมสำหรับคนไทย
- ผู้บริโภคไม่มีความรู้ (No user awareness about technology) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

จากการเก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามเพื่อหาน้ำหนักและความสำคัญของปัจจัยต่างๆ โดยการเก็บข้อมูลการใช้เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย ได้เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งสิ้น 55 โรงแรม ซึ่งแบ่งออกเป็นเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจำนวน 25 โรงแรม เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 15 โรงแรม และเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำนวน 15 โรงแรม ซึ่งผู้ให้การสัมภาษณ์จะต้องมีตำแหน่ง คือ ผู้จัดการโรงแรม/หัวหน้าช่าง/เจ้าของโรงแรม ในการกำหนดน้ำหนักคะแนนของปัจจัยเปรียบเทียบกันเป็นคู่ๆ (pairwise comparison matrix) โดยคะแนนที่ให้อยู่ในช่วง 1 – 9 (Saaty, 2008) แล้วทำการวิเคราะห์ดังวิธีการทดลองที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้านี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล SWOT-AHP จากงานวิจัยส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นได้แก่

หัวข้อที่ 1 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

หัวข้อที่ 2 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

หัวข้อที่ 3 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

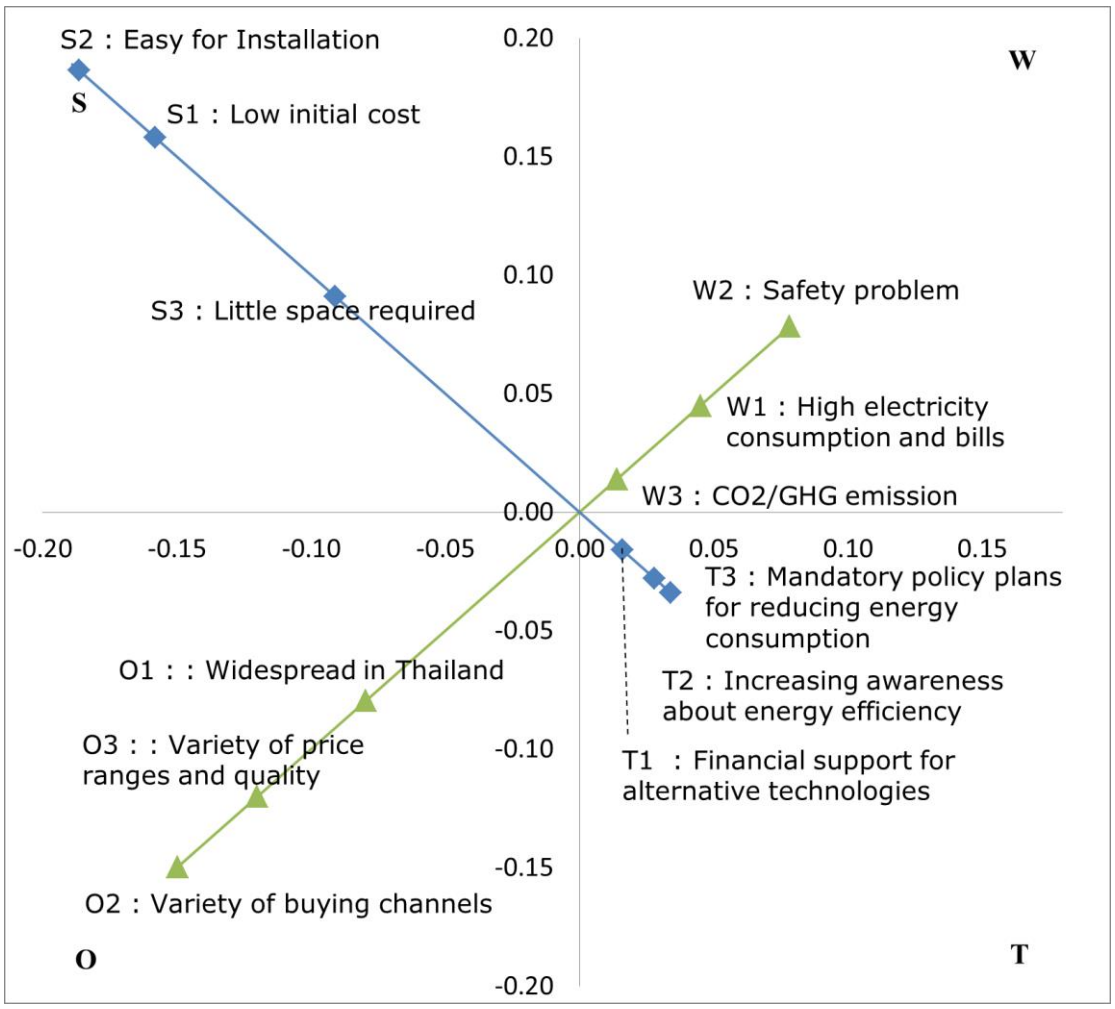
หัวข้อที่ 1 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

จากการสำรวจธุรกิจโรงแรมจำนวน 25 โรงแรม ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้จำนวน 11 โรงแรม โดยแบ่งออกเป็นปัจจัยหลักคือ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย ซึ่งพบว่ากลุ่มธุรกิจโรงแรมเล็งเห็นว่าเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีจุดแข็งสูงสุด โดยมีน้ำหนักคะแนนคือ 0.44 รองลงมาคือโอกาสจากปัจจัยภายนอกที่ส่งเสริมเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรม ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนคือ 0.35 ทำให้เป็นที่แน่ชัดว่าเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในธุรกิจโรงแรมถือเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางทั้งปัจจัยจากภายในและโอกาสจากตลาดภายนอก โดยจุดแข็งมีปัจจัยที่สำคัญสูงสุดคือ การติดตั้งง่าย (จุดแข็ง) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.43 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.187 ในขณะที่ปัจจัยรองลงมาคือ การลงทุนต่ำ (จุดแข็ง) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.36 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.158 ซึ่งปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่ตามมาได้แก่ หาซื้อง่าย (โอกาส) เนื่องมาจากประเทศไทยมีช่องทางการซื้อเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าได้หลากหลายทั้งห้างสรรพสินค้า หรือซื้อผ่านทางอินเตอร์เนต และปัจจัยอันตรายจากการใช้ (จุดอ่อน) เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่กลุ่มธุรกิจโรงแรมเล็งเห็นในการใช้เทคโนโลยีนี้ เพราะมีอันตรายของกลุ่มผู้ใช้จำนวนไม่น้อยที่ได้จากการใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า อย่างไรก็ตามปัจจัยการปลดปล่อยคาร์บอนของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า (จุดอ่อน) ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญน้อยสุดต่อการติดตั้งของธุรกิจโรงแรม ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.10 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.014 โดยเป็นผลมาจากการไม่ตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อม

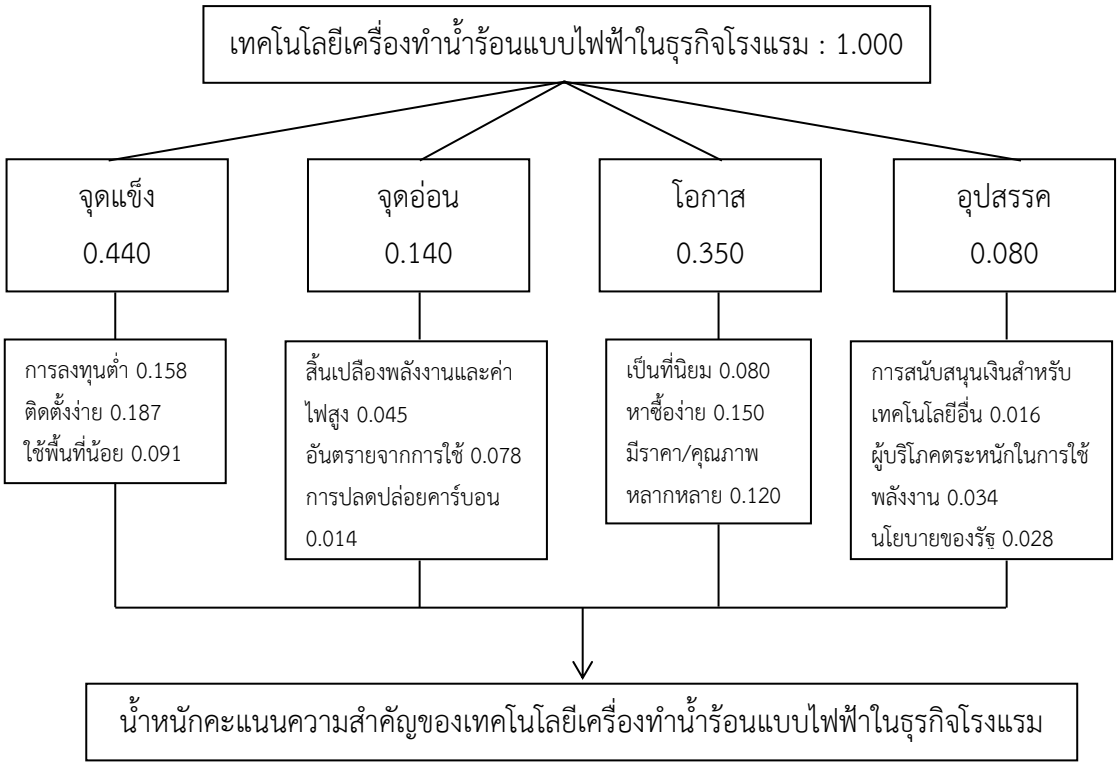
โดยน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 4-12 และกราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHP ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-2

ตารางที่ 4-12 แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

ปัจจัยต่างๆ	ปัจจัยภายใน		ปัจจัยภายนอก	
จุดแข็ง [0.44]				
S_1 : การลงทุนต่ำ	0.36	(2.)	0.158	(2.)
S_2 : ติดตั้งง่าย**	0.43	(1.)	0.187	(1.)
S_3 : ใช้พื้นที่น้อย	0.21	(3.)	0.091	(5.)
จุดอ่อน [0.14]				
W_1 : สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง	0.33	(2.)	0.045	(8.)
W_2 : อันตรายจากการใช้*	0.57	(1.)	0.078	(7.)
W_3 : การปลดปล่อยคาร์บอน	0.10	(3.)	0.014	(12.)
โอกาส [0.35]				
O_1 : เป็นที่นิยม	0.23	(3.)	0.080	(6.)
O_2 : หาซื้อง่าย*	0.43	(1.)	0.150	(3.)
O_3 : มีราคา/คุณภาพหลากหลาย	0.34	(2.)	0.120	(4.)
อุปสรรค [0.08]				
T_1 : การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น	0.21	(3.)	0.016	(11.)
T_2 : ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน*	0.44	(1.)	0.034	(9.)
T_3 : นโยบายของรัฐ	0.36	(2.)	0.028	(10.)



ภาพประกอบที่ 4-2 กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า



ภาพประกอบที่ 4-3 สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย

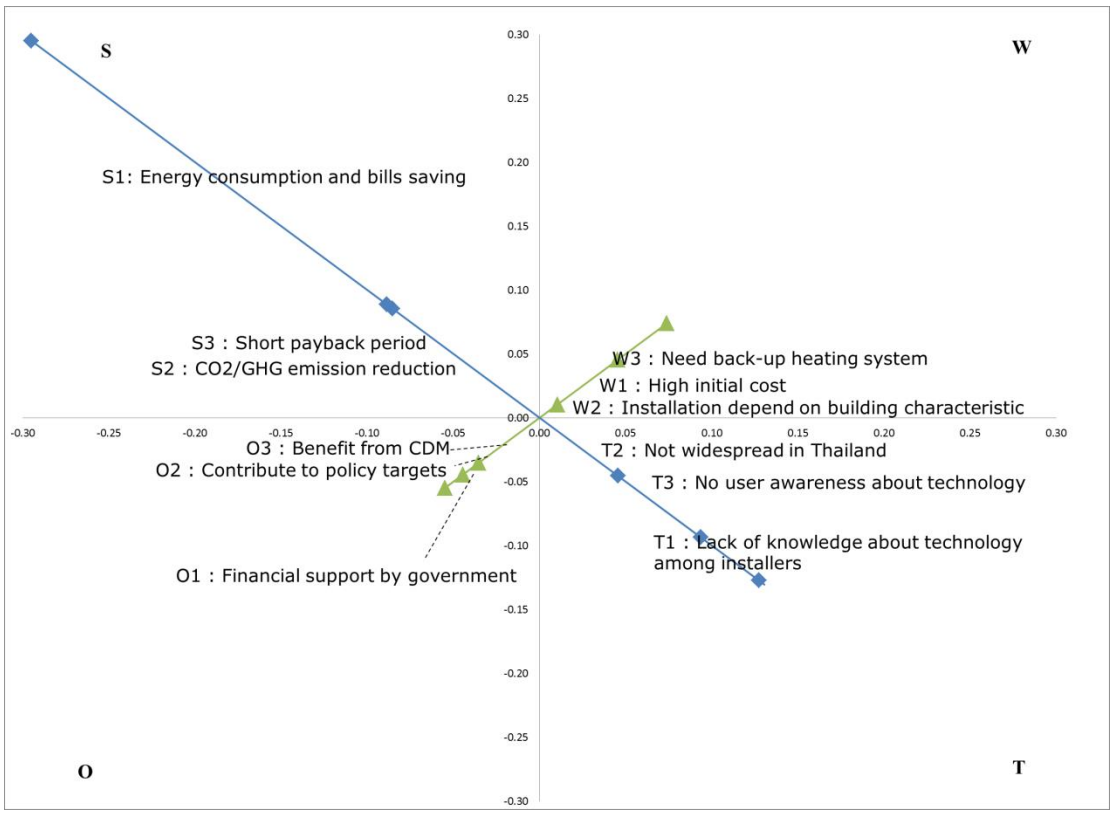
หัวข้อที่ 2 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

จากการสำรวจธุรกิจโรงแรมจำนวน 15 โรงแรม ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้จำนวน 8 โรงแรม โดยแบ่งออกเป็นปัจจัยหลักคือ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย ลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัย พบว่าจุดแข็งของเทคโนโลยีนี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุด ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนคือ 0.47 รองลงมาคือ อุปสรรค น้ำหนักคะแนน 0.27 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย โดยเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อย พบว่า การประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (จุดแข็ง) ถือเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุด ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.63 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.295 เนื่องมาจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ รองลงมาคือ ช่างชำนาญการน้อย (อุปสรรค) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.48 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.127 นอกจากนี้การศึกษาของประชาชนนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ โดยปัจจัยผู้บริโภคไม่มีความรู้ (อุปสรรค) จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญหนึ่งของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ในขณะที่การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร (จุดอ่อน) ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ำสุด โดยมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.08 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.010

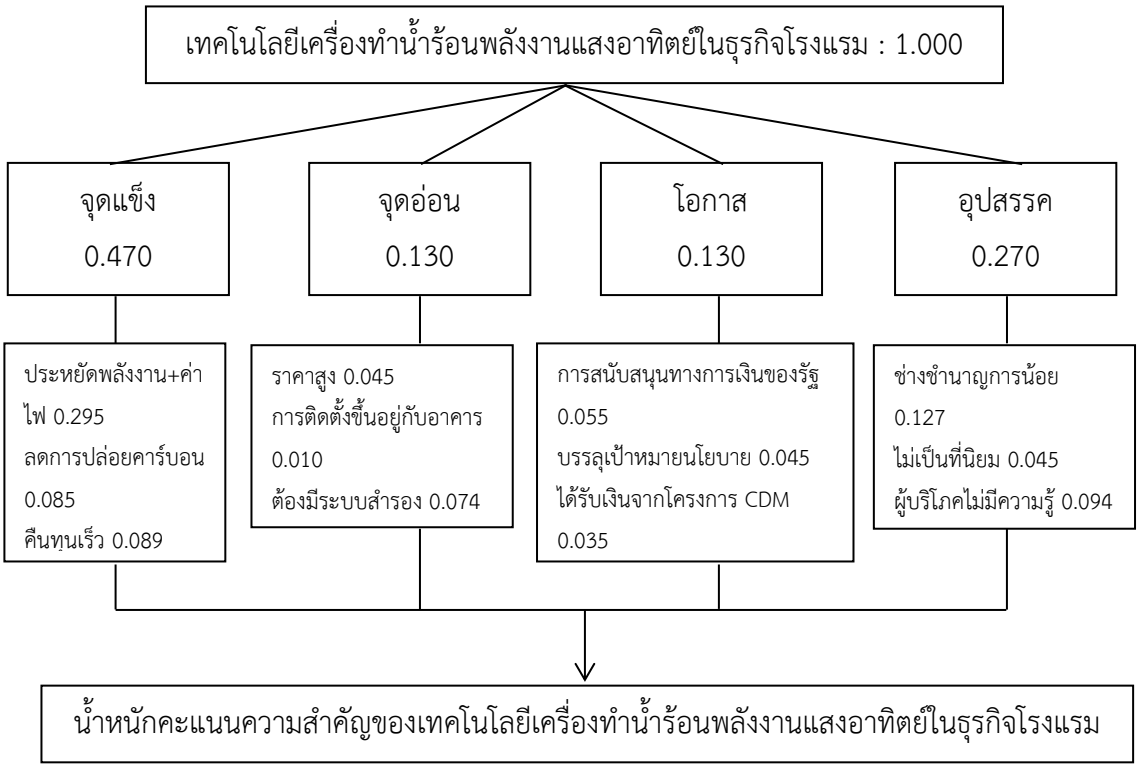
โดยน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 4-13 และกราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHP ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-4

ตารางที่ 4-13 แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจัยต่างๆ	ปัจจัยภายใน		ปัจจัยภายนอก	
จุดแข็ง [0.47]				
S_1 : ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ**	0.63	(1.)	0.295	(1.)
S_2 : ลดการปล่อยคาร์บอน	0.18	(3.)	0.085	(5.)
S_3 : คืนทุนเร็ว	0.19	(2.)	0.089	(4.)
จุดอ่อน [0.13]				
W_1 : ราคาสูง	0.35	(2.)	0.045	(8.)
W_2 : การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร	0.08	(3.)	0.010	(12.)
W_3 : ต้องมีระบบสำรอง*	0.57	(1.)	0.074	(6.)
โอกาส [0.13]				
O_1 : การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ*	0.41	(1.)	0.055	(7.)
O_2 : บรรลุเป้าหมายนโยบาย	0.33	(2.)	0.045	(8.)
O_3 : ได้รับเงินจากโครงการ CDM	0.26	(3.)	0.035	(11.)
อุปสรรค [0.27]				
T_1 : ช่างชำนาญการน้อย*	0.48	(1.)	0.127	(2.)
T_2 : ไม่เป็นที่นิยม	0.17	(3.)	0.045	(8.)
T_3 : ผู้บริโภคไม่มีความรู้	0.35	(2.)	0.094	(3.)



ภาพประกอบที่ 4-4 กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพประกอบที่ 4-5 สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย

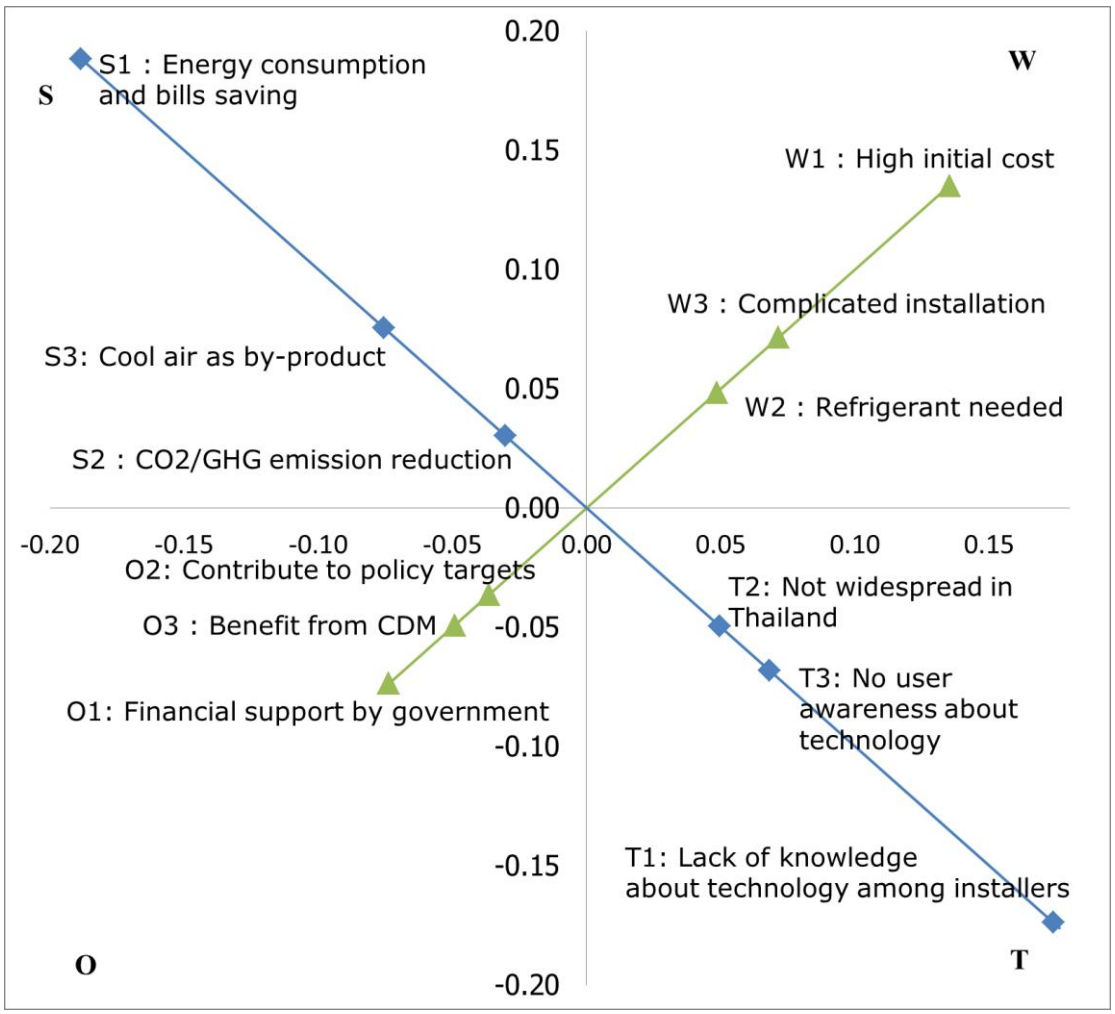
หัวข้อที่ 3 ธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

จากการสำรวจธุรกิจโรงแรมจำนวน 15 โรงแรม ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้จำนวน 9 โรงแรม โดยแบ่งออกเป็นปัจจัยหลักคือ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย ลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัย พบว่าจุดแข็งของเทคโนโลยีนี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุด ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนคือ 0.47 รองลงมาคือ อุปสรรค น้ำหนักคะแนน 0.27 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย โดยเมื่อพิจารณาปัจจัยย่อย พบว่า การประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (จุดแข็ง) ถือเป็นปัจจัยสำคัญสูงสุด ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.63 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.295 เนื่องมาจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ รองลงมาคือ ช่างชำนาญการน้อย (อุปสรรค) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.48 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.127 นอกจากนี้การศึกษาของประชาชนนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ โดยปัจจัยผู้บริโภคไม่มีความรู้ (อุปสรรค) จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญหนึ่งของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ในขณะที่การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร (จุดอ่อน) ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ำสุด โดยมีน้ำหนักคะแนนภายในคือ 0.08 และน้ำหนักคะแนนภายนอกคือ 0.010

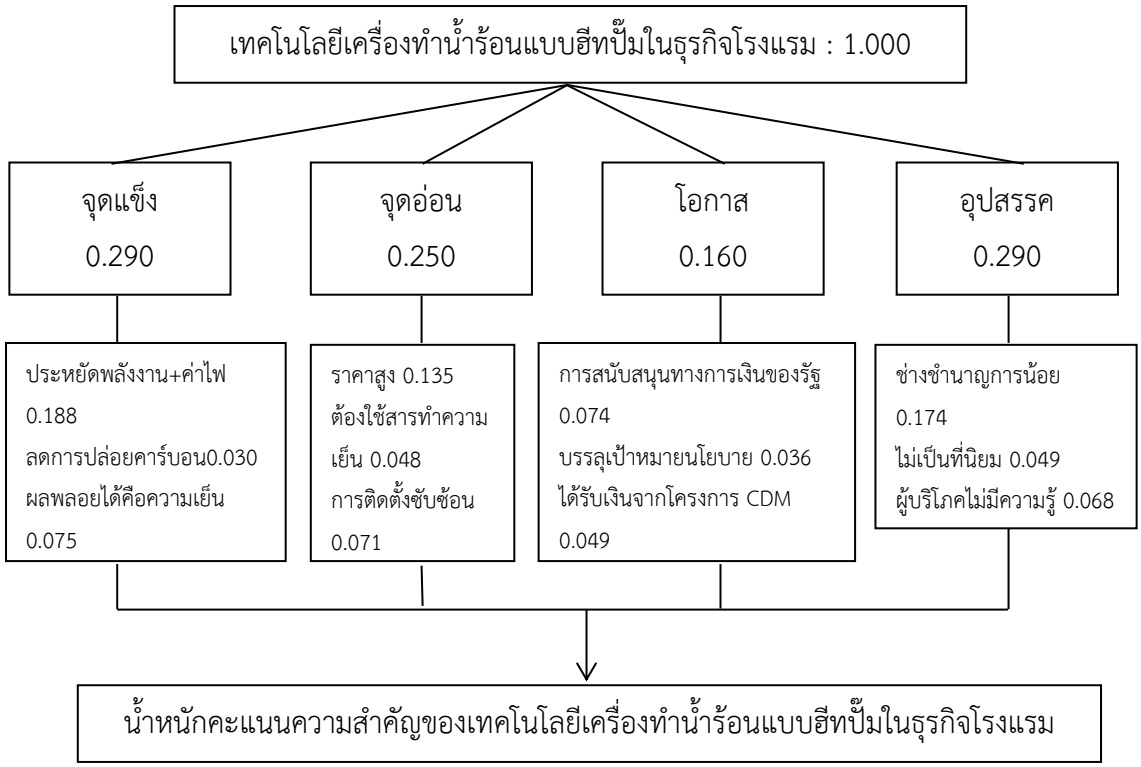
โดยน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยแสดงในตารางที่ 4-14 และกราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHP ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-6

ตารางที่ 4-14 แสดงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

ปัจจัยต่างๆ	ปัจจัยภายใน		ปัจจัยภายนอก	
จุดแข็ง [0.29]				
S_1 : ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ**	0.64	(1.)	0.188	(1.)
S_2 : ลดการปล่อยคาร์บอน	0.10	(3.)	0.030	(12.)
S_3 : ผลพลอยได้คือความเย็น	0.26	(2.)	0.075	(4.)
จุดอ่อน [0.25]				
W_1 : ราคาสูง*	0.53	(1.)	0.135	(3.)
W_2 : ต้องใช้สารทำความเย็น	0.19	(3.)	0.048	(10.)
W_3 : การติดตั้งซับซ้อน	0.28	(2.)	0.071	(6.)
โอกาส [0.16]				
O_1 : การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ*	0.46	(1.)	0.074	(5.)
O_2 : บรรลุเป้าหมายนโยบาย	0.23	(3.)	0.036	(11.)
O_3 : ได้รับเงินจากโครงการ CDM	0.31	(2.)	0.049	(8.)
อุปสรรค [0.29]				
T_1 : ช่างชำนาญการน้อย*	0.60	(1.)	0.174	(2.)
T_2 : ไม่เป็นที่นิยม	0.17	(3.)	0.049	(8.)
T_3 : ผู้บริโภคไม่มีความรู้	0.23	(2.)	0.068	(7.)



ภาพประกอบที่ 4-6 กราฟแสดงการวิเคราะห์ SWOT-AHPสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม



ภาพประกอบที่ 4-7 สรุปน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจากแบบสอบถามในกลุ่มธุรกิจโรงแรมของประเทศไทย

การวิเคราะห์ TOWS Matrix สำหรับธุรกิจโรงแรมที่ใช้เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบต่างๆ แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-15 การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

	จุดแข็ง (S) 1. การลงทุนต่ำ 2. ติดตั้งง่าย 3. ใช้พื้นที่น้อย	จุดอ่อน (W) 1. สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง 2. อันตรายจากการใช้ 3. การปลดปล่อยคาร์บอน
โอกาส (O) 1. เป็นที่นิยม 2. หาซื้อง่าย 3. มีราคา/คุณภาพหลากหลาย	SO : - ประชาสัมพันธ์ให้เข้าถึงผู้บริโภคมากขึ้น	WO : - ปรับปรุงให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง - ให้ความรู้ด้านความปลอดภัย เช่นการติดตั้งสายดิน
อุปสรรค (T) 1. การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น 2. ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน 3. นโยบายของรัฐ	ST : - พัฒนาเชิงนวัตกรรมเพื่อการประหยัดพลังงาน	WT : - ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ตารางที่ 4-16 การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

	จุดแข็ง (S) 1. ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ 2. ลดการปล่อยคาร์บอน 3. คืนทุนเร็ว	จุดอ่อน (W) 1. ราคาสูง 2. การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร 3. ต้องมีระบบสำรอง
โอกาส (O) 1. การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ 2. บรรลุเป้าหมายนโยบาย 3. ได้รับเงินจากโครงการ CDM	SO : - โครงการนำร่อง/ศูนย์สาธิต เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน	WO : - พัฒนาระบบให้มีต้นทุนถูกลง - ร่วมมือกับภาครัฐเพื่อส่งเสริมการใช้งาน
อุปสรรค (T) 1. ช่างชำนาญการน้อย 2. ไม่เป็นที่นิยม 3. ผู้บริโภคไม่มีความรู้	ST : - ประชาสัมพันธ์ถึงเทคโนโลยีการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในการประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	WT : - เพิ่มช่างชำนาญการให้มีมากขึ้น - ใช้เทคโนโลยีอื่นควบคู่

ตารางที่ 4-17 การวิเคราะห์ TOWS สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

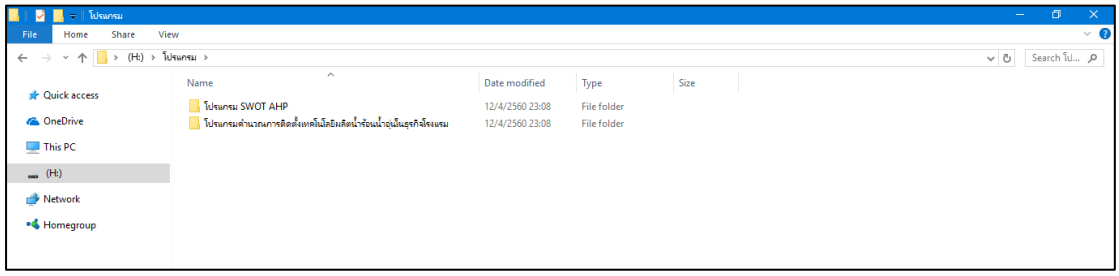
	จุดแข็ง (S) 1. ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ 2. ลดการปล่อยคาร์บอน 3. ผลพลอยได้คือความเย็น	จุดอ่อน (W) 1. ราคาสูง 2. ต้องใช้สารทำความเย็น 3. การติดตั้งซับซ้อน
โอกาส (O) 1. การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ 2. บรรลุเป้าหมายนโยบาย 3. ได้รับเงินจากโครงการ CDM	SO : - โครงการนำร่อง/ศูนย์สาธิต เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน	WO : - พัฒนาระบบให้มีต้นทุนถูกลง - ร่วมมือกับภาครัฐเพื่อส่งเสริมการใช้งาน
อุปสรรค (T) 1. ช่างชำนาญการน้อย 2. ไม่เป็นที่นิยม 3. ผู้บริโภคไม่มีความรู้	ST : - ประชาสัมพันธ์ถึงเทคโนโลยีการทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในการประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	WT : - เพิ่มช่างชำนาญการให้มีมากขึ้น

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณ SWOT – AHP และสร้างกราฟอย่างง่ายในงานวิจัยนี้ มีการพัฒนาด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 โดยมีขั้นตอนการใช้งานของโปรแกรม ดังนี้

1. การเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

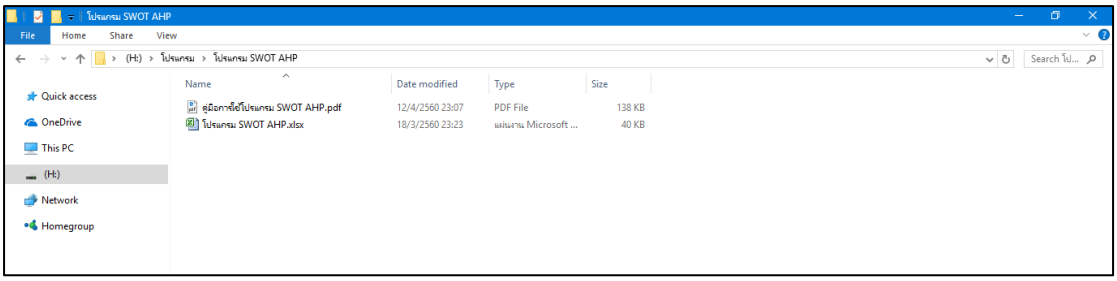
โปรแกรมคำนวณ SWOT – AHP ที่ทำการพัฒนาขึ้นในงานวิจัยได้ถูกบันทึกลงในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive)

- คลิกเลือก Folder โปรแกรม ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย 2 โปรแกรมหลักของงานวิจัย (ภาพประกอบที่ 4-8) คือ โปรแกรม SWOT AHP และโปรแกรมคำนวณการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม



ภาพประกอบที่ 4-8 โปรแกรมภายในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive) ของงานวิจัย

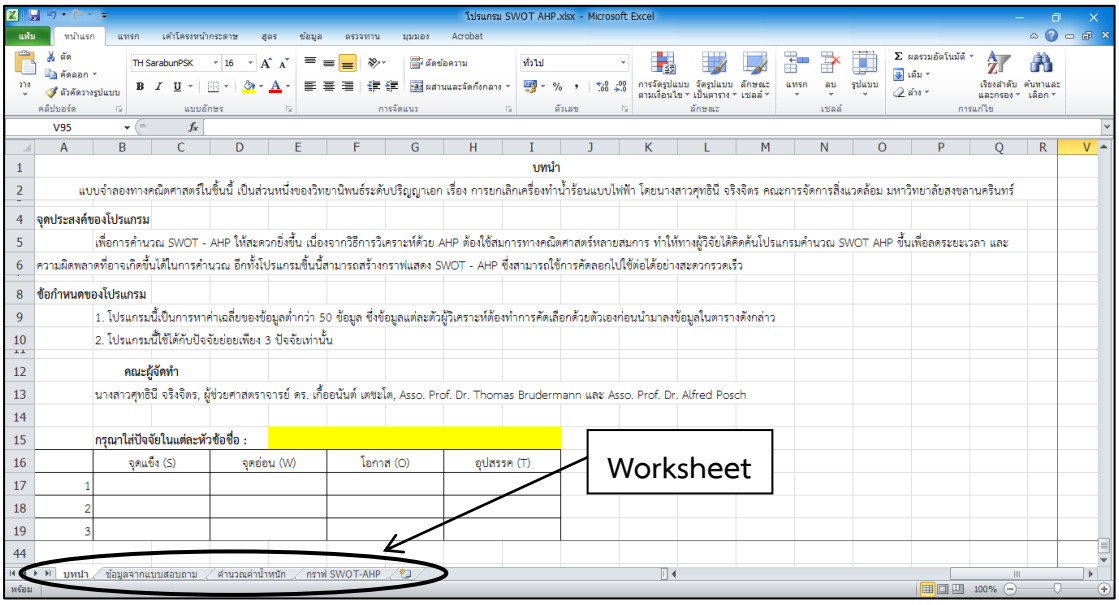
- เมื่อเลือก Folder โปรแกรม SWOT AHP ภายในจะประกอบไปด้วย 2 ไฟล์ (ภาพประกอบที่ 4-9) คือ คู่มือการใช้งานโปรแกรม SWOT AHP (.pdf) และโปรแกรม SWOT AHP (.xlsx)



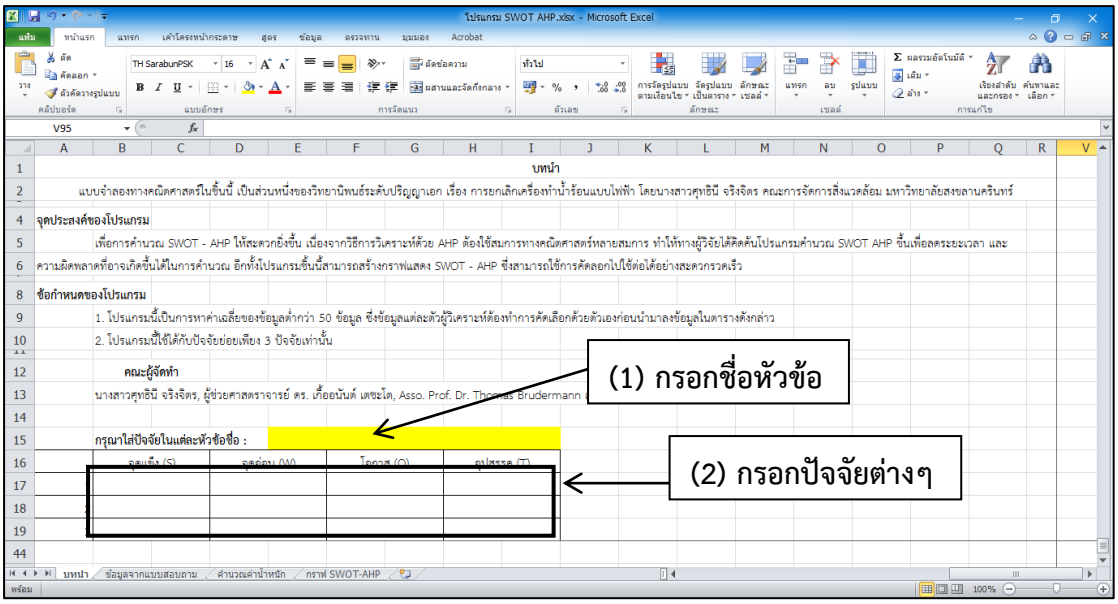
ภาพประกอบที่ 4-9 ไฟล์โปรแกรม SWOT AHP ของงานวิจัย

2. การแสดงข้อมูล (Worksheet) ของโปรแกรม

โปรแกรม SWOT AHP ประกอบด้วย 4 Worksheet ได้แก่ บทนำ ข้อมูลจากแบบสอบถาม คำนวณค่าน้ำหนัก และกราฟ SWOT-AHP ดังภาพประกอบที่ 4-10 ซึ่งใน Worksheet บทนำ ประกอบด้วยจุดประสงค์ของโปรแกรม ข้อกำหนดของโปรแกรม คณะผู้จัดทำ และปัจจัยที่ต้องการศึกษา โดยเริ่มจากใส่ชื่อหัวข้อที่ต้องการศึกษาลงในช่องสีเหลือง (1) แล้วทำการใส่ปัจจัยต่างๆ ลงในตาราง (2) ซึ่งจะประกอบไปด้วยปัจจัยของจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคอย่างละ 3 ปัจจัย ดังแสดงใน ภาพประกอบที่ 4-11



ภาพประกอบที่ 4-10 รายละเอียดของ Worksheet ที่อยู่ในโปรแกรม SWOT AHP (1)



ภาพประกอบที่ 4-11 รายละเอียดของ Worksheet ที่อยู่ในโปรแกรม SWOT AHP (2)

3. การกรอกข้อมูลเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย

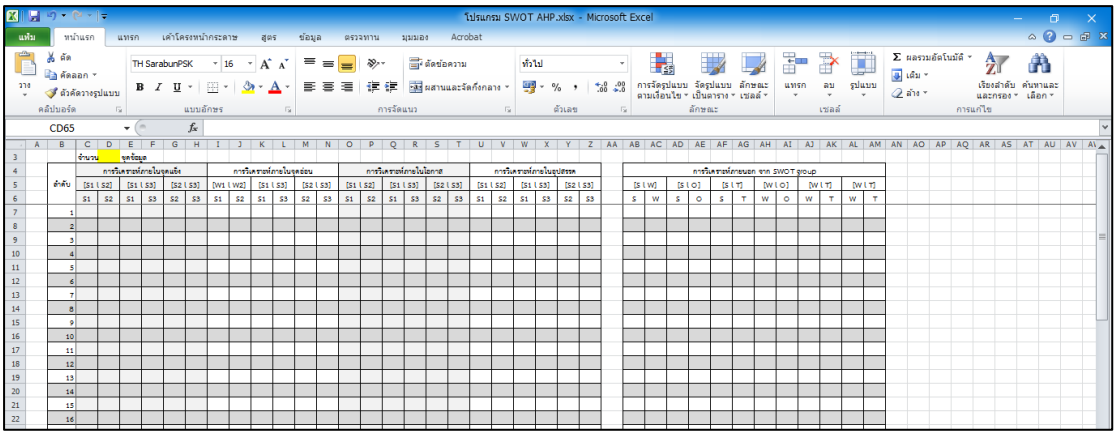
โดยการเลือก Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถามจะปรากฏตารางดังแสดงในภาพประกอบที่ 4- ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมจะต้องใส่จำนวนชุดข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้เก็บข้อมูลมาในช่อง D3 หรือในช่องสีเหลือง จากนั้นจะมีตารางเปรียบเทียบการวิเคราะห์ภายในด้านซ้ายมือ และตารางวิเคราะห์ภายนอก SWOT group ด้านขวามือ

ตารางด้านซ้ายมือจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ภายในจุดแข็ง (S) จุดอ่อน (W) โอกาส (O) และอุปสรรค (T) ซึ่งแต่ละปัจจัยหลักจะมีปัจจัยย่อย 3 ปัจจัยดังที่ได้ใส่รายละเอียดไว้ใน Worksheet บทนำ จากนั้นนำข้อมูลจากแบบสอบถามมากรอกลงในตาราง ตัวอย่างเช่น แถวที่ 7 จะเป็นข้อมูลของผู้กรอกแบบสอบถามลำดับที่ 1 (ภาพประกอบที่ 4-12) ซึ่งผู้กรอกแบบสอบถามมีความคิดเห็นดังนี้

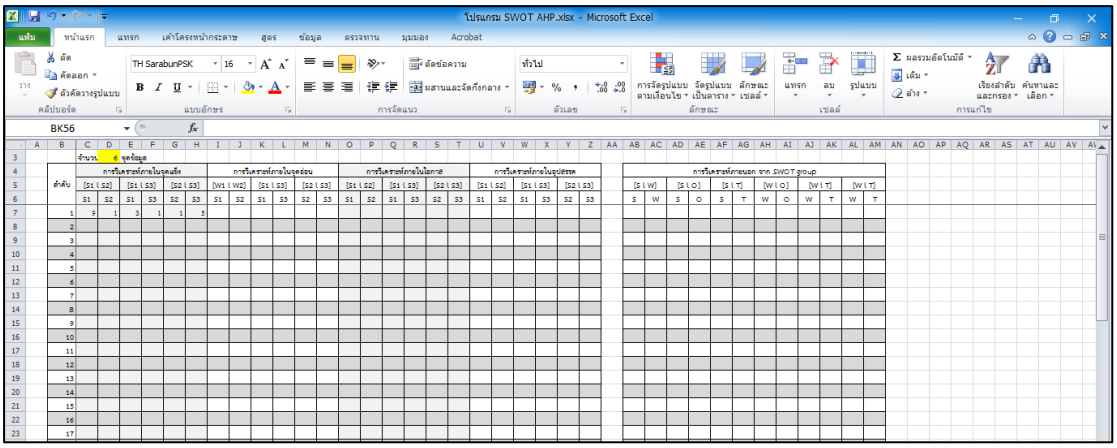
ปัจจัย S1 สำคัญกว่า S2 คิดเป็น 9 เท่า

ปัจจัย S1 สำคัญกว่า S3 คิดเป็น 3 เท่า

ปัจจัย S2 สำคัญกว่า S3 คิดเป็น 1/5 เท่า

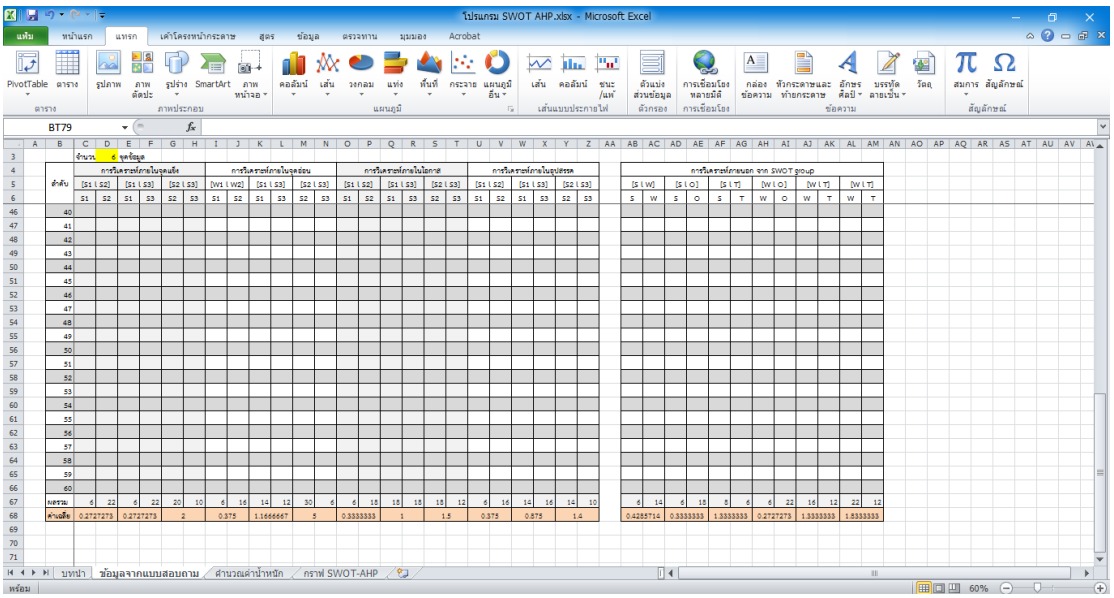


ภาพประกอบที่ 4-12 Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถาม



ภาพประกอบที่ 4-13 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลจากแบบสอบถาม

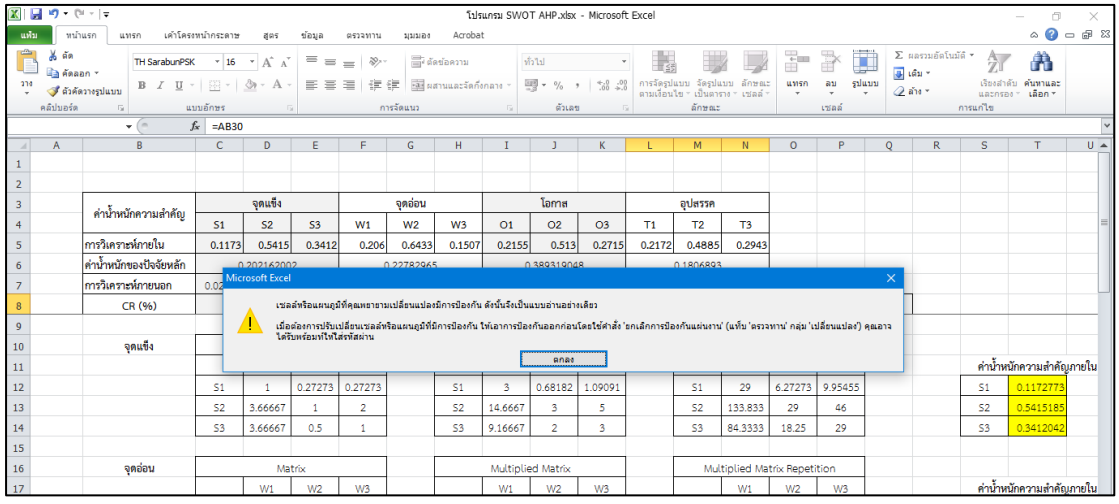
เมื่อกรอกข้อมูลการวิเคราะห์ภายในจุดแข็งแล้ว จะทำการกรอกข้อมูลในปัจจัยอื่นๆ ต่อไป ได้แก่ จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค แล้วทำการกรอกข้อมูลในตารางด้านขวามือ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่ๆ ได้แก่ จุดแข็ง – จุดอ่อน (S/W) จุดแข็ง – โอกาส (S/O) จุดแข็ง – อุปสรรค (S/T) จุดอ่อน – โอกาส (W/O) จุดอ่อน – อุปสรรค (W/T) และ โอกาส – อุปสรรค (O/T) ซึ่งจะกรอกข้อมูลของผู้กรอกแบบสอบถามทุกคนเรียงลงมาเรื่อยๆ จากนั้นผลการคำนวณจะแสดงในแถวที่ 67 (ผลรวมค่าคะแนนทั้งหมด) และแถวที่ 68 (ค่าเฉลี่ยของคะแนน) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-14 ซึ่งในตัวอย่างจะทำการใส่ข้อมูลจาก 6 แบบสอบถาม



ภาพประกอบที่ 4-14 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าน้ำหนักใน Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถาม

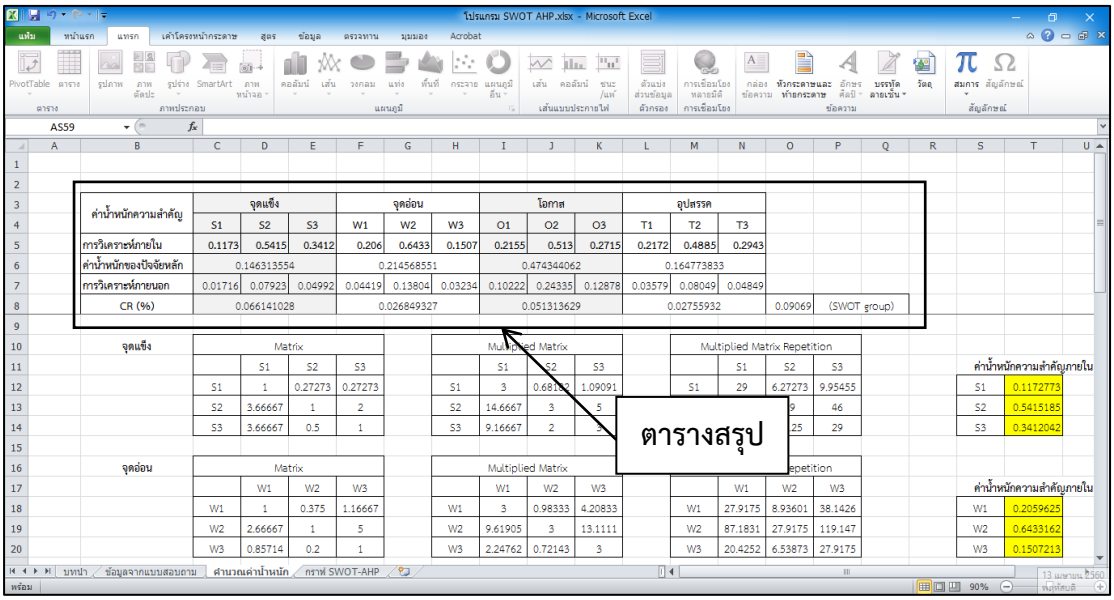
4. การแสดงผลข้อมูลจากการวิเคราะห์ SWOT AHP

ข้อมูลที่ได้ทำการกรอกในตารางใน Worksheet ข้อมูลจากแบบสอบถาม จะถูกนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญใน Worksheet คำนวณค่าน้ำหนัก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตั้งรหัสผ่านเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการแก้ไขสมการคำนวณดังภาพประกอบที่ 4-15



ภาพประกอบที่ 4-15 การตั้งรหัสผ่านเพื่อป้องกันความผิดพลาดของโปรแกรม

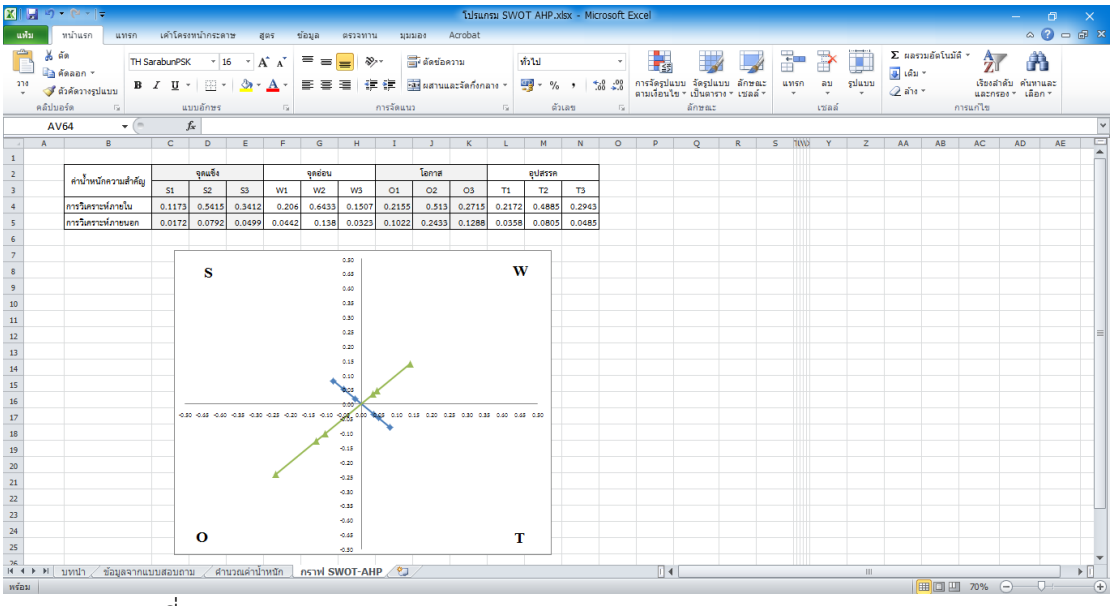
ใน Worksheet คำนวณค่าน้ำหนักจะนำตัวเลขก่อนหน้านี้มาวิเคราะห์ Metrix, Multiplied Metrix และ Multiplied Matrix Repetition เพื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยภายในออกมา และทำการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล (CR) แต่ละปัจจัย ซึ่งข้อมูลที่ดีควรมีค่า CR ต่ำกว่า 10% หรือ 0.1 โดยการคำนวณจะทำการวิเคราะห์ภายในจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค นอกจากนี้จะมีการวิเคราะห์ภายนอก คือ ระหว่าง SWOT group โดยผลสรุปจะแสดงในตารางด้านบนสุดเพื่อง่ายต่อการอ่านข้อมูลและนำไปใช้งาน การคำนวณอย่างละเอียดจะถูกแสดงไว้ในตารางส่วนล่าง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-16



ภาพประกอบที่ 4-16 Worksheet คำนวณค่าน้ำหนัก

5. การแสดงผลเชิงกราฟ

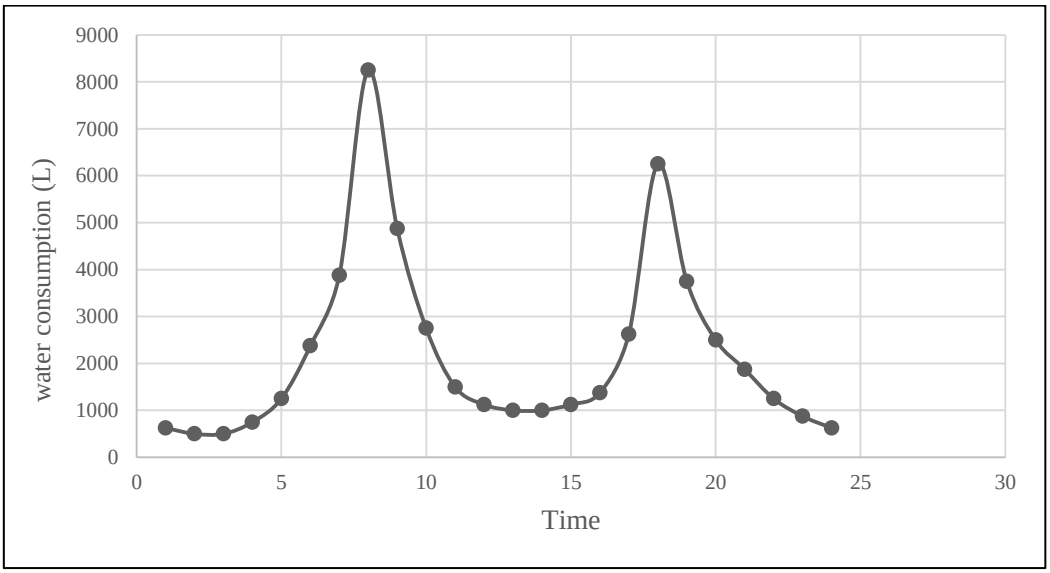
การแสดงผลในรูปแบบกราฟ SWOT-AHP จะอยู่ใน Worksheet กราฟ SWOT-AHP ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-17 ซึ่งข้อมูลการคำนวณจาก Worksheet ก่อนหน้าจะถูกนำมาใส่ในตารางอีกครั้งอย่างอัตโนมัติ และสร้างกราฟ SWOT AHP ออกมา อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของกราฟ คือ แกนที่ตั้งค่าเอาไว้จะมีค่าสูงสุดคือ 0.5 และต่ำสุดคือ -0.5 ทั้งแกน X และแกน y ดังนั้นเพื่อความสวยงามของกราฟ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีการปรับแต่งกราฟด้วยด้วยเอง และใส่ชื่อปัจจัยในแต่ละตำแหน่งด้วยตัวผู้ใช้งานเองเพื่อให้ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ ดังนั้นใน Worksheet นี้จะไม่มีการตั้งรหัสผ่าน เพื่อการแก้ไขที่สะดวกยิ่งขึ้น



ภาพประกอบที่ 4-17 Worksheet กราฟ SWOT-AHP

4.3 ศึกษาผลประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทย

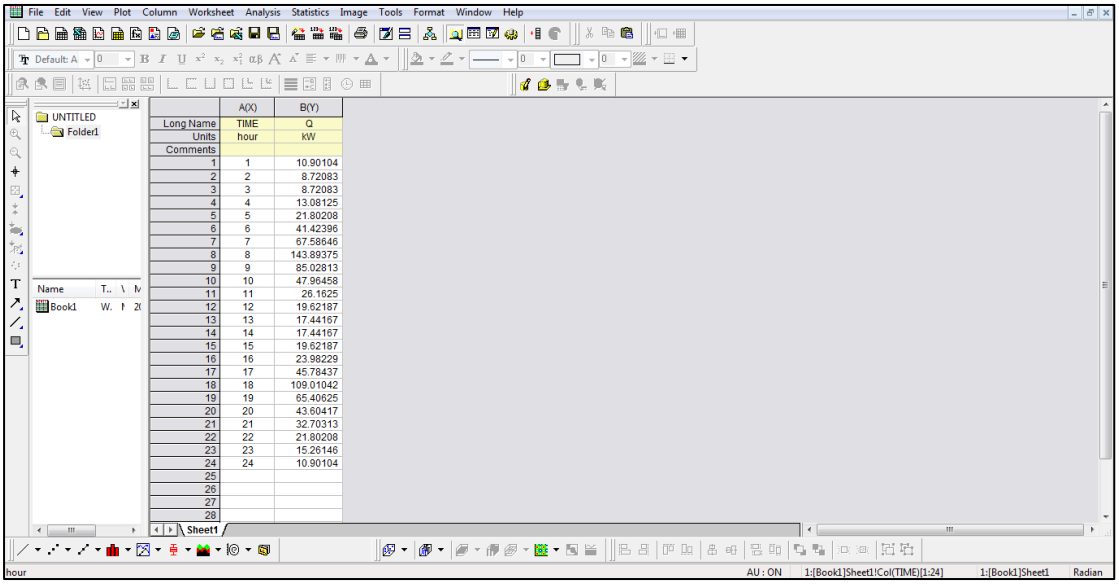
จากกรณีศึกษาโรงแรมที่มีจำนวนห้องพัก 50 ห้อง มีการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคทั้งสิ้นประมาณ 52,625 ลิตรต่อวัน ซึ่งอัตราการใช้น้ำในแต่ละช่วงเวลาแสดงในภาพประกอบที่ 4-18 โดยพบว่าการใช้น้ำของโรงแรมจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน ซึ่งในเวลา 6.00 น. อัตราการใช้น้ำจะสูงอย่างต่อเนื่องและการใช้น้ำสูงสุดในเวลา 8.00 น. ซึ่งมีอัตราการใช้น้ำ 8,250 ลิตรต่อชั่วโมง และมีการใช้น้ำลดลงจนค่อนข้างคงที่ในช่วงบ่าย จนกระทั่งเวลาประมาณ 16.00 น. อัตราการใช้น้ำของโรงแรมจะสูงขึ้นอีกครั้งและมีอัตราการใช้น้ำสูงสุด ณ เวลา 18.00 น. มีอัตราการใช้น้ำ 6,250 ลิตรต่อชั่วโมง



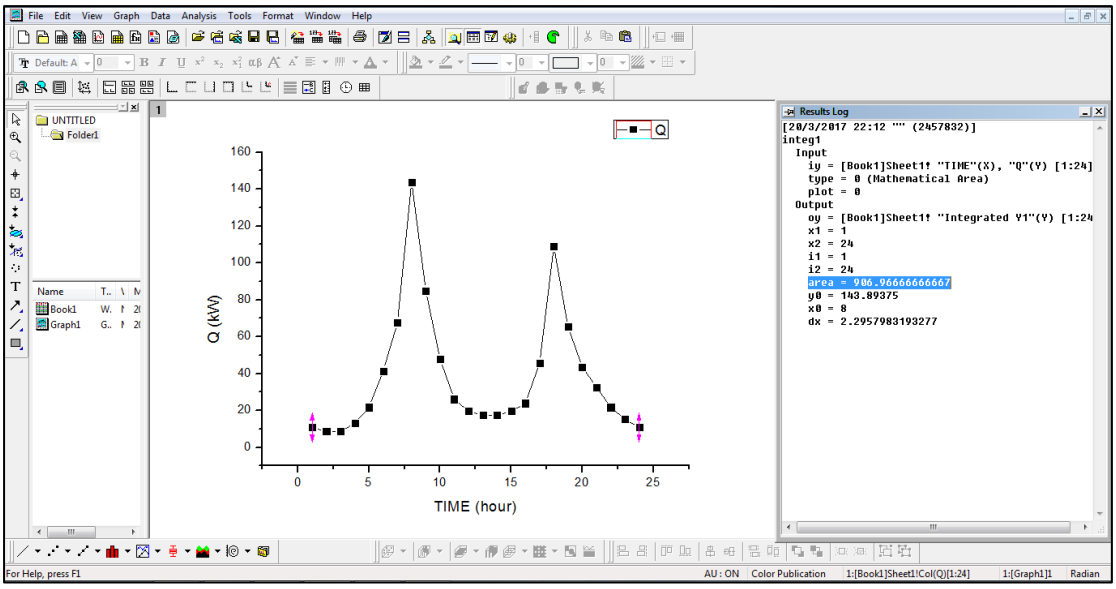
ภาพประกอบที่ 4-18 อัตราการใช้น้ำของโรงแรมในเวลา 24 ชั่วโมง

4.3.1 พลังงานจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

ปริมาณการใช้พลังงานจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในโรงแรมกรณีศึกษา โดยให้ความร้อนน้ำจากอุณหภูมิ 25 °C ให้กลายเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C หาได้จากสมการ 3-6 ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ แล้วนำค่าพลังงานที่ได้จากแต่ละช่วงเวลาใน 1 วันหาปริมาณน้ำที่ใช้จริงโดยการหาพื้นที่ใต้กราฟด้วยโปรแกรม OriginPro 8 ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-19 และภาพประกอบที่ 4-20 จากการคำนวณพบว่า ในช่วงเวลา 1 วัน จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากการทำน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ณ เวลา 8.00 น. เป็นจำนวน 143.89 kWh ซึ่งรวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วัน คือ 906.97 kWh เนื่องด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีค่าประสิทธิภาพ 90% ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วัน คือ 1,007.74 kWh หรือคิดเป็น 30,232.22 kWh ในเวลา 1 เดือน



ภาพประกอบที่ 4-19 การกรอกข้อมูลเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วันด้วยโปรแกรม OriginPro 8



ภาพประกอบที่ 4-20 การหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าในเวลา 1 วันด้วยโปรแกรม OriginPro 8

4.3.2 พลังงานจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องด้วยการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้งานจากการเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้น้ำ 2 ส่วนมาผสมกัน ได้แก่ ท่อน้ำเย็นซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C และท่อน้ำร้อนที่มาจากการผลิตด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิ 60 °C ซึ่งน้ำผสมทั้ง 2 ส่วนเพื่อการใช้งานจะมีอุณหภูมิประมาณ 40 °C โดยปริมาณน้ำจากทั้ง 2 ท่อ ณ เวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 4-14

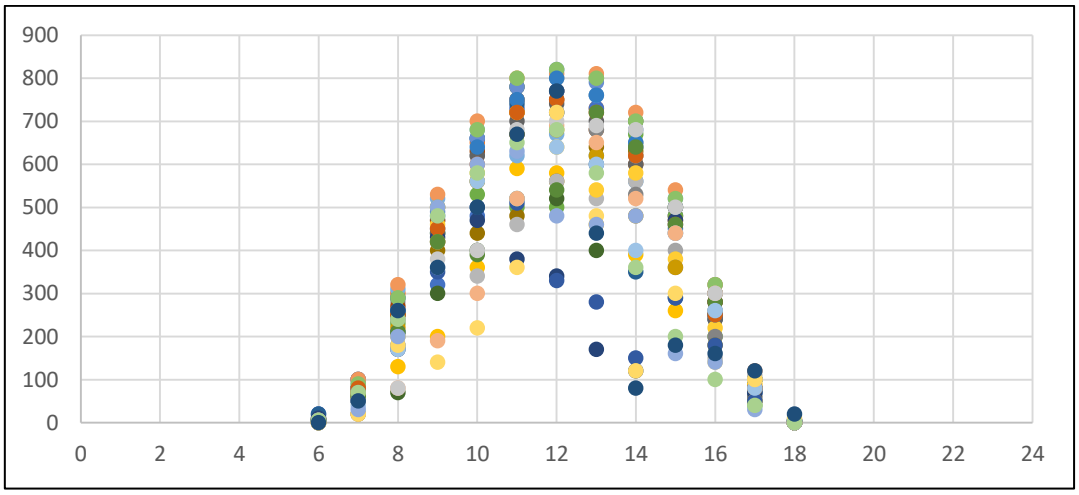
ตารางที่ 4-18 แสดงปริมาณน้ำร้อน – น้ำเย็นที่ผสมกันในช่วงเวลาต่างๆ

เวลา	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	
	ท่อน้ำเย็น	ท่อน้ำร้อน
1.00	357.14	267.86
2.00	285.71	214.29
3.00	285.71	214.29
4.00	428.57	321.43
5.00	714.29	535.71

เวลา	ปริมาณน้ำ (ลิตร)	
	ท่อน้ำเย็น	ท่อน้ำร้อน
6.00	1,357.14	1,017.86
7.00	2,214.29	1,660.71
8.00	4,714.29	3,535.71
9.00	2,785.71	2,089.29
10.00	1,571.43	1,178.57
11.00	857.14	642.86
12.00	642.86	482.14
13.00	571.43	428.57
14.00	571.43	428.57
15.00	642.86	482.14
16.00	785.71	589.29
17.00	1,500.00	1,125.00
18.00	3,571.43	2,678.57
19.00	2,142.86	1,607.14
20.00	1,428.57	1,071.43
21.00	1,071.43	803.57
22.00	714.29	535.71
23.00	500.00	375.00
24.00	357.14	267.86
รวม	30,071.43	22,553.57

จากการคำนวณพบว่า ปริมาณน้ำ 52,625 ลิตรที่จำเป็นต้องใช้ใน 1 วันของโรงแรม เกิดจากการผสมระหว่างน้ำร้อนซึ่งผลิตจากการเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ปริมาณ 22,553.57 ลิตร และน้ำจากท่อน้ำเย็นปริมาณ 30,071.43 ลิตร

จากข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลประจำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 (ดังแสดงในภาคผนวก) ของงานวิจัยศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในพื้นมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา (ณรัล ลือวรศิริกุล และคณะ, 2555) โดยปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะแสดงค่าเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-21



ภาพประกอบที่ 4-21 ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบประจำเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้อิงข้อมูลจากกองพัฒนาพลังงานลมและแสงอาทิตย์ ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ Solar Heater เพื่อทดสอบการใช้งานตามหน่วยงานของ กฟผ. โดยปัจจุบันได้ผลิตเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาตรฐานจำหน่ายให้กับประชาชนผู้สนใจ มีทั้งสิ้น 4 รุ่น ตั้งแต่ขนาดใหญ่ซึ่งมีความจุ 600 ลิตร เหมาะสำหรับโรงแรม โรงพยาบาล และโรงงานอุตสาหกรรม และขนาดเล็กสุดซึ่งมีความจุ 100 ลิตร โดยการเลือกรุ่นที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในแต่ละวัน โดยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทุกรุ่นสามารถติดตั้งได้บนหลังคาและพื้นราบ ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 ซึ่งเป็นรุ่นใหญ่สุด มีความจุ 600 ลิตร มีน้ำหนักต่อเครื่องคือ 970 กิโลกรัม โดยมีพื้นที่ติดตั้ง 5 x 3 ตารางเมตร

การคำนวณหาจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 ที่ใช้ในกรณีศึกษาของโรงแรมในงานวิจัยนี้จะหาค่าพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 โดยใช้ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ (วัตต์ต่อตารางเมตร) คูณกับพื้นที่ของตัวรับแสง จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลาของวัน และปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน

จากผลการคำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 จะสามารถบรรจุน้ำร้อนได้ประมาณวันละ 1,000 – 2,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อคำนวณหาจำนวนของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 ที่จะติดตั้งในโรงแรมกรณีศึกษา ควรจะใช้ทั้งสิ้นจำนวน 15 เครื่อง (น้ำร้อนที่ต้องการใช้ 22,554 ลิตรต่อวัน ÷ น้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ประมาณ 1,564 ลิตรต่อวันต่อเครื่อง = 15 เครื่อง)

เนื่องจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้หลักการ Thermosiphon ดังที่กล่าวมาแล้วก่อนหน้า ซึ่งไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้น เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่ใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำร้อนแต่จะมีเครื่องทำน้ำร้อนสำรอง (heater supplement) ซึ่งจะทำงานในการผลิตน้ำร้อนในกรณีที่ไม่มีแสงแดดเพียงพอ และกรณีน้ำร้อนที่สำรองไว้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เมื่อคำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่จำเป็นต้องผลิตเพิ่มใน 1 ปี คือ 320,117.6 ลิตร ซึ่งคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำร้อนในเวลา 1 ปีเท่ากับ 13,027.9 kWh จากประสิทธิภาพอ้างอิงโดย กฟผ. พบว่าเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 มีประสิทธิภาพ 70% ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนสำรองของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในเวลา 1 เดือนสำหรับโรงแรมกรณีศึกษา คือ 18,611.28 kWh หรือคิดเป็นพลังงานที่ลดลงจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเดิม 94.87%

หมายเหตุ : การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้รวมการติดตั้งระบบปั๊มส่งน้ำ

4.3.3 พลังงานจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

เนื่องจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะใช้หลักการเดียวกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ กล่าวคือผลิตน้ำร้อนอุณหภูมิสูงโดยส่งผ่านท่อน้ำร้อนและเมื่อใช้งานจะมีท่อน้ำเย็นมาผสมเพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดอุณหภูมิน้ำร้อนที่ใช้ในท่อน้ำร้อน คือ 60 °C และท่อน้ำเย็น คืออุณหภูมิ 25 °C ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การใช้งานคือ น้ำร้อนอุณหภูมิ 40 °C การหาปริมาณน้ำร้อนจะใช้ข้อมูลเดียวกันกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หรือจะต้องผลิตน้ำร้อนให้ได้วันละ 22,553.57 ลิตร เพื่อผสมกับน้ำเย็นปริมาณ 30,071.43 ลิตร ให้ได้น้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานปริมาณ 52,625 ลิตร สำหรับโรงแรมกรณีศึกษาเป็นเวลา 1 วัน

การวิเคราะห์เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ของบริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด ในโรงแรมกรณีศึกษานี้จะใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม รุ่น HPAW 13-70 SC ซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มขนาดใหญ่สุดของบริษัท มี C.O.P. = 3.5 โดยกำหนดระยะเวลาเดินเครื่องวันละ 15 ชั่วโมง พบว่า จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากการผลิตน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำนวน 261.87 kWh-day, 7,856.16 kWh-month และ 94,273.93 kWh-year

ตารางที่ 4-19 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในกรณีศึกษาโรงแรมขนาด 50 ห้องพักในประเทศไทย

	เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า	เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม
พลังงานที่ใช้ต่อเดือน (kWh)	3,627,862.67	18,6111.28	94,273.93
พลังงานที่ลดลง (%)		94.87	74.01

4.4 การวิเคราะห์โครงการ

4.4.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวโครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในธุรกิจโรงแรม

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วยเทคนิควิเคราะห์ Sensitivity Analysis พบว่า เมื่อใช้ค่าปัจจุบันได้แก่ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.5 บาทต่อหน่วยและมี Ft คือ -24.77 สตางค์ต่อหน่วย ซึ่งคิดอัตราดอกเบี้ยนโยบาย 1.5% (ข้อมูล ณ พฤษภาคม 2560) โดยมูลค่าการลงทุนสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ คือ 2,975,000 บาท และเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำนวน 1,120,000 บาท โดยใช้ข้อมูลอ้างจากการทดลองที่ 4.3 ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีมูลค่า 14.02 ล้านบาทสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งคำนวณตลอดอายุของโครงการ 20 ปี มีระยะเวลาคืนทุน 2.70 ปี ในขณะที่การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 9.88 ล้านบาท โดยคำนวณอายุของโครงการ 15 ปี และระยะเวลาคืนทุน 1.3 ปี

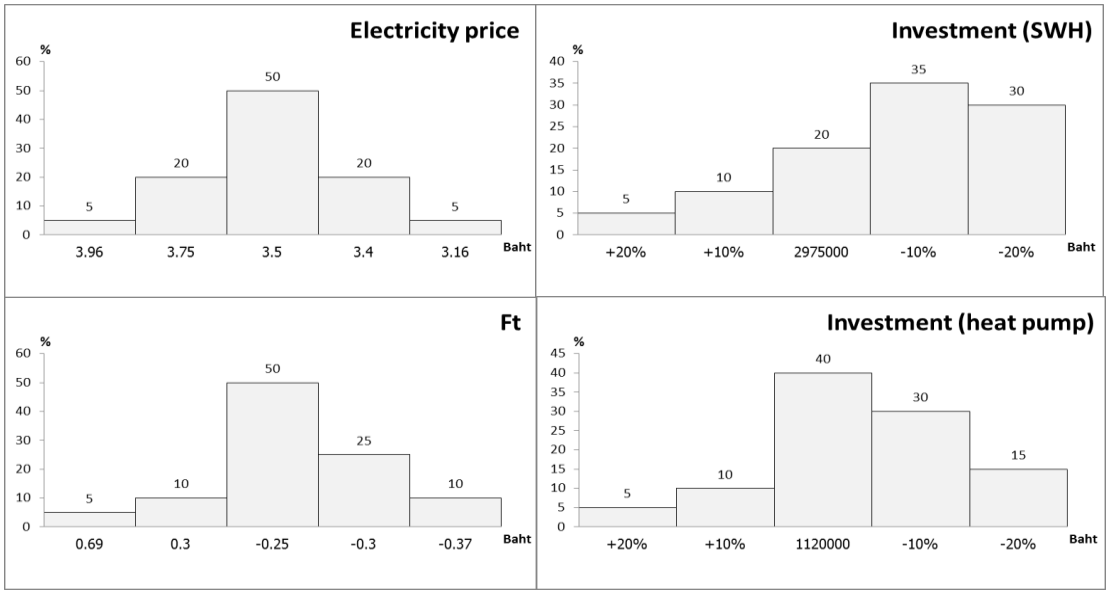
จากการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis (ตารางที่ 4-16) พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าไฟฟ้าจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเปลี่ยนแปลงไปในอัตราที่สูงมาก ซึ่งหากค่าไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มขึ้นเพียง 1% ของทุกปี จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงขึ้น 14.27% เมื่อสิ้นสุดโครงการ ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และ 10.69% ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ในขณะที่ค่า Ft ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้น้อยมาก รวมทั้งมูลค่าการลงทุนซึ่งการลดราคาของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 20% ส่งผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 4.23% และคิดเป็น 3.31% สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

ตารางที่ 4-20 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุน โดยกระบวนการ Sensitivity Analysis

				เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์		ฮีทปั๊ม	
				NPV (ล้านบาท)	%	NPV (ล้านบาท)	%
1	สถานการณ์ปกติ			14.02		9.88	
2	ราคาไฟฟ้า	เพิ่มขึ้นทุกๆปี	1%	16.02	+14.27	10.83	+10.69
3			2%	18.30	+30.50	11.86	+21.31
4			3%	20.88	+48.95	13.00	+32.97
5			5%	27.18	+93.88	15.64	+59.88
6		ลดลงทุกๆปี	1%	12.25	-12.60	9.02	-7.78
7			2%	10.70	-23.70	8.23	-15.81
8			3%	9.32	-33.50	7.52	-23.13
9			5%	7.03	-49.85	6.27	-35.89
10	ค่า Ft	เพิ่มขึ้นทุกๆปี	2%	14.25	+1.66	10.00	+2.21
11			3%	14.35	+2.35	10.05	+2.73
12			5%	14.51	+3.51	10.14	+3.63
13			10%	14.78	+5.45	10.30	+5.29
14		ลดลงทุกๆปี	2%	13.71	-2.18	9.74	-0.41
15			3%	13.53	-3.48	9.66	-1.24
16			5%	13.09	-6.66	9.47	-3.14
17			10%	11.30	-19.43	8.82	-9.83
18	เงินลงทุน	เพิ่มขึ้น	3%	13.93	-0.65	9.85	+0.68
19			5%	13.87	-1.08	9.82	+0.45
20			10%	13.72	-2.14	9.77	-0.12
21			20%	13.42	-4.26	9.66	-1.27
22		ลดลง	3%	14.11	+0.62	9.91	+1.37
23			5%	14.17	+1.04	9.94	+1.60
24			10%	14.32	+2.10	9.99	+2.17
25			20%	14.61	+4.23	10.10	+3.31

4.4.2 **การจำลองเหตุการณ์ด้วยเทคนิค Monte Carlo โครงการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในธุรกิจโรงแรม**

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Monte Carlo เมื่อใช้กรณีตัวอย่าง 5 กรณีจากข้อมูลย้อนหลัง 6 ปี ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละค่าที่ใช้วิเคราะห์แสดงดังภาพประกอบที่ 4-22 จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในการติดตั้งในธุรกิจโรงแรมเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ 14.51 ± 0.19 ล้านบาท และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม คือ 9.37 ± 0.13 ล้านบาท



ภาพประกอบที่ 4-22 อัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา Monte Carlo

การคำนวณหาจำนวนเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 ที่ใช้ในกรณีศึกษาของโรงแรมในงานวิจัยนี้จะหาค่าพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 โดยใช้ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ (วัตต์ต่อตารางเมตร) คูณกับพื้นที่ของตัวรับแสง จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลาของวันและปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ในแต่ละวันเป็นเวลา 1 เดือน

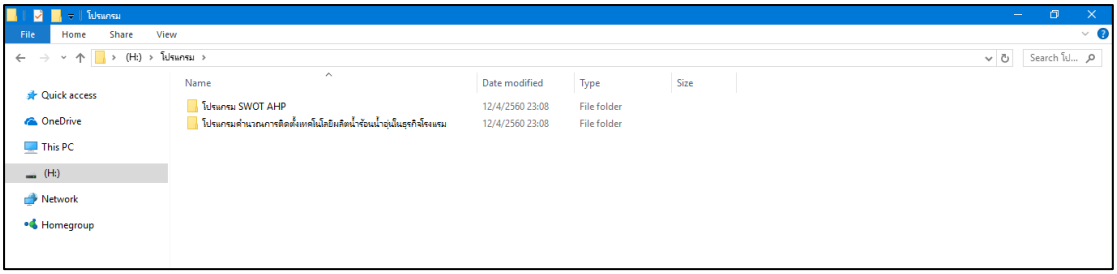
4.5 โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม

โปรแกรมคำนวณเพื่อการตัดสินใจสำหรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรมถูกพัฒนาขึ้นมาภายใต้โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2015 ซึ่งนำก่อนการพัฒนาเป็นโปรแกรมดังกล่าว ได้ทำพัฒนาโปรแกรมนี้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 แต่เนื่องจากข้อจำกัดของโปรแกรม Microsoft Excel 2010 ที่ไม่สามารถกำหนดข้อมูลบางประการได้ จึงทำให้เปลี่ยนมาใช้ โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2015 โดยให้ชื่อของโปรแกรมนี้ คือ AWH Cal ซึ่งใช้ในการคำนวณเพื่อการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มและเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในธุรกิจโรงแรม ซึ่งข้อมูลรุ่นต่างๆ และราคาของเครื่องทำน้ำร้อนที่อ้างอิงนำมาจาก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ บริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด โดยมีขั้นตอนการใช้งานของโปรแกรม ดังนี้

1. การเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

โปรแกรม AWH cal ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นในงานวิจัยได้ถูกบันทึกลงในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive)

- คลิกเลือก Folder โปรแกรม ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย 2 โปรแกรมหลักของงานวิจัย (ภาพประกอบที่ 4-23) คือ โปรแกรม SWOT AHP และโปรแกรมคำนวณการติดตั้งเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในธุรกิจโรงแรม



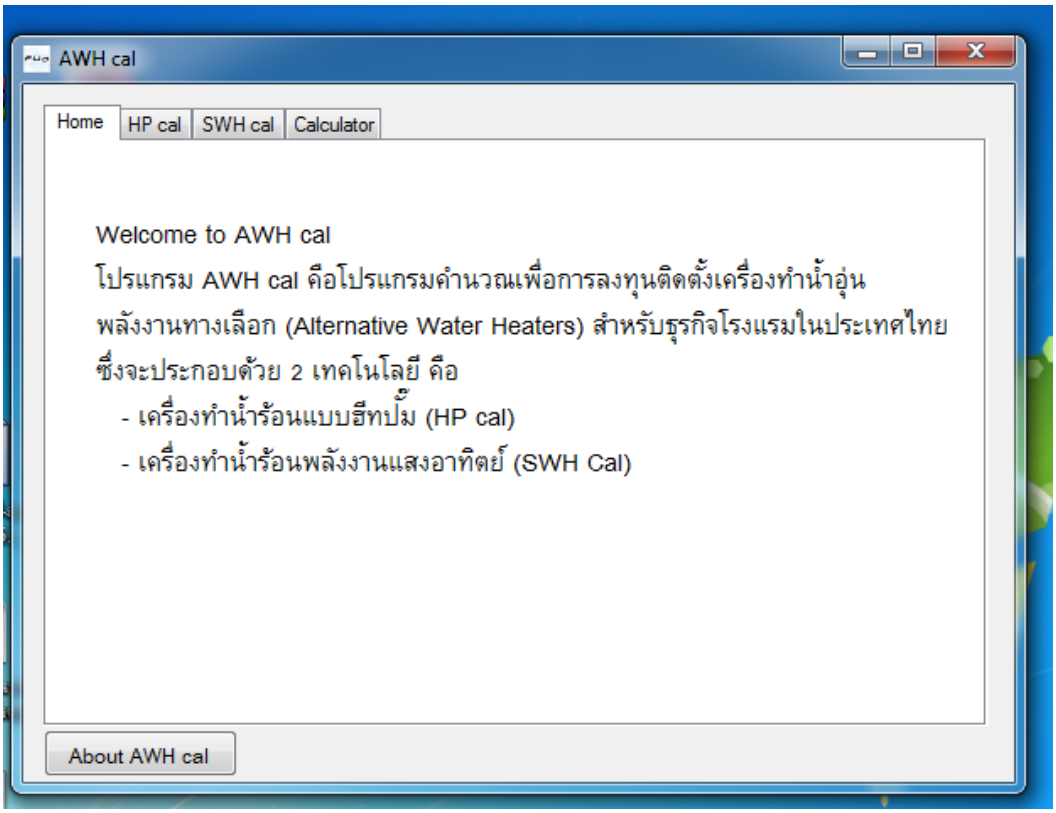
ภาพประกอบที่ 4-23 โปรแกรมภายในยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive) ของงานวิจัย

โปรแกรม AWH cal เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นโดยใช้ Visual Studio 2015 ในการออกแบบและสามารถรองรับระบบปฏิบัติการตั้งแต่ Window 7 (32 bit) ไปจนถึงระบบปฏิบัติการ Window 10 ตัวโปรแกรม AWH cal สามารถเรียกการทำงานได้โดยตรงจากการดับเบิ้ลคลิกที่ตัวโปรแกรม AWH cal.exe

1. การแสดงข้อมูล (Worksheet) ของโปรแกรม

   โปรแกรม AWH Cal ซึ่งประกอบไปด้วย 4 แท็ป และปุ่ม About รายละเอียดดังนี้

   1.1 แท็ป Home ซึ่งเป็นหน้าหลักของโปรแกรม แสดงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโปรแกรมดังภาพประกอบที่ 4-24



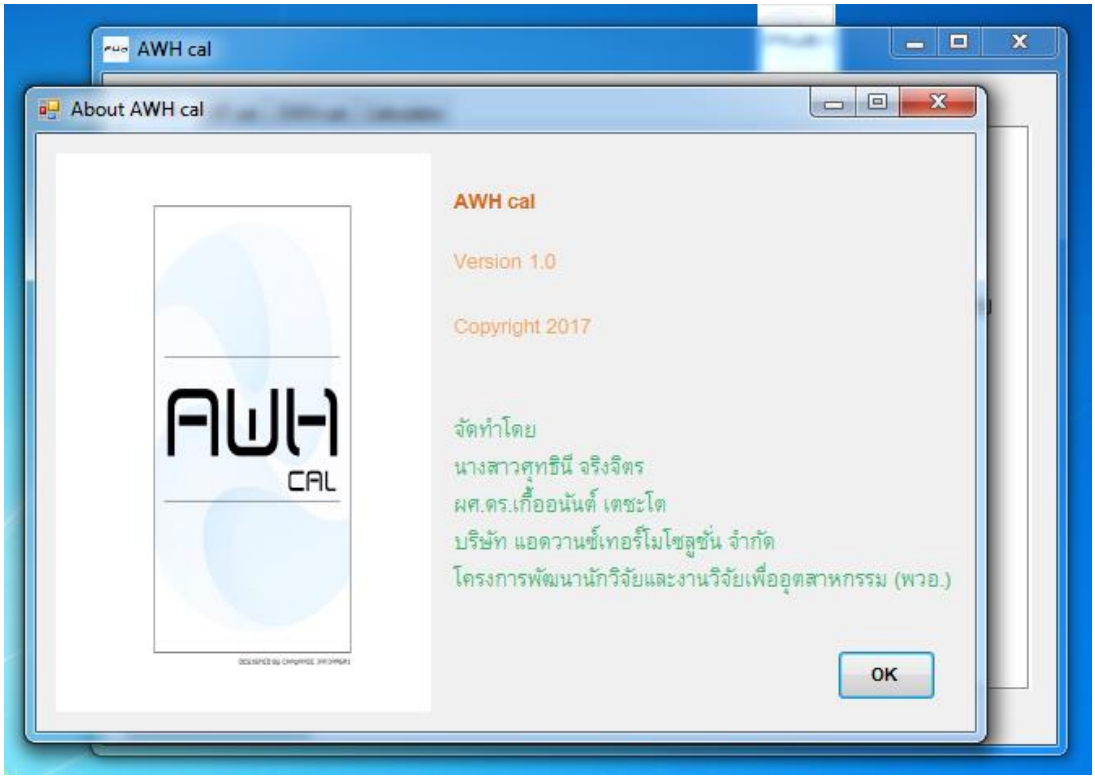
ภาพประกอบที่ 4-24 แสดงรายละเอียดหน้าหลัก (Home) ของโปรแกรม AWH cal

1.2 แท็ป HP cal เป็นหน้าการคำนวณการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

1.3 แท็ป SWH cal เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการคำนวณการลงทุนการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

1.4 แท็ป Calculator เป็นส่วนโปรแกรมเครื่องคิดเลขเพื่อใช้ในการคิดคำนวณ โดยแท็ปนี้ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการคิดคำนวณ

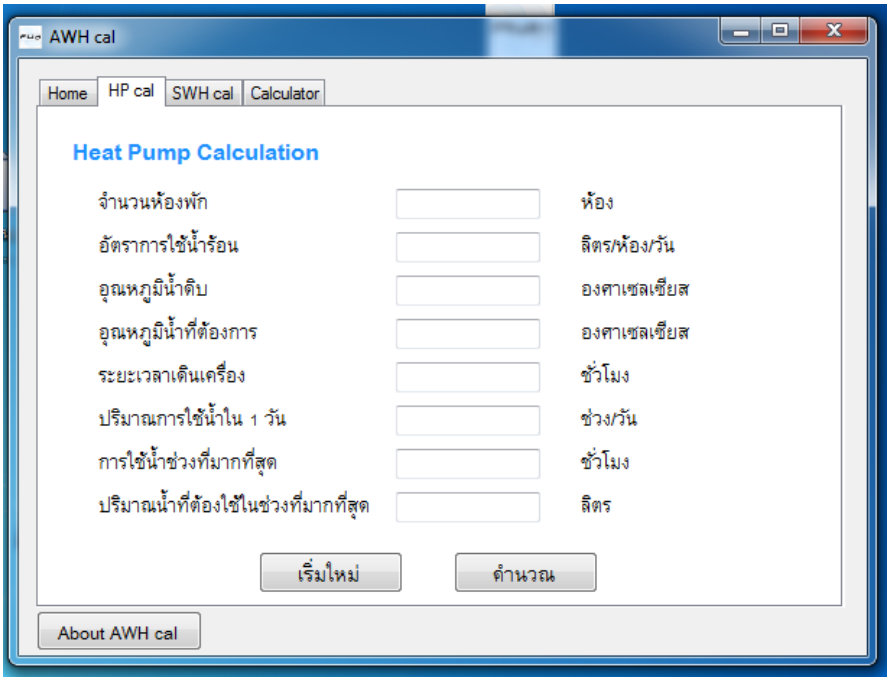
1.5 ปุ่ม About AWH cal เป็นปุ่มเพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมโดยระบุชื่อโปรแกรม เวอร์ชั่นที่ใช้งาน และคณะผู้จัดทำโปรแกรม ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-25



ภาพประกอบที่ 4-**25** แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ AWH cal

2. การกรอกข้อมูลเพื่อหารุ่นของเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นที่เหมาะสมของธุรกิจโรงแรม

2.1 การคำนวณสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม จะมีกล่องสำหรับการกรอกข้อมูลทั้งสิ้น 8 กล่อง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-26



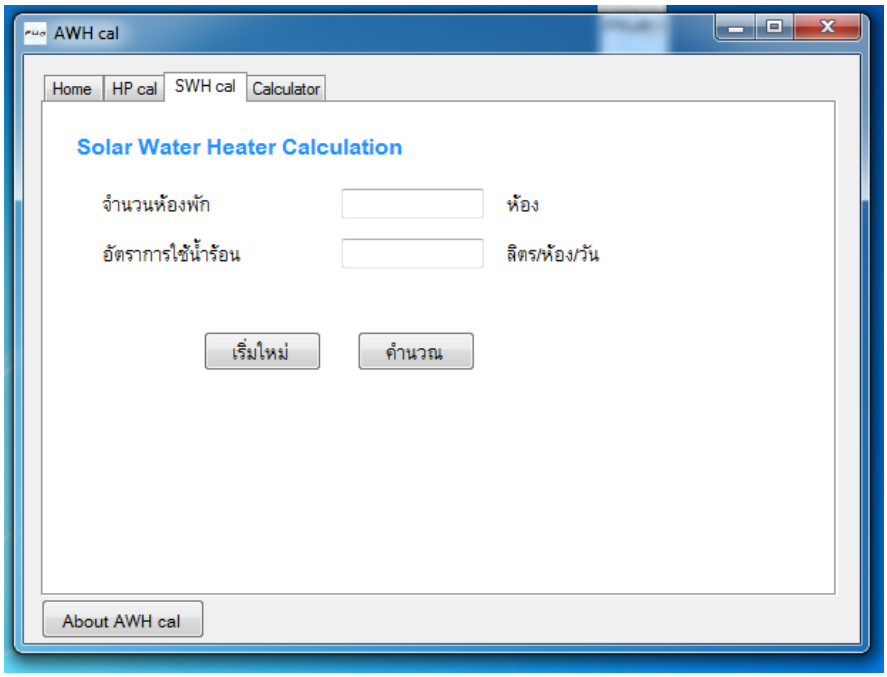
ภาพประกอบที่ 4-26 แสดงรายละเอียดแท็ป HP cal สำหรับการคำนวณการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

1) เริ่มจากการใส่จำนวนห้องพักทั้งหมดของโรงแรม
2) อัตราการใช้น้ำร้อน มีหน่วยเป็นลิตรต่อห้องต่อวัน ซึ่งโดยมาตรฐานจะมีการใช้น้ำร้อนเฉลี่ย 150 ลิตรต่อห้องต่อวัน
3) อุณหภูมิน้ำดิบ หมายถึง อุณหภูมิของน้ำก่อนทำการผลิตเป็นน้ำร้อน โดยส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
4) อุณหภูมิน้ำที่ต้องการ หมายถึง อุณหภูมิของน้ำภายหลังจากการผลิตน้ำร้อนเพื่อนำไปใช้สอยต่อไป
5) ระยะเวลาเดินเครื่อง หมายถึง จำนวนชั่วโมงใน 1 วันที่ทำการเปิดเครื่องใช้งาน
6) ปริมาณการใช้น้ำใน 1 วัน ว่ามีช่วงอัตราการใช้น้ำสูงที่โดดเด่นกี่ครั้ง โดยปกติจะมีการใช้น้ำเป็น 2 ช่วงใหญ่ คือ ในช่วงเช้าก่อนเวลางาน และช่วงเวลาเย็นหลังจากเวลาเลิกงาน

7) การใช้น้ำช่วงที่มากที่สุด หมายถึง ในช่วงที่มีการใช้น้ำสูงสุด จะใช้น้ำเป็นเวลานานเท่าใด มีหน่วยคิดเป็นชั่วโมง

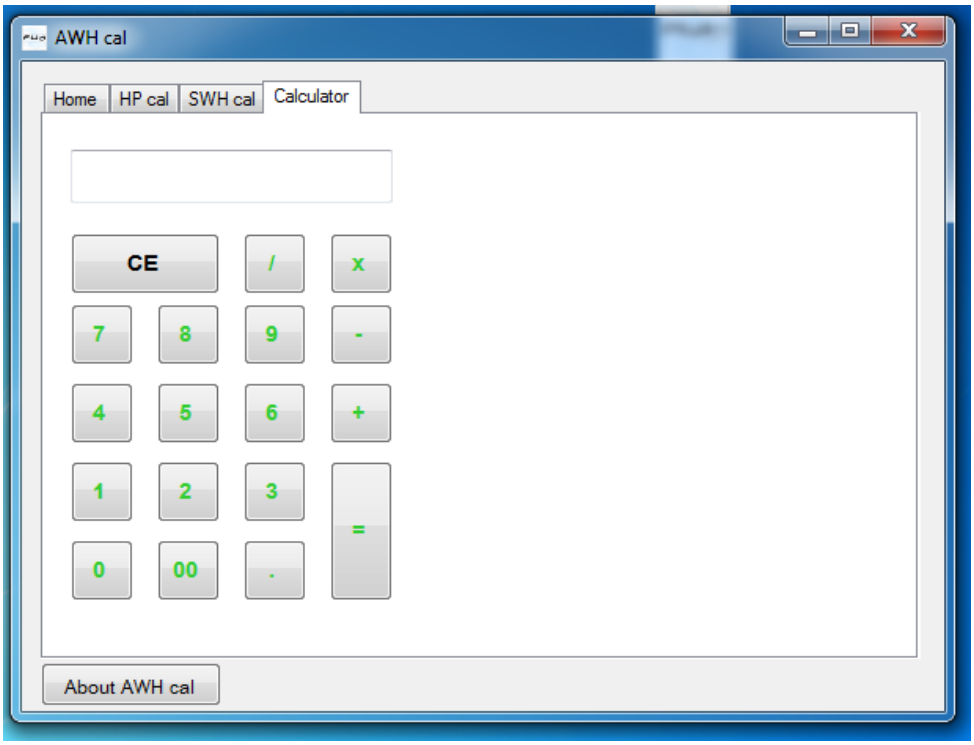
8) ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ช่วงที่มากที่สุด หมายถึง ในช่วงที่มีการใช้น้ำสูงสุดคิดเป็นน้ำจำนวนทั้งสิ้นกี่ลิตร

2.2 การคำนวณสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีกล่องสำหรับการกรอกข้อมูลทั้งสิ้น 2 กล่อง ประกอบไปด้วยจำนวนห้องพักของโรงแรม (ห้อง) และอัตราการใช้น้ำร้อนของแต่ละห้องในโรงแรมในเวลา 1 วัน (ค่ามาตรฐาน คือ 150 ลิตรต่อห้องต่อวัน) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-27



ภาพประกอบที่ 4-27 แสดงรายละเอียดแท็ป SWH cal สำหรับการคำนวณการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

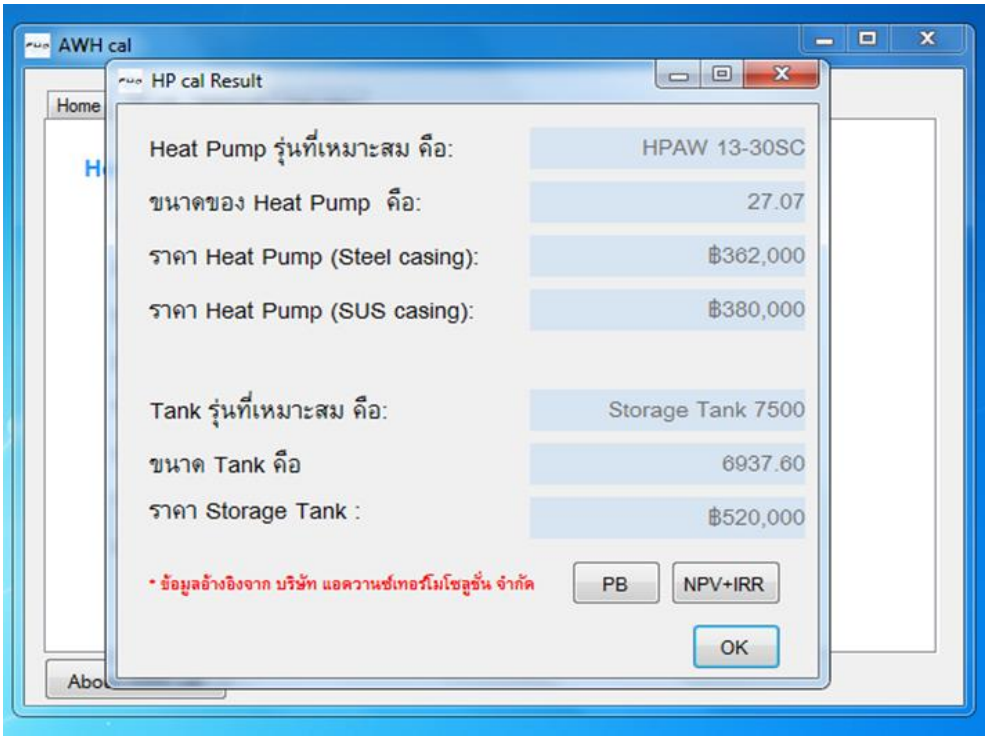
2.3 การคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข มีหลักการใช้งานเช่นเดียวกับเครื่องคิดเลข ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-28



ภาพประกอบที่ 4-28 แสดงรายละเอียดแท็ป Calculator สำหรับการคำนวณตัวเลข

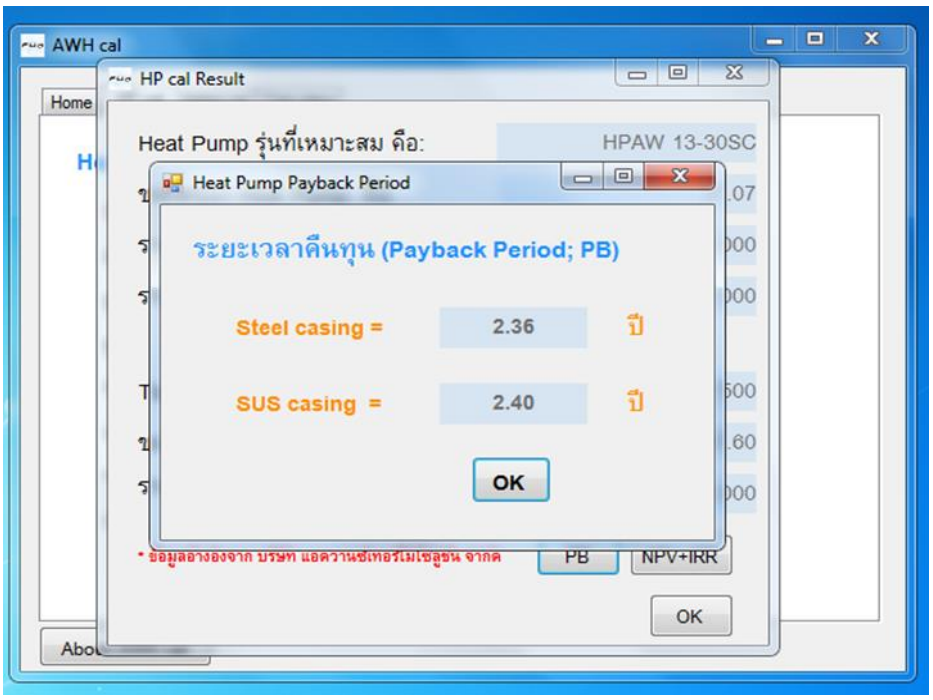
3. การแสดงผลข้อมูลจากการคำนวณ

3.1 การคำนวณสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม หลังจากกรอกข้อมูลครบทุกช่องโปรแกรมจะทำการคำนวณให้เมื่อคลิกที่ปุ่มคำนวณ ผลลัพธ์ที่แสดงออกมา คือ ระบุรุ่นของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มที่เหมาะสม ขนาด และราคาของฮีทปั๊ม รวมทั้งแสดงผลขนาดและราคาถังเก็บน้ำร้อน เพื่อประกอบการตัดสินใจและเพื่อใช้คำนวณการลงทุนสำหรับการติดตั้ง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-29

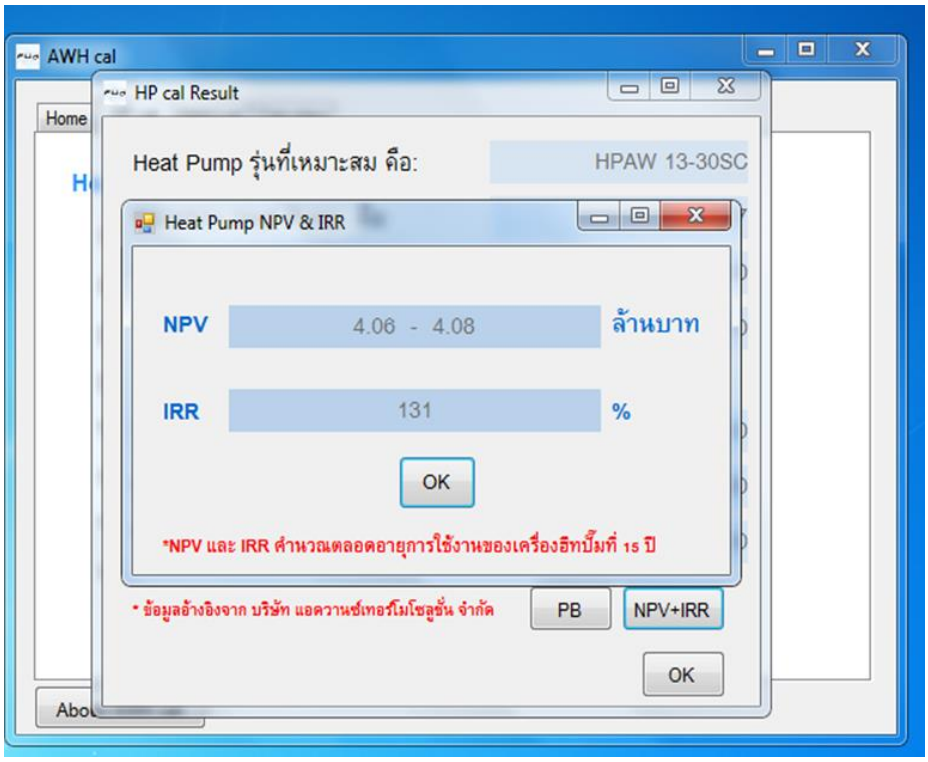


ภาพประกอบที่ 4-29 แสดงผลการคำนวณของ HP cal

นอกจากนี้โปรแกรม AWH cal สามารถคำนวณการหาระยะเวลาคืนทุนคร่าวๆ ของโครงการได้ รวมทั้งประเมิน NPV และ IRR ตลอดสิ้นอายุของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มเป็นเวลา 15 ปี อีกด้วยดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-30 และ 4-31

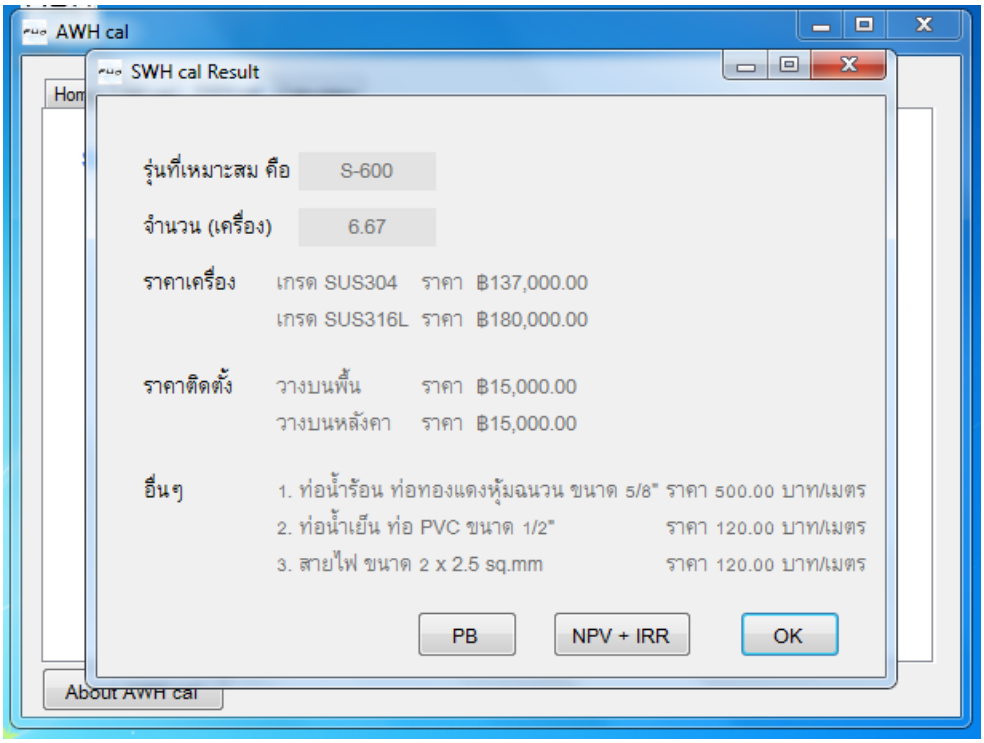


ภาพประกอบที่ 4-30 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม



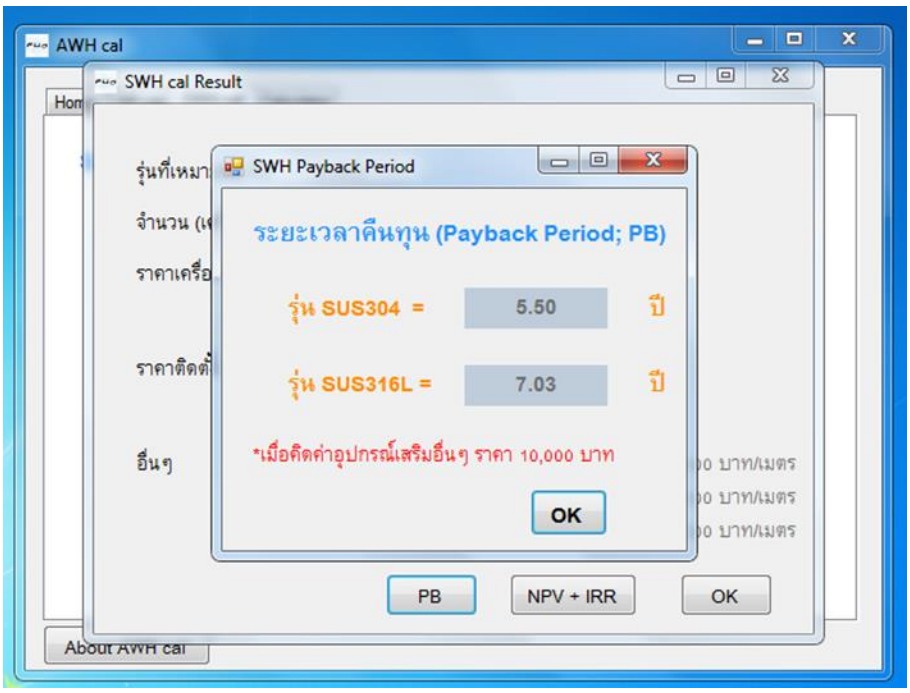
ภาพประกอบที่ 4-31 แสดงผลการคำนวณ NPV และ IRR ของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

3.2 การคำนวณสำหรับการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะแสดงผลออกมาโดยระบุรุ่นที่เหมาะสม จำนวนเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องติดตั้ง ค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต่อการติดตั้ง เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุนติดตั้ง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-32

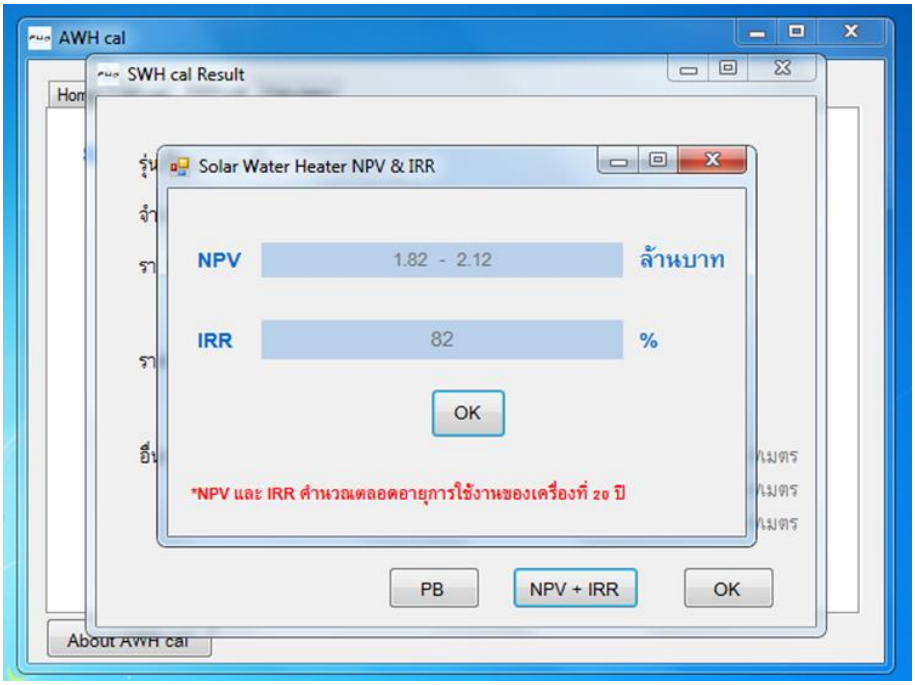


ภาพประกอบที่ 4-32 แสดงผลการคำนวณของ SWH cal

นอกจากนี้โปรแกรม AWH cal สามารถคำนวณการหาระยะเวลาคืนทุนคร่าวๆ ของโครงการได้ รวมทั้งประเมิน NPV ตลอดสิ้นอายุของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 20 ปีอีกด้วยดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-33 และ 4-34



ภาพประกอบที่ 4-33 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพประกอบที่ 4-34 แสดงผลการคำนวณ NPV และ IRR ของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ทางทางเศรษฐศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อการลงทุนเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนในภาคส่วนครัวเรือน ธุรกิจรีสอร์ท และธุรกิจโรงแรมของประเทศไทยพบว่าการลงทุนในธุรกิจรีสอร์ทมีความคุ้มค่าต่ำสุด โดยเฉพาะการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุน 14.56 ปี จากอายุการใช้งานของเครื่อง 15 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ติดลบ (-12,450) เมื่อสิ้นสุดโครงการ และค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) คือ 0.79% ซึ่งต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยนโยบาย 60% จึงถือว่าไม่สมควรลงทุน ในขณะที่การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจะมีความคุ้มค่าแก่การลงทุน โดยมีระยะเวลาคืนทุน 5.98 ปี จากอายุการใช้งานของเครื่อง 10 ปี โดย NPV = 21,900 และ IRR = 10.63% ซึ่งความคุ้มค่าการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในภาคส่วนครัวเรือนมีระยะเวลาคืนทุนสูงกว่า คือ 6.25 ปี จากการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มรุ่นใกล้เคียงกัน โดย NPV = 19,050 และ IRR = 9.59% ในขณะการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคส่วนครัวเรือนมีระยะเวลาคืนทุน 9.56 ปี มีค่า NPV = 23,130 และ IRR = 6.24%

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่า ธุรกิจโรงแรม จัดเป็นธุรกิจที่เหมาะสมต่อการลงทุนติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนสูงสุด โดยมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 0.73 ปีในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม (อายุเฉลี่ยของเครื่อง คือ 15 ปี) และระยะเวลาคืนทุน 7.12 ปี จากการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (อายุเฉลี่ยของเครื่อง คือ 20 ปี) โดยพบว่าค่า NPV เมื่อสิ้นสุดโครงการ จากการลงทุนติดตั้งทั้ง 2 เทคโนโลยีมีค่ามาก คือ 5.9 ล้าน (การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์) และ 8.1 ล้าน (การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม) ซึ่งค่า IRR คือ 24.5% และ 136% ตามลำดับ

เนื่องจากธุรกิจโรงแรมถือเป็นธุรกิจที่เหมาะสมสูงสุดต่อการลงทุนเปลี่ยนแปลงในการติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นในประเทศไทยสำหรับธุรกิจโรงแรมโดยการใช้กระบวนการตัดสินใจ SWOT-AHP ซึ่งพบว่าธุรกิจโรงแรมที่ใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีปัจจัยสำคัญสูงสุดคือการติดตั้งง่าย (จุดแข็ง) มีน้ำหนักคะแนน 0.187 รองลงมาคือการลงทุนต่ำ (จุดแข็ง) มีน้ำหนักคะแนน 0.158 และลำดับต่อมา คือ หาซื้อง่าย (โอกาส) มีน้ำหนักคะแนน 0.150 ซึ่งจากปัจจัยที่วิเคราะห์พบว่าความสะดวกสบายในการติดตั้ง โดยไม่ต้องติดตั้งจากช่างผู้ชำนาญการใดๆ ถือเป็นสิ่งที่เจ้าของธุรกิจถือเป็นสิ่งสำคัญสูงสุด เนื่องมาจากความไม่ยุ่งยากต่อการประสานงานหรือทำงานที่ซับซ้อน อีกทั้งค่าใช้จ่ายต่อการลงทุนถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งเช่นกัน โดยเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีราคาถูกสุดเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นอื่นๆ และการตลาดของเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าที่สามารถหาซื้อได้ง่ายจากซุปเปอร์มาเกตหรือผ่านตัวแทนจำหน่าย มีทั้งราคาปลีกและส่ง ทำให้ถือเป็นอีกปัจจัยที่เหมาะสมต่อการลงทุนของธุรกิจโรงแรม

ธุรกิจโรงแรมที่เปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ได้เล็งเห็นว่าปัจจัยที่สำคัญสูงสุด คือ การประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (จุดแข็ง) น้ำหนักคะแนน 0.295 ซึ่งการลงทุนที่สูงไม่ได้มีปัญหามากนัก เนื่องมาจากมีการวิเคราะห์การลงทุนก่อนทำการติดตั้ง ซึ่งค่าจากการวิเคราะห์สามารถแสดงให้เห็นว่าการลงทุนที่สูงแต่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงเช่นกัน เพราะเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีกำลังไฟที่ต่ำสามารถประหยัดพลังงาน และทำให้ค่าไฟของโรงแรมลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเดิม ปัจจัยที่รองลงมา คือ ช่างชำนาญการน้อย (อุปสรรค) น้ำหนักคะแนน 0.127 ซึ่งในประเทศไทยมีบริษัทเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มากนัก เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับระบบซึ่งจำเป็นต้องติดต่อช่างชำนาญการโดยด่วนจะไม่ทันต่อความต้องการ โดยช่างชำนาญการของแต่ละบริษัทมีเพียงน้อยคนเท่านั้น ปัจจัยสำคัญถัดมา คือ ผู้บริโภคไม่มีความรู้ (อุปสรรค) น้ำหนักคะแนน 0.094 ในที่นี้หมายถึงเจ้าของธุรกิจและพนักงานในโรงแรม เมื่อเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เกิดปัญหาขึ้น จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเองเนื่องมาจากไม่มีความรู้ความเข้าใจระบบ ทำให้การแก้ไขปัญหาไม่ทันท่วงที อีกทั้งในบางครั้งคนงานของโรงแรมอาจก่อให้เกิด

ข้อผิดพลาดเนื่องมาจากการพลาดสะดุดอุปกรณ์บางส่วนของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วไม่สามารถต่อกลับได้อย่างถูกวิธี อีกทั้งสัญญาณแจ้งเตือนบางอย่างที่ผิดปกติ หรือเมื่อเกิดคราบตะกอนแต่พนักงานไม่ทราบว่าถึงเวลาต้องทำความสะอาด เป็นต้น

ในขณะที่ธุรกิจโรงแรมที่เปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ได้ให้ความสำคัญของ การประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (จุดแข็ง) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนน 0.188 เป็นปัจจัยสำคัญสูงสุดเช่นกัน เพราะจากเทคโนโลยีของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มซึ่งอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อย โดยไม่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ถือเป็นการประหยัดไฟฟ้าได้อย่างมหาศาล โดยสังเกตได้จากค่าไฟฟ้าที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดของโรงแรม ปัจจัยสำคัญรองลงมา คือ ช่างชำนาญการน้อย (อุปสรรค) ซึ่งมีน้ำหนักคะแนน 0.174 ถือเป็นค่าที่ไม่ต่างกันมากนักกับปัจจัยก่อนหน้า จากปัญหาเดียวกันกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีจำนวนบริษัทไม่มากในประเทศไทย ทำให้ช่างผู้ชำนาญการเฉพาะด้านจึงน้อย ปัจจัยสำคัญลำดับถัดมา คือ ราคาสูง (จุดอ่อน) น้ำหนักคะแนน 0.135 โดยเจ้าของธุรกิจจัดว่าราคาของฮีทปั๊มถือเป็นปัจจัยหลักสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม เพราะโรงงานผลิตฮีทปั๊มค่อนข้างมีน้อยในประเทศไทย และหากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีมักจะต้องอาศัยผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จากปัจจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า การให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริโภคถือเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก พร้อมทั้งเปลี่ยนทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในประเทศ โดยใช้การเปรียบเทียบการใช้งาน วัสดุอุปกรณ์ และราคา เป็นต้น

เมื่อนำเสนอในเชิงนโยบายพบว่า แม้ว่าภาครัฐจะพยายามสนับสนุนทางด้านการเงินอย่างเต็มที่ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของการกู้ยืมเงินลงทุน การลดภาษี หรือนโยบายสนับสนุนทางการเงินอื่นๆ นับเป็นปัจจัยที่ไม่เพียงพอต่อการตัดสินลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน เพราะประชาชนส่วนใหญ่ตระหนักดีว่า ช่างซ่อมบำรุงของประเทศไทยยังขาดความรู้ความชำนาญเป็นอย่างมาก จึงไม่อยากจะเสี่ยงที่จะเดินระบบแล้วเกิดปัญหาที่อาจจะแก้ไขไม่ได้ ดังนั้น นโยบายการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานไฟฟ้าและสนับสนุนการใช้เครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทนจำเป็นต้องมุ่งเน้นไปที่การฝึกอบรม ให้ความรู้ความชำนาญแก่ช่างผู้ติดตั้งเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อก่อให้เกิดองค์กรเข้มแข็งของธุรกิจนี้ก่อนจะดำเนินการอื่นๆ

ในขณะที่ปัญหาสำคัญสูงสุดของการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานในภาคส่วนครัวเรือน คือ เงินลงทุน เนื่องจากอุปกรณ์พลังงานทดแทนเหล่านี้มีราคาสูงมาก ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้ง่าย อีกทั้งความยุ่งยากในการติดตั้ง ซึ่งต้องอาศัยเพียงผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ทำให้ประชาชนมักเลือกความสะดวกมาเป็นอันดับต้นๆ เช่นเดียวกับธุรกิจรีสอร์ท ซึ่งในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนน้ำอุ่นพลังงานทดแทน จำเป็นต้องมีการติดตั้งทุกห้องพัก ถือเป็นราคาต้นทุนที่สูงมาก ทำให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่สนใจเทคโนโลยีเหล่านี้ อีกทั้งการเปลี่ยนแลงเทคโนโลยีเพื่อการลดสภาวะโลกร้อนหรือการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นับเป็นประเด็นที่ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญ และภาครัฐมีเพียงสนับสนุน แต่มิได้บังคับใช้อย่างจริงจังเหมือนต่างประเทศ

จากการวิเคราะห์ SWOT-AHP จากงานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจำนวนมากเพื่อทำการวิเคราะห์นั้นอาจมีความผิดพลาดได้สูง เพราะข้อมูลที่มากเกินไปทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรม SWOT AHP ขึ้น ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010 เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยมีข้อจำกัดคือ แต่ละปัจจัยหลักต้องมีปัจจัยย่อยเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้น เมื่อกรอกข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งหมดที่ได้รับ โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ค่าคะแนนปัจจัยภายนอกและภายใน รวมทั้งค่า CR ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมต้องตรวจสอบว่า ไม่ควรเกิน 0.1 และ worksheet สุดท้ายของโปรแกรมจะมีการแสดงผลเชิงกราฟ โดยโปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาด้วยระบบล็อครหัสผ่านเพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งไม่สามารถแก้ไขฟังก์ชั่นใดๆ ของโปรแกรมได้

ผลการศึกษาการประหยัดพลังงานในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นกรณีศึกษาโรงแรมในประเทศไทยซึ่งมีจำนวน 50 ห้องพัก พบว่าอัตราการใช้น้ำของโรงแรม คือ 52,625 ลิตรต่อวัน โดยจะมีอัตราการใช้น้ำสูงสุดในช่วงเช้าเวลา 8.00 น. (8,250 ลิตรต่อชั่วโมง) และอัตราการใช้น้ำสูงสุดในช่วงเย็นเวลา 18.00 น. (6,250 ลิตรต่อชั่วโมง) ซึ่งจากปริมาณน้ำดังกล่าว คิดเป็นพลังงานต่อเดือนจากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า คือ 30,232 kWh จากการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จากการใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์รุ่น S-600 จำนวน 15 เครื่อง สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 74.01% และเมื่อเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำร้อน

แบบฮีทปั๊ม โดยอ้างอิงข้อมูลของ บริษัท แอดวานซ์เทอร์โมโซลูชั่น จำกัด โดยใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม รุ่น HPAW 13-70 SC สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 95.56%

เนื่องจากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการประเมินความคุ้มค่าด้านการลงทุนมีค่าไม่คงที่ตลอดไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการโดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ค่าไฟฟ้า ค่า Ft และราคาเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าไฟฟ้าจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเปลี่ยนแปลงไปในอัตราที่สูงมาก ซึ่งหากค่าไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มขึ้นเพียง 1% ของทุกปี จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงขึ้น 16.62% เมื่อสิ้นสุดโครงการ ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และ 9.55% ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ในขณะที่ค่า Ft ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิได้น้อยมาก รวมทั้งมูลค่าการลงทุนซึ่งการเพิ่มราคาของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 20% ส่งผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ 7.7% เท่านั้น และ 2% สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม เมื่อใช้การวิเคราะห์ Monte Carlo จากการสุ่มตัวอย่าง 100 ครั้ง จะได้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในการติดตั้งในธุรกิจโรงแรมเมื่อสิ้นสุดโครงการ คือ 9.80 ± 0.16 ล้านบาท และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม คือ 13.07 ± 0.17 ล้านบาท จากการใช้ข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 6 ปี

การออกแบบโปรแกรมคำนวณการตัดสินใจต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนน้ำอุ่นสำหรับธุรกิจโรงแรม ผู้วิจัยทำการออกแบบด้วย โปรแกรม Microsoft Visual Studio Enterprise 2015 โดยใช้ชื่อโปรแกรมว่า AWH cal ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถคำนวณหารุ่นที่เหมาะสมเมื่อโรงแรมต้องการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หรือเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม โดยรุ่นต่างๆ จะอ้างอิงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จะบอกราคาของตัวเครื่องซึ่งมีหลายราคาขึ้นกับวัสดุที่ต้องการใช้ ค่าติดตั้ง ค่าอุปกรณ์อื่นๆ เพิ่มเติม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใส่เครื่องคิดเลขเพื่อการคำนวณการลงทุนได้ง่ายขึ้นไว้ด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) โปรแกรม SWOT AHP มีข้อจำกัด คือ สามารถวิเคราะห์จากปัจจัยย่อยที่มีเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้น ดังนั้น เพื่อการใช้งานที่กว้างขวางขึ้น ควรมีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อสามารถใช้งานได้จริงกับทุกๆ เงื่อนไข
2) โปรแกรม AWH cal ใช้ข้อมูลอ้างอิง จาก 2 แหล่งที่มาเท่านั้น ดังนั้น เพื่อต้องการเปรียบเทียบจากบริษัทอื่น อาจเพิ่มการคำนวณของบริษัทอื่นๆ ลงไปในโปรแกรม เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบราคา

เอกสารอ้างอิง

A joint initiative of the Australian. State and Territory Governments. 2014 “Water heating, the environment and you.” Factsheet. pp. 1-6.

Altman, M. 2000. A behavioral model of path dependency: the economics of profitable inefficiency and market failure. Journal of Socio-Economics. 29: 127–145.

Analytic hierarchy process (AHP) model for evaluating sustainable manufacturing practices in Indian electrical panel industries.

Arthur. B. W. 1989. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. Economic Journal. 99: 116 –131.

ASTM – international. 2010. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.astm.org/SNEWS/JA_2010/mathis_ja10.html

Australia’s emissions projections 2014-15. Department of Environment. Australian Government. March 2015.

Boseman, G. Phatak, A. and Schellenberger, R.E. 1986. Strategic management: text and cases. New York ; Chichester : J. Wiley, cop.

BPstats. 2016. BP Statistical Review of World Energy June 2016. 65th Edition.

Brudermann, T. Mitterhuber, C. and Posch, A. 2015. Agricultural biogas plants – A systematic analysis of strengths, weaknesses, opportunities and threats. *Energy Policy*. 76: 107-111.

Bruninx, K. Madzharov, D. Delarue, E. and D'haeseleer, W. 2013. Impact of the German nuclear phase-out on Europe's electricity generation—A comprehensive study. Energy Policy. Volume 60;251-261.

BSRIA. 2014. สืบค้นข้อมูลจาก https://www.bsria.com/news/article/growth-in-the-world-heat-pump-market/#

Camarciothai. 2014. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.camarciothai.com

Derwent, R.G. Simmonds, P.G. Greally, B.R. O'doherty, S. McCulloch, A. Manning, A. Reimann, S. Folini, D. and Vollmer, M.K. 2007. The phase-in and phase-out of European emissions of HCFC-141b and HCFC-142b under the Montreal Protocol: Evidence from observations at Mace Head, Ireland and Jungfraujoch, Switzerland from 1994 to 2004. Atmospheric Environment. Volume 41(4);757-767.

Divaha, S. B. and Sudhahar, C. 2012. Selection of reverse logistics provider using AHP. International Conference on Modeling Optimization and Computing, Procedia Engineering 38; 2005 - 2008.

Dutton, J. 2016. What Trump"s "energy independent" US would mean for the rest of the world. theconversation.com

E. Halawa, K.C. Chang and M.Yoshinaga, "Thermal performance evaluation of solar water heating systems in Australia, Taiwan and Japan – A comparison review," Renewable Energy, vol. 83, pp. 1279-1286, 2015.

Energy groove. 2013. สืบค้นข้อมูลจาก http://www.energygroove.net//?s=heat+pump

Energy Policy and Planning Office. 2016a. Annual Report 2015

Energy Policy and Planning Office. 2016b. Thailand Integrated Energy Blueprint, EPPO Journal Special issue 2016

Final report: Market Development for Solar Thermal Applications in Thailand (SolTherm Thailand), The Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE), King Mongkut's University of Technology Thonburi and International

Institute for Energy Conservation (IIEC) and Institute for Solar Energy Systems (FRAUNHOFER ISE), July 2007

George Wilkenfeld and Associates with National Institute of Economic and Industry Research, “Phasing Out Greenhouse-Intensive Water Heaters in Australian Homes,” November 2010.

Gerdsria, N. and Kocaoglub, D. F. 2007. Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology road mapping, Mathematical and Computer Modeling 46; 1071- 1080.

Goodstien, L. Nolan, T. and Pfeiffer, J. 1993. Applied Strategic planning: How to develop a plan that really works. New York: McGraw-Hill.

Gorener, A. Toker, T. and Ulucay, K. 2012, Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm, 8th International Strategic Management Conference. Procedia – Social and Behavioral Sciences 58; 1525 – 1534.

Gramlich, E.M. 1994. Infrastructure Investment: A Review Essay. *Journal of Economic Literature*. 32(3): 1176-1196.

Gupta, S. Dangayach, G.S. Singh, A.K. and Rao P.N. 2015. Analytic hierarchy process (AHP) model for evaluating sustainable manufacturing practices in Indian electrical panel industries. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 189: 208-216.

IAEA, 2013, สืบค้นข้อมูลจาก http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2013_CD/countryprofiles/Thailand/Thailand.htm

Inverso. E. 2016. Trump & Clinton Cliff Notes: The Second Presidential Debate In Quotes. The Little Black Book of Billionaire Secrets (Oct 9, 2016)

Isenergy. 2014 พลังงานแสงอาทิตย์ http://isenergy.blogspot.com/p/blog-page_21.html

Jingjit, S. and Techato, K. 2016. A Case Study of Success in Phasing Out Policy of Instantaneous Water Heater in Australia and Feasibility in Thailand. 6th International Conference on History and Society Development.

Jonathan Joel Moss. (2012). "Feasibility of On-Farm Milk Processing, Packaging and Marketing for Tennessee Dairy Farmers." Master dissertation, University of Tennessee, Knoxville.

Kahraman, C. Demirel, N.C. Demirel and Ateş, N. Y. 2008. A SWOT-AHP application using fuzzy concept: E-Government in Turkey, Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Book-Edited By Cengiz Kahraman, Springer Science-Business Media.

Kurniati, E. Sutanhaji, A.T. and Anggraini. O.A. 2013. Land acquisition and resettlement action plan (LARAP) of Dam Project using Analytical Hierarchical Process (AHP): A case study in Mujur Dam, Lombok Tengah District-West Nusa Tenggara, Indonesia. P*rocedia -Environmental Sciences*. 17: 418-423.

L. Havas, J. Ballweg, C. Penna and D. Race, "Power to change: Analysis of household participation in a renewable energy and energy efficiency programme in Central Australia," Energy Policy, vol. 87, pp. 325-333, 2015.

M.K. Anuar Sharif a,n, A.A. Al-Abidi b,n, S. Mata, K. Sopian a, M.H. Ruslan a, M.Y. Sulaiman a, M.A.M. Rosli "Review of the application of phase change material for heating and domestic hot water systems" Renewable and Sustainable Energy Reviews 42 (2015) 557–568

MacMillan, K. 1986. Strategy: an introduction. Journal of General Management. 11(3): 75-94.

Manit Satitsamitopng, 2004 IT Project Evaluation www.cs.tu.ac.th/uploads/upfiles/files/file/article/Project_Evaluation.pdf

Mercola. 2013. สืบค้นข้อมูลจาก http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2013/10/22/international-mercury-treaty.aspx

Önder, E. Önder, G. Kuvat, Ö. And Tas, N. 2014. Identifying The Importance Level of Factors Influencing The Selection Of Nursing As A Career Choice Using AHP: Survey To Compare The Precedence Of Private Vocational High School Nursing Students And Their Parents, 2nd World Conference on Design, Arts and Education DAE-2013. Procedia - Social and Behavioral Sciences 122; 398 - 404.

Ozdemir, H. Unal, A. Kindap, T. Turuncoglu, U.U, Durmusoglu, Z.O., Khan, M., Tayanc, M. and Karaca, M. 2012. Quantification of the urban heat island under a changing climate over the Anatolian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology* **108**: 31-38.

Piercy, N.F. and Giles, W. 1989. The Logic of Being Illogical in Strategic Marketing Planning. Journal of Marketing Management. 1: 19-31.

Roser, M. and Ortiz-Ospina, E. 2017. 'World Population Growth'. *Published online at OurWorldInData.org.* Retrieved from: https://ourworldindata.org/world-population-growth/ [Online Resource].

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill Company, New York.

Sara Williams and George Wilkenfeld, "Phasing out greenhouse- intensive water heaters in Australia," Energy efficiency first: The foundation of a low-carbon society, pp. 365-375, 2011.

Schlegal, J. Goldberg, M. Raab, J. Prahl, R. Kneipp, M. and Violette, D. 1997. Evaluating Energy Efficiency Programs in a Restructured Industry Environment. A HandBook for PUC Staff. Washington D.C., National Association of Regulatory Utility Commissioners.

Soma, K. 2003. How to involve stakeholders in fisheries management – a country case study in Trinidad and Tobago. *Marine Policy*, 27: 47-58.

SRI Alumni Association Newsletter, 2005, "SWOT Analysis for Management Consulting"

Steven Mufson, 2015, The Washington Post, New EPA rule on greenhouse gases the latest blow to King Coal, Retrieved from: https://www.washingtonpost.com/business/economy/new-epa-rule-on-greenhouse-gases-the-latest-blow-to-king-coal/2015/08/01/c8bd3936-3791-11e5-9739-170df8af8eb9_story.html?utm_term=.75701370632b [Online Resource].

Techato. K, 2012, Heat Pump Market in Thailand. Energy Procedia, 14, 9-13

Techato. K, 2014, Presentation of Phase out Electric Shower Unit Water Heater, The Energy Working Group (EWG) held its 47th Meeting in Kunming, China, on 19-23 May 2014

The Conversation Media Group Ltd. (April 2014). Australia trounced Kyoto climate target, new report reveals [Online]. Available: http://theconversation.com/australia-trounced-kyoto-climate-target-new-report-reveals-25744

Triple E Energy Plus co., Ltd, 2014 http://www.eakaphatenergy.com/?ProductID=Product-110504153784064

UmaDevi, K. Elango, C. and Rajesh, R. 2012. Vendor selection using AHP. International Conference on Modeling Optimization and Computing, Procedia Engineering 38; 1946 – 1949.

United nation. 2007. Case Studies of Market Transformation “Energy Efficiency and Renewable Energy”

United Nations. (2014). List of Non-Annex I Parties to the Convention [Online]. Available: http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/non_annex_i/items/2833.php

Vaidya, O.S., Kumar, S. 2006. Analytical hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169: 1-29.

World Nuclear News. 2011. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22/3 สืบค้นข้อมูลจาก http://www.world-nuclear-news.org/NP_Swiss_cabinet_goes_for_nuclear_phase_out_2505113.html

เบญจมาศ อภิสิทธิ์ภิญโญ, 2547 กลยุทธ์การบริหารต้นทุนเพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ, กรุงเทพฯ: ธรรมนิติ

เอกกมล เอี่ยมศรี. 2554. การวิเคราะห์ **SWOT Analysis** http://oknation.nationtv.tv/blog/newmanagement/2011/05/27/entry-1

เอกชัย บุญยาทิษฐาน. 2553. คู่มือวิเคราะห์ SWOT อย่างมืออาชีพ : --กรุงเทพฯ : ปัญญาชน.

กนิกนันต์ กล้าหาญ, 2556 แบบจำลองการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนโครงการ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กรณีศึกษาหน่วยงานของมหาวิทยาลัยของรัฐ, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กรมเอเชียใต้ ตะวันออกกลางและแอฟริกา กระทรวงการต่างประเทศ, 2554, จุดเด่นและความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศตะวันออกกลาง, Retrieved from : http://sameaf.mfa.go.th/th/business-center/detail.php?ID=1670 [Online Resource]. 7/3/

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2552, เทคโนโลยีการใช้ปั๊มความร้อนสำหรับการทำความร้อน โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, หน้า 3-4

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2555, พลังงานแสงอาทิตย์, คู่มือการพัฒนาและผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2, หน้า 1, 8-10, 23-28

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน, กระทรวงพลังงาน, 2560, สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม – พฤศจิกายน 2559

กระทรวงพลังงาน, 2554, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573)

การไฟฟ้านครหลวง, 2556, การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด, หน้า 10-13

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2558 http://www3.egat.co.th/re/egat_business/egat_heater/heater_system.htm

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2559, ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าตามภาคเศรษฐกิจ กันยายน 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2559, การคัดเลือกสถานประกอบการที่เหมาะสมส าหรับนักศึกษาวิศวกรรมอุตสาหการโดยใช้วิธีการ Fuzzy AHP

ชูเพ็ญ วิบุลสันติ. 2551. การวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน จุดด้อยโอกาส และอุปสรรค(ความเสี่ยง) ขององค์กร (SWOT Analysis). ค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2557, http://www.pharmacy.cmu.ac.th/pharmcare/pharad/swot982

ตลาดนัดโซล่าร์เซลล์, 2558 http://solar-point.blogspot.com/2015/11/Solar-energy.html

ทวีวัฒน์ สุภารส, 2556, ปั๊มความร้อน, เอกสารประกอบการฝึกอบรมพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานรุ่นที่ 1 กิจกรรมภายใต้การรณรงค์อนุรักษ์พลังงานในอาคารในรูปแบบสัญญาแบบยินยอมพร้อมใจ, หน้า 56-117

ทัศนีย์ ศิริพงศาภรณ์, 2556, ความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนจัดซื้อเครื่องจักรประเภทผลิตส่งต่อสำหรับการบริหารจัดการต้นทุนต่อหน่วยของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มในจุดเชื่อมต่อขวดพลาสติก,

วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกอบการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ธนารัฐ สิงหา 2559 การทำน้ำร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์ วิศวกร สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ http://www.ajenergy2009.com

นิธิ เอียวศรีวงศ์, 2558, เมืองในสังคมไทยสมัยใหม่, เอกสารประกอบรายวิชา HUGE 050103 กลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป ภาควิชามนุษย์สัมพันธ์ คณะมนุษย์ศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บริษัท เฮอริเทจอินเตอร์เนชั่นเนลดีเวลลอปเมนท์ จำกัด, 2560 http://www.heritage-int.co.th

วไลพร ธนารักษ์สกุล, 2554 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนในธุรกิจบ้านจัดสรรในเขตเทศบาลเมืองศรีสะเกษ, สารนิพนธ์ตามหลักสูตรเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วาฏิกาณ์ ไพศาลธยางกูล, 2557 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการเดินเรือคลองแสนแสบส่วนต่อขยายจากวัดศรีบุญเรืองถึงสำนักงานเขตมีนบุรี สารนิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพมหานคร : กราฟฟ ค แอนด ปริ้นติ้ง, **2542**

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2559, http://aookaui.fireexit.co.th/MJUnew/pro_detail/4/4-Chapter-1.pdf

วิทยาลัยพลังงานทดแทน, 2557, สืบค้นข้อมูลจาก http://www.sert.nu.ac.th

วิพล ทรัพยอำนวยพร, ลักษณา สัมมานิธิ, ตรีชาติ เลาแก่วหนู, สฤษดิ์ ติยะวงศสุวรรณ, อายุวัฒน จิตประเสริฐ, ณฤดี เคียงศิริ, มัตตกิา ชัยมีแรง, เชาวลิต สิมสวย และปองพล ทองสมจิตร, 2551, เราจะสรางเมืองประหยัดพลังงานได้อย่างไร , เอกสารประกอบการประชุมวิชาการด้านการวางแผนภาคและเมือง ประจำปี 2551 เรื่อง เมืองประหยัดพลังงาน,ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 148 – 164.

วิรัฒน์ ชโนวิทย์, 2557, การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาประเภทที่พักอาศัยในพื้นที่ที่แตกต่างกันของประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกอบการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศุภลักษณ์ ใจสูง. 2555. การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของบริษัท ฮานา ไมโครอิเล็กโทรนิคส จำกัด (มหาชน) โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP). วารสารบริหารธุรกิจ ปีที่ 35. 134: 65-89.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557, HEAT PUMP เทคโนโลยีเพื่อการประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน, หน้า 5-6

สมาน ศรีทองอินทร์, อรวรรณ ศรีโสมพันธ์, กิตติ ศรีสะอาด และนริศ สินศิริ ความเป็นไปได้ของโครงกาลงทุนปลูกยางพาราในจังหวัดมหาสารคาม แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : 2557 หน้า 142 - 147

สยามธุรกิจ, 2557, สืบค้นข้อมูลจาก http://www.siamturakij.com/main/news_content.php?nt=4&nid=2818

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2551, เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน, สาระน่ารู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน, หน้า 2-12

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทวงพลังงาน. 2555. คาดการใช้พลังงานปี 2555. Online: http://www.energysavingmedia.com/news/ page.php? a=10&n=50&cno=2792.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2556. การสำรวจการประกอบกิจการโรงแรมและเกสต์เฮาส์ พ.ศ. 2555.

สิรินันท์ บุตรเต, 2555 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อขยายโรงงานผลิตเครื่องมือตัด,สารนิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญามหาธุรกิจบัณฑิต วิชาเอกการบัญชี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อดิศักดิ์ ธีรานุพัฒนา และ ชูศรี เท้ยศิริเพชร (2554, มกราคม-มีนาคม). การจัดลำดับความสำคัญของมาตรวัดและกระบวนการหลักของโซ่อุปทาน โดยวิธีแบบจำลองกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับ.จุฬาลงกรณ์ ธุรกิจปริทัศน์, 127. น. 1-32.

อภิชาต โสภาแดง. 2552. การตัดสินใจเพื่อการบริหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

อรทัย วรรคาวิสันต์, 2552 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์, สารนิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

อุทิศ ขาวเธียร. 2552. การวางแผนกลยุทธ์ พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุง).

ภาคผนวก

แบบสอบถามความคิดเห็น เพื่อวิเคราะห์ (SWOT)

ข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกนำไปทำการวิเคราะห์ SWOT-AHP เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนนโยบายการยกเลิกการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสำหรับธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย

SWOT ย่อมาจาก Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats โดย

Strengths *คือ จุดแข็ง หมายถึง ความสามารถในแง่บวกของเทคโนโลยีนั้นๆ*

Weaknesses *คือ จุดอ่อน หมายถึง ความสามารถในแง่ลบของเทคโนโลยีนั้นๆ*

Opportunities *คือ โอกาส หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่เกื้อหนุนการใช้เทคโนโลยีนั้นๆ*

Threats *คือ อุปสรรค หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่ขัดขวางต่อการใช้เทคโนโลยีนั้นๆ*

เนื่องจาก ผู้วิจัย สนใจการการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีน้ำร้อนจากเดิมซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าซึ่งมีใช้อยู่ทั่วไป เป็นเทคโนโลยีทดแทน เช่น เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และฮีทปั๊ม

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนเทคโนโลยี นับว่าเป็นเรื่องที่ยิ่งใหญ่ เนื่องจากต้องใช้เงินในการลงทุนสูง อีกทั้งไม่สามารถคาดการณ์ผลที่จะได้รับได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแบบสอบถามชุดนี้ขึ้น เพื่อทำการวิเคราะห์ SWOT/AHP สำหรับเทคโนโลยีน้ำร้อน และใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดเตรียมแผนนโยบายต่อไป

นางสาว ศุทธินี จริงจิตร
นักศึกษาปริญญาเอก คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

1. ชื่อโรงแรม .....

2. ที่อยู่

❒ ภาคเหนือ ❒ ภาคกลาง ❒ ภาคอีสาน ❒ ภาคใต้

3. จำนวนห้องพักของโรงแรม

❒ น้อยกว่า 30 ❒ 30 - 99 ❒ มากกว่า 100

4. มาตรฐานของโรงแรม (จำนวนดาว)

❒ ไม่มี ❒ 1 ดาว ❒ 2 ดาว ❒ 3 ดาว

❒ 4 ดาว ❒ 5 ดาว

5. โรงแรมของท่านประกอบกิจการมานานเท่าใด

❒ น้อยกว่า 5 ปี ❒ 5 – 9 ปี ❒ 10 – 14 ปี ❒ 15 – 19 ปี

❒ 20 – 24 ปี ❒ 25 – 29 ปี ❒ มากกว่า 30 ปี

6. ประเภทของเครื่องทำน้ำร้อนสำหรับห้องพักในโรงแรม

❒ เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า

❒ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

❒ เครื่องทำน้ำร้อนโดยใช้ระบบ ฮีทปั๊ม

❒ อื่นๆ ระบุ.....

ตำแหน่งของผู้ให้การสัมภาษณ์ .....

ช่องทางการติดต่อ ❒ โทร .....

❒ อีเมลล์ .....

ทำแบบสอบถาม

❒ A ❒ B ❒ C

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดแข็ง

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดแข็ง (Strengths) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **การลงทุนต่ำ (Low initial cost)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีการลงทุนต่ำ ซึ่งปัจจุบันนับว่ามีราคาที่ถูกมาก
- **ติดตั้งง่าย (Easy for installation)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถติดตั้งได้ง่าย โดยไม่ต้องอาศัยการชำนาญพิเศษใดๆ
- **ใช้พื้นที่น้อย (Little space required)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถติดตั้งได้โดยใช้พื้นที่เล็กน้อย โดยการติดไว้บนฝาผนังด้านหนึ่งในห้องน้ำ ด้วยขนาดประมาณ 22 x 40 x 15 เซนติเมตร

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
การลงทุนต่ำ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ติดตั้งง่าย
การลงทุนต่ำ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ใช้พื้นที่น้อย
ติดตั้งง่าย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ใช้พื้นที่น้อย

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดอ่อน

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดอ่อน (Weaknesses) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง (High electricity consumption and bills)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้าสูง ประมาณ 3.5 – 4.5 kW ดังนั้นการใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจึงถือเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมาก นำไปสู่ค่าไฟที่สูงขึ้น
- **อันตรายจากการใช้งาน (Safety problem)** การใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าค่อนข้างอันตรายหากมีการติดตั้งหรือบำรุงรักษาที่ไม่ถูกวิธี ดังกรณีศึกษาเป็นจำนวนมากในประเทศไทย
- **การปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2/GHG emission)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งไฟฟ้ามาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นการเพิ่มมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมโดยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจก เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อันตรายจากการใช้งาน
สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	การปล่อยคาร์บอน
อันตรายจากการใช้งาน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	การปล่อยคาร์บอน

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ โอกาส

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดโอกาส (Opportunities) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **เป็นที่นิยม (Widespread in Thailand)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าเป็นที่นิยมกว้างขวางในประเทศไทย ผู้ใช้ทุกระดับสามารถเข้าถึงได้ง่าย
- **หาซื้อง่าย (Variety of buying channels)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าสามารถหาซื้อได้ง่ายจากหลายแหล่ง เช่น ร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้า และห้างสรรพสินค้าทั่วไป
- **มีราคาและคุณภาพที่หลากหลาย (Variety of price ranges and quality)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้ามีหลายรุ่น และหลากหลายราคา ผู้บริโภคสามารถเลือกคุณภาพและราคาได้ตามกำลัง

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
เป็นที่นิยม	o	o	o	o	o	o	o	o	o	หาซื้อง่าย
เป็นที่นิยม	o	o	o	o	o	o	o	o	o	มีราคา/คุณภาพหลากหลาย
หาซื้อง่าย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	มีราคา/คุณภาพหลากหลาย

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ อุปสรรค

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดอุปสรรค (Threats) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น (Financial support for alternative technologies)** ปัจจุบันรัฐบาลและภาคเอกชนหลายแห่งสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีทางเลือก ทำให้กระแสการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรงลดลง
- **ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน (Increasing awareness about energy efficiency)** ผู้บริโภคบางส่วนเริ่มตระหนักเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงาน
- **นโยบายของรัฐ (Mandatory policy plans for reducing energy consumption)** นโยบายของประเทศที่สนับสนุน/บังคับ ให้มีการลดการใช้พลังงาน ทำให้เครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้าซึ่งมีพลังงานสูงถูกใช้งานลดลง

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน				สำคัญมากกว่า	
การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน
การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น	o	o	o	o	o	o	o	o	o	นโยบายของรัฐ
ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	นโยบายของรัฐ

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบไฟฟ้า –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของปัจจัย

จุดแข็ง - การลงทุนต่ำ - ติดตั้งง่าย - ใช้พื้นที่น้อย	จุดอ่อน - สิ้นเปลืองพลังงานและค่าไฟสูง - อันตรายจากการใช้ - การปลดปล่อยคาร์บอน
โอกาส - เป็นที่นิยม - หาซื้อง่าย - มีราคา/คุณภาพหลากหลาย	อุปสรรค - การสนับสนุนเงินสำหรับเทคโนโลยีอื่น - ผู้บริโภคตระหนักในการใช้พลังงาน - นโยบายของรัฐ

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	จุดอ่อน
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
โอกาส	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

Form A (Instantaneous water heater technology)

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนในอนาคต

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

1. ท่านมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อน

   ❒ ใช่ ในช่วงเวลา 1 – 5 ปี

   ❒ ใช่ ในช่วงเวลา 5 – 10 ปี

   ❒ ใช่ ยังไม่ทราบเวลาที่แน่ชัด

   ❒ ไม่ใช่

2. หากท่านสนใจที่จะเปลี่ยนเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อน ท่านสนใจเทคโนโลยีใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

   ❒ เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

   ❒ อื่นๆ ระบุ .....

3. โปรดให้คะแนน แต่ละปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนของท่าน

	มาก			น้อย	ไม่มีความสำคัญ
การประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้น	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นของเทคโนโลยีใหม่	❒	❒	❒	❒	❒	❒
เทคโนโลยีใหม่จัดเป็นพลังงานทดแทน	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ประหยัดค่าไฟเพิ่มมากขึ้น	❒	❒	❒	❒	❒	❒
การลงทุนสูง	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ไม่มีความรู้ที่ดีสำหรับเทคโนโลยีใหม่	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ไม่สนับสนุน/สนใจ ในเทคโนโลยีใหม่ๆ	❒	❒	❒	❒	❒	❒
หาซื้อยากในประเทศไทย	❒	❒	❒	❒	❒	❒
ช่างชำนาญการมีน้อยในประเทศไทย	❒	❒	❒	❒	❒	❒

Form B (Solar water heater)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดแข็ง

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดแข็ง (Strengths) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (Energy consumption and bills saving)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีกำลังไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากใช้ใช้พลังงานจากธรรมชาติ (แสงอาทิตย์) ถือเป็นอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างหนึ่ง ทำให้สามารถลดค่าไฟได้ในปริมาณมาก
- **ลดการปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2/GHG emission reduction)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิส ทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ซึ่งถือเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน
- **คืนทุนเร็ว (Short payback period)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีจุดคุ้มทุนสั้น สามารถคืนทุนได้ในเวลาไม่กี่ปี

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ลดการปล่อยคาร์บอน
ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	คืนทุนเร็ว
ลดการปล่อยคาร์บอน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	คืนทุนเร็ว

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดอ่อน

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดอ่อน (Weaknesses) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ลงทุนสูง (High initial cost)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีราคาสูง โดยเฉพาะสำหรับธุรกิจโรงแรมซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน จึงถือเป็นการลงทุนสูงมาก
- **การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร (Installation depend on building characteristic)** การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องคำนึงต้องอายุของอาคาร ลักษณะของหลังคาที่จะติดตั้ง รวมทั้งต้องใช้พื้นที่กว้างสำหรับการติดตั้ง
- **ต้องมีระบบสำรอง (Need back-up heating system)** การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีระบบ back-up เพราะข้อจำกัดของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตน้ำร้อนได้ในเวลากลางคืน อีกทั้งในบางช่วงเวลาที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน				สำคัญมากกว่า	
ลงทุนสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร
ลงทุนสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ต้องมีระบบสำรอง
การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ต้องมีระบบสำรอง

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ โอกาส

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดโอกาส (Opportunities) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ (Financial support by government)** ปัจจุบันรัฐบาลสนับสนุนโครงการและอุปกรณ์ต่างๆที่ลดการใช้พลังงาน ดังนั้นการหันมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนจากรัฐบาลได้บางส่วนในรูปแบบต่างๆ
- **บรรลุเป้าหมายนโยบาย (Contribute to policy targets)** การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ถือเป็นการลดพลังงานซึ่งถือเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการลดใช้พลังงาน
- **ได้รับเงินจากโครงการ CDM (Benefit from CDM)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเข้าร่วมโครงการขายคาร์บอนติต ดังนั้นเจ้าของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่สามารถเข้าร่วมโครงการนี้ได้

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน				สำคัญมากกว่า	
การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	บรรลุเป้าหมายนโยบาย
การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ได้รับเงินจากโครงการ CDM
บรรลุเป้าหมายนโยบาย	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ได้รับเงินจากโครงการ CDM

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ อุปสรรค

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดอุปสรรค (Threats) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ช่างชำนาญการน้อย (Lack of knowledge about technology among installers)** ความรู้ความสามารถของช่างชำนาญการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีน้อย
- **ไม่เป็นที่นิยม (Not widespread in Thailand)** เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เป็นที่นิยมสำหรับคนไทย
- **ผู้บริโภคไม่มีความรู้ (No user awareness about technology)** ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
ช่างชำนาญการน้อย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ไม่เป็นที่นิยม
ช่างชำนาญการน้อย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผู้บริโภคไม่มีความรู้
ไม่เป็นที่นิยม	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผู้บริโภคไม่มีความรู้

Form B (Solar water heater)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของปัจจัย

จุดแข็ง - ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ - ลดการปล่อยคาร์บอน - คืนทุนเร็ว	จุดอ่อน - ราคาสูง - การติดตั้งขึ้นอยู่กับอาคาร - ต้องมีระบบสำรอง
โอกาส - การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ - บรรลุเป้าหมายนโยบาย - ได้รับเงินจากโครงการ CDM	อุปสรรค - ช่างชำนาญการน้อย - ไม่เป็นที่นิยม - ผู้บริโภคไม่มีความรู้

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	จุดอ่อน
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
โอกาส	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

Form B (Solar water heater)

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนของท่าน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

1. เครื่องทำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของท่าน

   ❒ ถูกเปลี่ยนมาจากเดิม ซึ่งเดิมมีใช้เทคโนโลยีแบบไฟฟ้า

   ❒ เป็นการติดตั้งตั้งแต่เริ่มประกอบการ (ข้ามข้อ 2)

2. การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของท่าน ทำมาแล้วภายในเวลากี่ปี

   ❒ มากกว่า 5 ปี ❒ ในช่วง 1 – 5 ปี

3. เหตุผลสำคัญในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ของท่าน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ สนใจพลังงานทดแทน/พลังงานทางเลือก

   ❒ ได้รับการโน้มน้าวใจ/ชักจูง/คำแนะนำ จากตัวแทนขาย

   ❒ ทราบข้อมูลของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนเป็นอย่างดี

   ❒ ได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากรัฐบาล

   ❒ อื่นๆ ระบุ.....

4. ระดับความพึงพอใจของท่านต่อเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พร้อมเหตุผลสั้นๆ

มาก				น้อย	ไม่พึงพอใจ
❒	❒	❒	❒	❒	❒

เหตุผลสั้นๆ

Form C (Heat pump)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดแข็ง

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดแข็ง (Strengths) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ (Energy consumption and bills saving)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีกำลังไฟฟ้าต่ำ สามารถผลิตน้ำร้อนโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากหลายแหล่ง เช่น น้ำ อากาศ หรือพื้นดิน โดยไม่ใช้ไฟฟ้า ทำให้ถือเป็นอุปกรณ์ที่ประหยัดพลังงานชนิดหนึ่ง สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้
- **ลดการปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2/GHG emission reduction)** เนื่องจากเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้า ทำให้ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งถือเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน
- **ผลพลอยได้คือความเย็น (Cool air as by-product)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีการปลดปล่อยความเย็นควบคู่กับการผลิตความร้อน ดังนั้น ความเย็นที่ได้ถือเป็นผลพลอยได้จากการใช้งาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ลดการปล่อยคาร์บอน
ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผลพลอยคือความเย็น
ลดการปล่อยคาร์บอน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผลพลอยคือความเย็น

Form C (Heat pump)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ จุดอ่อน

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดจุดอ่อน (Weaknesses) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ลงทุนสูง (High initial cost)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มมีราคาสูง โดยเฉพาะสำหรับธุรกิจโรงแรมซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้เป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน จึงถือเป็นการลงทุนสูงมาก
- **ต้องใช้สารทำความเย็น (Refrigerant needed)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำเป็นต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ซึ่งสารทำความเย็นบางชนิดสามารถทำลายชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้
- **การติดตั้งซับซ้อน (Complicated installation)** การติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มจำเป็นต้องออกแบบระบบท่อส่งน้ำอีกทั้งการออกแบบการจัดวางในพื้นที่ รวมถึงอุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ ชุดควบคุมและวัดความดัน เป็นต้น

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
ลงทุนสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ต้องใช้สารทำความเย็น
ลงทุนสูง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	การติดตั้งซับซ้อน
ต้องใช้สารทำความเย็น	o	o	o	o	o	o	o	o	o	การติดตั้งซับซ้อน

Form C (Heat pump)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ โอกาส

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดโอกาส (Opportunities) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ (Financial support by government)** ปัจจุบันรัฐบาลสนับสนุนโครงการและอุปกรณ์ต่างๆที่ลดการใช้พลังงาน ดังนั้นการหันมาใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มสามารถได้รับเงินสนับสนุนการลงทุนจากรัฐบาลได้บางส่วนในรูปแบบต่างๆ
- **บรรลุเป้าหมายนโยบาย (Contribute to policy targets)** การใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มถือเป็นการลดพลังงานซึ่งถือเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการลดใช้พลังงาน
- **ได้รับเงินจากโครงการ CDM (Benefit from CDM)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มสามารถเข้าร่วมโครงการขายคาร์บอนดิต ดังนั้นเจ้าของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่สามารถเข้าร่วมโครงการนี้ได้

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	บรรลุเป้าหมายนโยบาย
การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ได้รับเงินจากโครงการ CDM
บรรลุเป้าหมายนโยบาย	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ได้รับเงินจากโครงการ CDM

Form C (Heat pump)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

แบบสอบถามสำหรับ อุปสรรค

คำจำกัดความ

ผู้วิจัยได้กำหนดอุปสรรค (Threats) ของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม ไว้ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ได้แก่

- **ช่างชำนาญการน้อย (Lack of knowledge about technology among installers)** ความรู้ความสามารถของช่างชำนาญการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มในประเทศไทยมีน้อย
- **ไม่เป็นที่นิยม (Not widespread in Thailand)** เครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มไม่เป็นที่นิยมสำหรับคนไทย
- **ผู้บริโภคไม่มีความรู้ (No user awareness about technology)** ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ไม่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
ช่างชำนาญการน้อย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ไม่เป็นที่นิยม
ช่างชำนาญการน้อย	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผู้บริโภคไม่มีความรู้
ไม่เป็นที่นิยม	o	o	o	o	o	o	o	o	o	ผู้บริโภคไม่มีความรู้

Form C (Heat pump)

เทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม –จุดแข็ง, จุดอ่อน, โอกาส และอุปสรรค

การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของปัจจัย

จุดแข็ง - ประหยัดพลังงาน+ค่าไฟ - ลดการปล่อยคาร์บอน - ผลพลอยได้คือความเย็น	จุดอ่อน - ราคาสูง - ต้องใช้สารทำความเย็น - การติดตั้งซับซ้อน
โอกาส - การสนับสนุนทางการเงินของรัฐ - บรรลุเป้าหมายนโยบาย - ได้รับเงินจากโครงการ CDM	อุปสรรค - ช่างชำนาญการน้อย - ไม่เป็นที่นิยม - ผู้บริโภคไม่มีความรู้

โปรดลงความเห็นในช่องที่ท่านเห็นสมควร

	สำคัญมากกว่า				มีความสำคัญเท่ากัน			สำคัญมากกว่า		
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	จุดอ่อน
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดแข็ง	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	โอกาส
จุดอ่อน	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค
โอกาส	o	o	o	o	o	o	o	o	o	อุปสรรค

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

Form C (Heat pump)

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนของท่าน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

1. เครื่องทำร้อนแบบฮีทปั๊มของท่าน

   ❒ ถูกเปลี่ยนมาจากเดิม ซึ่งเดิมมีใช้เทคโนโลยีแบบไฟฟ้า

   ❒ เป็นการติดตั้งตั้งแต่เริ่มประกอบการ (ข้ามข้อ 2)

2. การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของท่าน ทำมาแล้วภายในเวลากี่ปี

   ❒ มากกว่า 5 ปี ❒ ในช่วง 1 – 5 ปี

3. เหตุผลสำคัญในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊มของท่าน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ สนใจพลังงานทดแทน/พลังงานทางเลือก

   ❒ ได้รับการโน้มน้าวใจ/ชักจูง/คำแนะนำ จากตัวแทนขาย

   ❒ ทราบข้อมูลของเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนเป็นอย่างดี

   ❒ ได้รับการสนับสนุนทางการเงินจากรัฐบาล

   ❒ อื่นๆ ระบุ.....

4. ระดับความพึงพอใจของท่านต่อเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำร้อนแบบฮีทปั๊ม พร้อมเหตุผลสั้นๆ

มาก				น้อย	ไม่พึงพอใจ
❒	❒	❒	❒	❒	❒

เหตุผลสั้นๆ

ตัวอย่าง Source code ของโปรแกรม AWH cal

```
<Global.Microsoft.VisualBasic.CompilerServices.DesignerGenerated()>
Partial Class Form1
   Inherits System.Windows.Forms.Form

   'Form overrides dispose to clean up the component list.
   <System.Diagnostics.DebuggerNonUserCode()>
   Protected Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As Boolean)
      Try
         If disposing AndAlso components IsNot Nothing Then
            components.Dispose()
         End If
      Finally
         MyBase.Dispose(disposing)
      End Try
   End Sub

   'Required by the Windows Form Designer
   Private components As System.ComponentModel.IContainer

   'NOTE: The following procedure is required by the Windows Form Designer
   'It can be modified using the Windows Form Designer.
   'Do not modify it using the code editor.
   <System.Diagnostics.DebuggerStepThrough()>
   Private Sub InitializeComponent()
      Dim resources As System.ComponentModel.ComponentResourceManager = New
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(GetType(Form1))
      Me.TabControl1 = New System.Windows.Forms.TabControl()
      Me.TabPage1 = New System.Windows.Forms.TabPage()
      Me.Label1 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.TabPage2 = New System.Windows.Forms.TabPage()
      Me.Button3 = New System.Windows.Forms.Button()
      Me.Button_คำนวณ = New System.Windows.Forms.Button()
      Me.Label17 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label16 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label15 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label14 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label13 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label12 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label11 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label10 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.TextBox8 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox7 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox6 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox5 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox4 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox3 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox2 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.TextBox1 = New System.Windows.Forms.TextBox()
      Me.Label9 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label8 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label7 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label6 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label5 = New System.Windows.Forms.Label()
      Me.Label4 = New System.Windows.Forms.Label()
```

```
Me.Label3 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.Label2 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.TabPage3 = New System.Windows.Forms.TabPage()
Me.Button4 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Button2 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Label22 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.Label18 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.Label19 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.TextBox9 = New System.Windows.Forms.TextBox()
Me.TextBox10 = New System.Windows.Forms.TextBox()
Me.Label20 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.Label21 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.TabPage4 = New System.Windows.Forms.TabPage()
Me.Cnum00 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.ResultCal = New System.Windows.Forms.TextBox()
Me.CAdd = New System.Windows.Forms.Button()
Me.CMulti = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Csub = New System.Windows.Forms.Button()
Me.CDivide = New System.Windows.Forms.Button()
Me.CEqual = New System.Windows.Forms.Button()
Me.CPoint = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum0 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum3 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum2 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum1 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum6 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum5 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum4 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum9 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum8 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Cnum7 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.CCE = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Button1 = New System.Windows.Forms.Button()
Me.Label23 = New System.Windows.Forms.Label()
Me.TabControl1.SuspendLayout()
Me.TabPage1.SuspendLayout()
Me.TabPage2.SuspendLayout()
Me.TabPage3.SuspendLayout()
Me.TabPage4.SuspendLayout()
Me.SuspendLayout()
'
'TabControl1
'
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage1)
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage2)
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage3)
Me.TabControl1.Controls.Add(Me.TabPage4)
Me.TabControl1.Location = New System.Drawing.Point(12, 12)
Me.TabControl1.Name = "TabControl1"
Me.TabControl1.SelectedIndex = 0
Me.TabControl1.Size = New System.Drawing.Size(560, 368)
Me.TabControl1.TabIndex = 0
'
'TabPage1
'
Me.TabPage1.Controls.Add(Me.Label1)
Me.TabPage1.Location = New System.Drawing.Point(4, 22)
```

```
        Me.TabPage1.Name = "TabPage1"
        Me.TabPage1.Padding = New System.Windows.Forms.Padding(3)
        Me.TabPage1.Size = New System.Drawing.Size(552, 342)
        Me.TabPage1.TabIndex = 0
        Me.TabPage1.Text = "Home"
        Me.TabPage1.UseVisualStyleBackColor = True
        '
        'Label1
        '
        Me.Label1.AutoSize = True
        Me.Label1.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 16.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label1.Location = New System.Drawing.Point(22, 41)
        Me.Label1.Name = "Label1"
        Me.Label1.Size = New System.Drawing.Size(522, 162)
        Me.Label1.TabIndex = 0
        Me.Label1.Text = resources.GetString("Label1.Text")
        Me.Label1.TextAlign = System.Drawing.ContentAlignment.MiddleLeft
        '
        'TabPage2
        '
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label23)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Button3)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Button_คำนวณ)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label17)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label16)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label15)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label14)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label13)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label12)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label11)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label10)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox8)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox7)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox6)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox5)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox4)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox3)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox2)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.TextBox1)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label9)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label8)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label7)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label6)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label5)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label4)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label3)
        Me.TabPage2.Controls.Add(Me.Label2)
        Me.TabPage2.Location = New System.Drawing.Point(4, 22)
        Me.TabPage2.Name = "TabPage2"
        Me.TabPage2.Padding = New System.Windows.Forms.Padding(3)
        Me.TabPage2.Size = New System.Drawing.Size(552, 342)
        Me.TabPage2.TabIndex = 1
        Me.TabPage2.Text = "HP cal"
        Me.TabPage2.UseVisualStyleBackColor = True
        '
        'Button3
```

```
        '
        Me.Button3.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 15.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Button3.Location = New System.Drawing.Point(150, 307)
        Me.Button3.Name = "Button3"
        Me.Button3.Size = New System.Drawing.Size(100, 29)
        Me.Button3.TabIndex = 24
        Me.Button3.Text = "เริ่มใหม่"
        Me.Button3.UseVisualStyleBackColor = True
        '
        'Button_คำนวณ
        '
        Me.Button_คำนวณ.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 15.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Button_คำนวณ.Location = New System.Drawing.Point(285, 307)
        Me.Button_คำนวณ.Name = "Button_คำนวณ"
        Me.Button_คำนวณ.Size = New System.Drawing.Size(100, 29)
        Me.Button_คำนวณ.TabIndex = 23
        Me.Button_คำนวณ.Text = "คำนวณ"
        Me.Button_คำนวณ.UseVisualStyleBackColor = True
        '
        'Label17
        '
        Me.Label17.AutoSize = True
        Me.Label17.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label17.Location = New System.Drawing.Point(369, 264)
        Me.Label17.Name = "Label17"
        Me.Label17.Size = New System.Drawing.Size(31, 23)
        Me.Label17.TabIndex = 22
        Me.Label17.Text = "ลิตร"
        '
        'Label16
        '
        Me.Label16.AutoSize = True
        Me.Label16.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label16.Location = New System.Drawing.Point(369, 234)
        Me.Label16.Name = "Label16"
        Me.Label16.Size = New System.Drawing.Size(44, 23)
        Me.Label16.TabIndex = 21
        Me.Label16.Text = "ชั่วโมง"
        '
        'Label15
        '
        Me.Label15.AutoSize = True
        Me.Label15.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label15.Location = New System.Drawing.Point(369, 204)
        Me.Label15.Name = "Label15"
        Me.Label15.Size = New System.Drawing.Size(49, 23)
        Me.Label15.TabIndex = 20
        Me.Label15.Text = "ช่วง/วัน"
        '
        'Label14
```

```
        '
        Me.Label14.AutoSize = True
        Me.Label14.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label14.Location = New System.Drawing.Point(369, 174)
        Me.Label14.Name = "Label14"
        Me.Label14.Size = New System.Drawing.Size(44, 23)
        Me.Label14.TabIndex = 19
        Me.Label14.Text = "ชั่วโมง"
        '
        'Label13
        '
        Me.Label13.AutoSize = True
        Me.Label13.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label13.Location = New System.Drawing.Point(369, 114)
        Me.Label13.Name = "Label13"
        Me.Label13.Size = New System.Drawing.Size(85, 23)
        Me.Label13.TabIndex = 18
        Me.Label13.Text = "องศาเซลเซียส"
        '
        'Label12
        '
        Me.Label12.AutoSize = True
        Me.Label12.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label12.Location = New System.Drawing.Point(369, 144)
        Me.Label12.Name = "Label12"
        Me.Label12.Size = New System.Drawing.Size(85, 23)
        Me.Label12.TabIndex = 18
        Me.Label12.Text = "องศาเซลเซียส"
        '
        'Label11
        '
        Me.Label11.AutoSize = True
        Me.Label11.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label11.Location = New System.Drawing.Point(369, 84)
        Me.Label11.Name = "Label11"
        Me.Label11.Size = New System.Drawing.Size(75, 23)
        Me.Label11.TabIndex = 17
        Me.Label11.Text = "ลิตร/ห้อง/วัน"
        '
        'Label10
        '
        Me.Label10.AutoSize = True
        Me.Label10.Font = New System.Drawing.Font("Browallia New", 14.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.Label10.Location = New System.Drawing.Point(369, 54)
        Me.Label10.Name = "Label10"
        Me.Label10.Size = New System.Drawing.Size(33, 23)
        Me.Label10.TabIndex = 16
        Me.Label10.Text = "ห้อง"
        '
        'TextBox8
        '
```

```
        Me.TextBox8.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.TextBox8.Location = New System.Drawing.Point(245, 266)
        Me.TextBox8.Name = "TextBox8"
        Me.TextBox8.Size = New System.Drawing.Size(100, 21)
        Me.TextBox8.TabIndex = 15
        Me.TextBox8.TextAlign = System.Windows.Forms.HorizontalAlignment.Right
        '
        'TextBox7
        '
        Me.TextBox7.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.TextBox7.Location = New System.Drawing.Point(245, 236)
        Me.TextBox7.Name = "TextBox7"
        Me.TextBox7.Size = New System.Drawing.Size(100, 21)
        Me.TextBox7.TabIndex = 14
        Me.TextBox7.TextAlign = System.Windows.Forms.HorizontalAlignment.Right
        '
        'TextBox6
        '
        Me.TextBox6.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.TextBox6.Location = New System.Drawing.Point(245, 206)
        Me.TextBox6.Name = "TextBox6"
        Me.TextBox6.Size = New System.Drawing.Size(100, 21)
        Me.TextBox6.TabIndex = 13
        Me.TextBox6.TextAlign = System.Windows.Forms.HorizontalAlignment.Right
        '
        'TextBox5
        '
        Me.TextBox5.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.TextBox5.Location = New System.Drawing.Point(245, 176)
        Me.TextBox5.Name = "TextBox5"
        Me.TextBox5.Size = New System.Drawing.Size(100, 21)
        Me.TextBox5.TabIndex = 12
        Me.TextBox5.TextAlign = System.Windows.Forms.HorizontalAlignment.Right
        '
        'TextBox4
        '
        Me.TextBox4.Font = New System.Drawing.Font("Microsoft Sans Serif", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Regular, System.Drawing.GraphicsUnit.Point, CType(0, Byte))
        Me.TextBox4.Location = New System.Drawing.Point(245, 146)
        Me.TextBox4.Name = "TextBox4"
        Me.TextBox4.Size = New System.Drawing.Size(100, 21)
        Me.TextBox4.TabIndex = 11
        Me.TextBox4.TextAlign = System.Windows.Forms.HorizontalAlignment.Right
        '
        'TextBox3
        '
```

Source code ตัวจริงของโปรแกรม ถือเป็นลิขสิทธิ์ของ พวอ. ร่วมกับบริษัท Advance Thermo Solution Co., Ltd. (เลขที่สัญญา 58I0032)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวศุทธินี จริงจิตร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 54109030026

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2552
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา

ทุน OeAD Scholarship “Sandwich Program” ประจำปี พ.ศ. 2555

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปี พ.ศ. 2557

ทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ. ป.เอก) ประจำปี พ.ศ. 2558

การเผยแพร่ผลงาน

Suttinee Jingjit and Kua-anan Techato, Designing Program for Decision Making of Alternative Water Heater Technology in Hotel Sector, International Conference on Sustainable Energy Management for mitigation and adaptation on Climate Change, 17 August 2017, Hatyai, Songkhla, Thailand

Suttinee Jingjit and Kua-anan Techato, “A Case Study of Success in Phasing out Policy of Instantaneous Water Heater in Australia and Feasibility in Thailand,” 2nd International Conference on Marketing, Business and Trade (ICMBT 2016), 29 – 31 December 2016, Tokyo, Japan.

Kuaanan Techato and Suttinee Jingjit. Framework for phasing out electric shower water heater for Thailand. 5th International Conference on Sustainable Energy and Environmental (SEE 2014) Science, Technology and Innovation for ASEAN Green Growth. Bangkok. Thailand. 19-21 November 2014

Jingjit, S. and Techato, K. 2016. The Economic Analysis of Water Heating Technology in Thailand. *Asia Pacific Journal of Science and Technology*. 21(4): 66-73.

Suttinee Jingjit and Kua-anan Techato, "A Case Study of Success in Phasing out Policy of Instantaneous Water Heater in Australia and Feasibility in Thailand," International Journal of Trade, Economics and Finance vol.8, no.1, pp. 38-43, 2017.

Jingjit, S., Brudermann, T., Techato, K. and Aschemann, R. Alternative Water Heating Technologies replaced Instantaneous Water Heater in Hotel Sector –a SWOT-AHP Analysis. [In progress]

Jingjit, S., Techato, K., Muyeen, M. and Islam, S. Application of Sensitivity Analysis and Monte Carlo Approach for Water Heater Technology Changing: Case Study of a Hotel in Thailand. [In progress]