

๒๒. ๓๑๓๗

๕๖๕๗๐

๕.๒

การเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยโดยวิธีวิเคราะห์
กระบวนการเชิงลำดับชั้น

๑๑๑๑๑ ๒๕๕๓



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
พฤษภาคม ๒๕๕๓
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๕๒๑-๖๑๑๖๗

๗๖๖๗ ๗

๗.๒

การเลือกนวนก้นความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยโดยวิธีวิเคราะห์
กระบวนการเชิงลำดับชั้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
พฤษภาคม ๒๕๕๓

รัฐยศ ช้วนรักธรรม. (2553). การเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยโดยวิธีวิเคราะห์
กระบวนการเชิงลำดับชั้น. ปรินูญานิพนธ์. วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม) กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ,
ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล.

ในสังคมปัจจุบันผู้คนได้ให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดย
ได้หันมาใส่ใจในการลดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยและเพิ่มความสนใจในการใช้พลังงานอย่างมี
ประสิทธิภาพ ฉนวนสำหรับกรอบอาคารเป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถจะช่วยให้การลดการใช้
พลังงานของอาคารได้ โดยฉนวนสำหรับกรอบอาคารนั้นจะทำหน้าที่หลักในการป้องกันความร้อน
จากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร หากได้รับการเลือกใช้อย่างเหมาะสมนอกเหนือไปจากจะทำให้เกิดการ
ลดการใช้พลังงานของอาคารนั้นๆแล้ว ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าวัสดุทำฉนวน
ค่าบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารหลังจากมีการติดตั้งฉนวนกรอบอาคารได้อีก
ด้วย แต่เนื่องจากการตัดสินใจเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประกอบไปด้วย
ปัจจัยหลากหลาย ทั้งชนิด คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวน และราคา เป็นต้น ส่งผลให้
การตัดสินใจในการเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานทำได้ยุ่งยากและมีความ
ซับซ้อน ในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกฉนวนเพื่อใช้สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยนั้นยังไม่
ปรากฏ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกฉนวน
กรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP) และเพื่อให้
ได้มาซึ่งแบบจำลอง งานวิจัยในครั้งนี้จึงทำการรวบรวมแนวคิดและทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อ
การเลือกใช้ฉนวนจากบทสัมภาษณ์และแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกได้รับ
ความสะดวกและสามารถเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารได้อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์และเกิด
ประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

SELECTION OF THERMAL INSULATION FOR RESIDENTIAL BUILDINGS
USING AHP METHOD

AN ABSTRACT
BY
RATTAYOT CHUANRAKTHAM



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master Degree of Engineering Management
at Srinakharinwirot University
May 2010

Rattayot Chuanraktham. (2010). *Selection of Thermal Insulation for residential buildings using AHP method*. Master thesis, M.Eng. (Engineering Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. ajaree supasuteekul, Asst.Prof.Pathomthat Chiradeja

Nowadays people pay much more attention on energy conservation by carefully reducing the waste use of energy and increasing the interest of using energy efficiently. The use of building insulator is one of the methods to reduce the energy consumption rate of the building as the insulator plays a major part in preventing the heat transfer from outside into the building. The appropriate selection of building insulator not only help reducing the energy consumption rate of that building but also could help lowering the expense from material, maintenance, and energy consumption after installation. The selection of building insulator for energy conservation is, however, found to be difficult and complicated. Currently, there is still no research on selection of insulators for building construction. Thus, this research aims to develop a model for selecting the building insulator for energy conservation by using Analytic Hierarchy Process (AHP) method. In order to achieve the selection model, the research focuses on data collection and analyzing the factor influences the selection of building insulator from experts. The use of this selection model could assists consumer on selecting insulator for the building that best suit their needs and most efficient.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การเลือกนนวนกันความร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยโดยวิธีวิเคราะห์กระบวนการเชิงลำดับชั้น
ของ
รัฐศ ชวนรักธรรม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ 27 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วุฒิไกร งามศิริจิตต์)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จเรียบร้อยได้ก็ด้วยความเสียสละ ความอนุเคราะห์ และน้ำใจจากบุคคลหลายฝ่าย ตลอดจนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและการทำวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในการกรุณาของทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ทุกท่านคือ ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ และดร.อาจารย์ สุภัสร์กุล ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้แนวคิด และช่วยตรวจแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งเขียนวิทยานิพนธ์สำเร็จเป็นรูปเล่ม

ขอขอบพระคุณในความเอื้อเฟื้อของคุณธีรพงษ์ หนันทุม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเอกสารคำแนะนำต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัย และนายศรัณย์ ชวนรักธรรม พี่ชาย ที่ให้คำปรึกษาแนวคิดและกำลังใจในการทำงานวิจัย รวมไปถึงเพื่อนและพี่ที่เรียนด้วยกันที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการทางวิศวกรรม (พลังงานและสิ่งแวดล้อม) ที่ให้กำลังใจและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ด้วยดีเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ กราบขอบพระคุณ พ่อสุขุมและแม่สุวดี ชวนรักธรรม บุพการีผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับผู้วิจัย

รัฐยศ ชวนรักธรรม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ปัจจัยที่ทำให้อาคารมีการประหยัดพลังงาน.....	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
2 งานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง.....	3
งานวิจัยและการประยุกต์ใช้ด้าน A H P.....	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านฉนวนและกรอบอาคาร.....	6
กฎกระทรวง.....	10
3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
การศึกษาเรื่องฉนวน.....	13
การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน.....	22
วิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น.....	27
4 ขั้นตอนการค้นคว้าวิจัยและการเก็บข้อมูล.....	31
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	31
กลุ่มตัวอย่าง.....	33
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	33
5 ผลการวิจัย.....	35
โครงการบ้านที่เข้าร่วมโครงการงานวิจัย.....	35
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
การสรุปข้อมูล.....	36
สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร.....	37
การเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
ผลการคำนวณโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์.....	41

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
สรุปการเลือกถนนจากการคำนวณ.....	46
ค่าความคลาดเคลื่อน.....	48
การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน.....	48
สรุปผลการคำนวณค่า RTTV และ OTTV.....	51
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	52
บทสรุป.....	52
ข้อเสนอแนะ.....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	57
ภาคผนวก ก.....	58
ภาคผนวก ข.....	81
ภาคผนวก ค.....	89
ภาคผนวก ง.....	92
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	100

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนสำหรับงานก่อสร้าง.....	39
2 ความหมายของแต่ละปัจจัยหลัก.....	40
3 หน้าหนักของปัจจัยต่างๆในส่วนของคุณสมบัติ.....	42
4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง.....	43
5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา.....	44
6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทน.....	45
7 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวน.....	46
8 ฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัย.....	47



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การเปรียบเทียบการออกแบบอาคาร.....	15
2 ฉนวนใยแก้ว.....	17
3 ฉนวนใยแร่.....	18
4 ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน.....	19
5 ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน.....	20
6 โฟมชนิดยืดหยุ่น.....	21
7 ฉนวนเคลือบซีเมนต์.....	22
8 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้น จากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด.....	24
9 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย วัสดุ n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน.....	25
10 ตัวอย่างของแผนภูมิลำดับชั้นหรือแบบจำลองของการตัดสินใจ.....	28
11 สรุปขั้นตอนของ AHP.....	30
12 รูปตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น.....	32
13 รูปตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น.....	41
14 แสดงสัดส่วนน้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของคุณสมบัติ.....	42
15 แสดงสัดส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง.....	43
16 แสดงสัดส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา.....	44
17 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทน.....	45
18 แสดงสัดส่วนของฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัย.....	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในสังคมปัจจุบันผู้คนได้ให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยได้หันมาใส่ใจในการลดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยและเพิ่มความสนใจในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ฉนวนสำหรับกรอบอาคารเป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานของอาคารได้ โดยฉนวนสำหรับกรอบอาคารนั้นจะทำหน้าที่หลักในการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร หากได้รับการเลือกใช้อย่างเหมาะสมนอกเหนือไปจากจะทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานของอาคารนั้นๆแล้ว ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากค่าวัสดุทำฉนวน ค่าบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารหลังจากมีการติดตั้งฉนวนกรอบอาคารได้อีกด้วย แต่เนื่องจากการตัดสินใจเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานประกอบไปด้วยปัจจัยหลากหลาย ทั้งชนิดคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวน และราคา เป็นต้น ส่งผลให้การตัดสินใจในการเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานทำได้ยุ่งยากและมีความซับซ้อน ในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกฉนวนเพื่อใช้สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยนั้นยังไม่ปรากฏ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกฉนวนกรอบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP) และเพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลอง งานวิจัยในครั้งนี้จึงทำการรวบรวมแนวคิดและทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนจากบทสัมภาษณ์และแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกได้รับความสะดวกและสามารถเลือกใช้ฉนวนกรอบอาคารได้อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์และเกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อนำเสนอแบบจำลองในการพิจารณาในการตัดสินใจเลือกฉนวน
2. เพื่อต้องการชี้ให้เห็นถึงตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจของการเลือกใช้ฉนวน
3. ช่วยลดต้นทุนของการใช้พลังงานจากการเลือกใช้ฉนวน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อต้องการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิด
2. เพื่อต้องการสร้างแบบจำลองช่วยในการตัดสินใจของการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน
3. เพื่อนำฉนวนแต่ละชนิดมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองในการพิจารณาตัดสินใจการเลือกใช้นวนกันความร้อนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย
2. ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้นวนกันความร้อน
3. ช่วยในการลดต้นทุนจากการใช้พลังงาน



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในส่วนของรายงานบทนี้จะกล่าวถึงบทความหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของฉนวน กรอบอาคาร หรือในส่วนของการจัดการ ดังนั้นจึงจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ทั้งหมด 2 กลุ่มคือ งานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง ด้าน Analytic Hierarchy Processing งานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้องด้านฉนวนและกรอบอาคารและงานวิจัย

2.1 งานวิจัยและการประยุกต์ใช้ด้าน Analytic Hierarchy Processing

นายฐนัย สุทธิวงศ์รัชต์ได้ทำ การวิจัยครั้งนี้เพื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการการดำเนินงานทางด้านการจัดการวัตถุดิบ (ปีที่พิมพ์ 2543) ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นขั้นตอนแรกในการที่จะนำวัตถุดิบต่าง ๆ ไปดำเนินงานทางด้านการจัดการในการดำเนินงานทางด้านวัตถุดิบมีหน้าที่หลักของการทำงานมีขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มตั้งแต่มีความต้องการวัตถุดิบการสรรหา การสั่งซื้อ การลำเลียงขนส่งในการดำเนินการ ดังนั้นเราจะต้องมีการวางแผนในการทำงานดำเนินการจัดหาวัตถุดิบที่มีอยู่ตรงและเพียงพอต่อความต้องการ แต่การดำเนินการทางด้านการจัดการวัตถุดิบนั้นมีสาเหตุหลายอย่างที่เราจำเป็นต้องทำการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้น เราจึงนำวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้นทางด้านการจัดการวัตถุดิบ (Analytic Hierarchy Processing หรือ A.H.P.) มาช่วยดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เราได้มีการพิจารณาจากประสบการณ์ขั้นต้น พบว่า การปรับเปลี่ยนแผนแสดงรายการวัตถุดิบ (Bill of Materials หรือ B.O.M.) เป็นสาเหตุของปัญหา ซึ่งวิธีการของ A.H.P. สามารถแสดงการวิเคราะห์และการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์แสดงผลลัพธ์การคำนวณจากการดำเนินการตัดสินใจทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ ของความสัมพันธ์ภายในอย่างเด่นชัด เราจึงได้อาศัย แนวความคิดและหลักการของ A.H.P. มาเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจให้กับผู้บริหาร

นาย ปริญญ์ บุญเกษฐได้ทำการศึกษาและทำการนำเสนอวิธีการในการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้น (Analytics Hierarchy Process, AHP) (2548) ที่สามารถนำมาช่วยกระบวนการตัดสินใจให้มีความถูกต้องและมีเหตุผลมากขึ้นรวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจแบบกลุ่ม(Group Decision Making, GDM)ได้เป็นอย่างดีโดยบทความนี้จะนำเสนอภาพรวมของวิธีการ AHP ตัวอย่างการคำนวณ AHP งานวิจัยที่ได้มีการนำเอาวิธีการ AHP มาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาโดยตรงและไปประยุกต์ร่วมกับเทคนิควิธีการอื่นๆเพื่อเพิ่มความสามารถในการ

ตัดสินใจในงานหลายด้านซึ่งผู้อ่านสามารถมองเห็นแนวทางในการนำวิธีการของ AHP ไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาทางด้านการตัดสินใจต่อไป

ธงชัย อัสตานิกได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าระดับภูมิภาค (2548) ในภาวะที่เศรษฐกิจภายในประเทศชะลอการเติบโต หรือถดถอยนั้น องค์การธุรกิจต่างๆ ส่วนใหญ่จะลดกำลังการผลิตหรือชะลอการลงทุน ส่งผลให้บางกิจการต้องปลดคนงานออก รวมทั้งแรงงานใหม่ที่เข้าสู่ตลาดแรงงาน เช่น นักศึกษาที่เพิ่งสำเร็จการศึกษามีโอกาสว่างงานมากขึ้น หนทางหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการเพิ่มงานมากขึ้นคือการเสาะหาช่องทางตลาดใหม่ๆ ในประเทศที่ยังมีอัตราการบริโภคสูงอยู่ ซึ่งอาจทำได้โดยการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าในประเทศเหล่านั้น อย่างไรก็ตามในการจัดตั้งศูนย์กระจายสินค้าในระดับภูมิภาคนั้นมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการ รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการรวบรวมและศึกษาจัดหมวดหมู่ของปัจจัยที่ถูกใช้พิจารณาเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า จากเอกสารงานวิจัยต่างๆ เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าระดับภูมิภาค และนำมาวิเคราะห์จัดลำดับโครงสร้างของปัจจัยตามหลักการของ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้จะนำไปทำการศึกษาต่อโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและวิเคราะห์ผลโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น Analytical Hierarchy Process (AHP)

นาย กิตติพงษ์ โพธิ์ธรรานนท์ได้กล่าวถึง การศึกษาวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ต้องพิจารณา และพัฒนาระบบการตัดสินใจ โดยการประยุกต์ใช้หลักการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อเลือกวัสดุทนไฟที่ใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมเหล็กสำหรับการพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจของผู้ผลิตวัสดุทนไฟขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย การกำหนดปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการเลือกผลิตภัณฑ์สำหรับการพัฒนาเกิดจากการรวบรวมปัจจัยจากบทความวิชาการด้านการบริหาร การจัดการ และการระดมสมองของคณะกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาจัดกลุ่มและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง และแผนผังแสดงความสัมพันธ์เป็นเครื่องมือหลังจากนั้นแปลงให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างลำดับชั้น สำหรับการหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทำโดยการออกแบบสอบถาม เพื่อเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ละคู่ โดยมีคณะกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำนวน 7 ท่านเป็นผู้พิจารณาเปรียบเทียบและคำนวณน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป Expert choiceสามารถสรุปปัจจัยที่สำคัญได้ 6 ปัจจัย คือ คุณภาพที่พึงประสงค์ร้อยละ 22.2ราคาขายผลิตภัณฑ์เทียบกับต้นทุนผันแปร ร้อยละ 18 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมร้อยละ 9.3 Know-howที่ใช้ในการพัฒนาร้อยละ 8.7 ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานร้อยละ 4.6 ระยะเวลาที่คู่แข่งจะพัฒนาสินค้าเทียบเท่าร้อยละ 4.2 หรือรวมน้ำหนักปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยเป็นร้อยละ 71.2 ของน้ำหนักปัจจัยทั้งหมด การกำหนดระดับคะแนนมาตรฐานในการประเมินวัสดุทนไฟที่ถูกเสนอพิจารณาให้พัฒนาให้กับทุกปัจจัยที่ต้องพิจารณา โดยอาศัยหลักการฟังก์ชันอรรถประโยชน์เพื่อให้การประเมินทางเลือกต่าง ๆ มีความชัดเจน และลดความลำเอียงของผู้ประเมิน

โดยเฉพาะปัจจัยด้านคุณภาพที่พึงประสงค์มีการพยากรณ์ความเหมาะสมกับเทคโนโลยีในอนาคตของลูกค้าแล้วแปลงให้อยู่ในรูปคุณสมบัติของวัสดุทนไฟที่สามารถวัดค่าได้ สำหรับการประมวลผลได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Expert choice ช่วยในการคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญโดยรวมของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อหาวัสดุทนไฟที่สมควรพัฒนาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรกรณีศึกษาตามลำดับความสำคัญก่อนหลังและวิเคราะห์ความไวในกรณีที่น่าหนักความสำคัญของปัจจัยเปลี่ยนไป จากการศึกษาทั้งหมดพบว่า การตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์สำหรับการพัฒนาสิ่งที่จำเป็นที่สุดคือ การกำหนดปัจจัยที่ต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเพื่อระบุปัจจัยที่สำคัญการกำหนดระดับคะแนนมาตรฐานเพื่อลดความลำเอียงของผู้ประเมิน และการประมวลผลต้องมีความชัดเจนและง่ายต่อการวิเคราะห์หาจุดอ่อนจุดแข็งของแต่ละผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาปรับปรุงในอนาคต โดยที่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สามารถตอบสนองสิ่งจำเป็นทั้งหมดได้อย่างดี

อรุณ อุ่นไธสงได้ทำการศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการสีข้าว (2549) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการสีข้าว โดยทำการศึกษาจากโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดใหญ่ในจังหวัดอุบลราชธานี การศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือการรวบรวมปัจจัยและตัวชี้วัดที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการสีข้าว โดยเริ่มจากการสำรวจข้อมูลจากบทความวิชาการ วารสาร วิทยานิพนธ์ เอกสารวิชาการและทางอินเทอร์เน็ตจากนั้นทำการระดมสมองโดยการสนทนากลุ่ม (FocusGroupDiscussion) กับผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสีข้าว แล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นแบบสอบถามเพื่อหาปัจจัยและตัวชี้วัดที่ตรง ครบคลุมและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ขั้นตอนที่2 เป็นการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและตัวชี้วัด โดยพัฒนาเป็นแบบสอบถามเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ตามแนวคิดของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process :AHP) จากนั้นประมวลผลด้วยโปรแกรม Expert Choice จากการศึกษาวิจัยพบว่าปัจจัยหลักที่มีความสำคัญ 3อันดับ ได้แก่กระบวนการขัดขาวคิดเป็นร้อยละ 20.1 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขัดขาวคิดเป็นร้อยละ 15.3และ กระบวนการขัดมันคิดเป็นร้อยละ 14.1 สำหรับปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก กระบวนการขัดขาว ที่มีความสำคัญมากที่สุดคือเกณฑ์ระดับการขัดสี คิดเป็น 42.2 เปอร์เซนต์ และตัวชี้วัดที่ส่งผลกระทบต่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการสีข้าวที่มีความสำคัญ 5 อันดับ ได้แก่คุณภาพของผลผลิตเครื่องขัดขาว คิดเป็น 15.3เปอร์เซนต์ จำนวนครั้งการขัดมันคิดเป็น 8.9 เปอร์เซนต์ ระดับการขัดสีคิดเป็น 8.4 เปอร์เซนต์ ค่าแรงกดที่กระทำต่อเมล็ดข้าวเปลือกคิดเป็น 7.8 เปอร์เซนต์ การตรวจสอบเครื่องจักรก่อนการสีข้าวคิดเป็น 6.1เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังนั้นปัจจัยและตัวชี้วัดสมรรถนะควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีในการแปรรูปข้าวเปลือก และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการสีข้าวต่อไป

2.2 งานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง ด้านฉนวนและกรอบอาคาร

รศ.ดร.สมศักดิ์ ไชยภินันท์ ได้ทำการศึกษางานวิจัยเรื่อง Development of Solar Cooling Load Factors for Fenestration in Thailand (2548) โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือ จัดหาระดับค่าแฟคเตอร์ของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ (SCL) สำหรับใช้กับหน้าต่างกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงที่เป็นส่วนหนึ่งของกรอบอาคารในประเทศไทย เพื่อใช้ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น ในส่วนของการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงที่สอดคล้องกับภูมิอากาศประเทศไทย เพื่อให้วิศวกรในสายวิชาชีพ ได้ทำการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของอาคารในประเทศไทยได้แม่นยำและสะดวก โดยไม่ต้องไปใช้โปรแกรมขนาดใหญ่ที่ซับซ้อนจากต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยส่งเสริมให้มาตรการการประหยัดพลังงานของอาคารในระดับประเทศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในรูปของค่าข้อมูลทางวิศวกรรมเฉพาะสำหรับประเทศไทยที่เป็นพื้นฐานต่อการพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้า ของระบบวิศวกรรมสาขาการปรับอากาศและการใช้พลังงานของอาคาร งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนการสร้างตารางเพื่อทำการคำนวณภาระการทำความเย็น ของกรอบอาคารที่เป็นหน้าต่างกระจกหรือวัสดุโปร่งแสง การวิจัยจะเริ่มด้วยการคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศ ออกแบบโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครที่ถูกจัดเก็บโดยกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 12 ปี และสามารถคัดเลือกได้ข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ 2 ชุด โดยที่ชุดแรกจะถูกคัดเลือกด้วยการใช้ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ของข้อมูลในแต่ละปีเป็นหลัก และชุดที่สองจะใช้ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ 0.4% ในแต่ละชั่วโมงของข้อมูลทั้งหมดเป็นหลัก และจะมีการกำหนดวัสดุกรอบอาคาร สภาพการติดตั้งห้อง และสภาพภายในห้องที่มีผลต่อการตอบสนองเชิงความร้อนเพื่อกำหนดจำนวนตัวแปร และทำการลดตัวแปรที่มีผลต่อค่าภาระการทำความเย็นในส่วนของการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์ผ่านกรอบอาคารที่เป็นหน้าต่างกระจกหรือเป็นวัสดุโปร่งแสง ให้มีจำนวนน้อยที่สุดด้วยการวิเคราะห์ค่าแอมพลิจูดและค่าการหน่วงเวลา และในแต่ละชุดของข้อมูลภูมิอากาศออกแบบจะสามารถพัฒนาตารางค่า SCL ได้ 4 ตาราง โดยที่ตารางที่พัฒนาจากข้อมูลภูมิอากาศชุดที่สองจะเหมาะ สำหรับการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด เพื่อกำหนดขนาดของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ และยังพบว่า ค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากตาราง SCL ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความแม่นยำมากพอควร และยังพบอีกว่า หากคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้ตาราง SCL สำเร็จรูปจาก ASHRAE นั้นจะให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนมากพอควรเมื่อใช้กับอาคารในประเทศไทย และเมื่อนำตารางดังกล่าวไปใช้ร่วมกับตารางค่าความแตกต่าง อุณหภูมิภาระการทำความเย็น (CLTD) ในส่วนของกรอบอาคารที่เป็นผนังทึบ จะทำให้สามารถทำการคำนวณค่า ภาระการทำความเย็นของอาคารได้อย่างแม่นยำและง่าย

ผศ. ดร.สิงห์ อินทรชูโต (2547) ได้มีแนวคิดการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะในแง่มุมมองของอุตสาหกรรมการออกแบบก่อสร้าง ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสภาพแวดล้อมสรรค์สร้าง (Built Environment) ด้วยขนาดและปริมาณมวลในภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างยังมีความต้องการใช้วัสดุต่างๆ มากถึง 40% ของจำนวนวัสดุที่ผ่านขั้นตอนการผลิตขึ้นมาในโลก ดังนั้น แนวคิดการออกแบบในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นเรื่องสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยทำการศึกษาการออกแบบอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมต้องอาศัยความต่อเนื่อง “การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมต้องอาศัยระยะเวลาและการปลูกฝังจิตสำนึกให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อมิให้กลายเป็นเพียงกระแสสังคม ซึ่งยากมากในแง่ของการปฏิบัติจริง ภาครัฐต้องมีนโยบายที่ชัดเจน มีมาตรการที่เข้มแข็ง และต้องรีบดำเนินการ ในขณะที่ผู้คนในสังคมกำลังมีความตื่นตัวในเรื่องการรักษาสภาพแวดล้อม เพื่อสร้างให้เกิดความต่อเนื่องทางความคิด” หัวใจสำคัญของการออกแบบนวัตกรรมอาคารสมัยใหม่ เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม คือ การคำนึงถึงบริบทแวดล้อมและการใช้พลังงานของอาคาร ตั้งแต่พลังงานในการผลิตวัสดุ (Embodied Energy) พลังงานระหว่างการก่อสร้าง พลังงานเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ พลังงานในการใช้อาคารและพลังงานในการรื้อถอนหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse and Recycle) ซึ่งต้องยอมรับว่าวัสดุที่เลือกใช้ในการออกแบบก่อสร้าง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม และการประหยัดพลังงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุก่อสร้างต้องผ่านกระบวนการผลิต การขนส่ง การประกอบ รวมไปถึงการทุบทำลาย รื้อถอน หรือแม้กระทั่งการนำกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิล ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง จึงเป็นหัวใจหนึ่งของการออกแบบนวัตกรรมอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม

กัญจน์ พิเชษฐศิลป์ (2545) มีการศึกษางานวิจัยในส่วนของแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารซึ่งผนังเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคารที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคาร จึงควรมีการปรับปรุงระบบผนังอาคารโดยสามารถทำได้หลายแนวทาง การใช้ฉนวนกันความร้อนเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ในการลงทุน ดังนั้นในงานวิจัยเพื่อปรับปรุงผนังอาคารเดิมจึงนำเอาฉนวนกันความร้อนมาใช้ร่วมกับผนังอาคาร ซึ่งเป็นผนังที่มีความนิยมในงานก่อสร้างปัจจุบันและมีแนวโน้มจะใช้ต่อไปในอนาคต ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังมวลเบา ในงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหารูปแบบในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่างๆ กับผนังทดสอบ 2 ชนิด ทั้ง 4 ทิศของอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งหาความหนาที่เหมาะสม และทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน โดยพิจารณาจากตัวแปรด้านอุณหภูมิ ประกอบกับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1) ทำการเลือกความหนาของฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-3 นิ้ว ที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงผนังของอาคารปรับอากาศ ทั้ง 4 ทิศ ประกอบด้วย ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก และ ตะวันตก โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนทั้งภายในและภายนอกของผนังอาคารเดิม 2) ทำการ

เลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคาร ผลการวิจัยพบว่า 1) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างคงที่ (การติดตั้งฉนวนหนา 3 นิ้วมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันคงที่มากที่สุด) ในส่วนของปริมาณความร้อนพบว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนา 1-3 นิ้วทั้งภายในและภายนอก สามารถลดปริมาณความร้อนจากผนังเดิมลงได้ 75%, 85% และ 90% ตามลำดับ หลังจากนั้นพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานพบว่า การเลือกใช้นวนกันความร้อนติดตั้งภายในและภายนอกที่ความหนา 3 นิ้ว ทั้ง 4 ทิศทาง มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด (ไม่เกินระยะเวลาที่สามารถยอมรับได้ที่ 3.5 ปี) และสามารถลดอัตราค่าไฟฟ้าได้สูงสุด ซึ่งให้ผลดีกว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อนหนา 2 และ 1 นิ้ว ส่วนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของการติดตั้งฉนวนกันความร้อนหนา 3 นิ้ว มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดในทุกช่วงเวลาการใช้งาน 2) การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ มากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน เนื่องจากค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย (อุณหภูมิเกือบคงที่ตลอดวัน) และมีระยะเวลาหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ยาวนานกว่า (ติดตั้งภายในหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 4 ชั่วโมง และติดตั้งภายนอกหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 5 ชั่วโมง) ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาลดลง นอกจากนี้การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารยังสามารถป้องกันการเกิดสะสมความร้อน ป้องกันความชื้นจึงไม่มีผลต่อการเกิดการควบแน่นในผนังและทำให้ไม่สูญเสียพื้นที่ใช้งานในอาคาร ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การปรับปรุงผนังอาคาร (ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังมวลเบา) ที่มีการปรับอากาศภายใน โดยใช้ฉนวนกันความร้อน สามารถทำได้โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนา 3 นิ้ว ภายนอกอาคาร ทั้ง 4 ทิศ เพื่อลดปัญหาในเรื่องของปริมาณความร้อนการเกิดการควบแน่นในผนัง และการเกิดสะสมความร้อน เป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังสามารถนำแนวทางการติดตั้งฉนวนภายนอกไปประยุกต์ใช้กับผนังชนิดอื่นๆ

อุทัย ศุภิสกุลวงศ์(2543)ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้นปัจจุบันลักษณะการก่อสร้างผนังของอาคารพักอาศัยทั่วไปในประเทศไทย มีวิธีการก่อสร้างที่ปฏิบัติสืบเนื่องกันมาโดยที่มีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของรูปแบบและศักยภาพในการป้องกันความร้อนของวัสดุผนังนั้นๆ น้อย ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานอย่างหนักเพื่อขจัดความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากผนังวัสดุก่อซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อและศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังเพื่อที่จะนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น ในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกผนังทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูนฉาบปูน 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูนฉาบปูน 8 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูนฉาบปูน 8 นิ้ว

มีช่องอากาศ ผนังวัสดุก่อมวลเบา และระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว ขึ้นตอนในการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขึ้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุก่อทั้งในกรณีปรับอากาศตลอดวันและในกรณีไม่ปรับอากาศ 2) เลือกวัสดุที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุดมาศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน ได้แก่ การได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรง และค่าการดูดซับความร้อนที่แตกต่างกัน ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ 3) วิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อหาแนวทางในการเลือกใช้และปรับปรุงรูปแบบผนังให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ จากการศึกษาพบว่า ในกรณีไม่ปรับอากาศ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และผนังวัสดุมวลเบามีศักยภาพในการป้องกันความร้อนน้อยที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุด สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันสูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 2.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องอากาศมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดใกล้เคียงกันโดยแตกต่างกันประมาณ 2 องศาเซลเซียสซึ่งคงที่และต่ำกว่าผนังสองชนิดแรก อุณหภูมิอากาศภายในเขตทดสอบเฉลี่ยในช่วงกลางวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดคงที่และใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเขตทดสอบช่วงกลางวันต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 1 องศาเซลเซียส ส่วนในกรณีที่มีการปรับอากาศตลอดวันพบว่าผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าความแตกต่างระหว่างผิวในและอุณหภูมิอากาศในห้องเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 1.43 องศาเซลเซียส ผนังวัสดุก่อมวลเบามีค่าความแตกต่างระหว่างผิวในและอุณหภูมิอากาศในห้องเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 4.28 องศาเซลเซียส และพบว่าในกรณีปรับอากาศตลอดเวลาและไม่ปรับอากาศ อิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและค่าการดูดซับความร้อนของผิวผนังที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในเขตทดสอบของผนังที่เป็นวัสดุก่อทั้งหมด แต่สำหรับผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูง พบว่าอิทธิพลดังกล่าวส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายในน้อยมากทั้งสองกรณี ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผนังที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้นควรมีการผสมผสานระหว่างมวลสารของผนังและฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศนั้นผนังที่ใช้วัสดุก่อควรที่จะมีมวลสารในระดับหนึ่งเพื่อช่วยดูดซับและหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลากลางวันและถ่ายเทกลับสู่ห้องภายในเวลากลางคืน สำหรับอาคารปรับอากาศผนังควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผิวภายนอกเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากอิทธิพลต่างๆ ภายนอกและผิวผนังภายในมีมวลสารน้อยเพื่อลดภาระในการทำควมเย็นในช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศผนังควรที่จะเป็นสีอ่อนและมีการบังเงาให้กับผนังเพื่อลดความร้อนจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

Arturas Kaklauskas, Zenonas Turskis (2008) ทำการศึกษาวิจัยงานในส่วนของฉนวนกันความร้อนเรื่องการเลือกผนังที่หักอาศัยเพื่อให้มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุด ซึ่งได้กล่าวไว้ว่าในการตัดสินใจในการเลือกฉนวนนั้นมักจะมีปัญหาที่เกี่ยวกับการตัดสินใจในการเลือกและจะมีความซับซ้อนและต้องมีหลากหลายเงื่อนไขที่ต้องนำมาพิจารณารวมกัน ดังนั้นคุณภาพที่ได้จะไม่มีความแน่นอนและจะไม่มีความแม่นยำและในการเลือกจำนวนบ้านที่อยู่อาศัยในสำหรับอาคารที่ไม่ฉนวนซึ่งอาจจะอยู่ในสภาวะอากาศที่แตกต่างกันเหล่านี้โดยเฉพาะการสูญเสียความร้อนได้แตกต่างกันไปห้องใต้หลังคาจะระหว่าง 10-20% (จากพื้น), 25-30% (ผ่านผนังด้านนอก), 25-30% (ผ่าน แผ่นคอนกรีตและแผ่นหลังคา) และ 30-40% การสูญเสียความร้อนรวมเกือบครึ่งหนึ่งของการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากผนังที่มีคุณภาพดังนั้นการเลือกฉนวนอย่างถูกวิธีนั้นจะทำให้มีการประหยัดพลังงานความร้อนที่เหมาะสมเป็นหนึ่งในเป้าหมายทางเทคนิคและการตัดสินใจทั้งหมดเกี่ยวกับการเลือกฉนวนทั้งหมดจะมีวิธีการหาทางออกเพื่อการตัดสินใจในส่วนของคุณลักษณะเชิงปริมาณและคุณภาพซึ่งมีหลากหลายคุณลักษณะและวิธีนี้จะเป็นวิธีการประเมินผลของการเลือกใช้ผนังภายนอกให้มีคุณภาพและตามปัจจัยมากที่สุด

2.3 กฎกระทรวง การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

กระทรวงพลังงาน ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งจะมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายน 2552 เป็นต้นไปในกฎกระทรวงนี้ อาคารประเภทสถานพยาบาล, สถานศึกษา, สำนักงาน, อาคารชุด, อาคารชุมนุมคน, โรงมหรสพ, โรงแรม, สถานบริการ และศูนย์การค้า ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายนี้ โดยมีมาตรฐานและหลักเกณฑ์ที่น่าสนใจ เช่น

●ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) จากเดิมที่มีการกำหนดไว้สำหรับอาคารทุกประเภท ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ในกฎกระทรวงฉบับใหม่นี้ แยกกำหนดตามประเภทอาคาร ดังนี้

1. สถานศึกษา และสำนักงาน ไม่เกิน 50 วัตต์ต่อตารางเมตร
2. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ และอาคารชุมนุมคน ไม่เกิน 40 วัตต์ต่อตารางเมตร
3. โรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุด ไม่เกิน 30 วัตต์ต่อตารางเมตร

●ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) จากเดิมกำหนดไว้สำหรับอาคารทุกประเภท ไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ในกฎกระทรวงฉบับนี้ แยกกำหนดตามประเภทอาคาร ดังนี้

1. สถานศึกษา และสำนักงาน ไม่เกิน 15 วัตต์ต่อตารางเมตร

2. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ และอาคารชุมนุมคน ไม่เกิน 12 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร

3. โรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุด ไม่เกิน 10 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร

● ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด

1. สถานศึกษา และสำนักงาน ไม่เกิน 14 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร (เดิมไม่เกิน 16 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร)

2. โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ และอาคารชุมนุมคน ไม่เกิน 18 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร (เดิมไม่เกิน 23 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร)

3. โรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุด ไม่เกิน 12 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร (เดิมไม่เกิน 16 วัตถุประสงค์ต่อตารางเมตร)

● ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ของระบบปรับอากาศ ให้เป็นไปตามที่ประกาศกำหนด

นอกจากนี้ ในกรณีที่มีการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้สามารถใช้แสงธรรมชาติ ให้ถือว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยต้องแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ได้มีการออกแบบสวิตช์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารที่มีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่าง

2.4 สรุป

จากการที่ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทั้งหมดนั้นในส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นซึ่งจะทำให้ทราบถึงลักษณะของการทำงานต่างๆของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นรวมถึงการประยุกต์ใช้และในขั้นตอนนี้ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ให้เหมาะกับงานวิจัยซึ่งจะเป็นการลักษณะงานของการเลือกใช้นวนเพื่อการประหยัดพลังงานและในตัวของกระบวนการนี้เองก็สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับเป้าหมายเดียวกัน โดยการแบ่งระดับส่วนประกอบของปัญหา แล้วพิจารณาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยผ่านทางดัชนีชี้วัดต่างๆ ซึ่งคล้ายกับรูปแบบการคิดของมนุษย์ที่สามารถลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน วิธีนี้ยังทำให้ความผิดพลาดของการตัดสินใจลดลง

ส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของฉนวนและกรอบอาคารซึ่งจะเป็นการทำให้ทราบถึงเทคโนโลยีต่างๆของกรอบฉนวนอาคารและทราบถึงการนำวัสดุฉนวนกรอบอาคารมาใช้รวมไปถึงการทำให้ทราบถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกซึ่งจะมีการย้อนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในอดีตและปัจจุบัน ดังนั้นการที่ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้จะสามารถทำให้เกิดการคาดคะเนต่อไปได้ว่าอนาคตของการใช้ฉนวนหรือการเลือกใช้ฉนวนมีแนวโน้มไปในทางใดซึ่งจะทำให้สามารถปรับปรุงหรือประยุกต์การเลือกใช้ฉนวนเพื่อให้เหมาะกับปัจจุบันได้มากที่สุดและเป็นการทำให้วงการของฉนวนได้มีการพัฒนาต่อไปอย่างยั่งยืน

ดังนั้นและส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือการที่สามารถนำการปรับประยุกต์ใช้งานในด้านการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานแล้วนั้นจะต้องมีการคำนึงถึงกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อที่จะสามารถนำแบบจำลองการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานไปใช้งานได้จริงเพราะผู้ทำงานวิจัยนี้มีการอ้างอิงถึงกฎระเบียบต่างๆตามที่กระทรวงกำหนดขึ้นเช่นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) จากเดิมที่มีการกำหนดไว้สำหรับอาคารทุกประเภท ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตรหรือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) จากเดิมกำหนดไว้สำหรับอาคารทุกประเภท ไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร

จากการที่ได้ทำการศึกษาบทความหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้เห็นได้ว่าสามารถนำบทความหรืองานวิจัยที่เป็นแบบจำลองในการเลือกหรือการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้นมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัยที่จะทำและก็สามารถนำมารวมกับ Expert Choice Program ได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้เกิดแบบจำลองในการเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับงานก่อสร้างใหม่ได้อย่างสมบูรณ์

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเกี่ยวกับการทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน ซึ่งจะรวมไปถึงวัสดุต่างๆที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานและจะกล่าวรวมไปกับการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างของบ้านพักอาศัย และดังนั้นจึงให้กล่าวถึง Analytic Hierarchy Process (AHP) หรือกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดซึ่งจะกล่าวไว้ในบทนี้ด้วย

3.1 การศึกษาเรื่องของฉนวน

ฉนวนกันความร้อน(Thermal Insulation) เป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานความร้อน ที่สำคัญ ปัจจุบันเกือบทุกอาคารใช้ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิในอาคาร ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อน จากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งซึ่งในแง่ของการใช้งานแล้ว จะใช้ได้ทั้งการรักษาความร้อนและความเย็น ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวน และลักษณะการใช้งานของฉนวนนั้นๆ เช่น ฉนวนกันความร้อนในอุตสาหกรรมแช่แข็ง ตลอดจนการขนส่งอาหารต้องใช้ฉนวนในการรักษาความเย็นของห้องบรรจุอาหาร ส่วนฉนวนกันความร้อนบนเครื่องบินโดยสาร ต้องใช้ฉนวนในการรักษาอุณหภูมิภายในห้องผู้โดยสาร เป็นต้น

สำหรับงานฉนวนในอาคารสิ่งก่อสร้างอาจทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น การป้องกันความร้อน การป้องกันเสียง การป้องกันไฟ ฯลฯ อาคารในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นต้องใช้เครื่องทำความร้อน(Heater) และฉนวนเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อบอุ่น แต่สำหรับในเมืองไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพเหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และเกิดความสบาย จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารเป็นสำคัญ

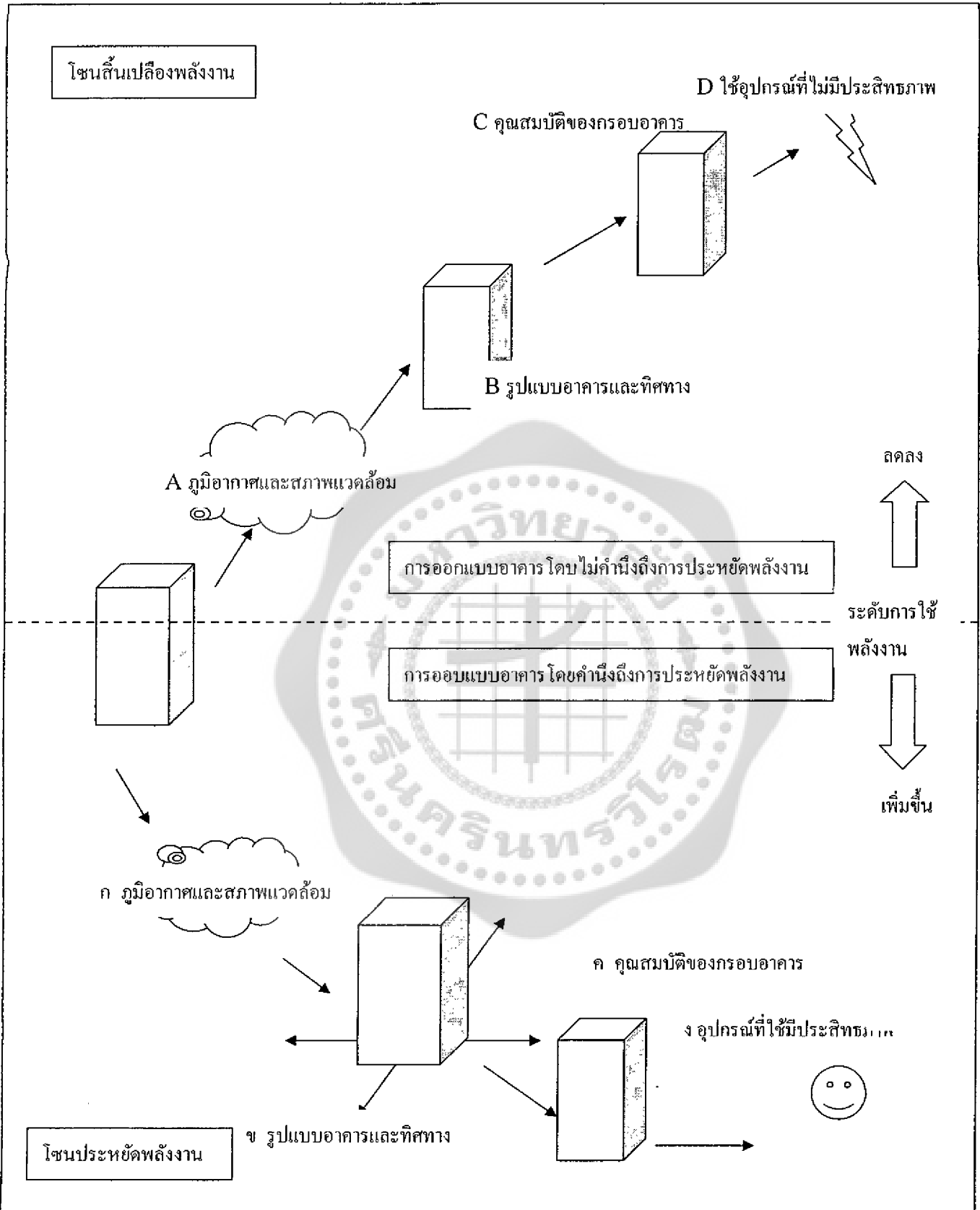
ฉนวนโดยทั่วไปหมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการถ่ายเทความร้อน(Heat Transfer) ระหว่างวัตถุนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีหนึ่งวิธีใดหรือหลายๆวิธีพร้อมกันได้แก่ การนำความร้อน(Conduction) การพา(Convection) การแผ่รังสีความร้อน(Radiation) การเลือกใช้ฉนวนป้องกันความร้อนให้ถูกต้อง จำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนป้องกันความร้อนประเภทต่างๆ ก่อน ฉนวนป้องกันความร้อนโดยทั่วไปแล้วเป็นวัสดุที่

ประกอบด้วยช่องโพรงเล็กๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ(Totally Enclosed) เรียกว่า ฉนวนมวลสาร(Mass Insulation) นั้นเอง ช่องเล็กๆเหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด(Flakes) เส้นใย(Fibre) ปมแข็ง(Nodules of Solids) หรือเซลล์ของวัสดุนั้นเอง ยกเว้นฉนวนสะท้อนรังสีความร้อน(Reflective Insulation)

กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสาร เกิดขึ้นได้โดยช่องเล็กๆ ที่อยู่ในวัสดุ และลักษณะเป็นโพรงอากาศนี้เองที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหล(Flow) ของอากาศ หรือก๊าซ ทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่งโดยกระบวนการพาความร้อนได้

เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวนที่ค่าความหนาแน่นค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนใดๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏ(Apparent thermal conductivity) ที่เกิดขึ้นจะลดลงได้ เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนลดลงนั้น เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใยที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี ถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น(เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิต่ำที่เส้นใยติดกันมีใกล้เคียงกัน

เมื่อความหนาแน่นของวัสดุหรือฉนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย การแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยและพื้นผิวจะลดลงทำให้สภาพการนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกัน จะเกิดการนำความร้อนที่ลดลงมีค่าน้อยกว่า การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น(จากผลของการเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุที่ทำให้เส้นใยชิดกันมากขึ้น) สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเริ่มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ในการใช้ฉนวนมวลสารนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น(ก่อนการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มมีค่ามากกว่าการแผ่รังสีความร้อนที่ลดลง) ดังนั้นแนวกันความร้อนที่ดี จึงควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำสุด



ภาพประกอบ 1 การเปรียบเทียบการออกแบบอาคาร

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ชุด สาระนั้นรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการ

3.1.1 ปัจจัยที่จะทำให้อาคารมีการประหยัดพลังงาน

ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม

ควรทราบทิศทางลมโดยรอบบริเวณของอาคาร สำนวญดูแหล่งน้ำขนาดใหญ่ หรือมีแม่น้ำ หรือมีอาคารสูงบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะมีผลต่อการระบายความร้อนรอบๆ อาคารถ้าอาคารได้รับการออกแบบโดยคำนึงปัจจัยข้อนี้แล้ว จะมีส่วนช่วยประหยัดพลังงานให้กับอาคารลงได้ในระดับหนึ่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (ก) แต่ถ้าอาคารไม่ได้ออกแบบโดยคำนึงถึงปัจจัยในข้อนี้ อาคารนั้นจะมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ดังแสดงภาพประกอบ 1 (A)

รูปแบบของอาคารและการวางทิศทาง

ออกแบบอาคารให้มีการระบายความร้อนได้ดี หันทิศทางของอาคารในทิศที่ลมพัดผ่าน หรือออกแบบ ให้ใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่าง หรือให้หน้าต่างไม่ถูกแสงแดดโดยตรง ถ้าอาคารได้ออกแบบ โดยคำนึงถึงปัจจัยข้อนี้มาด้วย อาคารนั้นจะลดการใช้พลังงานได้มากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (ข) และในทางกลับกันถ้าไม่คำนึงถึงข้อนี้เลยจะใช้พลังงานสูงกว่าเดิม

คุณสมบัติของกรอบอาคาร

กรอบอาคารนั้นรวมถึงผนังอาคาร หลังคา และหน้าต่างที่ประกอบกันเป็นตัวอาคาร เวลาออกแบบควรพิจารณาถึงการใช่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ไม่ให้เข้าไปในอาคารและเช่นเดียวกันถ้าอาคารนั้นได้ออกแบบโดยเลือกใช่วัสดุที่ป้องกันความร้อนได้ดี อาคารนั้นจะยิ่งลดการใช้พลังงานได้มากขึ้นอีก ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (ค) และจัดเป็นอาคารที่อยู่ในภาวะสบาย และในทางกลับกันถ้าไม่คำนึงถึงข้อนี้เลย อาคารนั้นจะใช้พลังงานสูงกว่าเดิม ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (C)

ตัวแปรอื่นๆ

ถ้าอาคารมีการออกแบบทิศทางที่เหมาะสมมีการเลือกใช่วัสดุทำกรอบอาคาร ที่ป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดี ดังที่กล่าวในหัวข้อข้างต้นแล้วนั้น การออกแบบระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่างที่ใช้ภายในอาคาร ก็ควรแตกต่างจากการออกแบบโดยทั่วๆ ไป กล่าวคือ สามารถใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลงและลดจำนวนหลอดแสงสว่างลงได้ทำให้เจ้าของอาคารประหยัดเงินลงทุนเริ่มต้น และประหยัดค่าไฟฟ้าในระยะยาวด้วย และยังไปกว่านั้นถ้าเลือกใช้เฉพาะอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง หรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงาน จะช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมลงได้อีก ดังแสดงในภาพประกอบ 1 (ง) เช่น เลือกใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง (แอร์เบอร์ 5) เลือกใช้ไฟฟ้าแสงสว่างชนิดประหยัดไฟ (หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดตะเกียบ และหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดคอมประหยัดไฟ เลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงานชนิดประหยัดไฟ เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีสัญลักษณ์ Energy Star เป็นต้น และในทางกลับกันถ้าไม่คำนึงถึงตัวแปรเหล่านี้เลยอาคารนั้นก็จะใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากขึ้น

3.1.2 คุณสมบัติของฉนวน

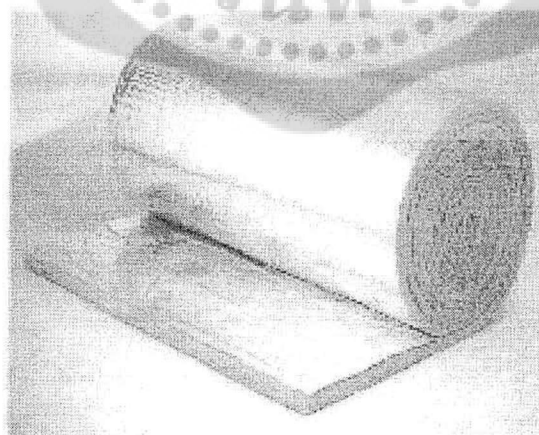
เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการผลิตฉนวนกันความร้อนในหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆในที่จะกล่าวถึงฉนวนกันความร้อนบางชนิดที่สำคัญๆและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายดังนี้

- โยแก้ว(Glass Fiber)
- โยแร่(Mineral Fiber)
- โฟม(Foam)
- แคลเซียมซิลิเกต(Calcium Silicate)

3.1.2.1 โยแก้ว(Glass Fiber)

โยแก้วผลิตจากการนำก้อนแก้วหรือเศษแก้วมาหลอมและปั่นจนเป็นเส้นใยละเอียดแล้วจึงนำมาขึ้นรูปเป็นฉนวนกันความร้อนในรูปแบบต่างๆเช่นฉนวนคลุมห่ม (Blanket) ฉนวนแผ่น (Board) และฉนวนหุ้มท่อ (Pipe Cover) ฉนวนประเภทนี้เป็นฉนวนเส้นใยแบบเซลล์เปิด (Open Cell) มีโครงสร้างภายในเป็นเส้นใยและช่องว่างอากาศ (Air Gap) จัดเป็นวัสดุประเภทไม่ลามไฟ (Non-Combustible Material) มีทั้งชนิดที่มีวัสดุปิดผิว และไม่มีวัสดุปิดผิวขึ้นอยู่กับการใช้งาน วัสดุปิดผิวขึ้นอยู่กับการใช้งาน วัสดุปิดผิวส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อใช้ป้องกันไอน้ำและความชื้น (Vapor Barrier) มีอุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 700

ในปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าโยแก้วเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้วหากใช้ผสมผสานกับวัสดุอื่นอย่างถูกต้องจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงด้วย ฉนวนชนิดนี้โดยทั่วไปจะกันไฟไม่ได้ องค์กรเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น และการควบแน่นเป็นหยดน้ำ โดยจะสูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น

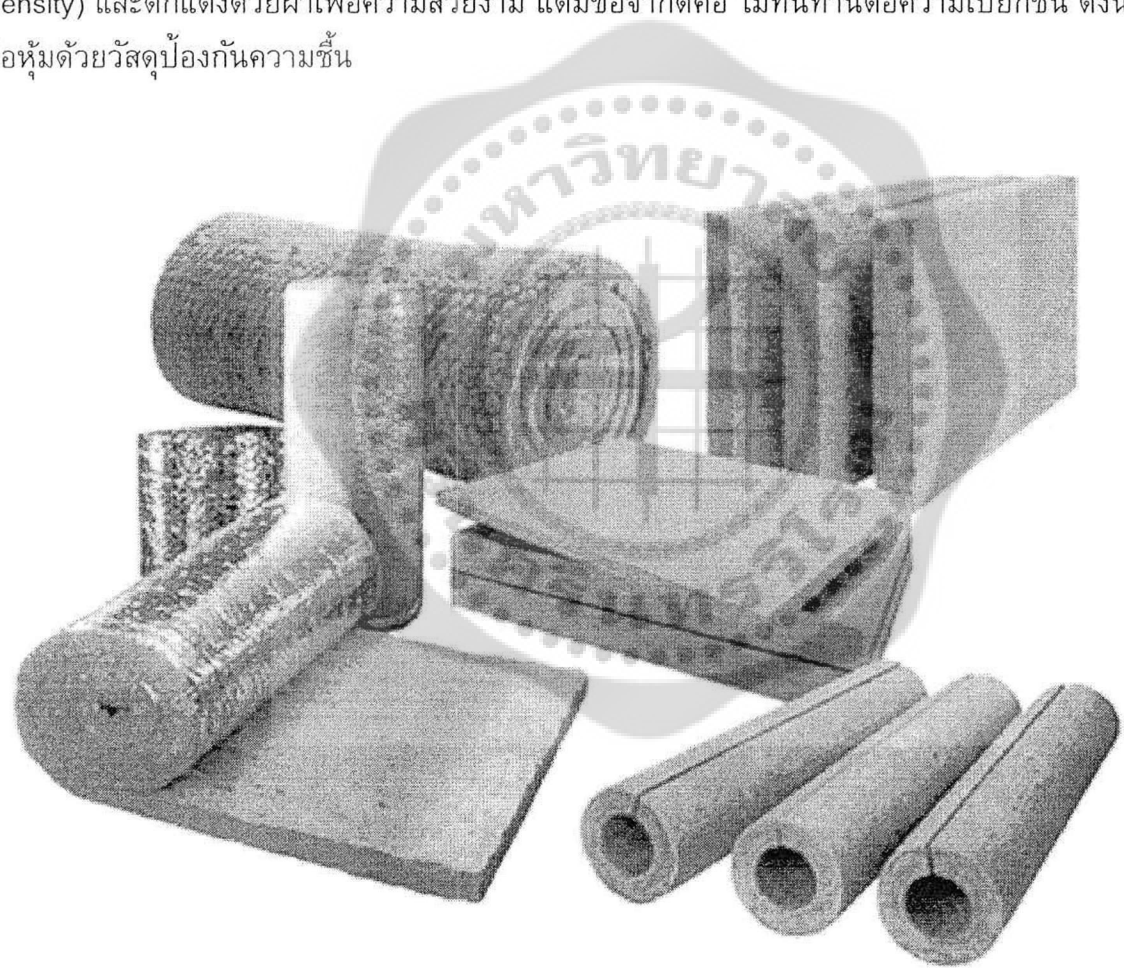


ภาพประกอบ 2 ฉนวนโยแก้ว

3.1.2.2 ไยแร่ (Mineral Fiber)

ใยแร่อาจเรียกว่า หินแร่ (Mineral Rock) หรือฝอยซีโลหะ (Slag Wool) หรือใยหิน (Rock Wool) มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายคลึงกับฉนวนใยแก้ว โดยการนำวัสดุประเภทแร่ เช่น ซีโลหะจากการผลิต เหล็กกล้า ทองแดง หรือตะกั่ว มาใช้เป็นวัสดุหลักแทน ฉนวนใยแร่จะมีรูปแบบและข้อจำกัดในการใช้งาน ทั่วไปเหมือนกับฉนวนใยแก้ว เช่น ปัญหาการติดไฟของตัวประสาน (Binder) และการลุกไหม้ของผิวหน้า

ฉนวนประเภทนี้เป็นประเภทที่ไม่มีสารประกอบของแร่ใยหิน (Asbestos) ที่เป็นอันตรายต่อ สุขภาพ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้เทียบเท่ากับฉนวนใยแก้ว แต่สามารถทนไฟได้ดีกว่า จึงนำมาใช้ เป็นฉนวนที่สามารถกันไฟได้ด้วย (ทนความร้อนได้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส) คุณสมบัติพิเศษอีกประการ หนึ่งคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียง โดยปกติการใช้งานจะใช้ฉนวนใยแร่ที่มีความหนาแน่นสูง (High Density) และตกแต่งด้วยผ้าเพื่อความสวยงาม แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น ดังนั้น จึงควร ห่อหุ้มด้วยวัสดุป้องกันความชื้น



ภาพประกอบ 3 ฉนวนใยแร่

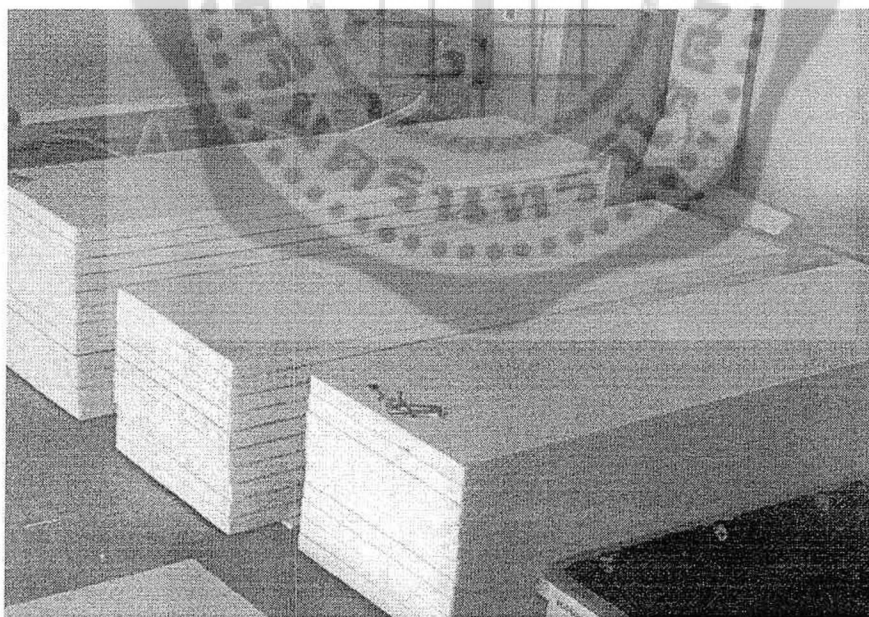
ที่มา: <http://www.vrp-insulation.co.th/admin/product/Image/yh.jpg>

3.1.2.3 โฟม (Foam)

โฟมเป็นฉนวนที่กันความร้อนได้ดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนชนิดอื่นๆ โดยทั่วไปโฟมจะไม่ดูดซับความชื้น แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานานๆ โฟมจะเปลี่ยนรูป เช่น บิดงอ บวมสลาย หรือไหม้ไปในที่สุด แต่ในบ้านทั่วไป มักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่มีการนำโฟมไปในบุหลังกระจกโดยตรง เช่น กระจกหน้าต่างจะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้ นอกจากนี้มีความจำเป็นต้องป้องกันการถูกทำลายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ โฟมที่นำมาใช้ในปัจจุบันยังสามารถจำแนกออกได้อีกหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมนำมาใช้เป็นฉนวนในการก่อสร้าง มี 3 ชนิด ได้แก่

โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)

โฟมโพลีสไตรีนมีการผลิตขึ้นมาใช้งาน 2 รูปแบบ คือแบบรีด (Extrude) และแบบหล่อ (Mold) แต่เนื่องจากโพลีสไตรีนเป็นวัสดุประเภทเทอร์มอพลาสติก ซึ่งสามารถตีไฟและหลอมใหม่ได้ตั้งนั้นการนำมาใช้งาน จึงต้องมีเปลือกที่ด้านทานเปลวไฟได้หุ้มอยู่ เช่น ยิปซัมบอร์ด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันไม่ให้โฟมโพลีสไตรีนกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะรังสีอัลตราไวโอเลตจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพได้ อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 80 องศาเซลเซียสถ้ามีการใช้งานในอุณหภูมิสูงกว่านี้ อาจเป็นสาเหตุทำให้อ่อนตัวลงได้ โฟมโพลีสไตรีนเป็นฉนวนประเภทที่นำเอาเม็ดโฟมขนาดเล็กๆ มาอัดเข้าด้วยกัน ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่บ้าง ดังนั้นจึงไม่สามารถกันความชื้นได้ 100%



ภาพประกอบ 4 ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน

โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)

โฟมโพลียูรีเทนเป็นสารฟลูออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม โดยมีทั้งการหล่อเป็นแบบแผ่นแข็ง แบบฉีดขึ้นรูป หรือแบบพ่นบนพื้นผิว ความแข็งแรงของโฟมโพลียูรีเทนขึ้นอยู่กับกระบวนการนำความร้อน (K) ของโฟมชนิดนี้จะต่ำมาก เนื่องจากภายในเซลล์เป็นก๊าซฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งมีการนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ในการผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อการใช้งานโดยมากต้องมีการหุ้มด้วยวัสดุที่ทนไฟ เพราะโฟมโพลียูรีเทนจัดเป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติที่สามารถลุกไหม้ได้ เมื่อถูกเผาไหม้จะมีควันมากและเกิดก๊าซไฮโครเจนไซยาไนด์ ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต

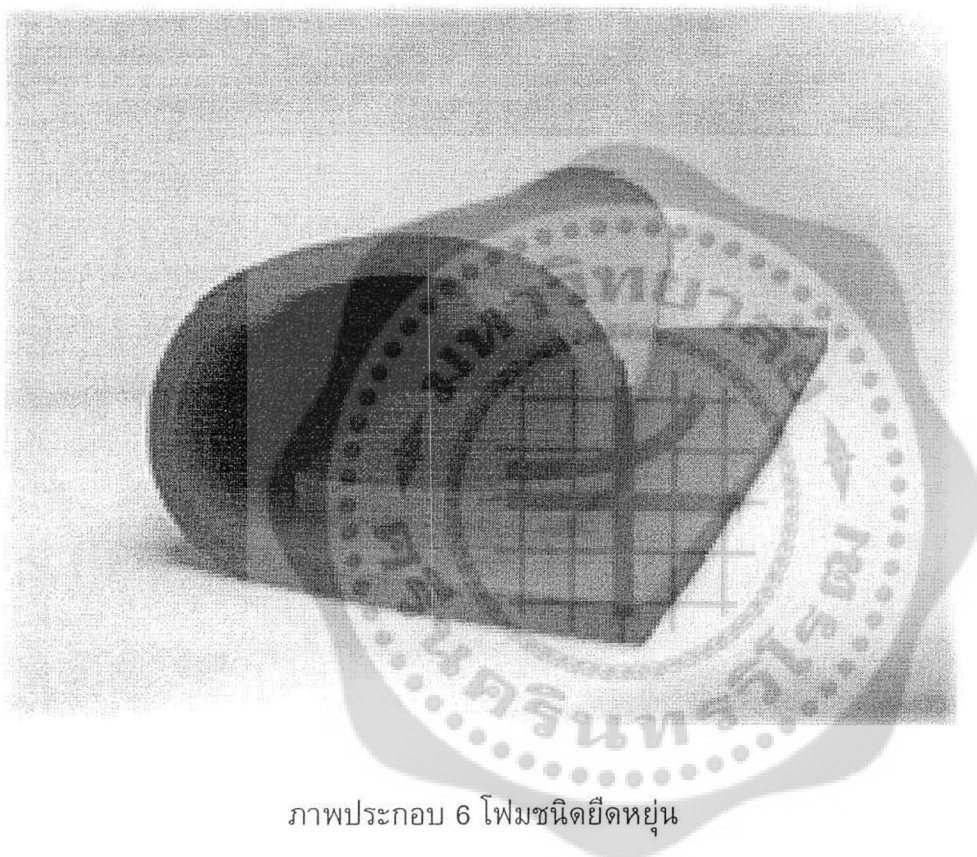


ภาพประกอบ 5 ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน

ที่มา: www.rf-foam.com/index.php%3Fplay%...38751534

โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

โฟมชนิดยืดหยุ่นมีอีกชื่อหนึ่งคือ โฟมยางแบบขยาย (Expanded Rubber Foam) เป็นฉนวนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการฉีดให้ขยายตัวในแบบ (Mold) โฟมชนิดนี้เป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด (Close Cell Insulation) มีเซลล์ชิดกันมาก มีค่าการดูดซับความชื้นต่ำ ทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ท่อส่งความเย็น หากใช้งานที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเกิดการหดตัวทำให้ความเป็นฉนวนลดลง



ภาพประกอบ 6 โฟมชนิดยืดหยุ่น

ที่มา: www.rf-foam.com/index.php%3F1ay%...38629802

3.1.2.4 แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)

แคลเซียมซิลิเกตเป็นฉนวนกันความร้อนแบบเป็นโพรงหรือช่องกลวงประกอบไปด้วยบไฮดรอสแคลเซียมซิลิเกต โดยระหว่างกรรมวิธีการผลิตไอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูนและซิลิกาไปเป็นไฮดรอสแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเป็นวัสดุที่แข็งแรงทนทาน นิยมนำไปใช้ในการหุ้มท่อปลั๊สถานะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูงและจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความทนต่อแรงอัดสูงอีกด้วย



ภาพประกอบ 7 ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

ที่มา: http://www.insulationp-plaza.com/admin/editor_files/images/9_1.gif

3.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

3.2.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่างๆ ที่จะใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาความนำความร้อนของวัสดุใดๆ ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

3.2.2 ความนำความร้อน (C)

ค่าความนำความร้อนของวัสดุใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$c = \frac{k}{\Delta x}$$

(3.1)

- Δx

c
- คือ ความหนาของวัสดุ โดยมีหน่วยเป็นเมตร

คือ ค่าความนำความร้อน โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

3.2.3 ความต้านทานความร้อน (R)

ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใดๆ คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อนซึ่งคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{1}{c} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\Delta x}{k}$$

(3.2)

- R
- คือ ค่าความต้านทานความร้อน โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์

3.2.4 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (air film)

ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

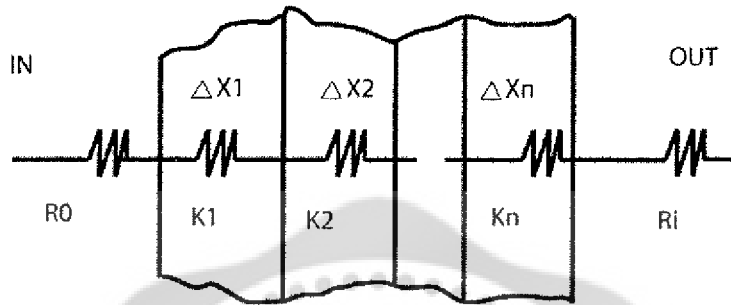
- ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของอาคาร(R_o)
- ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร (R_i)
- ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนังหลังคาและเพดาน (R_a)

สำหรับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่จะใช้ประกอบการคำนวณ เพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง หรือหลังคา ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

3.2.5 ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง หลังคาและเพดาน (R_T) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด สามารถคำนวณโดยวิธีการดังต่อไปนี้

- ในกรณีที่ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด



ภาพประกอบ 8 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด

$$R_T = R_0 + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{\Delta x_3}{k_3} + \dots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i \quad (3.3)$$

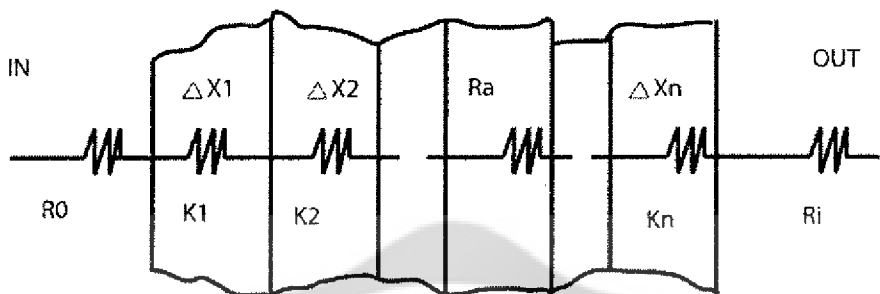
$\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ คือ ความหนาของวัสดุที่อาคารประกอบขึ้นเป็นผนัง
ชนิดที่ ๑, ๒, ๓, ..., n ตามลำดับ

$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ ๑, ๒,
๓, ..., n ตามลำดับ

R_0, R_i คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้าน
นอกและด้านในของผนังอาคารตามลำดับ

- ในกรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ

การคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังหลังคาและเพดาน (R_T) ซึ่งมีโครงสร้างประกอบขึ้นจากวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด และผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ สามารถคำนวณโดยวิธีการดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 แสดงสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน

3.2.6 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (3.4)$$

3.2.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$)

ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f) + (WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \quad (3.5)$$

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

- WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
- TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ โดยให้มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด
- U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส
- ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด
- SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด
- SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (solar factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงและหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

3.2.8 ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (OTTV)

คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV_i) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{o1})(OTTV_1) + (A_{o2})(OTTV_2) + \dots + (A_{oi})(OTTV_i)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots + A_{oi}} \quad (3.6)$$

A_{oi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังที่บและพื้นที่หน้าต่าง หรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกแต่ละด้าน

3.2.9 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV = (U_r)(1 - RSR)(TD_{eq}) + (U_{rf})(RSR)(\Delta T) + (SC)(RSR)(SF) \quad (3.7)$$

RTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส

RSR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคาต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

U_{rf} คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร - องศาเซลเซียส

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

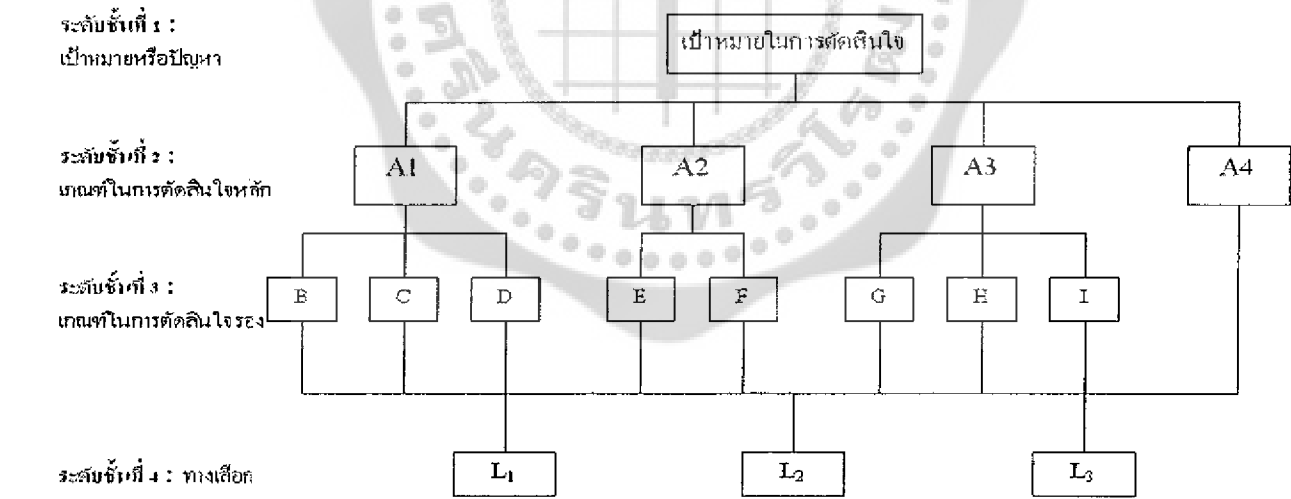
SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (solar factor) ที่ผ่านส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสงบริเวณหลังคา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

3.3 วิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุดกระบวนการที่ว่านี้ได้รับการคิดค้นเมื่อปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย ตั้งแต่กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นขึ้นมา ก็มีการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวกับการ

ตัดสินใจต่างๆ มากมาย เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานทางธุรกิจ ได้แก่ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การเลือกสถานที่ในการประกอบการ การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ฯลฯ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเรื่องของการบริหารทรัพยากรบุคคลในองค์กร เช่น การจัดลำดับความสามารถของพนักงาน การประเมินทางเลือกของสายอาชีพ การสำรวจทัศนคติของพนักงาน ฯลฯ ซึ่งจุดเด่นของกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ มีดังนี้

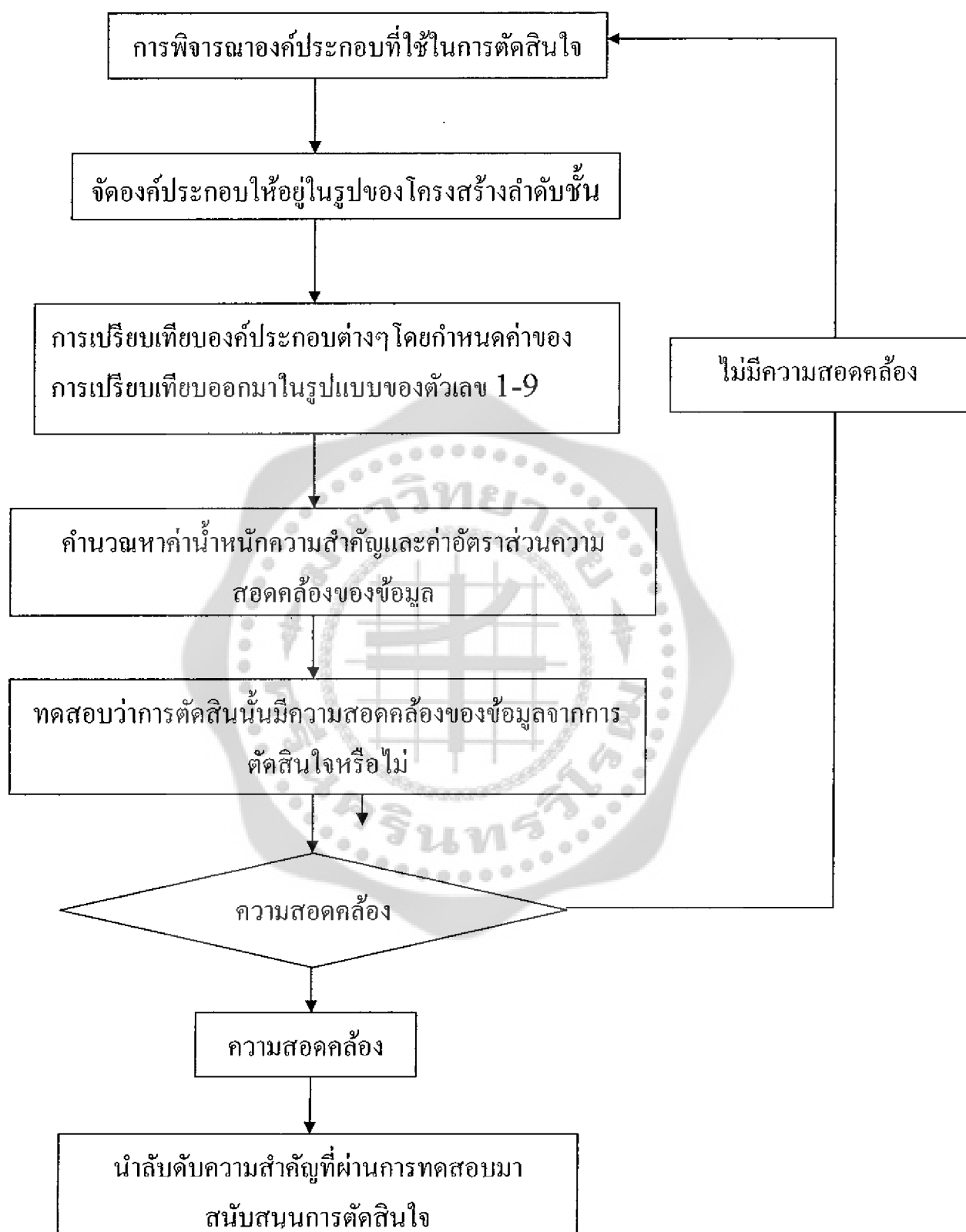
- ให้ผลการสำรวจน่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากการใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม
- มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิลำดับขั้น เลียนแบบกระบวนการความคิดของมนุษย์ ทำให้ง่ายต่อการใช้และการทำความเข้าใจ
- ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ และยังสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปเปรียบเทียบ (Benchmarking) กับหน่วยงานอื่นๆ ได้
- สามารถจัดการตัดสินใจแบบมีอคติหรือลำเอียงออกไปได้
- ใช้ได้ทั้งกับการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ
- ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชาคมติ
- ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุม



ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างของแผนภูมิลำดับขั้นหรือแบบจำลองของการตัดสินใจ

ดังนั้นวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process-AHP) เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยเป็นการแบ่งองค์ประกอบของปัจจัยออกเป็นส่วนๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้นและทำการ กำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ทีละคู่(Pair wise Comparisons) โดยใช้สเกลเปรียบเทียบความสำคัญตั้งแต่ 1 ถึง 9 ซึ่ง 1 หมายความว่า มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน 2-9 หมายความว่ามากกว่าตามลำดับ และนำค่าจากการวินิจฉัยเปรียบเทียบ มาทำการคำนวณหา น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ (Relative Importance Weights) เพื่อพิจารณาว่าปัจจัย และทางเลือกใดมีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุด APH นั้นสามารถช่วยในการตัดสินใจที่ซับซ้อน และช่วยในการรวมกันระหว่างปัจจัยจากความคิดเห็น (Subjective Factor) และปัจจัยที่สามารถวัดค่าได้ (Objective Factor) เข้าด้วยกันเป็นอย่างดีวิธีนี้ยังทำให้ความผิดพลาดของการตัดสินใจลดลง เพราะต้องทำการตรวจสอบค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรง (Consistency ratio: CR) ด้วยโดยค่า CR ที่มีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่าผู้ที่ตัดสินใจมีความเที่ยงตรงของการใช้เหตุผลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นเราจะนำเครื่องมือนี้มาหาค่าน้ำหนัก ของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจพิจารณาผลกระทบของการควบคุมคุณภาพของโครงการก่อสร้างประเภทคอนกรีตทิ้งสำเร็จรูปโดยขั้นตอนของวิธี AHPสรุปได้ดัง ภาพประกอบ 11





ภาพประกอบ 11 สรุปขั้นตอนของ AHP

บทที่ 4

ขั้นตอนการค้นคว้าวิจัยและการเก็บข้อมูล

ในส่วนขั้นตอนการค้นคว้าวิจัยและการเก็บข้อมูลนั้น สามารถแบ่งออกเป็นส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ขั้นตอนการดำเนินงาน และขั้นตอนการเก็บข้อมูล ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานก็จะมีการทำงานที่ละเอียดและมีการนำเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานบางชนิดมาใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนการเก็บข้อมูลก็จะมีขั้นตอนที่รวมไปถึงการทำแบบสอบถามซึ่งอาจจะแบ่งการสอบถามออกเป็น 2 ส่วนคือ วิศวกรโครงการและสถาปนิก และแต่ละขั้นตอนนั้นก็จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน

4.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยจะมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การติดต่อบ้านจัดสรร

- เป็นขั้นตอนการติดต่อบ้านเพื่อเข้าร่วมโครงการจัดการพลังงาน และประชุมหารือกับเจ้าของโครงการและวิศวกร เพื่อที่จะได้อธิบายถึงการประหยัดพลังงานและบทบาทของฉนวนกันความร้อนที่มีผลกระทบหรือส่งผลต่อพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและทำให้เจ้าของโครงการหรือวิศวกรเข้าใจถึงรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของโครงการงานวิจัย

2. การเข้าขอคำปรึกษาจากเจ้าของและวิศวกรโครงการบ้านจัดสรร

- เป็นขั้นตอนการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น จากวิศวกรหรือสถาปนิกว่ามีเหตุผลหรือปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนเช่น ราคาของฉนวน คุณสมบัติของฉนวนหรือความสวยงาม และสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของบ้านอาจจะรวมไปถึงการขอแบบแปลนหรือทิศทางการปลูกบ้าน เพื่อที่จะนำปัจจัยต่างๆหรือข้อมูลมาวิเคราะห์เบื้องต้น

3. การเข้าตรวจวัดการใช้พลังงานและการประเมิน

- เป็นขั้นตอนที่มีส่วนสำคัญเนื่องจากการเข้าตรวจสอบพลังงานนั้นจะต้องมีการนำเครื่องมือวัดค่าพลังงานเข้าไปทำการวัดซึ่งจะใช้เวลาเก็บข้อมูล 3 วัน และเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง ข้อมูลและจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการหาค่าดัชนีชี้วัดค่าการประหยัดพลังงาน และจะสามารถนำไปเปรียบเทียบค่าของการคำนวณจากทฤษฎีกับการวัดค่าจริงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

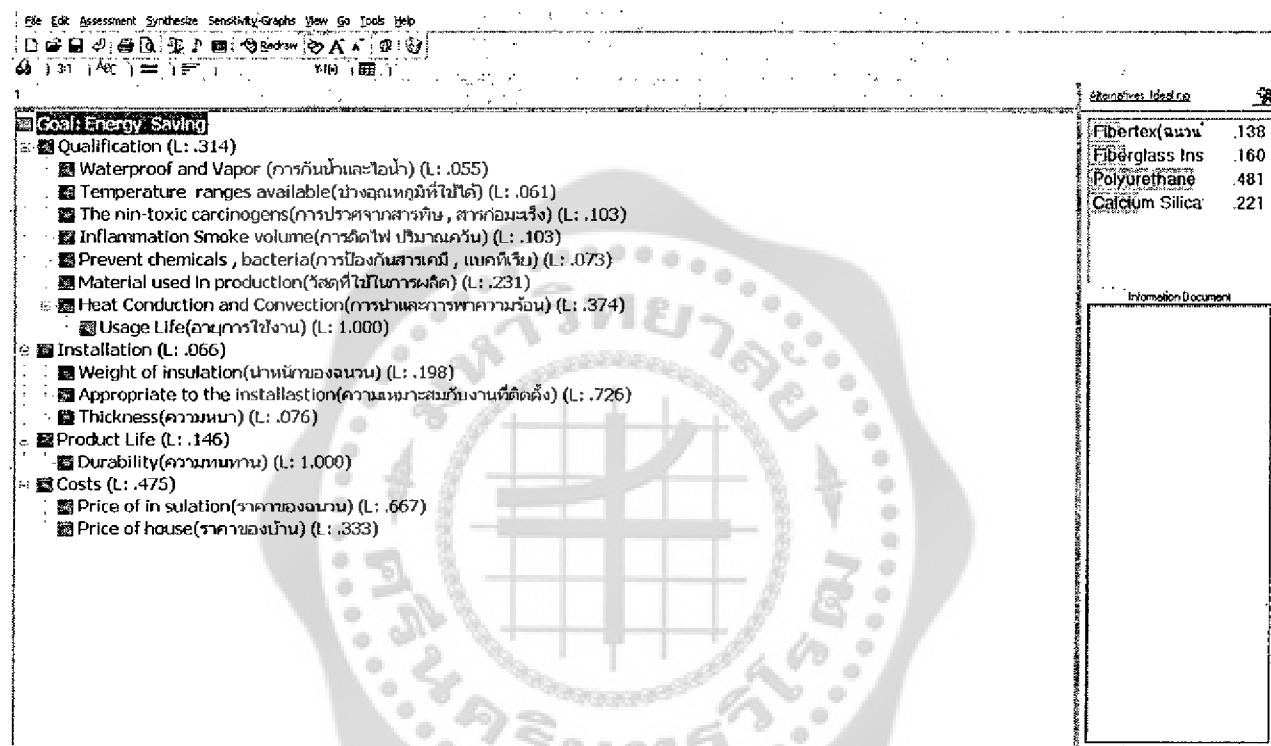
4. สร้างบทสัมภาษณ์และแบบสอบถาม

- เป็นการสอบถามวิศวกรและสถาปนิกเกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร และเหตุผลในการเลือกฉนวนว่ามีแนวคิดและแนวทางการนำฉนวนมาใช้ในการประหยัดพลังงานอย่างไรบ้าง และจะนำบทสัมภาษณ์มาวิเคราะห์รวมกับข้อมูลที่ได้ในการเก็บข้อมูลเพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดต่อไป

5. สร้างแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกวัสดุ

● ในการสร้างแบบจำลองซึ่งผู้จัดทำโครงการวิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพราะจะเห็นได้ว่าโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจะมีลักษณะการทำงานที่เข้าใจง่ายและมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนจึงมีความเหมาะสมในการทำมาเลือกวัสดุ

ตัวอย่างการทำงานโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น



ภาพประกอบ 12 รูปตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

6. สรุปผลการทำงาน

● เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดจากการสร้างแบบจำลองการเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับงานก่อสร้างใหม่แล้วจะนำข้อมูลทั้งหมดพร้อมกับการคำนวณหาค่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และก็จะสามารถวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน กลับไปปรึกษากับวิศวกรโครงการหรือสถาปนิกว่ามีความคิดเห็นอย่างไรกับแบบจำลองว่าได้เลือกฉนวนต่อความต้องการหรือไม่เพื่อเป็นการนำแนวทางของการเลือกวัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน และสามารถนำไปปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมแก่ความต้องการ

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยชิ้นนี้จะเลือกกลุ่มตัวอย่างจากวิศวกรและสถาปนิกเท่านั้น เนื่องจาก 2 สายอาชีพนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเลือกใช้และการออกแบบฉนวน วิศวกรและสถาปนิกจำนวน 20 คน มาจากโครงการหมู่บ้าน 4 โครงการ ซึ่งแต่ละโครงการก็จะมีแบบบ้านแตกต่างกันออกไป เพียงพอต่อการสรุปเพื่อหาปัจจัยการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากวิศวกรโครงการและสถาปนิกโครงการได้รับการรับรองจากสภาวิศวกรและสมาคมสถาปนิกไทยแล้ว จึงมีมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและมีความน่าเชื่อถือมากพอที่จะได้รับการไว้วางใจให้ควบคุมแต่ละโครงการ นำมาซึ่งการวิเคราะห์ปัจจัยของการเลือกใช้ฉนวนได้ถูกต้องและครบถ้วน

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการค้นคว้าครั้งนี้เป็นข้อมูลแบบปฐมภูมิ (Primary Data) และทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอยู่ 2 วิธีคือ

การสัมภาษณ์ (Interview Method)

การสัมภาษณ์จะเป็นเครื่องมือช่วยในการเก็บข้อมูลเชิงลึก ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบเฉพาะเจาะจงตามความต้องการจริง และในการสัมภาษณ์ครั้งนี้เป็นการใช้ในการถามเก็บข้อมูลเป็นส่วนๆ ที่เกี่ยวข้องกับฉนวนและการประหยัดพลังงาน และจะเป็นคำถามแบบคำถามเปิด (Open-Form) เพื่อให้ผู้ตอบจะได้อิสระในการตอบหรือการคิดอย่างเต็มที่และใช้คำพูดของตนเองในการตอบคำถาม

แบบสอบถาม (Questionnaire)

ในส่วน of แบบสอบถามนั้นจะเน้นไปในทางความคิดเห็นและข้อเท็จจริง หรือทัศนคติ ความรู้สึกของผู้ตอบที่เกี่ยวกับฉนวนและการประหยัดพลังงาน และคำถามในแบบสอบถามนี้จะเป็นคำถามเปิด (Open-Form) เพื่อที่จะได้ให้อิสระต่อความคิดของผู้ที่ทำแบบสอบถาม โดยมีแนวคำถามที่ครอบคลุมแนวคิดและขอบเขตของงานวิจัยคือ

- คุณสมบัติของฉนวนแต่ละชนิด
- ลักษณะของกรอบอาคารที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน
- แนวทางในการประหยัดพลังงาน
- ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน

สำหรับข้อมูลแบบทุติยภูมิ(Secondary Data) จะใช้วิธีการค้นคว้าจากเอกสารต่างๆ โดยทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ฉนวนกรอบอาคาร หรือการติดตั้งวัสดุกรอบอาคารและจำแนกเอกสารทั้งหมดที่ได้จากการค้นคว้าแบบทุติยภูมินำไปอ้างอิงและเปรียบเทียบกับข้อมูลปฐมภูมิ

4.4 การนำปัจจัยไปใช้

ในส่วนของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์มาทั้งหมดนั้นก็จะทำการแยกออกเป็นกลุ่มหลักๆ จากวิศวกรโครงการทั้งหมดและวิศวกรที่ได้ไปสัมภาษณ์นั้นก็จะผ่านจากสภาวิศวกรแล้วทั้งหมดจึงมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปอ้างอิงได้ ดังนั้นข้อมูลเมื่อผ่านโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ดังนั้นข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนั้นจะเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ และผู้บริโภคนั้นจะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบจำลองการเลือกฉนวนไปใช้อ้างอิงหรือเป็นตัวช่วยในการเลือกฉนวนอีกทาง

4.5 สรุป

จากการที่ได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดจากเจ้าของโครงการ วิศวกร และสถาปนิก ก็จะสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยอะไรที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้ฉนวน เช่น ราคา คุณสมบัติการป้องกันความร้อน หรือ รูปแบบของฉนวน และก็จะทำให้ทราบถึงแนวทางและแนวคิดที่ส่งผลต่อการเลือกใช้ฉนวนที่มีการประหยัดพลังงาน

บทที่ 5

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 4 โดยจะเริ่มจากการนำผลการสัมภาษณ์และการทำแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดกับการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน และเมื่อได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วก็นำมาแยกออกมาเป็นหมวดหมู่ต่างๆเพื่อง่ายต่อการแยกปัจจัย จากนั้นก็จะทำการนำไปสู่กระบวนการการคำนวณโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เพื่อที่จะได้ฉนวนตามความต้องการของปัจจัย และต่อมานำเข้าไปสู่กระบวนการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง

5.1 โครงการบ้านที่เข้าร่วมโครงการงานวิจัย

บริษัท แพนตาเซียวิลล่า จำกัด ซึ่งจดทะเบียนเป็นนิติบุคคล มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ เลขที่ 445/3 ถนน ทรูรัตน์ แขวง ทุ่งวัดดอน เขต สาทรกรุงเทพมหานคร 10120

สัดส่วนพื้นที่เปิดโล่งต่อพื้นที่ดิน

พื้นที่ดิน 680.30 ตารางเมตร

พื้นที่ฐานอาคาร 238.32 ตารางเมตร

พื้นที่เปิดโล่ง 441.98 ตารางเมตร

สัดส่วนของพื้นที่เปิดโล่งต่อพื้นที่ดิน 64.96 %

ราคา 13 ล้าน ที่ใช้ในการก่อสร้างราคาขาย 18 ล้าน

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ฉนวนของวิศวกรโครงการหรือสถาปนิกโครงการ

การสัมภาษณ์ในส่วนนี้ครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวกับการเลือกใช้ฉนวนและแนวความคิดที่มีต่อฉนวนและรวมไปถึงปัจจัยต่างๆที่ได้นำมาเป็นตัวเลือกในการตัดสินใจเลือกฉนวนนั้นๆ และข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นั้นจะเป็นข้อมูลเชิงลึกแต่คำถามที่ได้ถามวิศวกรนั้นจะเป็นคำถามในลักษณะคำถามเปิดทั้งหมด

ดังนั้นคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบแบบครอบคลุมและมีแนวคิดต่างๆรวมไปด้วยจึงจำเป็นต้องนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้นั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยและจากการสอบถามวิศวกรโครงการได้มีการนำตัวอย่างบทสัมภาษณ์ที่มีส่วนในการตัดสินใจเลือกฉนวนจะได้ข้อมูลที่สำคัญดังนี้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์

ถาม “มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของฉนวนกันความร้อนอย่างไร”

ตอบ “เป็นฉนวนที่ใช้ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อให้ภายในอุณหภูมิต่ำลง”

ถาม “มีหลักการอย่างไรในการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน”

ตอบ “การเลือกของทางโครงการจะเน้นไปในด้านของความต้องการของเจ้าของบ้านเป็นหลักและจะดูในเรื่องของคุณสมบัติการป้องกันความร้อน”

ถาม “มีการนำความเข้าใจในเรื่องของฉนวนกันความร้อนมาใช้กับโครงการอย่างไร”

ตอบ “จะเป็นการฉนวนเป็นวัสดุที่ใช้ในการประกอบการก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิจากแสงแดดที่ส่งเข้าตัวอาคาร โดยการป้องกันและสะท้อนความร้อน ซึ่งฉนวนมีทั้งแบบที่ติดตั้งภายในและภายนอกอาคารขึ้นอยู่กับรูปแบบของการใช้งาน”

ถาม “จากประสบการณ์การทำงาน วิศวกรโครงการจะใช้ปัจจัยอะไรในการตัดสินใจเลือกฉนวน”

ตอบ “อย่างแรกจะต้องดูเรื่องของประสิทธิภาพของฉนวนเป็นหลัก และต่อมาก็จะดูเรื่องความหนาของฉนวน รูปแบบการติดตั้งและความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนัง”

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และแบบสอบถามต่างๆจะถูกนำมาวิเคราะห์ถึงเนื้อหาเพื่อใช้ในการหาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนสำหรับงานก่อสร้างที่พักอาศัยการวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลการสัมภาษณ์จะทำการเสาะหาถึงปัจจัยต่างๆจากวิศวกรโครงการหรือสถาปนิกโครงการซึ่งการพิจารณาหาปัจจัยจะเป็นการพิจารณาจากคำพูดของวิศวกรโครงการหรือสถาปนิกและการสัมภาษณ์นี้จะทราบถึงปัจจัยเชิงลึกของการเลือกใช้ฉนวนและที่สำคัญยังสามารถทราบถึงปัจจัยที่เลือกฉนวนในอดีตที่ผ่านมา

5.3 การสรุปผลข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หรือการทำแบบสอบถามนั้นจะเป็นข้อมูลดิบและเป็นข้อมูลเชิงลึกและเพื่อการที่ได้มาซึ่งปัจจัยนั้นก็จะผ่านกระบวนการวิเคราะห์อย่างละเอียดจากแบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์เพื่อหาปัจจัยแท้จริงและจะได้ปัจจัยที่ถูกต้องที่สุดที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนและผลที่ได้จาก

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจะสามารถสรุปถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน

ดังนั้นปัจจัยที่ได้มาทั้งหมดจะเป็นลักษณะหลากหลายซึ่งจะครอบคลุมทั้งหมดในส่วนของการเลือกและจะทำปัจจัยทั้งหมดมาสร้างแบบจำลองในการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน

5.4 สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร

รูปแบบทางกายภาพ มีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ เช่น ฉนวนแบบคลุมห่มแบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด การเลือกใช้ฉนวนจะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน และตำแหน่งที่จะนำไปติดตั้ง นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาปัจจัย ด้านค่าใช้จ่าย ความแข็งแรงคงทนด้วยตัวอย่างการเลือกใช้ฉนวนที่มีรูปแบบทางกายภาพแตกต่างกัน เช่น ใช้ฉนวนโฟมชนิดพ่นสำหรับด้านบนหลังคา หรือผนังภายนอกอาคารเพราะมีความแข็งแรงคงทนมากเป็นพิเศษ เพื่อกันความร้อนและความชื้นและมีคุณสมบัติยึดเกาะกับหลังคาและผนังอาคารได้ดี

ความหนาแน่นและความจุความร้อน เป็นคุณสมบัติขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ฉนวนที่มีคุณภาพดีจะมีค่าความหนาแน่นและความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้นคุณสมบัติของการใช้งานที่เหมาะสม ฉนวนแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน หากเลือกใช้ไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของฉนวนได้การขยายตัวของความร้อน อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของฉนวนเปลี่ยนแปลงได้ดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ซึ่งอาจพิจารณาได้จากอุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม โดยเลือกใช้ฉนวนที่มีช่วงอุณหภูมิซึ่งต้องการใช้งานเพื่อให้การใช้งานฉนวนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และมีอายุการใช้งานยาวนาน

ความสามารถในการต้านทานความร้อน ความสามารถในการต้านทานความร้อนของฉนวนดูได้จากค่าความต้านทานความร้อน โดยฉนวนที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง จะกันความร้อนได้ดี เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้น การกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้ามาภายในอาคารซึ่งนอกจากทำให้ภายในอาคารเย็นสบายแล้ว ยังเป็นการประหยัดพลังงานให้กับระบบเครื่องปรับอากาศด้วย

ความต้านทานความชื้น เป็นวัตถุประสงค์อีกข้อหนึ่งของการใช้ฉนวนสำหรับอาคาร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องป้องกันความชื้นให้กับฉนวนแม้ว่าที่ผ่านมาการใช้ฉนวนกันความชื้นในอาคารอาจจะไม่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หลัก แต่ผลการวิจัยสภาพอากาศของไทยพบว่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศจะสูญเสียไปกับการลดความชื้นมาก

ความต้านทานแรงอัด เป็นคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับการพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อให้เกิดความคงทนถาวร และมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะฉนวนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้นฉนวนขอบประตูหน้าต่าง ฉนวนท่อและอุปกรณ์

5.5 การเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้นวนสำหรับงานก่อสร้างที่ผ่านมาในประเทศนั้น จะสามารถแบ่งเป็นปัจจัยหลักได้จำนวนอยู่ 4 ปัจจัยหลักซึ่งมีดังนี้

- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนองราคา
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านคุณสมบัติของนวน
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการติดตั้ง
- ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในด้านของอายุการใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการพิจารณาหาปัจจัย เพื่อใช้ในการสร้างแบบสอบถาม ซึ่งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามจะเป็นผู้จัดการโครงการ หรือ วิศวกรโครงการ มาวิเคราะห์โดยวิธี (AHP) แบบสอบถามที่ถามให้ระบุปัจจัยในความคิดเห็นของตน (โดยการเปรียบเทียบที่ละคู่ในรูปแบบ AHP) เพื่อหาน้ำหนักของปัจจัยและจัดอันดับความสำคัญของปัจจัย



ตาราง 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนสำหรับงานก่อสร้าง

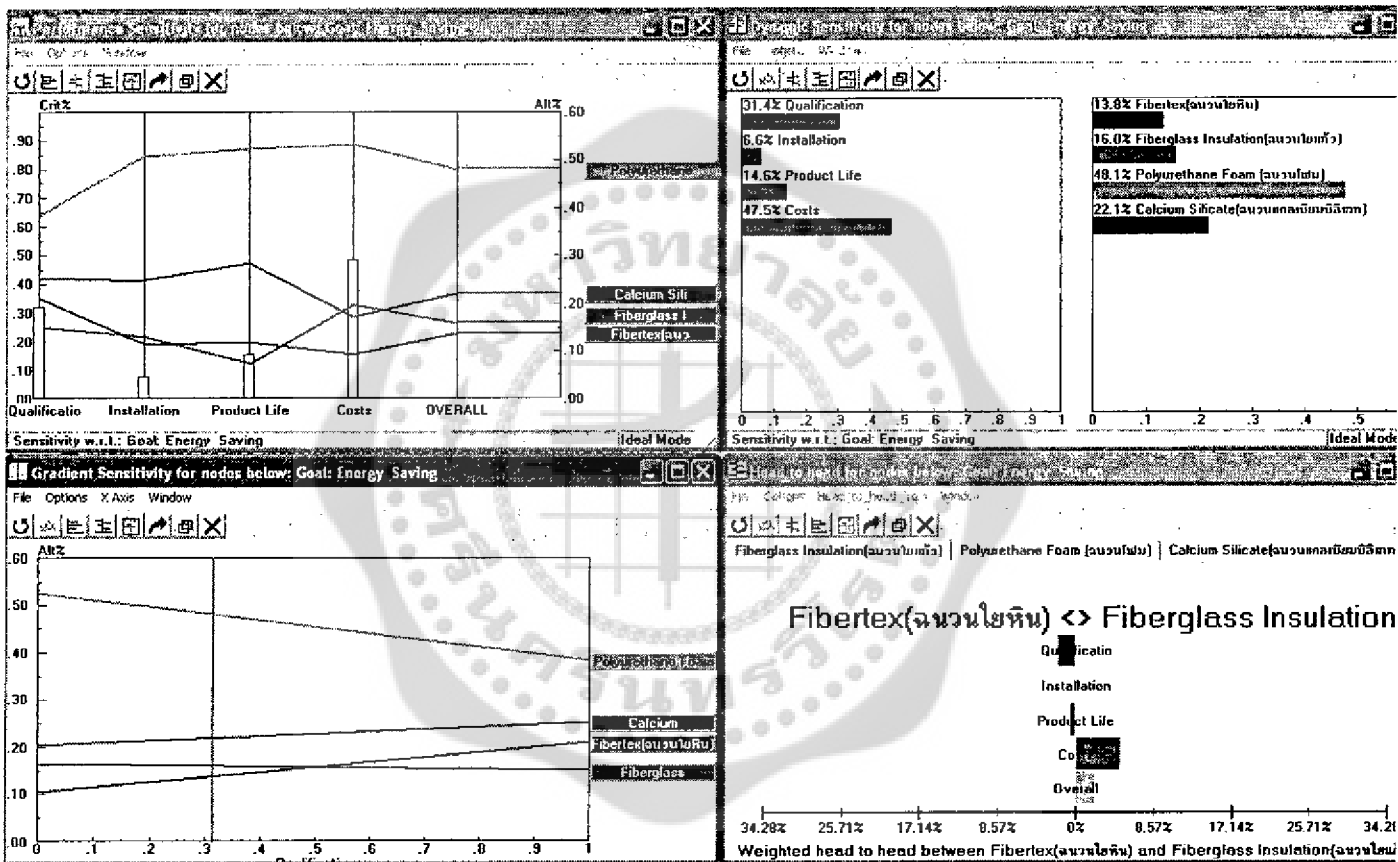
คุณสมบัติ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวน
ราคา Costs	ราคาของตัวบ้าน - Price of the house ราคาของฉนวน - Price of insulation
คุณสมบัติ Qualification	การกันน้ำและไอน้ำ – Waterproof and Vapor ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ได้ - Temperature ranges available การป้องกันสารเคมี แบคทีเรีย – Prevent chemicals, bacteria การปราศจากสารพิษ สารก่อมะเร็ง - The non-toxic carcinogens การติดไฟ ปริมาณควัน - Inflammation Smoke volume วัสดุที่ใช้ในการผลิต - Materials used in production การนำและการพาความร้อน – Heat Conduction and Convection
การติดตั้ง Installation	ความหนา - Thickness ความเหมาะสมกับงานที่ติดตั้ง - Appropriate to the installation น้ำหนักของฉนวน - Weight of insulation
อายุการใช้งาน Product Life	อายุการใช้งาน - Usage Life ความทนทาน - Durability

ตาราง 2 ความหมายของแต่ละปัจจัยหลัก

คุณสมบัติ	ความหมายของปัจจัย
ราคา Costs	-ราคาของบ้านที่ก่อสร้างเป็นผลทำให้การเลือกใช้ฉนวนมีความแตกต่างกัน เช่นบ้านที่มีราคาสูงจะมีการเลือกใช้ฉนวนที่มีประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งทำให้มีราคาสูงแต่ผู้ใช้มีงบประมาณที่เพียงพอทำให้การเลือกใช้ค่อนข้างง่าย -ราคาของฉนวนเป็นปัจจัยที่ผู้ออกแบบพึงระวังเพราะจะต้องดูที่งบประมาณของเจ้าของบ้านว่ามีงบประมาณเพียงพอหรือไม่ เพราะหากเป็นงานก่อสร้างที่มีราคาต่ำการเลือกฉนวนจะเลือกที่มีราคาถูกเพื่อลดต้นทุน
คุณสมบัติต่างๆของฉนวน Qualification	-คุณสมบัตินี้เป็นการเลือกเพื่อป้องกันความชื้นที่จะเข้ามาสู่ตัวบ้านทำให้การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากต้องมีการกำจัดความชื้นออกไปด้วย -ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ได้และการนำพาความร้อนเป็นการระบุอุณหภูมิที่สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกที่สามารถผ่านฉนวนเข้ามาได้ ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะต้องมีช่วงของการป้องกันความร้อนที่ดี เช่น สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้ามาได้ 10 องศา คือหากความร้อนภายนอกคือ 40 องศา แต่สามารถผ่านเข้ามาได้เพียง 30 องศาเป็นต้น -การติดไฟ ปริมาณควัน การป้องกันการสารเคมีหรือสารพิษนั้นจะเป็นเพียงคุณสมบัติที่เพิ่มเติมเข้ามาในส่วนของคุณภาพของผู้อยู่อาศัยซึ่งอาจจะไม่ใช่คุณสมบัติหลักของฉนวน -ในกรณีที่เกิดการติดไฟจะไม่สามารถลามไปยังบริเวณอื่นได้เนื่องจากสามารถดับได้ด้วยตัวเอง เพราะไม่มีคุณสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิง
การติดตั้ง Install	-จะเป็นในส่วนของความเหมาะสมของการติดตั้งงานต่างของกรอบอาคารซึ่งความเหมาะสมก็จะรวมไปถึงความหนาและน้ำหนักของฉนวน
อายุการใช้งาน Product Life	-อายุของการใช้งานหรือความทนทานจะพูดถึงวัสดุที่จะมาทำเป็นฉนวนกรอบอาคาร

5.6 ผลการคำนวณโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หรือการทำแบบสอบถามนั้นจะเป็นข้อมูลดิบและเป็นข้อมูลเชิงลึก และเพื่อการที่ได้มาซึ่งปัจจัยนั้นก็จะผ่านกระบวนการวิเคราะห์อย่างละเอียดจากแบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์เพื่อหาปัจจัยแท้จริงและจะได้ปัจจัยที่ถูกต้องที่สุดที่มีผลต่อการเลือกใช้นวนและผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจะสามารถสรุปถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกนวนเพื่อการประหยัดพลังงานซึ่งสามารถดูผลการคำนวณจากโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นตามภาพประกอบ 13

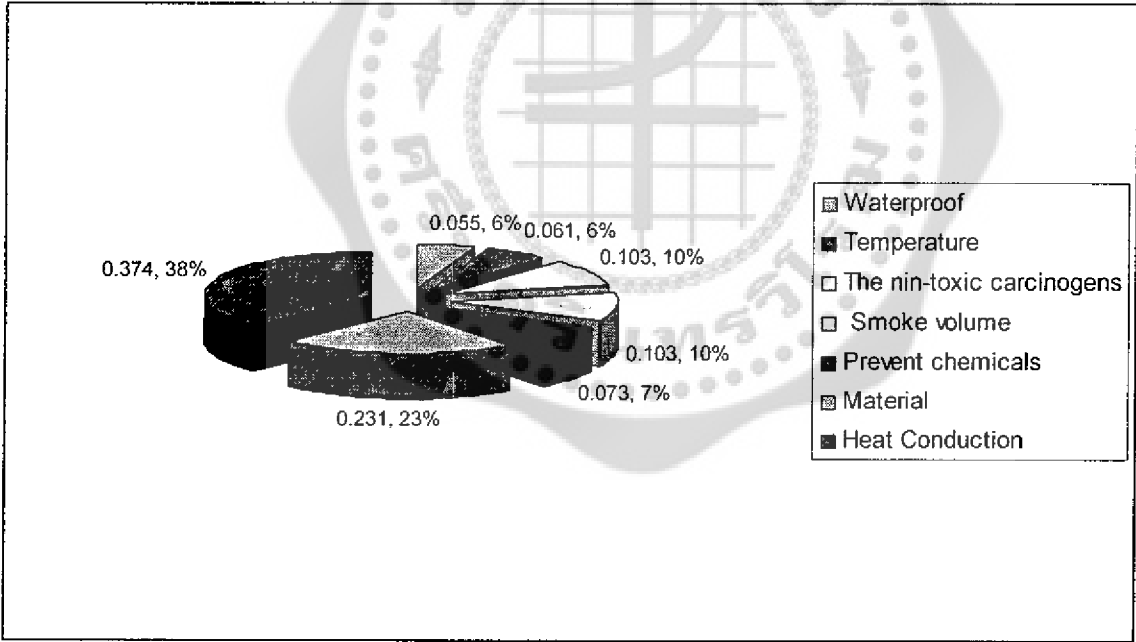


ภาพประกอบ 13 รูปตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ดังนั้นปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเลือกใช้นวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างนั้นจะจำแนกได้ 4 ประเภทคือ

ตาราง 3 น้ำหนักของปัจจัยต่างๆในส่วนของคุณสมบัติ

คุณสมบัติของฉนวน	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Waterproof and Vapor	0.055
Temperature ranges available	0.061
The non-toxic carcinogens	0.103
Inflammation Smoke volume	0.103
Prevent chemicals , bacteria	0.073
Material used in production	0.231
Heat Conduction	0.374

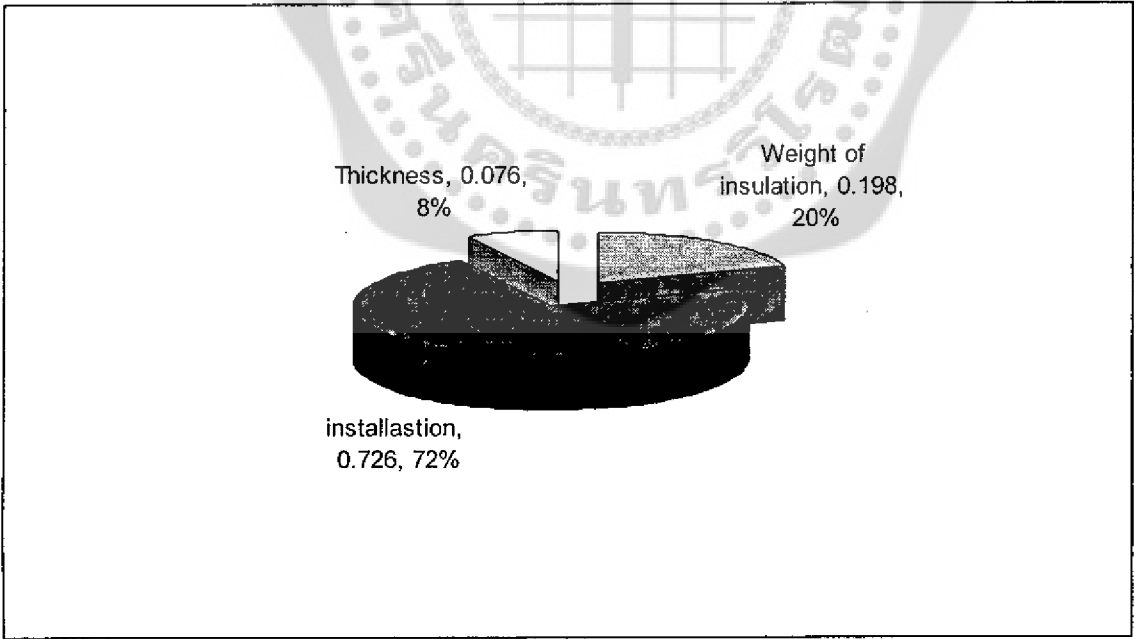


ภาพประกอบ 14 แสดงสัดส่วนน้ำหนักของปัจจัยต่างในส่วนของคุณสมบัติ

จากภาพประกอบ 14 จะแสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆของการเลือกฉนวนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับด้านคุณสมบัติของฉนวนซึ่งผู้ที่ได้ทำการเลือกปัจจัยนี้จะมีส่วนให้คะแนนหรือน้ำหนักในส่วนคุณสมบัติของการป้องกันความร้อนของฉนวนมากที่สุดคือมีน้ำหนักอยู่ที่ 0.374 หรือ 38% ซึ่งหมายความว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญของการป้องกันความร้อนหรือการถ่ายเทความร้อนเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของฉนวน กรอบอาคารและอันดับรองลงมาคือคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการผลิตฉนวนซึ่งมีน้ำหนักอยู่ที่ 0.231 หรือ 23%

ตาราง 4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง

ลักษณะของการติดตั้ง	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Weight of insulation	0.198
Appropriate to the installastion	0.726
Thickness	0.076

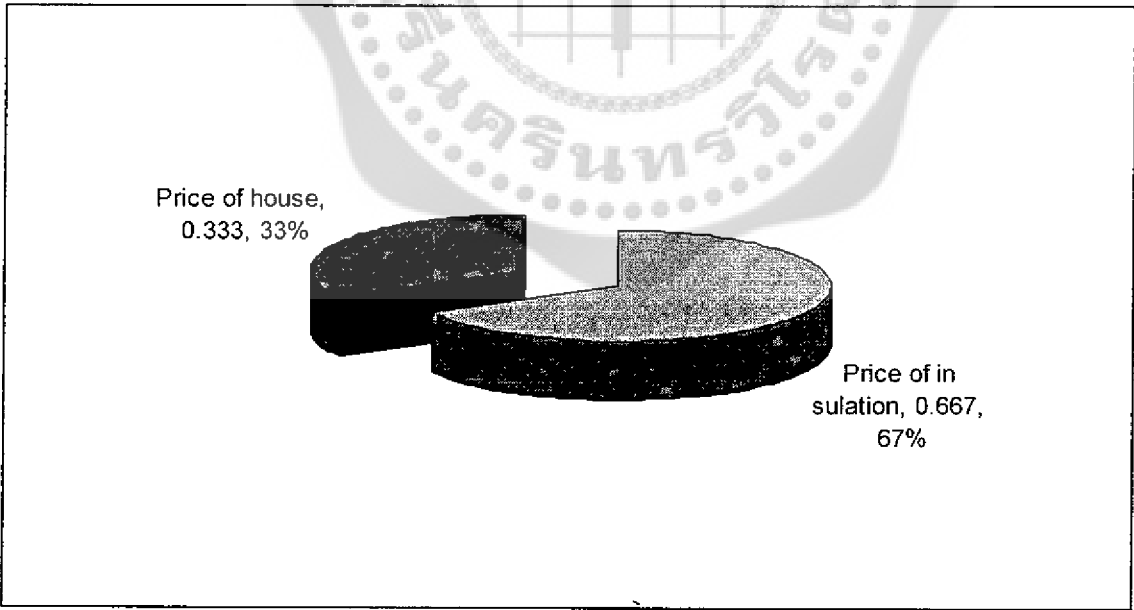


ภาพประกอบ 15 แสดงสัดส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง

จากภาพประกอบ 15 แสดงให้เห็นได้ว่าสัดส่วนของปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับลักษณะของการติดตั้ง ผู้ที่ได้ทำการเลือกจะมีความคิดเห็นที่จะให้ส่วนของการติดตั้งฉนวนกระแนหรือน้ำหนักมากที่สุดคือ 0.726 หรือ 38% ดังนั้นจะหมายความว่าฉนวนที่ได้จากการเลือกนั้นจะต้องมีลักษณะที่มีการติดตั้งง่ายและต้องไม่มีส่วนในการดัดแปลงเพื่อติดตั้งงานฉนวนกรอบอาคาร และปัจจัยอันดับต่อมาคือจะเป็นในส่วนของน้ำหนักของฉนวนจะมีกระแนหรือน้ำหนักอยู่ที่ 0.198 หรือ 20% คือความต้องการของผู้บริโภคจะต้องการวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพราะทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและไม่มีปัญหาในด้านของการรับน้ำหนักของงานก่อสร้าง

ตาราง 5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา

ราคา	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Price of in sulation	0.667
Price of house	0.333

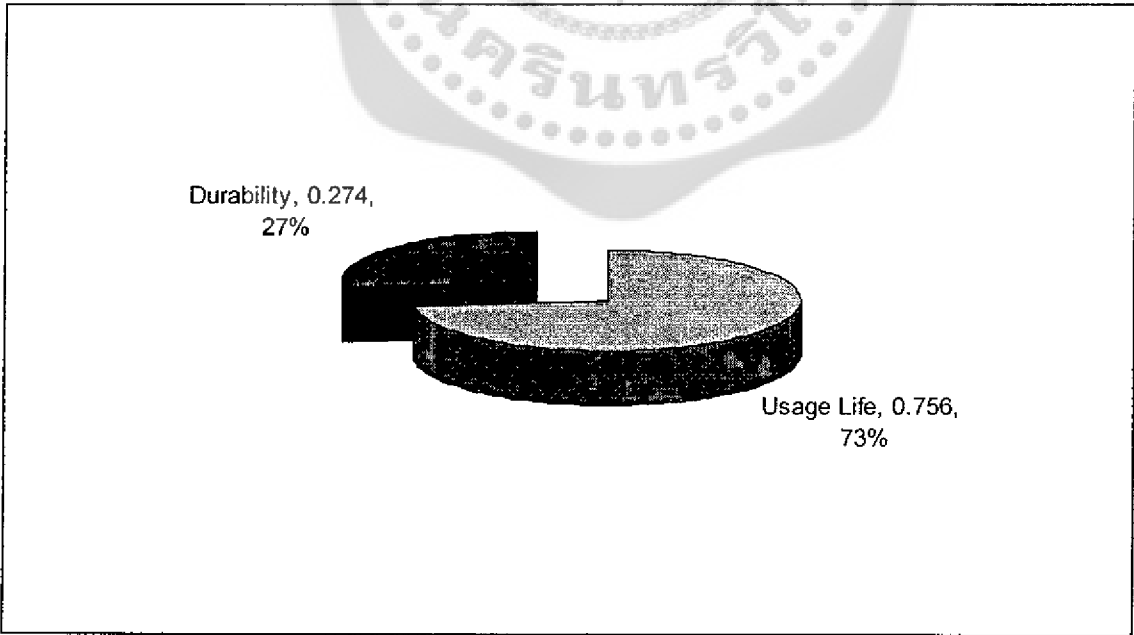


ภาพประกอบ 16 แสดงสัดส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคา

จากภาพประกอบ 16 จะแสดงให้เห็นถึงปัจจัยในส่วนของราคาซึ่งจะทำการเปรียบเทียบอยู่ 2 ส่วนคือ ราคาบ้านกับราคาของฉนวน ผู้ที่ได้ทำการเลือกปัจจัยนั้นจะให้ความสำคัญกับราคาของฉนวน และราคาของฉนวนนั้นจะมีผลต่อการเลือกจะมีคะแนนหรือน้ำหนักอยู่ที่ 0.667 หรือ 67% และในส่วน ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของราคาบ้านจะมีผลต่อการเลือกอยู่ที่ 0.333 หรือ 33% จะทำให้เห็นได้ว่า ความสำเร็จของราคาบ้านที่มีราคาที่สูงจะไม่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุหรือฉนวนที่มีราคาสูง แต่ผู้บริโภค จะให้ความสำคัญของราคาฉนวนที่เหมาะสมกับการใช้งาน

ตาราง 6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทน

ความคงทน	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Usage Life	0.756
Durability	0.274



ภาพประกอบ 17 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทน

ภาพประกอบ 17 เป็นการแสดงในส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของฉนวนซึ่งจะมีการเปรียบเทียบกับปัจจัยที่แสดงให้เห็นถึงอายุการใช้งานของฉนวนและความทนทานของฉนวนและสรุปได้ว่าผู้ที่ได้ทำการเลือกในส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุการใช้งานมากที่สุดจะมีคะแนนหรือน้ำหนักอยู่ที่ 0.756 หรือ 73% จะเป็นสัดส่วนที่มากกว่าในเรื่องของความทนทานของฉนวนซึ่งมีคะแนนหรือน้ำหนักอยู่ที่ 0.274 หรือ 27%

5.7 สรุปการเลือกฉนวนจากการคำนวณ

จากการที่ได้ทำการเลือกปัจจัยทั้งหมดในแต่ละส่วนนั้นจะทำให้ทราบถึงเหตุผลหรือปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อที่จะสรุปออกมาได้ว่าจากปัจจัยทั้งหมดนั้นจะมีความเหมาะสมกับฉนวนชนิดใด ซึ่งผลสรุปดังในตารางที่ 6

ตาราง 7 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวน

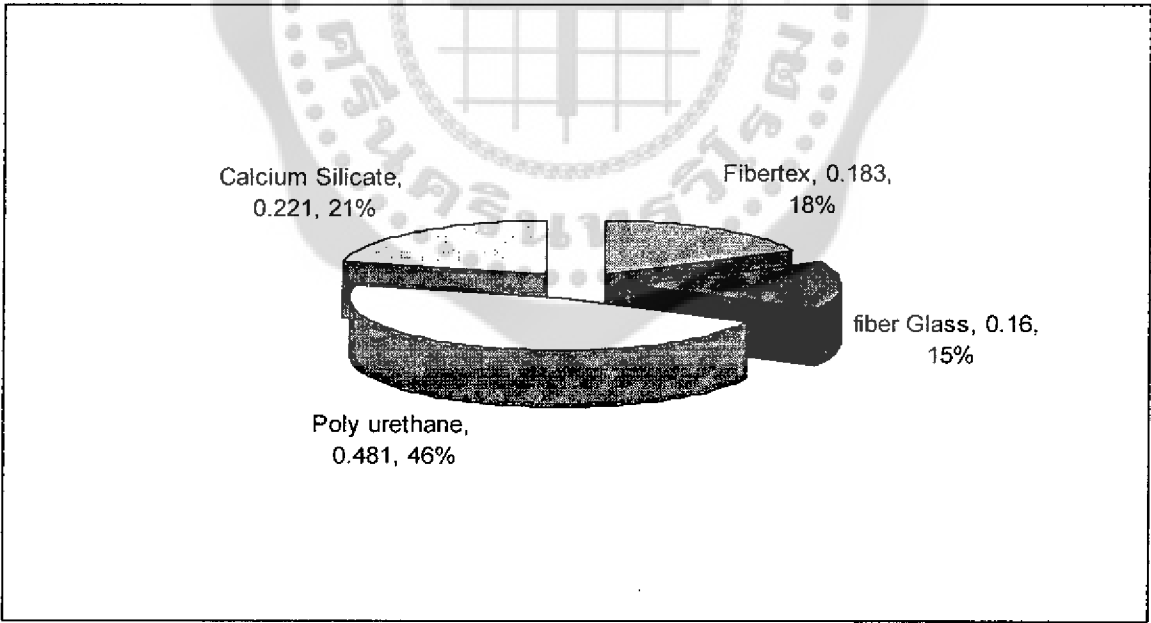
คุณสมบัติ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวน
ราคา Costs	ราคาของฉนวน - Price of insulation
คุณสมบัติ Qualification	การนำและการพาความร้อน – Heat Conduction and Convection
การติดตั้ง Installation	ความเหมาะสมกับงานที่ติดตั้ง - Appropriate to the installation
อายุการใช้งาน Product Life	อายุการใช้งาน - Usage Life

ดังนั้นจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในด้านของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างใหม่นั้นจากการประมวลผลของโปรแกรมคำนวณลำดับขั้นแล้วนั้นจะส่งผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อให้ตรงกับปัจจัยที่ต้องการมากที่สุดและในส่วนของปัจจัยที่ได้เลือกมาแล้วนั้นฉนวนที่เหมาะสมที่สุดก็คือฉนวน โพลียูรีเทนคือจะมีผลน้ำหนักรวมทั้งหมดคือ 0.481 และจะเห็นได้จากการที่ได้มาซึ่งฉนวนแล้วนั้นจะมีองค์ประกอบของปัจจัยอยู่หลากหลายเพื่อที่จะหาข้อสรุปในการคำนวณหาฉนวนจากปัจจัยต่างๆ ดังในตารางที่ 4

จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ได้ทำการเลือกมานั้นจะส่งผลต่อการเลือกฉนวนว่าฉนวนแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับปัจจัยใดด้วยและจากโปรแกรมการคำนวณลำดับขั้นนั้นจะมีความเที่ยงตรงและมีความน่าเชื่อถือที่สุดเนื่องจากตัวโปรแกรมเองแล้วจะทำการจับคู่ให้น้ำหนักจนครบทุกๆปัจจัยแล้วจะนำมาคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์นั้นก็คือฉนวนที่ตรงตามความต้องการมากที่สุด

ตาราง 8 ฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัย

ฉนวนที่ได้จากการคำนวณ	น้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
Fibertex	0.183
fiber Glass	0.16
Poly urethane	0.481
Calcium Silicate	0.221



ภาพประกอบ 18 แสดงสัดส่วนของฉนวนที่ได้จากการเลือกของปัจจัย

5.8 ค่าความคลาดเคลื่อน

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดซึ่งอยู่ในระดับเป้าหมายเดียวกัน โดยการแบ่งระดับส่วนประกอบของปัญหา แล้วพิจารณาจากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยผ่านทางดัชนีชี้วัดต่าง ๆ ซึ่งคล้ายกับรูปแบบการคิดของมนุษย์ที่สามารถลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน วิธีนี้ยังทำให้ความผิดพลาดของการตัดสินใจลดลง เพราะต้องทำการตรวจสอบค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรง (Consistency ratio :CR) โดยค่า CR ที่มีค่าน้อยกว่า 0.10 แสดงว่าผู้ที่ตัดสินใจมีความเที่ยงตรงของการใช้เหตุผลอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เราจะนำเครื่องมือนี้มาเพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกถนนเพื่อการ ประหยัดพลังงาน

ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ของการเลือกถนนเพื่อการประหยัดพลังงานจะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.10 ดังนั้นจะแสดงให้เห็นได้ว่าผลของการวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกถนนเพื่อการประหยัดพลังงานจะมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ

5.9 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม สามารถแยกได้ 2 ค่า คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) และ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) ค่าทั้ง 2 ค่าได้มาจากการคำนวณโดยใช้วิธีคำนวณและค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ซึ่งหากพบว่าค่า RTTV และ OTTV มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด จะส่งผลต่อภาพรวมการใช้พลังงานในอาคารดังต่อไปนี้

5.9.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ค่ามาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา หากมีค่า RTTV มากกว่า 25 W/m^2 (ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่) จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานที่มากขึ้นโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

รายการคำนวณค่า RTTVกรณีทีค่า RTTV เกินมาตรฐาน (25 W/m ²)			
ค่า RTTV ของอาคาร	=	25	W/m ² (3.7)
พื้นที่ของหลังคาที่รับความร้อน		132	
P=	=	m ²	
ค่าความร้อนที่คำนวณได้	=	P x RTTV / 1000	
		132x25/1,000	
	=	3.3	kW
บีทียู/ชั่วโมง Btu x 0.000293	=	3.3/0.000293	
	C =	11,262.79	Btu/hr
ค่า EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในชั้นบนสุดของอาคาร	=	13.76	Btu/hr-W
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	Pw= C/EER/1000		
	=	11,262.79/13.76/1,000	
	=	0.81	kW
หากมีการใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง			
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	0.81x8x365x0.8	
	=	1,912	kWh/ปี
(เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 80%)			
คิดเป็นเงินที่ใช้	=	1,912x3.43	
	=	6,558	บาท/ปี
(ค่า 3.43 บาท/kWh เป็นค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของอาคารนี้)			

5.9.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (OTTV)

รายการคำนวณค่า OTTVกรณีที่มีค่า OTTVเกินมาตรฐาน (45 W/m²)

ค่า OTTV ของอาคาร	= 45	W/m ² (3.2.2.6)
พื้นที่ของผนังที่รับความร้อนของห้องปรับอากาศ	P = 462.01	m ²
ค่าความร้อนที่ใช้	= PxOTTV/1000 = 462.01x45/1,000 = 20.79	kW
บีทียู/ชั่วโมง Btu x 0.000293	= 20.79/0.000293	
	C= 70,955.63	Btu/hr
ค่า EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศในอาคารนี้	= 13.76	Btu/hr-W
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	C/EER/1000 Pw= 70,955.63/13.76/1,000 = = 5.15	kW
หากมีการใช้งานวันละ 8 ชั่วโมง		
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	= 5.15x8x365x0.8 = 12,045.95	kWh/ปี
(เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็น 80%)		
คิดเป็นเงินที่ใช้	= 12,045.95x3.43 = 41,317.62	บาท/ปี
(ค่า 3.43 บาท/kWh เป็นค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของอาคารนี้)		

5.10 สรุปผลการคำนวณค่า RTTV และ OTTV

จากการคำนวณจะสามารถสรุปได้ว่าจากค่ามาตรฐานของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา หากมีค่า RTTV มากกว่า 25 W/m^2 (ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่) จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานที่มากขึ้นโดยสามารถคำนวณค่าได้ค่าความประหยัดจะน้อยกว่า 6,558 บาทต่อปีและการที่อาคารมีค่า OTTV เกิน มาตรฐาน จะส่งผลให้ภาวะของการอยู่สบายและการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากจะมีการใช้เครื่องปรับอากาศที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เป็นดังนี้คือ อาคารเก่าต้องมีค่าไม่เกิน 55 W/m^2 ส่วนอาคารใหม่ต้องมีค่าไม่เกิน 45 W/m^2 โดยจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการคำนวณแล้วจะทำให้ทราบถึงความประหยัดน้อย 41,317.62 บาทต่อปี

ดังนั้นจากการคำนวณค่าพลังงานทั้งหมดแล้วก็จะแสดงให้เห็นถึงการลดการใช้พลังงานและลดต้นทุนทางด้านพลังงานซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารหรือการเลือกวัสดุกรอบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจากผลคำนวณทั้งโครงการซึ่งมีค่า RTTV 9.84 W/m^2 และค่า OTTV อยู่ที่ 34.60 W/m^2 ผลที่ได้ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายซึ่งจากก่อนปรับปรุงจะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอยู่ที่ 2,010,776.04 บาทและหลังปรับปรุงจะมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานอยู่ที่ 1,442,715.12 บาท และจากค่าใช้จ่ายทั้งหมดจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 8 ปีซึ่งทั้งหมดนั้นก็มีความเหมาะสมที่จะมีการเลือกใช้นวนเพื่อการประหยัดพลังงานและการลดต้นทุนทางด้านพลังงาน

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ทำการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลสำคัญต่อการเลือกใช้น้ำมันเนื่องจากในสังคมปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานดังนั้นจึงหาปริมาณสำหรับกรอบอาคารก็เป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อการลดการใช้พลังงาน ผู้วิจัยจึงได้มีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรวมไปถึงการคำนวณค่าการประหยัดพลังงานจาก วิทยานิพนธ์ รายงานผลการศึกษาวิจัย บทความวิชาการ และวารสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้ตรงต่อวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ได้

6.1 บทสรุป

จากการรวบรวมและประมวลผลข้อมูลแล้วนั้น ปัจจัยทั้งหมดที่มีผลที่เกี่ยวข้องต่อการเลือกใช้น้ำมันเพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้ได้มากที่สุดและจากผลการวิเคราะห์จะทำการแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณโดยใช้วิธีการวิเคราะห์กระบวนการลำดับชั้น (AHP) เพื่อได้มาแบบจำลอง และส่วนที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางวิศวกรรมเพื่อคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกทั้งหมดของอาคาร (OTTV) และรวมไปถึงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาและเพดาน (RTTV) ดังนั้นทำการสรุปได้คือ

จากการที่ได้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยมาทั้งหมดนั้นจะมีปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้น้ำมันอยู่ 4 ปัจจัยคือ

- ราคา
- คุณสมบัติของฉนวน
- การติดตั้ง
- อายุของการใช้งานฉนวน

เมื่อได้ปัจจัยมาทั้งหมดแล้วก็เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่แท้จริงซึ่งจากการคำนวณแล้วจะแบ่งได้คือ ปัจจัยในส่วนของการเลือกใช้น้ำมันในส่วนของคุณสมบัติจะมีน้ำหนักมากที่สุดคือ การป้องกันการถ่ายเทความร้อนมีน้ำหนักอยู่ 0.374 ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการติดตั้งจะมีการให้ความสำคัญมากที่สุดคือความเหมาะสมต่อการติดตั้งซึ่งมีน้ำหนักมากที่สุดคือ 0.726 ปัจจัยในส่วนของราคาซึ่งจะทำการเปรียบเทียบอยู่ด้วยกันสองส่วนคือราคากับราคาของฉนวนและผลการคำนวณหาปัจจัยมาแล้วนั้นจะให้น้ำหนักในส่วนของราคาฉนวนมากที่สุดคือ 0.667 ปัจจัยที่มีผลการความคงทนมากที่สุดจากการคำนวณของโปรแกรมจะพบว่าผู้ที่ทำการใช้โปรแกรม

นี้จะให้ความสำคัญต่ออายุการใช้งานของฉนวนมากที่สุดคือ 0.756 ดังนั้นจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในด้านของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับงานก่อสร้างใหม่นั้นจากการประมวลของของโปรแกรมคำนวณลำดับขั้นแล้วนั้นจะส่งผลต่อการเลือกฉนวนเพื่อให้ตรงกับปัจจัยที่ต้องการมากที่สุดและในส่วนของปัจจัยที่ได้เลือกมาแล้วนั้นฉนวนที่เหมาะสมที่สุดก็คือฉนวน โพลียูรีเทนก็จะมีผลน้ำหนักรวมทั้งหมดคือ 0.481 และจะเห็นได้ว่าการที่ได้มาซึ่งฉนวนแล้วนั้นจะมีองค์ประกอบของปัจจัยอยู่หลากหลายเพื่อที่จะหาข้อสรุปในการคำนวณหาฉนวนจากปัจจัยต่างๆ

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้ฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงานจะการใช้วิธีการคำนวณวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้น (AHP) จะไม่สามารถยืดหยุ่นได้ในเมื่อมีการพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงตามความต้องการจะไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงได้ทันทีเพื่อที่จะให้ตรงความต้องการและตรงกับปัจจัยมากที่สุดจะมีวิธีแก้โดยการเริ่มทำการวิเคราะห์และคำนวณใหม่ ดังนั้นจะเป็นการเสียเวลาต่อผู้ที่เข้ามาใช้วิธีการคำนวณวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้น (AHP)

ในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาและเพดาน (RTTV) ของงานก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดเล็กยังไม่มีข้อกำหนดหรือ พรบ. มาเป็นมาตรฐานดังนั้นจำเป็นต้องไปใช้การเปรียบเทียบกับ พรบ. อาคารเก่าต้องมีค่าไม่เกิน 55 W/m^2 ส่วนอาคารใหม่ต้องมีค่าไม่เกิน 45 W/m^2



บรรณานุกรม

1. ตรึงใจ บุณสมภพ. (2539). การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพใน การประหยัดพลังงาน. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ.
2. จินดา แก้วเขียว และ คณะ รวบรวมโดย ศูนย์อนุรักษ์ . (2540). เอกสารเผยแพร่ชุดสาระนั้นรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. พลังงานแห่งประเทศไทยผศ.
3. ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์.(2544). การประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
4. นายจูนัย สุทธิวงศ์รัชต์. (2543). การวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้นทางด้านการจัดการวัสดุ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
5. วรวิทย์ เจริญวานิช. (2540). การศึกษากระบวนการจัดการความเสี่ยงของการควบคุมคุณภาพของโครงการก่อสร้างประเภทคอนกรีตถึงสำเร็จรูปด้วยการประยุกต์กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น. วิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
6. วิฑูรย์ ดันศิริมงคล. (2542). กระบวนการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process). กรุงเทพฯ ฯ สำนักพิมพ์กราฟฟิกแอนด์พรินติ้ง.
7. นายการุณย์ ศุภมิตรโยธิน. (2548). การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
8. ณีติฐากร ชูก้าน. (2547). การออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการประเมินบริษัทขนส่ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
9. รศ.ดร.จงจิตร หิรัญลาภ. (2544). บ้านสบายแห่งสหสวรรค์ใหม่ . สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ.
10. สมัญญา รังสีเสนา ณ อยุธยา. (2551). ปัจจัยสำหรับการบริหารผู้รยยนต์เสื่อมสภาพของกองทัพอากาศ โดยกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
11. รศ.ดร.สมศักดิ์ ไชยภินันท์. (2547). Development of Solar Cooling Load Factors for Fenestration in Thailand. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 12.นายวสันต์ ไตรนากุล. (2552). การศึกษากระบวนการติดต่อสื่อสารในการบริหารโครงการ IT. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

13. Edmundas Kazimieras Zavadskas. (2008). *SELECTION OF THE EFFECTIVE DWELLING HOUSE WALLS BY APPLYING ATTRIBUTES VALUES DETERMINED AT INTERVALS*. Vilnius Gediminas Technical University.
14. Zoubir Lounis.(1998). *EFFECTIVE DECISION-MAKING TOOLS FOR ROOFING MAINTENANCE MANAGEMENT*. First International Conference on New Information Technologies for Decision Making in Construction.
15. กัญจน์ พิเชษฐศิลป์. (2545). *แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย







ภาคผนวก ก

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติ
การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.
ให้ไว้ ณ วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2535
เป็นปีที่ 47 ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า โดยที่เป็นการสมควรมีกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ทำหน้าที่รัฐสภา ดังต่อไปนี้

มาตรา 1 พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า "พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535"

มาตรา 2* พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป
*[รก.2535/22/1/2 เมษายน 2535]

มาตรา 3 ในพระราชบัญญัตินี้

"พลังงาน" หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งให้อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อนและไฟฟ้าเป็นต้น

"พลังงานหมุนเวียน" หมายความว่า พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

"พลังงานสิ้นเปลือง" หมายความว่า พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

"เชื้อเพลิง" หมายความว่า ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงสังเคราะห์ ฟืน ไม้ แกลบกากอ้อย ขยะและสิ่งอื่น ตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

"น้ำมันเชื้อเพลิง" หมายความว่า ก๊าซ น้ำมันเบนซิน น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับ เครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันอื่น ๆ ที่คล้ายกับน้ำมันที่ได้ออกชื่อมาแล้วและ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

"ก๊าซ" หมายความว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เป็นก๊าซหุงต้มหรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว ซึ่ง ได้แก่ โพรเพน โพรพิลีน นอร์มัลบิวเทน ไอโซ-บิวเทน หรือบิวทิลีนส์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมกันเป็นส่วนใหญ่

"โรงกลั่น" หมายความว่า โรงกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง สถานที่ผลิตและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และ หมายความว่ารวมถึงโรงแยกก๊าซและโรงงานอุตสาหกรรมเคมีปิโตรเลียมและสารละลายด้วย

"คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ" หมายความว่า คณะกรรมการนโยบายพลังงาน แห่งชาติตามกฎหมายว่าด้วยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

"อนุรักษ์พลังงาน" หมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

"ตรวจสอบ" หมายความว่า สํารวจ ตรวจวัด และเก็บข้อมูล

"โรงงาน" หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

"เจ้าของโรงงาน" หมายความว่า ผู้รับผิดชอบในการบริหารโรงงานด้วย

"อาคาร" หมายความว่า อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

"เจ้าของอาคาร" หมายความว่า บุคคลอื่นซึ่งครอบครองอาคารด้วย

"กองทุน" หมายความว่า กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

"คณะกรรมการกองทุน" หมายความว่า คณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

"พนักงานเจ้าหน้าที่" หมายความว่า ผู้ซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งให้ปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

"อธิบดี" หมายความว่า อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานหรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมพัฒนาและ ส่งเสริมพลังงานมอบหมาย

"รัฐมนตรี" หมายความว่า รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน

มาตรา 4 เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้ ให้ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจหน้าที่ ดังต่อไปนี้

(1) เสนอนโยบาย เป้าหมาย หรือมาตรการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ พลังงานต่อคณะรัฐมนตรี

(2) เสนอต่อคณะรัฐมนตรีในการออกพระราชกฤษฎีกาตามมาตรา 8 และมาตรา 18

(3) ให้คำแนะนำในการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 9 มาตรา 11

มาตรา 19 และมาตรา 23

(4) กำหนดแนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และลำดับความสำคัญของการใช้จ่ายเงินกองทุนตามมาตรา 28 (1)

(5) กำหนดชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่ต้องส่งเงินเข้ากองทุนตามมาตรา 28 (5)

(6) กำหนดอัตราการส่งเงินเข้ากองทุนสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงตามมาตรา 35 มาตรา 36 และมาตรา 37

(7) ให้ความเห็นชอบอัตราค่าธรรมเนียมพิเศษตามมาตรา 43

(8) กำหนดแนวทาง หลักเกณฑ์ และเงื่อนไขการให้การส่งเสริมและช่วยเหลือแก่โรงงาน อาคาร ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 40

(9) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้การกำหนดตาม (5) และ (6) ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา 5 หนังสือหรือคำสั่งที่มีถึงบุคคลใดเพื่อปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ ให้เจ้าหน้าที่นำส่งในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก หรือในเวลาทำการของบุคคลนั้น หรือส่งโดยทางไปรษณีย์ลงทะเบียน

ในกรณีที่ไม่สามารถจะส่งตามวิธีดังกล่าวในวรรคหนึ่งด้วยเหตุใด ๆ ให้ส่งโดยวิธีปิดหนังสือหรือคำสั่งไว้ในที่ที่เห็นได้ง่าย ณ ที่อยู่ สำนักงาน หรือบ้านที่บุคคลนั้นมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านตามกฎหมายว่าด้วยการทะเบียนราษฎรครั้งสุดท้าย หรือจะโฆษณาข้อความย่อในหนังสือพิมพ์ที่จำหน่ายเป็นปกติในท้องถิ่นนั้นก็ได้

เมื่อได้ส่งตามวิธีดังกล่าวในวรรคสองและเวลาได้ล่วงพ้นไปเจ็ดวันแล้ว ให้ถือว่าบุคคลนั้นได้รับหนังสือหรือคำสั่งนั้นแล้ว

มาตรา 6 ให้นายกรัฐมนตรี รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลัง และรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้ ทั้งนี้ ในส่วนที่เกี่ยวกับอำนาจหน้าที่ของนายกรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานมีอำนาจแต่งตั้งพนักงานเจ้าหน้าที่ กับออกกฎกระทรวงและกำหนดกิจการอื่นเพื่อปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้กฎกระทรวงนั้น เมื่อได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้วให้ใช้บังคับได้

หมวด 1

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

มาตรา 7 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานได้แก่การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
- (2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
- (3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
- (4) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
- (5) การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
- (6) การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
- (7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 8 การกำหนดโรงงานประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงานหรือวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นโรงงานควบคุม ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

พระราชกฤษฎีกาดาวรรคหนึ่งให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งใดใช้พลังงานต่ำกว่าขนาดหรือปริมาณที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกาดาวรรคหนึ่งและจะใช้พลังงานในระดับดังกล่าวต่อไปเป็นเวลาติดต่อกันไม่น้อยกว่าหกเดือน เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งนั้นอาจแจ้งรายละเอียดพร้อมด้วยเหตุผล และมีคำขอให้อธิบดีผ่อนผันการที่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ตลอดเวลาดังกล่าวได้ ในกรณีที่มีคำขอดังกล่าว ให้อธิบดีพิจารณาผ่อนผันหรือไม่ผ่อนผันและมีหนังสือแจ้งผลให้เจ้าของโรงงานควบคุมทราบโดยเร็ว

มาตรา 9 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงานตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานของตนให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 10 ในกรณีที่มีเหตุอันสมควร อธิบดีมีอำนาจออกคำสั่งให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายใดแจ้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเพื่อตรวจสอบให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามมาตรฐาน

หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 และให้เจ้าของโรงงานควบคุมรายนั้นปฏิบัติตามภายในสามสิบวันนับแต่วันที่รับคำสั่งนั้น

มาตรา 11 นอกจากที่บัญญัติไว้แล้วในมาตรา 10 ให้เจ้าของโรงงานควบคุมมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- (1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรา 13อย่างน้อยหนึ่งคน ประจำที่โรงงานควบคุมแต่ละแห่ง
 - (2) ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ตามแบบและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง
 - (3) จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง
 - (4) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมและส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง
 - (5) ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาที่กำหนดในกฎกระทรวง
- กฎกระทรวงตามมาตรา 11 ให้รัฐมนตรีออกโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

มาตรา 12 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน และแจ้งให้อธิบดีทราบภายในหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมตามมาตรา 8 ใช้บังคับ ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ หรือนับแต่วันที่ เป็นโรงงานควบคุม ในกรณีที่เป็นโรงงานควบคุมในหรือหลังวันที่พระราชกฤษฎีกาที่ออกตามมาตรา 8 ใช้บังคับ

มาตรา 13 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานอย่างน้อยสามปี โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม
- (2) เป็นผู้ได้รับปริญญาทางวิศวกรรมศาสตร์หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุม
- (3) เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกันที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานจัดขึ้นหรือให้ความเห็นชอบ

การรับรองของเจ้าของโรงงานควบคุมตาม (1) และ (2) ให้เป็นไปตามแบบที่อธิบดีกำหนด

มาตรา 14 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- (1) บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะ ๆ
- (2) ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน
- (3) รับรองข้อมูลที่เจ้าของโรงงานควบคุมส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตาม

มาตรา 11 (2)

(4) ควบคุมดูแลการบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) เพื่อให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้และรับรองความถูกต้องของการบันทึกดังกล่าว

(5) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามมาตรา 11 (4)

(6) รับรองผลการตรวจสอบหรือวิเคราะห์ตามมาตรา 11 (5)

(7) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมปฏิบัติตามคำแนะนำของอธิบดีตามมาตรา 16

มาตรา 15 เจ้าของโรงงานควบคุมต้องเก็บรักษาบันทึกข้อมูลตามมาตรา 11 (3) ไว้ประจำ ณ โรงงานควบคุมเป็นเวลาไม่น้อยกว่าห้าปีเพื่อประโยชน์ในการใช้งานและในการตรวจสอบของพนักงานเจ้าหน้าที่

มาตรา 16 เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 11 (4) ที่เจ้าของโรงงานควบคุมต้องส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้มีรายละเอียดแสดงถึงแผนการดำเนินการของโรงงานควบคุมที่จะให้การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานบรรลุสู่มาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9

ถ้าอธิบดีเห็นว่าเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวไม่ถูกต้องให้อธิบดีมีหน้าที่ให้คำแนะนำเพื่อให้เจ้าของโรงงานควบคุมแก้ไขให้ถูกต้องตามวรรคหนึ่ง รวมทั้งติดตามและเร่งรัดให้เจ้าของโรงงานควบคุมดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานที่ได้แก้ไขแล้ว

หมวด 2

การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

มาตรา 17 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารได้แก่การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
- (2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่

เหมาะสม

(3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุ
ก่อสร้างนั้น ๆ

- (4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- (5) การใช้และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- (6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
- (7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 18 การกำหนดอาคารประเภทใด ขนาด ปริมาณการใช้พลังงานและวิธีการใช้พลังงาน
อย่างใดให้เป็นอาคารควบคุมให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกาให้นำมาตรา 8 วรรค สองและวรรคสามมา
ใช้บังคับโดยอนุโลมมาตรา 19 เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน ในอาคารควบคุมให้รัฐมนตรี
โดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนด

- (1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารและการใช้พลังงานในอาคาร
- (2) หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้าง

อาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร และการใช้พลังงานในอาคาร

- (3) มาตรฐานการปรับอากาศ การทำน้ำร้อนและการให้ความร้อนในอาคาร

มาตรา 20 ในการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 19 ถ้าคณะกรรมการควบคุมอาคารตาม
กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารได้พิจารณาให้ความเห็นชอบที่จะนำมาใช้บังคับกับการควบคุมอาคาร
ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารด้วยแล้ว ให้ถือว่ากฎกระทรวงดังกล่าวมีผลเสมือนเป็น
กฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 8 แห่งพระราชบัญญัติควบคุม อาคาร พ.ศ. 2522 และให้บรรดาผู้มี
อำนาจหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารมีอำนาจหน้าที่ควบคุมดูแลให้การก่อสร้างหรือ
ดัดแปลงอาคารเป็นไปตามกฎกระทรวงดังกล่าว และในกรณีเช่นว่านี้ แม้ว่าอาคารที่เข้าลักษณะเป็น
อาคารควบคุมจะอยู่ในท้องที่ที่ยังมิได้มีพระราชกฤษฎีกาใช้บังคับกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารก็
ตาม ให้ถือว่าอยู่ในบังคับแห่งกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารด้วยทั้งนี้ เฉพาะในขอบเขตที่เกี่ยวข้อง
เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา 21 เจ้าของอาคารควบคุมต้องอนุรักษ์พลังงาน ตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ในอาคารของตนให้เป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตาม มาตรา 19 ให้นำมาตรา 10 มาใช้บังคับแก่เจ้าของอาคารควบคุม โดยอนุโลม

มาตรา 22 ให้นำมาตรา 11 มาตรา 12 มาตรา 15 และมาตรา 16 มาใช้บังคับแก่เจ้าของอาคาร ควบคุม และให้นำมาตรา 13 และมาตรา 14 มาใช้บังคับแก่ผู้รับผิดชอบต้น พลังงานของเจ้าของอาคาร ควบคุม แล้วแต่กรณี โดยอนุโลม



หมวด 3

การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องจักร อุปกรณ์ และส่งเสริมการใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน

มาตรา 23 เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งเสริมการใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจออกกฎกระทรวงในเรื่องดังต่อไปนี้

(1) กำหนดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามประเภท ขนาด ปริมาณการใช้พลังงานอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานและประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างใดเป็นเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

(2) กำหนดวัสดุตามประเภท คุณภาพและมาตรฐานอย่างใด เป็นวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงานผู้ผลิตและผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงหรือวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงานตามวรรคหนึ่งมีสิทธิขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตาม มาตรา 40 ได้



หมวด 4

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรา 24 ให้จัดตั้งกองทุนขึ้นกองทุนหนึ่งเรียกว่า "กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน" ในกระทรวงการคลัง เพื่อใช้เป็นทุนหมุนเวียนและใช้จ่ายช่วยเหลือหรืออุดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานโดยประกอบด้วยเงินและทรัพย์สินดังต่อไปนี้

(1) เงินที่โอนจากกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงตามกฎหมายว่าด้วยการแก้ไขและป้องกันภาวะการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงตามจำนวนที่นายกรัฐมนตรีกำหนด

(2) เงินที่ส่งตามมาตรา 35 มาตรา 36 และมาตรา 37

(3) เงินค่าธรรมเนียมพิเศษที่จัดเก็บตามมาตรา 42

(4) เงินอุดหนุนจากรัฐบาลเป็นคราว ๆ

(5) เงินหรือทรัพย์สินอื่นที่ได้รับจากภาคเอกชนทั้งภายในและภายนอกประเทศ รัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศ

(6) เงินจากดอกผลและผลประโยชน์ใด ๆ ที่เกิดจากกองทุนนี้ให้กระทรวงการคลังเก็บรักษาเงินและทรัพย์สินของกองทุนและดำเนินการเบิกจ่ายเงินกองทุนตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา 25 เงินกองทุนให้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

(1) เป็นเงินหมุนเวียน เงินช่วยเหลือ หรือเงินอุดหนุนสำหรับการลงทุนและดำเนินงานในการอนุรักษ์พลังงานหรือการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงานของส่วนราชการหรือรัฐวิสาหกิจ

(2) เป็นเงินหมุนเวียน เงินช่วยเหลือ หรือเงินอุดหนุนแก่เอกชนสำหรับการลงทุนและดำเนินงานในการอนุรักษ์พลังงานหรือเพื่อการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน

(3) เป็นเงินช่วยเหลือหรือเงินอุดหนุนให้แก่ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจสถาบันการศึกษา หรือองค์กรเอกชนในเรื่องดังต่อไปนี้

(ก) โครงการทางด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือโครงการที่เกี่ยวกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน

(ข) การค้นคว้า วิจัย การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการส่งเสริมและการอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงานและเกี่ยวกับการกำหนดนโยบายและวางแผนพลังงาน

(ค) โครงการสาธิตหรือโครงการริเริ่มที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานหรือการป้องกันและแก้ไขปัญหาสິงแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน

(ง) การศึกษา การฝึกอบรม และการประชุมเกี่ยวกับพลังงาน

(จ) การโฆษณา การเผยแพร่ข้อมูล และการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการพัฒนา การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และการป้องกันและแก้ไขปัญหาสິงแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน

(4) เป็นค่าใช้จ่ายในการบริหารงานการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา 26 องค์กรเอกชนที่มีสิทธิได้รับเงินช่วยเหลือหรือเงินอุดหนุนตาม มาตรา 25 (3) ต้องมีฐานะเป็นนิติบุคคลตามกฎหมายไทยหรือกฎหมายต่างประเทศที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องโดยตรงกับการอนุรักษ์พลังงานหรือการป้องกันและแก้ไขปัญหาสິงแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน และมีได้มีวัตถุประสงค์ในทางการเมืองหรือมุ่งคำหากำไรจากการประกอบกิจกรรมดังกล่าว

มาตรา 27 ให้มีคณะกรรมการกองทุนคณะหนึ่งประกอบด้วยรองนายกรัฐมนตรีคนหนึ่ง นายกรัฐมนตรีมอบหมายเป็นประธานกรรมการ ปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม เลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อธิบดีกรมบัญชีกลาง อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน อธิบดีกรมโยธาธิการ อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม ประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย นายกวีศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์และผู้ทรงคุณวุฒิไม่เกินเจ็ดคน ซึ่งคณะรัฐมนตรีแต่งตั้งเป็นกรรมการ และเลขาธิการคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ เป็นกรรมการและเลขานุการ

การแต่งตั้งกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตามวรรคหนึ่ง ให้พิจารณาจากบุคคลซึ่งมีความรู้ความเชี่ยวชาญมีผลงานและประสบการณ์ที่เกี่ยวกับเศรษฐศาสตร์การเงิน วิทยาการพลังงานและการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วย

มาตรา 28 ให้คณะกรรมการกองทุนมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) เสนอแนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และลำดับความสำคัญของการใช้จ่ายเงินกองทุนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในมาตรา 25 ต่อคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

(2) พิจารณาจัดสรรเงินกองทุนเพื่อใช้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในมาตรา 25 ทั้งนี้ ตามแนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และลำดับความสำคัญที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนด

ตามมาตรา 4 (4)

(3) กำหนดระเบียบเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการขอจัดสรร ขอบเงินช่วยเหลือ หรือขอเงินอุดหนุนจากกองทุน

(4) เสนออัตราการส่งเงินเข้ากองทุนสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงต่อคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

(5) เสนอชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องส่งเงินเข้ากองทุนต่อคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

(6) กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมพิเศษโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

(7) ยกเว้นค่าธรรมเนียมพิเศษ

(8) พิจารณานุมัติคำขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตามมาตรา 40 (2) ตามแนวทาง หลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดตามมาตรา 4 (8)

(9) กำหนดระเบียบเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตามมาตรา 41

(10) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้การกำหนดตาม (3) (7) และ (9) ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

มาตรา 29 กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิมีวาระอยู่ในตำแหน่งคราวละสามปีกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งพ้นจากตำแหน่งอาจได้รับแต่งตั้งอีกได้

มาตรา 30 นอกจากการพ้นจากตำแหน่งตามวาระตามมาตรา 29 กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพ้นจากตำแหน่งเมื่อ

(1) ดาย

(2) ลาออก

(3) คณะรัฐมนตรีให้ออกเพราะบกพร่อง หรือไม่สุจริตต่อหน้าที่ หรือหย่อนความสามารถ

(4) เป็นบุคคลล้มละลาย

(5) เป็นคนไร้ความสามารถหรือคนเสมือนไร้ความสามารถ

(6) ได้รับโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุก เว้นแต่เป็นโทษสำหรับความผิดที่ได้กระทำโดยประมาทหรือความผิดลหุโทษ

มาตรา 31 ในกรณีที่มีการแต่งตั้งกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในระหว่างที่กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งแต่งตั้งไว้แล้วยังมีวาระอยู่ในตำแหน่ง ไม่ว่าจะเป็นการแต่งตั้งเพิ่มขึ้นหรือแต่งตั้งซ่อม ให้ผู้ได้รับแต่งตั้งนั้นอยู่ในตำแหน่งเท่ากับวาระที่เหลืออยู่ของกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งแต่งตั้งไว้แล้วนั้น

มาตรา 32 ในกรณีที่กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิดำรงตำแหน่งครบตามวาระแล้วแต่ยังมิได้มีการแต่งตั้งกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิขึ้นใหม่ ให้กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งพ้นจากตำแหน่งตามวาระปฏิบัติหน้าที่ไปพลางก่อน จนกว่าจะมีการแต่งตั้งกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิขึ้นใหม่

มาตรา 33 การประชุมคณะกรรมการต้องมีกรรมการมาประชุมไม่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกรรมการทั้งหมดจึงจะเป็นองค์ประชุม ถ้าประธานกรรมการไม่อยู่ในที่ประชุม ให้กรรมการซึ่งมาประชุมเลือกกรรมการคนหนึ่งเป็นประธานในที่ประชุม

การวินิจฉัยชี้ขาดของที่ประชุมให้ถือเสียงข้างมาก กรรมการคนหนึ่งให้มีเสียงหนึ่งในการลงคะแนน ถ้าคะแนนเสียงเท่ากัน ให้ประธานในที่ประชุมออกเสียงเพิ่มขึ้นอีกเสียงหนึ่งเป็นเสียงชี้ขาด

มาตรา 34 ให้คณะกรรมการมีอำนาจแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณาหรือปฏิบัติการตามที่คณะกรรมการมอบหมาย ตลอดจนเชิญบุคคลใดๆ มาให้ข้อเท็จจริง คำอธิบาย คำแนะนำ หรือความเห็นได้ให้นามตรา 33 มาใช้บังคับแก่การประชุมของคณะอนุกรรมการโดยอนุโลม

มาตรา 35 ให้ผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ณ โรงกลั่นและจำหน่ายเพื่อใช้ในราชอาณาจักรส่งเงินเข้ากองทุนตามปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตและจำหน่ายเพื่อใช้ในราชอาณาจักรในอัตราที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนด

การส่งเงินเข้ากองทุนตามวรรคหนึ่ง ให้ส่งแก่กรมสรรพสามิตพร้อมกับการชำระภาษีสรรพสามิตสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้ามี ทั้งนี้ ตามระเบียบที่กรมสรรพสามิตกำหนด

มาตรา 36 ให้ผู้นำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในราชอาณาจักรส่งเงินเข้ากองทุนตามปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำเข้ามาเพื่อใช้ในราชอาณาจักรในอัตราที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนด

การส่งเงินเข้ากองทุนตามวรรคหนึ่ง ให้ส่งแก่กรมศุลกากรพร้อมกับการชำระค่าภาษีอากรสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงนั้น ถ้ามี ทั้งนี้ ตามระเบียบที่กรมศุลกากรกำหนด

มาตรา 37 ให้ผู้ซื้อหรือได้มาซึ่งก๊าซจากผู้รับสัมปทานตามกฎหมายว่าด้วยการปิโตรเลียมซึ่งเป็นผู้ผลิตได้จากการแยกก๊าซธรรมชาติ ส่งเงินเข้ากองทุนในอัตราที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนด

การส่งเงินเข้ากองทุนตามวรรคหนึ่ง ให้ส่งแก่กรมทรัพยากรธรณีพร้อมกับการชำระค่าภาคหลวงสำหรับก๊าซ ถ้ามี ทั้งนี้ ตามระเบียบที่กรมทรัพยากรธรณีกำหนด

มาตรา 38 ในกรณีที่ผู้มีหน้าที่ส่งเงินเข้ากองทุนตามมาตรา 35 มาตรา 36 หรือมาตรา 37 ไม่ส่งเงินเข้ากองทุนหรือส่งเงินเข้ากองทุนไม่ครบตามจำนวนที่ต้องส่ง ให้กรมสรรพสามิตสำหรับผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ณ โรงกลั่นและจำหน่ายเพื่อใช้ในราชอาณาจักร กรมศุลกากรสำหรับผู้นำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง หรือกรมทรัพยากรธรณีสำหรับผู้ซื้อหรือได้มาซึ่งก๊าซจากผู้รับสัมปทานตามกฎหมายว่าด้วยการปิโตรเลียมซึ่งเป็นผู้ผลิตได้จากการแยกก๊าซธรรมชาติ แล้วแต่กรณี เป็นผู้ดำเนินการให้มีการดำเนินคดีตามมาตรา 58 โดยเร็ว

ในกรณีที่ผู้มีหน้าที่ส่งเงินเข้ากองทุนไม่ส่งเงินเข้ากองทุนตามวรรคหนึ่งหรือส่งภายหลังระยะเวลาที่กำหนด นอกจากจะมีความผิดตามพระราชบัญญัตินี้แล้ว ให้เสียเงินเพิ่มในอัตราร้อยละสามต่อเดือนของจำนวนเงินดังกล่าวตั้งแต่วันที่ครบกำหนดส่งและให้ถือว่าเงินเพิ่มนี้เป็นเงินที่ต้องส่งเข้ากองทุนด้วย

ในการคำนวณระยะเวลาตามวรรคสอง เศษของเดือนให้นับเป็นหนึ่งเดือน

มาตรา 39 เงินที่ส่งเข้ากองทุนตามมาตรา 35 มาตรา 36 และมาตรา 37 ให้ถือว่าเป็นรายจ่ายตามประมวลรัษฎากร

หมวด 5

มาตรการส่งเสริมและช่วยเหลือ

มาตรา 40 โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่จะต้องจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งมีเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และวัสดุที่จำเป็นเพื่อการนั้น ๆ หรือผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงหรือวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน มีสิทธิขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือได้ดังต่อไปนี้

- (1) ขอรับยกเว้นค่าธรรมเนียมพิเศษตามพระราชบัญญัตินี้
- (2) ขอรับเงินช่วยเหลือหรือเงินอุดหนุนจากกองทุนตามมาตรา 25

เจ้าของโรงงานหรืออาคาร ส่วนราชการ หรือรัฐวิสาหกิจที่ไม่มีหน้าที่ต้องจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานตามวรรคหนึ่ง แต่ประสงค์ที่จะจัดให้มีเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้หรือระบบควบคุมการทำงานของตนเองเพื่อทำการอนุรักษ์พลังงานให้มีสิทธิขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตามวรรคหนึ่งได้

มาตรา 41 คำขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตามมาตรา 40 ให้ยื่นต่อคณะกรรมการกองทุนตามระเบียบที่คณะกรรมการกองทุนกำหนด

ในการพิจารณาอนุมัติตามวรรคหนึ่ง คณะกรรมการกองทุนอาจจ้างบุคคลหรือสถาบันใดซึ่งเป็นผู้อำนวยการหรือเชี่ยวชาญทำการศึกษาและรายงานหรือให้ความเห็นเพื่อประกอบการพิจารณาได้

ให้คณะกรรมการกองทุนพิจารณาอนุมัติคำขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือตามแนวทาง หลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดตามมาตรา 4 (8) และแจ้งให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องปฏิบัติตามมติของคณะกรรมการกองทุนในการส่งเสริมหรือให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ได้รับการส่งเสริมและช่วยเหลือต่อไป

ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีหน้าที่ติดตามให้ผู้ได้รับการส่งเสริมและช่วยเหลือปฏิบัติการให้เป็นไปตามวรรคสาม และรายงานให้คณะกรรมการกองทุนทราบ

หมวด 6

ค่าธรรมเนียมพิเศษ

มาตรา 42 เมื่อพ้นกำหนดสามปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 หรือมาตรา 19 ใช้บังคับ ในกรณีที่ เป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมก่อนวันที่กฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 หรือมาตรา 19 ใช้บังคับ หรือนับแต่วันที่ เป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม ในกรณีที่ เป็นโรงงานควบคุมในหรือหลังวันที่กฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 หรือมาตรา 19 ใช้บังคับ ถ้าเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎกระทรวงดังกล่าว เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม แล้วแต่กรณี จะต้อง มีหน้าที่ชำระค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าตามหมวดนี้

ค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าตามวรรคหนึ่งจะเรียกเก็บจากโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมตามปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อหรือได้มาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยให้ถือว่า มีผลบังคับเช่นเดียวกับการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าตามกฎหมายว่าด้วยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กฎหมายว่าด้วยการไฟฟ้านครหลวง หรือกฎหมายว่าด้วยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แล้วแต่กรณี

มาตรา 43 ให้คณะกรรมการกองทุนโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้า

ในการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าตามวรรคหนึ่ง ให้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างอัตราค่าไฟฟ้าที่โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมชำระให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกับต้นทุนรวมในการผลิตและจ่ายไฟฟ้าจำนวนดังกล่าวให้แก่โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม

ต้นทุนรวมตามวรรคสองหมายความว่า ค่าลงทุนในระบบผลิตและระบบจ่ายไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการจัดหาเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายในการบริหาร ความสูญเสียในระบบไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในการประกอบกิจการไฟฟ้าและให้รวมถึงผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมหรือประชาชนอันเกิดจากการผลิตและจ่ายไฟฟ้านั้นที่ไม่เป็นภาระโดยตรงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วย

มาตรา 44 เมื่อมีกรณีที่ต้องดำเนินการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าตาม มาตรา 42 ให้อธิบดีมีหนังสือแจ้งให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมที่จะต้องชำระ ค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าทราบ และให้ภาระการชำระค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าเริ่มมีผล ตั้งแต่วันที่หนึ่งของเดือนถัดไปนับแต่วันที่ได้รับแจ้งจากอธิบดี

ให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นผู้ จัดเก็บค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าจากโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่ซื้อหรือได้ไปจากตน พร้อมกับการจัดเก็บค่าไฟฟ้าปกติประจำเดือน และนำส่งกองทุนภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับ ค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้า

มาตรา 45 ในระหว่างที่โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมต้องชำระค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ ไฟฟ้าตามหมวดนี้ ให้คณะกรรมการกองทุนพิจารณาระงับสิทธิการขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือแก่ โรงงานควบคุม หรืออาคารควบคุมนั้นเป็นการชั่วคราวได้ หรือให้ระงับ หรือลดการให้การส่งเสริมหรือ ช่วยเหลือเป็นการชั่วคราวในกรณีที่โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมดังกล่าวได้รับการส่งเสริมและ ช่วยเหลืออยู่แล้วได้ตามที่เห็นสมควร

มาตรา 46 เมื่อโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมที่ต้องชำระค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้า ได้ปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 หรือมาตรา 19 แล้ว ให้แจ้งให้อธิบดีทราบ

เมื่ออธิบดีได้รับแจ้งตามวรรคหนึ่งแล้ว ให้อธิบดีพิจารณาภายในสามสิบวันว่าโรงงานควบคุม หรืออาคารควบคุมดังกล่าวได้ปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา 9 หรือมาตรา 19 หรือไม่ ใน กรณีที่ได้มีการปฏิบัติตามกฎกระทรวงดังกล่าวแล้ว ให้อธิบดีมีคำสั่งยุติการเก็บค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้าและมีหนังสือแจ้งให้โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมทราบ

การยุติการเก็บค่าธรรมเนียมพิเศษการใช้ไฟฟ้า ให้มีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่หนึ่งของเดือนถัดไป

หมวด 7 พนักงานเจ้าหน้าที่

มาตรา 47 เพื่อปฏิบัติการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้ ให้พนักงานเจ้าหน้าที่ที่มีอำนาจดังต่อไปนี้

(1) มีหนังสือเรียกเจ้าของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมมาให้ถ้อยคำหรือแจ้งข้อเท็จจริง หรือทำคำชี้แจงเป็นหนังสือ หรือให้ส่งเอกสารหลักฐานใด ๆ เพื่อตรวจสอบหรือเพื่อประกอบการพิจารณา

(2) เข้าไปในโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก หรือในเวลาทำการของสถานที่นั้นเพื่อตรวจสอบหรือดำเนินการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้ ในการนี้ให้มีอำนาจสอบถามข้อเท็จจริงหรือตรวจสอบเอกสารบันทึกสภาพโรงงาน อาคาร เครื่องจักรและอุปกรณ์ และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคารรวมถึงการปฏิบัติงานของบุคคลใด ๆ ในสถานที่นั้น และให้มีอำนาจตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ หรือนำวัสดุปริมาณพอสมควรเท่าที่เป็นไปได้ไปเป็นตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบได้

มาตรา 48 ในการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงานเจ้าหน้าที่ตามมาตรา 47 (2) ให้เจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุม ตลอดจนบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องหรืออยู่ในสถานที่นั้นอำนวยความสะดวกตามสมควร

มาตรา 49 ในการปฏิบัติหน้าที่ พนักงานเจ้าหน้าที่ต้องแสดงบัตรประจำตัวแก่บุคคลซึ่งเกี่ยวข้อง

บัตรประจำตัวพนักงานเจ้าหน้าที่ให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดในกฎกระทรวง

หมวด 8 การอุทธรณ์

มาตรา 50 ผู้ได้รับหนังสือแจ้งผลตามมาตรา 8 วรรคสามผู้ใดไม่เห็นด้วยกับหนังสือแจ้งดังกล่าว ให้อุทธรณ์ต่อรัฐมนตรีภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้ง

ในกรณีเช่นว่านี้ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานรอการดำเนินการไว้ก่อนจนกว่าจะมีคำวินิจฉัยของรัฐมนตรีและแจ้งคำวินิจฉัยให้ผู้ยื่นคำร้องทราบแล้ว

มาตรา 51 ผู้ได้รับหนังสือแจ้งตามมาตรา 44 วรรคหนึ่งผู้ใดไม่เห็นด้วยกับหนังสือแจ้ง ให้อุทธรณ์ต่อรัฐมนตรีภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้ง

การอุทธรณ์ไม่เป็นเหตุทุเลาการบังคับตามกฎหมาย เว้นแต่รัฐมนตรีจะเห็นสมควรให้มีการทุเลาการบังคับตามกฎหมายนั้นไว้ชั่วคราว

มาตรา 52 การพิจารณาอุทธรณ์ตามมาตรา 50 และมาตรา 51 ให้รัฐมนตรีพิจารณาโดยเร็วคำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

หมวด 9 บทกำหนดโทษ

มาตรา 53 เจ้าของโรงงานควบคุมแห่งใดแจ้งรายละเอียดหรือเหตุผลตามมาตรา 8 วรรคสาม อันเป็นเท็จ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินสามเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งแสนห้าหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา 54 เจ้าของโรงงานควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของอธิบดีที่สั่งตามมาตรา 10 หรือเจ้าของอาคารควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของอธิบดีที่สั่งตามมาตรา 10 ซึ่งได้นำมาใช้บังคับโดยอนุโลมตามมาตรา 21 ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท

มาตรา 55 เจ้าของโรงงานควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา 11 (1) หรือเจ้าของอาคารควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา 11 (1) ซึ่งได้นำมาใช้บังคับโดยอนุโลมตามมาตรา 22 ต้องระวางโทษปรับไม่เกินสองแสนบาท

มาตรา 56 เจ้าของโรงงานควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา 11 (2) (3) (4) หรือ (5) หรือมาตรา 15 หรือเจ้าของอาคารควบคุมผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา 11 (2) (3) (4) หรือ (5) หรือมาตรา 15 ซึ่งได้นำมาใช้บังคับโดยอนุโลมตามมาตรา 22 ต้องระวางโทษปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท

มาตรา 57 เจ้าของโรงงานควบคุมผู้ได้รับรองผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 13 (1) หรือ (2) อันเป็นเท็จ หรือเจ้าของอาคารควบคุมผู้ได้รับรองผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 13 (1) หรือ (2) ซึ่งได้นำมาใช้บังคับโดยอนุโลมตามมาตรา 22 อันเป็นเท็จ หรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของโรงงานควบคุมผู้ได้รับรองข้อเท็จจริงตามมาตรา 14 (3) (4) หรือ (6) อันเป็นเท็จ หรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของอาคารควบคุมผู้ได้รับรองข้อเท็จจริงตามมาตรา 14 (3) (4) หรือ (6) ซึ่งได้นำมาใช้บังคับโดยอนุโลมตามมาตรา 22 อันเป็นเท็จ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือน หรือปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา 58 ผู้ใดไม่ส่งเงินเข้ากองทุนหรือส่งเงินเข้ากองทุนไม่ครบตามจำนวนที่ต้องส่งตามมาตรา 35 มาตรา 36 หรือมาตรา 37 ต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่สามเดือนถึงสองปี หรือปรับตั้งแต่หนึ่งแสนบาทถึงสิบล้านบาทหรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา 59 ผู้ใดขัดขวางหรือไม่อำนวยความสะดวกแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ตามมาตรา 47 (2) ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าพันบาท

มาตรา 60 ในกรณีที่ผู้กระทำความผิดซึ่งต้องรับโทษตามพระราชบัญญัตินี้เป็นนิติบุคคล กรรมการ หรือผู้จัดการของนิติบุคคลนั้น หรือบุคคลใดซึ่งรับผิดชอบในการดำเนินงานของนิติบุคคลนั้น ต้องระวางโทษตามที่บัญญัติไว้สำหรับความผิดนั้น ๆ ด้วย เว้นแต่จะพิสูจน์ได้ว่าตนมิได้มีส่วนในการกระทำความผิดนั้น

มาตรา 61 บรรดาความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ ให้คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีที่รัฐมนตรีแต่งตั้งจากเจ้าหน้าที่ของรัฐซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในทางกฎหมายสามคนมีอำนาจเปรียบเทียบได้ และเมื่อผู้กระทำความผิดได้ชำระค่าปรับตามจำนวนที่ได้เปรียบเทียบภายในระยะเวลาที่คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีกำหนดแล้ว ให้ถือว่าคดีเลิกกันตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา

ในการสอบสวนพนักงานสอบสวนพบว่าบุคคลใดกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ และบุคคลนั้นยินยอมให้เปรียบเทียบ ให้พนักงานสอบสวนส่งเรื่องให้คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีตามวรรคหนึ่งภายในเจ็ดวันนับแต่

ที่ผู้นั้นแสดงความยินยอมให้เปรียบเทียบ

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ

อานันท์ ปันยารชุน

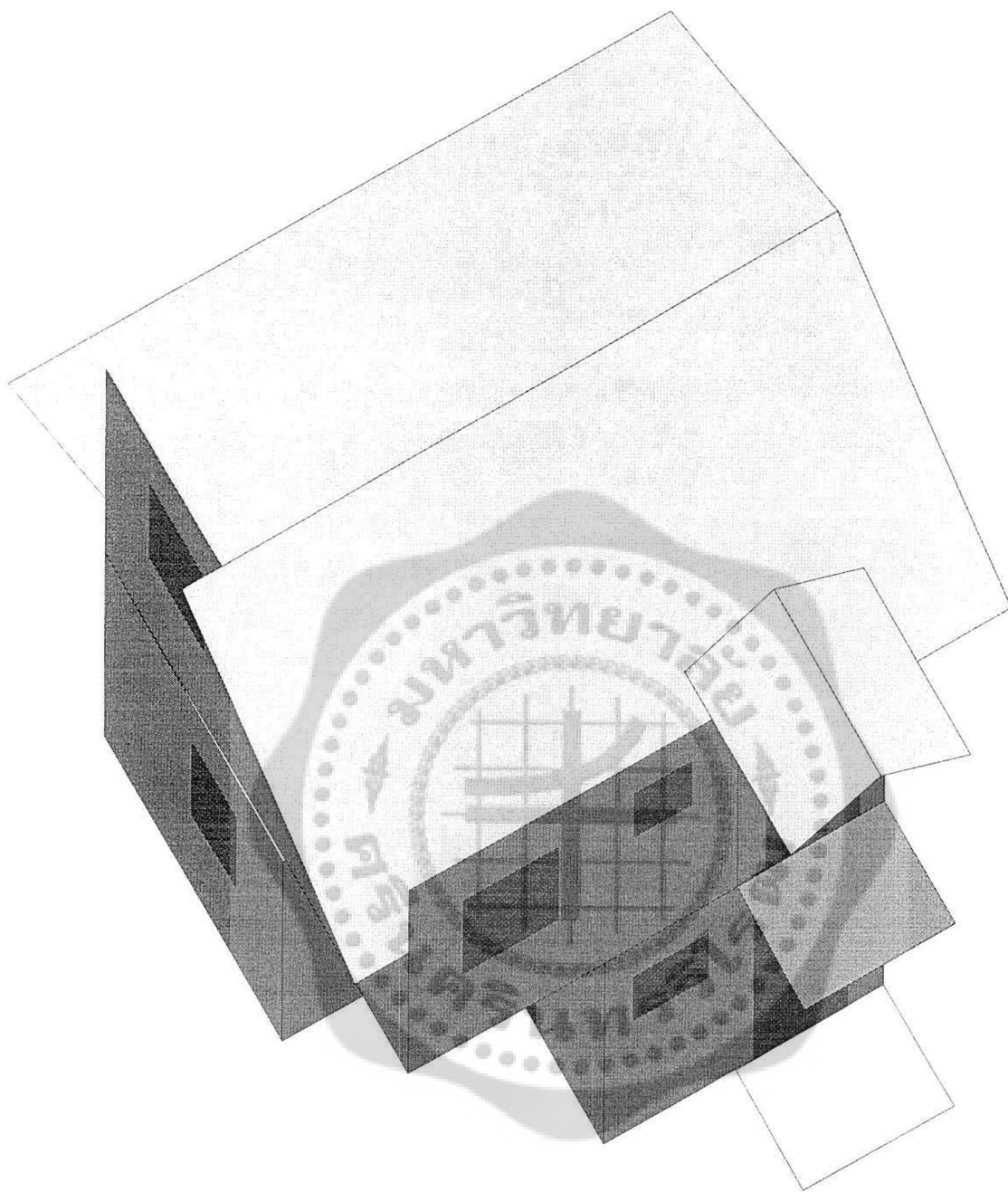
นายกรัฐมนตรี

หมายเหตุ:- เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้ คือ เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง อันเป็นภาระแก่ประเทศในการลงทุนเพื่อจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวและปัจจุบันการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนก่อให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศ นั้น ยังไม่สามารถเร่งรัดดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายได้ สมควรกำหนดมาตรการในการกำกับ ดูแล ส่งเสริม และช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้พลังงาน โดยมีการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การอนุรักษ์

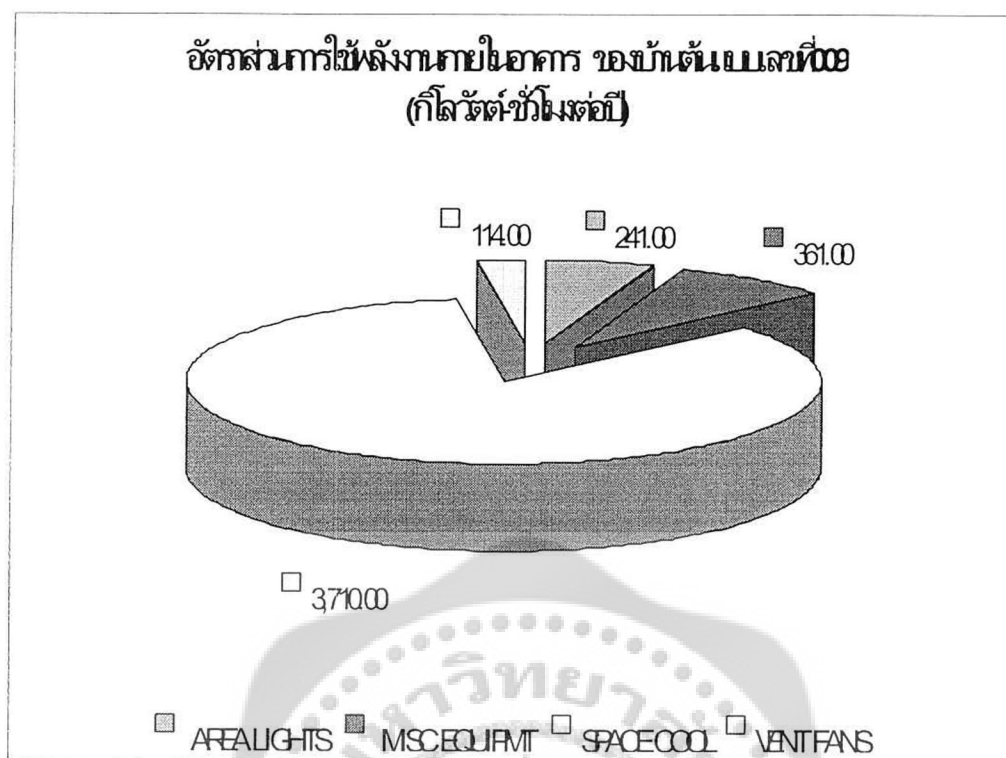
พลังงาน วิธีปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน การกำหนดระดับการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ การจัดตั้งกองทุนเพื่อพัฒนาและอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้การอุดหนุนช่วยเหลือในการอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน ตลอดจนการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงาน และกำหนดมาตรการเพื่อส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงานหรือผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงหรือวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้



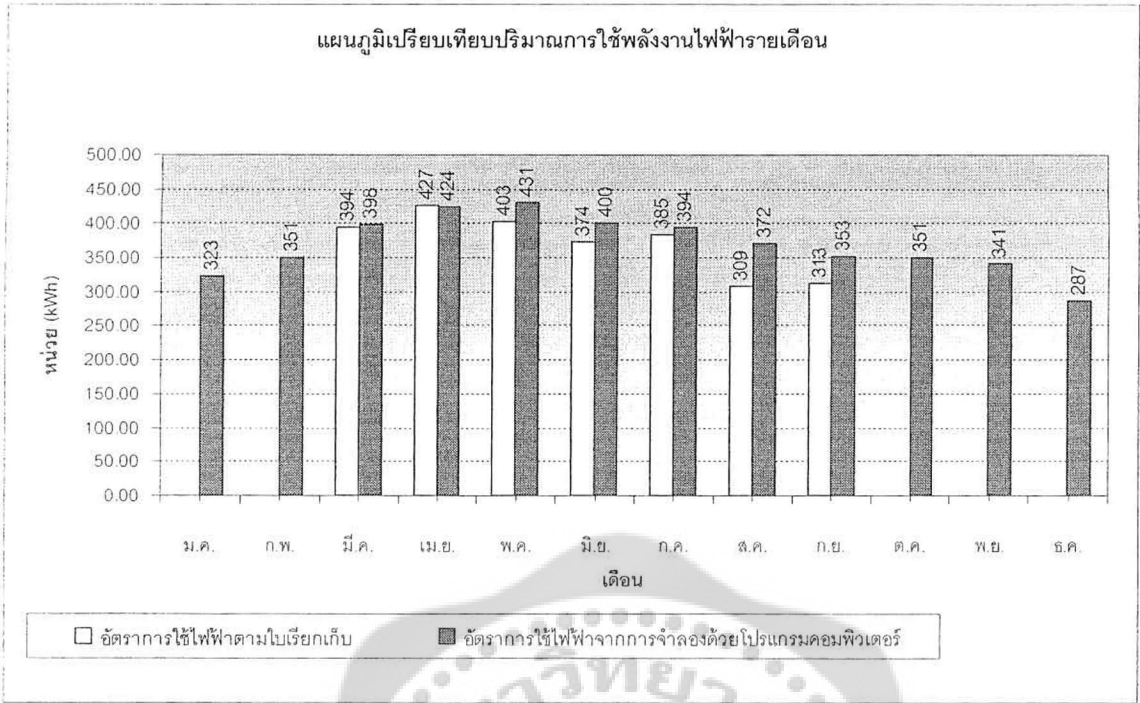




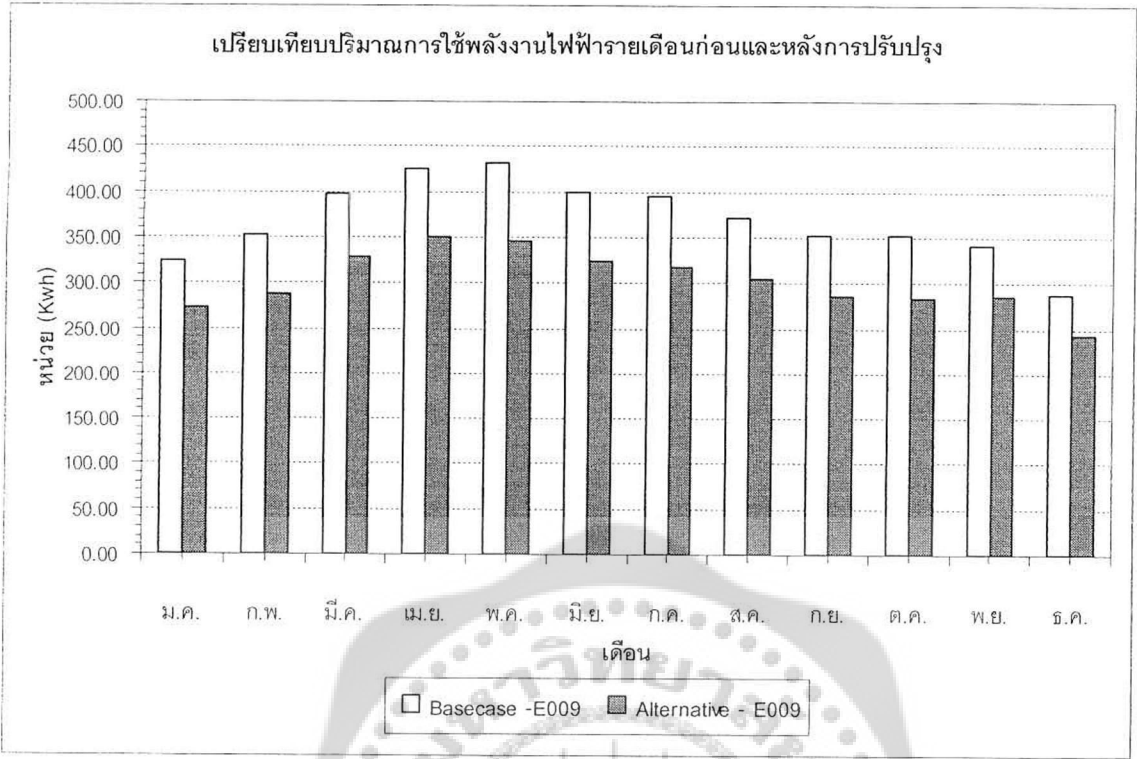
รูปที่ ข.1 รูปภาพของบ้านต้นแบบ



รูปที่ ข.2 ตราส่วนการใช้พลังงานภายในอาคาร ของบ้านต้นแบบ (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)



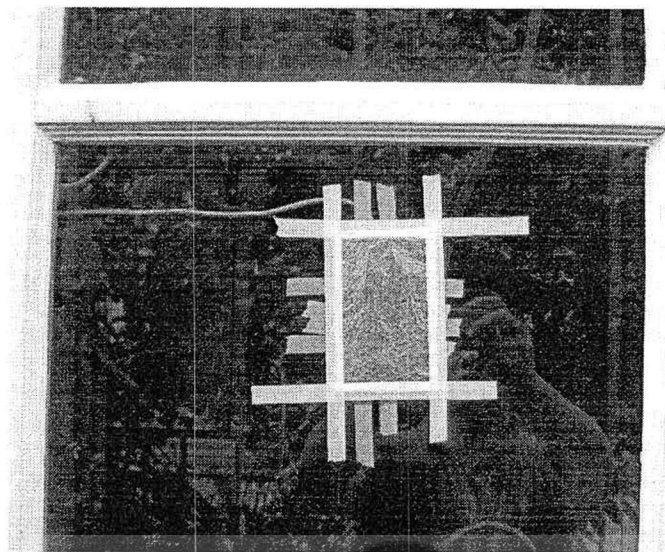
รูปที่ ข.3 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน



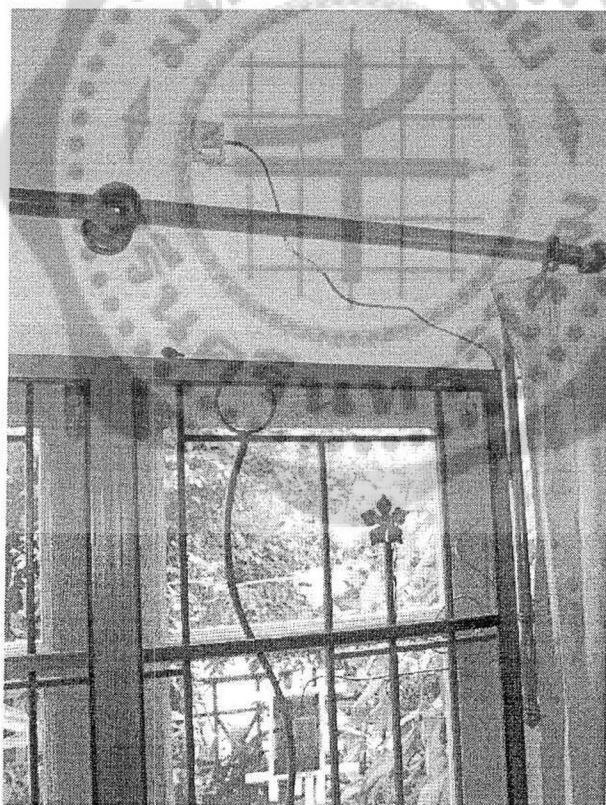
รูปที่ ข.3 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ ข.1 แสดงระยะเวลาคืนทุน

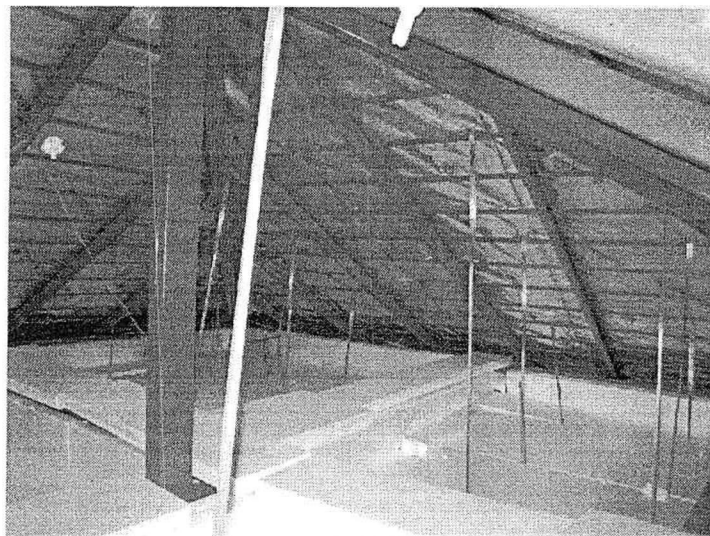
ลำดับ	รายละเอียด	มูลค่า (บาทต่อหน่วย)	จำนวน	หน่วย	มูลค่ารวม(บาท)
1	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า ประเภทที่ 1 ที่อยู่อาศัย (มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า เกินกว่า 500 หน่วยต่อเดือน)				
1.1	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1-150)	1.8047	150	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	270.7050
1.2	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	250	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	694.5250
1.3	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	100	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	297.8000
1.4	ค่าบริการต่อเดือน	40.90			40.9000
1.5	ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) ระหว่างเดือนตุลาคม 2549 - มกราคม 2550	0.7842	500	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	392.1000
1.6	ภาษีมูลค่าเพิ่ม				118.7221
1.7	มูลค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมด				1,814.7521
1.8	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน				3.6295
2	ผลประโยชน์ภายหลังจากการปรับปรุง				
2.1	ผลประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์ต่อเดือน		66.67	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
2.2	ผลประโยชน์ทั้งหมดต่อปี		800.04	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	
2.3	มูลค่าผลประโยชน์ทั้งปี				2,903.74
กรณีที่ 1) พิจารณาจากวงเงินที่ได้รับการสนับสนุนจากโครงการ					
3	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนพิจารณาจากวงเงินที่ได้รับการสนับสนุนจากโครงการ				
3.1	ค่าใช้จ่ายได้รับการสนับสนุนจากโครงการ				27,330.00
3.2	มูลค่าผลประโยชน์ทั้งปี				2,903.74
4	ระยะเวลาคืนทุน		9.41	ปี	
กรณีที่ 2) พิจารณาจากวงเงินที่คิดเฉพาะค่าวัสดุเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน					
5	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนพิจารณาจากวงเงินที่คิดเฉพาะค่าวัสดุเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน				
5.1	ราคาที่คิดเฉพาะค่าวัสดุเกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน จากการประเมินเบื้องต้น				47,400.00
5.2	มูลค่าผลประโยชน์ทั้งปี				2,903.74
6	ระยะเวลาคืนทุน		16.32	ปี	
หมายเหตุ 1. จำนวนหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ที่นำมาใช้อ้างอิง คิดปริมาณการใช้ที่ 500 หน่วย เป็นเกณฑ์					
2. ข้อ 5.1 ไม่คิดค่าแรงและงานป้องกันส่วนที่มีการซ่อมแซม					



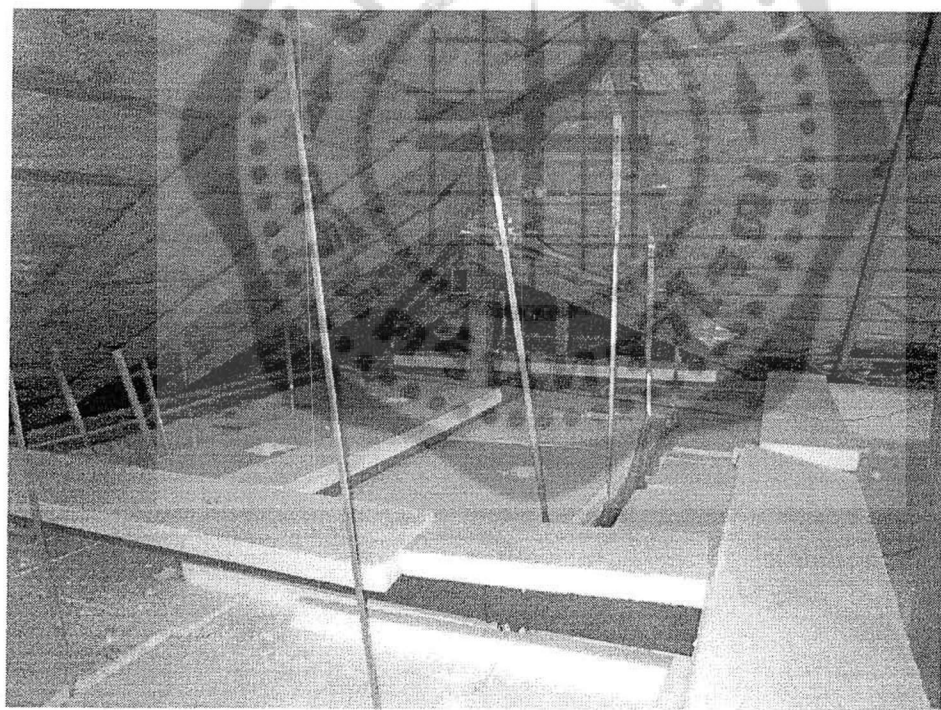
รูปที่ ข .4 รูปลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในอาคาร



รูปที่ ข .5 รูปลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดอุณหภูมิภายในอาคาร



รูปที่ ข .6 รูปแบบการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา



รูปที่ ข .7 รูปแบบการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา



ชื่อเจ้าของบ้าน/ตัวแทน.....นามสกุล.....

โทรศัพท์.....

มือถือ.....

ประเภทบ้าน

x บ้านเดี่ยว ☐ บ้านแฝด ☐ ทาวน์เฮ้าส์

ความสูง

ชั้น

อายุตัวบ้าน

ปี

พื้นที่ดิน

.....

ตร.วา

พื้นที่เปิดโล่ง

.....

m²

พื้นที่ดิน

.....

m²

พื้นที่สีเขียว

.....

m²

พื้นที่ดินอาคาร

.....

m²

พื้นที่ปรับอากาศ

.....

m²

พื้นที่ใช้สอย

.....

m²

พื้นที่จอดรถ

.....

พื้นที่หลังคา		ชนิดวัสดุฉนวนหลังคา			
หลังคาที่รวบรวมหยาดน้ำทั้งหมด		ตร.ม.	☐ ฉนวนอะลูมิเนียมฟอยล์	ยี่ห้อ	
หลังคาคลุมเฉพาะพื้นที่ใช้สอย		ตร.ม.	☐ ฉนวนใยแก้วหุ้มฟอยล์	หนา	
หลังคาโปร่งแสง		ตร.ม.	☐ ฉนวนยาง		
พื้นที่ช่องเปิดแสง		ตร.ม.	☐ ฉนวนโฟม	พื้นที่ติดตั้ง	
			☐ ฉนวนกระดาน		ตร.ม.
			☐ อื่นๆ		
ชนิดวัสดุปูหลังคา		ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)0.038 W/m.K			
☐ กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	ลิ	การระบายอากาศใต้หลังคา			
☐ กระเบื้องโมเนีย		มีการเจาะรูเปิดใต้หลังคา ☐ มี ☐ ไม่มี			
☐ กระเบื้องดินเผา		ลักษณะ			
☐ แผ่นหลังคาแอสฟัลต์					
☐ หลังคาคอนกรีต					
☐ อื่นๆ					
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)		W/m.K			
สกายไลต์		ลิ			
		ลักษณะ			
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)		W/m.K			

ภาคผนวก ง
ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

ตารางที่ ง 1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

1. วัสดุประกอบโครงสร้าง						
รายการวัสดุ	อิฐมวล ½ แผ่น	อิฐมวล เต็มแผ่น	คอนกรีต บล็อก	คอนกรีต มวลเบา	ฉนวนมอร์ตาร์	โฟมบอร์ด
รูปแบบกายภาพ	(ก้อน)	(ก้อน)	(ก้อน)	(ก้อน)	(แผ่น)	(แผ่น)
ราคาต่อหน่วย (บาท)	0.60	0.60	4.50	25.21 – 37.80	230	437
ราคารวมต่อตร.ม. (บาท)	100 - 190	380	200	315 - 412	230	320
ค่าวัสดุ+ค่าแรง / ตร.ม. (บาท)	425 - 440	635	390	450 - 645	320	390
ขนาด (Volume) (cm. ³)	7x16x3.5	(2)7x16x3.5	7x19x39	7.5x20x60	0.12x120x240	0.12x120x240
ความหนาแน่น (kg./m ³)	1615 - 1650	1650	765	550 - 640	800	1250 - 1350
จำนวนก้อนต่อตร.ม. (ก้อน/แผ่น)	145	290	14	8.33	0.35	0.35
น้ำหนักต่อตร.ม. (kg./m ³)	130	-	90	46.5	8.33	9.38
น้ำหนักรวมบนฉาบต่อ ตร.ม. (kg./m ³)	180 - 200	330	130	90 - 100	30-35	-
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q" (Thermal Transfer) (Wat/m ²)	30-45	58-70	-	32-42 15	-	-
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (W/m.K)	0.473	0.473	0.519	0.089 - 0.132	0.14-0.19	0.210
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) (m ² /KW)	0.15	0.34	0.149	0.58	0.04	0.154
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K)	800-1000	-	-	น้อยกว่า อิฐมวล 2.5 เท่า	840	-
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion / °C)	4.6 x 10 ⁻⁶ -	- -	4.5 x 10 ⁻⁶ -	8-10 x10 ⁻⁶ 0.13	- 0.14-0.19	- -
การหดตัวเมื่อแห้ง	1.8	-	0.8	0.2	-	-
การต้านทานแรงอัด (kg./cm ²)	35 kg./cm ²	-	-	40-50	-	9-17 นิวตัน/ตร.ม.
ความแข็งแรงทางกล (kg./cm ²)	-	-	-	23	-	-
การกันเสียง (dB)	38-40	-	-	38-43	35-65	64
การทนไฟ (ชั่วโมง)	0.5 - 2	-	-	4	½ - 4	-
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การทนต่อการกัดกร่อน	-	-	-	-	-	-
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อ ธรรมชาติ	-	-	-	-	ไม่ขึ้นหา เนื่องจาก ผสมสารกันเชื้อรา	ไม่ขึ้นหา เนื่องจาก ผสมสารกันเชื้อรา
อัตราการซึมน้ำ (%)	40%	-	30%	30%	-	13%
การยึดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	+ 0.18	-	- 0.8	- 0.2	-	± 0.5

ตารางที่ ง 1 (ต่อ) ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

1. วัสดุประกอบโครงสร้าง (ต่อ)						
รายการวัสดุ	ฉนวนฉนวน ½ แผ่น	ฉนวนฉนวน เต็มแผ่น	คอนกรีต บล็อก	คอนกรีต มวลเบา	ฉนวนซีเมนต์บอร์ด	โฟมโพลียูรีเทน
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับ ความต้องการใช้	เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ	4.2 ล้านตร.ม./ปี จำหน่าย 50% กำลังผลิต ไม่ เพียงพอ	เพียงพอ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ใช้เวลามากกว่า	ง่าย	ต้องการช่าง เฉพาะ	ง่าย สะดวก	ง่าย สะดวก
การบำรุงรักษา	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย
อายุใช้งาน	มากกว่า 50 ปี	มากกว่า 50 ปี	มากกว่า 50 ปี	ยังไม่คงที่	-	-
ข้อดี	- เป็นที่ยอมรับทั่วไป - ช่างชำนาญ - แข็งแรง,ทน	- เป็นที่ยอมรับทั่วไป - ช่างชำนาญ - แข็งแรง,ทน - กันความร้อนเข้าอาคารได้มากกว่า	- แข็งแรง - ราคาถูก - มีช่องอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้	- คุณภาพคงที่ - น้ำหนักรวมน้อย - ป้องกันความร้อนดี	- ป้องกันความร้อน - ประหยัด - ง่ายต่อการดูแลรักษา - ทนไฟ ไม่ลามไฟ - ป้องกันเสียงรบกวน - สะดวก ติดตั้งง่าย	- ทำงานเร็ว - นนเบา - ประหยัดพลังงาน - ไม่ลามไฟ - ป้องกันเสียงรบกวน - สะดวกต่อการติดตั้ง
ข้อเสีย	- คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน - ใช้เวลานาน - น้ำหนักมาก	- ดูดซึมน้ำและเก็บความชื้น	- อายุใช้งานยังไม่มีการ ยืนยัน - ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ	- ไม่ค่อยแข็งแรง - ไม่ทนน้ำ - ราคาสูง	- หากชื้นมากเกินไปจะบิดงอเปลี่ยนรูป - อาจมีรา หากขาดการป้องกัน	- เก็บความชื้น

ตารางที่ ง 1 (ต่อ) ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

2. วัสดุประกอบฉนวน									
รายการวัสดุ	ฉนวนใยแก้ว 2"	ฉนวนใยแก้ว 4"	ฉนวนเยื่อกระดาษ	แผ่นสะท้อนความร้อน	ฉนวนซีเมนต์บอร์ด + แผ่นสะท้อนความร้อน	ฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน Polyethylene Foam	ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน Polyurethane Foam	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน Polystyrene Foam	เซรามิคโคตติ้ง
รูปแบบภายนอก	หุ้มปิด,บุได้หลังคา,ปูบนฝ้า (แผ่น)	หุ้มปิด,บุได้หลังคา,ปูบนฝ้า (แผ่น)	หุ้มปิด,บุได้หลังคา,ปูบนฝ้า (แผ่น)	ฉนวน ติดตั้ง	แผ่น ติดตั้ง	ฉีกพื้น	ฉีกพื้น	หุ้ม ปิด บู	พ่นเหนือหลังคา
ราคาต่อหน่วย (บาท)	180	300	300	3000 - 4500	73	4,500	2,400	112 (100mm.)	
ค่าความร้อนค่อสร.ม. (บาท)	75	125	125	45 - 60	10	314	270	700(40mm.)	265 - 264
วัสดุ - ค่าแรง + ติดตั้ง / สตร.ม(บาท)	95	145	145	80	31	400	533	720(40mm.)	280 - 355
ขนาด (Volume)(cm.)	5x60x400 >50 มม.(หุ้ม) >60 มม. (บุ) >75 มม. (บุ) >60mm(แผ่น)	10x60x400 >50 มม. (หุ้ม) >60 มม. (บุ) >75 มม. (บุ) >60 มม. (แผ่น)	7.5x60x400	หนา160ไมครอน x125x8,000	1.2x60x120	>25	>25	10x60x120	หนา x122x1,650 50 มม. 75 มม.
น้ำหนักต่อสตร.ม (kg./m ²)	0.6-0.8	0.8-1.5	2.5	0.25	0.9	-	0.8	-	-
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (C)	- 51 ถึง 204	- 51 ถึง 204	-	-	0.35	>25 ถึง 85	>25 ถึง 90	<80	<50
ค่าความหนาแน่น (kg./m ³)	16 >64 มม.(หุ้ม) >24 มม.(บุ) >16 มม.(บุ) >32 มม.(แผ่น)	69 >64 มม. (หุ้ม) >24 มม. (บุ) >16 มม. (บุ) >32 มม.(แผ่น)	45-60	0.17	800 + Foil	>30 - 50	35 - 40 16	1 ปอนด์/ลบ.ฟ.	-
วัสดุชนิดอื่น	อลูมิเนียมฟอยล์	อลูมิเนียมฟอยล์	-	-	-	-	-	ฉนวนซีเมนต์บอร์ด	-
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95	95	-	95	95	-	-	-	90
ค่าการดูดกลืนความร้อน (%)	5	5	-	5	5	-	-	-	10
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer-Q value) (W/m ²)	1.451 (บุ) 0.696 (บุ) 1.539 (แผ่น)	-	-	-	-	-	8.48hr./°F/Btu	-	90%
ค่าการนำความร้อน (Conductivity - K value) (W/m.K)	0.035 (บุ) 0.0365 (บุ) 0.033 (แผ่น)	0.0365	0.029 - 0.045	-	0.19 + Foil	<0.023	0.017 - 0.045 0.024	0.035	-
ค่าการต้านทานความร้อน (Resistance - R value) (m ² /KW)	1.392	2.334	1.875	-	0.04 + Foil	-	9.09	0.70 - 0.86	-
ค่าการต้านทานแรงดัน	-	-	-	-	-	-	2.2	0.25 - 11	-
ค่าการกันเสียง (dB)	-	-	>42 - 95%	-	65 + Foil	-	>70	-	-
การทนไฟ	-	-	ทนต่อการลามของไฟ	ทนต่อการลามของไฟ	½ - 4 + Foil	ทนต่อการลามของไฟ	ทนต่อการลามของไฟ	150 - 180 °F ไม่ทนไฟ ไม่ทนไฟ แก๊สและใช้วัสดุกันไฟปิดผิวจะทนไฟได้	ไม่ติดไฟ ไม่ลามไฟ

ตารางที่ ง 1 (ต่อ) ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

3. วัสดุกระจก														
รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)			กระจกดูดซับแสง (Heat Absorbing Glass)			กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)			กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)			ฟิล์มลดความร้อน (Film)
		Cool grey	Skyblue	Ocean Green	Cool grey	Skyblue	Ocean Green	Yellow	Blue	Green	Clear G. - Dry Air - Clear G.	CG+LowE - Dry Air - Clear G.	CG+Solar - Dry Air - Clear G.	
ค่ารวมตลอดตาราง ห่อ (บาท)	25 - 27	38	38	38	46 - 70	50 - 70	50 - 70	50 - 60	50 - 60	50 - 52	160 - 210	215 - 230	226 - 280	
ราคาค่าแรง / ตร.ฟ. (บาท)	8	8	8	8	8	8	8	18	18	18	18	18	18	10 บาท / ม ²
ค่าวัสดุ-ค่าแรง / ตร.ม. (บาท)	33	46	46	46	78	78	78	68	68	68	228	233	244	
ความหนา (มม.)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6-12-6	6-12-6	6-12-6	
ค่าสัมประสิทธิ์การบัง แสง(SC)	0.96	0.64	0.68	0.65	0.32	0.51	0.67	0.24	0.32	0.26	0.82	0.65	0.27	0.20 - 0.60
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Watt/m ²)	2.762												0.15	
ค่าการสะท้อนความร้อนรวม (%)	14	11	12	14			12	40	40	53	25	26	41	72
ค่าการนำความร้อน (Conductivity - Kvalue) (W/m.K)	0.779	0.904								0.909	0.751			
ค่าการต้านทานความร้อน (Receptivity - R- value) (m ² /KW)	0.004	0.007								0.007				
ค่าสะท้อนแสงVis-R (%)	7	5	6	7			7	19	21	29	14	14	38	<25
ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T (%)	88	38	58	72			74	10	21	14	78	72	7	>30
ค่าสะท้อนพลังงาน แสงอาทิตย์ Solar- Energy Reflectance (%)	7	6	6	7			5	21	19	24	11	12	33	
ค่าการส่งผ่านพลังงาน แสงอาทิตย์ Solar- Energy Transmittance (%)	80	43	45	42			43	6	13	10	61	46	5	<40
ค่าการดูดกลืนพลังงาน แสงอาทิตย์ Solar- Energy Absorption (%)	13	51	49	51	45	48	52	73	68	66	28	42	62	
ค่าส่งผ่านรังสีอุลตรา ไวโอเลต (%)							23							<5

ตารางที่ ง 1 (ต่อ) ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

3. วัสดุกระจก (ต่อ)														
รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)			กระจกดูดแสง (Heat Absorbing Glass)			กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)			กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)			ฟิล์มลด ความร้อน (Film)
		Cool gray	Skyblue	Ocean Green	Cool gray	Skyblue	Ocean Green	Yellow	Blue	Green	Clear G. - Dry Air - Clear G.	CG + Low E - Dry Air - Clear G.	CG + Solar - Dry Air - Clear G.	
ค่าการถ่ายเทความร้อน (เขตร้อน) U-value (W / m ² h ^o C)	5.83	6.27	6.21	6.23	5.90	5.94	5.95	4.74	5.08	5.03	3.18	1.93	2.68	
ค่าพลังงานความร้อน RHG(W/m ²)	650	451	478	460				191	244	217	540	423	114	
ค่าพลังงานความร้อน RHG / ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T (W/m ²)	813	1187	824	639				1910	1162	1550	692	267	828	
ค่าการส่องผ่านแสง Vis-T /การส่งผ่าน พลังงานแสงอาทิตย์	1.10	0.88	1.28	1.71			1.72	1.67	1.62	1.40	1.28	1.57	1.36	
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	มาก	มาก	พอดี	พอดี	พอดี	มาก	มาก	มาก	น้อย	น้อย	น้อย	มาก
ปริมาณผลิตต่อความต้องการใช้	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	พอดี	พอดี	พอดี	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ	มากพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ยาก	ยาก	ยาก	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ยาก	ยาก	ยาก	ง่าย
ข้อดี	- แสงเข้าได้เต็มที่ - เห็นภาพนอกชัดเจน - ราคาไม่สูง	- ราคาไม่สูงนัก - ยอมให้แสงผ่านเข้ามาเพื่อช่วยกระจายแสงภายในห้องอย่างเหมาะสม			- ลดความร้อนเข้าอาคารมากกว่าโดยการดูดกลืนความร้อนจากรังสีคลื่นสั้นที่ส่องกระทบกระจก 40-50% ที่ต่างจากการเดิมออกไซด์ของโลหะ ในที่นี้กระจกไม่ส่งผลกระทบต่อแสงที่เข้ามา - ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้สูง - เห็นทัศนียภาพภายนอกได้ชัดเจน - สีกระจกช่วยลดความจ้าของแสงที่มากเกินไปได้			- สะท้อนความร้อนไม่ให้เข้าอาคารได้ - รับแรงดันลมเพิ่มขึ้น - ลดเสียงรบกวน - สร้างความสมดุลระหว่างแสงภายใน และแสงภายนอกจึงลดความสว่างจ้า			- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายนอกสู่ภายในได้ประมาณ 70-80% - ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้สูง - บางชนิดที่ติดฟิล์มด้านในกระจกทั้งสองแผ่น จะช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเข้ามาทำลายวัสดุภายในอาคารได้			- ป้องกันความร้อน - ประหยัดพลังงาน - ลดความถี่การติดตั้ง

ตารางที่ ง 1 (ต่อ) ตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

3. วัสดุกระจก (ต่อ)						
รายการวัสดุ	กระจกใส (Clear Glass)	กระจกสี (Tinted Glass)	กระจกผกแสง (Heat Absorbing Glass)	กระจกสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass)	ฟิล์มลด ความร้อน (Film)
ข้อเสีย	- ความร้อน เข้าอาคาร ได้มาก - การต้าน ทานความ ร้อนต่ำ ภายใน อาคารประ มาณ 20%	- ดูดกลืนความร้อนจาก ดวงอาทิตย์มาสะสมอยู่ ในเนื้อกระจกมากขึ้น - ถ้ามีความเข้มมากจะ บดบังการมองเห็นได้	- ราคาค่อนข้างสูง - บดบังการมองเห็น เล็กน้อยด้วยตัวสีของ กระจกบางสี	- สะท้อนความร้อนให้กับ อาคารข้างเคียง - ความสว่างของแสงที่เข้า ในอาคารลดลงมากกว่า 80% - มีประสิทธิภาพในการ ดูดกลืนความร้อนสูงด้วย จึงอาจเกิดปัญหาการ แตกร้าวของกระจกจาก การสะสมความร้อน	- ราคาสูง - อาจเกิดการแตกร้าวของผิว กระจกได้เนื่องจากความ ต่างที่มากของอุณหภูมิ ภายนอกกับภายใน โดย เฉพาะที่มีภาระเป่าลมเย็นจาก เครื่องปรับอากาศมากระทบ ผิวกระจก และเนื่องจากการ สะสมความร้อนในเนื้อกระจก เนื่องจากไปทาสีหรือปิด แผ่นกระดาษสีผิวกระจก	- อาจมีการ หลุดล่อน ของฟิล์ม ไม่ควรให้ มีน้ำเข้า ไปในช่อง ว่างภายใน กระจกจะ ทำให้เสีย คุณสมบัติ และอายุ การใช้งาน ลดลง

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการประหยัดพลังงาน

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล

นายรัฐศ ช้วนรักธรรม

วัน เดือน ปีเกิด

16 สิงหาคม 2527

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

1/734 หมู่บ้านการ์เดนไฮมวิลเลจ ซอยวันเฉลิม 3

ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12130

ตำแหน่งงานปัจจุบัน

Engineering Solution Consultant

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

Canon Marketing (Thailand) .Co.,Ltd

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

จาก มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

พ.ศ. 2553

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต การจัดการทางวิศวกรรม

สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

