

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

การศึกษาการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการปลูกหญ้าปกคลุมเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิที่เกิดจากการใช้รูปแบบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งานซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกัน ตามสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ(ΔT) ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของแต่ละห้องกรณีศึกษามีค่าแตกต่างกัน
2. สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานนั้นสามารถช่วยลดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ภายในของห้องกรณีศึกษาได้ซึ่งถือเป็น passive design ได้อีกวิธีหนึ่ง
3. สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่ปกคลุมหลังคานั้นสามารถช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคา คสล. ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมอยู่เลย

จากการกำหนดรูปแบบสมมติฐานการศึกษารูปร่างต้นนั้น ได้กำหนดรูปแบบของห้องกรณีศึกษาพร้อมทั้งลักษณะของหลังคาของแต่ละห้องไว้ 4 ประเภท เพื่อเปรียบเทียบกันคือ

ห้องกรณีศึกษาที่ 1 ใช้รูปแบบที่ 1 คือ หลังคา คสล. ที่ไม่มีการปกคลุมด้วยวัสดุต่างๆแต่อย่างใด

ห้องกรณีศึกษาที่ 2 ใช้รูปแบบที่ 2 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) และปลูกหญ้านวลน้อยเป็นพืชคลุมดิน

ห้องกรณีศึกษาที่ 3 ใช้รูปแบบที่ 3 คือ เป็นการประยุกต์ใช้องค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) มาใช้แต่ปรับเปลี่ยนวัสดุดินปลูกไปเป็นขุยมะพร้าว ทั้งนี้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุทดแทนดินปลูกโดยเป็นวัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม

รวมทั้งมีราคาถูกและน้ำหนักเบาด้วย (อิทธิสุนทร นันทิกิจ, 2551) และปลูกหญ้าคลุมดินเป็นพืชคลุมดิน

ห้องกรณีศึกษาที่ 4 ใช้รูปแบบที่ 4 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาแบบของTheodore Osmundson, 1999 และปลูกหญ้าคลุมดินเป็นพืชคลุมดิน

ทั้งนี้ การตรวจวัดค่าอุณหภูมินั้นได้กำหนดตำแหน่งในการตรวจวัดอุณหภูมิของทุกห้องกรณีศึกษา ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
2. อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษา
3. อุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา
4. อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา

จากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารกับอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆที่ได้กำหนดไว้ของอาคารกรณีศึกษา โดยกำหนดการศึกษาเปรียบเทียบ ดังนี้

1. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ระดับ 1.00 เมตรจากพื้นหลังคา คสล. และอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทุกห้อง (รายละเอียดในภาคผนวก ง), ศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ระดับ 1.00 เมตรจากพื้นหลังคา คสล. และอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาทุกห้อง(รายละเอียดในภาคผนวก ง), ศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ระดับ 1.00 เมตรจากพื้นหลังคา คสล. และอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ระดับ 1.00 เมตร จากระดับพื้นห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาทุกห้อง โดยเปรียบเทียบเชิงสถิติ

2. ศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล., อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้อง และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในอาคาร ของห้องกรณีศึกษาทุกห้อง

3. ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทุกห้อง

4.1 การทดสอบสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 และการวิเคราะห์ผลการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 คือ รูปแบบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งาน (extensive green roof) ที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของแต่ละห้องกรณีศึกษามีค่าแตกต่างกัน

จากสมมติฐานการวิจัยที่กล่าวมาแล้วนั้น จะใช้สถิติที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยโดยการทดสอบนัยสำคัญที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ ซึ่งรูปแบบที่จะใช้นั้นจะใช้ในลักษณะที่เป็นการทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Non-Parametric Statistical Test) ซึ่งทั้งนี้ทั้งนั้นเนื่องจากประชากรซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิมีหลายกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ (ประชากร ในที่นี้คือ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของแต่ละห้องกรณีศึกษาต่างๆ ที่ได้เก็บข้อมูลไว้) โดยดูได้จากตาราง Tests of Normality ซึ่งทั้งนี้ค่าอุณหภูมิที่นำมาทดสอบเป็นค่าอุณหภูมิของอุณหภูมิภายนอกและภายในของแต่ละห้องกรณีศึกษาต่างๆ ทั้งหมด 36 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 แสดง Tests of Normality (ทั้งหมด 36 ชั่วโมง)

	PLACE	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMP	1 Room1	.191	36	.002	.896	36	.003
	2 Room2	.191	36	.002	.891	36	.002
	3 Room3	.202	36	.001	.852	36	.000
	4 Room4	.171	36	.010	.905	36	.005
	5 OUTSIDE	.119	36	.200(*)	.918	36	.011

H_0 : ตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ตัวแปรมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ

Reject H_0 เนื่องจากการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ ($p < 0.05$)

ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ($p > 0.05$) การทดสอบทางสถิติก็จะใช้การทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Non-Parametric statistical test) มาใช้และในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้ Friedman test โดยจะ

วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพราะแต่ละค่าที่ได้นั้นถูกวัดในเวลาเดียวกัน จึงมีลักษณะ related sample

การเปรียบเทียบแบบ Non-Parametric โดยใช้ Friedman test นี้จะมีตาราง การเสนอผลการวิเคราะห์ 2 ตารางตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดง Descriptive Statistics (ทั้งหมด 36 ชั่วโมง)

	ROOM1	ROOM2	ROOM3	ROOM4	OUTSIDE
Number of values	36	36	36	36	36
Minimum	28.3	27.9	27.9	27.7	23.6
25% Percentile	28.7	28.7	28.3	28.1	25.3
Median	29.1	28.9	28.7	28.5	29.2
75% Percentile	29.5	29.1	29.1	28.9	32.5
Maximum	29.9	29.5	29.1	29.1	38.1
Mean	29.09	28.86	28.64	28.47	29.69
Std. Deviation	0.545	0.4902	0.4222	0.453	4.7
Std. Error	0.09083	0.08169	0.07037	0.0755	0.7833
Lower 95% CI	28.9	28.69	28.49	28.31	28.1
Upper 95% CI	29.27	29.02	28.78	28.62	31.28

หมายเหตุ ตารางด้านบนจะแสดงค่าสถิติพื้นฐาน Mean และ Standard Deviation ของตัวแปรตามของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

จากตารางแสดงว่า อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 1, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 2, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 3, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 4 และ อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 29.09, 28.86, 28.64, 28.47 และ 29.69 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดง Dunn's Multiple Comparison Test (ทั้งหมด 36 ชั่วโมง)

Table Analyzed

Data 1

Friedman test

P value	P<0.0001		
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation		
P value summary	***		
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes		
Number of groups	5		
Friedman statistic	58.54		
Dunn's Multiple Comparison Test	Difference in rank sum	P value	Summary
room1 vs room2	26.5	P > 0.05	ns
room1 vs room3	54.5	P < 0.001	***
room1 vs room4	94.5	P < 0.001	***
room1 vs outside	44.5	P < 0.01	**
room2 vs room3	28	P > 0.05	ns
room2 vs room4	68	P < 0.001	***
room2 vs outside	18	P > 0.05	ns
room3 vs room4	40	P < 0.05	*
room3 vs outside	-10	P > 0.05	ns
room4 vs outside	-50	P < 0.01	**

The mean difference is significant at the .05 level.

จากตารางทั้ง 2 ตารางที่ผ่านมานั้นสามารถนำไปสรุปได้คือ

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มข้อมูล 36 ชั่วโมง)

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	36	29.09	0.54
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	36	28.86	0.49
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	36	28.64	0.42
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	36	28.47	0.45
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	36	29.69	4.7

จากตาราง Dunn's Multiple Comparison Test แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 3, 4 และอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 2 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 3 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 4 กับ อุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตารางที่ 4.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ทั้งหมด 36 ชั่วโมง)

กลุ่มข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ
		อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	อากาศภายนอก (°C)
		28.47	28.64	28.86	29.09	29.69
ห้องกรณีศึกษาที่ 4	28.47	-	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
ห้องกรณีศึกษาที่ 3	28.64	Sig.	-	-	Sig.	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 2	28.86	Sig.	-	-	-	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 1	29.09	Sig.	Sig.	-	-	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	29.69	-	-	-	-	-

จากตารางแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่เก็บข้อมูลได้จาก อุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 นั้น และโดยด้วยรูปแบบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของห้องกรณีศึกษาที่ 4 มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 และ อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 3, 4 และอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 2 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 3 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 2 และอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้อง

ที่ 2 กับห้อง 3 และอุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากสมมติฐานที่กล่าวมาข้างต้นนั้น หากลองพิจารณาทดสอบค่าทางสถิติโดยพิจารณาเฉพาะช่วงเวลา กลางวัน 6.00 – 18.00 น. จากข้อมูลที่ได้เก็บมานั้น ก็จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 แสดง Tests of Normality(ทั้งหมด 25 ชั่วโมงที่ได้จากช่วงเวลา 6.00–18.00 น.)

	PLACE	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMP	1 Room1	.200	25	.011	.887	25	.010
	2 Room2	.184	25	.029	.898	25	.017
	3 Room3	.204	25	.009	.871	25	.005
	4 Room4	.211	25	.005	.872	25	.005
	5 OUTSIDE	.180	25	.035	.894	25	.014

H_0 : ตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ตัวแปรมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ

Reject H_0 เนื่องจากการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ ($p < 0.05$)

ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ($p > 0.05$) การทดสอบทางสถิติก็จะใช้การทดสอบแบบนอนพารามेटริก (Non-Parametric statistical test) มาใช้และในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้ Friedman test โดยจะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพราะแต่ละค่าที่ได้นั้นถูกวัดในเวลาเดียวกัน จึงมีลักษณะ related sample

การเปรียบเทียบแบบ Non-Parametric โดยใช้ Friedman test นี้จะมีตารางการเสนอผลการวิเคราะห์ 2 ตารางตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดง Descriptive Statistics (ทั้งหมด 25 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น.)

	ROOM1	ROOM2	ROOM3	ROOM4	OUTSIDE
Number of values	25	25	25	25	25
Minimum	28.3	27.9	27.9	27.7	23.6
25% Percentile	28.3	28.3	28.3	28.1	25.5
Median	28.7	28.7	28.3	28.1	32.1
75% Percentile	29.3	29.1	28.9	28.75	34.85
Maximum	29.9	29.5	29.1	28.9	38.1
Mean	28.88	28.75	28.51	28.32	30.99
Std. Deviation	0.491	0.5332	0.4339	0.4406	5.001
Std. Error	0.0982	0.1066	0.08678	0.08813	1
Lower 95% CI	28.67	28.53	28.33	28.14	28.93
Upper 95% CI	29.08	28.97	28.69	28.5	33.06

หมายเหตุ ตารางด้านบนจะแสดงค่าสถิติพื้นฐาน Mean และ Standard Deviation ของตัวแปรตามของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

จากตารางแสดงว่า อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 1, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 2, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 3, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 4 และ อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 28.88, 28.75, 28.51, 28.32 และ 30.99 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดง Dunn's Multiple Comparison Test (ทั้งหมด 25 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น.)

Table Analyzed

Data 1

Friedman test

P value	P<0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	5
Friedman statistic	58.54

Dunn's Multiple Comparison Test	Difference in rank sum	P value	Summary
room1 vs room2	11.5	P > 0.05	ns
room1 vs room3	33.5	P < 0.05	*
room1 vs room4	65	P < 0.001	***
room1 vs outside	5	P > 0.05	ns
room2 vs room3	22	P > 0.05	ns
room2 vs room4	53.5	P < 0.001	***
room2 vs outside	-6.5	P > 0.05	ns
room3 vs room4	31.5	P < 0.05	*
room3 vs outside	-28.5	P > 0.05	ns
room4 vs outside	-60	P < 0.001	***

The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มข้อมูลทั้งหมด 25 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น.)

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	25	28.88	0.49
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	25	28.75	0.53
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	25	28.51	0.43
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	25	28.32	0.44
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	25	30.99	5.00

จากตาราง Dunn's Multiple Comparison Test แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 3, 4 และอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 2 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 3 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 4 กับ อุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.10 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ทั้งหมด 25 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น.)

กลุ่มข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ
		อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	อากาศภายนอก (°C)
		28.32	28.51	28.75	28.88	30.99
ห้องกรณีศึกษาที่ 4	28.32	-	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
ห้องกรณีศึกษาที่ 3	28.51	Sig.	-	-	Sig.	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 2	28.75	Sig.	-	-	-	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 1	28.88	Sig.	Sig.	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายนอก	30.99	Sig.	-	-	-	-

จากตารางแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่เก็บข้อมูลได้จากช่วงเวลา (6.00 – 18.00 น.) จาก อุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 นั้น และโดยด้วยรูปแบบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของห้องกรณีศึกษาที่ 4 มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 และ อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 3, 4 และอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 2 กับห้อง

4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้อง ทัศนศึกษา ห้องที่ 3 กับห้อง 4 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอุณหภูมิภายในของห้องทัศนศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 2 และอุณหภูมิภายในของห้อง ทัศนศึกษา ห้องที่ 2 กับห้อง 3 และอุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นไม่มีความแตกต่างกัน อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากสมมติฐานที่กล่าวมาข้างต้นนั้น หากลองพิจารณาทดสอบค่าทางสถิติโดย พิจารณาเฉพาะช่วงเวลา กลางคืน 19.00 – 5.00 น. จากข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นก็จะมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 แสดง Tests of Normality (ทั้งหมด 11 ชั่วโมงที่ได้จากช่วงเวลา 19.00–5.00 น.)

	PLACE	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMP	1 Room1	0.232	11	0.100	0.822	11	0.018
	2 Room2	0.318	11	0.003	0.795	11	0.008
	3 Room3	0.353	11	0.000	0.649	11	0.000
	4 Room4	0.298	11	0.007	0.742	11	0.002
	5 OUTSIDE	0.100	11	0.200	0.968	11	0.003

H_0 : ตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ตัวแปรมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ

Reject H_0 เนื่องจากการแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ ($p < 0.05$)

ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ($p > 0.05$) การทดสอบทางสถิติก็จะใช้การทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Non-Parametric statistical test) มาใช้และในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้ Friedman test โดยจะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพราะแต่ละค่าที่ได้นั้นถูกวัดในเวลาเดียวกัน จึงมีลักษณะ related sample

การเปรียบเทียบแบบ Non-Parametric โดยใช้ Friedman test นี้จะมีตาราง การเสนอผลการวิเคราะห์ 2 ตารางตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 4.12 แสดง Descriptive Statistics (ทั้งหมด 11 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 19.00 – 5.00 น.)

	ROOM1	ROOM2	ROOM3	ROOM4	OUTSIDE
Number of values	11	11	11	11	11
Minimum	29.1	28.7	28.7	28.5	24
25% Percentile	29.5	29.1	28.7	28.5	25
Median	29.5	29.1	29.1	28.9	26.8
75% Percentile	29.9	29.1	29.1	29.1	28.3
Maximum	29.9	29.5	29.1	29.1	29.5
Mean	29.57	29.1	28.92	28.79	26.72
Std. Deviation	0.3003	0.253	0.2089	0.2879	1.825
Std. Error	0.09054	0.07628	0.06298	0.08682	0.5502
Lower 95% CI	29.37	28.93	28.78	28.6	25.49
Upper 95% CI	29.77	29.27	29.06	28.98	27.94

หมายเหตุ ตารางด้านบนจะแสดงค่าสถิติพื้นฐาน Mean และ Standard Deviation ของตัวแปรตามของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

จากตารางแสดงว่า อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 1, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 2, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 3, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาห้องที่ 4 และ อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 29.57, 29.10, 28.92, 28.79 และ 26.72 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดง Dunn's Multiple Comparison Test (ทั้งหมด 11 ชั่วโมง ที่ได้จาก
ช่วงเวลา 19.00 – 5.00 น.)

Table Analyzed

Data 1

Friedman test

P value	P<0.0001		
	Gaussian		
Exact or approximate P value?	Approximation		
P value summary	***		
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes		
Number of groups	5		
Friedman statistic	58.54		
Dunn's Multiple Comparison Test	Difference in rank sum	P value	Summary
room1 vs room2	15	P > 0.05	ns
room1 vs room3	21	P < 0.05	*
room1 vs room4	29.5	P < 0.001	***
room1 vs outside	39.5	P < 0.001	***
room2 vs room3	6	P > 0.05	ns
room2 vs room4	14.5	P > 0.05	ns
room2 vs outside	24.5	P < 0.01	**
room3 vs room4	8.5	P > 0.05	ns
room3 vs outside	18.5	P > 0.05	ns
room4 vs outside	10	P > 0.05	ns

The mean difference is significant at the .05 level.

จากตารางทั้ง 2 ตารางที่ผ่านมานั้นสามารถนำไปสรุปได้คือ

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มข้อมูลทั้งหมด 11 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 19.00 – 5.00 น.)

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบน
			มาตรฐาน
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	11	29.57	0.30
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	11	29.10	0.25
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	11	28.92	0.21
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	11	28.79	0.28
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	11	26.72	1.83

จากตาราง Dunn's Multiple Comparison Test แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 กับห้อง 3, 4 และอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 และ 2 กับอุณหภูมิอากาศภายนอก มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, อุณหภูมิ และทั้งนี้ ในช่วงเวลากลางคืนนั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 และ 4 จะไม่แตกต่างจากอุณหภูมิอากาศภายนอก อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.15 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ทั้งหมด 11 ชั่วโมง ที่ได้จากช่วงเวลา 19.00 – 5.00 น.)

กลุ่มข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ
		อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	อากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	อากาศภายนอก (°C)
ห้องกรณีศึกษาที่ 4	28.79	-	-	-	Sig.	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 3	28.92	-	-	-	Sig.	-
ห้องกรณีศึกษาที่ 2	29.10	-	-	-	-	Sig.
ห้องกรณีศึกษาที่ 1	29.57	Sig.	Sig.	-	-	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายนอก	26.72	-	-	Sig.	Sig.	-

จากตารางแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่เก็บข้อมูลได้จาก อุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 นั้น และโดยด้วยรูปแบบวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของสวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่แตกต่างกันนั้น มีผลทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ(Δ) ของอุณหภูมิ($^{\circ}\text{C}$) ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในของห้องกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 และอุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ห้องกรณีศึกษาที่ 1 กับ ห้องกรณีศึกษาที่ 3 และ 4

ตารางที่ 4.16 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 กับอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาอื่นๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก

กลุ่มข้อมูล	อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1		
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 ($^{\circ}\text{C}$)	Sig.	Sig.	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 ($^{\circ}\text{C}$)	Sig.	Sig.	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 ($^{\circ}\text{C}$)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 ($^{\circ}\text{C}$)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายนอก ($^{\circ}\text{C}$)	-	-	Sig.



อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง



อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน



อุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.17 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 กับอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาอื่นๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก

กลุ่มข้อมูล	อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2		
	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	Sig.	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	-	-	Sig.



อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง



อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน



อุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.18 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 กับอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาอื่นๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก

กลุ่มข้อมูล	อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3		
	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	Sig.	Sig.	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	-	-	-



อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง






อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน



อุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.19 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 กับอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาอื่นๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอก

กลุ่มข้อมูล	อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4		
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	Sig.	Sig.	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	-	Sig.	-

-  อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง
-  อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน
-  อุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.20 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาทุกห้องกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

กลุ่มข้อมูล	อุณหภูมิอากาศภายนอก		
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (°C)	Sig.	Sig.	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (°C)	-	-	-
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (°C)	-	-	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (°C)	Sig.	-	Sig.
อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)	-	-	-



อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง



อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน

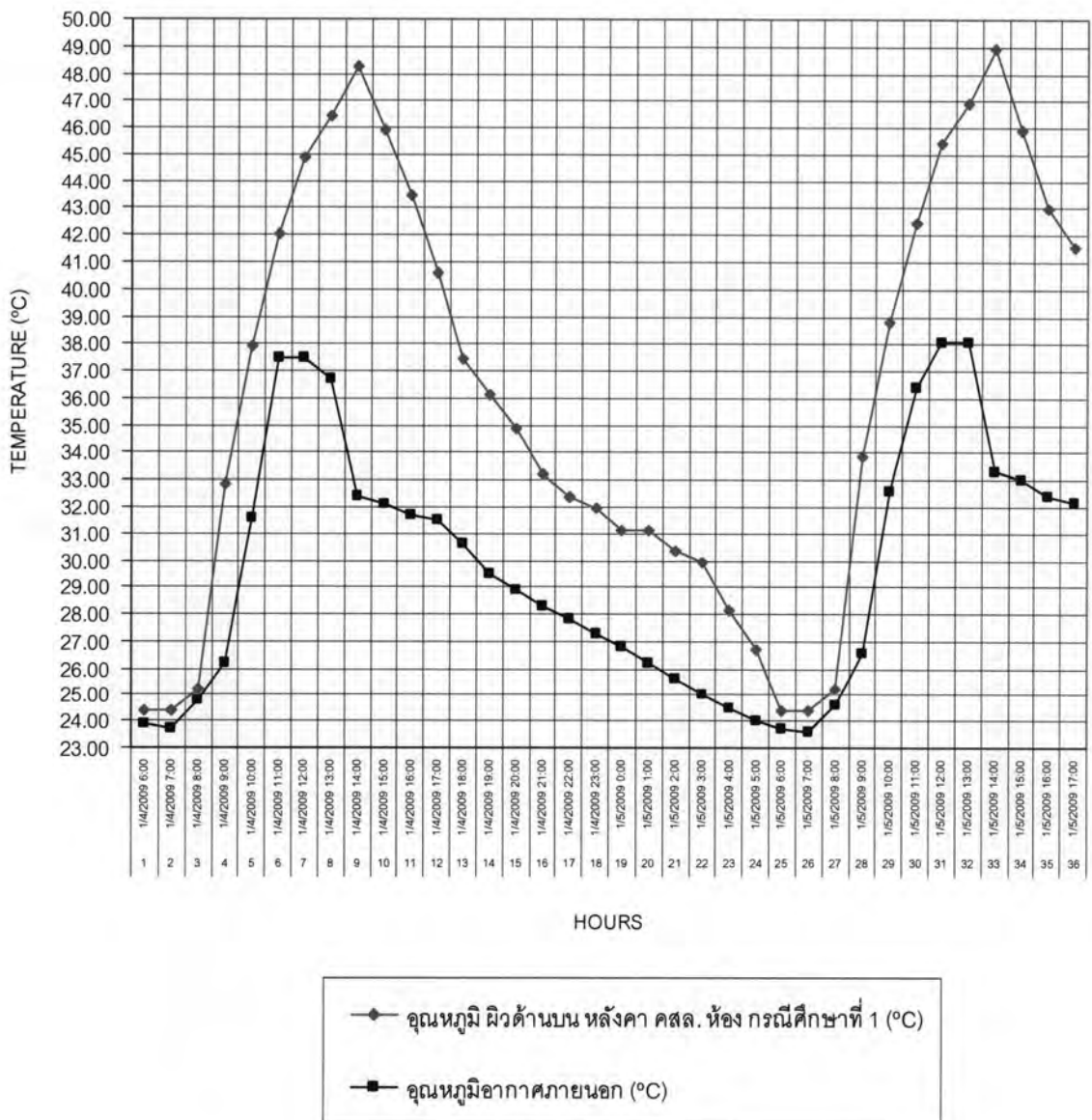


อุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน

อย่างไรก็ตาม จากตารางด้านบนจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1, อุณหภูมิภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 และ 4 นั้นมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งหมดทุกช่วงเวลา (อุณหภูมิช่วงเวลาทั้งหมด 36 ชั่วโมง, อุณหภูมิช่วงเวลากลางวัน และอุณหภูมิช่วงเวลากลางคืน)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงพฤติกรรมของอุณหภูมิ

1. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1
- แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1



จากแผนภูมิที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่

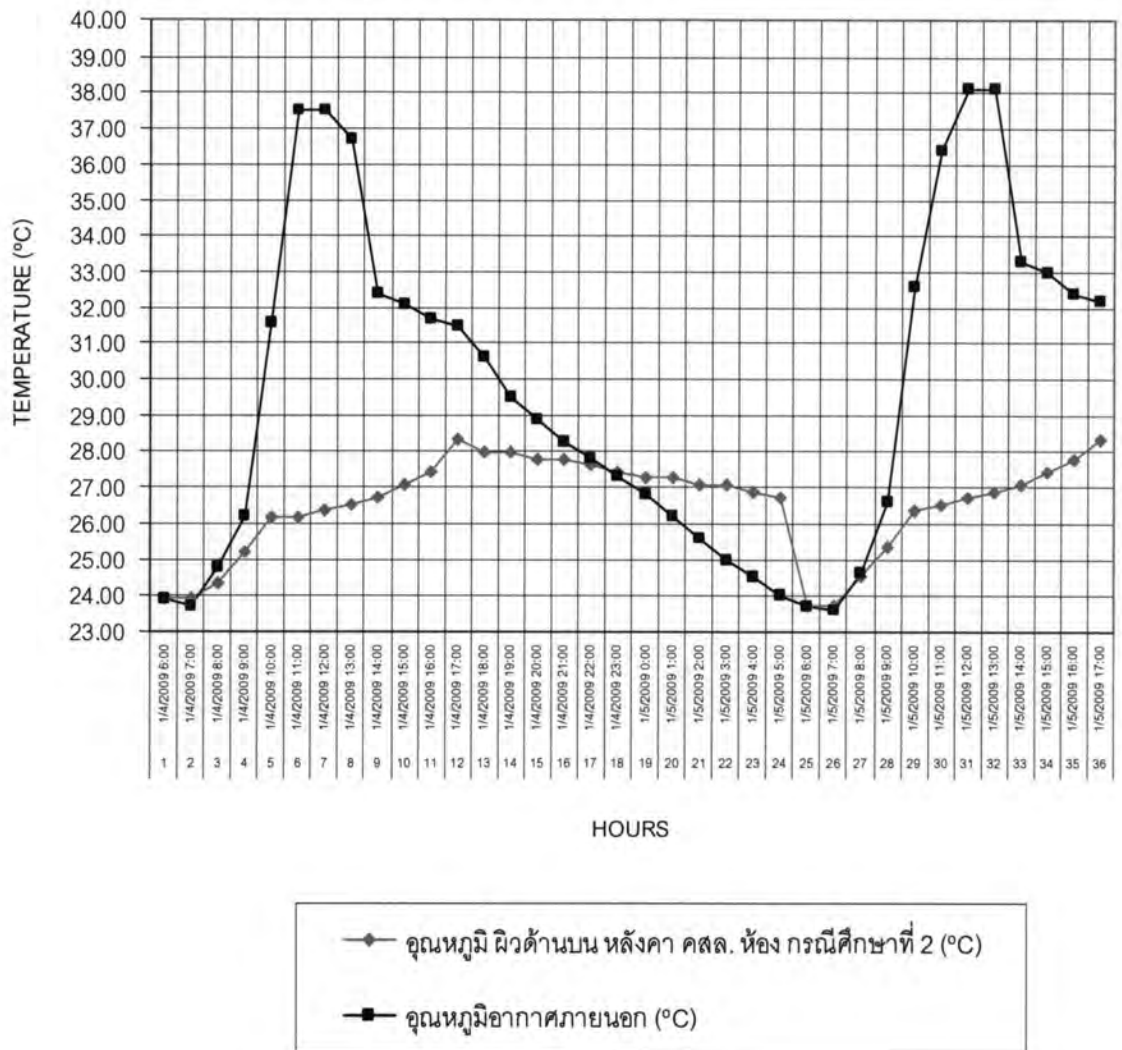
1 จะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.40 - 48.95^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 36.11°C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.40 - 48.95^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 38.17°C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.00 - 29.50^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $26.70 - 36.13^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 31.42°C

จากแผนภูมิข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ในทุกช่วงเวลานั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกทุกช่วงเวลา ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจากบรรยากาศได้มีการถ่ายเทและสะสมอยู่ที่หลังคา คสล. ซึ่งเป็นวัสดุที่ดูดซับความร้อน ส่วนอากาศภายนอกนั้นจะถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศโดยรอบซึ่งเป็นพื้นที่เปิดได้ตลอดเวลา ซึ่งอุณหภูมิจะสูงแค่ช่วงที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

2. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2
 แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2



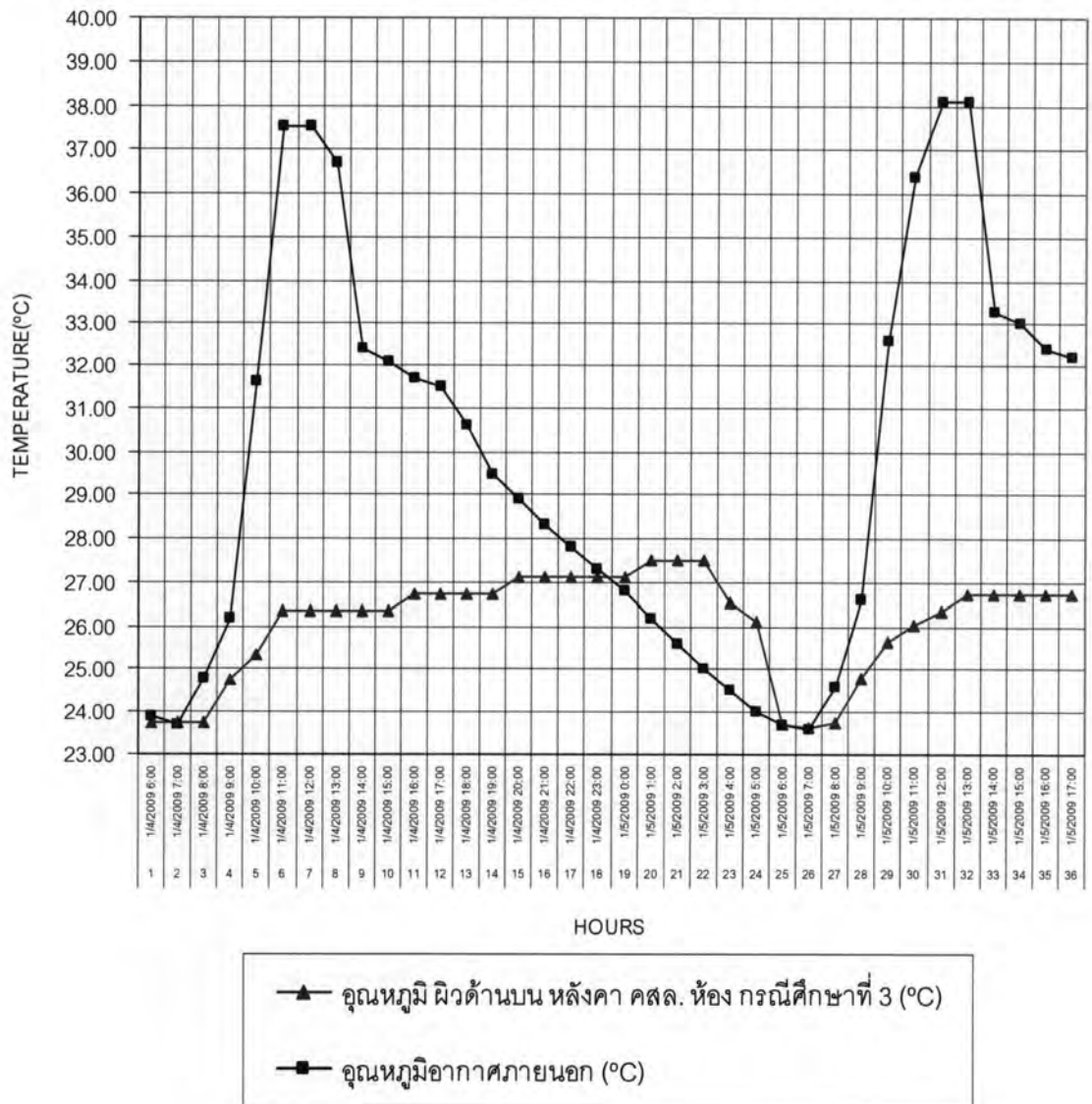
จากแผนภูมิที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.70 - 28.33 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 26.53 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 26.16 - 28.33 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 26.17 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 26.70 - 27.96 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 27.34 °C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ 3.16 – 4.82 °C

3. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3
 แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3



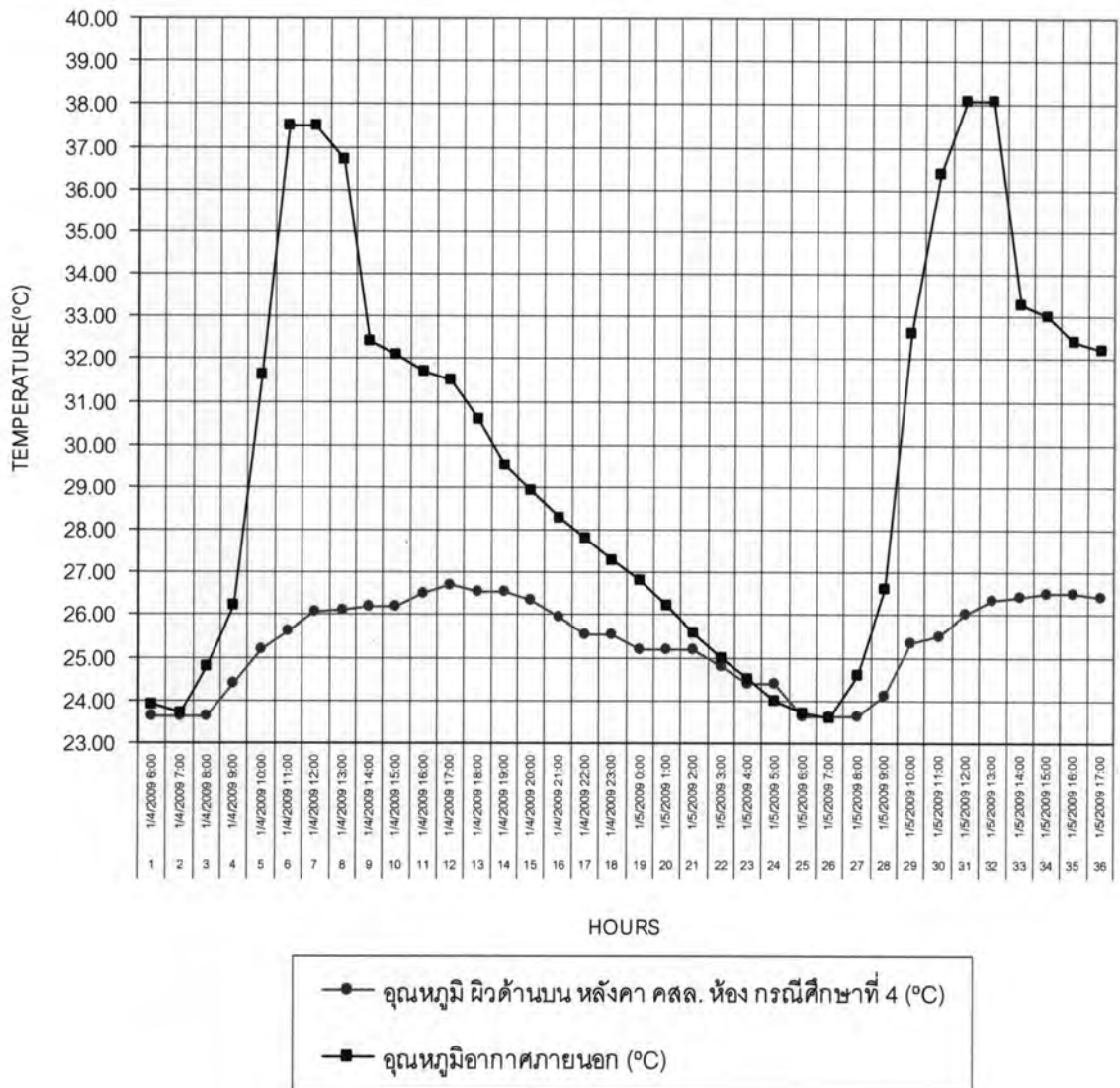
จากแผนภูมิที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่
 ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36
 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้อง
 กรณีศึกษาที่ 3 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.64 - 27.52 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา
 คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 26.06 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.64 - 26.73 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 25.63 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 26.12 - 27.52 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 27.05 °C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ 3.63 – 5.36 °C

4. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4
 แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4



จากแผนภูมิที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.63 - 26.70 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 25.37 °C

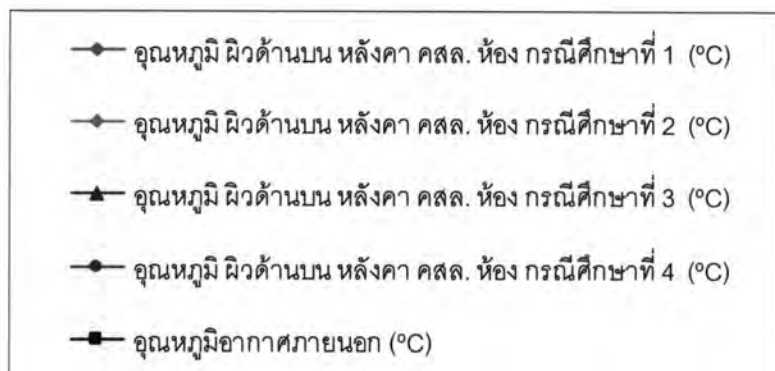
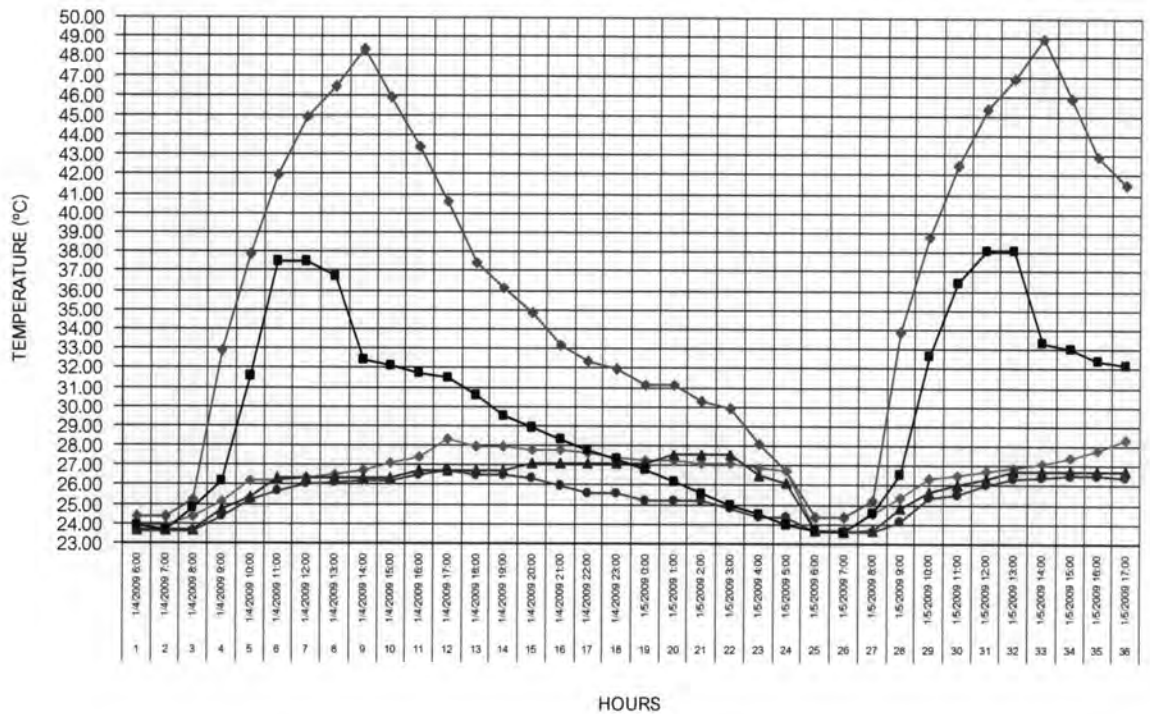
ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.63 - 26.70 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 25.37 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.40 - 26.52 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 25.36 °C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ 4.32 – 5.62 °C

5. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4



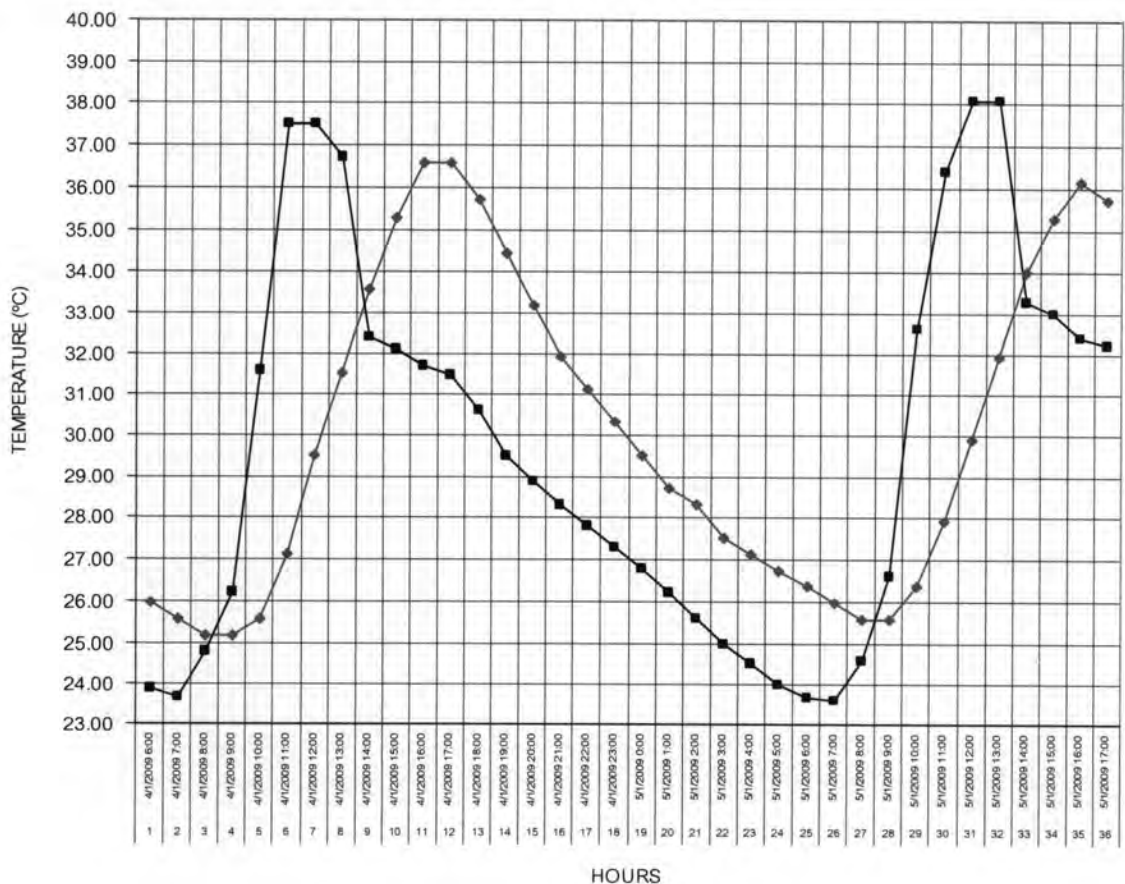
จากแผนภูมิที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง ประมาณ 1.28°C แต่อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง ประมาณ 3.16 , 3.63 และ 4.32°C ตามลำดับ

ในส่วนของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน

ประมาณ 1.12°C แต่ทั้งนี้ อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันนั้น จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน ประมาณ $4.82, 5.36$ และ 5.62°C

ในส่วนของอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2 และ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน ประมาณ ประมาณ $1.65, 0.62$ และ 0.33°C ตามลำดับ แต่ทั้งนี้ อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนนั้น จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน ประมาณ 1.36°C

6. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1



◆ อุณหภูมิ ผิวด้านล่าง ฝ้าเพดาน ห้อง กรณีศึกษาที่ 1 (°C)

■ อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C)

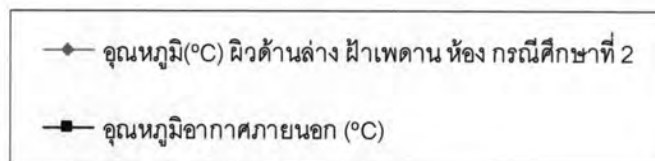
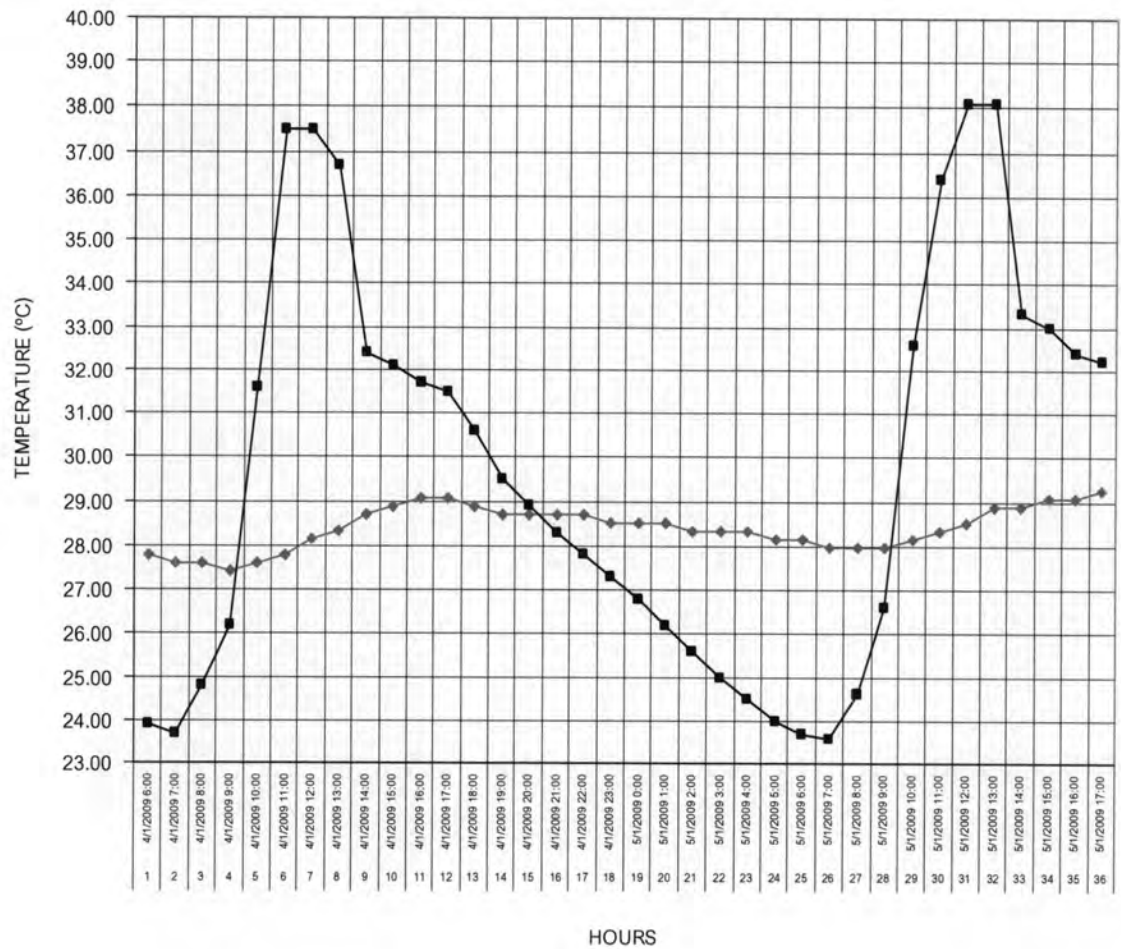
จากแผนภูมิที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69°C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ห้องกรณีศึกษาที่ 1 จะอยู่ในช่วงระหว่าง $25.17 - 36.57^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 30.07°C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $25.17 - 36.57^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.15°C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.00 - 29.50^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $26.73 - 34.43^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 29.89°C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 ในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ 0.84°C

7. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2
 แผนภูมิที่ 4.7 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2



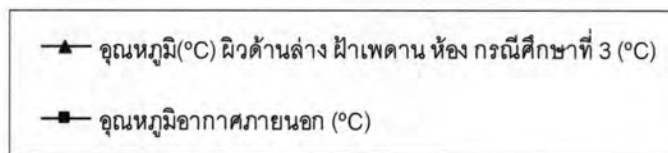
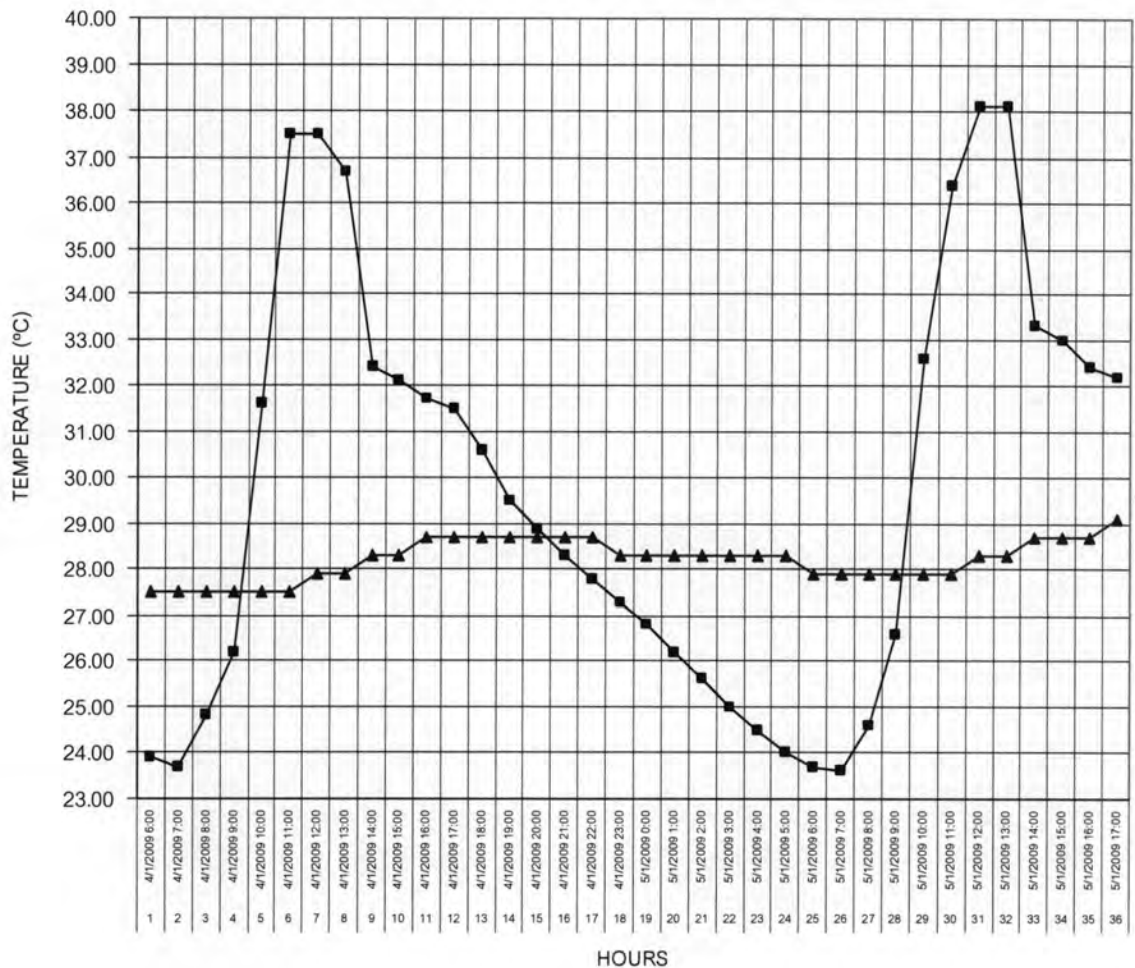
จากแผนภูมิที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่
 ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง
 อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา
 ห้องกรณีศึกษาที่ 2 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.42 - 29.25 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้า
 เพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 28.40 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.42 – 29.25 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.36 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 28.15 – 28.70 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 28.50 °C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ 1.29 – 2.36 °C

8. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3
 แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3



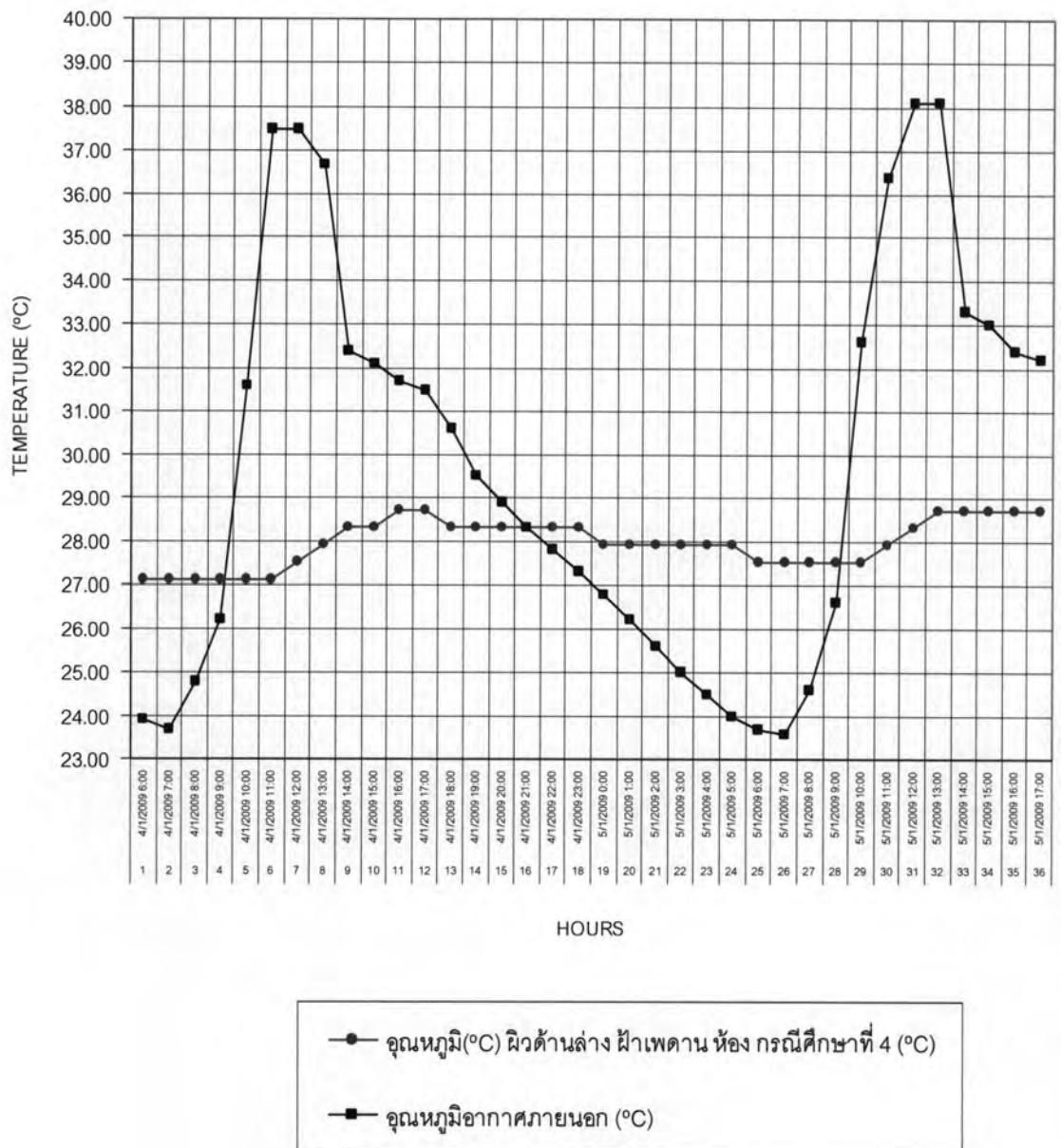
จากแผนภูมิที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่
 ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง
 อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา
 ห้องกรณีศึกษาที่ 3 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.52 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้า
 เพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 28.22 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.52 - 29.10^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.12°C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.00 - 29.50^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72°C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $28.31 - 28.70^{\circ}\text{C}$ และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 28.45°C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ $1.47 - 2.87^{\circ}\text{C}$

9. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4
 แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4



จากแผนภูมิที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมงอยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา

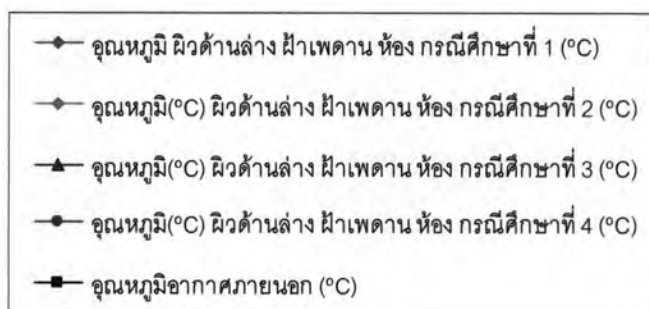
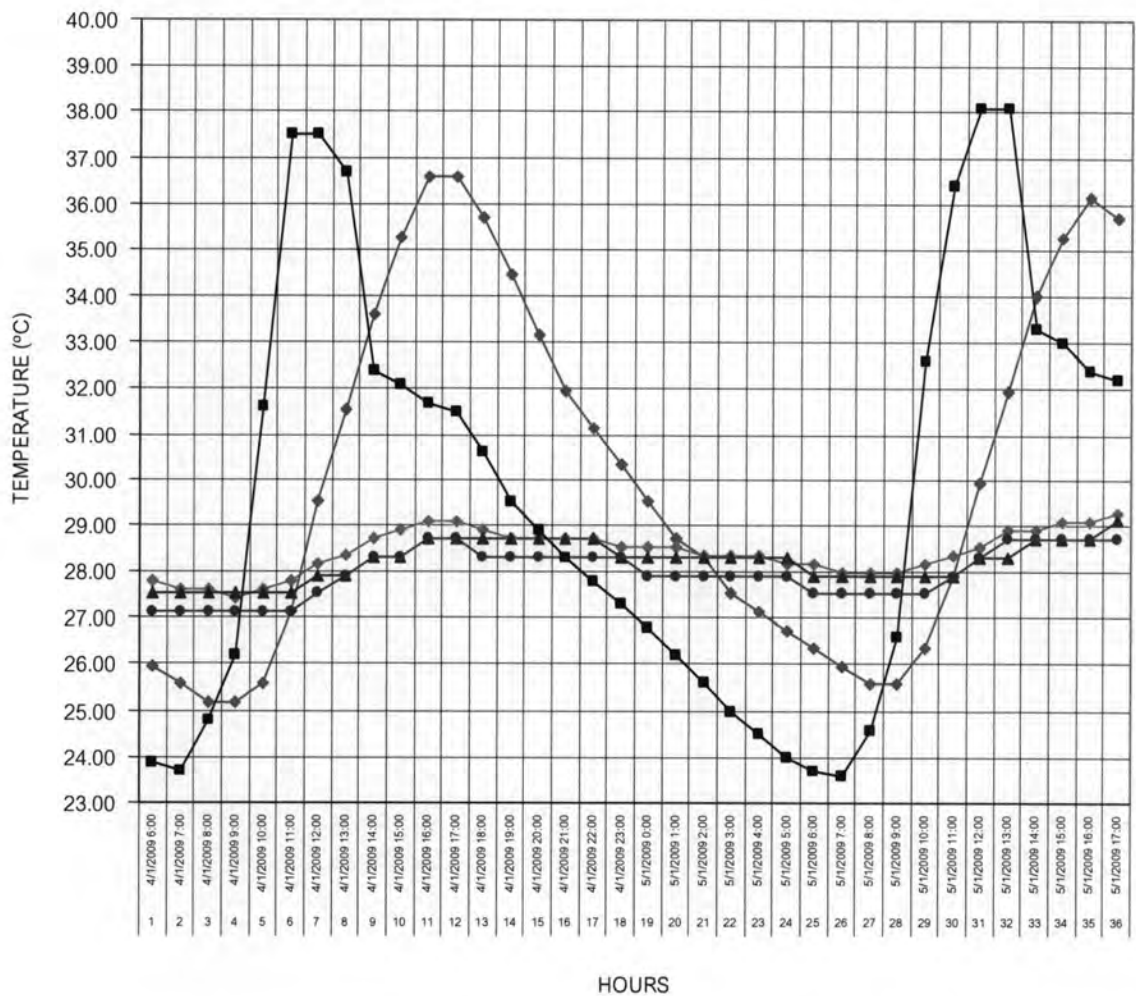
ห้องกรณีศึกษาที่ 4 จะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.12 - 28.70$ °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 27.97 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10$ °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.12 - 28.70$ °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 27.91 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.00 - 29.50$ °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.91 - 28.31$ °C และมีอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 28.09 °C

จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 ในช่วงเวลา 36 ชั่วโมงและในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกประมาณ $1.72 - 3.08$ °C

10. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4
 แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิที่ผิว
 ด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4



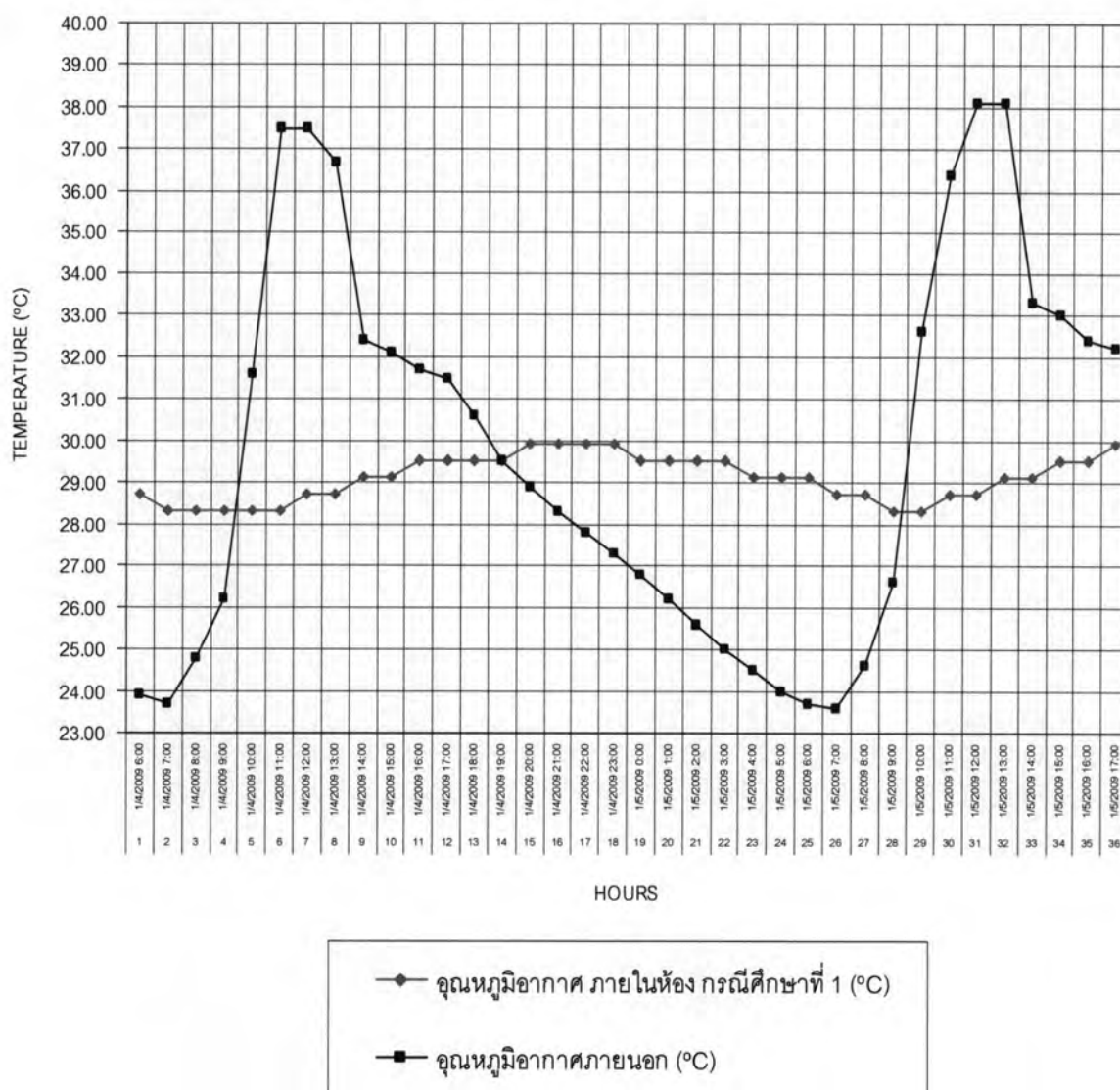
จากแผนภูมิที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่ฝ้าด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้อง
 กรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดย

เฉลี่ย 36 ชั่วโมง ประมาณ 0.38°C แต่ทั้งนี้อุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง ประมาณ $1.29, 1.47$ และ 1.72°C ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นต่ำกว่าห้องที่ 1 อยู่ที่ประมาณ $0.91 - 1.34^{\circ}\text{C}$

ในส่วนของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน ประมาณ $0.84, 2.63, 2.87$ และ 3.08°C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันนั้นต่ำกว่าห้องที่ 1 อยู่ที่ประมาณ $1.79 - 2.24^{\circ}\text{C}$

ในส่วนของอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน ประมาณ $3.17, 1.78, 1.73$ และ 1.37°C อันเนื่องมาจากความร้อนที่ถูกสะสมไว้ที่หลังคาและได้ถ่ายเทเข้ามาสู่ฝ้าเพดานในช่วงเวลากลางคืน แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดานภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนนั้นต่ำกว่าห้องที่ 1 อยู่ที่ประมาณ $1.39 - 1.80^{\circ}\text{C}$

11. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1
 แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1

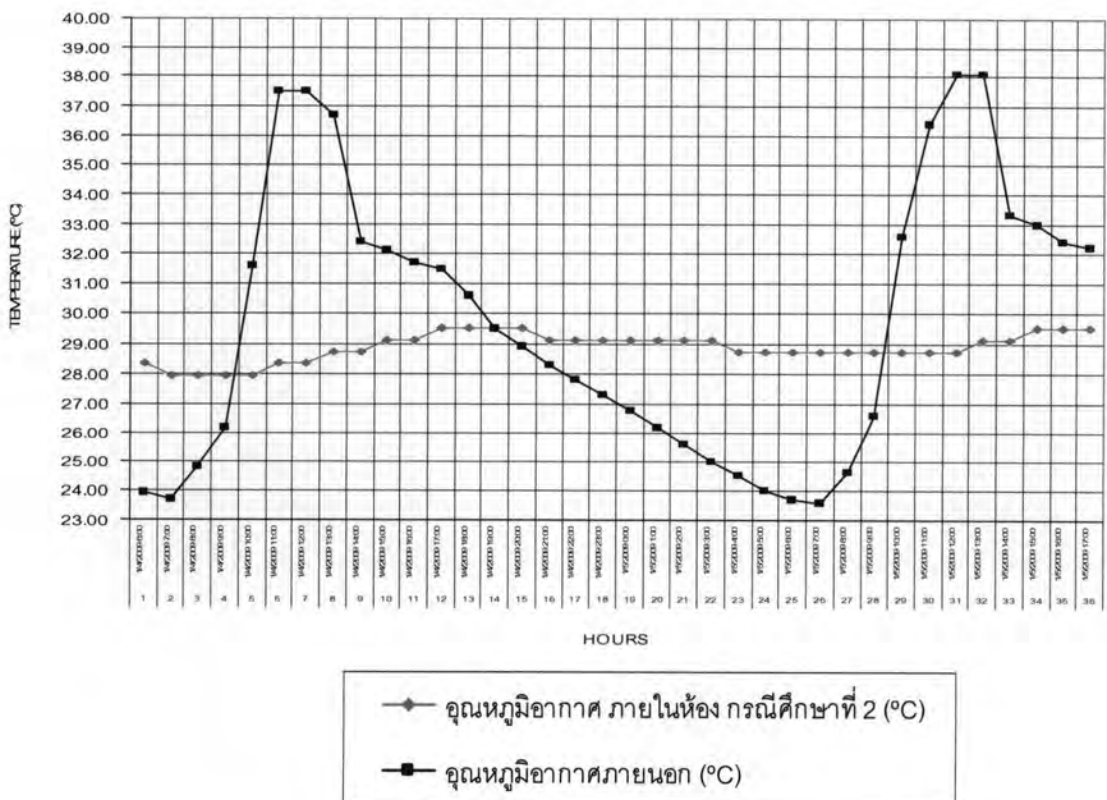


จากแผนภูมิที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 28.31 - 29.90 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.09 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 28.31 - 29.90 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.88 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 29.10 - 29.90 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 29.57 °C

12. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2
 แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2

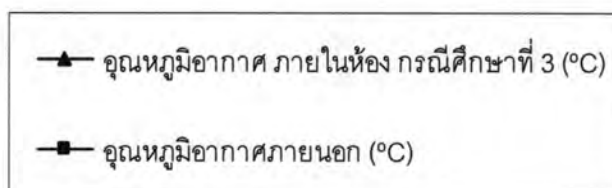
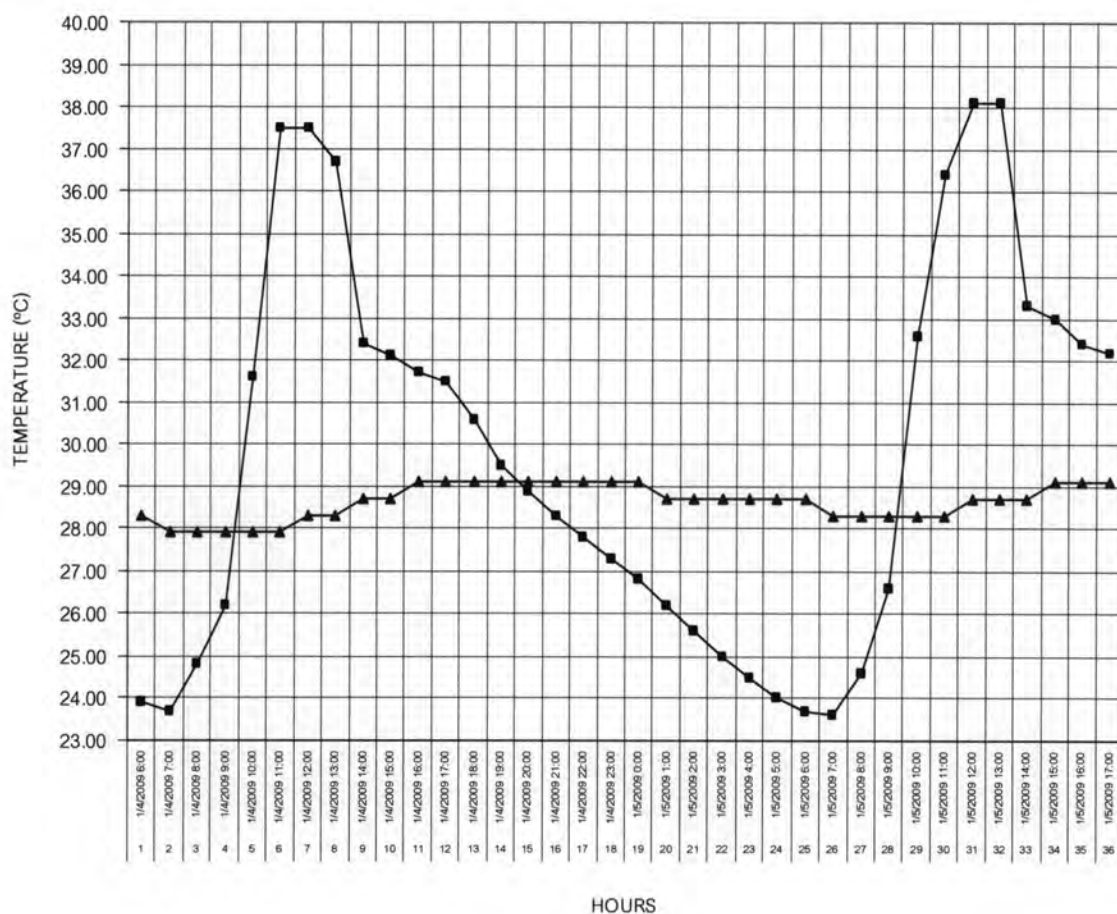


จากแผนภูมิที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10$ °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 จะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.91 - 29.50$ °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 28.86 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $23.60 - 38.10$ °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $27.91 - 29.50$ °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.75 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง $24.00 - 29.50$ °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง $28.70 - 29.50$ °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 29.10 °C

13. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3
 แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3

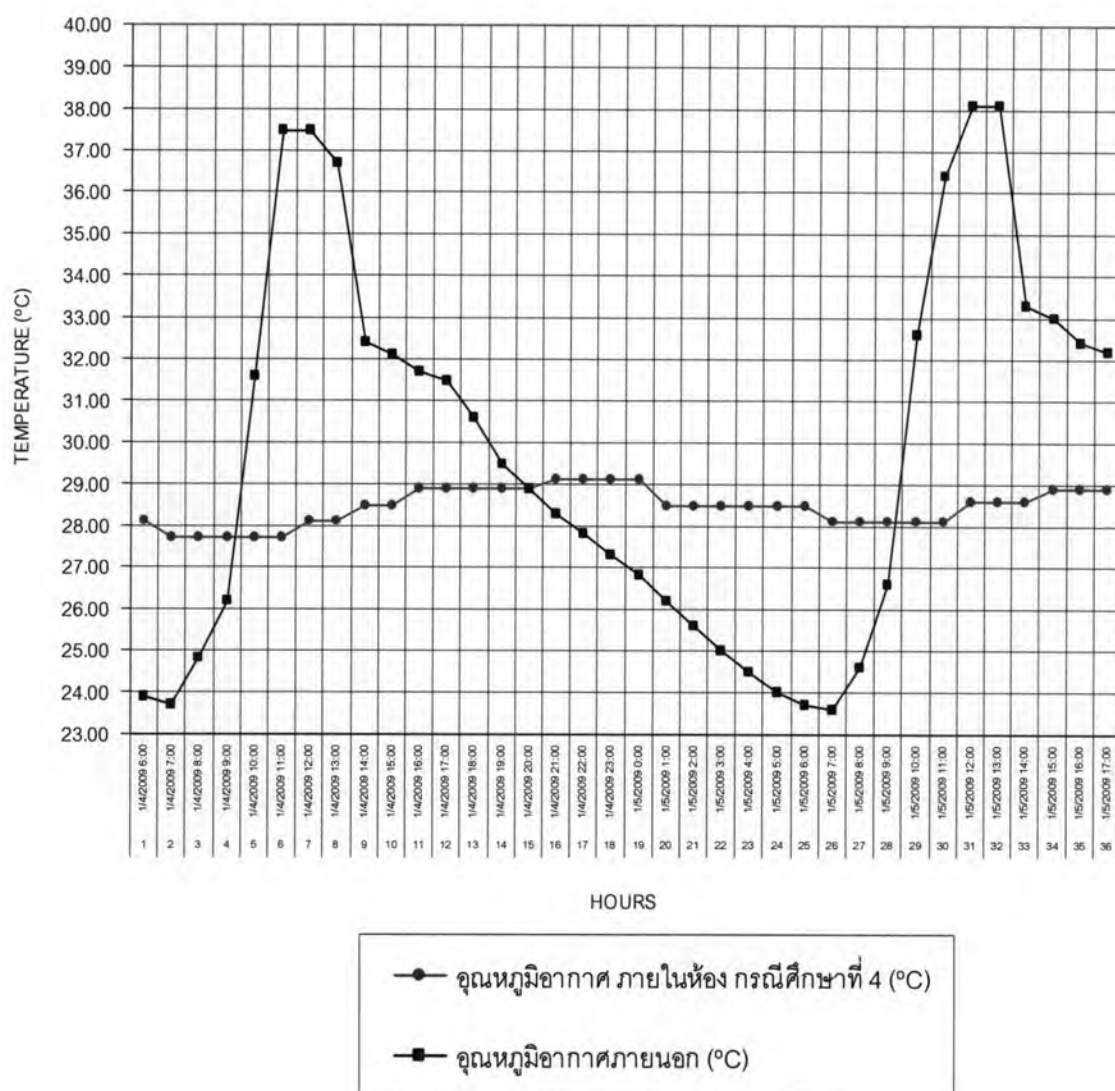


จากแผนภูมิที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.91 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 28.64 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.91 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.51 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 28.70 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 28.92 °C

14. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4
 แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4

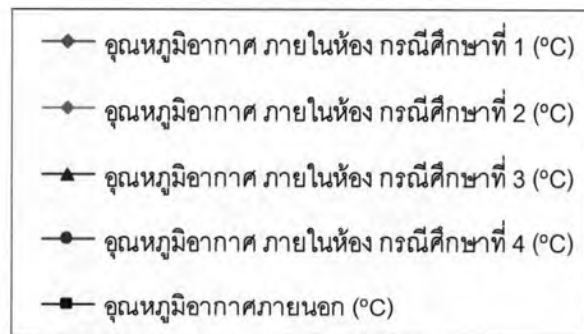
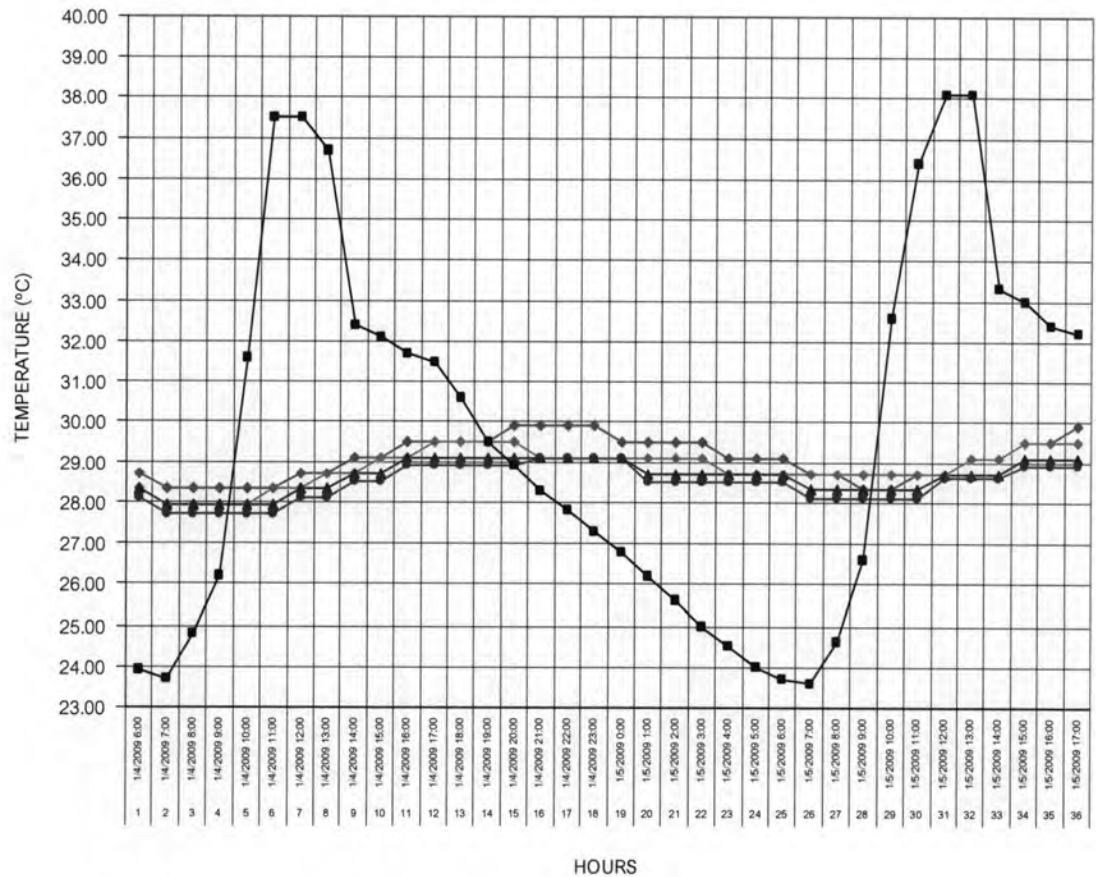


จากแผนภูมิที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 29.69 °C ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 จะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.71 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง อยู่ที่ 28.47 °C

ในช่วงเวลากลางวันนั้น (6.00 – 18.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.60 - 38.10 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 30.99 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 27.71 - 28.90 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน อยู่ที่ 28.33 °C

สำหรับในช่วงเวลากลางคืนนั้น (19.00 - 5.00 น.) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกจะอยู่ในช่วงระหว่าง 24.00 - 29.50 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 26.72 °C ในขณะที่อุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 5.00 น.) ของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะอยู่ในช่วงระหว่าง 28.50 - 29.10 °C และมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน อยู่ที่ 28.79 °C

15. การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4
 แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4



จากแผนภูมิที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 36 ชั่วโมง ประมาณ 0.60, 0.83, 1.05 และ 1.22 °C

ในส่วนของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน ประมาณ 2.11, 2.24, 2.48 และ 2.66 °C

ในส่วนของอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน นั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน ประมาณ 2.85, 2.38, 2.2 และ 2.07 °C อันเนื่องมาจากความร้อนที่ถูกระบายไว้ที่หลังคา ได้ถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในห้องกรณีศึกษา ในช่วงเวลากลางคืน แต่อย่างไรก็ตาม การทำสวนหลังคาปกคลุมห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 ใวนั้นก็ยังสามารถช่วยทำให้ลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน ในห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 ได้ ประมาณ 0.47, 0.65 และ 0.78 °C เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในห้องกรณีศึกษาที่ 1

4.2 การทดสอบสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 และการวิเคราะห์ผลการวิจัย

สวณหลังคาแบบไม่ใช้งานนั้นสามารถช่วยลดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ภายในของห้องกรณีศึกษาได้ซึ่งถือเป็น passive design ได้อีกวิธีหนึ่ง

จากข้อสมมติฐานข้างต้น ความหมายของ passive design นั้น คือ การออกแบบโดยอาศัยธรรมชาติ ตามหลักพึ่งพาธรรมชาติ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง (สจล.), 2547) ทั้งนี้ในการทำสวณหลังคาแบบไม่ใช้งานนั้นก็เป็นการนำเอาวัสดุธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ โดยการปกคลุมหลังคาซึ่งช่วยในการหลีกเลี่ยงรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่ให้ตกกระทบที่หลังคาโดยตรง ซึ่งนั่นก็คือ แนวทางในการใช้สวณหลังคาเพื่อการลดการถ่ายเทความร้อน ที่จะเข้าสู่อาคารอีกวิธีหนึ่ง (ศุภกิจ ยิ้มสรवल, 2541) แต่ทั้งนี้จะสามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารได้หรือไม่ อย่างไรนั้น ต้องพิจารณาเปรียบเทียบต่อไป

จากการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิภายในของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องนั้น พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของข้อมูลที่ทำการศึกษาเก็บข้อมูลนั้น มีค่ารายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง และ อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลา 36 ชั่วโมง

	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษาที่ 1 (36 ชั่วโมง)	36.11
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษาที่ 2 (36 ชั่วโมง)	26.53
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษาที่ 3 (36 ชั่วโมง)	26.06
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษาที่ 4 (36 ชั่วโมง)	25.37
อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)	29.69

จากตาราง จะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุมนั้น จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ประมาณ 6.42°C ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจากบรรยากาศเกิดการสะสมไว้ที่ผิวหลังคา คสล. ได้โดยตรง ส่วนผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2,

3 และ 4 นั้น มีการปลูกหญ้า หรือที่เรียกว่า สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานปกคลุมไว้ ดังนั้น ความร้อนจึงถูกดูดกลืนจากวัสดุที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ของสวนหลังคา ซึ่งความร้อนที่จะถูก นำพามาอยู่ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. จะค่อนข้างน้อยกว่า จึงมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 มีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่ง ปกคลุม

โดยทั้งนี้แล้ว อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้อง กรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ที่ผิวด้านบน หลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 คือ 9.58, 10.05 และ 10.74 °C ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้นก็ยังมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) อีกด้วย คือ 3.16, 3.63 และ 4.32 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องและ อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลา 36 ชั่วโมง

	อุณหภูมิ (°C)
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ห้องกรณีศึกษาที่ 1 (36 ชั่วโมง)	30.07
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ห้องกรณีศึกษาที่ 2 (36 ชั่วโมง)	28.40
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ห้องกรณีศึกษาที่ 3 (36 ชั่วโมง)	28.22
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ห้องกรณีศึกษาที่ 4 (36 ชั่วโมง)	27.97
อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)	29.69

จากตาราง จะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุมนั้น จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า อุณหภูมิภายนอก โดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ประมาณ 0.38 °C ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจากบรรยากาศเกิดการ สะสมไว้ที่หลังคา คสล. ได้โดยตรงและนำพาเข้ามาสู่ที่ฝ้าเพดาน ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิว ด้านล่างฝ้าเพดาน ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้น ซึ่งได้มีการปลูกหญ้า หรือที่ เรียกว่า สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานปกคลุมไว้ ดังนั้น ความร้อนจากที่จะถูกนำพาผ่านเข้าได้ โดยตรงจะถูกดูดกลืนจากวัสดุที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ของสวนหลังคา ซึ่งความร้อนที่ถูก

นำพามาอยู่ที่ผิวผิวด้านล่างฝ้าเพดาน จะค่อนข้างน้อยกว่าห้องกรณีศึกษาที่ 1 จึงมีผลทำให้ อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 มี อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุม

โดยทั้งนี้แล้ว อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ของห้อง กรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ที่ผิวด้านล่างฝ้า เพดาน ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 คือ 1.67, 1.85 และ 2.10 °C ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้นก็ ยังมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) อีกด้วย คือ 1.29, 1.47 และ 1.72 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.23 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้องและ อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลา 36 ชั่วโมง

	อุณหภูมิ (°C)
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1 (36 ชั่วโมง)	29.09
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาที่ 2 (36 ชั่วโมง)	28.86
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาที่ 3 (36 ชั่วโมง)	28.64
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาที่ 4 (36 ชั่วโมง)	28.47
อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)	29.69

จากตาราง จะพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง)ภายในห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้น จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ประมาณ 0.6 , 0.83, 1.05 และ 1.22 °C ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจาก บรรยากาศเกิดการสะสมไว้ที่หลังคา คสล. และนำพาเข้ามาสู่ที่ภายในห้องกรณีศึกษาต่างๆ นั้น จะเห็นได้ว่า ห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุมนั้นจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย(36 ชั่วโมง)ที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกโดยเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) มากที่สุด ซึ่งต่างจากห้อง กรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยมีเหตุผลอันเนื่องมาจาก ห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 ได้มีการปลูกหญ้า หรือที่เรียกว่า สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานปกคลุมไว้แล้ว ความร้อนจากที่จะ ถูกสะสมไว้ที่หลังคาและถูกนำพาผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารนั้นจะถูกดูดกลืนจากวัสดุที่เป็น องค์ประกอบต่างๆ ของสวนหลังคา ซึ่งความร้อนที่ถูกนำพามาอยู่ที่ภายในห้อง จะค่อนข้าง น้อยกว่าห้องกรณีศึกษาที่ 1 จึงมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ภายในห้องของห้อง

กรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ที่ภายใน ของห้อง กรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุม นั้นเอง

โดยทั้งนี้แล้ว อุณหภูมิเฉลี่ย(36 ชั่วโมง) ที่ภายในห้อง ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 นั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (36 ชั่วโมง) ที่ภายในห้อง ของห้อง กรณีศึกษาที่ 1 คือ 0.23, 0.45 และ 0.62 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4.24 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล., อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้า เพดาน และ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง ตลอดช่วงเวลา 36 ชั่วโมง

	ห้องกรณี ศึกษาที่ 1	ห้องกรณี ศึกษาที่ 2	ห้องกรณี ศึกษาที่ 3	ห้องกรณี ศึกษาที่ 4
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. (°C)	36.11	26.53	26.06	25.37
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน (°C)	30.07	28.40	28.22	27.97
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา (°C)	29.09	28.86	28.64	28.47

สรุปจากตาราง จะเห็นได้ว่า การปลูกหญ้าปกคลุมหลังคา มีผลทำให้ อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. , อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน และ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 2, 3 และ 4 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ ผิวด้านบนหลังคา คสล. , อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านล่างฝ้าเพดาน และ อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ของห้องกรณีศึกษา ห้องที่ 1 ซึ่งเป็นห้องกรณีศึกษาที่ด้านบนนั้นหลังคาไม่มีสิ่งปกคลุมเลย ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การปลูกหญ้าปกคลุมหลังคา หรือที่เรียกว่า สนวนหลังคาแบบไม่ใช้งานนั้น สามารถช่วยลดอุณหภูมิ (°C) ภายในของห้องกรณีศึกษาได้ซึ่งถือเป็น passive design ได้อีก วิธีหนึ่ง

4.3 การทดสอบสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 และการวิเคราะห์ผลการวิจัย

สวนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่ปกคลุมหลังคานั้นสามารถช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคา คสล. ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมอยู่เลย

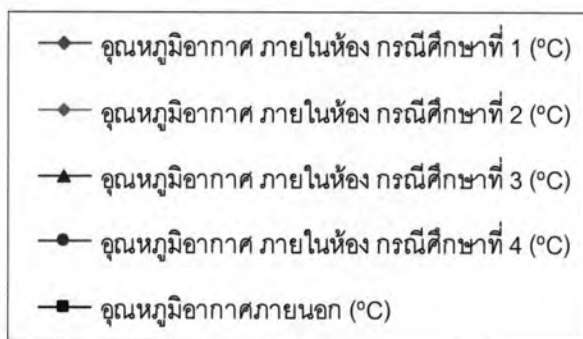
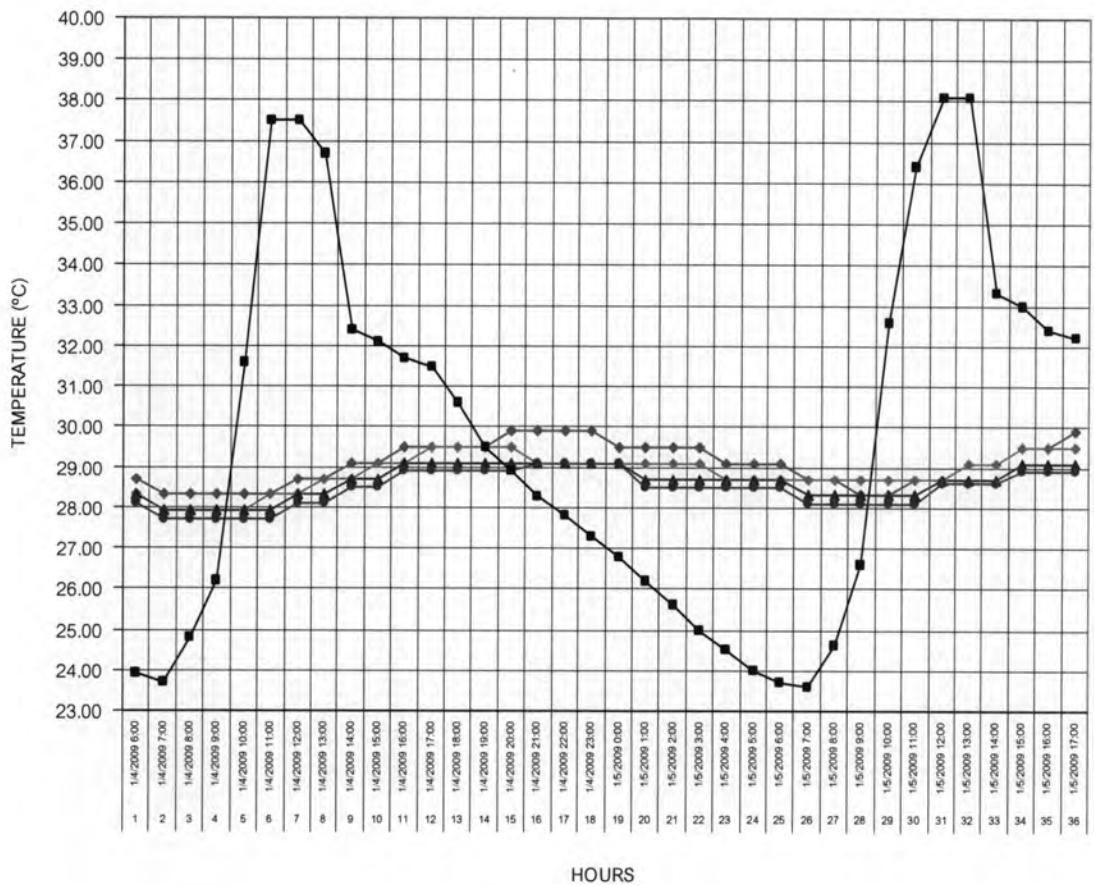
ผลการศึกษาความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values และอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งใช้รูปแบบที่ 1 คือ หลังคา คสล. ที่ไม่มีการปกคลุมด้วยวัสดุต่างๆแต่อย่างใด

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ เพื่อนำไปใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values ของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งใช้รูปแบบที่ 1 คือ หลังคา คสล. ที่ไม่มีการปกคลุมด้วยวัสดุต่างๆแต่อย่างใด

การต้านทานความร้อน (R)	ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 (m ² °C/W)
ฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร	0.055
หลังคา คสล. หนา 0.10 เมตร	0.069
ช่องอากาศระหว่างหลังคา กับฝ้าเพดาน	1.423
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	0.047
ฟิล์มอากาศด้านในอาคาร	0.162
R รวม	1.756

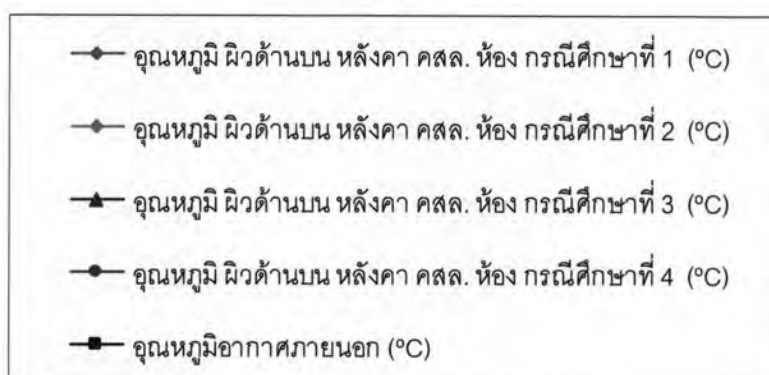
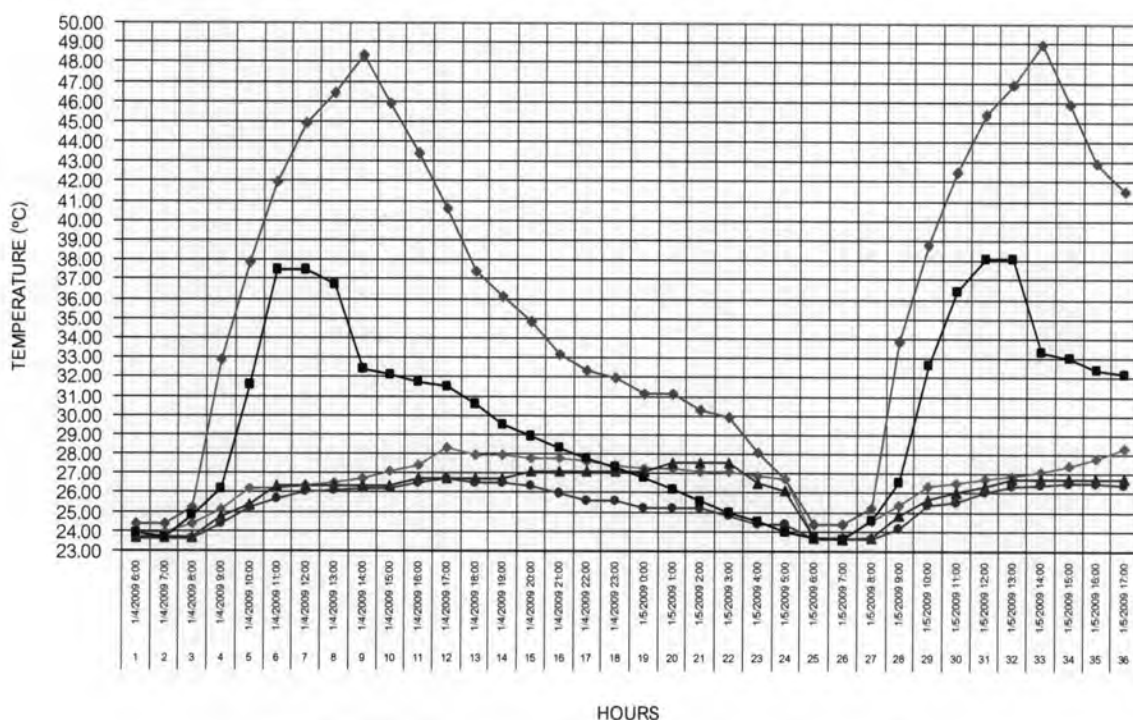
ทั้งนี้ทั้งนั้นแล้ว เมื่อได้ค่า R รวม แล้วเราก็ต้องดำเนินการหาค่า TD_{eq} (°C) เพื่อนำไปใช้ประกอบกับสมการที่เราจะหา อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (conduction heat gain) ผ่านหลังคา คสล. โดยหากเราลองพิจารณา ค่า TD_{eq} (°C) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงก็จะพบว่าช่วงเวลากลางวัน โดยเฉพาะ ณ. ช่วงเวลา 10.00 - 17.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกจะค่อนข้างสูง ในขณะที่เดียวกันนั้นอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ก็จะมีอุณหภูมิที่สูงเช่นกัน แต่ทั้งนี้อุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 จะค่อนข้างคงที่ อย่างไรก็ตามค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา ณ. ช่วงเวลา 10.00 - 17.00 น. จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนภูมิที่ 4.16 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในห้องกรณีศึกษา ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4



จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารนั้นจะค่อนข้างสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารในช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00 น. ไปจนถึงช่วงประมาณ 19.00 น. และทั้งนี้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารก็มีลักษณะที่ค่อนข้างคงที่ คือ อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไม่มากซึ่งไม่เกิน 3 °C

แผนภูมิที่ 4.17 แสดงการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร และอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4



จากแผนภูมิข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้นจะค่อนข้างสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารในช่วงทุกๆเวลา และทั้งนี้ อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 นั้น ก็จะมีสูงกว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 9.58 – 10.74 °C และนอกจากนี้แล้ว ณ. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 มีอุณหภูมิสูงที่สุดนั้น จะอยู่ที่ 48.95 °C ในขณะที่อุณหภูมิที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 มีอุณหภูมิสูงที่สุดอยู่ที่ 27.06, 26.73 และ 26.40 °C ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การทำสวนหลังคานั้นสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิว

ด้านบนหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4 ให้ลดลงได้ประมาณ 21.89 – 22.55 °C

ตารางที่ 4.26 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. และ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง (ช่วงเวลา 10.00 - 17.00 น.)

	ห้องกรณีศึกษาที่ 1	ห้องกรณีศึกษาที่ 2	ห้องกรณีศึกษาที่ 3	ห้องกรณีศึกษาที่ 4
อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. (°C) (ช่วงเวลา 10.00 - 17.00 น.)	43.89	26.98	26.39	26.09
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา (°C) (ช่วงเวลา 10.00 - 17.00 น.)	29.00	28.90	28.63	28.45
ค่า TD_{eq} (°C)	14.89	1.92	2.24	2.36

ตารางที่ 4.27 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งใช้รูปแบบที่ 1

	หลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1
$U = 1 / R$ รวม ($W / m^2 \text{ } ^\circ C$)	0.5695
$A =$ พื้นที่ผิววัดเป็น (m^2) ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินทาง	1
$TD_{eq} =$ ความต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและภายใน (°C)	14.89
$q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W) ; ($q = U \times A \times TD_{eq}$)	8.4799

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าของตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ก็ได้ ค่า TD_{eq} ก็ได้ เป็นต้น เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ $q = U \times A \times TD_{eq}$ ผลที่ออกก็คือ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1 จะอยู่ที่ 8.4799 W หรือ 28.94 Btu/hr ต่อตารางเมตร

ผลการศึกษาความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values และอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 2 ใช้รูปแบบที่ 2 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มา

จากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) และปลูกหญ้านวลน้อยเป็นพืชคลุมดิน

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ เพื่อนำไปใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values ของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 2 ใช้รูปแบบที่ 2

การต้านทานความร้อน (R)	ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของหลังคา คสล. ของห้อง กรณีศึกษาที่ 2 (m^2C/W)
ฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร	0.055
หญ้านวลน้อย	-
วัสดุปิดผิว	0.093
ดินปลูก	0.588
แผ่นใยกรองดิน	-
ชั้นระบายน้ำพลาสติกสำเร็จรูป	0.145
แผ่นคอนกรีตกันทะลุ	0.045
วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว	-
หลังคา คสล. หนา 0.10 เมตร	0.069
ช่องอากาศระหว่างหลังคา กับฝ้าเพดาน	1.423
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	0.047
ฟิล์มอากาศด้านในอาคาร	0.162
R รวม	2.627

ตารางที่ 4.29 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 2 ใช้รูปแบบที่ 2

	หลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2
$U = 1 / R \text{ รวม } (W / m^2C)$	0.3807
$A =$ พื้นที่ผิววัดเป็น (m^2) ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินทาง	1
$TD_{eq} =$ ความต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและภายใน ($^{\circ}C$)	1.92
$q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W) ; ($q = U \times A \times TD_{eq}$)	0.7309

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าของตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ใช้สำหรับ ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 2 ใช้รูปแบบที่ 2 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) และปลูกหญ้านวลน้อยเป็นพืชคลุมดิน เป็นต้น เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ $q = U \times A \times TD_{eq}$ ผลที่ออกก็คือ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 2 จะอยู่ที่ 0.7309 W หรือ 2.49 Btu/hr ต่อตารางเมตร

ผลการศึกษาความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values และอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งใช้รูปแบบที่ 3 คือ เป็นการประยุกต์ใช้องค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) มาใช้แต่ปรับเปลี่ยนวัสดุดินปลูกไปเป็นขุยมะพร้าว ทั้งนี้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุทดแทนดินปลูกโดยเป็นวัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งมีราคาถูกและน้ำหนักเบาด้วย (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2551) และปลูกหญ้านวลน้อยเป็นพืชคลุมดิน

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ เพื่อนำไปใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3

การต้านทานความร้อน (R)	ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 ($m^2\text{C/W}$)
ฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร	0.055
หิ้งฉนวนน้อย	-
วัสดุปิดผิว	0.093
ขุยมะพร้าว	1.4286
แผ่นใยกรองดิน	-
ชั้นระบายน้ำพลาสติกสำเร็จรูป	0.145
แผ่นคอนกรีตกันทะลุ	0.045
วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว	-
หลังคา คสล. หนา 0.10 เมตร	0.069
ช่องอากาศระหว่างหลังคากับฝ้าเพดาน	1.423
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	0.047
ฟิล์มอากาศด้านในอาคาร	0.162
R รวม	3.4676

ตารางที่ 4.31 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3

	หลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3
$U = 1 / R \text{ รวม } (W / m^2\text{C})$	0.2884
$A =$ พื้นที่ผิววัดเป็น (m^2) ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินทาง	1
$TD_{eq} =$ ความต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและภายใน ($^{\circ}\text{C}$)	2.24
$q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W) ; ($q = U \times A \times TD_{eq}$)	0.6460

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าของตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ใช้สำหรับ ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งใช้รูปแบบที่ 3 คือ เป็นการประยุกต์ใช้องค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาสำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2547) มาใช้แต่ปรับเปลี่ยนวัสดุดินปลูกไปเป็นขุยมะพร้าว

มะพร้าว เป็นต้น เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ $q = U \times A \times TD_{eq}$ ผลที่ออกก็คือ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 3 จะอยู่ที่ 0.6460 W หรือ 2.20 Btu/hr ต่อตารางเมตร

ผลการศึกษาความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม หรือ U values และอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 4 ให้อารมณ์แบบที่ 4 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาแบบของ Theodore Osmundson, 1999 และปลูกหญ้านวลน้อยเป็นพืชคลุมดิน

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ เพื่อนำไปใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4

การต้านทานความร้อน (R)	ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของหลังคา คสล. ของห้อง กรณีศึกษาที่ 4 (m ² C/W)
ฟิล์มอากาศด้านนอกอาคาร	0.055
หญ้านวลน้อย	-
วัสดุปิดผิว	0.093
ดินปลูก	0.588
แผ่นใยกรองดิน	-
ชั้นระบายน้ำพลาสติกสำเร็จรูป	0.145
แผ่นคอนกรีตกันทะลุ	0.045
ฉนวนโฟมโพลีสไตรีน	1.857
ฟิล์มโพลีเอทิลีน	-
วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว	-
หลังคา คสล. หนา 0.10 เมตร	0.069
ช่องอากาศระหว่างหลังคา กับฝ้าเพดาน	1.423
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด	0.047
ฟิล์มอากาศด้านในอาคาร	0.162
R รวม	4.484

ตารางที่ 4.33 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4

	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 4
$U = 1 / R$ รวม ($W / m^2 \text{ } ^\circ C$)	0.2230
$A =$ พื้นที่ผิววัดเป็น (m^2) ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินทาง	1
$TD_{eq} =$ ความต่างอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและภายใน ($^\circ C$)	2.36
$q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W) ; ($q = U \times A \times TD_{eq}$)	0.5263

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าของตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น ค่าการต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุต่างๆ ที่ใช้สำหรับ ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งห้องกรณีศึกษาที่ 4 ใช้รูปแบบที่ 4 คือ หลังคา คสล. จะปกคลุมด้วยองค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสวนหลังคาแบบของ Theodore Osmundson, 1999 และปลุกหญ้าขนาดเล็กเป็นพืชคลุมดิน เป็นต้น เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ $q = U \times A \times TD_{eq}$ ผลที่ออกก็คือ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 จะอยู่ที่ 0.5263 W หรือ 1.80 Btu/hr ต่อตารางเมตร

จากการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นจะเห็นได้ว่าค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาที่ 4 นั้นจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับห้องกรณีศึกษาอีก 3 ห้อง และทั้งนี้ ห้องกรณีศึกษาที่ 1 ก็จะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับห้องกรณีศึกษาที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 4.34 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง

	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 1	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 2	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 3	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 4
U (W / m ² °C)	0.5695	0.3807	0.2884	0.223
A (m ²)	1	1	1	1
TD _{eq} (°C)	14.89	1.92	2.24	2.36
q = U x A x TD _{eq} ;(W)	8.4799	0.7309	0.646	0.5263
แปลง W ไปเป็น Btu/hr	28.94	2.49	2.20	1.80

หมายเหตุ

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวด้านบนหลังคา คสล. และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องกรณีศึกษา แต่ละห้อง โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ก็จะพบว่าค่าของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษา 2, 3 และ 4 จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ที่ต่ำกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาห้องที่ 1 คิดเป็น 91.40 %, 92.40 % และ 93.78 % ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามถ้าหากเราพิจารณาในแง่องค์ประกอบของวัสดุแล้วนั้น สนวนหลังคาของห้องกรณีศึกษาที่ 2 และ 3 ซึ่งใช้รูปแบบเดียวกันแต่แตกต่างกันตรงที่ใช้วัสดุปลูกที่เป็นดิน และขุยมะพร้าว นั้น สนวนหลังคาของห้องกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ที่ต่ำกว่าสนวนหลังคาของห้องกรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งใช้ดินเป็นวัสดุปลูกประมาณ 12 % อีกด้วย ส่วนห้องกรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งใช้องค์ประกอบต่างๆซึ่งได้มาจากแนวทางการออกแบบสนวนหลังคาแบบของ Theodore Osmundson, 1999 นั้นจะช่วยให้อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ห้อง

กรณีศึกษาที่ 4 ต่ำกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ห้องกรณีศึกษาที่ 2 และ 3 ประมาณ 18 - 28 %

ทั้งนี้หากเราลองพิจารณา ค่า TD_{eq} ($^{\circ}C$) ตามที่กฎกระทรวงประกาศให้ใช้มา ประกอบในการประเมินค่าของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษา ก็จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.35 แสดงการประเมินหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction heat gain) ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง โดยค่า TD_{eq} นั้น ใช้ตามที่กฎกระทรวงประกาศให้ใช้

	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 1	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 2	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 3	หลังคา คสล. ของ ห้องกรณีศึกษาที่ 4
U ($W / m^2^{\circ}C$)	0.5695	0.3807	0.2884	0.2230
A (m^2)	1	1	1	1
TD_{eq} ($^{\circ}C$)	24	24	24	24
$q = U \times A \times TD_{eq}$; (W)	13.67	9.14	6.92	5.35
แปลง W ไปเป็น Btu/hr	46.66	31.19	23.62	18.26

หมายเหตุ

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของหลังคาส่วนที่บ โดยมิหน่วยเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้ตามกฎกระทรวงที่ประกาศให้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ ผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาทั้ง 4 ห้อง ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ก็พบว่าค่าของอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านเปลือกอาคารของหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษา 2, 3 และ 4 จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ที่ต่ำกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ของห้องกรณีศึกษาห้องที่ 1 คิดเป็น 33.15 %, 49.38 % และ 60.87 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามถ้าหากเราพิจารณาในแง่องค์ประกอบของวัสดุแล้วนั้น สนวนหลังคาของห้องกรณีศึกษาที่ 2 และ 3 ซึ่งใช้รูปแบบ

เดียวกันแต่แตกต่างกันตรงที่ใช้วัสดุปลูกที่เป็นดิน และขุยมะพร้าว นั้น ส่วนหลังคาของห้อง
 กระจกที่ 3 ซึ่งใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่าน
 หลังคา คสล. ที่ต่ำกว่าส่วนหลังคาของห้องกระจกที่ 2 ซึ่งใช้ดินเป็นวัสดุปลูกประมาณ
 24.27 % อีกด้วย ส่วนห้องกระจกที่ 4 ซึ่งใช้องค์ประกอบต่างๆที่ได้มาจากแนวทางการ
 ออกแบบส่วนหลังคาแบบของ Theodore Osmundson, 1999 นั้นจะช่วยให้อัตราการถ่ายเท
 ความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ห้องกระจกที่ 4 ต่ำกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อน
 โดยการนำผ่านหลังคา คสล. ห้องกระจกที่ 2 และ 3 ประมาณ 22.69 – 41.46 %

อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีส่วนช่วยให้ทราบถึงวัสดุปลูกที่สามารถ
 เทียบเคียงกับดินปลูกในการทำส่วนหลังคาได้นั้นคือ ขุยมะพร้าว ซึ่งทั้งนี้ขุยมะพร้าวมีน้ำหนัก
 เบากว่าดินปลูก 63%, มีราคาถูกกว่าดินปลูก 67% และมีค่าความต้านทานความร้อนดีกว่า
 ดินปลูก 62% อีกด้วย

สรุป จากการประเมินข้างต้นก็จะเห็นได้ว่า ส่วนหลังคาแบบไม่ใช้งานที่ปก
 คลุมหลังคานั้นสามารถช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านหลังคา คสล. ได้ดีกว่า
 เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคา คสล. ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมอยู่เลย