

การสร้างสภาวะน่าสบายโดยใช้ประโยชน์จากดินและน้ำ



นางสาวนฤมล แสนเสนา

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE IMPROVEMENT OF THERMAL COMFORT CONDITION USING LANDSCAPE ELEMENTS



Miss Narumol Sansena

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2006

Copyright of Chulalongkorn University



นฤมล แสนเสนา : การสร้างสภาวะน่าสบายโดยใช้ประโยชน์จากดินและน้ำ

(THE IMPROVEMENT OF THERMAL COMFORT CONDITION USING LANDSCAPE

ELEMENTS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. วรสันต์

บูรณากาญจน์ , 151 หน้า.

ปัจจุบันผู้ออกแบบภูมิทัศน์มักมุ่งเน้นความสวยงามมากกว่าการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมมาใช้ในการลดอุณหภูมิ ข้อมูลด้านพลังงาน ความร้อน และวัสดุ มีความสำคัญต่อการออกแบบภูมิทัศน์ ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายที่เกิดจากดินและน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ โดยการวิจัยมี 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 เก็บข้อมูลอากาศจากสภาพแวดล้อมจริง แบบที่มีร่มเงาและแบบไม่มีร่มเงา กรณีศึกษา ได้แก่ ลานคอนกรีตในร่ม ลานคอนกรีตกลางแจ้ง สนามหญ้ากลางแจ้ง สนามหญ้าใต้ต้นไม้ พื้นดินกลางแจ้ง พื้นดินใต้ต้นไม้ แหล่งน้ำกลางแจ้ง และแหล่งน้ำในร่ม ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยประเมินผลจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย ของ Bioclimatic Chart ขั้นตอนที่ 3 จำลองสภาพอากาศรายชั่วโมง จากฐานข้อมูลกรุงเทพมหานคร ด้วยสถิติ

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย คือ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และการระเหยของน้ำ โดยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จะทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนการระเหยของน้ำจะทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง โดยจาก 8 กรณีศึกษา พบว่าแต่ละบริเวณเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบายโดยเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ บริเวณสระน้ำในร่ม 70.27% บริเวณสนามหญ้าในร่ม 64.86% บริเวณดินในร่ม 59.46% บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง 54.05% บริเวณคอนกรีตในร่ม 54.05% บริเวณดินกลางแจ้ง 48.65% บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง 32.43% และบริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง 16.22% รองลงมาตามลำดับ

จากผลการวิจัยสรุปว่าแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ควรจัดให้สภาพแวดล้อมเย็น จากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (MRT) สิ่งสำคัญในการจัดสภาพแวดล้อม คือ การจัดสภาพแวดล้อมต้องอยู่ในร่มเงา เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อสภาพแวดล้อมเย็นลง จะทำให้อุณหภูมิเย็นลงด้วย และควรใช้การระเหยของน้ำช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมให้เย็นลง และในการจัดสภาพแวดล้อมไม่ควรจัดให้เป็นพื้นที่กลางแจ้งหรือไม่มีร่มเงา เนื่องจาก สภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นที่กลางแจ้ง เช่น ลานดินลานกลางแจ้งและลานคอนกรีต จะทำให้อุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงขึ้น

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา...2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4874134525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : MICROCLIMATE / COMFORT ZONE / LANDSCAPE

NARUMOL SANSENA : THE IMPROVEMENT OF THERMAL COMFORT  
CONDITION USING LANDSCAPE ELEMENTS. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.  
ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.PROF.  
VORASUN BURANAKARN, Ph.D., 151 pp.

At present landscape architects put more emphasis on aesthetic values than the practical application of landscape elements to reduce heat. Thermal energy and materials are crucial considerations in landscape design, and this study aims at providing landscape design guidelines based on factors contributing to comfort condition such as air temperature, humidity, wind velocity, average surrounding surface temperature and solar radiation. The research comprised 3 stages. During the first stage, actual climatic data was gathered in shaded and non-shaded conditions. Data was gathered of temperatures taken at indoor concrete slab, outdoors concrete slab, sunlit grass, shaded grass, sunlit soil, shaded soil, sunlit pond and shaded pond. During the second stage, data was analyzed to assess the number of hours within comfort condition. During the third stage, using statistical processes simulate the hourly climate based on Bangkok Metropolitan database.

The findings show that the most influential factor is following by solar radiation and evaporation. The former are induced air temperature and the later are reduced air temperature that effect to human sensation from environment. The research are studied 8 case studies as follow that shaded pond 70.27%, shaded grass 64.86%, shaded solid 59.46%, sunlit pond 54.05%, shaded concrete slab 54.05%, sunlit solid 48.65% sunlit grass 32.43% and sunlit concrete slab 16.22%.

The conclusion of this research found that creating shading area to environment, using 1 meter depth pond at least and avoiding open area such as sunlit field and sunlit concrete slab are suitable way to designing environmental.

Department of...Architecture ..... Student signature.....  
Field of study ...Architecture .....Thesis advisor's signature.....  
Academic year 2006.....Thesis co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ต้องขอกราบขอบพระคุณขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ ประธานกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีและให้คำปรึกษา ได้ทุกเรื่องทุกปัญหา กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ บุญมากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ คุณเกชา วีระโกเมน ที่ได้กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่ให้ความรู้ และเปิดกรอบความคิดแนวใหม่ ๆ ให้ก้าวสู่ความสำเร็จ ขอขอบคุณ คุณชญาณีน จิตรานุเคราะห์ คุณศฤงคาร พงษ์สุวรรณ คุณเทวฤทธิ์ ลาแสง คุณณัฐภรณ์ วัชรประทีป ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำมา โดยตลอดอย่างไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ให้กำลังใจอย่างเปี่ยมล้นเสมอมา และท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญยิ่งสองท่าน คือ คุณอุทร แสนเสนา คุณอมรรัตน์ แสนเสนา ที่มอบทุนสนับสนุนการศึกษา มอบความรักและกำลังใจอย่างดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย.....	6
2.2 แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เป็นผลให้มนุษย์เกิดความรู้สึกเย็นจนเข้า ใกล้สภาวะน่าสบาย ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น.....	9
2.2.1 Bioclimatic Chart.....	10
2.2.2 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม.....	14
2.3 สภาพแวดล้อม.....	15
2.3.1 สภาพภูมิอากาศ.....	16
2.3.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศของประเทศไทย.....	17
2.4 สภาพภูมิทัศน์กับการปรุงแต่งสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย.....	17
2.4.1 ควบคุมอุณหภูมิ.....	17
2.4.2 ควบคุมกระแสลม.....	20
2.4.3 ควบคุมความชื้น.....	22
2.4.4 สภาพภูมิประเทศ.....	22

	หน้า
2.5 ความแปรผันของอุณหภูมิดิน.....	24
2.6 แหล่งน้ำ (Water Body).....	26
2.7 แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติรอบอาคาร.....	27
2.8 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	33
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	37
3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง.....	37
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล.....	40
4.2 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร.....	94
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	107
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	107
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	116
รายการอ้างอิง.....	117
ภาคผนวก.....	119
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	151



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเ็นลงของมนุษย์.....	9



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	ภาพแสดง ตัวแปรที่มีอิทธิพลของสภาวะน่าสบาย..... 6
ภาพที่ 2.2	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart..... 10
ภาพที่ 2.3	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (2)..... 12
ภาพที่ 2.4	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (3)..... 13
ภาพที่ 2.5	ภาพแสดงการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม..... 14
ภาพที่ 2.6	แสดงลักษณะของความกดอากาศ..... 21
ภาพที่ 2.7	แสดงปริมาณแสงอาทิตย์ที่กระทำกับที่ลาดเอียงในทางทิศใต้และทิศเหนือ..... 23
ภาพที่ 3.2	แสดงเครื่องมือในการเก็บปริมาณรังสีดวงอาทิตย์..... 35
ภาพที่ 3.3	แสดงเครื่องวัดความเร็วลมและทิศทาง..... 36
ภาพที่ 3.4	แสดงเครื่องมือในการเก็บอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์..... 37
ภาพที่ 3.5	แสดงการติดตั้งเครื่องมือในการเก็บอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์..... 38
ภาพที่ 4.1	แสดงสภาพท้องฟ้าวันที่ทำการเก็บข้อมูล..... 40
ภาพที่ 4.2	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณน้ำในร่ม..... 41
ภาพที่ 4.3	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณน้ำกลางแจ้ง..... 41
ภาพที่ 4.4	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสนามหญ้าในร่ม..... 42
ภาพที่ 4.5	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง..... 42
ภาพที่ 4.6	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลดินในร่ม..... 43
ภาพที่ 4.7	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณดินกลางแจ้ง..... 43
ภาพที่ 4.8	แสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณคอนกรีตในร่มและคอนกรีตกลางแจ้ง..... 44
ภาพที่ 4.9	แสดงตำแหน่งสถานที่เก็บข้อมูล..... 45

## สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงการปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้ำในร่มและกลางแจ้ง.....	46
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมที่ระดับ 1.2 เมตรของทุกตำแหน่ง.....	48
แผนภูมิที่ 4.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำในร่ม Globe Temperature.....	50
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำกลางแจ้ง Globe Temperature.....	52
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้าในร่ม Globe Temperature.....	54
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้งกลางแจ้ง Globe Temperature.....	56
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินในร่ม Globe Temperature.....	58
แผนภูมิที่ 4.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินกลางแจ้ง Globe Temperature.....	60
แผนภูมิที่ 4.9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินคอนกรีตในร่ม Globe Temperature.....	62
แผนภูมิที่ 4.10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินคอนกรีตกลางแจ้ง Globe Temperature.....	64
แผนภูมิที่ 4.11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ .....	66
แผนภูมิที่ 4.12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ .....	68
แผนภูมิที่ 4.13	แสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ .....	70
แผนภูมิที่ 4.14	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT บริเวณสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ .....	72
แผนภูมิที่ 4.15	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าในร่ม เมื่อมีอิทธิพลของกระแสลม.....	74
แผนภูมิที่ 4.16	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าในร่ม.....	75
แผนภูมิที่ 4.17	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง.....	76
แผนภูมิที่ 4.18	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง เมื่อมีอิทธิพลของกระแสลม.....	77
แผนภูมิที่ 4.19	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง.....	77
แผนภูมิที่ 4.20	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง.....	78



	หน้า
แผนภูมิที่ 4.36	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง เมื่อมีอิทธิพลกระแสลม..... 88
แผนภูมิที่ 4.37	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง..... 89
แผนภูมิที่ 4.38	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 92
แผนภูมิที่ 4.39	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 93
แผนภูมิที่ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 109
แผนภูมิที่ 5.2	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 110
แผนภูมิที่ 5.3	แสดงการคำนวณชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบาย..... 111
แผนภูมิที่ 5.4	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 112
แผนภูมิที่ 5.5	แสดงการเปรียบเทียบDegree Hours..... 113
แผนภูมิที่ 5.6	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 114
แผนภูมิที่ 5.7	แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย..... 115
แผนภูมิที่ 5.8	แสดงการเปรียบเทียบDegree Hours..... 115

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ของประเทศไทยนั้นมีหลายวิธีด้วยกันได้แก่ การใช้ความเร็วของกระแสลม การใช้ต้นไม้ การใช้ความเย็นจากดิน เป็นต้น แต่ปัจจุบันการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารถือว่าเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีความนิยมมากที่สุด เพราะสามารถทำให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้อย่างรวดเร็วและสามารถควบคุมระดับความสบายได้ แต่วิธีนี้เป็นเพียงการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ นอกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูงแล้วยังเป็นการสร้างปัญหาการใช้ต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวด้วย ถ้าเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ้านเครื่องปรับอากาศมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 50 % ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ประกอบกับสภาพปัจจุบัน เกิดสภาวะการเจริญเติบโตของเมืองและสภาวะอากาศโลกมีแนวโน้มที่อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารมีความต้องการเครื่องปรับอากาศมากขึ้น ทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามมาด้วยเช่นกัน

ประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่หลากหลาย ในหลายพื้นที่ เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคเหนือ มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากในช่วงเวลาหนึ่งวัน คือ ช่วงเวลากลางคืนมีอากาศหนาว ส่วนกลางวันมีอากาศร้อนจัด ในขณะที่สภาวะน่าสบายของมนุษย์มีขอบเขตอยู่ที่ประมาณ 22-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 20-75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกโดยทั่วไปของประเทศอยู่ที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิอากาศที่บริเวณใต้ต้นไม้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส(สุนทร บุญญาริกการ, 2542) ซึ่งต่างกันถึง 3 องศาเซลเซียส เท่ากับว่าอุณหภูมิรอบอาคารต่ำลงจึงช่วยลดภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้ ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดพลังงานและยืดอายุเครื่องปรับอากาศทางหนึ่ง

แนวทางการลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร(Micro Climate)ที่สามารถทำได้โดยการใช้วิธีทางธรรมชาติมีหลายวิธี แนวทางหนึ่งคือการลดอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature หรือ MRT ) ให้อุณหภูมิมพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมีผลให้ความรู้สึกเสมือนว่าเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส(สุนทร, 2542) เมื่อMRTบริเวณนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส การลดอิทธิพลของความร้อนจากภายนอกอาคารโดยการใช้การเก็บสะสมความเย็นของอากาศในช่วงเข้ามีดจากสภาพแวดล้อมไว้ในดินและแหล่งน้ำหรือการใช้ความเย็นที่เกิดจากผิวน้ำที่เกิดจากการระเหยของน้ำ(Evaporation)ในการลดอุณหภูมิภายนอกด้วย

การใช้เนินดิน และแหล่งน้ำ สามารถช่วยปรับสภาพอากาศภายนอกอาคารบริเวณที่อยู่ภายใต้การจัดรูปแบบเนินดินประกอบกับการใช้ต้นไม้ แหล่งน้ำ การใช้ความเร็วลม เป็นต้น ให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศได้(ชวัญชัย, 2548) ในวิทยานิพนธ์ เรื่องการสร้างสภาวะน่าสบายโดยใช้ประโยชน์จากดินและน้ำ มีจุดประสงค์ที่จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของการใช้ดินและสระน้ำรูปแบบต่างๆ ในเชิงของตัวเลขทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงให้น้อยที่สุด และใช้ประกอบการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายที่เกิดจากสภาพแวดล้อมโดยการใช้ดินและสระน้ำ

1.2.2 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายโดยการใช้ดินและสระน้ำ

1.2.3 เพื่อประยุกต์ใช้และเสนอรูปแบบที่เหมาะสมของการใช้ดินและสระน้ำเป็นองค์ประกอบในการออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อขยายขอบเขตสภาวะน่าสบาย

## 1.3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 ทำการศึกษาสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารที่เกิดจากการใช้ดินทั้งที่มีพืชคลุมดินและไม่มีพืชคลุมดิน และสระน้ำ เปรียบเทียบกับค่าสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารที่ไม่ใช้ดินและสระน้ำ โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวดิน อุณหภูมิผิวน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ความเร็วลม และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

1.3.2 ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างสภาพอากาศที่ไม่มีการใช้ดินและสระน้ำกับสภาพอากาศที่มีการใช้ดินและสระน้ำในการเก็บความเย็น

1.3.3 ทำการศึกษารูปแบบของดินและสระน้ำที่เพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบายต่อสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารโดยใช้ดินและสระน้ำเป็นองค์ประกอบ

## 1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

1.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางการวิจัยเป็นการใช้งานตามสภาพที่มีอยู่และจัดหาได้ในเวลาที่กำหนด ทำให้การเก็บข้อมูลเป็นการบันทึกผลเพียงช่วงเวลาหนึ่ง

1.4.2 ผลจากการเก็บข้อมูลอาจมีตัวแปรอื่นที่อยู่นอกเหนือจากการวิจัยที่มีผลต่อการเก็บข้อมูลนี้ แต่ไม่นำมาพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

1.4.3 การศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่งของเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 หลังจากนั้นจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาคำนวณในช่วงเวลาอื่น และใช้การประเมินผลจากสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีการบันทึกอยู่ในปัจจุบัน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ ที่เกิดจากการใช้ดินและสระน้ำ

1.5.2 ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเข้าสู่สภาวะน่าสบายโดยการใช้ดินและสระน้ำ

1.5.3 สามารถกำหนดรูปแบบและขนาดที่เหมาะสมของการใช้ดินและสระน้ำในการออกแบบผังบริเวณหรือการจัดภูมิทัศน์ ให้เพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบาย เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานในอาคาร

## 1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาถึงคุณสมบัติของดินและน้ำนั้นมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ในแง่ของมวลสาร ค่าความจุความร้อนที่แตกต่างกัน การวัดและบันทึกผลในการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยในเชิงทดลอง(Experimental Research) ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลบนพื้นฐานของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่1 การศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

ขั้นที่3 การทดลองและเก็บข้อมูล

ขั้นที่4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นที่5 การหารูปแบบและแนวทางประยุกต์ใช้



### 1.6.1 การศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนนี้เป็นกรรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการยืนยันและสนับสนุนการวิจัย เพื่อสามารถนำมาสรุปหาปัจจัยที่มีผลในการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ

- อุณหภูมิอากาศ
- ความชื้นสัมพัทธ์
- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ
- ความเร็วลม
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

### 1.6.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าได้มาตรฐานเดียวกันทั้งหมดด้วยวิธีการ Calibrate โดยการทดสอบความสามารถในการวัดค่าอุณหภูมิ ต่ำสุดและสูงสุด ในการ Calibrate นี้เริ่มวัดค่าที่ 5-60 องศาเซลเซียส และปรับให้มีการอ่านค่าได้เท่าเทียมกันโดยใช้สมการ Regression จึงจะสามารถนำไปใช้งานได้เพื่อให้ข้อมูลที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ

### 1.6.3 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

โดยสถานที่เก็บข้อมูล คือ บริเวณสนามและสระน้ำหน้าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ดินมีพืชคลุมดินและไม่มีพืชคลุมดินทั้งมีร่มเงาตลอดเวลาและไม่มีร่มเงา

กลุ่มที่ 2 สระน้ำ ทั้งมีร่มเงาตลอดเวลาและไม่มีร่มเงา

กลุ่มที่ 1 ดินที่มีพืชคลุมดินและไม่มีพืชคลุมดิน

จุดประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับกรทดลองกลุ่มที่ 2

- โดยเก็บอุณหภูมิผิว และสูงจากพื้นผิว 1.20 เมตร

- เก็บข้อมูลความเร็วลม
- เก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวโดยรอบบริเวณ
- ความชื้นสัมพัทธ์
- และปริมาณแสงแดด
- ทำการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมง
- ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที

## กลุ่มที่ 2 สระน้ำ

แบ่งเป็น 2 แบบ คือ มีร่มเงาและไม่มีร่มเงา

จุดประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากสระน้ำแต่ละขนาดมาเปรียบเทียบกัน

- โดยเก็บอุณหภูมิผิวน้ำ และอุณหภูมิอากาศเหนือผิวน้ำ 1.20 เมตร
- เก็บข้อมูลความเร็วลม
- เก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวโดยรอบบริเวณ
- ความชื้นสัมพัทธ์
- และปริมาณแสงแดด
- ทำการเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมง

### 1.6.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

รวบรวมผลการทดลอง นำมาเรียบเรียง วิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลการทดลองในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- สรุปและเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวแต่ละชนิดทั้งกลางแจ้งและในร่ม ในรูปแบบของแผนภูมิ(Bioclimatic Chart)
- สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบการปรับสภาพแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ส่งผลต่อการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร

### 1.6.5 การหารูปแบบและแนวทางประยุกต์ใช้

นำเสนอรูปแบบการปรับสภาพแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดที่ส่งผลต่อการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ที่มีประสิทธิภาพ

สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย

##### 2.1.1 สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ

จากการศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์พบว่า มีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนเราในสภาวะที่ร่างกายปกติอยู่ 6 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม 4 ปัจจัย และปัจจัยทางด้านตัวบุคคล 2 ปัจจัย (Fanger, 1976)

##### 2.1.1.1 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม คือ

- อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
- ความเร็วลม (Wind Speed)

##### 2.1.1.2 ปัจจัยทางด้านบุคคล

- เสื้อผ้า (Clo Value)
- อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism)



ภาพที่ 2.1 แสดงตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย

(สุนทร บุญญาริการ, 2542: 2)

### 2.1.1.1 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

#### อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)

เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกถึงสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) โดยช่วงอุณหภูมิอากาศที่มนุษย์รู้สึกสบาย อยู่ที่ประมาณ 22-27 องศาเซลเซียส ถ้าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้ จำเป็นต้องปรับให้อยู่ในช่วงความสบายนี้

#### อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)

อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ หรือ MRT เป็นการวัดค่าเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT นั้นสามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆของสภาพแวดล้อม และตำแหน่งที่วัด MRT นั้นโดยใช้มุมกระทำ (Solid Angel) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ย

MRT มีอิทธิพลต่อ สภาวะน่าสบายถึง 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายได้ว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1.4 องศาเซลเซียส และ MRT ลดลง 1 องศาเซลเซียส ความรู้สึกร้อนหนาวยังคงไม่รู้สึกถึงความเปลี่ยนแปลง และในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส แต่ MRT สูงถึง 32 องศาเซลเซียส จะเกิดการแผ่รังสีทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในรู้สึกร้อนกว่า 26 องศาเซลเซียส

#### การคำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)

- การคำนวณ MRT จากอุณหภูมิและอุณหภูมิ Globe ซึ่งการคำนวณจากเครื่องมือ Globe Temperature เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดชนิดหนึ่ง โดย MRT ที่ได้จาก Globe Thermometer

จะต้องนำมาคำนวณหา MRT โดยต้องอาศัยปัจจัยอีก 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิอากาศ และ ความเร็วลม โดยที่สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + ((1.10 \times 10^8 V_a^{0.6}) / (\epsilon \times D^{0.4}) \times (t_g - t_a))]^{1/4} - 273 \dots \dots \dots (1)$$

โดยที่  $t_r$  = อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_g$  = อุณหภูมิของGlobe Thermometer ( $^{\circ}\text{C}$ )

$V_a$  = ความเร็วลม (m/s)

$t_a$  = อุณหภูมิอากาศ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของ Globe Thermometer (m)

$\epsilon$  = ค่า emissivity (0.95 ในกรณีวัสดุGlobe Thermometer เป็นสีดำ)

(ASHRAE, 2001)

### ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือสัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถความชื้นได้ได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำในสภาวะนำสบายของเขตอากาศแบบร้อนชื้นนี้ ความชื้นจะมีความสำคัญต่ออัตราการระเหยของเหงื่อเพราะเนื่องจากถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ในปริมาณที่สูง หมายความว่าอากาศไม่สามารถรับปริมาณความชื้นหรือเหงื่อที่ระเหย โดยการนำความร้อนออกมาจากรูขุมขนได้อีก ทำให้มนุษย์รู้สึกอึดอัดไม่สบายตัว ถ้าอากาศมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยนั้นหมายความว่า อัตราการการรับไอน้ำในอากาศมีมากจึงเป็นผลให้เหงื่อระเหยได้เร็วมนุษย์จึงรู้สึกสบายตัว

### ความเร็วลม (Wind Speed)

ลมเป็นปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มขอบเขตของความสบาย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมพัดผ่านผิวหนังมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนออกไปจากร่างกาย โดยการเพิ่มอัตราการระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดี ดังนั้นความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ หากความเร็วลมน้อยเกินไปก็ไม่ได้ช่วยในการระเหยของเหงื่อ ลมแรงเกินไปจะทำให้เกิดความรำคาญรบกวนการทำงาน

## 2.1.1.2 ปัจจัยทางด้านบุคคล

### อัตราการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism)

ร่างกายของมนุษย์ จะผลิตความร้อนออกมาตลอดและต่อเนื่อง ในกิจกรรมประจำวันของ มนุษย์ เช่น การนอน การเดิน การวิ่ง หรือการออกกำลังกาย ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์นั้น ได้มาจากการย่อยอาหาร เครื่องดื่ม ที่เราได้รับประทานเข้าไป ขบวนการในการเปลี่ยนแปลงสารอาหาร ที่บริโภคเข้าไปให้เป็นพลังงานในร่างกาย

อัตราความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมานั้น ขึ้นกับลักษณะของกิจกรรมของร่างกายและชนิดของอาหารที่รับประทานเข้าไป และบางส่วนขึ้นอยู่กับสถานที่ของมนุษย์อยู่ ความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมามีหน่วยวัดเป็น Metabolic หรือ หน่วย Met ซึ่ง 1 Met จะเท่ากับ  $58.2 \text{ w/m}^2$  หรือ  $18.4 \text{ Btu/h.ft}^2$  ในลักษณะที่คนเรานั่งพักผ่อน พลังงานที่ผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไปประมาณ  $117 \text{ W}$  หรือ  $400 \text{ Btu/h}$

### เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo Value)

เสื้อผ้าที่สวมใส่ทำหน้าที่เหมือนฉนวน และมีผลอย่างมากในการป้องกันความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่ออกมาจากร่างกาย กับสภาพแวดล้อมภายนอก ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวรอบตัวสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าหนาหรือหลายชั้นเหมือนเมืองหนาวจะรู้สึกร้อน เนื่องจากเสื้อผ้าเป็นตัวที่ป้องกันการระเหยของเหงื่อออกจากร่างกาย เมื่อร้อน

การสวมเสื้อผ้าที่เบาบางนั้นเหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเพราะจะทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อดีขึ้นเมื่อเทียบกับเสื้อผ้าที่มีความหนาและจำนวนชั้นหลายชั้น

## 2.2 แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เป็นผลให้มนุษย์เกิดความรู้สึกเย็นจนเข้าใกล้สภาน่าสบาย ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น

แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยมีดังนี้

การเพิ่มความเร็วลม ความเร็วลมที่เหมาะสมและเพียงพอ จะมีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยเดียว พบว่า ทุก 1 km/h ของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส หรือสามารถคำนวณได้จากสูตร (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

$$\text{ความรู้สึกเย็นลง } (^{\circ}\text{C}) = 0.381 V + 0.016 \text{ RH} \dots \dots \dots (2)$$

โดยที่

V = ความเร็วลม (km/h)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

ซึ่งสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของตาราง ดังนี้

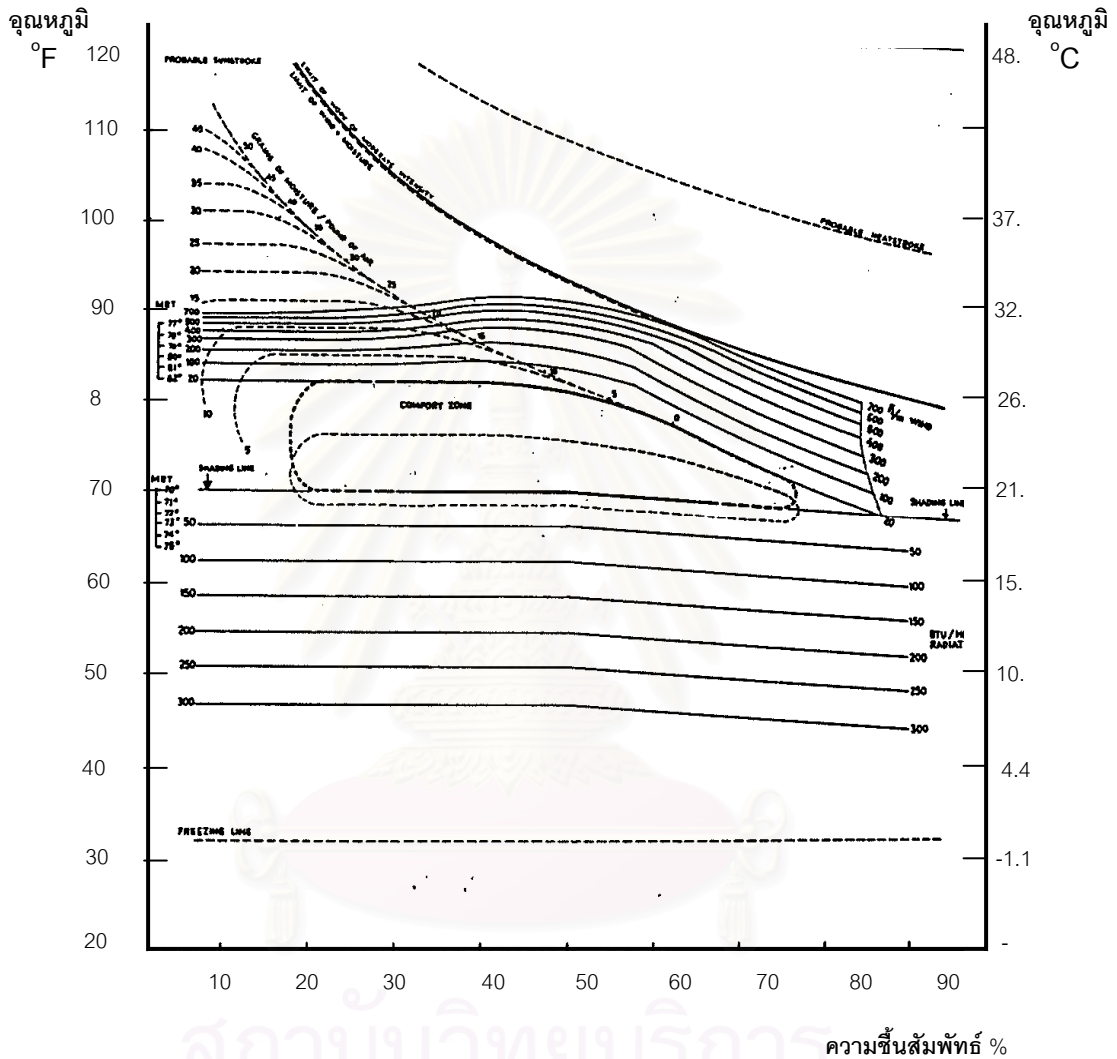
ความเร็วลม	ความรู้สึกเสมือนเย็นลง	ผลกระทบต่อความรู้สึก
0-50 fpm (0-0.25 m/s)	ไม่รู้สึก	ไม่รู้สึกว่ามีความแตกต่าง
50-100 fpm (0.25-0.51 m/s)	2-3 °F (1.1-1.7 °C)	สบาย
100-200 fpm (0.51- 1.02 m/s)	4-5 °F (2.2-2.8 °C)	สบายแต่เริ่มรู้สึกถึงกระแสลม
200-300 fpm (1.02-1.52 m/s)	5-7 °F (2.8-3.9 °C)	เริ่มรู้สึกว่าถูกรบกวน
300 fpm ขึ้นไป (1.52 m/s)	มากกว่า 5-7 °F (3.9 °C ขึ้นไป)	รู้สึกถูกรบกวนต้องการการแก้ไข

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงของมนุษย์ในระดับความเร็วลมต่าง ๆ

จากตารางทำให้ทราบว่าความเร็วลมที่เพิ่มมากขึ้นก็สามารถทำให้ความรู้สึกเย็นลงของมนุษย์มากขึ้น แต่เมื่อความเร็วลมแรงมากเกินไปมนุษย์จะรู้สึกถูกรบกวน

การที่มีอุณหภูมิที่ผิวเฉลี่ยของพื้นผิว (Mean Radiant Temperature) แตกต่างไปจากอุณหภูมิอากาศปกติ โดยที่ 1 องศาของ MRT จะมีค่าเท่ากับ 1.4 องศาของอุณหภูมิอากาศ เช่น ถ้าอุณหภูมิที่ผิวเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบตัวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะมีความรู้สึกเสมือนว่ารู้สึกเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส เป็นต้น

การระเหยของน้ำ (Evaporative) การระเหยของน้ำซึ่งเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ ต้องใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะ โดยที่การระเหยของน้ำ 1 ปอนด์ ต้องใช้ความร้อน 1,000 Btu (ASHRAE, 2001) เป็นผลที่ทำให้อากาศโดยรอบเย็นลงกว่าปกติ แต่จะเย็นลงมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของไอน้ำที่ระเหยไป



ภาพที่ 2.2 ภาพแสดง Bioclimatic Chart

(Olgay, 1973: 22)

### 2.2.1 Bioclimatic Chart

เป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย โดยที่มีทั้งหมด 7 ปัจจัยคือ

- อุณหภูมิอากาศระเปาะแห้ง (Dry bulb Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- ความเร็วลม (Wind Speed)

- ความดันไอ (Vapor Pressure)
- ปริมาณไอน้ำในอากาศ (Grain of Moisture)
- รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

โดยที่ตรงกลางของแผนภูมิได้แสดงถึงขอบเขตสภาวะที่น่าสบาย อยู่ที่ช่วงอุณหภูมิ 70-80 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 21-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 20-75 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันสภาพแวดล้อมได้ถูกนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ยซึ่งสามารถนำไปแก้ไขสภาพอากาศที่อยู่นอกขอบเขตสบาย ให้ผู้ที่อยู่อาศัยในขอบเขตนั้นรู้สึกสบาย

Bioclimatic Chart สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้งกับความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่แกนนอนเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ และแกนตั้งเป็นค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ในช่วงกลางของแผนภูมิสามารถเห็นช่วงสภาวะที่น่าสบายในฤดูร้อน โดยถูกแบ่งออกเป็นสบายและพอใช้ ในสภาวะที่น่าสบายของฤดูหนาว จะอยู่ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ส่วนสภาพอากาศอื่นๆสามารถถูกกำหนดลงในแผนภูมิ ถ้าค่าตกอยู่ในเขตสบายมนุษย์จะมีความรู้สึกสบาย ถ้าค่าตกอยู่นอกขอบเขตสภาวะที่น่าสบายจำเป็นต้องมีการแก้ไข

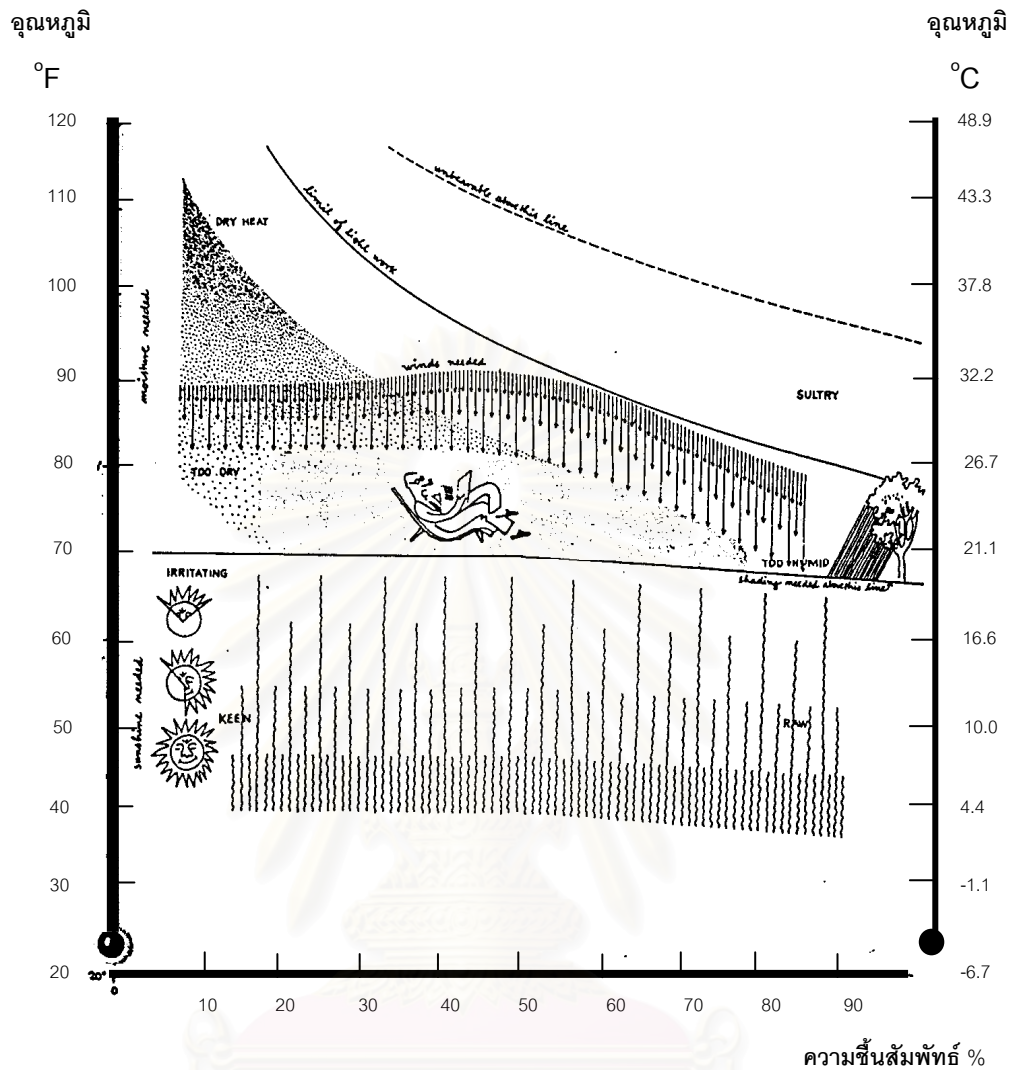
ถ้าค่าตกอยู่สูงกว่าเขตสภาวะที่น่าสบาย แสดงว่าต้องการกระแสลมซึ่งค่าความเร็วที่เหมาะสมสามารถดูได้จากเส้นที่ขนานเส้นบนสุดของขอบเขตสภาวะที่น่าสบาย ซึ่งบอกเป็นหน่วยฟุตต่อนาที (fpm)

ถ้าอุณหภูมิสูงและค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มนุษย์จะรู้สึกแห้งและร้อนซึ่งกระแสลมจะช่วยได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นเพราะเนื่องจากลมที่พัดมาเป็นอากาศที่แห้งและร้อน ในเงื่อนไขนี้การแก้ไขจึงใช้การระเหย (Evaporative cooling) ดูได้จากเส้นประที่บ่งบอกถึงปริมาณความชื้นในอากาศที่ช่วยลดอุณหภูมิที่สูงได้ซึ่งเปรียบเสมือนการสเปรย์น้ำในอากาศ

ช่วงฤดูร้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่มีความจำเป็นต่อการสร้างสภาวะที่น่าสบาย แต่ในฤดูหนาวรังสีจากดวงอาทิตย์มีความจำเป็นต่อสภาวะที่น่าสบาย เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้อบอุ่น

ส่วนทางด้านซ้ายของแผนภูมิเป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิของผิวโดยรอบซึ่งมีผลทั้งทางด้านการเพิ่มความชื้นให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลงได้





ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart

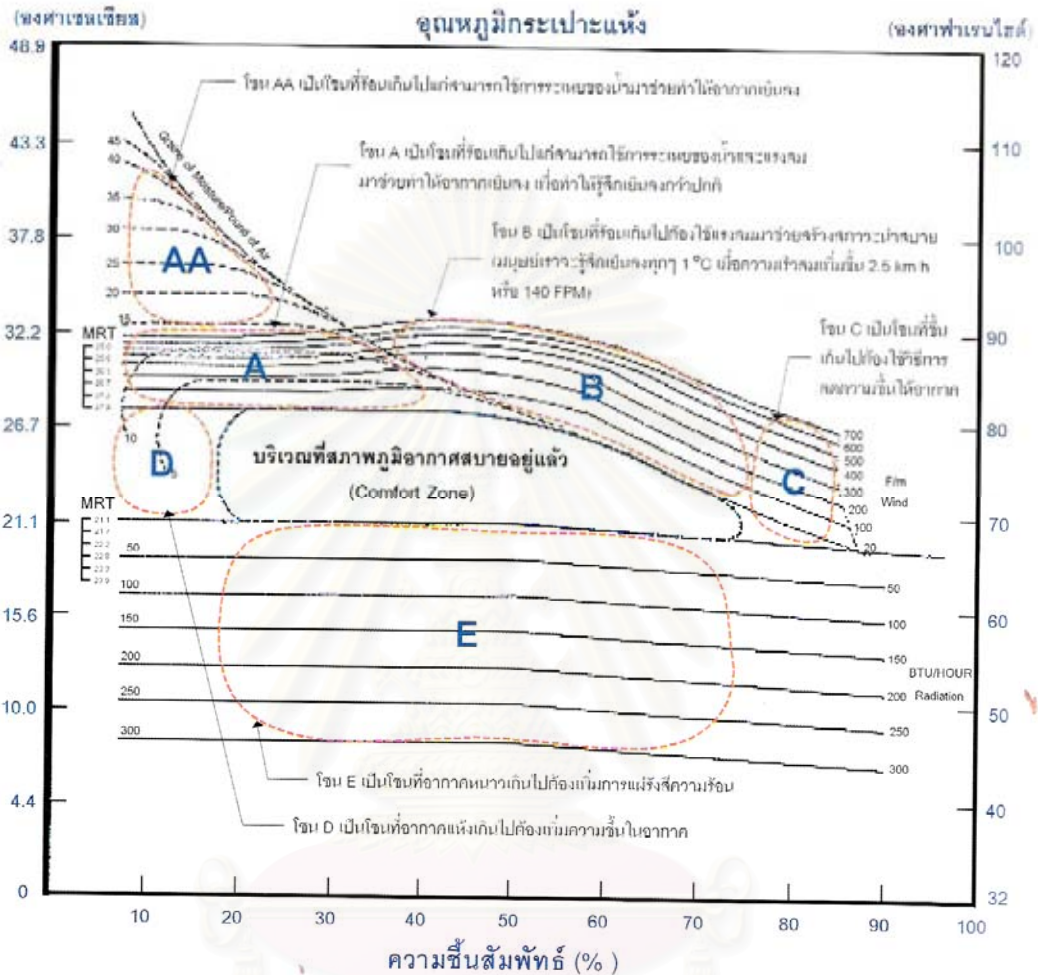
(Olgay, 1973: 23)

เทคนิคการออกแบบสถาปัตยกรรมด้วยวิธีประยุกต์ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิไบโอไคลเมติก

(Bioclimatic chart) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) โดยปรับปรุงจาก Victor Olgay

เทคนิคการออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมโดยใช้ปัจจัยธรรมชาติ ทำได้โดยการวิเคราะห์ถึงสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่ตั้งเปรียบเทียบกับแผนภูมิไบโอไคลเมติกและประยุกต์เอาข้อมูลที่ได้มาเป็นเทคนิคในการออกแบบ โดยสภาพอากาศเมืองไทยส่วนใหญ่ค่อนข้างร้อนและมีความชื้นมากเกินไป โดยจัดให้อยู่ในโซน B และโซน C ซึ่งในกรณีนี้จะต้องใช้อิทธิพลของความเร็วลมและอิทธิพลของพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือนำมาเป็นปัจจัยในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมอื่น เช่น ปรับแต่งสภาพแวดล้อมบริเวณผิวดิน ให้มีลมพัดผ่านผิวดินและ

หญ้าที่เปียก ให้เกิดการระเหยของน้ำ เป็นผลให้ผิวหนังมีอุณหภูมิเย็นลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิ กระเปาะเปียก เกิดการเหนียวนำความเย็นไปทั่วบริเวณนั้น



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart

(สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 39)

ภาพแสดงเขตสบายและเทคนิคการปรับแต่งสภาพอากาศนอกเขตสบายในแต่ละโซน โซน A, B, C, D และ E เป็นบริเวณที่อยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย โดยที่โซน A, AA และ B มีสภาพอากาศร้อนเกินไป โซน C ขึ้นเกินไป โซน D แห้งเกินไป และโซน E หนาวเกินไป ในแต่ละโซนสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างสภาวะน่าสบายให้เกิดขึ้นได้ดังนี้

โซน A ใช้การระเหยของน้ำ ความเร็วลม หรือใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ

โซน AA ใช้การระเหยของน้ำ

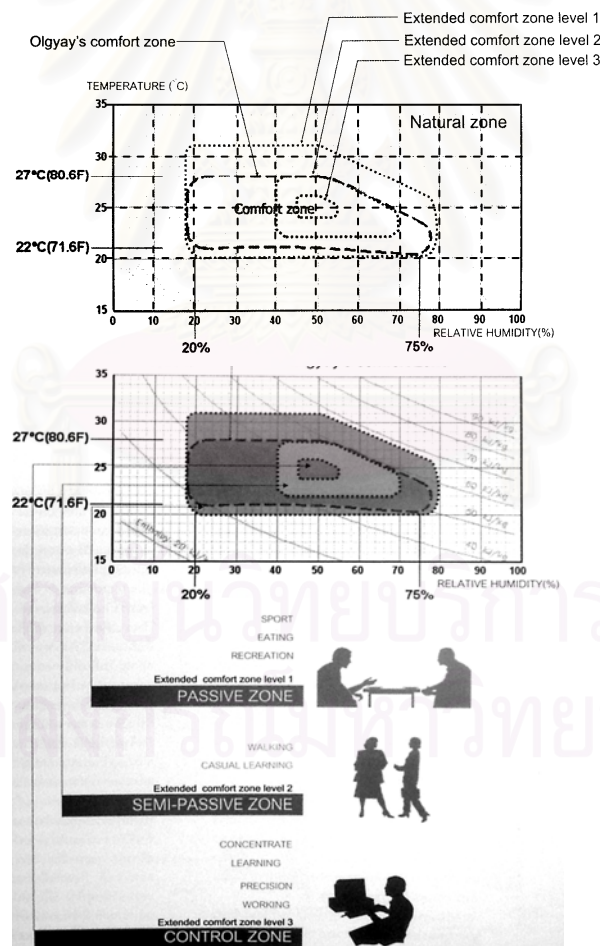
โซน A, B, C ใช้ความเร็วลม หรือใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ

โซน D ใช้การเพิ่มความชื้น

โซน E ใช้การแผ่รังสีความร้อน หรือใช้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ

## 2.2.2 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม

การจัดกลุ่มพื้นที่สำหรับกิจกรรมบางประเภทไม่มีความจำเป็นต้องการสภาวะน่าสบายจนต้องใช้กระบวนการควบคุมสภาพอากาศให้มีความคงที่และสม่ำเสมอ เช่น การนั่งเล่น การอ่านหนังสือจำพวกนิตยสารที่ไม่จำเป็นต้องใช้สมาธิมาก กิจกรรมนันทนาการ เป็นต้น กิจกรรมที่กล่าวมานี้สามารถทำได้แม้ว่าสภาพอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลง ไม่คงที่เช่นด้วยการอยู่ในห้องปรับอากาศ จึงทำให้เสมือนว่าสามารถขยายเขตน่าสบายออกจากขอบเขตเดิมที่ Olgay กำหนดไว้ (สุนทร, 2545) ในเบื้องต้นจะสามารถขยายเขตสบายขึ้นได้อีก 3 องศาเซลเซียส และเมื่อผสมกับกระแสลมภายในบริเวณนั้นจะช่วยให้เกิดเสมือนเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้มากขึ้น



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม

(สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 65)

จากการวิจัยการออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร ของ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ ได้ทำการแบ่งกลุ่มระดับความสบายเป็น 4 ระดับดังนี้

1. เขตสบายระดับธรรมชาติ หรือสภาพแวดล้อมภายนอก (Natural Level) เป็นสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปที่สภาพอากาศมีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ใน Bioclimatic chart จะเป็นบริเวณที่อยู่นอกเขตสบาย
2. เขตสบายระดับที่ 1 (Extended Comfort Zone Level 1) เป็นลักษณะของสภาพอากาศภายนอกอาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เหมาะกับกิจกรรมทั่วไปที่ไม่ต้องใช้สมาธิมาก เช่น การเล่นกีฬา กิจกรรมนันทนาการ ในกรณีศึกษาเรียกพื้นที่นี้ว่า พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive Zone)
3. เขตสบายระดับที่ 2 (Extended Comfort Zone Level 2) เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมน้อยกว่าเขตน่าสบายระดับที่ 1 เหมาะกับกิจกรรมที่มีการใช้สมาธิมากขึ้น เช่นการอ่านหนังสือประเภทนิตยสาร เป็นต้น ในกรณีศึกษาพื้นที่ลักษณะนี้เรียกว่า พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-passive Zone)
4. เขตสบายระดับที่ 3 (Extended Comfort Zone Level 3) เป็นสภาพแวดล้อมที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้สมาธิมาก เช่น การเรียน การตัดสินใจในงานต่างๆ การทำงาน เป็นต้น ในกรณีศึกษาพื้นที่ลักษณะนี้เรียกว่า พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control Zone)

### 2.3 สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อม หมายถึง สภาพภายนอกร่างกายที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ สัตว์ พืช มนุษย์สามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กันทั้งภายนอกและภายในร่างกาย ให้แก่คนทั่วไปได้นอกเหนือจากที่ธรรมชาติสร้างโดยอาคารและสภาพแวดล้อมขึ้นมาใหม่ การสร้างสรรค์นี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลัก ๆ 2 ประการ คือ

1. สภาพแวดล้อมทางด้านจิตใจ ขึ้นอยู่กับขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมตามถิ่นฐานต่างกันไป
2. สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับทางร่างกาย ได้แก่ สภาพทางภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา ภูมิอากาศ ที่ว่าง เสียง

สถาปัตยกรรม เป็นสถานที่เราต้องเกี่ยวข้องในการพักอาศัย เป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่มนุษย์ทุกคนต้องการและจำเป็นต้องมี เพื่อป้องกันภัยจากสภาพแวดล้อมภายนอก สร้างความเป็น

ส่วนตัว รูปแบบของงานสถาปัตยกรรมจะถูกกำหนดได้โดยหลายปัจจัย หนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญคือสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ประกอบด้วย

- สภาพภูมิศาสตร์
- สภาพทางธรณีวิทยา
- ภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร
- สภาพข้างเคียงโดยรอบบริเวณอาคาร

การสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี จะทำให้อุบัติภัยมีความสุขสบายโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ทำให้มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตดี

### 2.3.1 สภาพภูมิอากาศ

สภาพแวดล้อมภูมิอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามสภาพภูมิประเทศ

#### Macro Climate

คือ สภาพอากาศที่อยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่กว้างใหญ่ หรือพื้นที่ที่มีขนาดหลายร้อยกิโลเมตร โดยการปรับสภาพอากาศของพื้นที่ที่ขนาดใหญ่สามารถทำได้ดังนี้

- ควบคุม, สกัดกั้นและเปลี่ยนทิศทางของมวลอากาศ
- พื้นที่ขนาดใหญ่เป็นผลให้เกิดเงาฝนในหลายพื้นที่
- อุณหภูมิจะลดลงเมื่อระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้น
- อากาศเย็นจะไหลลงในบริเวณที่ราบต่ำและทรงตัวอยู่ในบริเวณหุบเขา
- ทิศทางและปริมาณลมตามหุบเขาแปรผันไปตลอดวัน โดยลมจะพัดขึ้นเนินเขาในเวลากลางวัน และพัดลงจากเนินเขาในเวลากลางคืน

#### Micro Climate

คือ สภาพอากาศที่อยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ตั้งของงานสถาปัตยกรรม เป็นพื้นที่ที่มีขอบเขตจำกัดและชัดเจน การปรับสภาพอากาศของพื้นที่ขนาดเล็กสามารถทำได้ดังนี้

- การปรับสภาพพื้นผิว (Topographical) เพื่อให้ได้รับแสงธรรมชาติในปริมาณที่เหมาะสม
- การใช้พืชพันธุ์ยืนต้น (Vegetation) เพื่อควบคุมสภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม
- การใช้พืชคลุมดิน (Ground Covering) เพื่อลดอุณหภูมิพื้นผิวที่พืชปกคลุม
- การใช้ความเร็วลม (Wind Speed) เพื่อนำอากาศเย็นเข้ามาแทนที่อากาศร้อน

- การใช้แหล่งน้ำ (Water Body) โดยอาศัยความเย็นจากผิวน้ำที่เกิดขึ้น โดยการระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation)

### 2.3.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Hot Humid Climate) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปีค่อนข้างสูง โดยที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยร้อนประมาณ 28-38 องศาเซลเซียส มีฝนตกชุก เป็นผลทำให้ปริมาณความชื้นที่สูง มีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงของวันและในฤดูกาลไม่มาก อากาศในฤดูหนาวลดต่ำลงไม่มาก มีลมมรสุมพัดผ่าน 2 ช่วง คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงนี้อากาศจะค่อนข้างเย็นและแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศน้อย และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามัน มหาสมุทรอินเดีย พัดเอาเมฆฝนเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้มีฝนตกทั่วไปในทุกภาคของประเทศ อากาศในช่วงนี้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนี้มีกระแสลมที่พัดจากทะเลจีนใต้เข้ามาทางอ่าวไทยทางด้านทิศใต้กับทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยเกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนซึ่งก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน คือ ท้องฟ้า อุณหภูมิ ความชื้น น้ำฝน ลม และองค์ประกอบทางธรรมชาติที่มีผลต่อภูมิอากาศส่วนย่อย คือ ลักษณะภูมิประเทศ บริเวณผิวน้ำ พืชพันธุ์ไม้ และสิ่งก่อสร้าง (กาญจนา สิริภัทรวิช, 2541)

## 2.4 สภาพภูมิทัศน์กับการปรุงแต่งสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย

สภาพภูมิทัศน์มีความสำคัญสามารถปรุงแต่งสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประการ ดังนี้

- 2.4.1 ควบคุมอุณหภูมิ
- 2.4.2 ควบคุมกระแสลม
- 2.4.3 ควบคุมความชื้น
- 2.4.4 สภาพภูมิประเทศ

### 2.4.1 ควบคุมอุณหภูมิ

จากการศึกษาพบว่าต้นไม้และพืชคลุมดิน สามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงอากาศร้อนจัดได้ 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวหน้าคลุมดินในวันที่ร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดิน 5-8 องศาเซลเซียส การปรับเพิ่มหรือลดอุณหภูมิสามารถกระทำได้ โดยการปรับทั้งสภาพของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนและสภาพของต้นไม้ด้วย ได้แก่ ปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

- 2.4.1.1 การดูดซึม (Absorption)
- 2.4.1.2 การสะท้อน (Reflection)

### 2.4.1.3 การแผ่รังสี (Radiation)

### 2.4.1.4 การส่งผ่าน (Transmission)

#### 2.4.1.1 การดูดซึม (Absorption)

ใบไม้มีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมแสงแดดเพื่อการสร้างอาหาร โดยการดูดซึมประมาณร้อยละ 25 ของปริมาณการดูดซึมการส่องแสงทั้งหมดในบริเวณป่าไม้ที่บอบ ซึ่งนับได้ว่าจะมีค่าเท่ากับประมาณร้อยละ 75-90 ของยอดรวมทั้งหมดในการส่องแสง โดยทั้งนี้ก็จะเกิดขึ้นจากการดูดซึมบางส่วนจะถูกดูดกลืนไปโดยมวลสารในบริเวณช่องว่างระหว่างใบ ระหว่างกิ่งก้านสาขาและลำต้น จะเห็นได้ว่าส่วนต่างๆ ของต้นไม้บริเวณป่าไม้ จะมีส่วนร่วมในการลดและรักษาระดับอุณหภูมิโดยทั่วไปให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าในบริเวณที่ปราศจากต้นไม้

ใบไม้จึงมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบเสมอ ต้นไม้มีการดูดซึมแสงแดดและคายความร้อนอย่างช้าๆ จึงทำให้อุณหภูมิสามารถลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น คอนกรีต เป็นต้น มักมีคุณสมบัติดูดซึมความร้อนได้ปริมาณมากและใช้เวลารวดเร็ว ในทางตรงกันข้ามต้นไม้สามารถดูดซึมแสงแดดได้เป็นจำนวนมากในช่วงเวลากลางวัน และคายความร้อนอย่างช้าๆ ในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิในรอบ 1 วัน จากจุดที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดถึงจุดที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด มีช่วงที่ลดลงได้อย่างเป็นปกติและความร้อนที่ลดลง ไม่ใช่จะเกิดขึ้นในบริเวณที่วัสดุพืชพันธุ์ที่ให้ร่มเงาเท่านั้น แต่ยังคงลดอุณหภูมิบริเวณข้างเคียงด้วย

#### 2.4.1.2 การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนแสงของใบไม้เป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งช่วยลดอุณหภูมิแก่บริเวณโดยรอบ นอกเหนือจากการดูดซึมการส่องแสงของดวงอาทิตย์

จากสภาพทางกายภาพที่ส่วนใบไม้มักได้รับการส่องแสงอาทิตย์ก่อนส่วนอื่นๆ ของต้นไม้และมีพื้นที่ที่สัมผัสแดดมากที่สุด การสะท้อนแสงของใบไม้ จะมีปริมาณมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความยาวของชนิดคลื่นแสง ชนิดและลักษณะของใบไม้ อายุของใบไม้ ระดับความสูงต่ำของใบไม้ ตำแหน่งที่ได้รับการส่องแสง ตำแหน่งของใบไม้กลุ่มนั้นๆ ความแห้งแล้งหรือความสมบูรณ์ของสถานที่ตั้งฤดูกาลและระดับดินทั่วไป

บริเวณป่าไม้ ซึ่งประกอบด้วยต้นไม้เป็นจำนวนมาก จะมีการดูดซึมการส่องแสงอาทิตย์โดยประมาณร้อยละ 75-80 และจะส่งผ่านความร้อนประมาณร้อยละ 5 นั้น ก็จะมีการสะท้อนแสงกลับออกไปประมาณร้อยละ 15-20 ความสามารถในการสะท้อนแสงกลับออกไปสู่ท้องฟ้า จะมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิแก่สภาพแวดล้อมเป็นอย่างดี

### 2.4.1.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การส่องแสงโดยทั่วไปประกอบด้วย แสงคลื่นสั้น และแสงคลื่นยาวซึ่งโดยปกติแสงคลื่นสั้นจะมีความถี่สูง และแสงคลื่นยาวจะมีความถี่ต่ำ โดยเห็นได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$C = \lambda f \dots \dots \dots (3)$$

โดยที่ C = ความเร็วแสง (300,000 กิโลเมตร/วินาที หรือ 186,000 ไมล์/วินาที)  
 $\lambda$  = ความยาวของคลื่นแสง  
 f = ความถี่ของแสง

ต้นไม้โดยทั่วไปที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งจากแบบรังสีคลื่นสั้น และแบบรังสีคลื่นยาว ส่วนใบไม้จะส่งพลังงานความร้อนออกไปโดยรอบทุกทิศทางแบบคลื่นยาว ซึ่งมีความถี่ต่ำ และมีความเร็วในการกระจายตัวช้า ทำให้อุณหภูมิโดยรอบไม่สูงขึ้นอย่างฉับพลัน

ต้นไม้ส่วนใหญ่จะทำการดูดซึมความร้อนเอาไว้ในช่วงเวลากลางวัน และในเวลากลางคืน ต้นไม้จะส่งความร้อนออกจากส่วนใบไม้ โดยเฉพาะบริเวณส่วนบนของกลุ่มใบไม้ ซึ่งสามารถทำให้ อุณหภูมิของต้นไม้ลดลง 2.5 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ ส่วนใบไม้ส่วนล่างของกลุ่ม ใบจะมีอุณหภูมิที่ลดลงได้ 0.4 องศาเซลเซียส (หรือน้อยกว่า) ต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบในวันที่มีลมสงบและเมื่อท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน

ท้องฟ้ามีความสามารถดูดซับความร้อนไปจากพื้นผิวโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในทางตรงกันข้าม ในคืนที่ท้องฟ้าเต็มไปด้วยกลุ่มเมฆ กลุ่มเมฆก็จะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนไปยังจักรวาล ทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยทั่วไปไม่สามารถลดลงได้ง่าย จนเกิดความอบอ้าว

ต้นไม้สร้างร่มเงาให้กับสภาพพื้นผิวโดยรอบ สามารถบดบังแสงทั่วไปได้ถึงร้อยละ 90 จากการศึกษาพบว่าป่าไม้สามารถลดอุณหภูมิที่สูงสุดของแต่ละเดือนในฤดูร้อน ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ในที่โล่งได้ถึงประมาณ 10 องศาฟาเรนไฮต์ บริเวณร่มเงาแม้จะเกิดผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน หรือเกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงก็ตาม จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของบริเวณที่กระทบกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงเสมอ

### 2.4.1.4 การส่งผ่าน (Transmission)

การส่งผ่านความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับความร้อน โดยสัมพันธ์กับปัจจัยของการดูดซึม การสะท้อน และการแผ่รังสีความร้อน



ต้นไม้เป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับและสะท้อนได้ เป็นอย่างดี เช่น ส่วนผิวนอกของกลุ่มใบทั่วไปจะเป็นส่วนที่สามารถส่งกระจายความร้อนออกไปใน ท้องฟ้าได้มากและมีผลดีที่สุด ความร้อนจึงส่งผ่านมาได้ยาก

#### 2.4.2 ควบคุมกระแสลม (Wind Control)

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ได้รับ ในอัตราที่ไม่คงที่ อากาศที่เย็นมีมวลอากาศที่หนักจะเคลื่อนตัวเข้าแทนที่อากาศที่ร้อนซึ่งมีมวลอากาศที่เบากว่า ลอยตัวสูงขึ้น ถ้าอากาศร้อนและอากาศเย็นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ ลมที่เกิดขึ้นจะมี ลักษณะที่เคลื่อนที่ไปทางนอนอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกัน

ลมมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศ โดยใช้การพาความร้อน (Convection) ที่ บริเวณพื้นผิวต่างๆ ทำให้อุณหภูมิผิวโดยรอบลดลงเป็นผลที่ต่อเนื่องให้สภาพแวดล้อมบริเวณที่ลม พัดผ่านมีอุณหภูมิพื้นผิวที่ลดลง และเมื่อลมมีความเร็วที่สูงเท่าไรจะมีความสามารถลดอุณหภูมิลง ได้เร็วมากเท่านั้น

#### ลักษณะของลม (Air Flow Categories)

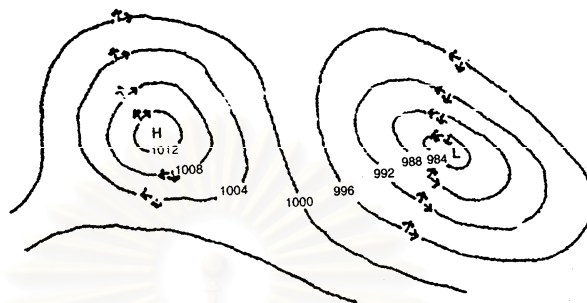
ลมโดยทั่วไปมีลักษณะที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Laminar Air Flow คือ ลมที่พัดแบบขนานเป็นเส้นตรง มีทิศทางได้แน่นอน และสามารถคาดคะเนการเกิดขึ้นได้
2. Turbulent Air Flow คือ ลมที่พัดโดยไม่สามารถคาดคะเนได้ทั้งความเร็วและทิศทาง ซึ่งเป็นลักษณะของลมในส่วนใหญ่
3. Separated Air Flow คือ ชั้นของลมที่แตกต่างกันออกไป แล้วแต่ความถ่วง (Momentum) โดยส่วนใหญ่พบในบริเวณที่เกิดแบบ Turbulent Air Flow

จากแผนที่แสดงความกดอากาศ จะสังเกตเห็นเส้นแสดงคลื่นความกดอากาศ ในแต่ละ เส้นมีความหมายถึงความกดอากาศที่มีค่าเท่ากันตลอดเส้น เรียกว่า Loobar หรือ Contour หน่วย ที่แสดงเป็นหน่วยของค่าความกดอากาศ (Unit of Pressure) ซึ่งกำกับไว้ในแต่ละเส้น เรียกว่า Millibar ซึ่งโดยปกติแล้วในแต่ละเส้นจะมีความแตกต่างกันในแต่ละเส้นประมาณ 4 Millibar ระยะที่ ห่างกันในแต่ละเส้นมีความหมายแสดงถึงความเร็วลม ถ้าเส้นมีความห่างกันมากบริเวณนั้นจะมีความเร็วลมที่ต่ำ ในทางตรงข้ามบริเวณที่มีเส้นที่ใกล้ชิดกันแสดงถึงความเร็วลมที่สูง

สัญลักษณ์ที่แสดงถึงความกดอากาศสูง คือ H และแต่ละเส้นจะมีค่าลดลงก็ต่อเมื่อมี ระยะห่างระหว่างเส้นออกไป ความกดอากาศสูง หมายถึง อากาศที่มีลักษณะปลอดโปร่ง ความกด อากาศต่ำจะใช้สัญลักษณ์ คือ L และแต่ละเส้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อเส้นมีความห่างออกไป เช่นเดียวกัน โดยที่ลักษณะของอากาศจะไม่ปลอดโปร่ง

ลักษณะของความกดอากาศสูงจะเคลื่อนที่ไปจากศูนย์กลางของ H ตามทิศทางของลูกศรในภาพ (ตั้งฉากกับเส้นคลื่น) แต่เนื่องจากการหมุนของโลกทำให้เกิดแรงเบี่ยงเบน (Coriolis Force) ผลของแรงเบี่ยงเคลื่อนที่ไปตามเข็มนาฬิกา โดยขนานกับเส้นความกดอากาศ และเกิดผลให้ความกดอากาศต่ำ ซึ่งพัดเข้าหาศูนย์กลางของ L เบนไปทางทิศทวนเข็มนาฬิกา



ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะของความกดอากาศ

(สุตสวาท ศรีสถาปัตยกรรม, 2545: 22)

การที่กล่าวถึงลักษณะความกดอากาศ เป็นการปูพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาแผนที่อากาศในการออกแบบวางตำแหน่งทางภูมิทัศน์ และเพื่อให้ได้ประโยชน์ของลมให้ถูกต้องตามทิศทาง ตามความสามารถของบริบทแต่ละสถานที่และสิ่งแวดล้อมจะสามารถก่อให้เกิดได้

การระบายอากาศ การถ่ายเทอากาศ หรือการเคลื่อนไหวอากาศ มีความสำคัญกับพืชพันธุ์ในกระบวนการปรุงอาหารของต้นไม้ และทางกลับกันพืชพันธุ์มีอิทธิพลต่อทิศทาง ความเร็วของลม เช่นเดียว โดยมีปัจจัยเช่น โดยตำแหน่งที่ตั้ง ขนาด ความสูง ความยาวของแนวพืชพันธุ์ ลักษณะกึ่งกันความหนาแน่นของพุ่มใบ เป็นต้น

การเกิดลมบกและลมทะเลเนื่องจากในเวลากลางวันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ส่งผลให้อุณหภูมิผิวดินสูงกว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศจากอุณหภูมิต่ำไปยังอุณหภูมิสูง จึงเกิดลมทะเลในตอนกลางวันเป็นลมที่พัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เริ่มเกิดตั้งแต่เที่ยงและลมแรงสุดเมื่ออุณหภูมิผิวดินสูงสุด ส่วนลมบกเกิดตอนกลางคืน เป็นลมที่พัดจากฝั่งออกสู่ทะเล ความเร็วลมต่ำสุดเมื่ออุณหภูมิผิวดินและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลมีค่าใกล้เคียงกัน ลมที่พัดผ่านพื้นผิวโลกจะลดความเร็วลง เนื่องจากปะทะกับสิ่งกีดขวางต่าง ๆ ลมในเขตร้อนชื้นสามารถลดความรู้สึกไม่สบายเนื่องจากอากาศมีความชื้นสูง และช่วยเร่งให้เหงื่อที่ผิวหนังระเหยเร็วขึ้น ประกอบด้วยข้อมูลความเร็วลม มีหน่วยเป็น km/hr หรือ ft/min (FPM) และทิศทางของลม 8 ทิศ หรืออาจให้ค่าเป็น องศา ตามทิศทางลม (อุษณีย์ มิ่งวิมล, 2540)

### 2.4.3 ควบคุมความชื้น (Humidity Control)

การระเหยเป็นไอของไอน้ำ ในอากาศนั้นต้องการความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดกลายเป็นไอขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิจากอากาศโดยรอบนั้นลดลงได้ ต้นไม้มีส่วนสำคัญในการช่วยระเหยความชื้น โดยผ่านกระบวนการทางปากใบ จากการทดลองของ Dr. John Carew, Michigan State University ซึ่งได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ในการทำให้สนามหญ้าได้หายใจและระเหยความชื้นทางปากใบ ภายในเวลา 1 วันของฤดูร้อน สนามหญ้าขนาดกว้าง 1 เอเคอร์ จะสูญเสียไอน้ำโดยมีปริมาณทั้งสิ้น 2,400 แกลลอน (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตยกรรม, 2545)

ดังนั้นในขณะที่ต้นไม้ได้รับการรดน้ำจน ส่วนต่างๆของใบไม้จะทำการระเหยความชื้นออก ซึ่งเป็นการช่วยลดอุณหภูมิโดยธรรมชาติ สามารถลดลงได้ถึง 3.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับอุณหภูมิก่อนการรดน้ำ การรดน้ำที่เหมาะสมโดยส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50-88 เปอร์เซ็นต์ (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตยกรรม, 2545) ต้นไม้จะสะสมน้ำค้างและน้ำฝนตามโครงสร้างของพุ่มใบ ตามกิ่งก้านสาขา เมื่อน้ำไหลผ่านบริเวณต่างๆน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิให้กับบริเวณนั้นทำให้อุณหภูมินั้นเย็นกว่าบริเวณโดยรอบ และต้นไม้ยังรักษาความชุ่มชื้นได้ดีกว่าบริเวณที่ไม่มีต้นไม้ปกคลุม

### 2.4.4 สภาพภูมิประเทศ (Topography)

ลักษณะภูมิประเทศมีความสำคัญต่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตยกรรมเป็นอย่างยิ่ง การพิจารณาเลือกตำแหน่งของโครงการที่ถูกต้องจำเป็นต้องพิจารณาควบคู่ไปกับ ทิศทางลมแดด ฝน และปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย ถ้าเลือกภูมิประเทศที่เหมาะสมผู้อาศัยในโครงการนอกจากจะอยู่ในสภาวะน่าสบายแล้ว ยังเป็นการประหยัดในค่าลงทุนการก่อสร้างได้อีกทางหนึ่ง

ลักษณะของภูมิประเทศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีอยู่ 2 ลักษณะได้แก่

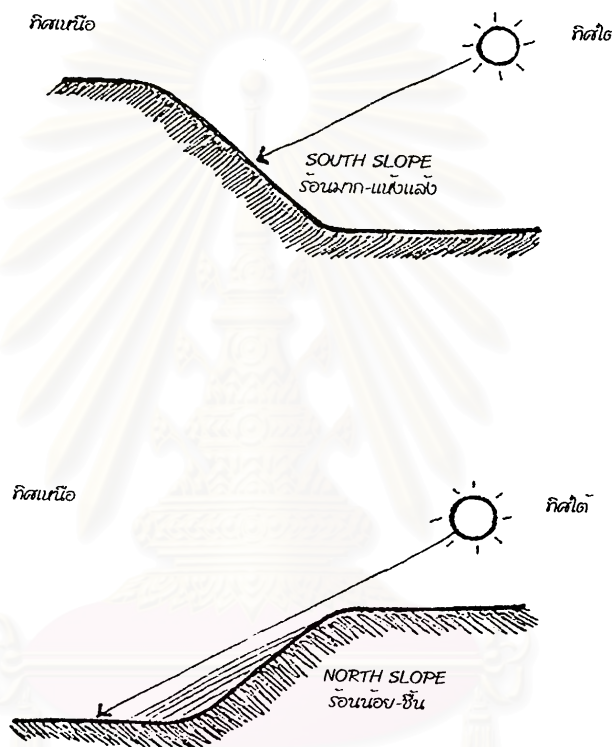
#### 2.4.4.1 ที่ลาดเอียง (Slope)

#### 3.4.4.2 การปรับระดับของดิน (Grading)

#### 2.4.4.1 ที่ลาดเอียง (Slope)

บริเวณที่เป็นที่ลาดเอียง เช่น ภูเขา ส่วนมากมักมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำกว่าในบริเวณที่ราบทั่วไป ทำให้มีอากาศเย็นปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ อากาศเย็นจะหนักกว่าอากาศที่ร้อนและมีลักษณะที่เคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ที่มีความต่ำเสมอ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นแอ่งอากาศเย็นไม่สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้พื้นที่นั้นจะกลายเป็นแหล่งที่สะสมอากาศเย็น

สำหรับปริมาณของแสงอาทิตย์ในบริเวณที่ลาดเอียงจะสามารถรับได้นั้น จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความลาดเอียงและทิศทางที่ที่ลาดเอียงนั้นหันรับ ส่วนการส่องแสงนั้นจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและปริมาณเมฆในท้องฟ้า ตามปกติที่ลาดเอียงหันรับทิศใต้ จะได้รับปริมาณแสงมากกว่าในที่ราบเสมอ เนื่องจากที่ลาดเอียงจะหันรับการส่องแสงในองศาที่ใกล้หรือเกือบตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ส่วนที่ลาดเอียงที่หันรับทิศเหนือ จะได้รับปริมาณการส่องแสงน้อยกว่าที่ได้รับบริเวณที่ราบ ทำให้มีความชุ่มชื้นมากกว่า



ภาพที่ 2.7 แสดงปริมาณแสงอาทิตย์ที่กระทำกับที่ลาดเอียงในทางทิศใต้และทิศเหนือ (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตยกรรม, 2545: 37)

#### 2.4.4.2 การปรับระดับของดิน (Grading)

การปรับระดับดินช่วยเพิ่มความสูงให้แก่ต้นไม้ได้โดยยกกระดบเนินดินขึ้นก่อนการปลูก อีกทั้งยังสามารถเร่งความเร็วลมที่พัดให้แก่บริเวณที่ต้องการ และช่วยเป็นแนวต้านลมในบริเวณที่ไม่ต้องการเช่นกัน นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการระบายน้ำบริเวณต่างๆอีกด้วย

การปรับระดับดินสามารถสร้างสภาวะน่าสบายได้หลายประการดังนี้

1. ช่วยเพิ่มปริมาณร่มเงาให้มากขึ้น ในขั้นตอนขณะที่ต้นไม้ยังมีอายุน้อยที่อยู่ใต้บริเวณร่มเงา และเจริญเติบโตไม่ได้เต็มตามที่ต้องการ ทำให้อุณหภูมิบริเวณร่มลดลง

2. ช่วยลดปริมาณร่มเงาให้น้อยลง ในขณะที่ความต้องการใช้พื้นที่สนามหญ้ามีมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดร่มเงามากเกินไป จะเป็นสาเหตุที่ทำให้สนามหญ้าไม่เจริญงอกงามเท่าที่ควร
3. ช่วยเพิ่มความเร็วลมบริเวณส่วนบนของเนินดิน ยิ่งถ้าเนินดินนั้นอยู่ใต้ต้นไม้จะเป็นโอกาสที่เพิ่มความเร็วลมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเป็นตัวต้านลมได้ดีเมื่อมีระดับความสูงของเนินดินมากขึ้น
4. ช่วยก่อให้เกิดการบังสายตาและมุมมองจากบริเวณที่สาธารณะ ทำให้เกิดความเป็นส่วนตัว

## 2.5 ความแปรผันของอุณหภูมิดิน

### 2.5.1 ความแปรผันของอุณหภูมิดินในรอบวัน (Diurnal Variation)

อุณหภูมิของทุกๆ ส่วนของหน้าตัดดินมีความแปรปรวนในช่วง 24 ชั่วโมง โดยปกติเกิดขึ้นที่ความลึกไม่เกิน 1 เมตร จากผิวดิน ส่วนที่อยู่ลึกเกินกว่า 1 เมตรความแปรปรวนของอุณหภูมิดินจะมีน้อยมาก ทั้งนี้เป็นเพราะปกติความร้อนโดยส่วนใหญ่ที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านเคลื่อนที่ผ่านลงมายังดินที่ลึกได้ช้ามาก

ในเวลากลางวันผิวดินเริ่มได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์นับตั้งแต่วินาทีแรกเป็นต้นไป ความเข้มของความร้อนที่ผิวดินได้รับนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยปกติจะสูงสุดที่ประมาณเที่ยงวัน ต่อจากนั้น ความเข้มของความร้อนจะค่อยๆ ลดลง การที่ผิวดินได้รับความร้อนทำให้ดินส่วนบนสุดของหน้าตัดดินร้อนกว่าส่วนอื่นๆ จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนจากส่วนบนลงส่วนล่างของหน้าตัดดิน ส่วนที่อยู่ลึกลงไปหน้าตัดดินจึงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับส่วนบน แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในดินส่วนล่างจะเกิดขึ้นหลังจากการเพิ่มขึ้นของผิวดินส่วนบน

ในเวลากลางวัน รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนเมื่อกระทบผิวดิน จะสะท้อนและเปลี่ยนสภาพจากรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) เป็นรังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation) ซึ่งอากาศดูดไว้ได้ดี การแผ่ความร้อนของผิวดินนี้เกิดขึ้นอยู่เสมอ แต่ในเวลากลางวัน ดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม ปริมาณความร้อนที่ผิวดินจะแผ่ขึ้นสู่อากาศน้อยกว่าปริมาณความร้อนที่ผิวดินดูดไว้ เพราะรังสีจากดวงอาทิตย์กระทบผิวดินตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ในเวลากลางคืน ถึงแม้จะไม่มีรังสีจากดวงอาทิตย์แต่ผิวดินยังมีการแผ่รังสีความร้อนขึ้นสู่อากาศอยู่เรื่อยๆ เนื่องจากการเก็บสะสมความร้อนไว้ในเวลากลางวัน เมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนกลับคืนสู่อากาศ อุณหภูมิของผิวดินจึงลดลงเมื่อลดต่ำกว่าอุณหภูมิส่วนที่อยู่ลึกลงไปหน้าตัดดิน ความร้อนจะถ่ายเทจากส่วนล่างขึ้นสู่ส่วนบน

การแปรผันในรอบวันของอุณหภูมิดิน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งปกคลุมผิวดิน สภาพภูมิอากาศและฤดูกาลเป็นอย่างมาก ดินที่มีสิ่งปกคลุม โดยปกติจะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิน้อยกว่าดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม เมื่อท้องฟ้าแจ่มใส (Clear Sky) อุณหภูมิของดินจะมีความแปรปรวนมากกว่าในวันที่ท้องฟ้าครึ้ม (Overcast Sky) และฤดูร้อนอุณหภูมิของดินจะมีความแปรปรวนมากกว่าในฤดูหนาว

### 2.5.2 ความแปรผันของอุณหภูมิดินตามฤดูกาล(Seasonal Variation)

การแปรผันตามฤดูกาลของอุณหภูมิดิน เป็นไปในทำนองเดียวกับการผันแปร ในรอบวัน โดยที่ฤดูร้อนเปรียบเสมือนกลางวัน และฤดูหนาวเปรียบเสมือนเวลากลางคืน อย่างไรก็ตาม โดยปกติความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิดินในฤดูร้อนกับในฤดูหนาวมีมากกว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืน นอกจากนี้ช่วงความลึกของดินที่แสดงการผันแปรอุณหภูมิก็น้อยกว่าอีกด้วย แม้ว่าการผันแปรจะน้อยลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการผันแปรในรอบวันก็ตาม กล่าวคือ อิทธิพลของวันอาจมีผลกับอุณหภูมิที่ผิวดินและดินที่ระดับไม่ลึกมาก แต่อิทธิพลของฤดูกาลจะมีผลต่ออุณหภูมิดินที่ระดับที่ลึกกว่า

### 2.5.3 แนวทางการควบคุมอุณหภูมิดิน

อุณหภูมิดินอาจควบคุมหรือดัดแปลงให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้โดยวิธีการต่อไปนี้

#### 2.5.3.1 การดัดแปลงความสามารถในการดูดซับความร้อนของผิวดิน

การดัดแปลงความสามารถในการดูดซับความร้อนของผิวดิน อาจทำได้โดยทำให้ผิวดินมีสีคล้ำหรือจางกว่าเดิมแล้วแต่กรณี การทำให้ผิวดินคล้ำกว่าเดิม ทำให้ผิวดินดูดรังสีความร้อนได้มากขึ้นซึ่งย่อมทำให้อุณหภูมิของดินสูงขึ้น การทำให้ผิวดินมีสีอ่อนกว่าเดิม ทำให้ผิวดินดูดรังสีความร้อนได้น้อยลง และสะท้อนรังสีความร้อนได้มากขึ้น ซึ่งย่อมทำให้อุณหภูมิดินต่ำลง ตัวอย่างของวัสดุสีคล้ำที่อาจนำมาใช้ปกคลุมผิวดิน เพื่อให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ได้แก่ ผงลิกไนท์ ยางมะตอย และตัวอย่างของวัสดุสีอ่อนที่อาจนำมาใช้ปกคลุมผิวดิน เพื่อให้ดินมีอุณหภูมิต่ำลง ได้แก่ ผงซอล์กสีขา,ทรายขาว หรือปูนขาว เป็นต้น

#### 2.5.3.2 การดัดแปลงประสิทธิภาพในการนำความร้อนของดิน

การดัดแปลงประสิทธิภาพในการนำความร้อนของดิน อาจทำได้โดยวิธีต่างๆ เช่น ทำให้ดินโปร่งมากขึ้นหรือลดระดับความชื้นของดิน เพื่อลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหรือทำให้ดินแน่นขึ้นหรือเพิ่มความชื้นให้แก่ดินเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

#### 2.5.3.3 การดัดแปลงความร้อนจำเพาะของดิน

การดัดแปลงความร้อนจำเพาะของดิน อาจทำได้โดยการลดหรือเพิ่มระดับความชื้นของดิน เช่นเดียวกับการดัดแปลงประสิทธิภาพการนำความร้อน เช่น ดินที่มีอุณหภูมิต่ำเกินไป การระบายน้ำออกจากดินเป็นวิธีหนึ่งที่จะทำให้อุณหภูมิดินเพิ่มขึ้นและเมื่อดินมีอุณหภูมิต่ำเกินไป การรดน้ำ

ให้แก่ดินเป็นวิธีที่จะทำให้ดินมีอุณหภูมิลดลงทั้งนี้เพราะว่า น้ำมีความร้อนจำเพาะสูงกว่าดินมาก จึงสามารถรับหรือสูญเสียความร้อนมาก โดยที่ระดับอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก นอกจากนี้การระเหยของน้ำจำเป็นต้องใช้ความร้อนเพื่อการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซ ทำให้อุณหภูมิดินลดลง

#### 2.5.4 แนวทางการใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิดินเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายในอาคาร

การใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิดินเพื่อสร้างอุณหภูมิภายในอาคารให้ใกล้เคียงกับสภาวะน่าสบาย

##### 2.5.4.1 การใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิบริเวณผิวดิน (Surface Cooling)

หมายถึง การใช้ประโยชน์จากบริเวณผิวดินโดยทั่วไปดินที่มีวัสดูดซับความร้อนผิวดินไม่ว่าจะเป็นพืชคลุมดิน หญ้า จะช่วยให้อุณหภูมิกากาศเหนือผิวดินเย็นกว่าอุณหภูมิทั่วไป การระเหยของน้ำผิวดิน (Evaporative Heat Loss from Soil) เอกระแผลมพัดผ่านบริเวณนี้เข้าสู่อาคาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคาร

##### 2.5.4.2 การใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิมวลสารดิน

คือ การใช้ประโยชน์โดยตรงจากอุณหภูมิมวลสารใต้ดิน ที่ความลึกระดับหนึ่ง ในประเทศไทยที่ระดับความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร เป็นต้นไป ดินจะมีอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ แปรปรวนตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละวันน้อยมาก และอยู่ใกล้กับสภาวะน่าสบาย

## 2.6 แหล่งน้ำ (Water Body)

น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) สูงกว่าดินหรือแผ่นดิน ทำให้น้ำเย็นกว่าในช่วงกลางวันและอุ่นกว่าในกลางคืน ดังนั้นบริเวณที่ตั้งใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่จะช่วยลดการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิที่สูงขึ้นสูงสุดและลดลงต่ำสุด ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่กับขนาดของแหล่งน้ำ บริเวณริมทะเลที่แผ่นดินร้อนกว่าทะเล อากาศร้อนลอยตัวขึ้น อากาศเย็นจากทะเลก็พัดเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดกระแสลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง ทำนองเดียวกันกับเวลากลางคืนลมจะพัดจากฝั่งออกจากทะเล นอกจากนั้นบริเวณใกล้แหล่งน้ำหรือด้านท้ายลมจะมีผลเรื่องความชื้น และการสร้างความเย็นจากการระเหย (Evaporative Cooling Effect)

กระบวนการระเหย (Evaporation) ต้องการพลังงานหรือความร้อน เมื่อโมเลกุลของน้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลว (Liquid) เป็นก๊าซ (Gaseous) กระบวนการนี้ต้องการพลังงาน หรือความร้อนที่มากพอที่จะระเหยน้ำให้กลายเป็นไอ มากกว่าเพื่อทำความร้อนให้กับน้ำเท่านั้น กระบวนการระเหยใช้พลังงานจากอากาศโดยรอบ

น้ำที่มีความลึกคุณสมบัติในระดับต่างๆ มีอุณหภูมิเกือบคงที่ (Stable) และน้ำยังมีคุณสมบัติเป็นตัวที่เก็บกักความร้อน (Heat Sink) เนื่องจากมวลที่มีขนาดใหญ่ของน้ำ นอกจากนี้

น้ำยังมีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดความเย็น โดยการระเหยของน้ำในบริเวณผิวน้ำที่สัมผัสกับอากาศ โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มาเปลี่ยนสถานะของบริเวณผิวน้ำ และลมจะพัดอากาศเย็นเข้ามาแทนที่ ลมที่พัดผ่านแหล่งน้ำมาจะนำความชื้นมาพร้อมอากาศที่เย็นด้วย ดังนั้นการใช้แหล่งน้ำที่เกิดประโยชน์ควรวางตำแหน่งในบริเวณเหนือลม

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยใช้กระบวนการระเหยทำให้อากาศเย็นลง ลมที่พัดผ่านจะทำให้ความชื้นที่สะสมออกไป (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

## 2.7 แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติรอบอาคาร

แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติรอบอาคารมีหลักการสำคัญดังนี้ การจัดสภาพภูมิทัศน์มีหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศรอบๆอาคาร กลุ่มต้นไม้ทำหน้าที่ในการเป็นตัวช่วยบังลม เบี่ยงเบนกระแสลม เร่งความเร็วกระแสลม เป็นต้น

การเลือกต้นไม้เพื่อใช้เป็นตัวบังลมควรจะมีขนาดหนาแน่นของพุ่มใบอยู่ที่ 35% และควรตั้งห่างจากอาคารในระยะ 1.5-5.0 เท่าของความสูงของต้นไม้ ต้นไม้ที่มีลักษณะหนาแน่นและทรงพุ่มเตี้ยเมื่อนำปลูกใกล้อาคารสามารถเบี่ยงเบนทิศทางและเพิ่มความเร็วได้ การเพิ่มความเร็วของกระแสลม ใช้รูปแบบในการจัดเรียงกลุ่มของต้นไม้เป็นรูปร่างกรวยปากทางเข้าของกระแสลมกว้าง ส่วนทางออกของกระแสลมแคบ (Venturi Effect) ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วให้กับกระแสลมได้ถึง 25% การใช้กลุ่มต้นไม้ไม่เพียงเพื่อการเพิ่มความเร็วลมเท่านั้น แต่รวมทั้งการได้มาซึ่งคุณภาพอากาศ ที่เคลื่อนที่ผ่านได้พุ่มใบของต้นไม้จะถูกควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ความร่มที่เกิดภายใต้พุ่มใบจะเป็นผลทำให้อุณหภูมิบริเวณใต้พุ่มใบมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก พุ่มใบกันเสียรบกวน ลดปริมาณฝุ่นละออง ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ออกซิเจนกลับสู่อากาศ

พืชพันธุ์สามารถจำแนกประเภทตามการใช้งานจริงทางภูมิสถาปัตยกรรมเป็น 4 ประเภท คือ (เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ, 2540)

- ไม้ระดับสูง หมายถึง ไม้ยืนต้น และไม้พุ่มระดับสูง ความสูงประมาณ มากกว่า 4 เมตร มีคุณสมบัติในการใช้เป็นต้นเดี่ยว เป็นจุดเด่น หรือเป็นกลุ่มใหญ่เพื่อให้ร่มเงา ฯลฯ

- ไม้ระดับกลาง หมายถึง ไม้พุ่มขนาดใหญ่ ความสูงประมาณ 2-4 เมตร มีคุณสมบัติในการใช้เป็นต้นเดี่ยว เป็นจุดเด่น หรือเป็นกลุ่มใหญ่เพื่อให้ร่มเงา เป็นแนวแสดงขอบเขตบังสายตา ฯลฯ รวมทั้งไม้พุ่มระดับกลาง-เล็ก ความสูงประมาณ 1-2 เมตร มีคุณสมบัติในการใช้เป็นต้นเดี่ยว หรือเป็นกลุ่มใหญ่เพื่อแสดงขอบเขต ฯลฯ



- ไม้ระดับต่ำ หมายถึง ไม้พุ่มขนาดเล็ก ความสูงประมาณ 0.3 – 0.5 เมตร มีคุณสมบัติใช้เป็นต้นเดี่ยว หรือเป็นกลุ่มใหญ่เพื่อแสดงขอบเขตในระดับพื้นโดยไม่บังสายตา รวมทั้งไม้คลุมดิน ความสูงต่ำกว่า 0.3 เมตร มีคุณสมบัติแผ่ปกคลุมพื้นที่ในแนวราบได้ดี ใช้เป็นแปลงไม้ระดับล่างสุดในสวนหย่อม ฯลฯ

- ไม้เลื้อย หมายถึง ไม้ที่ต้องอาศัยสิ่งค้ำจุนเพื่อตั้งตัวขึ้นในแนวสูง มีคุณสมบัติในการปกคลุมพื้นที่ในแนวตั้ง ใช้บังกำแพง ทำไม้แขวน หรือขึ้นซุ้ม ฯลฯ

พืชพันธุ์สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และนำมาซึ่งความเย็น ใบไม้ดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงินและแดง (Blue and Red Spectrum of Light) โดยไม่ใช้ความยาวคลื่นสีเขียว (Green Light) มากนัก จึงสะท้อนความยาวคลื่นสีเขียวออกไปทำให้มองเห็นใบไม้เป็นสีเขียว พืชพันธุ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะไม้ยืนต้น สามารถลดอุณหภูมิลงได้โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งการดูดซึมน้ำจากราก และทำความเย็นด้วยการคายน้ำจากใบไม้โดยการระเหยเป็นไอไปในอากาศ ทำให้อากาศและอุณหภูมิรอบ ๆ ต้นไม้เย็นลง แม้แต่พืชคลุมดินสามารถลดอุณหภูมิพื้นผิว โดยสร้างแอ่งความเย็น (Cool Air Pocket) ที่บริเวณผิวดิน (วิชัย อธิวิทวิกุล, 2539) ศึกษาพบว่า อุณหภูมิในบริเวณสนามหญ้าเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ แต่อุณหภูมิจะไม่เย็นเท่ากับอุณหภูมิใต้พุ่มใบของพุ่มไม้

จากการศึกษาของ สุนทร บุญญาธิการ (2542: 72) พบว่า “กระบวนการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200 บีทียู) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตร เปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจประมาณได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) หากต้นไม้ขนาดใหญ่ต้นหนึ่งสามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้ว แปลงสภาพน้ำให้เป็นไอ ในอัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม เทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือประมาณ 12.66 เมกะจูลต่อชั่วโมง (2,200 บีทียูต่อชั่วโมง)”

นอกจากนั้นต้นไม้ยังสามารถช่วยควบคุมผลกระทบจากแสงแดดโดยช่วยกรองรังสีของดวงอาทิตย์ ช่วยควบคุมอุณหภูมิที่ผิวดินและควบคุมปริมาณความร้อนที่สะสม สะท้อนหรือแผ่รังสีจากพื้นผิวต่าง ๆ ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ที่พาดลงบนผิวดินอาคาร, สามารถลดอุณหภูมิผิวดินอาคารลงเนื่องจากผลกระทบจากอุณหภูมิผิววัสดุ (Sol-Air Effect) และสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้

นอกจากนั้นการปลูกต้นไม้ที่มีพุ่มใบหนาที่รอบ ๆ บริเวณอาคารจะมีผลต่ออุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนที่จะไม่เย็นลงเท่าที่ควรเนื่องจากพุ่มใบสกัดกั้นการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าเอาไว้ ทำให้การใช้ประโยชน์ของอุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนแตกต่างจากเวลากลางวันซึ่งสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นกว่า

## 2.8 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ขวัญชัย กาแก้ว."ประสิทธิผลขององค์ประกอบภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณสนามหญ้ามีสัดส่วนจำนวนชั่วโมงน่าสบายเท่ากับ 19.3 % และมี 21,088 Degree hours เมื่อใช้เนินดินที่ความชัน 30 องศา ค่าความสบายเพิ่มเป็น 22.1 % และมี 22,455 Degree hours บริเวณใต้ต้นไม้ปกติมีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 52.1 % มี 10,821 Degree hours เมื่อจัดต้นไม้เป็นรูปแบบกรวยตัวบนบนสัดส่วนช่องลมเข้า 11 หน่วยต่อช่องลมออก 1 หน่วย มีสภาวะน่าสบาย 49.2 % มี 26,538 Degree hours การปลูกต้นไม้บนเนินดินมีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 57.9 % และมี 18,751 Degree hours การจัดต้นไม้รูปแบบกรวยด้านข้างที่มีสัดส่วนช่องลมเข้า 1.75 หน่วยต่อช่องลมออก 1 หน่วย มีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 60.9 % และมี 13,182 Degree hours ผลสภาวะน่าสบายที่เกิดจากการใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์มาผสมผสานกัน 2 รูปแบบ คือการจัดต้นไม้รูปแบบกรวยกับเนินดินมีสภาวะน่าสบายเป็น 54.5 % และมี 15,944 Degree hours และการจัดต้นไม้รูปแบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ มีสภาวะน่าสบายเป็น 32.6 % และมี 45,395 Degree hours

สรุปแนวทางการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ให้เหมาะสมกับอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ควรใช้การจัดต้นไม้รูปแบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ เนื่องจากมี 45,395 Degree hours ซึ่งเป็นผลให้ลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้มากที่สุด ส่วนการจัดรูปแบบกรวยด้านข้างซึ่งมีสภาวะน่าสบายมากที่สุดอยู่ที่ 60.9 % เหมาะสมกับอาคารที่ไม่ทำการปรับอากาศ เพราะจะทำให้อากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายเช่นเดียวกับบริเวณรอบอาคารเนื่องจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้น

2. ไพบุลย์ วัชรุงเรืองกิจ."การปรุงแต่งสภาวะน่าสบายโดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน

" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

ผลการวิจัยพบว่า

1. ดินเปียกทุกชนิดมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินแห้งเสมอที่ระดับความลึกเดียวกัน เนื่องจากอิทธิพลการระเหยของน้ำและการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในดิน ดินเหนียวมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศในรอบวันน้อยที่สุด ที่ระดับผิวดินถึงความลึก 0.30 เมตร พบว่าทรายเปียกเมื่อปกคลุมด้วยพืชคลุมดินจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันต่ำกว่าชนิดอื่น ในขณะที่ระดับความลึก 0.30 เมตร ลงไป ดินเหนียวเปียกมีอุณหภูมิต่ำที่สุด

2. ในส่วนวัสดุผิวอาคารสัมผัสพื้น พบว่าค่าความจุความร้อนและค่าการนำความร้อนมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิววัสดุเล็กน้อยมาก เนื่องจากเมื่อผิวอาคารสัมผัสพื้น จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกันตลอดเวลาเป็นผลให้อุณหภูมิผิวของวัสดุเข้าใกล้อุณหภูมิพื้นแต่ในสภาวะที่มีความร้อนภายในพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังคอนกรีตต่ำกว่าผนังอิฐ ประมาณ 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากคอนกรีตสามารถถ่ายเทความร้อนภายในสู่มวลดินได้เร็วกว่า

3. แนวทางการประยุกต์ใช้อุณหภูมิผิวสัมผัสพื้น จากการทดสอบอาคารจำลอง ในสภาวะที่มีความร้อนภายในอาคาร ช่วงเวลา 08.00-16.00 น. พบว่า กรณีที่ผิวผนังสัมผัสพื้น 0.30 เมตร มีอุณหภูมิผิวโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผิวผนังไม่สัมผัสพื้น 5.74 องศาเซลเซียส

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์จากผิวสัมผัสพื้นเพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคารมีแนวทางดังนี้

1. เลือกใช้พืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนโดยตรงจากรังสีดวงอาทิตย์ รักษาระดับความชื้นในดินให้เปียกอยู่เสมอ ผสมผสมสารชนิดของดินโดยที่ระดับผิวถึงความลึก 0.30 เมตร ใช้ทรายเปียก ในขณะที่ความลึกตั้งแต่ 0.30 เมตร ลงไป เลือกใช้ดินเหนียวเปียก

2. ในส่วนของวัสดุผิวอาคารสัมผัสพื้น ควรพิจารณาจากความเหมาะสมในด้านการใช้งานและการบำรุงรักษามากกว่าคุณสมบัติเชิงอุณหภูมิ

3. มนต์ชัย อัจฉพันธ์. “การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง”(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544)

ผลการวิจัยโดยใช้แนวคิดในการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับห้องเรียนธรรมชาติ พบว่า

1. ในฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่า Comfort Zone ผู้ใช้ห้องเรียนธรรมชาติจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิสูงขึ้น 1- 5.9 องศาเซลเซียส เนื่องจาก (1) อิทธิพลของการแผ่รังสีโดยตรงจาดวงอาทิตย์ จากการใช้ต้นไม้ 2 ระดับ (2) อิทธิพลเฉลี่ยจากพื้นผิวโดยรอบจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ต่อวัสดุผิวพื้น (3) การควบคุมทิศทางลมโดยใช้เนินดินทางด้านทิศเหนือที่สามารถปรับได้ตามสภาวะความสบาย

2. ในฤดูร้อน เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่า Comfort Zone ผู้ใช้ห้องเรียนธรรมชาติจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิต่ำลง 1- 2.9 องศาเซลเซียส เนื่องจาก(1) การลดอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ต้นไม้ 2 ระดับ (2) อิทธิพลจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบจากการใช้วัสดุผิวพื้นภายนอกผ่านกระบวนการระเหยของน้ำ (3) อิทธิพลจากความเร็วลมพัดผ่านผิวภายนอกเฉลี่ย 0.70 m/s จากการคาดการณ์สภาวะน่าสบายของห้องเรียนธรรมชาติในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พบว่า ในช่วงเวลาใช้งาน 8.00-16.00 น. ภายในห้องเรียนธรรมชาติ อยู่ในสภาวะน่าสบายในฤดูหนาว 77% ฤดูร้อน 100% และในฤดูฝน 97%

4. เบญจวรรณ เลิศวิจิตรจรัส. “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิดิน” (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547)

ผลการศึกษาค่าสภาพการนำความร้อนได้  $0.844 \text{ W/m}^0\text{C}$  และลักษณะการกระจายอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 cm พบว่าช่วงแรกอุณหภูมิดินมีค่าขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับความลึก กล่าวคืออุณหภูมิดินมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และอุณหภูมิที่ระดับผิวดินจะมีค่าสูงสุด และจะลดลงตามระดับความลึกที่มากขึ้น แต่เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลอุณหภูมิดินจะมีค่าขึ้นอยู่กับระดับความลึกเพียงอย่างเดียว อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ป้อนเข้าสู่ระบบเมื่อมีค่าสูงขึ้นก็จะส่งผลทำให้อุณหภูมิดินที่ระดับความลึกมีค่าสูงตามไปด้วย ในการทดลองอุณหภูมิดินจะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงระดับความลึก 0-15 cm เป็นหลัก ส่วนที่ระดับความลึก 20 และ 25 cm มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินเกิดขึ้นจาก 2 กระบวนการ คือ การนำความร้อน และความร้อนแฝง เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดและจากการคำนวณจากแบบจำลองพบว่า ช่วงแรกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ  $0.8^0\text{C} - 3.5^0\text{C}$  ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนแฝง แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิตั้งสองก็มีค่าใกล้เคียงกัน

5. วิชัย อธิธิวิศกุล “อิทธิพลทางสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539)

การวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ 4 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ ตามสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่แตกต่างกัน 3 ประเภท เปรียบเทียบกับลานจอดรถคอนกรีตขนาดใหญ่ ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาอุณหภูมิดินและน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ตามสภาพแวดล้อมที่อยู่ใต้ต้นไม้ขนาดใหญ่ กับสนามหญ้ากลางแจ้ง ขั้นตอนที่ 3 ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ขนาดต่าง ๆ ขั้นตอนที่ 4 ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่เป็นผลจากการเปลี่ยนทิศทางและการเคลื่อนที่ของลมตามตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 ประเภท โดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงติดต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า สภาพแวดล้อมในระดับ Micro Climate ที่ประกอบไปด้วย ตัวแปรทางธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ พืชคลุมดิน แหล่งน้ำ ลม มีแนวโน้มทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง 3-5 องศาเซลเซียส ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงสุด เมื่อ

เทียบกับสภาพแวดล้อมในระดับ Micro Climate ที่บริเวณกรมอุตุนิยมวิทยา ดอนเมือง จะมี  
แนวโน้มต่ำกว่าบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมเป็นลานจอดรถคอนกรีต 3-10 องศาเซลเซียส ซึ่ง  
สามารถนำไปเป็นข้อมูลประยุกต์ใช้ในการออกแบบสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารเพื่อทำให้ค่า  
ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและภายในอาคารลดลง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสภาวะน่าสบายโดยการให้ประโยชน์จากดินและน้ำ ได้กำหนดแนวทางและวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดตัวแปร การเลือกสถานที่ในการเก็บข้อมูลทดสอบ ตลอดจนการกำหนดวัสดุอุปกรณ์และใช้ในการวัดและเก็บข้อมูล การรายละเอียดของการเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย พบว่าการที่ใช้สภาพแวดล้อมสร้างให้เกิดสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารนั้นปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลคือ ความเร็วลม (Wind Speed) อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature หรือ MRT) การอยู่ในร่มเงา (In Shade) และการระเหยของน้ำ (Evaporation) ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาต้องเป็นสถานที่บริเวณกว้างเพื่อลดอิทธิพลจากอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่จะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกบริเวณพื้นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล คือ บริเวณสนามหน้าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็น 8 กรณี คือ

- บริเวณสระน้ำในร่ม
- บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง
- บริเวณดินในร่ม
- บริเวณดินกลางแจ้ง
- บริเวณสนามหญ้าในร่ม
- สนามหญ้ากลางแจ้ง
- บริเวณคอนกรีตในร่ม
- บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง

3.1.1 เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายที่เกิดจากสภาพแวดล้อมโดยการใช้ดินและสระน้ำในการกักเก็บความเย็น

ตัวแปรทั้งหมด เป็นตัวแปรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกอาคาร แต่มีผลเล็กน้อยแตกต่างกัน ซึ่งตัวแปรทั้งหมดได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ( $^{\circ}\text{C}$ )

- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ( $^{\circ}\text{C}$ )
- ความชื้นสัมพัทธ์(%)
- ความเร็วลม(Km/h)
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์( $\text{w}/\text{m}^2$ )

จากตัวแปรทั้งหมดจึงกำหนดตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สำหรับการสร้างสมการนำสลายโดยใช้ประโยชน์จากดินและน้ำ ดังนี้

ตัวแปรตาม หมายถึง ตัวแปรที่มุ่งทำการศึกษาค้นคว้าและการเปลี่ยนแปลง ได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ( $^{\circ}\text{C}$ ) ณ บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูล

ตัวแปรอิสระ หมายถึง ตัวแปรที่กำหนดเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม ตัวแปรที่ถูกกำหนดดังกล่าวได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ( $^{\circ}\text{C}$ )
- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ( $^{\circ}\text{C}$ )
- ความชื้นสัมพัทธ์(%)
- ความเร็วลม(Km/h)
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ( $\text{w}/\text{m}^2$ )

3.1.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศโดยการใช้ดินและสระน้ำ

3.1.2.1 นำผลสมการนำสลายที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมแต่ละกรณี มาหาความสัมพันธ์ว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดบ้าง และสัมพันธ์กันอย่างไร

3.1.2.2 คาดการณ์สมการนำสลายจากสภาพแวดล้อมในแต่ละกรณี ประกอบกับการแปรผลข้อมูลโดยใช้ทำสมการ Regression กับข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

3.1.3 เพื่อเสนอแนวทางและรูปแบบที่เหมาะสมของการใช้ดินและสระน้ำ เป็นองค์ประกอบในการกักเก็บความเย็นเพื่อขยายขอบเขตสมการนำสลาย ดังนี้

3.1.3.1 นำผลจากสมการนำสลายมาวิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ที่เป็นข้อกำหนดในการวิจัย

3.1.3.2 เสนอแนวทางและรูปแบบวิธีการปรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการจัดสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ประกอบการเก็บข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ  
กลุ่มที่ 1 เก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ประกอบด้วย

1. Radio Meter ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับและแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นค่าที่เป็นตัวเลข การทำงานไม่จำเป็นต้องจ่ายกระแสไฟเข้าที่ตัวอุปกรณ์เนื่องจากตัวอุปกรณ์ มีแผงรังสีดวงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นตัวกำเนิดพลังงาน

2. Data Logger รุ่น CR23X ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จาก Radio Meter โดยสามารถตั้งค่าให้ตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลลงในตัวเครื่องโดยสามารถทำการถ่ายข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์โดยการต่อสายถ่ายโอนข้อมูลได้โดยตรงข้อมูลที่ได้อาจบันทึกในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft excel ได้



Pyranometer



Data Logger รุ่น CR23X

ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

กลุ่มที่ 2 เก็บข้อมูลความเร็วลม (Wind Speed) ประกอบด้วย

1. เครื่องมือวัดทิศทางและความเร็วลม ประกอบด้วย

2. เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus Data Logger) เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถเก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณและต่อเป็นระบบเดียวกันได้จนถึง 250 ช่องสัญญาณ สามารถติดตั้งเซนเซอร์สำหรับตรวจจับข้อมูลชนิดต่างๆ วัดได้ทั้งแบบ On Line หรือ Off Line

- การวัดแบบ On Line สามารถทำได้โดยการ Set Up เครื่อง โดยใช้ Support Software run บนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมระหว่างเครื่องบันทึกข้อมูลกับ Com Port แล้วบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงบน Harddisk ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทันที โดยต้องเปิดเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไว้ตลอดเวลาการบันทึก

- การวัดแบบ Off Line สามารถทำได้โดยการ Set Up เครื่องเช่นเดียวกับแบบ On Line แล้วนำไปตั้งตามสถานที่ต่างๆ โดยไม่ต้องต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขณะบันทึกข้อมูล



เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม (Anemometer) เป็นเครื่องมือวัดค่าความเร็วลมและทิศทางของลม โดยวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0-50 m/s และวัดทิศทางของลมได้ตั้งแต่ 0-360 องศา แต่เนื่องจากเครื่องนี้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จึงจำเป็นต้องต่อกับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus Data Logger)



ภาพที่ 3.3 เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางลม (Anemometer)

#### การติดตั้งเครื่องมือ

ข้อมูลที่ต้องการจากการเก็บเพื่อสามารถวิเคราะห์ผลสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับสภาพแวดล้อม ประกอบไปด้วย

- ความเร็วลม (Wind Velocity)
- ทิศทางลม (Wind Direction)

ซึ่งทำการวัดที่ระดับเดียวกันทั้งหมดคือที่ระดับ 1.20 เมตรเหนือพื้นดิน

กลุ่มที่ 3 เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) ประกอบด้วย

1. Temperature Sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยตัวเครื่องสามารถวัดได้ทั้งหมด 5 ชุดข้อมูลพร้อมกันโดยแบ่งเป็นตัวเก็บชุดข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ 4 ช่องสัญญาณ และความชื้นสัมพัทธ์ 1 ช่องสัญญาณ ในการวัดMRT ได้ทำการประยุกต์ใช้วัตถุโลหะทรงกลมทาสีดำด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 ซม. ค่า Emissivity เท่ากับ 0.95 มาหุ้มหัว

Sensor วัดอุณหภูมิ 1 หัวใช้แทน Globe Meter แล้วนำค่ามาคำนวณตามสูตรหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในบทที่ 2



Temperature Sensor

ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย

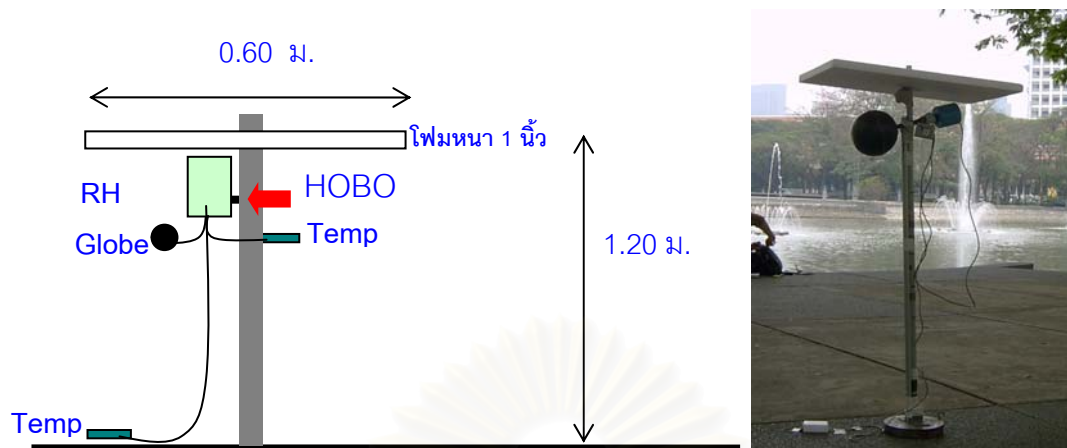
### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลปัจจัยที่สำคัญต่อสภาวะน่าสบาย คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเร็วลม ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ใช้ช่วงเวลาเก็บ 5 วัน ช่วงห่างกันทุก ๆ 5 นาที โดยแบ่งการเก็บข้อมูลตามลักษณะทางกายภาพได้แก่

### 3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง

ทำการวัดที่ระดับเดียวกันทั้งหมดคือที่ระดับ 1.20 เมตรเหนือพื้นดิน ตำแหน่งในการติดตั้งมีระยะห่างกัน ในแต่ละตำแหน่ง ในการพิจารณาการวางตำแหน่งทิศทางลมเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความจำเป็นที่ต้องพิจารณา ดังนั้นในการวางตำแหน่งจึงควรไม่วางซ้อนหรือบังทิศทางลมกัน เนื่องจากลมที่พัดจะพาอุณหภูมิอากาศจากจุดทดลองจุดอื่นมาผสมเป็นผลให้ได้ค่าอุณหภูมิที่เป็นค่าจริงของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ

## การติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง



ภาพที่ 3.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย

การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองจะติดตั้งห่างจากพื้นเป็นระยะ 1.20 เมตร เท่ากันทั้ง 3 จุด ในรูปแบบการติดตั้งเครื่องมีความจำเป็นต้องป้องกันรังสีดวงอาทิตย์กระทบโดยตรง จึงติดตั้งอุปกรณ์ภายใต้พุ่มหนา 1 นิ้ว เพื่อป้องกันรังสีดวงอาทิตย์และพุ่มยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันการนำความร้อนได้ดี

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

3.5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงและข้อมูลอ้างอิง

3.5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี ของกรุงเทพมหานคร

#### 3.5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงและข้อมูลอ้างอิง

นำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงมาจัดกลุ่มและทำแผนภูมิเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยการนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอในรูปแบบของ Bioclimatic Chart ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ถึงสภาวะน่าสบายโดยจะทำการเปรียบเทียบกรณีทั้ง 6 กรณี ซึ่งจะทำให้ทราบถึงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายโดยสภาวะน่าสบายที่ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐาน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มที่แรกเป็นสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay และกลุ่มที่สองเป็นสภาวะน่าสบายที่ขยายจากของOlgyay โดย ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ โดยเลือกใช้ขอบเขตที่ขยายในระดับที่ 1 เพื่อให้เพิ่มขอบเขตน่าสบายเพิ่มมากขึ้น และทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไรที่เป็นผลที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายดังกล่าวได้ โดยที่แผนภูมิที่จะแสดงถึงพฤติกรรมความสัมพันธ์ของปัจจัย ประกอบด้วย แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศ แผนภูมิแสดงความชื้นสัมพัทธ์อากาศของ

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย แผนภูมิแสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และแผนภูมิแสดงความเร็วลม ข้อมูลในแผนภูมิทั้งหมดจะเปรียบเทียบทุกกรณีพร้อมกันซึ่งจะทำให้เห็นพฤติกรรมที่แตกต่างกันทั้ง 6 กรณี และทำการสรุป

### 3.5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อยได้แก่

#### 3.5.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 11 ปี

นำข้อมูลอากาศเฉลี่ย 11 ปี มาเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์และนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนภูมิ Bioclimatic Chart และแผนภูมิที่แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยแสดงผลในรูปแบบ Bioclimatic Chart และแผนภูมิที่แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่ไม่มีความเร็วลม

3.5.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 11 ปีเทียบกับข้อมูลอากาศที่ได้จากการเก็บข้อมูล เนื่องจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 11 ปีเป็นข้อมูลอากาศที่ทำการเก็บโดยไม่มีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบดังนั้นการที่ต้องการจะทราบว่าภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปีที่เปลี่ยนไปเมื่ออยู่ในสภาพภูมิทัศน์ต่างกัน จึงต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงมาเป็นฐานข้อมูลเทียบเคียงในการวิเคราะห์ โดย นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และข้อมูลอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยเปลี่ยนไป มี 8 กรณี คือ บริเวณดินแห้งในร่มและกลางแจ้ง บริเวณสนามหญ้าในร่มและกลางแจ้ง บริเวณคอนกรีตในร่มและกลางแจ้ง กับบริเวณสระน้ำในร่มและกลางแจ้ง มาหาความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft office Excel ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Regression) โดยที่ตั้งค่าความน่าเชื่อถือที่ 95 % ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยของสนามหญ้ากลางแจ้งและในร่มความชื้นสัมพัทธ์ สระน้ำในร่มและกลางแจ้งกับความชื้นสัมพัทธ์ และค่า X เป็นอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุงเทพมหานคร และนำค่าสมการที่ได้ไปใช้ในการคาดการณ์ว่าในภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปีในลักษณะของสภาพภูมิทัศน์ที่ต่างกัน 8 กรณี จะมีค่าอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยเฉลี่ยเปลี่ยนไปเป็นเท่าไรเพื่อนำไปแสดงผลใน Bioclimatic Chart หาจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย และแผนภูมิแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในเขตน่าสบายของแต่ละเดือน และปริมาณอุณหภูมิที่สามารถลดลงได้ใน 1 ปี

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกบริเวณพื้นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล คือ บริเวณสนามหน้าคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่ม

1. บริเวณสระน้ำในร่ม
2. บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง
3. บริเวณดินในร่ม
4. บริเวณดินกลางแจ้ง
5. บริเวณสนามหญ้าในร่ม
6. บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง
7. บริเวณคอนกรีตในร่ม
8. บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง

#### 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล

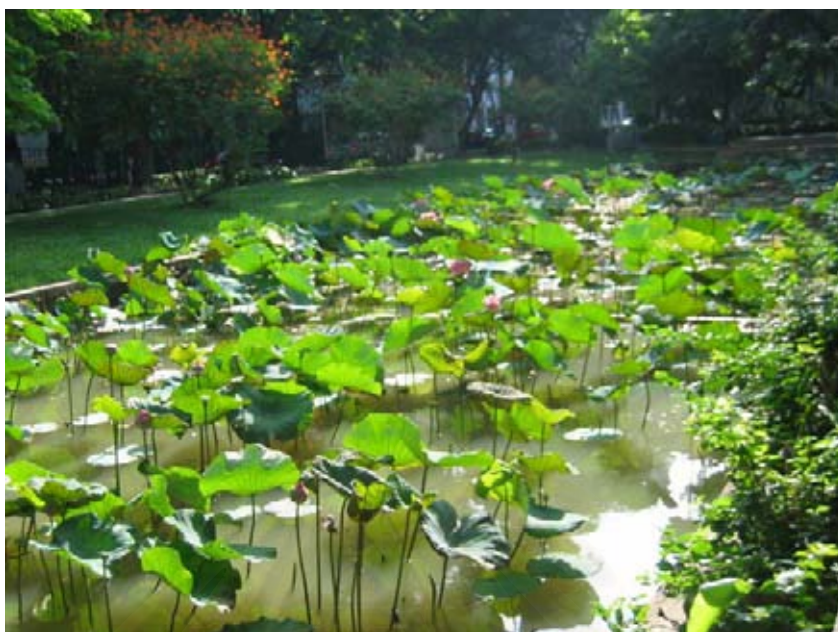


สภาพท้องฟ้าวันที่ 17 เมษายน 2550



สภาพท้องฟ้าวันที่ 18 เมษายน 2550

ภาพที่ 4.1 ภาพแสดงสภาพท้องฟ้าในวันที่ทำการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสระน้ำในร่ม



ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสระน้ำกลางแจ้ง



ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสนามหญ้าในร่ม



ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง



ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณดินในร่ม



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณดินกลางแจ้ง





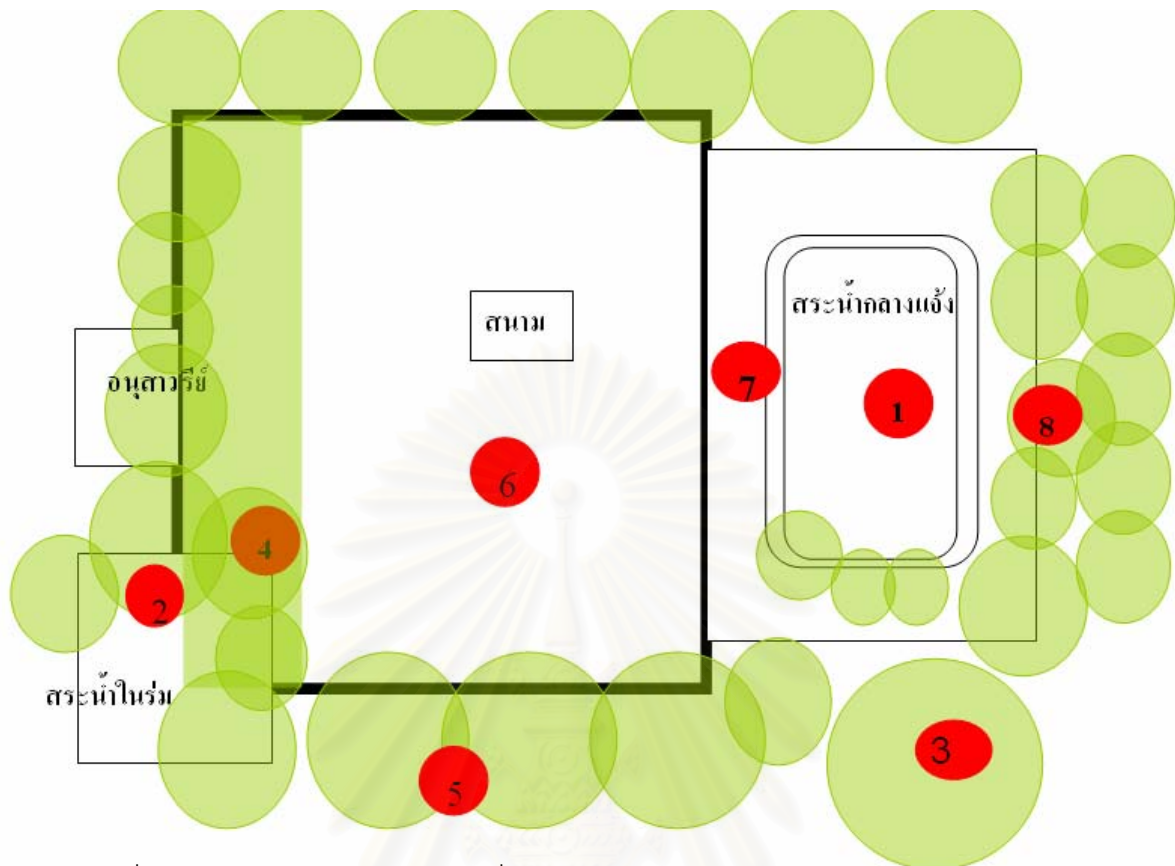
บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง



บริเวณคอนกรีตในร่ม

ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงสถานที่เก็บข้อมูลบริเวณคอนกรีตในร่ม และคอนกรีตกลางแจ้ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงตำแหน่งสถานที่เก็บข้อมูลภายในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่

หมายเลข 1 คือ บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง

หมายเลข 2 คือ บริเวณสระน้ำในร่ม

หมายเลข 3 คือ บริเวณสนามหญ้าในร่ม

หมายเลข 4 คือ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

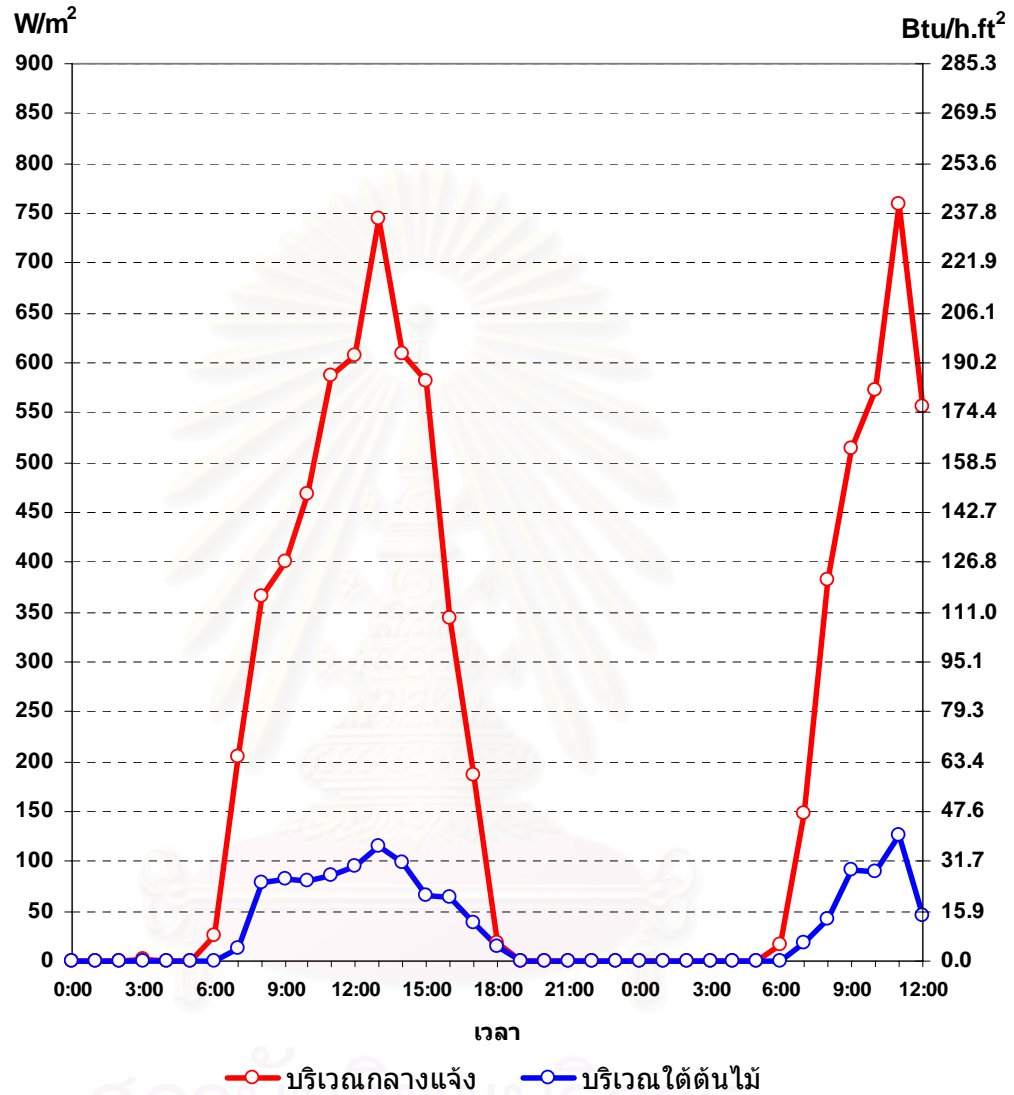
หมายเลข 5 คือ บริเวณดินในร่ม

หมายเลข 6 คือ บริเวณดินกลางแจ้ง

หมายเลข 7 คือ บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง

หมายเลข 8 คือ บริเวณคอนกรีตในร่ม

แผนภูมิแสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 17-18 เมษายน 2550



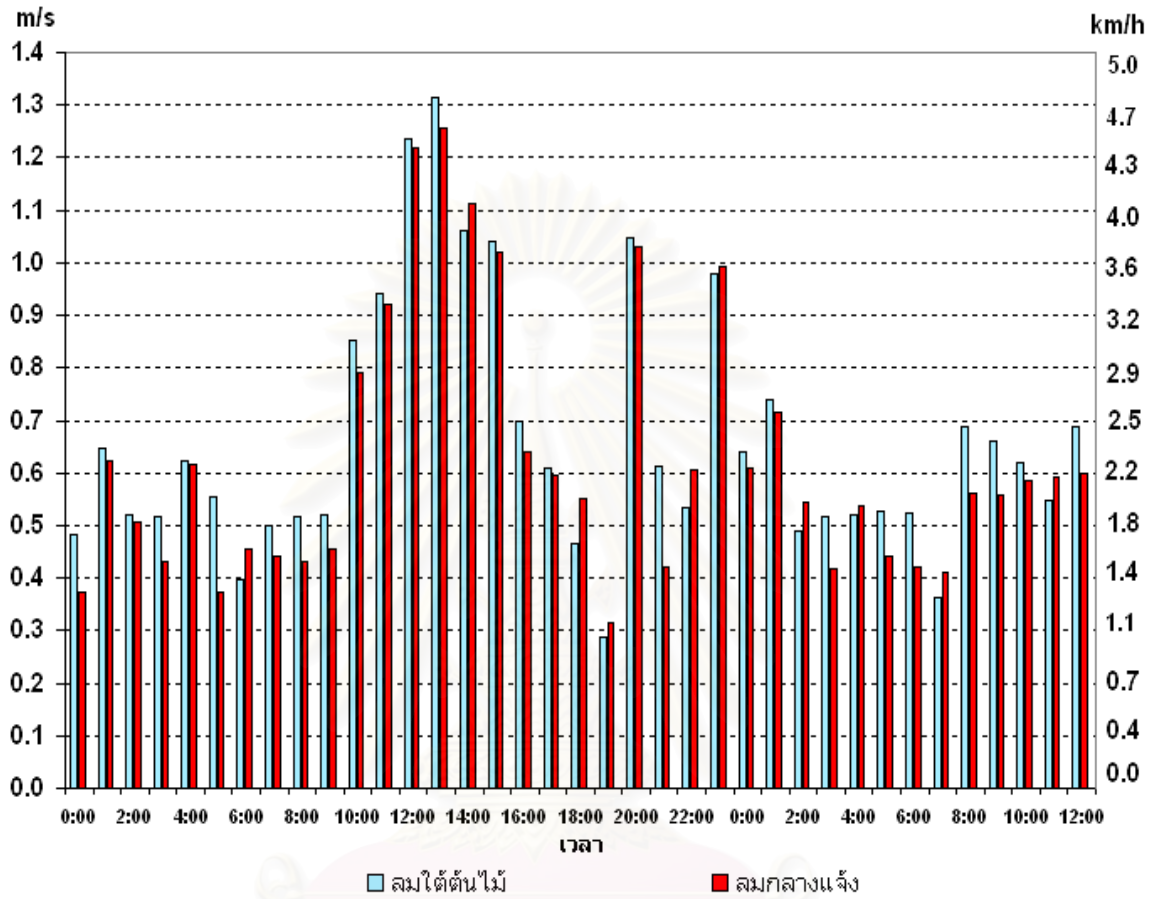
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณกลางแจ้ง และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บริเวณใต้ต้นไม้ วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จากแผนภูมิที่ 4.4 พบว่าค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วงเวลา 19:00 – 5:00 น. มีค่า  $0 \text{ W/m}^2$  ทั้ง 2 ตำแหน่ง เนื่องจากเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้ว ส่วนในช่วงเวลา 6:00 – 18:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางวันมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของ 2 ตำแหน่ง โดยที่ข้อมูลบริเวณกลางแจ้งจะมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ปริมาณที่สูง โดยมีค่าอยู่สูงสุดอยู่ที่  $750$  และ  $760 \text{ W/m}^2$  ที่เวลา 13:00 น. และ 11.00 น. ตามลำดับ ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่อยู่ใต้ร่มเงาของต้นไม้ตลอดเวลาจึงลดปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ได้โดยที่ค่าสูงสุดอยู่ที่  $121.39 \text{ W/m}^2$  ที่เวลา 13:00 น. ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง  $628.61 \text{ W/m}^2$  หรือประมาณ 6 เท่า



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงปริมาณความเร็วลมบริเวณกลางแจ้งและบริเวณใต้ต้นไม้ ที่ระดับ 1.20 เมตร



แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมที่ระดับ 1.20 เมตร บริเวณใต้ต้นไม้ และบริเวณกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

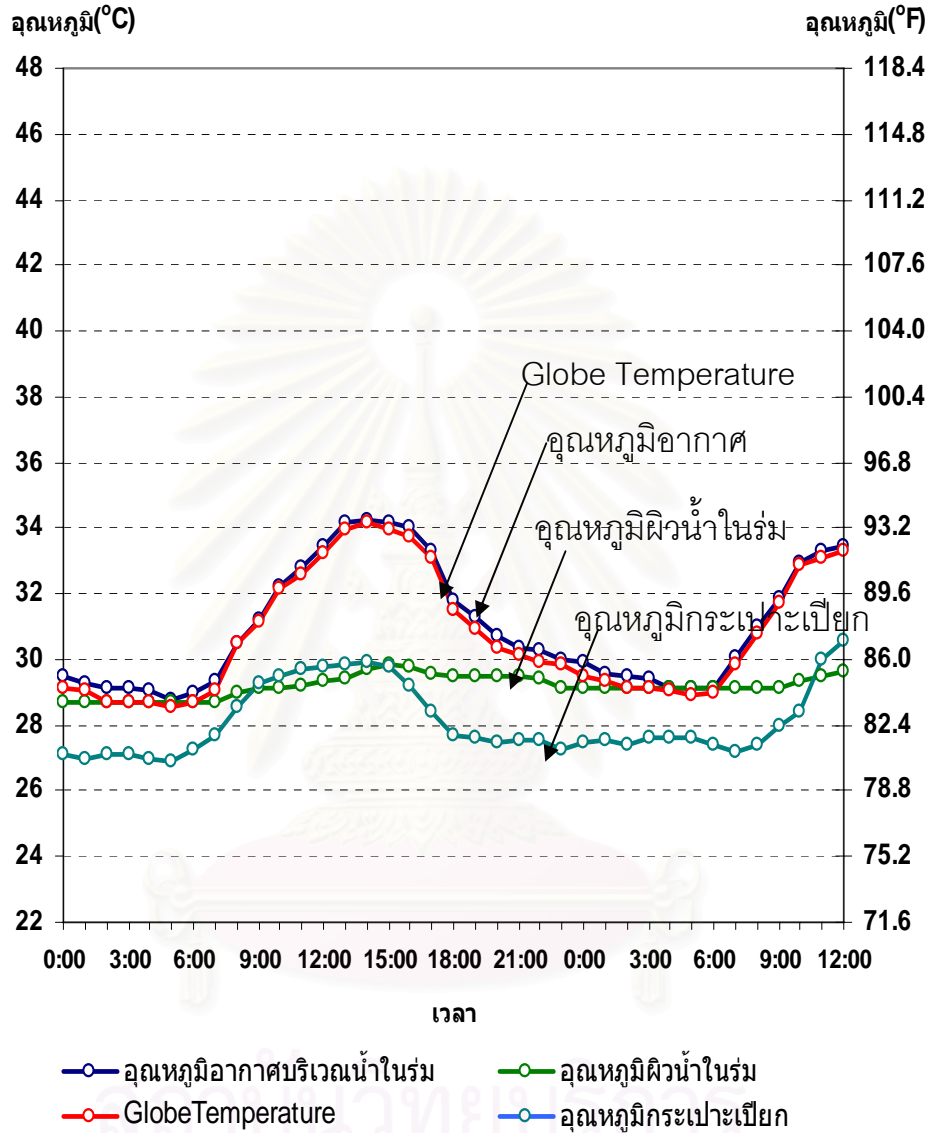
จากแผนภูมิที่ 4.2 ความเร็วลมบริเวณใต้ต้นไม้และกลางแจ้งที่ได้จากการเก็บข้อมูลในวันที่ 17-18 เมษายน 2550 ค่าความเร็วลมบริเวณใต้ต้นไม้เฉลี่ย 2.38 km/h ความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ 4.73 km/h เวลา 13.00 น. ความเร็วลมต่ำสุด มีค่า 1.31 km/h ที่เวลา 07.00 น. และบริเวณกลางแจ้งความเร็วลมเฉลี่ย 2.25 km/h ความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ 4.53 km/h ที่เวลา 13.00 น. และค่าความเร็วลมต่ำสุดอยู่ที่ 1.13 km/h ที่เวลา 19.00 น.

จากข้อมูล 37 ชั่วโมง พบว่าความเร็วลมที่ผ่านบริเวณใต้ต้นไม้มีอัตราความเร็วที่สูงกว่า ลมบริเวณกลางแจ้ง ถึง 27 ชั่วโมง และเร็วกว่าเฉลี่ย 0.13 km/h เนื่องจากทรงพุ่มใบของต้นไม้ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวบังคับลมให้มีความเร็วบริเวณใต้พุ่มใบเพิ่มสูงขึ้น



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวน้ำในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก  
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสระน้ำในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวน้ำในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

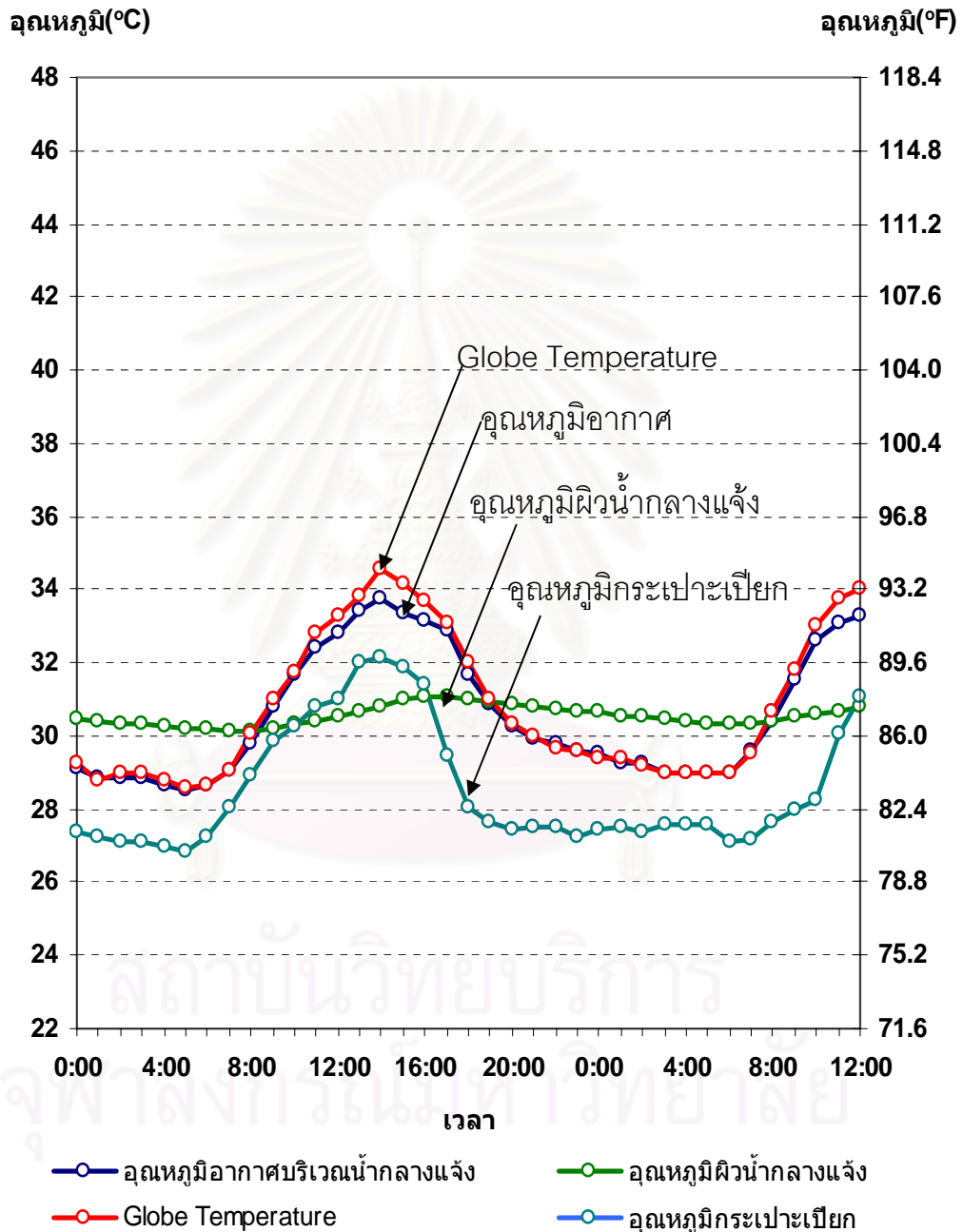
จากแผนภูมิที่ 4.3 พบว่าพฤติกรรมค่าอุณหภูมิผิวน้ำในร่มเวลา 00.00-06.00 น. อุณหภูมิ น้ำในร่มอุณหภูมิอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 29 องศาเซลเซียส เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูงกว่า และมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับอุณหภูมิอากาศ เมื่อ 06.00 น. อุณหภูมิ น้ำต่ำที่สุด 28.5 องศาเซลเซียส โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ถึง 29.8 องศาเซลเซียสในเวลา 15.00 น. ในอัตราชั่วโมงละ 0.13 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ น้ำในร่ม

พฤติกรรมค่าอุณหภูมิผิวน้ำกลางแจ้งช่วงเวลา 07.00-18.00 น. สูงขึ้นเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ แต่จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิ น้ำในร่มมีค่าสูงที่สุด 29.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. และเมื่อเวลา 18.00 น. จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเวลา 03.00-06.00 น. จะมีค่าเป็นจุดเดียวกับอุณหภูมิอากาศอีกครั้ง เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสระน้ำในร่มตลอดเวลา เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์



แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวหนังในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก  
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสระน้ำกลางแจ้ง  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังน้ำกลางแจ้ง Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

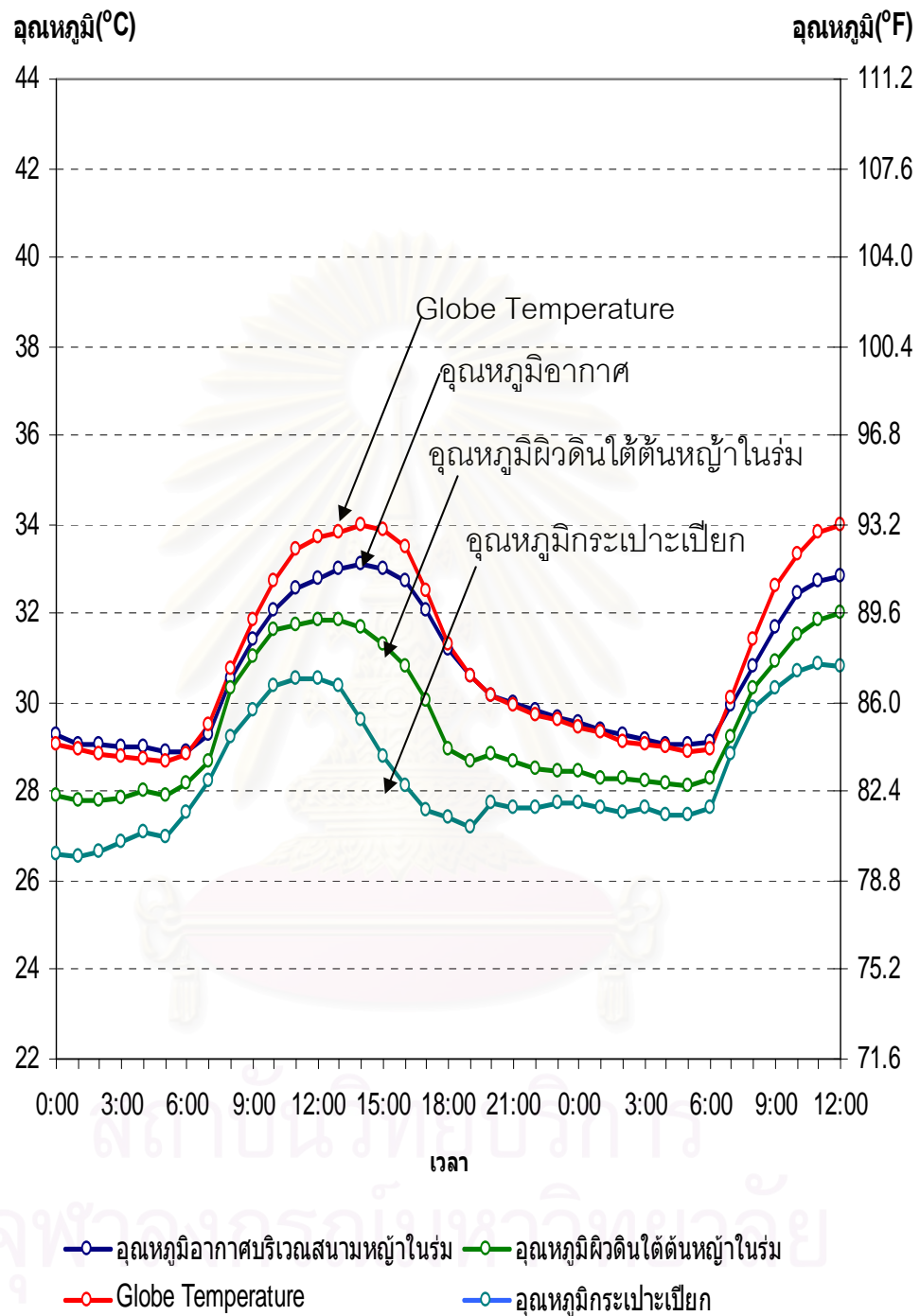
จากแผนภูมิที่ 4.4 พบว่าพฤติกรรมค่าอุณหภูมิผิวน้ำกลางแจ้ง มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ คือ 30-31 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 00.00-08.00 น. อุณหภูมิผิวน้ำกลางแจ้งมีค่า 30.2 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ประมาณ 2 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 08.00-18.00 น. อุณหภูมิผิวน้ำจะค่อยเพิ่มสูงขึ้นในอัตราชั่วโมงละ 0.09 องศาเซลเซียส เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ประมาณ 3 องศาเซลเซียส เนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนสูงกว่า อุณหภูมิผิวน้ำต่ำที่สุดเมื่อเวลา 06.00 น. มีค่า 30.2 องศาเซลเซียส โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ถึง 31.3 องศาเซลเซียสในเวลา 15.00 น.

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสระน้ำกลางแจ้งตลอดเวลา ยกเว้นช่วงเวลา 11.00-17.00 น. ที่อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.8 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้าในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิ  
 กระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้าในร่ม  
 วันที่ 17-18 เมษายน 2550



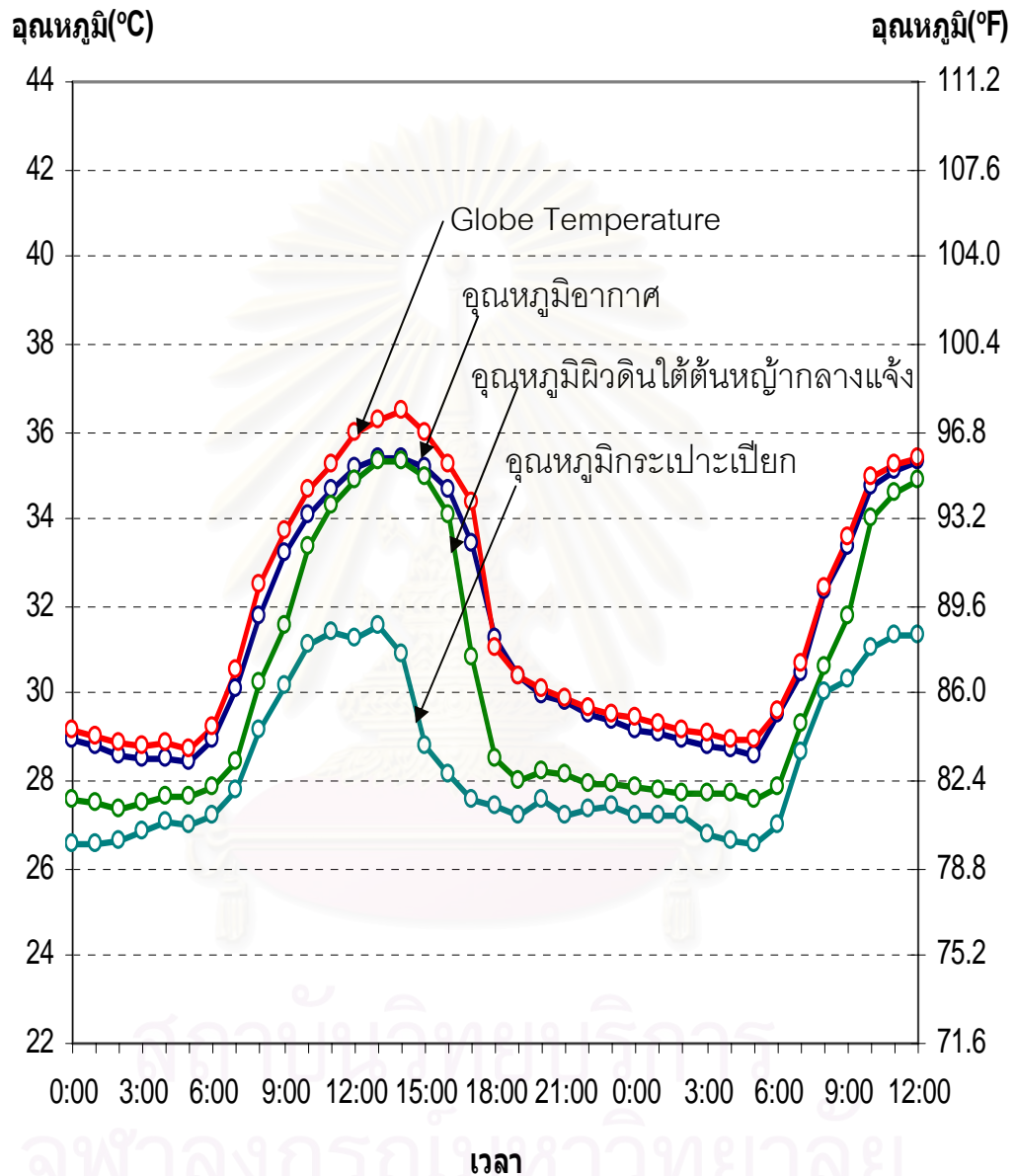
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้าในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

จากแผนภูมิที่ 4.5 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวหน้าในร่มแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลา อุณหภูมิผิวดินใต้ ต้นหญ้าในร่มมีค่าสูงสุด 32 องศาเซลเซียส ในช่วง 14.00 น. ส่วนช่วงเวลา 06.00-13.00 น. มี อัตราเพิ่มขึ้น ชั่วโมงละ 0.57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 14.00-18.00 น. อุณหภูมิผิวหน้าในร่ม จะค่อย ๆ ลดลงในอัตราชั่วโมงละ 0.66 องศาเซลเซียส ในช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ คือ ช่วงเวลา 19.00-06.00 น. เป็นเวลาที่อุณหภูมิผิวหน้าในร่มค่อย ๆ ลดต่ำลง และลดลง มากที่สุด ที่ 28 องศาเซลเซียสในช่วง 06.00 น. เนื่องจากการคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้าในเวลา กลางคืน

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เล็กน้อยในช่วงเวลา 21.00-06.00 น. เนื่องจากในช่วงที่ไม่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ สภาพแวดล้อมจะคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้าส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้ง Globe Temperature  
อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามกลางแจ้ง  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550



- อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง    —○— อุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้ง  
—○— Globe Temperature    —○— อุณหภูมิกระเปาะเปียก

แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้ง

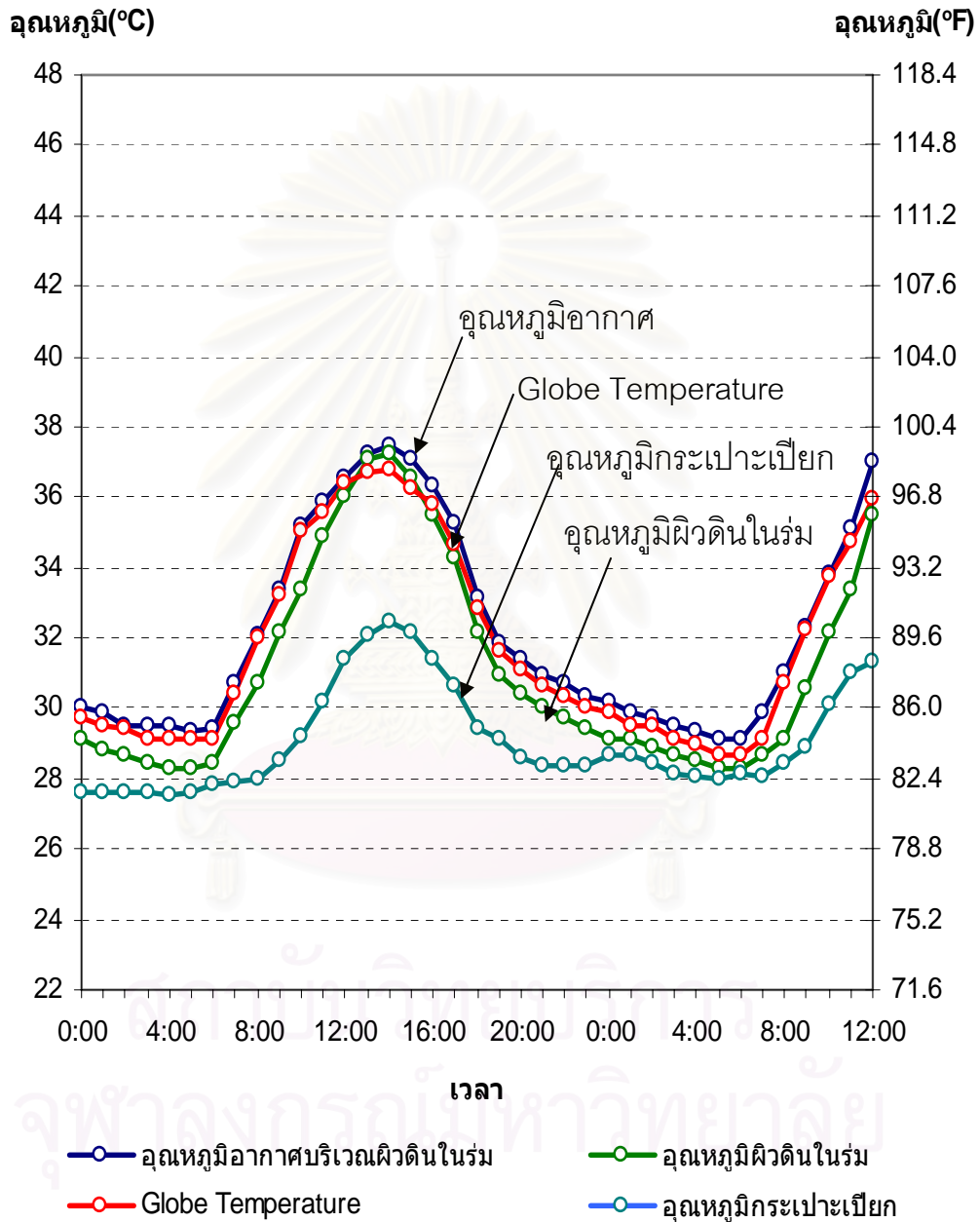
Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

จากแผนภูมิที่ 4.6 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้งแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลา ยกเว้นช่วงเวลา 13.00-15.00 น. ที่มีอุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้งมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้งมีค่าสูงสุด 35.3 องศาเซลเซียส ในช่วง 14.00 น. อุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00 น. มีค่า 27.7 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงเวลา 18.00-06.00 น. เป็นช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้ง จะลดต่ำลง ในอัตราชั่วโมงละ 0.15 องศาเซลเซียส เนื่องจากการคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้า ช่วงเวลา 07.00-14.00 น. อุณหภูมิผิวดินใต้ต้นหญ้ากลางแจ้งจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในอัตราชั่วโมงละ 0.91 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง โดยในช่วง 15.00-18.00 น. ลดลงในอัตราชั่วโมงละ 1.75 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวดินในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก  
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณดินในร่ม  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินในร่ม

Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

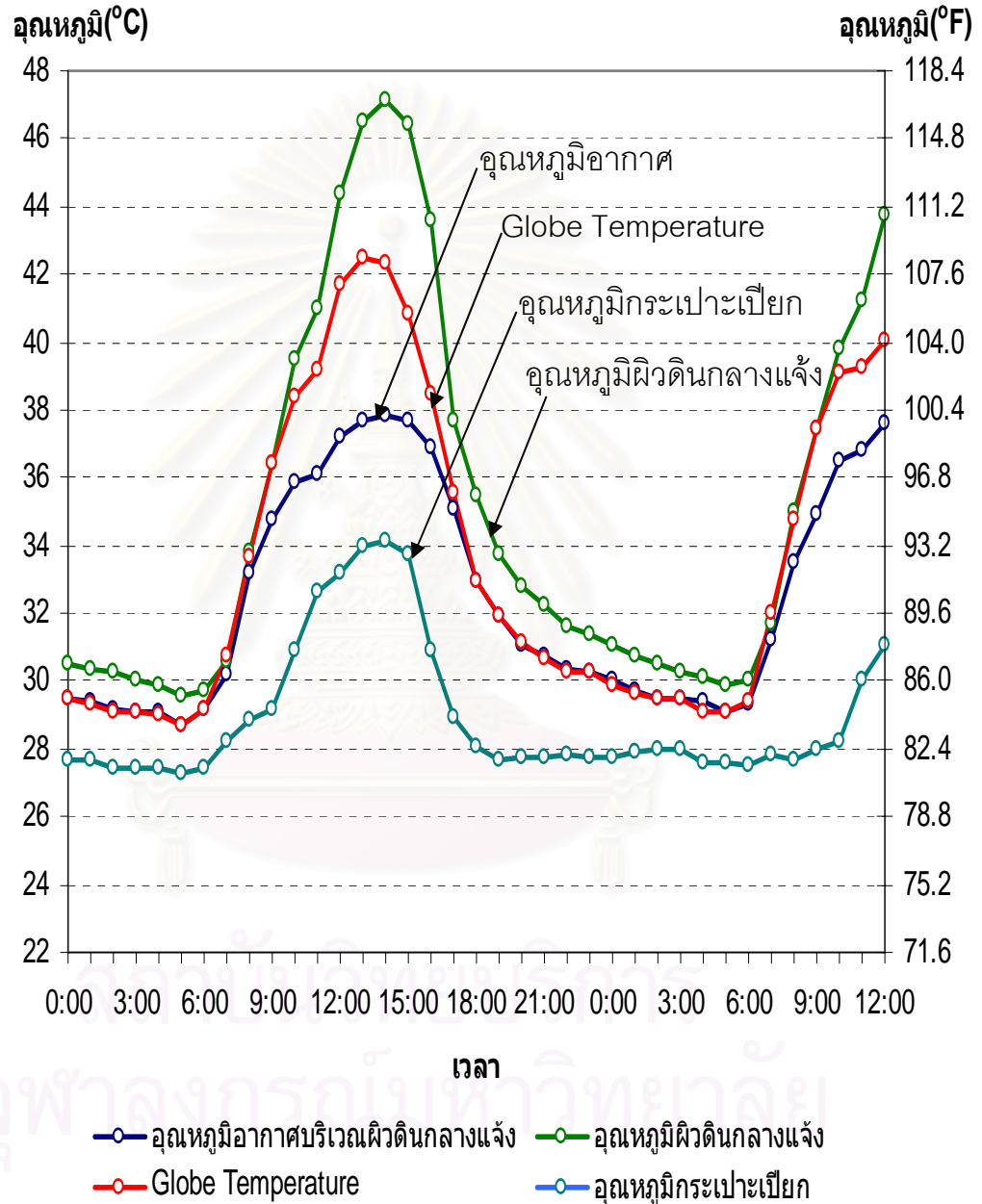
จากแผนภูมิที่ 4.7 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวดินในร่มแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ แต่ในช่วง 00.00-13.00 น. มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ยกเว้นช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ที่มีอุณหภูมิผิวดินในร่มมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวดินในร่มมีค่าสูงสุด 37.3 องศาเซลเซียส ในช่วง 14.00 น. อุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลา 06.00 น. มีค่า 27.7 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงเวลา 18.00-06.00 น. เป็นช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวดินในร่ม จะลดต่ำลง ในอัตราชั่วโมงละ 0.15 องศาเซลเซียส เนื่องจากการคายความร้อนคืนสู่ท้องฟ้า ช่วงเวลา 07.00-14.00 น. อุณหภูมิผิวดินในร่มจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในอัตราชั่วโมงละ 1.13 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง โดยในช่วง 15.00-18.00 น. ลดลงในอัตราชั่วโมงละ 1.825 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวดินกลางแจ้ง Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก  
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณดินกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวดินกลางแจ้ง

Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

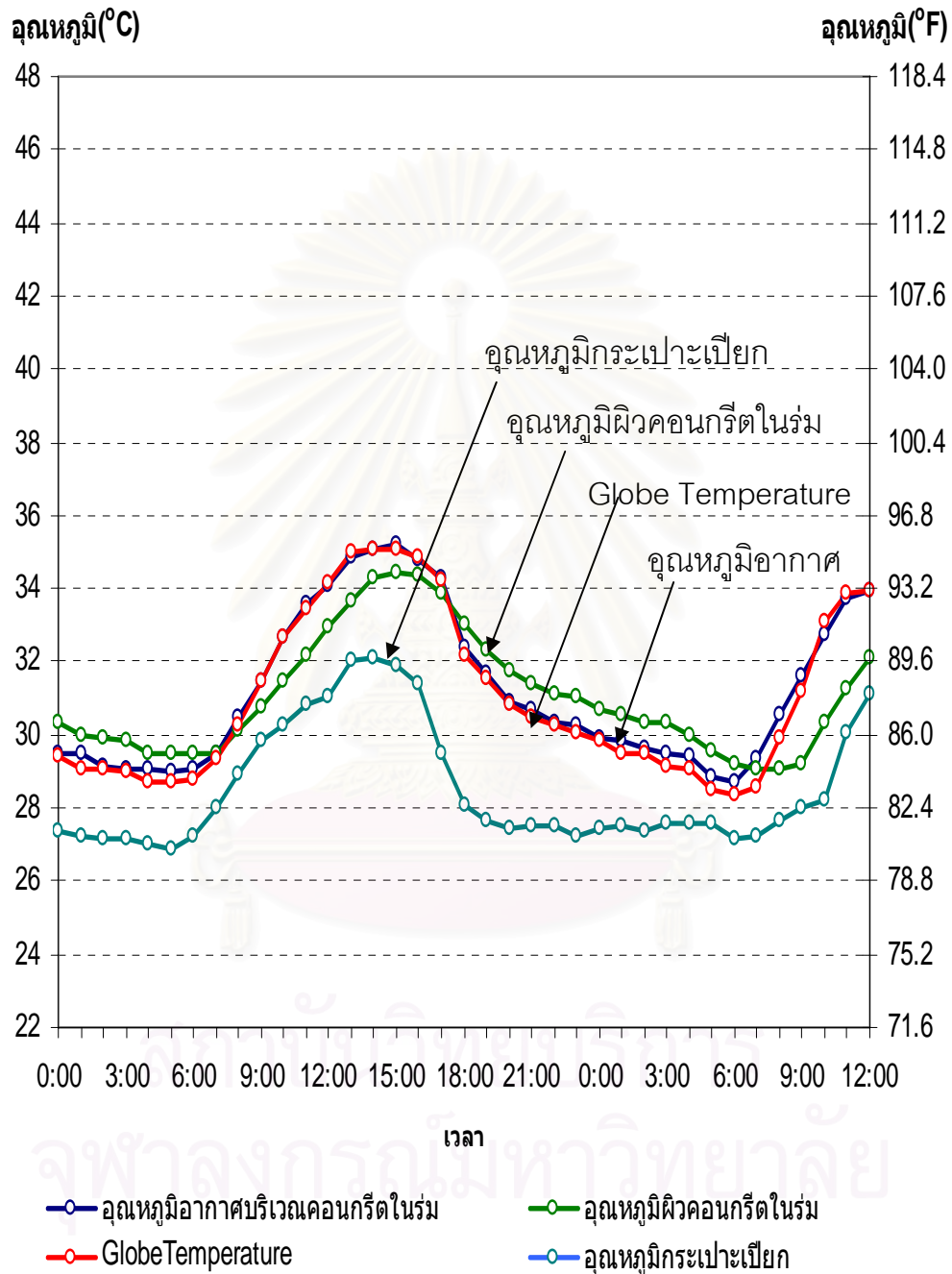
จากแผนภูมิที่ 4.8 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวดินกลางแจ้งแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วง 06.00-09.00 น. มีค่าเท่ากับกับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่วนในช่วง 10.00-15.00 น. จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลา โดยในช่วง 10.00-14.00 น. อุณหภูมิผิวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในอัตราชั่วโมงละ 1.5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง โดยในช่วง 15.00-18.00 น. ลดลงในอัตราชั่วโมงละ 3.5 องศาเซลเซียส ในช่วง 19.00-05.00 น. ลดลงในอัตราชั่วโมงละ 0.18 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 07.00-09.00 น. หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 4 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ในช่วงเวลา 18.00-06.00 น. Globe Temperature มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวคอนกรีตในร่ม Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบ  
กับอุณหภูมิอากาศบริเวณคอนกรีตในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตในร่ม

Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

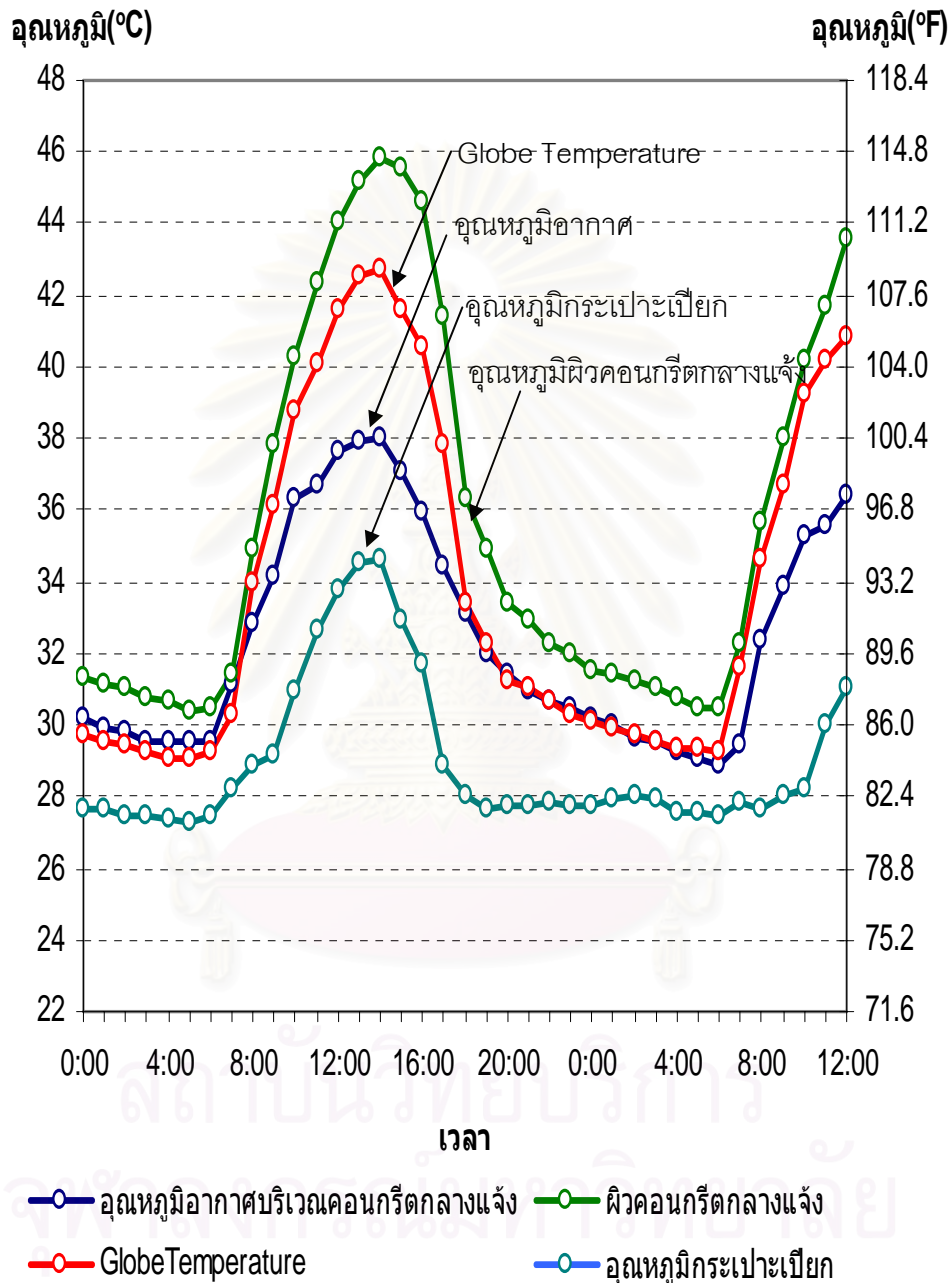
จากแผนภูมิที่ 4.9 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวคอนกรีตในร่มแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วง 00.00-06.00 น. มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากคอนกรีตสะสมความร้อนไว้ในช่วงกลางวันถึง 11 ชั่วโมงและไม่สามารถคายความร้อนสู่ท้องฟ้าได้หมด เมื่อมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ คือช่วงเวลา 07.00-17.00 น. อุณหภูมิผิวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยในช่วง 18.00 น. อุณหภูมิผิวเท่ากับอุณหภูมิอากาศ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดต่ำลง แต่จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากคอนกรีตมีมวลหนาแน่นมากจึงคายความร้อนสู่ท้องฟ้าได้ช้า

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศตลอดเวลา ยกเว้น ช่วงเวลา 00.00-06.00 น. จะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยช่วงเวลา 06.00 น.มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด คือ 27 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น และมีค่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 35 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวคอนกรีตกลางแจ้ง Globe Temperature  
อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศบริเวณคอนกรีต  
กลางแจ้ง



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอนกรีตกลางแจ้ง

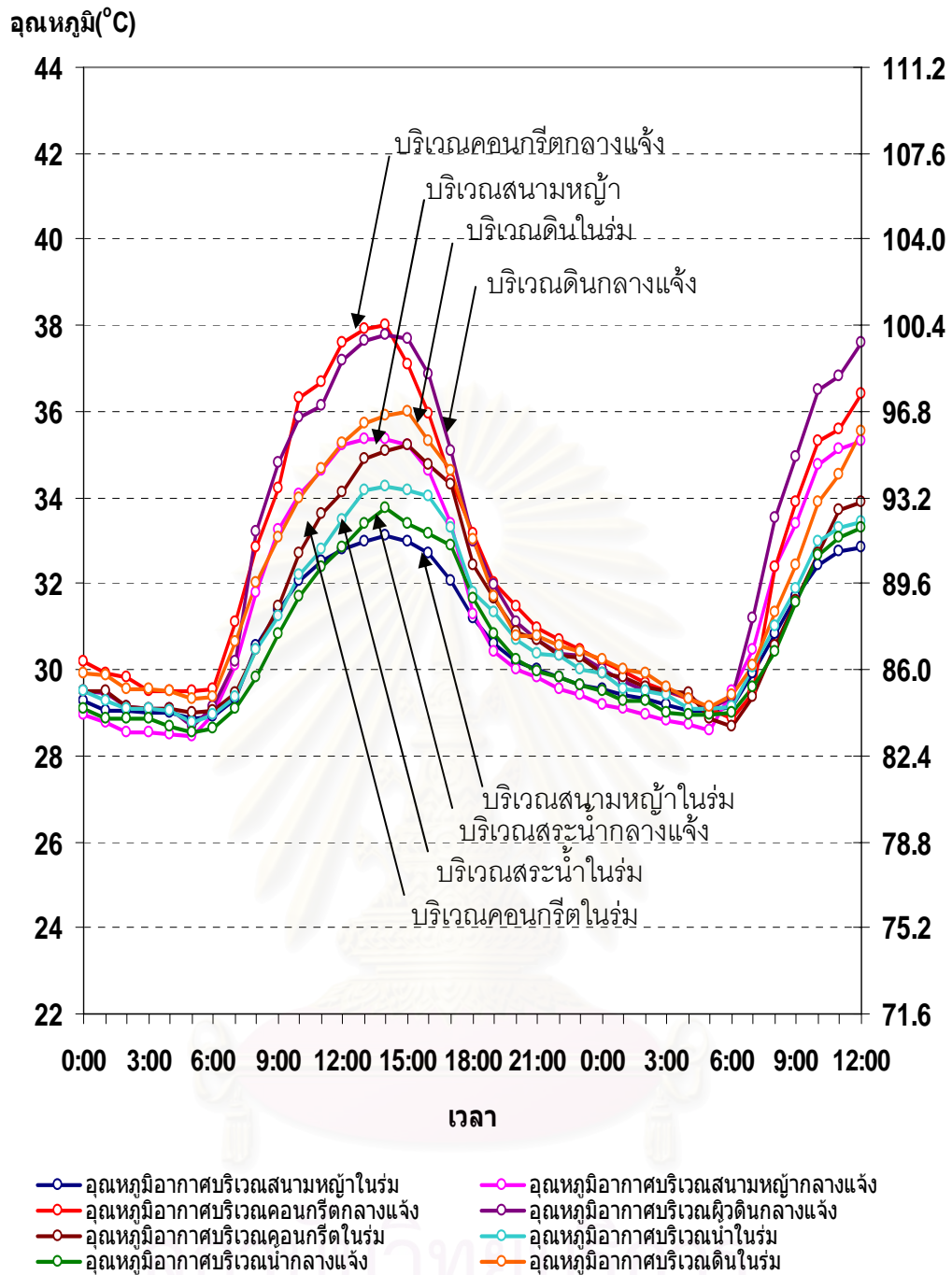
Globe Temperature อุณหภูมิกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศ

จากแผนภูมิที่ 4.10 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวคอนกรีตกลางแจ้งแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วง 10.00-05.00 น. มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากคอนกรีตสะสมความร้อนไว้ในช่วงกลางวันและไม่สามารถคายความร้อนสู่ท้องฟ้าได้หมด เมื่อมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ คือช่วงเวลา 07.00-13.00 น. อุณหภูมิผิวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยในช่วง 08.00-09.00 น. อุณหภูมิผิวคอนกรีตเท่ากับอุณหภูมิอากาศ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวคอนกรีตสูงสุดในช่วงเวลา 13.00 น. และต่ำที่สุดในช่วงเวลา 06.00 น.

อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบที่วัดได้จาก Globe Temperature มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 10.00-17.00 น. และมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 18.00-15.00 น. มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด คือ 29 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และมีค่าอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 43 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



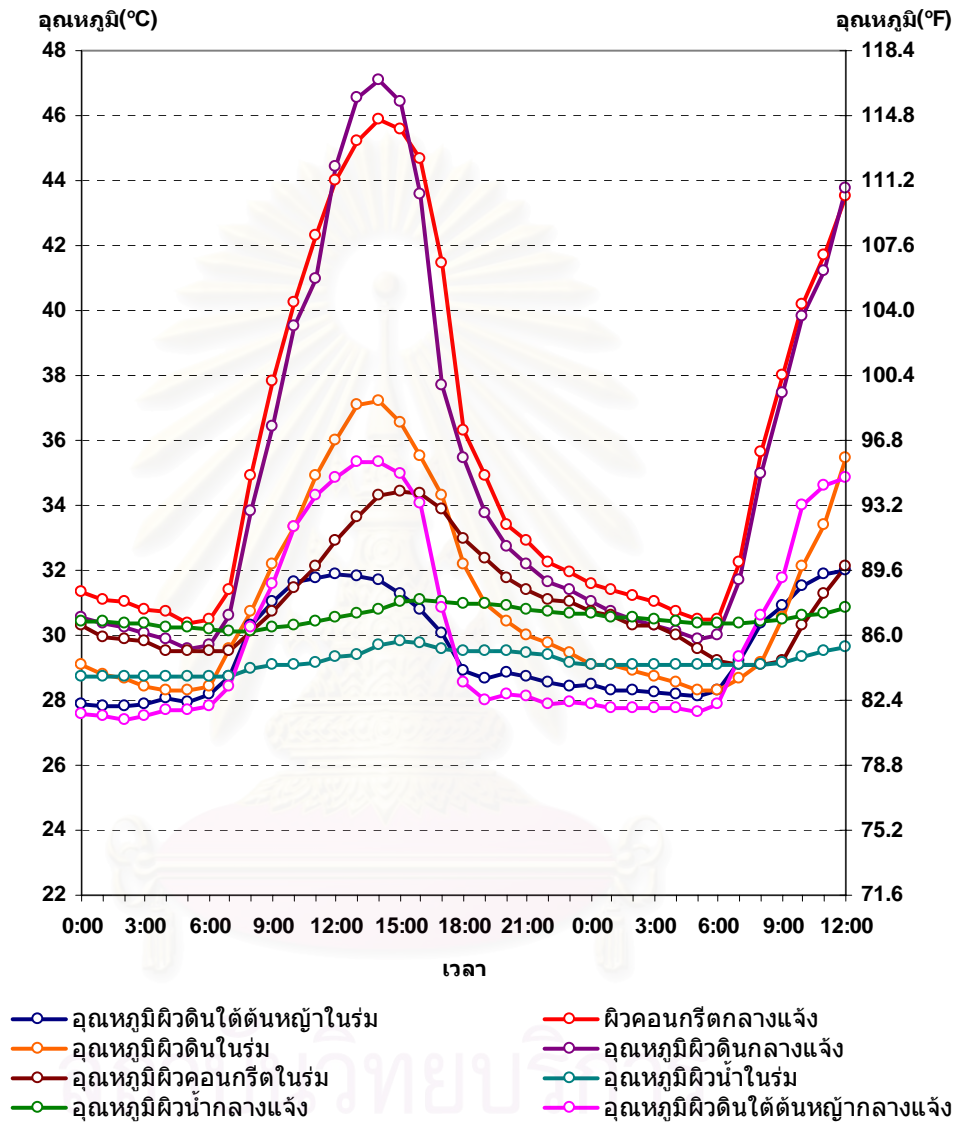
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ของสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ที่ระดับ 1.20 เมตร วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จากแผนภูมิที่ 4.11 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ คือ ในช่วง 07.00-18.00 น. อุณหภูมิอากาศมีค่าต่างกันโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งมีค่าสุด 38 องศาเซลเซียส บริเวณดินกลางแจ้ง 37.6 องศาเซลเซียส บริเวณดินในร่ม 36 องศาเซลเซียส บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง 35.3 องศาเซลเซียส บริเวณคอนกรีตในร่ม 35.2 องศาเซลเซียส บริเวณน้ำในร่ม 34.2 องศาเซลเซียส บริเวณน้ำกลางแจ้ง 33.8 องศาเซลเซียส และบริเวณสนามหญ้าในร่ม 33 องศาเซลเซียส

ในช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ คือ ช่วง 19.00- 05.00 น. อุณหภูมิอากาศทุกบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 28.5-32 องศาเซลเซียส โดยที่ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด และบริเวณคอนกรีตกลางแจ้งมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด เนื่องจากมวลสารหนาแน่นกว่าบริเวณอื่นความร้อนสะสมไว้ในเวลากลางวัน จึงคายสู่ท้องฟ้าได้ช้ากว่าบริเวณอื่นที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ในช่วงเวลา 06.00 น. ทุกบริเวณจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากที่สุด คือ ประมาณ 29 องศาเซลเซียส



แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550

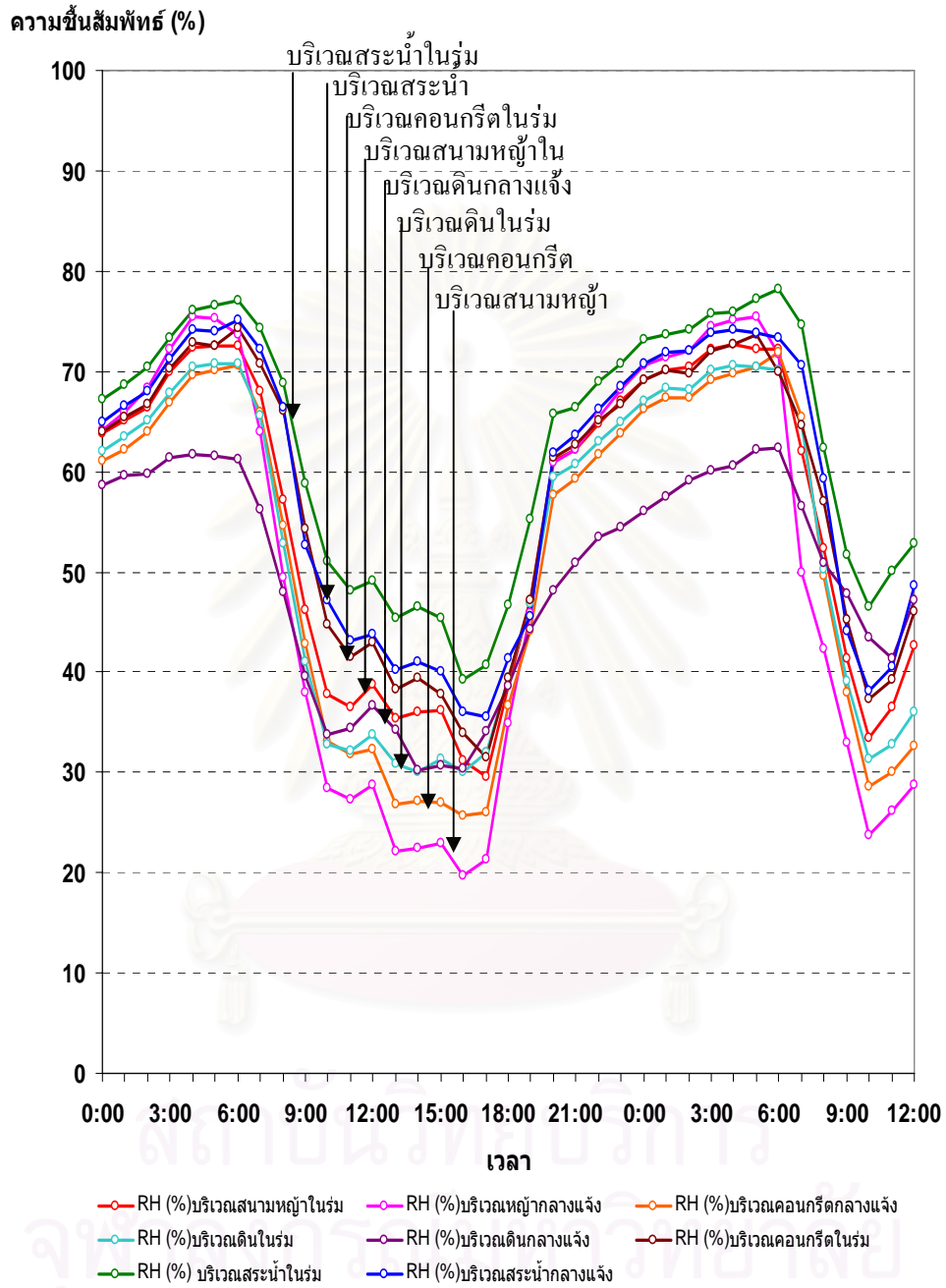
จากแผนภูมิที่ 4.11 พบว่าพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศ ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ คือ ในช่วง 07.00-18.00 น. อุณหภูมิอากาศมีค่าต่างกันโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งมีค่าสุด 38 องศาเซลเซียส บริเวณดินกลางแจ้ง 37.6 องศาเซลเซียส บริเวณดินในร่ม 36 องศาเซลเซียส บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง 35.3 องศาเซลเซียส บริเวณคอนกรีตในร่ม 35.2 องศาเซลเซียส บริเวณน้ำในร่ม 34.2 องศาเซลเซียส บริเวณน้ำกลางแจ้ง 33.8 องศาเซลเซียส และบริเวณสนามหญ้าในร่ม 33 องศาเซลเซียส

ในช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ คือช่วง 19.00- 05.00 น. อุณหภูมิอากาศทุกบริเวณมีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 28.5-32 องศาเซลเซียส โดยที่ บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด และบริเวณคอนกรีตกลางแจ้งมีอุณหภูมิที่สูงที่สุด เนื่องจากมวลสารหนาแน่นกว่าบริเวณอื่นความร้อนสะสมไว้ในเวลากลางวัน จึงคายสู่ท้องฟ้าได้ช้ากว่าบริเวณอื่นที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ในช่วงเวลา 06.00 น. ทุกบริเวณจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากที่สุด คือ ประมาณ 29 องศาเซลเซียส



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

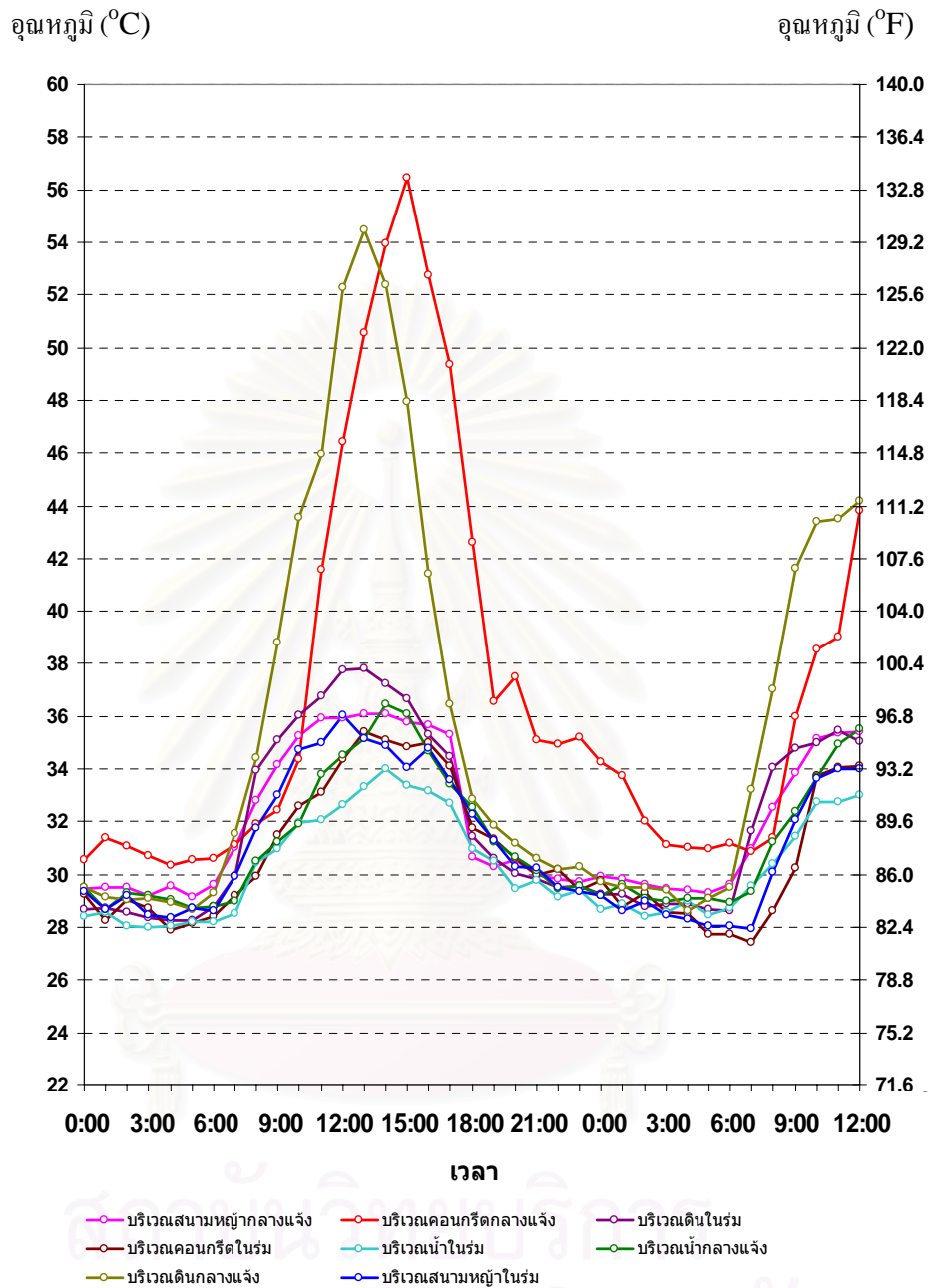
แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์บริเวณต่าง ๆ  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ  
วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จากแผนภูมิที่ 4.13 พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น.เป็นช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นผลให้อัตราการระเหยของน้ำในบรรยากาศมีน้อยลงทำให้มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นตามลำดับ โดยมีค่าความแตกต่างของบริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลอยู่ที่ช่วง 20 – 78 % ช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดอยู่ที่เวลา 5.00 – 7.00 น.เนื่องจากเป็นเวลาที่ 'ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์นานถึง 11 ชั่วโมง ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณความชื้นในอากาศโดยบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดคือบริเวณสระน้ำในร่ม มีค่า 78 % ส่วนบริเวณรองมาคือบริเวณน้ำกลางแจ้งและบริเวณดินใต้ต้นไม้มีค่า 75-76 % และบริเวณลานคอนกรีตในร่ม 72 % สาเหตุที่บริเวณสระน้ำในร่มมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด เกิดจากการระเหยของน้ำที่อากาศสะสมปริมาณน้ำไว้เป็นจำนวนมากในช่วงเวลากลางวัน และในเวลากลางคืนเป็นแหล่งที่เก็บสะสมความร้อน และใต้ต้นไม้การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิสู่ท้องฟ้าเกิดขึ้นไม่สะดวกเนื่องจากติดพุ่มใบของต้นไม้ ทำให้มีปริมาณไอน้ำในอากาศสูงและใต้ต้นไม้มีอุณหภูมิสูงกว่าท้องฟ้าจึงไม่สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างสะดวกทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณดินกลางแจ้งมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดเพราะในเวลากลางวัน สะสมความร้อนในปริมาณมากทำให้ในเวลากลางคืนยังคงมีความร้อนที่สูงกว่าบริเวณอื่นออกมา ทำให้ไอน้ำในอากาศบริเวณนั้นลดลงกว่าบริเวณอื่น รองลงมาเป็นลานคอนกรีตกลางแจ้ง ในช่วงเวลา 6:00 – 17:00 น.ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางวันมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์บริเวณต่าง ๆ โดยที่บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง และลานคอนกรีตจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 20- 32 % บริเวณดินใต้ต้นไม้ 33 % ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 39 % และบริเวณคอนกรีตใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 44 % ต่ำที่สุดตามลำดับ เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันลานคอนกรีตมีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด เป็นผลให้อัตราการระเหยของไอน้ำในอากาศมีสูงที่สุด

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



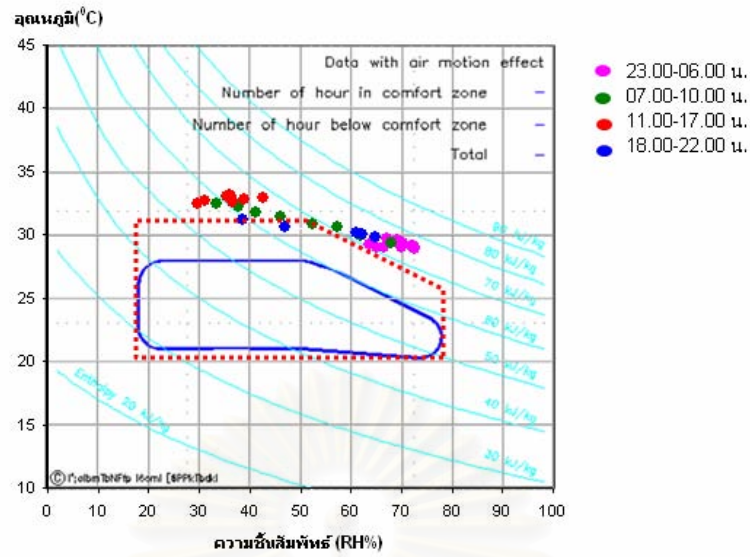
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT บริเวณสภาพแวดล้อมต่าง ๆ วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จากแผนภูมิที่ 4.13 พบว่าพฤติกรรมค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น. มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 31-28 องศาเซลเซียส ยกเว้นบริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง ที่มีอุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส อันเป็นผลเนื่องมาจากไม่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มอุณหภูมิแก่พื้นผิวต่างๆ จากแผนภูมิสามารถสังเกตได้ว่าตำแหน่งที่มีอุณหภูมิ 31-28 องศาเซลเซียสจะอยู่ในช่วงเวลา 00:00-06:00 น. ซึ่งเป็นจุดช่วงที่ดวงอาทิตย์เริ่มลับขอบฟ้าแล้ว หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) มีค่าลดลงในอัตราประมาณชั่วโมงละ 0.2-0.3 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 6:00 น. เนื่องจากความร้อนที่สะสมบริเวณพื้นผิวได้ทำแลกเปลี่ยนกับความเย็นในอากาศเป็นเวลานานถึง 11 ชั่วโมงจึงเป็นผลให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดไปด้วย ซึ่งมีค่าประมาณ 29 องศาเซลเซียส และเวลา 6:00 - 7:00 น. ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) จะสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เป็นผลที่เกิดจากการดวงอาทิตย์ที่กำลังเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้น

โดยลักษณะของชุดข้อมูลในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น. อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณลานคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่โล่งสนามหญ้าและใต้ต้นไม้ประมาณ 0.2-0.4 องศาเซลเซียสเนื่องจากค่าการดูดความร้อนของคอนกรีตมีค่าที่สูงกว่า สนามหญ้า จึงทำให้ความร้อนที่สะสมในช่วงเวลากลางวันมีปริมาณมากกว่า บริเวณอื่น

ในช่วงเวลา 6:00 – 17:00 น. มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของ 3 ตำแหน่งที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยที่ชุดข้อมูลบริเวณลานคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาเป็นบริเวณดินโล่ง และบริเวณคอนกรีตใต้ต้นไม้ บริเวณเป็นบริเวณที่มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ต่ำที่สุด โดยที่ช่วงเวลา 14:00 น. เป็นช่วงที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ของบริเวณลานคอนกรีตและบริเวณดินโล่งสนามหญ้ามียุคสูงสุดอยู่ที่ 56.5 องศาเซลเซียส และ 54.56 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่วนบริเวณสระน้ำในร่มค่าที่สูงสุดอยู่ที่เวลา 14:00 น. มีค่า 34 องศาเซลเซียส เนื่องจากคอนกรีตมีค่าการนำความร้อนที่มากกว่าบริเวณอื่น จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนในอัตราที่เร็วกว่าสนามหญ้างั้นจึงเป็นผลให้ในช่วงเวลาเดียวกันคอนกรีตจึงมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่าถึง 6 เท่า จึงเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

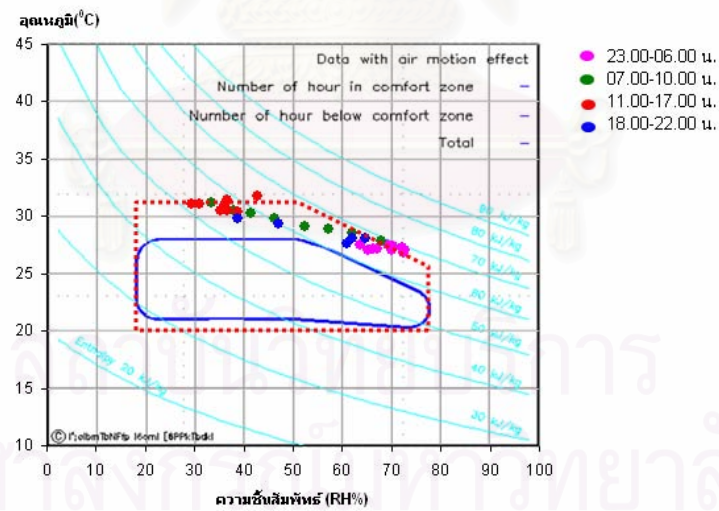
เมื่อนำพฤติกรรมที่ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในแต่ละช่วงสูงหรือต่ำจะตามพฤติกรรมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีปริมาณมากค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยก็สูงตามไปด้วย



- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

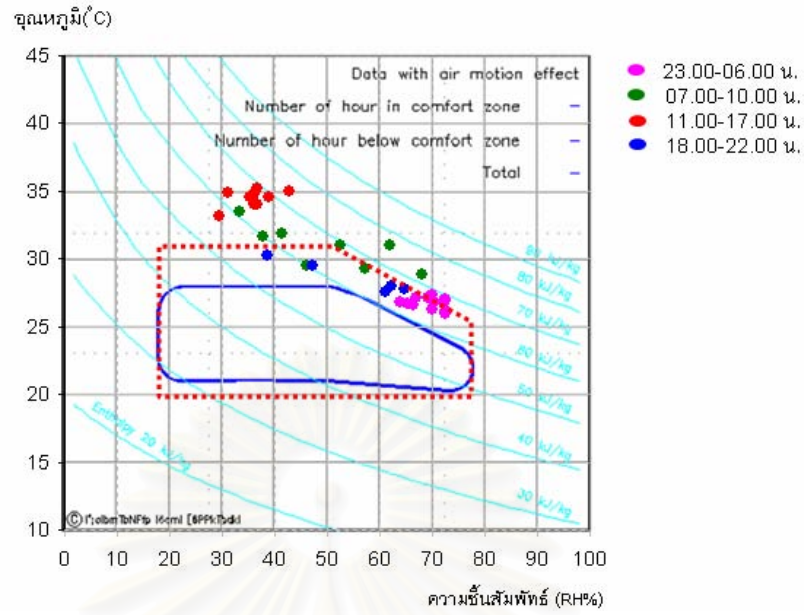
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

แผนภูมิแสดงลมพัดที่แรงของอุณหภูมิกับลมพัดที่แรง  
 บริเวณสนามหญ้าในร่ม เมื่อมีอิทธิพลของกระแสดลม วันที่ 17-18 เมษายน 2550



- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าในร่ม เมื่อมีอิทธิพลของกระแสดลม

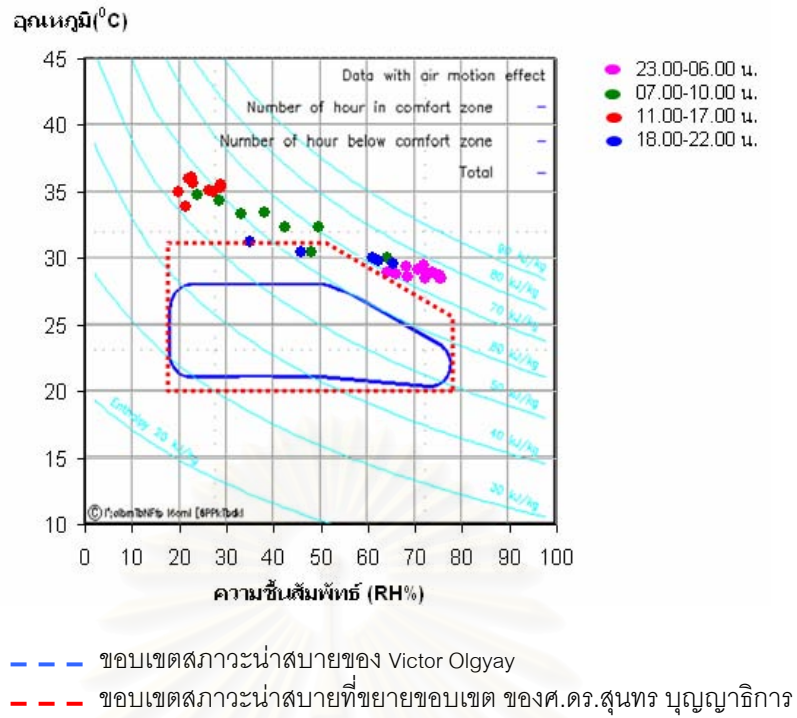


- - - - - ชอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ชอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

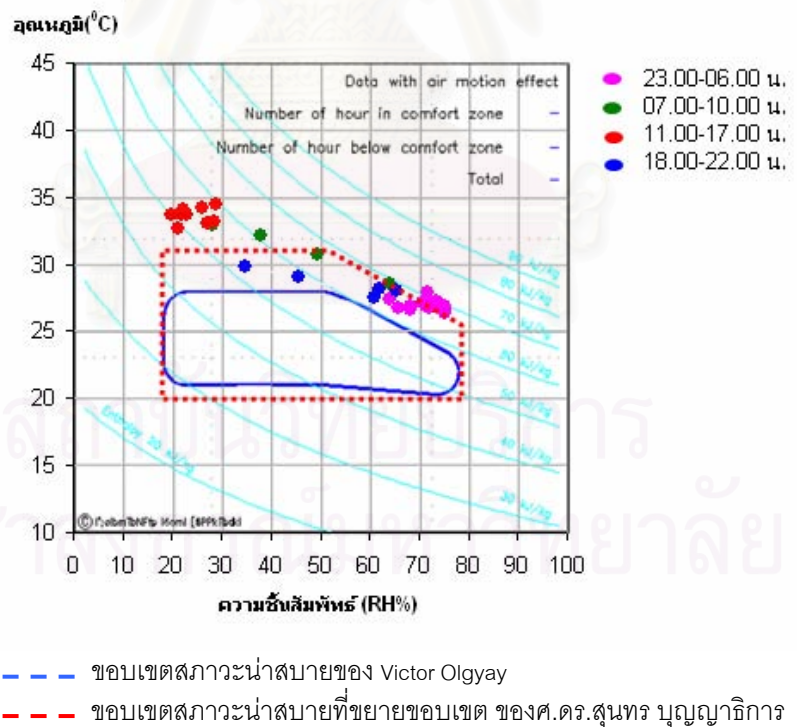
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

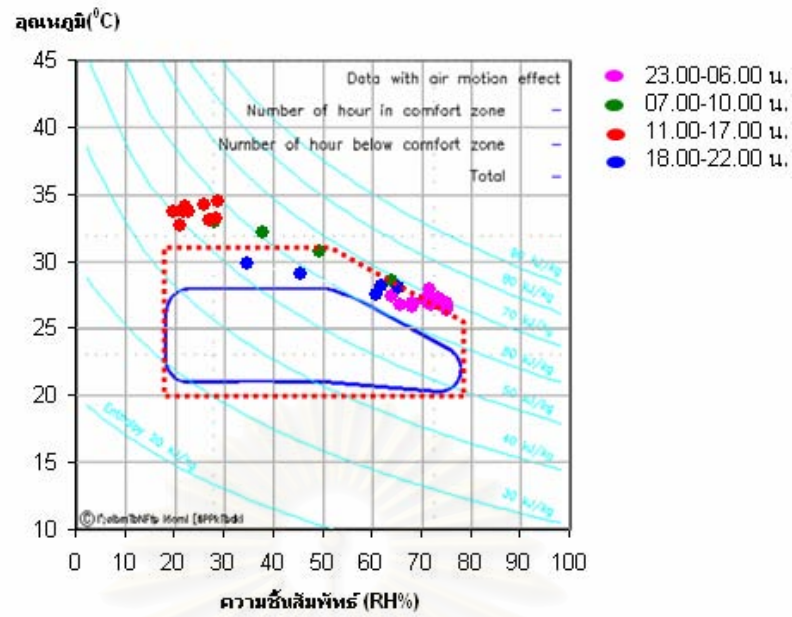




แผนภูมิที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าากลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

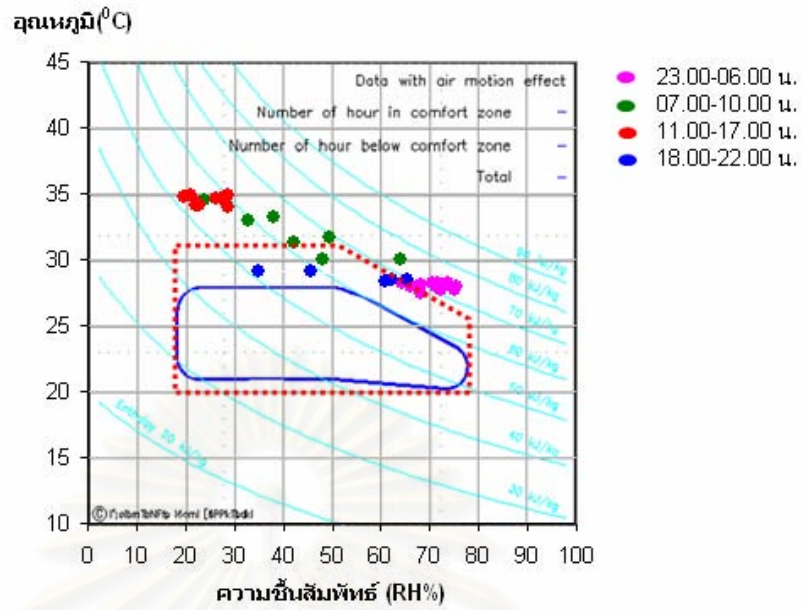


แผนภูมิที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้าากลางแจ้งเมื่อมีอิทธิพลของกระแสลม



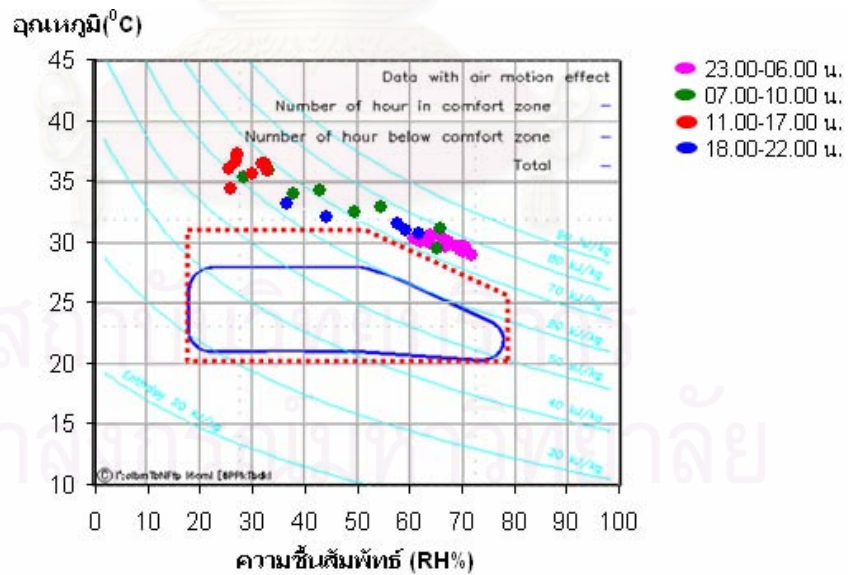
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



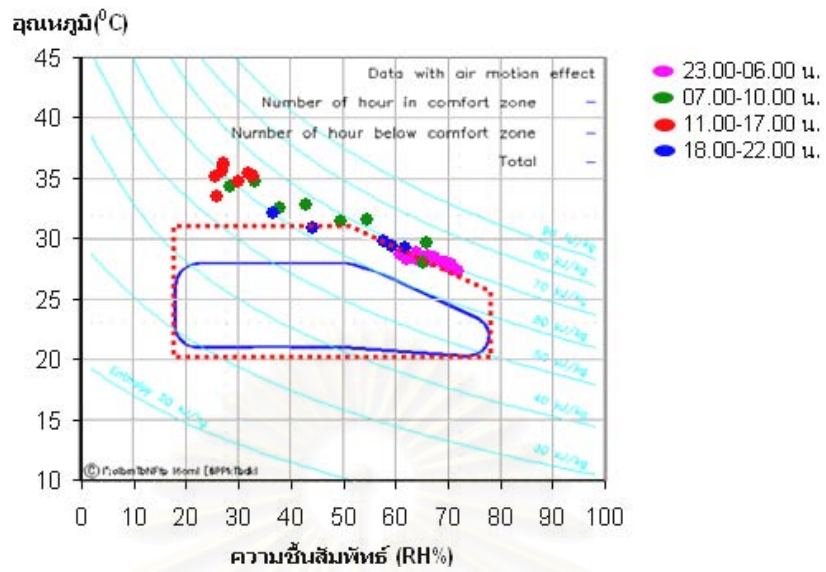
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งวันที่ 17-18 เมษายน 2550

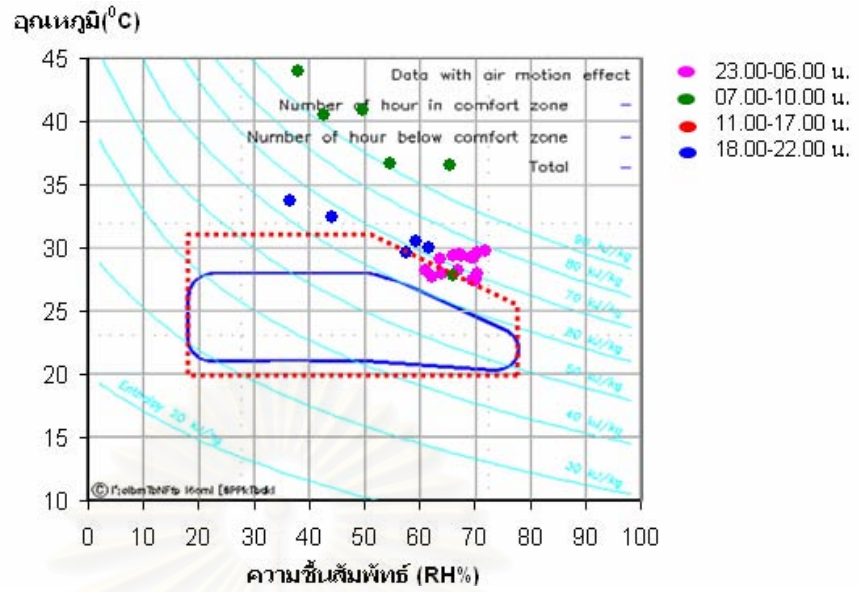


- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณบริเวณคอนกรีตกลางแจ้งเมื่อมีอิทธิพลของกระแสดลม

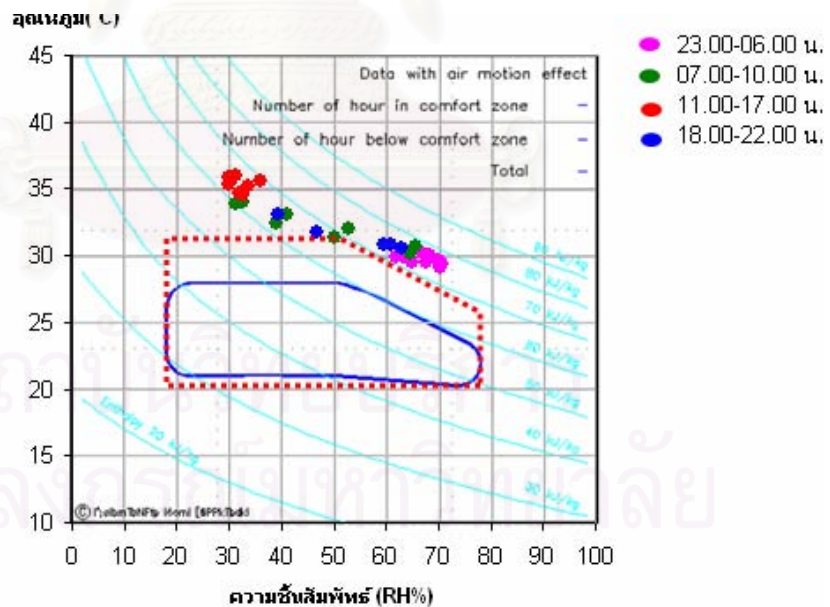


แผนภูมิที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

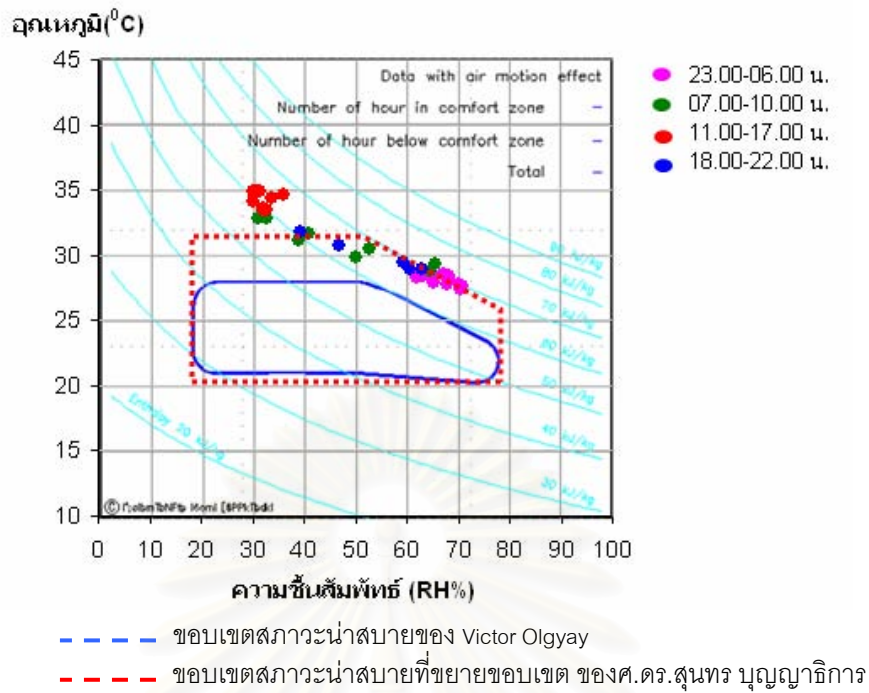


- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

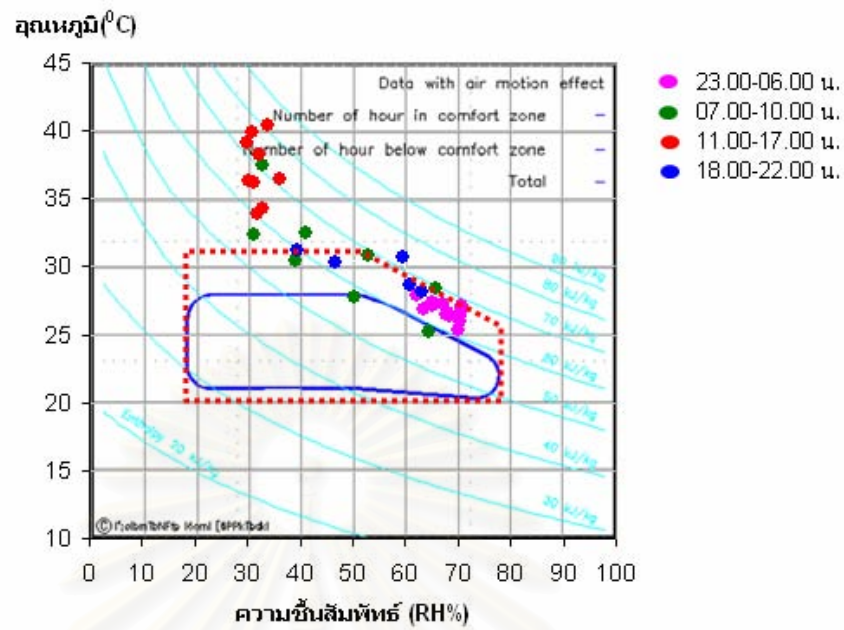


- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
  - - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ
- แผนภูมิที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินในร่ม เมื่อมีอิทธิพลของกระแสนลม



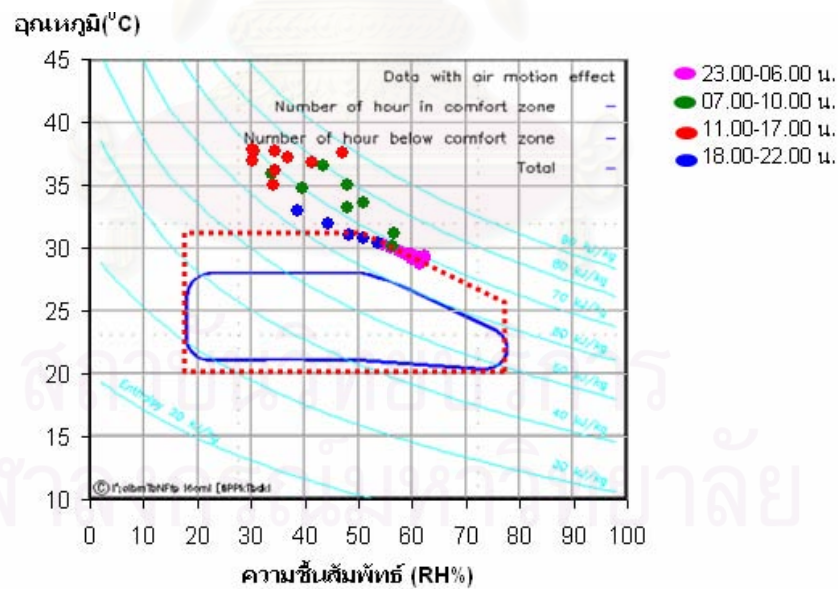
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



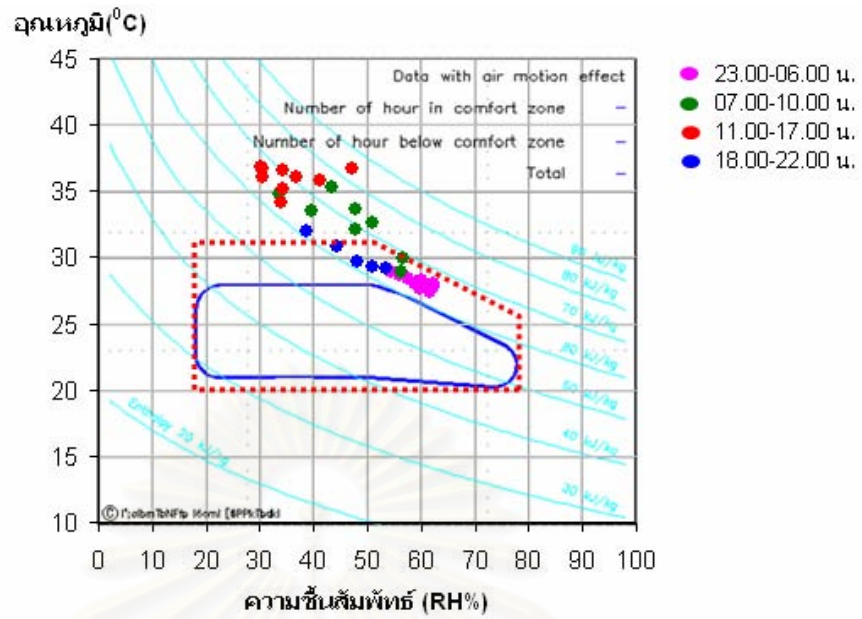
- ชอบเขตสภาวะนำสบายของ Victor Olgyay
- ชอบเขตสภาวะนำสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550



- ชอบเขตสภาวะนำสบายของ Victor Olgyay
- ชอบเขตสภาวะนำสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินกลางแจ้ง เมื่อมีอิทธิพลของกระแสดม

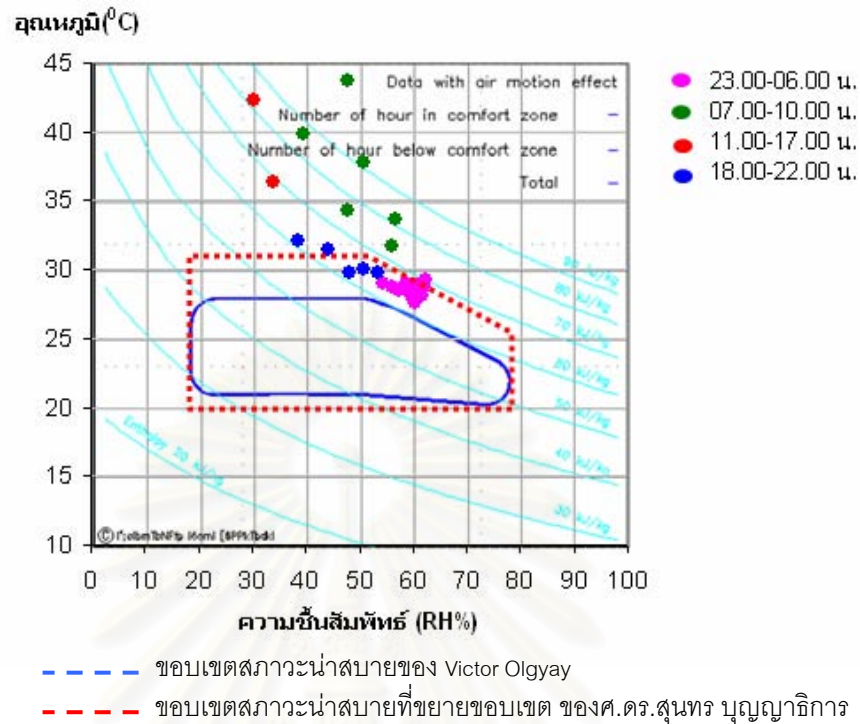


- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร นุญญากาศ

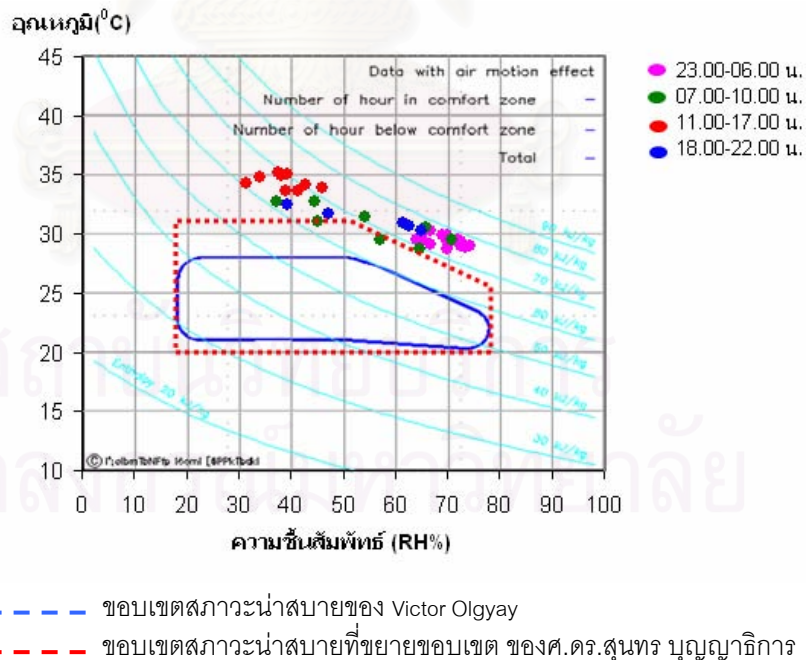
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

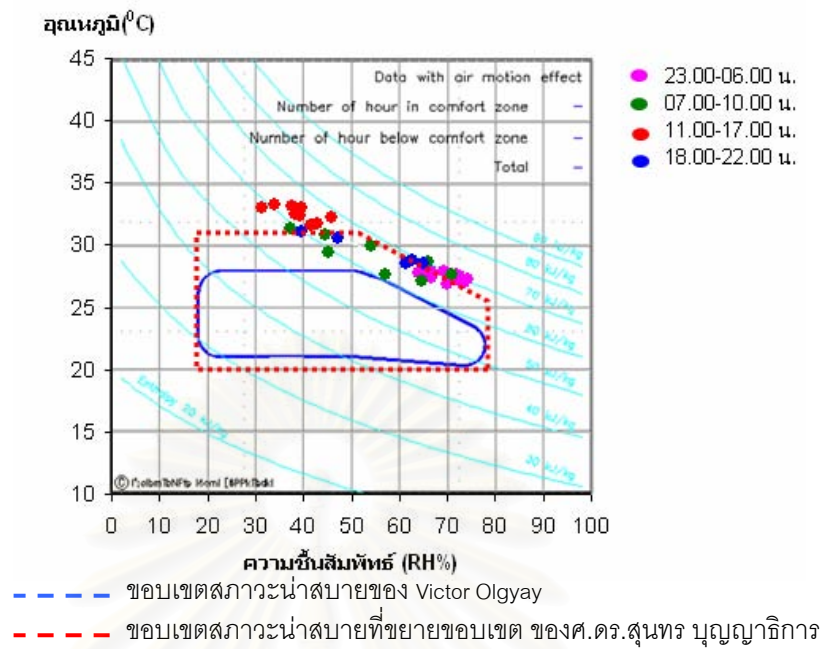




แผนภูมิที่ 4.29 แผนภูมิที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณคอนกรีตในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

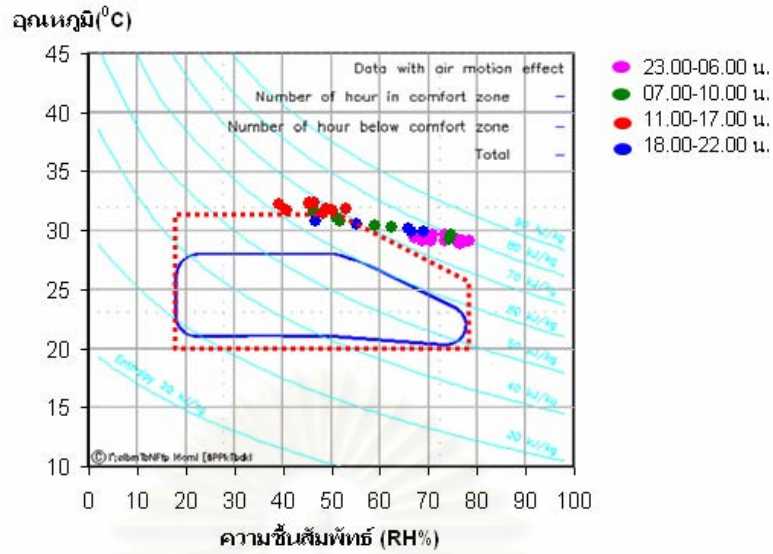


แผนภูมิที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณดินกลางแจ้ง เมื่อมีอิทธิพลของกระแสลม

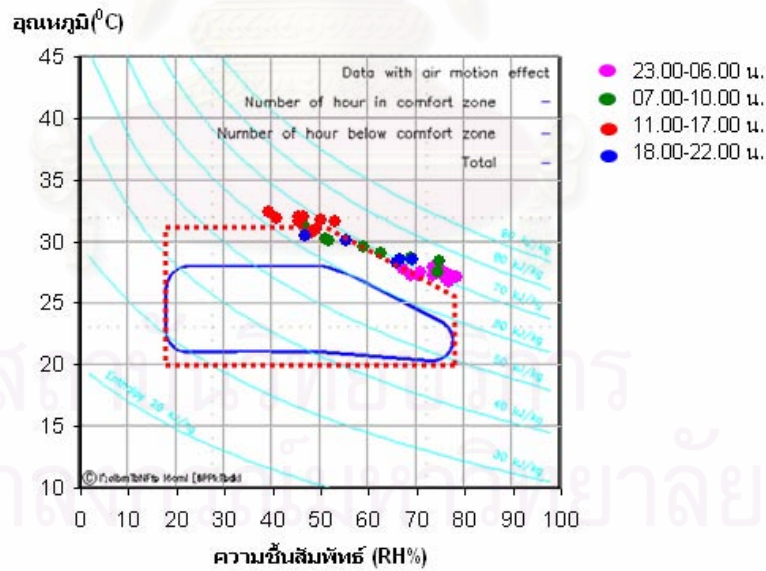


แผนภูมิที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณคอนกรีตในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

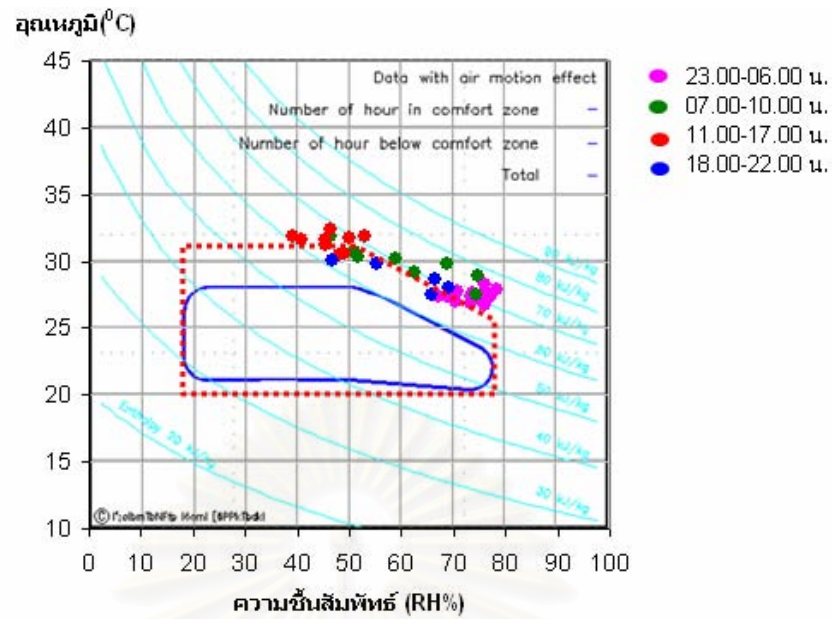
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.32 แผนภูมิที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550



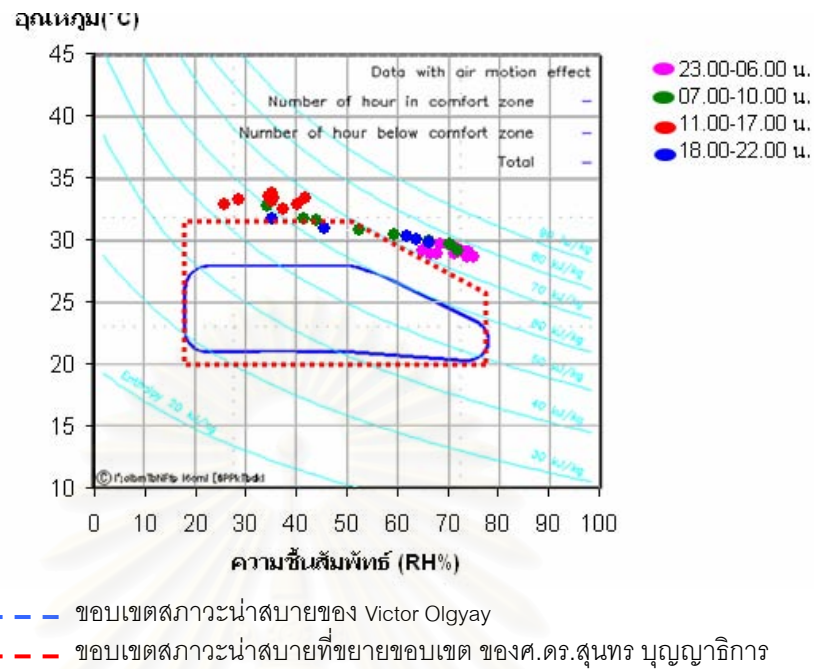
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำในร่ม เมื่อมีอิทธิพลของกระแสลม



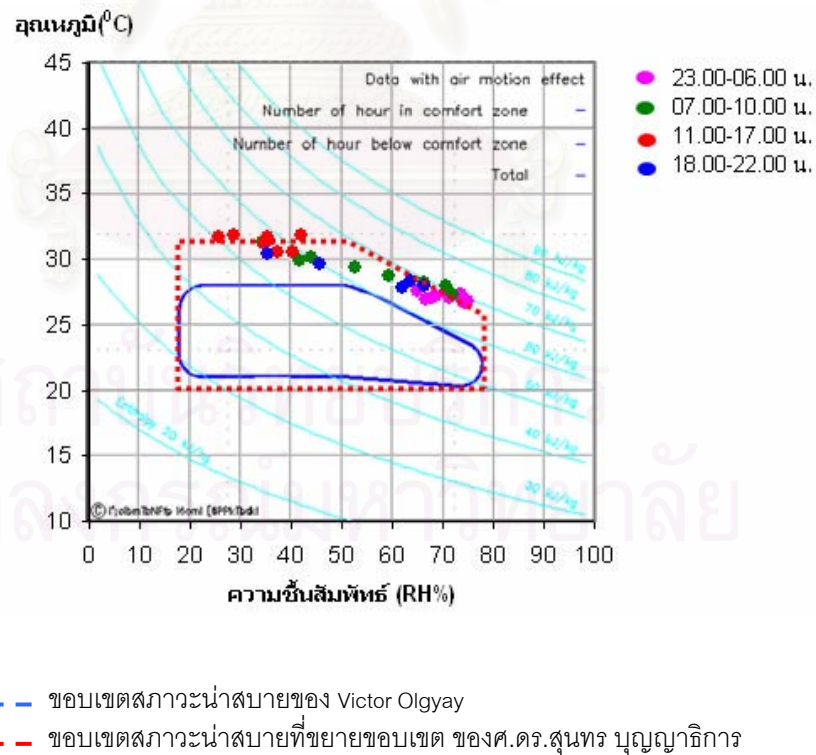
- ชอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ชอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาริกการ

แผนภูมิที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำในร่ม วันที่ 17-18 เมษายน 2550

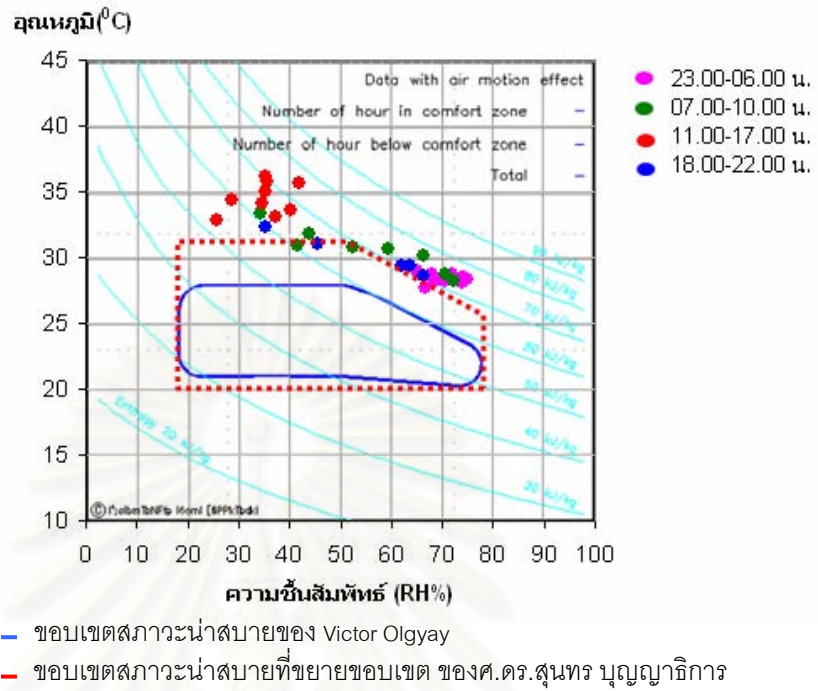
สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550



แผนภูมิที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศ กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง เมื่อมีอิทธิพลของกระแสนลม



แผนภูมิที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง วันที่ 17-18 เมษายน 2550

จากการวิเคราะห์ด้วย Bioclimatic Chart ของทั้ง 8 สภาพแวดล้อมที่ทำการเก็บข้อมูลและการนำข้อมูลการทดลองจริงมาวิเคราะห์ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

แผนภูมิที่ 4.20-4.22 บริเวณลานคอนกรีตทุกช่วงเวลาไม่มีช่วงสภาพอากาศอากาศที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายทั้งสภาพอากาศที่วัดได้จริงซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิอากาศที่ไม่ได้อิทธิพลจากสภาพแวดล้อม และเมื่อมาพิจารณาสภาพอากาศที่เสมือนที่มีผลจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว (MRT) พบว่าค่าอุณหภูมิส่วนใหญ่อยู่ไกลออกจากสภาวะขอบเขตน่าสบาย แสดงว่ามนุษย์จะรู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิที่วัดได้เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จากลานคอนกรีต และสภาพอากาศเสมือนที่มีผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว(MRT)กับความเร็วลม พบได้ว่าค่าความรู้สึกที่มนุษย์รู้สึกได้มีค่าที่เข้าใกล้ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมทำให้ความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศเย็นลงโดยการเพิ่มอัตราการระเหยของเหงื่อ ดังนั้นยิ่งความเร็วลมยิ่งมากขึ้นอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้ก็จะเย็นลงมากขึ้นตาม

อุณหภูมิที่มนุษย์จะสัมผัสและรู้สึกได้จริงคืออุณหภูมิที่จะต้องได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมด้วย จากแผนภูมิพบว่าช่วงเวลากลางวันมนุษย์จะรู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศจริง และในเวลากลางคืนและเช้ามืด อุณหภูมิจะเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากที่สุดในช่วงวัน

แผนภูมิที่ 4.17-4.19 บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมีช่วงสภาพอากาศอากาศที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ในช่วงเช้าและช่วงกลางคืน คือสภาพอากาศเสมือนที่มีผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว(MRT)กับความเร็วลมในช่วง 18:00 – 22:00 น. และ 23.00-06.00 ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางคืน แต่ในช่วงเวลากลางวันสภาพอากาศที่มนุษย์รู้สึกจะร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้ในขณะนั้นเช่นเดียวกับบริเวณลานคอนกรีต เป็นผลมาจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นสนามหญ้าที่มีอุณหภูมิผิวที่ร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ และได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม

แผนภูมิที่ 4.26-4.28 บริเวณดินกลางแจ้งช่วงสภาพอากาศที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย ในช่วงเวลากลางคืน คือสภาพอากาศเสมือนที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว (MRT)กับความเร็วลมในช่วง 23:00 – 06:00 น.มากที่สุด และช่วง 18:00-22:00 น. เพียงบางส่วน แต่ในช่วงเวลากลางวันสภาพอากาศที่มนุษย์รู้สึกจะร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้ในขณะนั้นเช่นเดียวกับบริเวณลานคอนกรีต เป็นผลมาจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นดินที่มีอุณหภูมิผิวที่ร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ และได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม

แผนภูมิที่ 4.35-4.36 คุณหมุมิบริเวณแหล่งน้ำมีลักษณะคุณหมุมิที่เกาะกลุ่มกันและคุณหมุมิเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากกว่าบริเวณอื่นแต่ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะมากกว่าเล็กน้อย โดยรวมแล้วในเวลากลางวันบางส่วน อยู่นอกสภาวะน่าสบาย ส่วนกลางคืนคุณหมุมิอากาศช่วงเวลา 23:00 – 06:00 น. ก็เข้าใกล้ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น

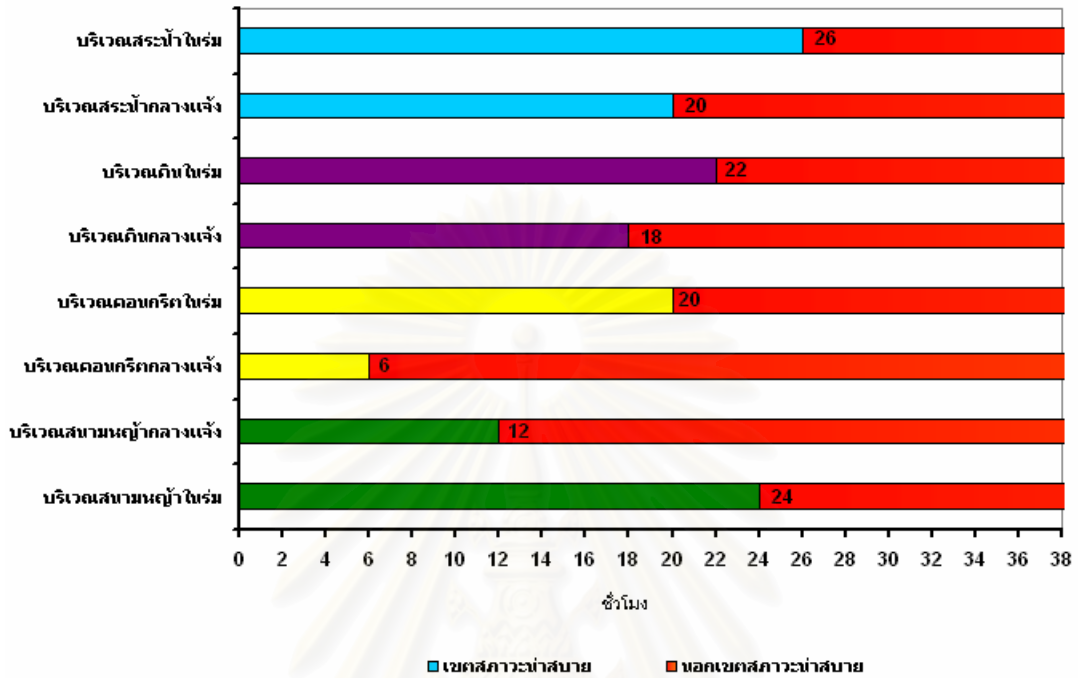
จากการสังเกตพบว่าข้อมูลสภาพอากาศใต้ต้นไม้หรือในร่มมีความแตกต่างกับคุณหมุมิที่เป็นบริเวณกลางแจ้ง โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับแผนภูมิที่แสดงว่าได้รับอิทธิพลจากคุณหมุมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) คุณหมุมิที่อยู่ใต้ต้นไม้จะเกาะกลุ่มกันและไม่อยู่สูงกว่าคุณหมุมิอากาศที่วัดได้มากนัก และเมื่อลมพัดผ่านเป็นผลให้คุณหมุมิจะรู้สึกเย็นลงและเข้าสู่ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากใต้ต้นไม้ได้รับอิทธิพลจากคุณหมุมิพื้นผิวเฉลี่ยน้อยกว่าบริเวณอื่นและความเร็วลมก็มีความเร็วมากกว่าบริเวณกลางแจ้ง

จากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายคือ คุณหมุมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) และความเร็วลม บริเวณดินกลางแจ้ง บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งและสนามหญ้ากลางแจ้ง ในเวลากลางวันมีค่าคุณหมุมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สูงกว่าคุณหมุมิอากาศ ซึ่งจากบทที่ 2 เมื่อคุณหมุมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สูงขึ้นหรือต่ำลง 1 องศาเซลเซียสมนุษย์เราจะรู้สึกเสมือนว่าคุณหมุมิอากาศโดยรอบสูงขึ้นหรือต่ำลง 1.4 องศาเซลเซียส สาเหตุที่คุณหมุมิเฉลี่ยพื้นผิว(MRT)สูงกว่าคุณหมุมิอากาศเนื่องมาจากพื้นดิน พื้นคอนกรีตและสนามหญ้า และพื้นผิวน้ำได้รับรังสีดวงอาทิตย์เต็มที่ในเวลากลางวันจึงทำให้คุณหมุมิพื้นผิวสูงกว่าคุณหมุมิอากาศ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่บริเวณใต้ต้นไม้ต่ำกว่าประมาณ 6 เท่า เป็นผลให้ค่าคุณหมุมิเฉลี่ยพื้นผิว(MRT)น้อยกว่าบริเวณกลางแจ้ง และความเร็วลมที่พัดมาสามารถให้เกิดความรู้สึกเสมือนที่เย็นลงได้ถ้าลมที่พัดมาเป็นลมที่พัดอากาศที่เย็นมาเช่นกัน

สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

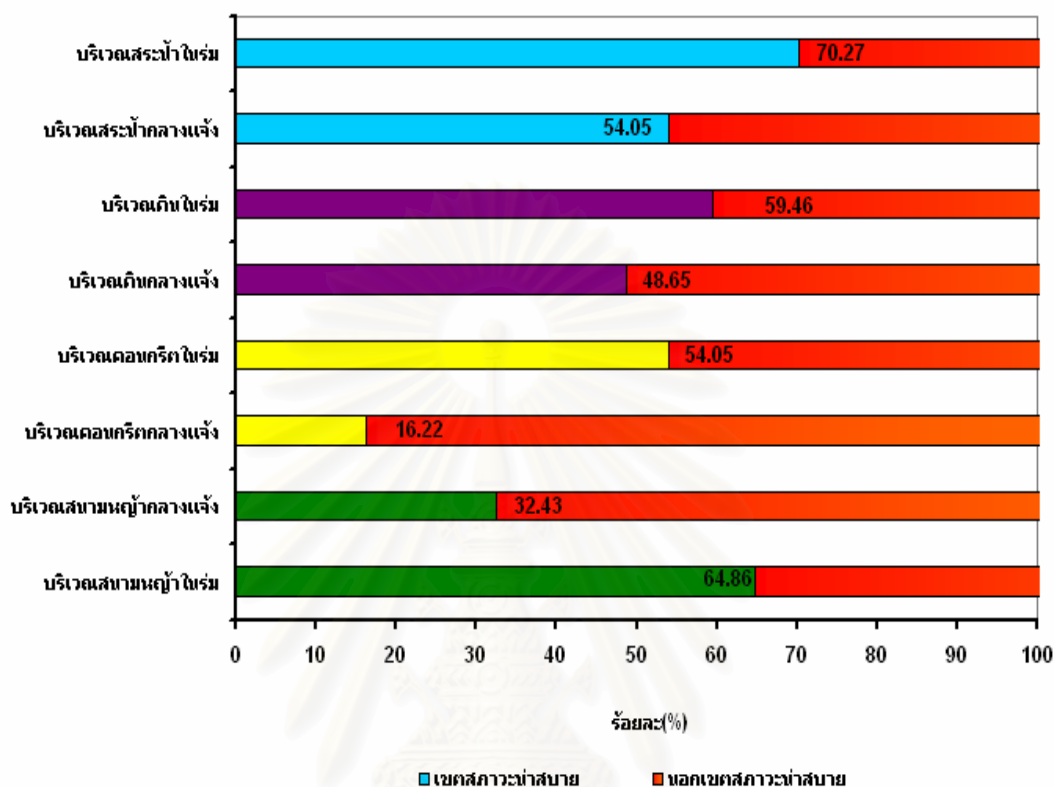


แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมง ที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิเสมือน ที่เกิดจาก MRT และอิทธิพลของกระแสลม ทั้งในเวลา 0.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันที่ 17-18 เมษายน 2550 (จำนวน 37 ชั่วโมง)



แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบชั่วโมง ที่อยู่ในสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 8 สภาพแวดล้อม

แผนภูมิแสดงร้อยละ (%) ที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิเสมือน ที่เกิดจาก MRT และอิทธิพลของกระแสลม  
 ตั้งแต่เวลา 0.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันที่ 17-18 เมษายน 2550  
 (จำนวน 37 ชั่วโมง)



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนร้อยละ (%) ที่อยู่ในสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 8 สภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 4.38-4.39 พบว่าบริเวณสระน้ำในร่มเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบายมากที่สุด คือ 70.27 % บริเวณสนามหญ้าในร่มมีสภาวะน่าสบาย 64.86 % บริเวณดินในร่มอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 59.46 % บริเวณสระน้ำกลางแจ้งและสนามหญ้ากลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 54.05 % ดินกลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 48.65 % บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 32.43 % คอนกรีตกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 16.22 % รองลงมาตามลำดับ

#### 4.2 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2539 – 2548

จากการเก็บข้อมูลทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่เกิดจากการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายบริเวณภายนอกอาคาร โดยการใช้การระเหยของน้ำ การใช้พืชคลุมดิน และการให้ร่มเงา การที่จะคาดการณ์ว่าในอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานครที่อยู่ในแต่ละสภาพแวดล้อมแต่ละบริเวณมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากขึ้นเท่าไรใน 10 ปี จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางสถิติเข้าช่วย ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร เป็นข้อมูลที่ได้มาจากสถานีตรวจอากาศซึ่งมีลักษณะเป็นที่โล่งไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศในที่โล่งกับใต้ต้นไม้ นั้น จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางสถิติ โดยกำหนดให้ค่าของอุณหภูมิอากาศในที่โล่งสนามหญ้าและความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวแปร X ให้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ที่โล่งสนามหญ้าและที่โล่งไม่มีพืชคลุมดิน ลานคอนกรีต และความชื้นสัมพัทธ์ทุกกรณี เป็นตัวแปร Y เมื่อได้ผลสมการความสัมพันธ์นำสมการที่ได้แทนค่าด้วยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครเป็นค่า X แล้วจะได้ค่าตัวแปร Y ออกมา.

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณคอนกรีต  
กลางแจ้ง กับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) คอนกรีตกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.970715122
R Square	0.942287849
Adjusted R Square	0.94063893
Standard Error	2.910894551
Observations	37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	4842.139745	4842.139745	571.45807	2.8918E-23
Residual	35	296.565748	8.473307087		
Total	36	5138.705493			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-92.89881482	5.506091046	-16.8720085	2.186E-18	-104.076774	-81.720856	-104.076774	-81.7208558
X Variable 1	4.172144754	0.174528832	23.90518926	2.892E-23	3.81783239	4.52645712	3.817832392	4.52645712

สมการคือ  $Y = 4.17214475444777(X) + (-92.89881482)$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ คอนกรีตกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.980790336
R Square	0.961949684
Adjusted R Square	0.960862532
Standard Error	3.403637682
Observations	37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	10250.58793	10250.6	884.835	1.9545E-26
Residual	35	405.4662315	11.5847		
Total	36	10656.05417			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	10.3257845	1.494793874	6.90783	5E-08	7.291191622	13.3603774	7.29119162	13.3603774
X Variable 1	0.807387717	0.027142577	29.7462	2E-26	0.752285357	0.86249008	0.75228536	0.86249008

สมการคือ  $Y = 0.807387716886689(X) + 10.3257845$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณคอนกรีตในร่ม  
กับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) คอนกรีตในร่ม

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.8872129
R Square	0.7871468
Adjusted R Square	0.7810653
Standard Error	1.1910852
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	183.6239395	183.6239395	129.43259	2.6125E-13
Residual	35	49.65393884	1.418683967		
Total	36	233.2778784			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	4.1070129	2.252992498	1.82291458	0.0768679	-0.46680503	8.68083078	-0.46680503	8.68083078
X Variable 1	0.8124663	0.07141403	11.37684444	2.613E-13	0.66748812	0.95744449	0.66748812	0.95744449

สมการคือ  $Y = 0.812466305134194(X) + 4.107012872$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ คอนกรีตในร่ม

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.9670333
R Square	0.9351533
Adjusted R Square	0.9333006
Standard Error	3.6752881
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	6817.828876	6817.82888	504.73487	2.23144E-22
Residual	35	472.7709994	13.5077428		
Total	36	7290.599875			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	23.57706	1.614096063	14.6069747	1.841E-16	20.30027124	26.8538496	20.3002712	26.8538496
X Variable 1	0.6584621	0.029308875	22.4663053	2.231E-22	0.598961946	0.7179623	0.59896195	0.7179623

สมการคือ  $Y = 0.658462123864587(X) + 23.57706043$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณดินกลางแจ้งกับ  
อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ดินกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.93337652
R Square	0.871191728
Adjusted R Square	0.867511492
Standard Error	3.990821852
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	3770.185495	3770.1855	236.7217	3.7935E-17
Residual	35	557.4330668	15.926659		
Total	36	4327.618562			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	24.36336598	1.752670705	13.900709	8.14E-16	20.8052553	27.9214766	20.8052553	27.9214766
X Variable 1	0.489653778	0.031825123	15.385762	3.79E-17	0.42504534	0.55426221	0.42504534	0.55426221

สมการคือ Y = 0.48965377764621(X) + 24.36336598

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ ดินกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.94639357
R Square	0.89566079
Adjusted R Square	0.892679669
Standard Error	3.181876894
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	3041.801054	3041.801	300.4444	9.38E-19
Residual	35	354.3519199	10.12434		
Total	36	3396.152974			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-67.7506289	6.018666622	-11.2568	3.5E-13	-79.9692	-55.532086	-79.969172	-55.53208614
X Variable 1	3.306786162	0.190776151	17.33333	9.38E-19	2.91949	3.69408234	2.91948999	3.694082335

สมการคือ Y = 3.3067861618518(X) + (-67.75062889)

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณดินในร่มกับ  
อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ดินในร่ม

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.945285405
R Square	0.893564497
Adjusted R Square	0.890523483
Standard Error	0.922768958
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	250.2035	250.2035	293.8376	1.33E-18
Residual	35	29.80259	0.851503		
Total	36	280.0061			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-0.461053765	1.74546	-0.26414	0.793218	-4.00453	3.082418	-4.00453	3.082418
X Variable 1	0.948390949	0.055327	17.14169	1.33E-18	0.836072	1.06071	0.836072	1.06071

สมการคือ  $Y = 0.948390949459773(X) + (-0.461053765)$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ ดินในร่ม

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.985410045
R Square	0.971032957
Adjusted R Square	0.970205327
Standard Error	2.78762005
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	9117.274	9117.274	1173.27	1.64E-28
Residual	35	271.9789	7.770826		
Total	36	9389.253			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	13.98641882	1.224254	11.42444	2.33E-13	11.50105	16.47179	11.50105	16.47179
X Variable 1	0.761448012	0.02223	34.25302	1.64E-28	0.716319	0.806578	0.716319	0.806578

สมการคือ  $Y = 0.761448012097195(X) + 13.98641882$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง  
กับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สระน้ำกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.95847625
R Square	0.91867672
Adjusted R Square	0.9163532
Standard Error	0.50776431
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	101.9389617	101.939	395.3811	1.18291E-20
Residual	35	9.023860946	0.257825		
Total	36	110.9628227			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	11.5547547	0.960459575	12.03044	5.45E-14	9.604918099	13.5045913	9.6049181	13.5045913
X Variable 1	0.60535594	0.030444082	19.88419	1.18E-20	0.543551173	0.66716072	0.54355117	0.66716072

สมการคือ  $Y = 0.605355944513036(X) + 11.55475468$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ สระน้ำกลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.958578418
R Square	0.918872583
Adjusted R Square	0.916554657
Standard Error	4.110441313
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	6697.806447	6697.8064	396.420121	1.1339E-20
Residual	35	591.3504726	16.895728		
Total	36	7289.15692			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	25.33405618	1.805204628	14.033897	6.1241E-16	21.669296	28.998816	21.669296	28.99881638
X Variable 1	0.652640539	0.032779038	19.910302	1.1339E-20	0.58609556	0.7191855	0.5860956	0.719185524

สมการคือ  $Y = 0.652640539295332(X) + 25.33405618$



ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณสระน้ำในร่มกับ  
อุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สระน้ำในร่ม

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.95545421
R Square	0.91289275
Adjusted R Square	0.91040397
Standard Error	0.55071629
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	111.2472643	111.247264	366.80352	3.94849E-20
Residual	35	10.61509514	0.30328843		
Total	36	121.8623594			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	9.23654044	1.041705216	8.86675069	1.788E-10	7.121766441	11.3513144	7.12176644	11.35131445
X Variable 1	0.63239056	0.033019359	19.1521153	3.948E-20	0.565357699	0.69942342	0.5653577	0.699423421

สมการคือ  $Y = 0.632390560163695 + 9.236540445$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ สระน้ำในร่ม

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.957352108
R Square	0.916523059
Adjusted R Squar	0.914138004
Standard Error	3.723654434
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	5328.238494	5328.23849	384.277463	1.87104E-20
Residual	35	485.296082	13.8656023		
Total	36	5813.534576			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	32.90706798	1.635337353	20.1224952	8.0545E-21	29.58715667	36.226979	29.5871567	36.2269793
X Variable 1	0.582102652	0.029694575	19.6029963	1.871E-20	0.52181946	0.6423858	0.52181946	0.64238585

สมการคือ  $Y = 0.58210265234248(X) + 32.90706798$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณสนามหญ้าใน  
ร่วมกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สนามหญ้าในร่ม

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.96584436
R Square	0.93285533
Adjusted R Square	0.93093691
Standard Error	0.8533295
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	354.082365	354.082365	486.2625	4.10921E-22
Residual	35	25.48599322	0.728171235		
Total	36	379.5683583			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-5.7066467	1.614112031	-3.53547128	0.00116798	-8.983468337	-2.42982511	-8.9834683	-2.42982511
X Variable 1	1.12821757	0.051163173	22.0513605	4.1092E-22	1.024350804	1.232084328	1.0243508	1.23208433

สมการคือ  $Y = 1.12821756583143(X) + (-5.706646725)$

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ สนามหญ้าในร่ม

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.987444323
R Square	0.975046291
Adjusted R Square	0.974333328
Standard Error	2.482266333
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	8426.649408	8426.64941	1367.5971	1.20741E-29
Residual	35	215.6576151	6.16164615		
Total	36	8642.307023			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	17.85209973	1.090150261	16.3758157	5.5421E-18	15.63897706	20.06522241	15.6389771	20.0652224
X Variable 1	0.732040675	0.019795028	36.981037	1.2074E-29	0.691854632	0.772226719	0.69185463	0.77222672

สมการคือ  $Y = 0.732040675268291(X) + (17.85209973)$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณสนามหญ้า  
กลางแจ้งกับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สนามหญ้ากลางแจ้ง

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.975036516
R Square	0.950696208
Adjusted R Square	0.949287528
Standard Error	0.651839873
Observations	37

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	286.7552163	286.7552163	674.884543	1.83055E-24
Residual	35	14.8713327	0.42489522		
Total	36	301.626549			

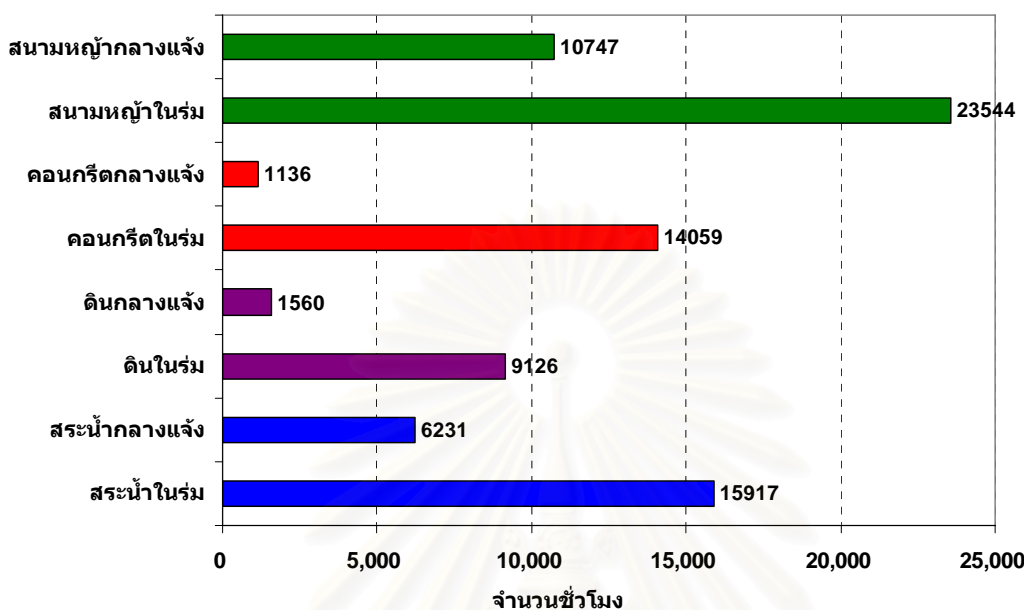
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-1.349260268	1.232985127	-1.09430377	0.28129586	-3.85235313	1.1538326	-3.8523531	1.1538326
X Variable 1	1.015304642	0.039082437	25.97854004	1.8306E-24	0.935963079	1.0946462	0.93596308	1.09464621

สมการคือ  $Y = 1.01530464225978(X) + (-1.349260268)$

จากสมการที่ได้ของแต่ละสภาพแวดล้อม นำมาทำการคาดการณ์ผลของอุณหภูมิเฉลี่ย (MRT)  
ในช่วง 11 ปี โดยใช้ฐานข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ผลที่ได้ ดังนี้

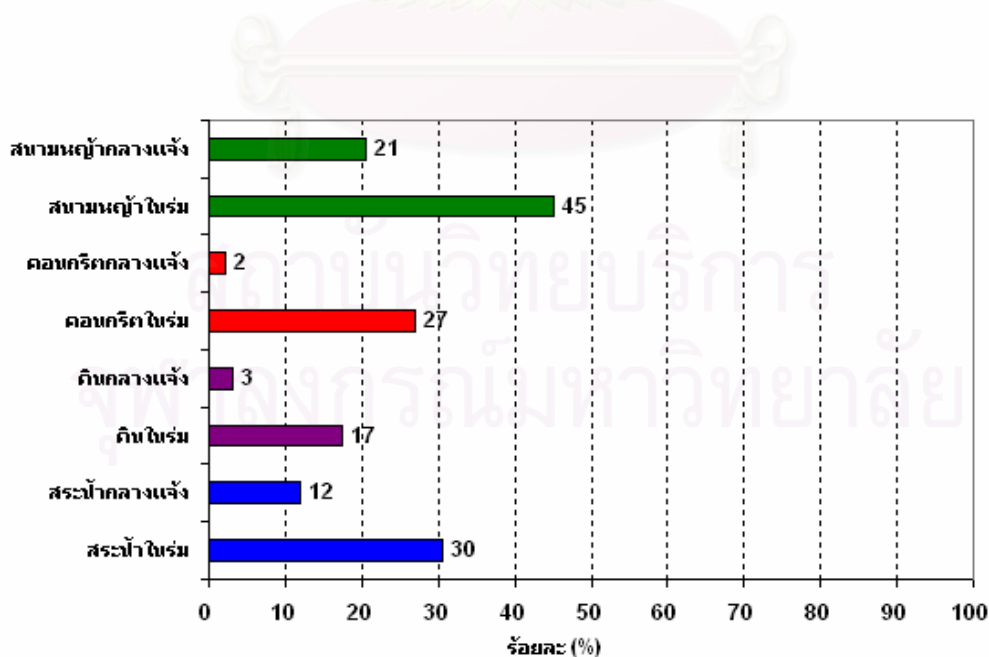
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาระนาสบายในช่วงเวลากลางวัน(06.00-18.00 น.)  
จากข้อมูลกรมอุตุณยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี



แผนภูมิที่ 4.40 แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาระนาสบายในช่วงเวลาการไ้ใช้งาน  
(ช่วง 06.00-18.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม

แผนภูมิแสดงร้อยละที่เข้าสู่สภาระนาสบายในช่วงเวลากลางวัน(06.00-18.00 น.)  
จากข้อมูลกรมอุตุณยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี

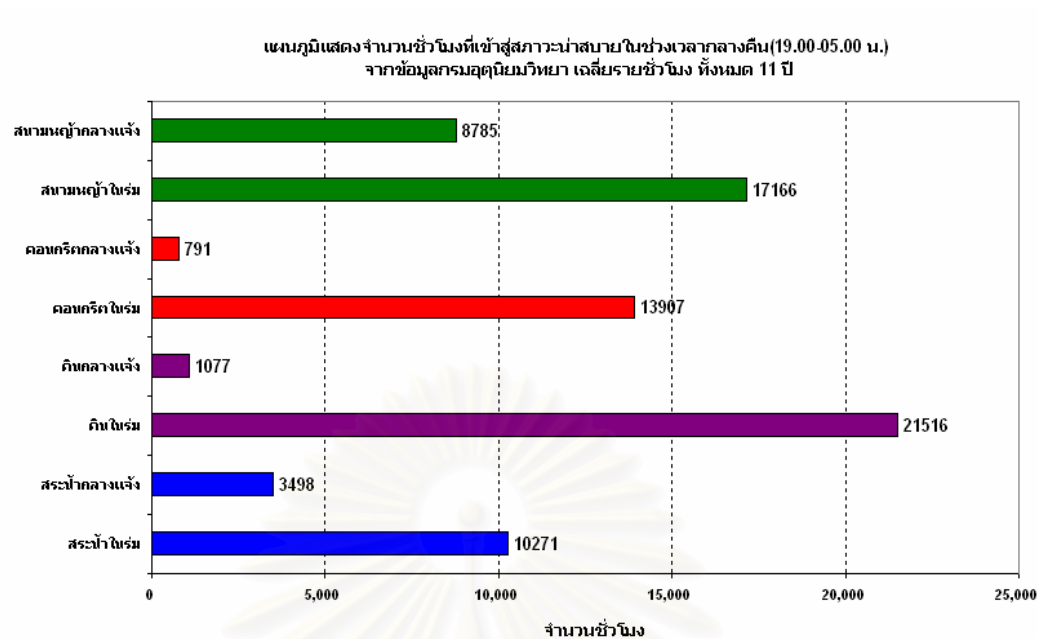


แผนภูมิที่ 4.41 แผนภูมิแสดงร้อยละที่เข้าสู่สภาระนาสบายในช่วงเวลาการไ้ใช้งาน  
(ช่วง 06.00-18.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม

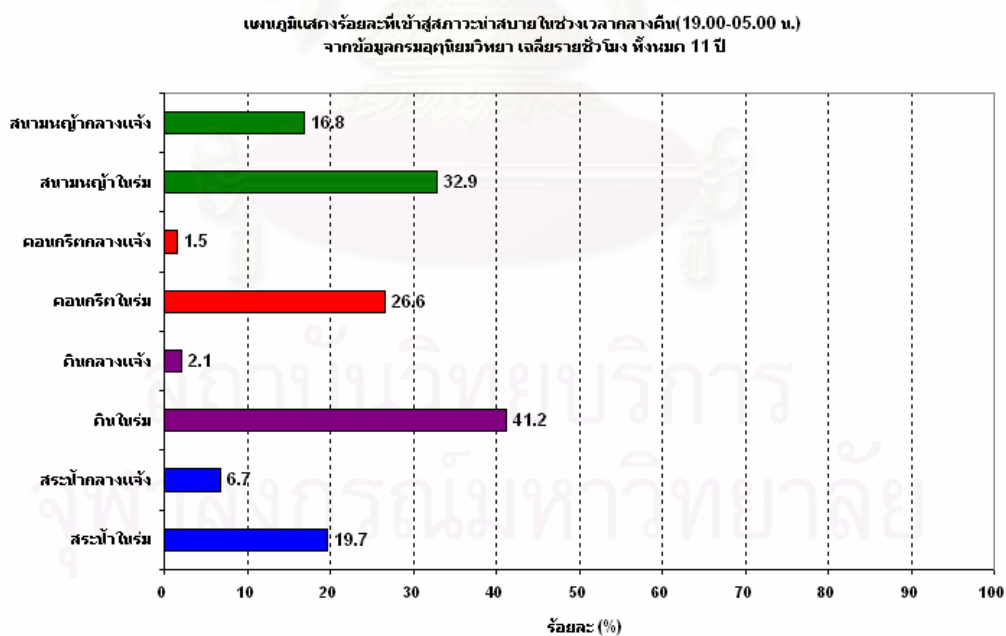
จากแผนภูมิที่ 4.40-4.41 พบว่าบริเวณสนามหญ้าในร่มมีสภาวะน่าสบายมากที่สุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ 23,544 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำในร่มเข้าสู่เขตสภาวะน่า 15,917 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตในร่มอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 14,059 ชั่วโมง บริเวณสนามหญ้า กลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 10,747 ชั่วโมง บริเวณดินในร่มอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 9,126 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 6,231 ชั่วโมง บริเวณดินกลางแจ้ง อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 1,560 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 1,136 รองลงมาตามลำดับ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.42 แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางคืน (ช่วง 19.00-05.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม



แผนภูมิที่ 4.43 แผนภูมิแสดงร้อยละที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางคืน (ช่วง 19.00-05.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 4.42-4.43 พบว่าบริเวณดินในร่มอยู่ในเขตสภาวะน้ำสบายมากที่สุด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ 12,516 ชั่วโมง คิดเป็น 41.2% บริเวณสนามหญ้าในร่มมี สภาวะน้ำสบาย 17,166 ชั่วโมง คิดเป็น 32.9% บริเวณคอนกรีตในร่มอยู่ในเขตสภาวะน้ำสบาย 13,907 ชั่วโมง คิดเป็น 26.6% บริเวณสระน้ำในร่มเข้าสู่เขตสภาวะน้ำ 10271 ชั่วโมง คิดเป็น 19.7% บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน้ำสบาย 8,785 ชั่วโมง คิดเป็น 16.8% บริเวณสระน้ำกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน้ำสบาย 3498 ชั่วโมง คิดเป็น 6.7% บริเวณดินกลางแจ้ง อยู่ในเขตสภาวะน้ำสบาย 1,077 ชั่วโมง คิดเป็น 2.1% บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะ น้ำสบาย 791 คิดเป็น 1.5 % รองลงมาตามลำดับ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

5.1.1. ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

5.1.2. ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 สรุปข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมทั้ง 8 กรณี ได้แก่

5.1.1.1 บริเวณสระน้ำในร่ม

5.1.1.2 บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง

5.1.1.3 บริเวณดินในร่ม

5.1.1.4 บริเวณดินกลางแจ้ง

5.1.1.5 บริเวณสนามหญ้าในร่ม

5.1.1.6 บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้ง

5.1.1.7 บริเวณคอนกรีตในร่ม

5.1.1.8 บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง

จากการทดลองทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของพฤติกรรมสภาพอากาศทั้ง 8 กรณี ศึกษา คือ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) และการระเหยของน้ำ บริเวณที่โล่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงจึงส่งผลให้ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) มีค่าสูงขึ้นตาม ทำให้มนุษย์รู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศจริง และเมื่อพิจารณาถึงขอบเขตนำสบายจากแผนภูมิ Bioclimatic โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 22-27 องศาเซลเซียส แล้วโดยพิจารณาควบคู่กับความเร็วม จากข้อมูล 37 ชั่วโมง คือ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. ของวันที่ 17 ถึง 12.00 น. ของวันที่ 18 เมษายน 2550 พบว่าบริเวณสระน้ำในร่มสัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 26 ชั่วโมง คิดเป็น 70.27% บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง สัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 20 ชั่วโมง คิดเป็น 54.05% บริเวณดินในร่ม สัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 22 ชั่วโมง คิดเป็น 59.46% บริเวณดินกลางแจ้งสัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 18 ชั่วโมง คิดเป็น 48.65% บริเวณคอนกรีตในร่ม สัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 20 ชั่วโมง คิดเป็น 54.05% บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งสัดส่วนที่เข้า



สู่สภาวะนำสบาย 6 ชั่วโมง คิดเป็น 16.22% บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งสัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 12 ชั่วโมง คิดเป็น 32.43% ซึ่งมากกว่าบริเวณสนามหญ้าในร่ม ที่เข้าสู่สภาวะนำสบาย 24 ชั่วโมง คิดเป็น 64.86 %

ดังนั้นอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ต้นไม้จะมีโอกาสเข้าใกล้เขตนำสบายมากขึ้นกว่าสภาพภูมิทัศน์ที่เป็นที่โล่งไม่มีพืชปกคลุมหรือไม่ร่มเงา เนื่องจากต้นไม้สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ตามขนาดความหนาของพุ่มใบ และความเร็วลมที่พัดผ่านใต้บริเวณพุ่มใบจะมีความเร็วที่เพิ่มขึ้นจากที่โล่ง ซึ่งความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้ต้นไม้ ส่วนเมื่อเปรียบเทียบที่โล่งกลางแจ้งด้วยกันแล้วพบว่าบริเวณที่โล่งที่มีพืชปกคลุม อย่างสนามหญ้างากลางแจ้งนั้นจะเข้าสู่สภาวะนำสบายได้ง่ายกว่า บริเวณที่โล่งที่ไม่มีพืชปกคลุม ในที่นี้ คือ ลานคอนกรีตกลางแจ้งและบริเวณดินกลางแจ้ง บริเวณแหล่งน้ำแม้จะอยู่กลางแจ้งแต่มีการระเหยของน้ำทำให้ได้รับความเย็นจากการระเหย (Evaporation) ค่าอุณหภูมิลดลงจึงทำให้รู้สึกเย็นมากกว่าบริเวณอื่นที่อยู่กลางแจ้ง

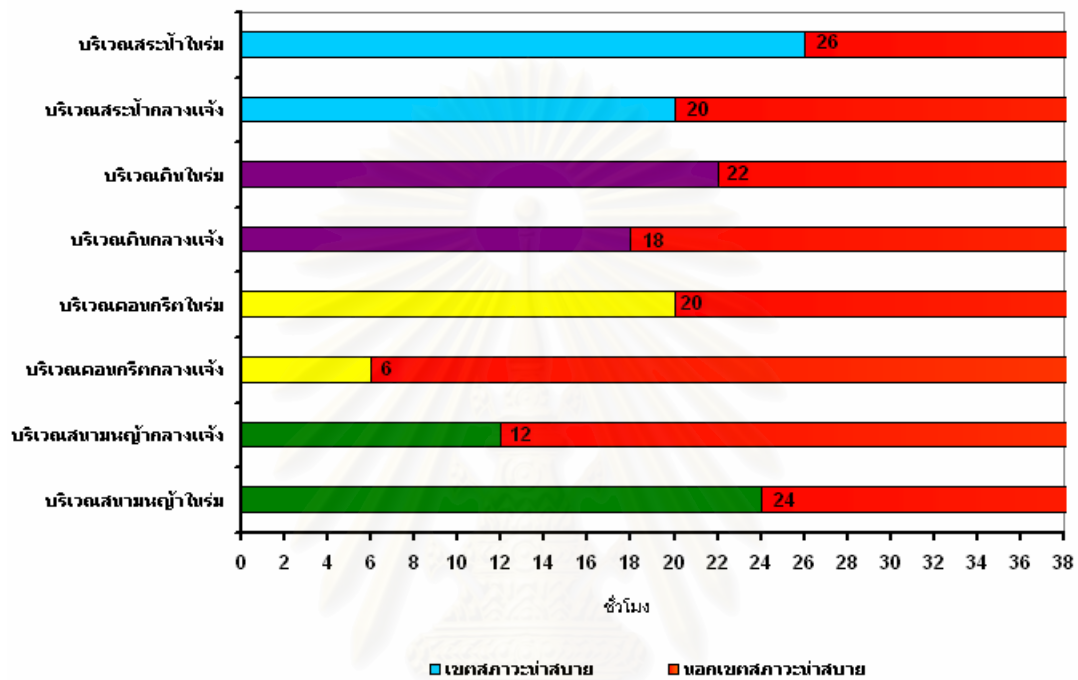
ในเรื่องการประหยัดพลังงาน แนวทางการลดพลังงานจำเป็นต้องให้มีอุณหภูมิภายนอกไม่สูงแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคารมากซึ่งโดยปกติเครื่องปรับอากาศจะตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสจากการรณรงค์ทางรัฐบาล สภาพอากาศที่อยู่ใต้ต้นไม้เป็นต้นที่มีขนาดใหญ่ ในการทดลองนี้คือ ที่เห็นได้ชัดเจนคือ บริเวณลานคอนกรีตที่มีอุณหภูมิแตกต่าง ระหว่างคอนกรีตในร่มกับลานคอนกรีตกลางแจ้งสูงมาก การปรับสภาพภูมิทัศน์ที่ให้ร่มเงากับคอนกรีตจะสามารถสร้างสภาพอากาศโดยเฉลี่ยให้อยู่ในขอบเขตสภาวะนำสบายได้มากกว่าสภาพแวดล้อมที่เป็นที่โล่ง ดังนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจึงน้อย ทำให้เป็นการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ในสภาพแวดล้อมที่เป็นที่โล่งสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้โดยใช้พืชคลุมดินและการใช้การระเหยของน้ำเข้ามาช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศลงได้อีกทางหนึ่ง

สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

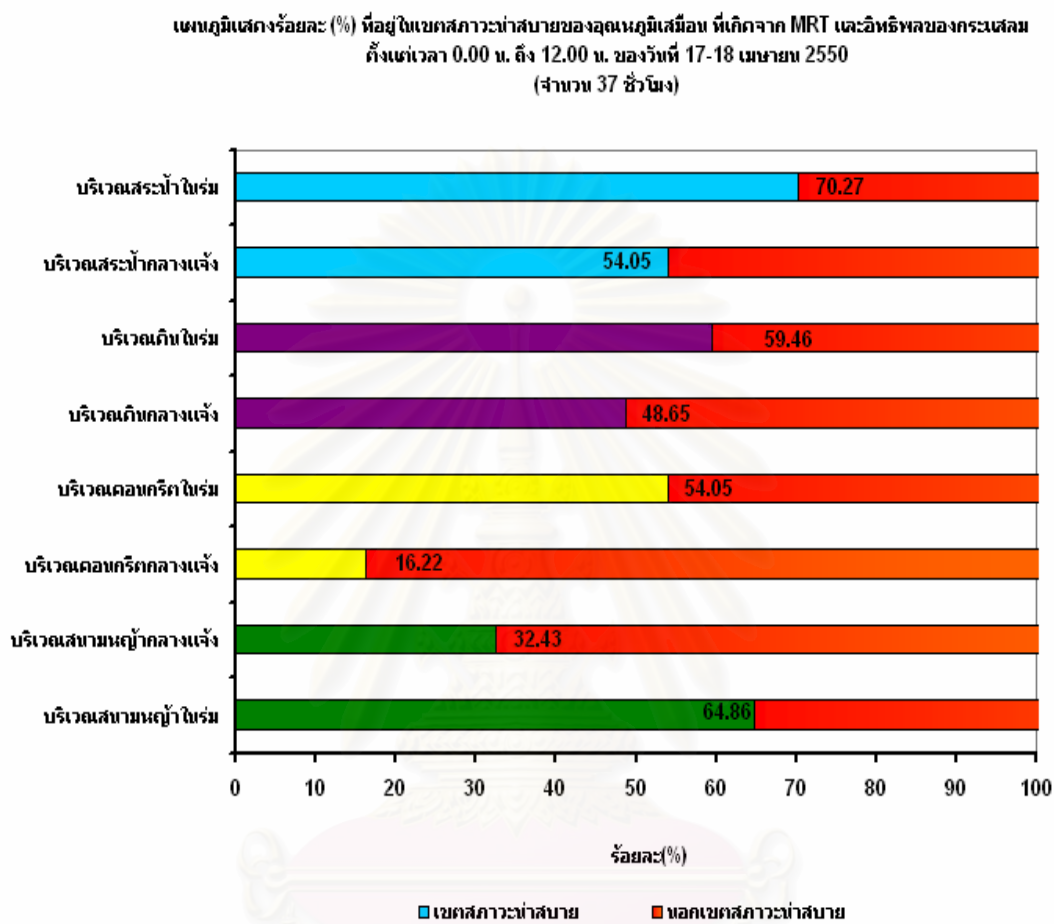
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย ของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ วันที่ 17-18 เมษายน 2550

แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมง ที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายของอุณหภูมิเสมือน ที่เกิดจาก MRT และอิทธิพลของกระแสลม ตั้งแต่เวลา 0.00 น. ถึง 12.00 น. ของวันที่ 17-18 เมษายน 2550 (จำนวน 37 ชั่วโมง)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย ของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในวันที่ 17-18 เมษายน 2550

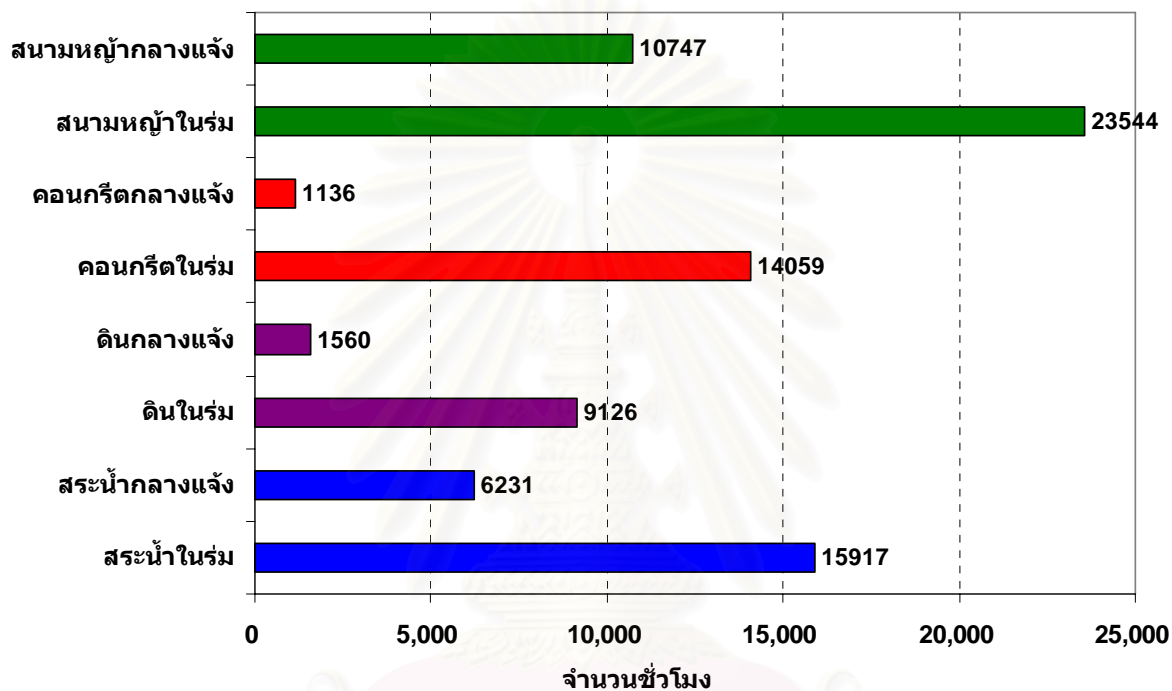


จากแผนภูมิที่ 5.1-5.2 พบว่าบริเวณสระน้ำในร่มเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบายมากที่สุด คือ 70.27 % บริเวณสนามหญ้าในร่มมีสภาวะน่าสบาย 64.86 % บริเวณดินในร่มอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 59.46 % บริเวณสระน้ำกลางแจ้งและสนามหญ้ากลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 54.05 % ดินกลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย 48.65 % บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 32.43 % คอนกรีตกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย 16.22 % รองลงมาตามลำดับ

### 5.1.2. สรุปชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปีของกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปีของกรุงเทพมหานคร สามารถคาดการณ์สภาวะน่าสบาย ดังนี้

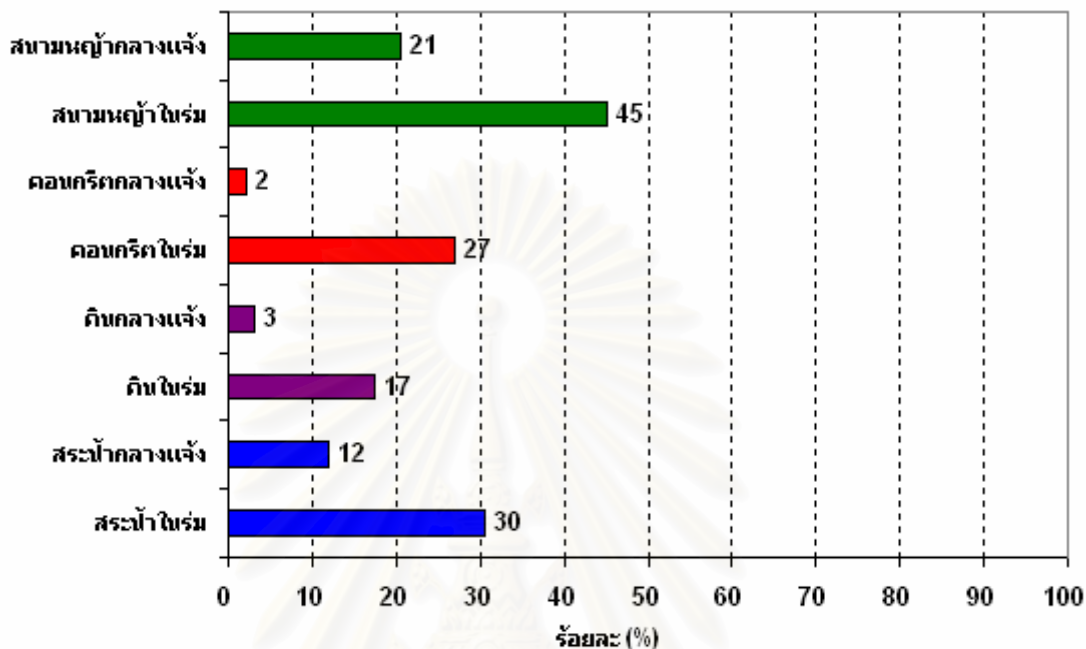
แผนภูมิแสดงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางวัน(06.00-18.00 น.) จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี



แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี จากจำนวน 52236 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร

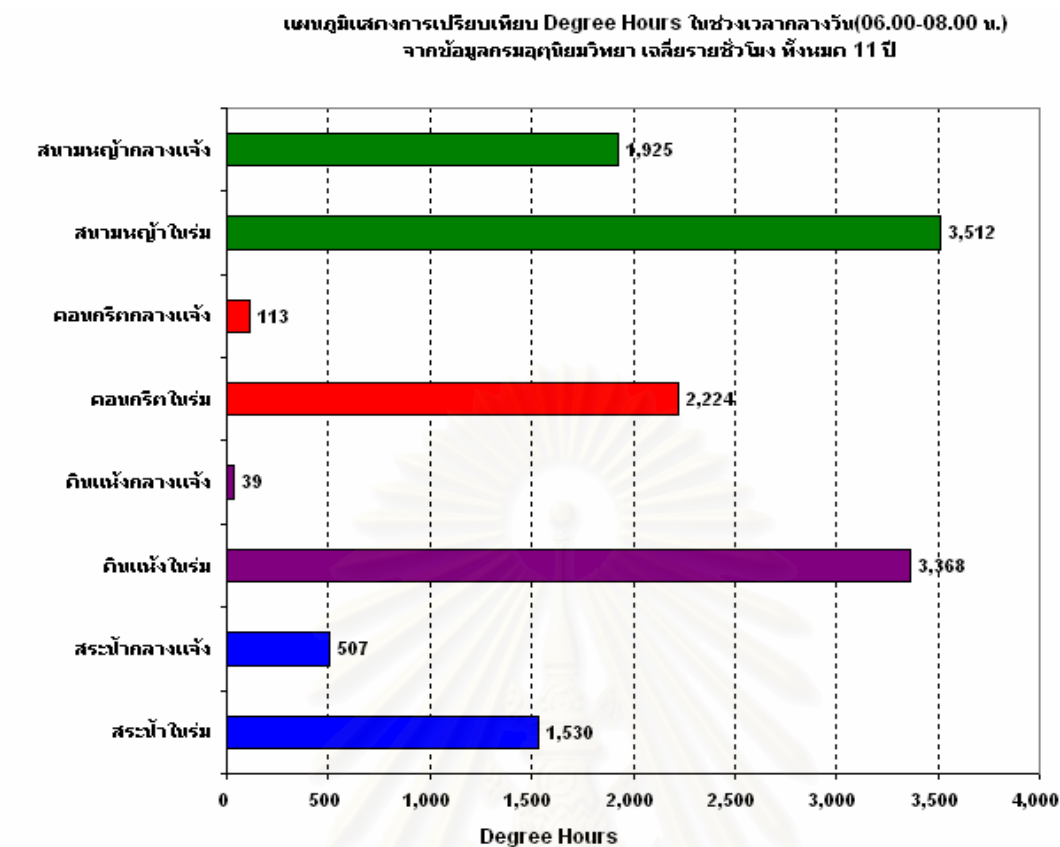
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงร้อยละ ที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางวัน(06.00-18.00 น.)  
จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี จำนวน ของกรุงเทพมหานคร

จากแผนภูมิที่ 5.3-5.4 พบว่าบริเวณสระน้ำในร่มมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 15917 ชั่วโมง คิดเป็น 30 % บริเวณสระน้ำกลางแจ้งมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 6231 ชั่วโมง คิดเป็น 12 % บริเวณดินในร่มมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 9126 ชั่วโมง คิดเป็น 17 % บริเวณดินกลางแจ้งมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 1560 ชั่วโมง คิดเป็น 3 % บริเวณคอนกรีตในร่มมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 14059 ชั่วโมง คิดเป็น 27 % บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 1136 ชั่วโมง คิดเป็น 2 % บริเวณสนามหญ้าในร่มมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 23544 ชั่วโมง คิดเป็น 45 % บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมีสัดส่วนที่เข้าสู่เขตสภาวะน่าสบาย คือ 10747 ชั่วโมง คิดเป็น 21 %

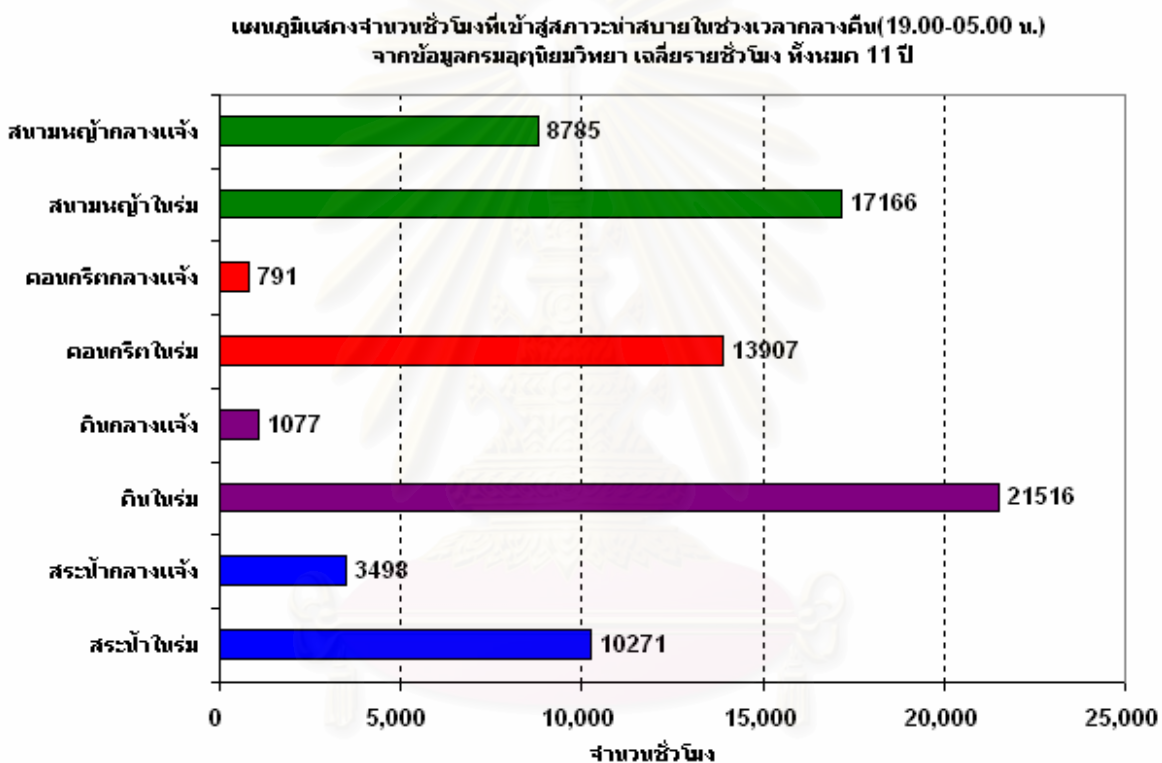


แผนภูมิที่ 5.5 แผนภูมิการเปรียบเทียบ Degree Hour ในช่วงเวลาการใช้งาน (ช่วง 06.00-18.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 5.5 พบว่าบริเวณสนามหญ้าในร่มมี Degree Hour มากที่สุด คือ 3512 ชั่วโมง บริเวณดินแห้งในร่มมี Degree Hour 3368 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตในร่ม มี Degree Hour 2224 ชั่วโมง บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมี Degree Hour 1925 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำในร่มมี Degree Hour 1530 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง มี Degree Hour 507 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง มี Degree Hour 113 ชั่วโมง และ บริเวณดินกลางแจ้งมี Degree Hour 39 ชั่วโมง รองลงมาตามลำดับ

แนวทางการเพิ่มสภาวะน่าสบายโดยองค์ประกอบของดินและน้ำเข้ามาช่วยคือ การใช้ความเย็นจากดินและน้ำที่มีการสะสมไว้โดยบริเวณที่มีร่มเงาจะทำให้อุณหภูมิของพื้นดินต่ำ เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวดินต่ำจะส่งผลให้อุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกเย็นสบายขึ้น โดยจากการวิจัยนี้สามารถใช้วิธีเดียวกันบริเวณที่เป็นลานคอนกรีตได้เช่นเดียวกัน ข้อสังเกตของการแหล่งน้ำนอกจากจะใช้ความเย็นจากแหล่งน้ำโดยตรงแล้วนั้น คุณลักษณะที่สำคัญอีกประการ คือ การระเหยของน้ำ ที่สามารถลดอุณหภูมิให้เย็นลงได้อีกทางหนึ่ง และนอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำค่อนข้างคงที่กว่า วัสดุอื่นทำให้อุณหภูมิบริเวณแหล่งน้ำ คงที่หรือแปรผันตามสภาพแวดล้อมน้อยกว่าบริเวณอื่น

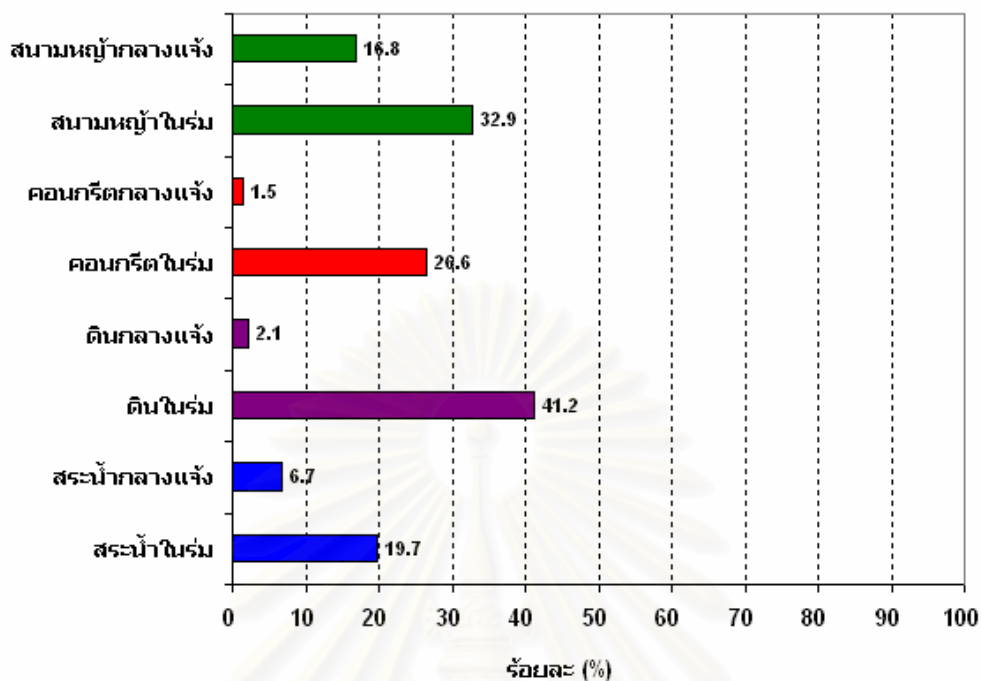
สภาพใต้ต้นไม้พบว่า คือบริเวณใต้ต้นไม้สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ได้ตามความหนาของพุ่มใบ เป็นผลทำให้ต้นไม้ที่มีพุ่มใบหนาสามารถมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากกว่าบริเวณที่มีพุ่มใบบาง และบริเวณที่โล่ง โดยที่ในเวลากลางวันบริเวณคอนกรีตกลางแจ้งไม่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย เมื่อมีการให้ร่มเงาโดยใช้ต้นไม้ คอนกรีตจะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้น ในเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงพุ่มใบของต้นไม้ทำหน้าที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนที่พื้นดินใต้ต้นไม้ ทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ



แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี จากจำนวน 52236 ชั่วโมง ของกรุงเทพมหานคร

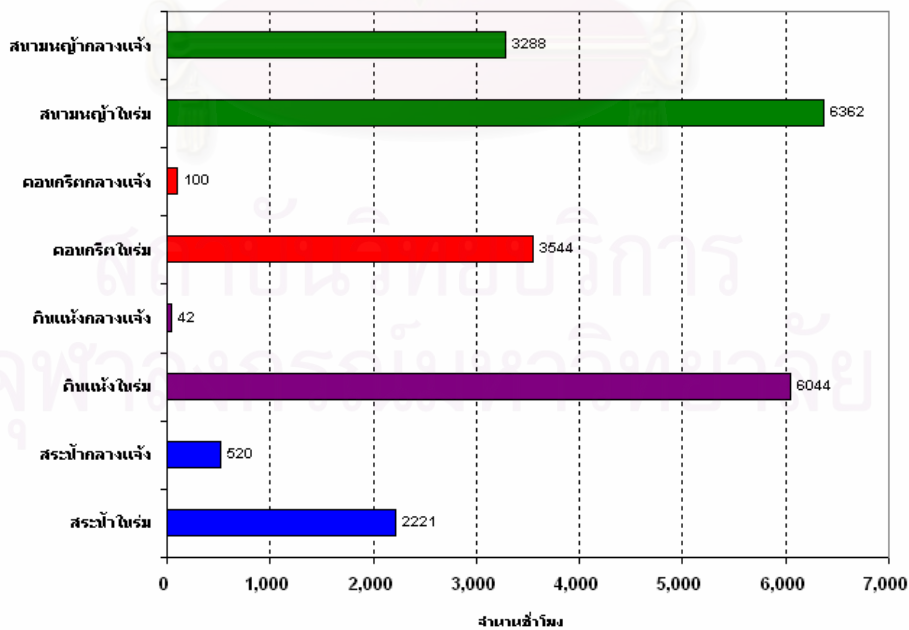
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงร้อยละที่เข้าสู่สภาน่าสบายในช่วงเวลากลางคืน(19.00-05.00 น.) จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี



แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละที่อยู่ในสภาน่าสบายในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 11 ปี จำนวน ของกรุงเทพมหานคร

แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours ในช่วงเวลากลางคืน(19.00-05.00 น.) จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา เฉลี่ยรายชั่วโมง ทั้งหมด 11 ปี



แผนภูมิที่ 5.8 แผนภูมิการเปรียบเทียบ Degree Hour ในช่วงเวลากลางคืน (ช่วง 19.00-05.00 น.) ของแต่ละสภาพแวดล้อม



จากแผนภูมิที่ 5.6-5.8 พบว่าบริเวณดินในร่มอยู่ในเขตสภาวะน้ำสลายมากที่สุด คือ 12516 ชั่วโมง คิดเป็น 41.2% บริเวณสนามหญ้าในร่มมีสภาวะน้ำสลาย 17166 ชั่วโมง คิดเป็น 32.9% บริเวณคอนกรีตในร่มอยู่ในเขตสภาวะน้ำสลาย 13907 ชั่วโมง คิดเป็น 26.6% บริเวณสระน้ำในร่มเข้าสู่เขตสภาวะน้ำ 10271 ชั่วโมง คิดเป็น 19.7% บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน้ำสลาย 8785 ชั่วโมง คิดเป็น 16.8% บริเวณสระน้ำกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน้ำสลาย 3498 ชั่วโมง คิดเป็น 6.7% บริเวณดินกลางแจ้งอยู่ในเขตสภาวะน้ำสลาย 1077 ชั่วโมง คิดเป็น 2.1% บริเวณคอนกรีตกลางแจ้งเข้าสู่เขตสภาวะน้ำสลาย 791 คิดเป็น 1.5 % รองลงมาตามลำดับ

พบว่าบริเวณสนามหญ้าในร่มมี Degree Hour มากที่สุด คือ 6362 ชั่วโมง บริเวณดินแห้งในร่มมี Degree Hour 6044 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตในร่ม มี Degree Hour 3544 ชั่วโมง บริเวณสนามหญ้ากลางแจ้งมี Degree Hour 3288 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำในร่มมี Degree Hour 2221 ชั่วโมง บริเวณสระน้ำกลางแจ้ง มี Degree Hour 520 ชั่วโมง บริเวณคอนกรีตกลางแจ้ง มี Degree Hour 100 ชั่วโมง และ บริเวณดินกลางแจ้งมี Degree Hour 42 ชั่วโมง รองลงมาตามลำดับ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในกรณีที่มีการใช้แหล่งน้ำเพิ่มสภาวะน้ำสลายนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงระดับความลึกของสระน้ำ เนื่องจากในการวิจัยนี้ใช้ตัวแทนในการทดลองเพียง 2 ขนาดเท่านั้น และอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน หากเป็นสภาพแวดล้อมแบบอื่นไม่สามารถนำไปสรุปผลได้ รวมทั้งควรศึกษาเพิ่มเติมในแง่ของการลดปริมาณความชื้น และควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการระเหย และรูปแบบของสระน้ำ เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติ และแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น ว่ามีผลต่ออุณหภูมิอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กาญจนา สิริภทรวณิช. การใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- ขวัญชัย กาแก้ว. ประสิทธิผลขององค์ประกอบภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- ตรึงใจ บุรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.
- เบญจวรรณ เลิศวิจิตรจรัส. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอุณหภูมิดิน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.
- มนชัย อัครพันธ์. การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- วิชัย อธิวิทิตกุล. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- สุดสวาท ศรีสถาปัตยกรรม. การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- อุษณีย์ มิ่งวิมล. แนวทางในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร: สมาคมภูมิสถาปนิกแห่งประเทศไทย, 2542.

## ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating. Refrigerating and Air-Conditioning Engineer. 2001

ASHARE Handbook of Fundamentals. I-P Edition. (n.p.), 2001.

Benjamin Stain and John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for

Buildings. 7<sup>th</sup> ed. USA, 1992.

Fanger, O. P. Thermal Comfort. New York: McGraw-Hill, 1976.

Francis Allard. Natural Ventilation in Buildings. London: James and James, 1998.

Givoni, B. Passive and Low Energy Cooling of Building. (n.p.), 1964.

Givoni, B. Man, Climate and Architecture. New York: Elsevier, 1969.

Olgay, V. Design with Climate Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism.

(n.p.), 1973.

Rubinetto, Gary O, Mc Clenon and Charles. Landscape planning for energy

conservation. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

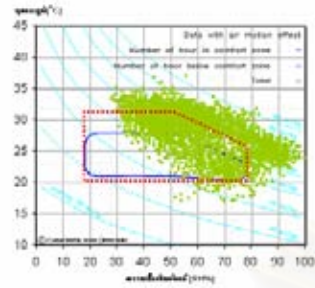


ภาคผนวก

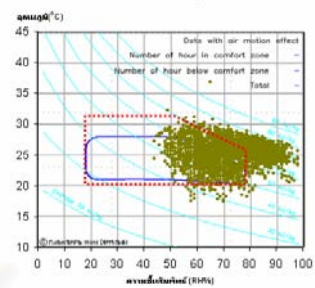
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม

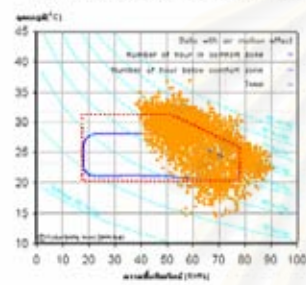
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ เวลา 0:00-24:00



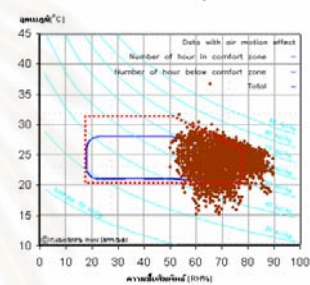
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ เวลา 19:00-5:00



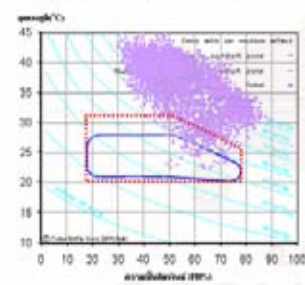
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองภูเก็ต เวลา 0:00-24:00



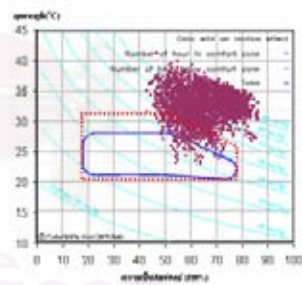
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองภูเก็ต เวลา 19:00-5:00



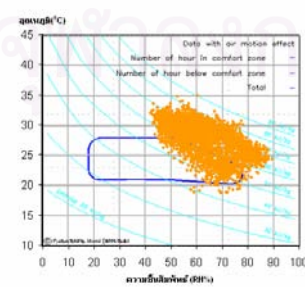
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองตรัง เวลา 0:00-24:00



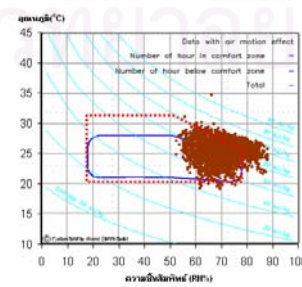
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองตรัง เวลา 19:00-5:00



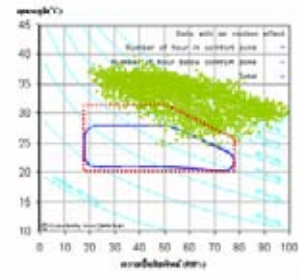
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองภูเก็ต เวลา 6:00-18:00



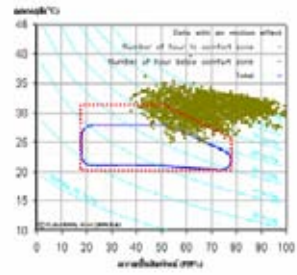
ผลรวมรายปีทั้งหมดของจุดฤกษ์ของOBTผลรวมรายปีของเดือนมกราคม  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคม บริเวณชานเมืองภูเก็ต เวลา 19:00-5:00



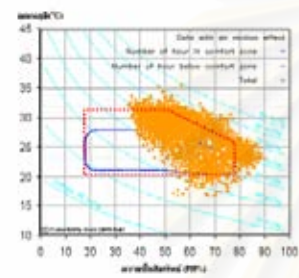
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 06:00-07:00



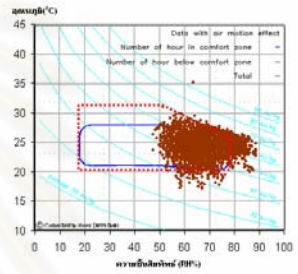
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 07:00-08:00



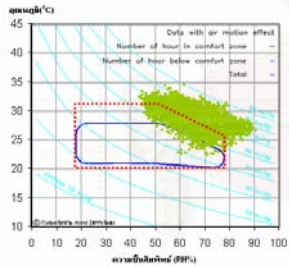
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 08:00-09:00



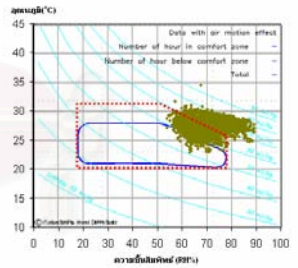
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 09:00-10:00



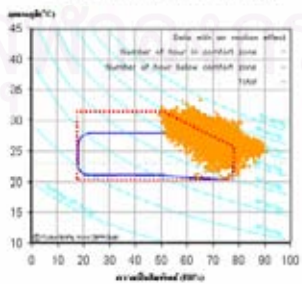
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 10:00-11:00



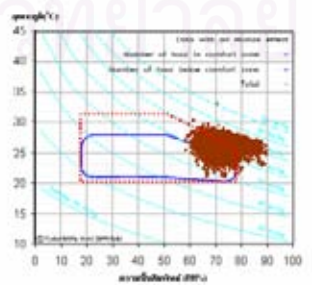
ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 11:00-12:00



ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 12:00-13:00

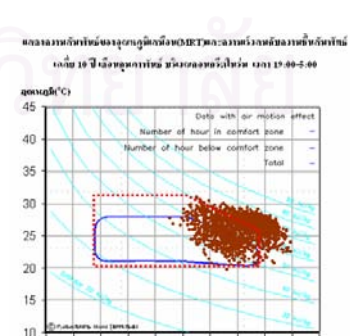
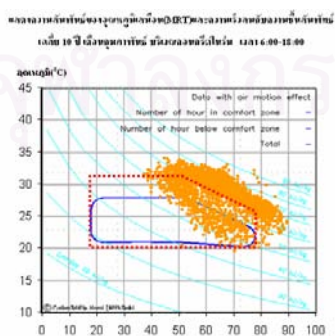
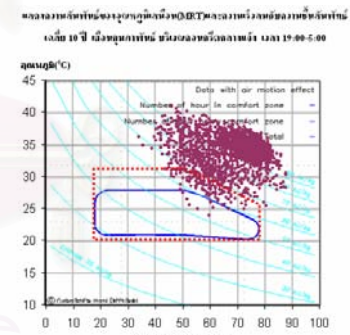
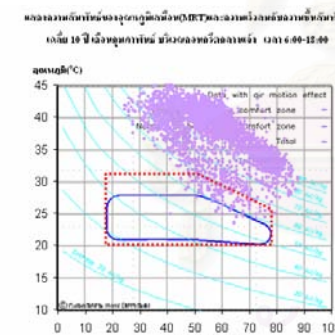
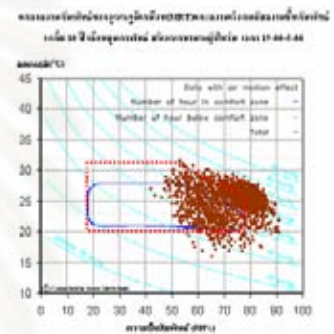
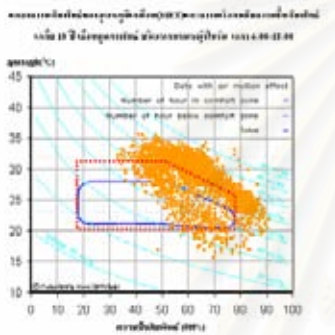
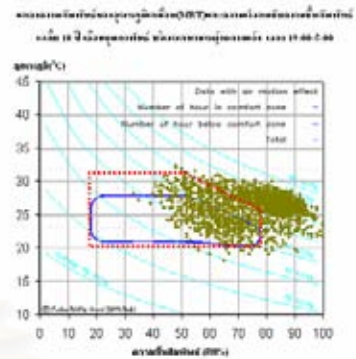
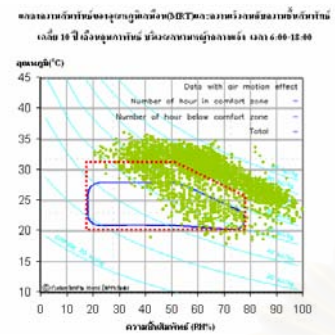


ผลรวมรายวันของปรากฏการณ์ DDT ของอาคารเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เวลา 13:00-14:00



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์

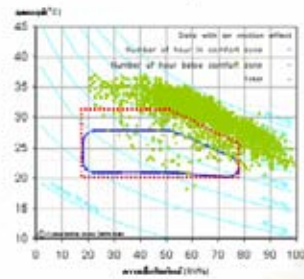




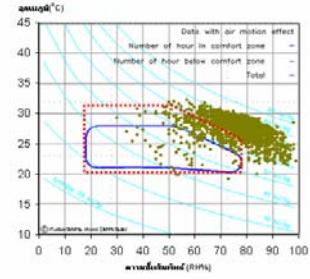


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคม

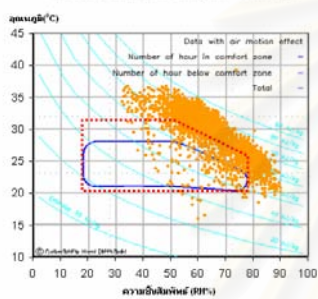
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางวันเวลาเช้า เวลา 08:00-12:00



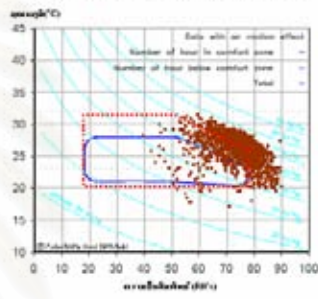
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางวันเวลาบ่าย เวลา 13:00-17:00



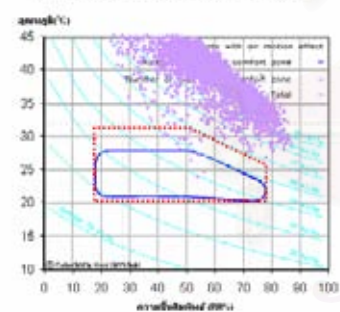
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงเย็นเวลาเย็น เวลา 16:00-18:00



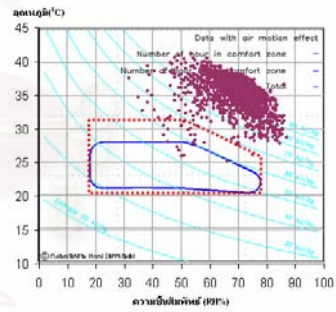
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงเย็นเวลาค่ำ เวลา 18:00-19:00



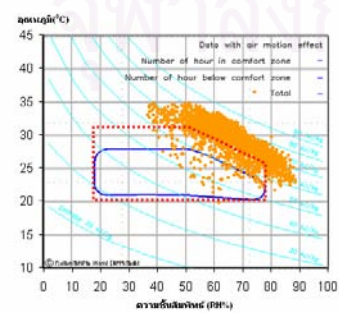
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางคืนเวลาเช้า เวลา 01:00-03:00



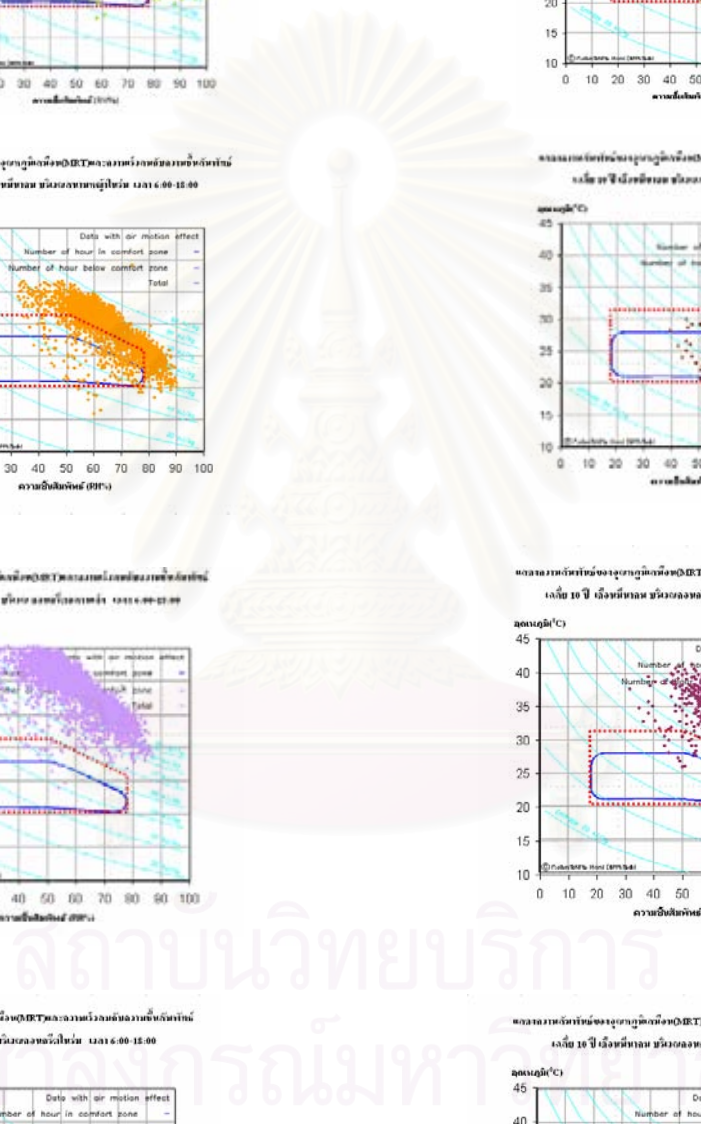
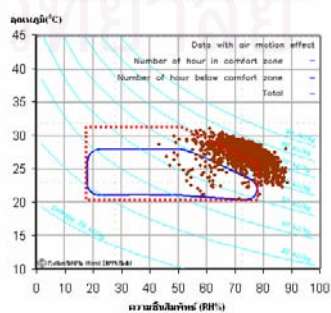
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางคืนเวลาบ่าย เวลา 15:00-17:00



ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางคืนเวลาเย็น เวลา 04:00-05:00



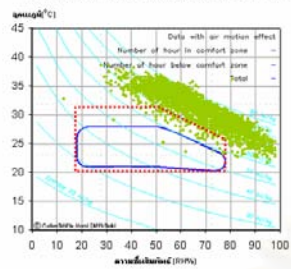
ผลรวมรายชั่วโมงของอุณหภูมิจากการเคลื่อนที่ของอากาศและอุณหภูมิเสมือน  
เลขที่ 10 ปี เดือนมีนาคม ชั่วโมงกลางคืนเวลาค่ำ เวลา 19:00-20:00



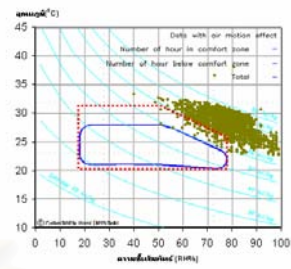


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายน

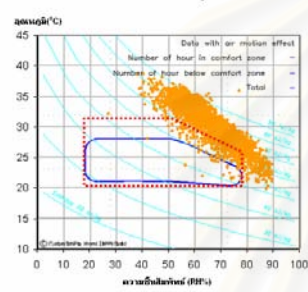
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 6:00-12:00



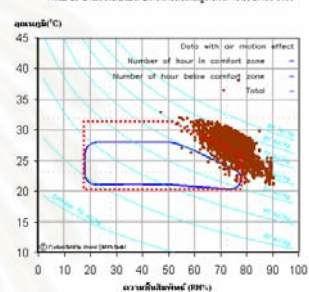
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 12:00-19:00



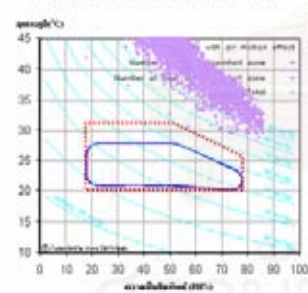
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 19:00-25:00



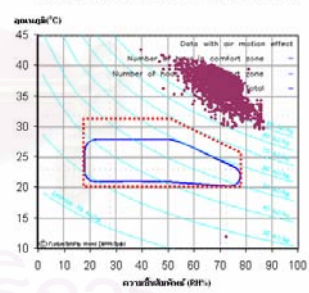
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 25:00-5:00



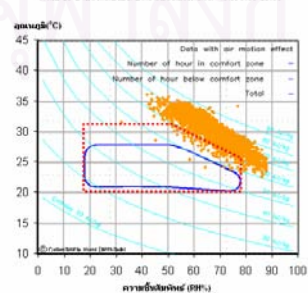
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 6:00-12:00



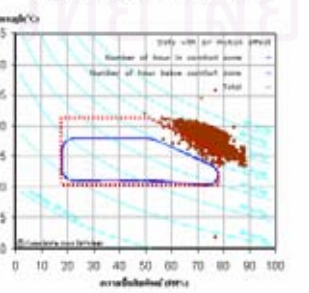
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 12:00-19:00



ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 6:00-12:00



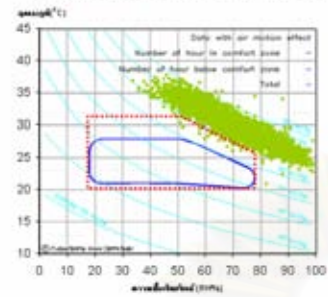
ผลรวมการก่อกวนของอนุภาคที่มี PM2.5 และอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า  
เดือน 10 ปี เดือนเมษายน บริเวณถนนพหลโยธิน ช่วง 12:00-19:00



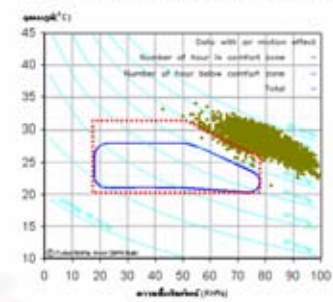


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคม

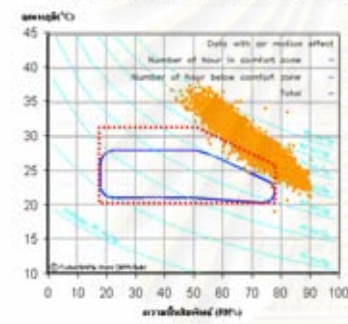
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งตะวันออก (เวลา 6:00-12:00)



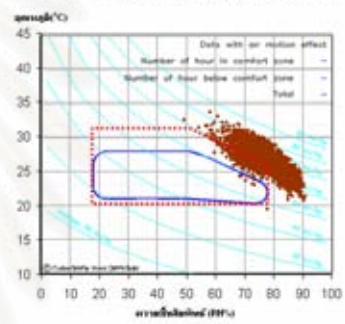
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งตะวันออก (เวลา 17:00-2:00)



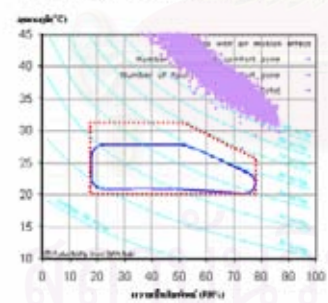
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งใต้ (เวลา 6:00-12:00)



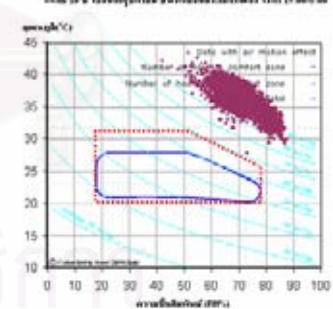
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งใต้ (เวลา 17:00-2:00)



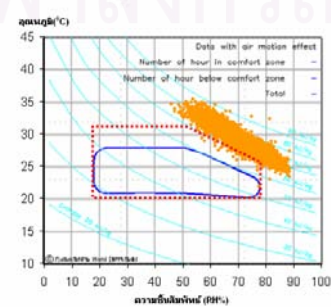
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งเหนือ (เวลา 6:00-12:00)



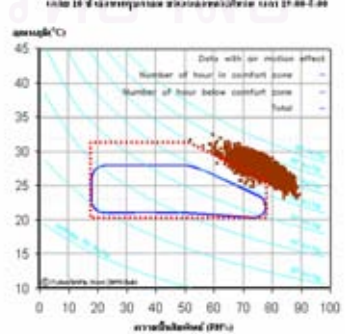
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของชายฝั่งเหนือ (เวลา 17:00-2:00)



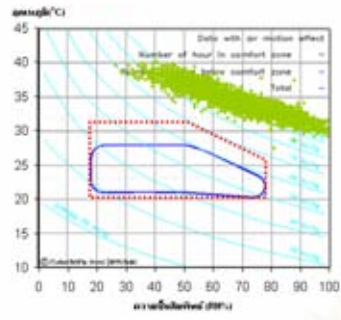
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของหัวหิน (เวลา 6:00-12:00)



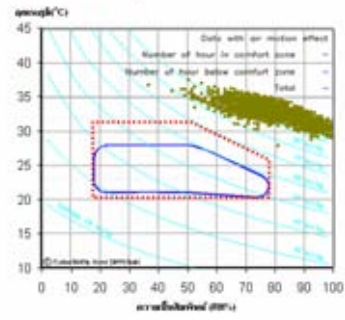
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์OBTและกรณีของลมพัดขึ้นฝั่ง  
 เดือน 10 ปี มีหายนุภาคน 5 วันของหัวหิน (เวลา 17:00-2:00)



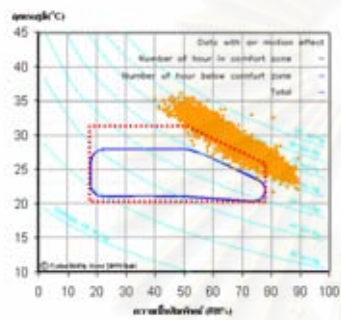
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๑-๑๒:๐๐



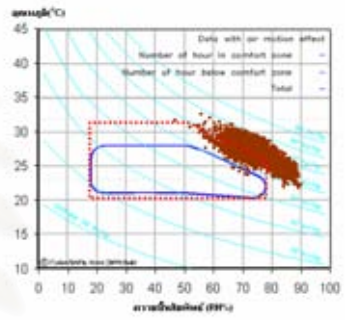
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๒:๐๐-๑:๐๐



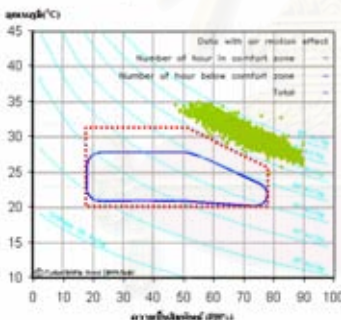
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๓:๐๐-๑๔:๐๐



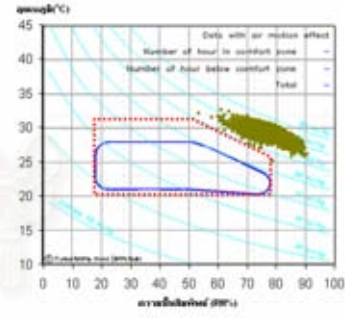
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๔:๐๐-๑๕:๐๐



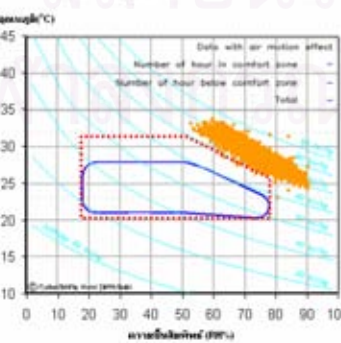
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๕:๐๐-๑๖:๐๐



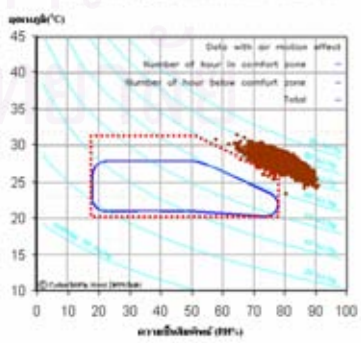
ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๖:๐๐-๑๗:๐๐



ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๗:๐๐-๑๘:๐๐

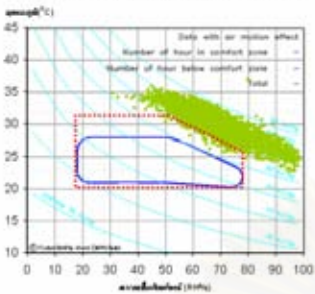


ผลรวมรายชั่วโมงของปริมาณรังสีความร้อน(OBT)และภาวะไม่สบายของห้องเรียน  
วันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช ๒๕๖๓ เวลา ๑๘:๐๐-๑๙:๐๐

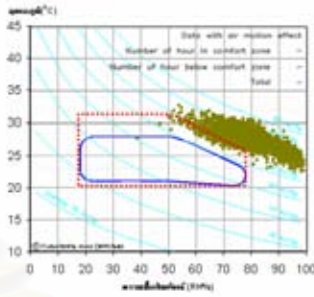


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายน

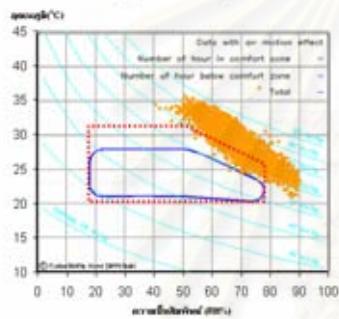
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



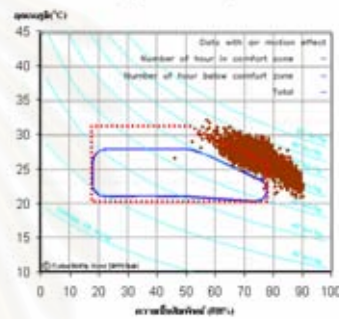
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



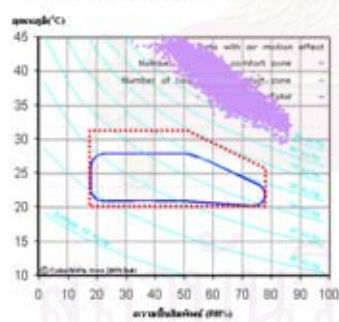
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



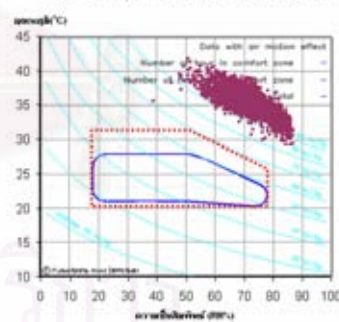
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



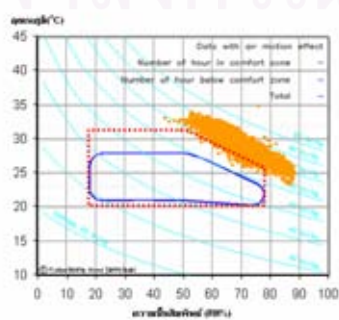
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



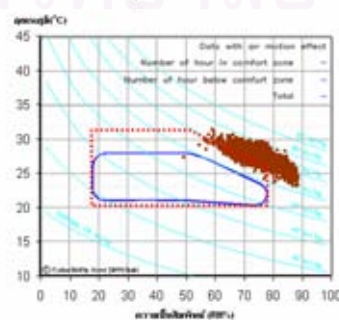
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



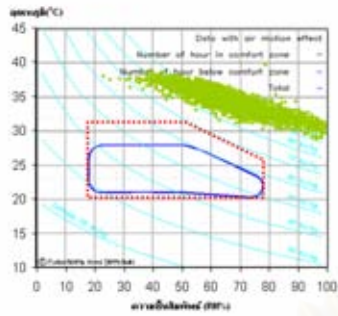
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



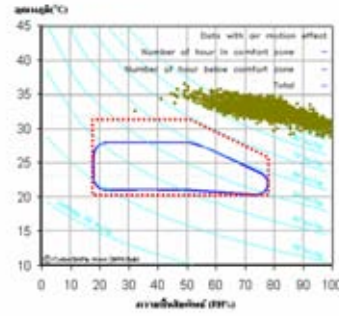
ผลรวมการเกิดฝ้าของบุคลากรบริเวณOBTอาคารเครื่องสำอางเครื่องสำอาง  
เดือน 10 ปี นีมาตัญญาชน สหกรณ์เกษตรอินทรีย์ โทร 17-00-0-00



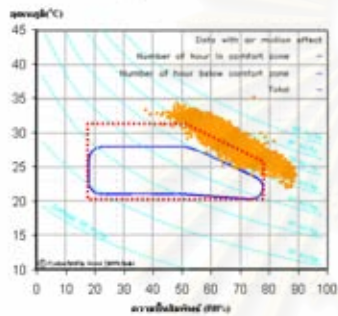
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 18 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 08:00-12:00



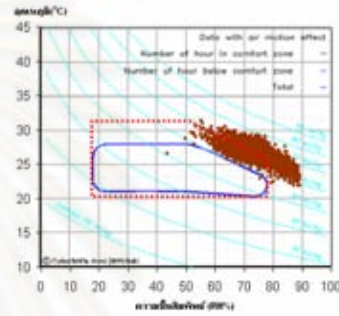
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 18 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 13:00-17:00



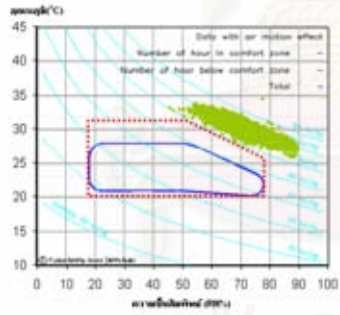
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 18 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 18:00-22:00



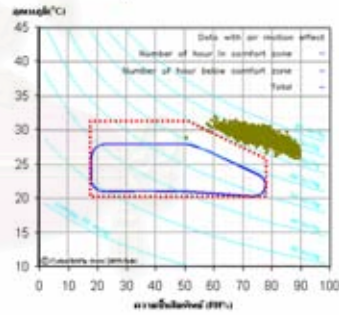
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 18 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 23:00-05:00



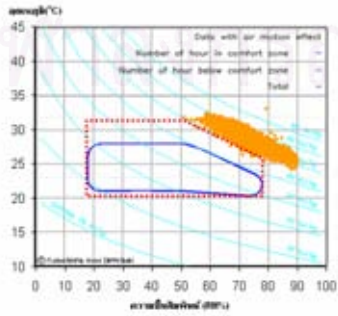
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 19 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 08:00-12:00



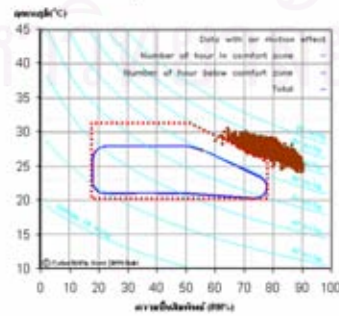
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 19 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 13:00-17:00



ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 19 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 18:00-22:00



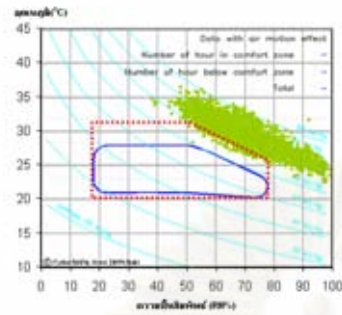
ผลรวมการให้พัสดุของบุคลากรที่มี OBT และผลรวมของผลรวมการให้พัสดุ  
วันที่ 19 มี.ค. 2565 ช่วงเวลา: 23:00-05:00



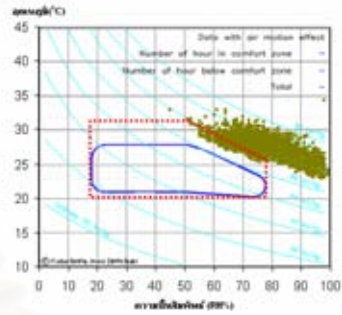


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคม

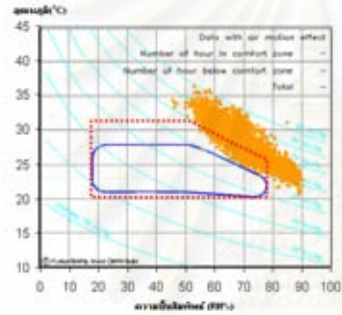
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:01-13:00



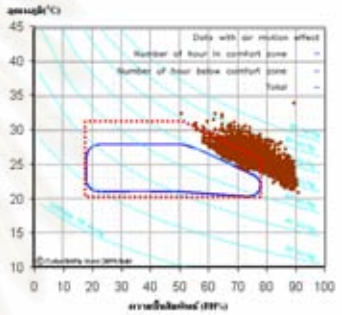
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:17-00:00



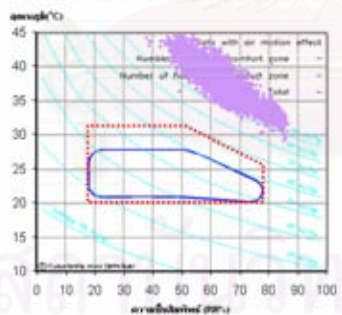
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:01-13:00



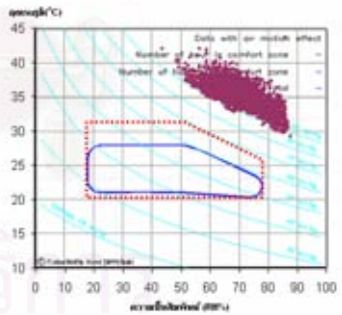
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:17-00:00



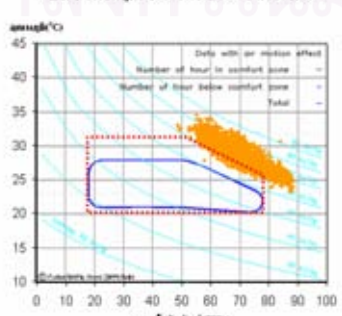
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:01-13:00



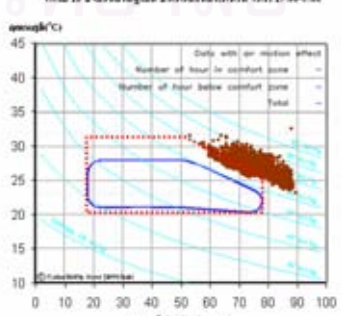
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:17-00:00



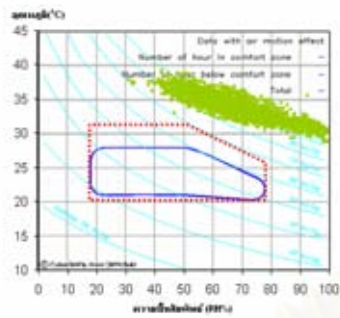
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:01-13:00



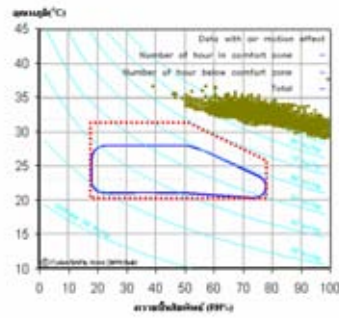
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์ของOBTและกรณีของลมพัดขึ้นฟ้า  
เฉลี่ย 10 ปี นีลของฤดูฝน ช่วงเวลาเวลาฤดูฝน: 13:17-00:00



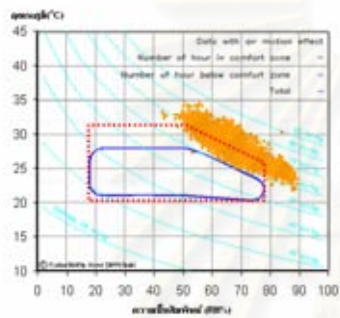
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 08:00-12:00



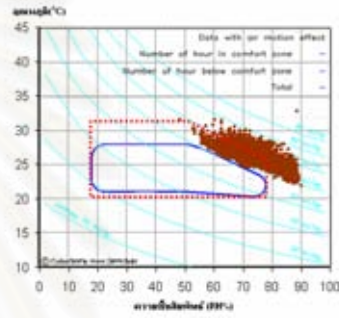
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 12:00-16:00



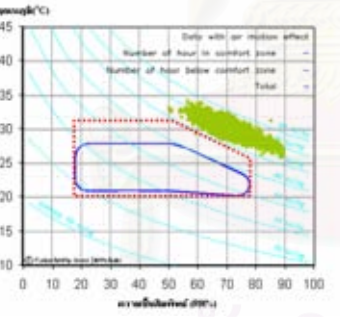
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 16:00-20:00



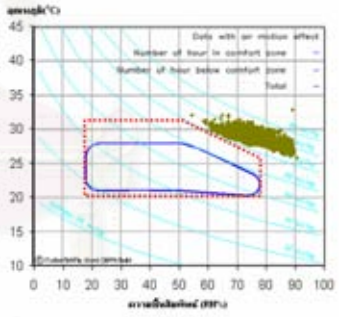
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 20:00-00:00



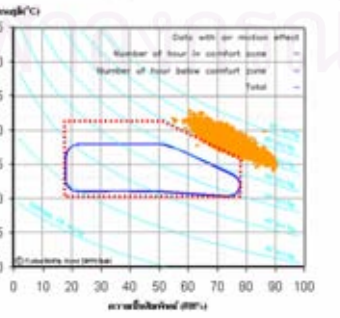
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 08:00-12:00



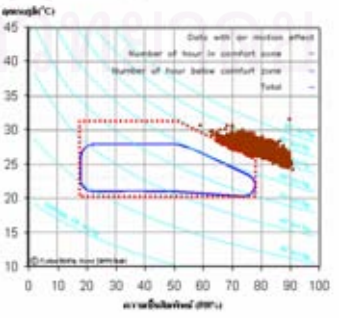
ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 12:00-16:00



ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 16:00-20:00

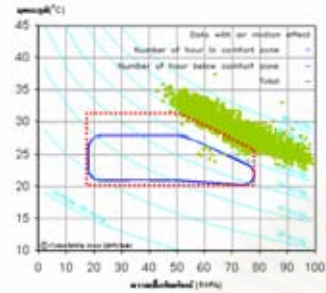


ผลรวมการให้พื้นที่ของรูปทรงพื้นที่ของOBTของอาคารในเขตเมืองกรุงเทพมหานคร  
วันที่ 18 มีนาคม 2562 เวลา 20:00-00:00

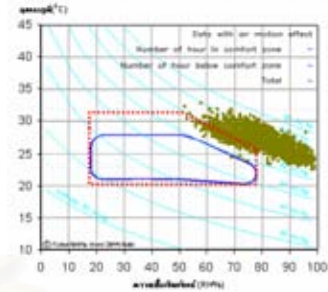


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม

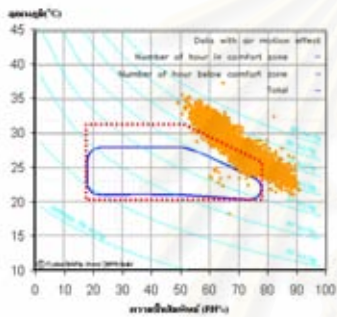
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



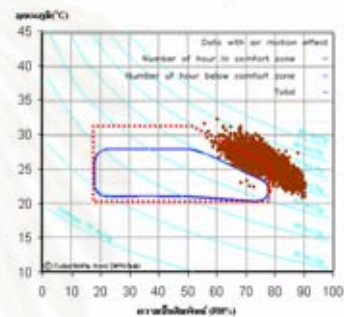
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



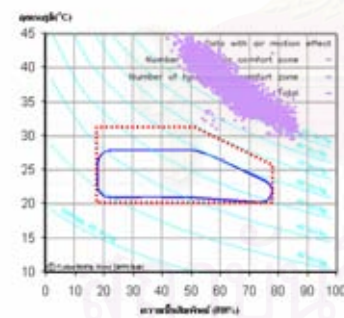
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



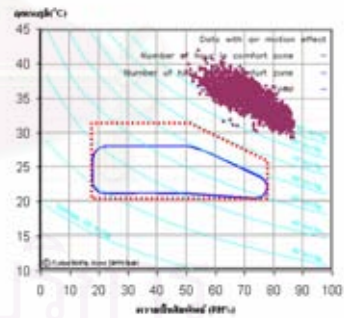
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



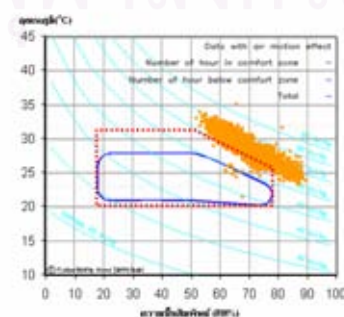
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



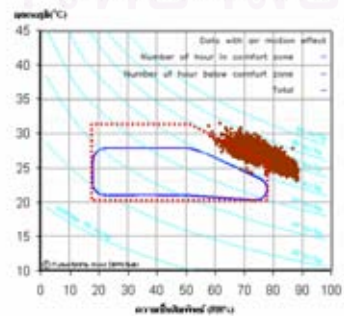
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



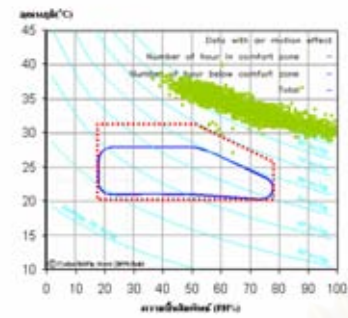
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



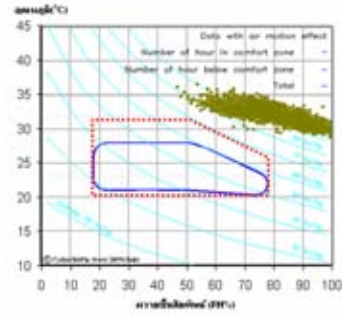
ผลรวมรายชั่วโมงของปรากฏการณ์OBTตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา  
เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคม สหราชอาณาจักรเวลามาตรฐาน GMT+7:00-07:00



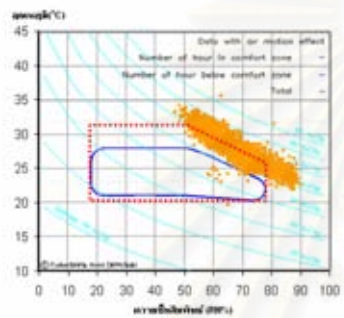
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาเช้า 08:00-12:00



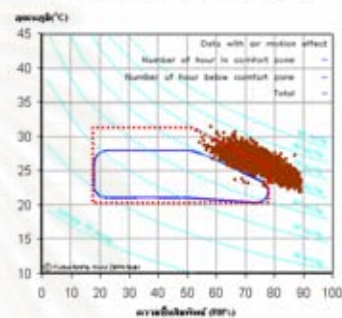
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาบ่าย 13:00-18:00



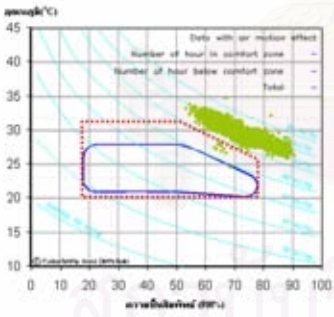
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาเย็น 18:00-22:00



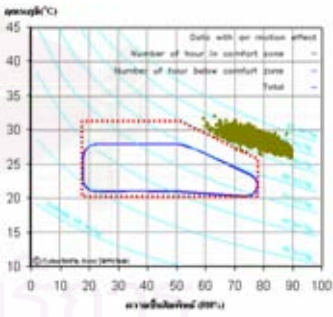
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาเช้านี้ 08:00-12:00



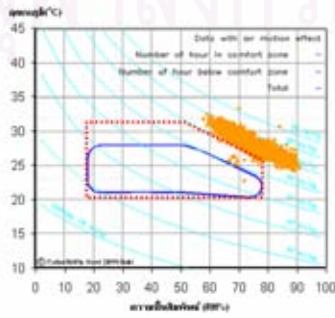
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาบ่ายนี้ 13:00-18:00



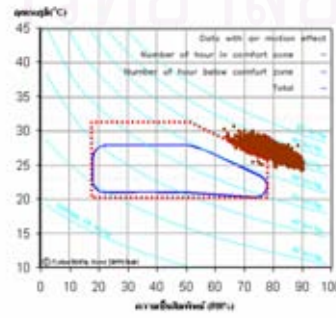
ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาเย็นนี้ 18:00-22:00



ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาเช้านี้ 08:00-12:00

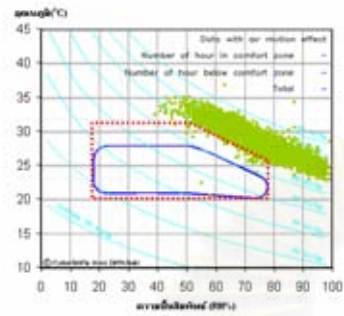


ผลรวมการให้พลังงานรวมจุดที่มี OBT ของอาคารในโหมดการทำความเย็น  
วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2562 ช่วงเวลาบ่ายนี้ 13:00-18:00

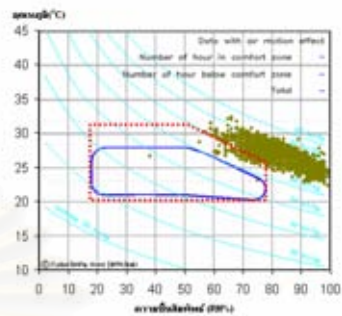


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายน

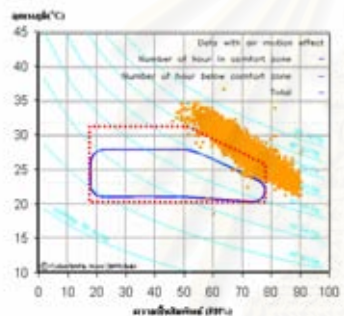
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งตะวันตกของภูเก็ต 19:00-22:00



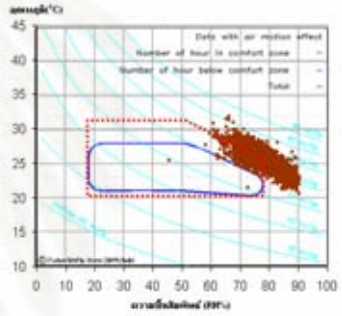
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งตะวันออกภูเก็ต 17:00-2:00



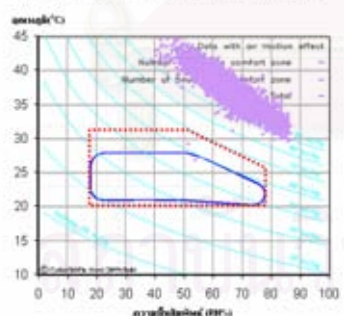
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 1:00-3:00



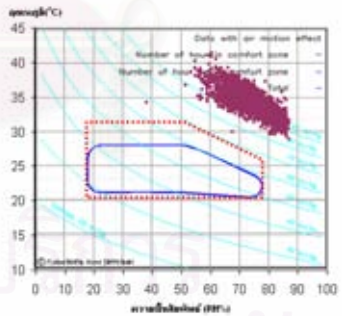
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 17:00-2:00



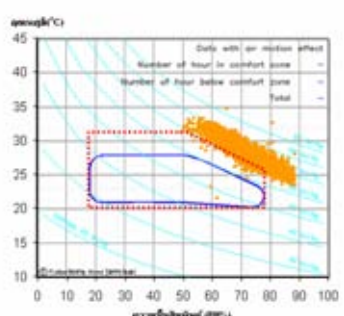
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 4:00-12:00



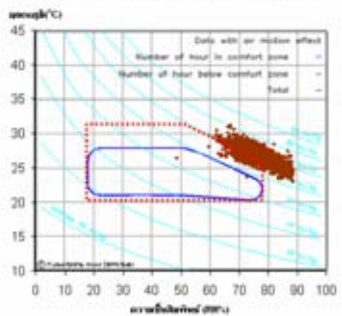
ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 17:00-2:00



ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 13:00-15:00

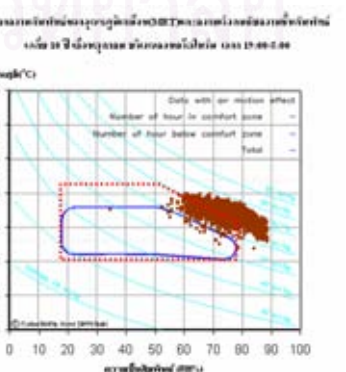
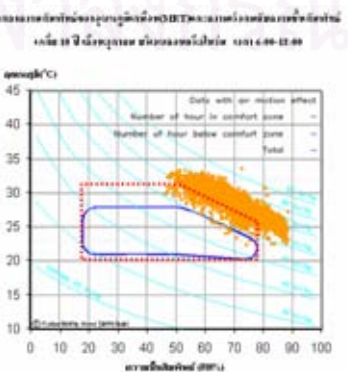
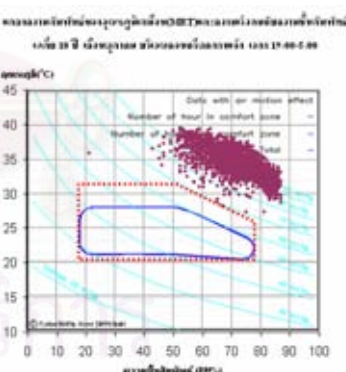
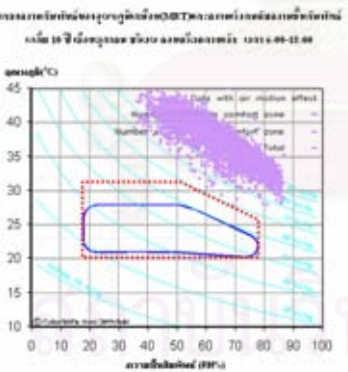
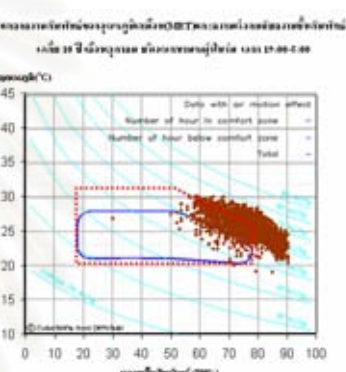
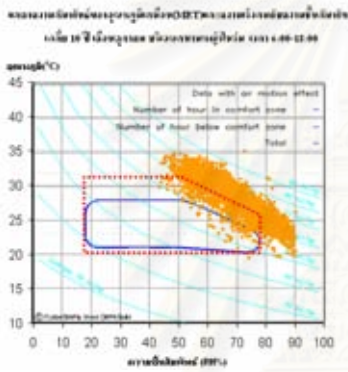
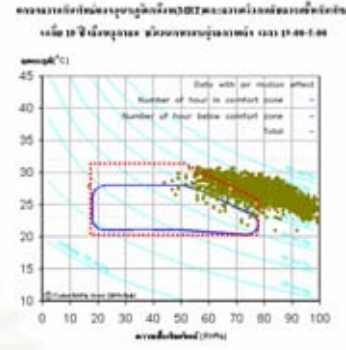
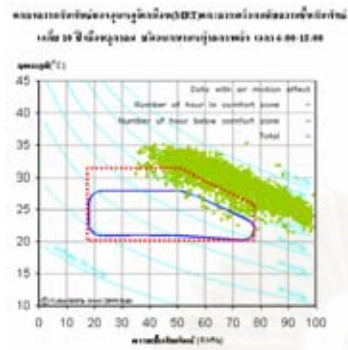


ผลรวมรายปีของปรากฏการณ์(OBT)ของภาคใต้ของประเทศไทย  
เดือน 10 ปี มีผลต่อชายฝั่งภูเก็ต 17:00-2:00

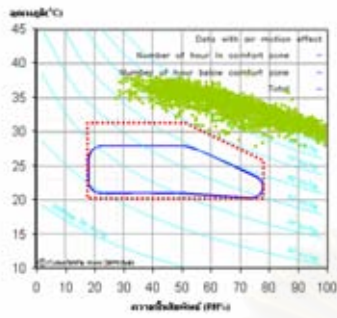




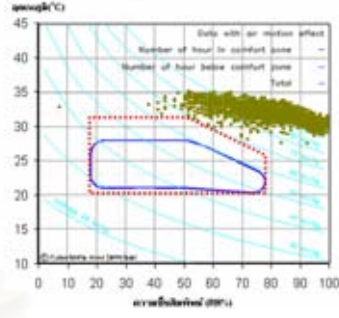
แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคม



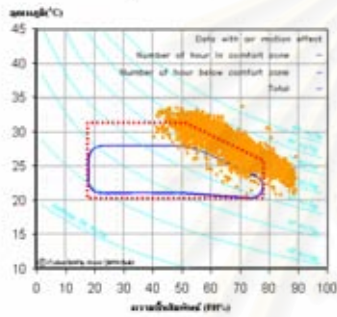
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 08:00-12:00



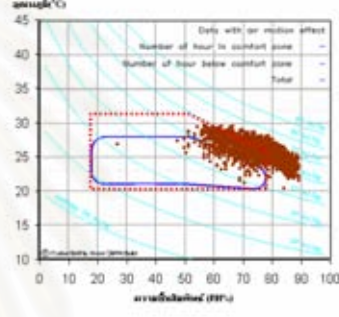
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 13:00-18:00



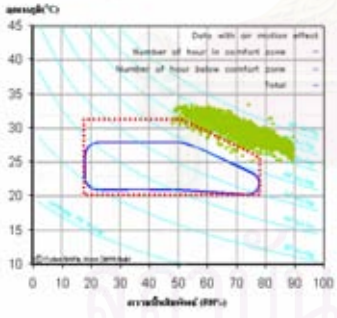
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 18:00-21:00



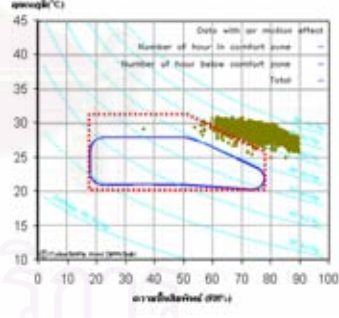
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 21:00-02:00



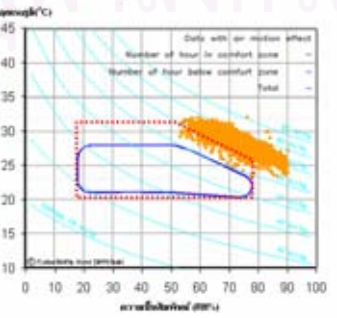
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 03:00-07:00



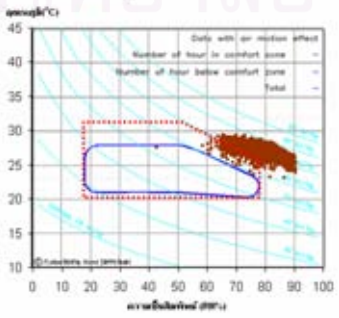
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 07:00-11:00



ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 11:00-15:00



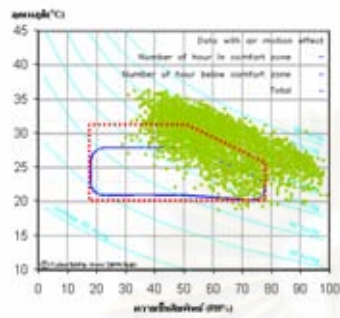
ผลรวมการให้ยั้งของประชากรผู้เลี้ยงOBTตลอดการเลี้ยงรวมทั้งหมด  
วันที่ 18 มีนาคม 2564 เวลา 15:00-19:00



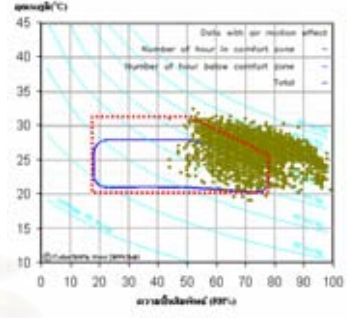


แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(MRT) และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายน

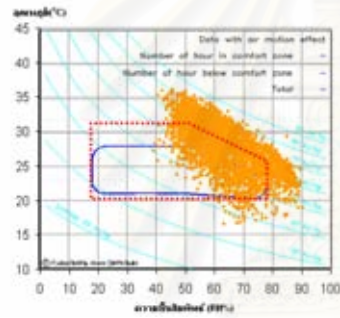
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



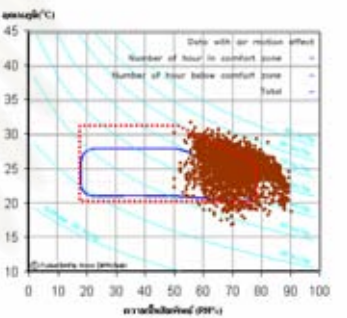
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



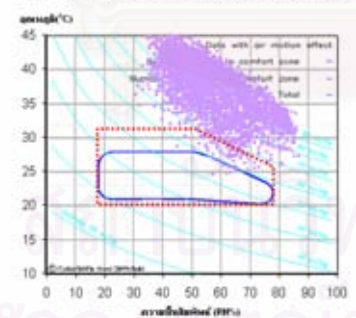
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



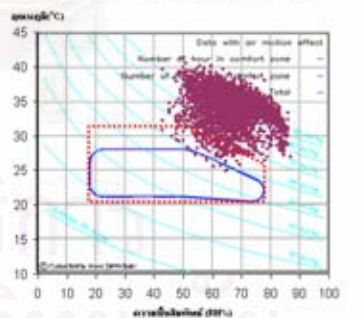
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



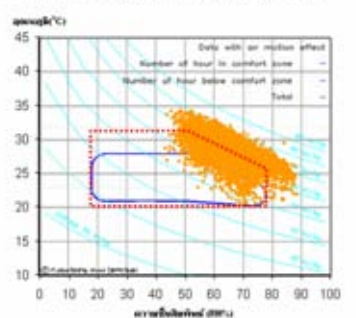
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



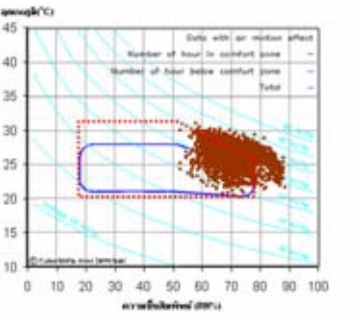
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



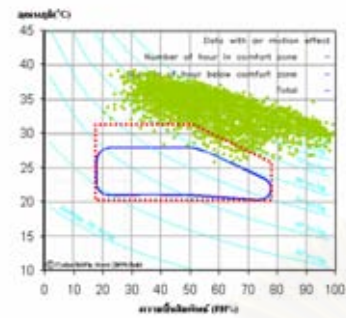
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



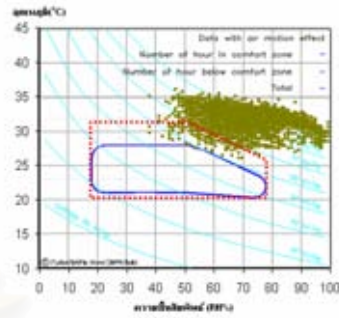
แผนภูมิความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน(OSET)และเกณฑ์ความชื้นสัมพัทธ์  
 เดือน 11 ปีของฤดูร้อน สหราชอาณาจักรเวลส์ 1886-19-08



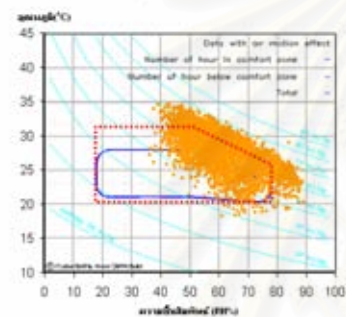
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเช้า 06:00-12:00



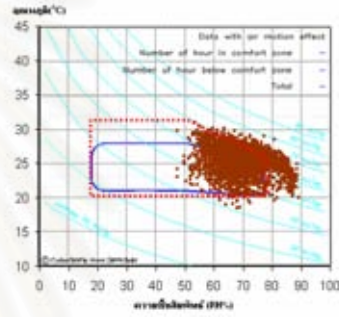
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาบ่าย 12:00-2:00



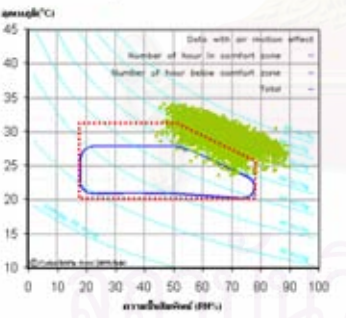
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเย็น 16:00-17:00



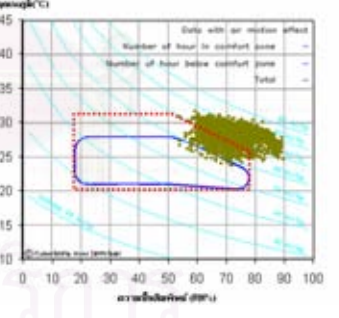
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเย็น 17:00-18:00



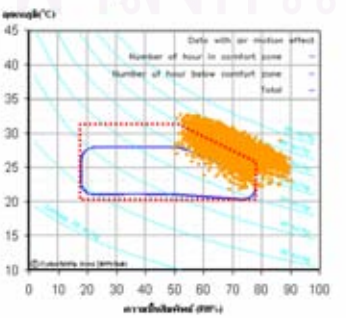
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเช้า 06:00-12:00



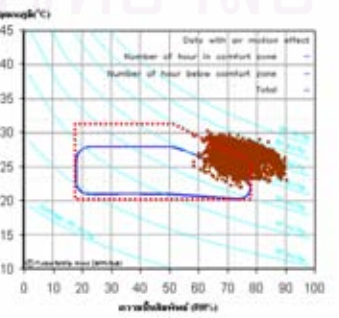
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาบ่าย 12:00-2:00



ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเย็น 16:00-17:00



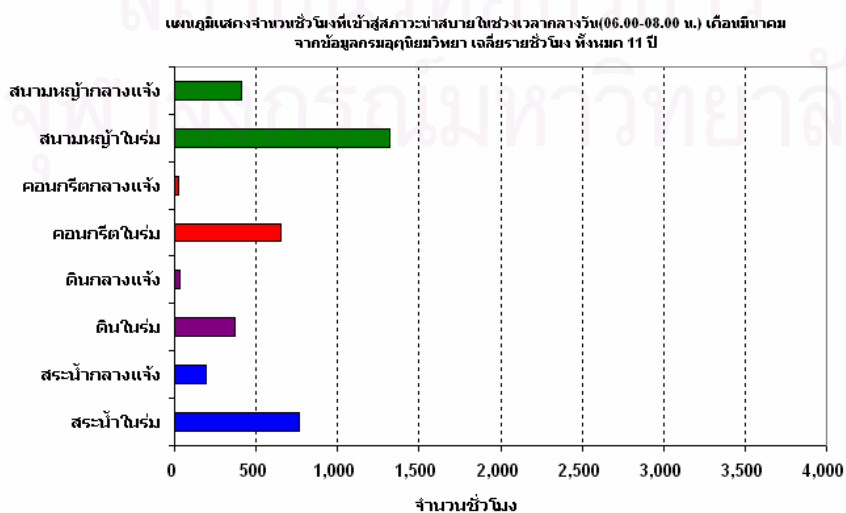
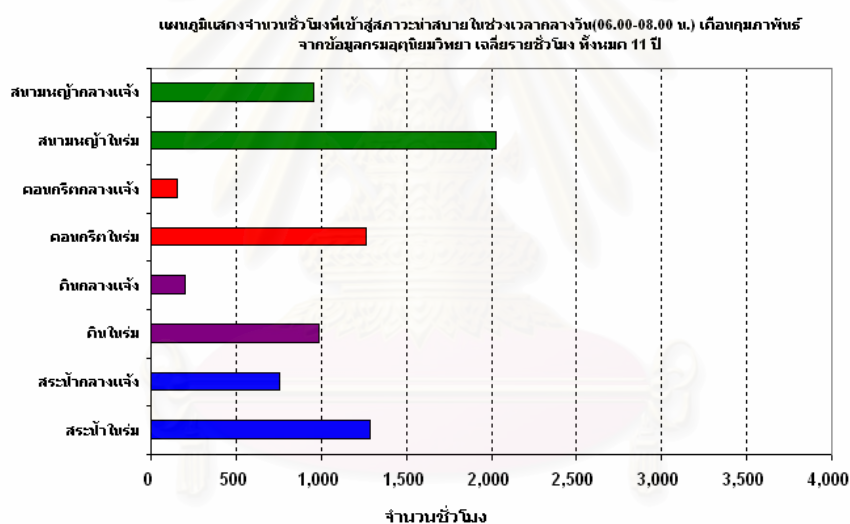
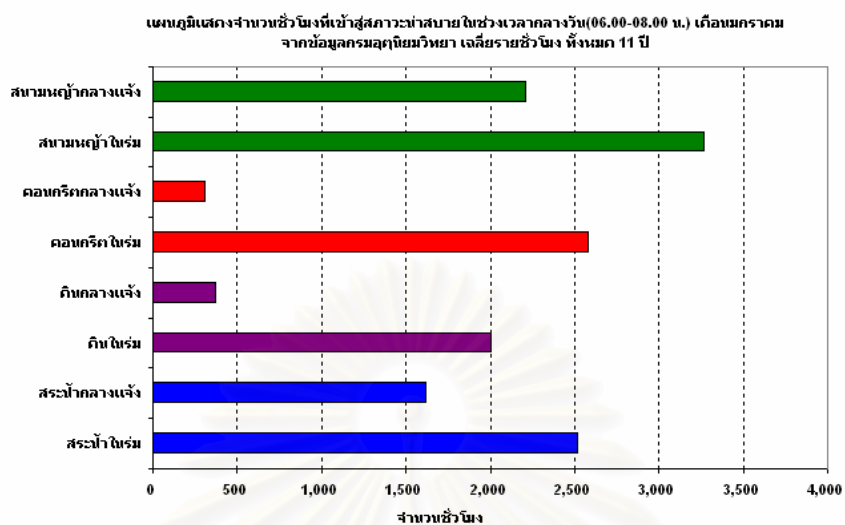
ตารางการให้ค่าของปรากฏการณ์ OBT ของอาคารเรียนชายฝั่ง  
เมื่อ 18 มิถุนายน 2564 ช่วงเวลาเย็น 17:00-18:00

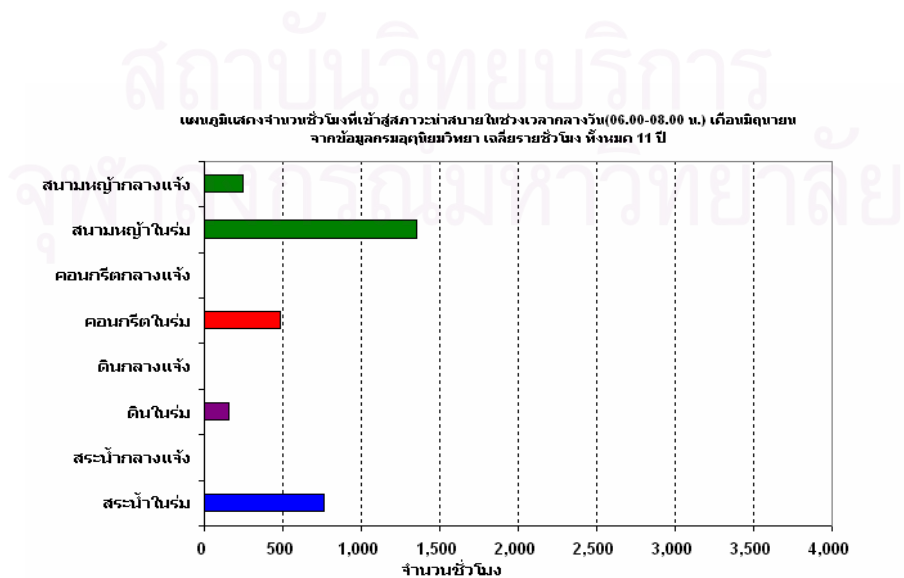
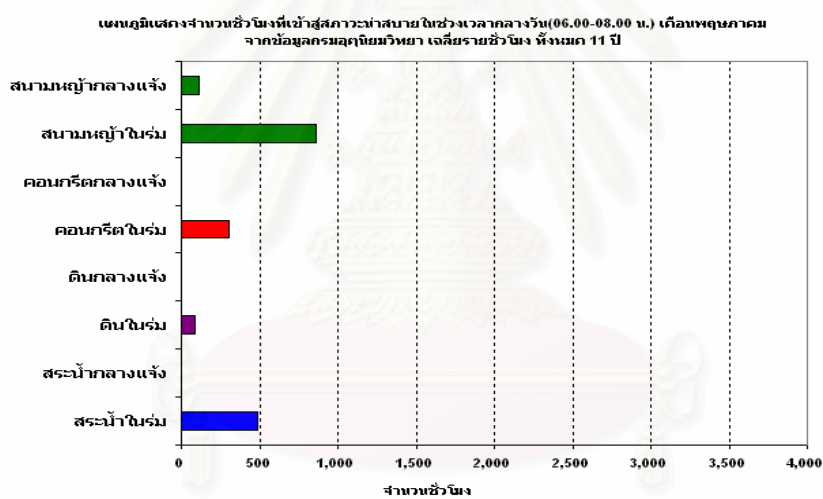
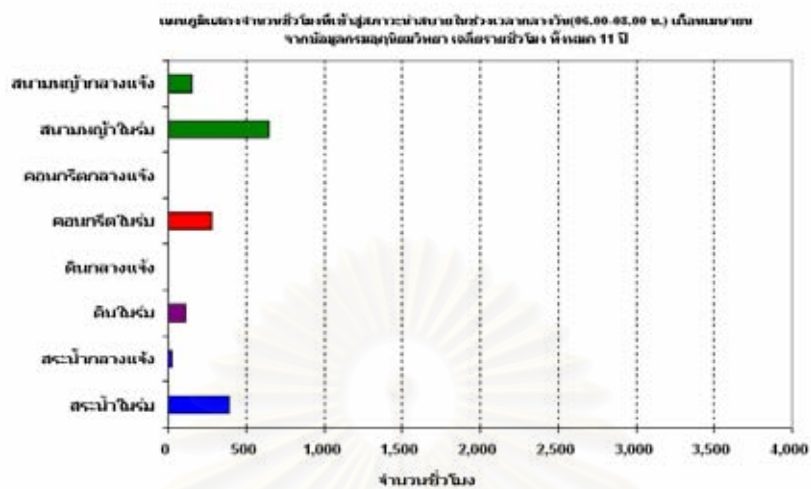


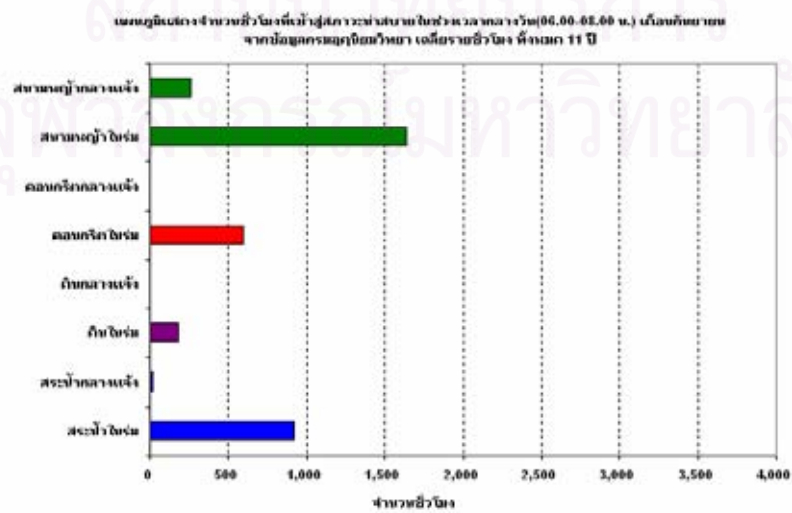
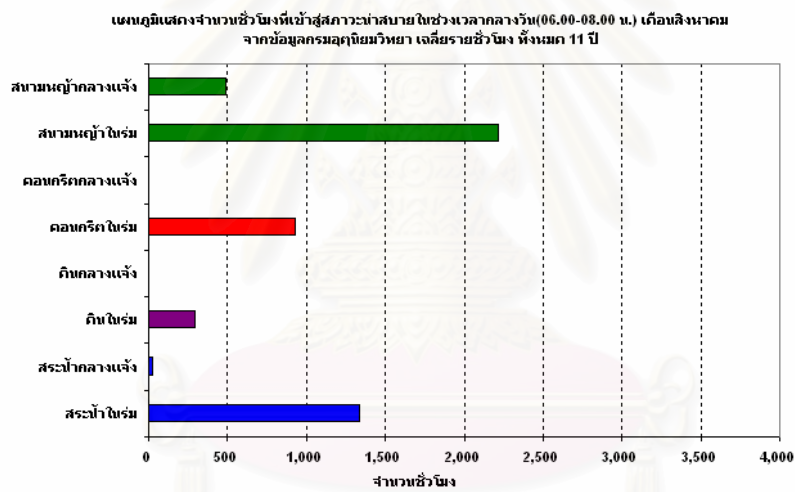
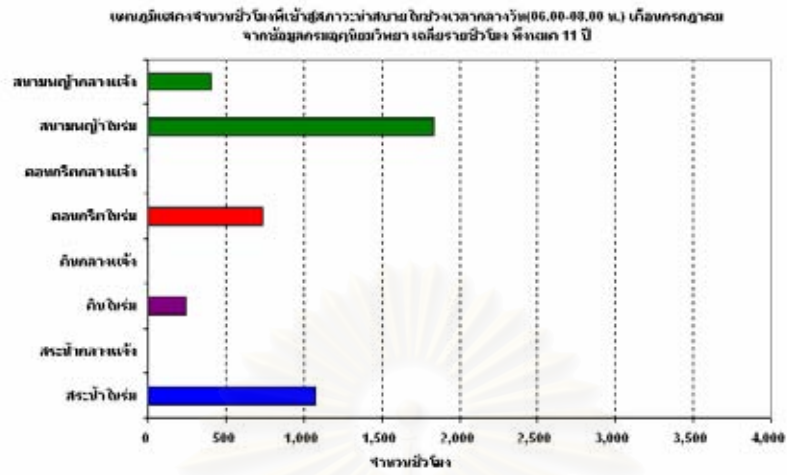




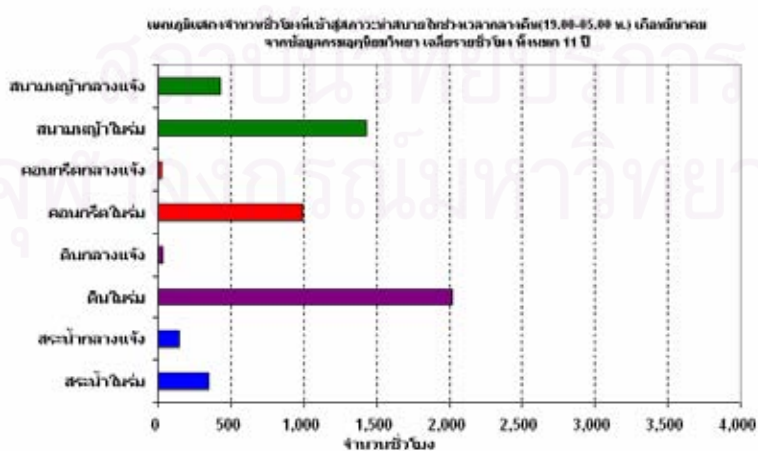
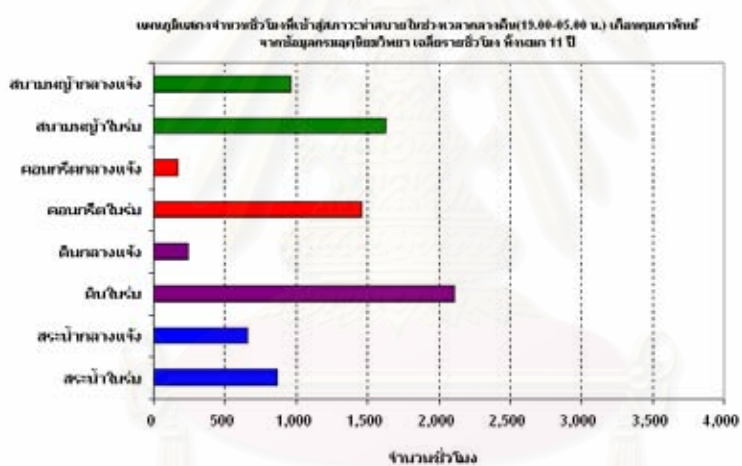
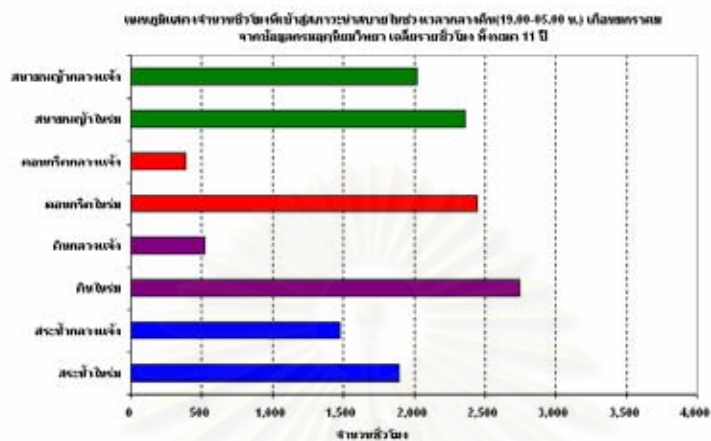
แผนภูมิแสดง จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางวัน(06.00-18.00 น.)จาก ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานคร





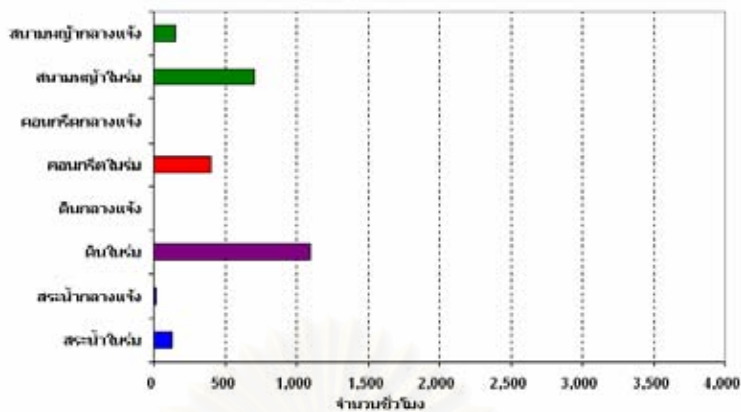


แผนภูมิแสดง จำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางคืน(19.00-05.00 น.)จาก ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานคร

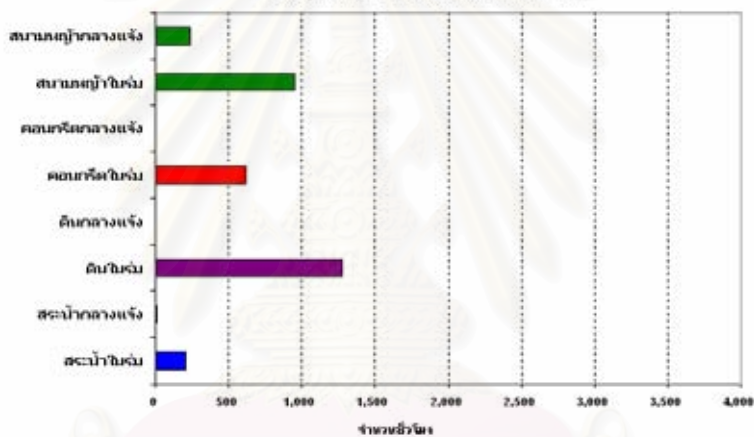




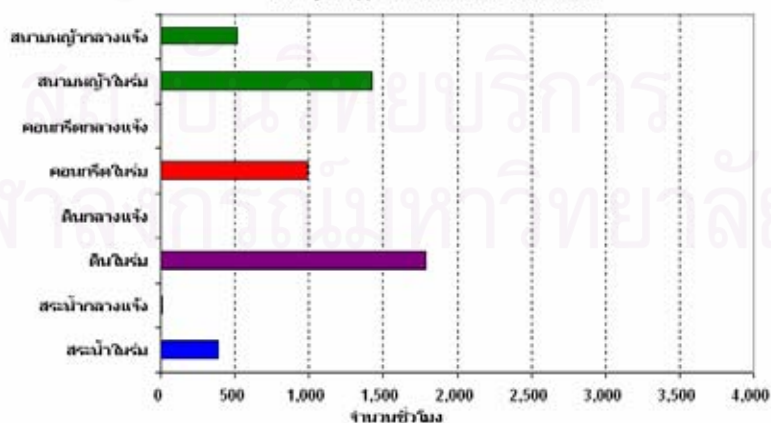
แผนภูมิแสดงจำนวนชีวิตจริงที่เข้าสู่อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (15.00-45.00 น.) เกือบแน่นอน จากข้อมูลกรมสถิติพาณิชย์ เดือนธันวาคม ปีงบประมาณ 11 ปี

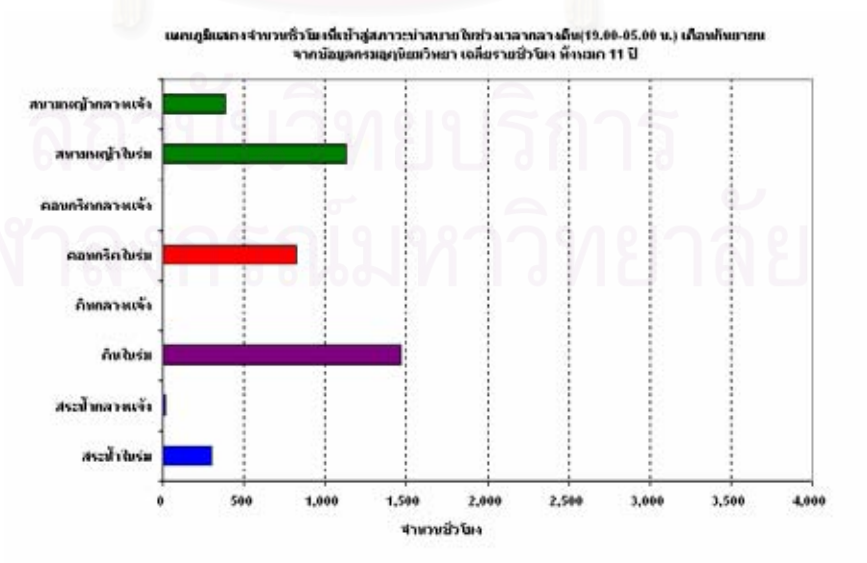
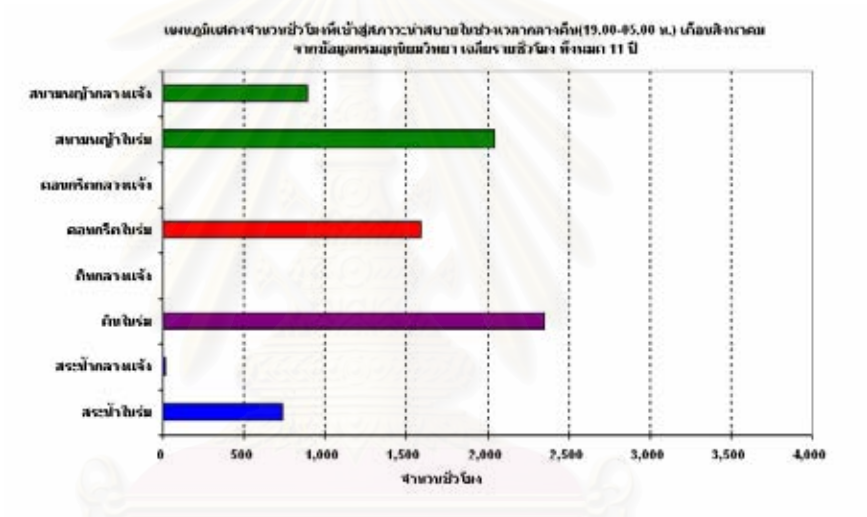
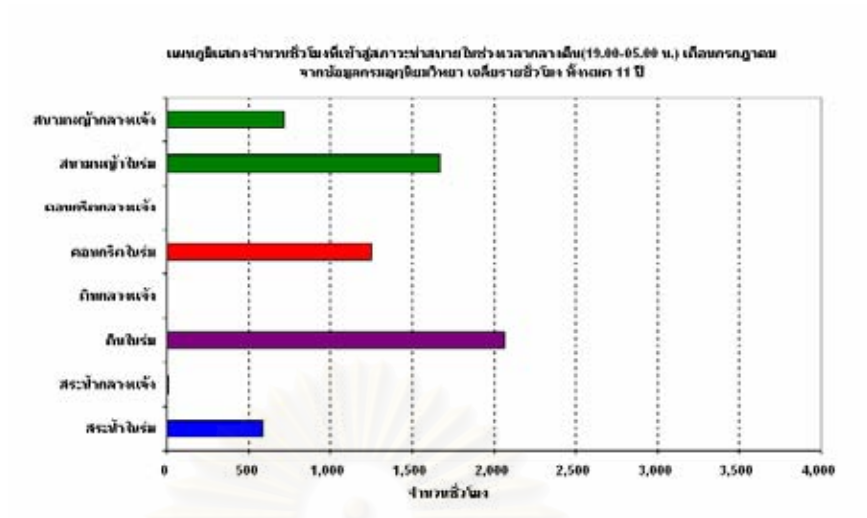


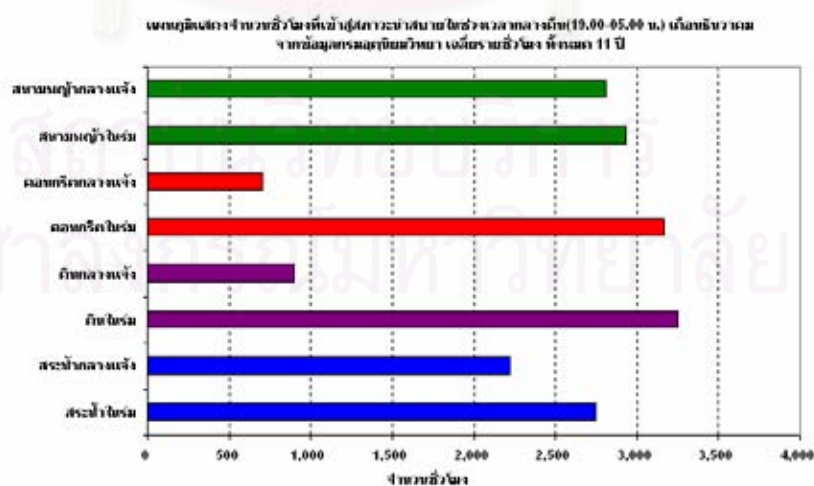
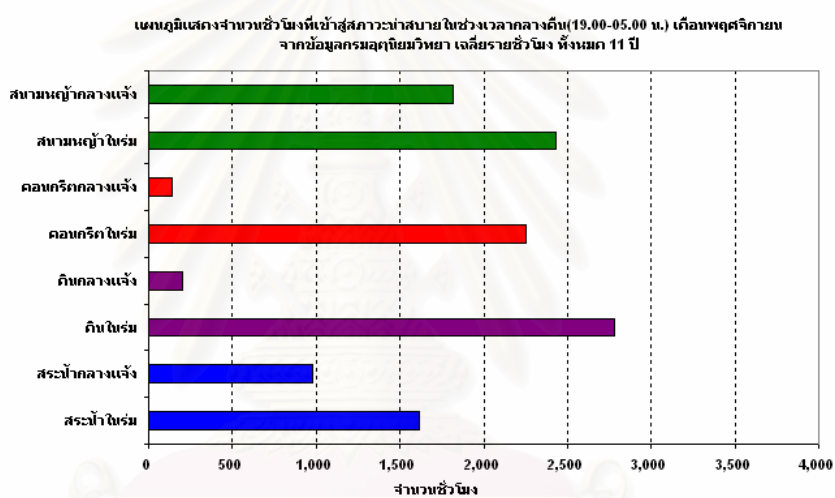
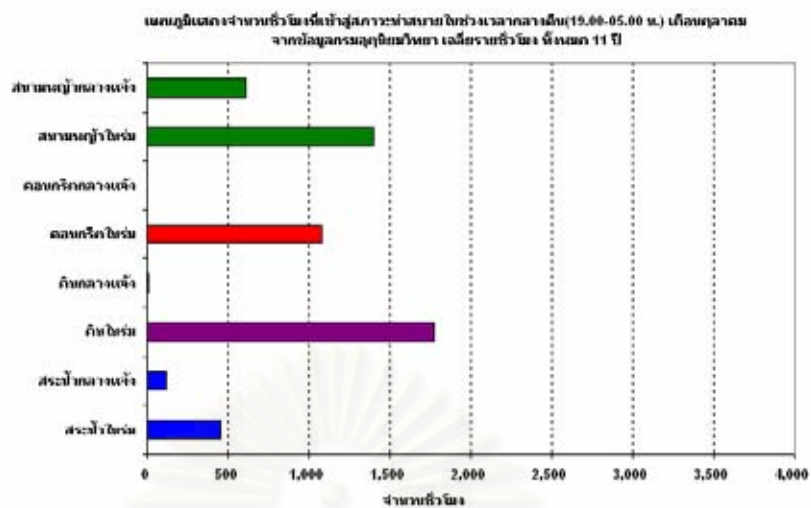
แผนภูมิแสดงจำนวนชีวิตจริงที่เข้าสู่อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (15.00-45.00 น.) เกือบแน่นอน จากข้อมูลกรมสถิติพาณิชย์ เดือนธันวาคม ปีงบประมาณ 11 ปี



แผนภูมิแสดงจำนวนชีวิตจริงที่เข้าสู่อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (15.00-45.00 น.) เกือบแน่นอน จากข้อมูลกรมสถิติพาณิชย์ เดือนธันวาคม ปีงบประมาณ 11 ปี







### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนฤมล แสนเสนา เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2522 จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในปีการศึกษา 2546 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ในปีการศึกษา 2548



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย