

ประสิทธิผลขององค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์



นายขวัญชัย กาแก้ว

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

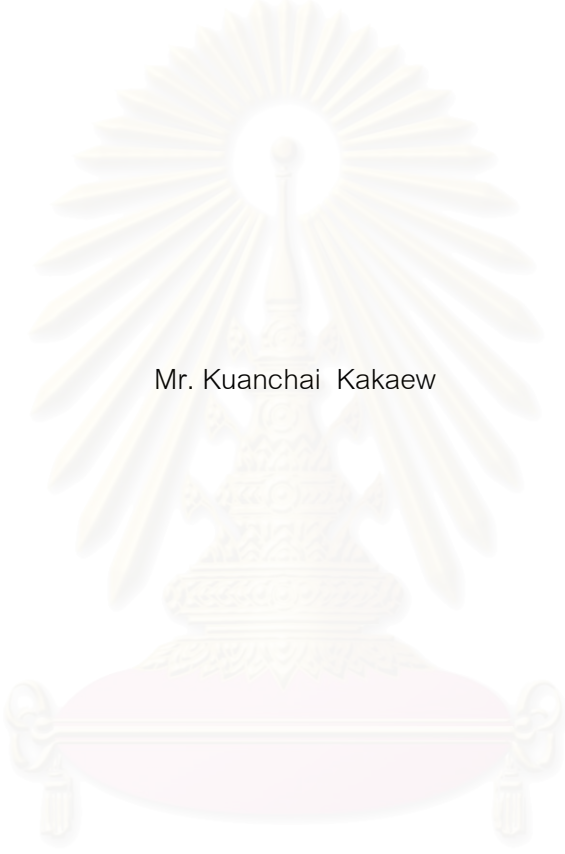
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4483-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF LANDSCAPE ELEMENTS ON HUMAN THERMAL COMFORT



Mr. Kuanchai Kakaew

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation 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 2005

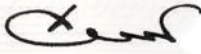
ISBN 974-17-4483-8

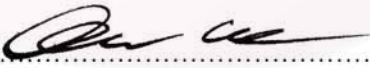
หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิผลขององค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์
โดย	นายขวัญชัย กาแก้ว
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุญตร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารศิลป์


..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

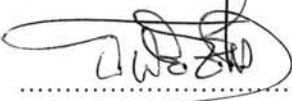
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุญตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)


..... กรรมการ
(นายนิพัทธ์ ชื่อดตรง)

ขวัญชัย กาแก้ว : ประสิทธิภาพขององค์ประกอบภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์
(EFFECTS OF LANDSCAPE ELEMENTS ON HUMAN THERMAL COMFORT)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. อรรจนี เศรษฐบุต, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ

จำนวนหน้า 202 หน้า ISBN 974-17-4483-8

วัตถุประสงค์หลักในการศึกษานี้เพื่อพัฒนาแนวทางในการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ให้สามารถปรับสภาพ
อากาศรอบอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การเก็บข้อมูลอากาศจากสภาพแวดล้อมจริง 4
บริเวณ ได้แก่ ลานคอนกรีต สนามหญ้า ใต้ต้นไม้ และแหล่งน้ำ ขั้นตอนที่ 2 จำลองสถานการณ์สภาพอากาศ
กรุงเทพมหานครใน 1 ปี จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ด้วยสมการถดถอยและขั้นตอนที่ 3 การทดลองเชิงประยุกต์ โดย
การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computation Fluid Dynamics) และโต๊ะน้ำ (Fluid
mapping table) เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มความเร็วลมซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะน่าสบายมากขึ้น โดยกำหนดรูปแบบ
การศึกษาการจัดวางต้นไม้ 5 รูปแบบ คือรูปแบบกรวยด้านบน การปลูกต้นไม้บนเนินดิน รูปแบบกรวยด้านข้าง และนำ
เนินดินกับแหล่งน้ำมาจัดร่วมกับกลุ่มต้นไม้ เกณฑ์ที่ใช้วัดสภาวะน่าสบายได้แก่จำนวนชั่วโมงใน Bioclimatic chart และ
ใช้การคำนวณ Degree hours เพื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิอากาศลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่น่าสบาย (25
องศาเซลเซียส)

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณสนามหญ้ามืดส่วนจำนวนชั่วโมงน่าสบายเท่ากับ 19.3 % และมี 21,088
Degree hours เมื่อใช้เนินดินที่ความชัน 30 องศา ค่าความสบายเพิ่มเป็น 22.1 % และมี 22,455 Degree hours บริเวณ
ใต้ต้นไม้ปกติมีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 52.1 % มี 10,821 Degree hours เมื่อจัดต้นไม้เป็นรูปแบบกรวยด้านบนมืดส่วน
ช่องลมเข้า 11 หน่วยต่อช่องลมออก 1 หน่วย มีสภาวะน่าสบาย 49.2 % มี 26,538 Degree hours การปลูกต้นไม้บนเนิน
ดินมีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 57.9 % และมี 18,751 Degree hours การจัดต้นไม้รูปแบบกรวยด้านข้างที่มีสัดส่วนช่องลม
เข้า 1.75 หน่วยต่อช่องลมออก 1 หน่วย มีสภาวะน่าสบายเท่ากับ 60.9 % และมี 13,182 Degree hours ผลสภาวะน่า
สบายที่เกิดจากการใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์มาผสมผสานกัน 2 รูปแบบ คือการจัดต้นไม้รูปแบบกรวยกับเนินดินมี
สภาวะน่าสบายเป็น 54.5 % และมี 15,944 Degree hours และการจัดต้นไม้รูปแบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ มีสภาวะ
น่าสบายเป็น 32.6 % และมี 45,395 Degree hours

สรุปแนวทางการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ให้เหมาะสมกับอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศ ควรใช้การจัดต้นไม้
รูปแบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ เนื่องจากมี 45,395 Degree hours ซึ่งเป็นผลให้ลดภาระการทำความเย็นของ
เครื่องปรับอากาศได้มากที่สุด ส่วนการจัดรูปแบบกรวยด้านข้างซึ่งมีสภาวะน่าสบายมากที่สุดอยู่ที่ 60.9 % เหมาะสมกับ
อาคารที่ไม่ทำการปรับอากาศเพราะจะทำให้อากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายเช่นเดียวกับบริเวณรอบอาคาร
เนื่องจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อ.....
สาขา สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4774107525 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: THERMAL COMFORT / LANDSCAPE / CFD/VENTURI EFFECT

KUANCHAI KAKAEW: EFFECTS OF LANDSCAPE ELEMENTS ON HUMAN
THERMAL COMFORT.

THESIS ADVISOR: ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D.

THESIS CO-ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D.

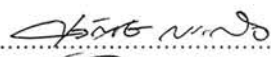
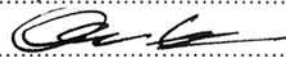
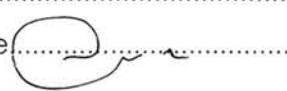
202 pp. ISBN 974-17-4483 -8.

This objective of this research is to develop landscape design guidelines for improving thermal comfort in the outdoor.

The methodology is divided into three steps. First, collecting microclimate data for 4 outdoor landscapes which are concrete slab, grass field, grass field under shade of trees, and grass field by the pond. Second, performing regression analysis based on measured data in order to predict the number of comfort hours in one year by using Bangkok weather data. Third, using a computational fluid dynamics program (i.e., HEATX) and fluid mapping table to simulate the effects of different landscape design on wind speeds. The indicator used for comfort assessment are the numbers of hours the outdoor climate conditions fall into the Bioclimatic's comfort zone, and also the calculated degree hours (25 C base).

The result indicate that the grass field has 19.3% of hours in comfort zone and corresponding 21,088 degree-hours and if a 30-degree-slope mound is integrated into the design the comfort hours will enhance to 22.1%. The area under shade of trees has 52.1%of hours in comfort zone and corresponding 10,821 degree-hours. The arranged trees by top-venturi effect has 49.2 % of hours in comfort zone and corresponding 26,538 degree-hours. Trees on the mound has 57.9% of hours in comfort zone and corresponding 18,751 degree-hours. The arranged trees in side-venturi effect has 60.9 % of hours in comfort zone and corresponding 13,182 degree-hours. The arranged trees by venturi effect with mound has 54.5% of hours in comfort zone and corresponding 15,944 degree-hours. The arranged trees by venturi effect with mound and pond has 32.6% of hours in comfort zone and 45,395 degree-hours.

In conclusion, landscape design elements for thermal comfort improvement should integrate the design of venturi effect, mound, and pond in order to increase the outdoor wind speed. Using venturi effects by arrangements of different tree sizes can increase the number of comfort hours up to 60.9%. The results of appropriate landscape designs lead to energy conservation in buildings as it decreases the temperature of air that surrounds the buildings.

Department ArchitectureStudent's signature.....
Field of study ArchitectureAdvisor's signature.....
Academic year 2005..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ต้องขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่ให้ความรู้ แนวความคิด ปรัชญาสู่ความสำเร็จทั้งการเรียนและการใช้ชีวิต ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ ประธานกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่สามารถให้คำปรึกษาได้ทุกเรื่องทุกปัญหา ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณการจน์ และอาจารย์ ดร.วรภัทร อิงคโรจฤทธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความเป็นห่วงและเป็นทุกอย่างให้ลูกคนนี้ ได้ ขอขอบคุณ นางสาว อรุษา คำสุข ที่เป็นกำลังใจที่อบอุ่นเสมอมา ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่สาขาเทคโนโลยี ที่คอยให้กำลังใจ เสียงหัวเราะ ด้วยกันตลอด 2 ปี ขอขอบคุณเพื่อนๆอาจารย์ ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.เกษตร คอยถามด้วยความเป็นห่วงเสมอมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
แนวคิดและทฤษฎี.....	5
ทฤษฎีและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะนำสบาย.....	5
2.1 สภาวะนำสบายทางด้านอุณหภูมิ.....	5
2.2 แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เป็นผลให้มนุษย์เกิดความรู้สึกเย็นจนเข้าใกล้สภาวะนำสบาย ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น.....	8
2.2.1 Bioclimatic Chart.....	9
2.2.2 การขยายขอบเขตสภาวะนำสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม.....	13
2.3 สภาพแวดล้อม.....	14
2.3.1 สภาพภูมิอากาศ.....	15
2.3.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศของประเทศไทย.....	16
2.3.3 สภาพภูมิทัศน์กับการปรุงแต่งสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะนำสบาย.....	16
ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control).....	16
การดูดซึม (Absorption).....	17
การสะท้อน (Reflection).....	17
การแผ่รังสี (Radiation).....	17

	หน้า
	18
	19
	26
	26
	30
	30
	34
บทที่ 3	35
3.1 ประชากร.....	35
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	37
3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง.....	38
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
บทที่ 4	42
4.1 ชุดข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล.....	42
4.2 ชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร.....	64
4.3 ชุดข้อมูลเชิงประยุกต์.....	149
4.3.1 การใช้เนินดิน.....	151
เนินดินความชัน 30 องศา.....	151
เนินดินความชัน 45 องศา.....	156
4.3.2 การใช้ต้นไม้.....	161
สัดส่วนที่เหมาะสมของรูปแบบกรวย (Venturi Effect).....	161
การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านบน.....	166
การจัดวางต้นไม้บนเนินดิน.....	171
การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง.....	176
4.3.3 การผสมผสานองค์ประกอบทางสภาพภูมิทัศน์.....	181
การใช้รูปแบบกรวยและเนินดิน.....	181
การใช้รูปแบบกรวย เนินดิน และแหล่งน้ำ.....	186

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	193
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	193
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	199
รายการอ้างอิง.....	201
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	202



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงของมนุษย์ในระดับความเร็วลมต่างๆ..... 8
ตารางที่ 2.2	แสดงอัตราความเร็วลมที่พัดผ่านแนวต้นไม้ที่ปลูกหนาแน่นและโปร่ง..... 23
ตารางที่ 2.3	แสดงผลการทดลองของกระแสลมกระทบที่เกิดจากรูปทรงของตัวต้านลมที่แตกต่างกันออกไปในอุโมงค์ลม..... 24
ตารางที่ 4.1	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ของ กทม. ในเวลากลางวัน..... 105
ตารางที่ 4.2	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน..... 106
ตารางที่ 4.3	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน..... 107
ตารางที่ 4.4	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน..... 108
ตารางที่ 4.5	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ของ กทม. ในเวลากลางคืน..... 145
ตารางที่ 4.6	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน..... 146
ตารางที่ 4.7	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน..... 147
ตารางที่ 4.8	แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือนจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน..... 148
ตารางที่ 4.9	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 30 องศา..... 151
ตารางที่ 4.10	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 45 องศา..... 156
ตารางที่ 4.11	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านบน..... 166
ตารางที่ 4.12	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน..... 171

	หน้า
ตารางที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง.....	176
ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน.....	181
ตารางที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน.....	186
ตารางที่ 4.16 แสดงผลของสัดส่วนสภาวะน่าสบายและอุณหภูมิที่ลดลงจาก 25 องศาเซลเซียสของการศึกษาเชิงประยุกต์.....	191



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	ภาพแสดง Bioclimatic Chart..... 9
ภาพที่ 2.2	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart..... 11
ภาพที่ 2.3	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (2)..... 11
ภาพที่ 2.4	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (3)..... 12
ภาพที่ 2.5	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (4)..... 12
ภาพที่ 2.6	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (5)..... 12
ภาพที่ 2.7	ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (6)..... 12
ภาพที่ 2.8	ภาพแสดงการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม..... 13
ภาพที่ 2.9	แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศ..... 19
ภาพที่ 2.10	แสดงการดูดซับความร้อนในตอนกลางวันและการคลายความร้อนในเวลากลางคืน 19
ภาพที่ 2.11	แสดงลักษณะของการเคลื่อนที่ของอากาศในลักษณะต่างกัน..... 20
ภาพที่ 2.12	แสดงลักษณะของความกดอากาศ..... 21
ภาพที่ 2.13	แสดงความสัมพันธ์ของทิศทางลมเคลื่อนที่เข้าสู่อาคารโดยผ่านทางช่องเปิดซึ่งมี ต้นไม้ในลักษณะต่างๆอยู่บริเวณต้นลม..... 22
ภาพที่ 2.14	ภาพแสดงต้นไม้ 3 ชนิดในการทดลอง ต้น Spruce, Lombardy Poplar, Austrian Pine..... 23
ภาพที่ 2.15	แสดงรูปทรงและผิวที่มีผลต่อการต้านลม..... 25
ภาพที่ 2.16	แสดงของกลุ่มสิ่งก่อสร้าง หรือแนวต้นไม้ที่มีผลกับลม..... 25
ภาพที่ 2.17	แสดงปริมาณแสงอาทิตย์ที่กระทำกับที่ลาดเอียงในทางทิศใต้และทิศเหนือ..... 27
ภาพที่ 2.18	แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงในทิศใต้..... 27
ภาพที่ 2.19	แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงในทิศเหนือ..... 28
ภาพที่ 2.20	แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงที่หันไปทางทะเล..... 28
ภาพที่ 2.21	แสดงการใช้เนินดินเพิ่มปริมาณเงาให้มากขึ้น..... 29
ภาพที่ 2.22	แสดงการใช้เนินดินเพิ่มปริมาณเงาให้ลดลง..... 29
ภาพที่ 2.23	แสดงการใช้เนินดินเพิ่มความเร็วลม และเป็นตัวต้านลม..... 30
ภาพที่ 2.24	แสดงการใช้เนินดินเพิ่มความเป็นส่วนตัว..... 30

	หน้า	
ภาพที่ 3.1	แสดงลักษณะกายภาพของสนามอาคารสำนักพิพิธภัณฑน์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	35
ภาพที่ 3.2	แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์.....	36
ภาพที่ 3.3	แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลความเร็วลม.....	36
ภาพที่ 3.4	แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย	37
ภาพที่ 3.5	แสดงตัวอย่างการทดสอบด้วยโต๊ะน้ำ(ซ้าย) และตัวอย่างโปรแกรม CFD(ขวา).....	37
ภาพที่ 3.6	แสดงตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล.....	38
ภาพที่ 3.7	แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง.....	38
ภาพที่ 3.8	แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย.....	39
ภาพที่ 3.7	แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองในพื้นที่เก็บข้อมูลทั้ง 3 บริเวณ.....	39
ภาพที่ 4.1	แสดงสภาพพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูล.....	42
ภาพที่ 4.2	แสดงรูปแบบการจัดวางกลุ่มต้นไม้ในแบบต่างๆ.....	150
ภาพที่ 4.3	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมของเนินดินความชัน 30 องศา.....	151
ภาพที่ 4.4	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมของเนินดินความชัน 30 องศา.....	156
ภาพที่ 4.5	แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆของรูปแบบกรวย ด้านบน.....	161
ภาพที่ 4.6	แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆของรูปแบบกรวย ด้านข้าง (1).....	163
ภาพที่ 4.7	แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆของรูปแบบกรวย ด้านข้าง (2).....	164
ภาพที่ 4.8	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดกลุ่มต้นไม้แบบกรวยด้านบน.....	166
ภาพที่ 4.9	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน.....	171
ภาพที่ 4.10	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง.....	176
ภาพที่ 4.11	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างและเนินดิน	181
ภาพที่ 4.12	แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง เนินดิน และแหล่งน้ำ.....	186

สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตรของทุกตำแหน่ง.....	43
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตรของทุกตำแหน่ง...	45
แผนภูมิที่ 4.3	แสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตรของทุกตำแหน่ง..	47
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ของทุกตำแหน่ง.....	49
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเร็วลมในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตร ของทุกตำแหน่ง.....	51
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต.....	53
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต.....	53
แผนภูมิที่ 4.8	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต.....	54
แผนภูมิที่ 4.9	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณลานคอนกรีต (1).....	54
แผนภูมิที่ 4.10	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณลานคอนกรีต (2).....	55
แผนภูมิที่ 4.11	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า.....	55
แผนภูมิที่ 4.12	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า.....	56
แผนภูมิที่ 4.13	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า.....	56
แผนภูมิที่ 4.14	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณสนามหญ้า (1).....	57
แผนภูมิที่ 4.15	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณสนามหญ้า (2).....	57
แผนภูมิที่ 4.16	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้.....	58

แผนภูมิที่ 4.17	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้.....	58
แผนภูมิที่ 4.18	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้.....	59
แผนภูมิที่ 4.19	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณใต้ต้นไม้ (1).....	59
แผนภูมิที่ 4.20	แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบายบริเวณใต้ต้นไม้ (2).....	60
แผนภูมิที่ 4.21	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณแหล่งน้ำ.....	60
แผนภูมิที่ 4.22	เปรียบเทียบปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดจากอุณหภูมิขอบเขตสภาวะน่าสบาย (25 °C) ของบริเวณลานคอนกรีต สนามหญ้าและใต้ต้นไม้.....	62
แผนภูมิที่ 4.23	เปรียบเทียบปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดจากอุณหภูมิขอบเขตสภาวะน่าสบาย (25 °C) ของบริเวณแหล่งน้ำ.....	62
แผนภูมิที่ 4.24	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมในเวลากลางวัน.....	69
แผนภูมิที่ 4.25	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	69
แผนภูมิที่ 4.26	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	70
แผนภูมิที่ 4.27	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	70
แผนภูมิที่ 4.28	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	71
แผนภูมิที่ 4.29	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	71
แผนภูมิที่ 4.30	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกุมภาพันธ์ในเวลากลางวัน.....	72

แผนภูมิที่ 4.31	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	72
แผนภูมิที่ 4.32	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	73
แผนภูมิที่ 4.33	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	73
แผนภูมิที่ 4.34	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	74
แผนภูมิที่ 4.35	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	74
แผนภูมิที่ 4.36	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนมีนาคมในเวลากลางวัน.....	75
แผนภูมิที่ 4.37	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	75
แผนภูมิที่ 4.38	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	76
แผนภูมิที่ 4.39	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	76
แผนภูมิที่ 4.40	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปี ในเวลากลางวัน.....	77
แผนภูมิที่ 4.41	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	77
แผนภูมิที่ 4.42	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนเมษายนในเวลากลางวัน.....	78
แผนภูมิที่ 4.43	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	78
แผนภูมิที่ 4.44	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	79

แผนภูมิที่ 4.45	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	79
แผนภูมิที่ 4.46	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนเมษายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	80
แผนภูมิที่ 4.47	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	80
แผนภูมิที่ 4.48	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนพฤษภาคมใน เวลากลางวัน.....	81
แผนภูมิที่ 4.49	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	81
แผนภูมิที่ 4.50	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	82
แผนภูมิที่ 4.51	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	82
แผนภูมิที่ 4.52	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	83
แผนภูมิที่ 4.53	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	83
แผนภูมิที่ 4.54	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนมิถุนายนใน เวลากลางวัน.....	84
แผนภูมิที่ 4.55	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	84
แผนภูมิที่ 4.56	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	85
แผนภูมิที่ 4.57	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	85
แผนภูมิที่ 4.58	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	86

แผนภูมิที่ 4.59	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	86
แผนภูมิที่ 4.60	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกรกฎาคมในเวลากลางวัน.....	87
แผนภูมิที่ 4.61	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	87
แผนภูมิที่ 4.62	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	88
แผนภูมิที่ 4.63	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	88
แผนภูมิที่ 4.64	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	89
แผนภูมิที่ 4.65	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	89
แผนภูมิที่ 4.66	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนสิงหาคมในเวลากลางวัน.....	90
แผนภูมิที่ 4.67	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	90
แผนภูมิที่ 4.68	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	91
แผนภูมิที่ 4.69	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	91
แผนภูมิที่ 4.70	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	92
แผนภูมิที่ 4.71	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	92
แผนภูมิที่ 4.72	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกันยายนในเวลากลางวัน.....	93

แผนภูมิที่ 4.73	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	93
แผนภูมิที่ 4.74	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	94
แผนภูมิที่ 4.75	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	94
แผนภูมิที่ 4.76	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	95
แผนภูมิที่ 4.77	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	95
แผนภูมิที่ 4.78	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนตุลาคมในเวลากลางวัน.....	96
แผนภูมิที่ 4.79	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	96
แผนภูมิที่ 4.80	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	97
แผนภูมิที่ 4.81	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	97
แผนภูมิที่ 4.82	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปี ในเวลากลางวัน.....	98
แผนภูมิที่ 4.83	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	98
แผนภูมิที่ 4.84	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนพฤศจิกายนในเวลากลางวัน.....	99
แผนภูมิที่ 4.85	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	99
แผนภูมิที่ 4.86	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความขึ้นสัมพันธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	100

แผนภูมิที่ 4.87	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	100
แผนภูมิที่ 4.88	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	101
แผนภูมิที่ 4.89	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	101
แผนภูมิที่ 4.90	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนธันวาคมในเวลากลางวัน.....	102
แผนภูมิที่ 4.91	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน.....	102
แผนภูมิที่ 4.92	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	103
แผนภูมิที่ 4.93	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	103
แผนภูมิที่ 4.94	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	104
แผนภูมิที่ 4.95	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน.....	104
แผนภูมิที่ 4.96	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมในเวลากลางคืน.....	109
แผนภูมิที่ 4.97	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	109
แผนภูมิที่ 4.98	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน.....	110
แผนภูมิที่ 4.99	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน.....	110
แผนภูมิที่ 4.100	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	111

แผนภูมิที่ 4.101	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	111
แผนภูมิที่ 4.102	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกุมภาพันธ์ในเวลากลางคืน.....	112
แผนภูมิที่ 4.103	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	112
แผนภูมิที่ 4.104	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	113
แผนภูมิที่ 4.105	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	113
แผนภูมิที่ 4.106	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	114
แผนภูมิที่ 4.107	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	114
แผนภูมิที่ 4.108	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนมีนาคมในเวลากลางคืน.....	115
แผนภูมิที่ 4.109	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	115
แผนภูมิที่ 4.110	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	116
แผนภูมิที่ 4.111	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวันกลางคืน..	116
แผนภูมิที่ 4.112	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	117
แผนภูมิที่ 4.113	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	117
แผนภูมิที่ 4.114	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนเมษายนในเวลากลางคืน.....	118

แผนภูมิที่ 4.115	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	118
แผนภูมิที่ 4.116	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	119
แผนภูมิที่ 4.117	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	119
แผนภูมิที่ 4.118	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนเมษายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	120
แผนภูมิที่ 4.119	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	120
แผนภูมิที่ 4.120	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนพฤษภาคมในเวลากลางคืน.....	121
แผนภูมิที่ 4.121	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	121
แผนภูมิที่ 4.122	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	122
แผนภูมิที่ 4.123	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	122
แผนภูมิที่ 4.124	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	123
แผนภูมิที่ 4.125	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของ เดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	123
แผนภูมิที่ 4.126	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนมิถุนายนในเวลากลางคืน.....	124
แผนภูมิที่ 4.127	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	124
แผนภูมิที่ 4.128	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	125

แผนภูมิที่ 4.129	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	125
แผนภูมิที่ 4.130	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	126
แผนภูมิที่ 4.131	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	126
แผนภูมิที่ 4.132	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกรกฎาคมในเวลากลางคืน.....	127
แผนภูมิที่ 4.133	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	127
แผนภูมิที่ 4.134	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	128
แผนภูมิที่ 4.135	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	128
แผนภูมิที่ 4.136	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	129
แผนภูมิที่ 4.137	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	129
แผนภูมิที่ 4.138	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนสิงหาคมในเวลากลางคืน.....	130
แผนภูมิที่ 4.139	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	130
แผนภูมิที่ 4.140	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	131
แผนภูมิที่ 4.141	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	131
แผนภูมิที่ 4.142	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	132

แผนภูมิที่ 4.143	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	132
แผนภูมิที่ 4.144	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนกันยายนในเวลากลางคืน.....	133
แผนภูมิที่ 4.145	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	133
แผนภูมิที่ 4.146	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	134
แผนภูมิที่ 4.147	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	134
แผนภูมิที่ 4.148	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	135
แผนภูมิที่ 4.149	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	135
แผนภูมิที่ 4.150	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนตุลาคมในเวลากลางคืน.....	136
แผนภูมิที่ 4.151	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	136
แผนภูมิที่ 4.152	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	137
แผนภูมิที่ 4.153	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	137
แผนภูมิที่ 4.154	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสถานะนำสบายของเดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	138
แผนภูมิที่ 4.155	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสถานะนำสบายที่ 25 °C ของเดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	138
แผนภูมิที่ 4.156	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนพฤศจิกายนในเวลากลางคืน.....	139

แผนภูมิที่ 4.157	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	139
แผนภูมิที่ 4.158	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	140
แผนภูมิที่ 4.159	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	140
แผนภูมิที่ 4.160	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	141
แผนภูมิที่ 4.161	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	141
แผนภูมิที่ 4.162	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปีเดือนธันวาคมในเวลากลางคืน.....	142
แผนภูมิที่ 4.163	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน.....	142
แผนภูมิที่ 4.164	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน.....	143
แผนภูมิที่ 4.165	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความสัมพันธ์สัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน.....	143
แผนภูมิที่ 4.166	แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบายของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	144
แผนภูมิที่ 4.167	แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน.....	144
แผนภูมิที่ 4.168	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 30 องศา.....	152
แผนภูมิที่ 4.169	แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 30 องศา ในเวลากลางวัน.....	153
แผนภูมิที่ 4.170	แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 30 องศา ในเวลากลางคืน.....	154

แผนภูมิที่ 4.171	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 30 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	155
แผนภูมิที่ 4.172	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 30 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	155
แผนภูมิที่ 4.173	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 45 องศา.....	157
แผนภูมิที่ 4.174	แสดงสัดส่วนความสลายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 45 องศา ในเวลากลางวัน.....	158
แผนภูมิที่ 4.175	แสดงสัดส่วนความสลายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 45 องศา ในเวลากลางคืน.....	159
แผนภูมิที่ 4.176	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 45 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	160
แผนภูมิที่ 4.177	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 45 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	160
แผนภูมิที่ 4.178	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบรูปกรวยด้านบน.....	167
แผนภูมิที่ 4.179	แสดงสัดส่วนความสลายจากการจัดรูปแบบกรวยด้านบน ในเวลากลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	168
แผนภูมิที่ 4.180	แสดงสัดส่วนความสลายจากการจัดรูปแบบกรวยด้านบน ในเวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	169
แผนภูมิที่ 4.181	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดรูปแบบต้นไม้รูปกรวยด้านบนที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	170
แผนภูมิที่ 4.182	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดรูปแบบต้นไม้รูปกรวยด้านบนที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	170
แผนภูมิที่ 4.183	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน.....	172
แผนภูมิที่ 4.184	แสดงสัดส่วนความสลายจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดินในเวลากลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	173

แผนภูมิที่ 4.185	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดินในเวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	174
แผนภูมิที่ 4.186	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้บนเนินดินที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	175
แผนภูมิที่ 4.187	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้บนเนินดินที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	175
แผนภูมิที่ 4.188	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง.....	177
แผนภูมิที่ 4.189	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างในเวลากลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	178
แผนภูมิที่ 4.190	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างในเวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	179
แผนภูมิที่ 4.191	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	180
แผนภูมิที่ 4.192	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	180
แผนภูมิที่ 4.193	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน.....	182
แผนภูมิที่ 4.194	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินเวลากลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	183
แผนภูมิที่ 4.195	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินเวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	184
แผนภูมิที่ 4.196	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	185
แผนภูมิที่ 4.197	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	185
แผนภูมิที่ 4.198	แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ.....	187

แผนภูมิที่ 4.199	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำเวลา กลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	188
แผนภูมิที่ 4.200	แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ เวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี.....	189
แผนภูมิที่ 4.201	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่ง น้ำที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours).....	190
แผนภูมิที่ 4.202	แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่ง น้ำที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours).....	190
แผนภูมิที่ 5.1	แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ ของกรุงเทพมหานคร.....	194
แผนภูมิที่ 5.2	แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours บริเวณ สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ในเวลา กลางวัน ของกรุงเทพมหานคร.....	194
แผนภูมิที่ 5.3	แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในเวลากลางคืน สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ ของกรุงเทพมหานคร.....	195
แผนภูมิที่ 5.4	แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours บริเวณ สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ในเวลา กลางคืน ของกรุงเทพมหานคร.....	196
แผนภูมิที่ 5.5	แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายขององค์ประกอบทางสภาพภูมิ ทัศน์ต่างๆของกรุงเทพมหานคร.....	197
แผนภูมิที่ 5.6	แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours ขององค์ประกอบทางสภาพภูมิทัศน์ต่างๆของ กรุงเทพมหานคร.....	198

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนแล้ว การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารซึ่งถือได้ว่าเป็นการแก้ปัญหาที่ปัจจุบันมีความนิยมมากที่สุด เพราะสามารถทำให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้อย่างรวดเร็วและสามารถควบคุมระดับความสบายได้ แต่ต้องแลกมาด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ถ้าเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ้านเครื่องปรับอากาศมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 50 % ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ประจวบกับสภาพปัจจุบันสภาวะอากาศโลกมีแนวโน้มที่อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารมีความต้องการเครื่องปรับอากาศมากขึ้น ทำให้ปริมาณการบริโภคพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามเช่นเดียวกัน ทำให้ทางรัฐต้องเร่งผลิตไฟฟ้าในปริมาณมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ แต่เนื่องจากประเทศไทยมีกำลังผลิตที่จำกัด จึงจำเป็นต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านตั้งนั้นราคาต้นทุนในการผลิตจึงสูงขึ้น เป็นเหตุให้ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยเพิ่มขึ้นเป็นลำดับซึ่งเป็นผลกระทบของผู้บริโภค

การลดอิทธิพลของความร้อนจากภายนอกอาคารโดยการใช้สภาพภูมิทัศน์ภายนอกเป็น การลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกโดยทั่วไปของ ประเทศอยู่ที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิอากาศที่บริเวณใต้ต้นไม้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 32(สุนทร, 2542) องศาเซลเซียสซึ่งต่างกันถึง 3 องศาเซลเซียส เท่ากับว่าอุณหภูมิรอบอาคารต่ำลง จึงช่วยลดภาระในการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศได้ ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดพลังงาน และยืดอายุเครื่องปรับอากาศทางหนึ่ง

แนวทางการลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร(Micro Climate)ที่สามารถทำได้โดยการใช้วิธี ทางธรรมชาติมีหลายวิธีเช่นการใช้การเคลื่อนที่ของอากาศ จากการศึกษาพบว่าเมื่อกระแสลมที่ พัดผ่านผิวกายวัดมีความเร็วลมเพิ่มขึ้น มนุษย์จะมีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้ ในขณะนั้น ความรู้สึกที่เย็นลงเป็นเพราะอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกายแปรผันตาม ความเร็วของกระแสลม นั้นหมายความว่า การเคลื่อนที่ของอากาศที่เร็วมากขึ้นอัตราการระบาย ความร้อนออกจากผิวยิ่งมากขึ้นตาม อีกแนวทางหนึ่งคือการลดอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature หรือ MRT) ให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ มีผลให้ความรู้สึกเสมือนว่าเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส เมื่อMRTบริเวณนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส หรือการใช้ความเย็นที่เกิดจากผิวน้ำที่เกิดจากการระเหยของน้ำ(Evaporation)

การใช้รูปแบบของภูมิทัศน์สามารถช่วยปรับสภาพอากาศภายนอกอาคารบริเวณที่อยู่ภายใต้การจัดรูปแบบภูมิทัศน์โดยใช้องค์ประกอบ เช่น การใช้ต้นไม้ การใช้แหล่งน้ำ การใช้ความเร็วลม เป็นต้น ให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศได้เพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในการศึกษาวิทยานิพนธ์มีจุดประสงค์ที่จะแสดงถึงประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของสภาพภูมิทัศน์รูปแบบต่างๆ ในรูปของตัวเลขทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการออกแบบสภาพภูมิทัศน์ในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ที่เกิดจากสภาพภูมิทัศน์ภายนอกอาคาร
2. เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายของสภาพอากาศภายนอกที่ไม่มีการใช้สภาพภูมิทัศน์เข้ามาใช้กับสภาวะน่าสบายของสภาพอากาศภายนอกที่มีการใช้ภูมิทัศน์เป็นปัจจัยประกอบ
3. เสนอแนวทางรูปแบบที่เหมาะสมของการใช้สภาพภูมิทัศน์ที่ประกอบด้วยการใช้ต้นไม้ การใช้เนินดิน การใช้แหล่งน้ำ และ การใช้ความเร็วลม ในการเพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบายและลดอุณหภูมิของอากาศรอบอาคาร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขต ดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษาสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารที่เกิดจากการใช้สภาพภูมิทัศน์เปรียบเทียบกับค่าสภาวะน่าสบายของสภาพภูมิทัศน์ที่ไม่มีการใช้สภาพภูมิทัศน์ โดยทำการเก็บข้อมูล อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบความเร็วลม และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
2. ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนความสบายของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานคร ระหว่างสภาพอากาศไม่มีการใช้สภาพภูมิทัศน์กับสภาพอากาศที่มีสภาพภูมิทัศน์
3. ทำการศึกษารูปแบบของสภาพภูมิทัศน์ที่เพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบายและลดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร ประกอบด้วยการใช้ต้นไม้ การใช้เนินดิน การใช้แหล่งน้ำ และ การใช้ความเร็วลม โดยที่ความเร็วลมใช้จำลองสภาพ (Simulation) ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ที่เกิดจากสภาพภูมิทัศน์ภายนอกอาคาร
2. ทำให้ทราบถึงความแตกต่างของสภาวะน่าสบายของสภาพอากาศภายนอกที่ไม่มีการใช้สภาพภูมิทัศน์เข้ามาใช้กับสภาวะน่าสบายของสภาพภายนอกที่มีการใช้ภูมิทัศน์เป็นปัจจัยประกอบ
3. ทำให้ทราบแนวทางรูปแบบที่เหมาะสมของการใช้สภาพภูมิทัศน์ในการเพิ่มขอบเขตน่าสบายและลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศของการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อก่อให้เกิด สภาวะน่าสบายภายนอกอาคารซึ่งเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานในอาคาร ประกอบด้วยการใช้ต้นไม้ การใช้เนินดิน การใช้แหล่งน้ำ และการใช้ความเร็วลม

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1. ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารโดยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

คือ

- อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ(Mean Radiant Temperature)
- ความเร็วลม (Wind Speed)
- เสื้อผ้า (Clo value)
- อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism)

2. ทำการศึกษากการปรับสภาพอากาศของพื้นที่ขนาดเล็ก(Micro climate) ศึกษาเชิงปฏิบัติการ

1. ทำการเก็บค่าตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาวะน่าสบายได้แก่

- อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ(Mean Radiant Temperature)
- ความเร็วลม (Wind Speed)
- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

โดยสถานที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ใช้สนามอาคารสำนักพิพิธภัณฑน์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ โดยที่ลักษณะการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น

- การเก็บข้อมูลกลางแจ้งบนพื้นคอนกรีต
- การเก็บข้อมูลกลางแจ้งบนพื้นหญ้า
- การเก็บข้อมูลใต้ต้นไม้
- การอ้างอิงข้อมูลจริงบริเวณใกล้แหล่งน้ำ

นำข้อมูลที่ได้มานำเสนอบนแผนภูมิ (Bioclimatic Chart) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ
สภาวะน่าสบายในสถานการณ์ที่มีและไม่มีการใช้สภาพภูมิทัศน์

2 ทำการจำลองสภาพการเคลื่อนไหวของอากาศ (Air flow Simulation) ที่ผ่านสภาพภูมิ
ทัศน์ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) เพื่อ
ศึกษารูปแบบที่มีศักยภาพในการเพิ่มความเร็วอย่างมีประสิทธิภาพ

3 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย การนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบของ
สภาพภูมิทัศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ส่งผลต่อการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายและลดอุณหภูมิ
ภายนอกอาคาร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

ทฤษฎีและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย

2.1 สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ

เปลือกอาคาร (Building Envelope) เป็นเสมือนตัวกลางระหว่างสภาพอากาศภายนอก และสภาพอากาศภายในตัวอาคาร (สุนทร และ ธนิต, 2536) ดังนั้นเปลือกอาคาร (Building Envelope) จึงมีอิทธิพลในการสร้างสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ โดยที่สภาวะน่าสบาย หมายความว่า สภาพที่ไม่รู้สึกว่าไม่สบาย ไม่รู้สึกสูญเสียความร้อน หรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิ หรือสมดุลระหว่างความร้อนของร่างกายกับสภาพแวดล้อม (Stein B. , and Reynolds, J.S. , 1992)

จากการศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์พบว่า มีปัจจัยที่มีอิทธิพล ต่อความรู้สึกสบายของคนเราในสภาวะที่ร่างกายปกติดอยู่ 6 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม 4 ปัจจัย และปัจจัยทางด้านตัวบุคคล 2 ปัจจัย (Fanger, 1967)

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมคือ

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

ปัจจัยทางด้านบุคคล

- เสื้อผ้า (Clo Value)
- อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism)

ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม

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 ความรู้สึกร้อนหนาวยังคงไม่รู้สึกรู้สึกรถึงความเปลี่ยนแปลง 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 ความเร็ว

ลม โดยที่สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

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

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)

ϵ = ค่าการดูดซับความร้อน (emissivity)
(0.95 ในกรณีวัสดุGlobe Thermometer เป็นสีดำ)

(ASHRAE, 2001)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือสัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถความชื้นได้ได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำในสภาวะน่าสบายของเขตอากาศแบบร้อนชื้นนี้ ความชื้นจะมีความสำคัญต่ออัตราการระเหยของเหงื่อ เพราะเนื่องจากถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ในปริมาณที่สูง หมายความว่าอากาศไม่สามารถ

รับปริมาณความชื้นหรือเหงื่อที่ระเหยโดยการนำความร้อนออกมาจากรูขุมขนได้อีก ทำให้มนุษย์รู้สึกอึดอัดไม่สบายตัว ถ้าอากาศมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยนั้นหมายความว่า อัตราการระเหยของไอน้ำในอากาศมีมากจึงเป็นผลให้เหงื่อระเหยได้เร็วมนุษย์จึงรู้สึกสบายตัว

ความเร็วลม (Wind Speed)

ลมเป็นปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มขอบเขตของความสบาย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมพัดผ่านผิวกายมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนออกไปจากร่างกาย โดยการเพิ่มอัตราการระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดี ดังนั้นความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ หากความเร็วลมน้อยเกินไปก็ไม่ได้ช่วยในการระเหยของเหงื่อ ลมแรงเกินไปจะทำให้เกิดความรำคาญรบกวนการทำงาน

ปัจจัยทางทางด้านบุคคล

อัตราการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism)

ร่างกายของมนุษย์ จะผลิตความร้อนออกมาตลอดและต่อเนื่อง ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ 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 w/m^2 หรือ 18.4 Btu/h.ft^2 ในลักษณะที่คนเรานั่งพักผ่อน พลังงานที่ผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไปประมาณ 117 W หรือ 400 Btu/h

เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo Value)

เสื้อผ้าที่สวมใส่ทำหน้าที่เหมือนฉนวน และมีผลอย่างมากในการป้องกันความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่ออกมาจากร่างกาย กับสภาพแวดล้อมภายนอก ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวรอบตัวสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าหนาหรือหลายชั้นเหมือนเมืองหนาวจะรู้สึกร้อน เนื่องจากเสื้อผ้าเป็นตัวที่ป้องกันการระเหยของเหงื่อออกจากร่างกาย เมื่อร้อนการสวมเสื้อผ้าที่เบาบางนั้นเหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนขึ้นเพราะจะทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อดีขึ้นเมื่อเทียบกับเสื้อผ้าที่มีความหนาและจำนวนชั้นหลายชั้น

2.2 แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เป็นผลให้มนุษย์เกิดความรู้สึกเย็นจนเข้าใกล้สภาวะน่าสบาย ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น

แนวทางการปรับเปลี่ยนปัจจัยมีดังนี้

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

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

โดยที่

V = ความเร็วลม (km/h)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

ซึ่งสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของตารางดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงของมนุษย์ในระดับความเร็วลมต่างๆ

ความเร็วลม	ความรู้สึกเสมือนเย็นลง	ผลกระทบความรู้สึก
0-50 fpm (0-0.25 m/s)	ไม่รู้สึก	ไม่รู้สึก
50-100 fpm (0.25-0.51 m/s)	2-3 °F (1.1-1.7 °C)	พอใจ
100-200 fpm (0.51- 1.02 m/s)	4-5 °F (2.2—2.8 °C)	พอใจแต่เริ่มรู้สึกถึงกระแสลม
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

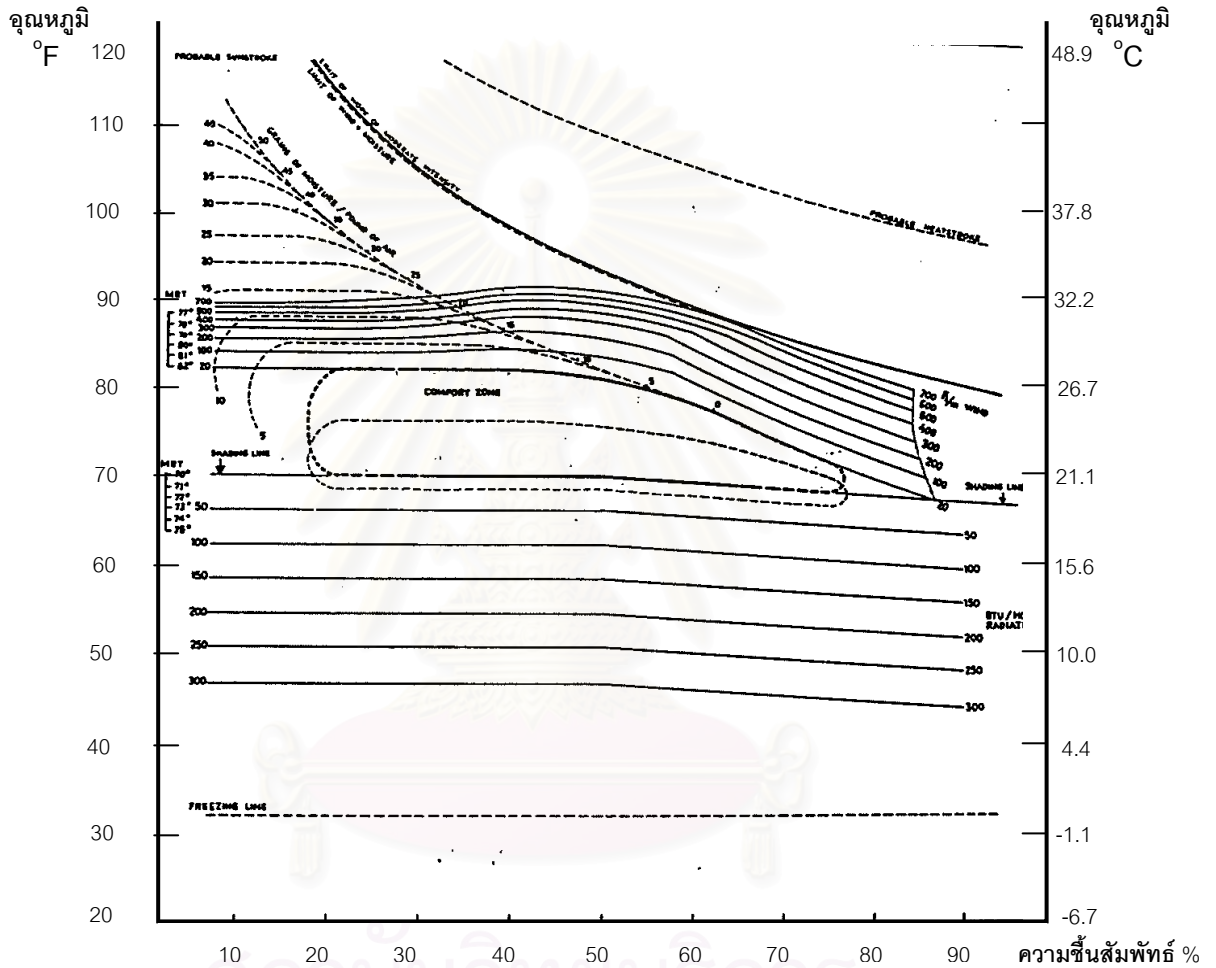
ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Buildings 9th ed, 2001: P 48

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 ต้องใช้ความร้อนประมาณ 1000 Btu (ASHRAE, 2001) เป็นผลที่ทำให้อากาศโดยรอบเย็นลงกว่าปกติ แต่จะเย็นลงมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของไอน้ำที่ระเหยไป

2.2.1 Bioclimatic Chart



ที่มา : Design with climate 3rd ed, 1973: P 22

ภาพที่ 2.1 ภาพแสดง Bioclimatic Chart

เป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย โดยที่มีทั้งหมด

7 ปัจจัยคือ

อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้ง (Drybulb Temperature)

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความเร็วลม (Wind Speed)

ความดันไอ (Vapor Pressure)

ปริมาณไอน้ำในอากาศ (Grain of Moisture)

รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

โดยที่ตรงกลางของแผนภูมิได้แสดงถึงขอบเขตสภาวะน่าสบาย อยู่ที่ช่วงอุณหภูมิ 70-80 องศา ฟาเรนไฮต์ หรือ 21-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 20-75 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันสภาพแวดล้อมได้ถูกนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ยซึ่งสามารถนำไปแก้ไขสภาพอากาศที่อยู่นอกขอบเขตสบาย ให้ผู้ที่อยู่อาศัยในขอบเขตนั้นรู้สึกสบาย

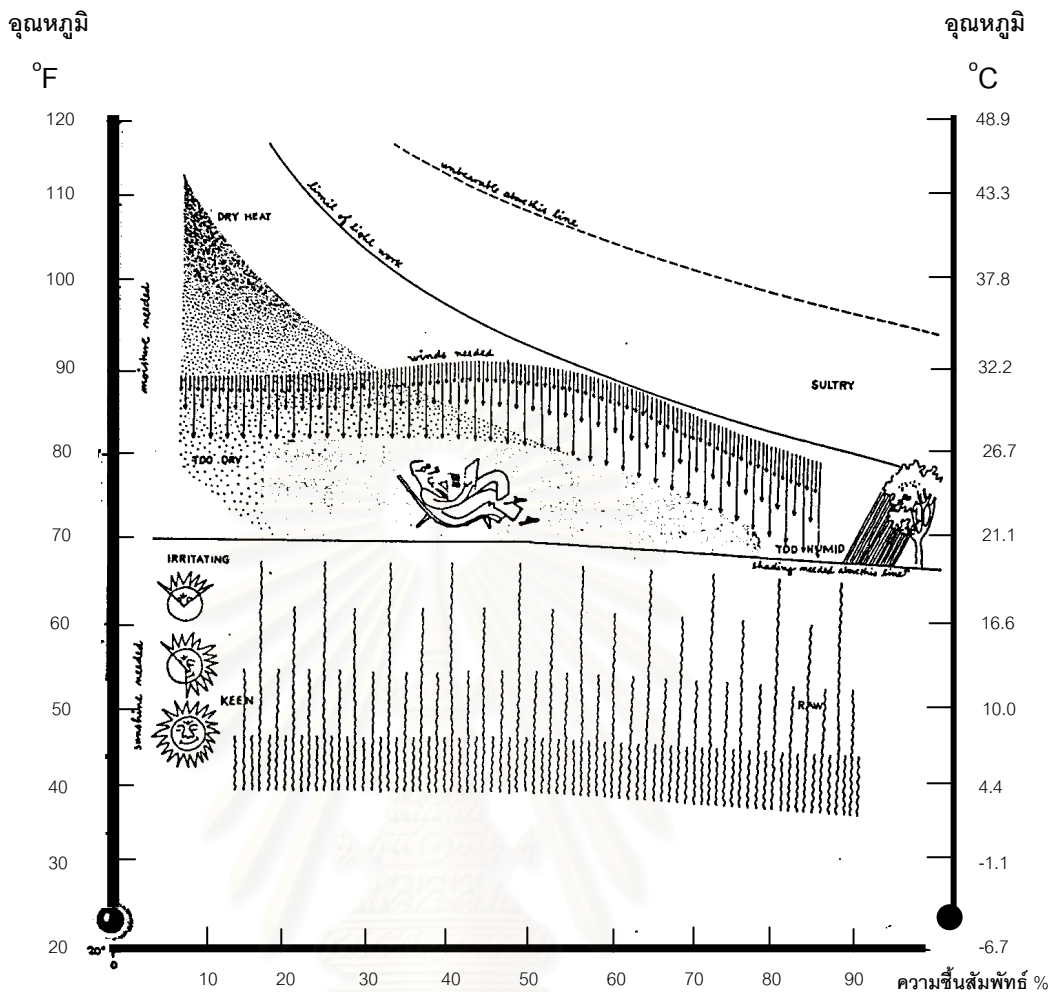
Bioclimatic Chart ถูกสร้างขึ้นด้วยความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้งกับความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่แกนนอนเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ และแกนตั้งเป็นค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ในช่วงกลางของแผนภูมิสามารถเห็นช่วงสภาวะน่าสบายในฤดูร้อน โดยถูกแบ่งออกเป็นสบายและพอใช้ ในสภาวะน่าสบายของฤดูหนาว จะอยู่ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ส่วนสภาพอากาศอื่นๆสามารถถูกกำหนดลงในแผนภูมิ ถ้าค่าตกอยู่ในเขตสบายมนุษย์จะมีความรู้สึกสบาย ถ้าค่าตกอยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบายจำเป็นต้องมีการแก้ไข

ถ้าค่าตกอยู่สูงกว่าเขตสภาวะน่าสบาย แสดงว่าต้องการกระแสลมซึ่งค่าความเร็วที่เหมาะสมสามารถดูได้จากเส้นที่ขนานเส้นบนสุดของขอบเขตสภาวะน่าสบาย ซึ่งบอกเป็นหน่วยฟุตต่อนาที (fpm)

ถ้าอุณหภูมิสูงและค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มนุษย์จะรู้สึกแห้งและร้อนซึ่งกระแสลมจะช่วยได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นเพราะเนื่องจากลมที่พัดมาเป็นอากาศที่แห้งและร้อน ในเงื่อนไขนี้การแก้ไขจึงใช้การระเหย (Evaporative cooling) ดูได้จากเส้นประที่บ่งบอกถึงปริมาณความชื้นในอากาศที่ช่วยลดอุณหภูมิที่สูงได้ซึ่งเปรียบเสมือนการสเปรย์น้ำในอากาศ

ช่วงฤดูร้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่มีความจำเป็นต่อการสร้างสภาวะน่าสบาย แต่ในฤดูหนาวรังสีจากดวงอาทิตย์มีความจำเป็นต่อสภาวะน่าสบาย เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้อบอุ่น

ส่วนทางด้านซ้ายของแผนภูมิเป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุณหภูมิของผิวโดยรอบซึ่งมีผลทั้งทางด้านการเพิ่มความชื้นให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลงได้



ที่มา : Design with climate 3rd ed, 1973 . P 23

ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart

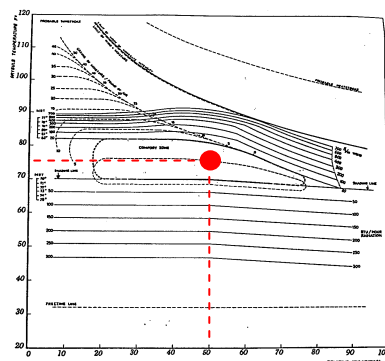
การใช้ Bioclimatic Chart

อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ที่ตกอยู่ในช่วงขอบเขตสภาวะน่าสบาย ไม่มีความจำเป็นที่จะทำการแก้ไขของปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่างๆ แต่ค่าที่ตกอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมีไม่มาก จึงจำเป็นต้องปรับสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้ที่อาศัยในบริเวณนั้น

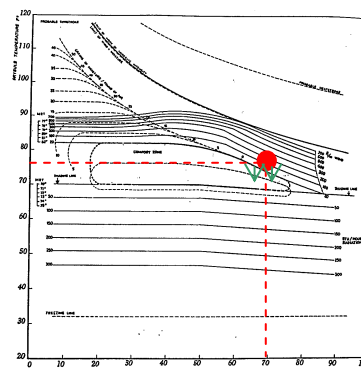
ตัวอย่าง

1. ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 75 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % เมื่อนำไปแสดงในแผนภูมิพบว่าอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายแล้วจึงไม่มีความจำเป็นต้องแก้ไขสภาพแวดล้อม

ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (2)

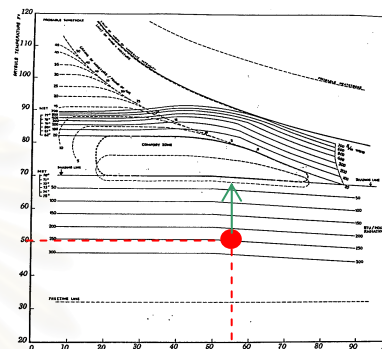


2. ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 75 องศาฟาเรนไฮต์
 ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ตกอยู่นอกขอบเขตสภาวะ
 น่าสบาย ต้องปรับด้วยการเพิ่มความเร็วลมที่ 280 fpm



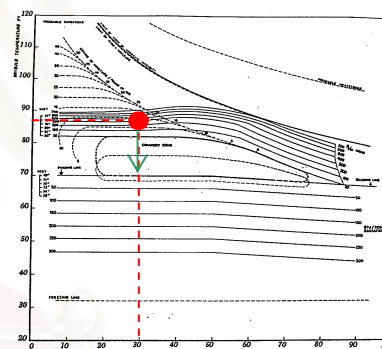
ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (3)

3. ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 50 องศาฟาเรนไฮต์
 ความชื้นสัมพัทธ์ 56 % ต้องการปริมาณรังสี
 ดวงอาทิตย์ 260 Btu/hr



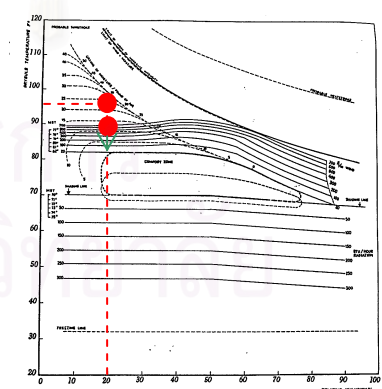
ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (4)

4. ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 87 องศาฟาเรนไฮต์
 ความชื้นสัมพัทธ์ 30 % สามารถแก้ไขได้ถึง 2 ปัจจัย
 คือ การใช้ความเร็วลม 300 fpm หรือ การเพิ่มไอน้ำ
 ในอากาศ 8 gr moisture/lb of air



ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (5)

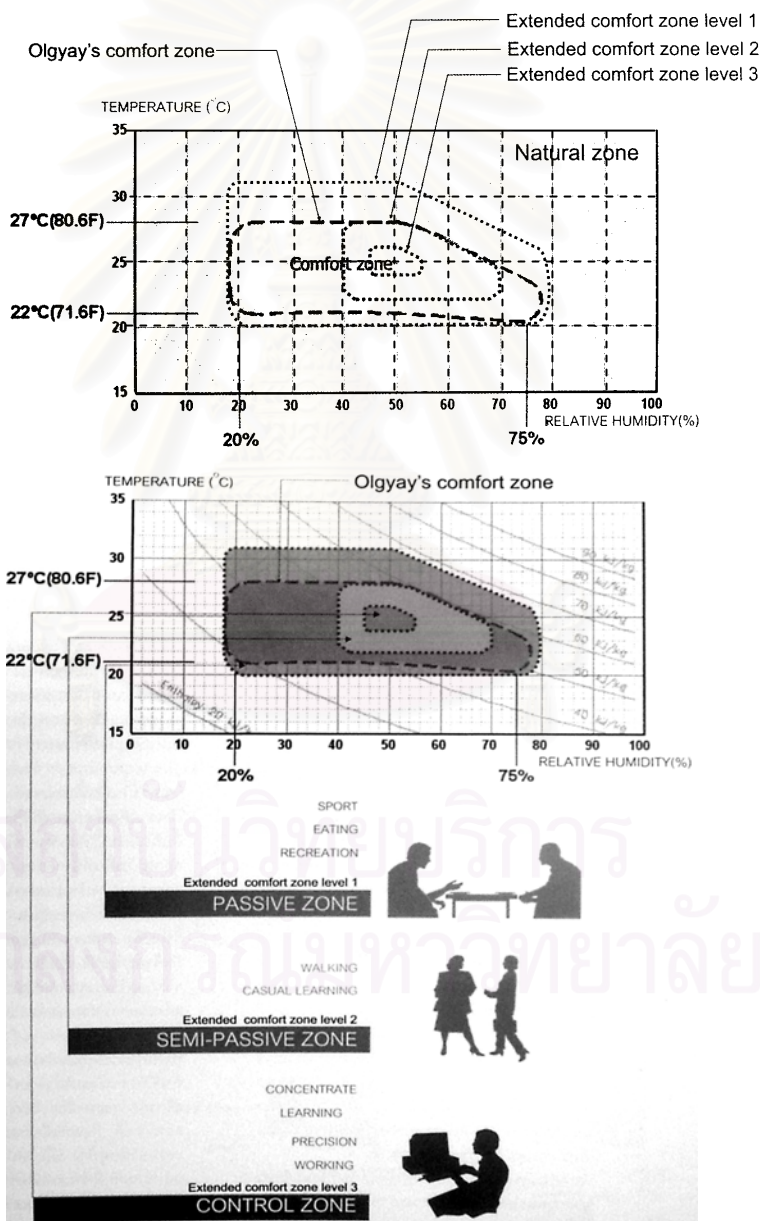
5. ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 95 องศาฟาเรนไฮต์
 ความชื้นสัมพัทธ์ 20 % ไม่สามารถแก้ไขได้โดย
 ใช้แนวทางเดียว ต้องใช้ปัจจัยร่วมคือ การใช้
 ความเร็วลม 700 fpm ซึ่งในที่ระดับนั้นมีปริมาณไอน้ำ
 9 gr moisture/lb of air แต่ยังไม่ได้อยู่ในขอบเขต
 ความสบาย ต้องทำการเพิ่มปริมาณไอน้ำในอากาศ 22
 gr moisture/lb of air จึงเพียงพอต่อการระเหย



ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงการใช้ Bioclimatic chart (6)

2.2.2 การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม

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



ที่มา : การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร, 2545

ภาพที่ 2.8 ภาพแสดงการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยกิจกรรมกลุ่ม

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 การเล่นเกม กีฬา กิจกรรมนันทนาการ ในกรณีศึกษาเรียกพื้นที่นี้ว่า พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive Zone)
3. เขตสบายระดับที่ 2 (Extended Comfort Zone Level 2) เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมน้อยกว่าเขตสบายระดับที่ 1 เหมาะกับกิจกรรมที่มีการใช้สมาธิมากขึ้น เช่น การอ่านหนังสือประเภทนิตยสาร 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

สภาพแวดล้อมหมายถึง สภาพภายนอกที่เกี่ยวพันกับมนุษย์ สัตว์ พืช มนุษย์ สามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กันทั้งภายนอกและภายในร่างกาย ให้แก่คนทั่วไปได้นอกเหนือจากที่ธรรมชาติสร้างโดยอาคารและสภาพแวดล้อมขึ้นมาใหม่ การสร้างสรรค์นี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลักๆ 2 ประการ คือ

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

สถาปัตยกรรม เป็นสถานที่เราต้องเกี่ยวข้องในการพักอาศัย เป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่มนุษย์ทุกคนต้องการและจำเป็นต้องมี เพื่อป้องกันการภัยจากสภาพแวดล้อมภายนอก สร้างความเป็นส่วนตัว รูปแบบของงานสถาปัตยกรรมจะถูกกำหนดได้โดยหลายปัจจัย หนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญคือสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ประกอบด้วย

- สภาพภูมิศาสตร์
- สภาพทางธรณีวิทยา
- ภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งอาคาร
- สภาพข้างเคียงโดยรอบบริเวณอาคาร

การสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี จะทำให้ผู้อยู่อาศัยมีความสุขสบายโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องอำนวยความสะดวกอื่น 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 เป็นที่มีขอบเขตจำกัดและชัดเจน การปรับสภาพอากาศของพื้นที่ขนาดเล็กสามารถทำได้ดังนี้

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

2.3.2 สภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Hot Humid Climate) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปีค่อนข้างสูง โดยที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 28-38 องศาเซลเซียส มีฝนตกชุก เป็นผลทำให้ปริมาณความชื้นที่สูง มีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงของวันและในฤดูกาลไม่มาก อากาศในฤดูหนาวลดต่ำลงไม่มาก มีลมมรสุมพัดผ่าน 2 ช่วง คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในช่วงนี้อากาศจะค่อนข้างเย็นและแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศน้อย และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งพัดมาจากทะเลอันดามัน มหาสมุทรอินเดีย พัดเอาเมฆฝนเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้มีฝนตกทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย อากาศในช่วงนี้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนี้มีกระแสลมที่พัดจากทะเลจีนใต้เข้ามาทางอ่าวไทยทางด้านทิศใต้กับทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยเกิดขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนซึ่งก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน คือ ท้องฟ้า อุณหภูมิ ความชื้น น้ำฝน ลม และองค์ประกอบทางธรรมชาติที่มีผลต่อภูมิอากาศส่วนย่อย คือ ลักษณะภูมิประเทศประเทศ บริเวณผิวน้ำ พืชพันธุ์ไม้ และสิ่งก่อสร้าง (กาญจนา สิริภัทรวิช, 2541 : 10)

2.3.3 สภาพภูมิทัศน์กับการปรุงแต่งสภาพอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย

สภาพภูมิทัศน์มีความสำคัญสามารถปรุงแต่งสภาพแวดล้อมทั้ง 4 ประการ ดังนี้

- ควบคุมอุณหภูมิ
- ควบคุมกระแสลม
- ควบคุมความชื้น
- สภาพภูมิประเทศ

ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control)

จากการศึกษาพบว่าต้นไม้และพืชคลุมดิน สามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงอากาศร้อนจัดได้ 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวหน้าคลุมดินในวันที่ร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดิน 5-8 องศาเซลเซียส

การปรับเพิ่มหรือลดอุณหภูมิสามารถทำได้ โดยการปรับทั้งสภาพของสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อนและสภาพของต้นไม้ด้วย ได้แก่ ปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

- การดูดซึม (Absorption)
- การสะท้อน (Reflection)
- การแผ่รังสี (Radiation)
- การส่งผ่าน (Transmission)

การดูดซึม (Absorption)

ใบไม้มีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมแสงแดดเพื่อการสร้างอาหาร โดยการดูดซึมประมาณร้อยละ 25 ของปริมาณการดูดซึมการส่องแสงทั้งหมดในบริเวณป่าไม้ทึบ ซึ่งนับได้ว่าจะมีค่าเท่ากับประมาณร้อยละ 75-90 ของยอดรวมทั้งหมดในการส่องแสง โดยทั้งนี้จะเกิดขึ้นจากการดูดซึมบางส่วนจะถูกดูดกลืนไปโดยมวลสารในบริเวณช่องว่างระหว่างใบ ระหว่างกิ่งก้านสาขาและลำต้น จะเห็นได้ว่าส่วนต่างๆ ของต้นไม้บริเวณป่าไม้ จะมีส่วนร่วมในการลดและรักษาระดับอุณหภูมิโดยทั่วไปให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าในบริเวณที่ปราศจากต้นไม้

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

การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนแสงของใบไม้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดอุณหภูมิแก่บริเวณโดยรอบ นอกเหนือจากการดูดซึมการส่องแสงของดวงอาทิตย์

จากสภาพทางกายภาพที่ส่วนใบไม้ได้รับการส่องแสงอาทิตย์ก่อนส่วนอื่นๆ ของต้นไม้และมีพื้นที่ที่สัมผัสแดดมากที่สุด การสะท้อนแสงของใบไม้ จะมีปริมาณมาหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความยาวของชนิดคลื่นแสง ชนิดและลักษณะของใบไม้ อายุของใบไม้ ระดับความสูงต่ำของใบไม้ ตำแหน่งที่ได้รับการส่องแสง ตำแหน่งของใบไม้กลุ่มนั้นๆ ความแห้งแล้งหรือความสมบูรณ์ของสถานที่ตั้งฤดูกาลและระดับดินทั่วไป

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

การแผ่รังสี (Radiation)

การส่องแสงโดยทั่วไปประกอบด้วย แสงคลื่นสั้น และแสงคลื่นยาวซึ่งโดยปกติแสงคลื่นสั้นจะมีความถี่สูง และแสงคลื่นยาวจะมีความถี่ต่ำ โดยเห็นได้จากสูตรดังต่อไปนี้

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

โดยที่ C = ความเร็วแสง (300,000 กิโลเมตร/วินาทีหรือ 186,000 ไมล์/วินาที)

λ = ความยาวของคลื่นแสง

f = ความถี่ของแสง

ต้นไม้โดยทั่วไปที่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งจากแบบรังสีคลื่นสั้น และแบบรังสีคลื่นยาว ส่วนใบไม้จะส่งพลังงานความร้อนออกไปโดยรอบทุกทิศทางแบบคลื่นยาว ซึ่งมีความถี่ต่ำ และมีความเร็วในการกระจายตัวช้า ทำให้อุณหภูมิโดยรอบไม่สูงขึ้นอย่างฉับพลัน

ต้นไม้ส่วนใหญ่จะทำการดูดซับความร้อนเอาไว้ในช่วงเวลากลางวัน และในเวลากลางคืน ต้นไม้จะส่งความร้อนออกจากส่วนใบไม้ โดยเฉพาะบริเวณส่วนบนของกลุ่มใบไม้ ซึ่งสามารถทำให้อุณหภูมิของต้นไม้ลดลง 2.5 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ ส่วนใบไม้ส่วนล่างของกลุ่มใบจะมีอุณหภูมิต่ำลงได้ 0.4 องศาเซลเซียส (หรือน้อยกว่า) ต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบในวันที่มีลมสงบและเมื่อท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน

ท้องฟ้ามีความสามารถดูดซับความร้อนไปจากพื้นผิวโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในทางตรงกันข้าม ในคืนที่ท้องฟ้าเต็มไปด้วยกลุ่มเมฆ กลุ่มเมฆก็จะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนไปยังจักรวาล ทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยทั่วไปไม่สามารถลดลงได้ง่ายจนเกิดความอบอ้าว

ต้นไม้สร้างร่มเงาให้กับสภาพพื้นผิวโดยรอบ สามารถบดบังแสงทั่วไปได้ถึงร้อยละ 90 จากการศึกษาพบว่าป่าไม้สามารถอุณหภูมิต่ำที่สุดของแต่ละเดือนในฤดูร้อน ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่วัดได้ในที่โล่งได้ถึงประมาณ 10 องศาฟาเรนไฮต์ บริเวณร่มเงาแม้จะเกิดผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน หรือเกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงก็ตาม จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของบริเวณที่กระทบกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงเสมอ

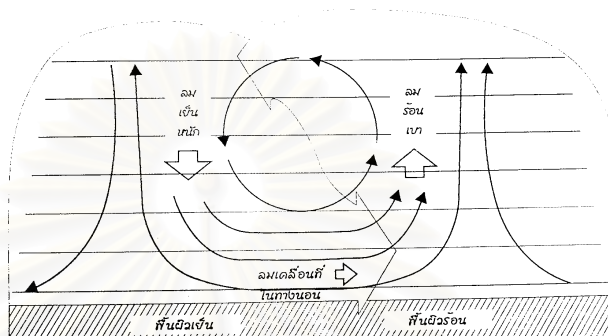
การส่งผ่าน (Transmission)

การส่งผ่านความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับความร้อน โดยสัมพันธ์กับปัจจัยของการดูดซับ การสะท้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ต้นไม้เป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับและสะท้อนได้เป็นอย่างดี เช่น ส่วนผิวนอกของกลุ่มใบทั่วไปจะเป็นส่วนที่สามารถส่งกระจายความร้อนออกไปในท้องฟ้าได้มากและมีผลดีที่สุด ความร้อนจึงส่งผ่านมาได้ยาก

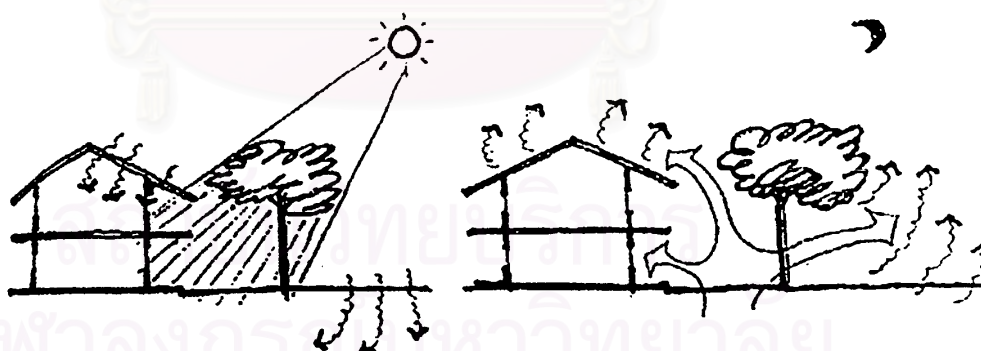
ควบคุมกระแสลม (Wind Control)

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ได้รับ ในอัตราที่ไม่คงที่ อากาศที่เย็นมีมวลอากาศที่หนักจะเคลื่อนตัวเข้าแทนที่อากาศที่ร้อนซึ่งมีมวลอากาศที่เบากว่าลอยตัวสูงขึ้น ถ้าอากาศร้อนและอากาศเย็นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ ลมที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่เคลื่อนที่ไปทางนอนอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกัน



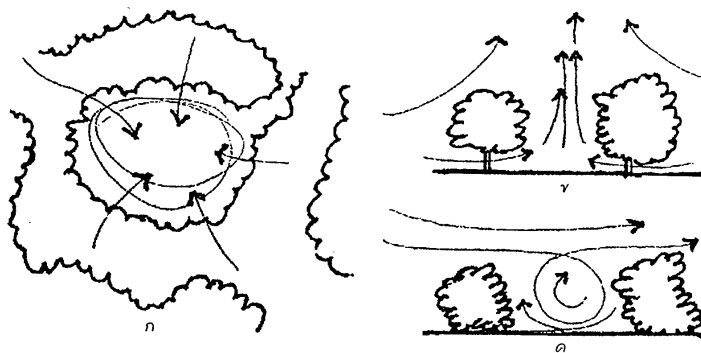
ภาพที่ 2.9 แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศ

ลมมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศ โดยใช้การพาความร้อน (Convection) ที่บริเวณพื้นผิวต่างๆ ทำให้อุณหภูมิมิผิวโดยรอบลดลงเป็นผลที่ต่อเนื่องให้สภาพแวดล้อมบริเวณที่ลมพัดผ่านมีอุณหภูมิมิพื้นผิวที่ลดลง และเมื่อลมมีความเร็วที่สูงเท่าไรจะมีความสามารถลดอุณหภูมิมิลงได้เร็วมากเท่านั้น



ภาพที่ 2.10 แสดงการดูดซับความร้อนในตอนกลางวันและการคลายความร้อนในเวลา กลางคืน

พื้นดินในที่กลางแจ้ง จะดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีของอาทิตย์สะสมบริเวณพื้นดินตลอดช่วงกลางวัน ดังนั้นในเวลาเย็นหรือค่ำจะคลายความร้อนไปยังอากาศเหนือพื้นดินที่เย็นกว่าทำให้ความร้อนลอยตัวขึ้น อากาศที่เย็นจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนทำให้เกิดการพัดพาของลมขึ้น การออกแบบและจัดวางตำแหน่งต้นไม้ที่ปกคลุมนั้นสามารถทำให้เกิดผลที่ต้องการได้



ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะของการเคลื่อนที่ของอากาศในลักษณะต่างกัน

(ก) แสดงให้เห็นบริเวณที่มีการส่องแสงอาทิตย์ตลอดวัน ทำให้บริเวณกลางแจ้งนั้นดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันอย่างเต็มที่แล้วพอดวงอาทิตย์ตกดินไปแล้ว ก็เกิดการพัดพาของลมในที่ยึ่นกว่าเข้ามาแทนที่ (ข) แสดงให้เห็นอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นที่สูงในเวลาเย็นและอากาศจากบริเวณที่ร่มใต้ต้นไม้พัดพาเข้าแทนที่ ส่วน (ค) แสดงให้เห็นถึงอากาศที่ร้อนลอยตัวขึ้นในสภาพที่เกิดแรงดึงดูดจากลมที่พัดผ่านมาบริเวณส่วนเหนือกลุ่มใบของต้นไม้ และการหมุนวนของกระแสอากาศที่บริเวณกลางแจ้งทำให้ผิวบริเวณกลางแจ้งลดลงได้เช่นเดียวกัน

ลักษณะของลม (Air Flow Categories)

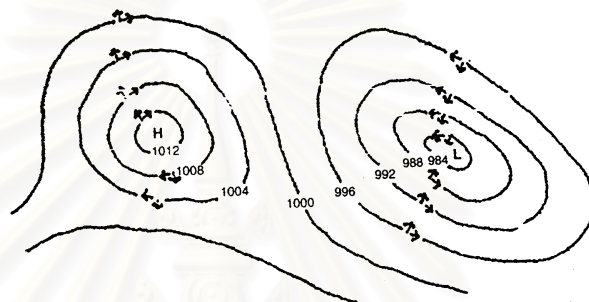
ลมโดยทั่วไปมีลักษณะที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

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

จากแผนที่แสดงความกดอากาศ จะสังเกตเห็นเส้นแสดงคลื่นความกดอากาศ ในแต่ละเส้นมีความหมายถึงความกดอากาศที่มีค่าเท่ากันตลอดเส้น เรียกว่า Loobar หรือ Contour หน่วยที่แสดงเป็นหน่วยของค่าความกดอากาศ (Unit of Pressure) ซึ่งกำกับไว้ในแต่ละเส้น เรียกว่า Millibar ซึ่งโดยปกติแล้วในแต่ละเส้นจะมีความแตกต่างกันในแต่ละเส้นประมาณ 4 Millibar ระยะที่ห่างกันในแต่ละเส้นมีความหมายแสดงถึงความเร็วลม ถ้าเส้นมีความห่างกันมากบริเวณนั้นจะมีความเร็วลมที่ต่ำ ในทางตรงข้ามบริเวณที่มีเส้นที่ใกล้ชิดกันแสดงถึงความเร็วลมที่สูง

สัญลักษณ์ที่แสดงถึงความกดอากาศสูง คือ H และแต่ละเส้นจะมีค่าลดลงก็ต่อเมื่อมีระยะห่างระหว่างเส้นออกไป ความกดอากาศสูง หมายถึง อากาศที่มีลักษณะปลอดโปร่ง ความกดอากาศต่ำจะใช้สัญลักษณ์ คือ L และแต่ละเส้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อเส้นมีความห่างออกไป เช่นเดียวกัน โดยที่ลักษณะของอากาศจะไม่ปลอดโปร่ง

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



ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะของความกดอากาศ

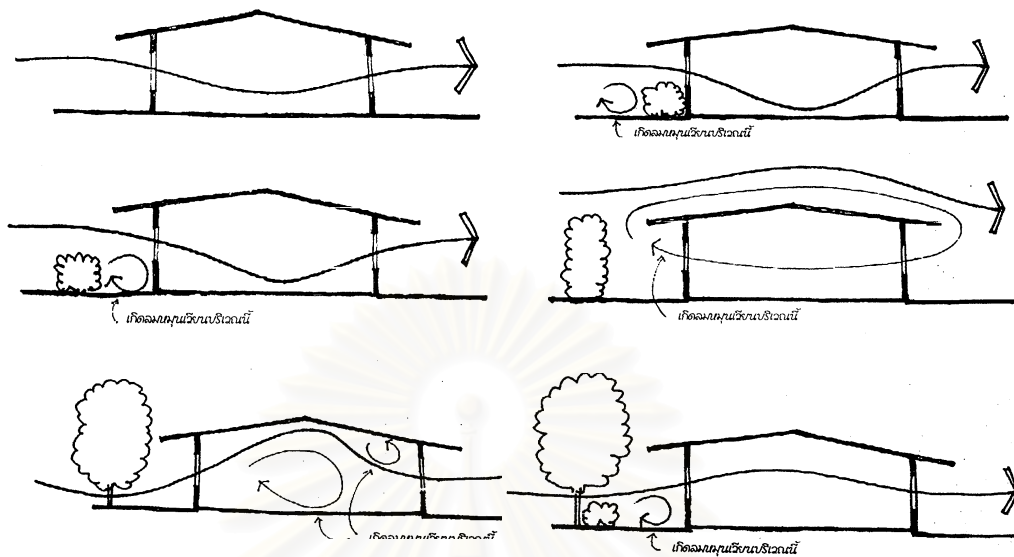
การที่กล่าวถึงลักษณะความกดอากาศ เป็นการปูพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาแผนที่อากาศในการออกแบบวางตำแหน่งทางภูมิทัศน์ และเพื่อให้ได้ประโยชน์ของลมให้ถูกต้องตามทิศทาง ตามความสามารถของบริบทแต่ละสถานที่และสิ่งแวดล้อมจะสามารถก่อให้เกิดได้

การระบายอากาศ การถ่ายเทอากาศ หรือการเคลื่อนไหวของอากาศ มีความสำคัญพื้นฐานในกระบวนการปรุงอาหารของต้นไม้ และทางกลับกันพืชพันธุ์มีอิทธิพลต่อทิศทาง ความเร็วของลม เช่นเดียว โดยมีปัจจัยเช่น โดยตำแหน่งที่ตั้ง ขนาด ความสูง ความยาวของแนวพืชพันธุ์ ลักษณะกิ่งก้านความหนาแน่นของพุ่มใบ เป็นต้น

จากการทดลองของ Robert F. White (Texas Engineering Experiment Station) พบว่า ต้นไม้มีอิทธิพลต่อลม ทำให้ทิศทางลมที่แตกต่างกันออกไป เมื่อตำแหน่งของต้นไม้เปลี่ยนตำแหน่ง ทิศทางลมก็เปลี่ยน สามารถสรุปได้จากผลการทดลองดังนี้

- ต้นไม้สามารถมีผลต่อการเคลื่อนไหวของลมที่พัดผ่านอาคารหรือปิดรอบอาคาร
- ต้นไม้มีผลต่ออาคารโดยวิธีที่มันถูกกำหนดใช้ ซึ่งจะทำให้มันเพิ่มหรือลดปริมาณลมตามธรรมชาติที่พัดผ่านอาคารได้
- ต้นไม้สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางลมที่พัดผ่านอาคารได้
- ต้นไม้มีตำแหน่งอยู่ใต้ลมที่พัดอาคาร จะมีอิทธิพลน้อยมากต่อการเคลื่อนไหวของลมที่พัดผ่านอาคาร ซึ่งเป็นบริเวณจุดอับลม

จากรูปต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของทิศทางลมเคลื่อนที่เข้าสู่อาคารโดยผ่านทางช่องเปิด ซึ่งมีต้นไม้ในลักษณะต่างๆอยู่บริเวณต้นลม

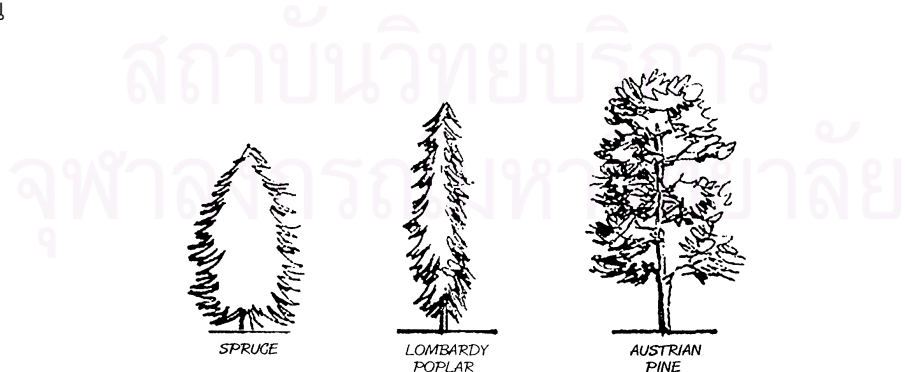


ภาพที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ของทิศทางลมเคลื่อนที่เข้าสู่อาคารโดยผ่านทางช่องเปิดซึ่งมีต้นไม้ในลักษณะต่างๆอยู่บริเวณต้นลม

ตัวต้านลม (Wind Break)

ต้นไม้เป็นตัวต้านลมอย่างหนึ่งที่สำคัญ เมื่ออยู่ในตำแหน่งที่ขวางทิศทางลมและขาดการพิจารณาถึงลักษณะของต้นไม้ประเภทที่มีความหนาแน่นของพุ่มใบมาก การมีกิ่งก้านสาขามาก จะสามารถลดความเร็วของลมได้ประมาณครึ่งหนึ่ง เช่น ลดความเร็วลมจาก 30 ไมล์ต่อชั่วโมง ลงเป็นประมาณ 10-15 ไมล์ต่อชั่วโมง จากการทดลอง Arthur E. Ferber (ASLAF)

ชนิดของต้นไม้ที่ต่างชนิดกัน ก็มีประสิทธิภาพที่จะลดความเร็วลมที่พัดลงได้ในระดับที่ต่างจากการทดลอง Robert F.White (Texas Engineering Experiment Station) ได้ผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 2.14 ภาพแสดงต้นไม้ 3 ชนิดในการทดลอง ต้น Spruce, Lombardy Poplar, Austrian Pine

ต้น Spruce หรือต้น Fur ที่ปลูกเป็นแนวหนาแน่น จากผลการทดลองสามารถลดความเร็วลมลงได้ร้อยละ 15-20 ของลมที่พัดบริเวณที่โล่งแจ้ง ตำแหน่งที่ทำการวัดความเร็วลมหลังแนวต้นไม้

ต้น Lombardy Poplar ที่ปลูกเป็นแนวระยะห่างไม่สม่ำเสมอ สามารถลดความเร็วลมได้ร้อยละ 60 ของลมที่พัดในบริเวณที่โล่ง ตำแหน่งที่ทำการวัดความเร็วลมหลังแนวต้นไม้

ต้น Austrian Pine ซึ่งสูง 6 เมตร สามารถลดความเร็วลมลงได้ 12-13 ไมล์ต่อชั่วโมง ตำแหน่งที่วัดความเร็วลมห่างจากต้นไม้ 12 เมตร ไปทางด้านใต้ลมหลังแนวต้นไม้

ทิศทางและการจัดวางตำแหน่งของตัวต้นลม มีอิทธิพลที่สำคัญต่อการลดความเร็วของลม จึงควรพิจารณาในการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในการเกิดจุดอับลม

แนวของต้นไม้ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางพัดของลมประจำถิ่น จะทำให้อัตราความเร็วลมลดลงถึงร้อยละ 50 ในระยะที่ทำการวัดห่างจากต้นไม้ 10-20 เท่าของความสูงของต้นไม้ ความหนาแน่นของพุ่มใบเป็นปัจจัยที่จะมีผลทำให้ความเร็วของลมต่างกันออกไป ความหนาแน่นของทรงพุ่มมากความเร็วลมที่ปะทะแล้วเคลื่อนตัวผ่านไปจะมีความเร็วลมแรงมาก และจะก่อให้เกิดการหมุนกลับของลมอย่างแรง ที่บริเวณด้านหลังของทรงพุ่ม

ได้มีการเปรียบเทียบอัตราความเร็วลมที่พัดผ่านแนวต้นไม้ที่ปลูกหนาแน่น และที่ปลูกอย่างโปร่งๆ โดยใช้พีชพันธุ์ที่มีความสูง 6.00 เมตร ได้ผลสรุปดังนี้

ตาราง 2.2 แสดงอัตราความเร็วลมที่พัดผ่านแนวต้นไม้ที่ปลูกหนาแน่นและโปร่ง

ที่มา : การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน, 2545. หน้า 34

ระยะห่างจากด้านหลังแนวต้นไม้		อัตราความเร็วลมที่วัดได้/ไมล์ต่อชั่วโมง	
เมตร	หลา	แนวต้นไม้หนาแน่น	แนวต้นไม้โปร่ง
18	20	6	-
54	60	10	-
72	80	-	11
90	100	14	-
108	120	-	-
144	160	19	-
216	240	-	19
234	260	22	-
306	340	--	22

จากตารางแสดงให้เห็นได้ว่าต้นไม้ที่ปลูกหนาแน่น จะมีความสามารถรักษาอัตราความเร็วลมไว้ได้ในระดับหนึ่งได้ที่ระยะห่างที่สั้นกว่า เมื่อเทียบกับแนวต้นไม้ที่ปลูกในลักษณะโปร่ง หรือในอีกความหมายหนึ่งก็คือ การปลูกต้นไม้ที่มีความหนาแน่นของพุ่มใบทำให้ลมไม่พัดผ่านไปถึงคนที่อยู่หลังแนวต้นไม้ ในระยะห่างที่เท่ากับต้นไม้ที่มีความโปร่งของพุ่มมากกว่า

จากการทดลองด้วยอุโมงค์ลม เพื่อศึกษาผลของกระแสลมกระทบที่เกิดจากรูปทรงของตัวต้านลมที่แตกต่างกันออกไป โดยทดลองที่ The Kansas Agriculture Experiment Station การทดลองใช้ความเร็วลมคงที่ที่ 25 mph (40.23 km/h) รูปทรงที่ใช้มีทั้งหมด 4 รูปทรง คือ ระนาบตั้ง รูปสามเหลี่ยม รูปทรงกระบอก และหุ่นจำลองต้นไม้จริง โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดลองของกระแสลมกระทบที่เกิดจากรูปทรงของตัวต้านลมที่แตกต่างกันออกไปในอุโมงค์ลม

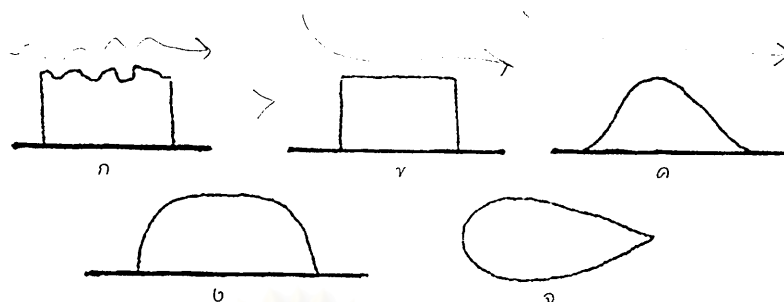
วัตถุทดลอง	ความเร็วลดลง 75%	ความเร็วลดลง 50%	ความเร็วลดลง 25%
ระนาบตั้ง	13.0 H	15.5 H	21.5 H
รูปสามเหลี่ยม	10.5 H	15.0 H	20.5 H
รูปทรงกระบอก	7.0 H	9.0 H	14.0 H
หุ่นจำลองต้นไม้	-	13.5 H	27.0 H

H เป็นความสูงของต้นไม้

ที่มา : Design with climate 3rd ed, 1973 . P 98

จากผลการทดลองพบว่าระยะอับลมหลังหุ่นจำลองต้นไม้ ไม่มีบริเวณที่ความเร็วลมที่ลดลงถึง 75% เนื่องจากกระแสลมจะพัดผ่านทะลุทรงพุ่มออกไป จึงเป็นผลให้เกิดการขยายขอบเขตอับลมไกลกว่ารูปทรงอื่น โดยอยู่ที่ 27.0 H ระนาบตั้งเป็นรูปทรงที่มีขอบเขตระยะอับลมที่ไกลเป็นอันดับที่สองอยู่ที่ 21.5 H อันดับที่สามเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมอยู่ที่ 20.5 H ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระนาบตั้ง ส่วนรูปทรงกระบอกเป็นรูปทรงที่มีระยะอับลมสั้นที่สุด อยู่ที่ 14.0 H

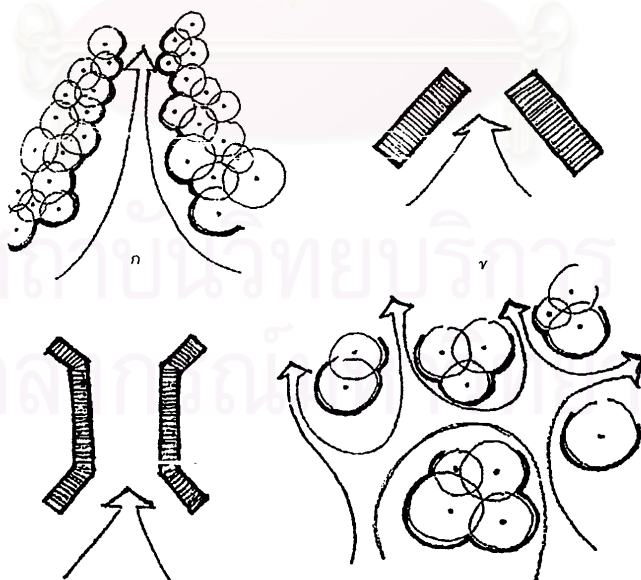
ลักษณะของรูปทรง(Form)และผิวของตัวต้านลม เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความเร็วลม ลักษณะของรูปทรงที่มีความไม่สม่ำเสมอ (ก) จะสามารถทำให้ความเร็วลมที่พัดผ่านมีความเร็วลมลดลงได้มากกว่าตัวต้านลมที่มีลักษณะที่เรียบสม่ำเสมอ (ข) แต่แนวต้านลมที่มีลักษณะเรียบก็ยังสามารถในการลดความเร็วลมที่พัดได้ดีกว่าตัวต้านลมที่มีมุมค่อนข้างแหลมที่ส่วนบน (ค)



ภาพที่ 2.15 แสดงรูปทรงและผิวที่มีผลต่อการต้านลม

รูปร่างลักษณะของตัวต้านลมที่มีความโค้งมน และผิวเรียบจะทำให้ความเร็วลมที่พัดผ่านเพิ่มความเร็วมากขึ้น ดัง (ง) และ (จ)

การจัดกลุ่มของแนวพืชพันธุ์สามารถเพิ่มความเร็วลมที่พัดเข้ามาในกลุ่มได้ จากการทดลองของ J.Van Elmer ในปี พ.ศ.2494 ได้ทำการทดลองวัดค่าความเร็วลมบริเวณระหว่างกลุ่มพืชพันธุ์ของแนวต้านลม วัดความเร็วลมได้ 4.50 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อความเร็วลมที่วัดได้ในที่โล่งแจ้งได้ 3.60 เมตรต่อวินาที พบว่าอัตราความเร็วลมเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.90 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างแนวต้านลมควรมีระยะห่างจากกัน ประมาณ 12 เมตร ระยะห่างที่เว้นระหว่างมวลสารของแนวต้านลมมากกว่า 12 เมตร จะไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วลม (สุดสวาสดิ์, 2545)



ภาพที่ 2.16 แสดงของกลุ่มสิ่งก่อสร้าง หรือแนวต้นไม้ที่มีผลกับลม

การจัดวางกลุ่มของสิ่งก่อสร้าง หรือแนวต้นไม้ในลักษณะที่ก่อให้เกิดช่องว่างเป็นมุมแหลม (ก) การวางผังกลุ่มอาคาร (ข) และลักษณะราวสะพาน (ค) เป็นต้น สามารถทำให้เกิดการเร่งของความเร็วของลมที่พัดผ่านช่องลมนี้ออกไป นอกจากนี้ ตามการวางผังของกลุ่มต้นไม้ในแบบที่วางสลับแนวกัน หรือในลักษณะโปร่งพรุน (ง) จะสามารถทำให้ลมที่พัดผ่านมากระจายกันได้ทั่วถึง ลดความร้อนบริเวณนั้นลงได้

ควบคุมความชื้น (Humidity Control)

การระเหยเป็นไอของไอน้ำ ในอากาศนั้นต้องการความร้อนเป็นตัวทำให้เกิดกลายเป็นไอขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบนั้นลงได้ ต้นไม้มีส่วนสำคัญในการช่วยระบายความชื้น โดยผ่านกระบวนการทางปากใบ จากการทดลองของ Dr. John Carew, Michigan State University ซึ่งได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ในการทำให้สนามหญ้าได้หายใจและระบายความชื้นทางปากใบ ภายในเวลา 1 วันของฤดูร้อน สนามหญ้าขนาดกว้าง 1 เอเคอร์ จะสูญเสียไอน้ำ โดยมีปริมาณทั้งสิ้น 2,400 แกลลอน (สุดสวาสต์, 2545)

ดังนั้นในขณะที่ต้นไม้ได้รับการรดน้ำจน ส่วนต่างๆของใบไม้จะทำการระบายความชื้นออก ซึ่งเป็นการช่วยลดอุณหภูมิโดยธรรมชาติ สามารถลดลงได้ถึง 3.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับอุณหภูมิก่อนการรดน้ำ การรดน้ำที่เหมาะสมโดยส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 50-88 เปอร์เซ็นต์ (สุดสวาสต์, 2545)

ต้นไม้จะสะสมน้ำค้างและน้ำฝนตามโครงสร้างของพุ่มใบ ตามกิ่งก้านสาขา เมื่อน้ำไหลผ่านบริเวณต่างๆน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิให้กับบริเวณนั้นทำให้อุณหภูมินั้นเย็นกว่าบริเวณโดยรอบ และต้นไม้ยังรักษาความชุ่มชื้นได้ดีกว่าบริเวณที่ไม่มีต้นไม้ปกคลุม

สภาพภูมิประเทศ (Topography)

ลักษณะภูมิประเทศมีความสำคัญต่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตยกรรมเป็นอย่างยิ่ง การพิจารณาเลือกตำแหน่งของโครงการที่ถูกต้องจำเป็นต้องพิจารณาควบคู่ไปกับ ทิศทางลมแดด ฝน และปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อสภาพน่าสบาย ถ้าเลือกภูมิประเทศที่เหมาะสมผู้อาศัยในโครงการนอกจากจะอยู่ในสภาพน่าสบายแล้ว ยังเป็นการประหยัดในค่าลงทุนการก่อสร้างได้อีกทางหนึ่ง

ลักษณะของภูมิประเทศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีอยู่ 2 ลักษณะได้แก่

3.3.1 ที่ลาดเอียง (Slope)

3.3.2 การปรับระดับของดิน (Grading)

ที่ลาดเอียง (Slope)

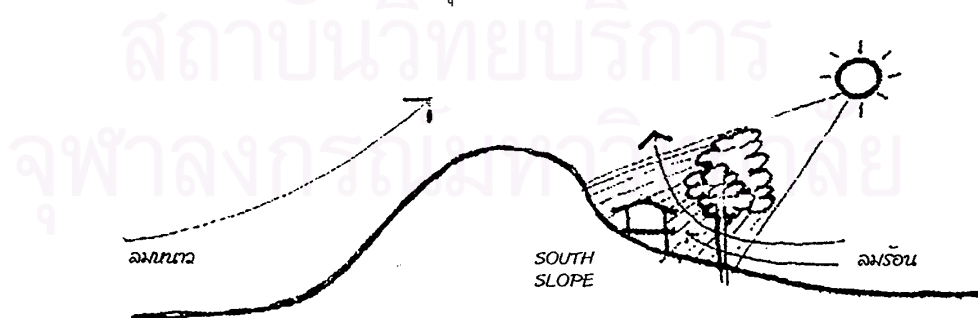
บริเวณที่เป็นที่ลาดเอียง เช่น ภูเขา ส่วนมากมักมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำกว่าในบริเวณที่ราบทั่วไป ทำให้มีอากาศเย็นปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ อากาศเย็นจะหนักกว่าอากาศที่ร้อนและมีลักษณะที่เคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ที่มีความต่ำเสมอ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นแอ่งอากาศเย็นไม่สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้พื้นที่นั้นจะกลายเป็นแหล่งที่สะสมอากาศเย็น

สำหรับปริมาณของแสงอาทิตย์ในบริเวณที่ลาดเอียงจะสามารถรับได้นั้น จะมีปริมาณมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความลาดเอียงและทิศทางที่ที่ลาดเอียงนั้นหันรับ ส่วนการส่องแสงนั้นจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและปริมาณเมฆในท้องฟ้า ตามปกติที่ลาดเอียงหันรับทิศใต้ จะได้รับปริมาณแสงมากกว่าในที่ราบเสมอ เนื่องจากที่ลาดเอียงจะหันรับการส่องแสงในองศาที่ใกล้หรือเกือบตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ส่วนที่ลาดเอียงที่หันรับทิศเหนือ จะได้รับปริมาณการส่องแสงน้อยกว่าที่ได้รับบริเวณที่ราบ ทำให้มีความชุ่มชื้นมากกว่า



ภาพที่ 2.17 แสดงปริมาณแสงอาทิตย์ที่กระทำกับที่ลาดเอียงในทางทิศใต้และทิศเหนือ

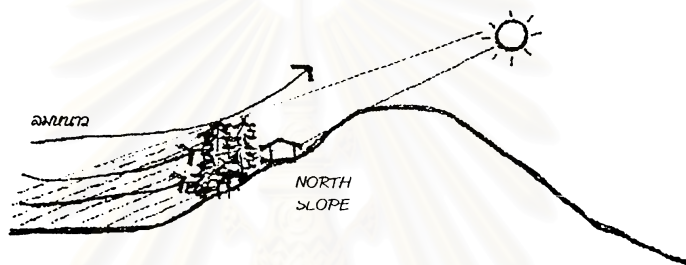
การปลูกต้นไม้สำหรับที่ลาดเอียงที่หันรับทิศใต้ ต้องมีลักษณะที่ทนทานต่อแสงแดดจัด ทนทานต่อสภาพที่แห้งแล้ง และมีลักษณะเกาะยึดแน่น จึงจะสามารถทนต่อสภาพของบริเวณที่ลาดเอียงได้ดีกว่าต้นไม้ชนิดอื่นที่ปราศจากคุณสมบัติดังกล่าวมา



ภาพที่ 2.18 แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงในทิศใต้

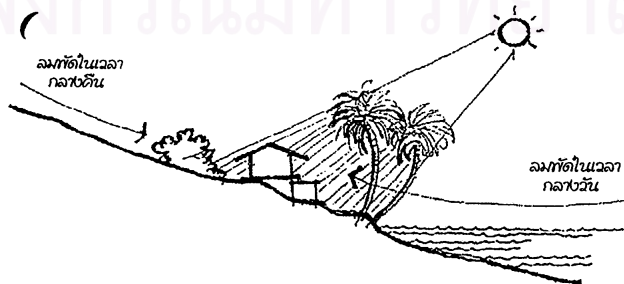
ที่ลาดเอียงไปทางทิศใต้จะได้รับปริมาณลมในฤดูร้อนอย่างเต็มที่ จึงควรใช้ประโยชน์จากลักษณะนี้โดยการให้กระแสลมพัดผ่านที่บริเวณร่มเงาก่อน พัดเข้าสู่ตัวอาคาร ส่วนลมหนาวก็ไม่สามารถพัดผ่านเข้าสู่ที่พักได้ ถึงจะมีส่วนน้อยก็ใช้การปลูกต้นไม้ขวางสกัดกันลมหนาว โดยเลือกชนิดที่เป็นไม้เขียวตลอดทั้งปี ปกป้องอาคารจากลมหนาวและรักษาความอบอุ่นไว้ได้

ในทางตรงข้าม ที่ลาดเอียงทิศเหนือ จะมีสภาพร่มเย็นและมีความชื้นในดินมากกว่า บริเวณที่ราบทั่วไป เนื่องจากบริเวณผิวน้ำดินได้รับการส่องแสงแดดน้อยกว่าในฤดูร้อนบริเวณดังกล่าวนี้จะเย็นสบาย และเนินที่ลาดเอียงทางด้านทิศใต้ช่วยทำหน้าที่สร้างร่มเงาอีกทางหนึ่ง แต่ในฤดูหนาวบริเวณนี้จะเป็นที่รับลมอย่างเต็มที่ การใช้ต้นไม้จะเป็นตัวช่วยบังลมหนาวได้อย่างดี โดยเฉพาะต้นไม้ที่เป็นชนิดเขียวตลอดทั้งปีปลูกเป็นแนวที่หนาที่บ



ภาพที่ 2.19 แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงในทิศเหนือ

ในบริเวณที่ลาดเอียงชนิดที่หันรับทะเลมีลักษณะอากาศเฉพาะ แบบลมบกและลมทะเล เกิดขึ้นเป็นปกติประจำ ในเวลากลางวันบริเวณอาคารพักอาศัยในบริเวณที่ลาดเอียงนี้จะได้รับลมทะเลซึ่งพัดจากทะเลเข้าหาฝั่ง ในทิศทางตรงข้าม เวลากลางคืนก็จะมีลมบกซึ่งพัดจากบกไปสู่ทะเล ลมทะเลเป็นลมที่พัดมากับความชื้นถึงเย็นสบาย แต่ถ้าจะเย็นสบายมากขึ้นถ้าได้พัดผ่านในบริเวณที่มีร่มเงาก่อนการพัดเข้าสู่อาคาร ลมบกเกิดขึ้นในเวลากลางคืนซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิให้แก่อาคารที่พักอาศัย ลมบกในฤดูร้อนจะช่วยให้อากาศเย็นสบายขึ้น ในเวลากลางคืน แต่ในฤดูหนาว การพัดของลมบกอาจทำให้อุณหภูมิของอากาศต่ำลงกว่าเกณฑ์ที่น่าสบาย ดังนั้นควรพิจารณาเรื่องชนิดต้นไม้ที่ใช้เป็นแนวต้านลม และเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดแหล่งสะสมของลมหนาวในฤดูหนาวได้



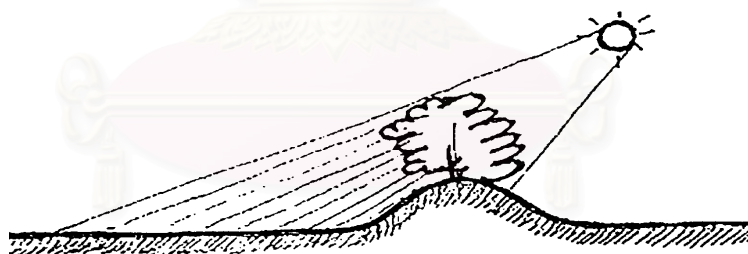
ภาพที่ 2.20 แสดงการปลูกต้นไม้สำหรับพื้นที่ลาดเอียงที่หันไปทางทะเล

การปรับระดับของดิน (Grading)

การปรับระดับดินช่วยเพิ่มความสูงให้แก่ต้นไม้ได้โดยยกระดับเนินดินขึ้นก่อนการปลูก อีกทั้งยังสามารถเร่งความเร็วลมที่พัดให้แก่บริเวณที่ต้องการ และช่วยเป็นแนวต้านลมในบริเวณที่ไม่ต้องการเช่นกัน นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการระบายน้ำบริเวณต่างๆอีกด้วย

การปรับระดับดินสามารถสร้างสภาวะน่าสบายได้หลายประการดังนี้

1. ช่วยเพิ่มปริมาณร่มเงาให้มากขึ้น ในขั้นต้นขณะที่ต้นไม้ยังมีอายุน้อยที่อยู่ใต้บริเวณร่มเงา และเจริญเติบโตไม่ได้เต็มตามที่ต้องการ ทำให้อุณหภูมิจีวรบริเวณร่มลดลง
2. ช่วยลดปริมาณร่มเงาให้น้อยลง ในขณะที่ความต้องการใช้พื้นที่สนามหญ้ามีมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดร่มเงามากเกินไป จะเป็นสาเหตุที่ทำให้สนามหญ้าไม่เจริญงอกงามเท่าที่ควร
3. ช่วยเพิ่มความเร็วลมบริเวณส่วนบนของเนินดิน ยิ่งถ้าเนินดินนั้นอยู่ใต้ต้นไม้จะเป็นโอกาสที่เพิ่มความเร็วลมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเป็นตัวต้านลมได้ดีเมื่อมีระดับความสูงของเนินดินมากขึ้น
4. ช่วยก่อให้เกิดการบังสายตาและมุมมองจากบริเวณที่สาธารณะ ทำให้เกิดความเป็นส่วนตัว



ภาพที่ 2.21 แสดงการใช้เนินดินเพิ่มปริมาณเงาให้มากขึ้น



ภาพที่ 2.22 แสดงการใช้เนินดินเพิ่มปริมาณเงาให้ลดลง



ภาพที่ 2.23 แสดงการใช้เนินดินเพิ่มความเร็วลม และเป็นตัวต้านลม



ภาพที่ 2.24 แสดงการใช้เนินดินเพิ่มความเป็นส่วนตัว

แหล่งน้ำ (Water Body)

น้ำที่มีความลึกคุณสมบัติในระดับต่างๆ มีอุณหภูมิเกือบคงที่ (Stable) และน้ำยังมีคุณสมบัติเป็นตัวที่เก็บกักความร้อน (Heat Sink) เนื่องจากมวลที่มีขนาดใหญ่ของน้ำ นอกจากนี้ น้ำยังมีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดความเย็น โดยการระเหยของน้ำในบริเวณผิวน้ำที่สัมผัสกับอากาศ โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มาเปลี่ยนสถานะของบริเวณผิวน้ำ และลมจะพัดอากาศเย็นเข้ามาแทนที่ ลมที่พัดผ่านแหล่งน้ำจะนำความชื้นมาพร้อมอากาศที่เย็นด้วย ดังนั้นการใช้แหล่งน้ำที่เกิดประโยชน์ควรวางตำแหน่งในบริเวณเหนือลม

แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป สามารถใช้เป็นแหล่งสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้ โดยใช้กระบวนการระเหยทำให้อากาศเย็นลง ลมที่พัดผ่านจะทำให้ความชื้นที่สะสมออกไป (สุนทร, 2542: 88)

สงวนลิขสิทธิ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.4 การแบ่งประเภทของพืชพันธุ์

ประเภทของพืชพันธุ์ไม้ สามารถแบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโตได้เป็น 5 ประเภทคือ

1. ไม้ยืนต้น(Tree) เป็นพืชที่มีเนื้อไม้มากเป็นไม้เนื้อแข็ง(Woody Plants) มีลำต้นเจริญจากตายอดเป็นลำดับเดียวตั้งตรงขึ้นไปสูงจากพื้นดินจนถึงระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงแตกกิ่งก้านสาขาแผ่ออกเป็นทรงพุ่มที่เจริญอยู่ปลายยอด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ไม้ยืนต้นประเภทผลัดใบและไม้ยืนต้นประเภทไม่ผลัดใบ ตัวอย่างของไม้ยืนต้นเช่น ตะเคียน เต็ง รัง มะค่า หางนกยูง ประดู่ นนทรี มะม่วง มะขาม เป็นต้น ไม้ยืนต้นมักนิยมปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในการให้ร่มเงาช่วยบังตาและปลูกเพื่อกันลม

2. ไม้พุ่ม (Shrub) มีขนาดเล็กกว่าไม้ยืนต้นและแตกกิ่งก้านสาขาในระดับผิวดิน มีลักษณะเป็นกลุ่ม พุ่ม ตัวอย่างเช่น แก้ว พุเรือหงส์ หางนกยูงไทย ชบา เป็นต้น ลักษณะการปลูกมักจะปลูกเป็นแนวเพื่อใช้ประโยชน์เป็นที่บอกรักษาเขต ไม้พุ่มบางชนิดสามารถตัดแต่งรูปทรงได้ โดยจะเรียกว่า Hedge เช่น พุเรือหงส์ เข็ม เป็นต้น

3. ไม้เลื้อย (Lianas) เป็นพืชที่ต้องการอยู่ที่มีแหล่งยึดเกาะ อาจมีเนื้อไม้หรือไม้ก็ได้ ไม้เลื้อยที่พบตามป่าทั่วไปมักมีลักษณะเถาที่ใหญ่ และจะอาศัยพันตามต้นไม้ใหญ่ เช่น กระเดื่องมโนราห์ เป็นต้น ไม้เลื้อยโดยทั่วไปจะเจริญออกทางด้านทางยาวมากกว่าทางกว้าง อาจใช้ลำต้น กิ่ง ก้าน หรือมือเกาะพันรอบสิ่งที่ค้ำจุนเพื่อการเจริญเติบโต เช่น บานบุรี เฟื่องฟ้า การเวก พวงชมพู เติบมือนาง สร้อยอินทนิล รสสุคนธ์ เป็นต้น กับอาคารไม้เลื้อยนิยมปลูกให้เกาะกับระแนงหรือโครงไม้เพื่อเป็นประโยชน์ให้เกิดร่มเงาหรือความเป็นส่วนตัว

4. ไม้คลุมดิน (Ground Cover) ลักษณะที่สังเกตเห็นได้ว่าเป็นพืชที่มีลำต้นเตี้ย มีการเจริญเติบโตทางแนวราบและเลื้อยปกคลุมดิน ตัวอย่างเช่น กระดุมทอง เฟิร์น ผักเป็ด หญ้า เป็นต้น ไม้คลุมดินปลูกเพื่อความสวยงามแก่บริเวณที่ปลูก ช่วยลดการพังทลายของหน้าดิน โดยเฉพาะบริเวณที่มีความลาดชันสูง อีกทั้งเป็นตัวเก็บรักษาความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินไว้ได้

5. ไม้ล้มลุก (Herb) เป็นพืชพันธุ์ชนิดที่ไม่มีเนื้อไม้ ลักษณะเป็นไม้เนื้ออ่อนลำต้นไม่แข็งแรง ลำต้นเริ่มเจริญเติบโตออกดอกติดเมล็ดจนตายลง ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ดอกที่มีสีส้มหรือใบสวยงาม ต้องการดูแลรักษามาก การนำไปใช้ต้องระวังเรื่องระยะเวลาในการเจริญเติบโตช่วงเจริญเติบโตจนช่วงออกดอกและร่วงโรยไป ซึ่งเป็นช่วงที่กินเวลาไม่นานนัก เช่น บานไม่รู้โรย ดาวเรือง บานชื่น ทานตะวัน เป็นต้น

จากการประเภทของพืชพันธุ์ข้างต้น ต่างก็มีลักษณะในแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งยังสามารถจัดแบ่งพืชพันธุ์ได้อีกลักษณะตามเวลาที่มีใบปกคลุมและไม่ปกคลุม

1. ไม้ผลัดใบ (Deciduous Plants) พืชพันธุ์ชนิดที่จะผลัดใบในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจจะเป็นอากาศหนาวเกินไปหรือร้อนเกินไป และจนหยุดผลัดใบเมื่อจนกระทั่งอยู่ในอากาศที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เช่น บุนนาค หูกวาง จะเปลี่ยนเป็นใบสีแสดก่อนผลัดใบในฤดูร้อน นนทรีจะผลัดใบในฤดูหนาว ไม้ผลัดใบก่อนออกดอก เป็นต้น การเลือกใช้ต้นไม้ที่มีการผลัดใบมีความจำเป็นต้องมีเรื่องการบริหารรักษาบ่อยครั้ง โดยเฉพาะบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำ จะทำให้น้ำเน่าได้ หรืออาจทำให้ท่อระบายน้ำอุดตันได้ ดังนั้นการเลือกต้นไม้ประเภทผลัดใบจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาเรื่องการบริหารรักษา เรื่องระยะเวลาที่ผลัดใบเพื่อให้เกิดร่มเงาในเวลาที่ต้องการ และเรื่องความสวยงามถ้ามีการพิจารณา ให้ดีแล้วการเลือกใช้จึงเกิดประโยชน์ที่สุด

2. ไม้ที่มีสีเขียวตลอดปี (Evergreen Plants) เป็นพืชพันธุ์ที่มีสีเขียวตลอดทั้งปี สามารถเจริญเติบโตโดยไม่มีการผลัดใบ แต่ในบางครั้งมีการหยุดชะงักการเจริญเติบโตเนื่องจากอากาศที่มีความแห้งแล้งมากเกินไป เช่น ตะเคียนทอง ยางนา กระจับปี่ พิกุล มะม่วง เป็นต้น

3. ไม้กึ่งผลัดใบ (Semi deciduous Plants) พืชพันธุ์ที่มีการผลัดใบเป็นช่วงระยะเวลา โดยมิได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลหรือสภาพอากาศ เช่น อินทนิลน้ำ ถ้าเจริญเติบโตในที่แล้งก็จะผลัดใบ เป็นต้น

4. ไม้ที่มีลำต้นอวบน้ำ ทำหน้าที่แทนใบสีเขียวอยู่ตลอดเวลา (Evergreen Leafless Plants) เป็นพืชพันธุ์ที่มีลำต้นอวบน้ำบรรจุภายใน ใบกลายเป็นหนามแหลมเพื่อลดอัตราการคายน้ำและป้องกันแมลง เช่น ต้นกระบองเพชร เป็นต้น

นอกจากการจำแนกโดยใช้ลักษณะของการผลัดใบแล้วนั้น ยังการจำแนกอีกลักษณะโดยการอาศัยลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ (Physical Characteristics) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของต้นไม้ส่วนใหญ่

รูปทรงของพุ่มใบ(Form)

1. รูปทรงพุ่มกลม (Globular, Round & Busy) แกนทางตั้งและทางนอนเท่ากันเปรียบเหมือนรัศมีของวงกลม เช่น นนทรี ขี้เหล็ก มะม่วง พิกุล เป็นต้น

2. รูปยาวหรือไข่ (Oblong or Oval) รูปร่างของลำต้นจะมีลักษณะที่สูงมากกว่าทางกว้าง เช่น ชนุน แปรงลำขวด กระท้อน ลำดวน ตะแบก เป็นต้น

3. รูปทรงแผ่กว้างหรือทรงร่ม (Spreading or Umbrella shape) เป็นรูปร่างของทรงพุ่มมีลักษณะแผ่ขยายออกจนมีรูปร่างคล้ายร่ม เช่น ชัยพฤกษ์ หางนกยูงฝรั่ง จามจุรี เป็นต้น

4. รูปทรงกระบอก (Cylinder or Columnar) ลักษณะลำต้นสูงชันในแนวตั้งมากกว่าขยายออกทางแนวนอน เช่น เกลา บุนนาค เป็นต้น บางชนิดมีลักษณะคล้ายเสา เช่น บุนหาสำหรับ และ แคนแสด

5. รูปทรงปิรามิด (Pyramid or Conical) มีลักษณะการเจริญเติบโตทางสูง เป็นลักษณะคล้ายปิรามิด เช่น จำปา จำปี สนทะเล เป็นต้น และบางชนิดมีลักษณะผอมสูง (Spike) เช่น อโศก อินเดียด สนดินสอ

6. รูปทรงแผ่เป็นชั้น (Spreading in Layers) มีลักษณะเรือนยอดแยกเป็นชั้นๆเกิดช่องว่างระหว่างชั้น เช่น หูกวาง นุ่น ชมพูพันธุ์ทิพย์ เป็นต้น

7. รูปทรงแผ่กิ่งก้าน (Open Headed) ลักษณะกิ่งก้านสามารถมองเห็นได้ชัดเจน เช่น ลั่นทม สาก แคลฝรั่ง เป็นต้น

8. รูปทรงห้อยลง (Weeping with dropping twinges) ลักษณะกิ่งก้านจะห้อยลงสู่พื้น กิ่งก้านมักจะมีควมยาวและอ่อนช้อย เช่น หลิว แปรงลำงวอด เป็นต้น

9. รูปทรงคล้ายปาล์ม (Palm-like) มีลำต้นตรงสูง โดยมีพุ่มใบเจริญอยู่ตรงปลายยอด เช่น กัลยพัศ ตาล มะพร้าว ปาล์มชนิดต่างๆ เป็นต้น

10. รูปทรงแตกกอ (Clump) มีรูปทรงสูง ใช้ลักษณะการเจริญเติบโตแบบแตกหน่อเป็นหลายต้นในกลุ่มเดียว เช่น หมากเขียว หมากเหลือง ไม้เต่าร้าง เป็นต้น

จากการแบ่งประเภทของพืชพันธุ์โดยใช้เกณฑ์ทางด้านรูปทรงแล้ว สิ่งที่เกี่ยวข้องกันอยู่อย่างหนึ่งคือ ความหนาแน่นของพุ่มใบ (Mass) การรวมกลุ่มกันของกิ่งก้านและกลุ่มใบของพืชพันธุ์ การแบ่งแยกความหนาแน่นอาจดูได้จากอัตราความทึบและความโปร่งแสง ความทึบหมายถึง ส่วนที่เป็นใบ กิ่งก้าน และส่วนประกอบอื่นๆ ของพุ่มใบ ส่วนความโปร่ง หมายถึง พื้นที่ระหว่างใบและกิ่งก้านที่สามารถมองผ่านไปเห็นท้องฟ้าหรือพื้นด้านหลังได้ ความหนาแน่นของพุ่มใบนี้ แบ่งออกได้ 3 พวกคือ

1. หนาทึบ (Dense) มีใบกิ่งก้านที่หนาแน่นหนาทึบจนไม่สามารถมองเห็นทะลุไปได้ เช่น ไทร ย้อย พิกุล ชี้เหล็ก ประดู่ ต้นไม้ที่มีใบหนาทึบนี้ จะทำให้เกิดร่มเงาได้ดี ทั้งยังเป็นฉากหลัง (Background) ในการสร้างความเป็นส่วนตัว บดบังสายตาได้

2. ปานกลาง (Moderate) มีใบกิ่งก้านที่หนาแน่นแต่ยังสามารถมองเห็นทะลุไปได้บ้าง มีอัตราส่วนความทึบและความโปร่งแสงประมาณ 2 ต่อ 1 หรือ 1 ต่อ 1 เช่น มะขาม กระถินณรงค์

3. โปร่ง (Open) กิ่งก้านจะกระจายออก ใบมีจำนวนน้อย มีบริเวณโปร่งที่สามารถมองเห็นพื้นฉากหลังได้มาก เช่น หางนกยูง ศรีตรัง ป๊อบ สะเดา ใช้ในพื้นที่ที่ต้องการแสงลอดผ่านมายังพื้นล่างได้ เพื่อให้หญ้าที่สนามเจริญเติบโตได้ดี

อีกประการหนึ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของพืชพันธุ์ คือความแผ่กว้างของพุ่มใบ (Spread) และความกว้างของพุ่มใบ (Crown) โดยความกว้างนี้จะเป็นสิ่งที่ช่วยบอกระยะห่างของการปลูกต้นไม้เพื่อให้ได้รูปทรงที่สมบูรณ์เต็มที่ อีกทั้งยังสามารถเป็นตัวกำหนดว่าควรจะปลูกห่างจากอาคารในระยะเท่าไรที่เหมาะสม ความแผ่กว้างของพุ่มใบนี้จะเป็นระยะที่ใกล้เคียงกันกับความแผ่กว้างของรากที่อยู่ใต้ดิน หรือเรียกว่า แนวน้ำหยด (Drop line) ระยะดังกล่าวสามารถแบ่งพืชพันธุ์ออกได้เป็น 4 จำพวกคือ

1. พุ่มใบแผ่กว้างมาก มีความกว้างประมาณ 22 เมตร หรือมากกว่านั้น เช่น หูกวาง หางนกยูง จามจุรี โพธิ์ ไทร กร่าง กระจับปี่ ต้นไม้จำพวกนี้สามารถให้ร่มเงาแก่บริเวณโคนต้นได้
2. พุ่มใบแผ่กว้าง โดยมีความกว้างประมาณ 15-22 เมตร เช่น ลั่นทม ประดู่
3. พุ่มใบแผ่กว้างปานกลาง มีความกว้างประมาณ 10-15 เมตร
4. พุ่มใบแผ่กว้างน้อย มีความกว้าง 6-10 เมตร หรือต่ำกว่า เช่น สนทะเล อกศิกอินเดีย

2.3.5 แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติรอบอาคาร

แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติรอบอาคารมีหลักการสำคัญดังนี้ การจัดสภาพภูมิทัศน์มีหน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศรอบๆอาคาร กลุ่มต้นไม้ทำหน้าที่ในการเป็นตัวช่วยบังลม เบี่ยงเบนกระแสลม เร่งความเร็วกระแสลม เป็นต้น การเลือกต้นไม้เพื่อใช้เป็นตัวบังลมควรจะมีขนาดหนาแน่นของพุ่มใบอยู่ที่ 35% (Allard, 1998) และควรตั้งห่างจากอาคารในระยะ 1.5-5 เท่าของความสูงของต้นไม้ ต้นไม้ที่มีลักษณะหนาแน่นและทรงพุ่มเตี้ยเมื่อนำปลูกใกล้อาคารสามารถเบี่ยงเบนทิศทางและเพิ่มความเร็วได้ การเพิ่มความเร็วของกระแสลม ใช้รูปแบบในการจัดเรียงกลุ่มของต้นไม้เป็นรูปร่างกรวยปากทางเข้าของกระแสลมกว้างส่วนทางออกของกระแสลมแคบ (Venturi Effect) ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วให้กับกระแสลมได้ถึง 25% (Allard, 1998)

การใช้กลุ่มต้นไม้ไม่เพียงเพื่อการเพิ่มความเร็วลมเท่านั้น แต่รวมทั้งการได้มาซึ่งคุณภาพอากาศ อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านได้พุ่มใบของต้นไม้จะถูกควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ความร้อนที่เกิดภายใต้พุ่มใบจะเป็นผลทำให้อุณหภูมิบริเวณใต้พุ่มใบมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก พุ่มใบกันเสียงรบกวน ลดปริมาณฝุ่นละออง ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ออกซิเจนกลับสู่อากาศ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร

จากการศึกษาปัจจัยจากบทที่ 2 พบว่าการที่ใช้สภาพภูมิทัศน์สร้างให้เกิดสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารนั้นปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลคือ ความเร็วลม (Wind Speed) อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature หรือ MRT) การอยู่ในร่มเงา (In Shade) และการระเหยของน้ำ (Evaporation) ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาต้องเป็นสถานที่มีการจัดสภาพภูมิทัศน์เป็นบริเวณกว้างเพื่อลดอิทธิพลจากอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่จะมีผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกสนามหญ้าที่บริเวณอาคารสำนักพิพิธภัณฑน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีพื้นที่เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะกายภาพของสนามอาคารสำนักพิพิธภัณฑน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ประกอบการเก็บข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

กลุ่มที่ 1 เก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) ประกอบด้วย

1. Radio Meter ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับและแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นค่าที่เป็นตัวเลข การทำงานไม่จำเป็นต้องจ่ายกระแสไฟเข้าที่ตัวอุปกรณ์เนื่องจากตัวอุปกรณ์มีแผงรังสีดวงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นตัวกำเนิดพลังงาน
2. Data Logger รุ่น CR23X ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จาก Radio Meter โดยสามารถตั้งค่าให้ตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลได้ บันทึกข้อมูลลงในตัวเครื่องโดยสามารถทำการถ่ายข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์โดยการต่อสายถ่ายโอนข้อมูลได้โดยตรงข้อมูลที่ได้อาจสามารถบันทึกในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft excel ได้



Radio Meter



Data Logger รุ่น CR23X

ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
กลุ่มที่ 2 เก็บข้อมูลความเร็วลม (Wind Speed) ประกอบด้วย

1. Air Velocity Sensor ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับและแปลงความเร็วลมให้เป็นค่าที่เป็นตัวเลข แต่ในการทำงานจำเป็นต้องมีกระแสไฟจ่ายเข้าที่ Sensor ตลอดเวลา
2. Data Logger ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จาก Air Velocity Sensor โดยสามารถตั้งค่าให้ตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลได้และบันทึกข้อมูลลงใน แผ่นบันทึก MMC ข้อมูลที่ได้สามารถบันทึกในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft excel ได้



Air Velocity Sensor



Data Logger

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลความเร็วลม
กลุ่มที่ 3 เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) ประกอบด้วย

1. HOBO Sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยตัวเครื่องสามารถวัดได้ทั้งหมด 5 ชุดข้อมูลพร้อมกันโดยแบ่งเป็นตัวเก็บชุดข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ 4 ช่องสัญญาณ และความชื้นสัมพัทธ์ 1 ช่องสัญญาณ ในการวัดMRT ได้ทำการประยุกต์ใช้วัตถุโลหะทรงกลมทาสีดำด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. ค่าการดูดซับความร้อน (Emissivity) เท่ากับ 0.95 มาหุ้ม

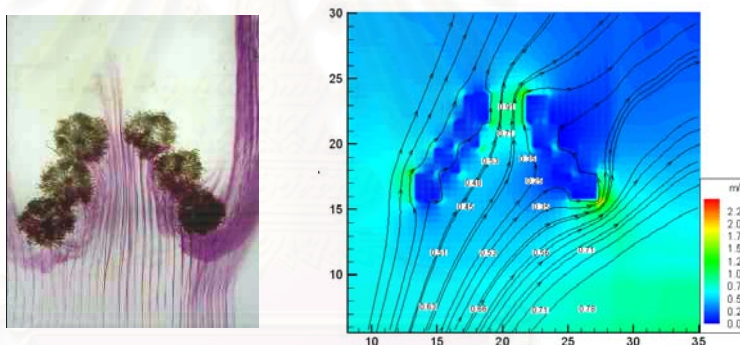
หัว Sensor วัดอุณหภูมิ 1 หัวใช้แทน Globe Meter แล้วนำค่ามาคำนวณตามสูตรหาค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในบทที่ 2



HOBO Meter

ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์

1. โต๊ะน้ำ
2. โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics)



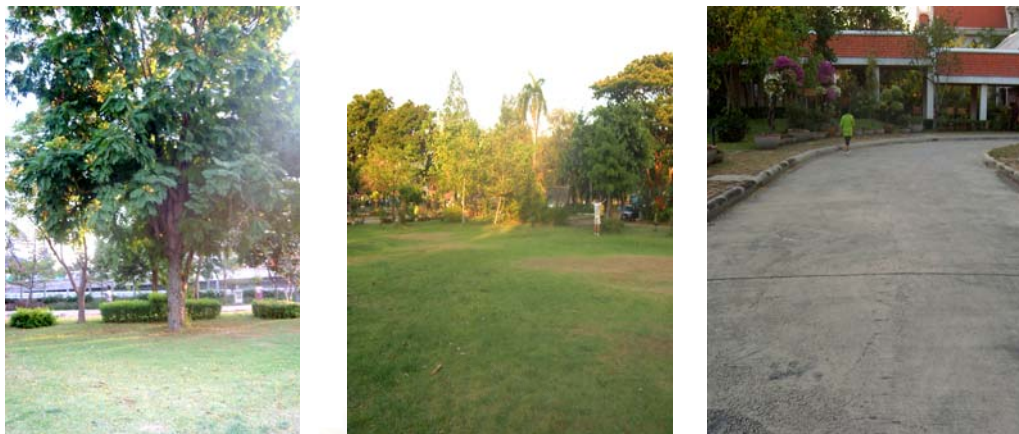
ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการทดสอบด้วยโต๊ะน้ำ(ซ้าย) และตัวอย่างโปรแกรม CFD(ขวา)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลปัจจัยที่สำคัญต่อสภาวะน่าสบาย คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเร็วลม ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ใช้ช่วงเวลาเก็บ 3 วัน โดยแบ่งการเก็บข้อมูลตามลักษณะทางกายภาพได้แก่

1. บริเวณที่เป็นที่ราบไม่มีร่มเงา พื้นคอนกรีต
2. บริเวณที่เป็นที่ราบไม่มีร่มเงา พื้นสนามหญ้า
3. บริเวณที่เป็นที่ราบได้ต้นไม้

โดยทำการเก็บข้อมูล ช่วงห่างกันทุกๆ 5 นาที



บริเวณใต้ต้นไม้

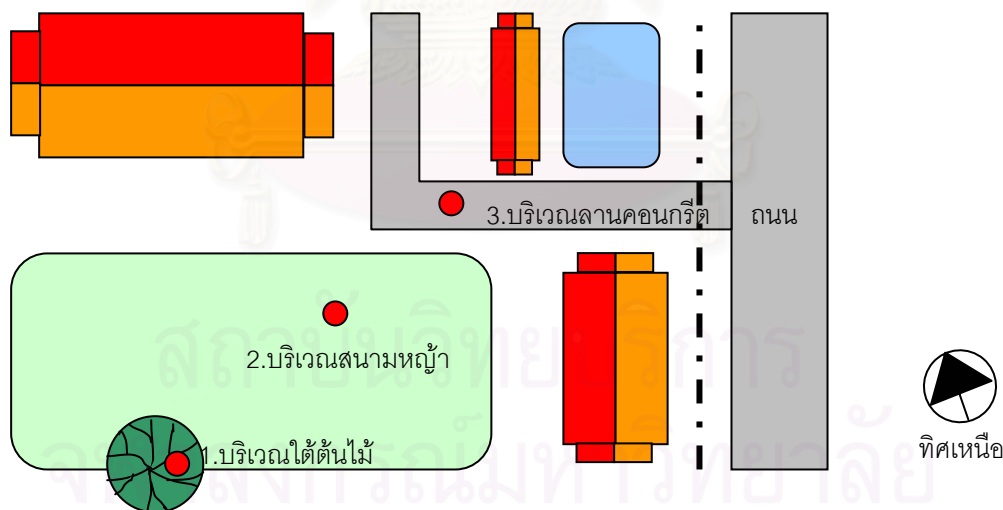
บริเวณที่โล่งสนามหญ้า

บริเวณที่โล่งลานคอนกรีต

ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

ส่วนบริเวณแหล่งน้ำได้นำข้อมูลอ้างอิงจาก นายวิชัย อธิธิวิศวกุล จากวิทยานิพนธ์เรื่อง สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร โดยได้ทำการเก็บข้อมูลอากาศ บริเวณแหล่งน้ำ มาใช้เป็นฐานข้อมูลในการพิจารณา

3.4 ตำแหน่งในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง

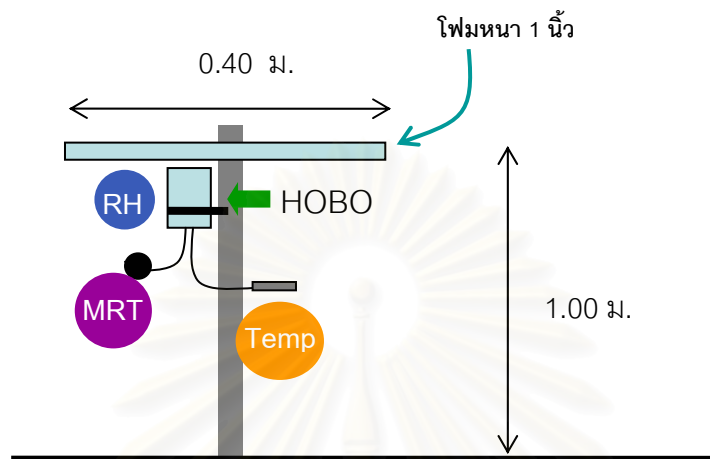


ภาพที่ 3.7 แสดงตำแหน่งการติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง

ตำแหน่งในการติดตั้งมีระยะห่างกัน 30 เมตร ในแต่ละตำแหน่ง ในการพิจารณาการวางตำแหน่งทิศทางลมเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความจำเป็นที่ต้องพิจารณา ดังนั้นในการวางตำแหน่ง

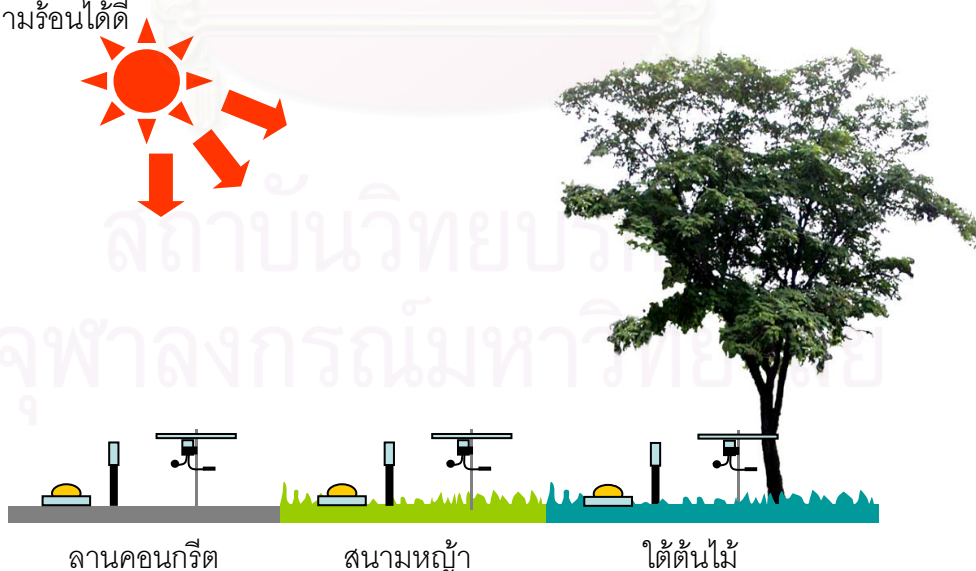
จึงควรไม่วางข้อหรือบังทิศทางลมกันเนื่องจากลมที่พัดจะพาอุณหภูมิอากาศจากจุดทดลองจุดอื่น มาผสมเป็นผลให้ไม่ได้ค่าอุณหภูมิที่เป็นค่าจริงของสภาพแวดล้อมนั้นๆ

การติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง



ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย

การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองจะติดตั้งห่างจากพื้นเป็นระยะ 1 เมตร เท่ากันทั้ง 3 จุด ในรูปแบบการติดตั้งเครื่องมีความจำเป็นต้องป้องกันรังสีดวงอาทิตย์กระทบโดยตรง จึงติดตั้งอุปกรณ์ภายใต้โพมหนา 1 นิ้วเพื่อป้องกันการรังสีดวงอาทิตย์และโพมยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันการนำความร้อนได้ดี



ภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองในพื้นที่เก็บข้อมูลทั้ง 3

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงและข้อมูลอ้างอิง
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงประยุกต์

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

นำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงมาจัดเรียงและสร้างเป็นแผนภูมิเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยการนำข้อมูลทั้งหมดมานำเสนอในรูปแบบของ Bioclimatic Chart ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ถึงสถานะน่าสบายโดยจะทำการเปรียบเทียบกรณีทั้ง 3 กรณี ซึ่งจะทำให้ทราบถึงจำนวนชั่วโมงที่เข้าสู่สถานะน่าสบายโดยสถานะน่าสบายที่ใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มที่แรกเป็นสถานะน่าสบายของ Victor Olgyay และกลุ่มที่สองเป็นสถานะน่าสบายที่ขยายจากของOlgyay โดย ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ โดยเลือกใช้ขอบเขตที่ขยายในระดับที่ 1 เพื่อให้เพิ่มขอบเขตน่าสบายเพิ่มมากขึ้น และทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไรที่เป็นผลที่ทำให้เกิดสถานะน่าสบายดังกล่าวได้ โดยที่แผนภูมิที่จะแสดงถึงพฤติกรรมความสัมพันธ์ของปัจจัย ประกอบด้วย แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศ แผนภูมิแสดงความชื้นสัมพัทธ์อากาศของแผนภูมิแสดงอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย แผนภูมิแสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และแผนภูมิแสดงความเร็วลม ข้อมูลในแผนภูมิทั้งหมดจะเปรียบเทียบทุกกรณีพร้อมกันซึ่งจะทำให้เห็นพฤติกรรมที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี และทำการสรุป

ส่วนการนำข้อมูลสภาพอากาศบริเวณแหล่งน้ำมาพิจารณาร่วม โดยใช้ข้อมูลที่เก็บจริงของ วิชัย อธิธิวิศวกุล มาพิจารณาร่วมจะทำการเปรียบเทียบเฉพาะรูปแบบของ Bioclimatic Chart เท่านั้น

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อยได้แก่

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี

นำข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานครมาเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์และนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนภูมิ Bioclimatic Chart และแผนภูมิที่แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงที่อยู่ในสถานะน่าสบาย โดยแสดงผลในรูปแบบ Bioclimatic Chart และแผนภูมิที่แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่ไม่มีความเร็วลม

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปีเทียบกับข้อมูลอากาศที่ได้จากการเก็บข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปีเป็นข้อมูลอากาศที่ทำการเก็บโดยไม่มีผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบดังนั้นการที่ต้องการจะทราบว่าภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีที่เปลี่ยนไปเมื่ออยู่ในสภาพภูมิทัศน์ต่างกัน 4 กรณี คือ สภาพแวดล้อมที่เป็นลานคอนกรีต สภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้า สภาพแวดล้อมที่ได้ต้นไม้และบริเวณใกล้แหล่งน้ำ จึงต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงมาเป็นฐานข้อมูลเทียบเคียงในการวิเคราะห์ โดย นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และข้อมูลอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยเปลี่ยนไป มี 3 กรณี คือ บริเวณสนามหญ้า ได้ต้นไม้และบริเวณใกล้แหล่งน้ำเนื่องจากเป็นสภาพแวดล้อมที่ทำให้สภาพอากาศอยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายได้ มาหาความสัมพันธ์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Regression) โดยที่ตั้งค่าความน่าเชื่อถือที่ 95 % ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยของสนามหญ้าและได้ต้นไม้กับความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้นไม้ และค่า X เป็นอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของกรุงเทพมหานคร และนำค่าสมการที่ได้ไปใช้ในการคาดการณ์ว่าในภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครในลักษณะของสภาพภูมิทัศน์ที่ต่างกัน 3 กรณี จะมีค่าอุณหภูมิเสมือนที่มนุษย์รู้สึกได้เมื่อพื้นผิวเฉลี่ยเฉลี่ยเปลี่ยนไปเป็นเท่าไร เพื่อนำไปแสดงผลใน Bioclimatic Chart หาจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะน่าสบาย และแผนภูมิแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในเขตน่าสบายของแต่ละเดือน และปริมาณอุณหภูมิที่สามารถลดลงได้ใน 1 ปี

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงประยุกต์

เป็นการประยุกต์รูปแบบของสภาพภูมิทัศน์ เพื่อขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้น โดยแบ่งรูปแบบออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ การจัดวางต้นไม้ การใช้เนินดิน การใช้แหล่งน้ำ การจัดวางต้นไม้ใช้การจัดเรียงรูปแบบกรวย (Venturi Effect) โดยขนาดช่องลมเข้ามีขนาดใหญ่กว่าช่องลมออก ในการหาความเร็วลมที่ผ่านรูปแบบต่างๆนี้ได้ใช้โต๊ะน้ำ และโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) เข้าช่วยโดยที่โต๊ะน้ำสามารถแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรม ส่วนโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) สามารถทราบความเร็วลมที่เกิดขึ้นได้ โดยความเร็วต้นที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 m/s ซึ่งเป็นช่วงความเร็วลมเฉลี่ยโดยทั่วไป ผลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติ(Regression)เพื่อหาสมการที่คาดการณ์ความเร็วลมในแต่ละกรณี ให้ Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นในแต่ละกรณี ส่วนค่า X เป็นค่าความเร็วต้นของลม นำสมการที่ได้ไปคำนวณค่าความเร็วลมที่พัดในแต่ละชั่วโมงของสภาพภูมิอากาศราย 10 ปี แล้วนำเสนอในรูปแบบของ Bioclimatic Chart และแผนภูมิแสดงถึงจำนวนชั่วโมงอยู่ในเขตน่าสบายของแต่ละเดือน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

ได้แบ่งการนำเสนอเป็นชุดข้อมูล 3 ชุด คือ

1. ชุดข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงและข้อมูลอ้างอิง
2. ชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร
3. ชุดข้อมูลการเชิงประจักษ์

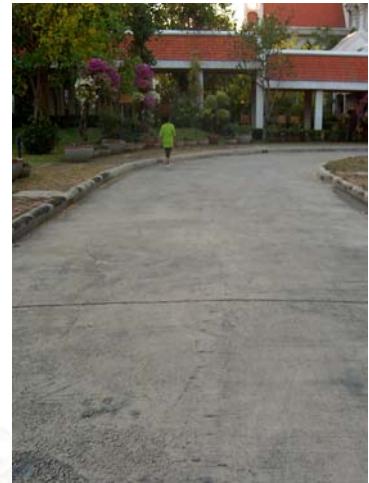
4.1 ชุดข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล



1



2



3

1. บริเวณใต้ต้นไม้
2. บริเวณที่ราบกลางแจ้งบนพื้นสนามหญ้า
3. บริเวณที่ราบกลางแจ้งบนพื้นคอนกรีต

ภาพที่ 4.1 แสดงสภาพพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูล

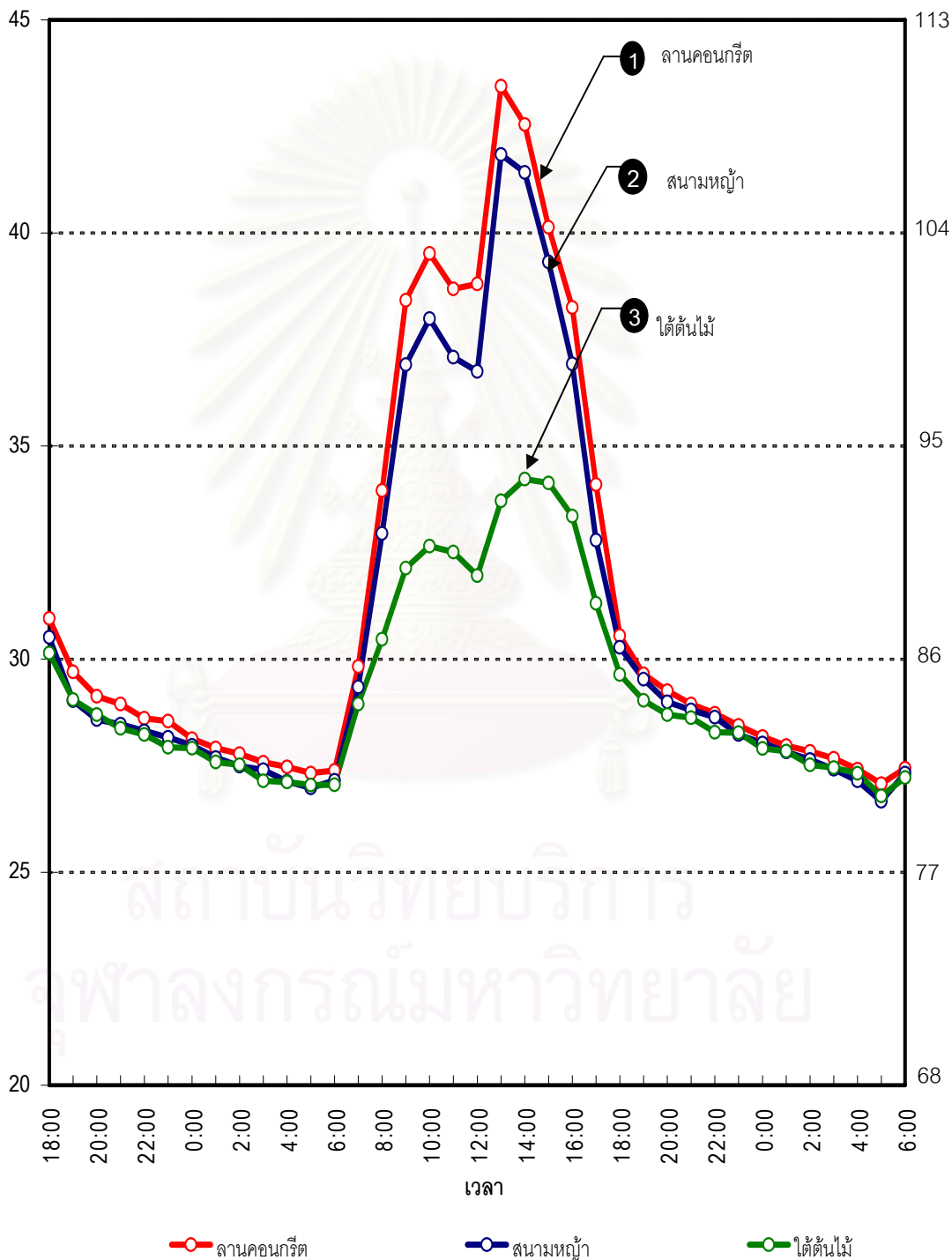
ผลการทดลอง

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตร
ของทุกตำแหน่ง

วันที่ 5-7 มีนาคม 49

องศาเซลเซียส

องศาฟาเรนไฮต์



5 มี.ค. 2549	6 มี.ค. 2549	7 มี.ค. 2549
--------------	--------------	--------------

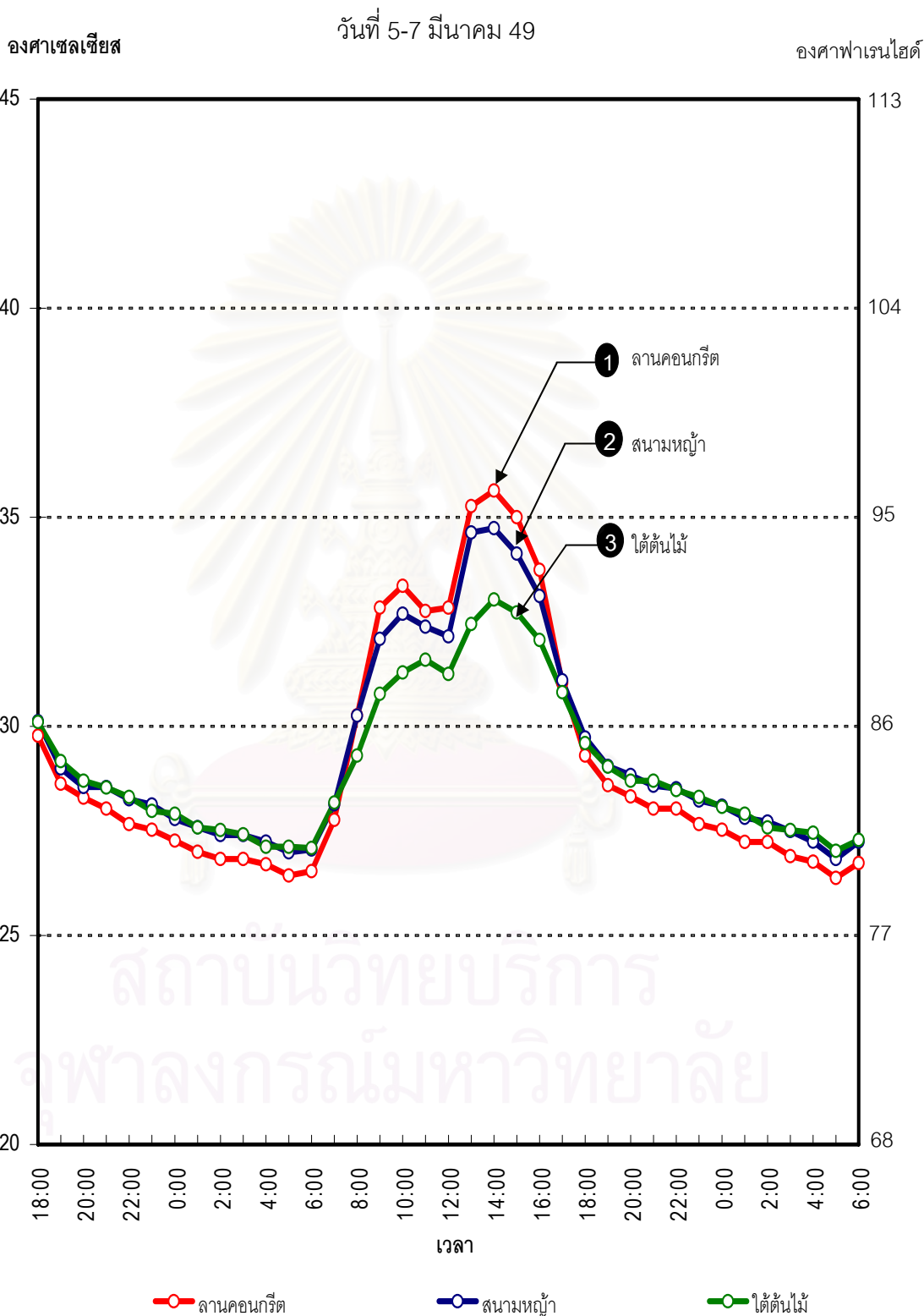
จากแผนภูมิที่ 4.1 พบว่าพฤติกรรมค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น. มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณ 27-29 องศาเซลเซียสอันเป็นผลเนื่องมาจากไม่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มอุณหภูมิแก่พื้นผิวต่างๆ จากแผนภูมิสามารถสังเกตได้ว่าตำแหน่งที่มีอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียสจะอยู่ในช่วงเวลา 18:00 น. ซึ่งเป็นจุดช่วงที่ดวงอาทิตย์เริ่มลับขอบฟ้าแล้ว หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) มีค่าลดลงในอัตราประมาณ ชั่วโมงละ 0.2-0.3 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 5:00 น. เนื่องจากความร้อนที่สะสมบริเวณพื้นผิวได้ทำแลกเปลี่ยนกับความเย็นในอากาศเป็นเวลา ที่นานถึง 11 ชั่วโมงจึงเป็นผลให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดไปด้วย ซึ่งมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส และเวลา 5:00 - 6:00 น. ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) จะสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เป็นผลที่เกิดจากการดวงอาทิตย์ที่กำลังเคลื่อนตัวลอยสูงขึ้น

โดยลักษณะของชุดข้อมูลในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น. อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณลานคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณที่โล่งสนามหญ้าและใต้ต้นไม้ประมาณ 0.2-0.4 องศาเซลเซียสเนื่องจากค่าการดูดความร้อนของคอนกรีตมีค่าที่สูงกว่า สนามหญ้า จึงทำให้ความร้อนที่สะสมในช่วงเวลากลางวันมีปริมาณมากกว่า 2 อีกบริเวณ

ในช่วงเวลา 6:00 – 17:00 น. มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของ 3 ตำแหน่งที่มีลักษณะแตกต่างโดยที่ชุดข้อมูลบริเวณลานคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาเป็นบริเวณที่โล่งสนามหญ้า และใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) ต่ำที่สุด โดยที่ช่วงเวลา 14:00 น. เป็นช่วงที่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT)ของบริเวณลานคอนกรีตและบริเวณที่โล่งสนามหญ้ามี่ค่าสูงสุดอยู่ที่ 43.45 องศาเซลเซียส และ 41.84 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้ค่าที่สูงสุดอยู่ที่เวลา 15:00 น. มีค่า 34.22 องศาเซลเซียส เนื่องจากคอนกรีตมีค่าการนำความร้อนที่มากกว่าสนามหญ้า จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนในอัตราที่เร็วกว่าสนามหญ้างั้นจึงเป็นผลให้ในช่วงเวลาเดียวกันคอนกรีตจึงมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงกว่าสนามหญ้าและใต้ต้นไม้ ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่าถึง 5 เท่า จึงเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดกว่าทั้ง 3 บริเวณและสามารถหวนค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยให้มีค่าสูงสุดซ้ำไปอีก 1 ชั่วโมงซึ่งในเวลา 15:00 น. มีค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่าเวลา 14:00 น. ทำให้ได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยลง

เมื่อนำพฤติกรรมที่ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในแต่ละช่วงสูงหรือต่ำจะตามพฤติกรรมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ เมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีปริมาณมากค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยก็สูงตามไปด้วย

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตร
ของทุกตำแหน่ง



5 มี.ค. 2549	6 มี.ค. 2549	7 มี.ค. 2549
--------------	--------------	--------------

จากแผนภูมิที่ 4.2 พบว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น.มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ที่ประมาณ 26-30 องศาเซลเซียสเนื่องจากเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้วจึงไม่ได้รับ อิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์อุณหภูมิอากาศจึงเย็นลง จากแผนภูมิสามารถสังเกตพฤติกรรมอากาศ ได้ว่าอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสจะอยู่ในช่วงเวลา 18:00 น.แล้วหลังจากนั้นค่าอุณหภูมิอากาศมี ค่าลดลงในอัตราประมาณชั่วโมงละ 0.2-0.3 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่ค่าอุณหภูมิอากาศ อยู่ในช่วงเวลา 5:00 น.ซึ่งมีค่าประมาณ 26 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นระยะเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์นานที่สุดเป็นเวลา 11 ชม. ถ้านับจากเวลา 18:00 น. และเวลา 5:00 - 6:00 น.ค่า อุณหภูมิอากาศ จะเริ่มสูงขึ้นเนื่องจากดวงอาทิตย์เริ่มเคลื่อนตัวขึ้นจากเส้นขอบฟ้าซึ่งเป็น ช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์เริ่มมีผลต่ออุณหภูมิอากาศ

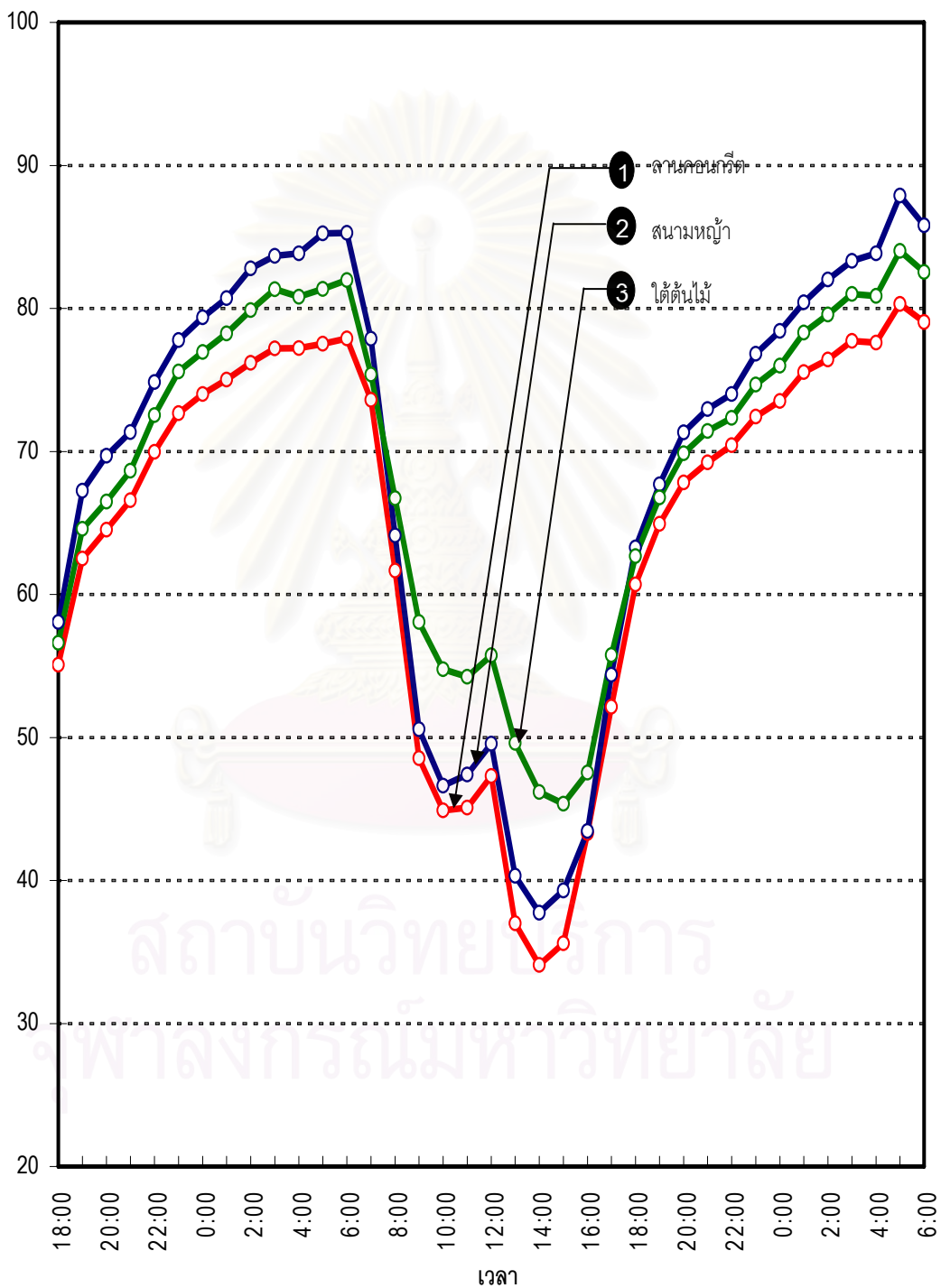
ในช่วงเวลา 6:00 – 17:00 น.มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของ 3 ตำแหน่งที่มีลักษณะ แตกต่างโดยที่ชุดข้อมูลบริเวณลานคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาเป็นบริเวณที่โล่งสนามหญ้า และใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่มีค่าอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด โดยที่ช่วงเวลา 14:00 น.เป็นช่วงที่มี ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด จึงเป็นผลให้ค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดทั้ง 3 กรณี โดยที่อุณหภูมิ อากาศของบริเวณลานคอนกรีตและบริเวณที่โล่งสนามหญ้ามียุคสูงสุดอยู่ที่ 35.64 องศาเซลเซียส และ 34.74 องศาเซลเซียสตามลำดับเนื่องจากพื้นที่โดยรอบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ส่วน บริเวณใต้ต้นไม้ค่าที่สูงสุดอยู่ที่เวลา 15:00 น. มีค่า 33.03 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดเมื่อ เทียบทั้ง 3 กรณีเพราะต้นไม้สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ถึง 5 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตร
ของทุกตำแหน่ง

วันที่ 5-7 มีนาคม 49

เปอร์เซ็นต์



○ ลานคอนกรีต
 ○ สนามหญ้า
 ○ ใต้ต้นไม้

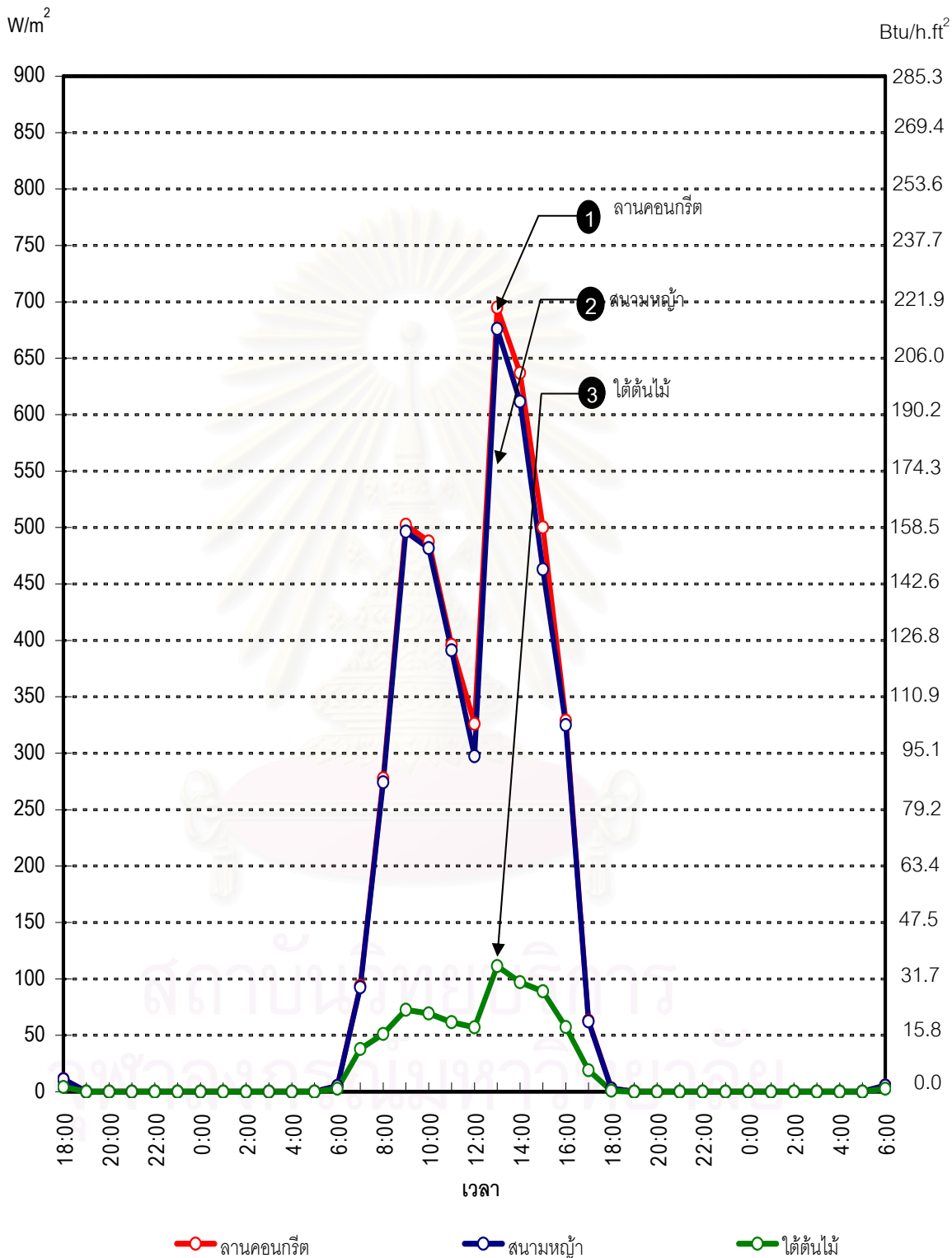
5 มี.ค. 2549	6 มี.ค. 2549	7 มี.ค. 2549
--------------	--------------	--------------

จากแผนภูมิที่ 4.3 พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเวลา 18:00 – 5:00 น. เป็นช่วงที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นผลให้อัตราการระเหยของน้ำในบรรยากาศมีน้อยลงทำให้มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นตามลำดับ โดยมีค่าความแตกต่างของทั้ง 3 บริเวณอยู่ที่ช่วง 55 – 85 % ช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดอยู่ที่เวลา 5:00 – 6:00 น. เนื่องด้วยเป็นเวลาที่ไม้ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์นานถึง 11 ชั่วโมง ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณความชื้นในอากาศ โดยบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือบริเวณที่โล่งสนามหญ้า มีค่า 85.30 % ส่วนบริเวณรองมาคือบริเวณใต้ต้นไม้มีค่า 81.98 % และบริเวณลานคอนกรีตมีค่า 77.89 % สาเหตุที่สนามหญ้ามียุทธปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด เกิดจากอุณหภูมิที่บริเวณผิวหญ้าอยู่จุดที่สามารถเกิดหยดน้ำเป็นน้ำค้างที่สะสมอยู่บริเวณใบ และท้องฟ้าในเวลากลางวันเป็นแหล่งที่เก็บสะสมความร้อนขนาดใหญ่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความอุณหภูมิกันอย่างรวดเร็วจนเกิดหยดน้ำทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่วนใต้ต้นไม้การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิไม่สะดวกเนื่องจากติดพุ่มใบของต้นไม้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าท้องฟ้าจึงมีอัตราการเกิดหยดน้ำน้อยกว่า บริเวณลานคอนกรีตมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดเพราะคอนกรีตในเวลากลางวัน สะสมความร้อนในปริมาณมากทำให้ในเวลากลางวันยังคงมีความร้อนที่สูงกว่าบริเวณอื่นออกมา ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นลดลงกว่าบริเวณอื่น

ในช่วงเวลา 6:00 – 17:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางวันมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของ 3 ตำแหน่งโดยที่จุดข้อมูลบริเวณลานคอนกรีตจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด รองลงมาเป็นบริเวณที่โล่งสนามหญ้า และใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่มีค่าอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันลานคอนกรีตมีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด เป็นผลให้อัตราการระเหยของไอน้ำในอากาศมีสูงที่สุด รองลงมาเป็นสนามหญ้า และใต้ต้นไม้ โดยที่ช่วงเวลา 14:00 น. เป็นช่วงที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณลานคอนกรีตและบริเวณที่โล่งสนามหญ้ามียุทธค่าต่ำที่สุดอยู่ที่ 34.10 % และ 37.75 % ตามลำดับ ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้ค่าที่สูงที่สุดอยู่ที่เวลา 15:00 น. มีค่า 45.37% ซึ่งเหตุที่ได้ต้นไม้มีจุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดล่าช้าไปอีก 1 ชั่วโมง เพราะอุณหภูมิอากาศสูงสุดของภายใต้ต้นไม้อยู่ที่เวลา 15:00 น. เช่นเดียวกัน

บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ของทุกตำแหน่ง
วันที่ 5-7 มีนาคม 49



5 มี.ค. 2549	6 มี.ค. 2549	7 มี.ค. 2549
--------------	--------------	--------------

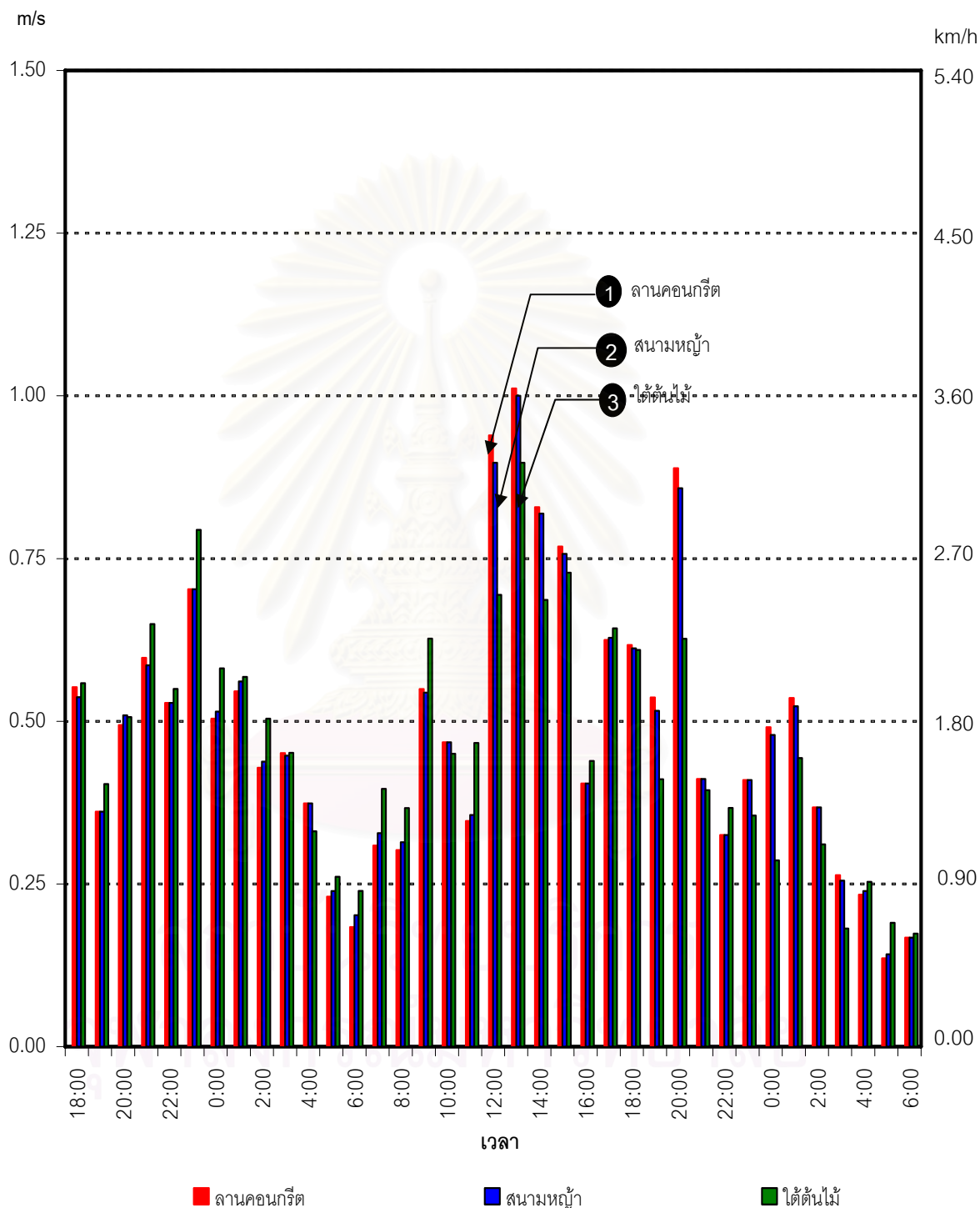
จากแผนภูมิที่ 4.4 พบว่าค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในช่วงเวลา 19:00 – 5:00 น. มีค่า 0 W/m^2 ทั้ง 3 ตำแหน่งจากเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์ตกไปแล้ว ส่วนในช่วงเวลา 6:00 – 18:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางวันมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของ 3 ตำแหน่งโดยที่จุดข้อมูลบริเวณลานคอนกรีตและบริเวณสนามหญ้าจะมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ปริมาณที่สูงและใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่สูงสุดอยู่ที่ 695 และ 676 W/m^2 ที่เวลา 13:00 น. ตามลำดับ เหตุผลที่บริเวณลานคอนกรีตมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าบริเวณสนามหญ้าเนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสง(Reflection) ได้ดีกว่าสนามหญ้า ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้เป็นบริเวณที่อยู่ใต้ร่มของต้นไม้ตลอดเวลาจึงลดปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ได้โดยที่ค่าสูงสุดอยู่ที่ 111.39 W/m^2 ที่เวลา 13:00 น. ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 583.61 W/m^2 หรือประมาณ 5 เท่า



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเร็วลมในระดับที่สูงจากพื้น 1 เมตร
ของทุกตำแหน่ง

วันที่ 5-7 มีนาคม 49



5 มี.ค. 2549

6 มี.ค. 2549

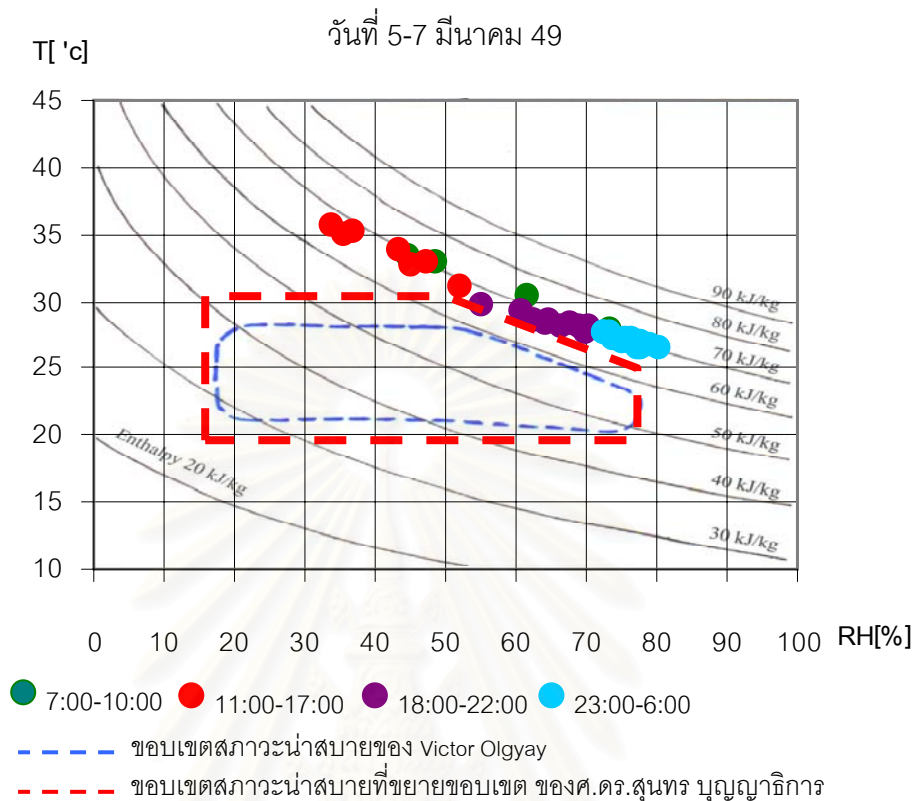
7 มี.ค. 2549

จากแผนภูมิที่ 4.5 ความเร็วลมบริเวณลานคอนกรีตและสนามหญ้าที่ได้จากการเก็บข้อมูล ในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 6:00 – 18.00 น. ค่าความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ 1.01 m/s และ 1.00 m/s ตามลำดับ ที่เวลา 12:00 น. และค่าความเร็วลมต่ำสุดอยู่ที่ 0.18 m/s ที่เวลา 6:00 น. ในบริเวณเดียวกัน ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้ ความเร็วลมสูงสุดที่เวลา 12:00 น. มีค่า 0.9 m/s และค่าต่ำสุดที่เวลา 6:00 น. มีค่า 0.24 m/s

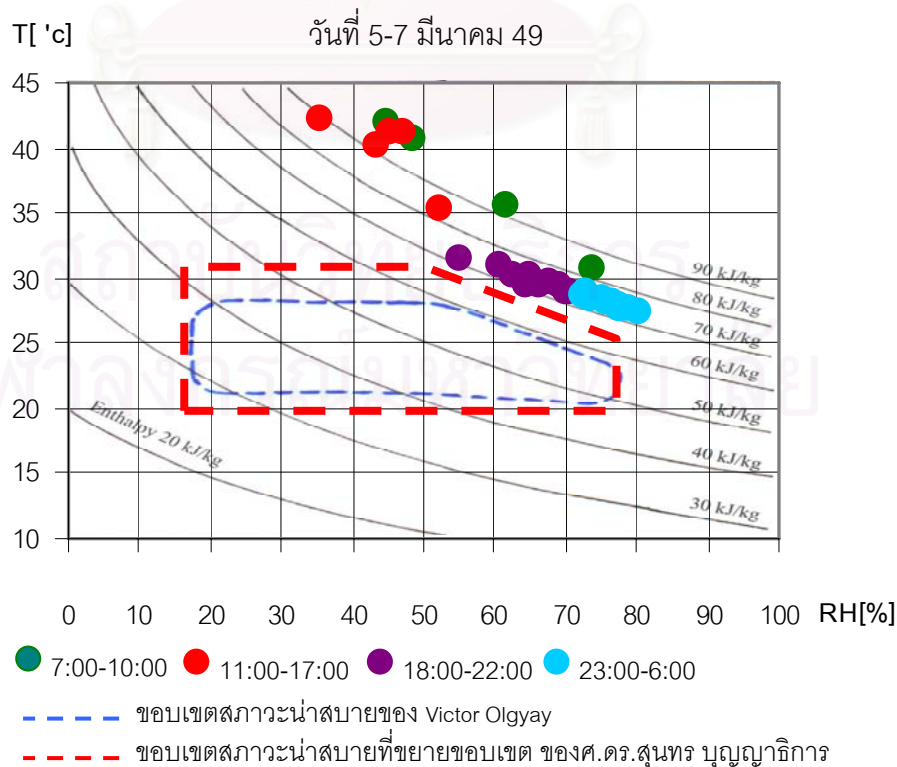
ในช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 19:00 - 5:00 น. บริเวณลานคอนกรีตและสนามหญ้า ค่าความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ 0.7 m/s ณ เวลา 23:00 น. ในวันที่ 5 มีนาคม ค่าความเร็วต่ำสุดอยู่ที่ 0.14 m/s ณ เวลา 5:00 น. ในวันที่ 7 มีนาคม ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้ ความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่ 0.79 m/s ณ เวลา 23:00 น. ในวันที่ 5 มีนาคม ค่าความเร็วต่ำสุดอยู่ที่ 0.17 m/s ณ เวลา 6:00 น. ในวันที่ 7 มีนาคม

จากจำนวน 37 ชุดข้อมูล พบว่าความเร็วลมที่ผ่านบริเวณใต้ต้นไม้มีอัตราความเร็วที่สูงกว่า บริเวณลานคอนกรีตและสนามหญ้า 22 ชุดข้อมูล อีก 15 ชุดข้อมูลเป็นค่าความเร็วลมบริเวณลานคอนกรีตและสนามหญ้าสูงกว่าบริเวณใต้ต้นไม้ และถ้าพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ความเร็วลมใต้ต้นไม้เร็วกว่าบริเวณที่โล่ง 60% เนื่องจากทรงพุ่มของต้นไม้มีหน้าที่ในการบังคับลมให้มีความเร็วบริเวณใต้พุ่มใบสูงขึ้น เป็นลักษณะของการบีบอัดลมในลักษณะรูปกรวย (Venturi Effect)

แผนภูมิที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์
ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต

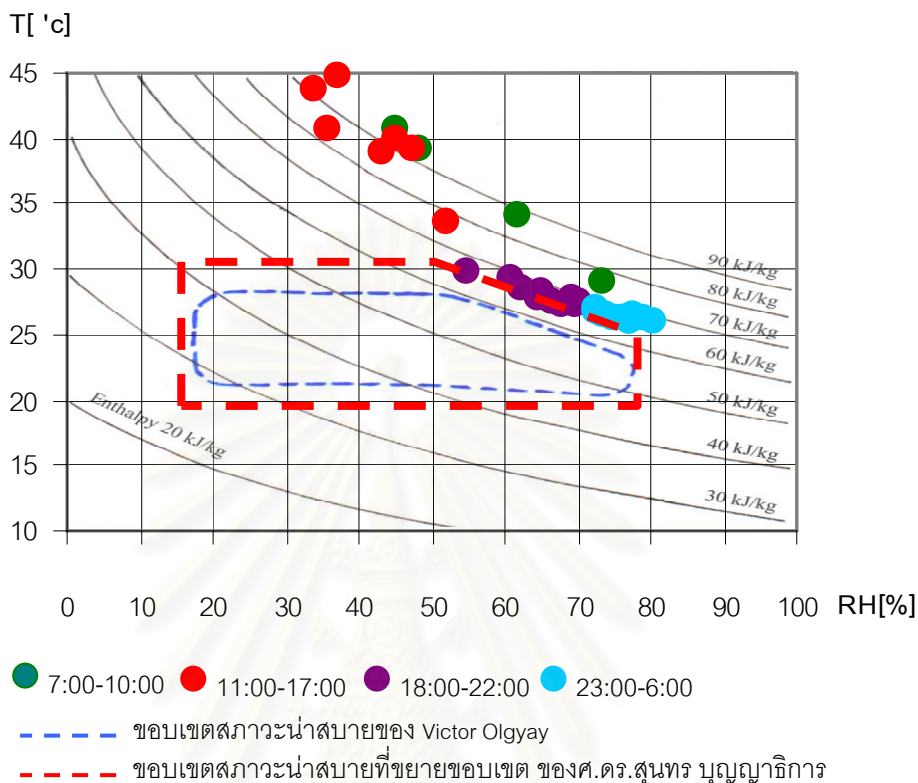


แผนภูมิที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTกับความชื้นสัมพัทธ์
ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณลานคอนกรีต

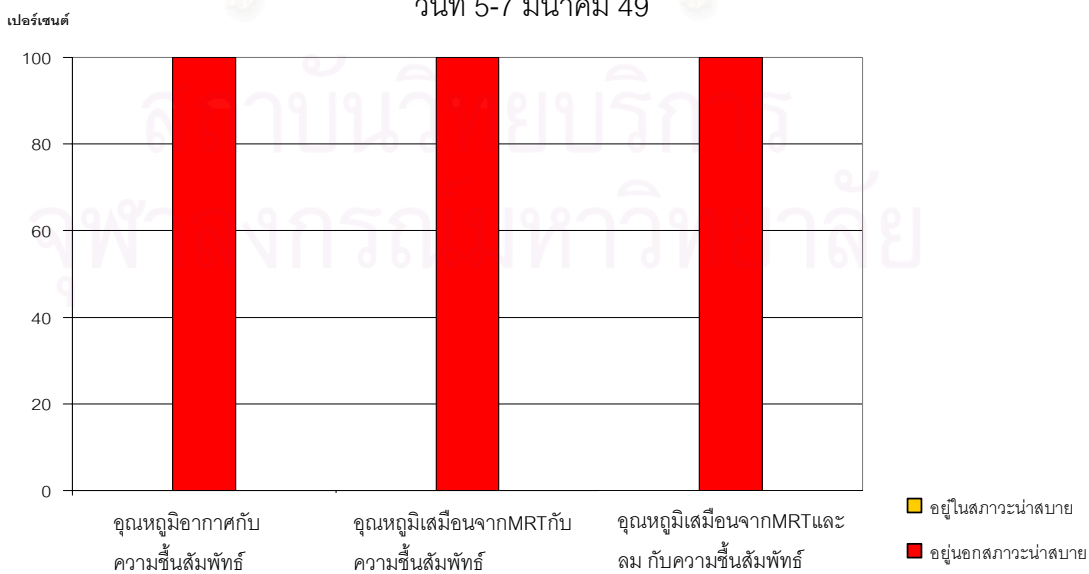
วันที่ 5-7 มีนาคม 49



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย

บริเวณลานคอนกรีต (1)

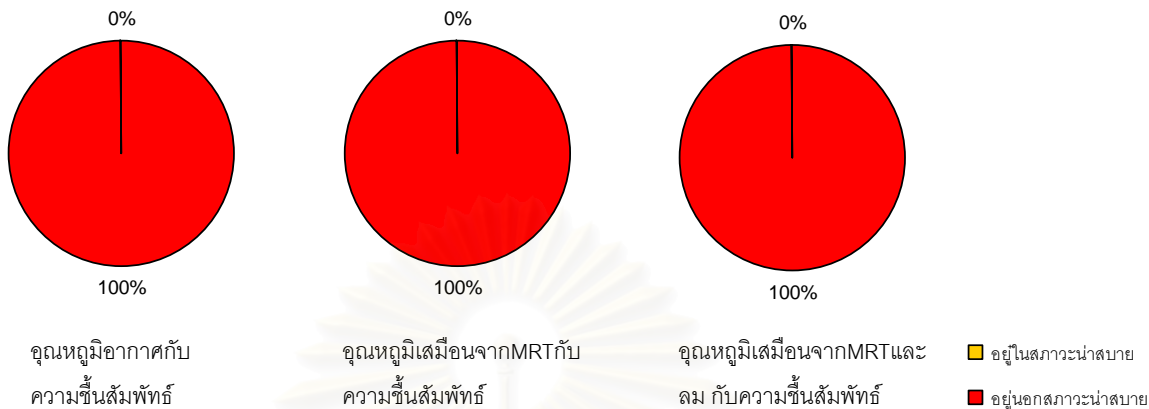
วันที่ 5-7 มีนาคม 49



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย

บริเวณลานคอนกรีต (2)

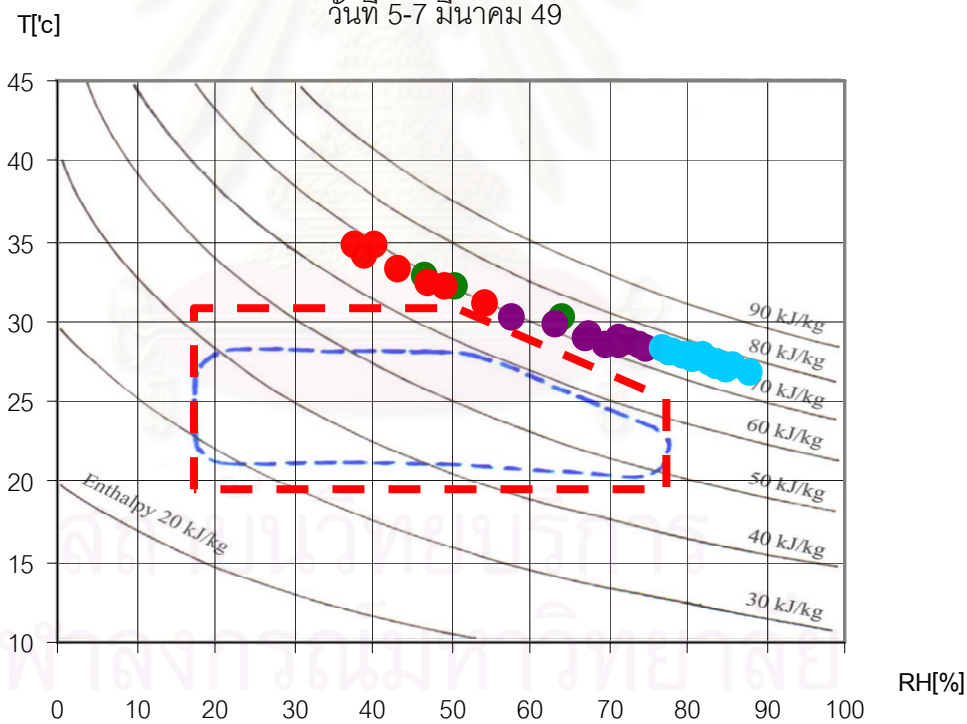
วันที่ 5-7 มีนาคม 49



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศกับความชื้นสัมพัทธ์

ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า

วันที่ 5-7 มีนาคม 49

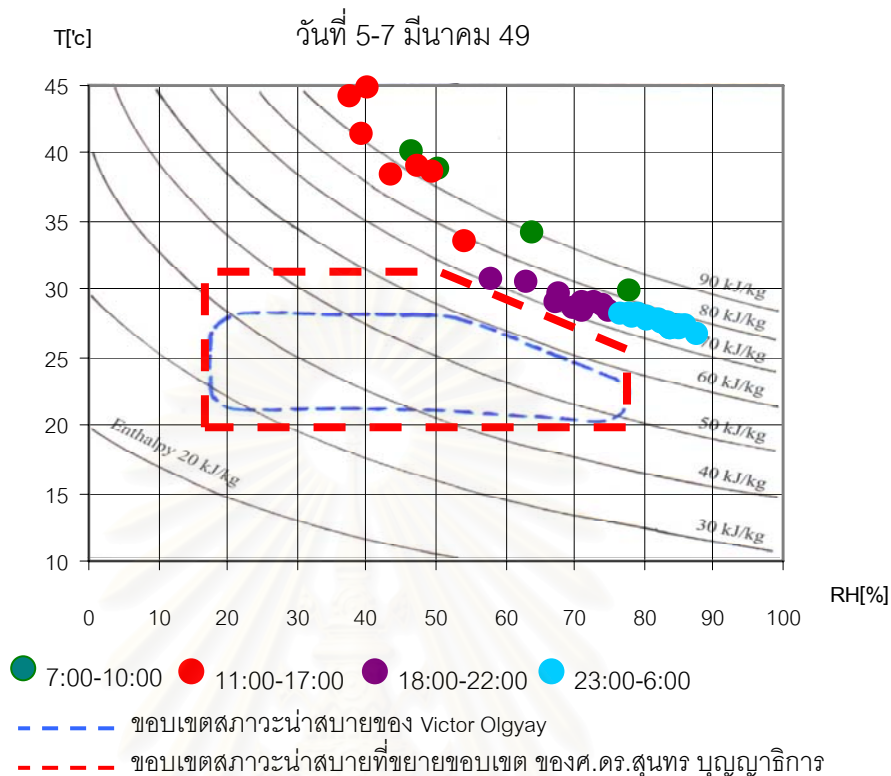


● 7:00-10:00 ● 11:00-17:00 ● 18:00-22:00 ● 23:00-6:00

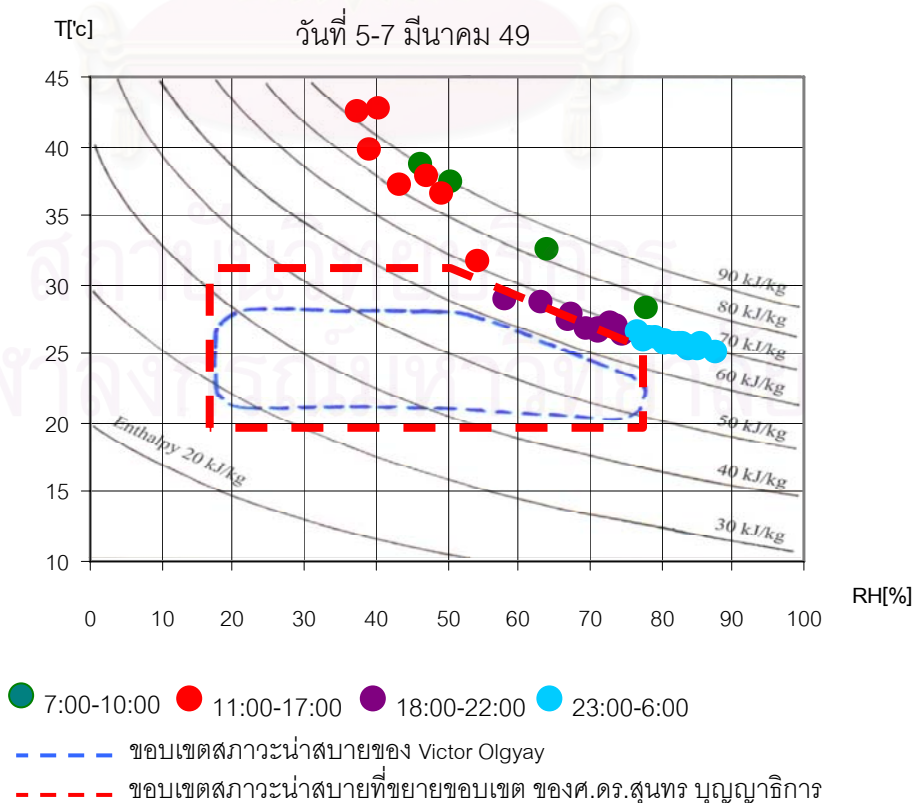
--- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay

--- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT กับความชื้นสัมพัทธ์
ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณสนามหญ้า

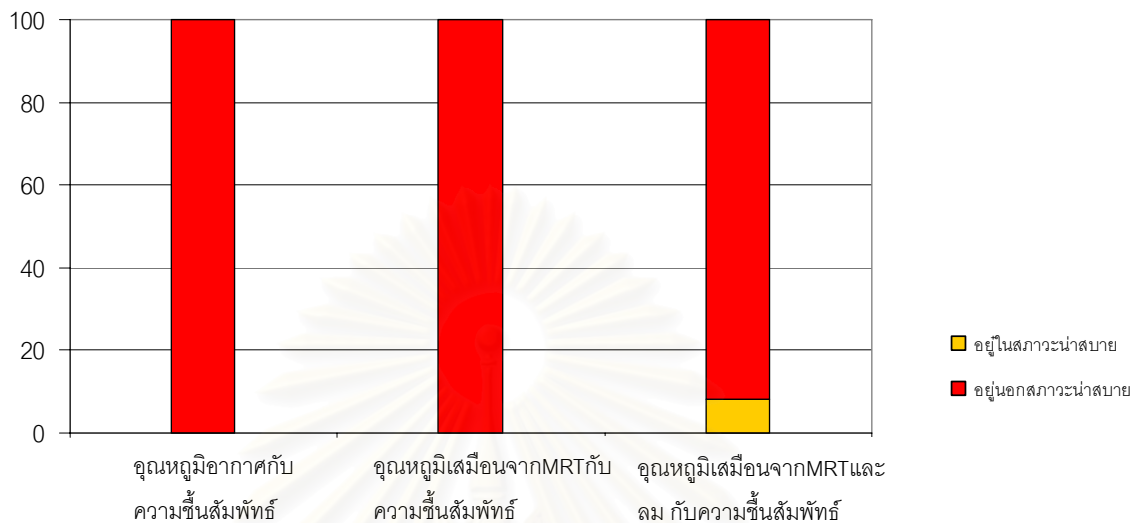


แผนภูมิที่ 4.14 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย

บริเวณสนามหญ้า (1)

วันที่ 5-7 มีนาคม 49

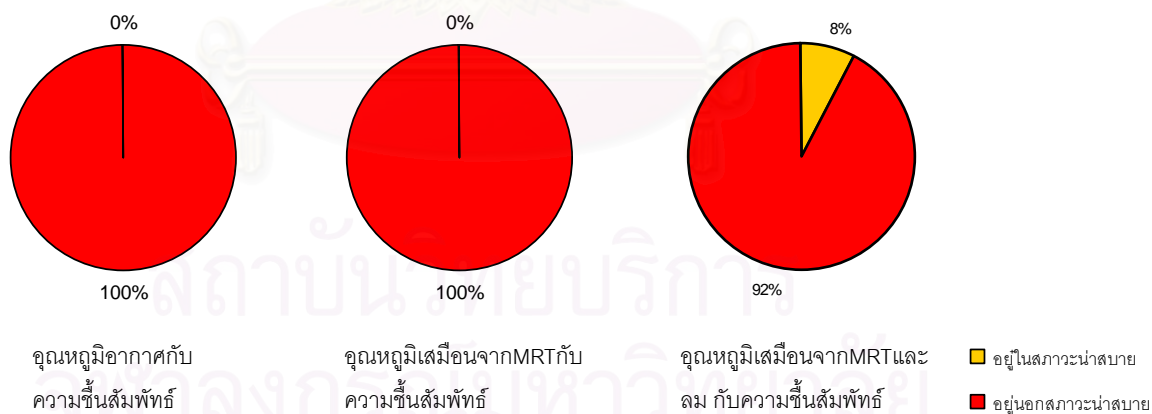
เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย

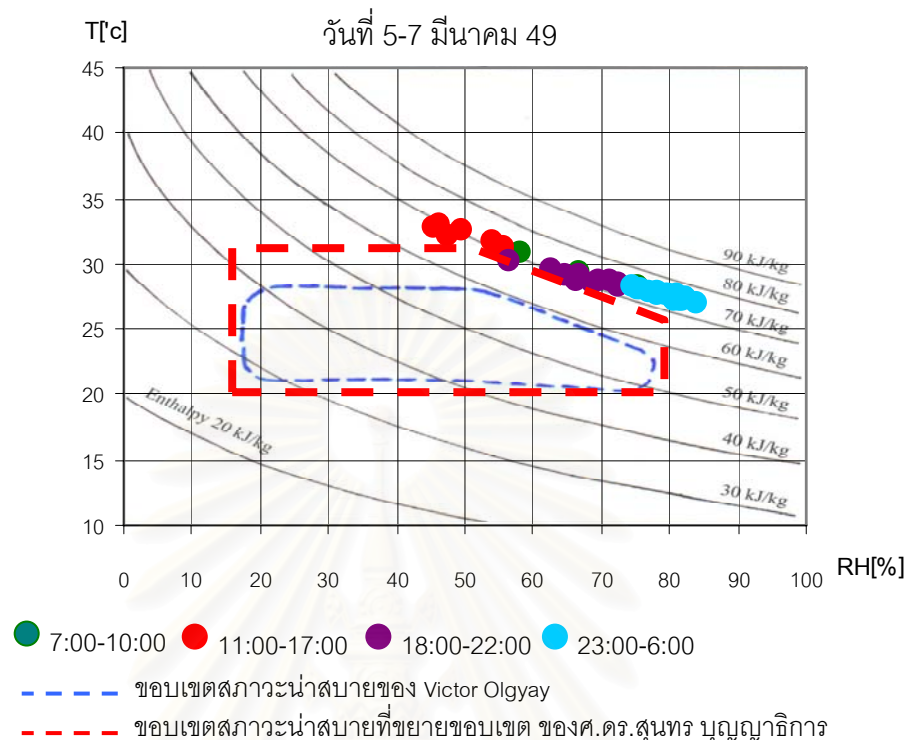
บริเวณสนามหญ้า (2)

วันที่ 5-7 มีนาคม 49



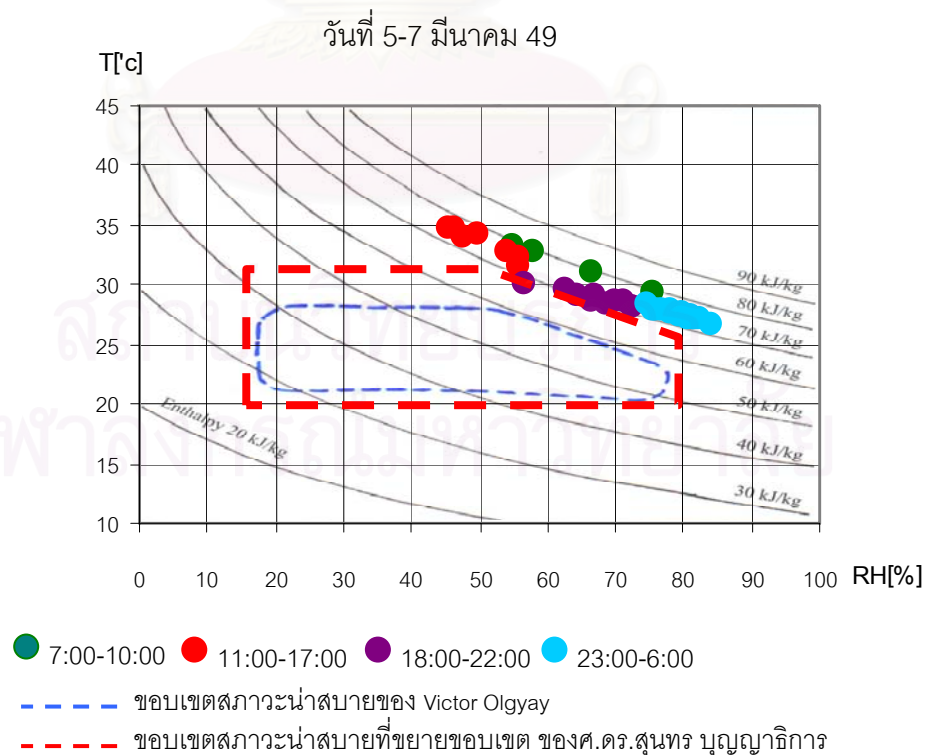
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้



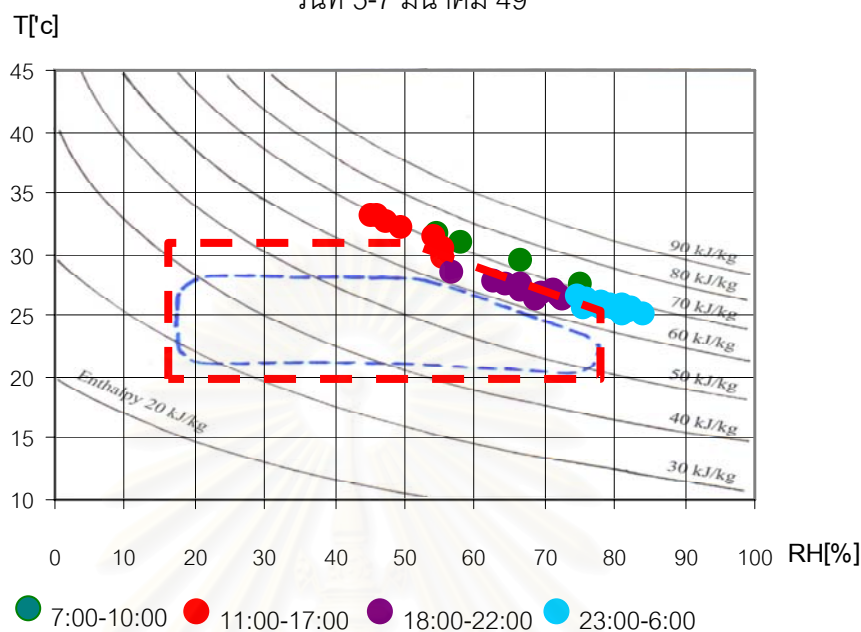
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTกับความชื้นสัมพัทธ์

ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้



แผนภูมิที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ
ความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณใต้ต้นไม้

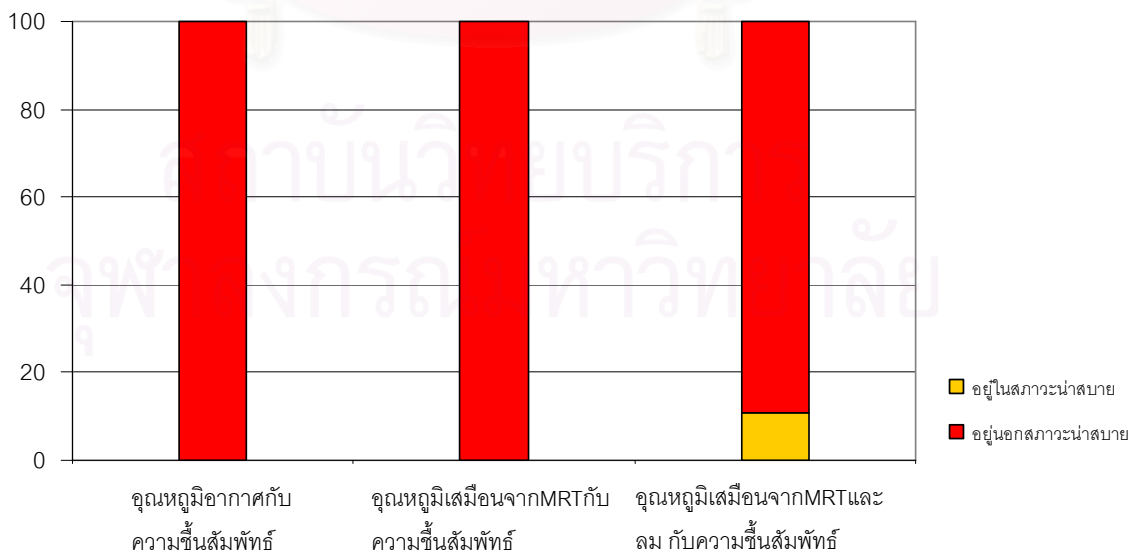
วันที่ 5-7 มีนาคม 49



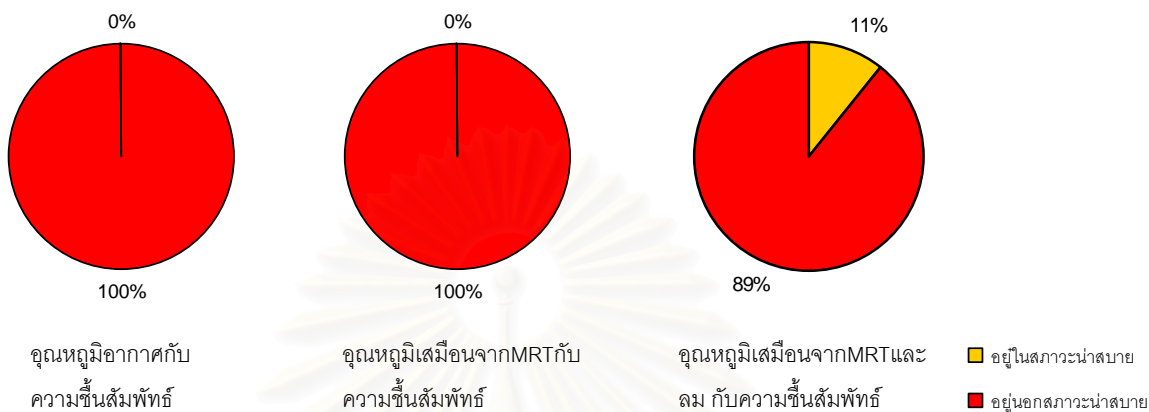
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย
บริเวณใต้ต้นไม้

วันที่ 5-7 มีนาคม 49

เปอร์เซ็นต์

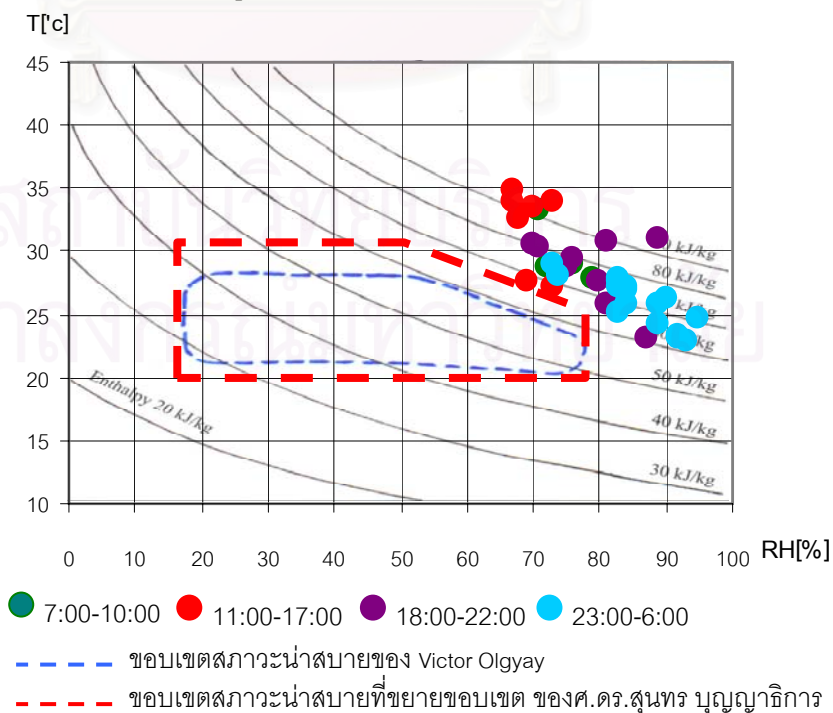


แผนภูมิที่ 4.20 แสดงปริมาณของสภาพอากาศที่อยู่ในและนอกสภาวะน่าสบาย บริเวณใต้ต้นไม้ วันที่ 5-7 มีนาคม 49



ในส่วนของข้อมูลสภาพอากาศในบริเวณแหล่งน้ำ ได้ทำการอ้างอิงข้อมูลมาจาก วิชัย อธิธิ
วิศกรกุล, 2539 โดยข้อมูลที่ทำการเก็บได้มาจากสภาพแวดล้อมบริเวณสนามกอล์ฟ ซึ่งเป็นกลุ่ม
ตัวอย่างที่ใช้เปรียบเทียบกับเนื่องจากเป็นที่โล่งเหมือนกันกับบริเวณสนามที่อาคารสำนัก
พิพิธภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ข้อมูลอากาศที่ได้เก็บในวันที่ 24-26 มิถุนายน 2539 และ
นำข้อมูลที่ได้หาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอุณหภูมิพบว่า

แผนภูมิที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม
กับความชื้นสัมพัทธ์ในรูปแบบของ Bioclimatic chart บริเวณแหล่งน้ำ



จากการวิเคราะห์ด้วย Bioclimatic Chart ของทั้ง 4 สถานที่ทำการทดลองและการนำข้อมูล การทดลองจริงมาเทียบเคียงสามารถอธิบายได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 4.6-4.10 บริเวณลานคอนกรีตทุกช่วงเวลาไม่มีช่วงสภาพอากาศอากาศที่อยู่ใน ขอบเขตสภาวะน่าสบายทั้งสภาพอากาศที่วัดได้จริงซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิอากาศที่ไม่ได้อิทธิพลจาก สภาพแวดล้อม และเมื่อมาพิจารณาสภาพอากาศที่เสมือนที่มีผลจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว (MRT) พบว่าค่าอุณหภูมิส่วนใหญ่อยู่ไกลออกจากสภาวะขอบเขตน่าสบายออกไปแสดงว่าความ เป็นจึงมนุษย์จะรู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิที่วัดได้เนื่องได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จากลานคอนกรีต และสภาพอากาศเสมือนที่มีผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว(MRT)กับ ความเร็วลม พบได้ว่าค่าความรู้สึกที่มนุษย์รู้สึกได้มีค่าที่เข้าใกล้ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมทำให้ความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศเย็นลงโดยการเพิ่มอัตรา การระเหยของเหงื่อ ดังนั้นยิ่งความเร็วลมยิ่งมากขึ้นอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้ก็จะเย็นลงมากขึ้นตาม

อุณหภูมิที่มนุษย์จะสัมผัสและรู้สึกได้จริงคืออุณหภูมิที่จะต้องได้รับอิทธิพลจาก สภาพแวดล้อมด้วย จากแผนภูมิพบว่าช่วงเวลากลางวันมนุษย์จะรู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศจริง และในเวลากลางคืนอุณหภูมิจะเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากที่สุดในช่วงวัน

แผนภูมิที่ 4.11-4.15 บริเวณสนามหญ้ามีช่วงสภาพอากาศอากาศที่อยู่ในขอบเขตสภาวะ น่าสบาย 8%คือสภาพอากาศเสมือนที่มีผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว(MRT)กับความเร็ว ลมในช่วง 18:00 – 22:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลากลางคืน แต่ในช่วงเวลากลางวันสภาพอากาศที่ มนุษย์รู้สึกจะร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้ในขณะนั้นเช่นเดียวกับบริเวณลานคอนกรีต เป็นผล มาจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากพื้นสนามหญ้าที่มีอุณหภูมิผิวที่ร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากโดนรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

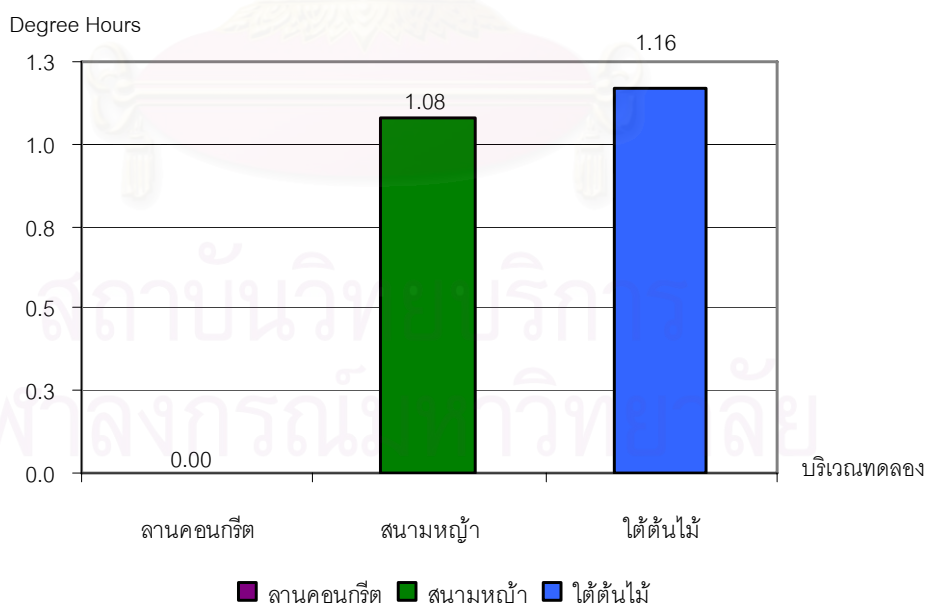
แผนภูมิที่ 4.16-4.20 บริเวณใต้ต้นไม้ช่วงสภาพอากาศอากาศที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบาย 11% คือสภาพอากาศเสมือนที่มีผลกระทบจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว(MRT)กับความเร็วลม ในช่วง 18:00 – 22:00 น.มากที่สุด และช่วง 11:00-17:00 น. เพียงบางส่วน จากการสังเกตพบว่า ข้อมูลสภาพอากาศใต้ต้นไม้ไม่มีความแตกต่างกับอุณหภูมิที่ลานคอนกรีตและ สนามหญ้าโดยเฉพาะ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับแผนภูมิที่แสดงว่าได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) อุณหภูมิที่อยู่ใต้ต้นไม้จะเกาะกลุ่มกันและไม่อยู่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้มากนัก และเมื่อลม พัดผ่านเป็นผลให้อุณหภูมิจะรู้สึกเย็นลงและเข้าสู่ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น ทั้งเนื่องจากใต้ ต้นไม้ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยน้อยกว่าบริเวณอื่น

แผนภูมิที่ 4.21 อุณหภูมิบริเวณแหล่งน้ำมีลักษณะที่คล้ายกับสนามหญ้าแต่ปริมาณ ความชื้นสัมพัทธ์จะมากกว่าเล็กน้อย โดยรวมแล้วในเวลากลางวันอยู่นอกสภาวะน่าสบายส่วน กลางคืนอุณหภูมิอากาศช่วงเวลา 18:00 – 22:00 น. ก็จะใช้ใกล้ขอบเขตสภาวะน่าสบายมากขึ้น

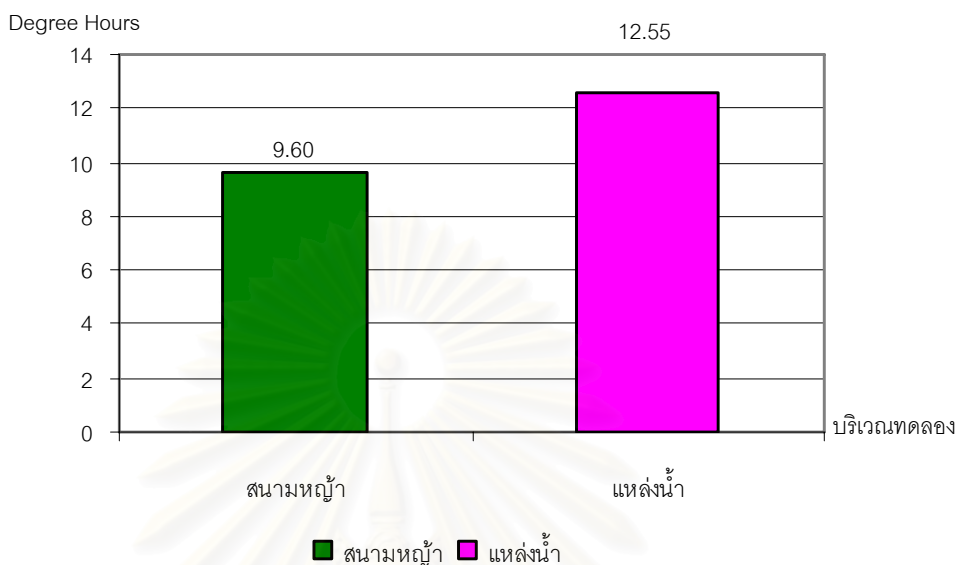
จากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายคือ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) และความเร็วลม ลานคอนกรีตและสนามหญ้าในเวลากลางวันมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สูงกว่าอุณหภูมิอากาศซึ่งจากบทที่ 2 เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สูงขึ้นหรือต่ำลง 1 องศาเซลเซียสมนุษย์เราจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบสูงขึ้นหรือต่ำลง 1.4 องศาเซลเซียส สาเหตุที่อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิว(MRT)สูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องมาจากพื้นคอนกรีตและสนามหญ้าได้รับรังสีอาทิตย์เต็มที่ในเวลากลางวันจึงทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่บริเวณใต้ต้นไม้มีน้อยกว่าประมาณ 5 เท่า เป็นผลให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิว(MRT)น้อยกว่าทั้งสองบริเวณ และความเร็วลมที่พัดมาสามารถให้เกิดความรู้สึกเสมือนที่เย็นลงได้ถ้าลมที่พัดมาเป็นลมที่พัดอากาศที่เย็นมา

ดังนั้นการใช้สภาพภูมิทัศน์ที่เหมาะสมจำเป็นต้องลดอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) ให้ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ การใช้ต้นไม้สามารถลดค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT)ได้เนื่องจากลดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของบริเวณใต้ต้นไม้ ความเร็วลมบริเวณใต้พุ่มใบก็มีความเร็วลมที่สูงขึ้นจากความเร็วต้นเป็นผลให้อุณหภูมิเสมือนลดลงเช่นเดียวกัน

แผนภูมิที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดจากอุณหภูมิขอบเขตสภาวะน่าสบาย (25 °C) ของบริเวณลานคอนกรีต สนามหญ้าและใต้ต้นไม้ วันที่ 5-7 มีนาคม 2549 (37 ชั่วโมง)



แผนภูมิที่ 4.23 เปรียบเทียบปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดลงจากอุณหภูมิขอบเขตสภาวะน่าสบาย (25 °C) ของบริเวณแหล่งน้ำ วันที่ 24-26 มิถุนายน 2539 (37 ชั่วโมง)



จากแผนภูมิที่ 4.22 พบว่าบริเวณใต้ต้นไม้มีปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดลงจากอุณหภูมิขอบเขตน่าสบายมากกว่าทั้งสามบริเวณ หมายความว่า การใช้ต้นไม้สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้มากกว่าการใช้สนามหญ้าในที่นี้เท่ากับ 0.08 Degree Hours หรือประมาณ 7% และลดลงกว่าลานคอนกรีต 1.16 Degree Hours หรือประมาณ 100%

จากแผนภูมิที่ 4.23 พบว่าบริเวณแหล่งน้ำมีปริมาณอุณหภูมิอากาศที่ลดลงจากอุณหภูมิขอบเขตน่าสบายมากกว่าบริเวณสนามหญ้า หมายความว่า การใช้การระเหยจากแหล่งน้ำสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้มากกว่าการใช้สนามหญ้าในกรณีนี้เท่ากับ 2.95 Degree Hours หรือประมาณ 30%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บข้อมูลทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่เกิดจากการใช้สภาพภูมิทัศน์เพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายบริเวณภายนอกอาคาร การใช้ต้นไม้ช่วยให้เกิดสภาวะน่าสบายได้เมื่อเปรียบเทียบกับลานคอนกรีตและสนามหญ้า และมีความคงที่ของอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมง

การที่จะคาดการณ์ว่าในอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกรุงเทพมหานครที่อยู่ในสภาพแวดล้อมบริเวณใต้ต้นไม้จะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากขึ้นเท่าไรใน 1 ปี จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางสถิติเข้าช่วย ข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร เป็นข้อมูลที่ได้มาจากสถานีตรวจอากาศซึ่งมีลักษณะคล้ายที่โล่ง ดังนั้นในการหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศในที่โล่งกับใต้ต้นไม้ จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางสถิติโดยกำหนดให้ค่าของอุณหภูมิอากาศในที่โล่งสนามหญ้าเป็นตัวแปร X และค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ของใต้ต้นไม้ สนามหญ้า แหล่งน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ใต้ต้นไม้และแหล่งน้ำ เป็นตัวแปร Y เมื่อได้ผลสมการความสัมพันธ์นำสมการที่ได้แทนค่าด้วยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครเป็นค่า X แล้วจะได้ค่าตัวแปร Y ออกมา.

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ใต้ต้นไม้ กับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ใต้ต้นไม้

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

Multiple R 0.994220

R Square 0.988473

Adjusted R Square 0.988143

Standard Error 0.247911

Observations 37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	184.46	184.46	3001.31	0.00
Residual	35	2.15	0.06		
Total	36	186.61			

	Coefficients	Standard		P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
		Error	t Stat					
Intercept	0.89	0.52	1.72	0.09	-0.16	1.95	-0.16	1.95
X Variable 1	0.97	0.02	54.78	0.00	0.93	1.00	0.93	1.00

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y=0.968560135981572(X)+0.89394357535672$

**ผลRegression ของความสัมพันธ์ของความขึ้นสัมพันธ์ได้ต้นไม้
กับความขึ้นสัมพันธ์บริเวณสนามหญ้า**

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความขึ้นสัมพันธ์ ได้ต้นไม้

ค่า X เป็นค่าความขึ้นสัมพันธ์บริเวณสนามหญ้า

Multiple R 0.994220

R Square 0.981168

Adjusted R Square 0.98063

Standard Error 1.640682

Observations 37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	4908.66	4908.66	1823.53	0.00
Residual	35	94.21	2.69		
Total	36	5002.87			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	16.70	1.26	13.30	0.00	14.15	19.24	14.15	19.24
X Variable 1	0.76	0.02	42.70	0.00	0.72	0.79	0.72	0.79

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y=0.756766695060477(X)+16.6960847554312$

**ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ของสนามหญ้า
กับอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า**

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) ของสนามหญ้า

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

Multiple R 0.986974

R Square 0.974117

Adjusted R Square 0.973378

Standard Error 0.733728

Observations 37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	709.15	709.15	1317.25	0.00
Residual	35	18.84	0.54		
Total	36	727.99			

	Coefficients	Standard		P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
		Error	t Stat					
Intercept	-25.01	1.54	-16.25	0.00	-28.14	-21.89	-28.14	-21.89
X Variable 1	1.90	0.05	36.29	0.00	1.79	2.01	1.79	2.01

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y = 1.89909094213447(X) - 25.0131186973131$

**ผลRegression ของความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์แหล่งน้ำ
กับความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า (จากข้อมูลอ้างอิง)**

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์แหล่งน้ำ

ค่า X เป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์บริเวณสนามหญ้า

Multiple R	0.965651
R Square	0.932481
Adjusted R Square	0.930552
Standard Error	2.165108
Observations	37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	2265.90	2265.90	483.37	0.00
Residual	35	164.07	4.69		
Total	36	2429.97			

	Coefficients	Standard		P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
		Error	t Stat					
Intercept	-6.63	3.93	-1.69	0.10	-14.60	1.35	-14.60	1.35
X Variable 1	1.08	0.05	21.99	0.00	0.98	1.18	0.98	1.18

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y = 1.07914351594623 (X) - 6.62687104122819$

ผลRegression ของความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT)ของแหล่งน้ำ
กับอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT)บริเวณสนามหญ้า (จากข้อมูลอ้างอิง)

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT)ของแหล่งน้ำ

ค่า X เป็นค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณสนามหญ้า

Multiple R	0.925442
R Square	0.856442
Adjusted R Square	0.852341
Standard Error	1.337397
Observations	37

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	373.47	373.47	208.80	0.00
Residual	35	62.60	1.79		
Total	36	436.08			

	Standard							
	Coefficients	Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-20.54	3.53	-5.82	0.00	-27.70	-13.38	-27.70	-13.38
X Variable 1	1.75	0.12	14.45	0.00	1.50	2.00	1.50	2.00

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y = 1.75012777614992 (X) - 20.5386016084602$

ค่าความน่าเชื่อถือของสมการสามารถสังเกตได้จาก ค่าระดับความน่าเชื่อถือถ้าค่าความน่าเชื่อถือ(Confidential Level) ที่กำหนดไว้ตั้งแต่ตอนต้นควรมีค่าตั้งแต่ 95-99 % ซึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้มีค่าระดับความน่าเชื่อถือที่ 95 % นับได้ว่าระดับที่เหมาะสมในการวิจัย และค่า R Square ควรมีค่าที่อยู่ในช่วง 0.90-0.99 ซึ่งนับได้ว่าเป็นสมการที่ใช้คาดการณ์ใกล้เคียงกับกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นมากที่สุด จากการหาสมการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณแหล่งน้ำที่ค่า R Square เท่ากับ 0.86 สมการที่ได้อยู่ในระดับที่มีความเชื่อถือได้รองลงมา จากค่า R Square 0.90 ขึ้นไปแต่ก็นับได้ว่ามีความน่าเชื่อถือได้เนื่องจากค่า R Square ใกล้เคียงกับ 0.90ซึ่งห่างกันเพียง 0.04

ในการนำข้อมูลเสนอใน Bioclimatic Chart จะนำเสนอข้อมูลรายชั่วโมงของสภาพภูมิอากาศ 1 ปีแบ่งออกเป็น เป็นกลางวันตั้งแต่เวลา 6:00-18:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่สภาพอากาศได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้สภาพอากาศอยู่นอกสภาวะน่าสบายโดยเกือบทั้งหมด และเวลากลางคืนตั้งแต่เวลา 19:00-5:00 น. เป็นสภาพอากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์

ลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหาในแผนภูมิ

ข้อมูลสภาพอากาศในแต่ละเดือนใน 1 ปี แบ่งออกเป็นข้อมูล ที่แสดงถึงสภาพอากาศใน 4 ลักษณะที่เป็นผลมาจากสภาพภูมิทัศน์

ลักษณะที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลสภาพอากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม

ลักษณะที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก (Mean Radiant Temperature) MRT และความเร็วมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี ของสนามหญ้าซึ่งเป็นตัวแทนอุณหภูมิของที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์เป็นสนามหญ้า

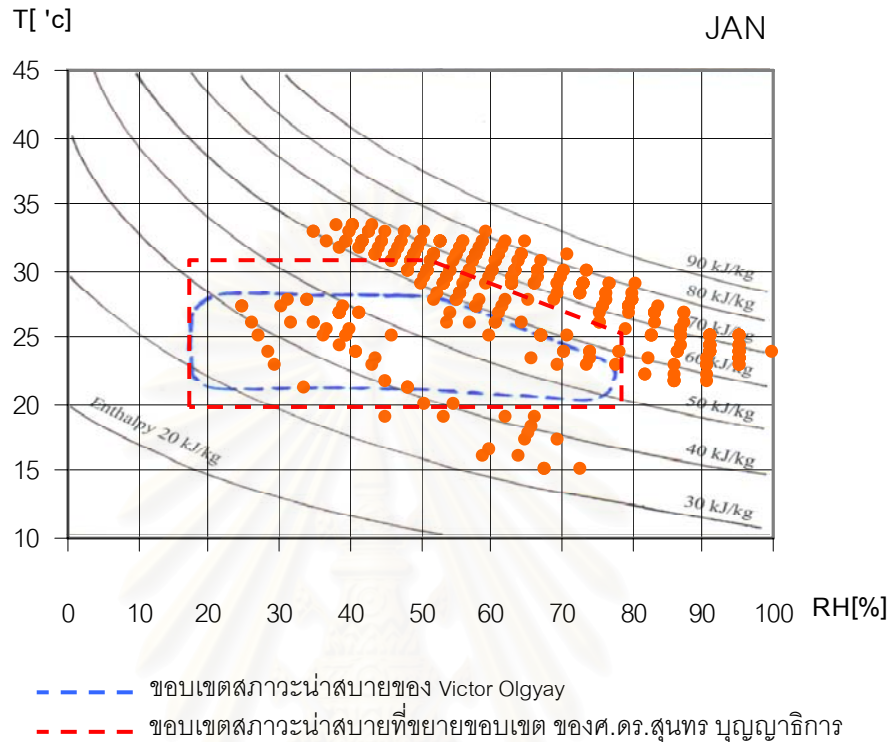
ลักษณะที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก (Mean Radiant Temperature) MRT และความเร็วมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี ของใต้ต้นไม้ซึ่งเป็นตัวแทนอุณหภูมิของที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์เป็นใต้ต้นไม้

ลักษณะที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก (Mean Radiant Temperature) MRT และความเร็วมกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี ของบริเวณแหล่งน้ำซึ่งเป็นตัวแทนอุณหภูมิของที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์เป็นแหล่งน้ำ

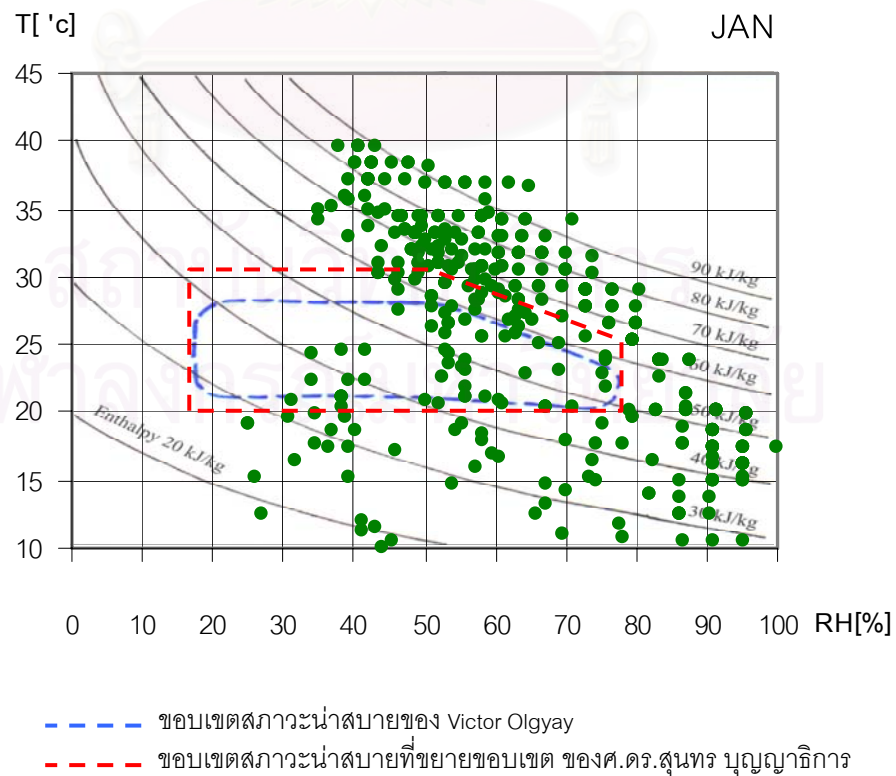
แล้วนำมาข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายของ 4 ลักษณะภูมิทัศน์มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสร้างสภาวะน่าสบายของแต่ละลักษณะภูมิทัศน์ แล้วทำการเปรียบเทียบทุกกรณีถึงเรื่องปริมาณอุณหภูมิในทุกๆชั่วโมง (Degree Hours) ที่สามารถลดลงได้จากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายโดยตั้งเกณฑ์อุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยในสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

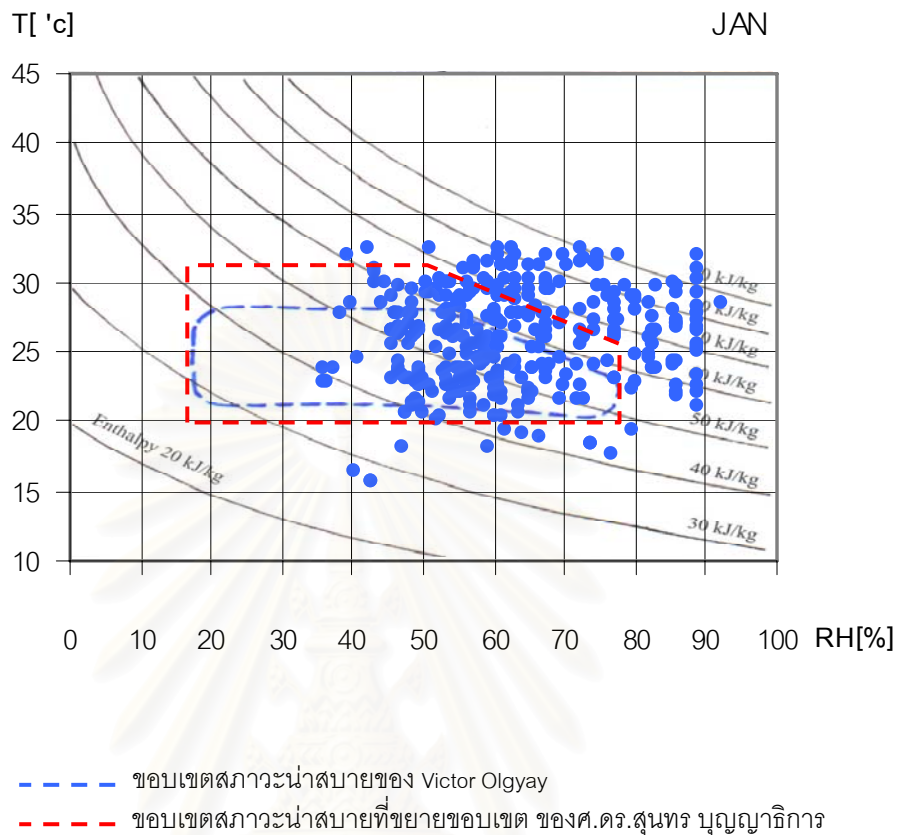
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนมกราคมในเวลากลางวัน



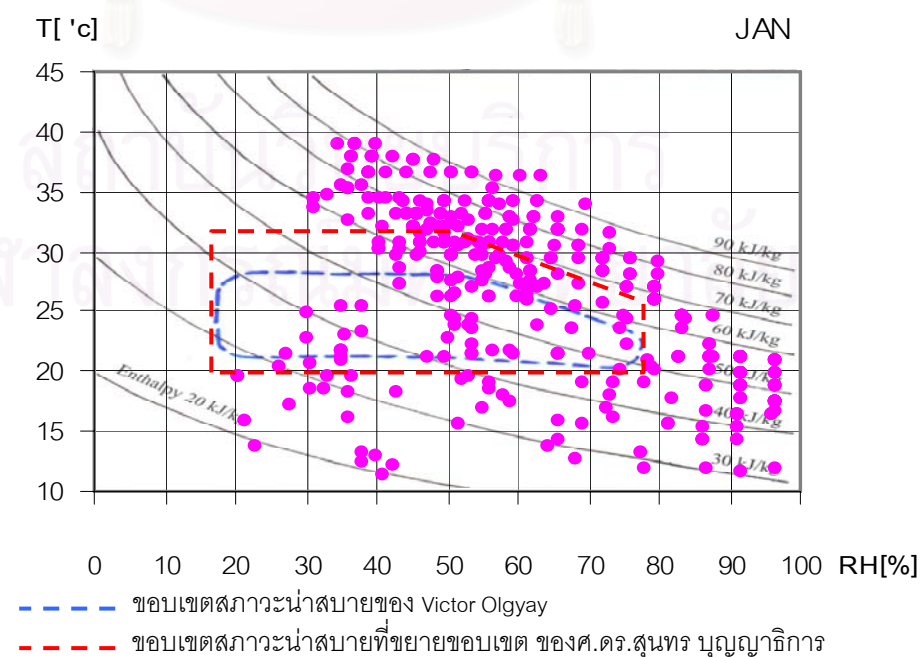
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



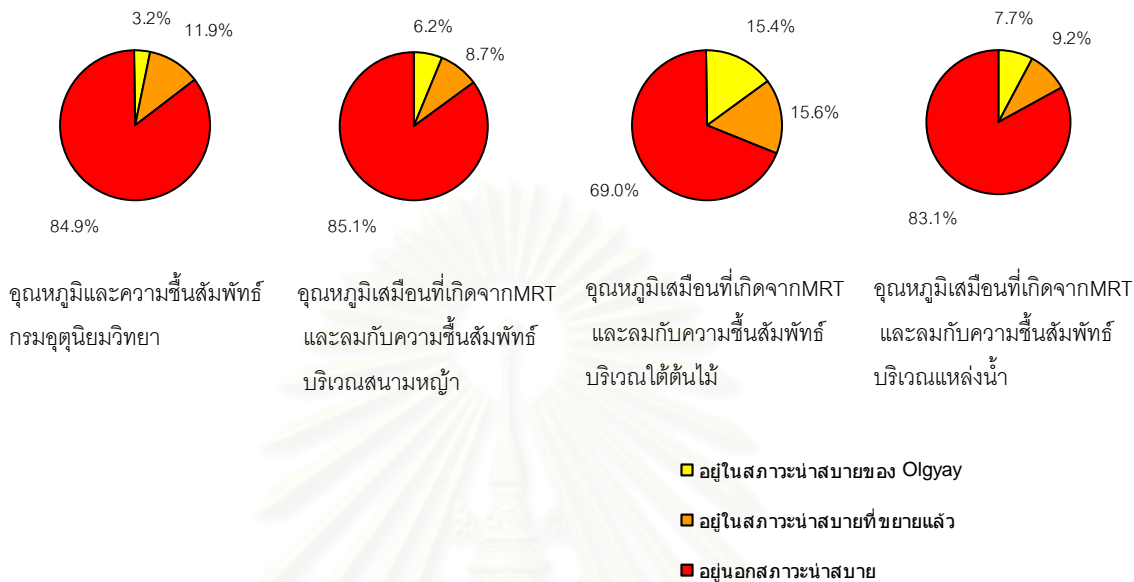
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



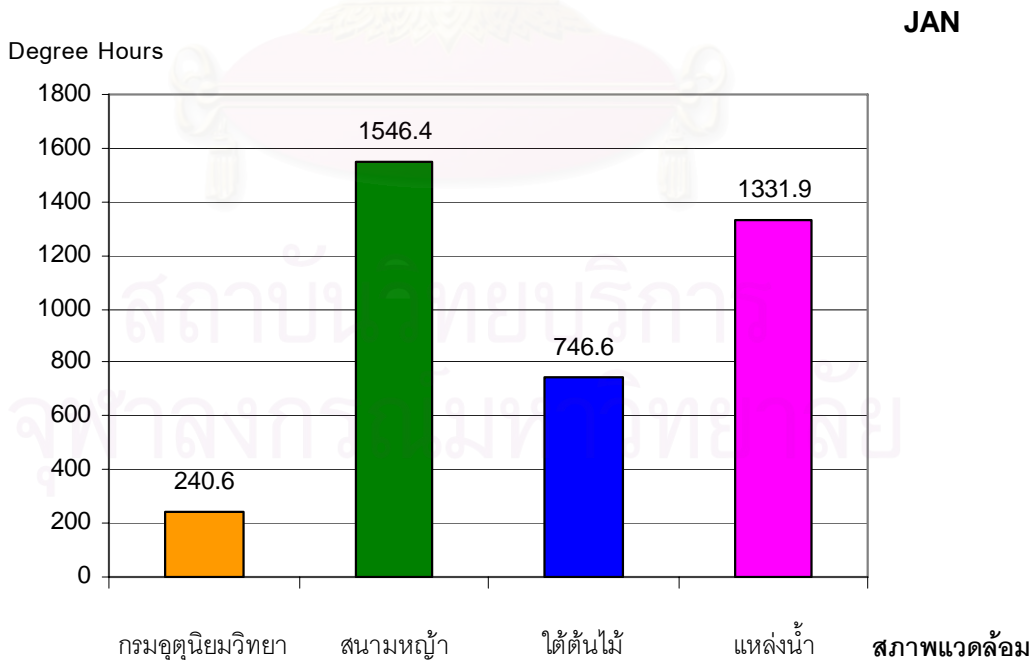
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน

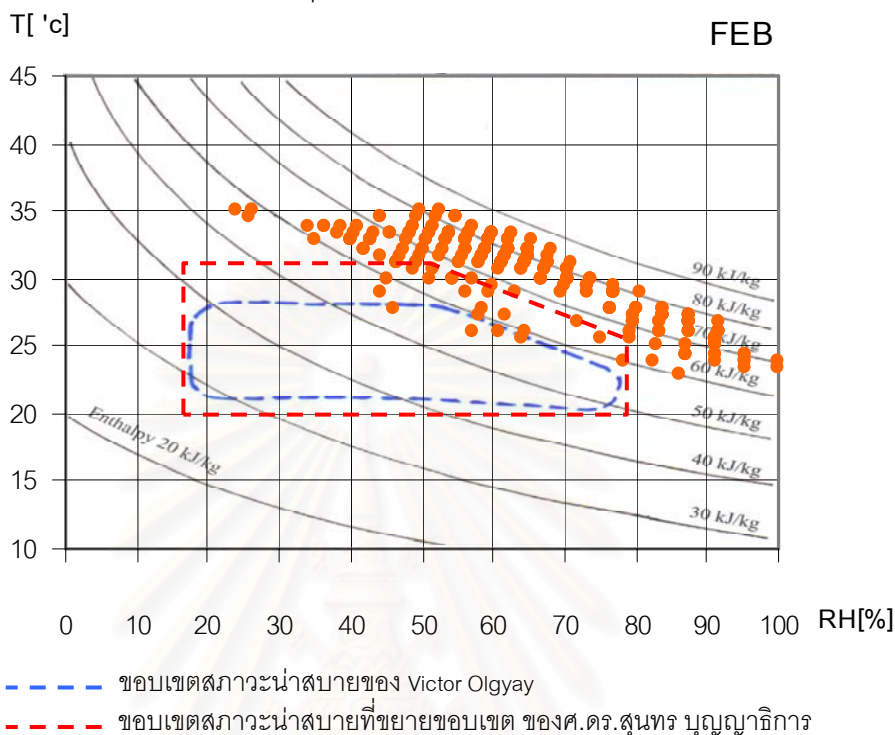


แผนภูมิที่ 4.29 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



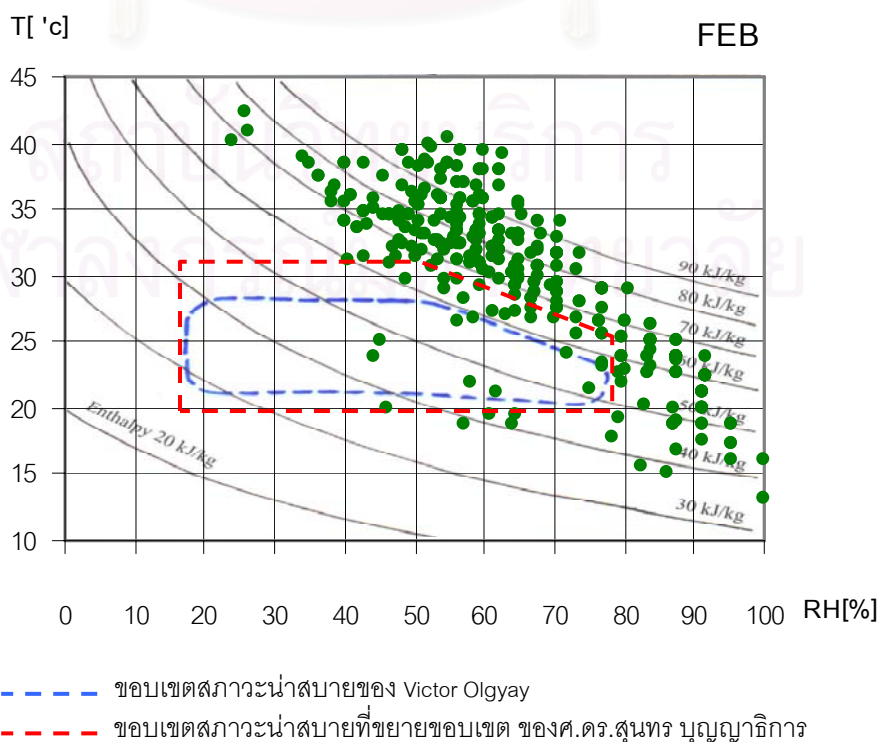
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

เดือนกุมภาพันธ์ ในเวลากลางวัน

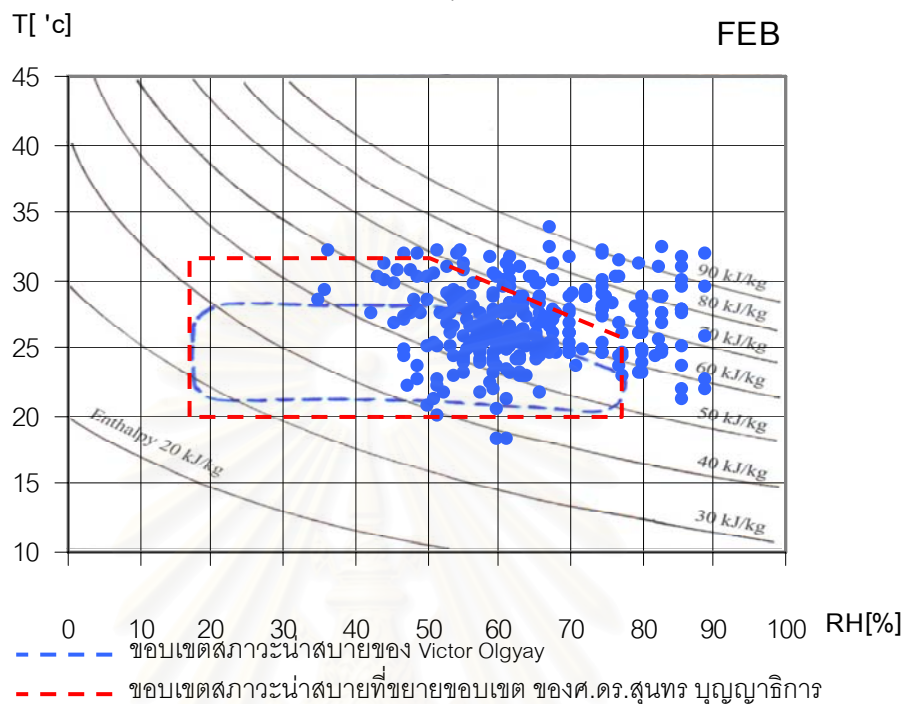


แผนภูมิที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ

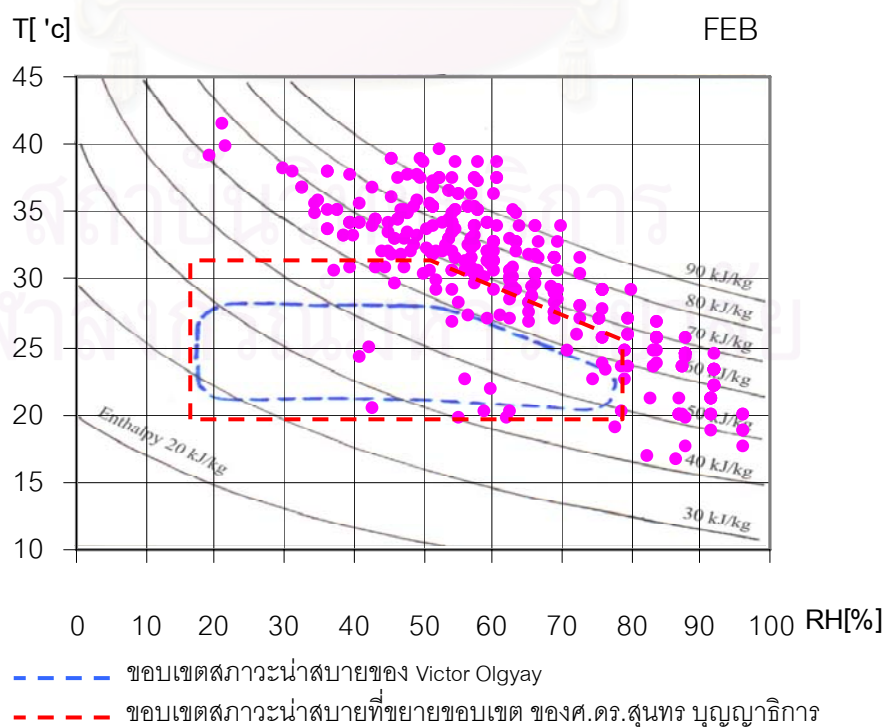
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณสนามหญ้าในกลางวัน



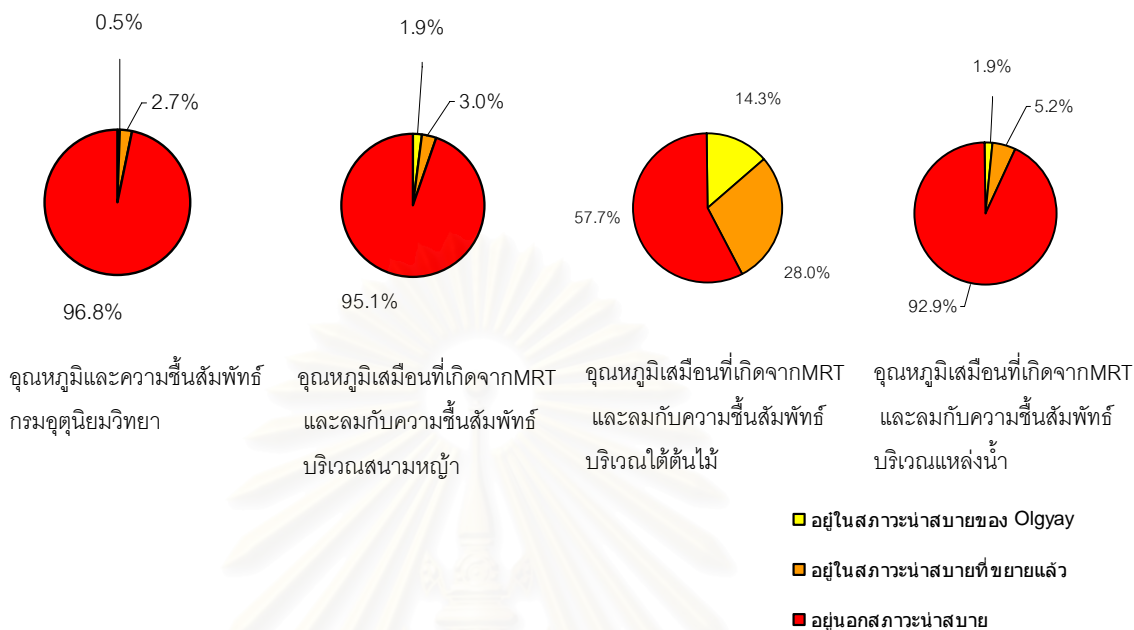
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



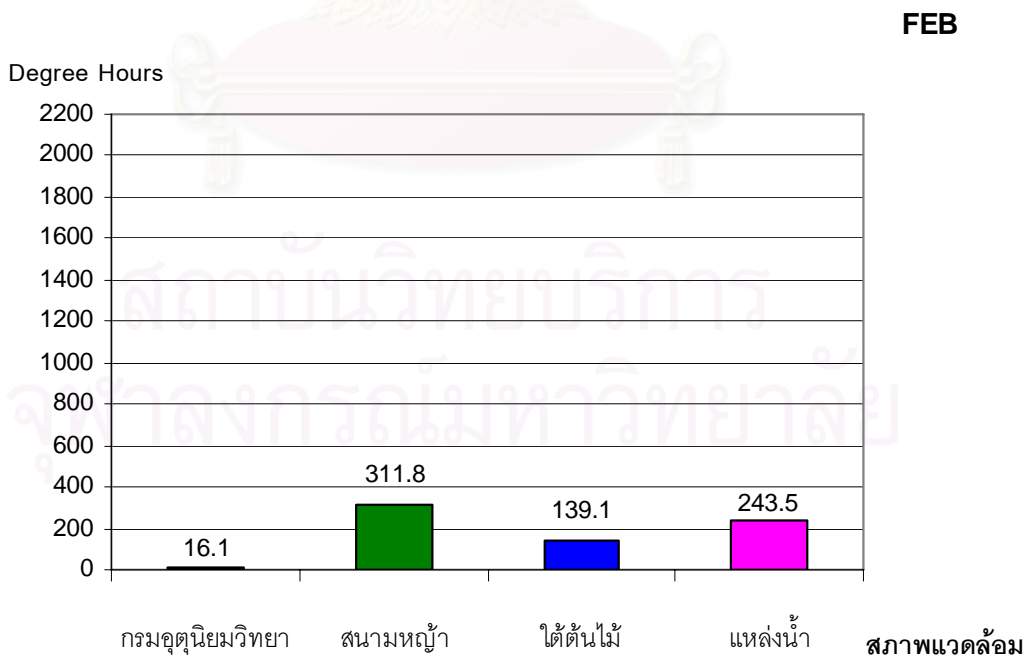
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



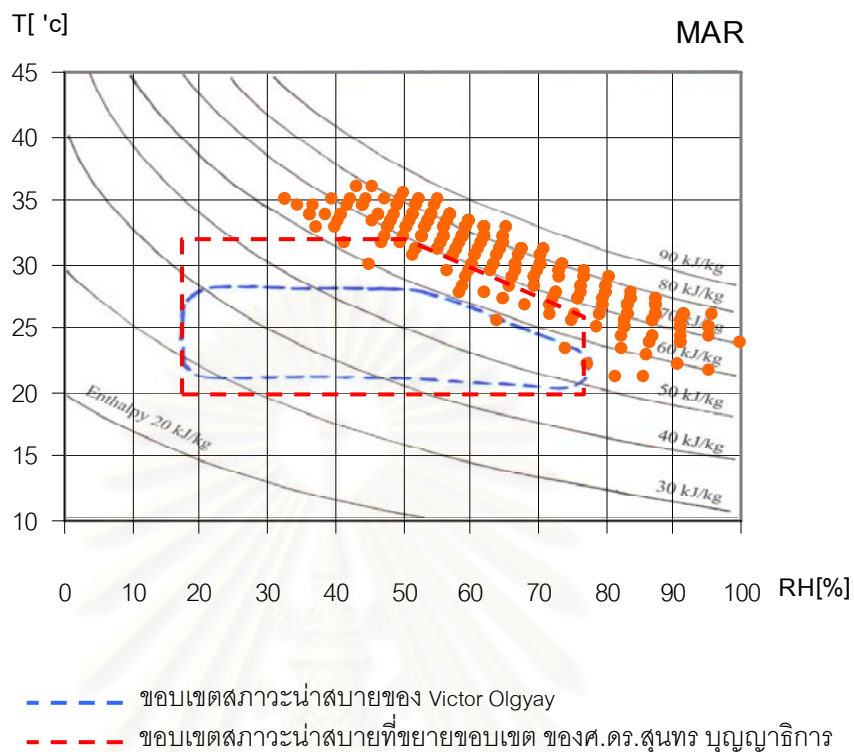
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



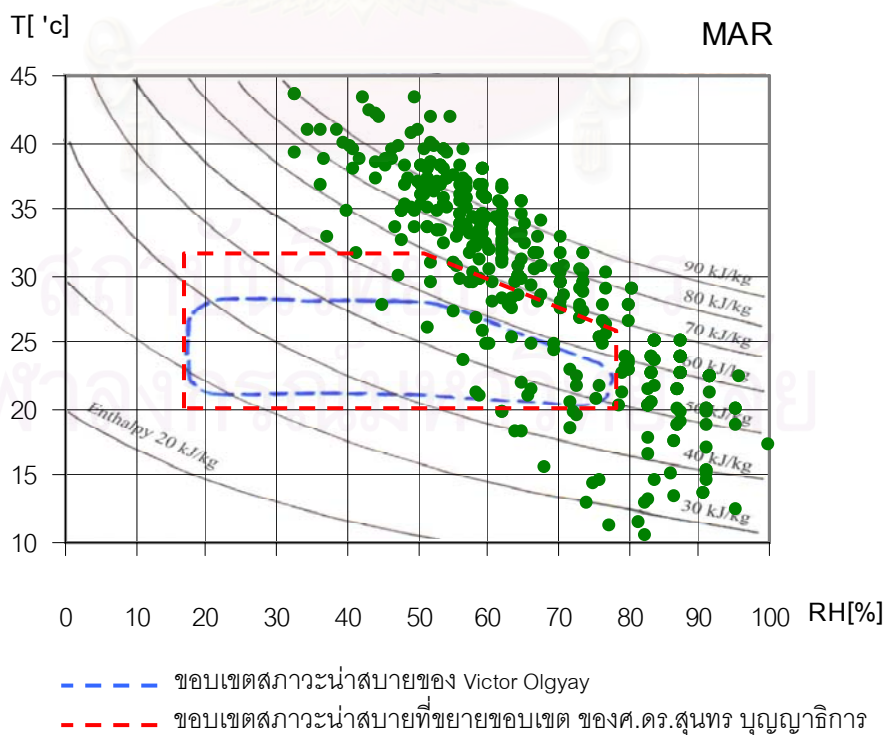
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



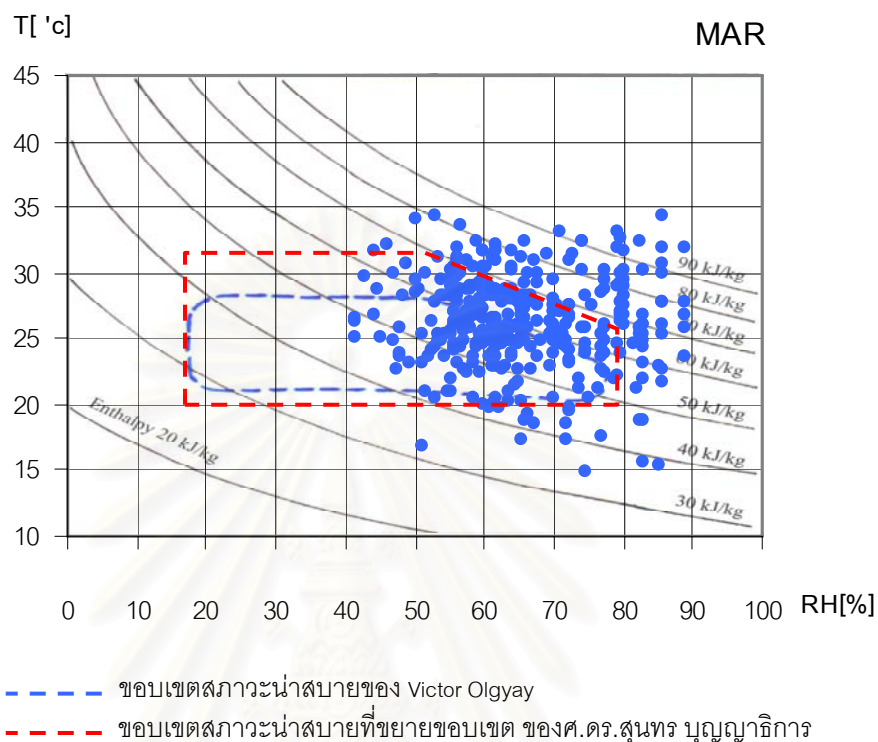
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนมีนาคมในเวลากลางวัน



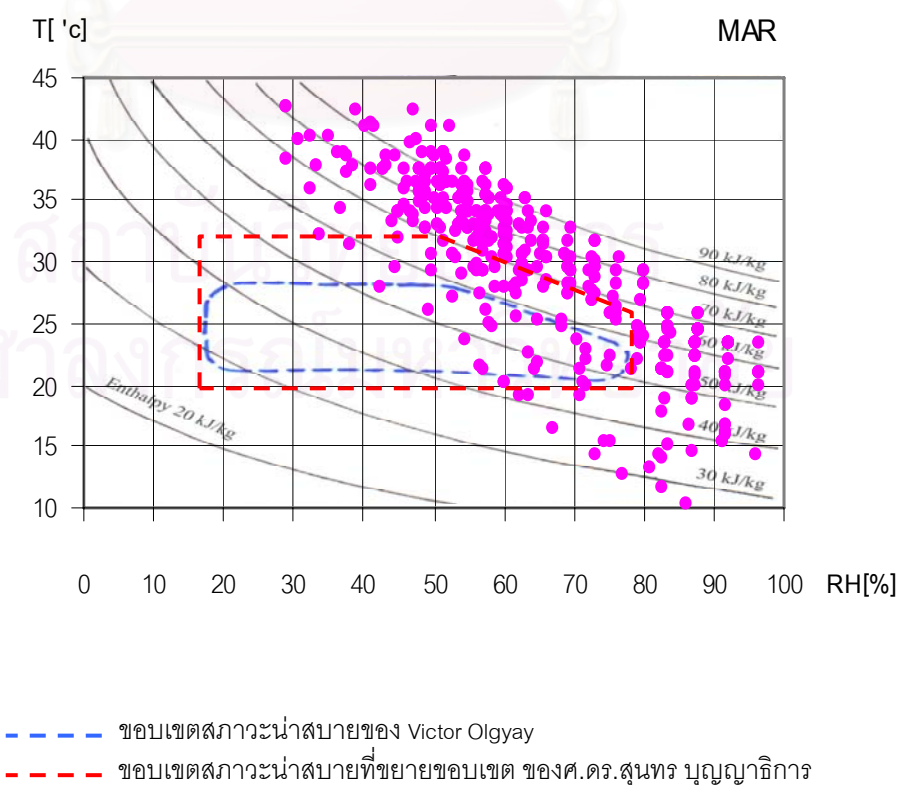
แผนภูมิที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



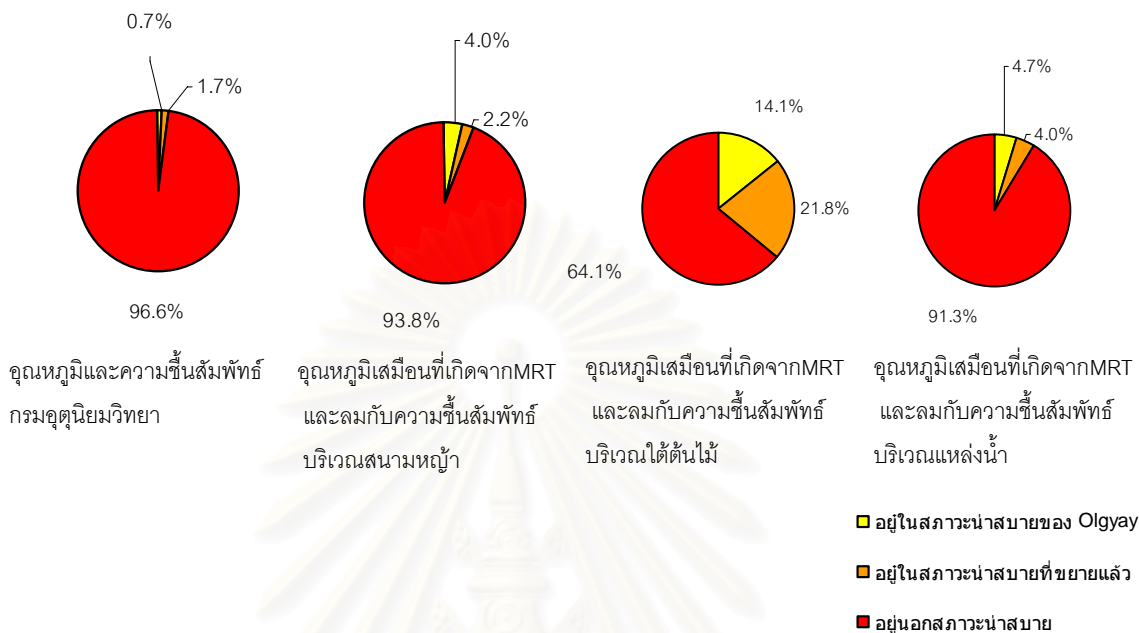
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



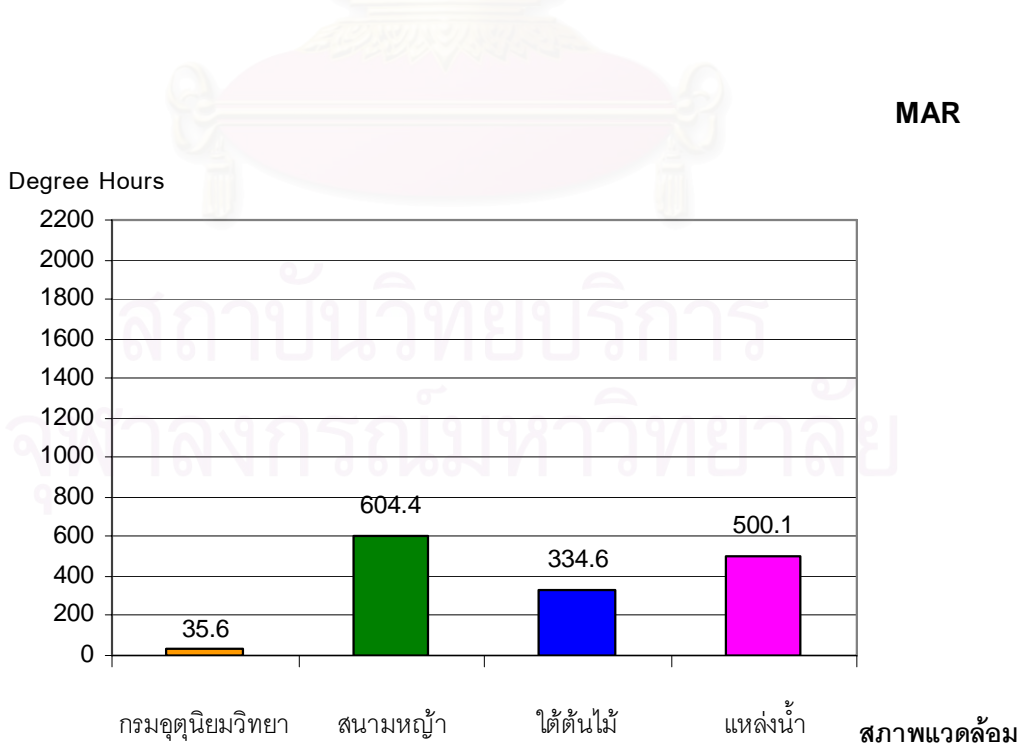
แผนภูมิที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.40 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย ของเดือนมีนาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน

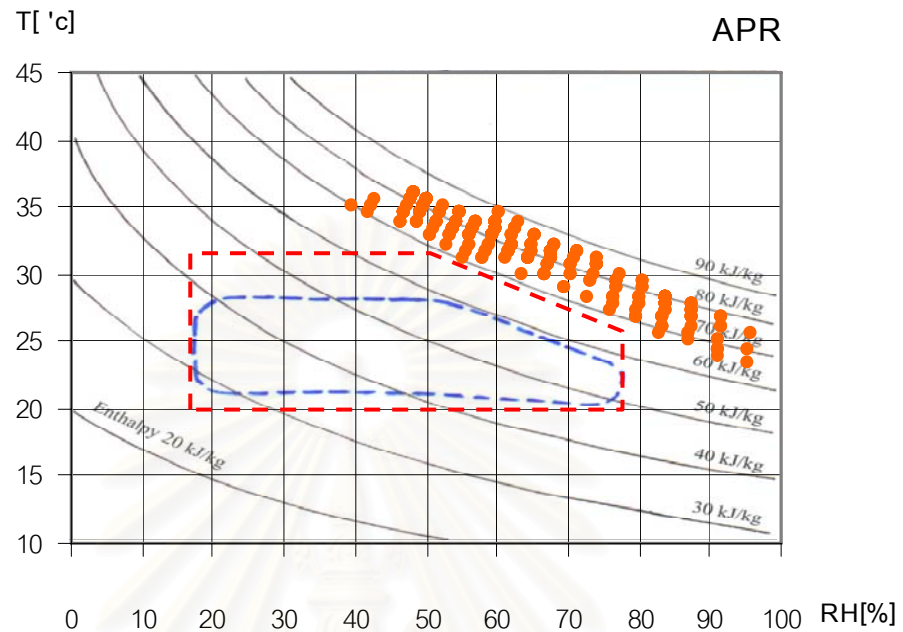


แผนภูมิที่ 4.41 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



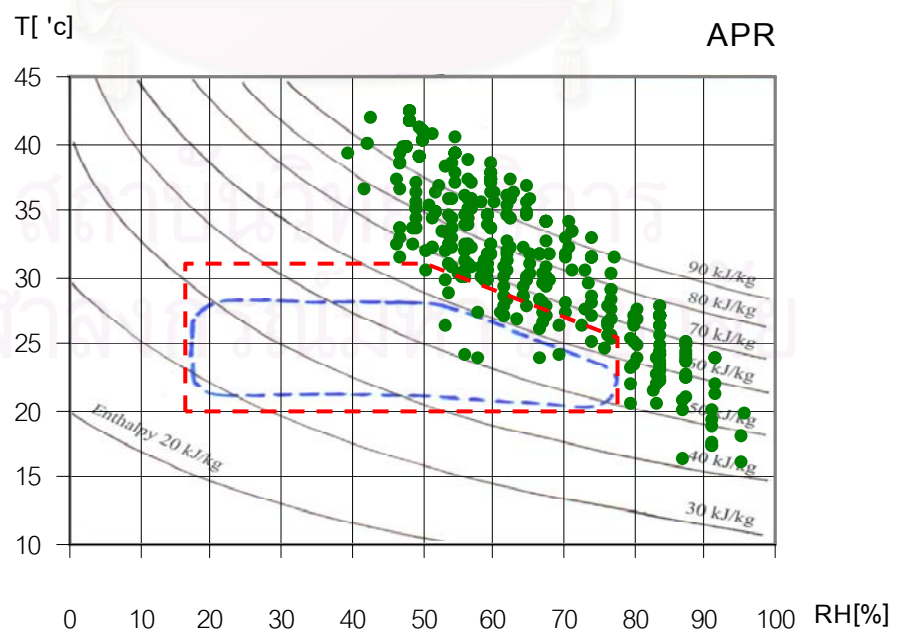
แผนภูมิที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

เดือนเมษายนในเวลากลางวัน



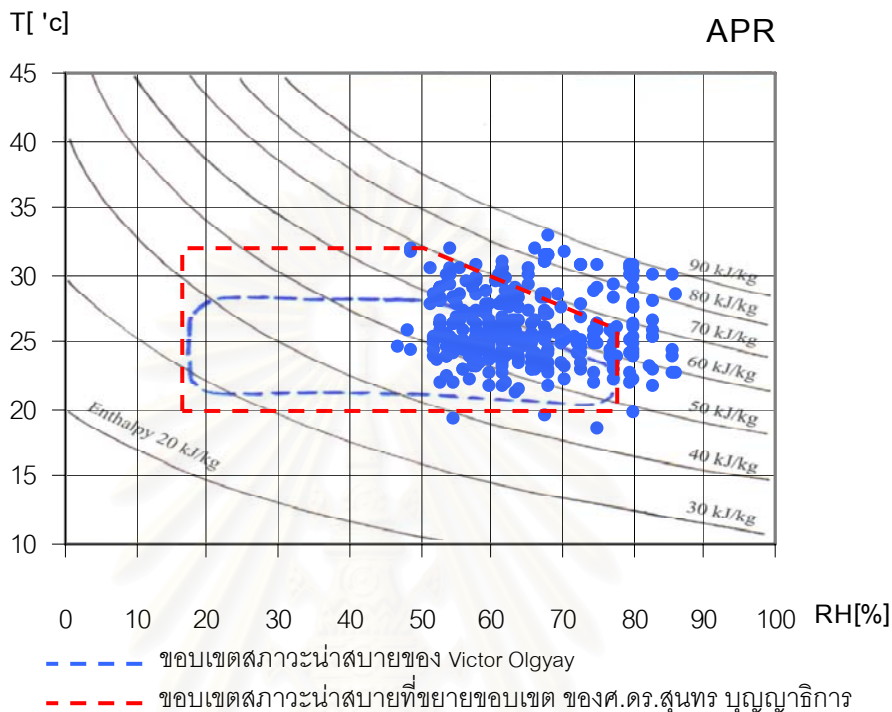
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน

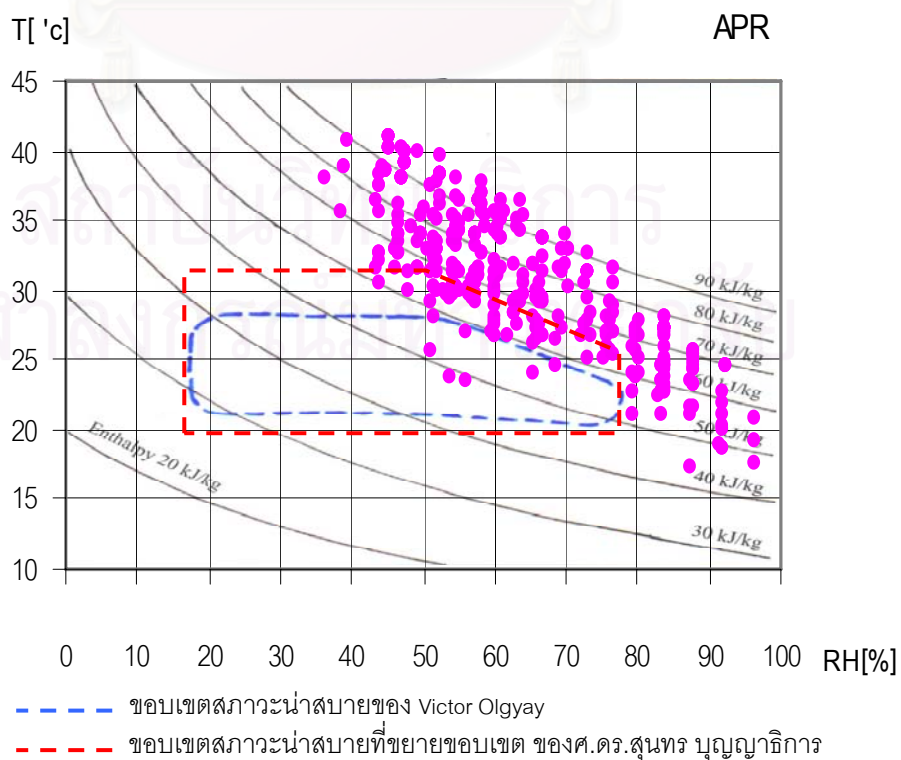


- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

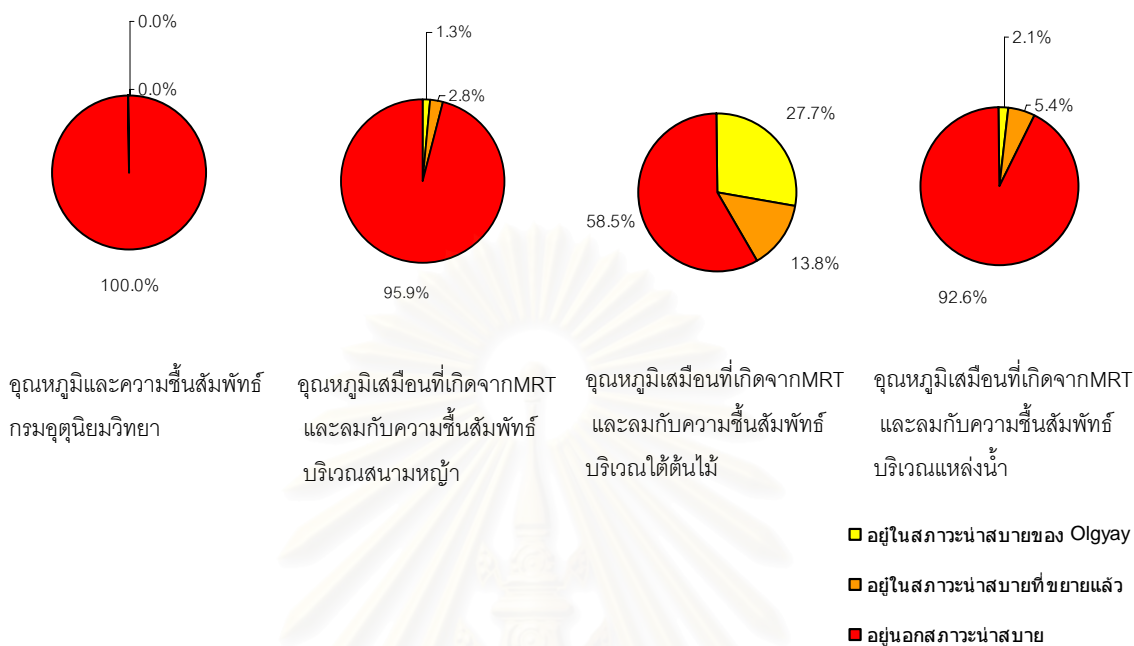
แผนภูมิที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



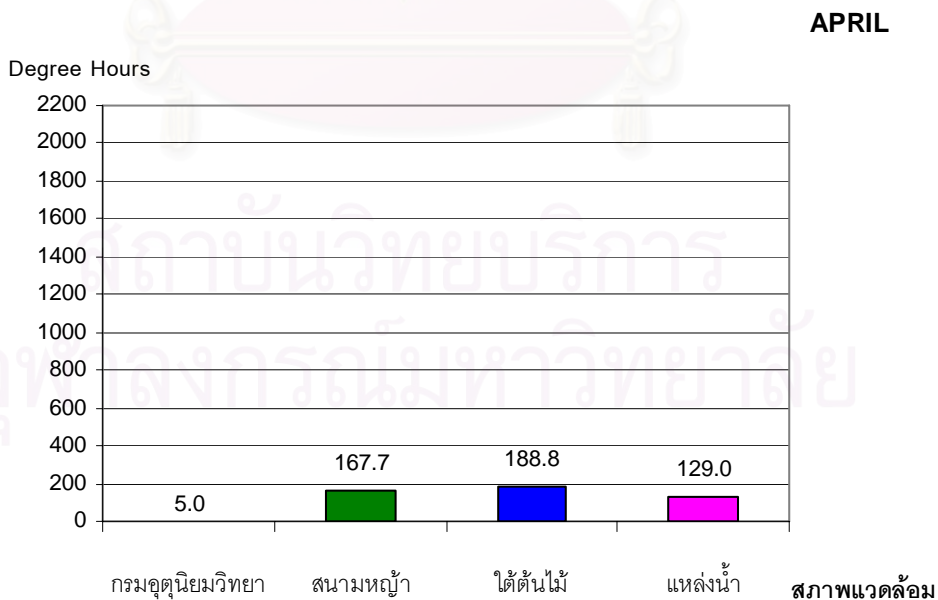
แผนภูมิที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



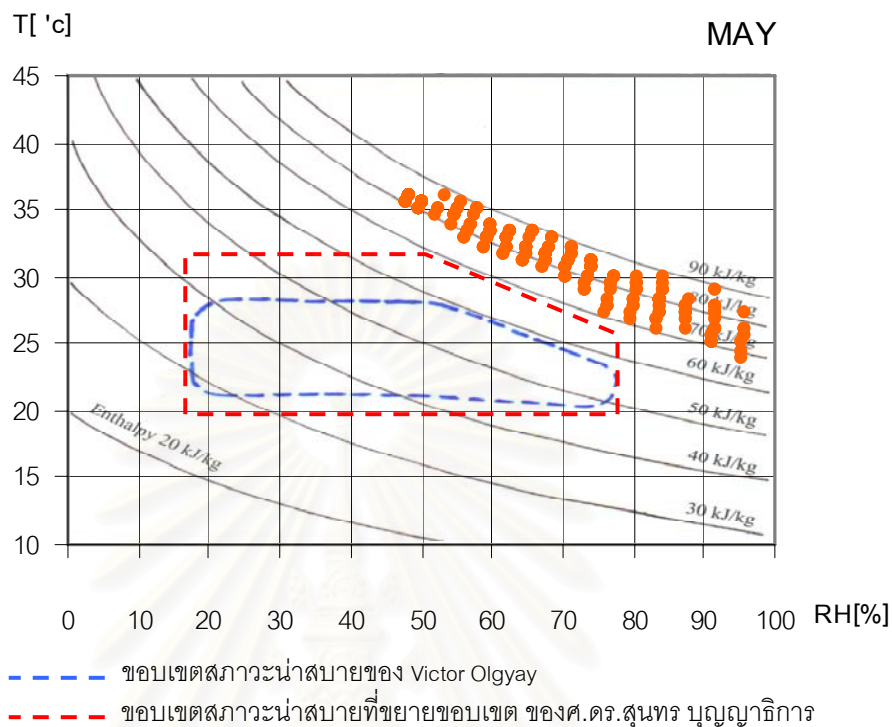
แผนภูมิที่ 4.46 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนเมษายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



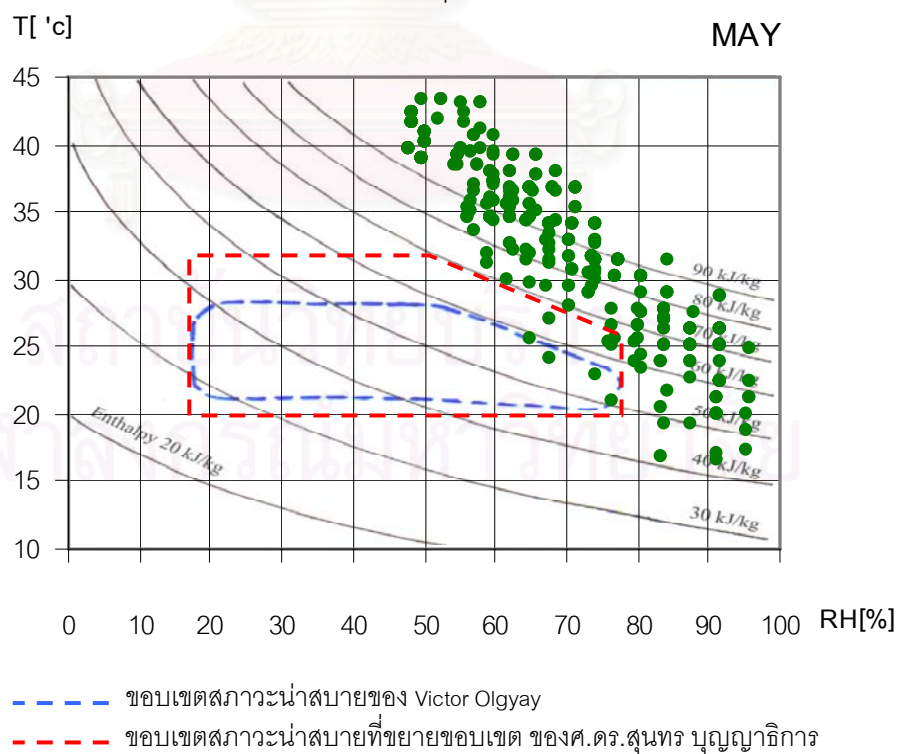
แผนภูมิที่ 4.47 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนเมษายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.48 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนพฤษภาคมในเวลากลางวัน

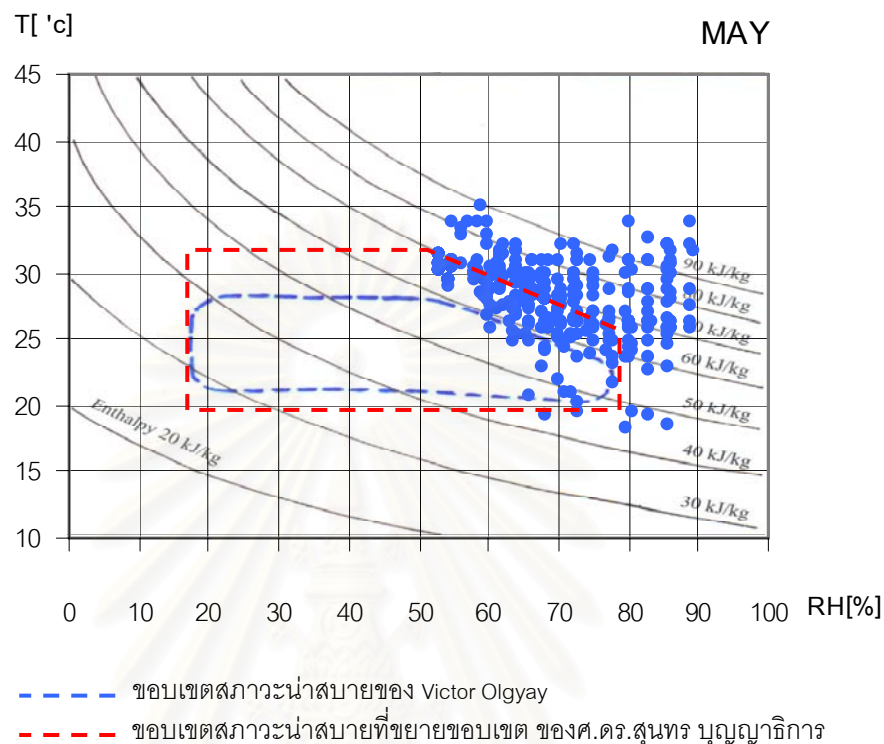


แผนภูมิที่ 4.49 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน

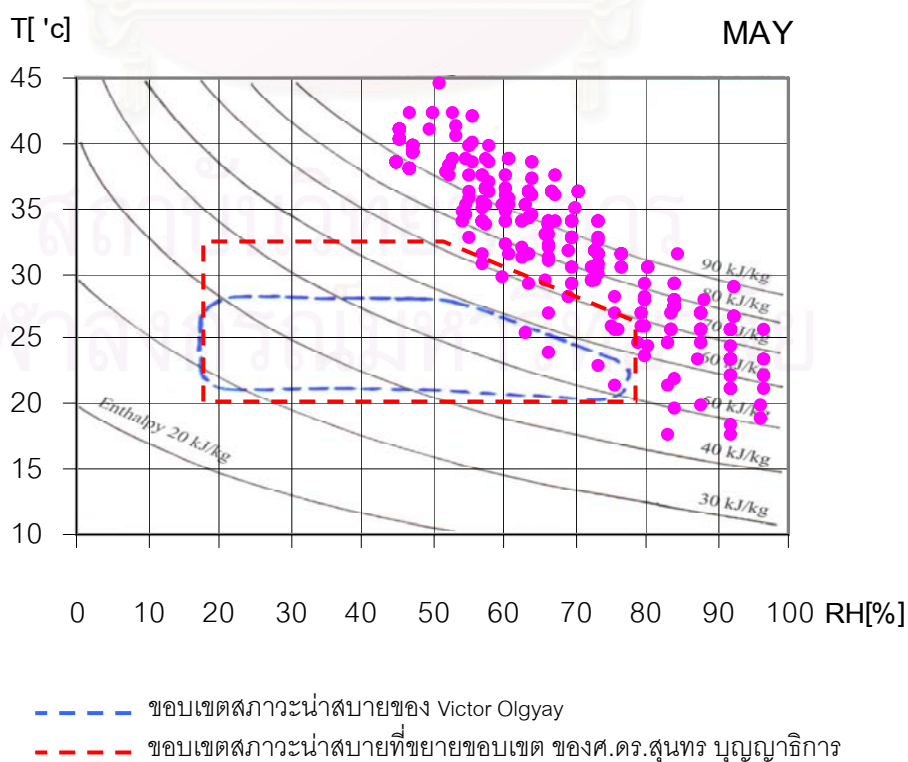


แผนภูมิที่ 4.50 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณใต้ต้นไม้

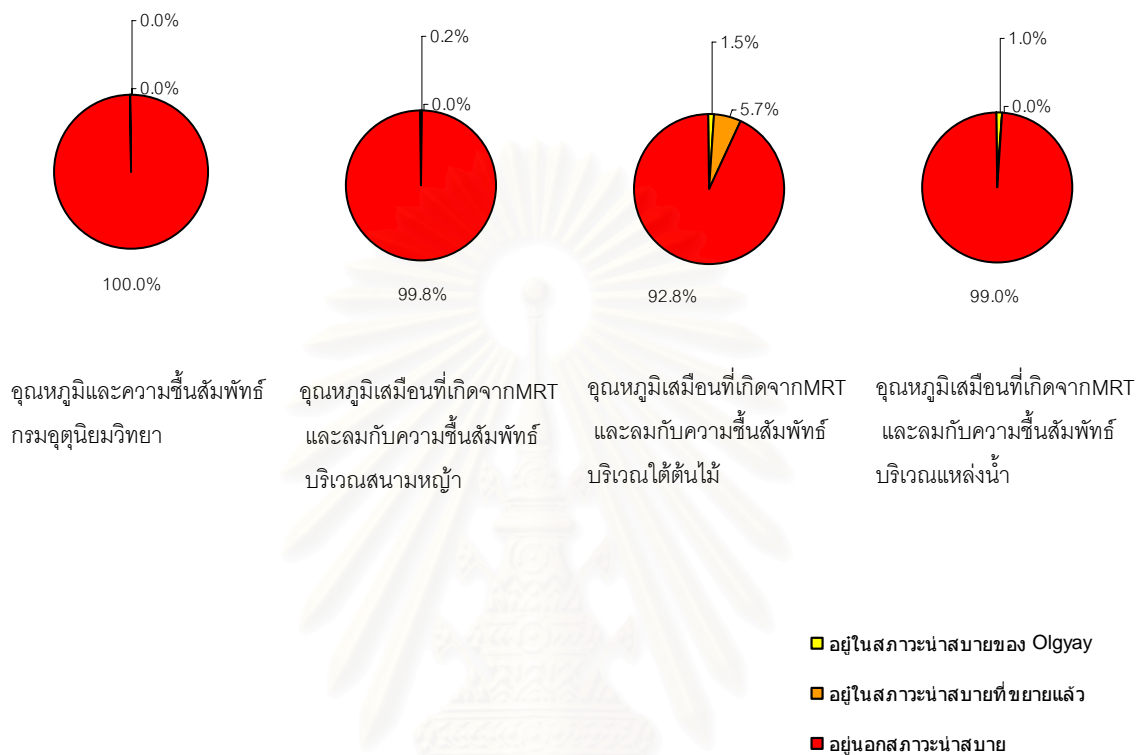
ในเวลากลางวัน



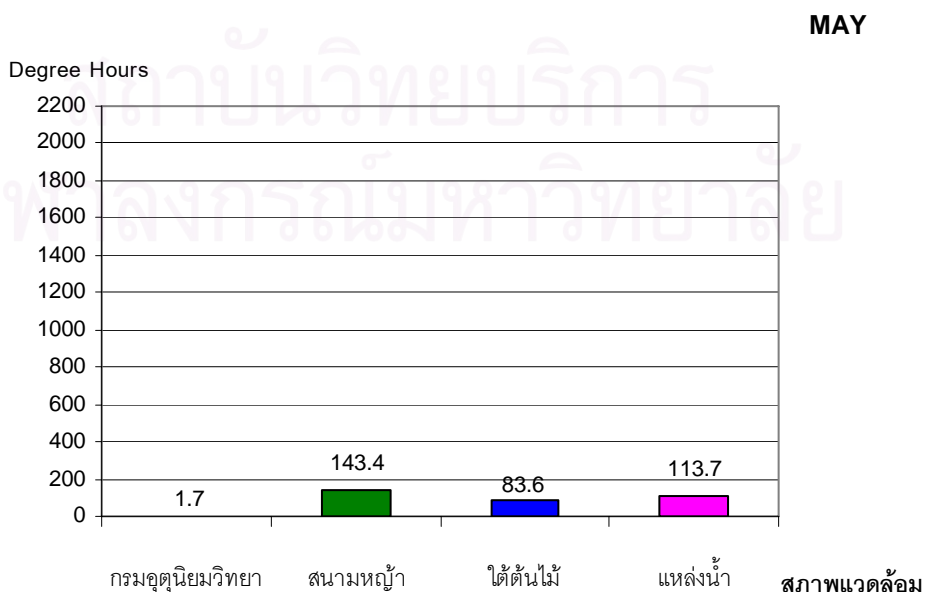
แผนภูมิที่ 4.51 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



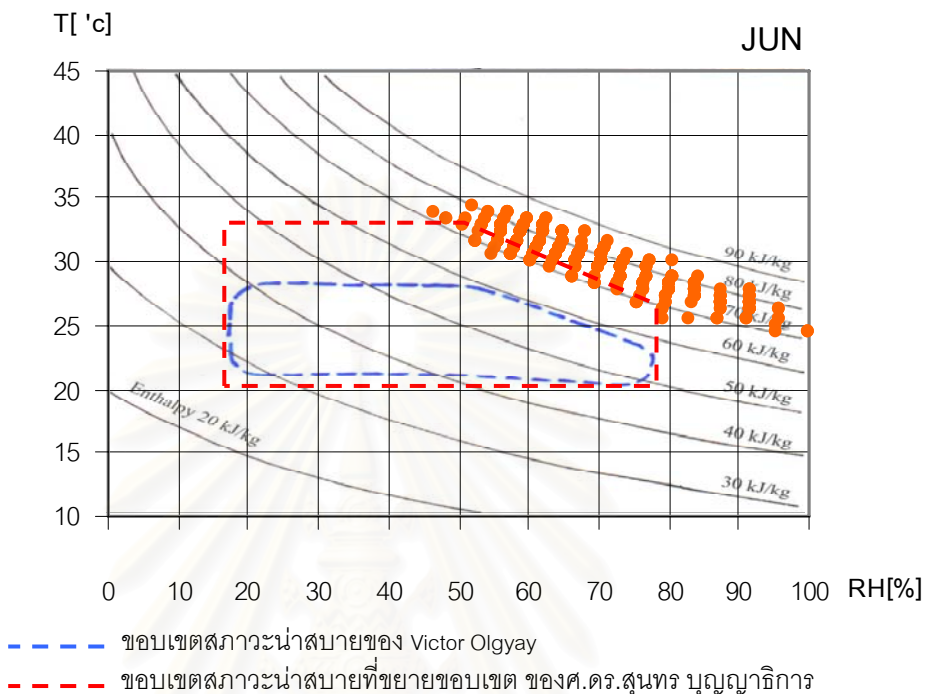
แผนภูมิที่ 4.52 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



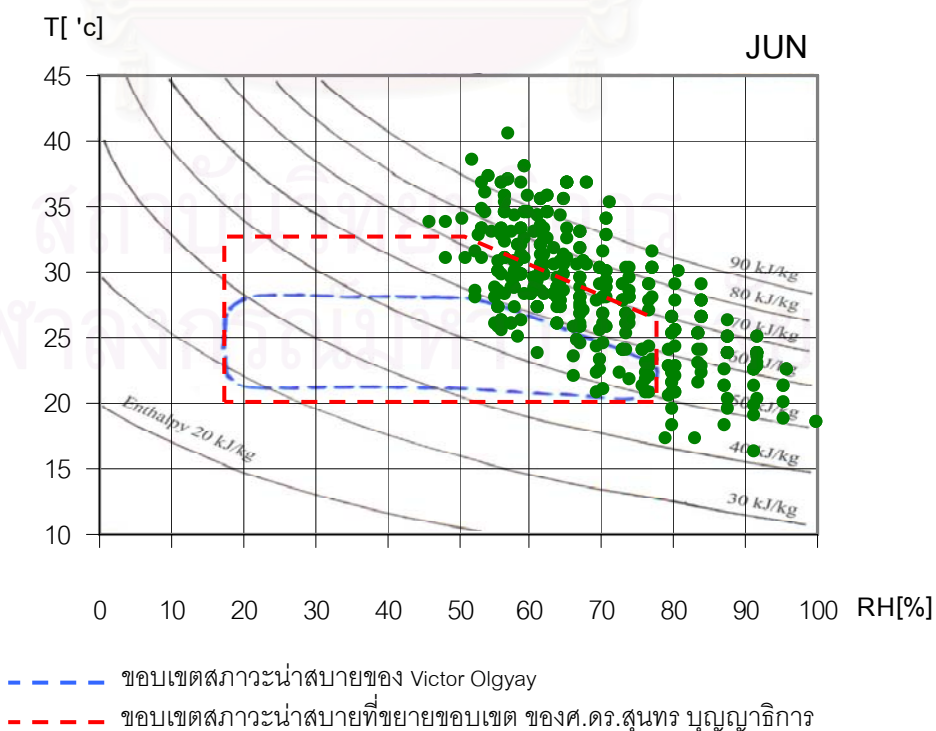
แผนภูมิที่ 4.53 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



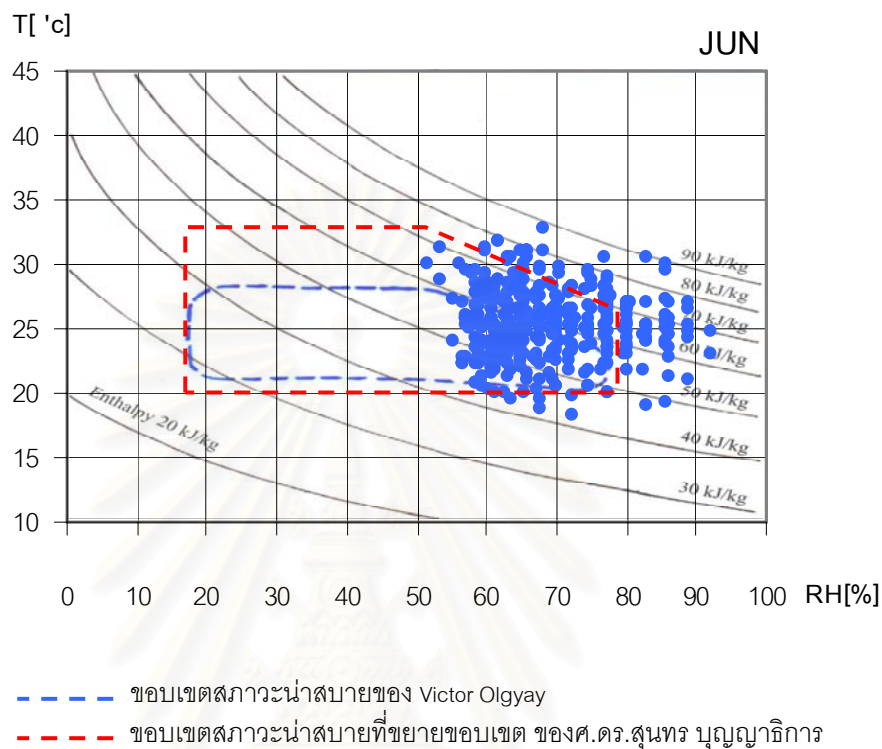
แผนภูมิที่ 4.54 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนมิถุนายนในเวลากลางวัน



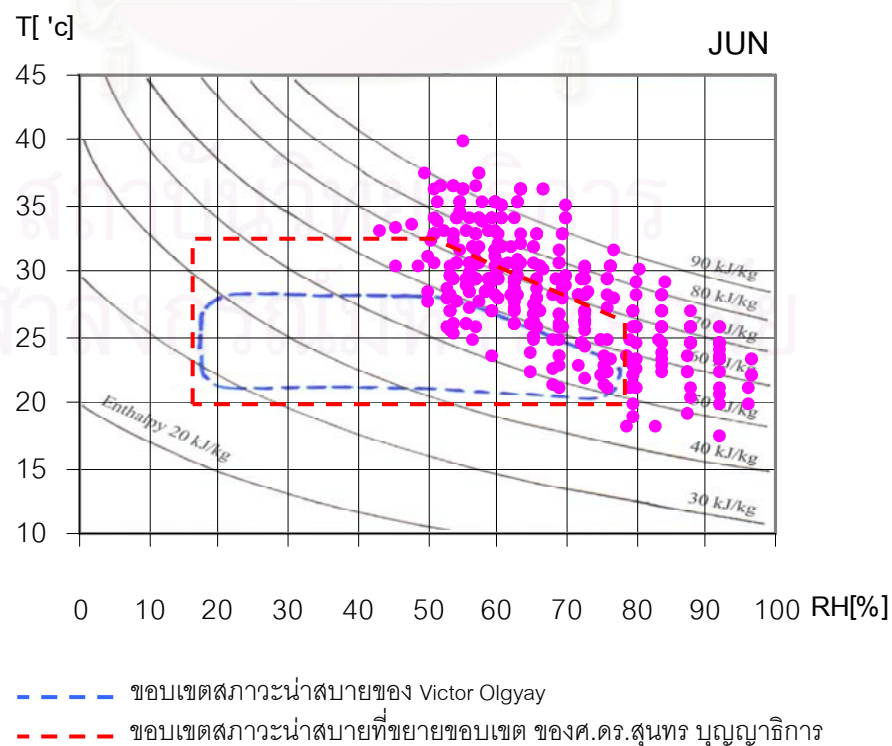
แผนภูมิที่ 4.55 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจากMRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



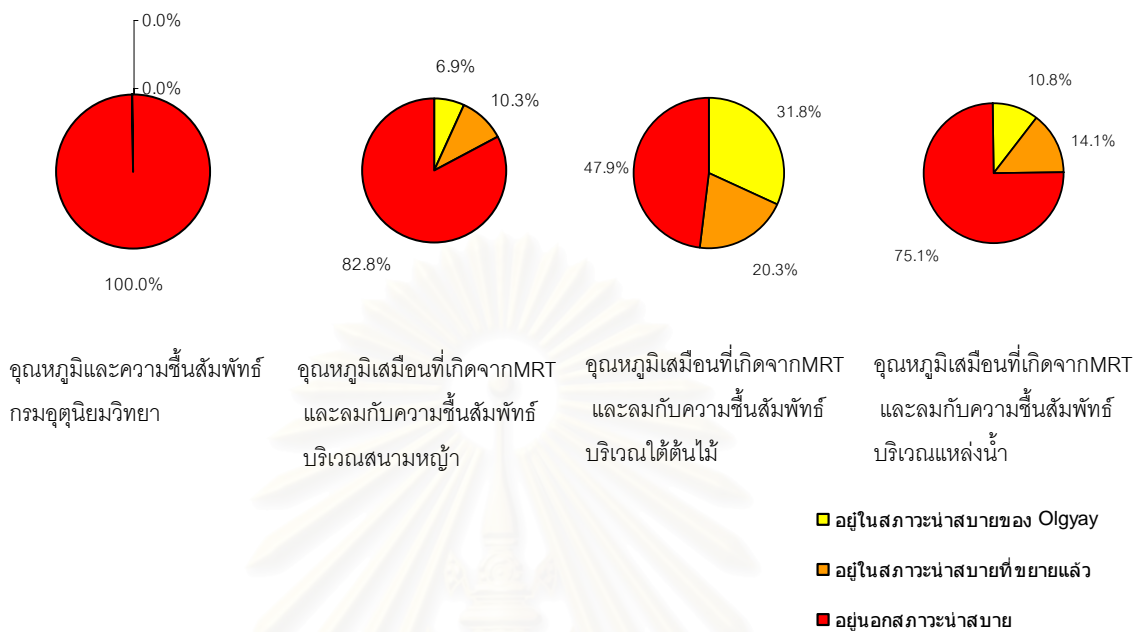
แผนภูมิที่ 4.56 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



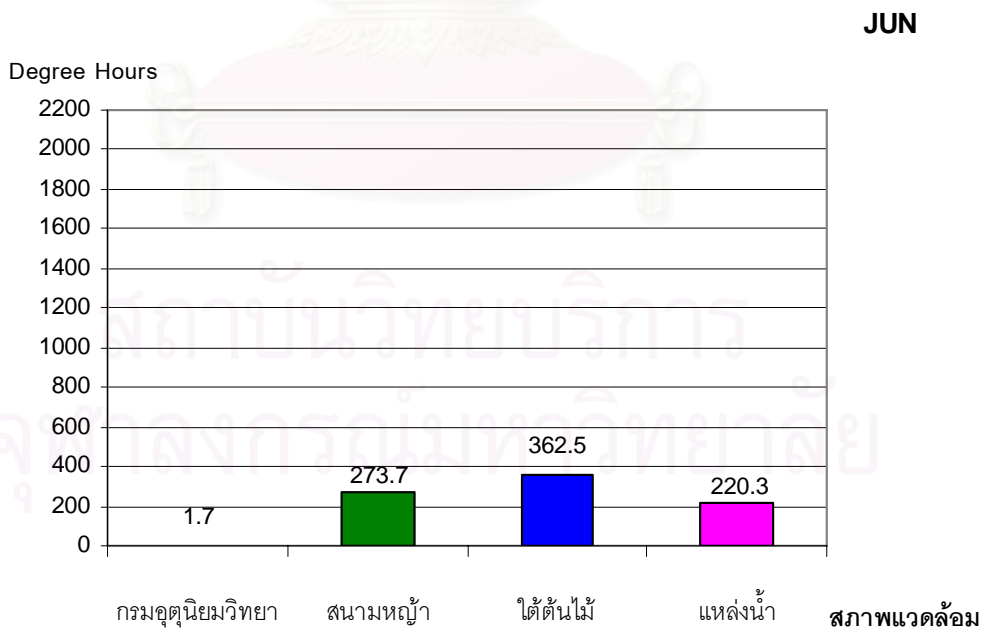
แผนภูมิที่ 4.57 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



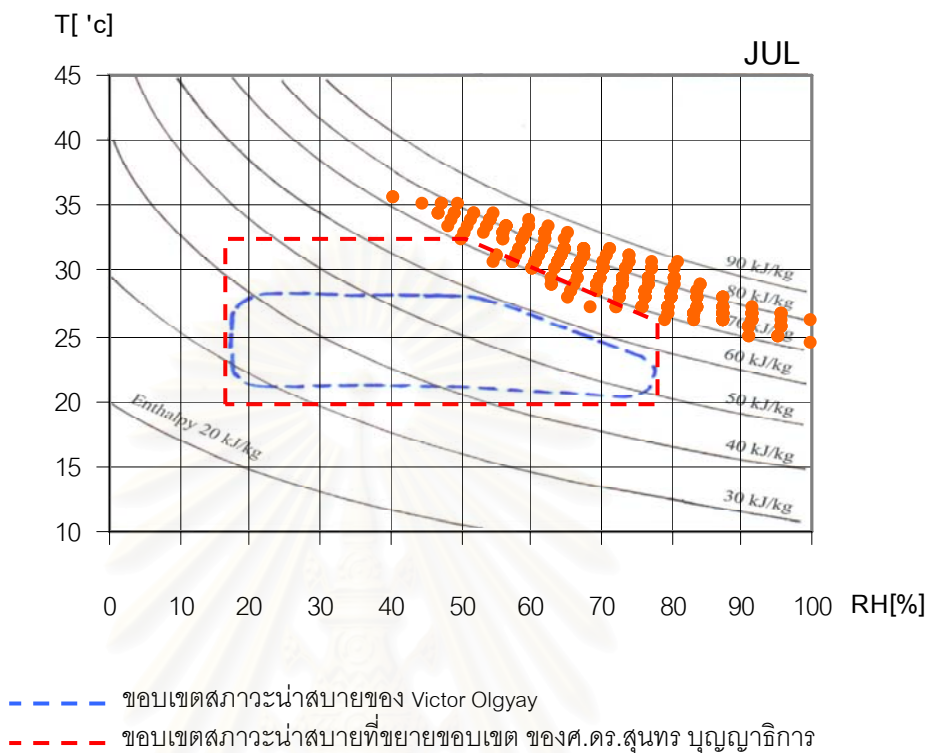
แผนภูมิที่ 4.58 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนมิถุนายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



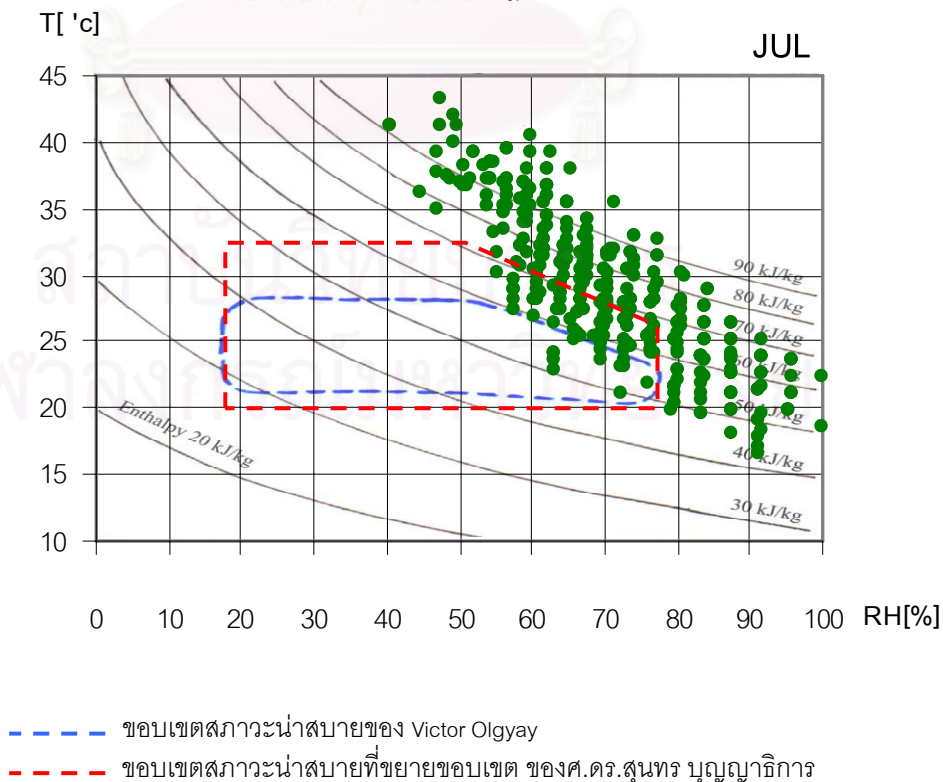
แผนภูมิที่ 4.59 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



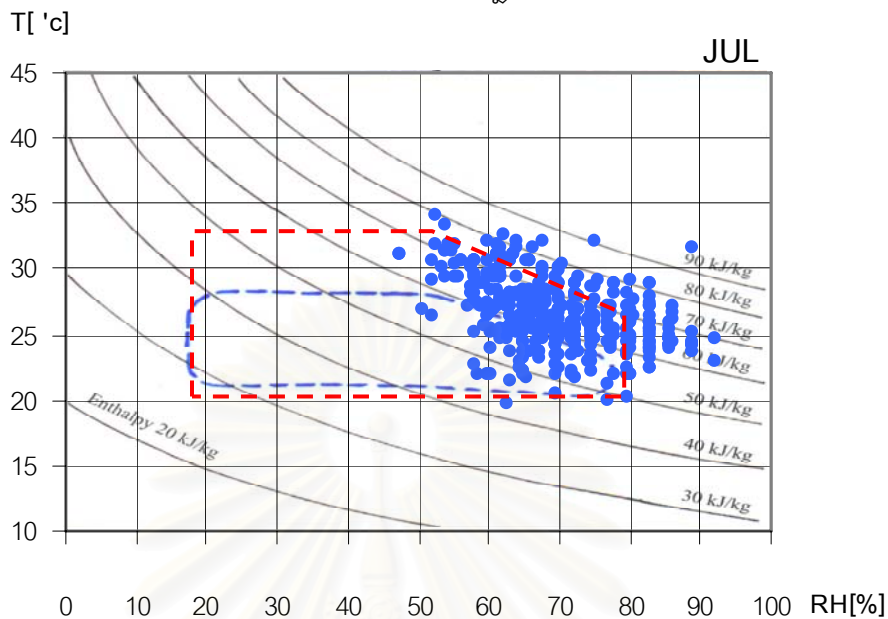
แผนภูมิที่ 4.60 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนกรกฎาคมในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.61 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วมกับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมสนามหญ้าในเวลากลางวัน

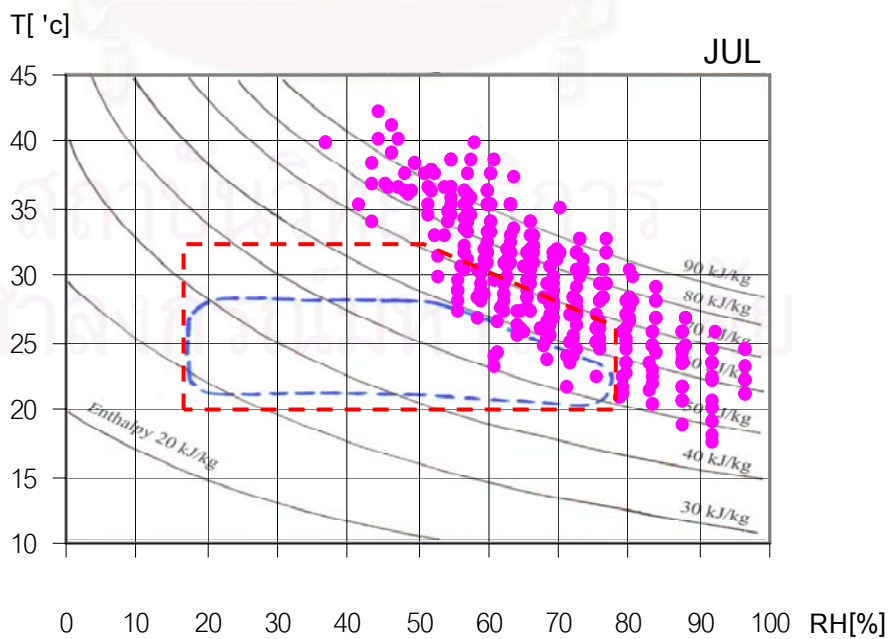


แผนภูมิที่ 4.62 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



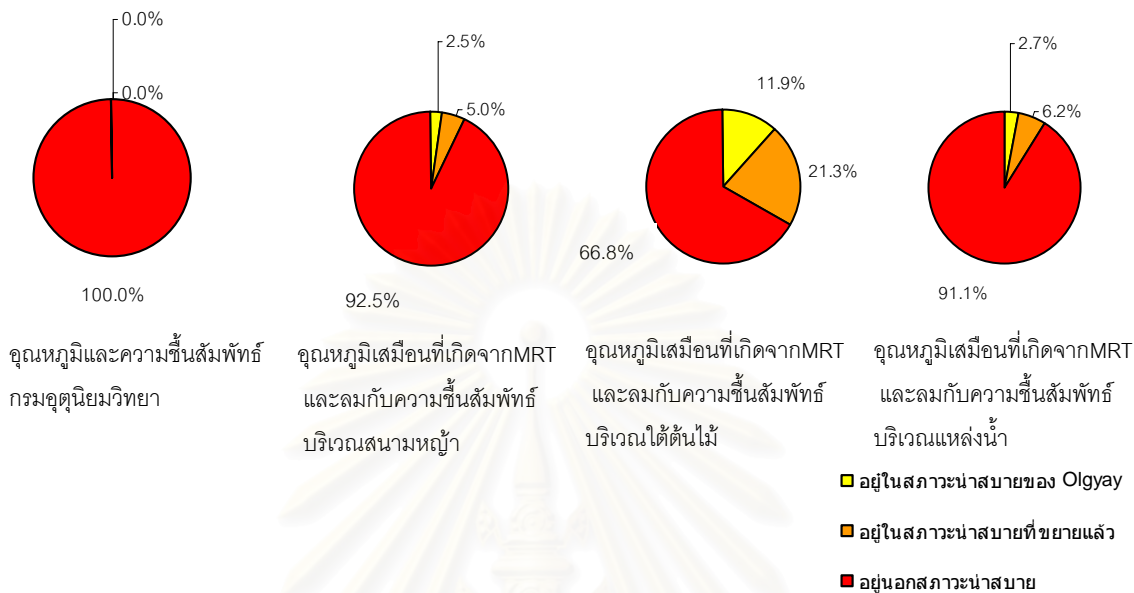
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.63 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน

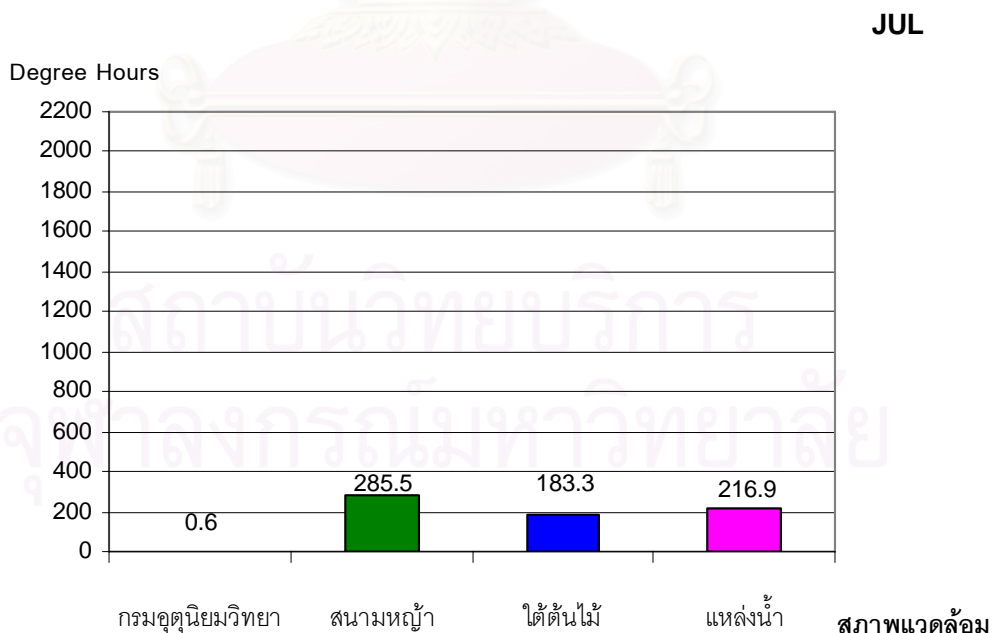


- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

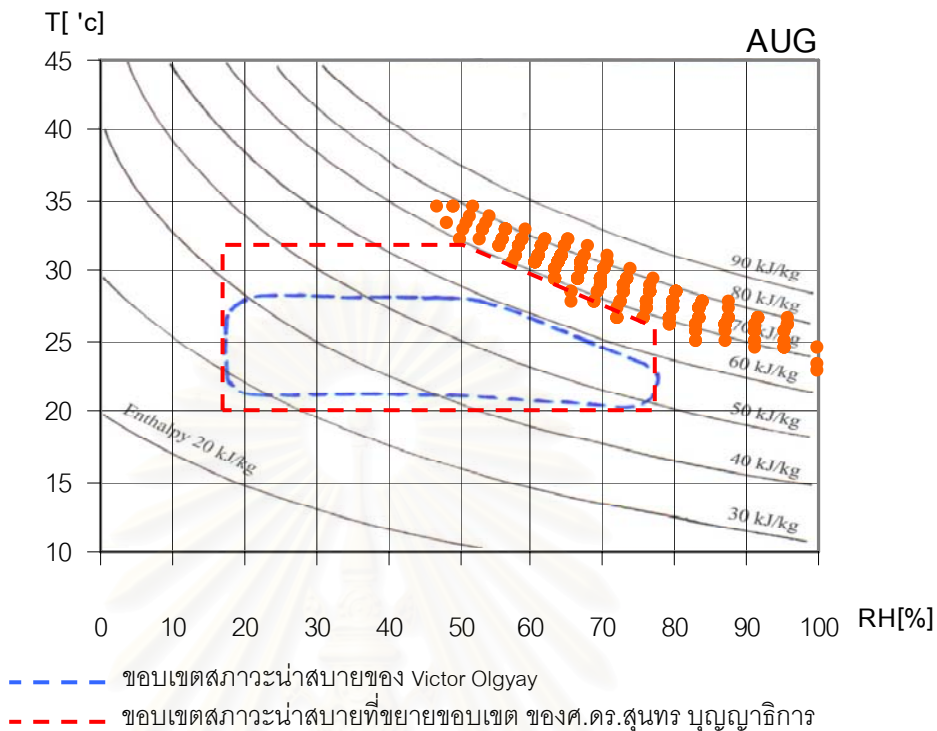
แผนภูมิที่ 4.64 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนกรกฎาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



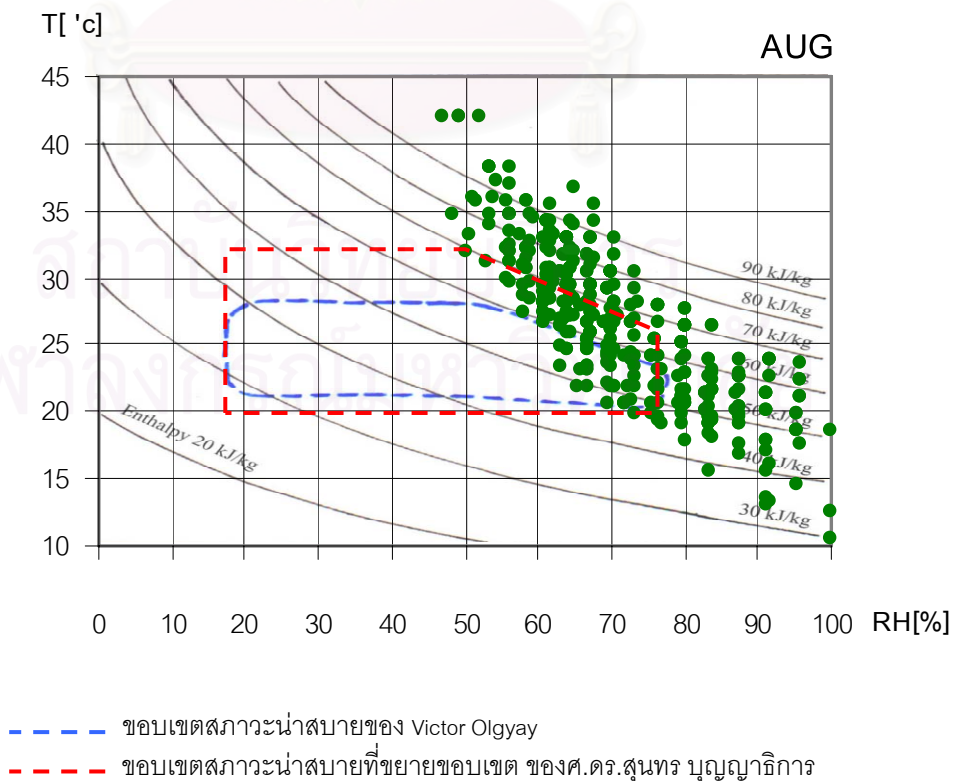
แผนภูมิที่ 4.65 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



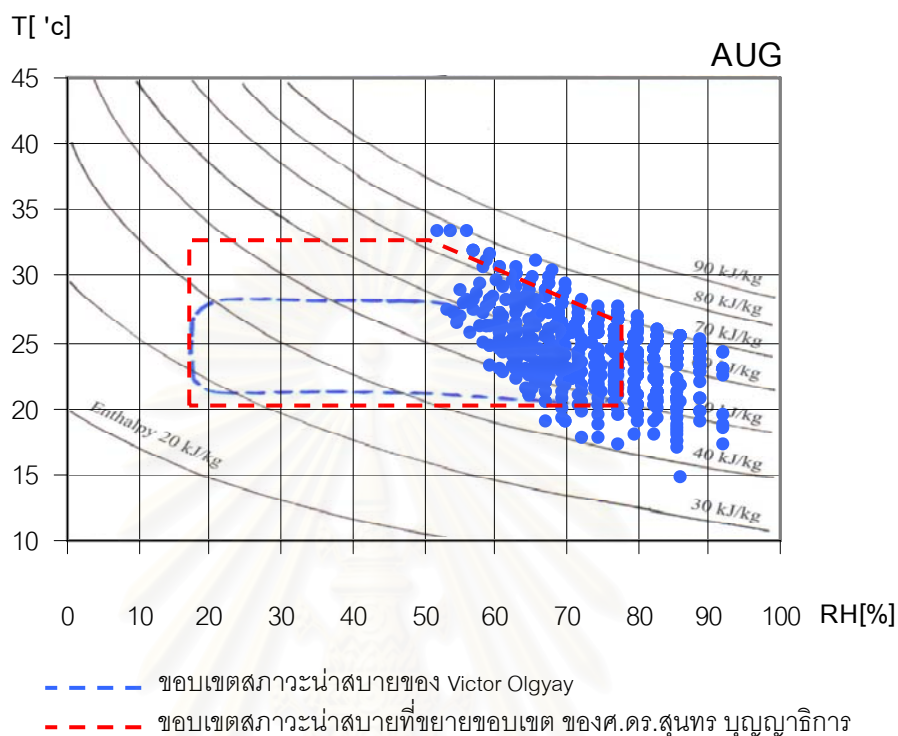
แผนภูมิที่ 4.66 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมในเวลากลางวัน



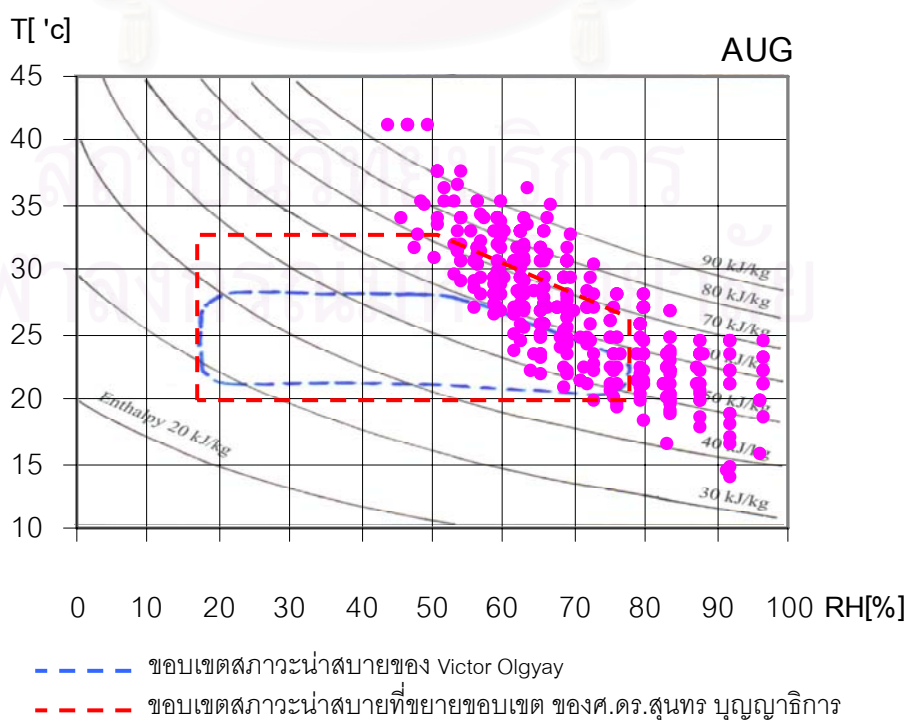
แผนภูมิที่ 4.67 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



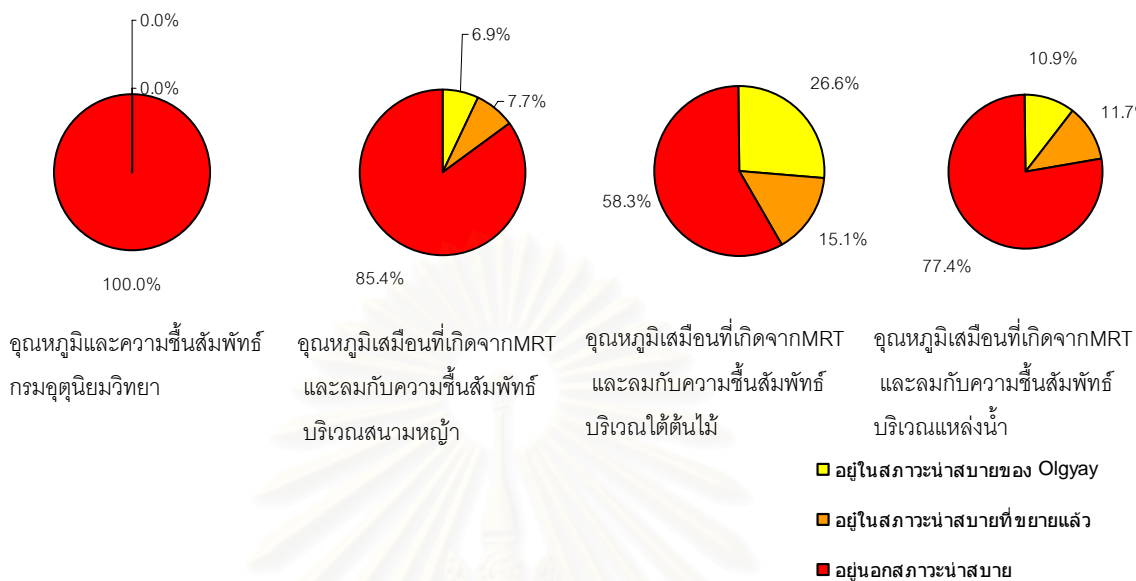
แผนภูมิที่ 4.68 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



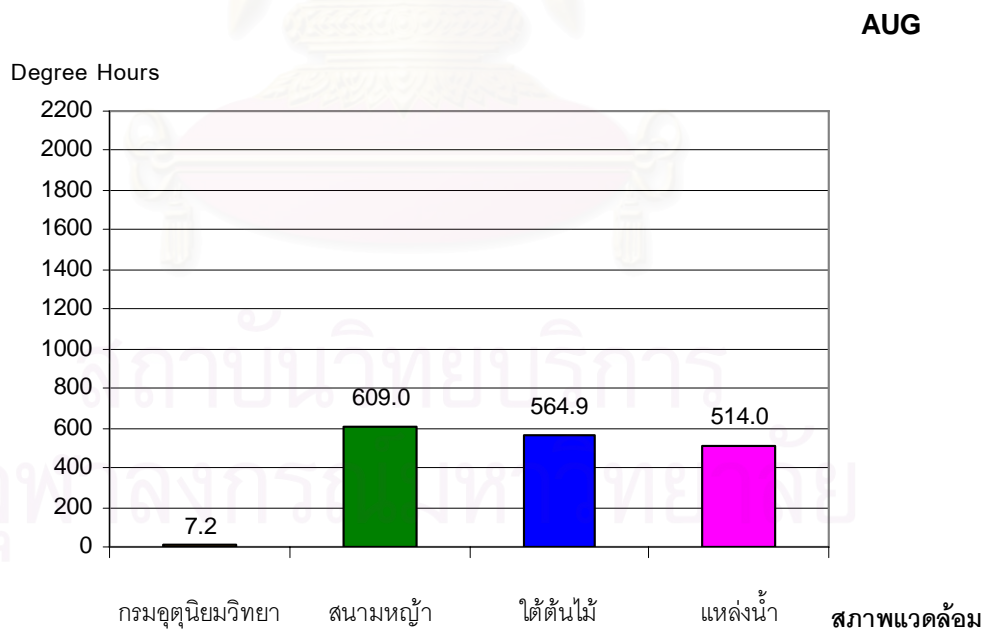
แผนภูมิที่ 4.69 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



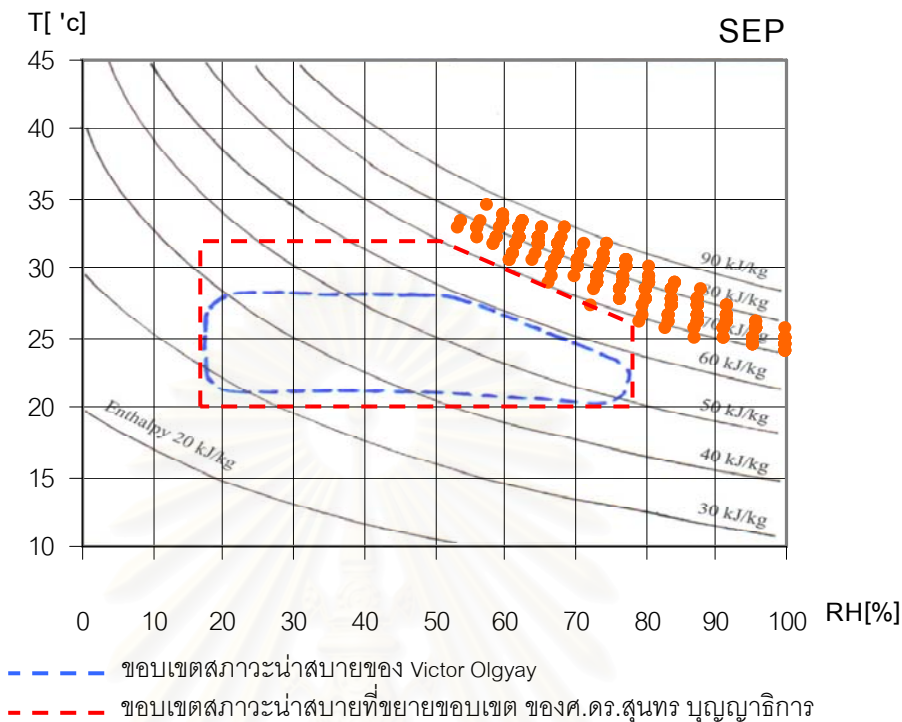
แผนภูมิที่ 4.70 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนสิงหาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



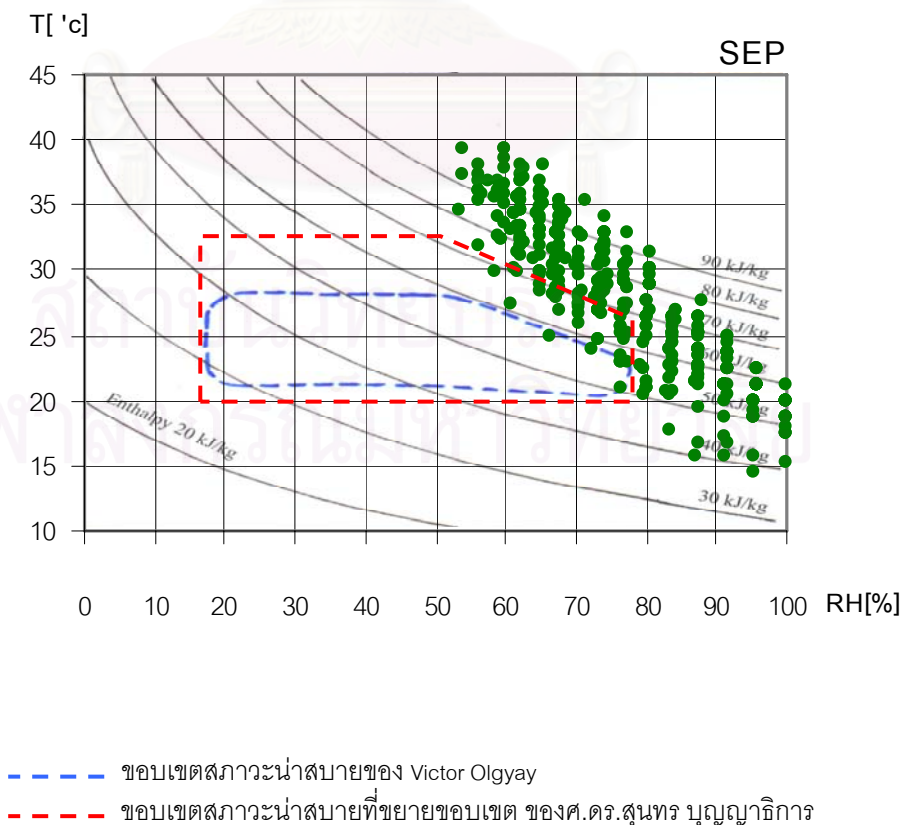
แผนภูมิที่ 4.71 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



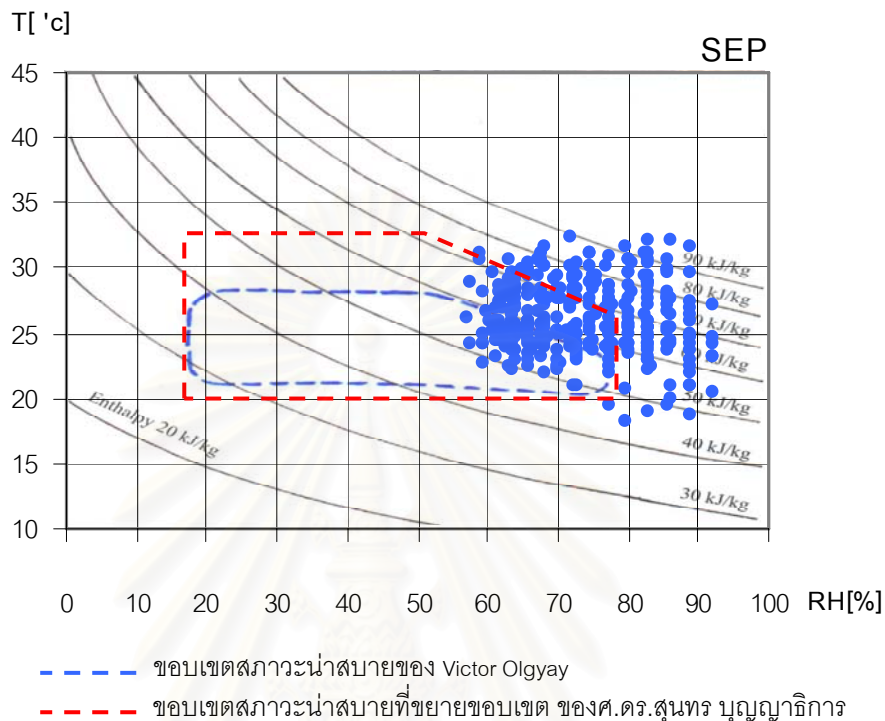
แผนภูมิที่ 4.72 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนในเวลากลางวัน



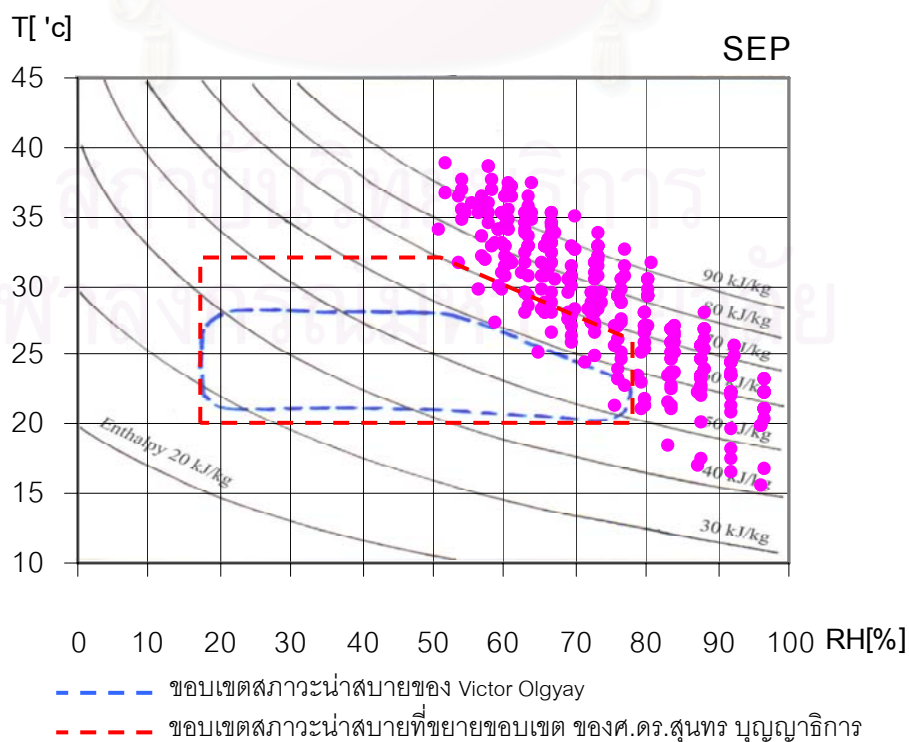
แผนภูมิที่ 4.73 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



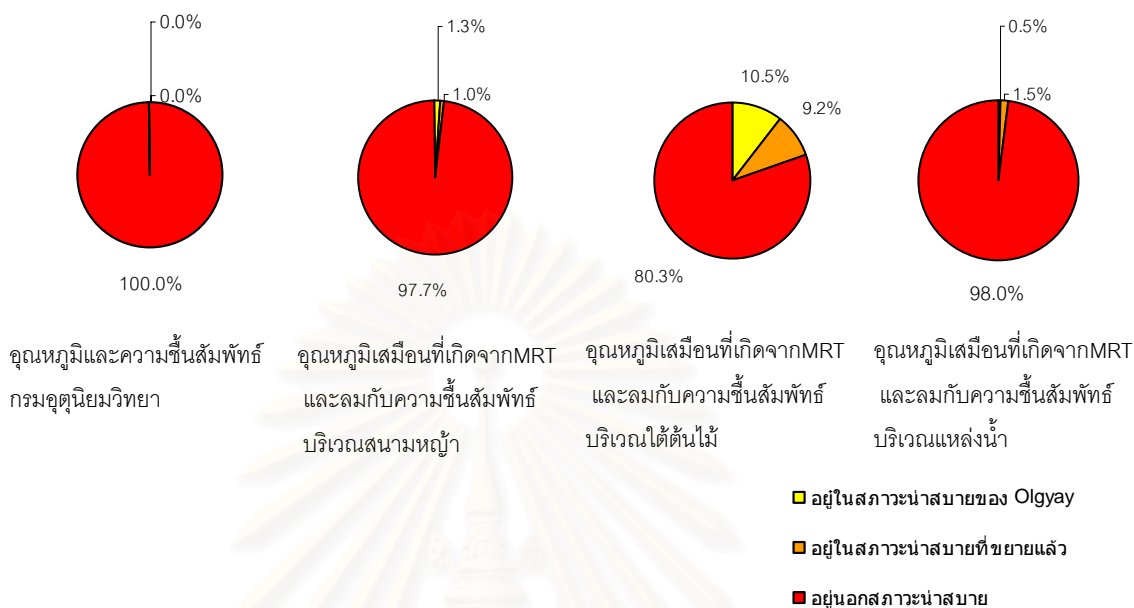
แผนภูมิที่ 4.74 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



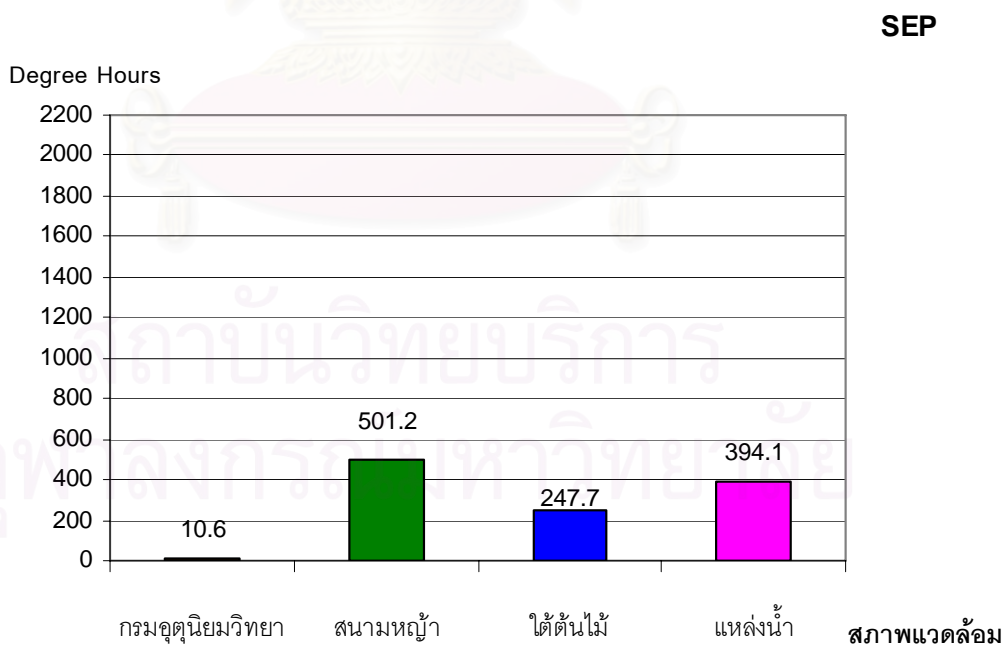
แผนภูมิที่ 4.75 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



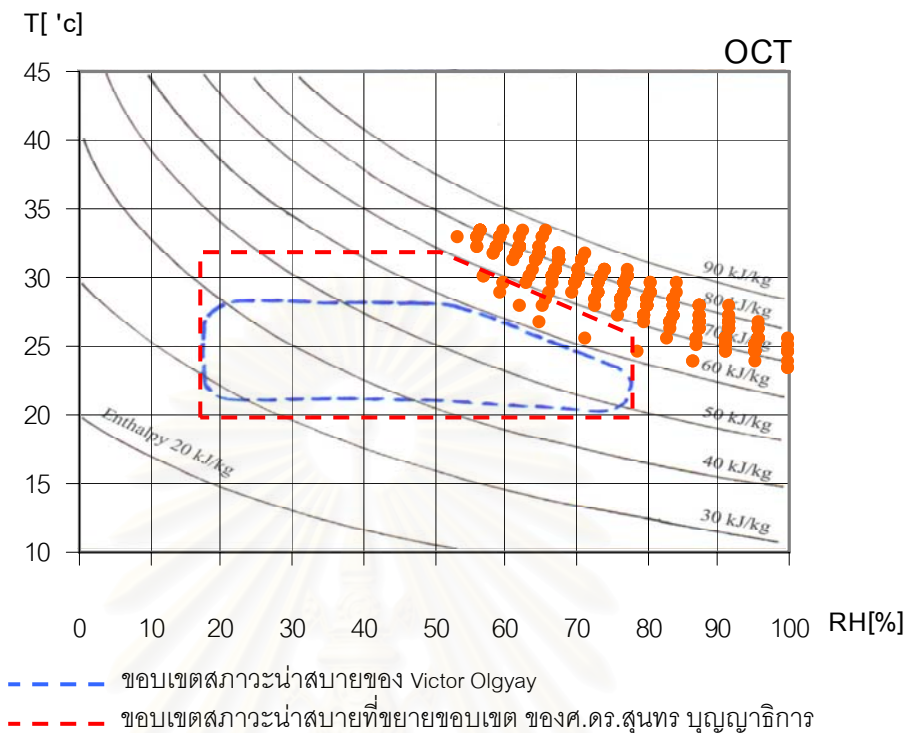
แผนภูมิที่ 4.76 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนกันยายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



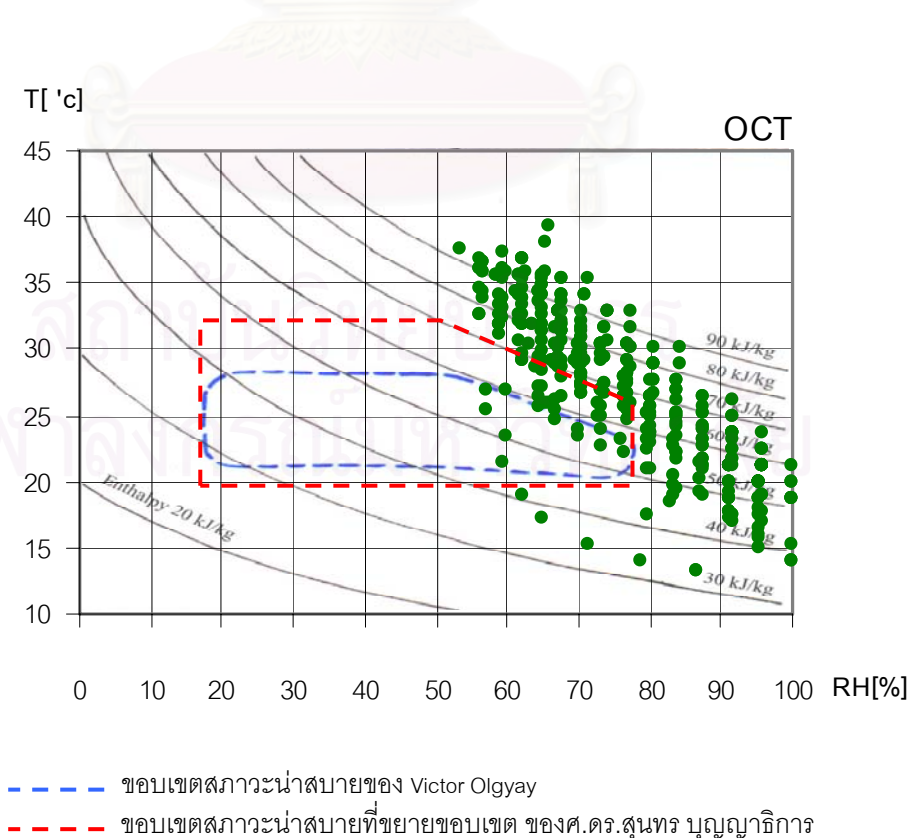
แผนภูมิที่ 4.77 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



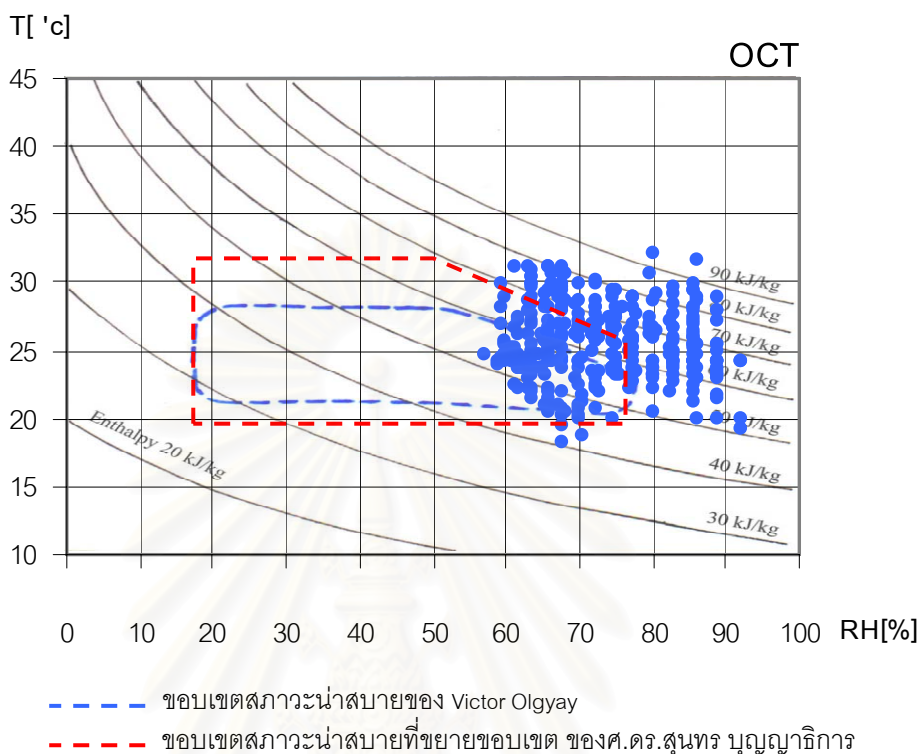
แผนภูมิที่ 4.78 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมในเวลากลางวัน



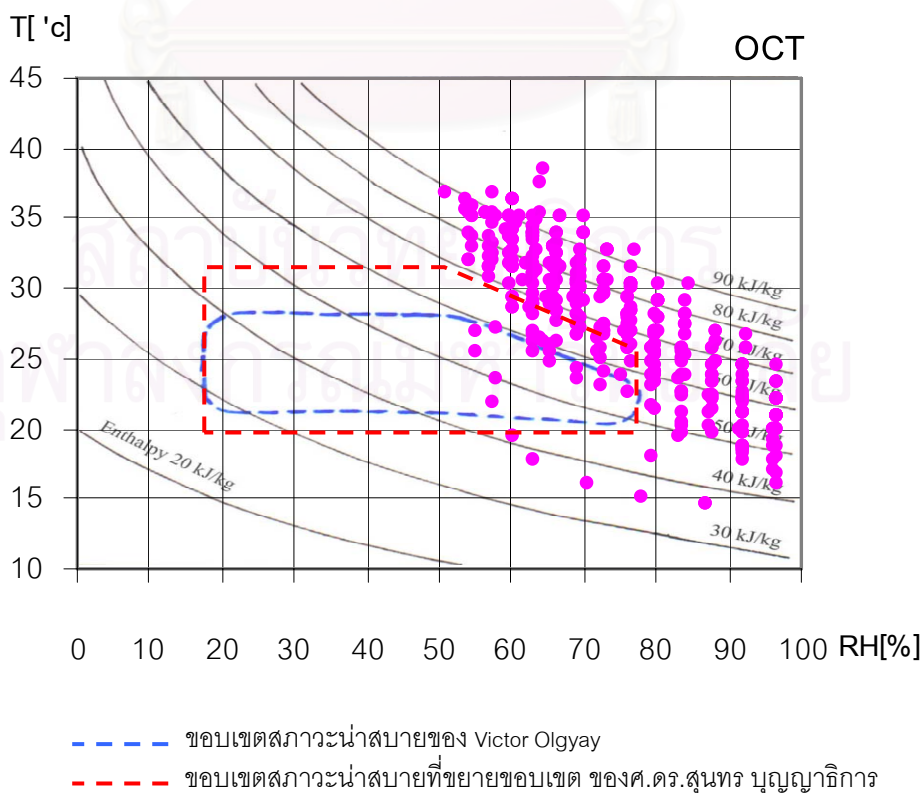
แผนภูมิที่ 4.79 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



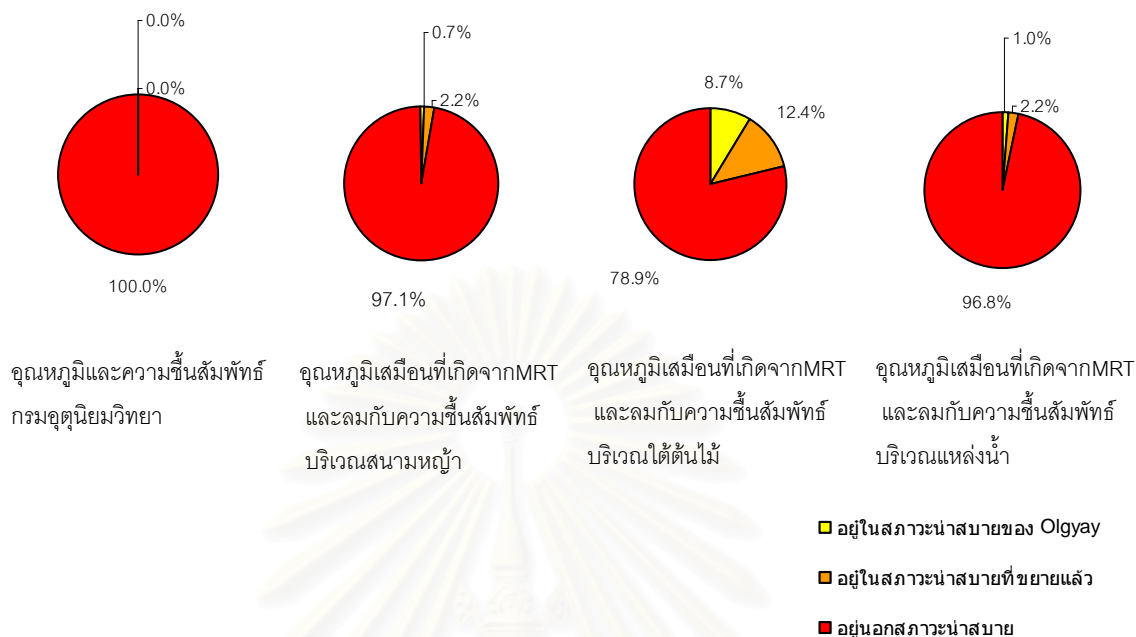
แผนภูมิที่ 4.80 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



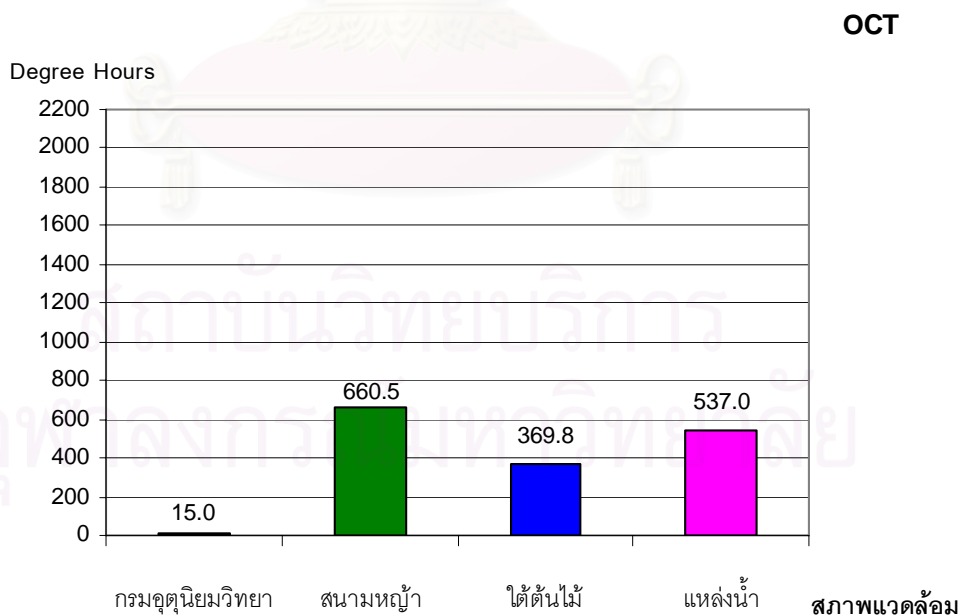
แผนภูมิที่ 4.81 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



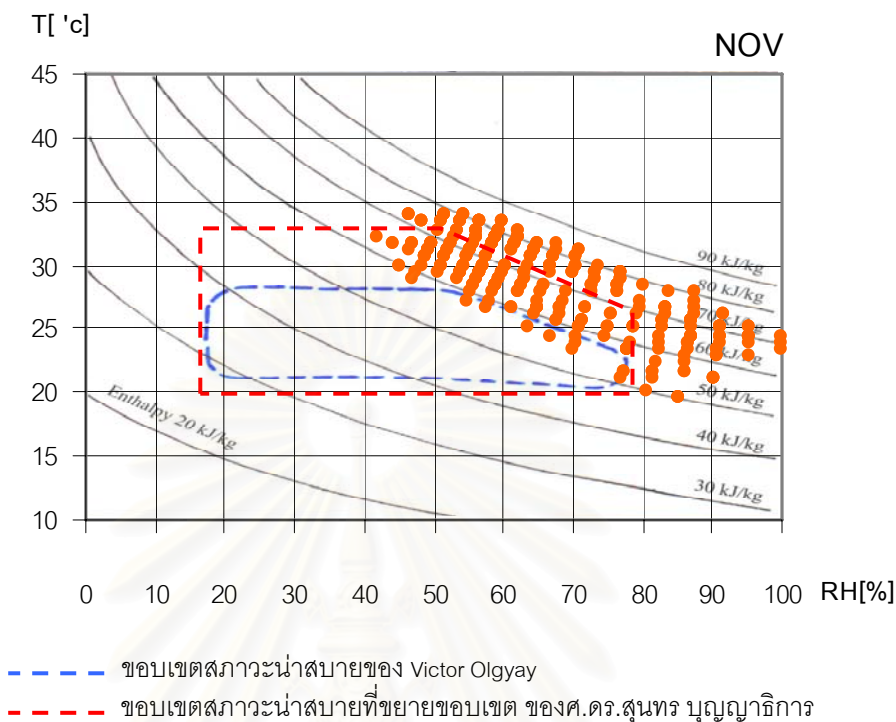
แผนภูมิที่ 4.82 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนตุลาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



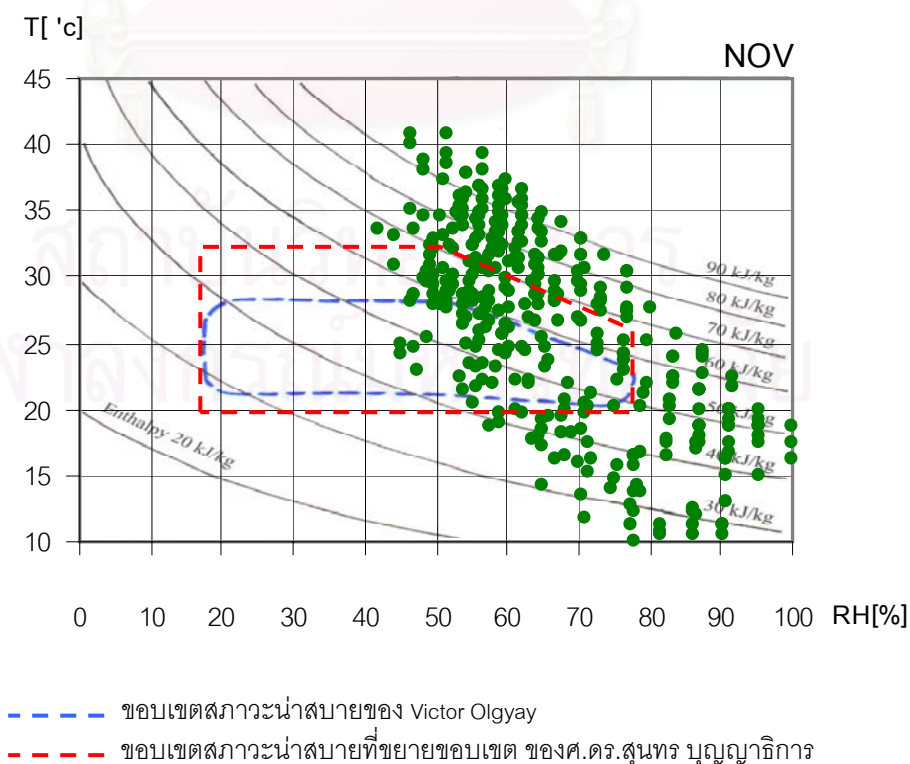
แผนภูมิที่ 4.83 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



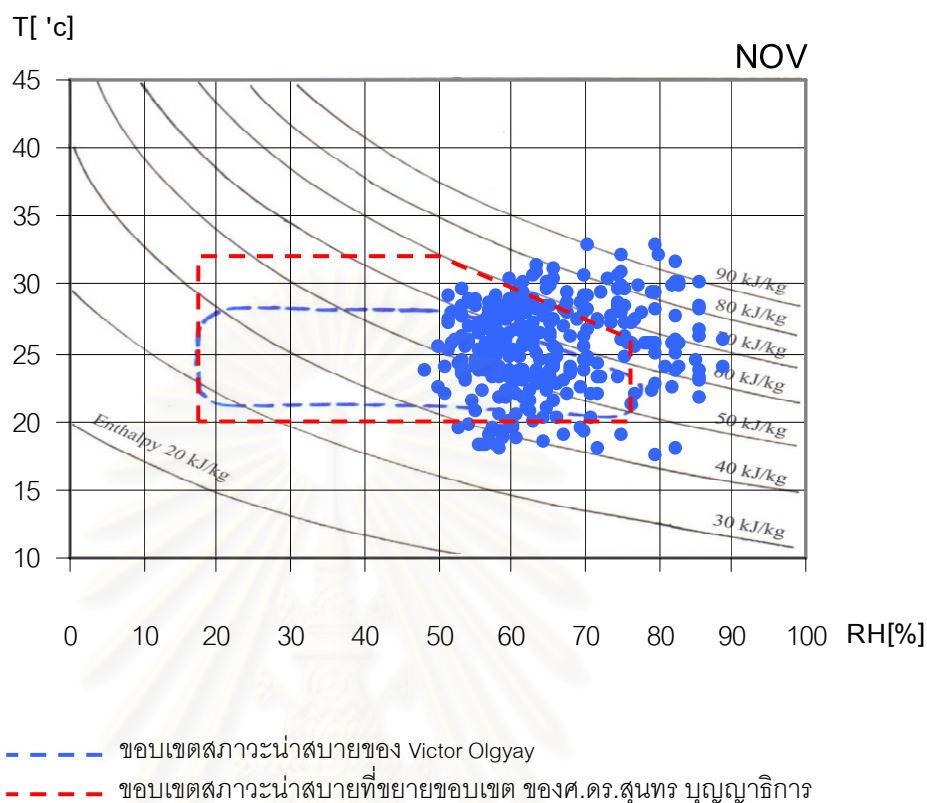
แผนภูมิที่ 4.84 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนในเวลากลางวัน



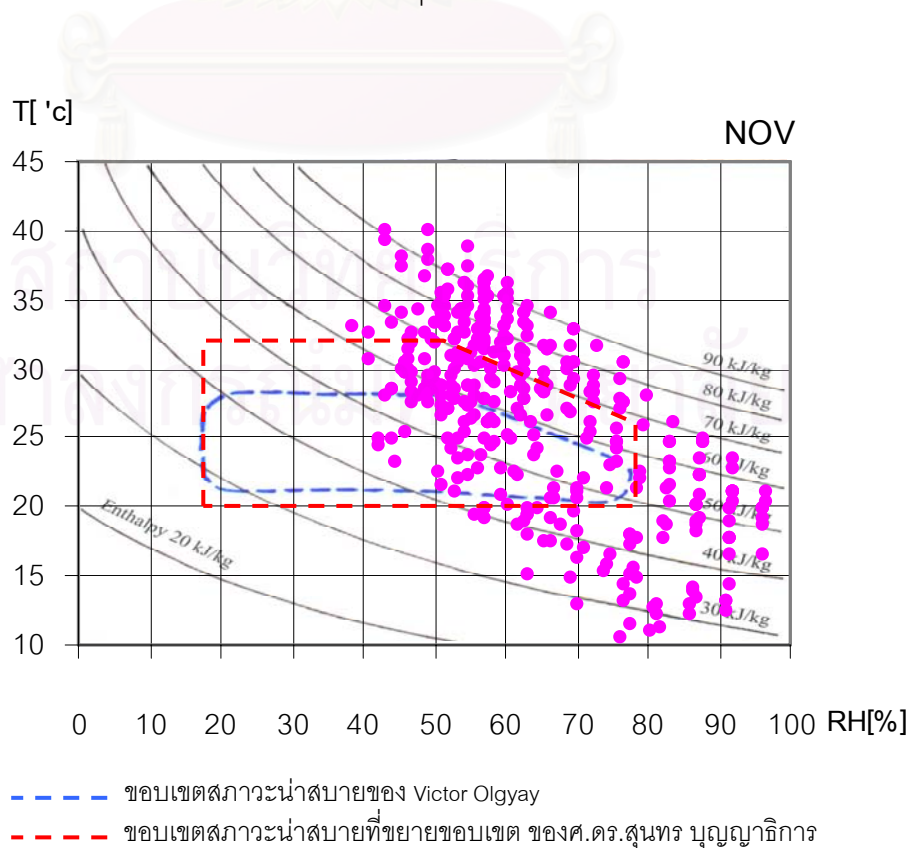
แผนภูมิที่ 4.85 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



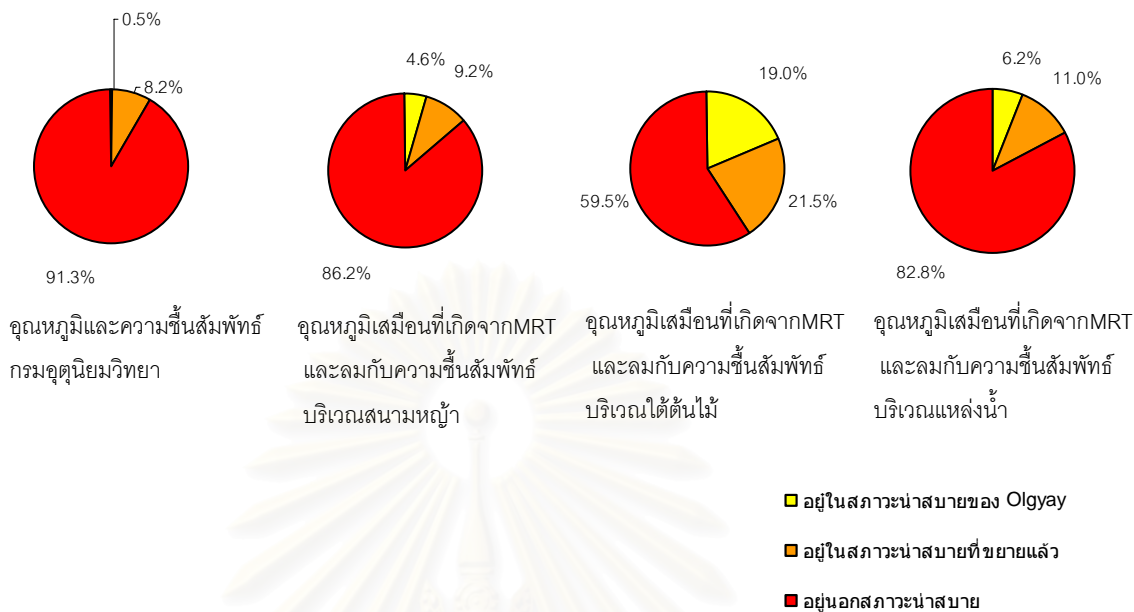
แผนภูมิที่ 4.86 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



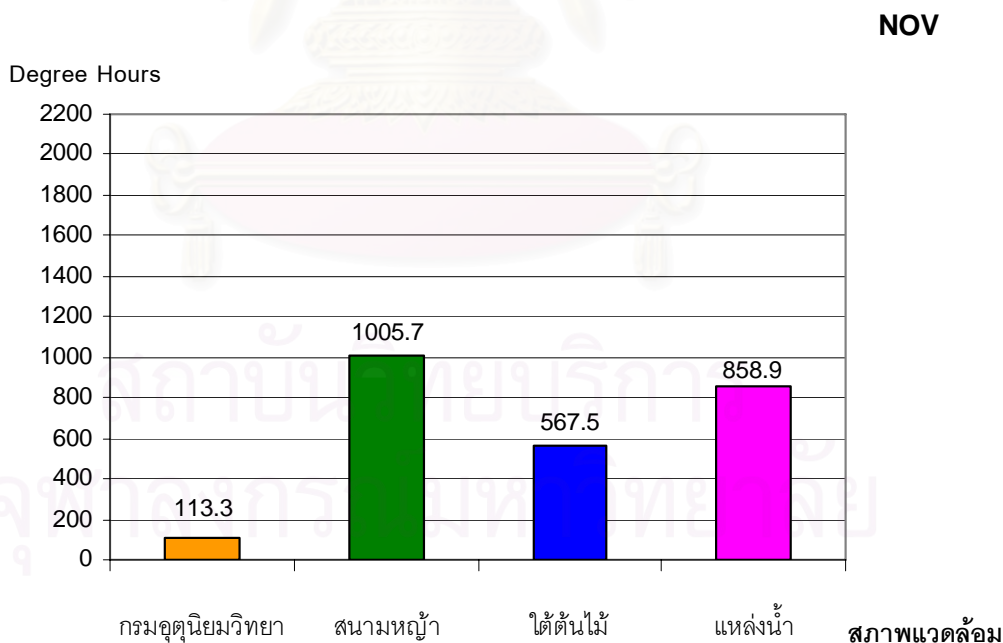
แผนภูมิที่ 4.87 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



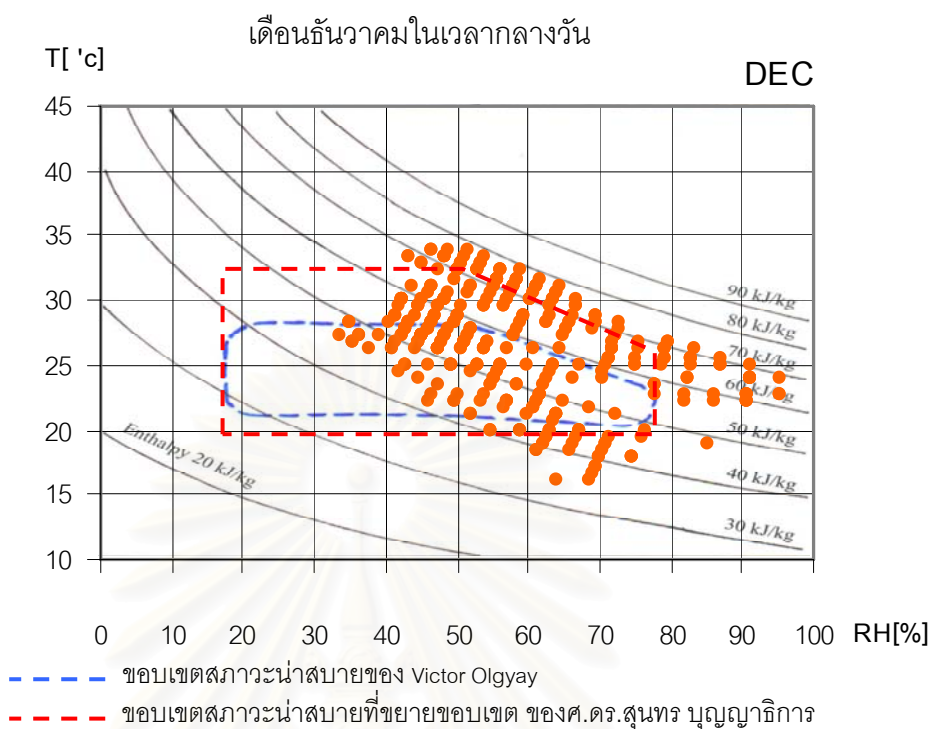
แผนภูมิที่ 4.88 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



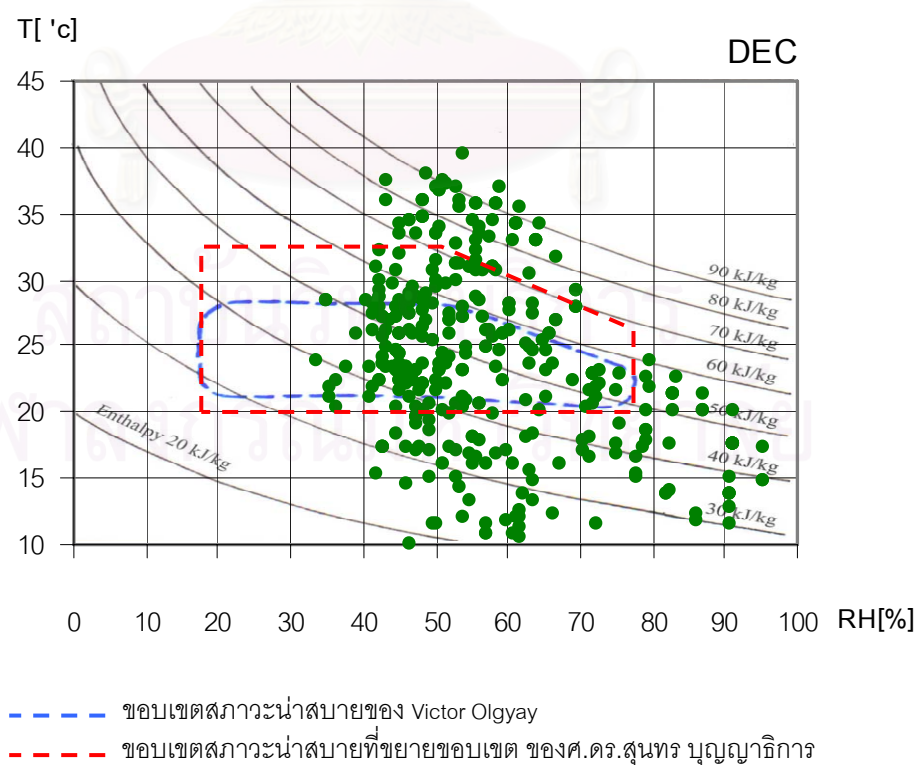
แผนภูมิที่ 4.89 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



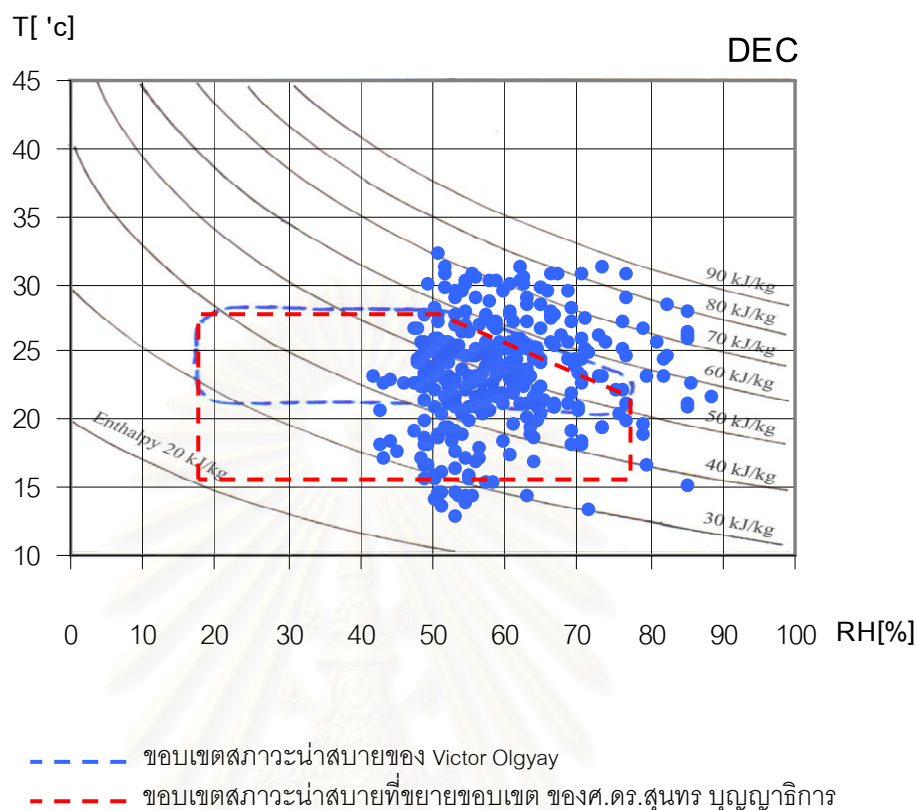
แผนภูมิที่ 4.90 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี



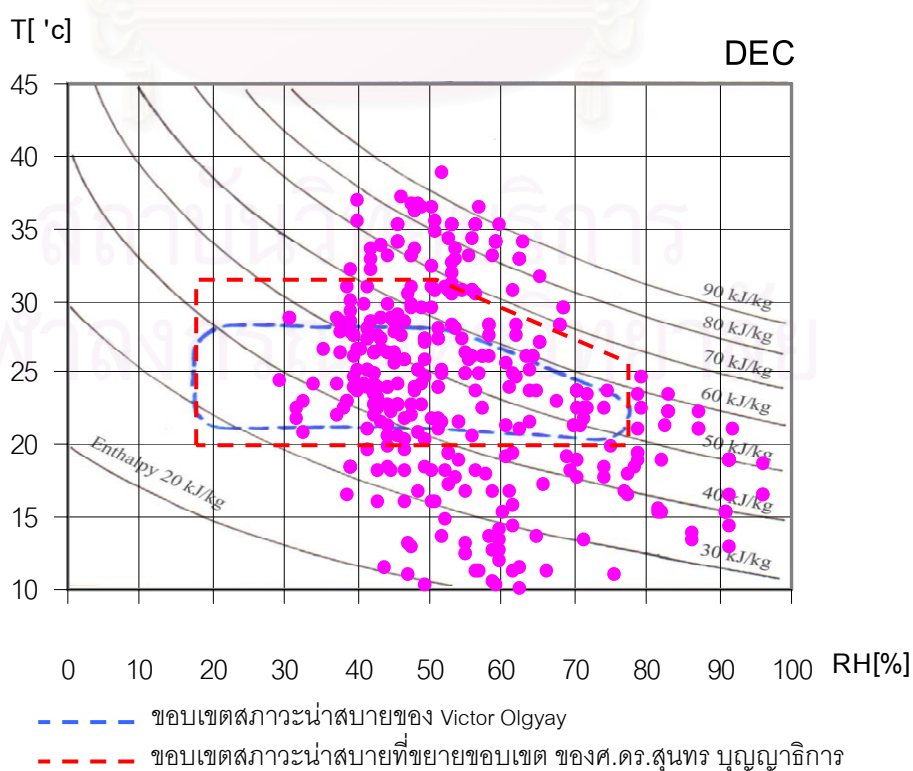
แผนภูมิที่ 4.91 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน



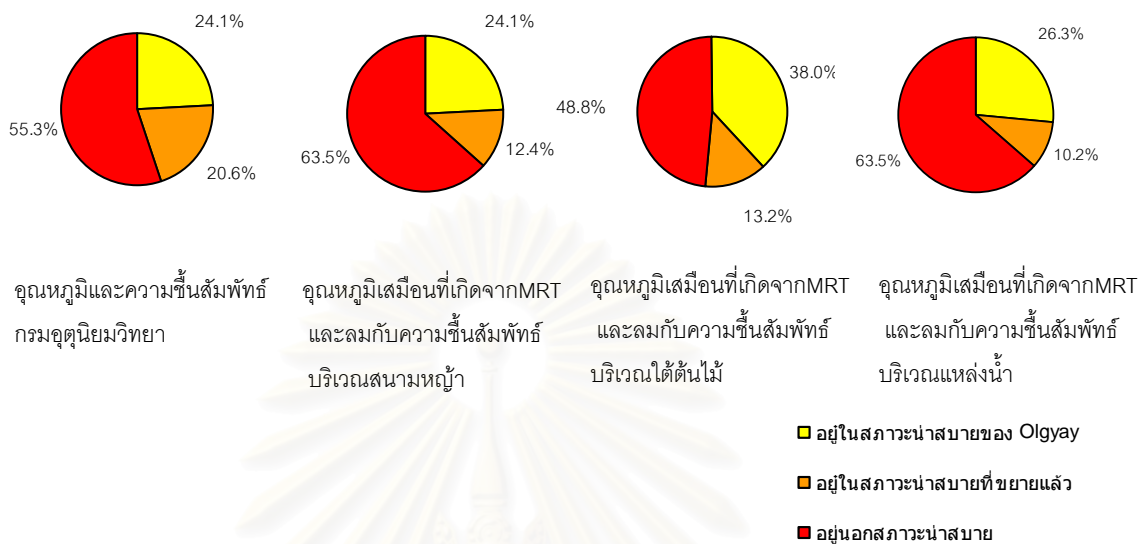
แผนภูมิที่ 4.92 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน



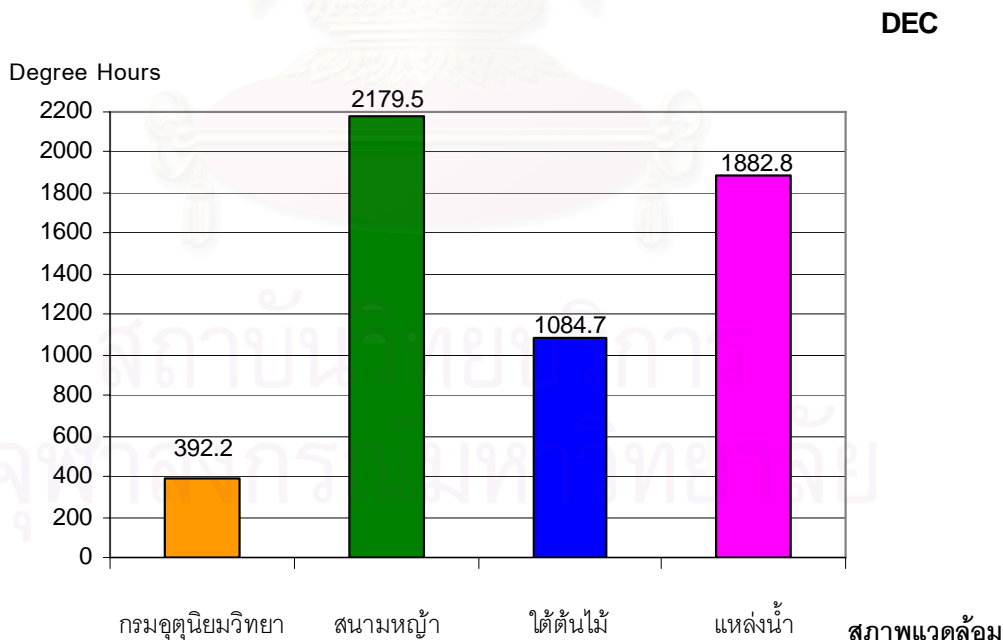
แผนภูมิที่ 4.93 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.94 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนธันวาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



แผนภูมิที่ 4.95 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางวัน



ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ของ กทม. ในเวลากลางวัน

เดือน	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขต ของ Olgay	อยู่ในขอบเขต ของที่ขยาย	นอกสภาวะน่า สบาย	
มกราคม	3.2	11.9	84.9	240.6
กุมภาพันธ์	0.5	2.7	96.8	16.1
มีนาคม	0.7	1.7	97.6	35.6
เมษายน	0.0	0.0	100.0	5.0
พฤษภาคม	0.0	0.0	100.0	1.7
มิถุนายน	0.0	0.0	100.0	1.7
กรกฎาคม	0.0	0.0	100.0	0.6
สิงหาคม	0.0	0.0	100.0	7.2
กันยายน	0.0	0.0	100.0	10.6
ตุลาคม	0.0	0.0	100.0	15.0
พฤศจิกายน	0.5	8.2	91.3	113.3
ธันวาคม	24.1	20.6	55.3	392.2

จากตารางที่ 4.1 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้จากข้อมูล อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาอยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายมีทั้งหมด 5 เดือน คือ มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พฤศจิกายนและธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว เดือนที่มีสภาพอากาศอยู่ใน สภาวะน่าสบายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 46.7 % ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิ น่า สบายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 392.2 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 839.6 Degree Hours

ตารางที่ 4.2 แสดงสัดส่วนสภาวะนำสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของทท.บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางวัน

เดือน	สัดส่วนสภาวะนำสบาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขต ของ Olgay	อยู่ในขอบเขต ของที่ขยาย	นอกสภาวะนำ สบาย	
มกราคม	6.2	8.7	85.1	1546.4
กุมภาพันธ์	1.9	3.0	95.1	311.8
มีนาคม	4.0	2.2	93.8	604.4
เมษายน	1.3	2.8	95.9	167.7
พฤษภาคม	0.2	0.0	99.8	143.4
มิถุนายน	6.9	10.3	82.8	273.7
กรกฎาคม	2.5	5.0	92.5	285.5
สิงหาคม	6.9	7.7	85.4	609.0
กันยายน	1.3	1.0	97.7	501.2
ตุลาคม	0.7	2.2	97.1	660.5
พฤศจิกายน	4.6	9.2	86.2	1005.7
ธันวาคม	24.1	12.4	63.5	2179.5

จากตารางที่ 4.2 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากสนามหญ้าและความเร็วลม อยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะนำสบายได้ทุกเดือน ซึ่งเพิ่มจากอุณหภูมิที่ได้จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่เป็นสภาพอากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม แสดงว่าสภาพแวดล้อมสามารถปรับสภาพอากาศให้อยู่ในสภาวะนำสบายได้ สภาพอากาศอยู่ในสภาวะนำสบายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 36.5 % เป็นช่วงฤดูหนาว เช่นเดียวกับข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา แต่มีค่าสัดส่วนความสบายน้อยกว่าเนื่องมาจากในเวลา กลางวันสนามหญ้าได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้รู้สึกเสมือนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น แต่ช่วงเวลากลางวันลมจะพัดเร็วกว่าในเวลากลางคืนดังนั้นลมจะช่วยลดความรู้สึกที่ร้อนจากการแผ่รังสีของพื้นผิวสนามหญ้าได้ ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมินำ สบายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 2179.5 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 8288.8 Degree Hours

ตารางที่ 4.3 แสดงสัดส่วนสภาวะน้ำสลายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน

เดือน	สัดส่วนสภาวะน้ำสลาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขตของ Olgay	อยู่ในขอบเขตของที่ขยาย	นอกสภาวะน้ำสลาย	
มกราคม	15.4	15.6	69.0	746.6
กุมภาพันธ์	14.3	28.0	57.7	139.1
มีนาคม	14.1	21.8	64.1	334.6
เมษายน	27.7	13.8	58.5	188.8
พฤษภาคม	1.5	5.7	92.8	83.6
มิถุนายน	31.8	20.3	47.9	362.5
กรกฎาคม	11.9	21.3	66.8	183.3
สิงหาคม	26.6	15.1	58.3	564.9
กันยายน	10.5	9.2	80.3	247.7
ตุลาคม	8.7	12.4	78.9	369.8
พฤศจิกายน	19.0	21.5	59.5	567.5
ธันวาคม	38.0	13.2	48.8	1084.7

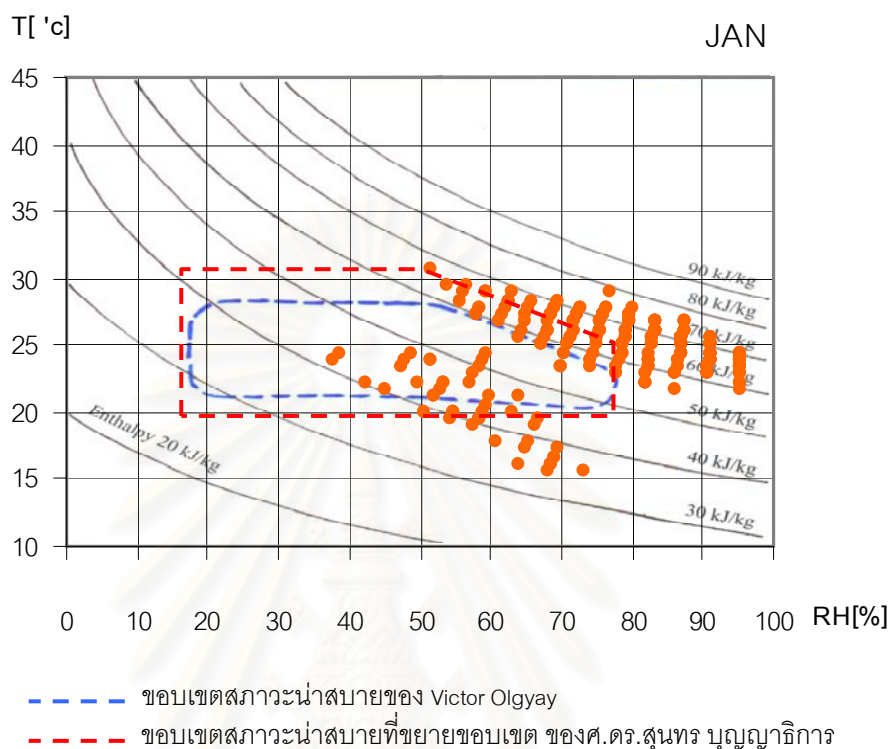
จากตารางที่ 4.3 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศใต้ต้นไม้และความเร็วลม ผลที่ได้อยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน้ำสลายได้ทุกเดือน ซึ่งเพิ่มจากอุณหภูมิที่ได้จากสภาพแวดล้อมที่เป็นสนามหญ้า ที่เป็นสภาพอากาศที่ไม่ได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้สภาพอากาศไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากและมีความเร็วลมที่พัดผ่านมาได้ รวมไปถึงช่วยสร้างความรู้สึกเสมือนว่าเย็นลงหรือพัดอากาศเย็นเข้ามาแทนที่จึงไม่เกิดการสะสมของอากาศใต้ใบ สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน้ำสลายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 51.2 % เป็นช่วงฤดูหนาว และมีค่าสัดส่วนความสลายมากที่สุดใน 4 สภาพอากาศที่นำมาเปรียบเทียบ ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำสลายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 1084.7 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 4873.1 Degree Hours ซึ่งน้อยกว่าบริเวณสนามหญ้าและแหล่งน้ำเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ไม่มาก และในช่วงเวลาเช้า 6:00 น. สนามหญ้าและแหล่งน้ำมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าบริเวณใต้ต้นไม้ และในฤดูหนาวบริเวณใต้ต้นไม้จะควบคุมสภาพอากาศให้มีความสม่ำเสมอไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไป ซึ่งแตกต่างจากสนามหญ้าและแหล่งน้ำสภาพอากาศจะแปรเปลี่ยนเร็วมากและไม่มีการควบคุม

ตารางที่ 4.4 แสดงสัดส่วนสภาวะน้ำสลายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางวัน

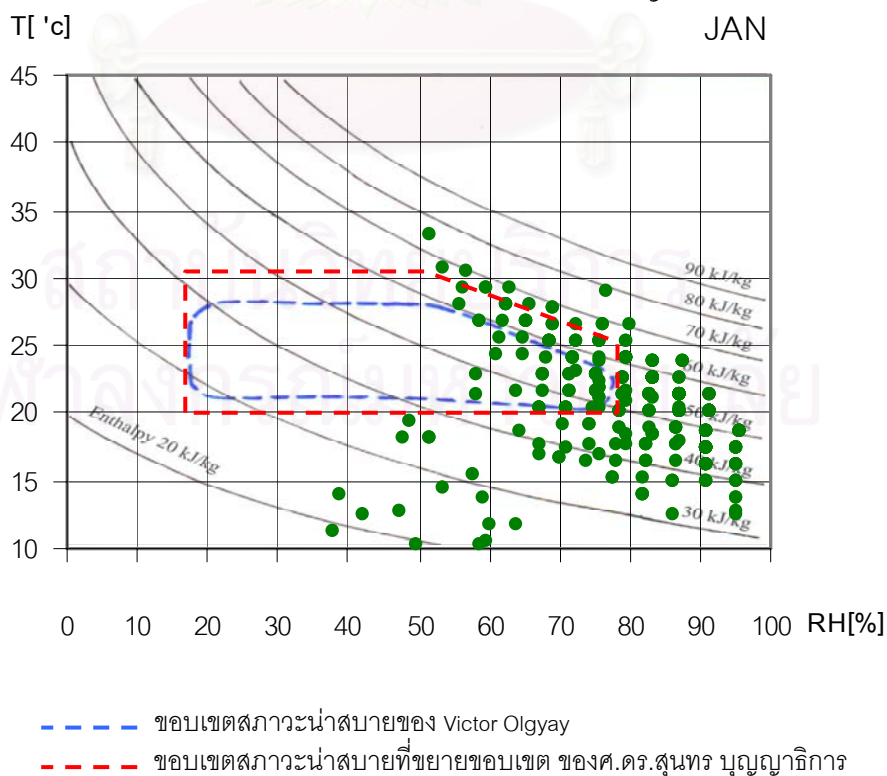
เดือน	สัดส่วนสภาวะน้ำสลาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขต ของ Olgay	อยู่ในขอบเขต ของที่ขยาย	นอกสภาวะน้ำ สลาย	
มกราคม	7.7	9.2	83.1	1331.9
กุมภาพันธ์	1.9	5.2	92.9	243.5
มีนาคม	4.7	4.0	91.3	500.1
เมษายน	2.1	5.4	92.5	129.0
พฤษภาคม	1.0	0.0	99.0	113.7
มิถุนายน	10.8	14.1	75.1	220.3
กรกฎาคม	2.7	6.2	91.1	216.9
สิงหาคม	10.9	11.7	77.4	514.0
กันยายน	0.5	1.5	98.0	394.1
ตุลาคม	1.0	2.2	96.8	369.8
พฤศจิกายน	6.2	11.0	82.8	858.9
ธันวาคม	26.3	10.2	63.5	1882.8

จากตารางที่ 4.4 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำและความเร็วลมอยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน้ำสลายได้ทุกเดือน ซึ่งเพิ่มจากอุณหภูมิที่ได้จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่เป็นสภาพอากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ส่วนบริเวณสนามหญ้าก็มีค่าที่มากกว่าแต่แตกต่างกันไม่มาก แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำสามารถปรับสภาพอากาศให้อยู่ในสภาวะน้ำสลายได้ดีกว่าบริเวณสนามหญ้าได้ก็ยิ่งน้อยกว่าบริเวณใต้ต้นไม้ สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน้ำสลายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 36.5 % ซึ่งมีค่าเท่ากับบริเวณสนามหญ้า แต่เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนความสลายที่มีน้อยกว่าสภาพข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาเนื่องมาจากในเวลากลางวันแหล่งน้ำได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) สูง โดยรอบ ทำให้รู้สึกเสมือนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น แต่ช่วงเวลากลางวันลมจะพัดเร็วกว่าในเวลากลางคืนดังนั้นลมจะช่วยลดความรู้สึกที่ร้อนจากการแผ่รังสีของพื้นผิวบริเวณแหล่งน้ำได้ ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำสลายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 1882.8 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 6380.9 Degree Hours

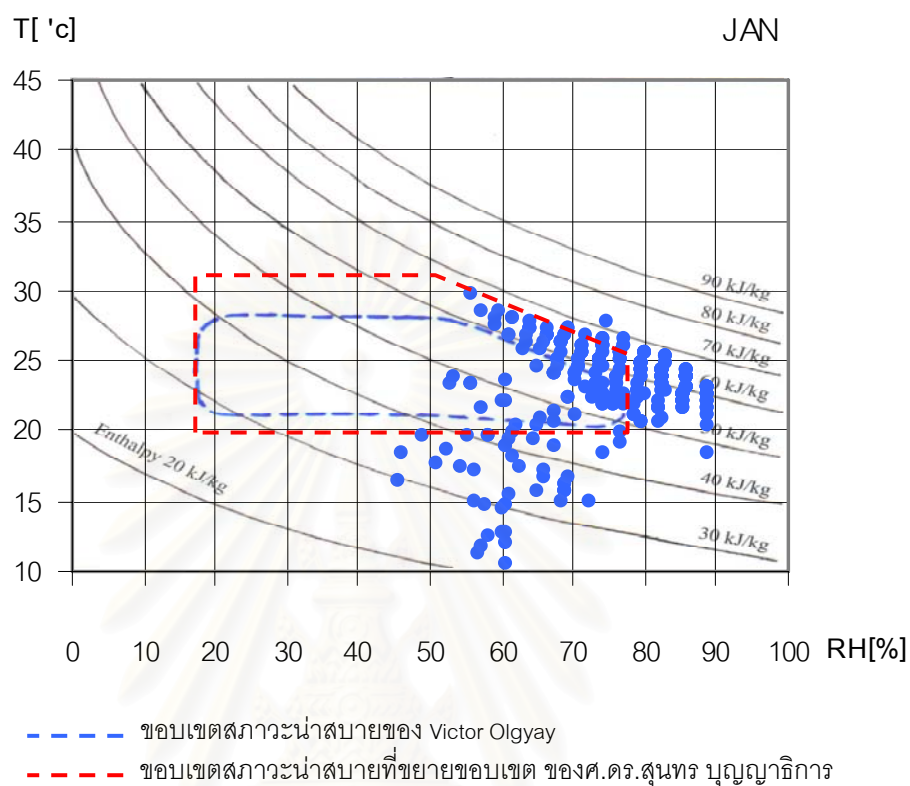
แผนภูมิที่ 4.96 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนมกราคมในเวลากลางคืน



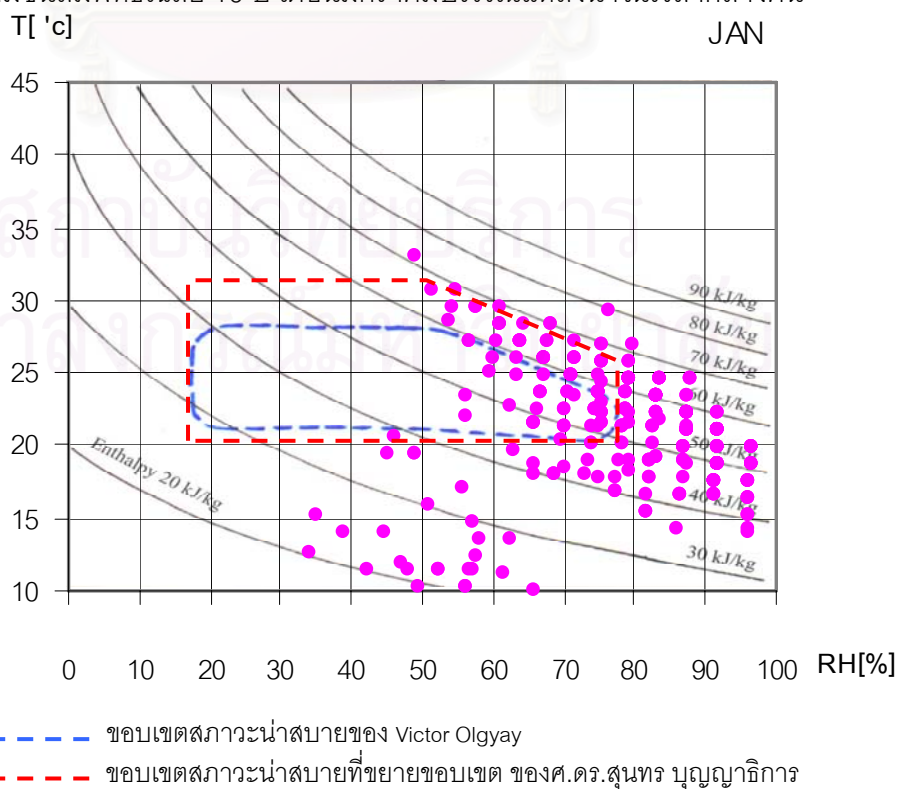
แผนภูมิที่ 4.97 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลมกับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



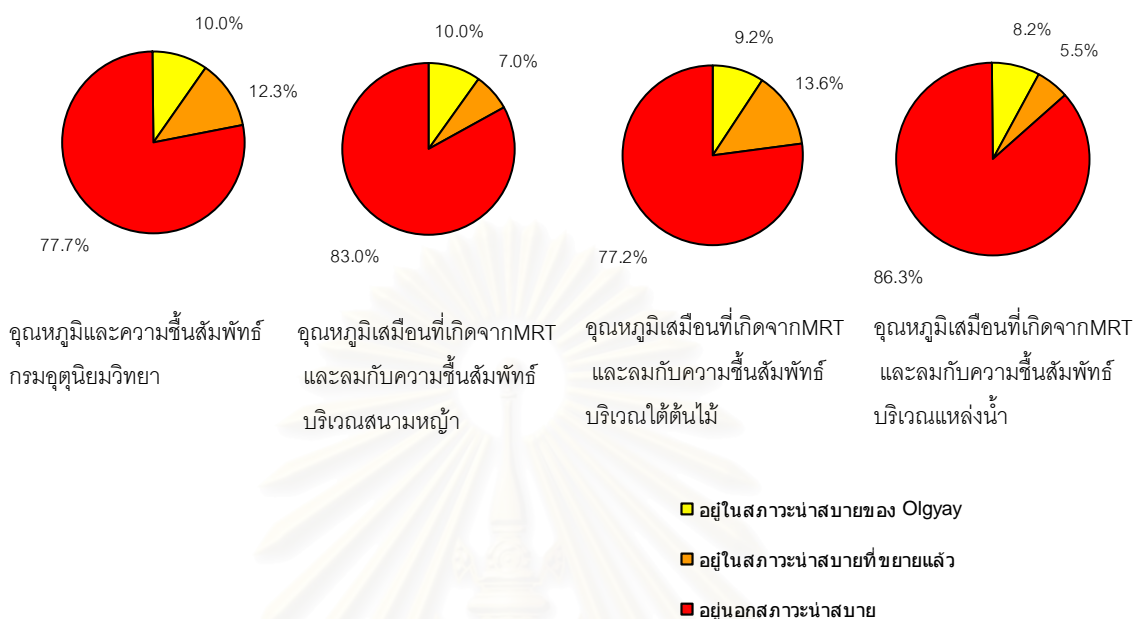
แผนภูมิที่ 4.98 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



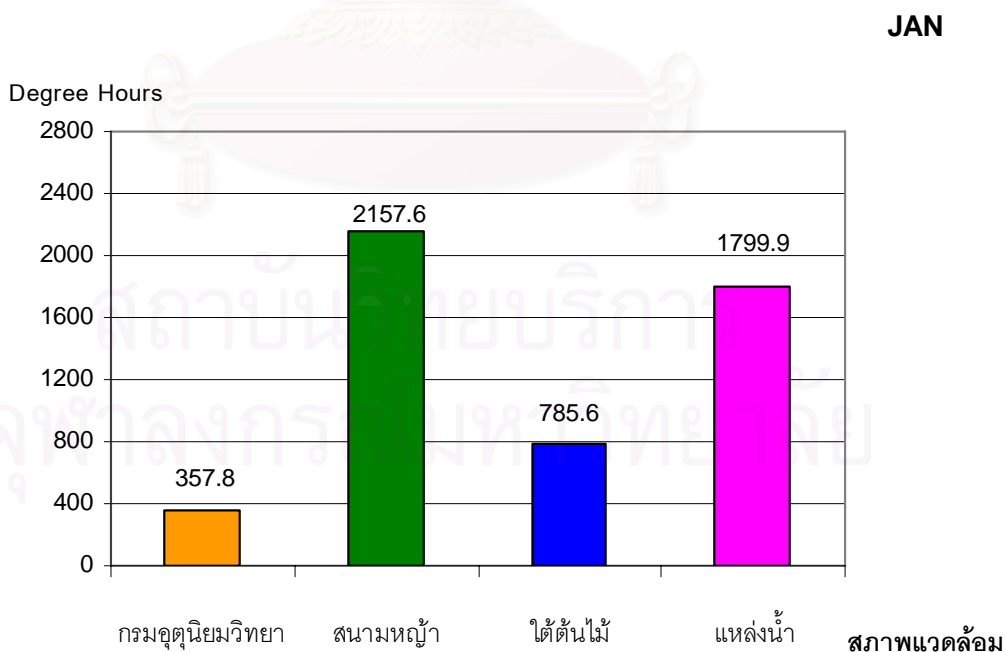
แผนภูมิที่ 4.99 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมกราคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.100 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภานาสบาย
ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน

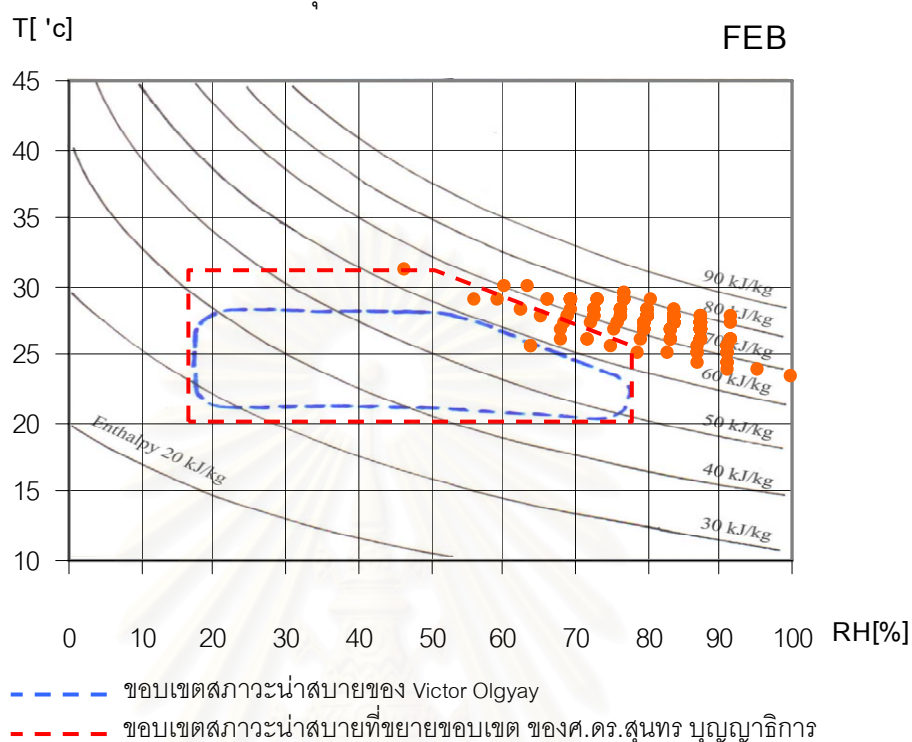


แผนภูมิที่ 4.101 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภานาสบายที่ 25 °C
ของเดือนมกราคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



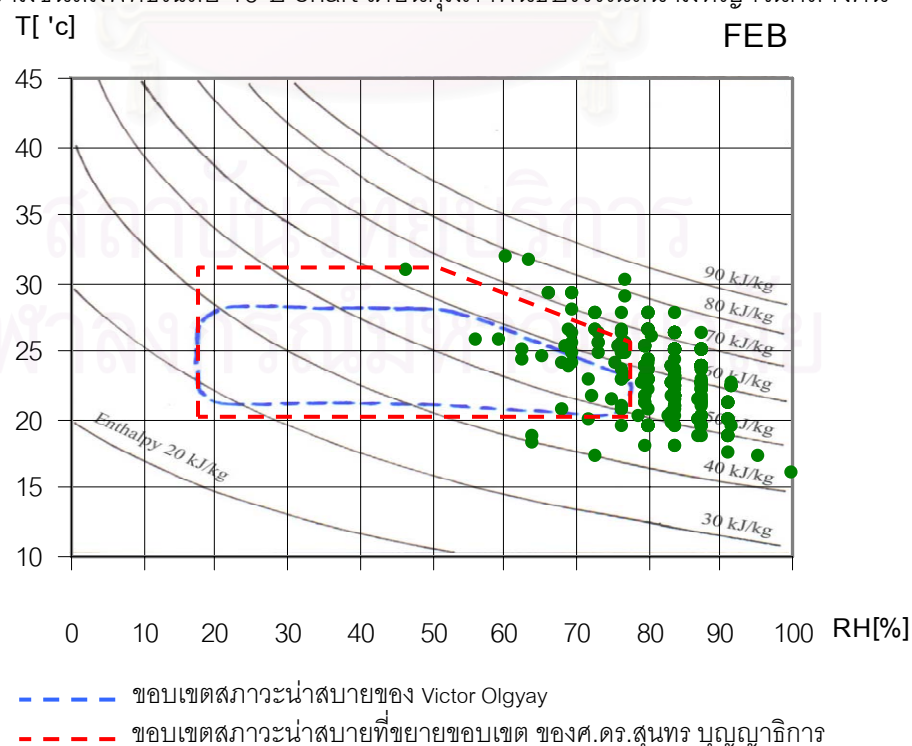
แผนภูมิที่ 4.102 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

เดือนกุมภาพันธ์ ในเวลากลางคืน

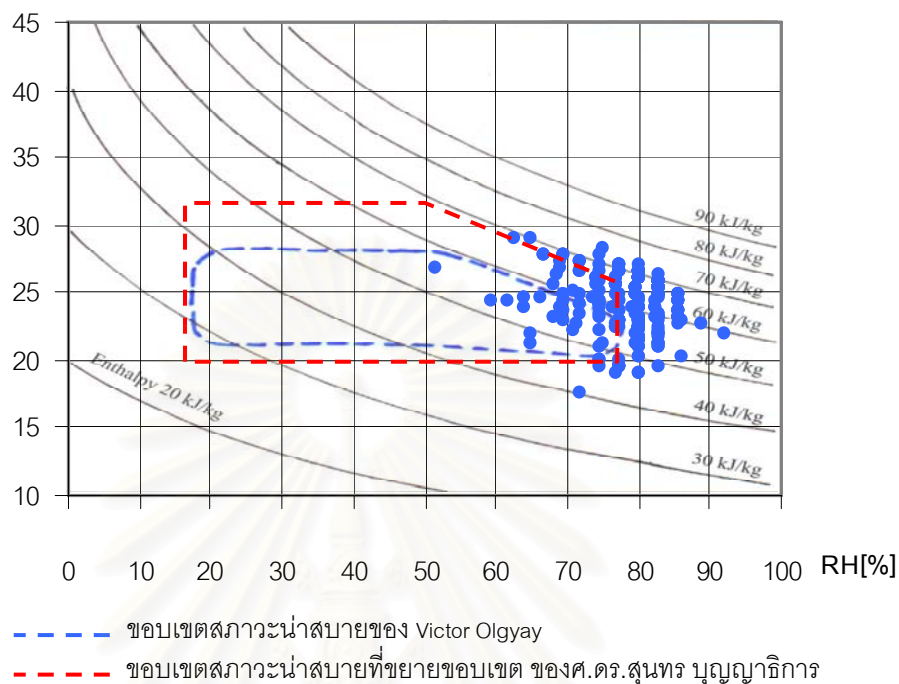


แผนภูมิที่ 4.103 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับ

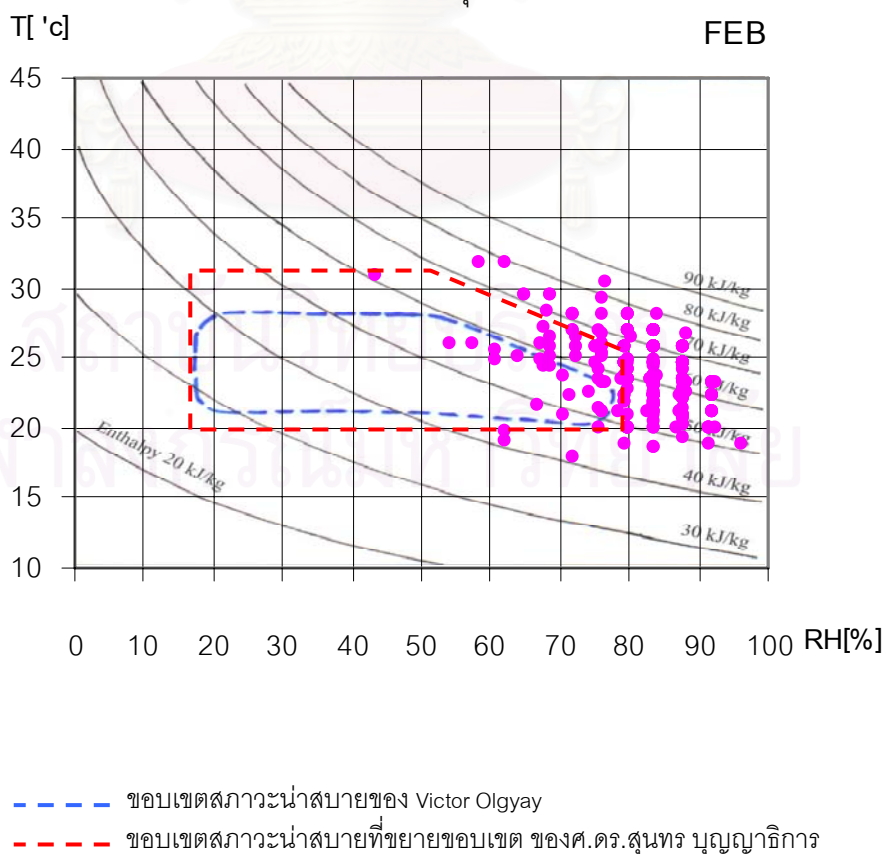
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี chart เดือนกุมภาพันธ์บริเวณสนามหญ้าในกลางคืน



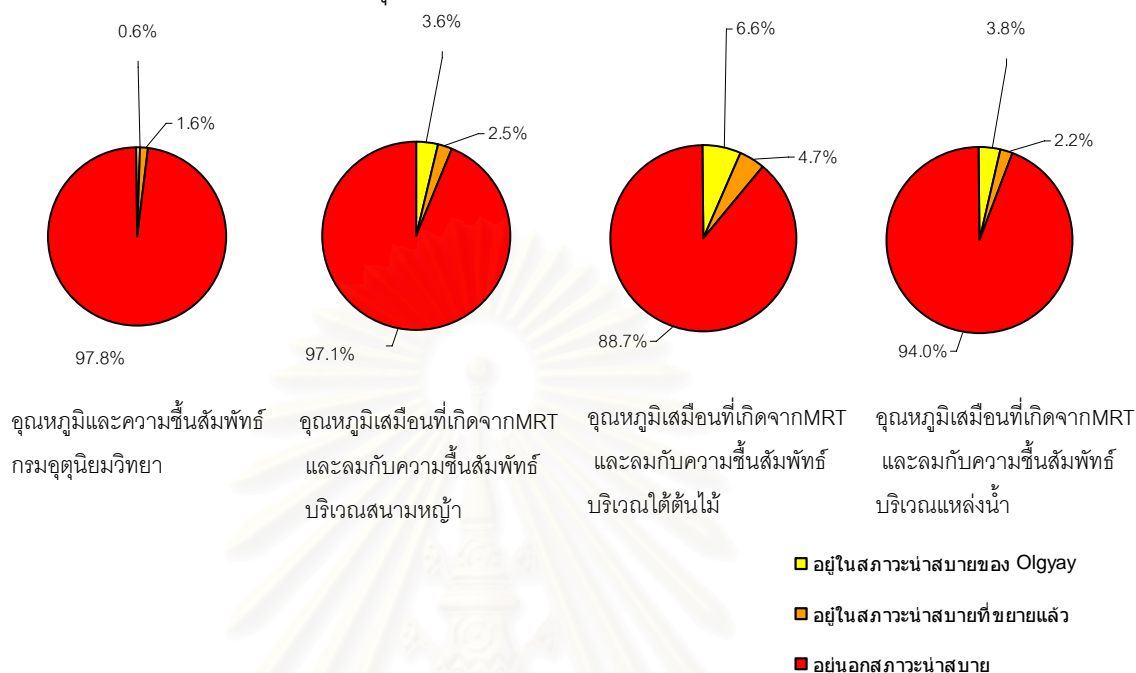
แผนภูมิที่ 4.104 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน
T [°C] FEB



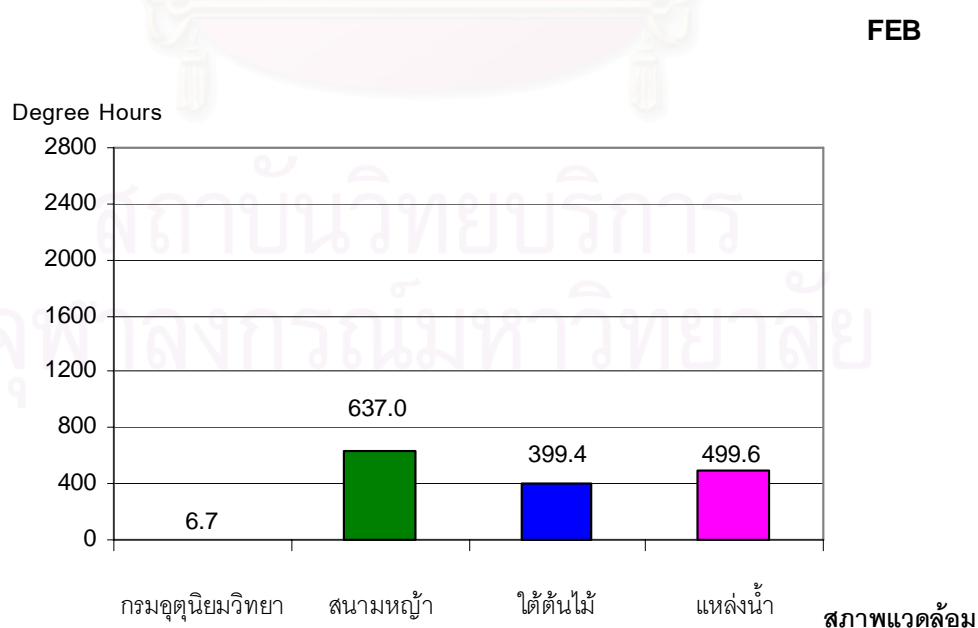
แผนภูมิที่ 4.105 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกุมภาพันธ์บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.106 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน

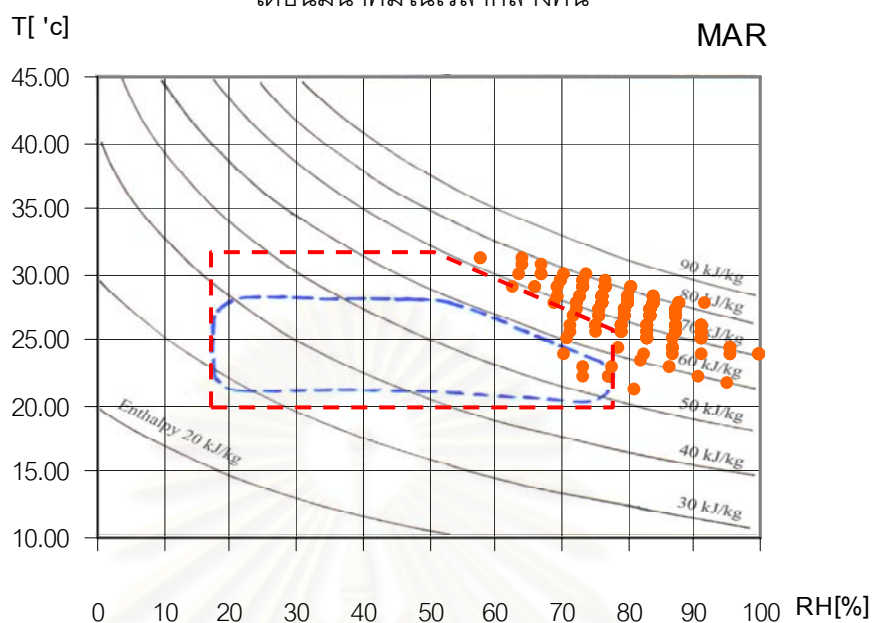


แผนภูมิที่ 4.107 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.108 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

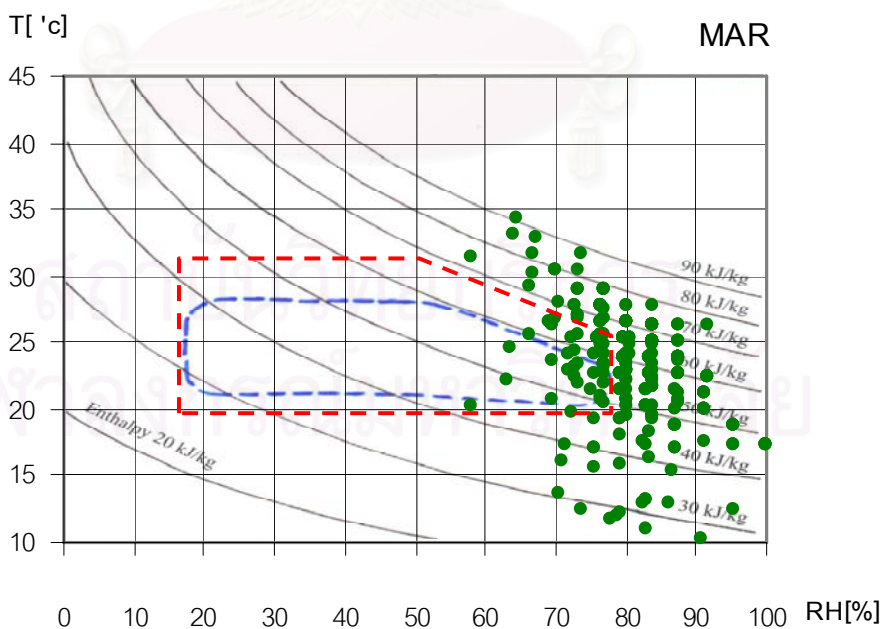
เดือนมีนาคมในเวลากลางคืน



- ขอบเขตสภาวะนำสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะนำสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาริกการ

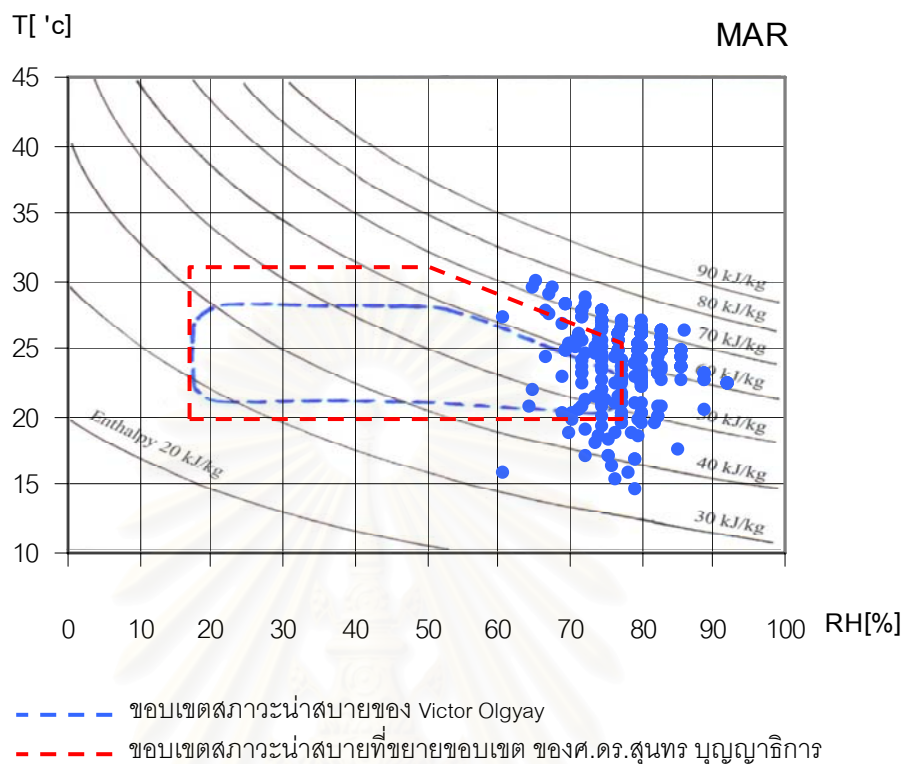
แผนภูมิที่ 4.109 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับ

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน

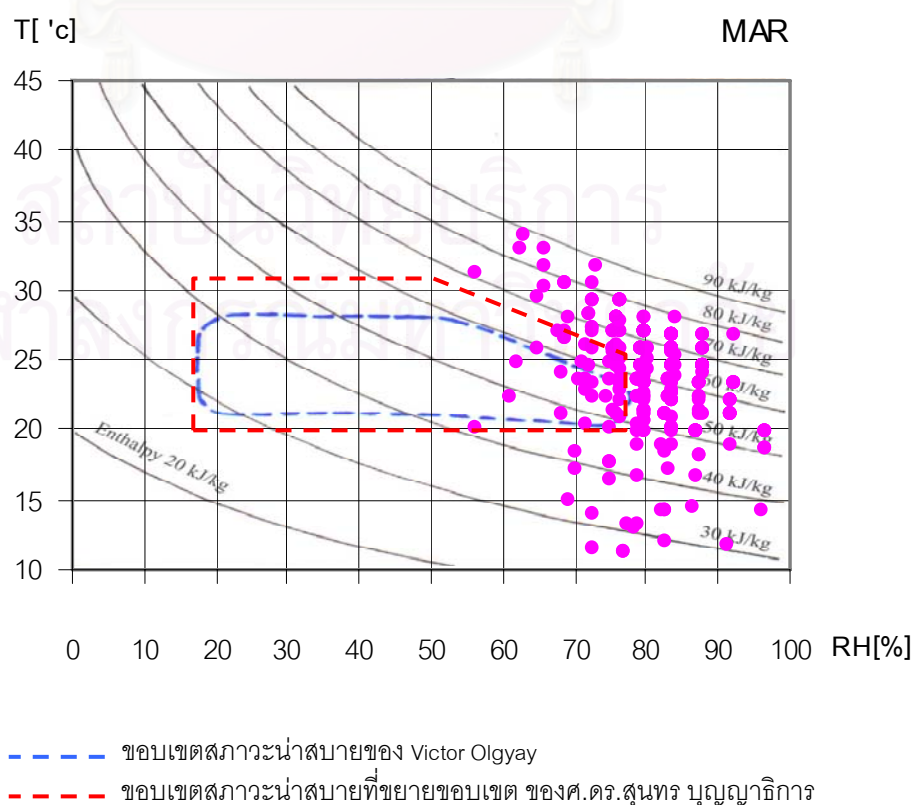


- ขอบเขตสภาวะนำสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะนำสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาริกการ

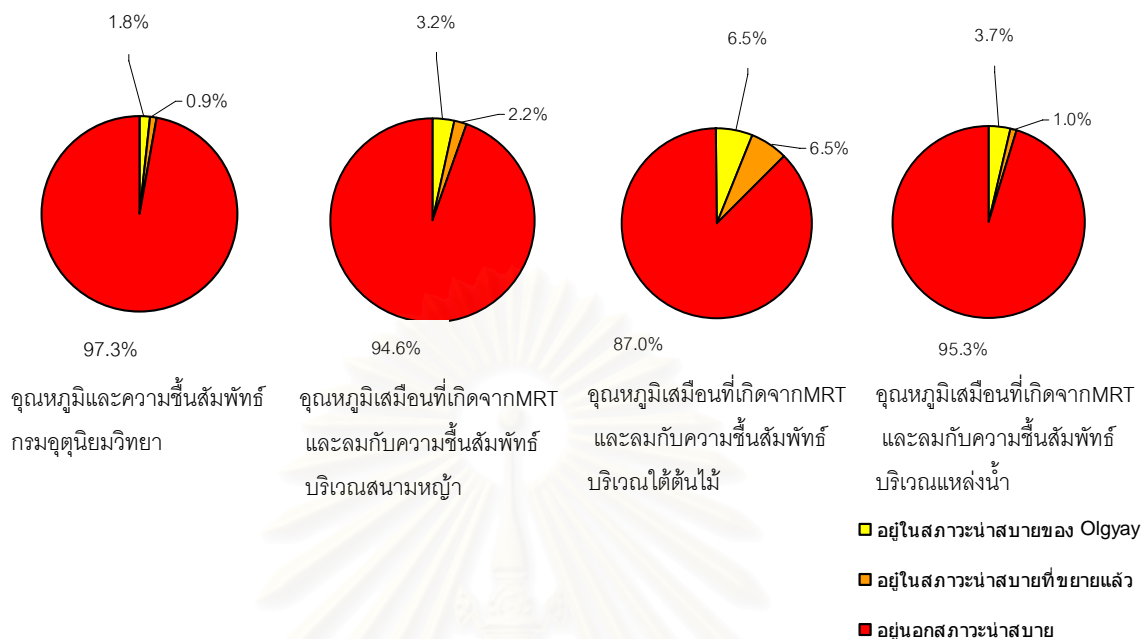
แผนภูมิที่ 4.110 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



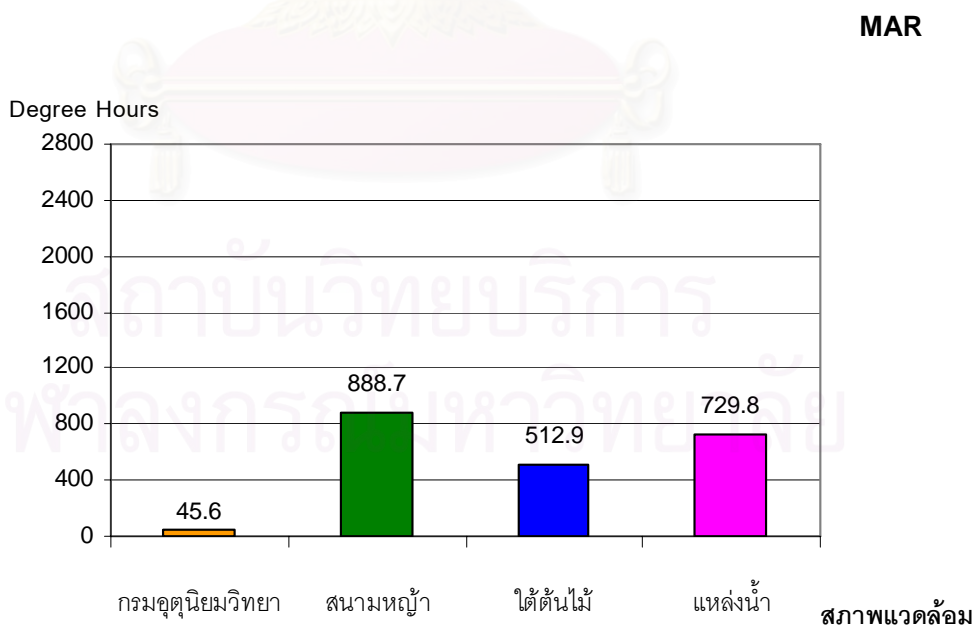
แผนภูมิที่ 4.111 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมีนาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.112 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย ของเดือนมีนาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน

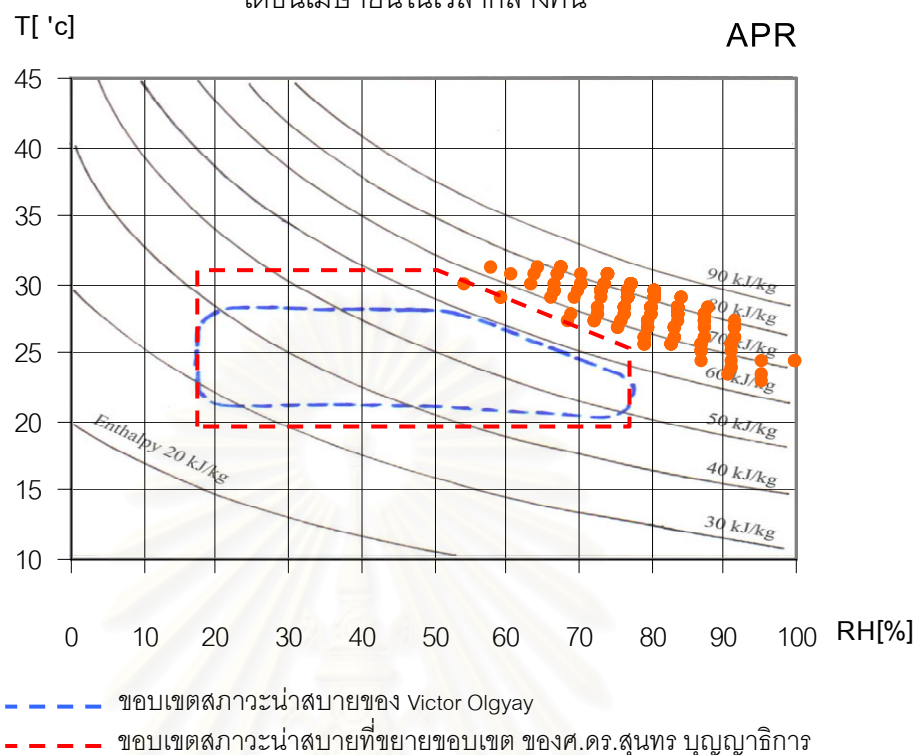


แผนภูมิที่ 4.113 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C ของเดือนมีนาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน

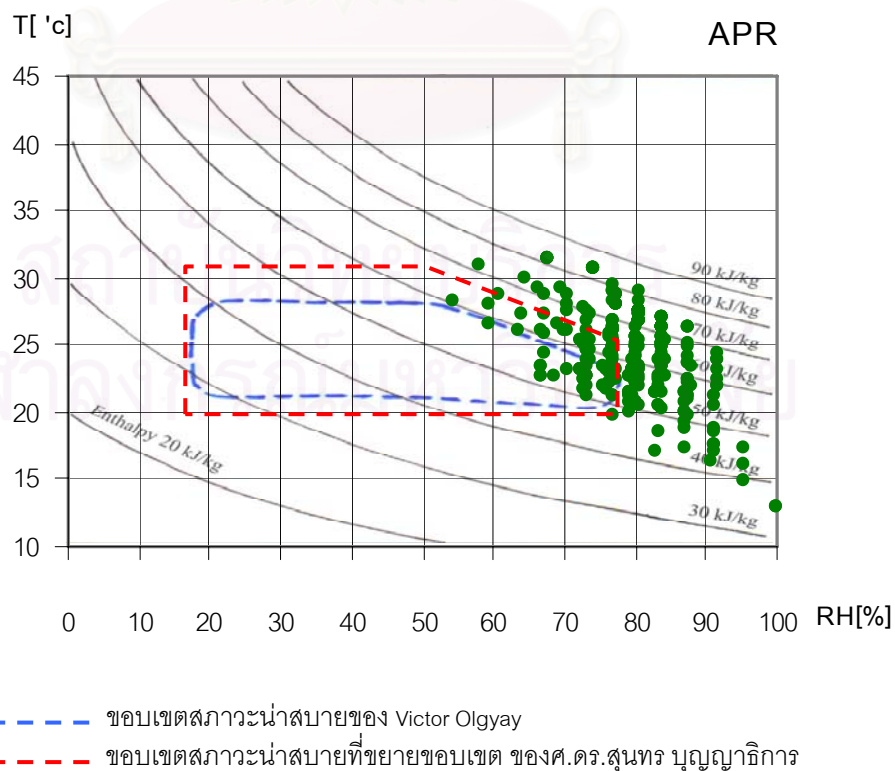


แผนภูมิที่ 4.114 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

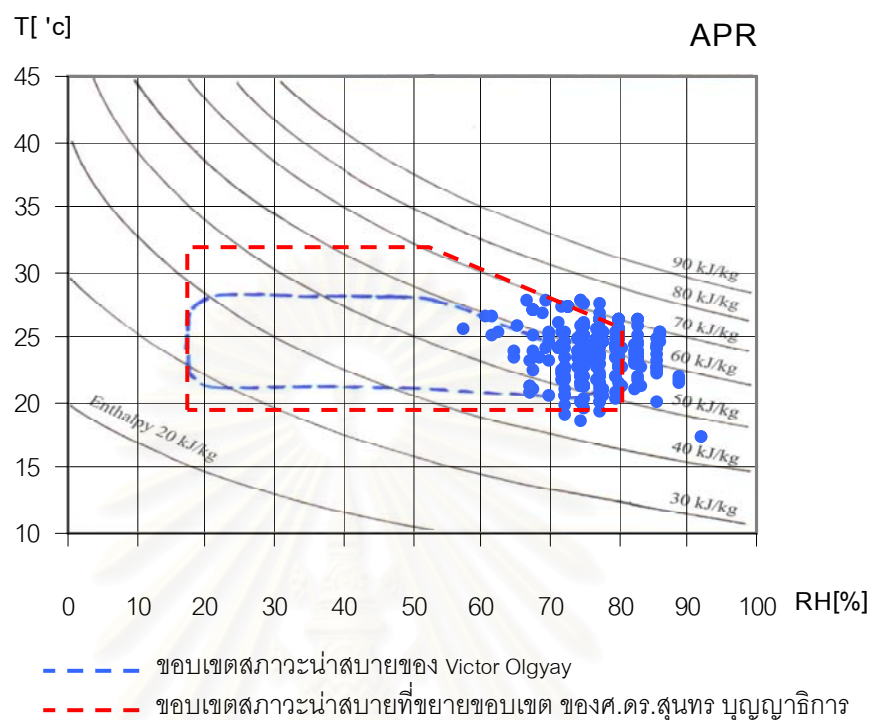
เดือนเมษายนในเวลากลางคืน



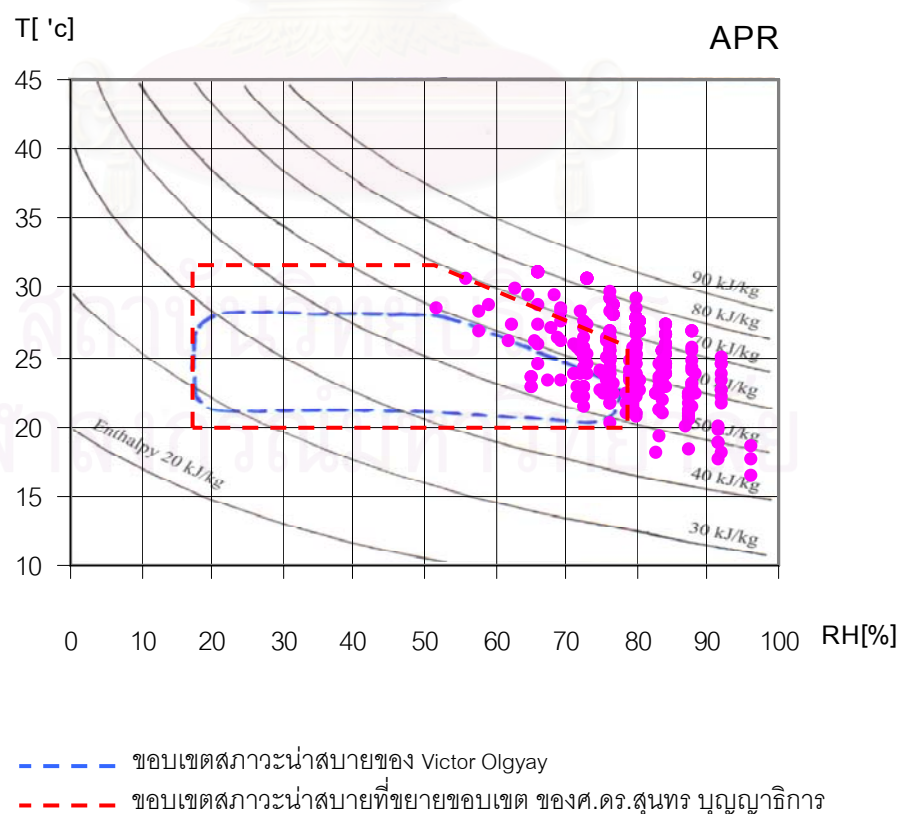
แผนภูมิที่ 4.115 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



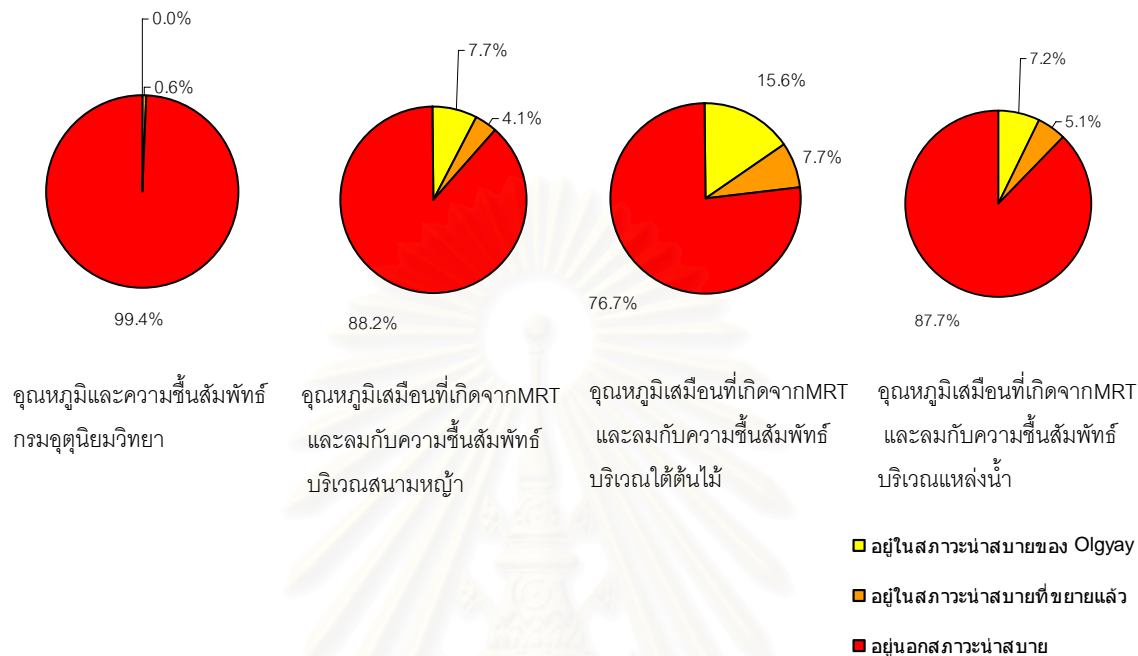
แผนภูมิที่ 4.116 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



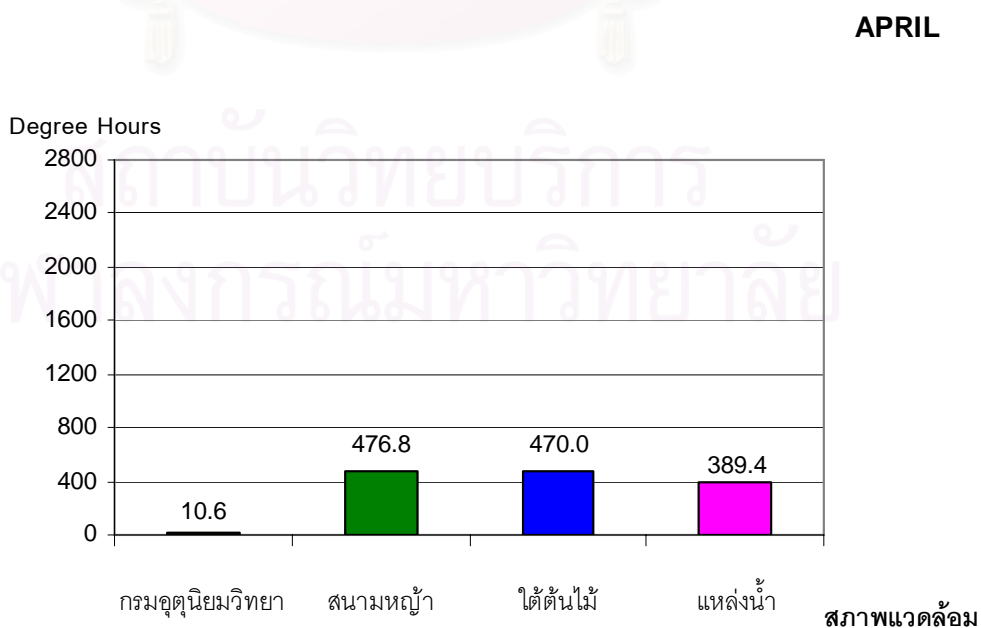
แผนภูมิที่ 4.117 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือน MRT และความเร็วลม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนเมษายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



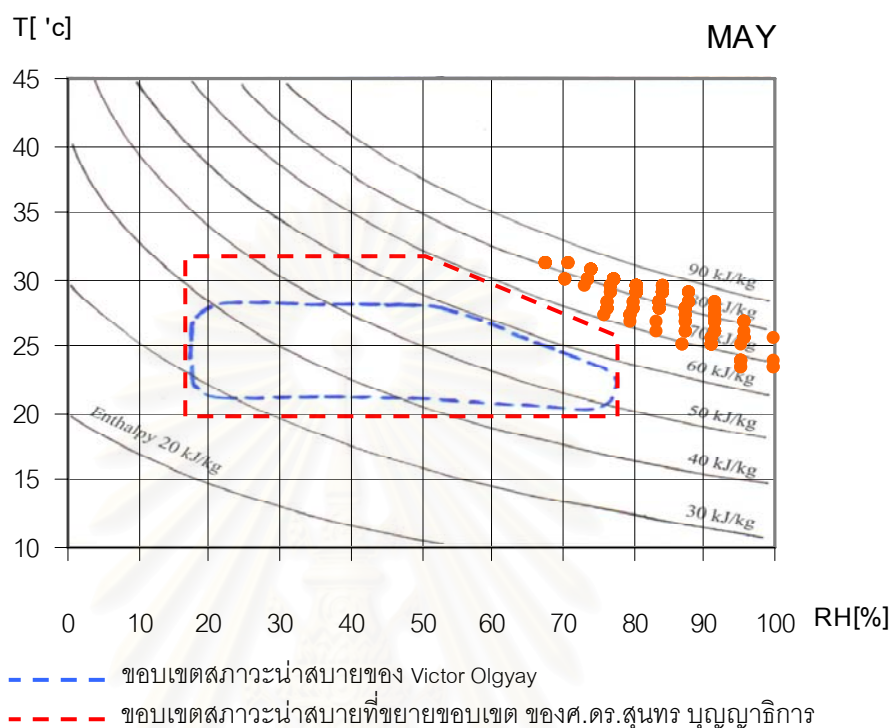
แผนภูมิที่ 4.118 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนเมษายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



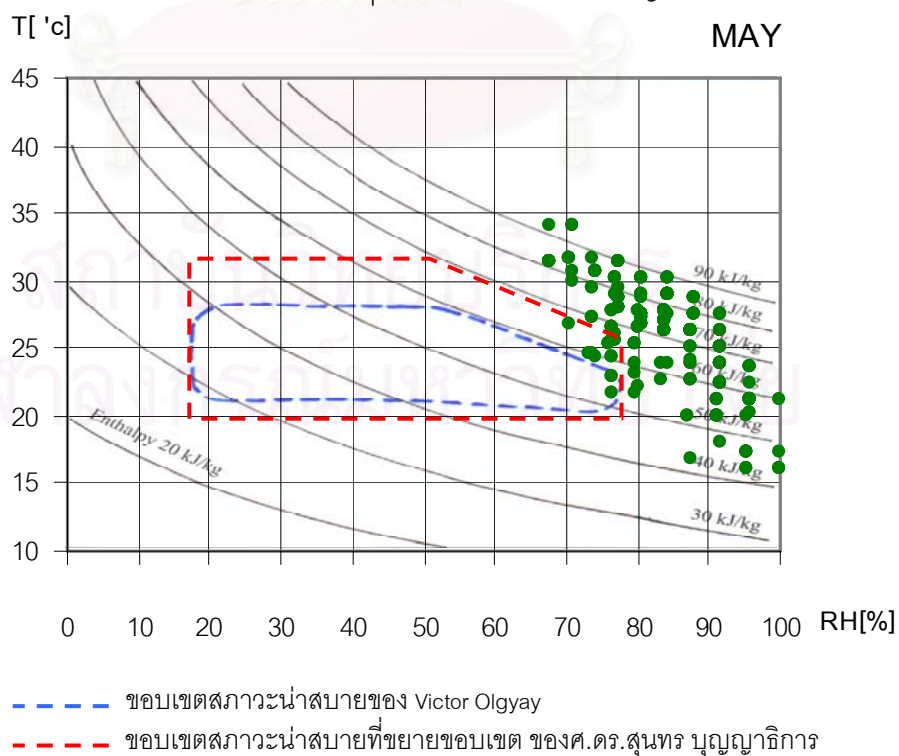
แผนภูมิที่ 4.119 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนเมษายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



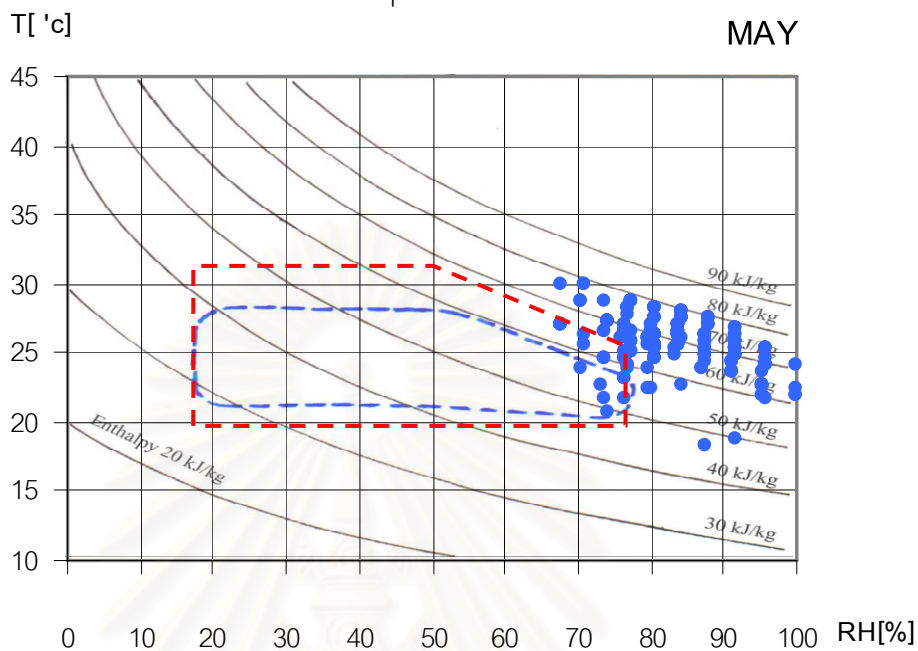
แผนภูมิที่ 4.120 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนพฤษภาคมในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.121 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน

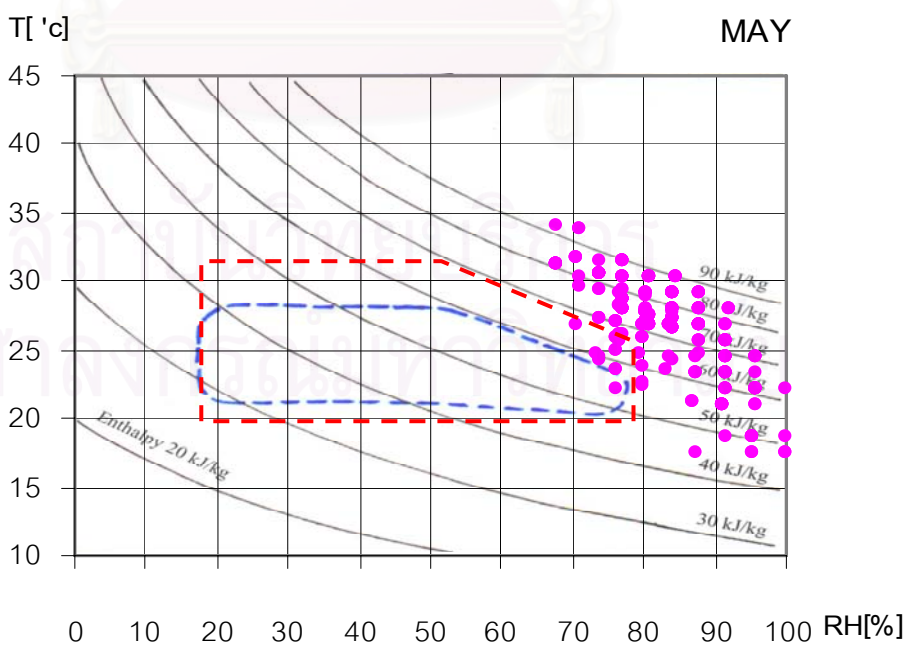


แผนภูมิที่ 4.122 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



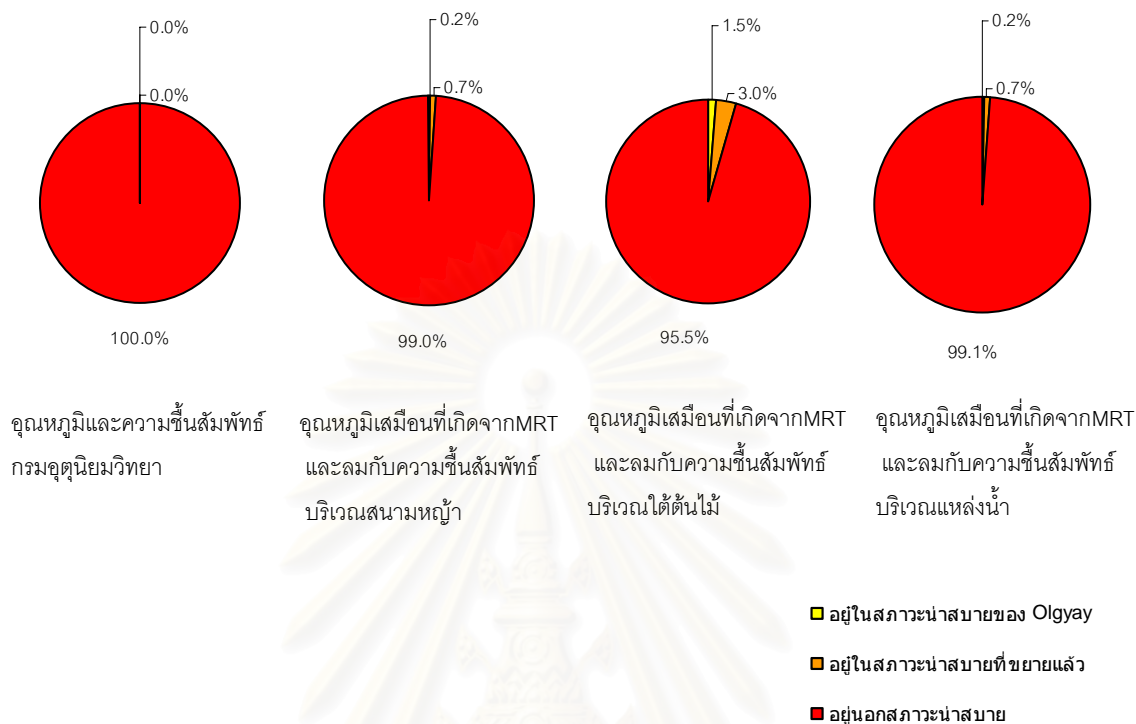
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.123 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤษภาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน

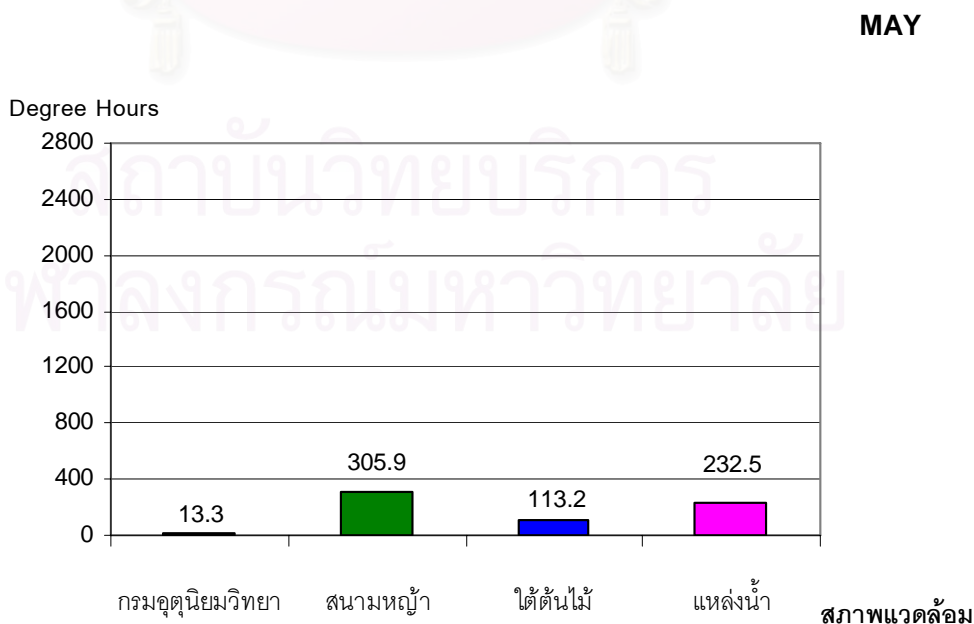


- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- - - - - ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

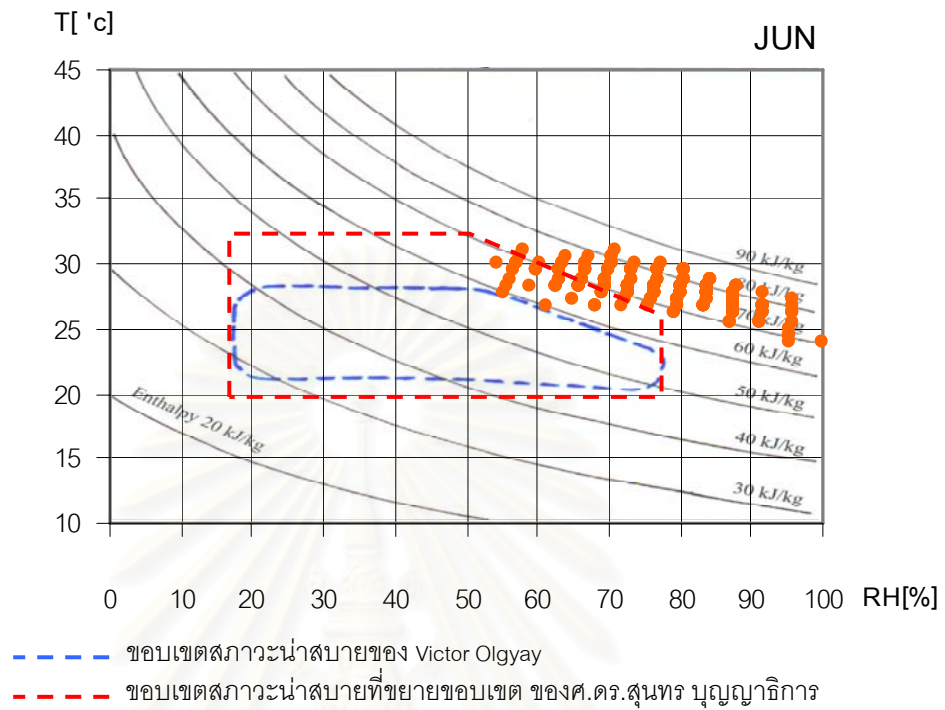
แผนภูมิที่ 4.124 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



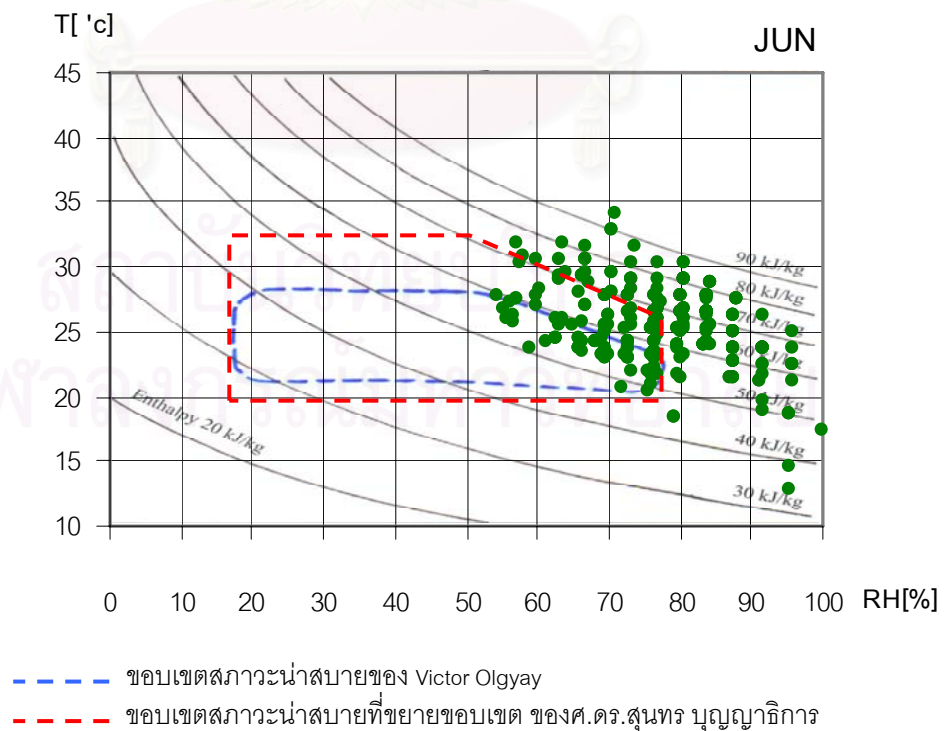
แผนภูมิที่ 4.125 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนพฤษภาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



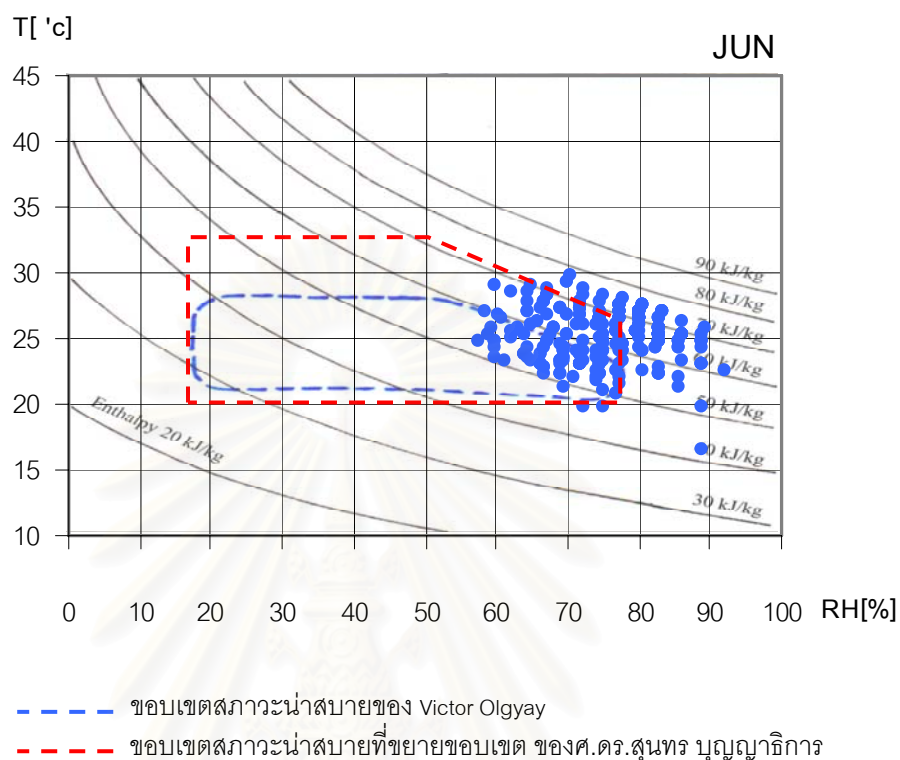
แผนภูมิที่ 4.126 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนมิถุนายนในเวลากลางคืน



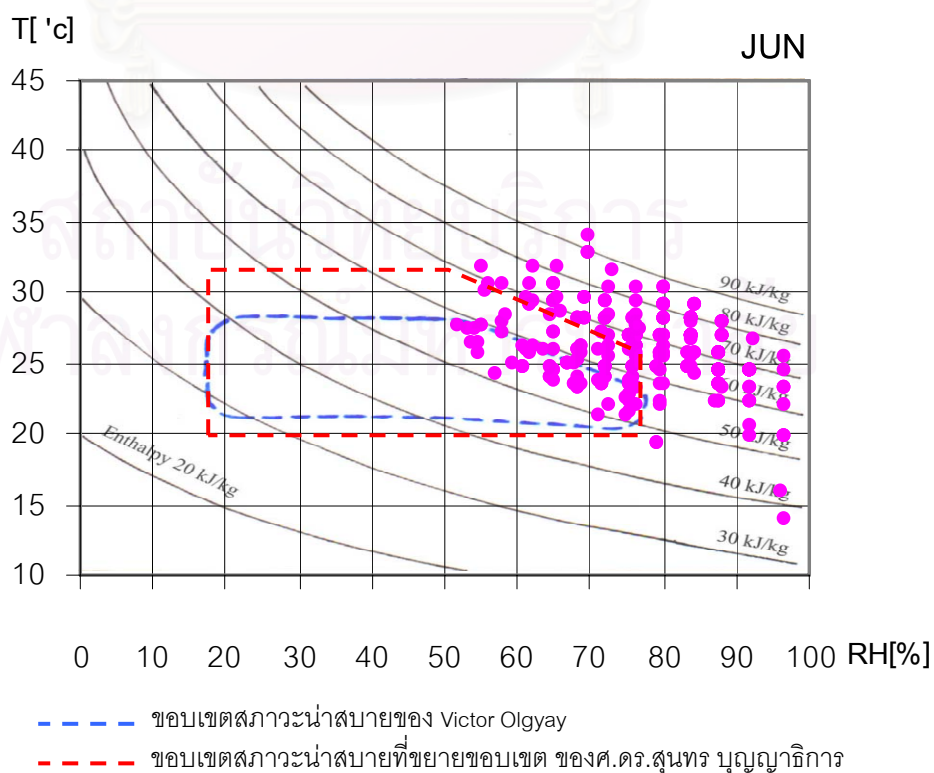
แผนภูมิที่ 4.127 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจากMRT และความเร็วลมกับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



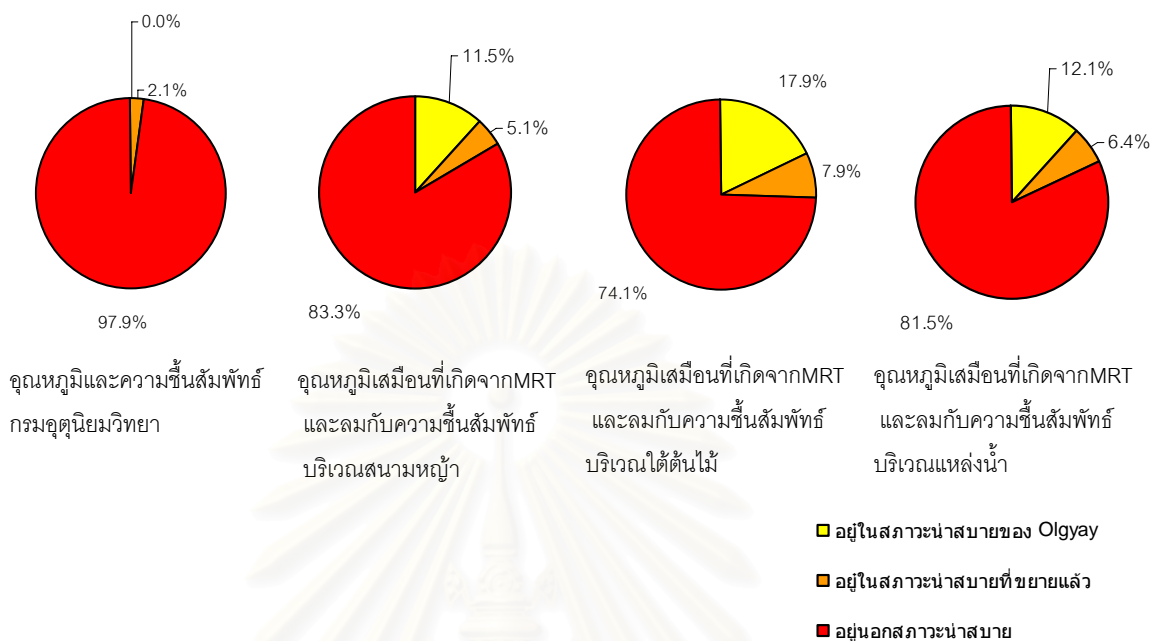
แผนภูมิที่ 4.128 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



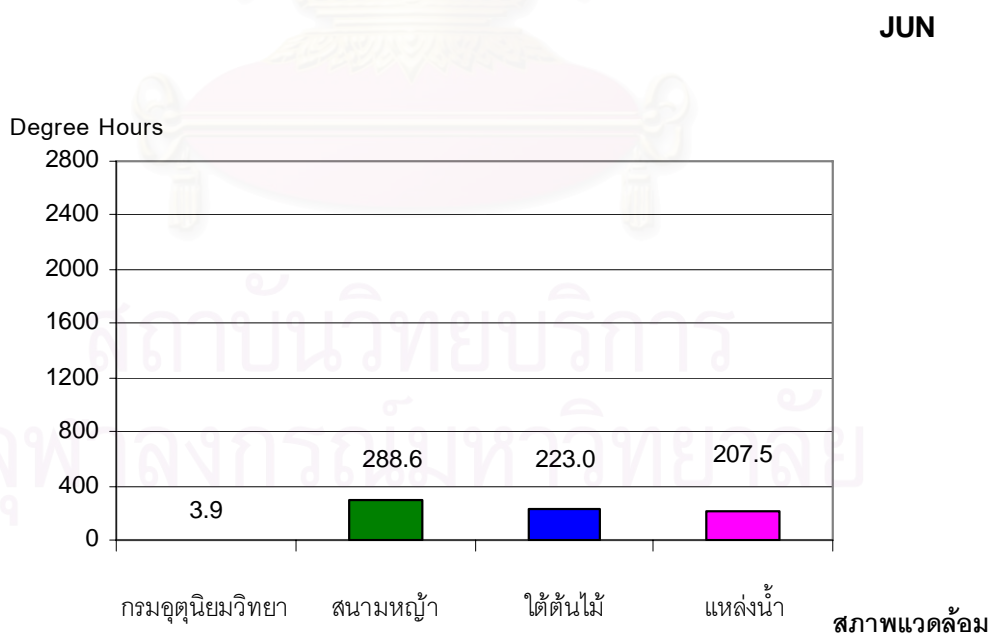
แผนภูมิที่ 4.129 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนมิถุนายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



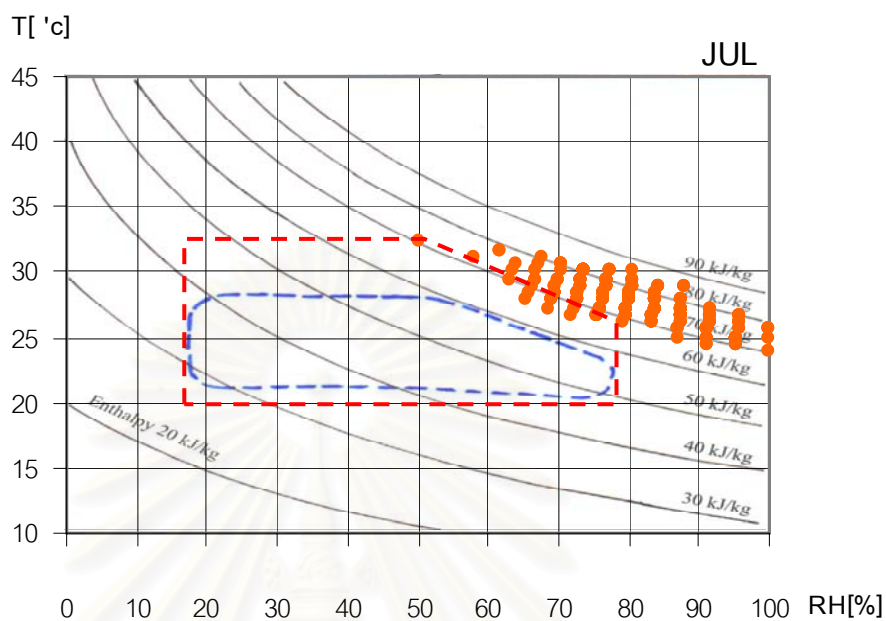
แผนภูมิที่ 4.130 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนมิถุนายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.131 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากคุณภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนมิถุนายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน

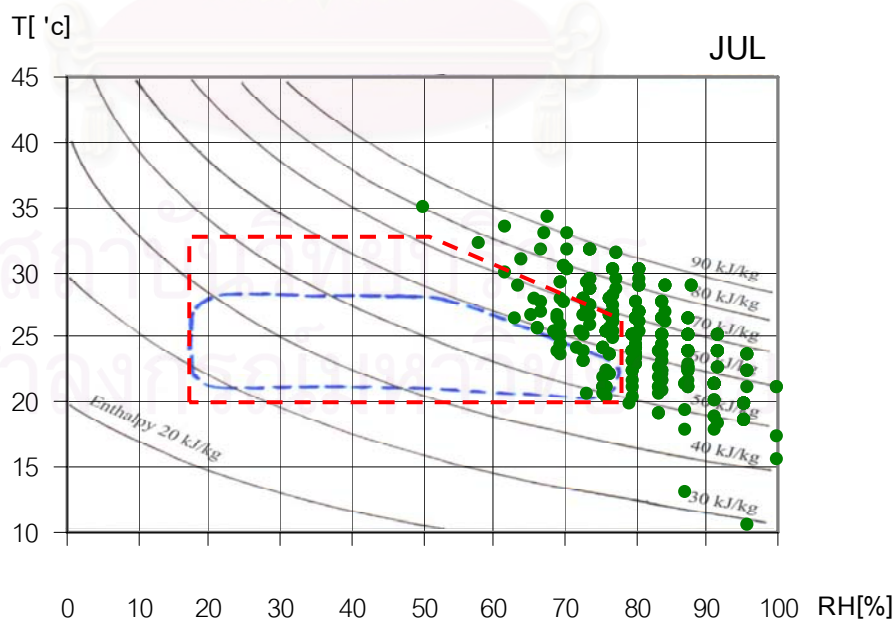


แผนภูมิที่ 4.132 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนกรกฎาคมในเวลากลางคืน



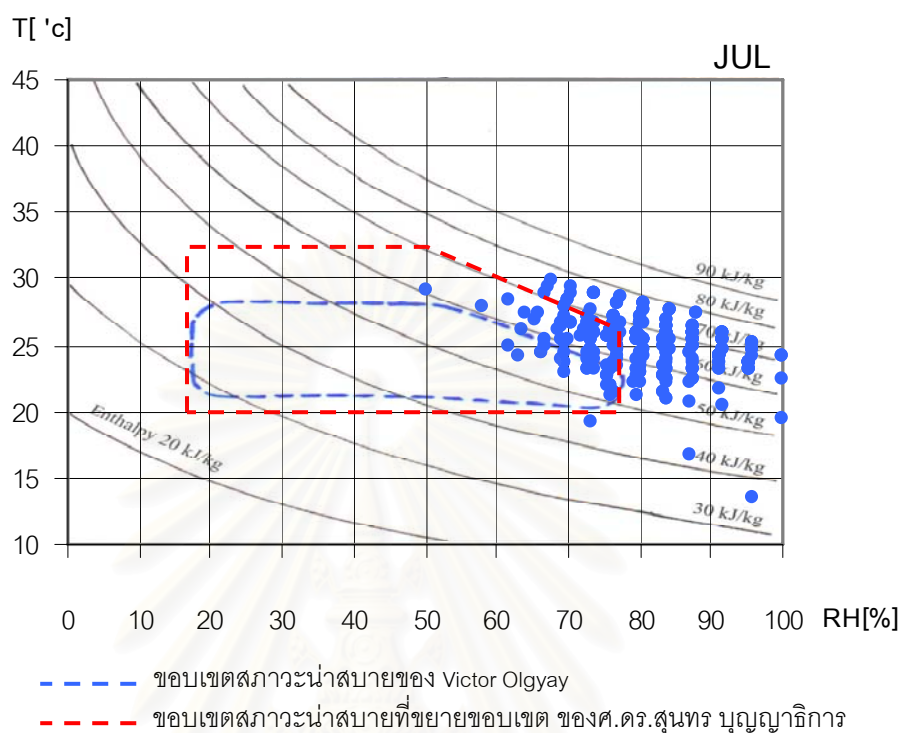
- ชอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ชอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.133 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมสนามหญ้าในเวลากลางคืน

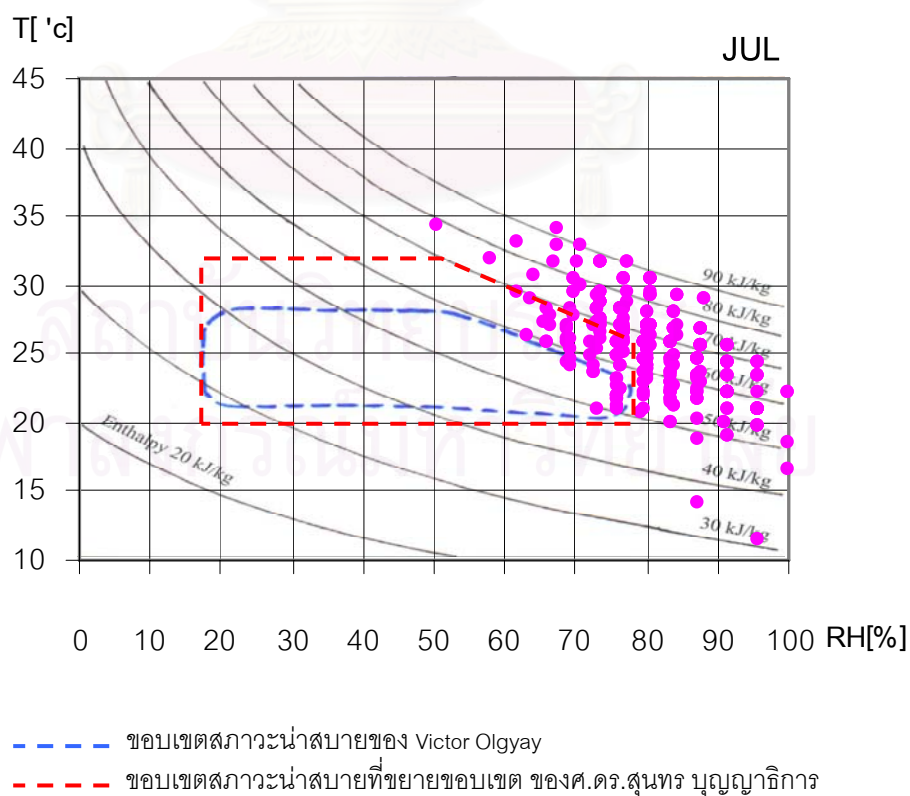


- ชอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ชอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ

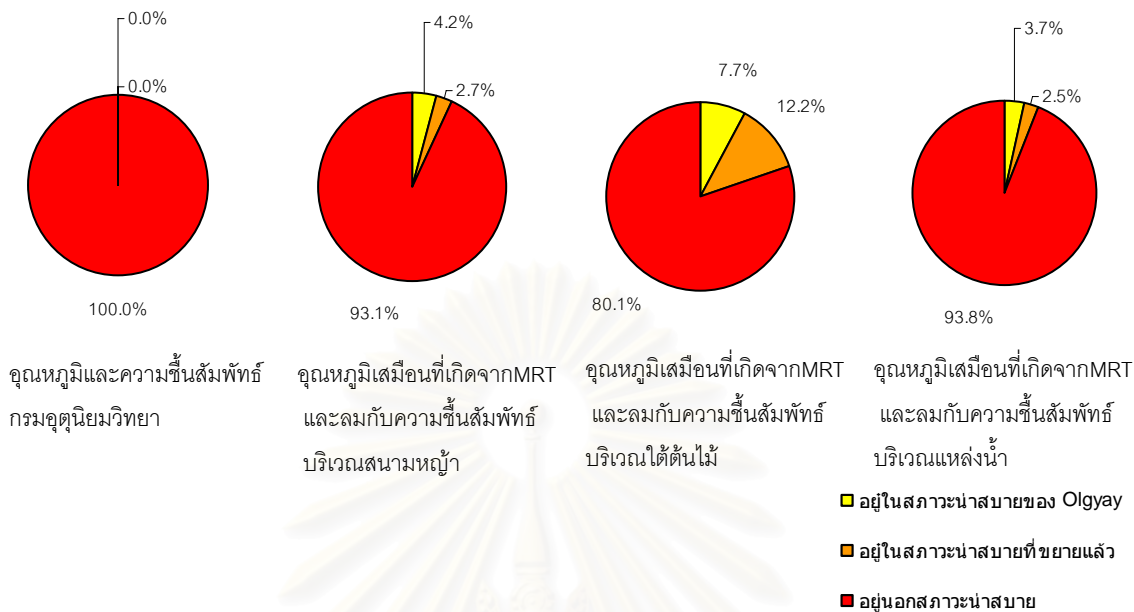
แผนภูมิที่ 4.134 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



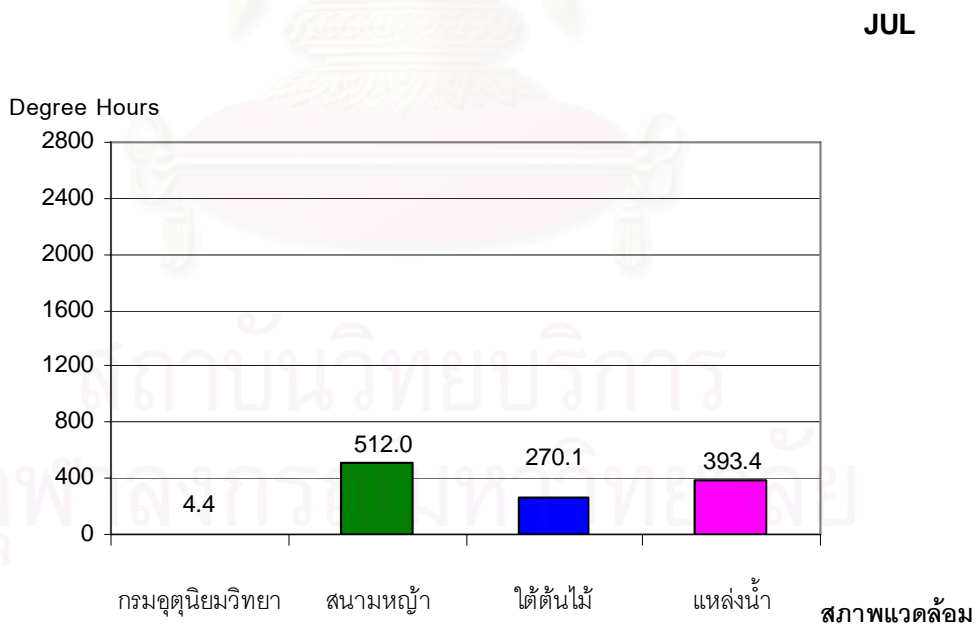
แผนภูมิที่ 4.135 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกรกฎาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



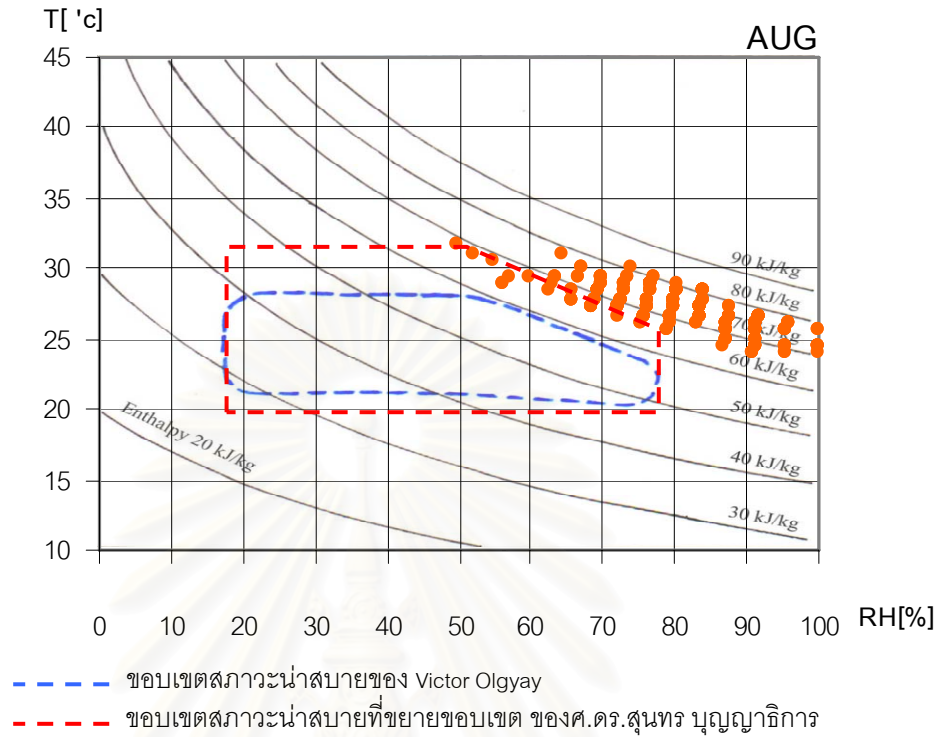
แผนภูมิที่ 4.136 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภานาสบาย
ของเดือนกรกฎาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



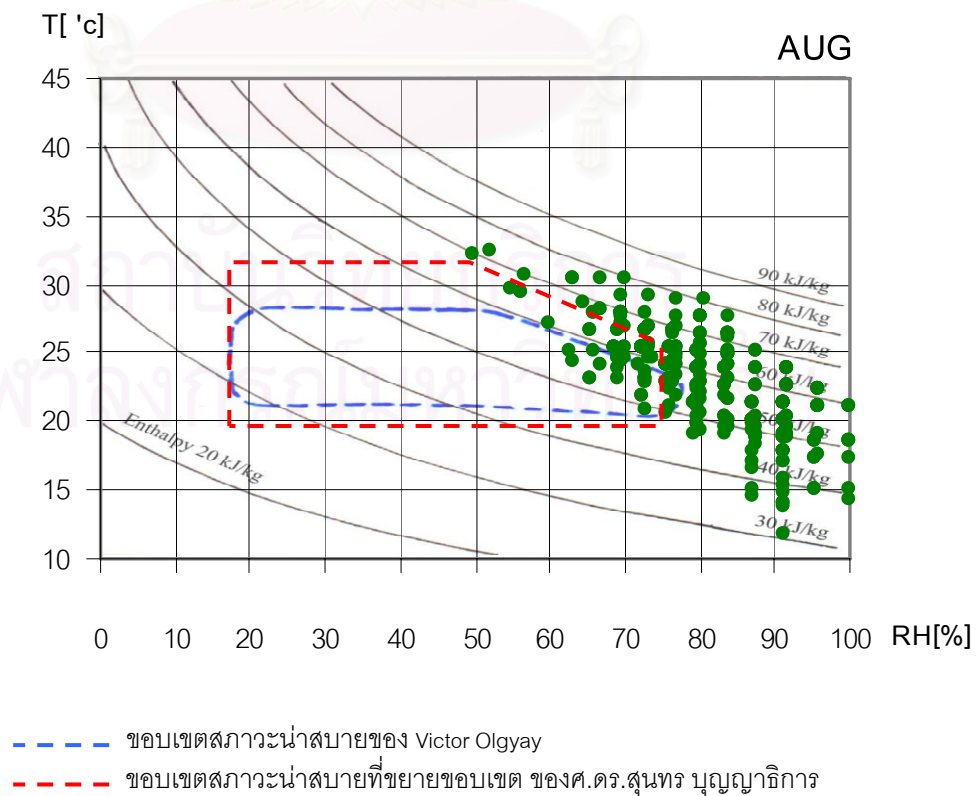
แผนภูมิที่ 4.137 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภานาสบายที่ 25 °C
ของเดือนกรกฎาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



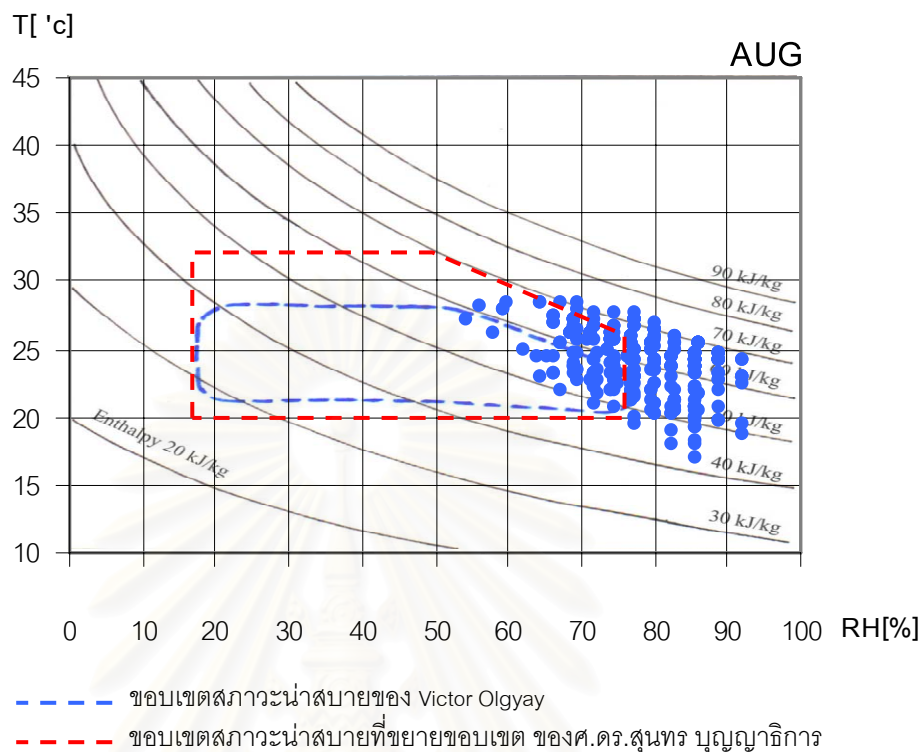
แผนภูมิที่ 4.138 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนสิงหาคมในเวลากลางคืน



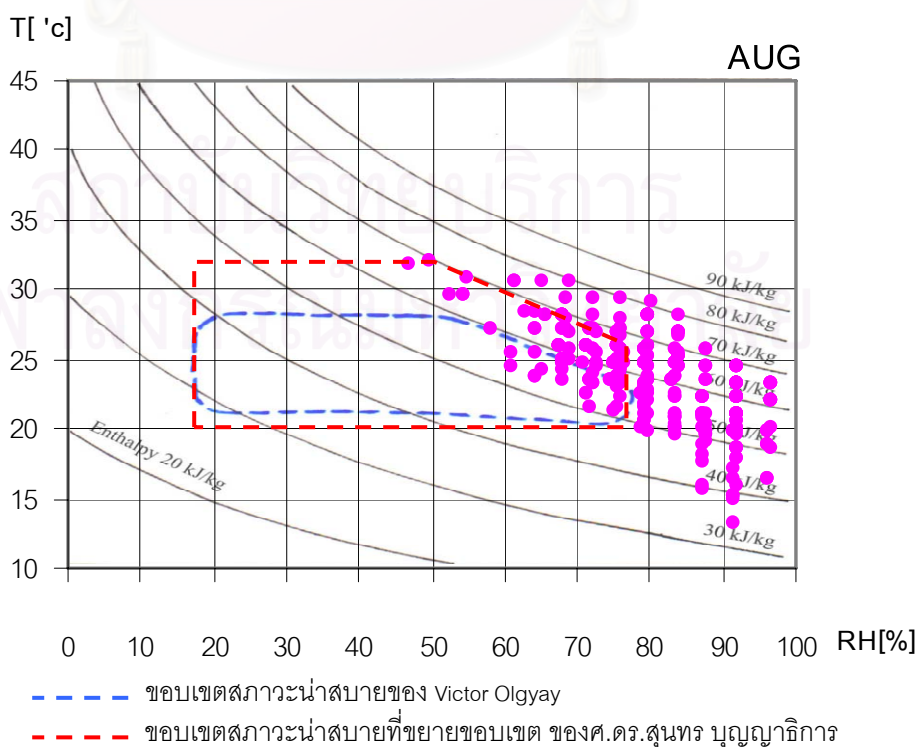
แผนภูมิที่ 4.139 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



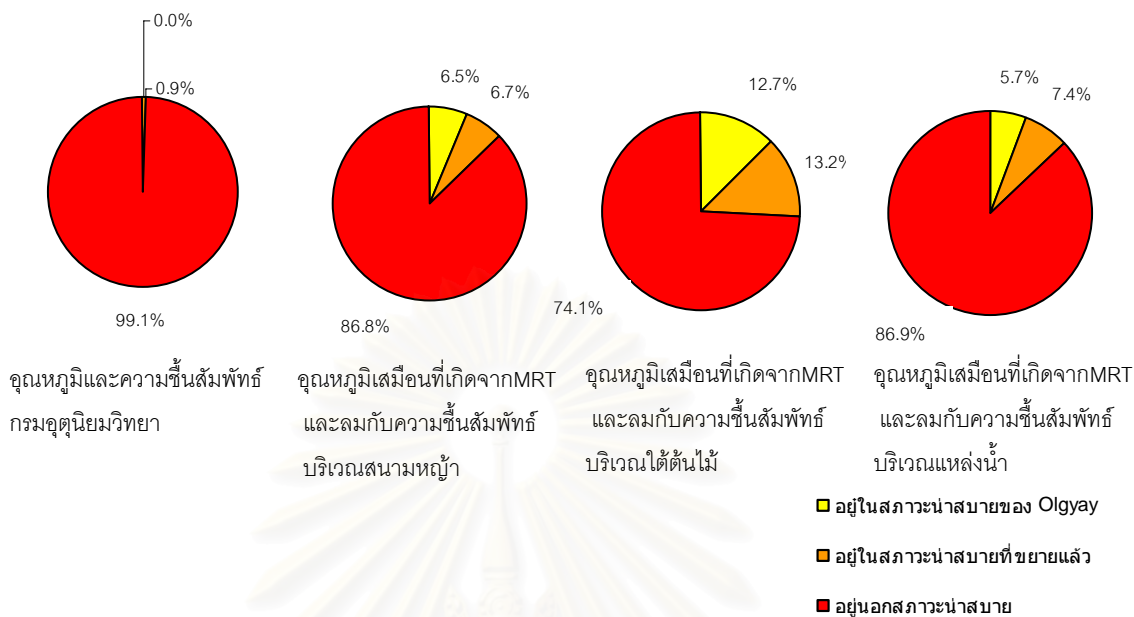
แผนภูมิที่ 4.140 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



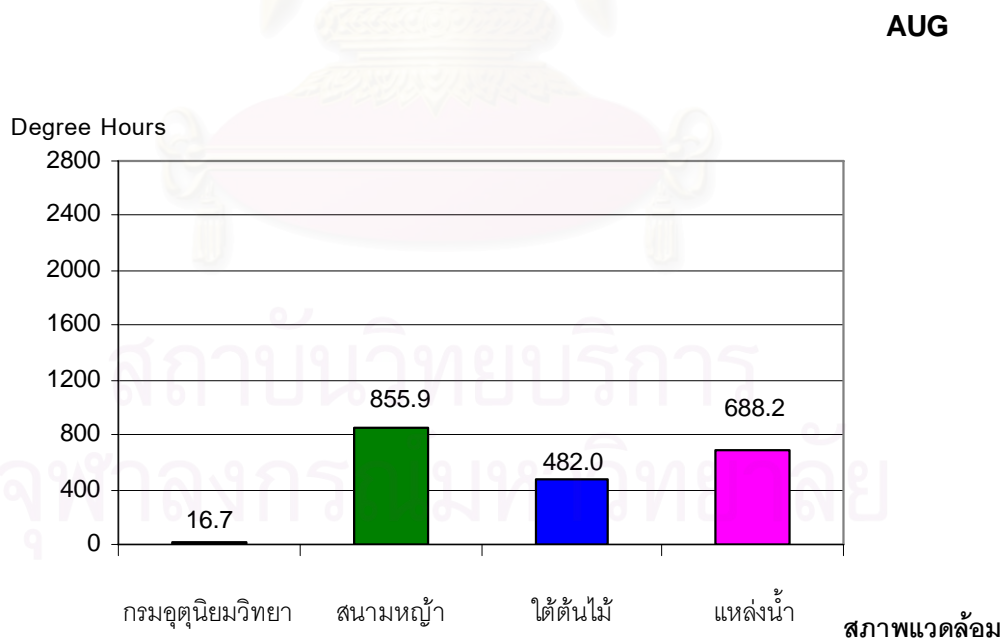
แผนภูมิที่ 4.141 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนสิงหาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



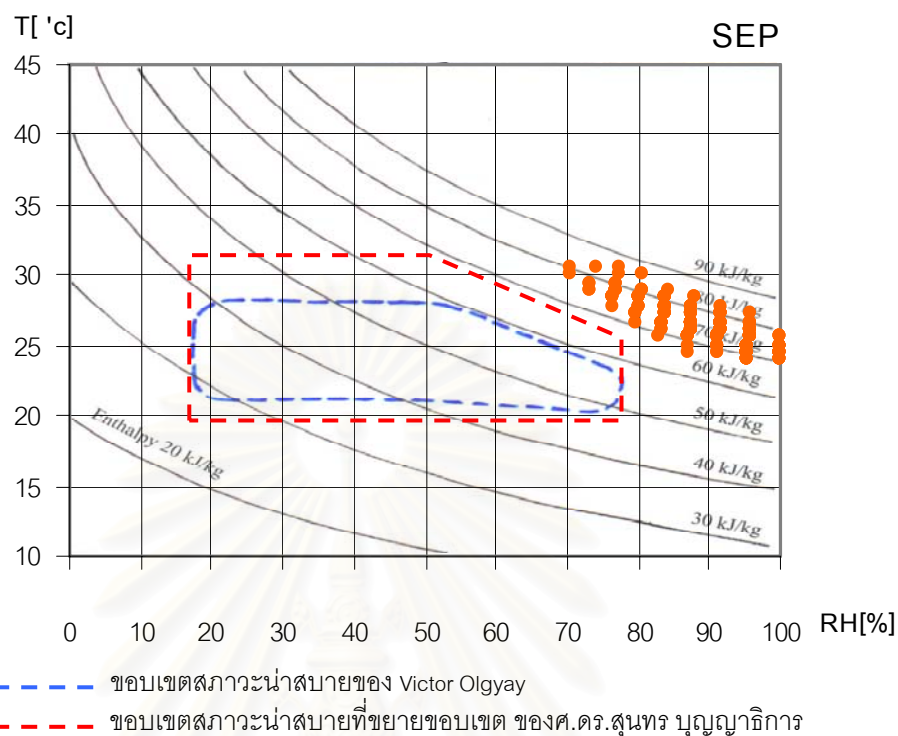
แผนภูมิที่ 4.142 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนสิงหาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



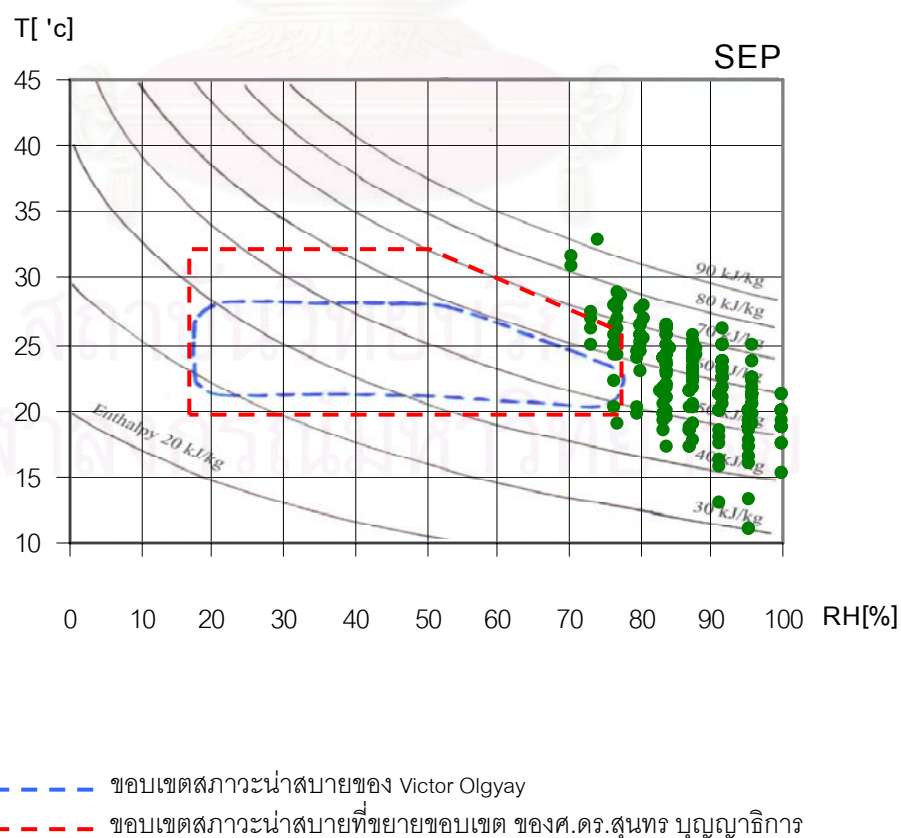
แผนภูมิที่ 4.143 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



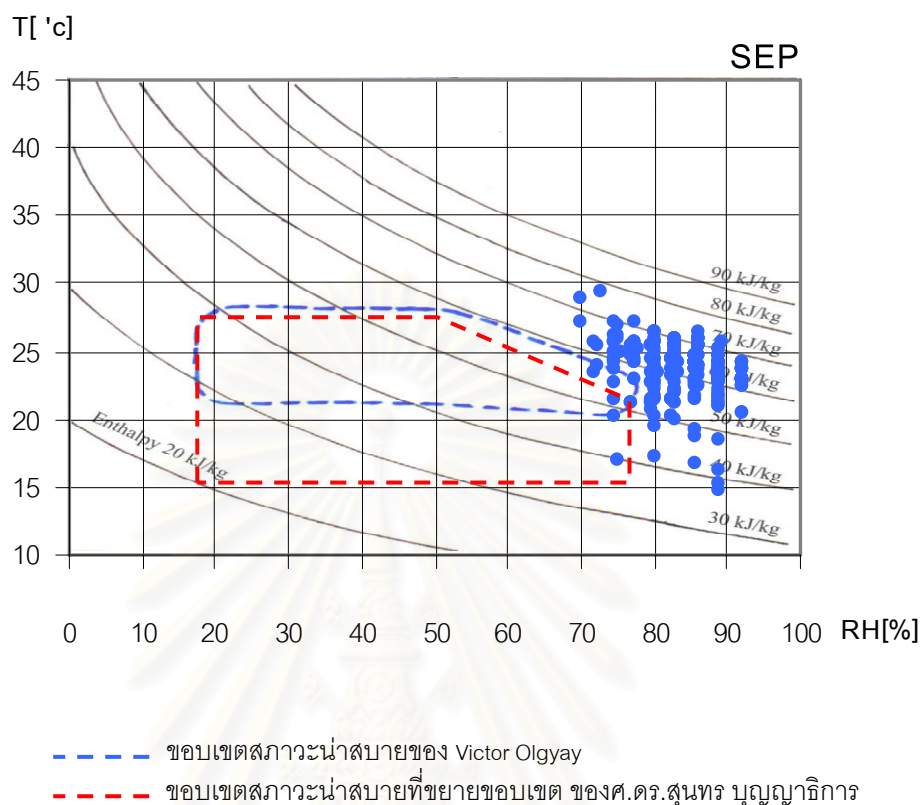
แผนภูมิที่ 4.144 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนกันยายนในเวลากลางคืน



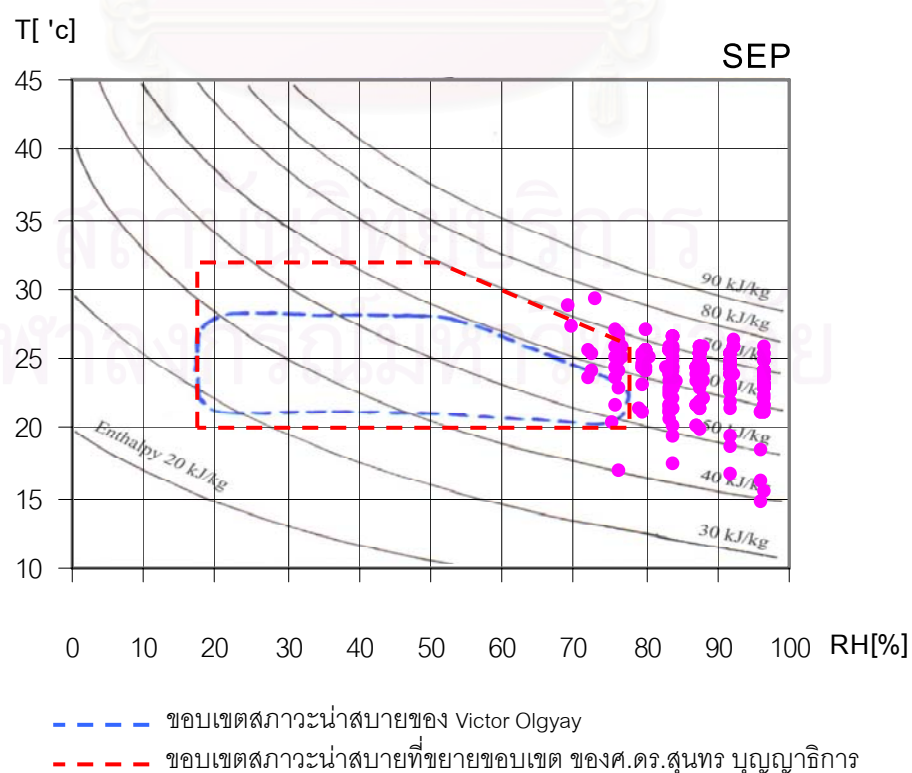
แผนภูมิที่ 4.145 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



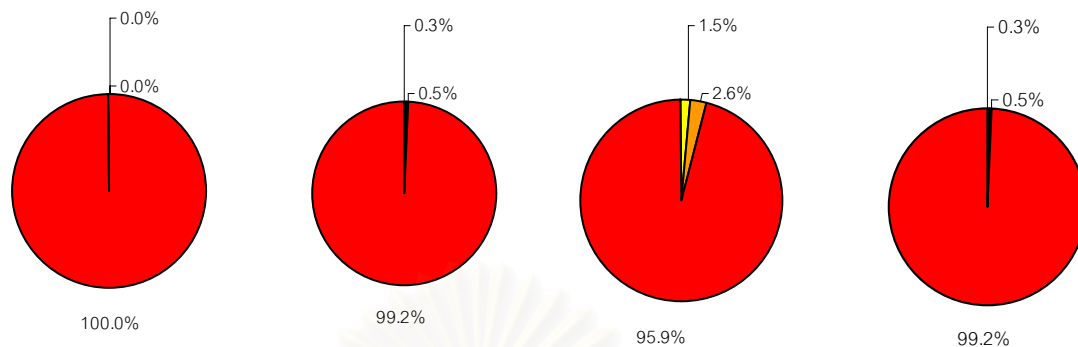
แผนภูมิที่ 4.146 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.147 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนกันยายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.148 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนกันยายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
กรมอุตุนิยมวิทยา

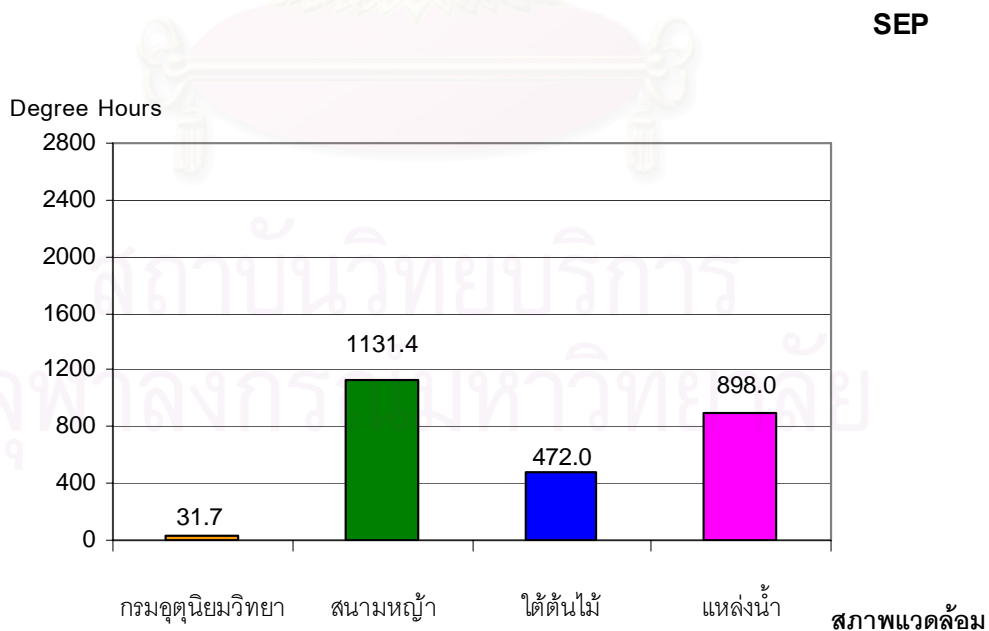
อุณหภูมิเสมือนที่เกิดจากMRT
และลมกับความชื้นสัมพัทธ์
บริเวณสนามหญ้า

อุณหภูมิเสมือนที่เกิดจากMRT
และลมกับความชื้นสัมพัทธ์
บริเวณใต้ต้นไม้

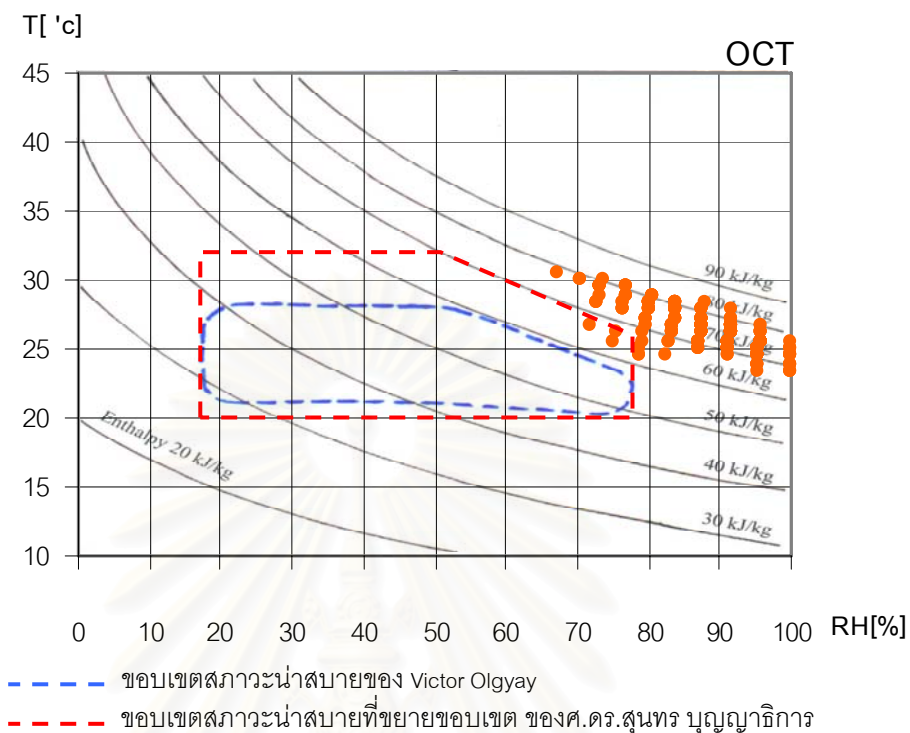
อุณหภูมิเสมือนที่เกิดจากMRT
และลมกับความชื้นสัมพัทธ์
บริเวณแหล่งน้ำ

- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgyay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

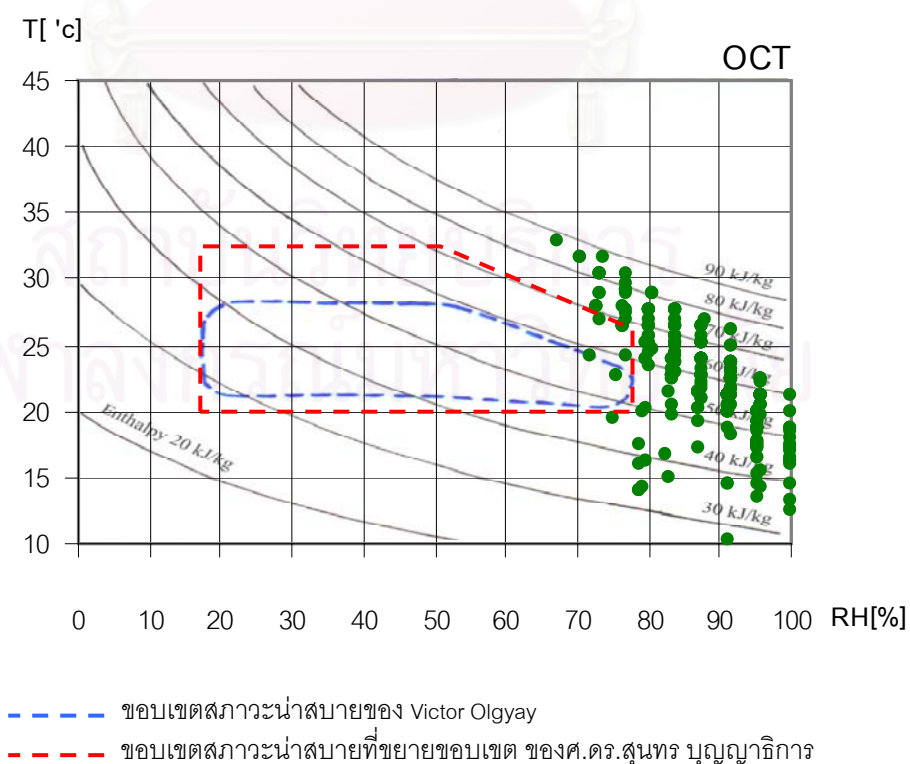
แผนภูมิที่ 4.149 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนกันยายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



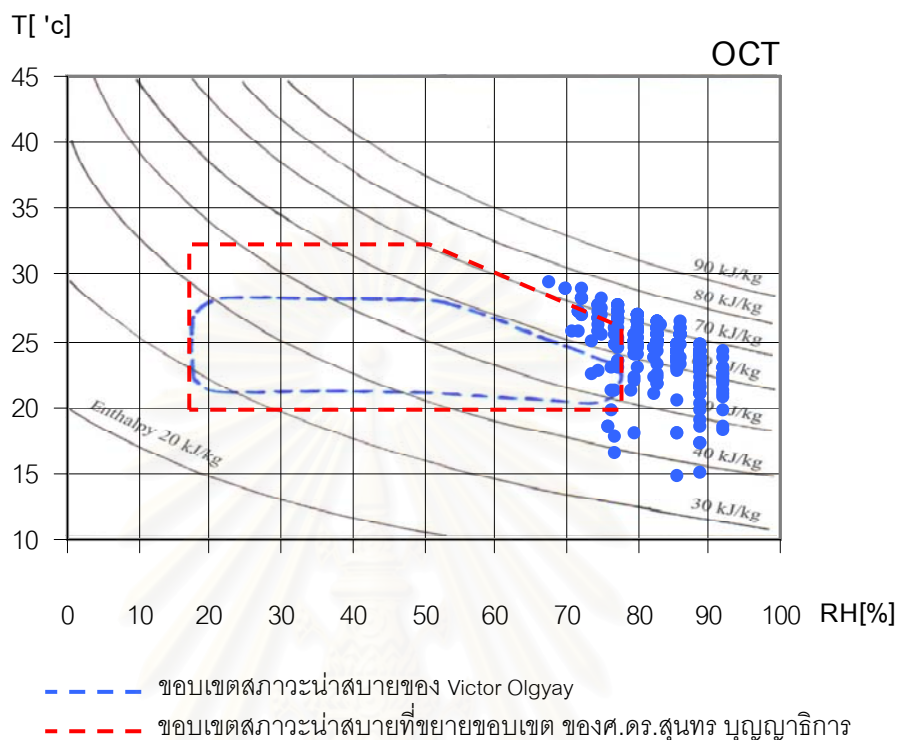
แผนภูมิที่ 4.150 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนตุลาคมในเวลากลางคืน



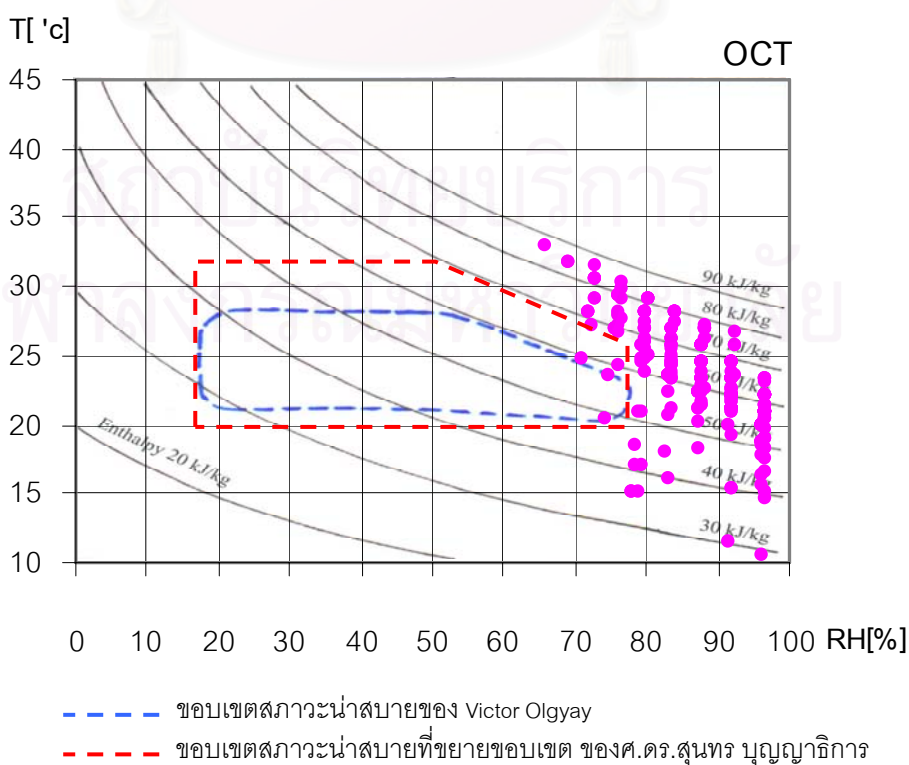
แผนภูมิที่ 4.151 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRTและความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



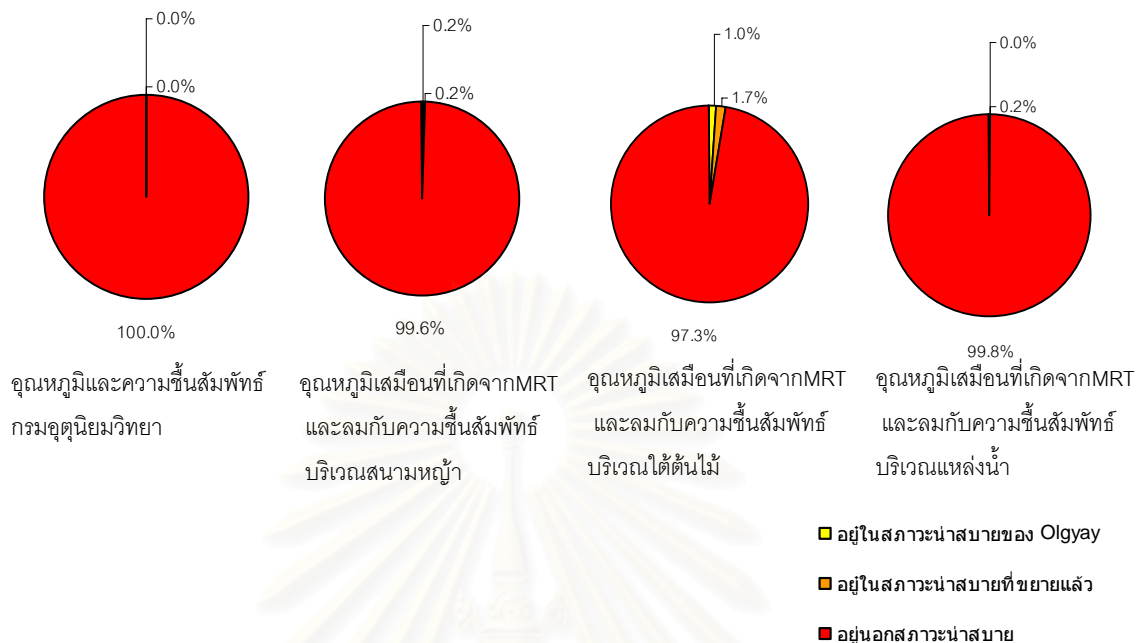
แผนภูมิที่ 4.152 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



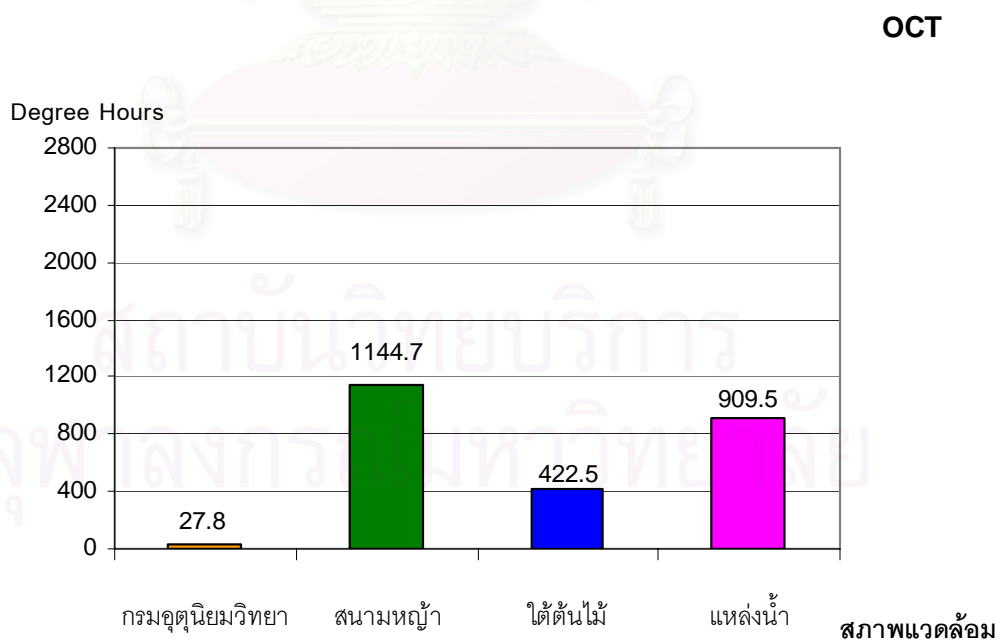
แผนภูมิที่ 4.153 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนตุลาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



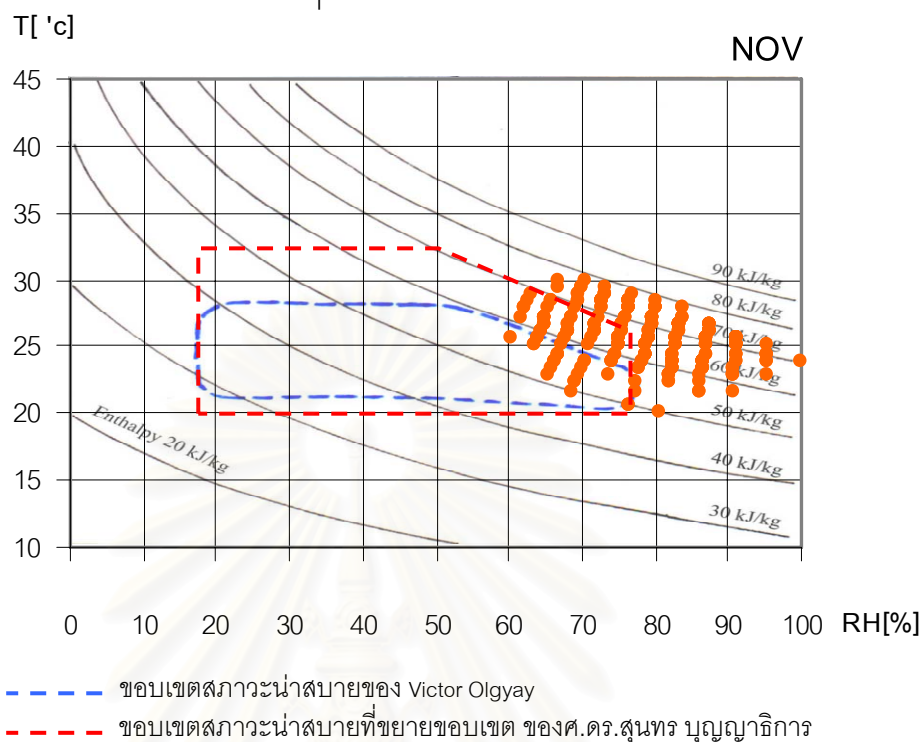
แผนภูมิที่ 4.154 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนตุลาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



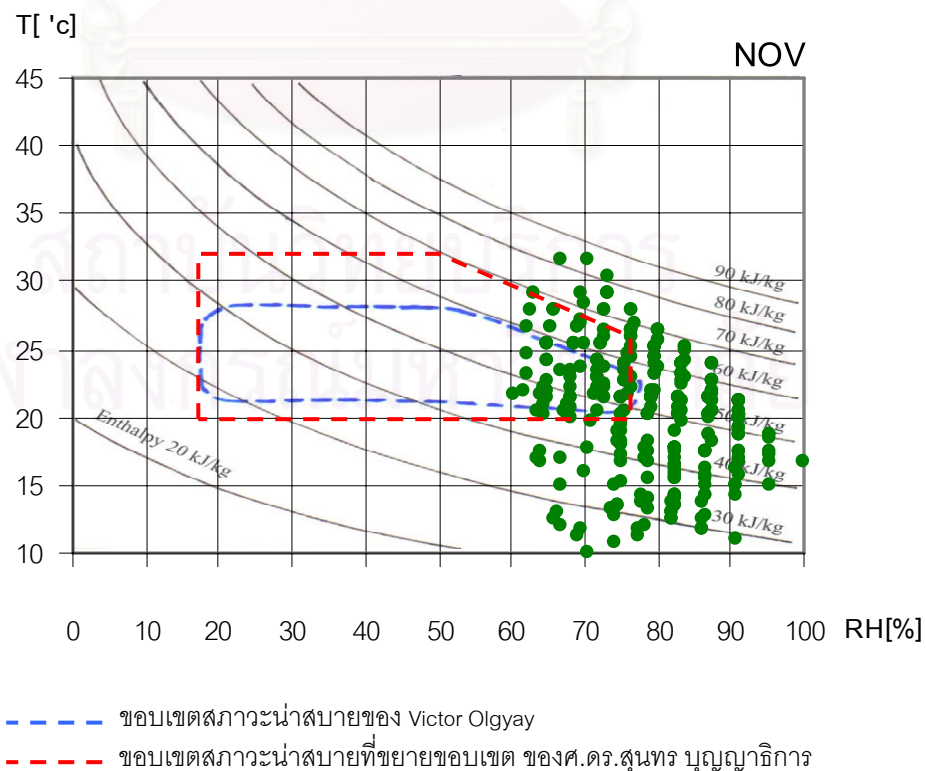
แผนภูมิที่ 4.155 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนตุลาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



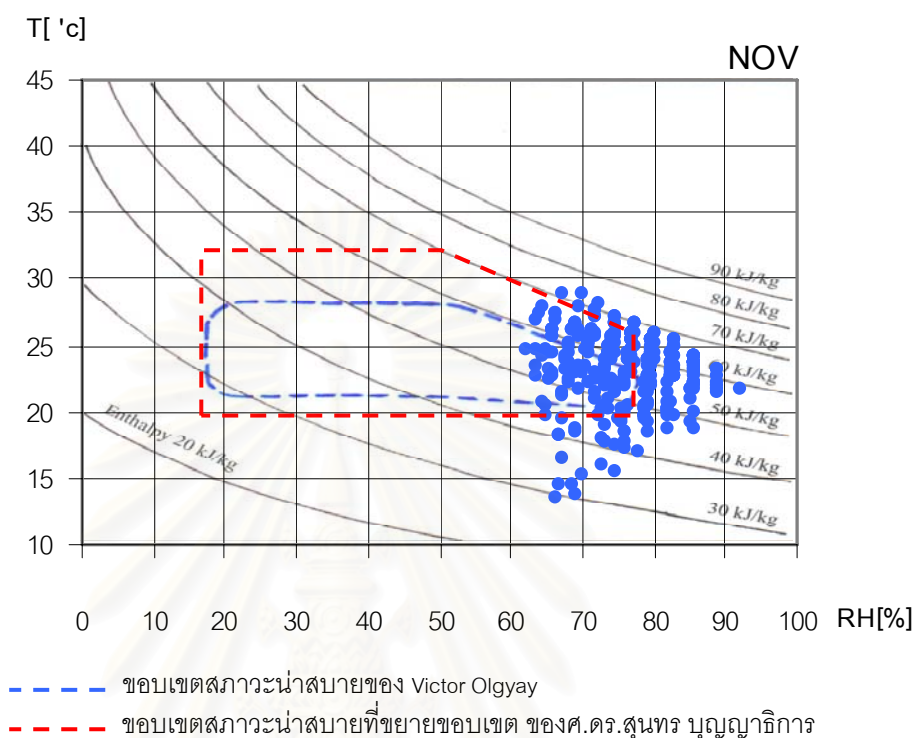
แผนภูมิที่ 4.156 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี
เดือนพฤศจิกายนในเวลากลางคืน



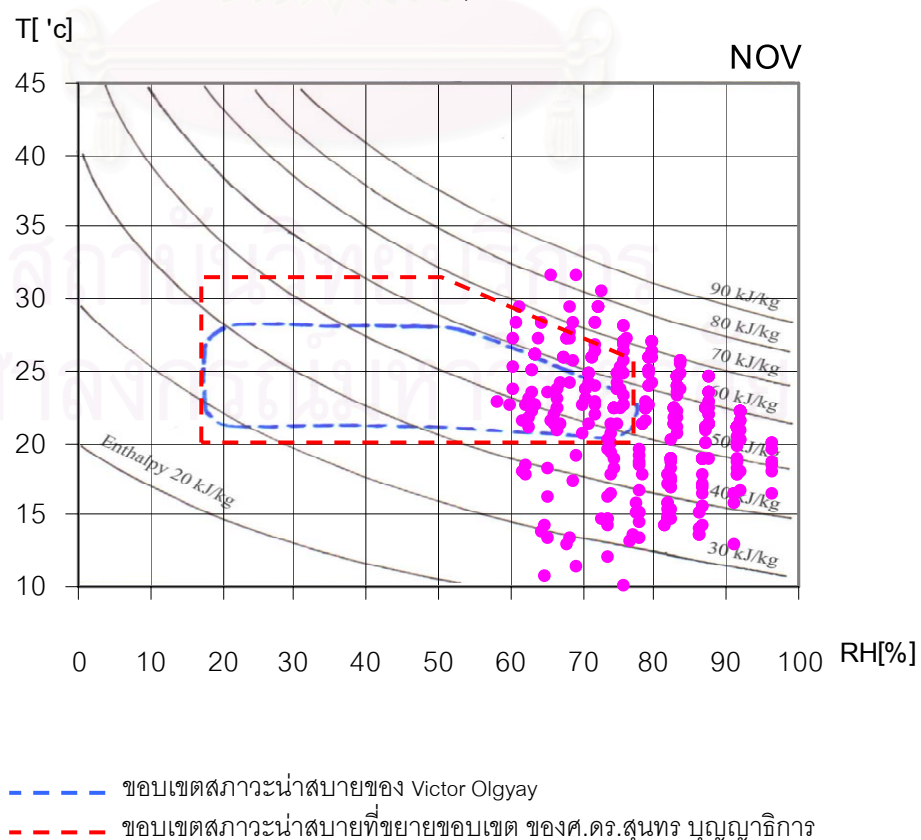
แผนภูมิที่ 4.157 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน



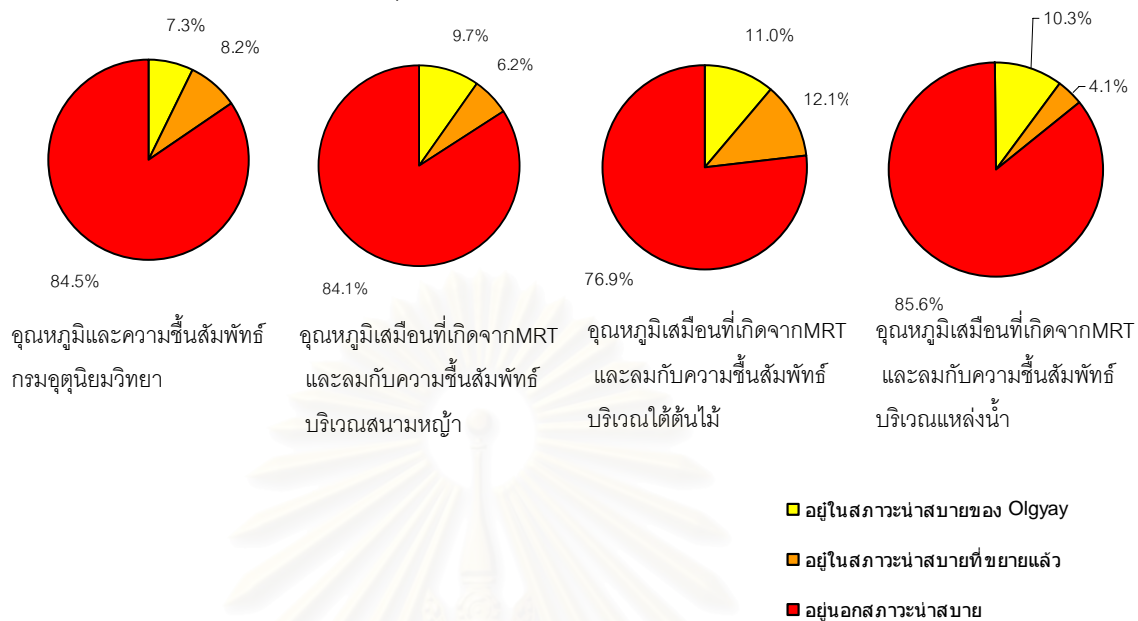
แผนภูมิที่ 4.158 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



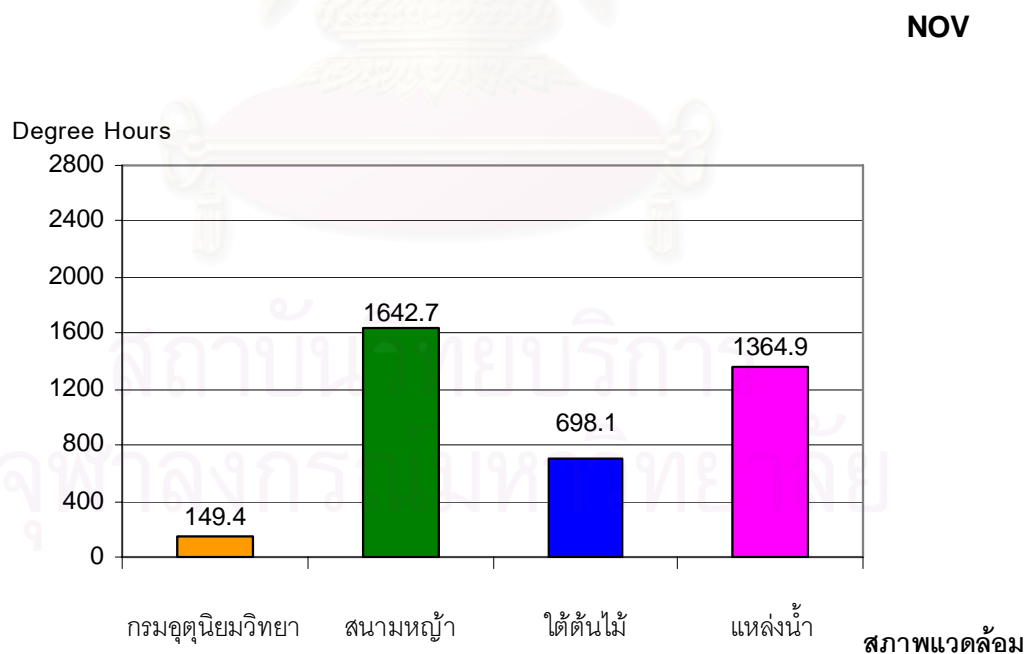
แผนภูมิที่ 4.159 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนพฤศจิกายนบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน



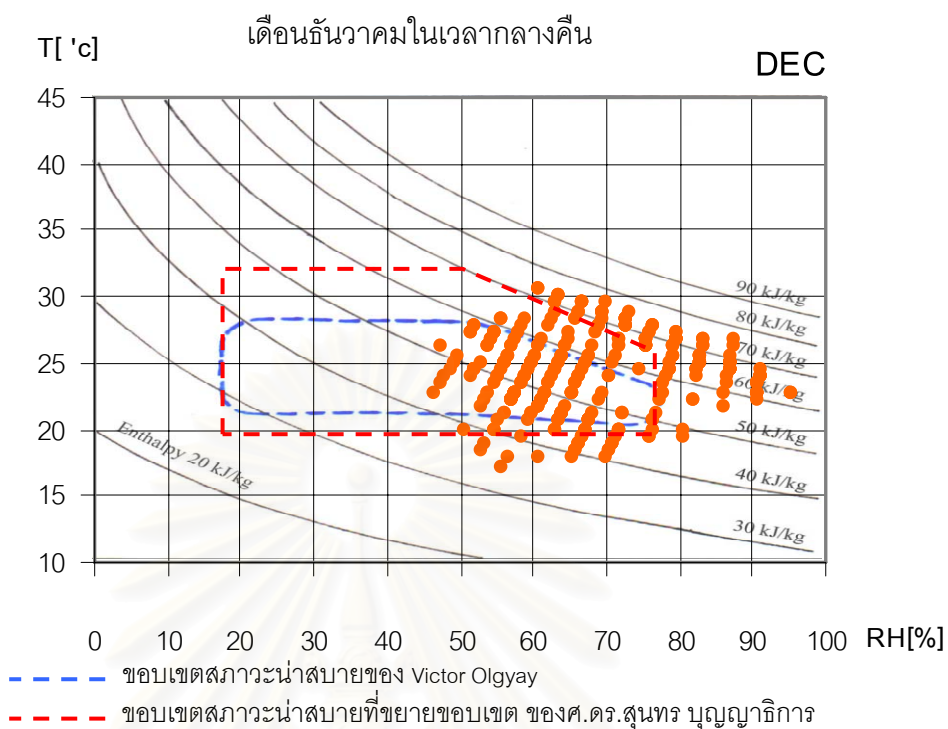
แผนภูมิที่ 4.160 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่โนและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



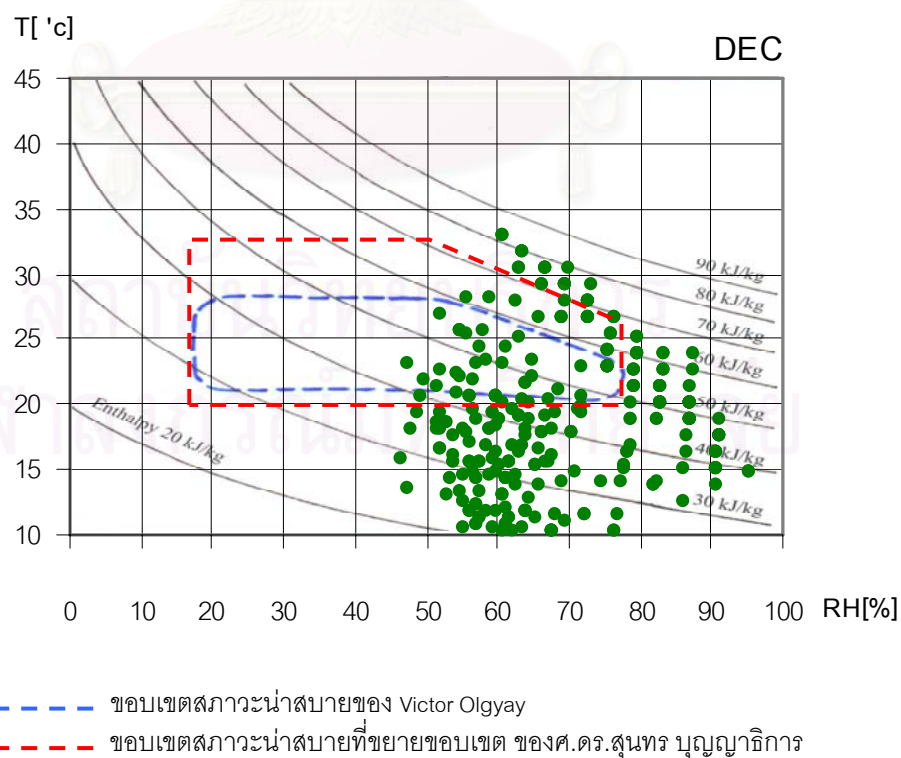
แผนภูมิที่ 4.161 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



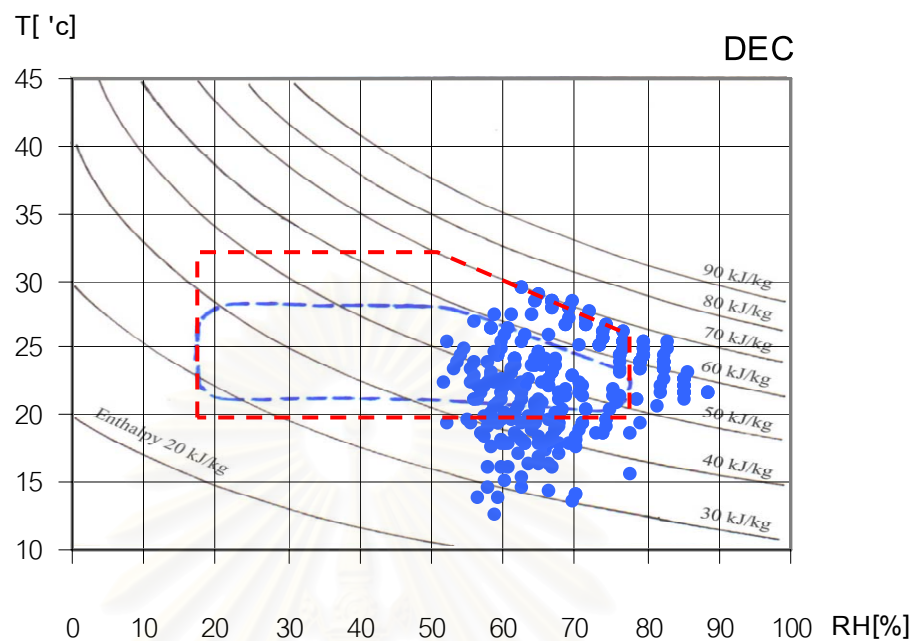
แผนภูมิที่ 4.162 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี



แผนภูมิที่ 4.163 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วม กับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน

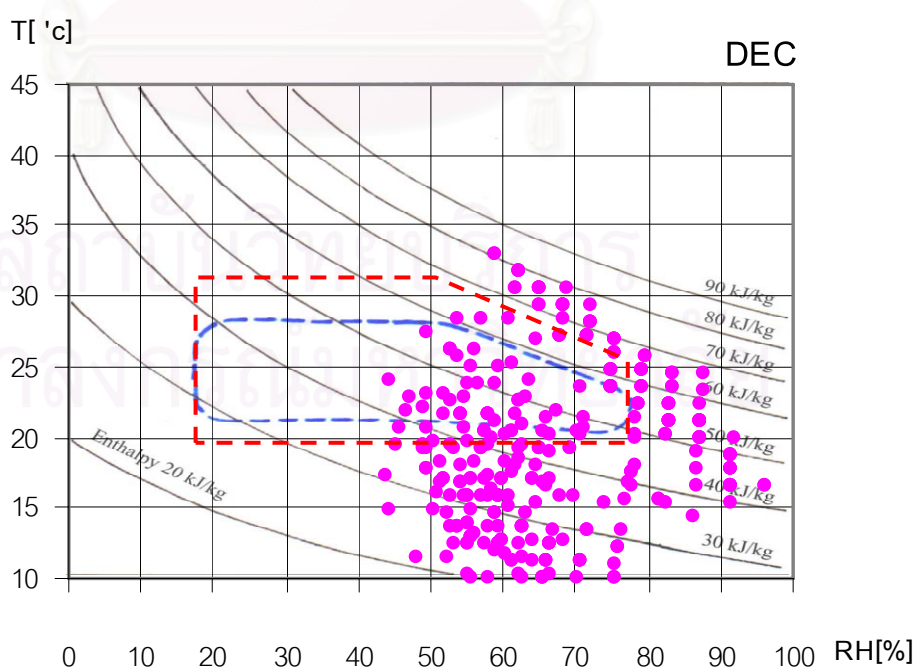


แผนภูมิที่ 4.164 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน



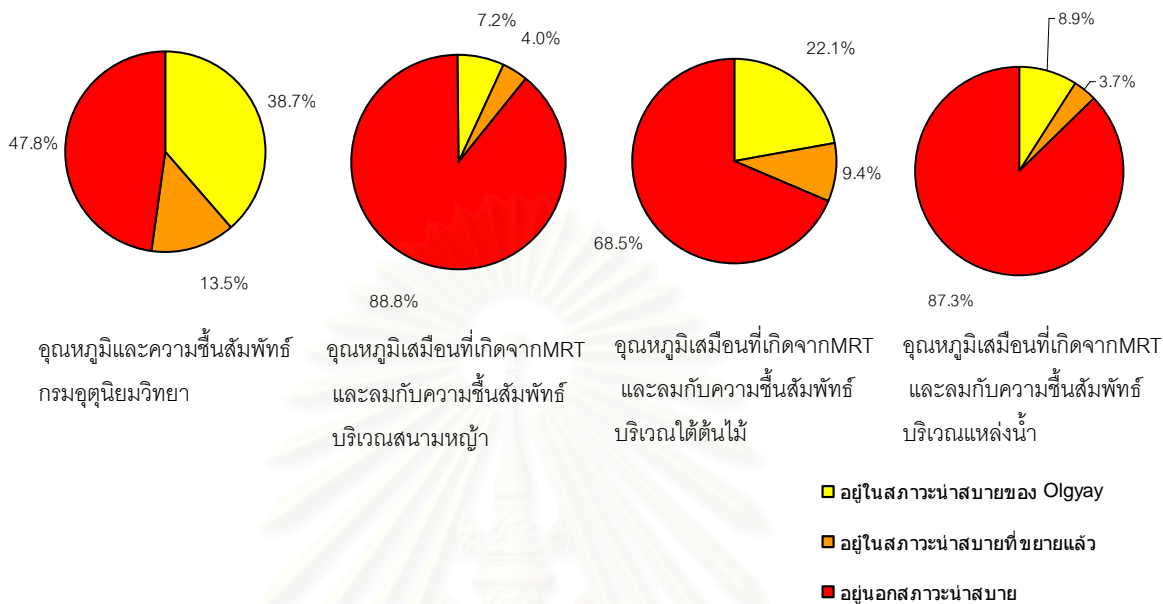
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร นุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.165 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT และความเร็วลม กับ
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี เดือนธันวาคมบริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน

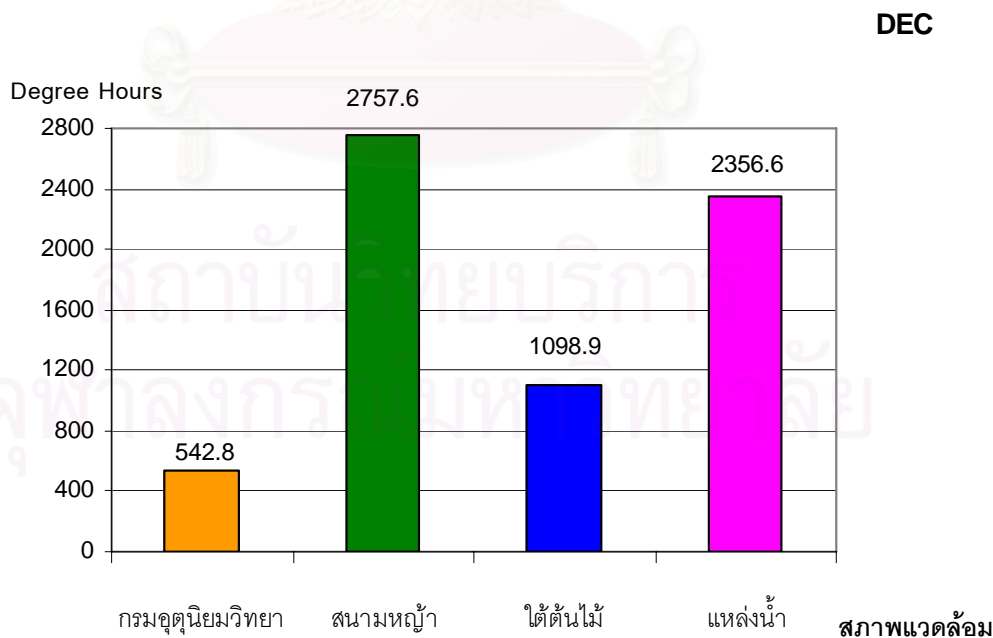


- ขอบเขตสภาวะน่าสบายของ Victor Olgyay
- ขอบเขตสภาวะน่าสบายที่ขยายขอบเขต ของศ.ดร.สุนทร นุญญาธิการ

แผนภูมิที่ 4.166 แสดงสัดส่วนข้อมูลที่อยู่ในและนอกเขตสภาวะน่าสบาย
ของเดือนธันวาคม เฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4.167 แสดงปริมาณ Degree Hours ที่ลดลงจากอุณหภูมิสภาวะน่าสบายที่ 25 °C
ของเดือนธันวาคมเฉลี่ย 10 ปีในเวลากลางคืน



ตารางที่ 4.5 แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศกรมอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 10 ของ กทม. ในเวลากลางคืน

เดือน	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขต ของ Olgay	อยู่ในขอบเขตที่ ขยาย	นอกสภาวะน่า สบาย	
มกราคม	10.0	12.3	77.7	357.8
กุมภาพันธ์	0.6	1.6	97.8	6.7
มีนาคม	1.8	0.9	97.3	45.6
เมษายน	0.0	0.6	99.4	10.6
พฤษภาคม	0.0	0.0	100.0	13.3
มิถุนายน	0.0	2.1	97.9	3.9
กรกฎาคม	0.0	0.0	100.0	4.4
สิงหาคม	0.0	0.9	99.1	16.7
กันยายน	0.0	0.0	100.0	31.7
ตุลาคม	0.0	0.0	100.0	27.8
พฤศจิกายน	7.3	8.2	84.5	149.4
ธันวาคม	38.7	13.5	47.8	542.8

จากตารางที่ 4.5 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้จากข้อมูล อากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาอยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายมีทั้งหมด 5 เดือน คือ มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พฤศจิกายนและธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว เดือนที่มีสภาพอากาศอยู่ใน สภาวะน่าสบายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 52.2 % ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมินำ สบายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคม โดยอยู่ที่ 542.8 Degree Hours และเมื่อ รวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 1210.7 Degree Hours

เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลในเวลากลางวันพบว่าสภาวะน่าสบายและ Degree Hours ในเวลากลางคืนมากกว่าในเวลากลางวันเนื่องมาจากไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ทำให้ อุณหภูมิอากาศลดต่ำลงและมีลมพัดเสริมเสมือนที่เอาอากาศเย็นเข้ามาแทนที่จึงเกิดความสบาย มากขึ้น

ตารางที่ 4.6 แสดงสัดส่วนสภาวะน่าสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของทท.บริเวณสนามหญ้าในเวลากลางคืน

เดือน	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขตของ Olgay	อยู่ในขอบเขตที่ขยาย	นอกสภาวะน่าสบาย	
มกราคม	10.0	7.0	83.0	2157.6
กุมภาพันธ์	3.6	2.5	94.1	637.0
มีนาคม	3.2	2.2	94.6	888.7
เมษายน	7.7	4.1	88.2	476.8
พฤษภาคม	0.2	0.7	99.0	305.9
มิถุนายน	11.5	5.1	83.3	288.6
กรกฎาคม	4.2	2.7	93.1	512.0
สิงหาคม	6.5	6.7	86.8	855.9
กันยายน	0.3	0.5	99.2	1131.4
ตุลาคม	0.2	0.2	99.6	1144.7
พฤศจิกายน	9.7	6.2	84.1	1642.7
ธันวาคม	7.2	4.0	88.8	2757.6

จากตารางที่ 4.6 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากสนามหญ้าและความเร็วลมในเวลากลางคืน อยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ทุกเดือน ซึ่งเพิ่มจากอุณหภูมิที่ได้จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่เป็นสภาพอากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศในเวลากลางวันแล้ว สังเกตได้ว่าในเวลากลางคืนมีค่าที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายน้อยลงเนื่องมาจากสภาพอากาศในเวลากลางคืนเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มมากขึ้นแล้วอุณหภูมิลดลงจนส่วนใหญ่อยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบาย และสนามหญ้าเป็นที่โล่งทำให้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าเป็นไปได้สะดวกทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว

สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 11.2 ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่น่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 2757.6 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 12798.9 Degree Hours

ตารางที่ 4.7 แสดงสัดส่วนสภาวะนำสบายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของทท.บริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน

เดือน	สัดส่วนสภาวะนำสบาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขตของ Olgay	อยู่ในขอบเขตที่ขยาย	นอกสภาวะนำสบาย	
มกราคม	9.2	13.6	77.2	785.6
กุมภาพันธ์	6.6	4.7	88.7	399.4
มีนาคม	6.5	6.5	87.0	512.9
เมษายน	15.6	7.7	76.7	470.0
พฤษภาคม	1.5	3.0	95.5	113.2
มิถุนายน	17.9	7.9	74.1	223.0
กรกฎาคม	7.7	12.2	80.1	270.1
สิงหาคม	12.7	13.2	74.1	482.0
กันยายน	1.5	2.6	95.9	472.0
ตุลาคม	1.0	1.7	97.3	422.5
พฤศจิกายน	11.0	12.1	76.9	698.1
ธันวาคม	22.1	9.4	68.5	1098.9

จากตารางที่ 4.7 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากบริเวณใต้ต้นไม้และความเร็วลมในเวลากลางคืน อยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะนำสบายได้ทุกเดือน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศในเวลากลางวันแล้ว สังเกตได้ว่าในเวลากลางคืนมีค่าที่อยู่ในขอบเขตสภาวะนำสบายน้อยลงเนื่องมาจากสภาพอากาศในเวลากลางคืนเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มมากขึ้นแล้วอุณหภูมิลดลงจนส่วนใหญ่อยู่นอกขอบเขตสภาวะนำสบาย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมที่ 4 แล้ว บริเวณใต้ต้นไม้มีสัดส่วนความนำสบายมากที่สุดเนื่องจากพุ่มใบของต้นไม้ป้องกันกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนสู่ท้องฟ้าไม่ให้เกิดขึ้นโดนสะดวกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่รวดเร็วเมื่อเทียบกับที่โล่ง

สภาพอากาศอยู่ในสภาวะนำสบายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 31.5 ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมินำสบายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 1098.9 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 5947.7 Degree Hours

ตารางที่ 4.8 แสดงสัดส่วนสภาวะน้ำสลายและ จำนวน Degree Hours ของทั้ง 12 เดือน จากข้อมูลอากาศเฉลี่ย 10 ปี ของกทม.บริเวณแหล่งน้ำในเวลากลางคืน

เดือน	สัดส่วนสภาวะน้ำสลาย (%)			Degree Hours
	อยู่ในขอบเขตของ Olgay	อยู่ในขอบเขตที่ขยาย	นอกสภาวะน้ำสลาย	
มกราคม	8.2	5.5	86.3	1799.9
กุมภาพันธ์	3.8	2.2	94.0	499.6
มีนาคม	3.7	1.0	95.3	729.8
เมษายน	7.2	5.1	87.7	389.4
พฤษภาคม	0.2	0.7	99.1	232.5
มิถุนายน	12.1	6.4	81.5	207.5
กรกฎาคม	3.7	2.5	93.8	393.4
สิงหาคม	5.7	7.4	86.9	688.2
กันยายน	0.3	0.5	99.2	898.0
ตุลาคม	0.0	0.2	99.8	909.5
พฤศจิกายน	10.3	4.1	85.6	1364.9
ธันวาคม	8.9	3.7	87.4	2356.6

จากตารางที่ 4.8 พบว่า สภาพอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานครที่ได้รับผลกระทบจากบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำและความเร็วลมในเวลากลางคืน อยู่ในช่วงที่อยู่ในสภาวะน้ำสลายได้ทุกเดือน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศในเวลากลางวันแล้ว สังเกตได้ว่าในเวลากลางคืนมีค่าที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน้ำสลายน้อยลงเนื่องมาจากสภาพอากาศในเวลากลางคืนเมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ จึงมีปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มมากขึ้นแล้วอุณหภูมิลดลงจนส่วนใหญ่อยู่นอกขอบเขตสภาวะน้ำสลาย และแหล่งน้ำเป็นที่โล่งทำให้กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าเป็นไปได้สะดวกทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว และสภาวะน้ำสลายบริเวณแหล่งน้ำมีความสบายมากกว่าบริเวณสนามหญ้าเนื่องจากบริเวณแหล่งน้ำได้รับอากาศเย็นที่ได้จากการระเหยและร่างกายสูญเสียความร้อนให้กับแหล่งน้ำเพราะเนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิต่ำกว่าร่างกายมนุษย์

สภาพอากาศอยู่ในสภาวะน้ำสลายมากที่สุดคือเดือนธันวาคม มี 12.6 ส่วนเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำสลายที่ 25 องศาเซลเซียส มากที่สุดคือเดือนธันวาคมเช่นเดียวกันโดยอยู่ที่ 2356.6 Degree Hours และเมื่อรวม Degree Hours ทั้งปีเท่ากับ 10469.3 Degree Hours

4.3 ชุดข้อมูลเชิงประยุกต์

การวิเคราะห์เชิงประยุกต์เป็นการนำเสนอรูปแบบของการจัดวางรูปแบบของสภาพภูมิทัศน์ในที่นี่ได้ทำการศึกษา 3 องค์ประกอบด้วยกันคือ เนินดิน รูปแบบของต้นไม้ และการใช้แหล่งน้ำ เพื่อเพิ่มความเร็วลม เนื่องจากการเพิ่มความเร็วมจะทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิที่เย็นลงจากอุณหภูมิอากาศจริงที่วัดได้ ในการเพิ่มความเร็วมโดยการใช้อุปกรณ์จัดวางกลุ่มของต้นไม้จากการศึกษาทาง การจัดรูปแบบกรวย โดยที่จัดให้ปากทางลมเข้ากว้างทางลมออกแคบ (Venturi Effect) ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วมต้นได้ถึง 25% (Allard, 1998)

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการจัดวางกลุ่มของต้นไม้ ใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) เพื่อหาความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น โดยการกำหนดค่าความเร็วต้นที่ใช้ในการจำลองมีทั้งหมด 9 ค่าความเร็ว โดยเริ่มจากความเร็วที่ 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 m/s ในการจำลองถึงสภาพต้นไม้ในโปรแกรมนี้มีค่าตัวแปรควบคุมที่เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัวแปรคือ ค่าความโปร่งพรุนของทรงพุ่มต้นไม้ จากบทที่ 2 การที่ต้นไม้เป็นตัวต้านลมที่ดีจำเป็นต้องมีความหนาแน่นของทรงพุ่มที่สูงในการจำลองครั้งนี้กำหนดค่าความโปร่งของพุ่มใบอยู่ที่ 35% (Allard, 1998) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมการเป็นตัวต้านลม

แนวทางที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็น 3 ส่วนโดยแบ่งตามลักษณะองค์ประกอบทางภูมิทัศน์
ส่วนที่ 1 การใช้เนินดิน

- พิจารณาความชันของเนินดินที่เหมาะสมโดยความชันที่ทำการศึกษาคือ 30 และ 45 องศา ในเรื่องความเร็วลมที่ได้ สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น และปริมาณอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่น่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส

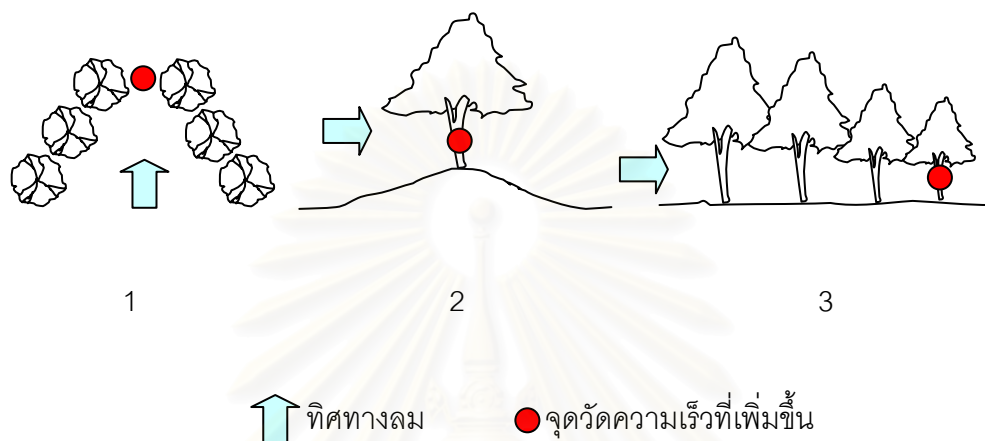
ส่วนที่ 2 การใช้ต้นไม้

- พิจารณาถึงรูปแบบการจัดวางต้นไม้เพื่อเพิ่มความเร็วม โดยการจัดรูปแบบกรวย (Venturi Effect) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งกลุ่มต้นไม้ออกเป็น 2 ประเภท คือ การจัดต้นไม้รูปแบบกรวย (Venturi Effect) ในด้านบนและด้านข้าง แนวทางการศึกษามี 2 แนวทางคือ

1. ศึกษาหาสัดส่วนที่ก่อให้เกิดกระแสลมที่แรงที่สุด ระหว่างช่องทางลมเข้าและช่องทางลมออกของรูปแบบการจัดกลุ่มต้นไม้รูปแบบกรวย (Venturi Effect)
2. ศึกษาได้สัดส่วนสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น และปริมาณอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่น่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียสของสภาวะแวดล้อมที่ปรับปรุงแล้วของการจัดกลุ่มรูปแบบกรวยในสัดส่วนระหว่างช่องทางลมเข้าและออกที่เหมาะสม

รูปแบบที่เลือกให้มี 3 รูปแบบ

1. รูปแบบการจัดวางกลุ่มต้นไม้แบบกรวย (Venturi Effect)
2. รูปแบบการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน
3. รูปแบบการจัดวางต้นไม้ไล่ลำดับความสูงของต้นไม้



ภาพที่ 4.2 แสดงรูปแบบการจัดวางกลุ่มต้นไม้ในแบบต่างๆ

ส่วนที่ 3 การใช้การผสมผสานองค์ประกอบของสภาพภูมิทัศน์

- พิจารณาสภาวะน้ำสลายที่เกิดขึ้น และปริมาณอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำสลายที่ 25 องศาเซลเซียสของรูปแบบภูมิทัศน์ที่มีการผสมผสานของแหล่งน้ำ เนินดินและต้นไม้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

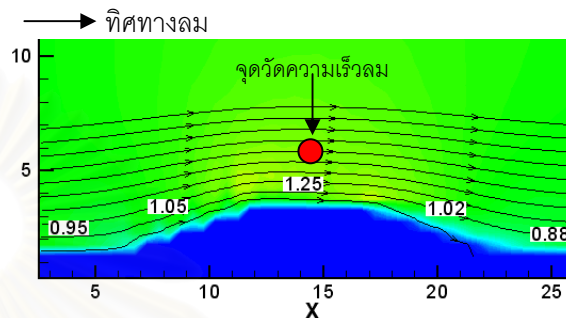
4.3.1 การใช้เนินดิน

เนินดินที่นำมาศึกษานี้มีอยู่ 2 ความชันด้วยกันคือ 30 องศา และ 45 องศา โดยวิธีการศึกษาใช้ใต้น้ำเพื่อสังเกตพฤติกรรมของกระแสน้ำโดยใช้กระแสน้ำเป็นตัวแทน และอีกวิธีคือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) เพื่อเทียบลักษณะของลมที่เกิดขึ้นกับใต้น้ำและสามารถความเร็วที่เกิดขึ้นได้

เนินดินความชัน 30 องศา



การศึกษาโดยใช้ใต้น้ำ



การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.3 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมของเนินดินความชัน 30 องศา

จากภาพที่ 4.3 พบว่าความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปลายเนินและจะสูงสุดอยู่ที่บริเวณส่วนสูงสุดของเนิน และเมื่อลมผ่านไปทางด้านหลังเนิน ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย (จากภาพความเร็วต้น 1.0m/s)

ตารางที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 30 องศา

เนินดินความชันที่ 30 องศา	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.13
0.5	0.64
1.0	1.25
1.5	1.83
2.0	2.37
2.5	2.85
3.0	3.39
3.5	3.86
4.0	4.41

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้นของลม

R Square 0.998153

Adjusted R Square 0.997889

Standard Error 0.067304

Observations 9

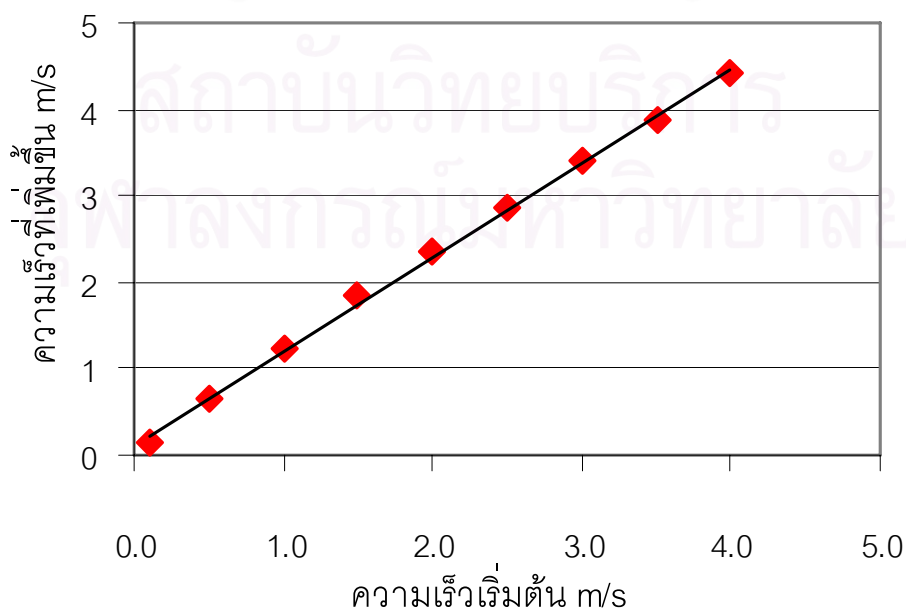
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	17.14	17.14	3783.19	7.88E-11
Residual	7	0.03	0.00		
Total	8	17.17			

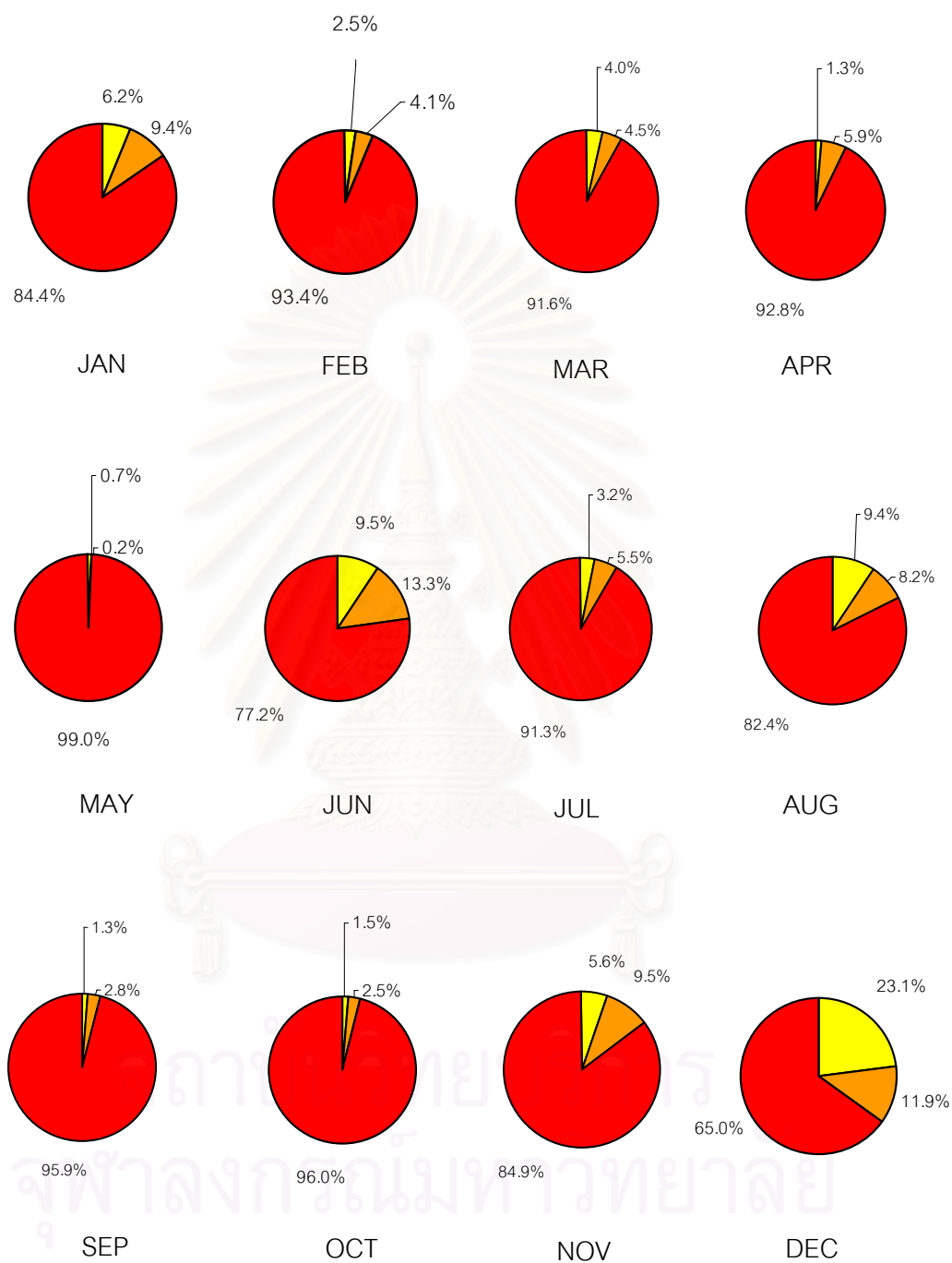
	Coefficients	Standard		t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
		Error	t Stat						
Intercept	0.13	0.04	2.98	0.02	0.03	0.22	0.03	0.22	
X Variable 1	1.08	0.02	61.51	0.00	1.04	1.12	1.04	1.12	

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y=1.083(x) + 0.125$

แผนภูมิที่ 4.168 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 30 องศา

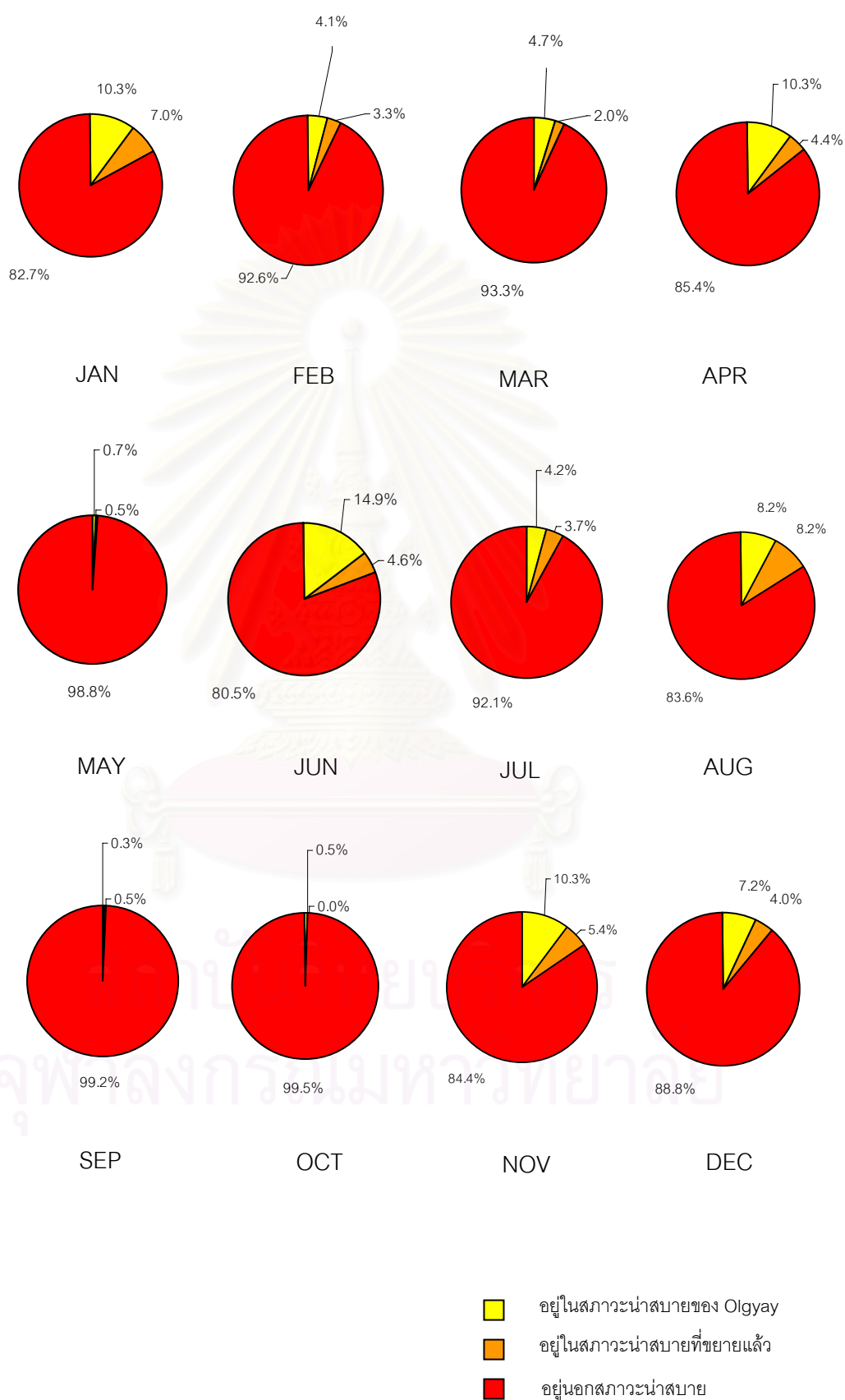


แผนภูมิที่ 4.169 แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนบนเนินดินที่มีความชัน 30 องศา ในเวลา
กลางวัน



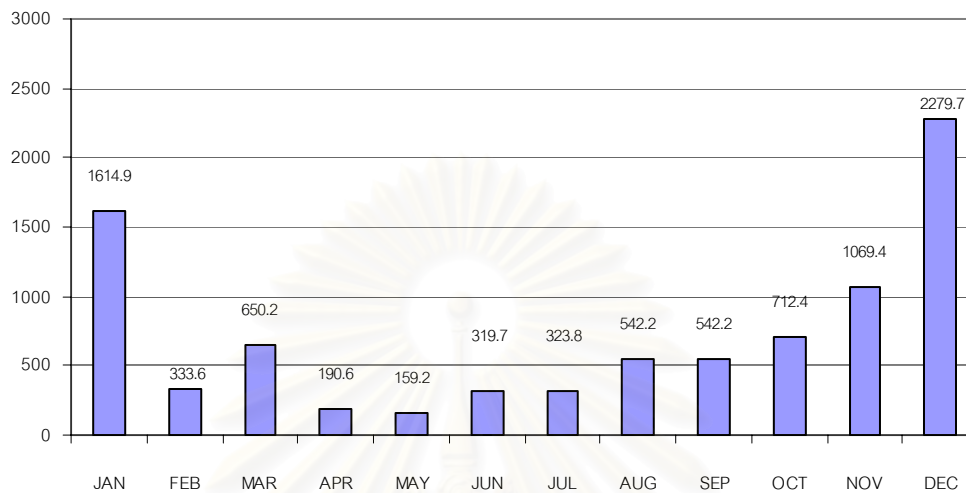
- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

แผนภูมิที่ 4.170 แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 30 องศา ในเวลา
กลางคืน



แผนภูมิที่ 4.171 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 30 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

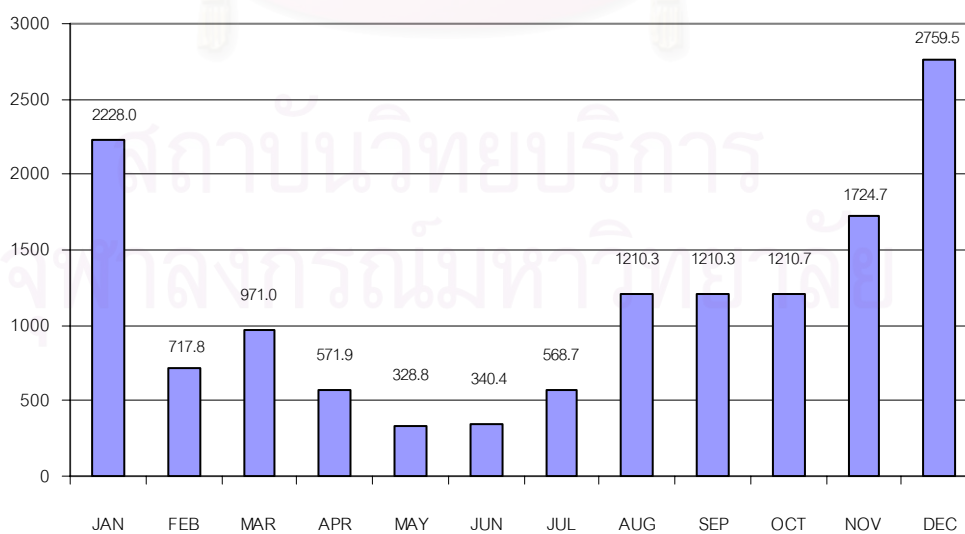
Degree Hours



เดือน

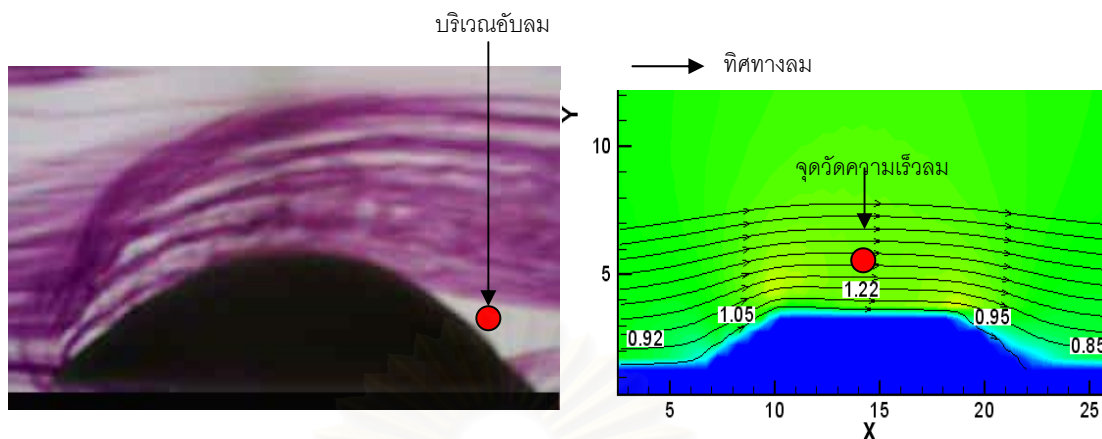
แผนภูมิที่ 4.172 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 30 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

เนินดินความชัน 45 องศา



การศึกษาโดยใช้ใ้ตะน้ำ

การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.4 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมของเนินดินความชัน 30 องศา

จากภาพที่ 4.4 พบว่าความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปลายเนินและจะสูงสุดอยู่ที่บริเวณส่วนสูงสุดของเนิน และเมื่อลมผ่านไปทางด้านหลังเนิน ความเร็วจะลดลงเล็กน้อยกว่าเนินชัน 30 องศา เป็นบริเวณอับลม (จากภาพความเร็วต้น 1.0m/s)

ตารางที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่ความชัน 45 องศา

เนินดินความชันที่ 45 องศา	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.13
0.5	0.61
1.0	1.22
1.5	1.78
2.0	2.19
2.5	2.63
3.0	3.17
3.5	3.56
4.0	4.15

ผล Regression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้นของลม

R Square 0.996722

Adjusted R Square 0.996253

Standard Error 0.08301

Observations 9

ANOVA

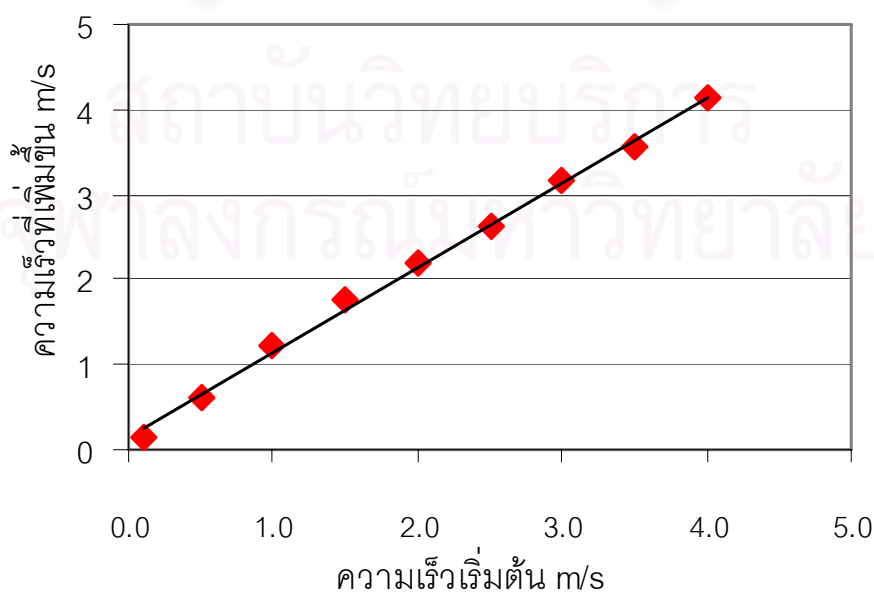
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	14.67	14.67	2128.26	5.88E-10
Residual	7	0.05	0.01		
Total	8	14.71			

	Coefficients	Standard		t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
		Error	t Stat						
Intercept	0.15	0.05	2.80	0.03	0.02	0.27	0.02	0.27	
X Variable 1	1.00	0.02	46.13	0.00	0.95	1.05	0.95	1.05	

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $y=1.002(x)+0.145$

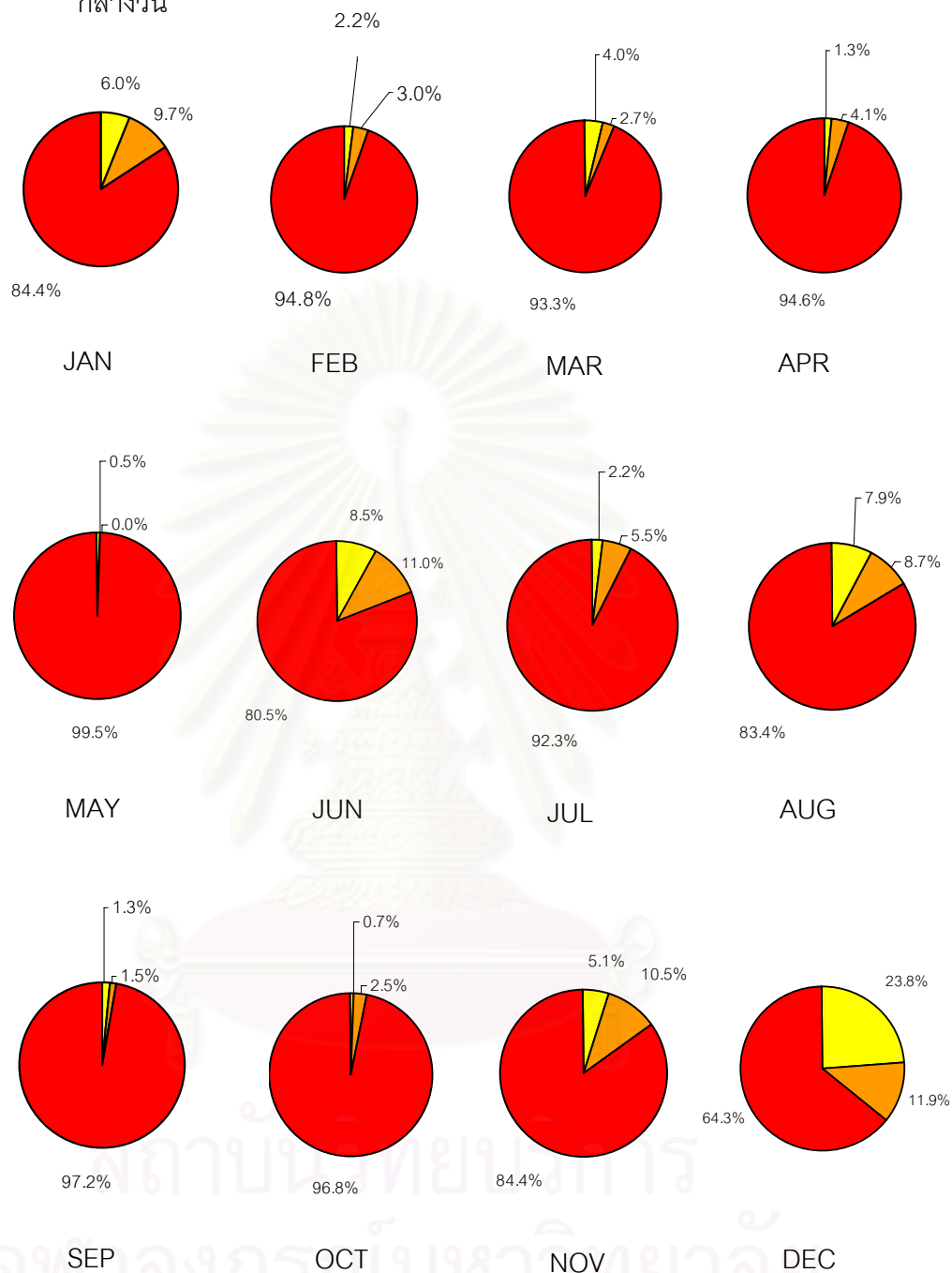
แผนภูมิที่ 4.173 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของเนินดินที่

ความชัน 45 องศา



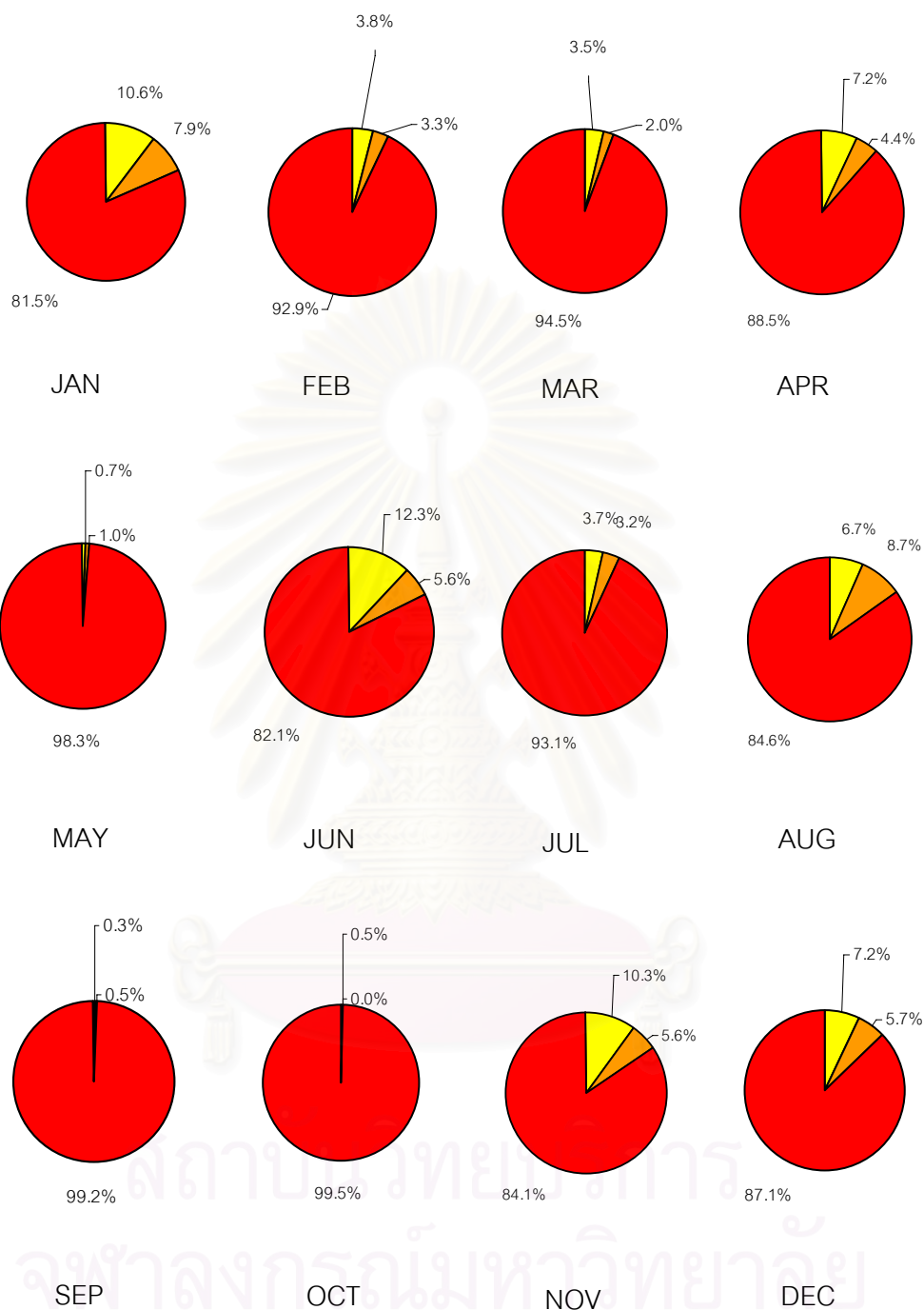
แผนภูมิที่ 4.174 แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 45 องศา ในเวลา

กลางวัน



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

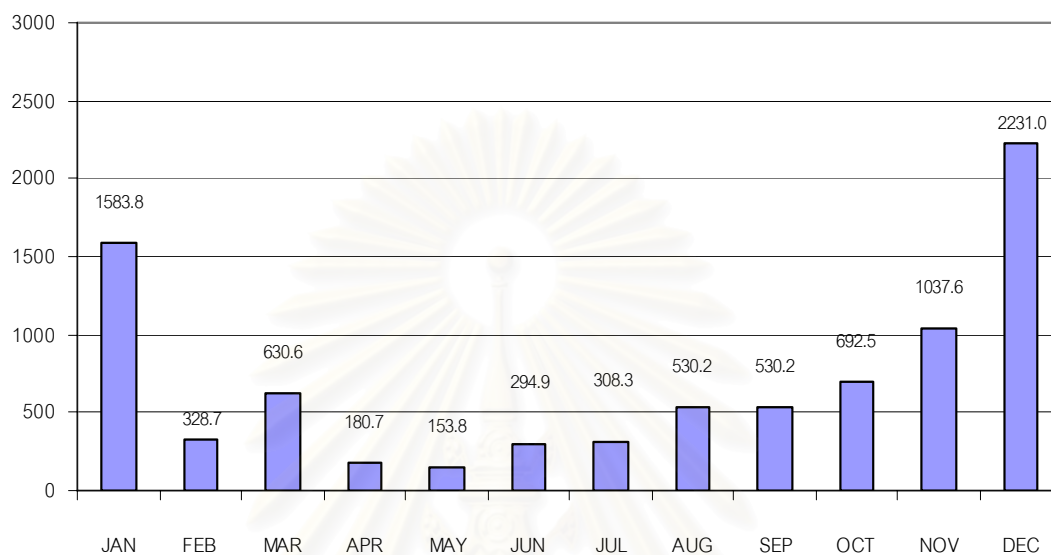
แผนภูมิที่ 4.175 แสดงสัดส่วนความสบายบริเวณส่วนบนเนินดินที่มีความชัน 45 องศา ในเวลา
กลางคืน



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

แผนภูมิที่ 4.176 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 45 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

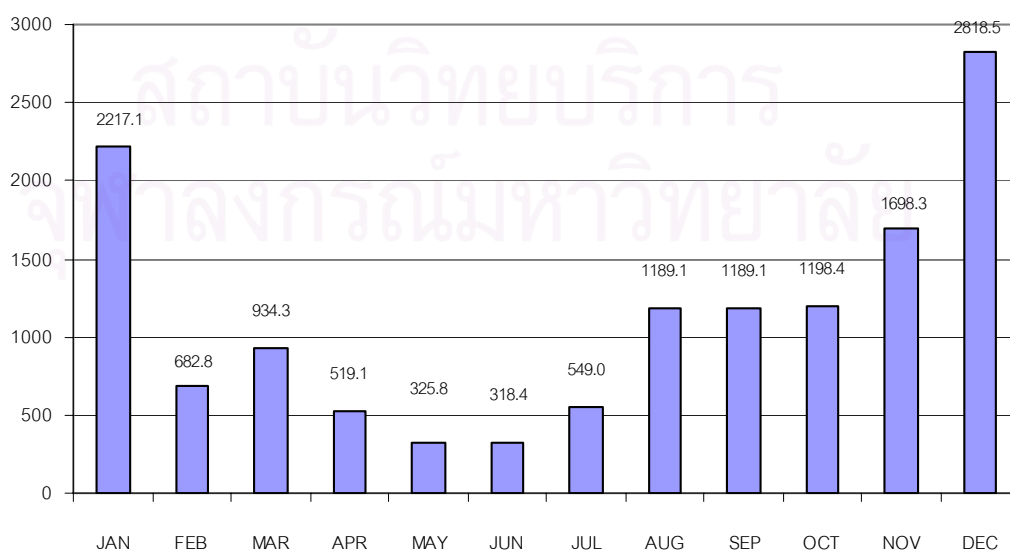
Degree Hours



เดือน

แผนภูมิที่ 4.177 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศบริเวณเนินดินความชัน 45 องศา ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



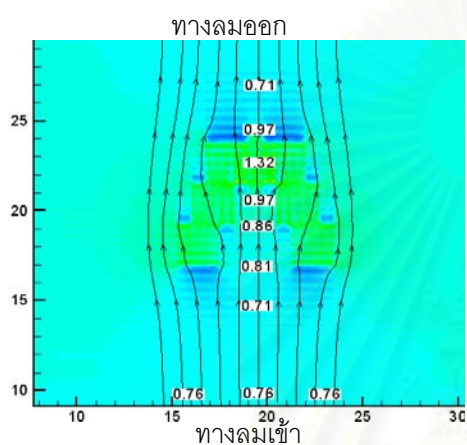
เดือน

4.3.2 การใช้ต้นไม้

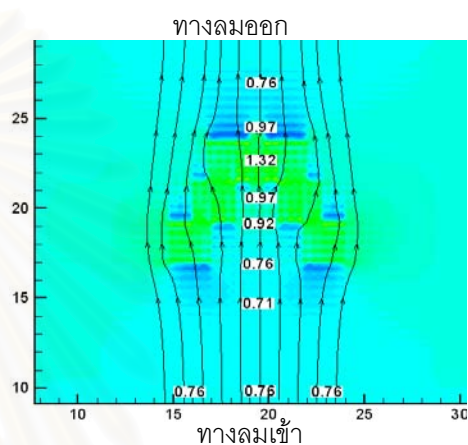
สัดส่วนที่เหมาะสมของรูปแบบกรวย (Venturi Effect)

แนวทางการศึกษาสัดส่วนช่องทางลมเข้าและลมออก ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) หาความเร็วตรงที่เกิดบริเวณทางลมออก โดยขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือสัดส่วนรูปร่างกรวยด้านบน และด้านข้าง

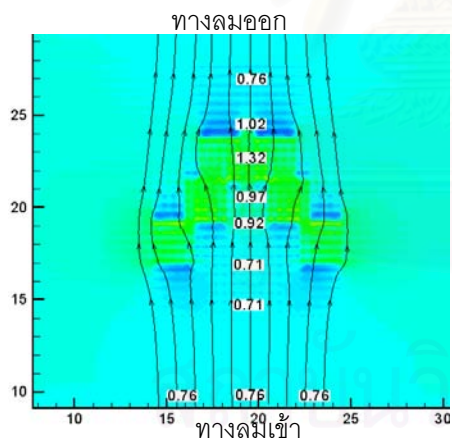
ผลความเร็วที่ได้จากโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) จากการเปลี่ยนสัดส่วนช่องทางลมเข้าต่อช่องทางลมออกของการจัดวางรูปร่างกรวยด้านบน



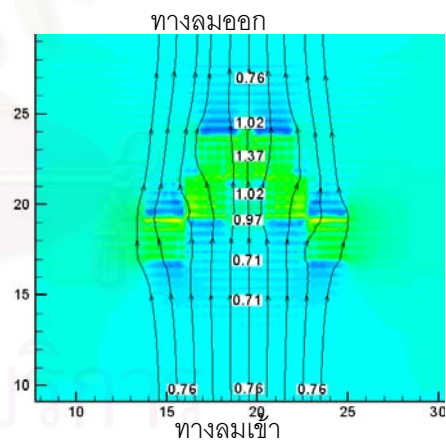
ช่องเข้า 4 : ช่องออก 1



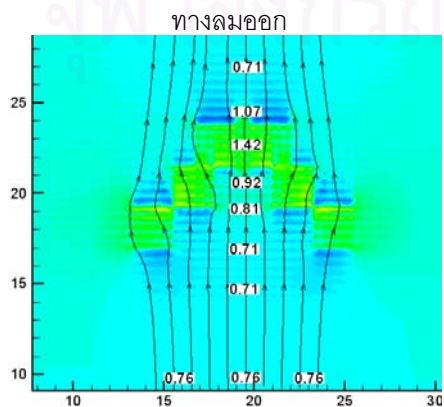
ช่องเข้า 5 : ช่องออก 1



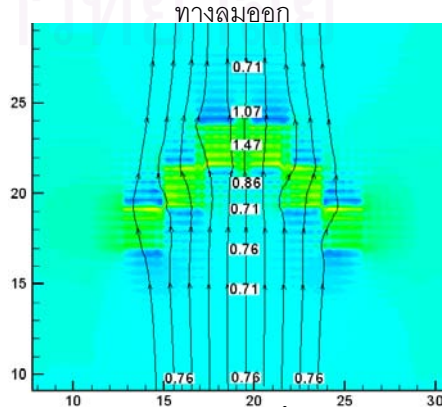
ช่องเข้า 6 : ช่องออก 1



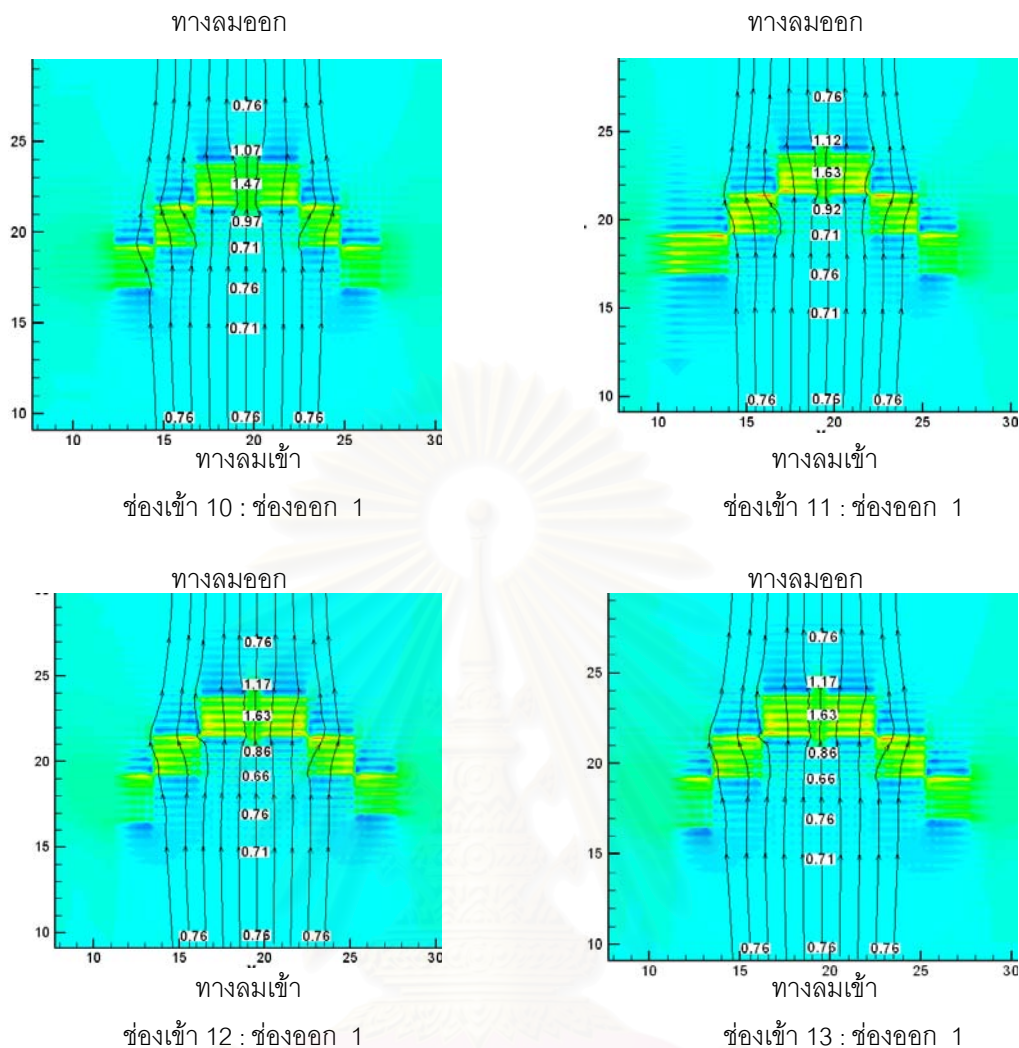
ช่องเข้า 7 : ช่องออก 1



ช่องเข้า 8 : ช่องออก 1



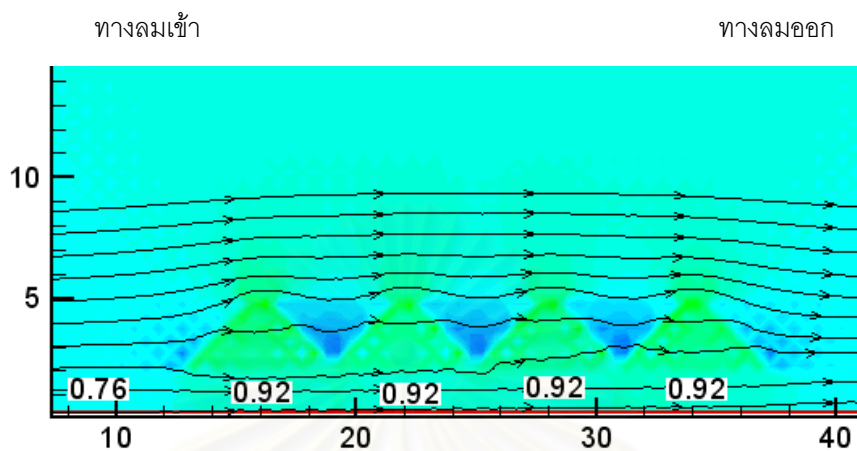
ช่องเข้า 9 : ช่องออก 1



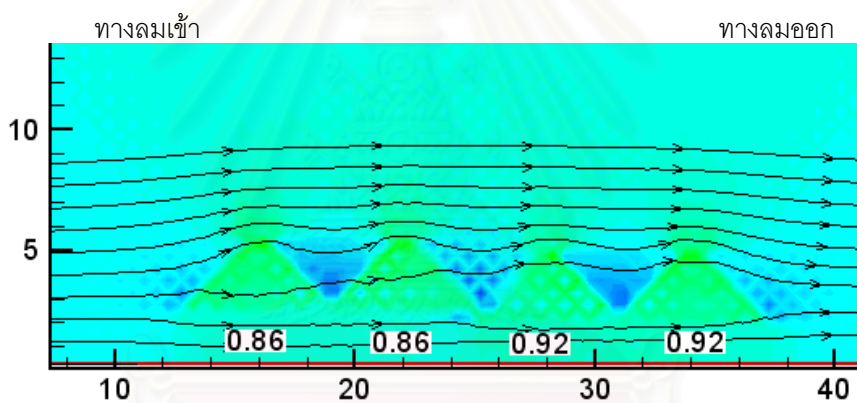
ภาพที่ 4.5 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆของรูปแบบกรวยด้านบน

ในการศึกษาใช้ความเร็วต้นที่กำหนดอยู่ที่ 0.8 m/s (2.9 km/h) และค่าความโปร่งของพุ่มใบอยู่ที่ 35% พบว่าสัดส่วนที่ความเร็วตรงที่ทางออกจะมีความเร็วสูงที่สุดคืออัตราส่วนช่องลมเข้า 11 : ช่องลมออก 1 โดยจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า จาก 0.8 m/s (2.9 km/h) เป็น 1.6 m/s (5.9 km/h) และถ้าเพิ่มอัตราส่วนช่องลมเข้าให้กว้างมากขึ้น เป็น 12 – 13 ผลที่ได้คือความเร็วตรงทางออกคงที่และไม่เพิ่มหรือลดลงไปจาก 1.6 m/s (5.9 km/h)

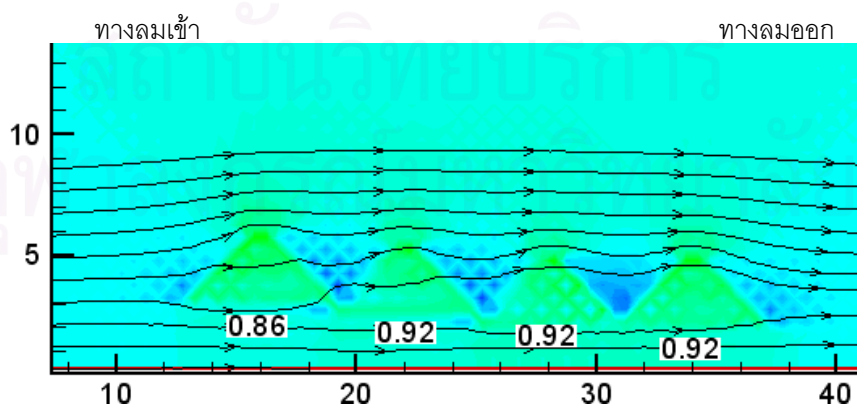
ผลความเร็วที่ได้จากโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล CFD (Computational Fluid Dynamics) จาก
การเปลี่ยนสัดส่วนช่องลมเข้าต่อช่องลมออกของการจัดวางรูปกรวยด้านข้าง



ช่องเข้า 1 : ช่องออก 1



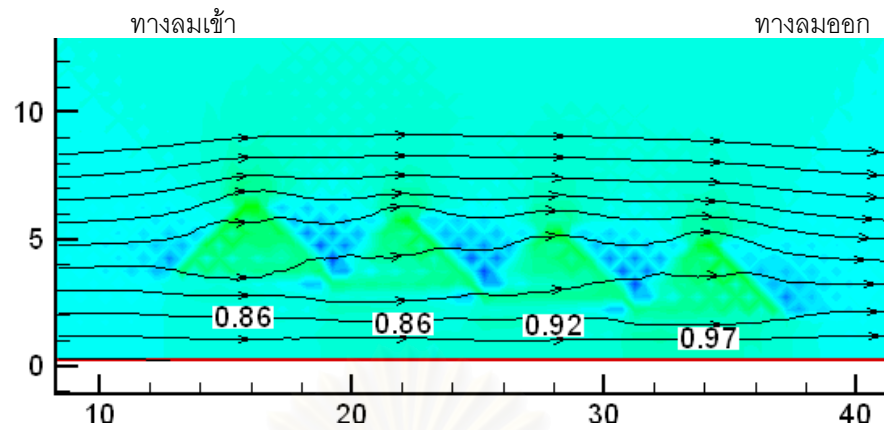
ช่องเข้า 1.25 : ช่องออก 1



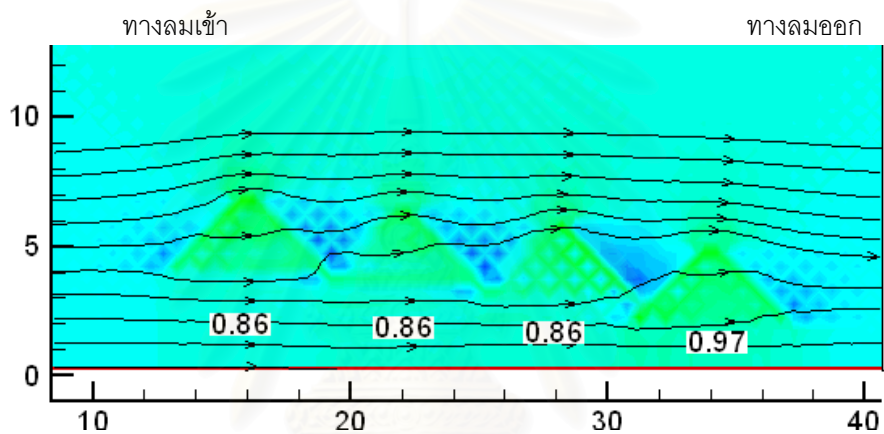
ช่องเข้า 1.5 : ช่องออก 1

ภาพที่ 4.6 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆ

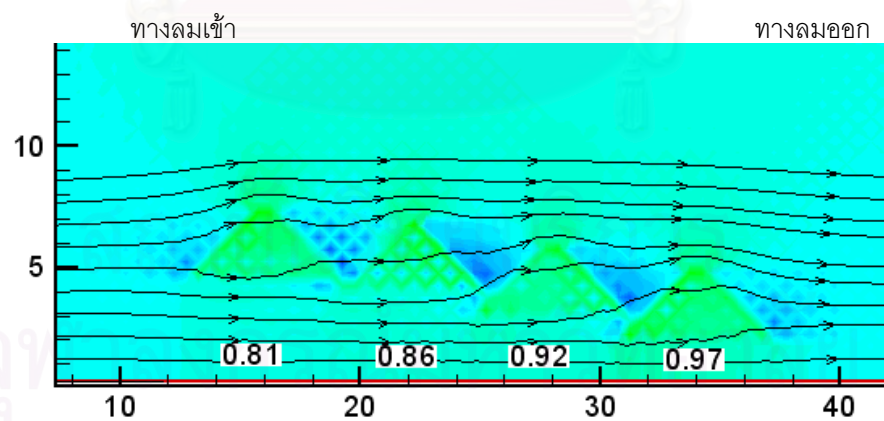
ของรูปแบบกรวยด้านข้าง (1)



ช่องเข้า 1.75 : ช่องออก 1



ช่องเข้า 2 : ช่องออก 1



ช่องเข้า 2.25 : ช่องออก 1

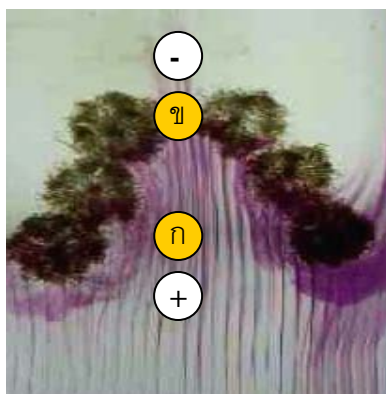
ภาพที่ 4.7 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตรงทางออกตามสัดส่วนต่างๆ
ของรูปแบบกรวยด้านข้าง (2)

ในการศึกษาใช้ความเร็วต้นที่กำหนดอยู่ที่ 0.8 m/s (2.9 km/h) และค่าความโปร่งของพุ่มใบอยู่ที่ 35% พบว่าสัดส่วนที่ความเร็วตรงที่ทางออกจะมีความเร็วสูงที่สุดคืออัตราส่วนช่องลมเข้า 1.75 : ช่องลมออก 1 หรือ ในสัดส่วนที่ทดสอบช่องลมเข้าเท่ากับสูงจากพื้นถึงพุ่มใบ 3.5 ม. และช่องลมออกมีความสูงนับจากพื้นถึงใต้พุ่มใบเท่ากับ 2 เมตรโดยจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นถึง จาก 0.8 m/s (2.9 km/h) เป็น 0.97 m/s (3.5 km/h) และถ้าเพิ่มอัตราส่วนช่องลมเข้าให้กว้างมากขึ้น เป็น 2-2.5 ผลที่ได้คือความเร็วตรงทางออกคงที่และไม่เพิ่มหรือลดลงไปจาก 0.97 m/s (3.5 km/h)

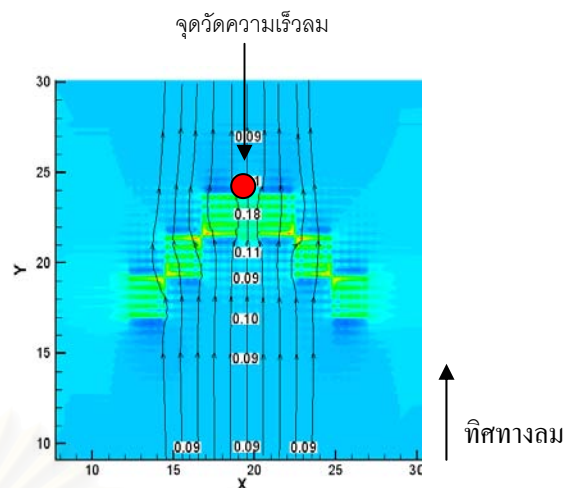


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านบน



การศึกษาโดยใช้ไต่ระดับน้ำ



การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.8 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดกลุ่มต้นไม้แบบกรวยด้านบน

จากภาพที่ 4.8 เลือกสัดส่วนทางลมเข้าต่อทางลมออกเท่ากับ 11:1 เป็นสัดส่วนที่ความเร็วลมตรงทางออกสูงที่สุด บริเวณ ก ความเร็วลมจะลดลงจากความเร็วต้นและกระแสรวมกันที่บริเวณ ข จึงเกิดความดันอากาศที่มากเป็น + ต่างจากบริเวณด้านหลัง ข เป็น - ความดันที่น้อยกว่าและเมื่อความต่างกันของความดันมากขึ้นจะเกิดกระแสลมที่แรงขึ้นเป็นสัดส่วนกัน

ตารางที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านบน

การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านบน	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.18
0.5	0.89
1.0	1.88
1.5	3.05
2.0	4.24
2.5	5.39
3.0	6.29
3.5	7.35
4.0	8.08

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้น

Multiple R	0.998758571
R Square	0.997518683
Adjusted R Square	0.997164209
Standard Error	0.151279213
Observations	9

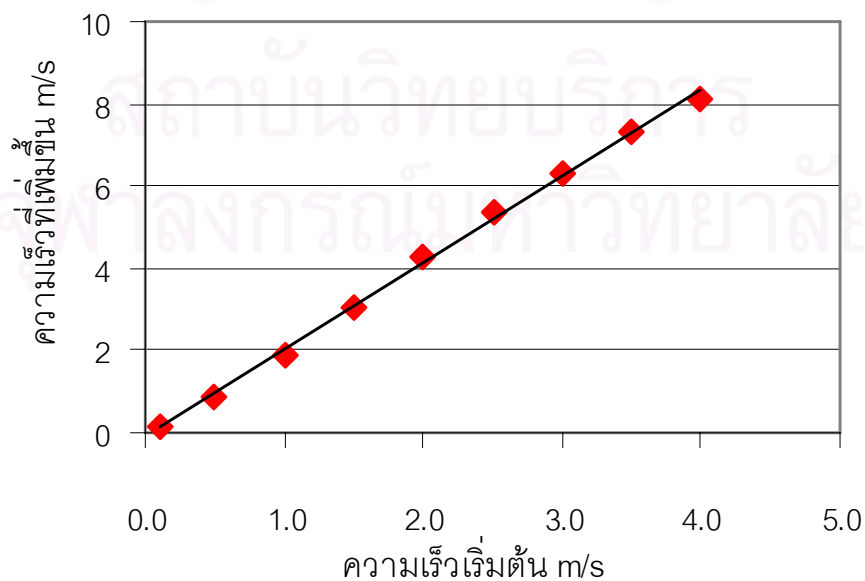
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1.00	64.40	64.40	2814.08	0.00
Residual	7.00	0.16	0.02		
Total	8.00	64.56			

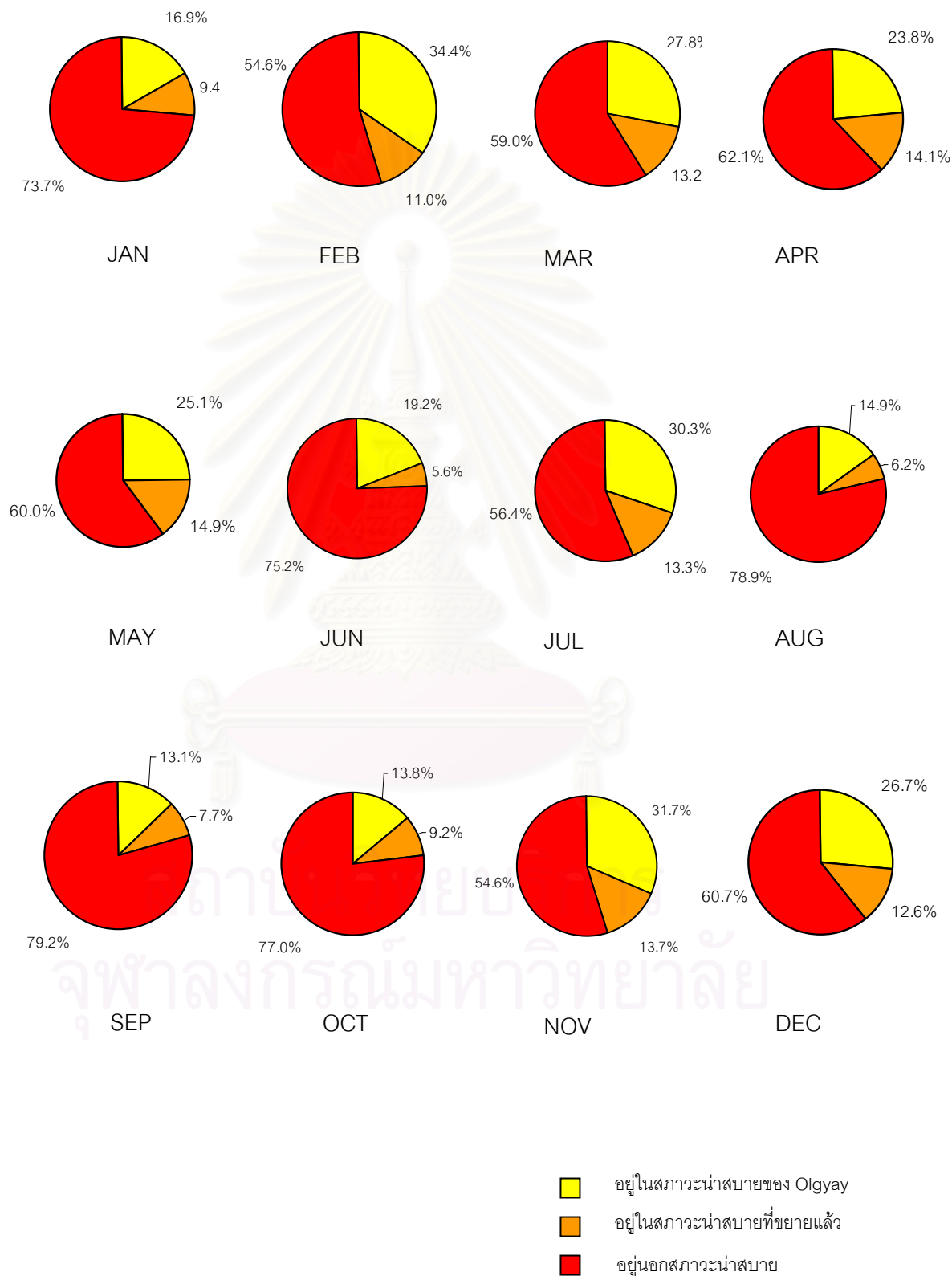
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-0.07	0.09	-0.77	0.47	-0.30	0.15	-0.30	0.15
X Variable 1	2.10	0.04	53.05	0.00	2.01	2.19	2.01	2.19

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $y=2.09961210830545(x)-0.0725532400365102$

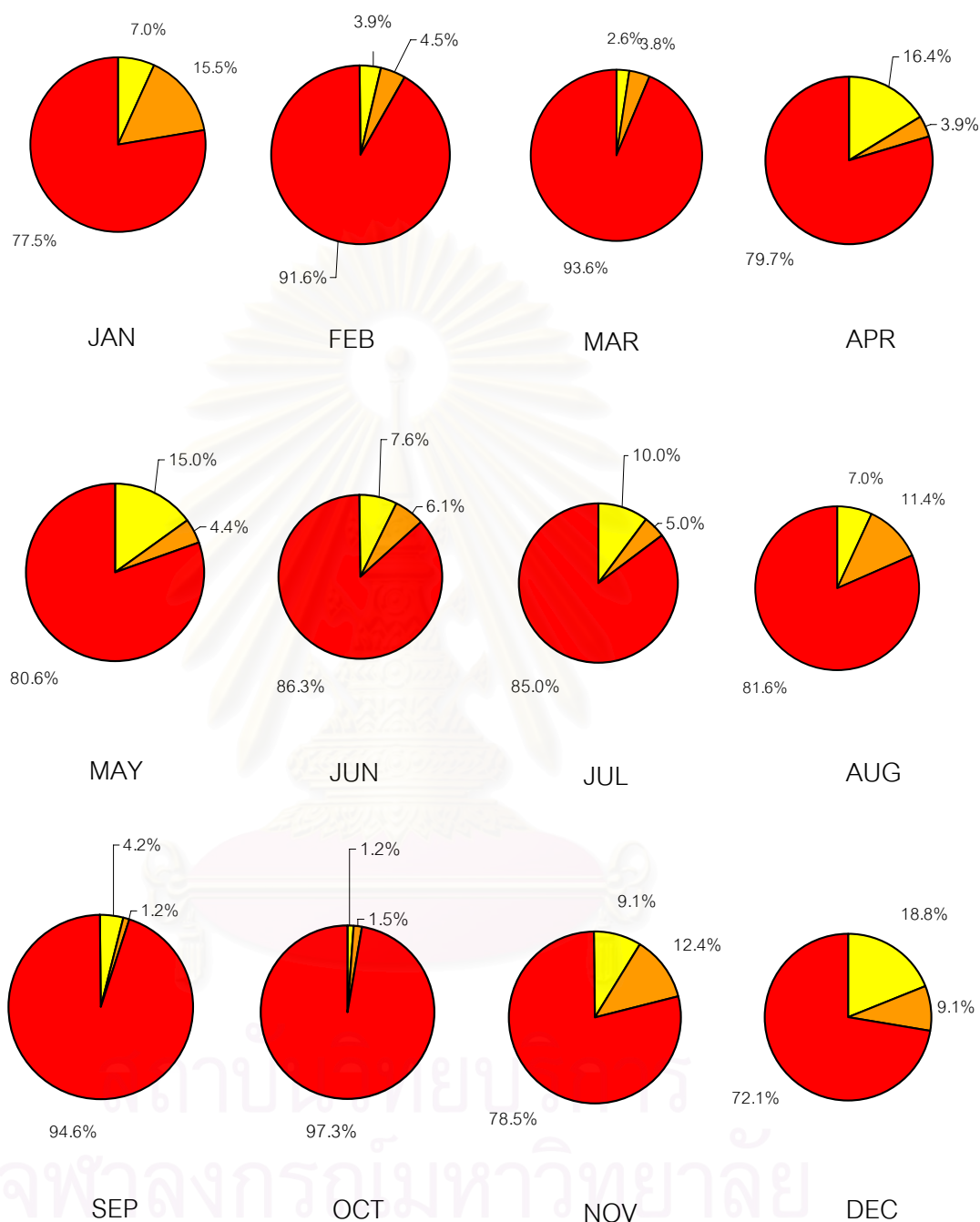
แผนภูมิที่ 4.178 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบรูปกรวยด้านบน



แผนภูมิที่ 4.179 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดรูปแบบกรวยด้านบน ในเวลากลางวันของ กรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



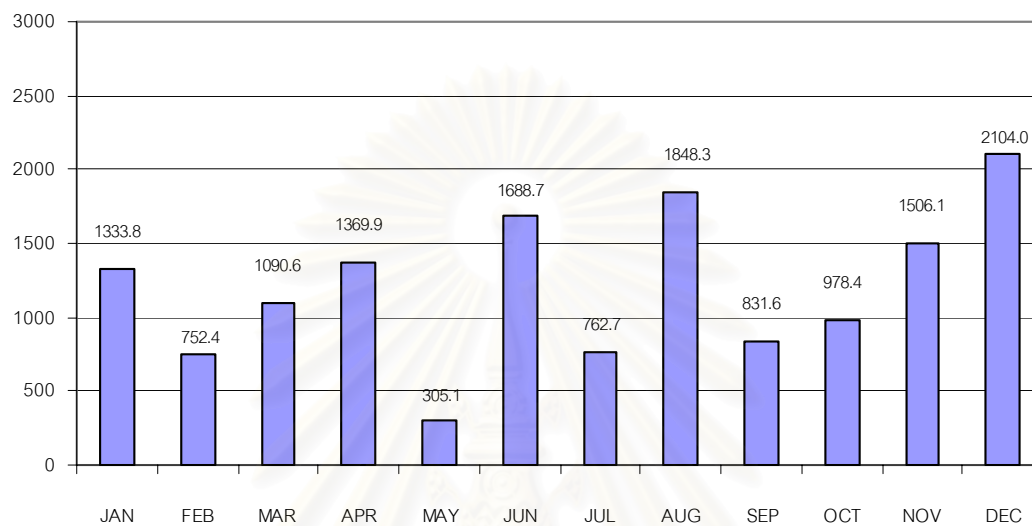
แผนภูมิที่ 4.180 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดรูปแบบกรวยด้านบน ในเวลากลางคืน
กรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgyay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

แผนภูมิที่ 4.181 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดรูปแบบต้นไม้รูปกรวยด้านบน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

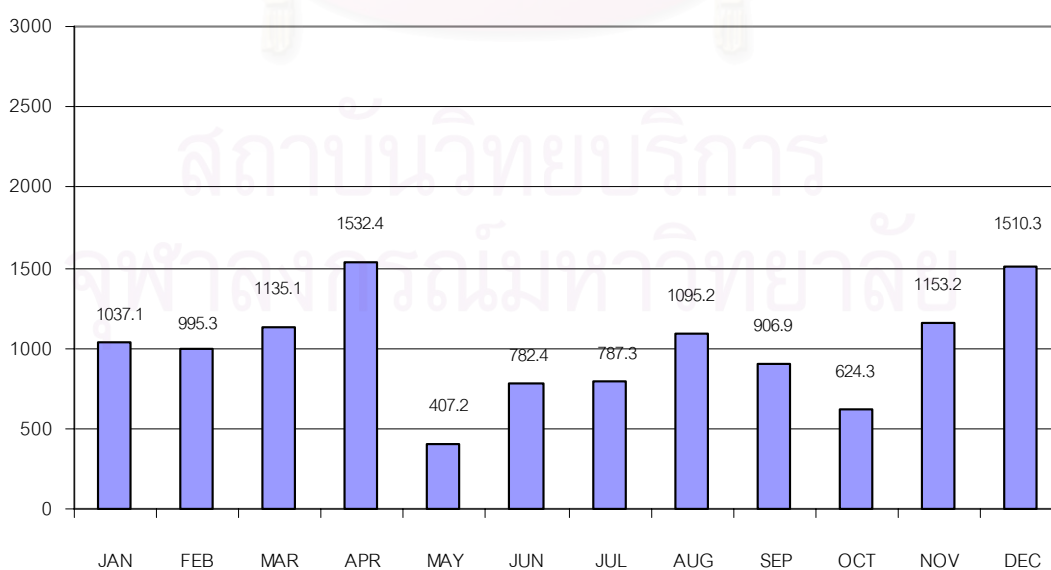
Degree Hours



เดือน

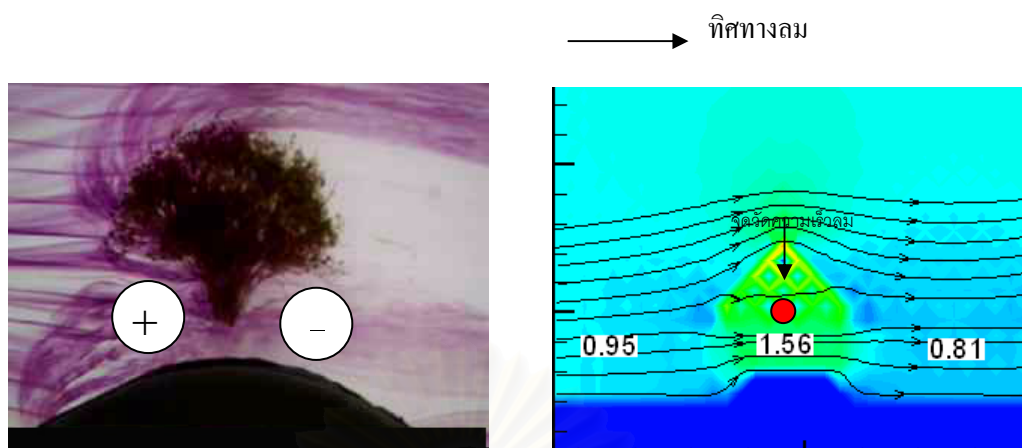
แผนภูมิที่ 4.182 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดรูปแบบต้นไม้รูปกรวยด้านบน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

การจัดวางต้นไม้บนเนินดิน



การศึกษาโดยใช้ไต้ระน้ำ

การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.9 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน

จากภาพที่ 4.9 บริเวณทางลมเข้ามีความดันสูง เป็น + เนื่องจากช่องว่างระหว่างเนินดิน และต้นไม้ทำหน้าที่บีบลมคล้ายเป็นรูปกรวย และด้านหลังเนินดินและต้นไม้มีความดันที่ต่ำกว่า เป็น - จึงเกิดกระแสลมไหลผ่าน ยิ่งความเร็วมากความดันตรงทางเข้ามากกระแสลมที่ผ่านช่องว่าง ก็จะเร็วมากขึ้นตาม

ตารางที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน

การจัดวางต้นไม้บนเนินดิน	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.16
0.5	0.78
1.0	1.58
1.5	2.37
2.0	3.15
2.5	3.93
3.0	4.73
3.5	5.64
4.0	6.41

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้น

Multiple R	0.9998578
R Square	0.99971561
Adjusted R Square	0.99967499
Standard Error	0.03905551
Observations	9

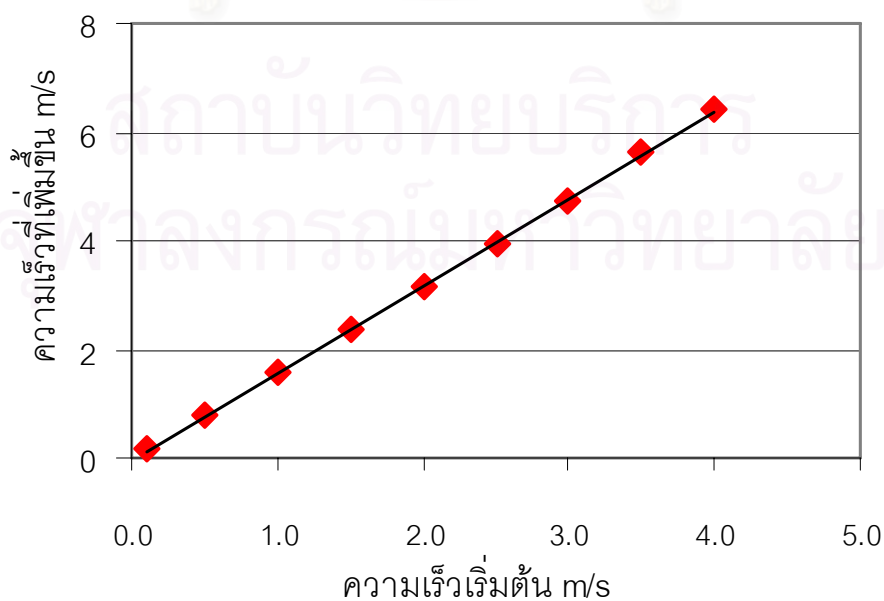
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1.00	37.53	37.53	24607.32	0.00
Residual	7.00	0.01	0.00		
Total	8.00	37.55			

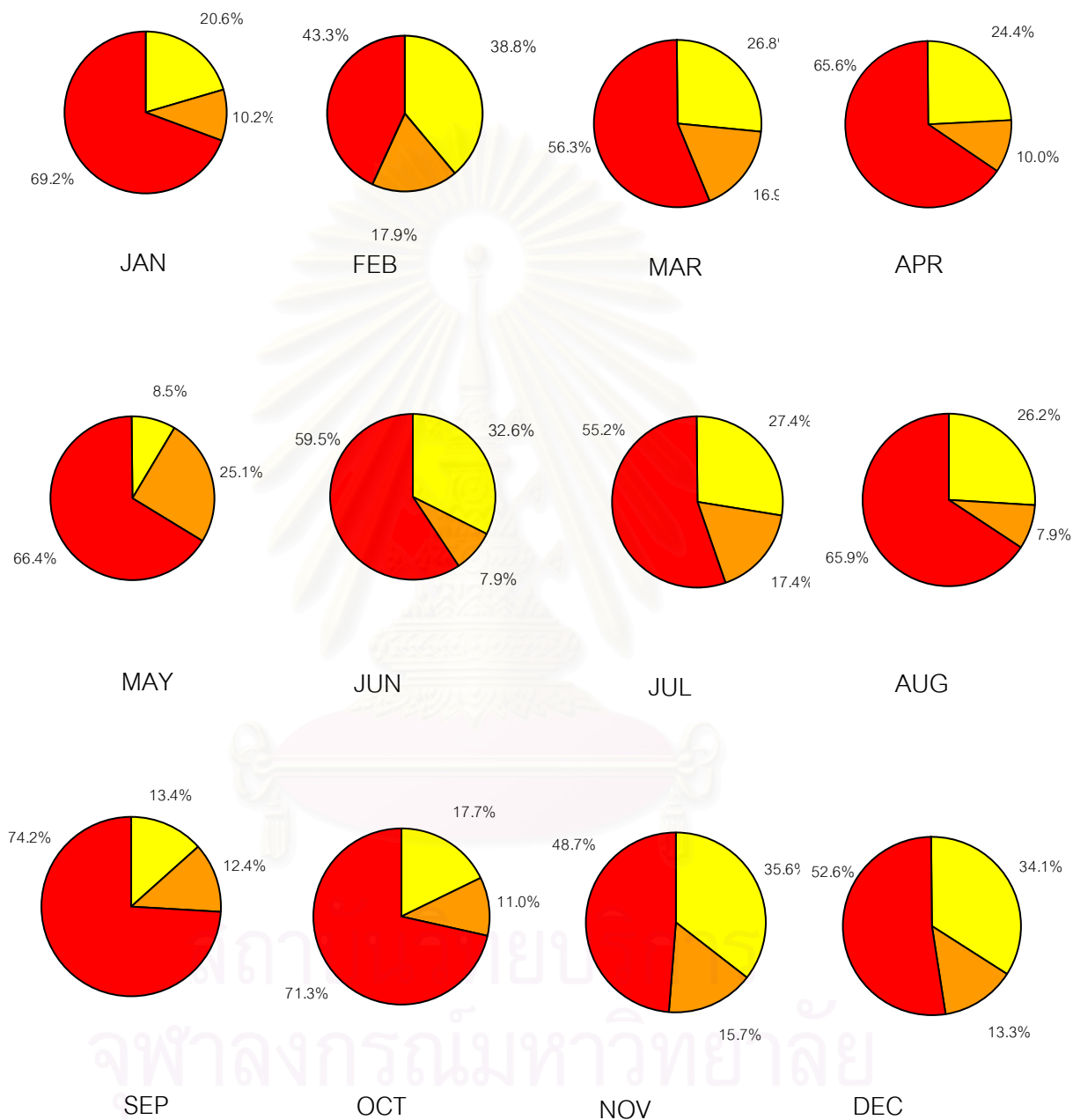
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-0.029	0.024	-1.199	0.270	-0.087	0.028	-0.087	0.028
X Variable 1	1.603	0.010	156.867	0.000	1.579	1.627	1.579	1.627

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $y=1.60289777912991(x)-0.0291610891390332$

แผนภูมิที่ 4.183 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน

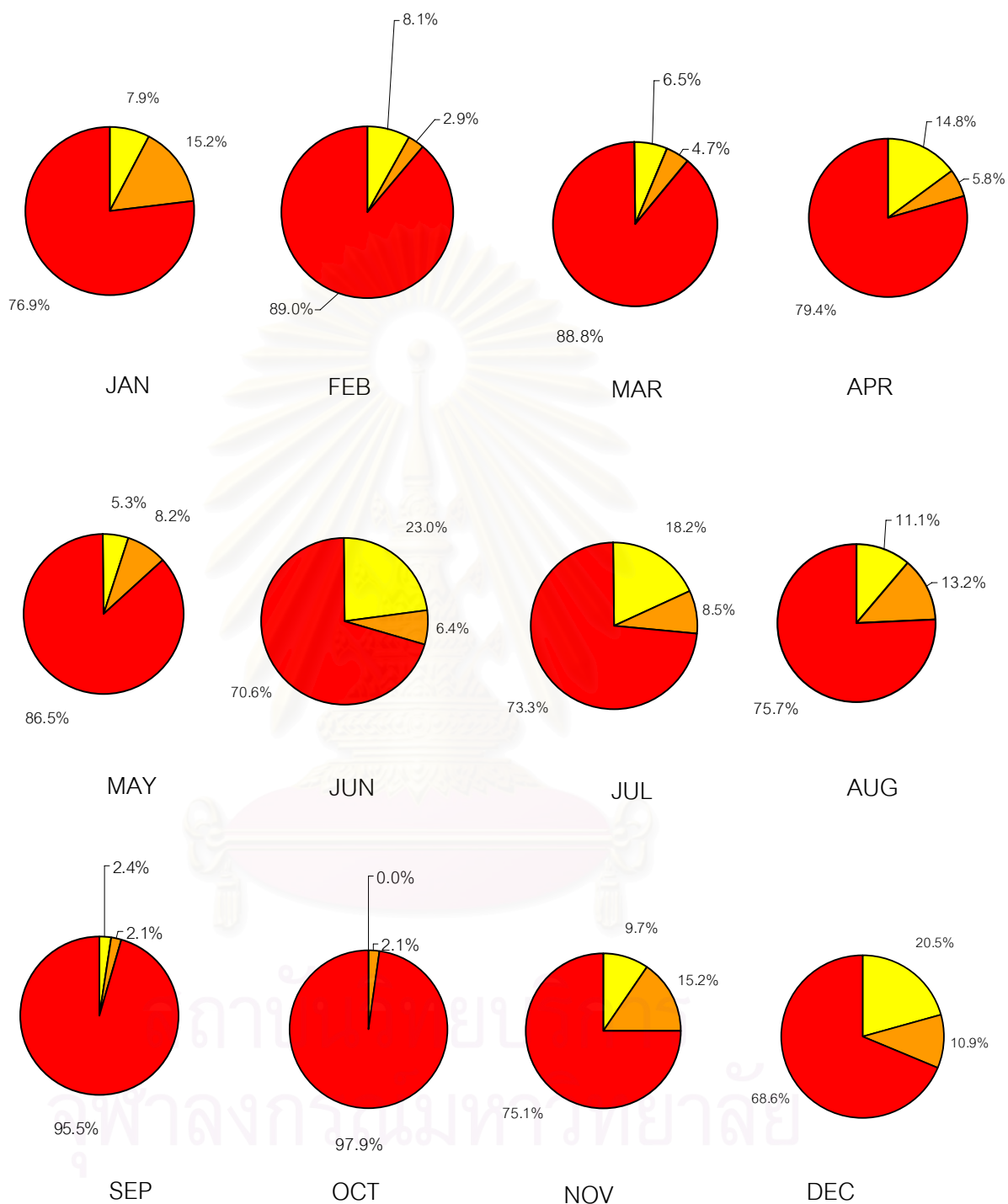


แผนภูมิที่ 4.184 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดินในเวลากลางวันของ กรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

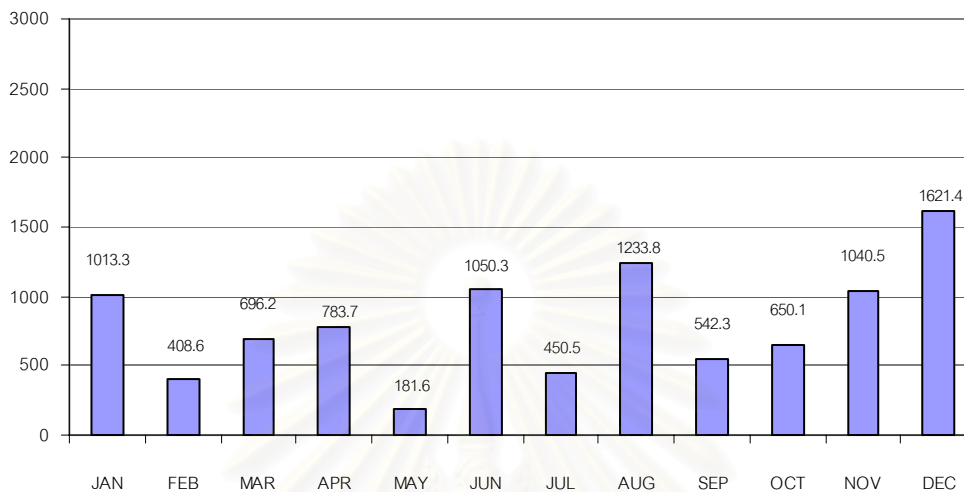
แผนภูมิที่ 4.185 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้บนเนินดินในเวลากลางคืนของ
กรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

แผนภูมิที่ 4.186 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

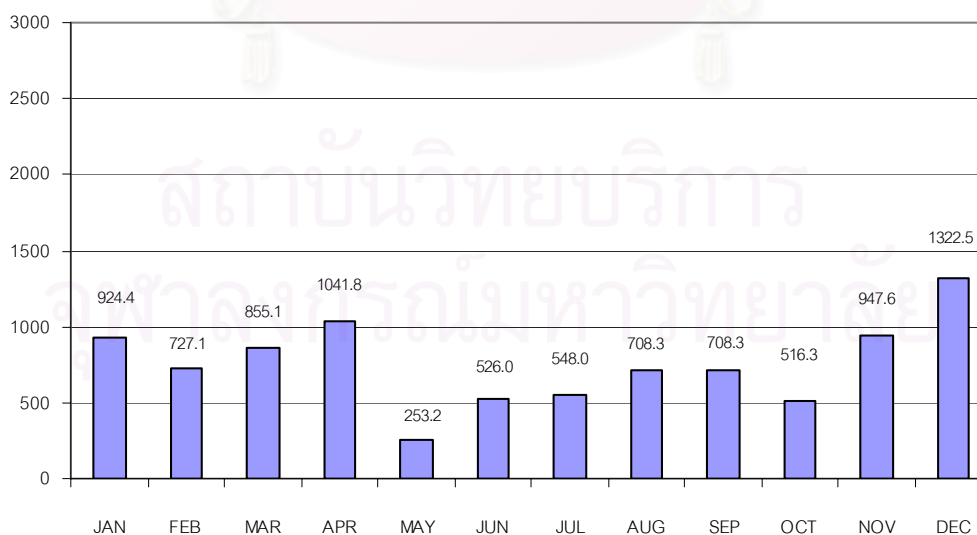
Degree Hours



เดือน

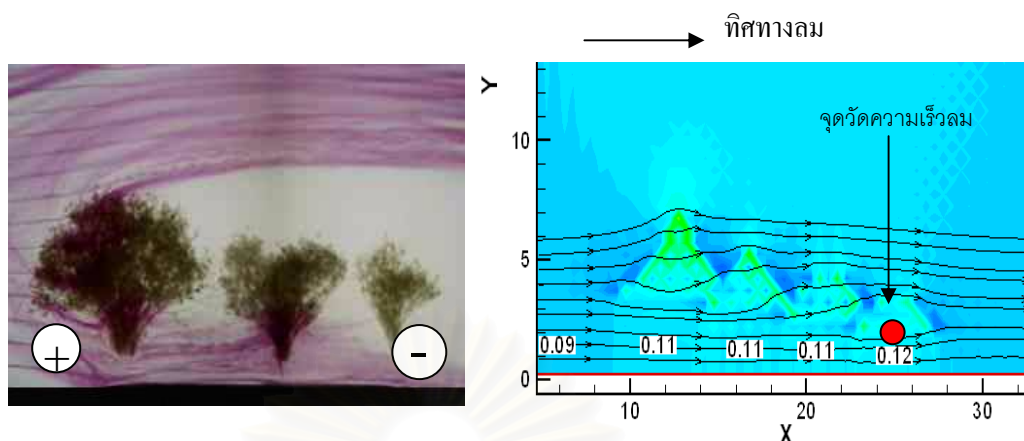
แผนภูมิที่ 4.187 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้บนเนินดิน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง



การศึกษาโดยใช้โต๊ะน้ำ

การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.10 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง

จากภาพที่ 4.10 พบว่าการปลูกต้นไม้ในลักษณะที่ว่างของพุ่มใบจากพื้นเป็นกรวยด้านข้างสามารถเพิ่มความเร็วลมในบริเวณทางออกของลมได้โดยที่ทางเข้าลมจะกว้างกว่าทางออกเพื่อทำให้ความดันต่างกัน ลมจะเคลื่อนที่จากความดันอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความดันอากาศต่ำกว่า ลมยิ่งแรงความดันอากาศจะต่างกันมากขึ้นความเร็วทางออกก็จะเพิ่มขึ้นตามตารางที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง

การจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.12
0.5	0.58
1.0	1.15
1.5	1.78
2.0	2.37
2.5	2.97
3.0	3.64
3.5	4.17
4.0	4.85

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้น

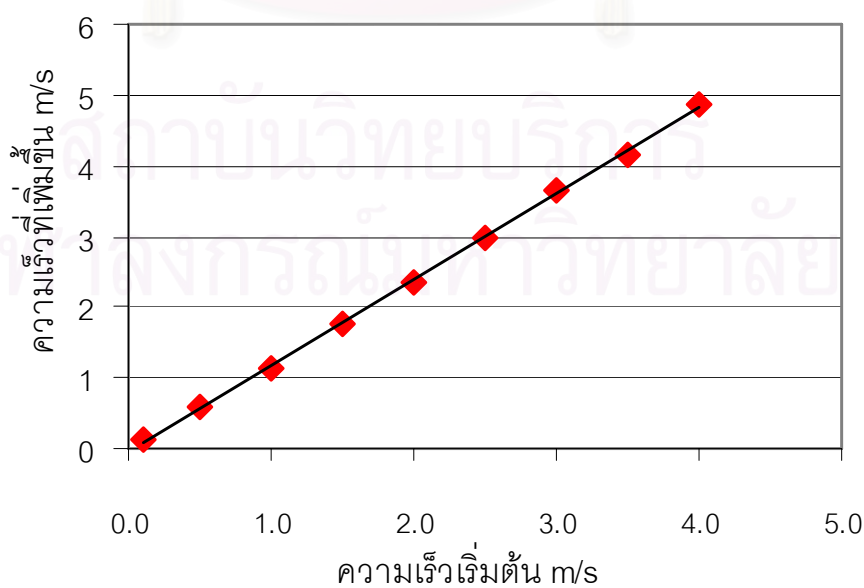
Multiple R	0.999832
R Square	0.999665
Adjusted R Square	0.999617
Standard Error	0.032068
Observations	9

ANOVA

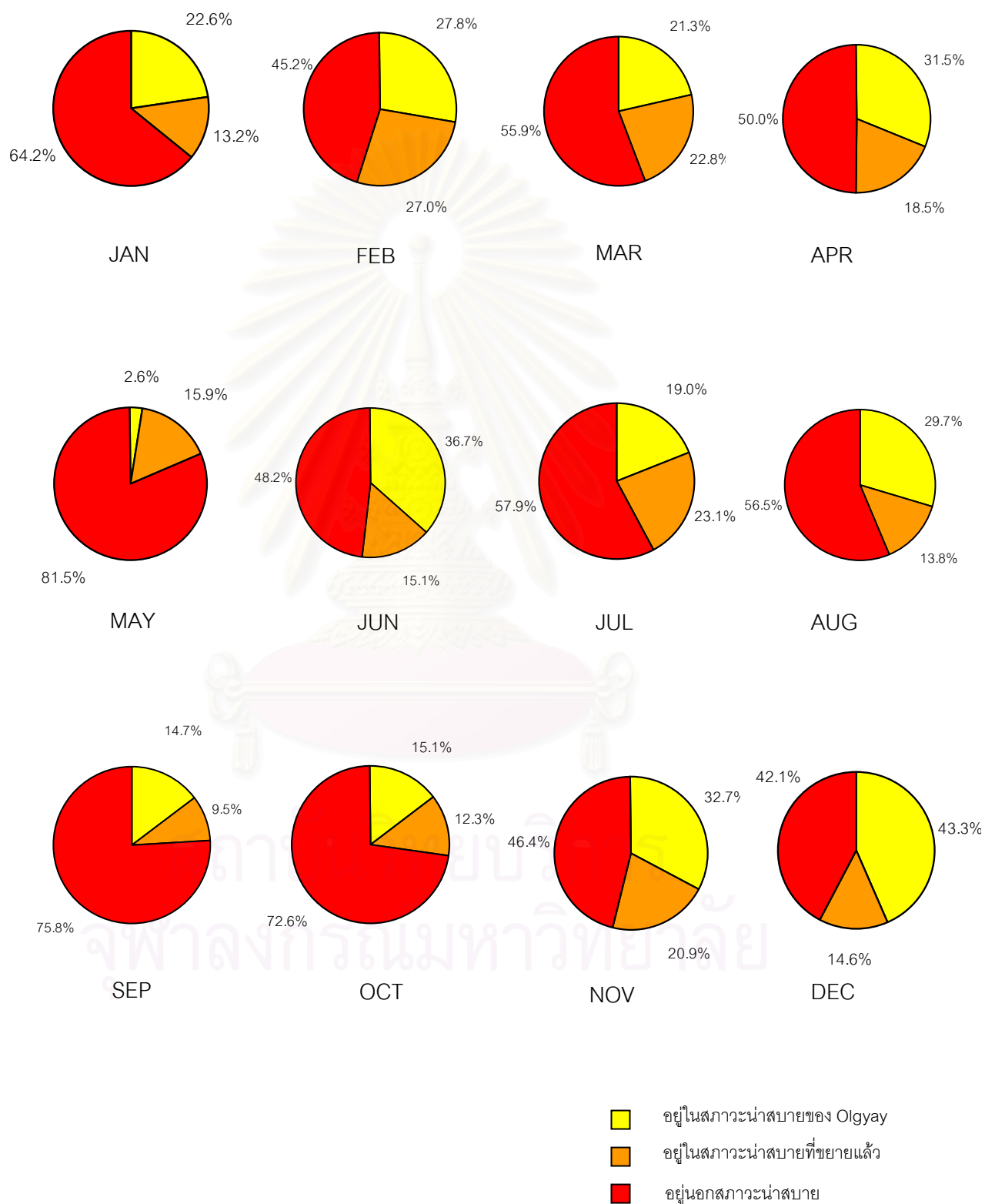
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1.00	21.45	21.45	20858	0.00
Residual	7.00	0.01	0.00		
Total	8.00	21.46			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-0.03	0.02	-1.68	0.14	-0.08	0.01	-0.08	0.01
X Variable 1	1.21	0.01	144.42	0.00	1.19	1.23	1.19	1.23

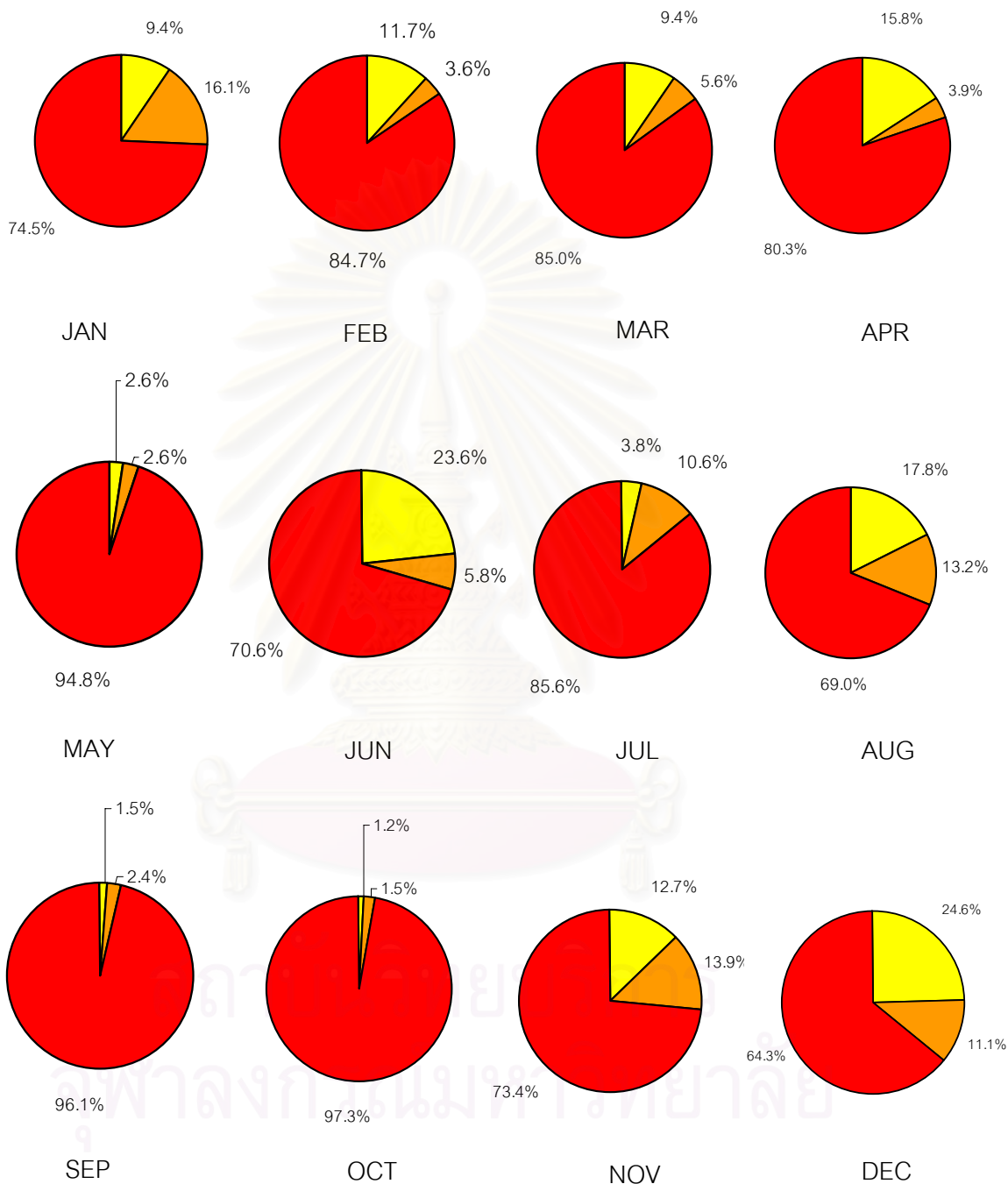
ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $y=1.21170520231214(x)-0.0335404624277446$
 แผนภูมิที่ 4.188 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการ
 จัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง



แผนภูมิที่ 4.189 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างในเวลา
กลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



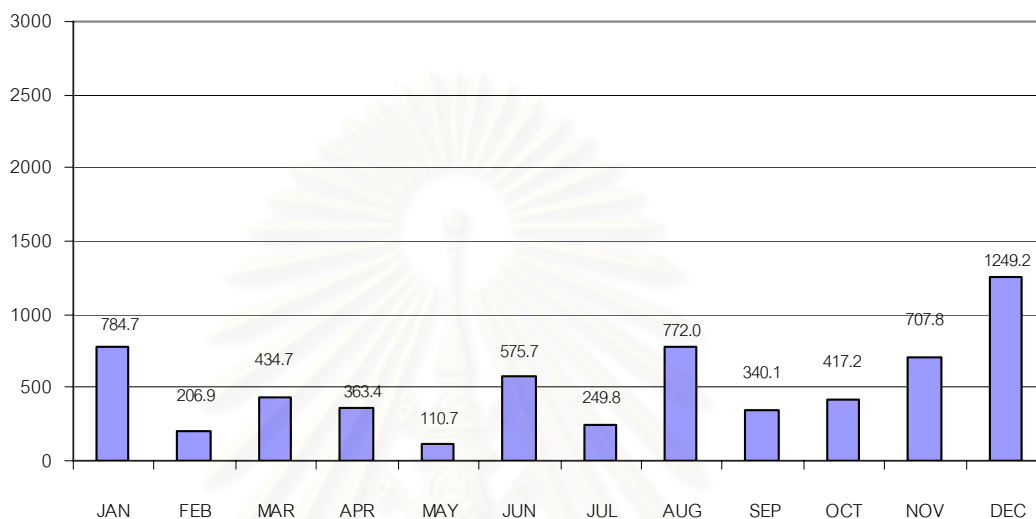
แผนภูมิที่ 4.190 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างในเวลา
กลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะนำสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะนำสบายที่ขยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะนำสบาย

แผนภูมิที่ 4.191 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

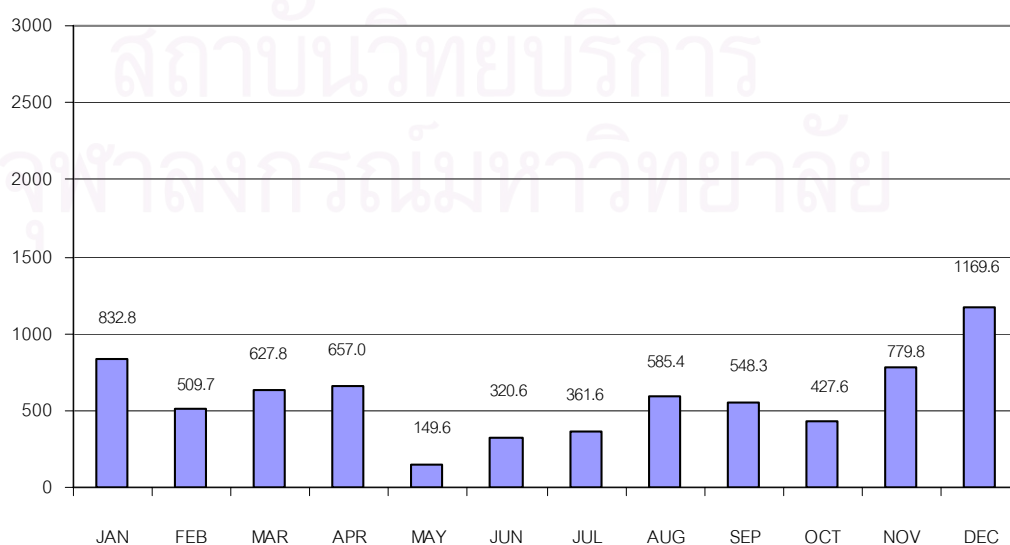
Degree Hours



เดือน

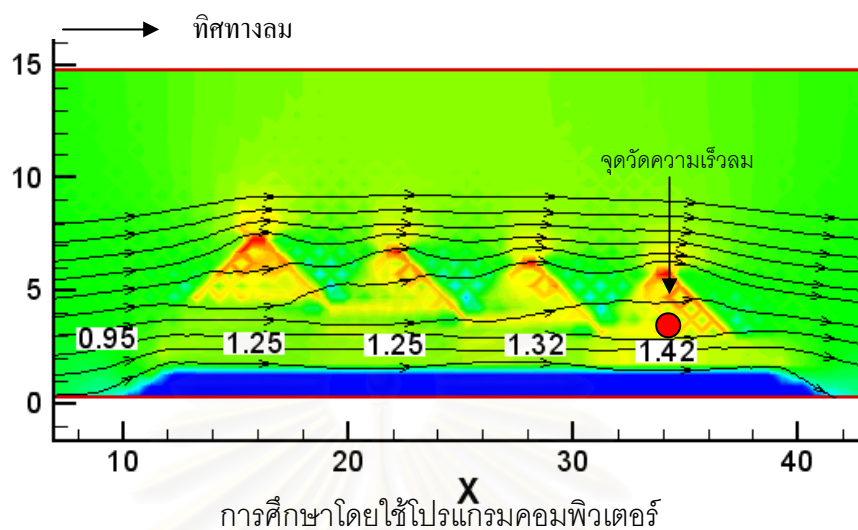
แผนภูมิที่ 4.192 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

4.3.3 การผสมผสานองค์ประกอบทางสภาพภูมิทัศน์ การใช้รูปแบบกรวยและเนินดิน



ภาพที่ 4.11 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้างและเนินดิน

ตารางที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน

การจัดวางต้นไม้รูปแบบกรวยและเนินดิน	
ความเร็วเริ่มต้น	ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1	0.14
0.5	0.71
1.0	1.42
1.5	2.19
2.0	2.92
2.5	3.73
3.0	4.47
3.5	5.22
4.0	5.97

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้น

Multiple R	0.999849
R Square	0.999827
Adjusted R Square	0.999827
Standard Error	0.026716
Observations	9

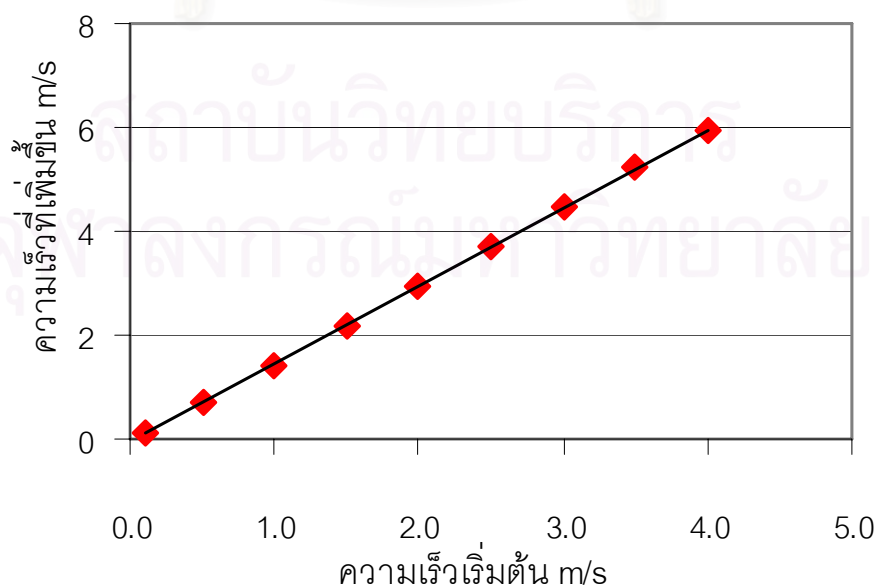
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	33.01	33.01	46254.25	1.24E-14
Residual	7	0.00	0.00		
Total	8	33.02			

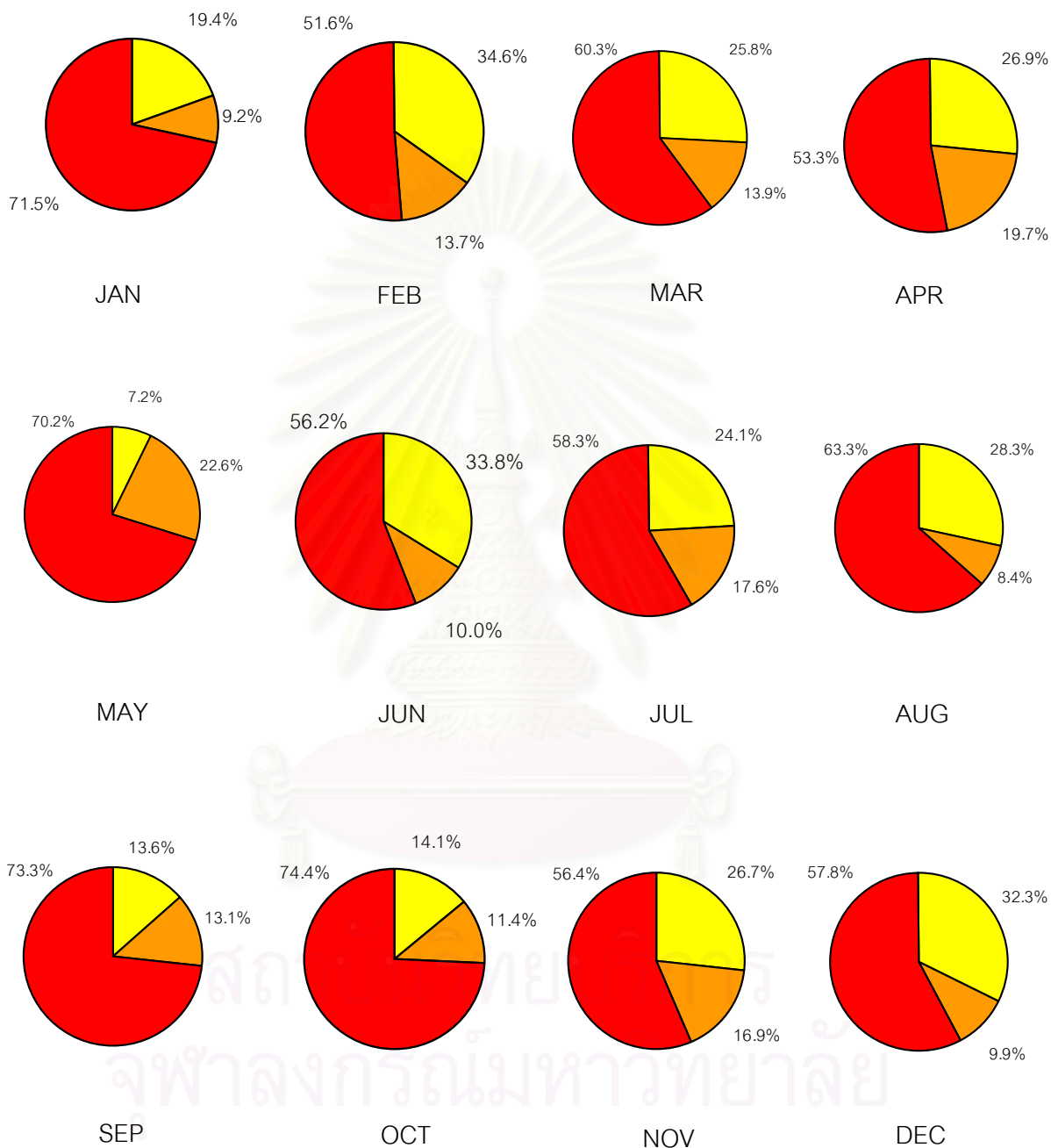
	Standard		t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
	Coefficients	Error						
Intercept	-0.05	0.02	-2.94	0.02	-0.09	-0.01	-0.09	-0.01
X Variable 1	1.50	0.01	215.07	0.00	1.49	1.52	1.49	1.52

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y=1.50330088226346(x)-0.0488606632187421$

แผนภูมิที่ 4.193 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการ
จัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน

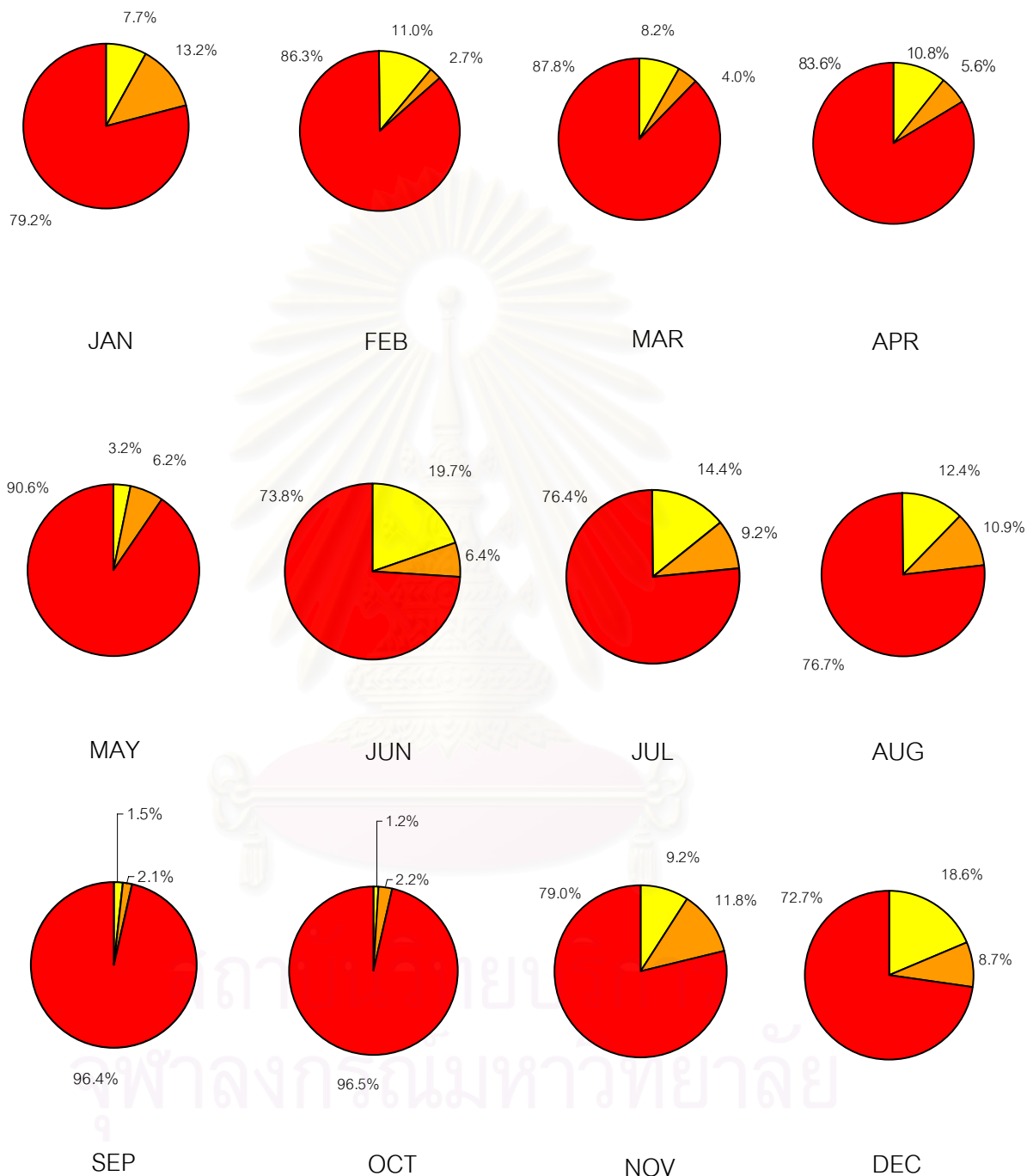


แผนภูมิที่ 4.194 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินเวลา
กลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ซวยแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

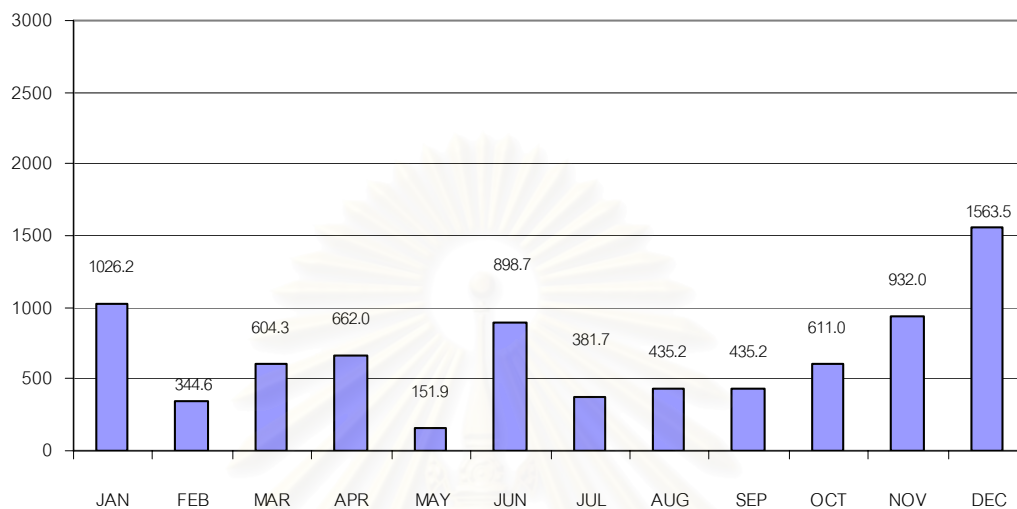
แผนภูมิที่ 4.195 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดินเวลา
กลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะนำสบายของ Olgay
- อยู่ในสภาวะนำสบายที่ชยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะนำสบาย

แผนภูมิที่ 4.196 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

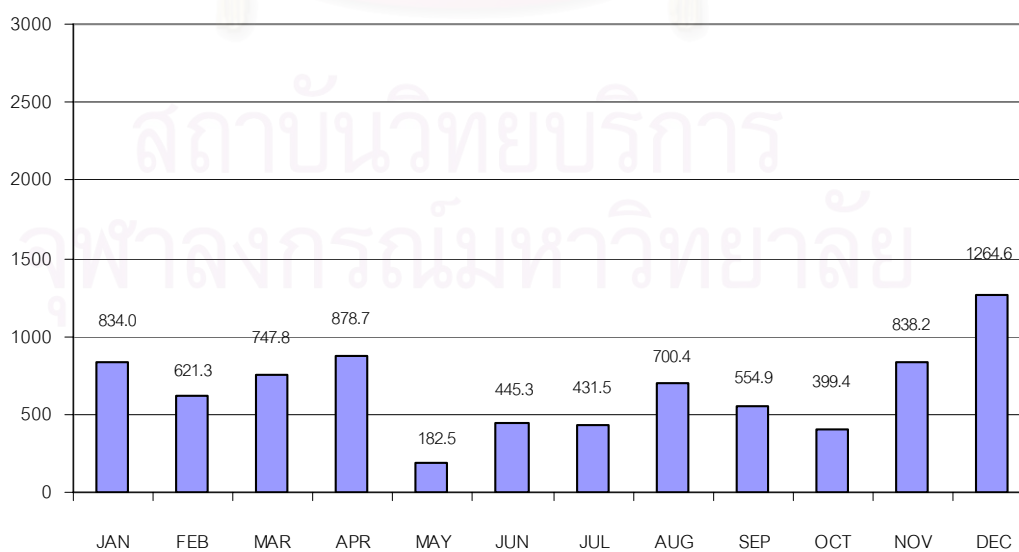
Degree Hours



เดือน

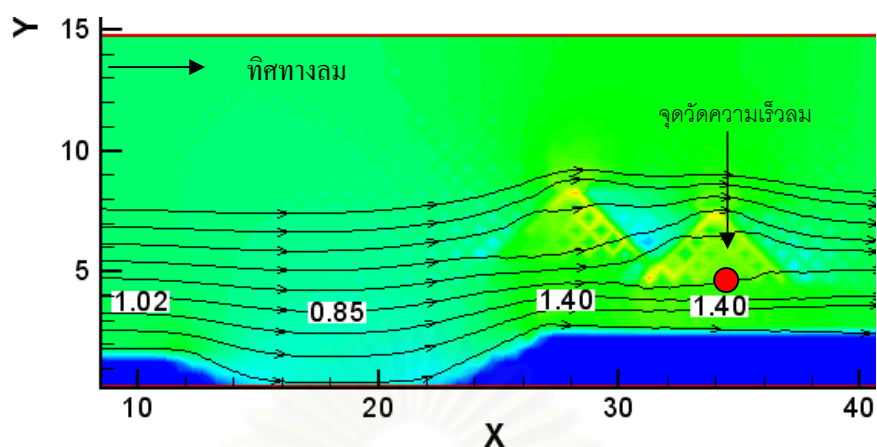
แผนภูมิที่ 4.197 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน
ที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

การใช้รูปแบบกรวย เนินดิน และแหล่งน้ำ



การศึกษาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.12 แสดงการศึกษาเรื่องความเร็วลมจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวยด้านข้าง เนินดิน และแหล่งน้ำ

ตารางที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการ จัดวาง ต้นไม้แบบกรวยและเนินดิน

การจัดวางต้นไม้รูปแบบกรวย แหล่งน้ำและเนินดิน		
ความเร็วเริ่มต้น		ความเร็วที่เพิ่มขึ้น
0.1		0.14
0.5		0.71
1.0		1.4
1.5		2.08
2.0		2.82
2.5		3.56
3.0		4.27
3.5		4.98
4.0		5.72

ผลRegression

โดยที่ให้ค่า Y เป็นค่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

ค่า X เป็นค่าความเร็วต้น

Multiple R	0.999943
R Square	0.999886
Adjusted R Square	0.999869
Standard Error	0.0221
Observations	9

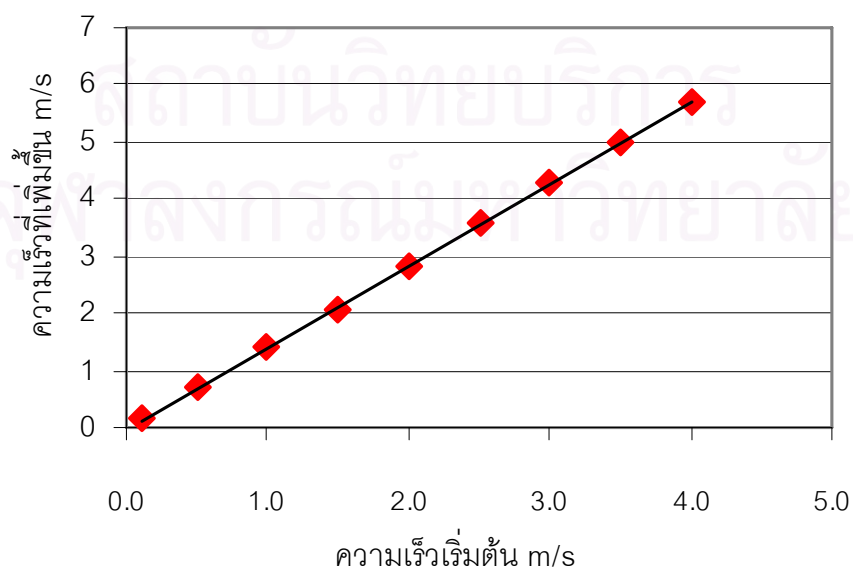
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	29.91	29.91	61243.59	4.64E-15
Residual	7	0.00	0.00		
Total	8	29.91			

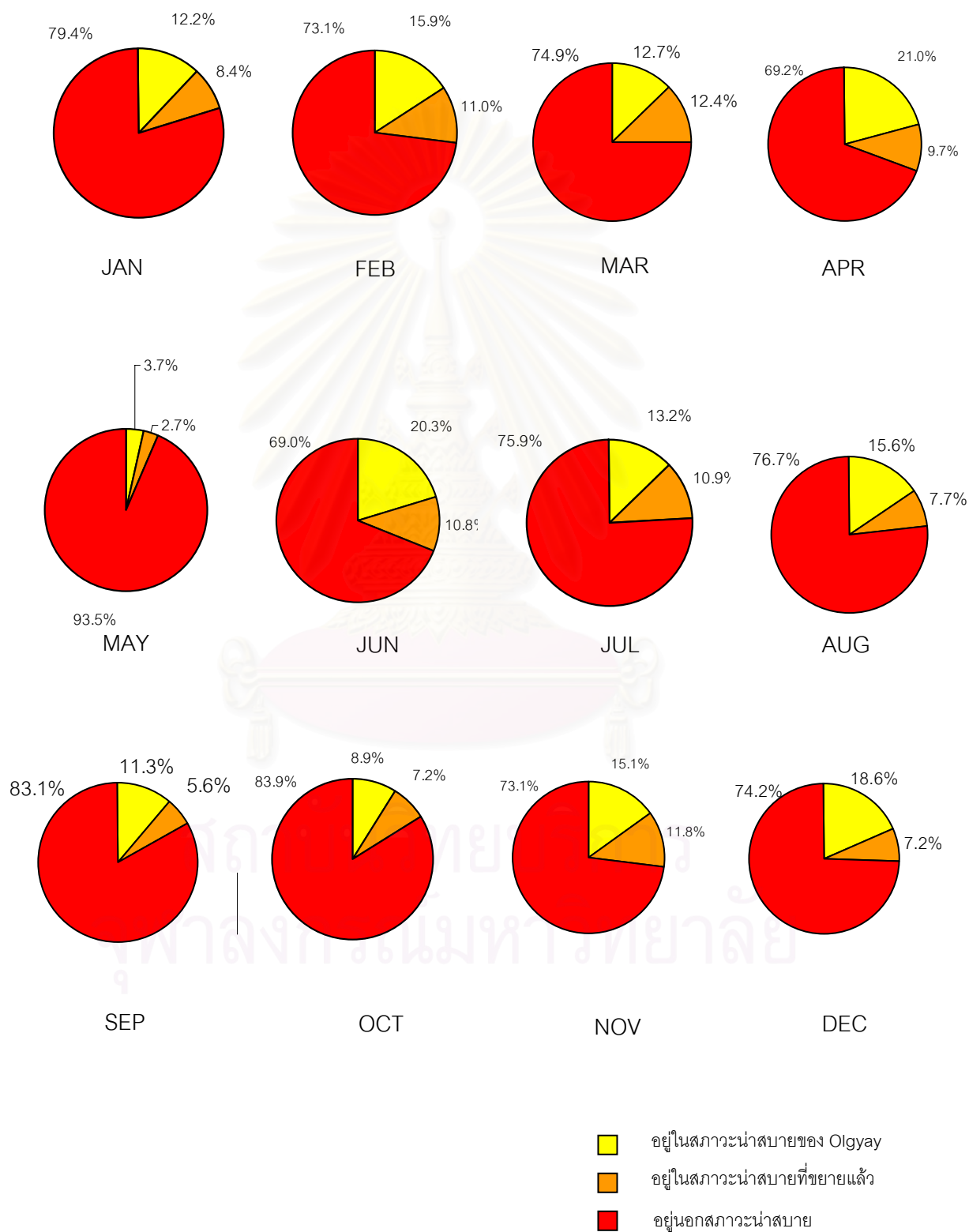
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-0.02	0.01	-1.77	0.12	-0.06	0.01	-0.06	0.01
X Variable 1	1.43	0.01	247.47	0.00	1.42	1.44	1.42	1.44

ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ที่ได้คือ $Y=1.43088682689383(x)-0.0243390629753603$

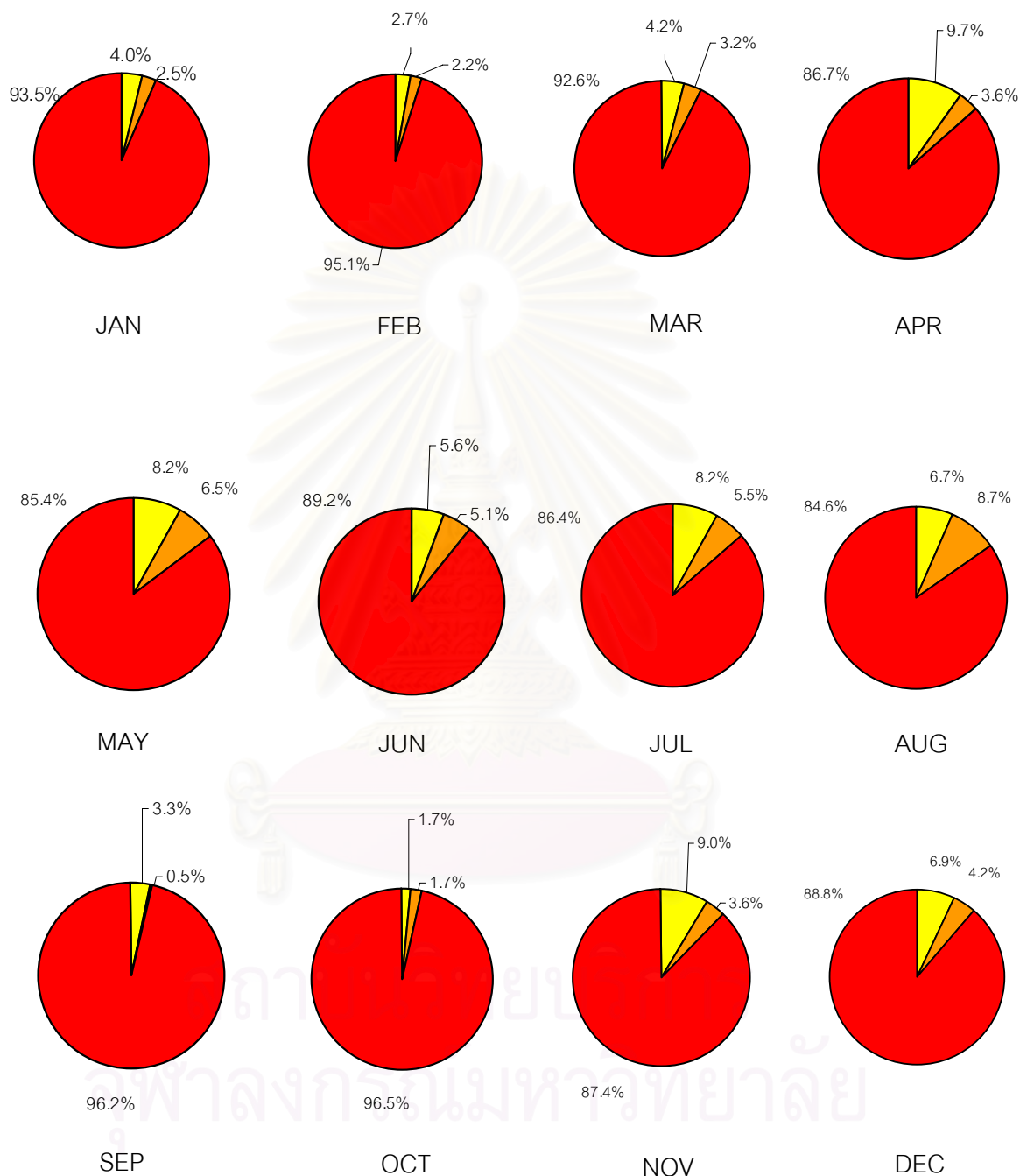
แผนภูมิที่ 4.198 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วมเริ่มต้นกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการ
จัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ



แผนภูมิที่ 4.199 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ
เวลากลางวันของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



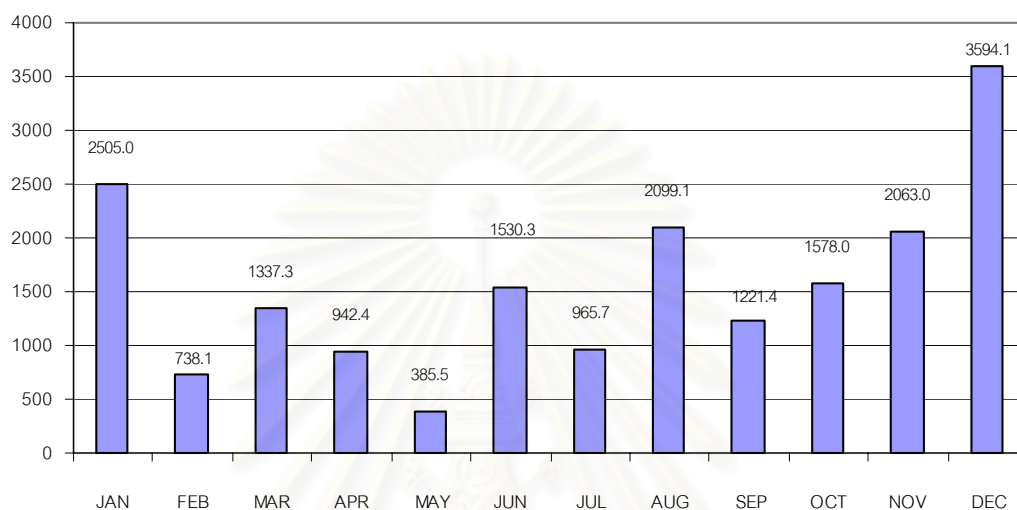
แผนภูมิที่ 4.200 แสดงสัดส่วนความสบายจากการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ
เวลากลางคืนของกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี



- อยู่ในสภาวะน่าสบายของ Oligay
- อยู่ในสภาวะน่าสบายที่ชยายแล้ว
- อยู่นอกสภาวะน่าสบาย

แผนภูมิที่ 4.201 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางวัน (Degree Hours)

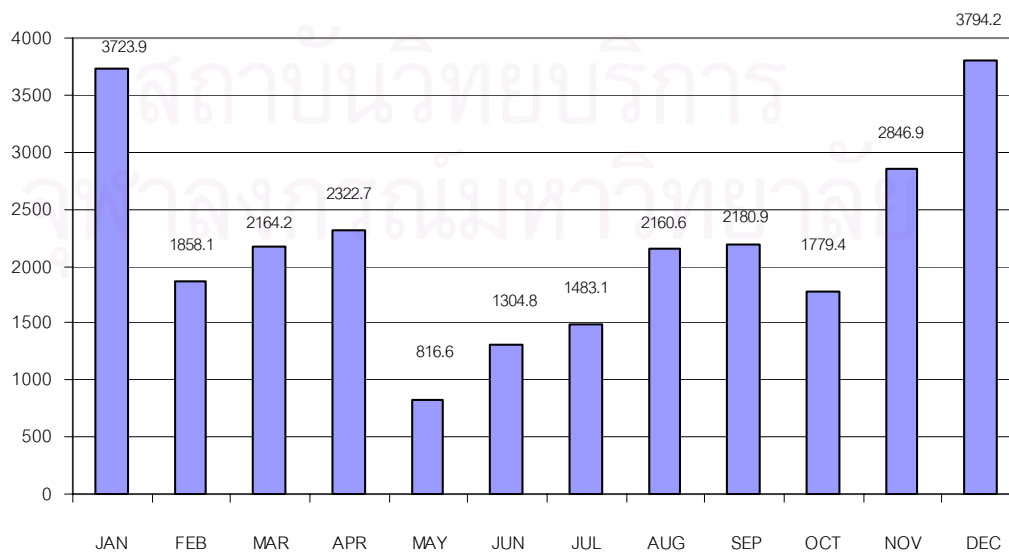
Degree Hours



เดือน

แผนภูมิที่ 4.202 แสดงปริมาณของอุณหภูมิอากาศของการจัดวางต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน (Degree Hours)

Degree Hours



เดือน

ตารางที่ 4.16 แสดงผลของสัดส่วนสภาวะน่าสบายและอุณหภูมิที่ลดลงจาก 25 องศาเซลเซียสของการศึกษาเชิงประยุกต์

รูปแบบ	สัดส่วนความสบาย (%)			Degree Hours		
	กลางวัน	กลางคืน	รวม	กลางวัน	กลางคืน	รวม
เนินดิน 30 องศา	12.2	9.9	22.1	8883.8	13571.2	22455.0
เนินดิน 45 องศา	11.2	9.6	20.8	8613.9	13353.9	21967.8
จัดต้นไม้แบบกรวย ด้านบน	34.1	15.1	49.2	14571.6	11966.8	26538.4
จัดต้นไม้แบบกรวย ด้านข้าง	42.2	18.7	60.9	6212.4	6969.8	13182.2
ต้นไม้บนเนินดิน	39.3	18.6	57.9	9672.2	9078.8	18751.0
จัดต้นไม้แบบกรวย และเนินดิน	37.8	16.8	54.5	8046.2	7898.5	15944.7
จัดต้นไม้แบบกรวย เนินดินและแหล่งน้ำ	22.8	9.8	32.6	18959.7	26435.7	45395.2

จากผลการศึกษาพบว่า การใช้เนินดินที่ความชัน 30 องศา มีสัดส่วนความน่าสบายและอุณหภูมิที่ลดลงจากอุณหภูมิสบาย มากกว่าเนินดินชัน 45 องศา เนื่องจากความเร็วบริเวณเนินดินชัน 30 องศา มีความเร็วลมที่สูงกว่า

ในรูปแบบของการจัดกลุ่มต้นไม้ พบว่าการจัดกลุ่มต้นไม้แบบกรวยด้านข้างมีค่าสัดส่วนความน่าสบายมากที่สุดเมื่อเทียบกับการจัดกลุ่มต้นไม้แบบกรวยด้านบน และการปลูกต้นไม้บนเนินดิน เนื่องจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจากความเร็วต้น 20 % เป็นความเร็วลมไม่แรงหรือน้อยเกินไปในการสร้างสภาวะน่าสบาย ส่วนรูปแบบกรวยด้านบนและรูปแบบการปลูกต้นไม้บนเนินดินมีความเร็วต้นที่เพิ่มขึ้น 100 % และ 60 % ตามลำดับ ซึ่งเป็นความเร็วลมที่แรงจนเกินความรู้สึกสบาย แต่เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิที่ลดลงต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส พบว่าการจัดรูปแบบกรวยด้านบนมีค่าอุณหภูมิที่ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 26538.4 Degree Hours รองลงมาคือการปลูกต้นไม้บนเนินดินเท่ากับ 18751.0 Degree Hours และที่น้อยที่สุดคือการจัดรูปแบบ

กรวยด้านข้างเท่ากับ 13182.2 Degree Hours เป็นผลเนื่องจากความเร็วลมที่ต่างกันความเร็วลมที่แรงสามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่าความเร็วลมที่ต่ำกว่า

รูปแบบที่ใช้การผสมผสานองค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ พบว่าการใช้เนินดินผสมกับการจัดต้นไม้รูปแบบกรวยและเนินดิน มีสัดส่วนสภาวะน่าสบาย 54.5 % และมี 15944.7 Degree Hours มีค่าความสบายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับบริเวณการจัดรูปแบบกรวยด้านข้าง และมีค่า Degree Hours ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการมีเนินดินเป็นการเพิ่มความดันอากาศของทางลมเข้ากับทางลมออกให้มากขึ้นจึงเกิดความเร็วลมที่แรงขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณของ Degree Hours

ส่วนรูปแบบการใช้แหล่งน้ำเข้ามาผสมกับเนินดิน และการจัดรูปแบบต้นไม้แบบกรวย พบว่ามีสัดส่วนสภาวะน่าสบาย 32.6 % และมี 45395.2 Degree Hours แสดงว่าการมีแหล่งน้ำสามารถช่วยในการลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมช่วยลดภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในอาคาร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. ชุดข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง
2. ชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร
3. ชุดข้อมูลการเชิงประยุกต์

สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สรุปชุดข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

จากการทดลองทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลสำคัญต่อความแตกต่างของพฤติกรรมสภาพอากาศทั้งสามบริเวณคือ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม และอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย (MRT) บริเวณที่โล่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงจึงเป็นผลให้ อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย(MRT) จะสูงขึ้นตามทำให้รู้สึกร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศ และเมื่อพิจารณาถึงขอบเขตน่าสบายจากแผนภูมิ Bioclimatic โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 22-27 องศาเซลเซียส แล้วโดยพิจารณาควบคู่กับความเร็วลมพบว่าบริเวณใต้ต้นไม้สัดส่วนที่เข้าสู่สภาวะน่าสบาย 11% ซึ่งมากกว่าบริเวณสนามหญ้า ลานคอนกรีต และแหล่งน้ำ จากจำนวนเวลาทั้งหมดที่ทำการทดลอง 37 ชั่วโมง โดยช่วงเวลาที่อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายอยู่ที่เวลา 18:00 - 22:00 น. และ 23:00 – 6:00 น.

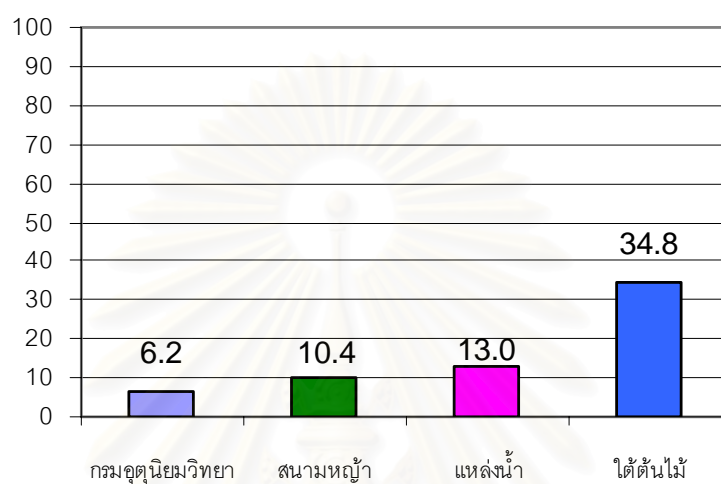
ดังนั้นอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ต้นไม้จะมีโอกาสเข้าใกล้เขตน่าสบายมากขึ้นกว่าสภาพภูมิทัศน์ที่เป็นที่โล่ง เนื่องจากต้นไม้สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในเวลาที่สูงที่สุด (14:00 น.) ได้ถึง 5 เท่า และความเร็วลมที่พัดผ่านใต้บริเวณพุ่มใบจะมีความเร็วที่เพิ่มขึ้นจากที่โล่งทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้ต้นไม้ ส่วนเมื่อเปรียบเทียบที่โล่งด้วยกันแล้วพบว่าบริเวณแหล่งน้ำจะมีปริมาณ Degree Hours ที่มากกว่าสนามหญ้าเนื่องมาจากบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำได้รับความเย็นจากการระเหย (Evaporation) จึงทำให้รู้สึกเย็นมากกว่า

ในเรื่องการประหยัดพลังงาน แนวทางการลดพลังงานจำเป็นต้องให้มีอุณหภูมิภายนอกไม่สูงแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคารมากซึ่งโดยปกติเครื่องปรับอากาศจะตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสจากการรณรงค์ทางรัฐบาล สภาพอากาศที่อยู่ใต้ต้นไม้ยืนต้นที่มีขนาดใหญ่สามารถสร้างสภาพอากาศโดยเฉลี่ยให้อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายได้มากกว่าสภาพแวดล้อมที่เป็นที่โล่งดังนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจึงน้อย ทำให้เป็นการลดภาระการทำมาความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

2. สรุปชุดข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ ของกรุงเทพมหานคร

เปอร์เซ็นต์

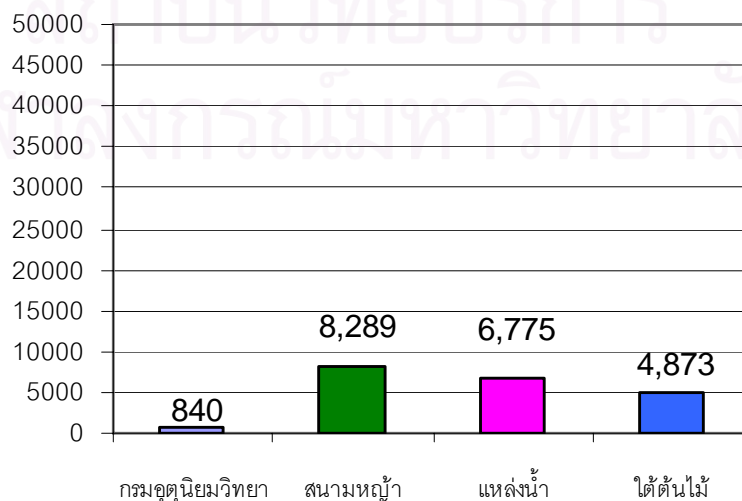


สภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 5.1 พบว่าบริเวณใต้ต้นไม้ในเวลากลางวันอยู่ในสภาวะน่าสบาย 34.8 % บริเวณแหล่งน้ำมี 13.0 % บริเวณสนามหญ้า 10.4 % และอุณหภูมิที่ได้จากกรมอุตุฯ 6.2 % แสดงว่าต้นไม้สามารถสร้างสภาวะน่าสบายในเวลากลางวันได้มากกว่าบริเวณสภาพภูมิทัศน์ที่เป็นที่โล่ง 21.8-24.4 %

แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours บริเวณ สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ในเวลากลางวัน ของกรุงเทพมหานคร

Degree hours

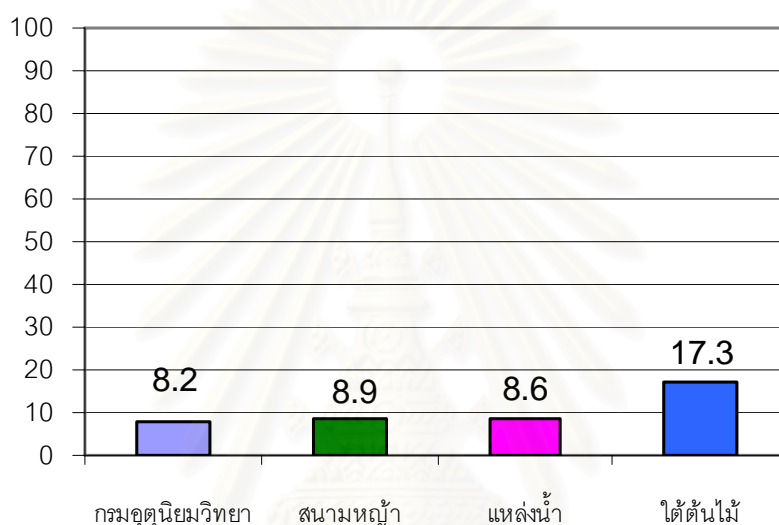


สภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 5.2 พบว่าบริเวณที่เป็นที่โล่งมีปริมาณ Degree Hours มากกว่าบริเวณใต้ต้นไม้ เนื่องจากบริเวณที่โล่งมีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับท้องฟ้าได้สะดวกและถึงช่วงตอนเช้าของทุกวันและช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศจะลดต่ำกว่าใต้ต้นไม้ที่ต้นไม้มีพุ่มใบป้องกันการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิได้สะดวก

แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายในเวลากลางคืน สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ ของกรุงเทพมหานคร

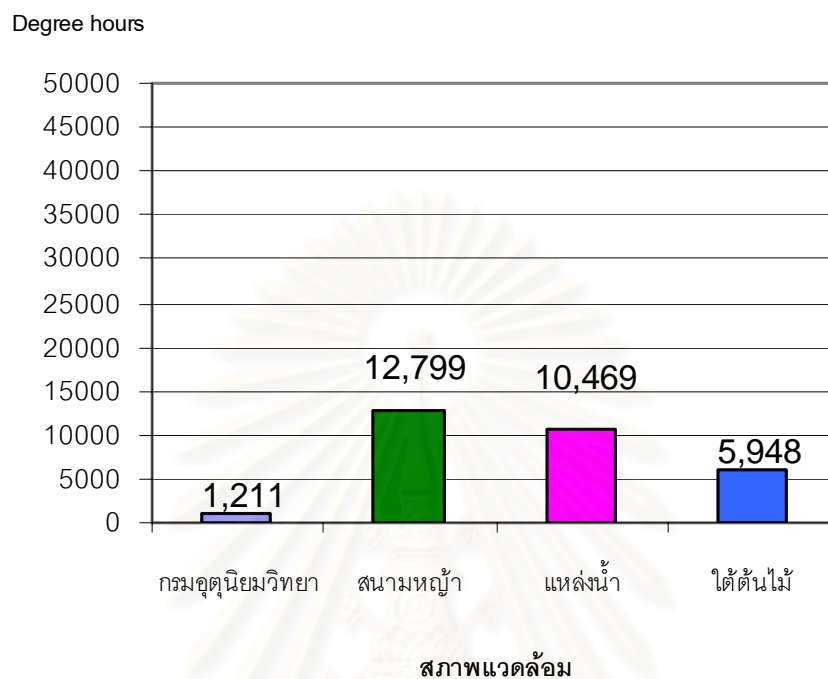
เปอร์เซ็นต์



สภาพแวดล้อม

จากแผนภูมิที่ 5.3 พบว่าเวลากลางคืนเป็นช่วงเวลาที่ไม้ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ บริเวณแหล่งน้ำมี 8.6 % บริเวณสนามหญ้า 8.9 % และอุณหภูมิที่ได้จากกรมอุตสาหกรรมวิทยา 8.2 % เป็นบริเวณที่โล่งจะมีค่าความสบายใกล้เคียงกัน ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้จะมีค่าความสบายที่ต่ำกว่าจาก 34.8 % เป็น 17.3 % ในเวลากลางวันเพราะเนื่องจากเวลากลางคืนปริมาณความชื้นที่มากขึ้น และอุณหภูมิที่เย็นลงแต่ยังสูงกว่าบริเวณที่โล่ง 8.4-9.1 %

แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours บริเวณ สนามหญ้า แหล่งน้ำ ใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืน ของกรุงเทพมหานคร



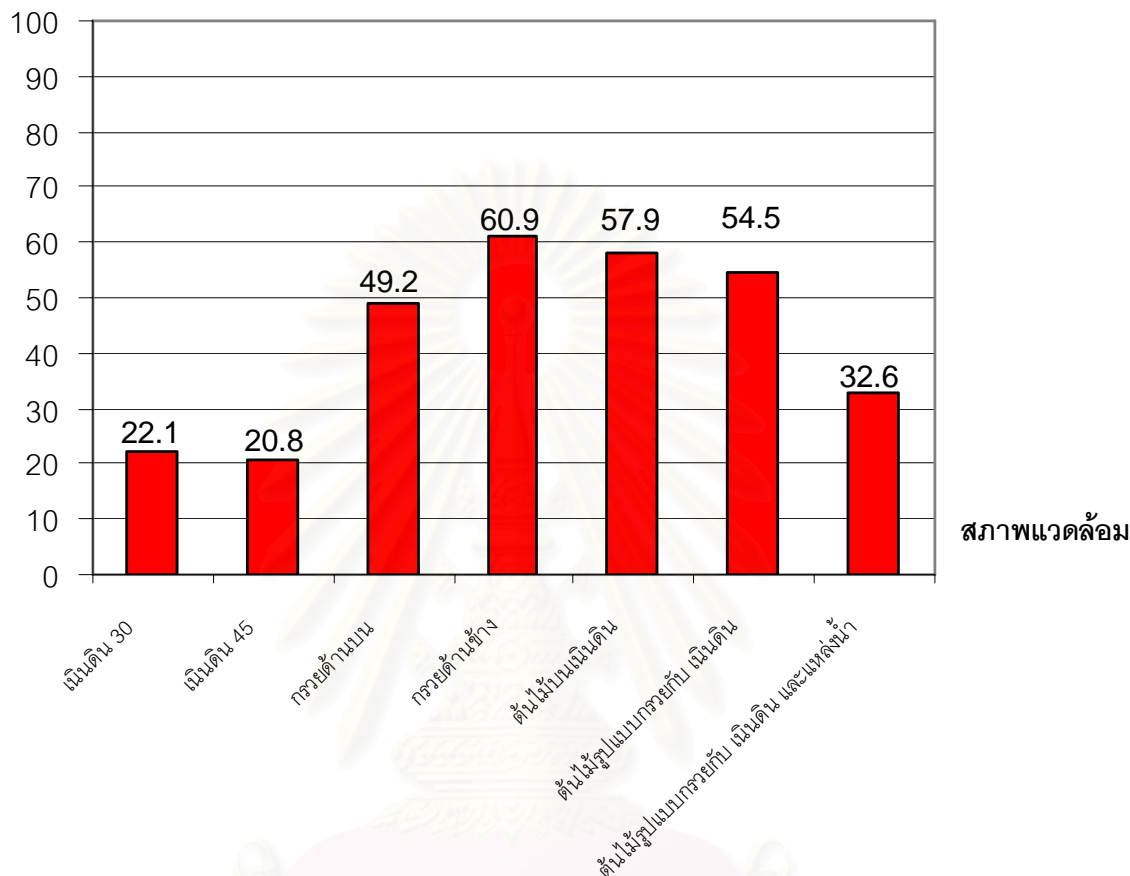
จากแผนภูมิที่ 5.4 พบว่าบริเวณที่เป็นที่โล่งในเวลากลางคืนมีปริมาณ Degree Hours มากกว่าบริเวณใต้ต้นไม้ เนื่องจากบริเวณที่โล่งมีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับท้องฟ้าได้สะดวกและยิ่งช่วงตอนเช้าของทุกวันและช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศจะลดต่ำกว่าใต้ต้นไม้ที่ต้นไม้มีพุ่มใบ ป้องกันการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิได้สะดวก

3. สรุปชุดข้อมูลการเชิงประยุกต์

จากบทที่ 2 พบว่าความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นสามารถทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนเย็นลงได้ ดังนั้นการจัดกลุ่มต้นไม้โดยใช้รูปแบบกรวย (Venturi Effect) คือการบังคับกระแสลมสามารถเพิ่มความเร็วลมโดยการสร้างความดันอากาศที่แตกต่างกัน ในการทดลองใช้การจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณทางพลศาสตร์ (Computational Fluid Dynamic) เพื่อหาสัดส่วนทางลมเข้าต่อทางลมออกเพื่อให้ความเร็วลมพัดผ่านได้เร็วที่สุด ของรูปแบบกรวยทางด้านบนและกรวยทางด้านข้าง พบว่าสัดส่วนที่ทำให้ความเร็วลมพัดผ่านเร็วที่สุดสำหรับรูปแบบกรวยทางด้านบนคือ 11:1 และสัดส่วนที่มีประสิทธิภาพของรูปแบบกรวยด้านข้างคือ 1.75:1

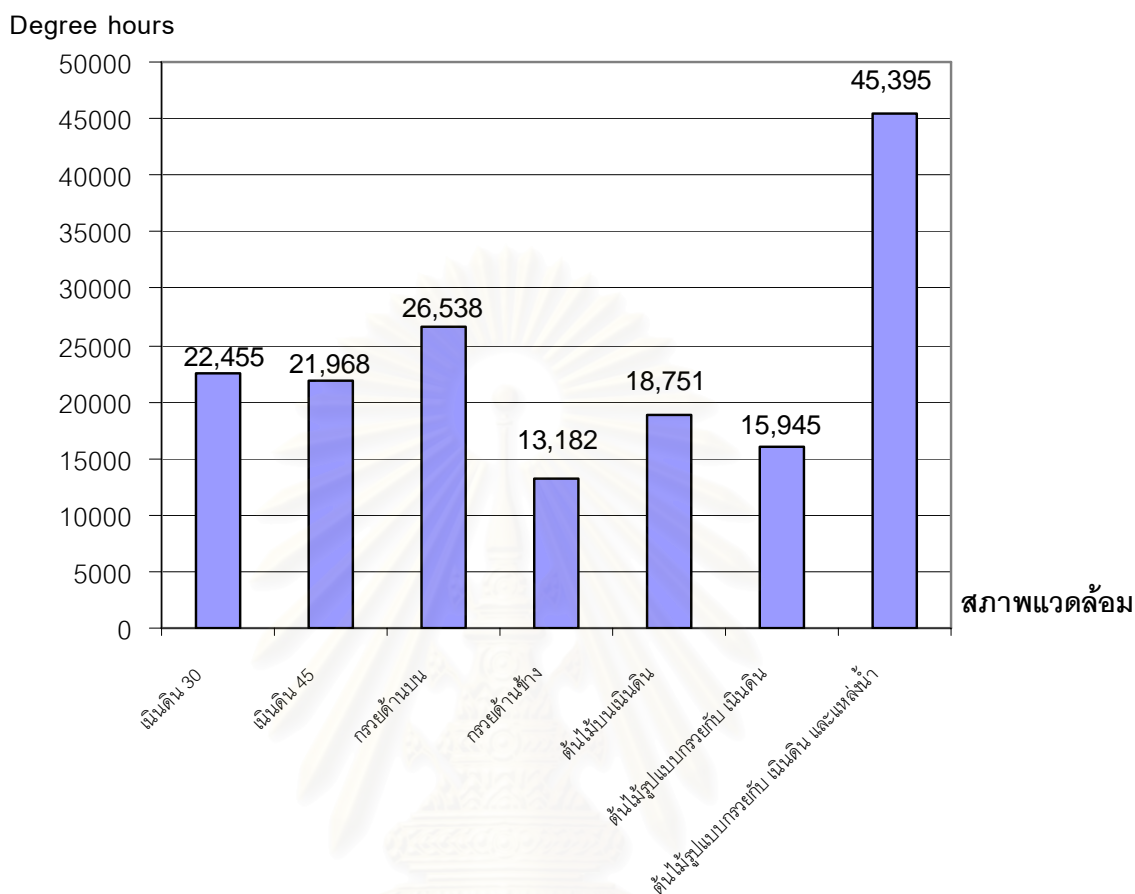
แผนภูมิที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายขององค์ประกอบทางสภาพภูมิทัศน์ต่างๆของกรุงเทพมหานคร

เปอร์เซ็นต์



จากแผนภูมิที่ 5.5 พบว่าการจัดต้นไม้เป็นรูปแบบกรวยด้านข้างมีค่าสภาวะน่าสบายสูงที่สุดเท่ากับ 60.9 % รองลงมาเป็นลักษณะการปลูกต้นไม้บนเนินดินมีค่า 57.9 % และการใช้รูปแบบกรวยผสมกับเนินดินมีค่า 54.5 % ส่วนรูปแบบกรวยด้านบนมีความเร็วของลมมากเกินไปจนเกินขอบเขตความสบาย การใช้แหล่งน้ำเข้ามาผสมทำให้อุณหภูมิแหล่งน้ำซึ่งเป็นบริเวณที่โล่งบริเวณที่โล่งในเวลากลางวันมีค่าสภาพอากาศที่อยู่นอกสภาวะน่าสบายมากกว่าบริเวณใต้ต้นไม้จึงเป็นผลต่ออุณหภูมิใต้ต้นไม้ และความเร็วลมที่ผ่านระดับบริเวณน้ำก่อนที่จะผ่านมายังบริเวณกลุ่มแนวต้นไม้มีความเร็วที่ต่ำลงเนื่องจากระดับน้ำที่ต่ำกว่าเป็นผลให้ความเร็วลดลง บริเวณที่ต่ำสุดเป็นเนินดินบริเวณที่โล่ง 22.1-20.8 %

แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบ Degree Hours ขององค์ประกอบทางสภาพภูมิทัศน์ต่างๆ
ของกรุงเทพมหานคร



จากแผนภูมิที่ 5.6 บริเวณที่มีองค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ แหล่งน้ำ เนินดิน และต้นไม้ที่จัดรูปแบบเป็นแบบกรวย มีค่า Degree Hours สูงที่สุดเท่ากับ 45,395 Degree Hours เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากแหล่งน้ำที่เป็นบริเวณที่โล่งมี ซึ่งลักษณะของที่โล่งจะมีประมาณ Degree Hours มากกว่าได้ต้นไม้ และได้รับอิทธิพลจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจากรูปแบบกรวยของกลุ่มต้นไม้ จึงมีปริมาณอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสมากกว่าบริเวณอื่น บริเวณที่มีค่าที่ต่ำจะเป็นบริเวณได้ต้นไม้และความเร็วลมไม่แรงมากคือ การจัดรูปแบบกรวยด้านข้าง การปลูกต้นไม้บนเนินดิน และการใช้ต้นไม้ที่จัดเรียงตัวเป็นกรวยกับเนินดิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- การนำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบสภาพภูมิทัศน์
จากผลการทดลองสามารถแบ่งแยกสภาพภูมิทัศน์ได้ออกเป็น 2 ลักษณะคือ
สภาพภูมิทัศน์ที่โล่งประกอบด้วย สนามหญ้า ลานคอนกรีต บริเวณแหล่งน้ำ
คุณลักษณะที่พบคือในเวลากลางวัน สัดส่วนที่อยู่ในสภาวะน่าสบายจะมีค่าอยู่ที่ 10 %
ในกรณีเป็นสนามหญ้า ถ้าที่โล่งใกล้แหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่และมีความลึกพอประมาณจะ
สามารถเพิ่มสัดส่วนสภาวะน่าสบายได้ เป็น 13 % (จากการทดลอง) เนื่องจากการระเหยของน้ำ
ช่วยลดอุณหภูมิที่ร้อนของสนามหญ้าในเวลากลางวันได้ ส่วนบริเวณลานคอนกรีตมีไม่ถึง 10 %
เป็นช่วงเวลาประมาณ 6 โมงเช้าบางเวลาในฤดูหนาว

แนวทางการเพิ่มสภาวะน่าสบายโดยองค์ประกอบของสภาพภูมิทัศน์เข้ามาช่วยคือ การใช้นิเวศน์ดินที่มีความชื้นไม่มาก จากการทดลองประมาณ 30 องศา เพราะเนื่องจากไม่เกิดบริเวณอับลม
ด้านหลังเนิน สาเหตุที่เนินดินช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายคือบริเวณส่วนบนสุดของเนินดินความเร็วลม
จะแรงมากที่สุดบริเวณนั้นจึงมีความรู้สึกเย็นกว่าบริเวณที่ราบ ผลที่ได้พบว่าความน่าสบายเพิ่ม
เป็น 20 %

ส่วนในเวลากลางวันบริเวณที่โล่งมีปริมาณอุณหภูมิที่ลดลงกว่า 25 องศาเซลเซียสมากกว่า
ใต้ต้นไม้แต่สัดส่วนความสบายยังน้อยกว่าต้นไม้

แนวทางการนำไปออกแบบสภาพภูมิทัศน์ที่เป็นบริเวณโล่งควรจะมีการใช้วัสดุที่เป็นหญ้า
และใกล้แหล่งน้ำ ลักษณะพื้นผิวควรมีเนินดินเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายให้กับบริเวณที่เป็นที่โล่งใน
เวลารับรังสีดวงอาทิตย์ได้ ตำแหน่งแหล่งน้ำควรวางไว้อยู่เหนือลมเพื่อให้อากาศเย็นที่
เกิดจากกระบวนการระเหย(Evaporation) มาแทนที่อากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้น

สภาพภูมิทัศน์ที่เป็นกลุ่มต้นไม้

คุณลักษณะที่พบคือบริเวณใต้ต้นไม้สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้สูงสุดถึง 5 เท่า
(จากการทดลอง) เป็นผลทำให้มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากกว่าบริเวณที่เป็นที่โล่ง โดยที่ในเวลา
กลางวันบริเวณใต้ต้นไม้มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายอยู่ที่ 34.8 % ในเวลากลางวันอากาศจะเย็นลง
พุ่มใบของต้นไม้ทำหน้าที่ป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนที่พื้นดินใต้ต้นไม้ ทำให้อุณหภูมิลดลง
อย่างช้าๆ จึงอยู่ในขอบเขตน่าสบาย 17.3 % ซึ่งมากกว่าที่โล่ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อยู่
ภายใต้การควบคุมของต้นไม้ทำให้จำนวน Degree Hours ไม่สูงเหมือนในที่โล่ง

การที่จะพัฒนาขอบเขตความน่าสบายของบริเวณใต้กลุ่มต้นไม้ คือการเพิ่มความเร็วภายใต้ฟุ่มเิบโดยการจัดวางรูปแบบกรวย (Venturi Effect) เพิ่มความแตกต่างของความดันโดยกำหนดการวางให้บริเวณด้านทางลมเข้าจะมีขนาดใหญ่กว่าทางลมออก ในอัตราส่วนช่องลมเข้า 11 ต่อช่องลมออก 1 ในกรณีเป็นรูปแบบกรวยด้านบน และอัตราส่วนช่องลมเข้า 1.75 ต่อช่องลมออก 1 ในกรณีเป็นรูปแบบกรวยด้านข้าง อัตราส่วนนี้จะทำให้เกิดความเร็วลมบริเวณตรงทางลมออกสูงสุด จากการทดลองรูปแบบกรวยด้านข้างสามารถเพิ่มขอบเขตน่าสบายเป็น 60.9 % กรวยด้านบน 49.2 % เหนือการใช้เนินดินเข้ามาเพิ่มความดันอากาศ การใช้แหล่งน้ำเข้ามาร่วมกับการจัดรูปแบบกรวยต้นไม้จะส่งผลให้สัดส่วนความสบายลดลง 18.3 % แต่จะเพิ่ม Degree Hours ถึง 32, 213 Degree Hours

บริเวณใต้ต้นไม้มีสภาวะน่าสบายมากกว่าในที่โล่งควรจัดวางไว้ใกล้อาคารเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายโดยรอบอาคารลดอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ และสามารถใช้ทำกิจกรรมนันทนาการได้รอบอาคาร ส่วนบริเวณที่โล่งควรปลูกห่างจากตัวอาคารถัดออกจากแนวต้นไม้ออกไป และมีแหล่งน้ำในตำแหน่งที่เหนือลม ลดวัสดุที่สะสมความร้อนและถ้าเป็นสนามหญ้าควรมีการรดน้ำเพื่อลดอุณหภูมิพื้นผิวในเวลากลางวัน

สภาพภูมิทัศน์ที่ใช้องค์ประกอบของเนินดิน แหล่งน้ำ และต้นไม้ที่จัดรูปแบบกรวยจะเหมาะสมกับอาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศเนื่องจากมีปริมาณ Degree Hours 45,395 ซึ่งมากที่สุด ส่วนอาคารที่ไม่ปรับอากาศการจัดสภาพภูมิทัศน์ที่เป็นต้นไม้รูปแบบกรวยด้านข้างมีความเหมาะสมเนื่องจากมีสภาวะน่าสบายสูงที่สุด จะทำให้อากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นจากสภาพอากาศปกติ 60.9 %

- การศึกษาที่ควรศึกษาต่อคือ สภาวะน่าสบายของบริเวณใต้ต้นไม้ในแต่ละชนิด และในแต่ละทิศทางรอบอาคารเพื่อสามารถเลือกใช้ได้ถูกเหมาะสม เพื่อการสร้างสภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงานได้อย่างถูกต้อง
- ศึกษาเพิ่มเติมเรื่องสัดส่วนของขนาดแหล่งน้ำกับพื้นที่โล่ง ที่มีผลต่อความน่าสบายอย่างไร
- จากการทดลองและวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการคาดการณ์โดยการใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีค่าความเชื่อมั่นที่สูง แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงบางส่วน ดังนั้นขั้นตอนที่จำเป็นที่จะพัฒนาต่อไปคือการเก็บข้อมูลจริงของสภาพภูมิทัศน์ในรูปแบบต่างๆมาทำการเปรียบเทียบกับผลที่ได้ทางสถิติและปรับให้สอดคล้องกัน เพื่อให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กาญจนา สิริภุทรวณิช. การใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- ตรึงใจ บุญสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2521.
- วิชัย อธิธิวิศวกุล. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมธรรมชาติที่มีต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- มนชัย อัจฉพันธ์. การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- สุดสวาท ศรีสถาปัตยกรรม. การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

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. 7th ed. USA, 1992.
- Francis Allard. Natural Ventilation in Buildings. London: James and James, 1998.
- Givoni, B. Passive and Low Energy Cooling of Building. (n.p.), 1944.
- Givoni, B. Man, Climate and Architecture. New York: Elsevier, 1969.
- Rubinetto, Gary O, Mc Clenon and Charles. Landscape planning for energy conservation. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายขวัญชัย กาแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2520 จังหวัดอ่างทอง สำเร็จปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2542 และได้เข้ารับการศึกษาคือต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาเทคโนโลยีทางสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม ในปีการศึกษา 2548



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย