สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฏ
สารบาญภาพ	ฒ
สารบาญแผนภูมิ	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตในการศึกษา	4
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย	7
2.1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป	8
2.2 สภาวะน่าสบายกับการใช้พลังงาน	13
2.2.1 ความสบายทางอุณหภูมิ	13
2.2.2 ความสบายทางการมองเห็น	13
2.2.3 ความสบายทางเสียง	14
2.2.4 คุณภาพอากาศ	14
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสบายด้านอุณหภูมิ	15
2.3.1 เขตสบายและการใช้พลังงานในที่อยู่อาศัย	15
2.4 การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน	21
2.4.1 นิยามและความหมาย	21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ประเภทของการถ่ายเทความร้อน	21
2.4.3 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร	22
2.4.4 ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร	23
2.4.5 การเก็บกักความร้อน	24
2.4.6 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน	24
2.4.7 การคำนวณเกี่ยวกับทฤษฎีความร้อนและการถ่ายเทความร้อน	28
2.4.8 การคำนวณความร้อนจากแหล่งภายใน	48
2.5 วัสดุก่อสร้างและฉนวนกับการประหยัดพลังงาน	50
2.5.1 ระบบของวัสดุผนังกรอบอาคาร	51
2.5.2 วัสดุฉนวน	57
2.6 การศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานภายในอาคาร	67
2.6.1 ECOTECT	67
2.7 การประเมินผลตอบแทนการลงทุน	69
2.7.1 การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์อาคาร	69
2.7.2 ค่าใช้จ่ายโดยรวมตลอดอายุการใช้งาน	69
2.7.3 การวิเคราะห์โครงการแบบไม่ปรับค่าราคา	69
2.8 การศึกษางานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	70
2.8.1 แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร	70
2.8.2 อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการเลือกตำแหน่งมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน	71
2.8.3 อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอกที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายและภาระการปรับอากาศ	72
2.8.4 การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น	73

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

		หน้า
	2.8.5 การพัฒนาระบบผนังโฟมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อน	74
บทที่ 3	ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย	75
	3.1 การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	75
	3.2 การเลือกวัสดุ ตลอดจนรูปแบบในการผสมผสานมวลสารและฉนวนเพื่อการทดสอบ	75
	3.3 การจำลองวัสดุโดยใช้โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์	87
	3.4 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และการใช้พลังงานโดยใช้แบบบ้านกรณีศึกษา	87
	3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	87
	3.6 ประเมินผลการทดลอง	88
บทที่ 4	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	91
	4.1 การวิเคราะห์การทดสอบที่ 1	91
	4.2 การวิเคราะห์การทดสอบที่ 2	104
	4.3 การวิเคราะห์การทดสอบที่ 3	116
	4.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานด้วยการคำนวณค่า OTTVและRTTV	122
	4.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานและลงทุนด้วยโปรแกรม ECOTECT	129
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	136
	5.1 สรุปผลการศึกษา	136
	5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	140
	5.2 ข้อเสนอแนะ	140
บรรณานุกรม		141
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก การทดสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรม ECOTECT	143
	ภาคผนวก ข แสดงการประมวลผลวัสดุด้วยโปรแกรม ECOTECT	149

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค หลักการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัย	163
ภาคผนวก ง การคำนวณราคาวัสดุก่อสร้าง	169
ภาคผนวก จ แบบบ้านพักอาศัยกรณีศึกษา	174
ประวัติผู้เขียน	191

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงรายการการใช้พลังงานไฟฟ้าของครอบครัวหนึ่งใน 1 วัน จากการตั้งสมมุติฐาน	9
2.2 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากการตั้งสมมุติฐาน	10
2.3 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าจากการตั้งสมมุติฐานที่ 2	11
2.4 แสดงรายการใช้พลังงานไฟฟ้าของครอบครัวหนึ่งใน 1 วัน	11
2.5 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย	15
2.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศของผนังอาคาร สำหรับประเทศไทย	30
2.7 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร	31
2.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะของวัสดุ	32
2.9 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	35
2.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุผนังและสีภายนอกผนังชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	41
2.11 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสดง	42
2.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น	44
2.13 แสดงรังสีตรงและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์	45
2.14 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอาคารสำหรับหลังคา	47
2.15 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร	47
2.16 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างที่อยู่ใต้หลังคาอาคาร	48
3.1 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง A1	79
3.2 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง A2	79
3.3 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง B1	80
3.4 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง B2	80
3.5 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง C1	81
3.6 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง C2	81
3.7 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง D1	82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3.8 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง D2	82
3.9 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง E1	83
3.10 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง E2	83
3.11 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง F1	84
3.12 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง F2	84
3.13 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง G1	85
3.14 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง G2	86
3.15 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุผนัง G3	86
4.1 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A1 และ A2 ในวันที่ 29 เมษายน	92
4.2 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A1 และ A2 ในวันที่ 25 มกราคม	93
4.3 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ B1 และ B2 ในวันที่ 29 เมษายน	94
4.4 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ B1 และ B2 ในวันที่ 25 มกราคม	95
4.5 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C1 และ C2 ในวันที่ 29 เมษายน	96
4.6 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C1 และ C2 ในวันที่ 25 มกราคม	97
4.7 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1 และ D2 ในวันที่ 29 เมษายน	98
4.8 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1 และ D2 ในวันที่ 25 มกราคม	99
4.9 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1 และ D2 ในวันที่ 29 เมษายน	100
4.10 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1 และ D2 ในวันที่ 25 มกราคม	101
4.11 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E1 และ E2 ในวันที่ 29 เมษายน	102
4.12 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E1 และ E2 ในวันที่ 25 มกราคม	103
4.13 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A1 และ B1 ในวันที่ 29 เมษายน	104
4.14 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A1 และ B1 ในวันที่ 25 มกราคม	105
4.15 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A2 และ B2 ในวันที่ 29 เมษายน	106
4.16 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ A2 และ B2 ในวันที่ 25 มกราคม	107
4.17 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C1 และ D1 ในวันที่ 29 เมษายน	108

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.18 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C1 และ D1 ในวันที่ 25 มกราคม	109
4.19 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C2 และ D2 ในวันที่ 29 เมษายน	110
4.20 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ C2 และ D2 ในวันที่ 25 มกราคม	111
4.21 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E1 และ F1 ในวันที่ 29 เมษายน	112
4.22 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E1 และ F1 ในวันที่ 25 มกราคม	113
4.23 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E2 และ F2 ในวันที่ 29 เมษายน	114
4.24 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ E2 และ F2 ในวันที่ 25 มกราคม	115
4.25 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ B1,B2,G1 ในวันที่ 29 เมษายน	116
4.26 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ B1,B2,G1 ในวันที่ 25 มกราคม	117
4.27 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1,D2,G2 ในวันที่ 29 เมษายน	118
4.28 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ D1,D2,G2 ในวันที่ 25 มกราคม	119
4.29 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ F1,F2,G3 ในวันที่ 29 เมษายน	120
4.30 แสดงเปรียบเทียบวัสดุ F1,F2,G3 ในวันที่ 25 มกราคม	121
4.31 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ภาระการปรับอากาศของกรอบอาคารแบบต่างๆ ด้วยการคำนวณ OTTV และ RTTV ในรอบ 1 ปี	126
4.32 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ภาระการปรับอากาศของกรอบอาคารแบบต่างๆ ด้วยการคำนวณ OTTV และ RTTV ระยะเวลา 15 ปี	127
4.33 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ภาระการปรับอากาศของกรอบอาคารแบบต่างๆ ด้วยโปรแกรม ECOTECT ในรอบ 1 ปี	130
4.34 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายภาระการปรับอากาศของกรอบอาคาร ด้วยโปรแกรม ECOTECT ในรอบ 1 ปี	131
4.35 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายภาระการปรับอากาศของกรอบอาคาร ด้วยโปรแกรม ECOTECT ระยะเวลา 15 ปี	133
4.36 แสดงเปรียบเทียบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของวัสดุแต่ละชนิด LCC เปรียบเทียบกับแบบบ้านกรณีศึกษา	134

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร	23
2.2 การเกิดสภาวะการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ	25
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบผนังอาคาร กรณีที่มีวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด	29
2.4 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอากาศ ซึ่งมีโครงสร้างวัสดุแตกต่างกัน n ชนิด และมีช่องว่างอากาศภายใน	30
2.5 แสดงภาพอิฐมอญ	51
2.6 แสดงภาพคอนกรีตบล็อก	52
2.7 แสดงรูปแบบคอนกรีตบล็อกแบบต่างๆ	53
2.8 แสดงคอนกรีตมวลเบา	55
2.9 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร	58
2.10 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนประเภทสะท้อนความร้อน 3 ชั้น ซึ่งประกอบด้วยการถ่ายเทความร้อน 3 รูปแบบ	59
2.11 แสดงฉนวนใยแก้ว	60
2.12 แสดงฉนวนเยื่อกระดาษ	61
2.13 แสดงฉนวนโพลีสไตรีนโฟม	62
2.14 แสดงฉนวนโพลีเอทธีลีน	64
2.15 แสดงฉนวน PE-buble foil	65
2.16 แสดงแผ่นสะท้อนความร้อนอลูมิเนียมฟอยด์	65
2.17 แสดงหน้าจอของโปรแกรม ECOTECT ที่แสดงในลักษณะ VRML บนเวปเพจได้	67
2.8 แสดงการตั้งค่าวัสดุสำหรับโปรแกรม ECOTECT	68
3.1 แสดงตำแหน่งการผสมผสานวัสดุ	76
3.2 แสดงรูปตัดผนังแบบ A1 และ A2	78
3.3 แสดงรูปตัดผนังแบบ B1 และ B2	80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป	หน้า
3.4 แสดงรูปตัดผนังแบบ C1 และ C2	81
3.5 แสดงรูปตัดผนังแบบ D1 และ D2	82
3.6 แสดงรูปตัดผนังแบบ E1 และ E2	83
3.7 แสดงรูปตัดผนังแบบ F1 และ F2	84
3.8 แสดงรูปตัดผนังแบบ G1 G2 และG3	85

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
2.1 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ตามสมมุติฐานเมื่อไม่มีการปรับอากาศ	10
2.2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ตามสมมุติฐาน เมื่อมีการปรับอากาศ	12
2.3 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ตามสมมติฐาน เมื่อไม่มีการอากาศและมีการปรับอากาศ	12
2.4 แสดงแผนภูมิไบโอไคลเมติก ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการวิจัยทางด้านสภาวะน่าสบายของมนุษย์	16
2.5 แสดงพื้นที่นอกเขตสบายที่ยังสามารถแก้ไขให้เกิดภาวะสบายได้โดยการใช้ประโยชน์จากปัจจัยอื่นๆ	18
2.6 แสดงสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครบนแผนภูมิไบโอไคลเมติก	19
2.7 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อนและในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ	25
2.8 แสดง Time-Lag และ Decrement Factor	27
2.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว	66
4.1 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A1 และ A2 ในวันที่ 29 เมษายน	92
4.2 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A1 และ A2 ในวันที่ 25 เมษายน	93
4.3 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ B1 และ B2 ในวันที่ 29 เมษายน	94
4.4 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ B1 และ B2 ในวันที่ 25 เมษายน	95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
4.5 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C1 และ C2 ในวันที่ 29 เมษายน	96
4.6 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C1 และ C2 ในวันที่ 25 เมษายน	97
4.7 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ D1 และ D2 ในวันที่ 29 เมษายน	98
4.8 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ D1 และ D2 ในวันที่ 25 เมษายน	99
4.9 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E1 และ E2 ในวันที่ 29 เมษายน	100
4.10 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E1 และ E2 ในวันที่ 25 เมษายน	101
4.11 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ F1 และ F2 ในวันที่ 29 เมษายน	102
4.12 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ F1 และ F2 ในวันที่ 25 เมษายน	103
4.13 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A1 และ B1 ในวันที่ 29 เมษายน	104
4.14 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A1 และ B1ในวันที่ 25 เมษายน	105
4.15 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A2 และ B2 ในวันที่ 29 เมษายน	106

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
4.16 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ A2 และ B2 ในวันที่ 25 เมษายน	107
4.17 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C1 และ D1 ในวันที่ 29 เมษายน	108
4.18 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C1 และ D1ในวันที่ 25 เมษายน	109
4.19 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C2 และ D2 ในวันที่ 29 เมษายน	110
4.20 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ C2 และ D2ในวันที่ 25 เมษายน	111
4.21 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E1 และ F1 ในวันที่ 29 เมษายน	112
4.22 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E1 และ F1ในวันที่ 25 เมษายน	113
4.23 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E2 และ F2 ในวันที่ 29 เมษายน	114
4.24 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ E2 และ F2ในวันที่ 25 เมษายน	115
4.25 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ B1 ,B2 ,G1ในวันที่ 29 เมษายน	116
4.26 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ B1 ,B2 ,G1ในวันที่ 25 มกราคม	117
4.27 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ D1 ,D2 ,G2ในวันที่ 29 เมษายน	118

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิ	หน้า
4.28 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ D1 ,D2 ,G2 ในวันที่ 25 มกราคม	119
4.29 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ F1 ,F2 ,G3ในวันที่ 29 เมษายน	120
4.30 แสดงเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบผนังแบบ F1 ,F2 ,G3ในวันที่ 25 มกราคม	121
4.31 แสดงค่าใช้จ่ายในการลดการใช้พลังงานของวัสดุแต่ละชนิด ระยะเวลา 15 ปี โดยไม่คิดดอกเบี้ยและค่าปรับเวลาจากการคำนวณ OTTV และ RTTV	128
4.32 แสดงผลต่างราคาค่าก่อสร้างกรอบอาคารรูปแบบต่างๆ	132
4.33 แสดงค่าพลังงานที่ลดลง (kw)	132
4.34 แสดง LCC ระยะเวลา 15 ปี	135
4.35 แสดง LCC ระยะเวลา 30 ปี	135

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved