การลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาดาดฟ้าด้วยกระบะหญ้า

THERMAL REDUCTION OF ROOF DECK BY MEANS OF GRASS-CONTAINERS

ริเรืม รังสิเวก
RIRERM RANGSIVEK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2670-9

การลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาดาดฟ้าด้วยกระบะหญ้า

THERMAL REDUCTION OF ROOF DECK BY MEANS OF GRASS - CONTAINERS

ริเริ่ม รังสิเวค

RIRERM RANGSIVEK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2670-9

THERMAL REDUCTION OF ROOF DECK BY MEANS OF GRASS - CONTAINERS

RIRERM RANGSIVEK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF THECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2670-9

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคาดฟ้าด้วยกระบะหญ้า
ชื่อนักศึกษา	นายริเริ่ม รังสิเวค
เลขประจำตัว	44063118
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการใช้กระบะหญ้าเพื่อลดปัญหาความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ต่อหลังคาดาดฟ้าอาคาร โดยมุ่งเน้นแนวทางในการลดอุณหภูมิให้กับอาคารที่มีลักษณะหลังคาเป็นหลังคาดาดฟ้าคอนกรีตเสริมเหล็ก การศึกษานี้ได้ทำการทดลองโดยนำสวนหลังคาหญ้าแบบที่ปลูกในกระบะพลาสติกซึ่งมีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายได้ง่ายมาใช้ประกอบกับโครงสร้างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กจำลอง โดยได้ทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของผิวหลังคาคอนกรีตเพื่อเปรียบเทียบกับระบบหลังคาเดิมซึ่งไม่มีสวนหลังคาประกอบ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบสวนหลังคากับอาคารจริงต่อไป การศึกษาได้เน้นถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะมีผลต่อการลดความร้อนของหลังคากล่องทดลอง ตัวแปรที่สำคัญเหล่านี้คือ 1) ความลึกของดิน 2) ชนิดของหญ้าที่เหมาะสม 3) ระยะช่องอากาศใต้กระบะ 4) ระยะการจัดวางกะบะหญ้า และ 5) ปริมาณน้ำช่วงเวลาและความถี่ในการรดน้ำ

ผลการวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า สวนหลังคาแบบกระบะหญ้าสามารถลดความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่กล่องทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของหลังคากล่องทดลองลดลงถึง 15-20 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับเวลา ตำแหน่งที่ทำการวัดค่า และอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง จากการศึกษาพบว่าความลึกของชั้นดินมีผลต่อความสามารถของสวนหลังคาในการลดอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ ความลึกของชั้นดินมากจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิมีมากขึ้น ทั้งนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวหลังคาภายนอก ในช่วงเวลาวิกฤตคือเวลาเที่ยงวันและเวลากลางคืนมีเพียง 6°C เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาที่ไม่มีกระบะหญ้ามีค่าต่ำกว่ามาก ชนิดของหญ้าทั้งหญ้านวลน้อยและหญ้ามาเลย์เซียทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงกว่ากระบะดินเปล่าประมาณ 3°C ในเวลากลางคืน ช่องอากาศระหว่างพื้นผิวหลังคาทำให้การลดอุณหภูมิในทั้งในเวลากลางวันและกลางคืนมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับอุณหภูมิอากาศ ระยะห่างของกระบะที่ 10 ซม. สามารถลดอุณหภูมิผิวได้ดีกว่าที่ 5 ซม. ซึ่งการจัดวางกระบะหญ้าในระยะนี้สามารถลดปริมาณกระบะหญ้าอีกทั้งยังทำให้ภาระของโครงสร้างในการรับน้ำหนักลดลงจากการวางเต็มพื้นที่ ส่วน การรดน้ำช่วย

เพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี โดยปริมาณน้ำที่ 1 ลิตรมีความเหมาะสมสูงสุด โดยแบ่งการรดน้ำออกเป็นครั้งละ 0.5 ลิตร เช้า/เย็น

โดยสรุป กระบะหญ้าสามารถนำไปใช้เป็นวิธีในการลดความร้อนเข้าสู่ทางหลังคาของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้กระบะหญ้าสามารถนำไปใช้งานในส่วนต่าง ๆ ของอาคารได้ เช่น หลังคาดาดฟ้า ระเบียง และ พื้นที่อื่นๆ ได้

Thesis Tile	Thermal Reduction of Roof deck By Means of Grass-Containers
Student	Mr. Rirerm Rangsivek
Student ID.	44063118
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2006
Thesis Advisor	Associate Professor Somchai Srisompong, PhD.

ABSTRACT

In this research, reduction of solar heat gain through buildings is studied. It was aimed using the method of increasing the green area to existing buildings with flat-concrete roof. The experiment was performed using grass containers, as they are small in its size, easily movable and suitable for integrating into the model buildings. In the experiment, temperatures at the inner and outer roof surface were recorded and compared with its reciprocal structures having no green roof. To be able to transfer the obtained knowledge of the green roof technology into real buildings, the study has been extended to quantify the factors having potentially influences the performance of grass containers to the roof deck. These factors included 1) Soil thickness, 2) Types of grass, 3) The height of grass container to the roof surface, 4) Characteristics of installation of grass container and 5) The influence of watering and time of watering.

It is demonstrated that the green roof simulated by the means of grass container can reduce the heat gain through the building effectively. Temperatures of the outer roof surface are reduced up to 15-20°C depending on the time, positions and other examined factors. It is experimentally found that the thickness of soil significantly reduces the heat gain into the buildings, which a temperature at the critical time (i.e., at noon) differing from night time by 6°C. This value is significantly reduced when compared with the bare concrete roof. Types of grass have only little influence on the temperature reduction. Increase of the space between grass container and the roof deck reduces its performance during daytime; however, the reduction ability of accumulated heat at night time is increased through better air-ventilation. The distance between each grass container not only can reduce the expense of installation but also decreases the load of the containers to building structures. Based on the experiment, it is found that the

maximum gap between each container should be 10 cm. Furthermore, watering can also help to reduce the heat gain; the suitable water quantity is one litre either in the morning or evening.

It is concluded that green roof by means of grass container can suitably be used as a method to reduce heat gain into the building. Grass container can be installed at different open space including roof, roof deck, balcony etc.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยบุคคลต่างๆที่ช่วยแนะนำ และช่วยเหลือด้วยดีโดยผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลท่านแรกคือ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงศ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน คือ รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ และ ดร.กฤชกนก สุทัศน์ ณ อยุธยา

ขอขอบคุณ อ.คำรพ สิริเฉลิมลาภ และ คุณศรัญญา คุรุวาทนนท์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำรูปแบบ ขั้นตอนในการทำวิจัยและเพื่อนๆ ร่วมรุ่นที่ทำวิทยานิพนธ์ พร้อมๆ กันในปีสุดท้าย

ขอขอบคุณ คุณสุธิดา ชฎาแก้ว และ คุณสมศรี ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ และคุณจารุวัฒน์ บัวแก้ว และคุณทรงวุฒิ สุวรรณโชค ที่ช่วยจัดทำหุ่นจำลอง

ขอขอบคุณ คุณคัทญ่า และคุณรอบรู้ รังสิเวค ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับรูปแบบการนำเสนอ

ขอขอบคุณ คุณกมลวรรณ อิทธิประภากุล และคุณธัญญาพร วาศประเสริฐ ด้านจัดพิมพ์งาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากความพยายาม ความตั้งใจและมุ่งมั่นที่จะทำให้สำเร็จที่ได้รับจากการศึกษา ประโยชน์อันพึงที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบมอบให้แก่บุคคลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

ริเริ่ม รังสิเวค

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....3

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....4

1.5 ขั้นตอนการประเมินและสรุปผลที่ได้รับจากการออกแบบ.....5

1.6 ผลที่ได้รับจากการวิจัย.....5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6

2.2 คุณสมบัติการป้องกันการถ่ายเทความร้อนของพรรณพืช.....9

2.3 การใช้พรรณพืชเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของอาคาร.....12

2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....18

2.5 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน.....20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....23

3.1 ขอบเขตการศึกษา.....23

3.2 ขั้นตอนการเตรียมวิจัย.....23

3.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล.....25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล.....31

4.1 การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพ และพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ผ่านกระบะดิน.....32

4.2 การทดลองที่ 2 เพื่อหาชนิดของหญ้าที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิ.....39

4.3 การทดลองที่ 3 เพื่อศึกษาความสูงของช่องอากาศที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิ.....46

4.4 การทดลองที่ 4 เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง.....52

4.5 การทดลองที่ 5 เพื่อหาปริมาณน้ำช่วงเวลาการรดน้ำ และความถี่ในการรดน้ำ.....58

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....83

5.1 สรุปผล.....83

5.2 การนำไปประยุกต์ใช้.....84

5.3 ข้อเสนอแนะ.....85

บรรณานุกรม.....88

ภาคผนวก.....89

ประวัติผู้เขียน.....101

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงผลการสะท้อนแสงตามสถานที่ต่างๆ....10

2.2 แสดงความสามารถของวัสดุในการสะท้อนและการดูดซึมแสง (กลางแสงแดด)....11

2.3 แสดงการทดลองวัดอุณหภูมิของวัสดุ....11

2.4 แสดงอุณหภูมิตามวัสดุต่างๆ....12

2.5 แสดงประสิทธิภาพของหลังคาพรรณพืชเพื่อการลดการส่งผ่านความร้อนเปรียบเทียบกับหลังคาบีทูเมนระหว่างปี 2000 ถึง 2002....20

2.6 แสดงค่าช่วงเวลาหน่วงที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ....22

4.1 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากผิวเหนือคอนกรีต (ผิวภายนอก)....33

4.2 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากใต้พื้นผิวกล่องทดลอง (ผิวภายใน)....36

4.3 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง....40

4.4 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง....42

4.5 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง....47

4.6 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง....49

4.7 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง....53

4.8 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง.... 55

4.9 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง....60

4.10 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง.... 62

4.11 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง.... 66

4.12 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง.... 68

4.13 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง....72

4.14 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง....74

4.15 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง.... 78

4.16 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง.... 80

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 แสดงอุณหภูมิอากาศในเขต กทม. ปี พ.ศ.2548(Station : 455201 Bangkok Metropolis).....1
2.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก.....6
2.2 แสดงการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อม.....7
2.3 แสดงพืชที่นิยมนำมาใช้ปลูกเป็นพืชในสายพันธุ์ Succulent and Sedum.....15
2.4 การทดลองปลูกสวนหลังคาในประเทศไทย จังหวัดมหาสารคาม.....16
2.5 แสดงการดูดซับและการสะท้อนรังสีตกกระทบ.....22
3.1 แสดง a) รูปการทดลอง ณ สถานที่จริง และ b) รูปโครงสร้างของกล่องทดลอง.....24
3.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 1.....25
3.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 2.....26
3.4 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 3.....27
3.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 4.....28
3.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 5.....29
3.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 5.1.....30
4.1 แสดงการเปรียบเทียบแนวทางการวิเคราะห์จุดต่างๆ(ภาพจากชุดการทดลองที่ 1).....31
4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดิน แตกต่างกัน วันที่ 26-28 กุมภาพันธ์ 2549 32
4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดิน แตกต่างกัน วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2549 33
4.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดิน แตกต่างกัน วันที่ 26-28 กุมภาพันธ์ 2549 35
4.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดิน แตกต่างกัน วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2549 35
4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 37

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 38

4.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกันวันที่ 1 -5 กุมภาพันธ์ 39

4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกันวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2549.....40

4.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกันวันที่ 1-5 กุมภาพันธ์ 2549.....41

4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกัน วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2549.....42

4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 44

4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....45

4.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2549.....46

4.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2549 47

4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกัน วันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2549 48

4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกัน วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2549.....49

4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 50

4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....51

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13-16 กุมภาพันธ์ 2549..... 52

4.21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2549.....53

4.22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13-16 กุมภาพันธ์ 2549.....54

4.23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2549.....55

4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....57

4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....58

4.26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าที่แตกต่างกัน วันที่ 24-26 มีนาคม 2549(รดน้ำเวลา 08.00 น.) 59

4.27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าที่แตกต่างกัน วันที่ 24 มีนาคม 2549(รดน้ำเวลา 08.00 น.) 59

4.28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 24-26 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 08.00 น.) 61

4.29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 24 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 08.00 น.) 61

4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....63

4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก.....64

4.32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน วันที่ 18-20 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 12.00 น.) 65

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 12.00 น.) 66

4.34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18-20 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 12.00 น.) 67

4.35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 12.00 น.) 68

4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 69

4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 70

4.38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 27-28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 17.00 น.) 71

4.39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 17.00 น.) 72

4.40 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 27-28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 17.00 น.) 73

4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา17.00 น.) 74

4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 76

4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 77

4.44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตร 2 , 3, 4 เวลาวันที่ 4 พฤษภาคม 2549 78

4.45 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตโดยการรดน้ำครั้งละ0.5 ลิตรด้วยความถี่ 2 , 3, 4 ครั้ง วันที่ 4 พฤษภาคม 2549 79

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ภายนอก 81

4.47 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 82

5.1 แสดงบริเวณพื้นที่ที่นำไปใช้งานในอาคารตึกแถว.....86

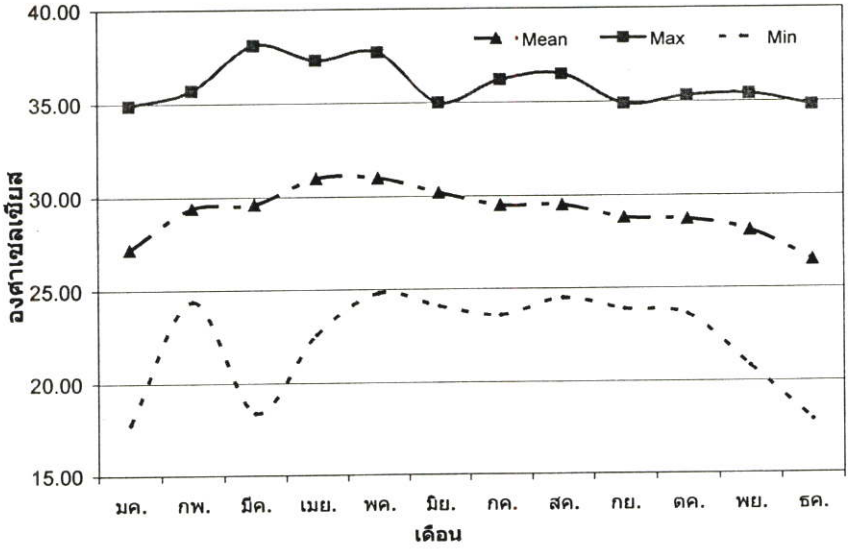
5.2 ตัวอย่างการออกแบบการจัดวางกระบะหญ้าบริเวณหลังคาดาดฟ้าในตึกแถวขนาด 4.00x16.00 ม.ในรูปแบบต่างๆ.....87

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการทำวิจัย

ในปัจจุบันนี้สิ่งก่อสร้างและระบบสาธารณูปโภคในตัวเมืองของประเทศไทย เช่น อาคารที่อยู่อาศัย สำนักงานต่างๆ ถนน และทางเดินเท้า จะนิยมก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นส่วนสำคัญหลักที่ทำให้เกิดความร้อนสะสม โดยเฉพาะในตัวอาคารซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรง และหลังคาดาดฟ้าเป็นส่วนหลักของอาคารที่ได้รับผลกระทบนี้ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้มาก แล้วคายความร้อนเข้ามาสู่ตัวอาคารในเวลากลางคืนทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศอย่างมาก

ในเขตพื้นที่ร้อนชื้นอย่างประเทศไทยอุณหภูมิและความร้อนถือเป็นเรื่องสำคัญมากต่อคุณภาพชีวิตของผู้อาศัยในระบบเมือง โดยตัวแปรหลักที่บ่งบอกถึงสภาวะน่าสบาย คือ อุณหภูมิอากาศ ซึ่งอุณหภูมิพอเหมาะอยู่ที่ประมาณ 22–27 องศาเซลเซียส จากการตรวจค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของกรุงเทพมหานคร ในปี 2548 แสดงให้เห็นว่า เขตตัวเมืองมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงและมีอากาศร้อน (ภาพที่ 1.1) โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 30 °C ห่างจากอุณหภูมิที่พอเหมาะอย่างมาก ฉะนั้นโดยทั่วไปแล้วในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย อาคารต่างๆ จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยปรับให้เข้าสู่สภาวะที่สบายมากขึ้น



ภาพที่ 1.1 แสดงอุณหภูมิอากาศในเขต กทม. ปี พ.ศ.2548(Station : 455201 Bangkok Metropolis)

ที่มา Computer Section Climatology Divition Meteorological department

ในปัจจุบันการแก้ปัญหาความร้อนสะสมในตัวอาคาร โดยอาศัยเทคโนโลยีการปรับอากาศมีความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะความสามารถของเครื่องปรับอากาศในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ต้องการในเวลาอันรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเครื่องปรับอากาศสามารถใช้ได้ในเฉพาะที่ระดับจุลภาค และต้องการพลังงานในการปรับอากาศสูง ระบบการทำความเย็นอาศัยเครื่องปรับอากาศที่มีสารทำความเย็นอาจมีผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมสูง สามารถทำให้บรรยากาศในระบบเมืองเต็มไปด้วยมลภาวะ ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การสะท้อนกลับของรังสีคลื่นยาวของแสงอาทิตย์จากพื้นโลกสู่อวกาศมีประสิทธิภาพน้อยลง นอกจาก นี้แล้วมลภาวะดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหารูรั่วที่ชั้นบรรยากาศในระดับมหภาค ลดความสามารถในการสกัดกั้นรังสีแสงอาทิตย์สู่โลก มีผลทำให้มวลอากาศโดยรวมของระบบเมืองและโลกมีอุณหภูมิและความร้อนสูงขึ้น

เป็นที่รู้กันว่าพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ปกคลุมด้วยพรรณพืช ทำให้ผลกระทบของการพัฒนาระบบเมืองที่กล่าวมาข้างต้นลดน้อยลงได้ ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงทางธรรมชาติพืชสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาสู่พื้นโลกให้เป็นไอน้ำในอากาศ ทำให้บรรยากาศโดยรอบเย็นขึ้น นอกจากนั้นพืชยังสามารถดูดฝุ่นละออง ลดมลภาวะทางเสียง ทางอากาศ และปรับปรุงความสมดุลทางระบบนิเวศในระบบเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในตัวเมืองมีข้อจำกัดมากมาย เนื่องจากเขตตัวเมืองมีพื้นที่จำกัดและต้องใช้พื้นที่ในการพัฒนาสูงตามความต้องการของระบบเมือง การปลูกพรรณพืชเป็นโครงการที่ต้องอาศัยบริเวณพื้นที่กว้างขวางจึงจำเป็นที่ต้องใช้พื้นที่ราคาต่ำเพื่อที่จะให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน

งานออกแบบทางสถาปัตยกรรมในปัจจุบัน ได้มีการนำพืชพรรณมาเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบเมืองและตัวอาคารมากขึ้น ทั้งนี้เพราะหลายๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมภายในระบบเมือง โดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเหล่านี้สามารถทำได้ในบริเวณต่างๆ ของอาคารและระบบตัวเมือง เช่น ส่วนหลังคาของอาคารสำนักงาน หรือที่พักอาศัย บริเวณเฉลียงของอาคาร ผนังอาคารบ้านเรือน ถนน และทางเดินเท้า เป็นต้น

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาถึงผลประโยชน์ต่างๆ ที่ได้จากการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของระบบอาคาร โดยจุดประสงค์หลัก คือ การเพิ่มความสมดุลของการใช้พลังงานจากธรรมชาติเพื่อลดปัญหาเรื่องความร้อนของอาคาร การศึกษาได้มุ่งเสนอแนวทางการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของอาคารที่มีหลังคาดาดฟ้าคอนกรีตเสริมเหล็กที่ก่อสร้างโดยทั่วไป โดยการใช้พรรณพืช (หญ้า) ที่ปลูกในกระบะพลาสติกซึ่งมีขนาดที่เคลื่อนได้ง่ายทำการสร้างบนระบบหลังคาของโครงสร้างที่จะทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิมซึ่งไม่มีพื้นที่สีเขียวประกอบ การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจจะมีผลต่อการลดความร้อนของหลังคาดาดฟ้าอาคาร โดยคุณสมบัติทางกายภาพของกระบะหญ้า ปัจจัยที่สำคัญเหล่านี้คือ 1) ความลึกของดิน 7.5, 10 และ14.6 ซม. 2) ชนิดของหญ้าที่เหมาะสม คือ หญ้านวลน้อยและหญ้ามาเลย์เซีย 3) ลักษณะการติดตั้งกระบะสวนหลังคา ได้แก่ ระดับความสูงของ

ช่องอากาศระหว่างกระบะหญ้ากับพื้นผิวหลังคา และระยะห่างของกระบะหญ้าแต่ละอัน และ 4) อิทธิพลของปริมาณน้ำและช่วงเวลาการรดน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของกระบะพรรณพืช (หญ้า) ที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิอาคาร โดยตัวแปรสำคัญที่ทำการศึกษา ได้แก่ชนิดของหญ้าระหว่าง หญ้านวลน้อยและหญ้ามาเลย์เซีย ความลึกของดินที่ใช้ปลูก ลักษณะการวางกระบะหญ้าบนดาดฟ้า คือ ให้มีช่องอากาศระหว่างพื้นดาดฟ้ากับกระบะหญ้า ระยะห่างระหว่างกระบะหญ้าแต่ละอัน ปริมาณน้ำและความถี่ที่เหมาะสมในการรดน้ำ

2. เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงการใช้กระบะหญ้าสำหรับการลดอุณหภูมิใต้หลังคาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยกรณีศึกษาได้เน้นการนำกระบะหญ้าไปใช้สำหรับดาดฟ้าอาคารที่มีอยู่เดิม ฉะนั้นกระบะหญ้าจะต้องมีขนาดที่พอเหมาะ มีน้ำหนักไม่เป็นภาระต่อโครงสร้าง สามารถยกเคลื่อนย้ายได้โดยใช้แรงคนยก

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การใช้กระบะหญ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนทำการศึกษาและกำหนดสมมุติฐานดังนี้

1. อุณหภูมิใต้หลังคาของหลังคาดาดฟ้ากล่องทดลองที่ประกอบด้วยกระบะหญ้า มีค่าต่ำกว่าหลังคาดาดฟ้าอาคารที่ไม่มีกระบะหญ้า

2. ลักษณะทางกายภาพของพรรณพืชได้แก่ ชนิด ความหนาแน่นของใบ เป็นปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพในการการลดอุณหภูมิของหลังคาดาดฟ้าโดยกระบะหญ้า ในการศึกษาครั้งนี้อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ประกอบด้วยกระบะหญ้ามาเลย์เซียจะมีค่าต่ำกว่ากระบะหญ้านวลน้อย

3. หลังคาดาดฟ้าอาคารติดตั้งกระบะหญ้าโดยมีการเพิ่มช่องอากาศระหว่างกระบะหญ้ากับพื้นดาดฟ้า มีอุณหภูมิต่ำกว่าการวางกระบะหญ้าบนพื้นผิวโดยตรง

4. ระยะห่างของกระบะหญ้าน้อยจะทำให้พื้นผิวกล่องทดลองมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่า

5. การรดน้ำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของกระบะหญ้าภายในกล่องทดลอง

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 การออกแบบการวิจัยและวิธีการเก็บข้อมูล

งานวิจัยเป็นงานประยุกต์ (Applied Research) เชิงปริมาณ (Quantitative) โดยอาศัยการทดลองในสถานที่จริง คือ ในเขตตัวเมืองกรุงเทพมหานคร ในการวิจัยเป็นการตรวจวัด ค่าความร้อนและอุณหภมิ และปัจจัยทางกายภาพของกระบะทดลองโดยสภาพอากาศการควบคุมองค์ประกอบภายนอก

1.4.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

1) การสำรวจและศึกษาปัญหาเบื้องต้น

1. กำหนดขอบเขตที่จะทำการศึกษา คือ การลดปัญหาการสะสมความร้อนและการเพิ่มของอุณหภูมิในระบบตัวเมืองในประเทศไทย
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารหรือหลังคาโดยการใช้พรรณพืช
3. ศึกษาความเหมาะสม และวิเคราะห์ความเป็นไปได้เพื่อติดตั้งสำหรับระบบเมืองในประเทศไทย

2) การวางแผนการดำเนินงานวิจัย

1. กำหนดสมมติฐานในการวิจัย กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวิจัย
2. กำหนดวิธีทดสอบ วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการสรุปผล
3. ทำการออกแบบโมเดลอาคารเพื่อการทดลอง

3) ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการก่อสร้างกล่องทดลองและติดตั้งเครื่องมือวัดผล
2. ทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะทำการแบ่งออกเป็นชุดๆ แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรของชุดการทดลอง เพื่อที่จะศึกษาหาอิทธิพลของปัจจัยนั้นๆ ต่อการลดอุณหภูมิ และทำการควบคุมตัวแปรอื่นๆ โดยตัวแปรสภาพอากาศที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการบันทึกได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) และอุณหภูมิอากาศ (Air temperature)
3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

4) ขั้นตอนการวิเคราะห์การทดลองและสรุปผล

การคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลทำด้วย Microsoft excel version 2003 โดยมีหลักการ คือ ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองในแต่ละชุดการทดลองนั้น โดยทำการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ในชุดการทดลองแรก ให้วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆ ของโมเดลอาคารที่ประกอบด้วยกระบะดินที่มีระดับความลึกต่างกันกับชุดการทดลองที่ไม่มีกระบะดิน เป็นต้น

1.5 ขั้นตอนการประเมินและสรุปผลที่ได้รับจากการออกแบบ

1. สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบปรับปรุง
2. เสนอแนะการวิจัย

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. รายงานทางวิชาการที่เกี่ยวกับการออกแบบสถาปัตยกรรมของการแก้ปัญหาการลดอุณหภูมิหลังคาดาดฟ้า

2. เพื่อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอาคารที่มีอยู่แล้ว โดยนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับใช้กับอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สามารถนำหลักการออกแบบเพื่อลดพลังงานที่ใช้ในอาคาร ใช้ควบคู่กับเทคนิคอื่นๆ ได้เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการที่สามารถอ้างอิงได้ในการศึกษาวิจัยต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

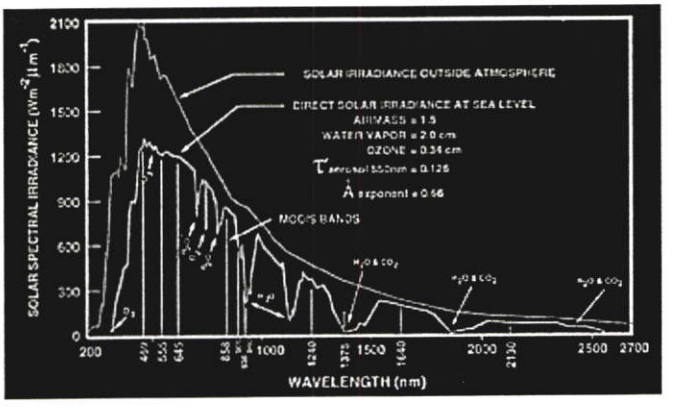
2.1.1 รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation)

รังสีดวงอาทิตย์คือพลังงานที่แผ่โดยดวงอาทิตย์ มีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromegnatic Waves) เดินทางมาถึงโลกด้วยความเร็วแสงโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ปริมาณรังสีผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศมีค่าเฉลี่ย 1.94 Cal/cm^2/min (สมสิตย์ นิตยะ) อย่างไรก็ตามโลกได้รับรังสีความร้อนแค่ประมาณครึ่งหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ส่งถึงมายังผิวโลก เนื่องจากคุณสมบัติในการกรองรังสีของชั้นบรรยากาศ และรังสีความร้อนบางส่วนสามารถถูกส่งผ่านกลับออกนอกโลกโดยการสะท้อนกลับ (ภาพที่ 2.2) รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามายังชั้นบรรยากาศ มีความยาวคลื่นในช่วง 0.28-3.0 ไมครอน แบ่งเป็น ช่วงคลื่นได้แก่

1. รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet; UV) หรือรังสีคลื่นสั้น (Short-wave Radiation) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.4 μm เป็นรังสีที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์ ผ่านชั้นบรรยากาศต่าง ๆ ของโลก โดยมีคุณสมบัติสามารถทะลุผ่านวัสดุโปร่งแสงและโปร่งใสได้

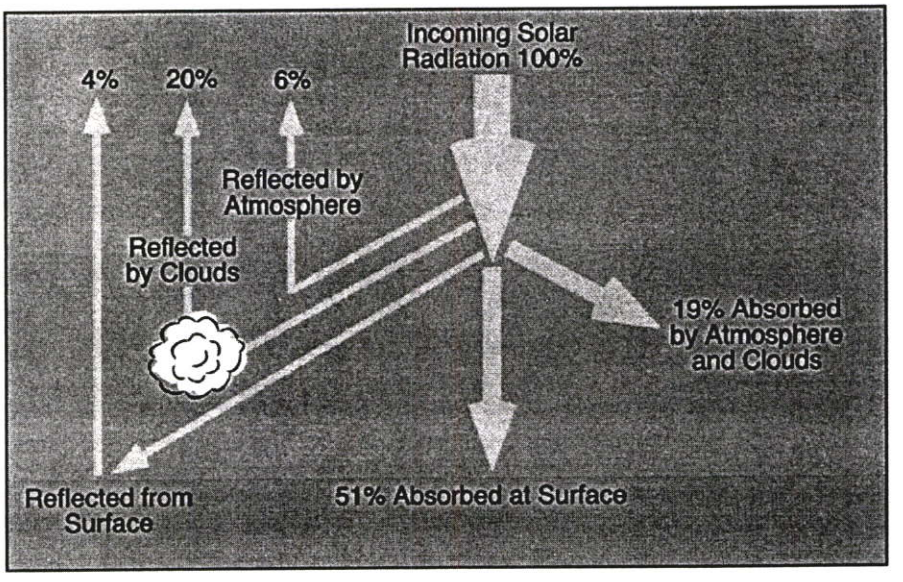
2. รังสีแสงสว่าง (Visible Ray)ช่วงคลื่นตั้งแต่ 0.4-0.76 μm

3. รังสีอินฟราเรด (Infra-red Radiation) เป็นรังสีคลื่นยาว (Long-wave Radiation) หรือคลื่นรังสีความร้อน มีความยาวคลื่นมากว่า 5-20 μm เป็นรังสีที่เกิดจากการที่รังสีคลื่นสั้น(1.7-25 μm) กระทบกับวัตถุที่มีมวลสารและถูกเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวและความร้อน



ภาพที่ 2.1 แสดงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก (Wikipedia.org)

รังสีบางช่วงคลื่น ได้แก่รังสี UV และช่วงคลื่นประมาณ 0.288 μm จะถูกดูดกลืนที่บริเวณชั้นโอโซนและบางส่วนจะถูกสะท้อนกลับ บางส่วนกระทบอนุภาคในชั้นบรรยากาศ เช่น ฝุ่น ไอน้ำ เกิดเป็นรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) รังสีจึงเข้าสู่บรรยากาศโลกในหลายช่วงคลื่น เมื่อรังสีคลื่นสั้นที่มีพลังงานสูงส่องกระทบวัสดุจะเกิดเก็บกักไว้ในวัตถุในรูปความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และแผ่รังสีคลื่นยาวหรือการแผ่รังสีกลับสู่บรรยากาศและสภาพแวดล้อมข้างเคียง ทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในพื้นที่ปิดล้อมใดๆ อุณหภูมิอากาศไม่ได้ขึ้นอยู่กับความร้อนจากการแผ่รังสีตรงจากดวงอาทิตย์และอุณหภูมิพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา (Ambient air temperature) เท่านั้น แต่ยังได้จากการแผ่รังสีจากสิ่งแวดล้อมด้วย เรียกว่าผลรวมของการการแผ่รังสีความร้อน (Mean Radient Temperature: MRT)



ภาพที่ 2.2 แสดงการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อม

รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบสู่ผิวโลกมีปริมาณไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับ ชั้นความหนาของอากาศ (Thick of Air) ระดับความสูง ตำแหน่งและมุมดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อผิวโลก (Altitude) หรือช่วงเวลาและฤดูกาลเนื่องจากแกนโลกเอียง โลกหมุนรอบตัวเองและระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาลทำให้ระยะทางจากแหล่งกำเนิดผิวถึงผิวโลกแตกต่างกัน รวมทั้งละติจูดที่ต่างกันทำให้มุมดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลกต่างกัน จึงมีความเข้มของรังสีต่อพื้นที่ต่างกันไป รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งออกตามลักษณะที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนี้

1. รังสีคลื่นสั้นที่แผ่ลงมาโดยตรง

2. รังสีคลื่นสั้นแพร่กระจาย (Diffuse Radiation) เมื่อรวมตัวกับรังสีตรง เรียกว่า คลื่นรังสีรวม ซึ่งมีความสำคัญในการนำไปพิจารณาเรื่องการรับความร้อนของผิวอาคาร

3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนออกมาจากพื้นดินและสิ่งใกล้เคียง (Short wave reflected from ground)

4. รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและวัตถุที่ร้อน (Long wave radiation from heated ground & Object)

5. รังสีคลื่นยาวเกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างวัตถุและท้องฟ้า ซึ่งเกิดจากการสมดุลระหว่างระหว่างรังสีที่พื้นผิวโลกได้ และรังสีที่ส่งออกไปจะไม่ค่อยมีความเข้มนักแปรเปลี่ยนไปตามฤดูและตำแหน่งของละติจูด

ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส จะมีการแผ่รังสีของพื้นดินกลับสู่ท้องฟ้าและอวกาศได้ดีกว่าวันที่มีเมฆมาก เนื่องจากรังสีคลื่นยาวจะถูกสกัดกั้นโดยไอน้ำและอนุภาคในอากาศและอัตราการแผ่รังสีคลื่นยาวกลับสู่ท้องฟ้าจะลดลงตามปริมาณเมฆ เช่นในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสจะส่งรังสีกลับได้ทั้งเมื่อมีเมฆครึ่งท้องฟ้า ปริมาณรังสีส่งกลับได้ ในขณะที่ วันที่ท้องฟ้าปิดจะส่งกลับรังสีได้เพียง เท่านั้น

2.1.2 วัฏจักรของอุณหภูมิอากาศ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศ คือ รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) ลัตติจูด (latitude) surface albedo, the movement (advection) of air masses, และการแพร่กระจายของพื้นที่ดินและน้ำ ทั้งนี้รังสีดวงอาทิตย์และลัตติจูดคือตัวแปรที่สำคัญที่สุดสำหรับการแพร่กระจายของอุณหภูมิอากาศ

ในช่วงเวลาแต่ละวัน รอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ หรือวัฏจักรอุณหภูมิเริ่มตั้งแต่ 06.00 น. โดยประมาณมีปริมาณรังสีสูงสุดที่เวลา 12.00 น. แต่เวลานี้อุณหภูมิโลกยังไม่ถึงจุดสูงสุด แต่จะถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลา 14.00-16.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีกลับของผิวโลกในขณะที่รังสีดวงอาทิตย์เริ่มลดปริมาณลงแต่การแผ่รังสีกลับเพิ่มขึ้นสูงสุด ความร้อนที่เกิดจากการสะสมรังสีจากดวงอาทิตย์ไว้ที่ผิวโลกและค่อยๆ แผ่รังสีออกมาจนถึงจุดสูงสุดในช่วง 14.00-16.00 น. หลังจากนี้รังสีดวงอาทิตย์จะค่อยๆ ลดลง พร้อมกับการลดลงของการแผ่รังสีกลับ รังสีดวงอาทิตย์หมดเวลาประมาณ 18.00 น. ในขณะที่การแผ่รังสีกลับยังคงดำเนินต่อไปและสิ้นสุดในเวลา 06.00 น. ของวันถัดไป และเริ่มวัฏจักรของการรับและคายรังสีของผิวโลกต่อไป

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร

โดยทั่วไป ความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ตัวอาคารโดยอาศัยกระบวนการถ่ายเท 3 แบบ คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี

1. การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Heat Transfer by Conduction)

เป็นการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านตัวกลางหรือมวลวัตถุโดยอาศัยการส่งผ่านพลังงานการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุลของวัสดุที่อยู่ใกล้กัน เช่นการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังหรือกำแพง

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายผ่านโดยการนำขึ้นอยู่กับสภาพการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity) วัสดุที่นำความร้อนได้ดีจะมีค่าการนำความร้อนสูงและมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนน้อย เช่น โลหะ หิน คอนกรีต เป็นต้น ดังนั้นวัสดุที่จะช่วยลดการนำความร้อนต้องมีค่า

สภาพการนำความร้อนต่ำ เช่นใยแก้วและฉนวนความร้อน ทั้งยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ความชื้นของวัสดุ

2. การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Heat Transfer By Convection)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยของไหลเป็นสื่อกลาง เช่น อากาศ หรือของเหลว โดยของไหลเมื่อสัมผัสสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจากโมเลกุลของสสารต้นทาง สู่โมเลกุลสสารปลายทาง เป็นอิสระต่อแรงโน้มถ่วงของโลก การพาความร้อนไม่เกิดขึ้นในสุญญากาศ

ในระบบอาคารความร้อนจะผ่านผนังส่วนนอกสู่ภายในโดยการนำพาความร้อน ทำให้ผิวของผนังด้านในร้อนขึ้น และส่งผลให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงและมีความกดอากาศต่ำลอยตัวขึ้นสู่ที่สูง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งมีความกดอากาศสูงไหลเข้ามาแทนที่ เกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน

3. การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (Heat Transfer By Radiation)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีผ่านอากาศหรือสูญญากาศ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) เช่นความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงส่งสู่ปลายทาง ทำให้เกิดการกระตุ้นการสั่นสะเทือนในโมเลกุลของสสารปลายทางเกิดการเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน อาคารได้รับความร้อนโดยการแผ่รังสีทั้งทางตรงจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และการคายความร้อนจากพื้นผิวที่สะสมความร้อน จากการพาความร้อนโดยกระแสลม

2.2 คุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนของพรรณพืช

2.2.1 การดูดซึม (Absorption)

พืชพรรณไม้มีความสามารถในการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ พืชใช้แสงเพื่อนำไปใช้สำหรับปฏิกิริยาเคมีภายในหรือที่รู้จักกันว่ากระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อที่จะผลิตคาร์โบไฮเดรตโดยอาศัยคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศและน้ำจากชั้นดินที่ปลูก และจะปล่อยความชื้นสู่บรรยากาศโดยรอบ

เมื่อดวงอาทิตย์แผ่พลังงานความร้อนและแสงสว่างมายังพื้นดินในขณะที่มีท้องฟ้าแจ่มใส จะมีทั้งแสงแดดและแสงสว่างพร้อมกันในอัตราส่วน 6 ต่อ 1 โดยจะมีแสงแดด (Direct Sunlight) ประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 และแสงสว่างประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 ในวันที่ท้องฟ้าเต็มไปด้วยเมฆทำให้แสงสว่างน้อยลงตามไป มีผลต่อพืชพรรณไม้ด้วย

ในบริเวณป่าไม้ จะรู้สึกถึงความเย็นมากกว่าในบริเวณที่โล่งกว้างปราศจากต้นไม้ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ประกอบไปด้วยต้นไม้เป็นจำนวนมากมีการดูดซึมรังสีอาทิตย์โดยปรกติ

ถึงร้อยละ 75 ถึง 80 ดังนั้นถือได้ว่าต้นไม้มีส่วนสำคัญในการช่วยลดความร้อนโดยการดูดซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2 การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนรังสีของใบไม้นับเป็นอีกวิธีหนึ่งในการช่วยลดอุณหภูมิความร้อนให้กับบริเวณโดยรอบได้นอกเหนือไปจากการดูดซึมรังสีอาทิตย์ ในบริเวณที่มีต้นไม้เป็นจำนวนมากจะมีการสะท้อนกลับของรังสีไปประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 ค่าการสะท้อนรังสีตามสถานที่ธรรมชาติต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการสะท้อนรังสีตามสถานที่ต่างๆ [1]

ชนิดวัสดุ	ค่าการสะท้อนรังสี(อัลบิโด*)
ทุ่งหญ้าราบ-เนินทุ่งหญ้า	0.15-0.20
ทรายและทางเดินตามทุ่ง	0.10-0.25
ผิวทะเล	0.08-0.10
ป่าไม้สน	0.10-0.15

*หน่วยของการสะท้อนแสงเรียกว่า อัลบิโด(Albedo) เมื่อวัตถุใดก็ตามมีความสามารถในการสะท้อนแสงที่ส่องไปยังวัตถุนั้นกลับออกไปได้ทั้งหมด นับได้ว่าวัตถุนั้นมีอำนาจในการสะท้อนแสงเท่าหนึ่งในทางกลับกันเมื่อมีวัตถุใดมีอำนาจในการดูดซึมการส่องแสงที่ส่องไปวัตถุนั้นเอาไว้ทั้งหมด ก็จะนับได้ว่าวัตถุนั้นมีอำนาจการสะท้อนแสงเท่ากับศูนย์

ส่วนต่างๆ ของพรรณพืชมีค่าการสะท้อนความร้อนไม่เท่ากัน บริเวณลำต้นมีความสามารถในการสะท้อนแสงอาทิตย์ได้น้อยกว่าส่วนใบ ปัจจัยที่ส่งผลถึงปริมาณการสะท้อนรังสีของพรรณพืชขึ้นอยู่กับความยาวของชนิดคลื่นรังสี ชนิดของใบ อายุของใบไม้ ระดับความสูงต่ำของใบไม้ ตำแหน่งที่ได้รับรังสี ตำแหน่งของใบไม้ในกลุ่มใบนั้นๆ ความแห้งแล้งของสถานที่ตั้งอยู่ ความสมบูรณ์ของสถานที่ตั้งอยู่ ฤดูกาล เป็นต้น

S.Elwynn Taylor & Gerald Pingel (Aslaf) ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสะท้อนรังสีและการดูดซึมรังสีของวัตถุที่ต่างกัน จากข้อมูลในตารางที่ 2.2 และ 2.3 จะเห็นได้ว่าหญ้า

[1] สุดสวาท ศรีสถาปัตย์, การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน .กรุงเทพ ฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2545

ธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสี เท่ากับหญ้าเทียม และมากกว่าพื้นลาดยางมะตอย (Asphalt) อย่างไรก็ตามหญ้าธรรมชาติดูดซึมรังสีน้อยกว่า และสามารถนำความร้อนไปใช้เพื่อสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของหญ้าที่ทำการศึกษามีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 2.2 แสดงความสามารถของวัสดุในการสะท้อนรังสีและการดูดซึมรังสี (กลางแสงแดด)[1]

วัสดุ	การสะท้อนรังสี (เท่า)	การดูดซึม (ร้อยละ)
หญ้าธรรมชาติ	2.94	78.4
หญ้าเทียม	2.94	92.4
พื้นลาดยางมะตอย	1.78	89.0

การทดลองของ S. Elwynn Taylor & Gerald Pingel (Aslaf)

ตารางที่ 2.3 ตุลาคมอุณหภูมิ 32 องศา ความชื้น 40 % และความเร็วลม 50 ชั่วโมง/วินาที)

วัสดุ	อุณหภูมิ (°C)
หญ้าธรรมชาติ	38
หญ้าเทียม	72
พื้นลาดยางมะตอย	60

2.2.3 การส่องแสงหรือการแผ่รังสี (Radiation)

รังสีแสดงการทดลองวัดอุณหภูมิของวัสดุ[1]

(ในเดือนดวงอาทิตย์ถูกส่งมายังพื้นโลกทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการแผ่รังสีผ่านชั้นบรรยากาศตรงหรือเกิดจากการสะท้อนบนพื้นผิวต่างๆ รังสีโดยทั่วไปประกอบไปด้วยรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาว ซึ่งโดยปรกติรังสีคลื่นสั้นจะมีความถี่สูง และรังสีคลื่นยาวจะมีความถี่ต่ำ

พืชพรรณที่ได้รับรังสีจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยได้รับรังสีทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาว ส่วนกลุ่มใบจะส่งพลังความร้อนออกไปทุกทิศทางแบบคลื่นยาวมีความถี่ต่ำ ฉนั้นอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ พืชมีการคายความร้อนที่ใบเป็นการให้ความเย็นโดยการคายน้ำ ทำให้พืชมีคุณสมบัติในการดูดซับรังสีและการแผ่รังสีออกไปโดยรอบ พืชพรรณโดยส่วนใหญ่จะดูดซึมความร้อนเอาไว้ในช่วงเวลากลางวันและจะคายความร้อนในเวลากลางคืน

---

[1] สุดสวาท ศรีสถาปัตย์, การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน .กรุงเทพ ฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2545

Kittkedge (ASLAF) ได้ทำการทดลองวัดความแตกต่างกันของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะเดียวกันในช่วงเวลากลางวันของฤดูร้อน ระหว่างวัสดุต่างชนิดกันได้ผลดังนี้คือ

ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิตามวัสดุต่างๆ [1]

อุณหภูมิอากาศ	ชนิดวัสดุ (°C)			
(°C)	ผิวยางมะตอย	หลังคาหินชนวน	ผิวคอนกรีต	ผิวหญ้า
8	69	-	-	15
42	-	73	58	-
61	87	-	-	-

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิผิวหญ้าจะต่ำกว่าผิววัสดุอื่นเสมอเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นๆ หญ้าสามารถกระจายส่องแสงและดูดซึมการส่องแสง รวมทั้งการระเหยและการระบายความชื้นผ่านรูใบ Kittkedge (ASLAF)ได้ทดลองวัดอุณหภูมิเหนือผิวหญ้าในวันที่มีแดดดี ได้ประมาณ 30-50 (°C) ต่ำกว่าบริเวณทั่วไป ดังนั้นพืชพรรณมีส่วนเกี่ยวข้องกับการส่องแสงและการแผ่รังสีความร้อนมากเนื่องจากพืชพรรณทำให้เกิดร่มเงา และทำให้อุณหภูมิลดลงได้อย่างดี

2.2.4 การส่งผ่าน (Transmission)

การส่งผ่านความร้อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับความร้อน โดยสัมพันธ์กับการดูดซึม การสะท้อน การส่องแสงหรือการแผ่รังสีความร้อน กล่าวคือมวลสารใดยอมให้ความร้อนผ่านได้ง่ายอย่างรวดเร็ว ย่อมเป็นฉนวนที่ไม่ดี พืชพรรณเป็นฉนวนที่ดีเนื่องจากมีความสามารถในการดูดซึมและส่องแสงได้เป็นอย่างดี

2.3 การใช้พรรณพืชเพื่อช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของอาคาร

ในปัจจุบันการออกแบบสถาปัตยกรรมอาคารที่อยู่อาศัยในระบบเมือง ได้มีการให้ความสำคัญต่อระบบนิเวศและความสมดุลทางสภาวะแวดล้อมมากยิ่งขึ้น การใช้พรรณพืชช่วยในการควบคุมอุณหภูมิอากาศอย่างธรรมชาติ (passive cooling system) มีส่วนช่วยทำให้สภาพอากาศเฉพาะที่หรือระดับจุลภาค (Microclimate) มีสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิเหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์ อากาศระดับจุลภาคที่ดีย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอากาศระดับมหภาค (Macroclimate) คือ ระบบเมืองและสภาพอากาศโลกในทางที่ดี

[1] สุดสวาท ศรีสถาปัตย์, การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพ ฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2545

จากการศึกษาวิจัยหาแนวทางการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในระบบเมือง การออกแบบให้บริเวณอาคารบ้านเรือน โครงสร้างอาคารต่างๆ ให้มีส่วนประกอบของพรรณพืช เช่น การใช้สวน

หลังคาการใช้ไม้เลื้อยหรือการใช้ไม้ยืนต้นเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมเนื่องจากแสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ ประกอบกับความพยายามในการช่วยแก้ไขปัญหาขาดแคลนสวนบนดิน ซึ่งเปิดโอกาสให้ใช้วัสดุพืชพรรณได้ทำหน้าที่ให้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำรพ สิริเฉลิมลาภ (2546) ได้ศึกษาแนวทางในการปรับสภาพอุณหภูมิสำหรับสภาพแวดล้อมอาคารโดยการใช้ไม้ยืนต้น ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างบริเวณใต้ร่มเงาต้นไม้ใกล้อาคารกับบริเวณกลางแจ้งพบว่าอุณหภูมิใต้ร่มเงาไม้มีค่าต่ำกว่าบริเวณที่ถูกแสงอาทิตย์แผ่เข้ามาโดยตรงในทุกกรณี นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของพรรณพืชเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความร้อนสำหรับอาคาร ซึ่งต้นไม้ที่มีความหนาแน่นของพุ่มใบ ขนาดและความสูง แตกต่างกันจะให้ผลการลดความร้อนต่ออาคารที่แตกต่างกัน

การปลูกไม้เลื้อย นอกจากเพื่อจุดประสงค์ในการตกแต่งอาคารทางสถาปัตยกรรม ก็ยังเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นแนวทางในการลดอุณหภูมิของตัวอาคารได้ ทั้งนี้นักวิจัยชาวเยอรมันพบว่าไม้เลื้อยสามารถลดอุณหภูมิได้อย่างมากในช่วงฤดูร้อน (Kohler, et al., 2001) โดยปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการลดความร้อนของตัวอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับความหนาของพุ่มใบแต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของใบไม้ในการลดการแผ่รังสีความร้อนเข้ามาสู่ผิวกรอบอาคารโดยตรง

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในตัวเมืองประกอบไปด้วยพื้นที่หลังคาประมาณ 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด จึงสามารถจัดได้ว่าพื้นที่หลังคามีบทบาทสำคัญมากต่อการปรับปรุงสภาวะอุณหภูมิในระดับจุลภาคและมหภาคของระบบเมือง เมื่อเทียบกับการใช้ไม้เลื้อยหรือการใช้ไม้ยืนต้น โดยเฉพาะสำหรับอาคารที่มีพื้นที่ผิวหลังคากว้างแล้ว หลังคาจึงมีความสำคัญมากต่อระบบความร้อนภายในอาคารและระบบเมือง ฉะนั้น การเพิ่มพื้นที่สีเขียวโดยการใช้สวนหลังคาถือเป็นแนวทางสำคัญมีความเป็นไปได้ และสามารถนำมาปรับปรุงใช้กับระบบอาคารที่มีอยู่เดิม การใช้สวนหลังคาจึงเป็นเนื้อหาหลักของงานศึกษาวิจัยนี้

2.3.1 ชนิดของสวนหลังคา

การติดตั้งสวนหลังคาขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้อยู่อาศัยและลักษณะทางกายภาพของหลังคา โดยทั่วไปสวนหลังคาสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1) Intensive green roof เป็นสวนหลังคาในลักษณะสวนหย่อม ที่ผู้อยู่อาศัยสามารถใช้เป็นพื้นที่ใช้สอยได้ มักประกอบไปด้วยทางเดินเท้าและที่นั่งด้วย พรรณพืชที่นำมาใช้ปลูกสวนหลังคาประเภทนี้คือพรรณพืชทั้งหมดที่สามารถปลูกในสวนบนดิน ฉะนั้นชั้นดินที่ใช้ปลูกจึงต้องมีความหนามาก โดยทั่วไปมีความหนามากกว่า 15 ซม. สวนหลังคาชนิดนี้มีความ

ต้องการในการบำรุงรักษาสูง นอกจากนั้นแล้ว การออกแบบโครงสร้างอาคารจำเป็นต้องออกแบบเพื่อให้สามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

2) Extensive green roof เป็นสวนหลังคามีลักษณะที่ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อการใช้สอยทั่วไป แต่เพื่อประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะ **Extensive green roof** มีลักษณะเป็นพื้นที่หลังคากว้างปลูกด้วยพรรณพืชคลุมดิน เช่น หญ้า ซีดุม เป็นต้น ในปัจจุบันสวนหลังคาชนิดนี้เป็นที่นิยมมากขึ้นเพราะสามารถนำมาปลูกกับพื้นที่หลังคาอาคารที่มีอยู่แล้วได้ โดยมีความหนาของชั้นปลูกน้อยกว่าสวนหลังชนิดแรกทั่วไปไม่เกิน 15 ซม. ซึ่งทำให้น้ำหนักเพิ่มต่ออาคารมีน้อย (50-150 kg/m2) และต้องการในการบำรุงรักษาน้อยเช่นกัน

3) Semi-extensive green roof คือสวนหลังคาที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างลักษณะสวนหย่อมและแบบที่สอง เพื่อการใช้ประโยชน์สูงสุด

2.3.2 ชนิดของพรรณพืชและความเหมาะสำหรับสวนหลังคา

พืชพรรณที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกสวนหลังคา สามารถแบ่งตามลักษณะของลำต้น ทรงพุ่ม ความสูงและการเจริญเติบโต ได้โดยทั่วไปดังนี้

1) ไม้ยืนต้น (Tree) หมายถึง พืชที่มีเนื้อไม้ซึ่งเจริญจากตายอด เป็นไม้เนื้อแข็ง สามารถเจริญเติบโตสูงขึ้นไปได้เรื่อยๆ มีลำต้นเดียว ทรงพุ่มตรงยอด และมีความสูงอย่างต่ำ 2.4 เมตร สามารถแบ่งได้หลายลักษณะและระดับความสูงต่างกัน มีทั้งประเภทผลัดใบและไม่ผลัดใบ ใช้ทำร่มเงา กำบังลม กรองฝุ่น และตกแต่งพื้นที่ ขนาดสูงตั้งแต่ 6.00 ถึง 15.00 เมตร

2) ไม้พุ่ม (Shub) เป็นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าไม้ยืนต้น มีลำต้นตรงเป็นอิสระโดยไม่อาศัยวัตถุอื่นเพื่อยึดเกาะ มีเนื้อไม้ แตกกิ่งก้านในระดับไม่สูงจากพื้นดิน รูปทรงเป็นพุ่มกลมมีความสูงหลายระดับระหว่าง 1 ถึง 3 เมตร นิยมปลูกเพื่อกำหนดขอบเขตทิศทาง

3) ไม้เลื้อย (Vines) เป็นพืชที่เจริญได้ทุกทิศทาง ต้องอาศัยสิ่งค้ำจุนยึดเกาะมีทั้งประเภทที่มีเนื้อไม้และไม่มีเนื้อไม้ ไม้เลื้อยใช้ทำรั้ว เลื้อยปกคลุมซุ้ม หรือศาลาอาคารเพื่อบังแดด หรือเลื้อยพบทางเดินแทนไม้คลุมดิน

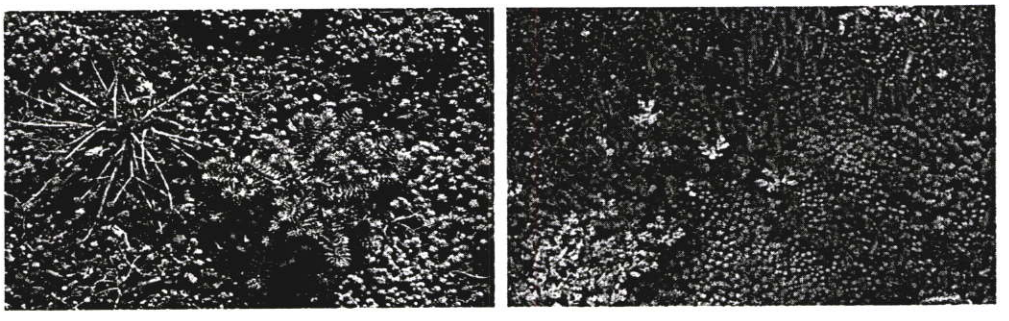
4) ไม้คลุมดิน (Ground Cover) หมายถึง พืชที่ปลูกเพื่อคลุมดิน มีลำต้นเตี้ย มีการเจริญเติบโตในแนวราบ เป็นกลุ่มเป็นก้อนติดกัน ใช้ประโยชน์เพื่อคลุมดิน ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ตกแต่งสวนให้มีความสวยงาม มีขนาดความสูง ๐.1 ถึง ๐.3 เมตร

5) หญ้า (Grass) เป็นพืชที่ปลูกอยู่ระดับเหนือดิน มักใช้เป็นพืชปลกคุลมดินแต่ไม่จัดเป็นพืชคุมดิน

จากลักษณะของพรรณพืช แสดงถึง ความเหมาะสมของพืชแต่ละประเภทสำหรับการติดตั้งสวนหลังคา กล่าวได้ว่าพืชทุกชนิดไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้เลื้อย ไม้คลุมดินและหญ้า สามารถนำมาปลูกสำหรับสวนหลังคาแบบ Intensive หรือ Semi-Intensive เพื่อก่อสร้างสวนหย่อม ตกแต่งเพื่อ

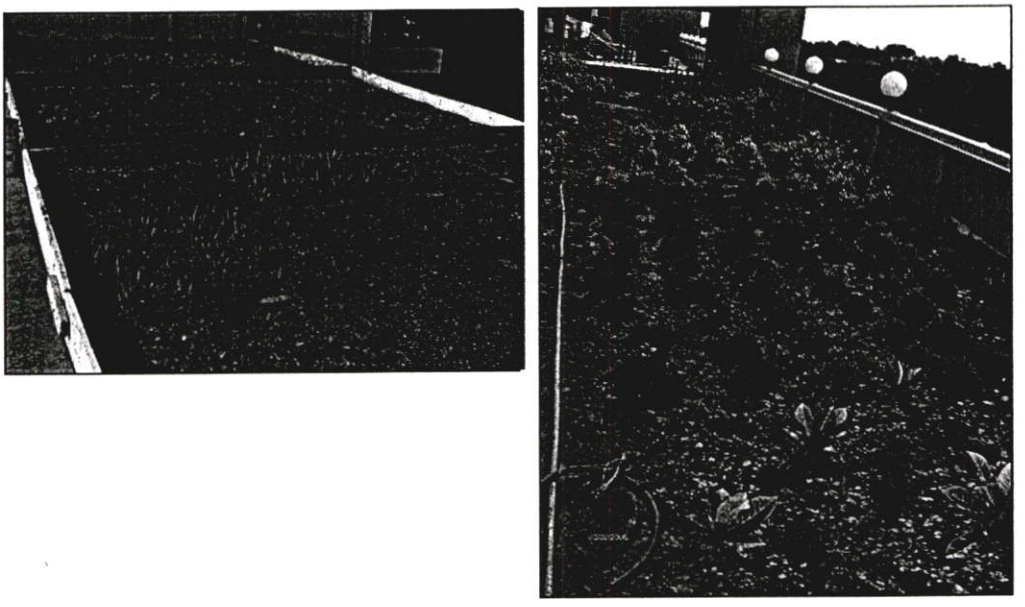
ความสวยงาม และสำหรับการพักผ่อนในระบบเมืองที่มีพื้นที่จำกัด โครงสร้างอาคารจะต้องสามารถรับน้ำหนักขนาดหนักได้

การติดตั้งสวนหลังคาแบบ Extensive green roof จำเป็นจะต้องใช้พืชที่มีขนาดเล็ก สามารถเจริญเติบโตได้ตามธรรมชาติโดยอาศัยการดูแลเพียงครั้งคราว พืชจำพวกไม้คลุมดินและหญ้าสามารถนำมาใช้ปลูกสวนหลังคาชนิดนี้ได้เป็นอย่างดี ในต่างประเทศพืชที่นิยมนำมาใช้ปลูกเป็นพืชในสายพันธุ์ Succulent and Sedum เช่น S. acre, S. Album, S. Pulchellum และ S. Ternatum (ภาพที่ 2.3) เนื่องจากพืชชนิดนี้สามารถอยู่ได้โดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ใบที่หนาสามารถกักเก็บน้ำสำรองทนแดดและฤดูแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 2.3 พืชที่นิยมนำมาใช้ปลูกเป็นพืชในสายพันธุ์ Succulent and Sedum

ในประเทศไทยได้มีนำพืชสายพันธุ์ Succulent and Sedum จำพวกกุหลาบหิน ว่านหางจระเข้มาปลูกทำสวนหลังคาแบบ Extensive ที่มีชั้นกรวดเป็นชั้นปลูกที่ความหนาประมาณ 7 ซม. เพื่อป้องกันการชะล้างของชั้นปลูกเมื่อเวลาผ่านไป ผลปรากฏว่าพืชจำพวกนี้สามารถเติบโตได้ในสภาวะตามธรรมชาติ (Jarmer, 2006) ส่วนพืชจำพวกไม้พุ่ม ได้แก่ แดงชาลี เทียนทอง (ภาพที่ 2.4) สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ความสวยงามมากกว่าพวก Succulent and Sedum อย่างไรก็ตาม พืชพรรณพุ่มนี้ต้องการบำรุงดูแลรักษาสูง และชั้นปลูกจำเป็นต้องมีความลึกและปริมาณอาหารเพียงพอ (ชั้นดินปลูกทั่วไป) ทำให้ไม่คุ้มทุนและน้ำหนักของสวนหลังคาที่ก่อสร้างอาจเป็นภาระต่อโครงสร้างอาคารได้



ภาพที่ 2.4 การทดลองปลูกสวนหลังคาในจังหวัดมหาสารคาม

2.3.3 คุณสมบัติของพรรณพืชและประโยชน์ของสวนหลังคา

1) การเพิ่มความสมดุลทางน้ำ ในระบบพื้นที่ธรรมชาติ เมื่อฝนตกลงมาสู่พื้นดิน ส่วนหนึ่งเกิดเป็นน้ำนองไหลผ่านผิวดินลงสู่แม่น้ำลำคลอง ซึ่งอาจจะถูกดูดซึมโดยพืชพรรณเพื่อกระบวนการสังเคราะห์แสง หรือระเหยขึ้นไปสู่บรรยากาศ อีกส่วนหนึ่งก็จะไหลลงสู่พื้นดิน ผ่านชั้นดินต่างๆ ลงไปสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

2) การเพิ่มความสมดุลด้านอากาศ ความหนาแน่นของอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆ ภายในเมืองและทางเท้าทำให้เกิดบรรยากาศที่จำเพาะสำหรับลักษณะในระบบตัวเมือง ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในเมือง การเพิ่มขึ้นของความชื้น การไหลเวียนของอากาศที่มีความจำกัดทำให้คุณภาพอากาศต่ำลง มีการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละออง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงได้โดยตรงกับคุณภาพชีวิตของผู้คนภายในเมือง

การขาดพื้นที่สีเขียวภายในระบบเมืองทำให้อุณหภูมิของพื้นที่มีค่าสูงกว่าโดยรอบ ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในระบบเมืองพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมาถึงพื้นผิวโลกจะสะสมเป็นความร้อนอยู่ในตัวอาคาร และแผ่ออกมาเป็นความร้อนสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปพื้นที่ผิวที่สะสมความร้อนนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบมากในทางตรงกันข้ามเมื่อมีพรรณพืชอยู่ในระบบเมือง พืชพรรณสามารถให้ร่มเงาป้องกันรังสีแผ่ลงสู่พื้นผิวสะสมความร้อนได้ นอกจากนั้นแล้วพืชจะดูดซึมรังสีดวงอาทิตย์และในไปใช้เป็นพลังงานเพื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงปล่อยไอน้ำสู่บริเวณโดยรอบ มีผลทำให้อุณหภูมิภายในและนอกตัวอาคารมีค่าต่ำลง ทำให้รู้สึกสบายขึ้น และยังส่งผลทำให้ความต้องการทางพลังงานลดต่ำลงอีกด้วย

3) ยืดอายุของหลังคาปกติทั่วไป จากการศึกษาในประเทศแถบยุโรป สวนหลังคาสามารถเพิ่มอายุการใช้งานของหลังคาด้วยการเพิ่มความสามารถในการปกป้องรังสีไวโอเลต ลม ความร้อน และมลพิษทางอากาศ เข้าไปทำลายแผ่นเมมเบรน (Peck et al., 1999) โดยเฉลี่ยแล้วอายุที่เพิ่มขึ้นของระบบหลังคามีได้ถึง 20 ปี (Velazquez, 1999)

4) การลดลงของมลภาวะทางเสียง มลภาวะทางเสียงของชั้นปลูก 12 และ 20 ซม สามารถลดการส่งผ่านของเสียงได้ถึง 40 และ 46 เดซิเบล ตามลำดับ (Minke, 1982) ขณะที่ชั้นปลูกจะป้องกันคลื่นความถี่ต่ำ พรรณพืชสามารถป้องกันคลื่นความถี่สูง

5) ผลทางกายภาพและทางจิตวิทยา สวนหลังคาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน เพิ่มความสุข ความสบายในการทำงาน ผ่านความเขียวขจีของพืชพรรณบนหลังคาได้ (สำหรับผู้ที่สามารถมองเห็นพื้นที่หลังคาจากอาคารอื่นๆ ได้) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความเขียวขจีทางธรรมชาติสามารถลดความตรึงเครียดที่เกิดจากการทำงาน ผู้ป่วยสามารถหายป่วยได้เร็ววันยิ่งขึ้นในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ (Ulrich, 1982)

นอกจากนั้นแล้วสวนหลังคายังช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพได้ในทางอ้อมโดยการช่วยลดอุณหภูมิของอาคารและตัวเมือง

6) ระบบนิเวศวิทยาและที่อยู่อาศัยของสัตว์ภายในเมือง พื้นที่สีเขียวดึงดูดสัตว์ต่างๆ ในระบบเมือง เช่น นก ผีเสื้อ ได้ ฉะนั้นสวนหลังคาเพิ่มที่อยู่อาศัยของสัตว์ภายในเมืองด้วย อย่างไรก็ตามปัญหาจาก ยุง สัตว์ เลื้อยคลาน ต้องมีการป้องกันที่เหมาะสม

7) การลดลงของมลภาวะทางอากาศ สภาพอากาศที่ร้อนสามารถส่งผลทำให้คุณภาพของอากาศลดลง ปฏิกิริยาทางเคมีแสงของมลพิษทางอากาศทำให้เกิดควันในตัวเมือง ซึ่งความเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จากการศึกษาในเมือง Los Angles พบว่าการเกิดของหมอกควันเพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซนต์สำหรับทุกๆ องศาที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูงกว่า 21 องศา (Akbari, H., 2002) ใบไม้ของพืชสามารถดูดซึมก๊าซคาร์บอนด์ไดออกไซด์และฝุ่นละออง สวนหลังคาสามารถลดฝุ่นละอองได้สูงถึง 75 เปอร์เซนต์ ชั้นปลูกสามารถดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ โอโซน และ การไนเตอรสออกไซด์ มลพิษจากยานยนต์และจากอุตสาหกรรมในระบบตัวเมือง (Colorado Tree Coalition, 2002)

8) เป็นพื้นที่สำหรับการพักผ่อน สวนหลังคาแบบ Intensive และ Semi-intensive มีลักษณะเป็นสวนหย่อมที่ สามารถใช้สำหรับพักผ่อนหรือเพื่อเล่นกีฬาได้ ซึ่งเป็นการทำให้ใช้ประโยชน์ทางพื้นที่ในเมืองได้เป็นประโยชน์สูงสุด

2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 กรณีศึกษาในประเทศไทย

ณัฏฐิณี นวลสกุล (2545) ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา โดยตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ชนิดของต้นไม้ที่ปลูกคลุมดิน ได้แก่ หญ้า พืชคลุมดิน และไม้พุ่ม และปริมาณความชื้นในดิน งานวิจัยยังได้ศึกษาถึงอิทธิพลและประโยชน์ของสวนหลังคาต่ออาคารในระบบปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสวนหลังคาไม้พุ่มสามารถลดอุณหภูมิได้โดยเฉลี่ยสูงสุด (ที่ความลึกชั้นดิน 5 ซม) คือ 27.6 °C ต่ำกว่าอุณหภูมิดินใต้พืชคลุมดิน (28.4 °C) และหญ้า (27.2 °C) โดยที่ความหนาของชั้นปลูกมีผลทำให้อุณหภูมิลดลงได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภมิของอากาศแล้ว สวนหลังคาสามารถช่วยลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้อย่างมาก ลดภาระการทำความเย็นเมื่อเทียบกับผิวหลังคาคอนกรีตเปล่า สำหรับ หญ้า พืชคลุมดินและไม้พุ่ม ตามลำดับ ณัฏฐิณี นวลสกุล พบว่า ปริมาณความชื้นที่อยู่ในดินเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งกำหนดความสามารถของสวนหลังคาในการลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร จากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งสวนหลังคาสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายทางด้านการปรับอากาศได้เป็นอย่างดี เพราะสวนหลังคาช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในตัวอาคารให้มีความคงที่

คำรพ สิริเฉลิมลาภ (2546) ศึกษาถึงผลประโยชน์ในการใช้พรรณพืชเพื่อการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมรอบอาคารบ้านพักอาศัย โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพของต้นไม้ยืนต้นในการลดอุณหภูมิและป้องกันรังสีให้กับพื้นผิวอาคาร จากการศึกษาพบว่า เช่น ต้นมะม่วง ต้นมะขามเทศ ซึ่งมีความหนาแน่นและขนาดของพุ่มใบที่แตกต่างกัน ให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่ต้นไม้ที่มีพุ่มใหญ่กว่าสามารถเก็บสะสมความร้อนและความชื้นได้มากกว่าต้นไม่ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าระยะห่างของพุ่มกับผนังอาคาร มีผลต่อการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์และการระบายความร้อนโดยกระแสลมธรรมชาติ ถึงแม้การศึกษานี้จะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงเพราะเป็นกรณีศึกษาพืชพรรณสำหรับสวนบนดิน อย่างไรก็ตามผลการทดลองมีส่วนสำคัญในวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในประโยชน์ที่พึงจะได้รับของสวนหลังคาต่อการช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้เป็นอย่างดี

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ (2541) ศึกษาถึงวิธีการปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อน การวิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่อาคาร 2) เพื่อนำตัวแปรที่ได้วิเคราะห์มาใช้ในการปรับปรุงหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาเพื่อให้พื้นที่ใช้งานใต้หลังคาเย็นที่สุด และ 3) เพื่อหาแนวทางการประยุกต์ใช้ในการออกแบบหลังคา เพื่อลดอิทธิพลความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

จากการศึกษาและวิเคราะห์ พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงสุดในการทำให้พื้นที่ใช้สอยใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตของสภาวะน่าสบาย คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องทดลองจะแปรผันขึ้นลงตามอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ดังนั้น ในการที่จะทำให้หลังคาเย็นลงได้มากที่สุดก็จะต้องทำการลดอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ที่กระทำต่อหลังคา โดยวิธีการดังนี้ คือ ลดอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ที่จะกระทำต่อพื้นที่ใช้สอยใต้หลังคาให้เหลือน้อยที่สุด และเพิ่มอัตราการระบายความร้อนที่สะสมอยู่ในพื้นที่ใต้หลังคาออกไปให้ได้มากที่สุด

2.4.2 กรณีศึกษาในต่างประเทศ

ในต่างประเทศโดยเฉพาะเยอรมนี สหรัฐอเมริกา และสวีเดน ได้มีความตื่นตัวเป็นอย่างมากต่อการวิจัยผลประโยชน์ของสวนหลังคาต่อระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมภายในเมือง โดยมีกลุ่มวิจัยพร้อมกับผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

Marco Schmidt ได้ทำการติดตั้งสวนหลังคาแบบ Extensive ณ UFA Cultural Center เมืองเบอร์ลินประเทศเยอรมันนี ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่หลังคาเดิมคือ Bitumen จุดประสงค์หลักในการติดตั้งเพื่อศึกษาถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับสำหรับการจัดการน้ำฝน และการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร จากการจากการศึกษาพบว่าบริเวณอากาศเหนือหลังคาบิทูเมนในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 35 °C ซึ่งพื้นผิวหลังคาเองนั้นมีอุณภูมิสูงถึง 80 ถึง 85 °C และมีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภมิของตัวหลังคาระหว่างหน้าร้อนและฤดูใบไม้ผลิถึง 50 °C เมื่อทำการเปรียบเทียบกับบริเวณสวนหลังคาแล้ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายใต้หลังคามีน้อยกว่าคือ 12 °C และมีค่าอุณหภูมิความร้อนลดลงถึง 52 ถึง 72 เปอร์เซนต์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสวนหลังคามีผลทำให้ 58 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังหลังคา ถูกนำไปใช้เพื่อกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยเฉลี่ย 81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลทำให้เกิดอัตราความเย็นที่ 302 kWh/(m^2*a) (Schmidt, 2006) .

The National Research Council of Canada ได้ทำการวิจัยศึกษาประสิทธิภาพของหลังคาพรรณพืชเพื่อการลดการส่งผ่านความร้อนเป็นเวลาสองปีระหว่างปี 2000 ถึง 2002 หลังคาที่ทำการทดลองมีพื้นที่ทั้งหมด 72 $ม^2$ แบ่งเป็นหลังคาพรรณพืช และพื้นหลังคาบิทูเมนที่เป็นพื้นที่ควบคุม จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเมมเบรนใต้พื้นผิวพรรณพืชมีค่าต่ำกว่าหลังคาบิทูเมนมาก ในช่วงระยะเวลา 660 วันที่ทำการตรวจวัด มีเพียงแค่ 18 วันที่ อุณหภูมิของสวนหลังคามีค่าสูงว่า 30 องศา ซึ่งคิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนวันทั้งหมดที่ทำการทดลอง ในทางตรงกันข้าม จำนวนวันที่อุณหภูมิมิของอากาศมีค่าสูงกว่า 30 องศามีถึง 63 วัน หรือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสวนหลังคาสามารถลดการส่งผ่านความร้อนสู่ตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ตารางที่2.5)

ตารางที่ 2.5 แสดงประสิทธิภาพของหลังคาพรรณพืชเพื่อการลดการส่งผ่านความร้อนเปรียบเทียบกับหลังคาบีทูเมนระหว่างปี 2000 ถึง 2002

อุณหภูมิสูงกว่า (°C)	หลังคาควบคุม (บีทูเมน)		หลังคาพรรณพืช		อุณหภูมิอากาศ	
	จำนวนวัน	% วัน	จำนวนวัน	% วัน	จำนวนวัน	% วัน
30	342	52	18	3	63	10
40	291	44	0	0	0	0
50	219	33	0	0	0	0
60	89	13	0	0	0	0
70	2	0.3	0	0	0	0

2.5 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

2.5.1 อิทธิพลมวลสารและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

มวลสารของวัสดุมีผลกระทบต่ออุณหภูมิอาคาร ตลอดจนการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมที่มีคุณสมบัติต่างกัน โดยวัสดุที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าการกักเก็บความร้อนสูง ก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำความร้อน (Thermal Time Lag) ทำให้เกิดการคายความร้อนช้ากว่ามวลสารที่มีมวลน้อย

2.5.2 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมแล้วยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้นด้วย สิ่งที่มีผลต่อวัสดุต่อการถ่ายเทความร้อนได้แก่

2.5.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Conductivity-K)

หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใดๆ หรือปริมาณความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ที่ถ่ายเทความร้อน 1 หน่วยพื้นที่ของความหนา 1 หน่วยใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิววัสดุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย มีหน่วยเป็น(Btu./hr.Ft^2. °F)และหน่วย SI เป็น (W/m^2 K) (Watson, FAIA, และ Kenneth Labs, 1983)

2.5.4 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance – C)

หมายถึง ค่าการนำความร้อนของวัสดุใดๆ หรือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุใดๆ ต่อความหนาของวัสดุที่มีความหนามาตรฐานในพื้นที่ 1 ตรารางฟุต ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮต์ซึ่งแสดงได้ตามสมการดังนี้

$$C = k/n$$

โดยที่ C= ความนำความร้อน(W/m² °C หรือ Btu /ft² h °F)

k = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(W/m °C)

n = ความหนาของวัสดุ (เมตร หรือ นิ้ว)

2.5.5 ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance/R-Value)

เป็นค่าการแสดงประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุและเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน หมายถึง จำนวนชั่วโมงสำหรับงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านความหนาของวัสดุหนึ่งในพื้นที่ 1 หน่วย โดยปกติความต้านทานความร้อนเรียกว่า R-Value ซึ่งแสดงได้ตามสมการดังนี้

$$R = 1/C \quad \text{หรือ } n/k$$

โดยที่ R = ค่าการต้านทานความร้อน(m² °C/Wหรือ ft² h °F/Btu)

C = ความนำความร้อน (W/m² °C หรือ ft² h °F/Btu)

n = ความหนาของวัสดุ (เมตร หรือ นิ้ว)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน(W/m °C)

2.5.6 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of Transmission/U-Value)

หมายถึง การคำนวณหาปริมาณความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร หรือออกจากตัวอาคาร เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิโดยจะใช้ U-Value เป็นหลัก ซึ่งแสดงได้ตามสมการดังนี้

$$U = 1/RT$$

โดยที่ U = สัมประสิทธิ์ค่าการถ่ายเทความร้อน(Btu / h ft²°F หรือ W / h m²°C)

RT = ความต้านทานความร้อนรวม(m² °C/Wหรือ ft² h °F/Btu)

2.5.7 ค่าการถ่ายเทความร้อนจากฟิล์มอากาศที่ผิววัสดุ (Surface Air Film Conductance)

หมายถึง ค่าการถ่ายเทความร้อนจากฟิล์มอากาศที่ผิววัสดุโดยที่อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านผิววัสดุและลักษณะพื้นผิววัสดุ (จญาดา บุญยเกียรติ, 2537)

2.5.8 ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity)

หมายถึง ค่าคุณสมบัติในการจุความร้อนของวัสดุ หรือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุ 1 หน่วยปริมาตร หรือพื้นที่ผิว 1 หน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 หน่วย มีหน่วยเป็น $Kcal.m^3$ หรือ $Kcal.m^2$ วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะมีความสามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตรา

การถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งของวัสดุไปสู่อีกด้านหนึ่งช้าลง ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนแตกต่างกัน มีค่าต่างกัน (จญาดา บุญยเกียรติ, 2537)

ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนและช่วงเวลาหน่วงที่ความร้อนไหลผ่าน (U-and Time Lag Values)

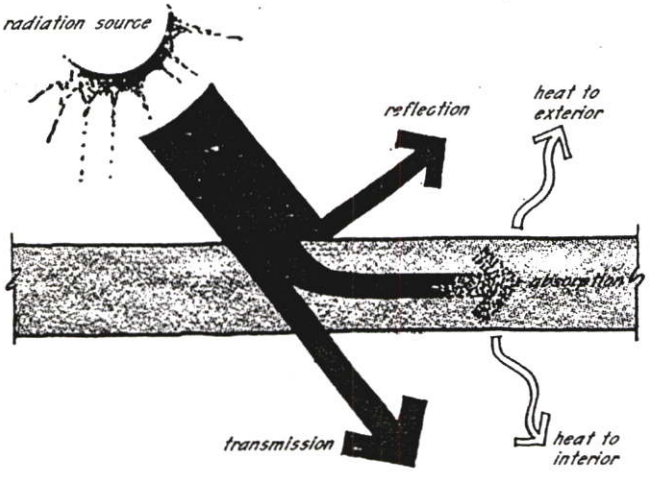
วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนต่ำ ซึ่งใช้เป็นฉนวนความร้อน มักจะมีน้ำหนักเบาแต่วัสดุที่มีค่าของช่วงเวลาที่ความร้อนไหลผ่านผิวด้านนอกสู่ผิวด้านใน (Time Lag) สูง จะเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักมากและความหนาแน่นก็มีมาก

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าช่วงเวลาหน่วงที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ

วัสดุ	ความหนา	U-value(W/m^2-K)	Time-lag
อิฐ	12	0.31	8.5 ชั่วโมง
คอนกรีต	8	0.67	8 ชั่วโมง
แผ่นฉนวน	4	0.09	3 ชั่วโมง
ไม้	1	0.47	25 นาที

การดูดกลืนรังสีของวัสดุขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิววัสดุในการดูดกลืนรังสี หรือเรียกว่าสภาพการดูดกลืน (Absorpivity) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0-1 วัตถุที่ดูดกลืนรังสีตกกระทบที่ผิวได้ทั้งหมดจะมีสภาพการดูดกลืนเท่ากับ 1 วัสดุที่ไม่สามารถดูดกลืนรังสีตกกระทบได้หมด แต่จะมีบางส่วนสะท้อนออกไป เรียกว่าสภาพสะท้อน (Reflectivity) และวัสดุที่สะท้อนรังสีตกระทบได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1

วัสดุก่อสร้างส่วนของหลังคาอาคาร ผนัง กระจก ฝ้าเพดาน มีคุณสมบัติให้ความร้อนผ่านได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายส่วนเช่น ทิศทางการวางอาคาร รับแดด หรืออยู่ในที่ร่ม วัสดุที่ใช้ พื้นผิว สี และมวลของผนังพฤติกรรมการสะท้อนดังภาพ



ภาพที่ 2.5 แสดงการดูดซับและการสะท้อนรังสีตกกระทบ

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการหาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบะหญ้าต่อการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยทำการเปรียบเทียบวัดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของกล่องทดลองประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองได้เป็น 5 การทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐาน ดังนี้ 1) ความลึกของดิน 2.1) ชนิดของหญ้าที่เหมาะสม 2.2) ศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่ากระบะหญ้าและกระบะดิน 3) ศึกษาช่องอากาศใต้กระบะที่มีผลต่อการระบายน้ำและการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง 4) ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะการจัดวางกระบะหญ้าในรูปแบบต่างกัน และ 5) อิทธิพลของปริมาณน้ำและช่วงเวลาการรดน้ำ

เพื่อให้ผลการทดลองมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด งานวิจัยทั้งหมดได้ทำบนดาดฟ้าของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม ในวันที่ท้องฟ้าแจ้ง

3.2 ขั้นเตรียมการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์เครื่องมือ

หญ้า หญ้าที่ใช้ในการทดลองคือ หญ้านวลน้อย และหญ้ามาเลย์เซีย

ดิน ในงานวิจัยนี้ได้นำ ดินร่วนผสมใบก้ามปูมาใช้ ส่วนผสมโดยปริมาตร คือ แร่ธาตุ 45% อินทรียวัตถุ 5 % น้ำ 25% อากาศ 25% หาซื้อได้ตามร้านค้าทั่วไป

กระบะทดลอง เป็นภาชนะพลาสติก (Industrial Plastic Containers) รุ่น 004 ซึ่งมีขนาด ก358 x ย547 x ส146 mm หนัก 1.30 kgs HDPE รับน้ำหนักได้ประมาณ 15 กิโลกรัม มีค่า Thermal Condutivity 0.48 Wm-1K

บัวรดน้ำ เป็นพลาสติก ขนาด 3 ลิตร

3.2.2 อุปกรณ์วัดค่า

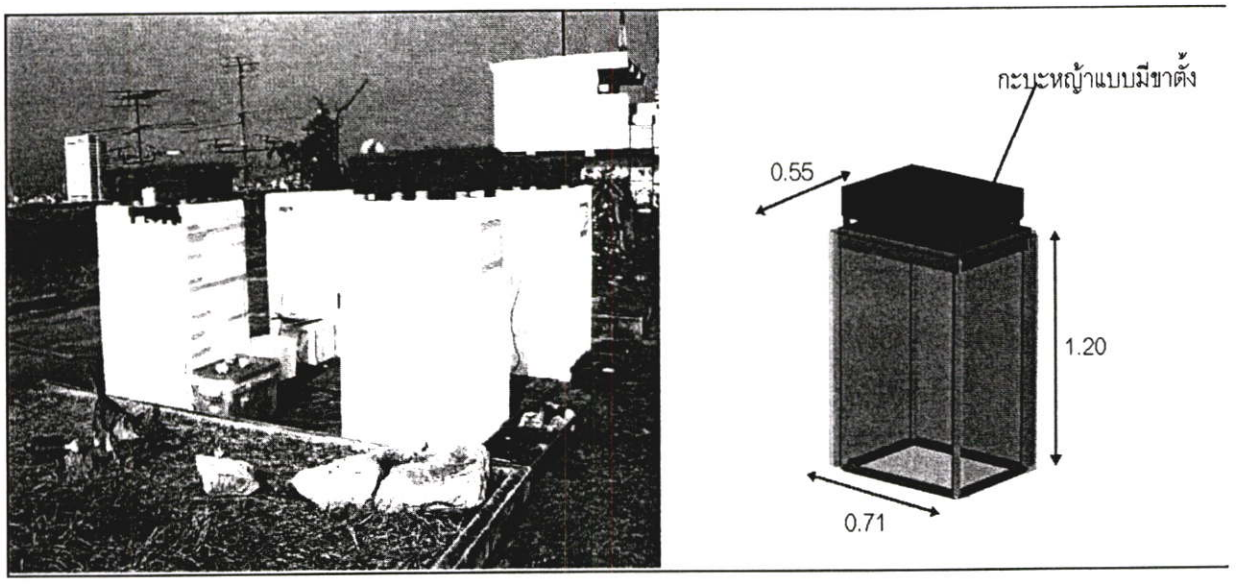
Thermo couple สายวัดค่าอุณหภูมิ เป็นตัวรับค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์หน่อยเป็น W/m2 ใช้ร่วมกับตัวเก็บค่าข้อมูล OPUS200 และ 208 พร้อมโปรแกรม Smart Control

Data logger อุปกรณ์บันทึกค่าข้อมูลรุ่น OPUS208 ชนิด 8 ช่องรับสัญญาณ ใช้บันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดการแผ่รังสี ประกอบด้วย เครื่องรับและสายส่งสัญญาณ

Universal User เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก

Pyranometer ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์

Computer Notebook ใช้สำหรับเก็บข้อมูลประมวลผลและจัดทำข้อมูลทั้งหมด



ภาพที่ 3.1 แสดง a) รูปการทดลอง ณ สถานที่จริง และ b) รูปโครงสร้างของกล่องทดลอง

3.2.3 การเตรียมชุดการทดลอง

สถานที่ ดาดฟ้าของอาคารพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 13 ชั้น ถ.ประชาราษฎร์สาย 2 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

ช่วงเวลาในการทำงานวิจัยและเก็บข้อมูล เริ่มการทดลองเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม แต่ละชุดการทดลองใช้เวลา 1-5 วัน สภาพอากาศมีลักษณะโดยทั่วไปคือ ท้องฟ้าโปร่ง เมฆน้อย และการแผ่รังสีมาก

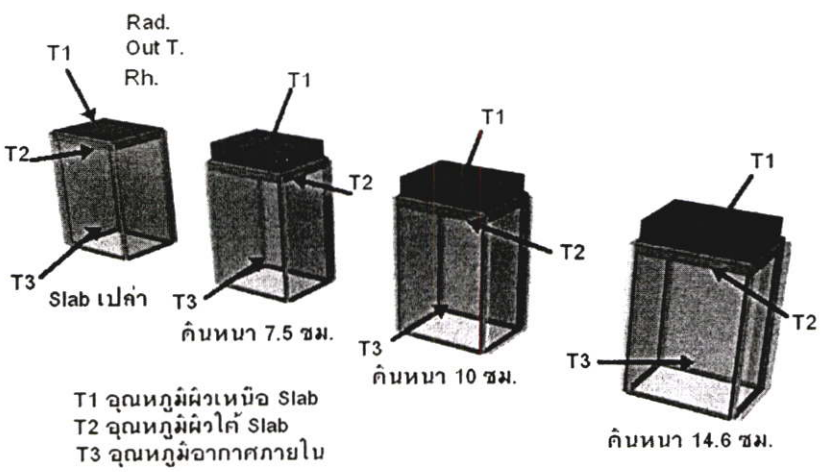
ลักษณะการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลเป็นลักษณะต่อเนื่อง โดยอาศัยเครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ ซึ่งสามารถบันทึกค่าลงในหน่วยความจำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือ การเก็บข้อมูลสามารถทำได้ที่ความละเอียดทุก ๆ 1 นาที

กล่องทดลอง ถูกสร้างมาสำหรับจำลองรูปแบบอาคารจริง โดยกล่องทดลองทำด้วยโครงสร้างเหล็กมีขนาด ก0.72 x ย0.55 x ส1.20 เมตร โดยที่ส่วนบนประกอบด้วย พื้นคอนกรีตหล่อหนา 0.10ม.เสริมเหล็ก 6 มม.@0.20 ผนังกล่องทดลองทุกด้านบุด้วยโฟมหนา 2 นิ้วโฟมฉนวนภายในเพื่อป้องกันอิทธิพลต่างๆ ที่อาจมีผลทำให้การวัดอุณหภูมิภายในกล่องเปลี่ยนแปลงไปได้

3.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ชุดการทดลองที่ 1

<u>วัตถุประสงค์</u>	เพื่อศึกษาความลึกของดินที่มีประสิทธิภาพต่อการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง
<u>สมมติฐาน</u>	ความลึกของดินแตกต่างกันจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองแตกต่างกัน
<u>วิธีการทดสอบ</u>	ทำการติดตั้งรูปแบบการทดลองโดยวางกระบะดินที่มีความลึกของดินต่างกันดังรูปและวัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน ทำการบันทึกค่าที่ได้
<u>ตัวแปร</u>	*ตัวแปรอิสระ* ความลึกของดินที่ 7.5, 10 และ 14.6 ซม. *ตัวแปรตาม* ค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง *ตัวแปรควบคุม* ชนิดของดิน ขนาดและสีของกระบะหญ้ากล่องทดลอง และเวลาการเก็บข้อมูล
<u>วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล</u>	เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองที่มีกระบะดินเป็นส่วนประกอบที่ความลึกของชั้นดินต่างๆ กัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะดินเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคา



ภาพที่ 3.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 1

ชุดการทดลองที่ 2

<u>วัตถุประสงค์</u> 1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างกระบะหญ้าและกระบะดิน

2. เพื่อหาชนิดของหญ้าที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

<u>สมมติฐาน</u> 1. หญ้าจะมีการคายน้ำและให้ร่มเงา ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่มีหญ้าต่ำกว่าอุณหภูมิของกล่องที่ไม่มีหญ้า

2. หญ้ามาเลย์เซีย มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิได้มากกว่าหญ้านวลน้อย

<u>ตัวแปร</u>

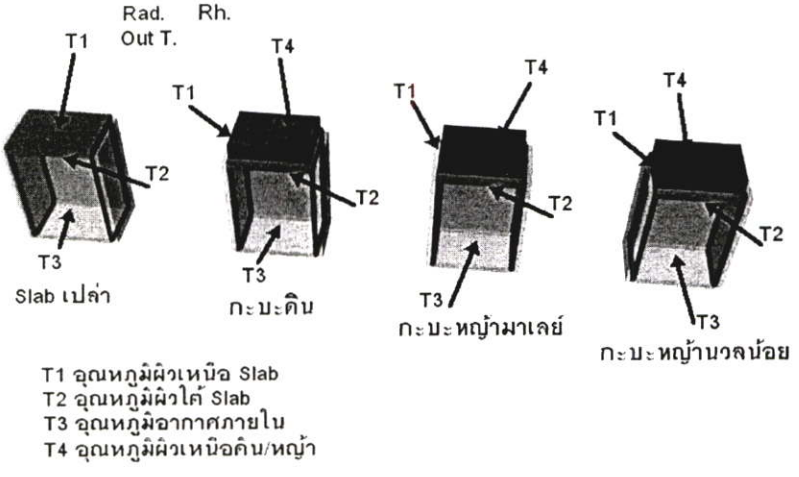
ตัวแปรอิสระ ชนิดของหญ้า

ตัวแปรตาม ค่าอุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม ความลึกของดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 ขนาดและสี ของกระบะ กล่องทดลอง

<u>วิธีการทดสอบ</u> ทำการติดตั้งการทดลองโดยวางกระบะดินที่มีชนิดหญ้าต่างกัน และวัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วันทำการบันทึกค่าที่ได้

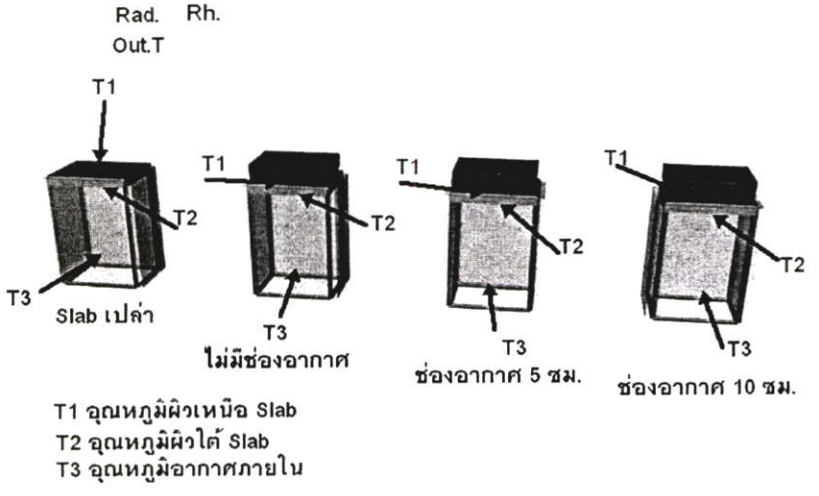
<u>วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล</u> เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองที่มีเฉพาะดิน และที่มีกระบะหญ้าชนิดต่างๆ กัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะหญ้าเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคาที่มีตัวแปรแตกต่างกัน



ภาพที่ 3.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 2

ชุดการทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์	เพื่อศึกษาหาอิทธิพลช่องอากาศใต้กระบะหญ้าที่ยกขึ้นสูงจากพื้นหลังคากล่องทดลองโดยคำนึงถึงการระบายน้ำและการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง
สมมติฐาน	ช่องอากาศใต้กระบะแตกต่างกันจะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองแตกต่างกัน
ตัวแปร	*ตัวแปรอิสระ* ช่องอากาศใต้กระบะหญ้าที่ 5 และ 10 ซม. *ตัวแปรตาม* ค่าอุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง *ตัวแปรควบคุม* ความลึกของดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 และชนิดของหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 ขนาดและสีของกระบะ กล่อง ทดลอง และเวลาการเก็บข้อมูล
วิธีการทดสอบ	ทำการติดตั้งกล่องทดลองโดยวางกระบะหญ้ายกสูงจากพื้นกล่องทดลอง ที่ความสูงต่างกันดังรูป วัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วันทำการบันทึกค่าที่ได้
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองที่มีช่องอากาศใต้กระบะหญ้าแตกต่างกัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะหญ้าเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคาที่มีตัวแปรแตกต่างกัน



ภาพที่ 3.4 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 3

ชุดการทดลองที่ 4

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อศึกษาหาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่มีการจัดวางกระบะหญ้าในระยะที่แตกต่างกัน

<u>สมมติฐาน</u> การจัดวางแบบชิดกันบนกล่องทดลอง สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองได้มากกว่าการจัดวางแบบมีระยะห่าง

<u>ตัวแปร</u>

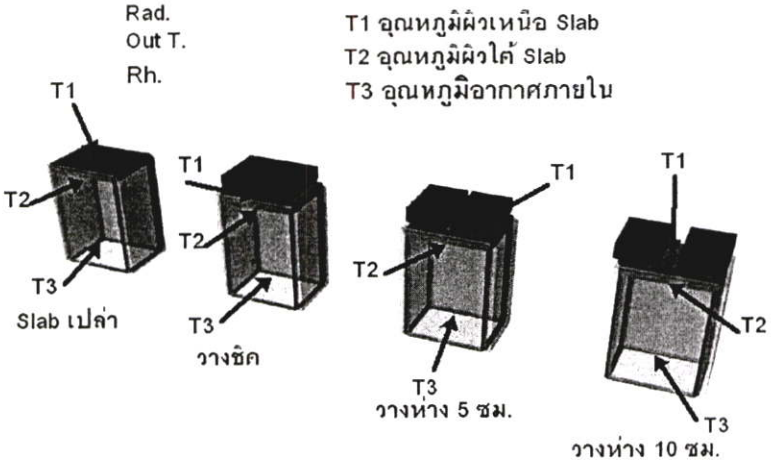
ตัวแปรอิสระ ระยะการวางกระบะหญ้าที่ระยะชิดกัน ข ห่าง 5 ซม.และ 10 ซม.

ตัวแปรตาม ค่าอุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม ความลึกของดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 ชนิดของหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 ความสูงของช่องอากาศที่ได้จากชุดการทดลองที่ 3 ขนาดและสี ของกระบะ กล่องทดลอง

<u>วิธีการทดสอบ</u> ทำการติดตั้งกล่องทดลองโดยรูปแบบการวางกระบะหญ้า มีความแตกต่างกันดังรูปและวัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วันทำการบันทึกค่าที่ได้

<u>วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล</u> เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองมีรูปแบบการวางกระบะหญ้าต่างกัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะหญ้าเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคาที่มีตัวแปรแตกต่างกัน



ภาพที่ 3.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 4

ชุดการทดลองที่ 5

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อหาปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

<u>สมมติฐาน</u> ปริมาณน้ำที่รดจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองแตกต่างกัน

<u>ตัวแปร</u>

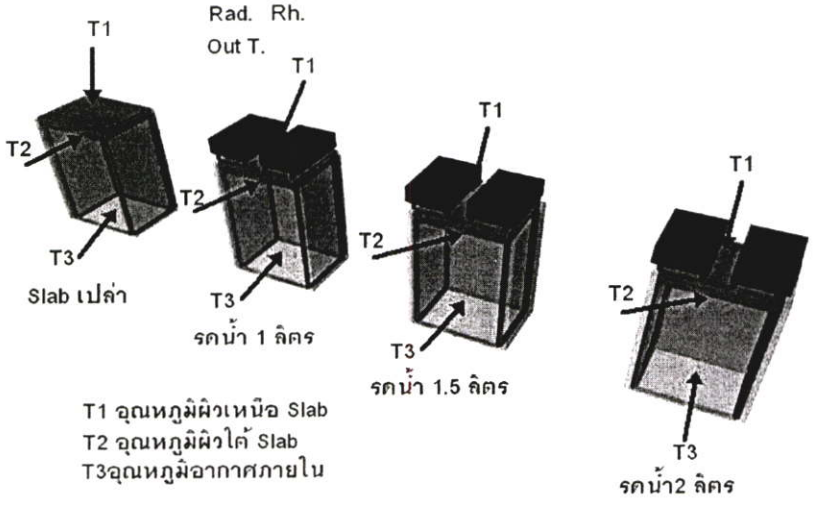
ตัวแปรอิสระ ปริมาณน้ำ

ตัวแปรตาม ค่าอุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม ความลึกของดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 ชนิดของหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 ความสูงของช่องอากาศที่ได้จากชุดการทดลองที่ 3 การจัดวางกระบะหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 4 ขนาดและสี ของกระบะกล่องทดลอง ปริมาณน้ำ ช่วงเวลาการรด

<u>วิธีการทดสอบ</u> ทำการติดตั้งการทดลอง โดยทำการรดน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันดังรูปและวัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วันทำการบันทึกค่าที่ได้

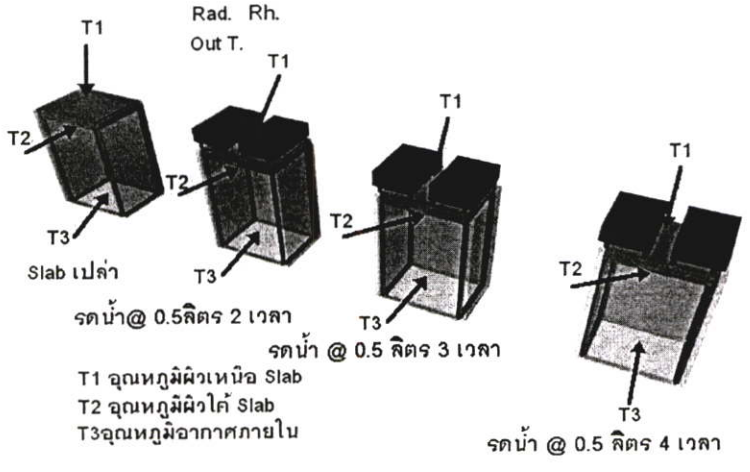
<u>วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล</u> เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองมีปริมาณการรดน้ำที่ต่างกัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะหญ้าเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคาที่มีตัวแปรแตกต่างกัน



ภาพที่ 3.6 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 5

ชุดการทดลองที่ 5.1

วัตถุประสงค์	เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นในดิน จากการคน้ำที่มีประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง	
สมมติฐาน	ช่วงเวลาความถี่ในการดน้ำจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองแตกต่างกัน	
ตัวแปร	*ตัวแปรอิสระ*	ช่วงเวลาความถี่ในการดน้ำ
	ตัวแปรตาม	ค่าอุณหภูมิ ภายในกล่องทดลอง
	ตัวแปรควบคุม	ความลึกของดินที่ได้จากชุดการทดลองที่ 1 ชนิดของหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 2 ความสูงของช่องอากาศที่ได้จากชุดการทดลองที่ 3 การจัดวางกระบะหญ้าที่ได้จากชุดการทดลองที่ 4 ขนาดและสี ของกระบะกล่องทดลอง ปริมาณน้ำ ช่วงเวลาการรด
วิธีการทดสอบ	ทำการติดตั้งการทดลอง โดยทำการรดน้ำในความถี่ดังรูปและวัดอุณหภูมิ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วันทำการบันทึกค่าที่ได้	
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองมีรูปแบบการวางกระบะหญ้าต่างกัน โดยค่าที่วัดได้จากกล่องทดลองที่ไม่มีกระบะหญ้าเป็นกล่องควบคุมการทดสอบประสิทธิภาพของสวนหลังคาที่มีตัวแปรแตกต่างกัน	



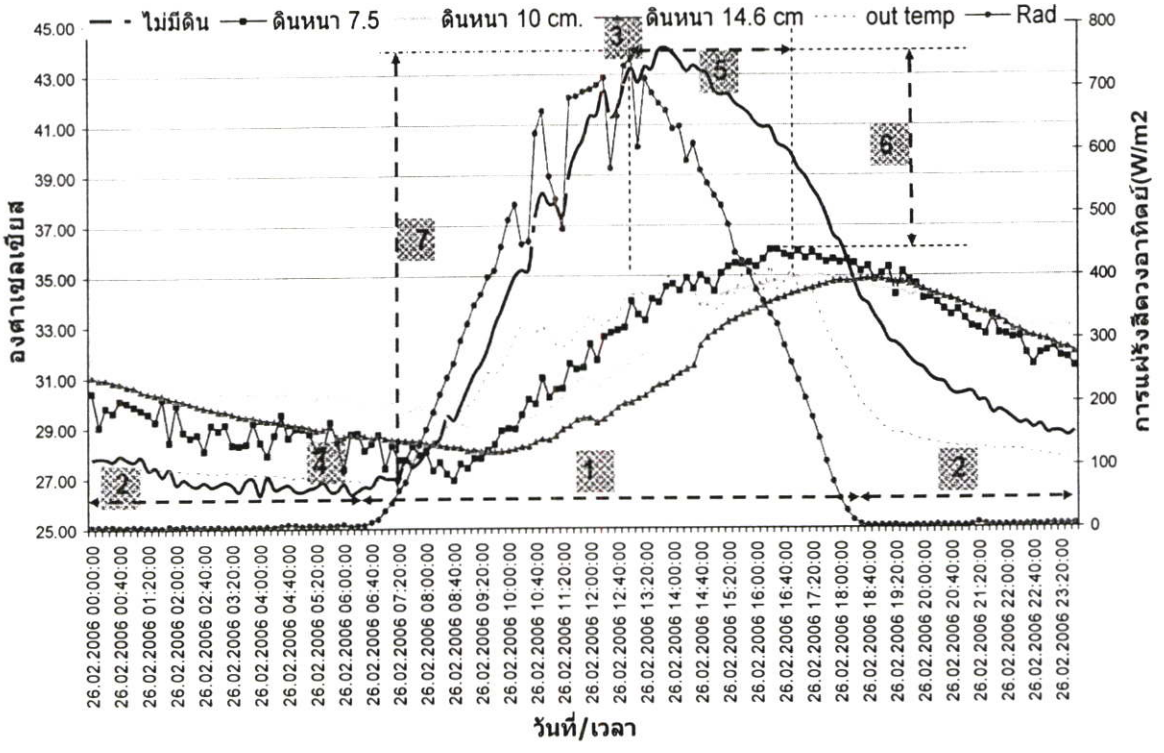
ภาพที่ 3.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลชุดการทดลองที่ 5.1

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการทดลองที่อธิบายในบทที่ 3 ได้นำค่าอุณหภูมิที่วัดมาทำการสร้างกราฟข้อมูล โดยทำการพล็อตค่าอุณหภูมิในแกน y และเวลาที่บันทึกข้อมูลในแกน x ดังรูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพิสูจน์สมมติฐานทำโดยการเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้จากกล่องทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรกับข้อมูลที่ได้รับจากกล่องควบคุม ข้อมูลที่สำคัญต่อการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่อความสามารถในการลดความร้อนของกล่องทดลองได้แสดงในรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบแนวทางการวิเคราะห์จุดต่างๆ
(ภาพจากชุดการทดลองที่ 1)

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

เนื่องจากการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาตั้งแต่ 1 ไปจนถึง 5 วันขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศที่จะเอื้ออำนวย แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยขอเลือกมาเพียง 1 วัน เพื่อทำการวิเคราะห์และอธิบาย โดยข้อมูลและช่วงเวลาที่ผู้วิจัยจะกล่าวถึง ประกอบด้วย

1) ช่วงเช้าถึงกลางวัน ระหว่างเวลาที่พื้นผิวหลังคามีการสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์

2) ช่วงเย็นถึงกลางคืน ระหว่างเวลาที่พื้นผิวหลังคามีการถ่ายเทความร้อนกลับสู่บรรยากาศ

3) ค่าอุณหภูมิสูงสุดของพื้นผิวที่วัดได้ในช่วงเวลาวัน (ระยะเวลาสะสมความร้อน)

4) ค่าอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นผิวที่วัดได้ในช่วงเวลากลางคืนหรือระยะเวลาคืนความร้อน ซึ่งเป็นจุดที่อุณหภูมิพื้นผิวมีค่าเท่ากับอุณหภูมิอากาศ

5) ค่าแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละพื้นผิว จากรูปทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่วัดได้จากพื้นคอนกรีตเปล่าและค่าที่ได้จากกระบะดิน7.5 ซม.

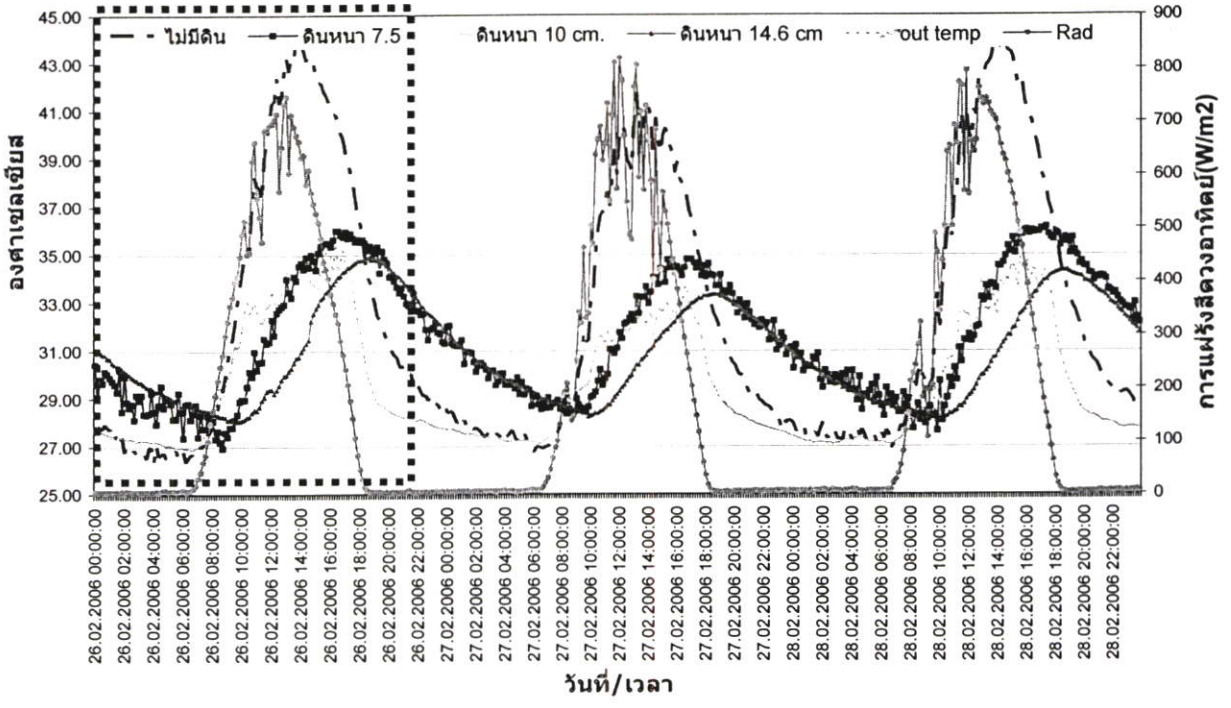
6) ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้จากแต่ละพื้นผิว

7) ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากแต่ละพื้นผิว

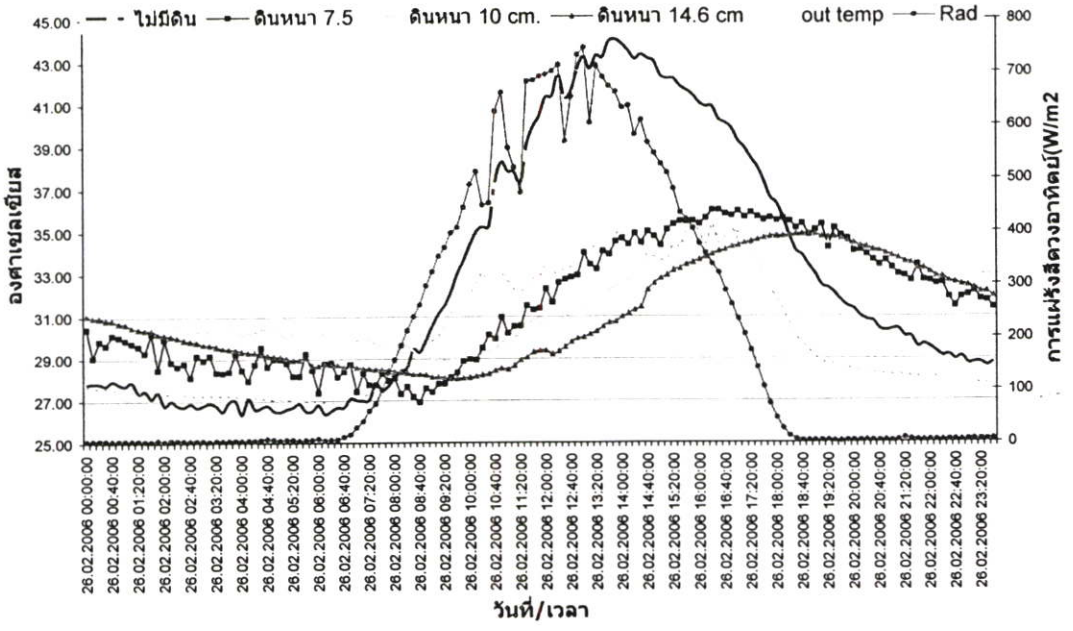
ผลการทดลอง

4.1 ชุดการทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพ และพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านกระบะดินโดยดินมีความลึกแตกต่างกันวางบนหลังคาดาดฟ้ากล่องทดลอง

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดินแตกต่างกัน วันที่ 26-28 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดินแตกต่างกัน วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13:20	44	5:50	26.7
กระบะดินลึก 7.5 ซม.	16:30	36	8:20	27
กระบะดินลึก 10 ซม.	17:30	35	10:00	29
กระบะดินลึก 14.6 ซม.	18:20	35	10:00	28

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 747.10(W/m^2)เวลา 13.00น. ต่ำสุดที่ 2(W/m^2) เวลา 19.40 น.
อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35 (°C)เวลา 15.00 น. ต่ำสุดที่ 27 (°C) เวลา 6.20 น.

วิเคราะห์อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต

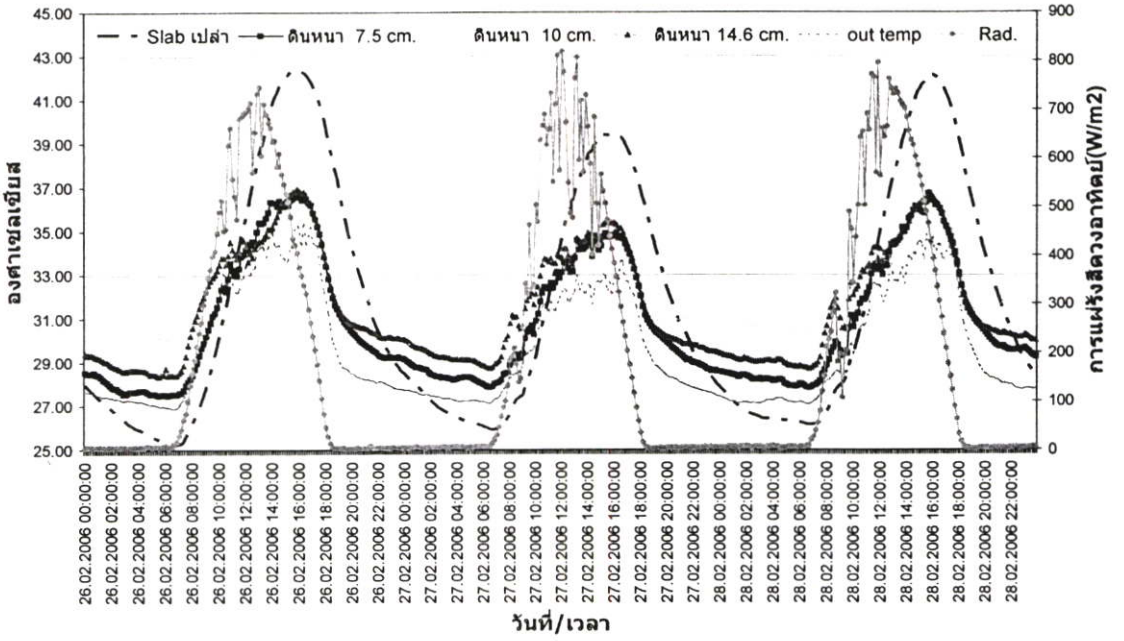
ภาพที่ 4.3 แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากพื้นผิวต่างๆ ที่ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบระหว่างพื้นผิวคอนกรีตเปล่าและพื้นผิวคอนกรีตที่ประกอบด้วยกระบะดินที่ความลึกต่างกัน คือ 7.5, 10 และ 14.6 ซม. จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อค่าอุณหภูมิของพื้นผิวต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ วัฏจักรอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละพื้นผิวคอนกรีต คือ มีค่าสูงในเวลากลางวันและต่ำในเวลากลางคืน

ผลการทดลองในรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวคอนกรีตเปล่ามีการสะสมความร้อนสูง โดยอุณหภูมิสูงสุดในช่วงทำการทดลองอยู่ที่ 44 °C ณ เวลาประมาณ 13.20 น. เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวหลังคาที่ประกอบด้วยกระบะดิน กล่องทดลองที่ความลึกของดิน 7.5, 10 และ 14.6 ซม มีค่าอุณหภูมิที่วัด คือ 36, 35 และ 35 °C ตามลำดับ ต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากผิวคอนกรีตเปล่าประมาณ 9 °C ซึ่งเห็นได้ชัดว่ากระบะดินช่วยลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ค่อนข้างมาก และการเพิ่มความลึกของดินส่งผลให้อุณหภูมิผิวคอนกรีตลดลงมากยิ่งขึ้น

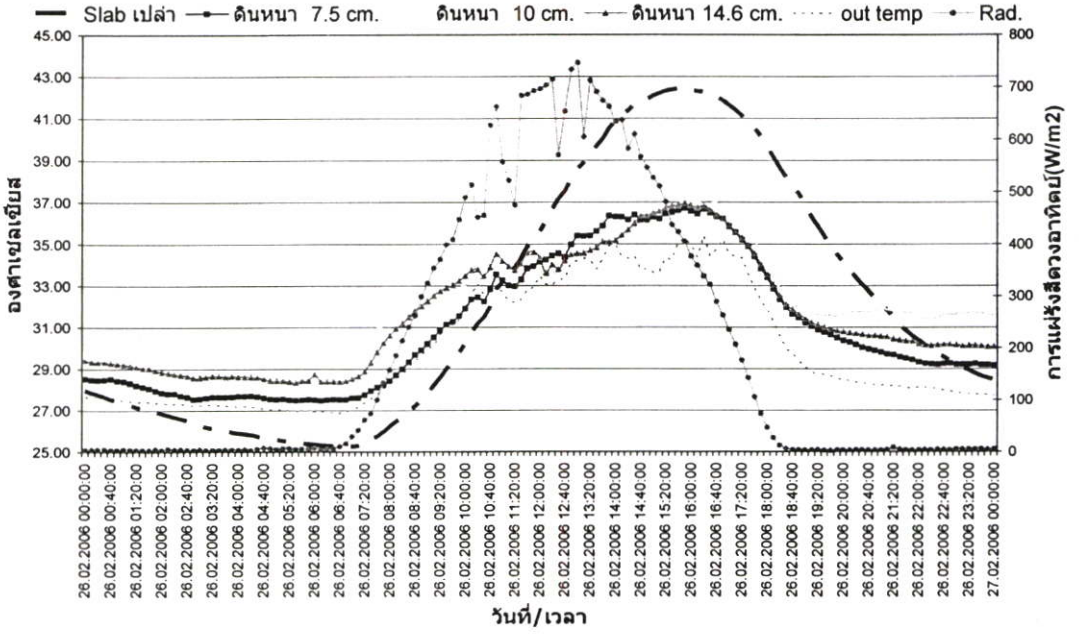
ดินมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ทำให้อุณหภูมิสูงสุดของพื้นผิวคอนกรีตใต้กระบะดินมีค่าอยู่ที่ 35-36 °C เทียบเท่ากับอุณหภูมิอากาศ (ตารางที่ 4.1) นอกจากนั้นแล้วกระบะดินยังเป็นผลทำให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่พื้นผิวกล่องทดลองเกิดขึ้น ณ เวลาแตกต่างจากหลังคาคอนกรีตเปล่า ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นฉนวนของพื้นผิวของกระบะดิน กล่าวคือ พื้นผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา13.20 น. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับกระบะดินซึ่งหน่วงเหนี่ยวการส่งผ่านความร้อนได้นานขึ้น ทำให้มีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เวลาเย็น16.30-18.20 น. เป็นประโยชน์ในการจัดการพลังงานในอาคารได้ดียิ่งขึ้น

ณ ช่วงเวลา 18.20-08.20 น. อุณหภูมิของพื้นคอนกรีตเปล่ามีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิพื้นผิวใต้กระบะดินทุกชั้นความลึกทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการระบายความร้อนจากพื้นผิวอาคารสู่บรรยากาศกระบะดินทำให้การระบายอากาศใช้เวลานานขึ้นโดยระยะเวลาแปรผันโดยตรงกับความลึกของชั้นดิน มีผลทำให้อุณหภูมิต่ำสุดของแต่ละพื้นผิวเกิดขึ้นที่เวลาแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.1)

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดินแตกต่างกัน วันที่ 26-28 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีความลึกของดินแตกต่างกัน วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากผิวใต้คอนกรีต

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	16:10	42.5	7:00	25
กระบะดินลึก 7.5 ซม.	16:10	36.5	7:00	27.5
กระบะดินลึก 10 ซม.	16:30	37.2	2:00-5:50	30
กระบะดินลึก 14.6 ซม.	15:50	37	5:30-07:00	28.5

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 747.10(W/m^2)เวลา 13.00น. ต่ำสุดที่ 2(W/m^2) เวลา 19.40 น.
อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35 (°C)เวลา 15.00 น. ต่ำสุดที่ 27 (°C) เวลา 6.20 น.

วิเคราะห์อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบะดินสามารถลดการส่งผ่านความร้อนสู่พื้นผิวหลังคาภายในได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่ประกอบด้วยกระบะดินลดลงประมาณ 5 °C เมื่อเทียบกับผิวคอนกรีตเปล่าโดยความลึกของดิน 7.5, 10 และ 14.6 ซม. ส่งผลต่อความแตกต่างกันของอุณหภูมิสูงสุดภายในเพียงเล็กน้อย เพราะค่าที่วัดได้อยู่ระหว่าง 36.5 ถึง 37 °C ณ เวลากลางวัน อย่างไรก็ตามความลึกของดินมีผลอย่างมากต่ออุณหภูมิต่ำสุดของพื้นผิวภายใน ซึ่งอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

สรุปผลการทดลองที่ 1

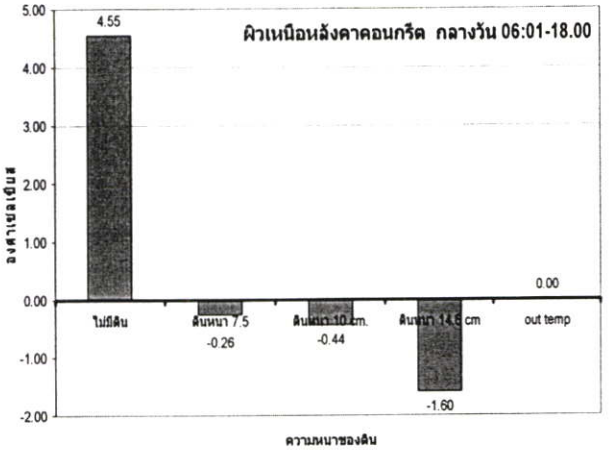
จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

1) กระบะดินมีความสามารถลดการส่งผ่านความร้อนสู่กล่องทดลองทำให้อุณหภูมิผิวมีค่าต่ำลงมาก ในช่วงอุณหภูมิวิกฤต คือ เวลาเที่ยงวันถึงบ่าย นอกจากนั้นหลังคากระบะดินยังหน่วงเหนี่ยวเวลาที่ความร้อนส่งเข้าสู่หลังคาได้

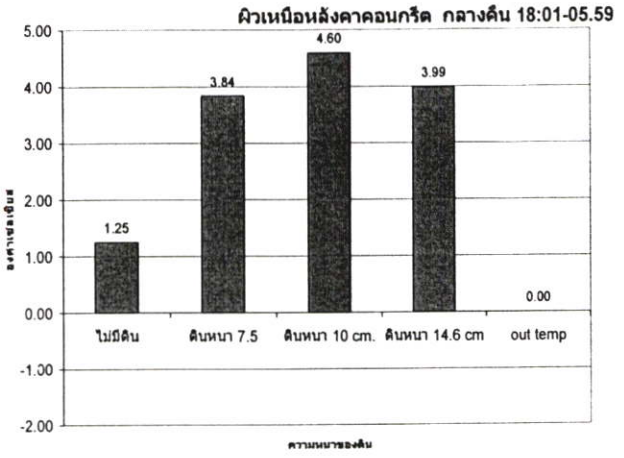
2) ประสิทธิภาพของการลดความร้อนที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวคอนกรีตที่มีกระบะดินขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นดิน โดยชั้นดินที่มีความลึกมากจะทำให้อุณหภูมิลดลงได้มากขึ้นในเวลากลางวัน แต่อย่างไรก็ตามความลึกของชั้นกระบะดินมีผลเล็กน้อยต่ออุณหภูมิผิวของหลังคาภายใน

3) ในเวลากลางคืน ความร้อนจากอาคารที่สะสมมาตลอดทั้งวันจะแผ่กลับไปสู่อากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และพื้นผิวคอนกรีตเปล่าจะถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็วกว่าพื้นผิวที่มีกระบะดินประกอบอยู่

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกความลึกของดินที่ดีที่สุด



กลางวัน (06.01-18.00น.)

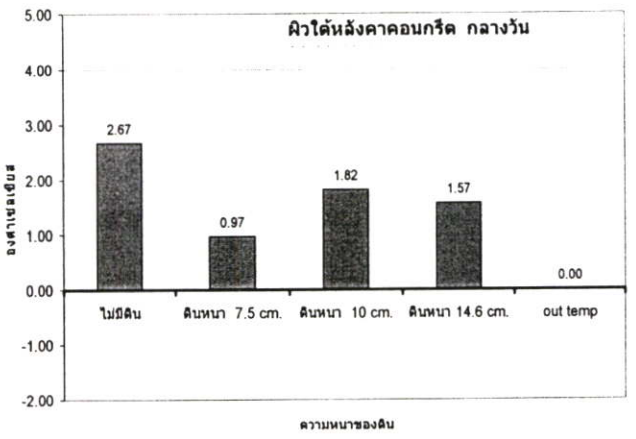


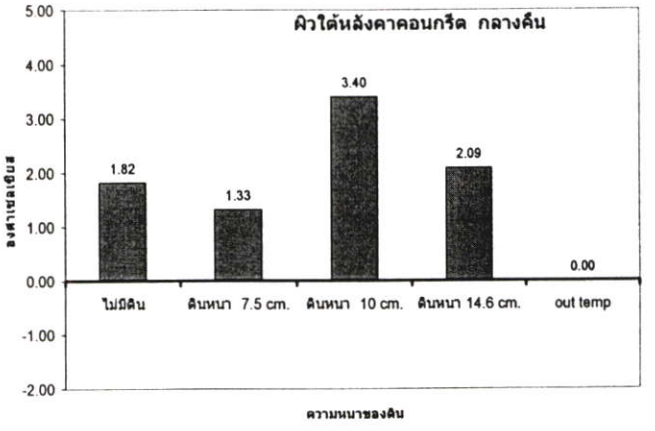
กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต (กลางวัน 06.01-18.00น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีกระบะดินในระดับความลึกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึกของดิน 14.6 ซม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศ รองลงมาคือ ความลึกของดิน 10 ซม., 7.5 ซม. และ ผิวคอนกรีตเปล่าตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าในช่วงเวลากลางวันยิ่งดินความลึกมากจะลดอุณหภูมิได้ดี เนื่องจากเมื่อดินมีปริมาตรมากจะหน่วงความร้อนได้ดี

อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีกระบะดินในระดับความลึกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเฉลี่ยเหนือผิวคอนกรีตเปล่าต่ำที่สุด รองลงมาคือดินที่มีความลึก 7.5, 14.6 และ 10 ซม. ตามลำดับซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าที่ผิวเหนือคอนกรีตที่ประกอบด้วยกระบะที่มีความลึกของดิน 7.5 ซม. จะเก็บกักความร้อนจากเวลากลางวันน้อยกว่าดินลึก 10 และ 14.6 ซม. จึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ





กลางวัน (06.01-18.00น)

กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

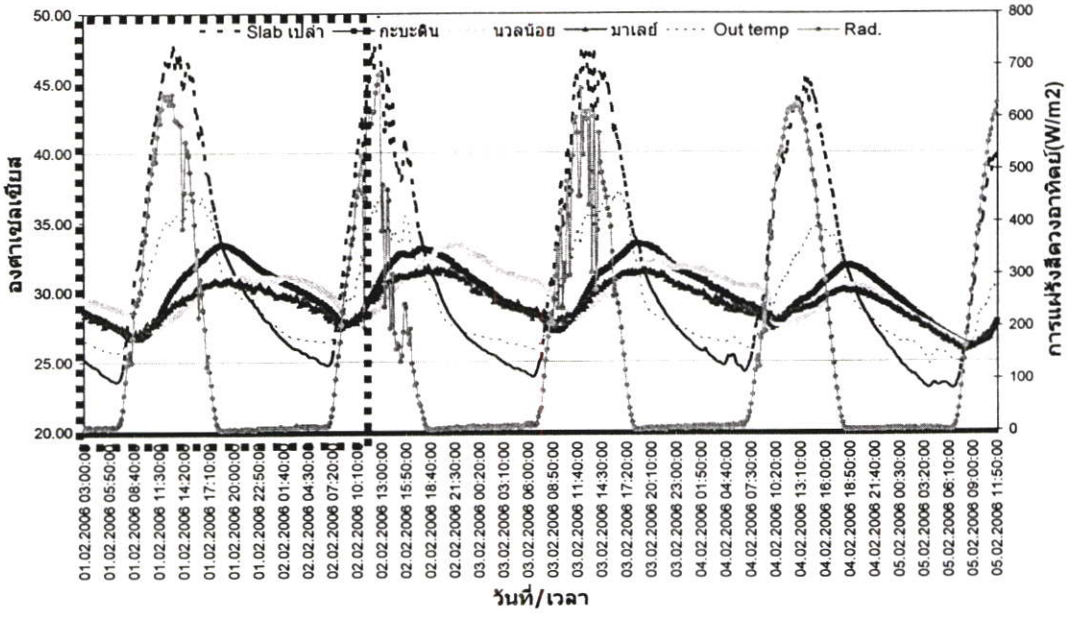
อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต (กลางวัน 06.01-05.59น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีกระบะดินในระดับความลึกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึกของดิน 7.5 ซม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดและใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกมากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ดินที่มีความลึก 7.5 ซม. มีการคายความร้อนอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม จากกราฟที่ระดับความลึกของดิน 14.6 ซม. มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าที่ดินลึก 10 ซม.

อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีกระบะดินในระดับความลึกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึกของดิน 7.5 ซม.จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกมากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าที่ผิวใต้คอนกรีตที่ระดับความลึกของดิน 7.5 ซม. จะคายความร้อนได้เร็วที่สุด

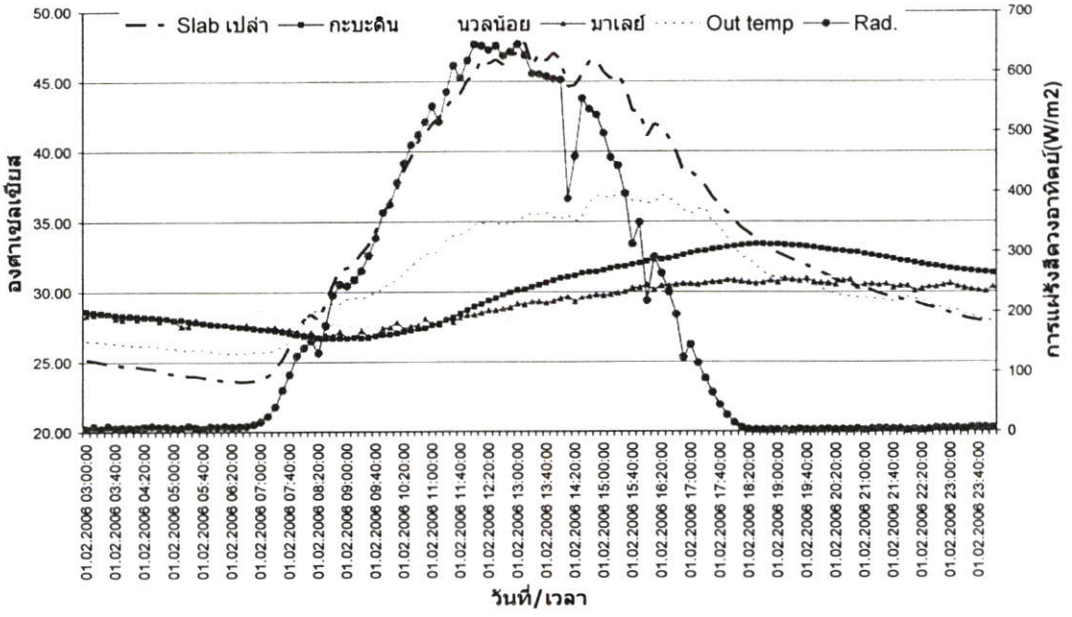
ความลึกของดินไม่เพียงส่งผลต่ออุณหภูมิผิวคอนกรีตเท่านั้น แต่ในการใช้งานจริงต้องใช้หลักการพิจารณาลักษณะความเหมาะสมทางกายภาพ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของหญ้าและศักยภาพในการอุ้มน้ำเป็นสำคัญด้วย ดังนั้นเลือกใช้ดินที่ความลึก 14.6 ซม.ในการทดลองขั้นต่อไป

4.2 ชุดการทดลองที่ 2 เพื่อหาชนิดของหญ้าที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง และ เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างกระบะหญ้าและกระบะดิน

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกันวันที่ 1 -5 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกันวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13:00	47.76	7:00	23.59
กระบะดินหนา 14.6 ซม.	18:40	33.41	9:00	26.67
หญ้านวลน้อย	19:00	31.09	10:40	27.30
หญ้ามาเลย์เซีย	19:00	30.92	9	26.68

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 645.10(W/m^2)เวลา 13.00น. ต่ำสุดที่ 2.1(W/m^2) เวลา 22.00น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 37.33 (°C) เวลา 15.00 น. ต่ำสุดที่ 25.61 (°C) เวลา 6.20 น.

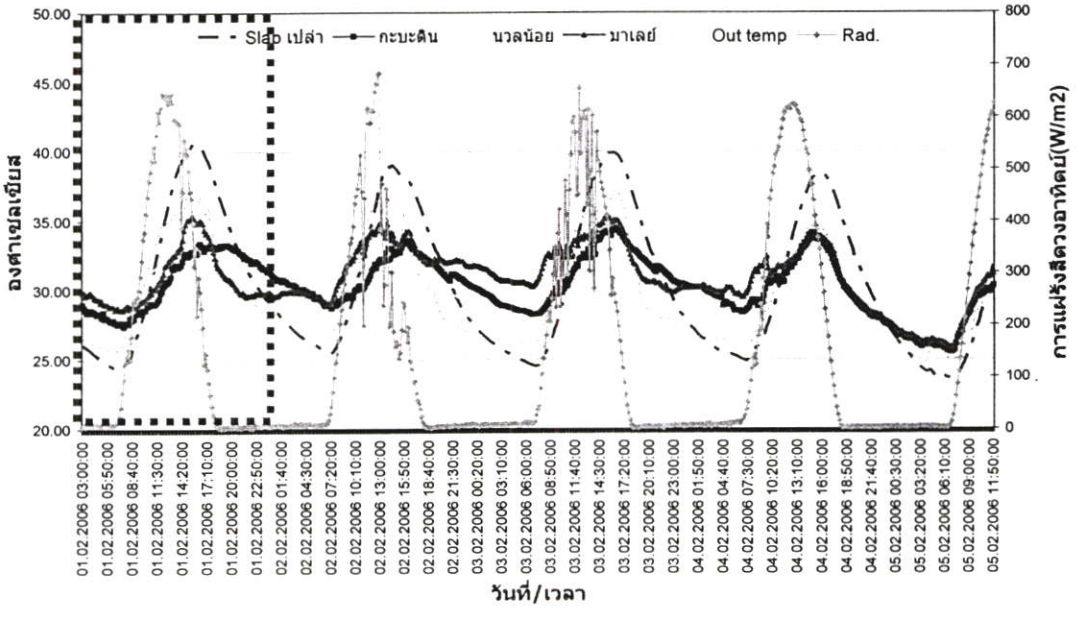
วิเคราะห์อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวคอนกรีตเปล่ากับผิวคอนกรีตที่ประกอบด้วยกระบะดินเปล่าและที่มีหญ้าประกอบ แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีค่ามากในกรณีแรก โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ประมาณ 47.76 °C ณ เวลาประมาณ 13.00 น. และต่ำสุดที่ 23.59 °C ณ เวลาประมาณ 07.00 น. ซึ่งต่างกันมากกว่า 20°C ในขณะเดียวกันค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและค่าต่ำสุดของพื้นผิวคอนกรีตที่มีกระบะดินหรือหญ้ามีน้อยลงมากซึ่งมีค่าประมาณ 10°C ซึ่งเป็นผลของการลดปริมาณความร้อนจากความลึกของดินและหญ้าตามลำดับ

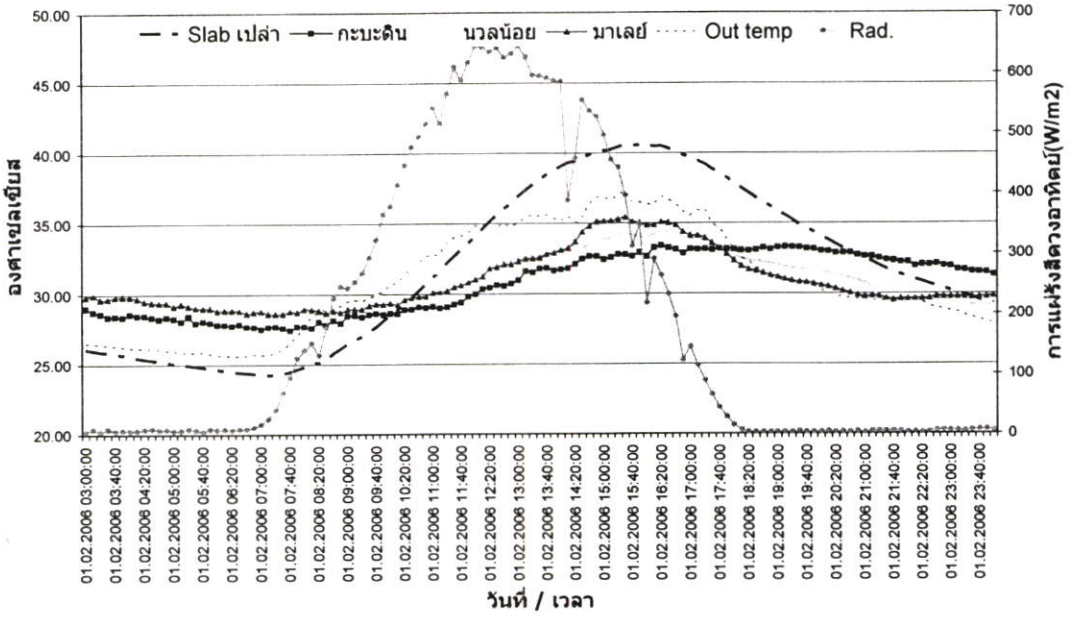
ความแตกต่างของความสามารถในการลดอุณหภูมิของพื้นผิวคอนกรีตที่ได้จากหญ้าทั้งสองชนิดมีเพียงเล็กน้อยโดยหญ้ามาเลเซียมีประสิทธิภาพดีกว่าในบางช่วงของการทดลอง แท้จริงแล้วพรรณพืชมีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากหลังคา กระบะดินเปล่า ทั้งนี้อาจสังเกตได้จากค่าอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดของสามการทดลองที่เกิดขึ้น ณ เวลาใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะความหนาแน่นของพรรณพืชมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับความลึกของชั้นดิน

เช่นเดียวกันกับผลการทดลองในชุดที่หนึ่ง ในระยะเวลากลางคืนอุณหภูมิของกระบะหญ้าหรือดินเปล่ามีค่าสูงกว่าพื้นคอนกรีตเปล่า เนื่องจากการระบายความร้อนสะสมออกจากตัวอาคารอย่างรวดเร็ว

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกัน วันที่ 1-5 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีชนิดของหญ้าแตกต่างกัน วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	15.40	40.60	07.20	24.27
กระบะดินหนา 14.6 ซม.	16.40	33.39	07.40	27.41
กระบะหญ้านวลน้อย	15.40	34.41	07.00	27.22
กระบะหญ้ามาเลย์เซีย	15.30	35.40	07.40	28.61

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 645.10(W/m^2)เวลา 13.00น. ต่ำสุดที่ 2.1(W/m^2) เวลา 22.00น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 37.33 (°C) เวลา 15.00 น. ต่ำสุดที่ 25.61 (°C) เวลา 6.20 น.

วิเคราะห์อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต

จากภาพที่ 4.11 จะเห็นได้ว่ากระบะดินและกระบะหญ้ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิพื้นผิวใต้กล่องทดลองแตกต่างกันเล็กน้อยในช่วงเวลากลางวัน กระบะดินสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่า กระบะหญ้าทั้งสอง

กระบะหญ้านวลน้อย และมาเลเซียจะสูงต่ำสลับกันเป็นบางช่วง โดยหญ้านวลน้อยมีอุณหภูมิสูงกว่าในเวลา 08.20–13.40 น. หลังจากนั้นเวลาประมาณ 13.40–17.40 น. อุณหภูมิของหญ้ามาเลย์เซียจะสูงกว่าหญ้านวลน้อย

ส่วนในเวลาเย็นถึงเช้าของวันถัดไป อุณหภูมิพื้นผิวใต้คอนกรีตที่มีกระบะหญ้านวลน้อยมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กระบะดินและกระบะหญ้ามาเลย์เซีย ต่างจากพื้นผิวคอนกรีตเปล่าถึง 3-5 °C ซึ่งแม้แต่ในช่วงเช้าของวันถัดไป อุณหภูมิสะสมยังไม่ได้ถูกระบายออกอย่างเต็มที่

สรุปผลการทดลองชุดที่ 2

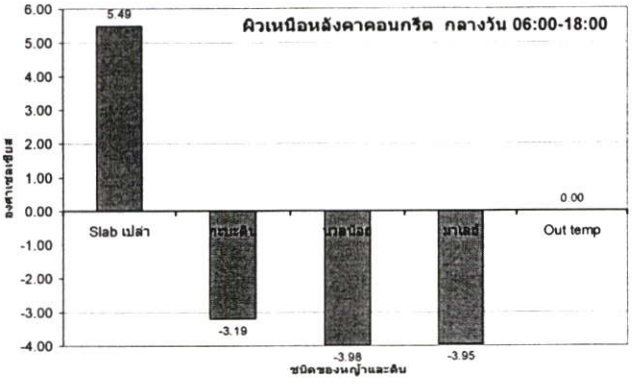
1) กระบะหญ้าและกระบะดินมีผลทำให้ลดความแปรปรวนของอุณหภูมิผิวคอนกรีตในเวลากลางวันและกลางคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจทำให้ภาระในการลดความร้อนภายในอาคารต่ำลงได้

2) หญ้าทั้งสองชนิดมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตและใต้คอนกรีตแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสามารถในการลดอุณหภูมิส่วนใหญ่เป็นผลมาจากดินเปล่า

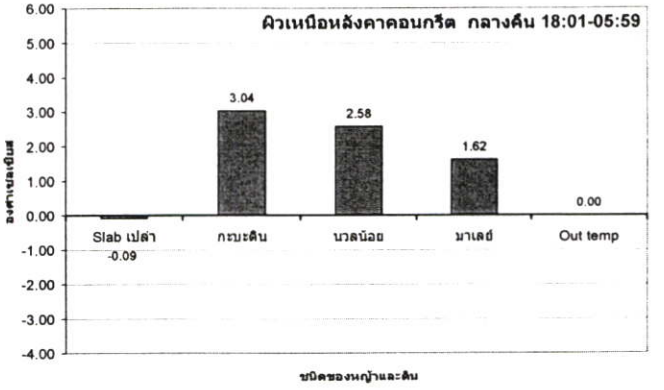
3) โดยสรุปกระบะดินและหญ้ามีผลทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกของกล่องทดลองลดลงในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนความสามารถในการระบายความร้อนของพื้นผิวสู่บรรยากาศจะลดลงเนื่องจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เกิดขึ้นของชั้นดินและพรรณพืช ซึ่งใช้เวลานานกว่าพื้นคอนกรีตเปล่ามาก แม้แต่เวลาเช้าของวันถัดความร้อนสะสมก็ไม่ได้ถูกระบายออกอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะอิทธิพลของลมซึ่งช่วยทำให้พื้นผิวคอนกรีตเปล่ามีการระบายความร้อนได้อย่างต่อเนื่อง

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกชนิดของหญ้าที่ดีที่สุด

<u>อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต</u>



กลางวัน (06.00-18.00น.)



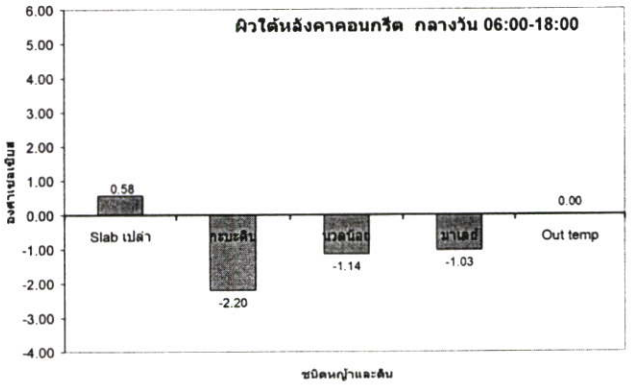
กลางคืน (18.01-05.59น.)

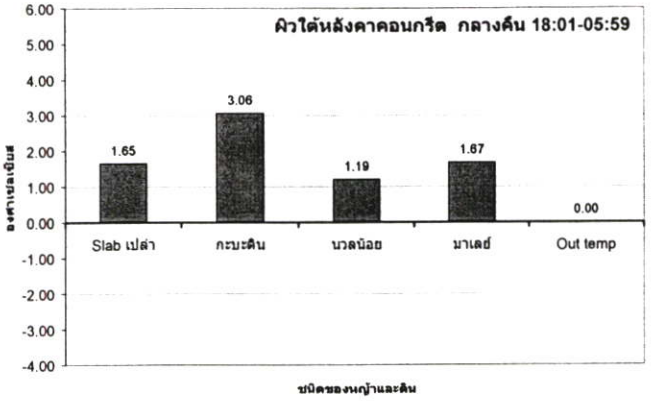
ภาพที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต (กลางวัน 06.00-18.00น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีกระบะหญ้ามาเลย์เซีย หญ้านวลน้อย กระบะดิน และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือกระบะหญ้ามาเลย์เซีย และ หญ้านวลน้อย จะใกล้เคียงกันและสามารถลดอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตได้ดีกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่มีหญ้าปกคลุมผิวดินทำให้มีการป้องกันความร้อนได้ในอีกทางหนึ่ง

อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59น.) จากกราฟ แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีกระบะหญ้ามาเลย์เซีย หญ้านวลน้อย กระบะดิน และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือกระบะหญ้ามาเลย์เซียจะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่าหญ้านวลน้อยและกระบะดิน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าหญ้ามาเลย์เซียมีการคายความร้อนและมีใบที่ใหญ่กว่า และมีความโปร่งมากกว่าจึงทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยในเวลากลางคืนต่ำ

อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต





กลางวัน (06.00-18.00น.)

กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต (กลางวัน 06.01-18.00น.) จากภาพที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต แสดงให้เห็นว่ากระบะดินเปล่ามีผิวภายในที่ต่ำที่สุด เนื่องด้วยกระบะดินมีความหนาแน่นมากจึงมีมวลมากกว่ากระบะที่มีหญ้าค่าความเป็นฉนวนจึงมาก ในขณะที่กระบะที่มีหญ้าประกอบนั้นมีรากหญ้าเป็นส่วนช่วยให้ดินมีความโปร่งมากกว่าและเก็บกักความร้อนไว้ได้ดีในเวลากลางวันและกลางคืน

อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีกระบะหญ้าทั้งสองชนิดมีค่าไม่ต่างกันมาก แสดงให้เห็นว่าชนิดของหญ้าที่แตกต่างกันไม่ทำให้อิทธิพลของอุณหภูมิแตกต่างกันมากนัก

อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59น.) จากกราฟแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีกระบะหญ้านวลน้อยประกอบมีค่าต่ำที่สุด ทั้งๆที่หญ้ามาเลย์เซียมีใบใหญ่ซึ่งน่าจะลดอุณหภูมิได้ดีกว่า เนื่องด้วยคุณสมบัติของหญ้านวลน้อยที่มีใบเล็ก ความโปร่งของลักษณะพืชอาจจะมีส่วนช่วยในการคายความร้อนได้มาก

ในขณะเดียวกันหลังคาที่มีกระบะดินประกอบมีอุณหภูมิผิวที่สูงมาก เนื่องด้วยดินเก็บความร้อนไว้มากนั่นเอง

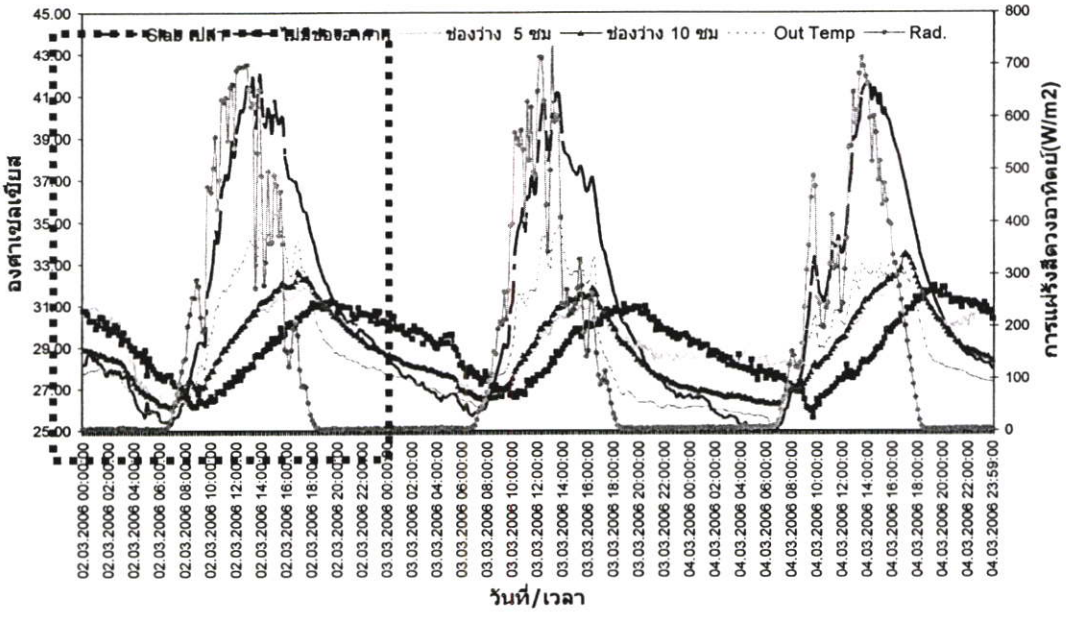
สรุปได้ว่าหญ้าทั้งสองชนิดมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะกายภาพของหญ้ามีส่วนสำคัญในการคัดสรรในการใช้งานจริงเนื่องจากลักษณะของหญ้าแต่ละชนิดจะชอบลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยที่หญ้านวลน้อยชอบสภาพภูมิอากาศที่มีแดดจัด ชอบอยู่กลางแจ้ง และไม่ต้องการน้ำมากนัก ส่วนหญ้ามาเลย์เซียชอบอยู่ในที่ร่ม ชอบแสงแบบรำไร และต้องการน้ำในปริมาณมากจึงจะเจริญเติบโตดี แต่เนื่องจากการทดลองนี้เน้นการใช้

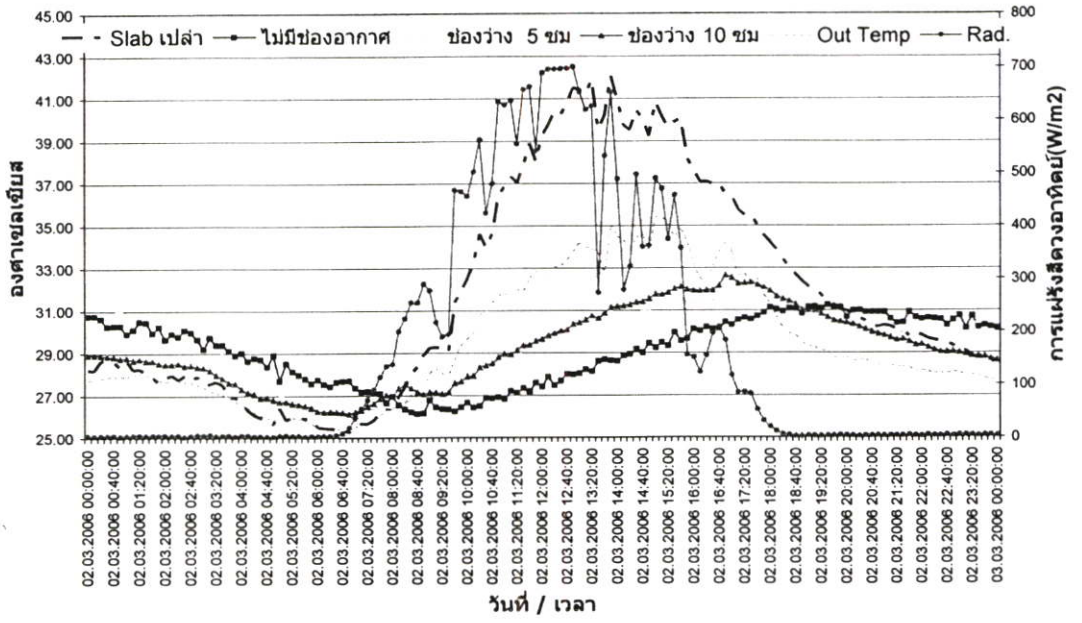
หญ้าในบริเวณพื้นที่หลังคาคาดฟ้า ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงการอยู่รอดของหญ้าเป็นสำคัญด้วย ซึ่งผู้วิจัยได้เห็นแล้วว่าหญ้านวลน้อยมีความทนต่อสภาพแสงแดดจัดที่บนหลังคาคาดฟ้ากล่องทดลองได้ดีกว่า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้หญ้านวลน้อยในการทดลองขั้นต่อไป

4.3 ชุดการทดลองที่ 3 เพื่อศึกษาความสูงของช่องอากาศที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิในกล่องทดลองและประสิทธิภาพของช่องอากาศต่อการระบายน้ำ

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	14.10	42.06	04.00	25.26
ไม่มีช่องอากาศ	13.20	31.25	04.00	26.13
ช่องอากาศ 5 ซม.	13.20	31.86	04.00	26.02
ช่องอากาศ 10 ซม.	13.20	32.65	04.40	26.13

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 700.20(W/m^2)เวลา 12.50น. ต่ำสุดที่ 1.90(W/m^2) เวลา 5.40น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35.38 (°C) เวลา 15.10 น. ต่ำสุดที่ 25.38 (°C) เวลา 6.40 น.

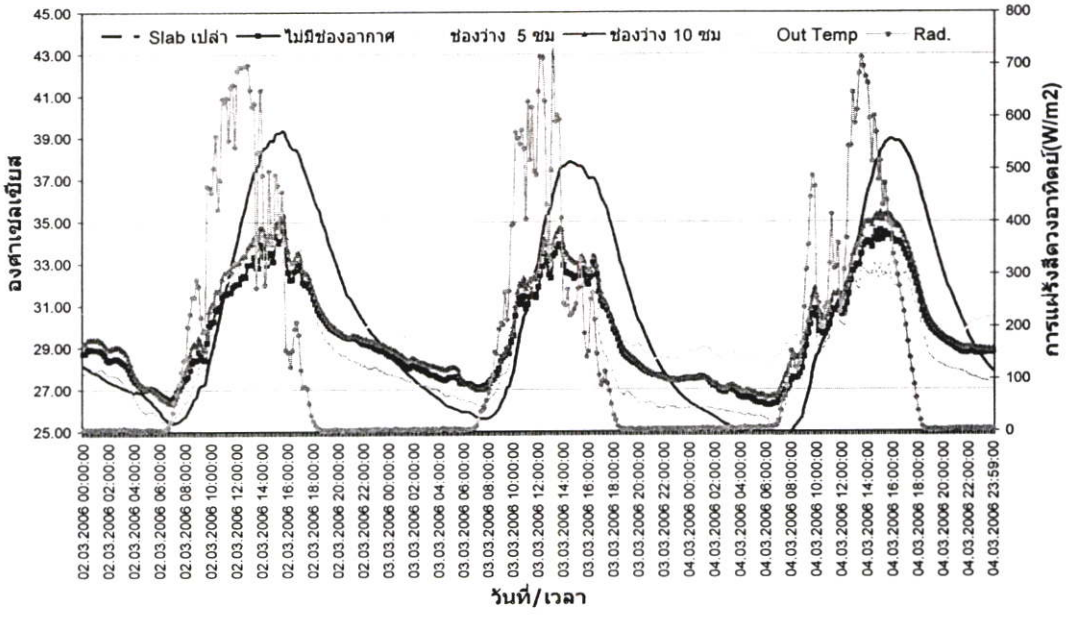
วิเคราะห์อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีต

ตารางเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ ณ เวลาแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการเว้นช่องอากาศระหว่างพื้นผิวคอนกรีตกับกระบะหญ้า มีผลต่อความสามารถในการลดอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย โดยที่การเว้นช่องอากาศ 10 ซม. มีผลของอุณหภูมิผิวสูงสุดคือ 32.65 °C เนื่องจากได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด

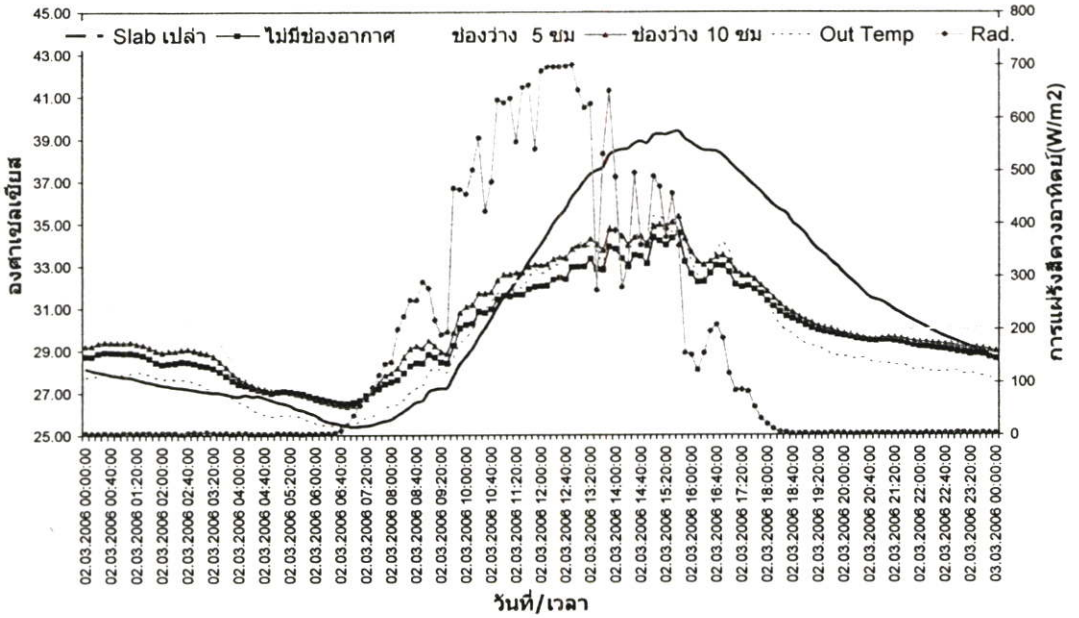
ในทางกลับกัน การเว้นช่องอากาศน้อยลงที่พื้นผิวเหนือคอนกรีตมีส่วนช่วยในการร่นระยะเวลาในระบายความร้อนสู่บรรยากาศในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีผลทำให้ค่าอุณหภูมิต่ำสุดและเวลาที่วัดได้จากชุดการทดลองที่มีช่องอากาศที่ 5 และ 10 ซม. มีค่าใกล้เคียงกันกับพื้นคอนกรีตเปล่า ส่วนในกรณีที่ไม่มีช่องอากาศอุณหภูมิต่ำสุดวัดได้หลัง ณ เวลา 08.40 น สองชั่วโมงหลังจากกรณีอื่นๆ

อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่า มีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 42.06 °C ในเวลา 14.10 น.และอุณหภูมิเหนือคอนกรีตเปล่า สูงกว่าอุณหภูมิของกระบะที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ประมาณ 10 °C ซึ่งแสดงว่ากระบะหญ้าที่มีช่องอากาศที่ระยะ 5–10 ซม. นั้นมีประสิทธิภาพ การหน่วงความร้อนได้ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 16.40 น.

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการวางกระบะที่มีช่องอากาศแตกต่างกันวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	14.10	39.37	04.00	25.39
ไม่มีช่องอากาศ	13.20	34.55	04.00	26.50
ช่องอากาศ 5 ซม.	13.20	35.15	04.00	26.56
ช่องอากาศ 10 ซม.	13.20	35.34	04.40	26.35

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 700.20(W/m²)เวลา 12.50น. ต่ำสุดที่ 1.90(W/m²) เวลา 5.40น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35.38 (°C) เวลา 15.10 น. ต่ำสุดที่ 25.38 (°C) เวลา 6.40 น.

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิสูงสุดของพื้นผิวคอนกรีตภายในมีค่าใกล้เคียงกันและเกิด ณ เวลาเดียวกัน โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นผิวคอนกรีตเปล่าประมาณ 3 °C ส่วนในระยะเวลากลางคืนการเว้นช่องว่าง 10 ซม. และไม่มีช่องอากาศจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

สรุปผลการทดสอบที่ 3

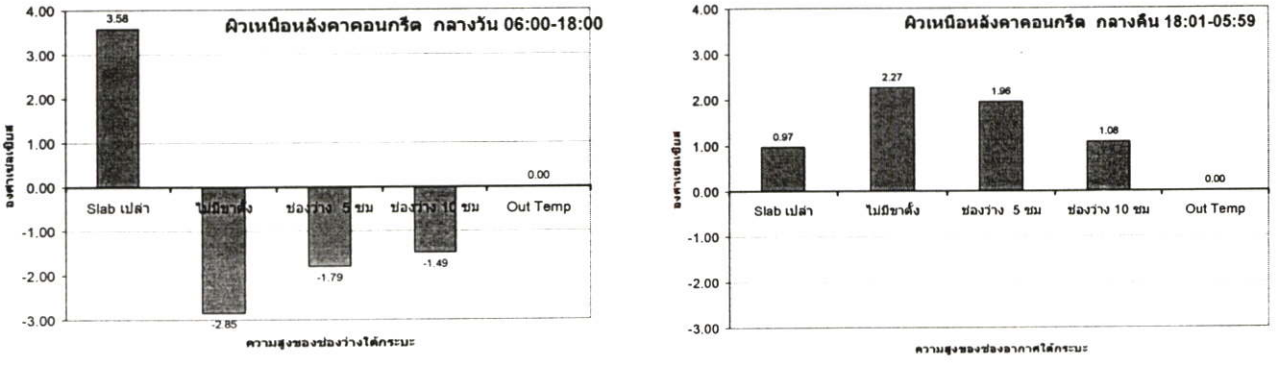
1) การเว้นช่องว่างระหว่างพื้นผิวคอนกรีตและกระบะหญ้ามีผลทำให้ความสามารถในการลดการส่งผ่านความร้อนของพื้นผิวเหนือคอนกรีตลดลงในเวลากลางวัน โดยอุณหภูมิสูงสุดมีมากขึ้นและเกิด ณ ช่วงเวลาที่เร็วขึ้น ในขณะที่ผิวคอนกรีตภายในไม่แตกต่างกันมากนัก

2) ช่องอากาศที่ความสูง 10 ซม.มีผลทำให้การพาความร้อนสู่บรรยากาศอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในเวลากลางคืน

3) ในการใช้งานจริงในพื้นที่ขนาดใหญ่มากขึ้น ช่องว่าง ที่ 10 ซม.จะช่วยให้เกิดการระบายความร้อนที่ดีต่อพื้นผิวในเวลากลางคืน รวมไปถึงการระบายน้ำ และ น้ำหนักของกระบะที่กระทำต่อโครงสร้างน้อยลงตามไปด้วย

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกช่องอากาศที่ดีที่สุด

ผิวเหนือคอนกรีต



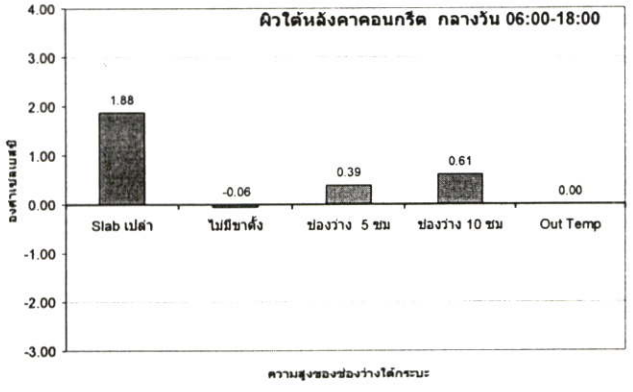
กลางวัน (06.00-18.00น.) กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

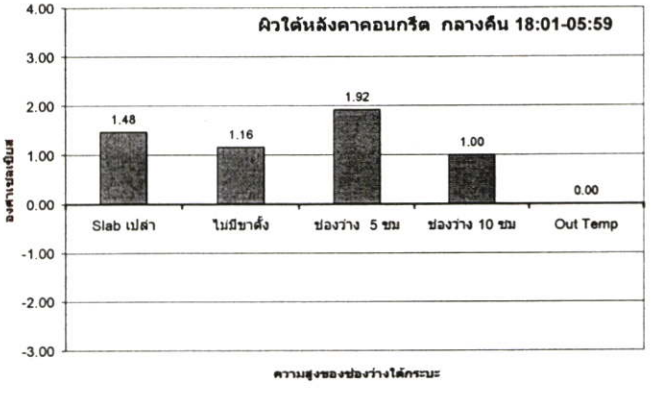
จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ไม่มีช่องอากาศ และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่ไม่มีช่องอากาศ จะต่ำกว่าอุณหภูมิแบบอื่น สามารถอธิบายได้ว่าผิวเหนือคอนกรีตที่ไม่มีช่องอากาศ คอนกรีตสามารถป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้มากกว่า โดยผิวเหนือคอนกรีตที่มีช่องอากาศจะได้รับอิทธิพลของแสงแดดซึ่งทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า

ผิวเหนือคอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59) จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ไม่มีช่องอากาศ และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีช่องอากาศ10 ซม. จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากการที่มีช่องอากาศทำให้มีลมพัดพาความร้อนที่ผิวคอนกรีตออกไปได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของลมที่จะมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตใกล้เคียงกับผิวคอนกรีตเปล่า ในขณะที่ผิวเหนือคอนกรีตที่ไม่มีช่องอากาศ หรือมีช่องอากาศ 5 ซม. มีการถ่ายเทความร้อนในเวลากลางคืนเช่นกันโดยที่ช่องทางที่จะระบายความร้อนออกไปมีน้อย จึงทำให้อุณหภูมิยังคงสูงอยู่

ผิวใต้คอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)



กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

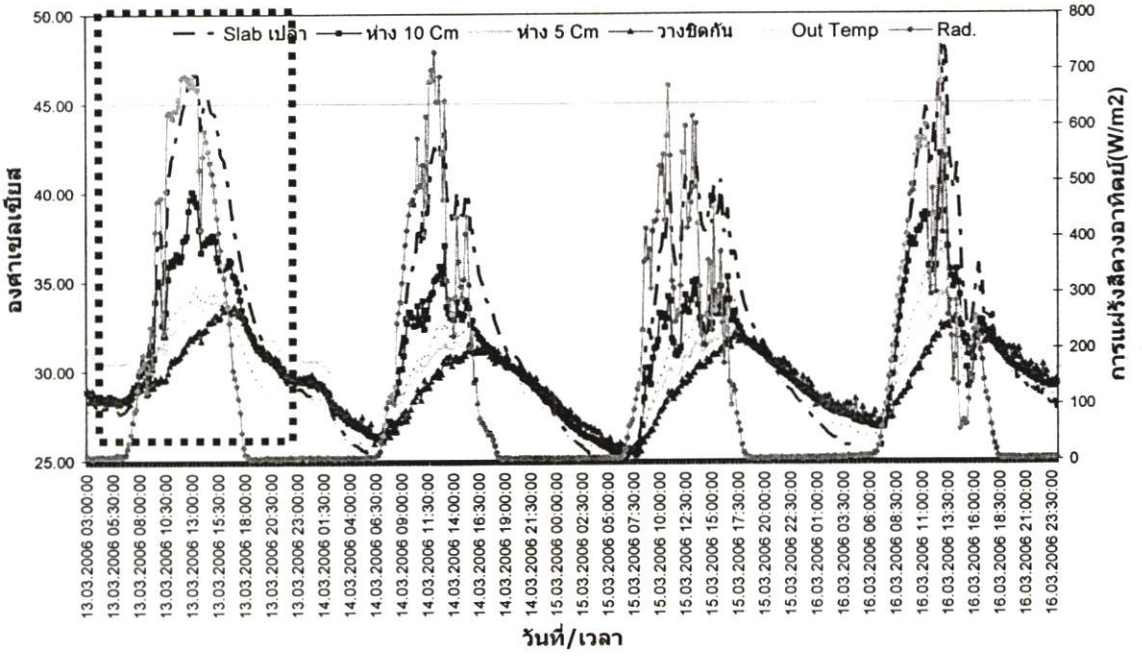
จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ไม่มีช่องอากาศ และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่ไม่มีช่องอากาศ จะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากการที่ไม่มีช่องอากาศจะได้รับอิทธิพลจากแสงแดดน้อยกว่า ซึ่งต่างจากผิวใต้คอนกรีตที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ช่องอากาศนี้จะทำให้แสงแดดส่องมากกว่าจึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น

ผิวใต้คอนกรีต (กลางคืน 18.01-05.59 น.) จากกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. ไม่มีช่องอากาศ และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าช่องอากาศ 10 ซม. จะมีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดแสดงให้เห็นว่าลมมีอิทธิพลต่อการระบายความร้อนที่พื้นผิวได้ดี

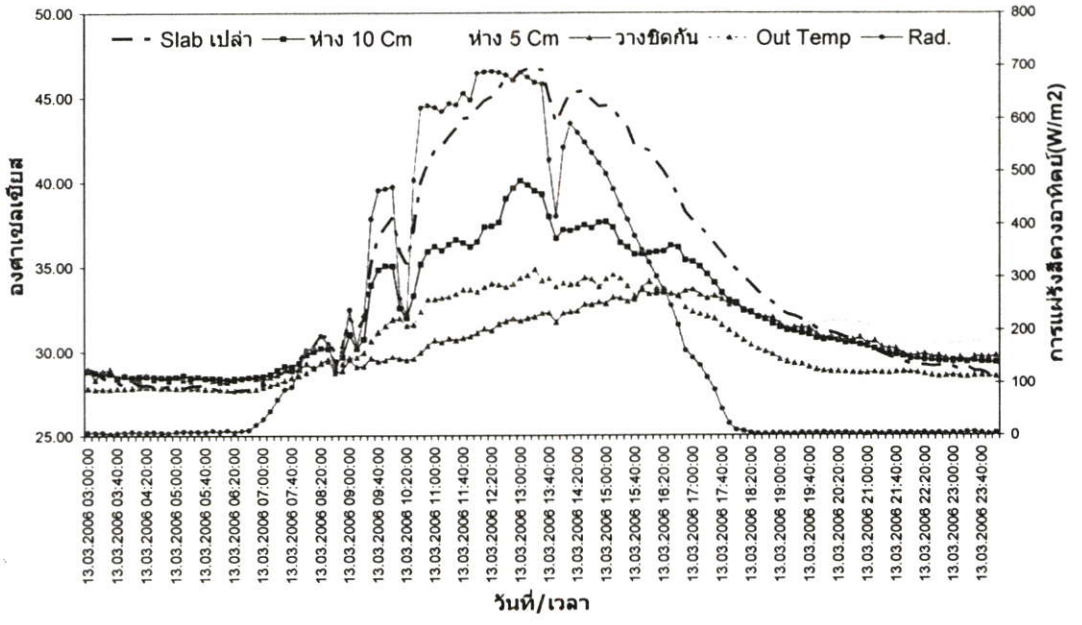
ลักษณะทางกายภาพที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จะต้องคำนึงถึงการติดตั้งในสถานที่จริง ซึ่งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ดังนั้นจากการทดลองที่มีช่องอากาศ 5 และ 10 ซม. นั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการระบายความร้อนออกในเวลากลางคืน ทั้งยังส่งผลต่อการระบายน้ำที่ดีอีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ช่องอากาศใต้กระบะที่ 10 ซม.

4.4 ชุดการทดลองที่ 4 เพื่อศึกษาความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่มีการจัดวางกระบะหญ้าในระยะที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13-16 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวเหนือคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13.00	46.68	06.20	26.80
ช่องว่าง 10 ซม.	13.00	40.08	06.20	27.67
ช่องว่าง 5 ซม.	15.00	33.95	09.00	27.94
วางชิดกัน	17.00	33.65	04.00-07.00	27.88

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 689.20(W/m^2) เวลา 12.20น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m^2) เวลา 23.50 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 34.84 (°C) เวลา 13.20 น. ต่ำสุดที่ 26.69 (°C) เวลา 3.00 น.

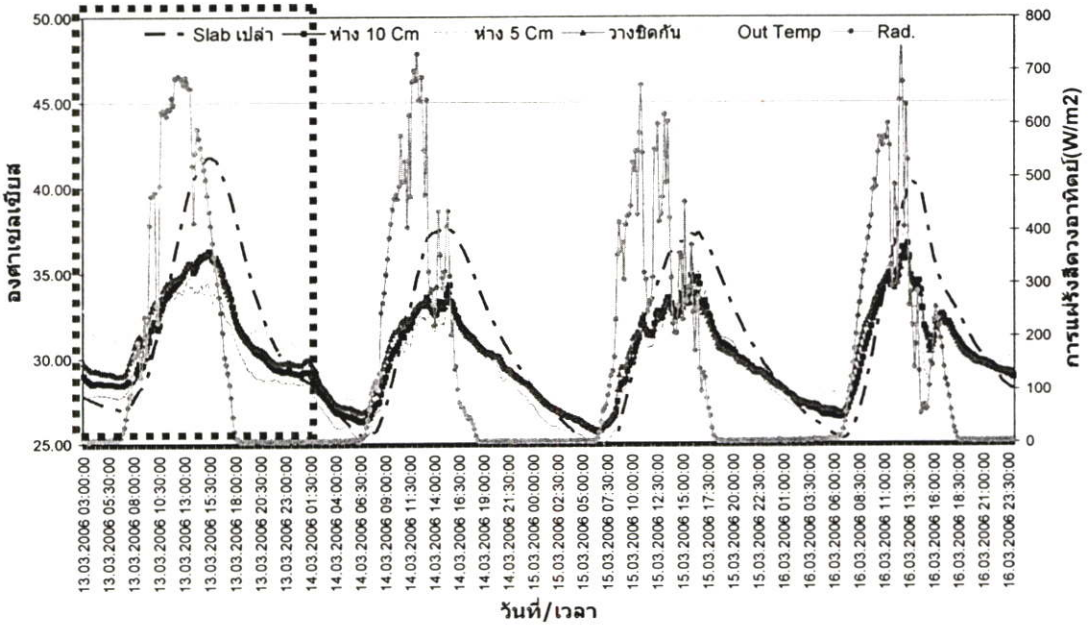
วิเคราะห์ผิวเหนือคอนกรีต

ในเวลา 07.40 น. อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่า กระบะที่วางชิดกัน และที่จัดวางห่างกัน 10 ซม. มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 29 °C ในขณะที่กระบะที่จัดวางห่าง 5 ซม. มีอุณหภูมิ 31.05 °C และหลังจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนในเวลา 13.00 น. เป็นเวลาที่อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตสูงที่สุดคือ 46.68 °C รองลงมาคือกระบะที่จัดวางห่าง 10 ซม. อุณหภูมิ 40.08 °C และที่จัดวางห่าง 5 ซม. มีอุณหภูมิ 33.95 °C และที่วางชิดกันมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 33.65 °C หลังจากช่วงเวลานี้เป็นต้นไปอุณหภูมิจะลดต่ำลง จนถึงเวลา 20.40 น.ที่อุณหภูมิจะกลับมาเท่ากันอีกครั้ง

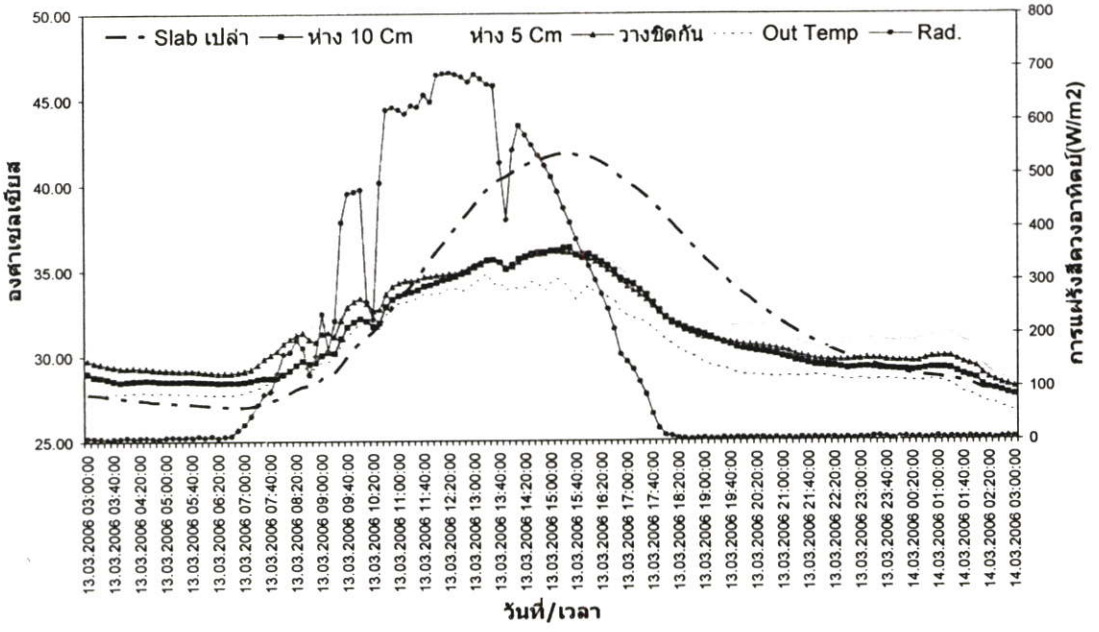
ในเวลา 20.20 น. อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่า ผิวเหนือกระบะที่วางชิดกัน และวางห่าง 10 ซม. จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน คือประมาณ 30.8C° ส่วนอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่วางห่าง 5 ซม.จะสูงกว่าแบบอื่นๆ คือ 31.8 °C ซึ่งอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่วางห่าง 5 ซม.นี้จะสูงกว่าแบบอื่นๆ ไปจนถึงเวลา 07.40 น. โดยจะมีอุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 2 °C

ระยะห่างของการวางกระบะหญ้ามีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิวหลังคาในระยะเวลากลางวันอย่างมีนัยสำคัญโดยระยะห่างยิ่งมากจะทำให้อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตมีค่าสูงด้วย ดังตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้จากหลังคาที่มีการวางกระบะที่ระยะห่างแตกต่างกัน คือ วางชิดกัน วางห่างกัน 5 และ 10 ซม ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.56, 33.95 และ 40.08 °C ตามลำดับ ส่วนการระบายความร้อนสะสมในระยะเวลากลางคืนมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13-16 กุมภาพันธ์ 2549



ภาพที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการจัดวางกระบะแตกต่างกัน วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวใต้คอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	15.20	41.81	07.00	26.98
ช่องว่าง 10 ซม.	15.20	36.34	03.40-07.00	27.62
ช่องว่าง 5 ซม.	15.20	36.32	21.50	28.50
วางชิดกัน	15.20	36.13	06.30	28.10

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 689.20(W/m^2) เวลา 12.20 น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m^2) เวลา 23.50 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 34.84 (°C) เวลา 13.20 น. ต่ำสุดที่ 26.69 (°C) เวลา 3.00 น.

วิเคราะห์ผิวใต้คอนกรีต

ช่วงเวลา 10.40-23.00 น.อุณหภูมิพื้นผิวหลังคาที่มีกระบะหญ้า จัดวางห่าง 10 ซม. 5 ซม. และชิดกันในเวลา 10.40 น. มีค่าประมาณ 33.0-34.0C° โดยกระบะที่จัดวางชิดกันและ ที่จัดวางห่าง 5 ซม.มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 34.20 °C ส่วนกระบะที่จัดวางห่าง 10 ซม.และคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิใกล้กับอุณหภูมิอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ 33.5 °C โดยอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตเปล่าจะสูงสุดที่เวลา 15.20 น. ที่อุณหภูมิ 41.81 °C และที่เหลืออีก 3 ลักษณะการจัดวางมีอุณหภูมิที่ประมาณ 36.0 °C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดวางกระบะแบบชิดกัน ห่าง 5 และ 10 ซม. จะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีเมื่อเทียบกับคอนกรีตเปล่าซึ่งสามารถลดได้สูงสุดถึงประมาณ 6 °C

ช่วงเวลา 23.00-10.40 น.อุณหภูมิใต้ผิวคอนกรีตเปล่า และกระบะที่มีการจัดวางห่าง 10 ซม. มีอุณหภูมิต่ำสุดตลอดทั้งวันและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 1-2 °C ส่วนกระบะที่จัดวางห่าง 5 ซม. มีอุณหภูมิสูงกว่าการจัดวางแบบอื่นๆ และที่เวลาประมาณ 03.00 น. การจัดวางแบบห่าง 5 ซม. จะมีอุณหภูมิสูงถึง 33 °C

สรุปการทดลองที่ 4

1) การเว้นช่องว่างระหว่างกระบะมีผลทำให้ความสามารถในการนำความร้อนของพื้นผิวหลังคาได้เป็นอย่างดีตลอดทั้งวัน

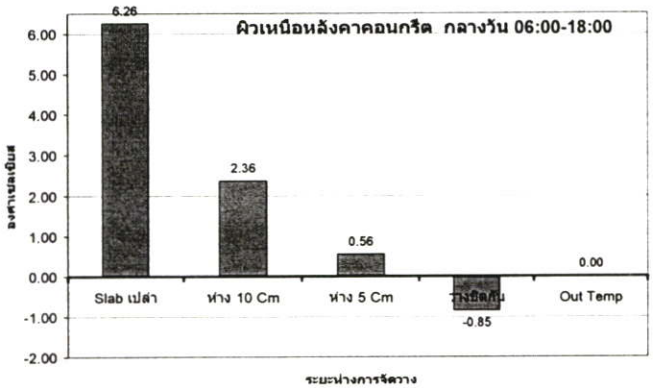
2) ผลจากการทดลองในการจัดวางที่เกิดช่องอากาศ ทั้งแนวนอนและแนวตั้งที่ระยะ 10 ซม. ทำให้เกิดการนำความร้อนออกจากผิวคอนกรีตมากที่สุด ทำให้อุณหภูมิของกล่องทดลองต่ำลง ในเวลากลางคืน

3) อุณหภูมิของผิวคอนกรีตมีค่าลดลงเนื่องจากอิทธิพลของการระบายอากาศและการบังเงาของกล่องกระบะหญ้าในเวลากลางวัน

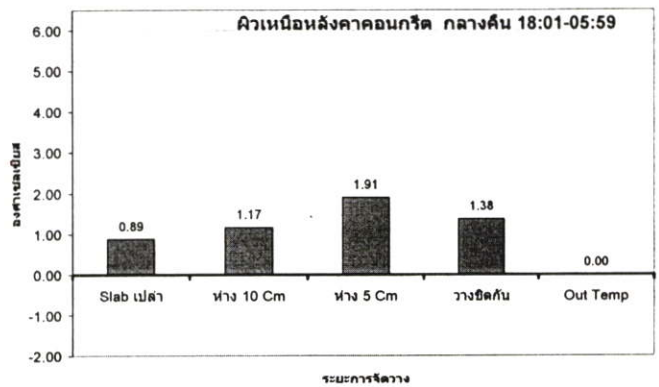
4) การเว้นระยะในการทดลองครั้งนี้จำกัดระยะที่ 10 ซม. เท่านั้น เนื่องจากกล่องทดลองมีขนาดประมาณ 0.40 ตารางเมตร แต่ในการใช้งานพื้นที่จริง ซึ่งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ผลที่ได้อาจจะดีขึ้น หรือ ลดลง ซึ่งผู้ที่สนใจอาจนำประเด็นนี้ไปทำการทดลองต่อไป

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกระยะห่างการจัดวางกระบะหญ้าที่ดีที่สุด

ผิวเหนือคอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)



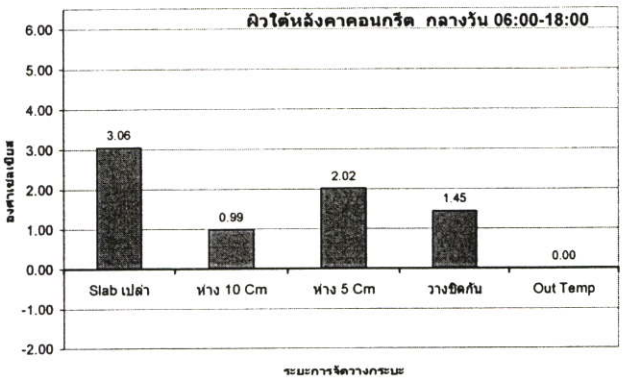
กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

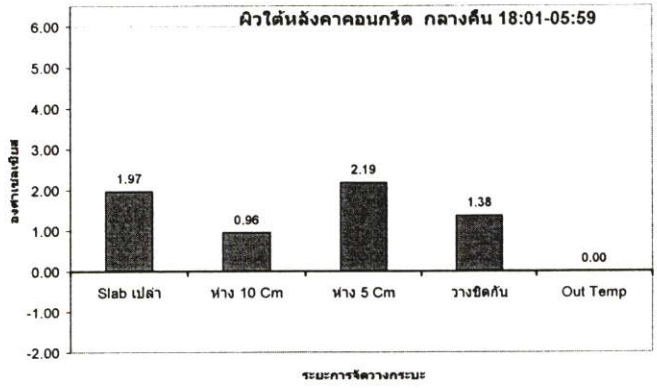
จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีการจัดวางกระบะหญ้าแบบชิดกัน ห่าง 5 ซม., 10 ซม. และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่วางกระบะแบบชิดกันจะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากได้รับอิทธิพลของแสงแดดในปริมาณที่น้อยกว่า

ส่วนในช่วงเวลากลางคืนของอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีการจัดวางกระบะหญ้าแบบชิดกัน ห่าง 5 ซม., 10 ซม. และ ผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่วางห่าง 10 ซม.จะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจาก การที่มีช่องว่างจากการจัดวางนี้มีการระบายความร้อนที่ผิวคอนกรีตได้เป็นอย่างดี

ผิวใต้คอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)



กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนของอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีการจัดวางกระบะหญ้าแบบชิดกัน ห่าง 5 ซม., 10 ซม. และผิวคอนกรีตเปล่า แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่วางกระบะห่าง 10 ซม. จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการมีช่องอากาศมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิของผิวใต้คอนกรีตได้

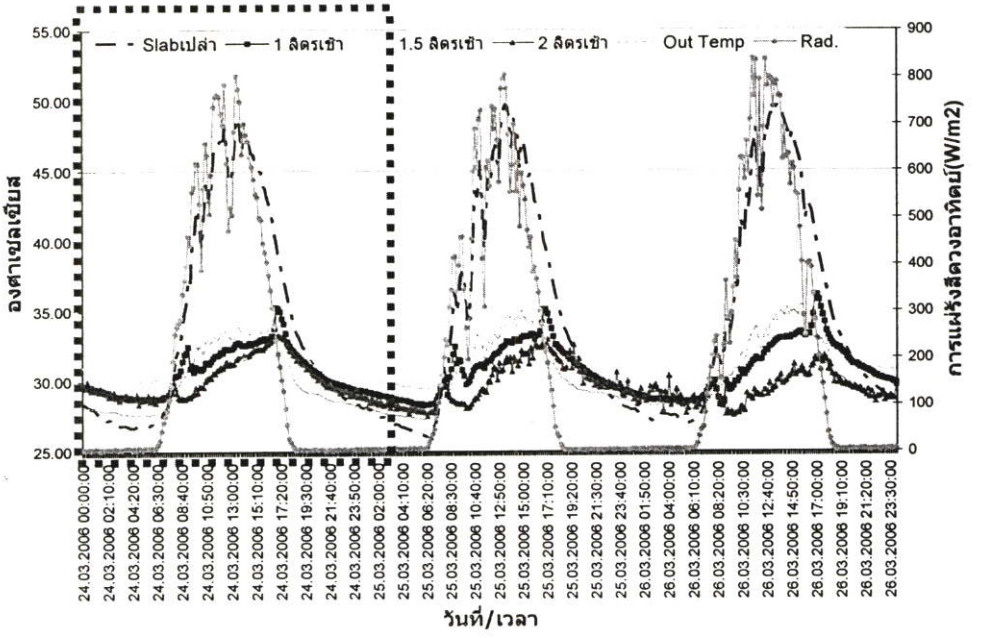
เกณฑ์การพิจารณาลักษณะการจัดวาง และการติดตั้งจริง ควรพิจารณาในด้านหลักๆ คือ การเว้นช่องยิ่งมากทำให้น้ำหนักของพื้นที่ต่อ ตารางเมตร ลดลงตามไปด้วย รวมไปถึงลักษณะของอาคารที่แตกต่างกัน และช่องอากาศยิ่งมากทำให้การระบายน้ำ และอากาศเป็นไปอย่างดีด้วย ดังนั้นในการทดลองนี้เลือกใช้การจัดวางห่างที่ 10 ซม.

4.5 ชุดการทดลองที่ 5 เพื่อหาปริมาณน้ำช่วงเวลาการรดน้ำ และความถี่ในการรดน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

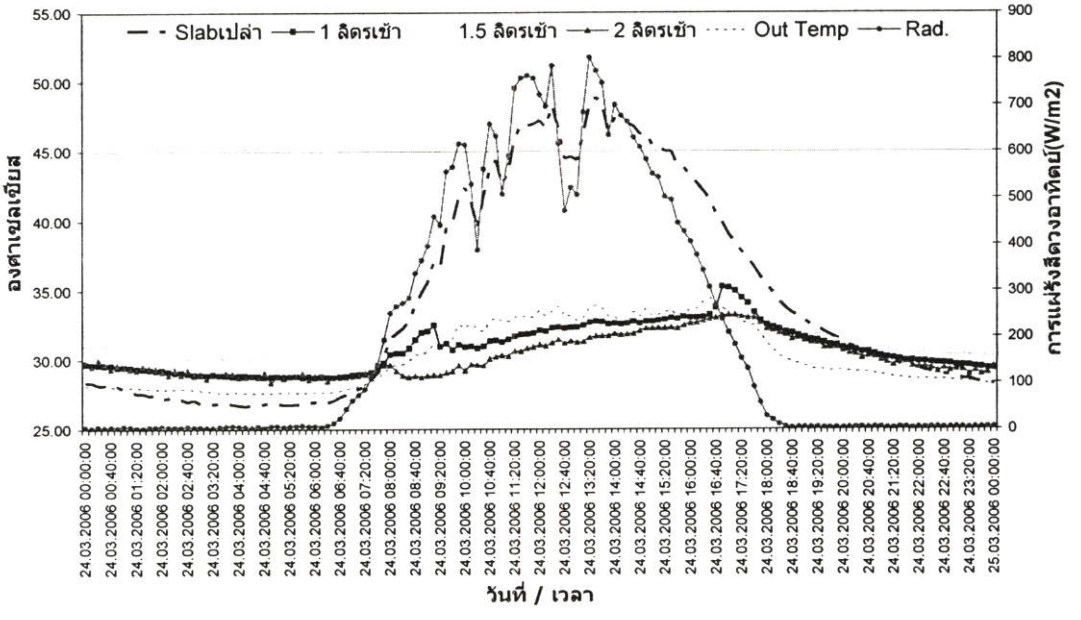
4.5.1 เพื่อหาปริมาณน้ำและช่วงเวลาการรดน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

4.5.1.1 การรดน้ำช่วงเช้า การรดน้ำในช่วงเวลาเช้าด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าที่แตกต่างกัน วันที่ 24-26 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา 08.00น.)



ภาพที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าที่แตกต่างกัน วันที่ 24 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา08.00น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวคอนกรีตติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13.20	48.86	05.00	26.68
รดน้ำ 1 ลิตร	17.00	35.26	05.00	28.70
รดน้ำ 1.5 ลิตร	17.00	33.93	05.00	29.93
รดน้ำ 2 ลิตร	17.00	33.25	05.00	28.37

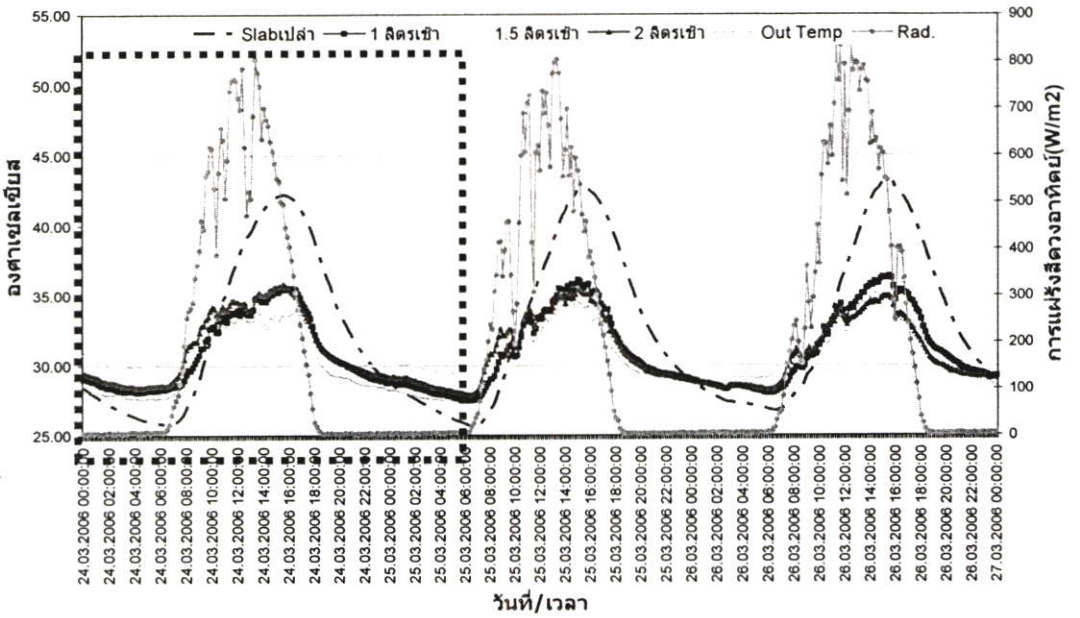
หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 803.10(W/m^2)เวลา 13.20น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m^2) เวลา 21.20 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 34.47 (°C) เวลา 16.30 น. ต่ำสุดที่ 27.60 (°C) เวลา 4.40 น.

ในเวลา 13.20 น. อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่าสูงมากที่สุดที่ 48.86 °C โดยมีอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่รดน้ำ1 ลิตร สูง 35.26 °C และรดน้ำ 1.5 ลิตรอุณหภูมิ 33.93 °C ส่วนการรดน้ำ 2 ลิตรที่เวลาเดียวกันจะให้อุณหภูมิต่ำสุดคือประมาณ 33.25 °C โดยอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีการรดน้ำนี้จะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่าประมาณ 15-16 °C

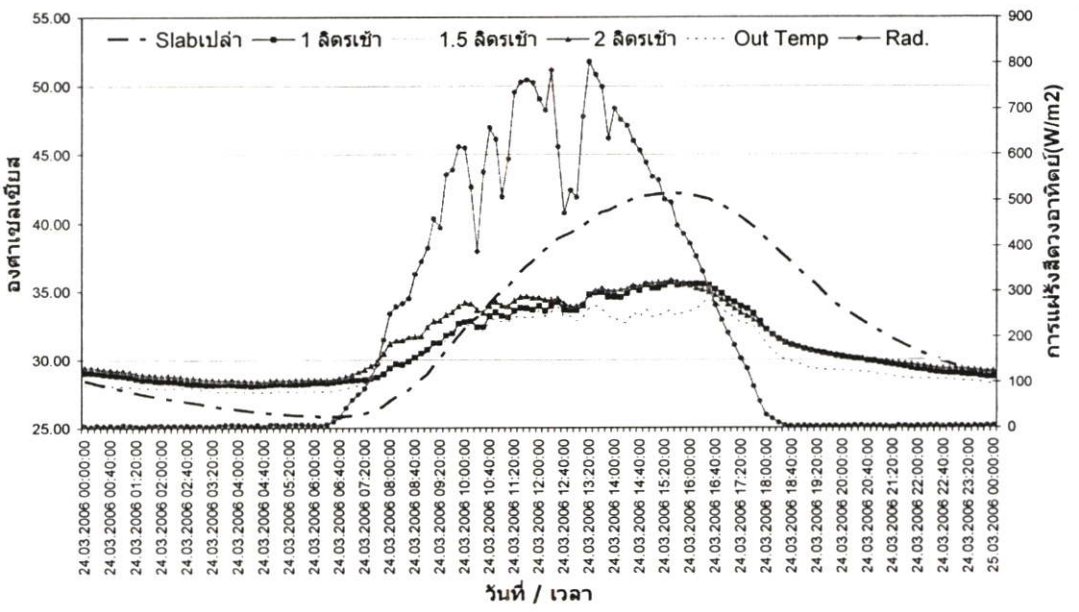
ในเวลา 20.50 น. อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตของการรดน้ำที่ 1 และ 2 ลิตรจะใกล้เคียงกันที่ประมาณ 30-31 °C โดยหลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลง โดยผิวเหนือคอนกรีตที่รดน้ำ 1 และ 2 ลิตรจะมีอุณหภูมิเท่ากันที่ประมาณ 29.5-30.5 °C ไปจนถึงเวลา 07.30 น. ซึ่งช่วงเวลาเดียวกันนี้อุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่าจะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตที่มีการรดน้ำทั้ง 1, 1.5 และ 2 ลิตร และอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่านี้จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด

ปริมาณรดน้ำทั้ง 3 แบบทำให้อุณหภูมิสูงสุดลดลงประมาณ 15 °C โดยในเวลากลางวันการรดน้ำ 2 ลิตรมีอุณหภูมิต่ำสุด และการรดน้ำที่ 1 และ 1.5 ลิตรมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยในเวลากลางคืนการรดน้ำที่ 1 และ 2 ลิตรมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันตลอดทั้งคืน

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 24-26 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา08.00น.)



ภาพที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 24 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา08.00น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	15.30	42.22	06.40	25.80
รดน้ำ 1 ลิตรเช้า	15.30	35.65	05.00	28.07
รดน้ำ 1.5 ลิตรเช้า	15.30	35.90	04.30	29.78
รดน้ำ 2 ลิตรเช้า	15.30	35.84	04.30	28.40

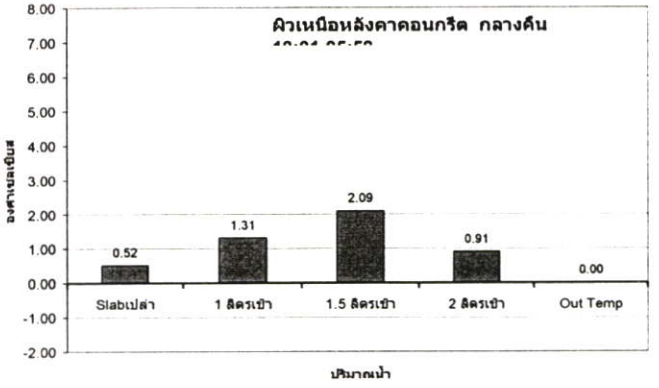
หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 803.10(W/m²) เวลา 13.20 น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m²) เวลา 21.20 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 34.47 (°C) เวลา 16.30 น. ต่ำสุดที่ 27.60 (°C) เวลา 4.40 น.

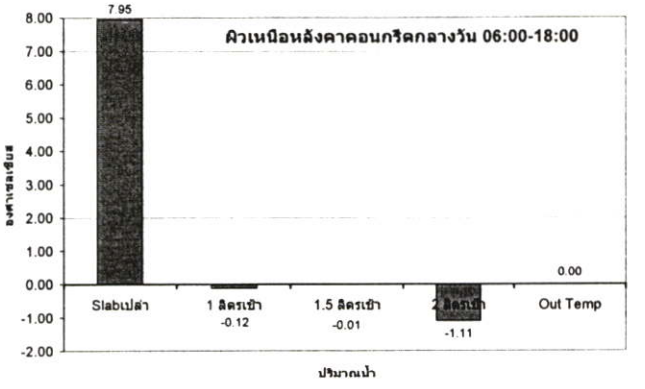
เวลา 10:30 น. ปริมาณการรดน้ำ 1, 1.5 และ 2 ลิตร ทำให้พื้นผิวคอนกรีตภายในมีอุณหภูมิ 33.5 33.4 และ 33.5 °C ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกันมาก และในเวลา 15:30 น. อุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตเปล่ามีค่าสูงสุดคือ 42.22 °C ในขณะที่อุณหภูมิของพื้นผิวใต้กระบะหญ้ารดน้ำมีค่าอยู่ที่ประมาณ 35 °C ทั้ง 3 กระบะ ซึ่งแตกต่างกันมากถึง 7 °C และกระบะที่มีการรดน้ำในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 3 กระบะจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากตั้งแต่เวลา 15:50 น. จนถึงเวลา 24:00 น.

ณ ช่วงเวลา 24.00 น. ถึง 10.30 น. อุณหภูมิพื้นผิวภายในของกล่องทดลองใต้กระบะหญ้ารดน้ำแตกต่างกันโดยน้ำ 1.5 2 และ 1 ลิตร ทำให้พื้นผิวภายในมีอุณหภูมิ 31 29 และ 29 °C ตามลำดับ และจะมีอุณหภูมิสม่ำเสมอจนถึงเวลาประมาณ 08.00 น. จึงเริ่มสูงขึ้นจนกระทั่งใกล้เคียงกันในเวลา 10.30 น.

ปริมาณการรดน้ำมีผลต่ออุณหภูมิของทั้งผิวภายนอกและภายในกล่องทดลองเล็กน้อย โดยจากการศึกษาพบว่าน้ำในปริมาณที่ต่างกันคือ 1, 1.5 และ 2 ลิตร ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลากลางวัน คือ ตั้งแต่เวลา 8:00-17:00 น. อุณหภูมิอากาศจะต่ำลงอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิผิวคอนกรีตมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันจนถึงเวลา 20.50 น. กระบะที่รดน้ำ 1.5 ลิตรกลับมีอุณหภูมิสูงขึ้นที่ 31 °C ในขณะที่รดน้ำ 1, 2 ลิตร มี อุณหภูมิ ต่ำกว่า 30 °C จนถึงเวลา 7.30 น. และสูงกว่า อุณหภูมิผิวคอนกรีตเปล่า กับ อุณหภูมิอากาศภายนอกเพียง 1 °C

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกปริมาณการรดน้ำที่ดีที่สุดในเวลาเช้า





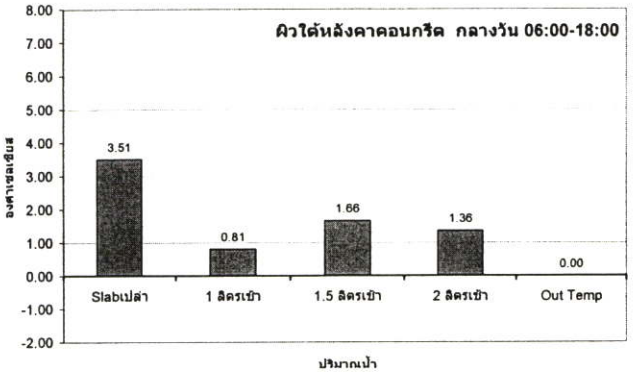
กลางวัน (06.00-18.00น.) กลางคืน (18.01-05.59น.)

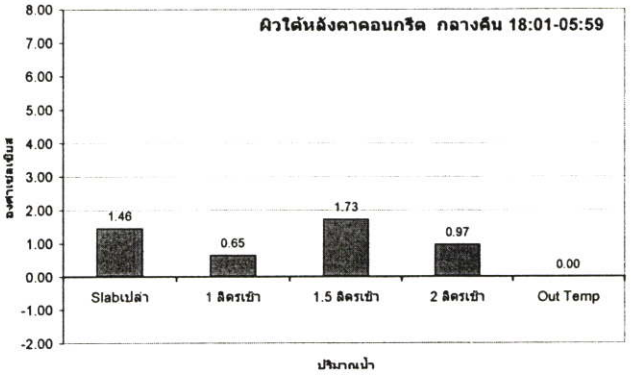
ภาพที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยเหนือผิวคอนกรีต ผลการทดลองการรดน้ำที่ปริมาณต่างกันในตอนเช้า พบว่าปริมาณน้ำที่ 2 ลิตรมีการล้นออกมานอกกระบะ ในขณะที่ผิวคอนกรีตของการรดน้ำ 1 ลิตรไม่มีน้ำล้นออกมาและมีอุณหภูมิต่ำรองลงมา กล่าวคือ น้ำที่ปริมาณ 1 ลิตรจะมีความเหมาะสมในการรดเนื่องจากไม่ล้นออกและมีอิทธิพลต่อพื้นผิวหลังคาคอนกรีตได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

ปริมาณการรดน้ำที่ 1.5 ลิตรนั้นมีอุณหภูมิสูงที่สุด เนื่องจากในตอนกลางคืนมีอุณหภูมิสูงโดยตลอดอาจมีเหตุผลจากปริมาณการรดน้ำที่ 1.5 ลิตรนั้นมีน้ำล้นออกมานอกกระบะจึงอาจจะทำให้ดินมีการนำความร้อนออกมาด้วย จึงทำให้อุณหภูมิผิวมีค่าสูงกว่า

ผิวใต้คอนกรีต





กลางวัน (06.00-18.00น.)

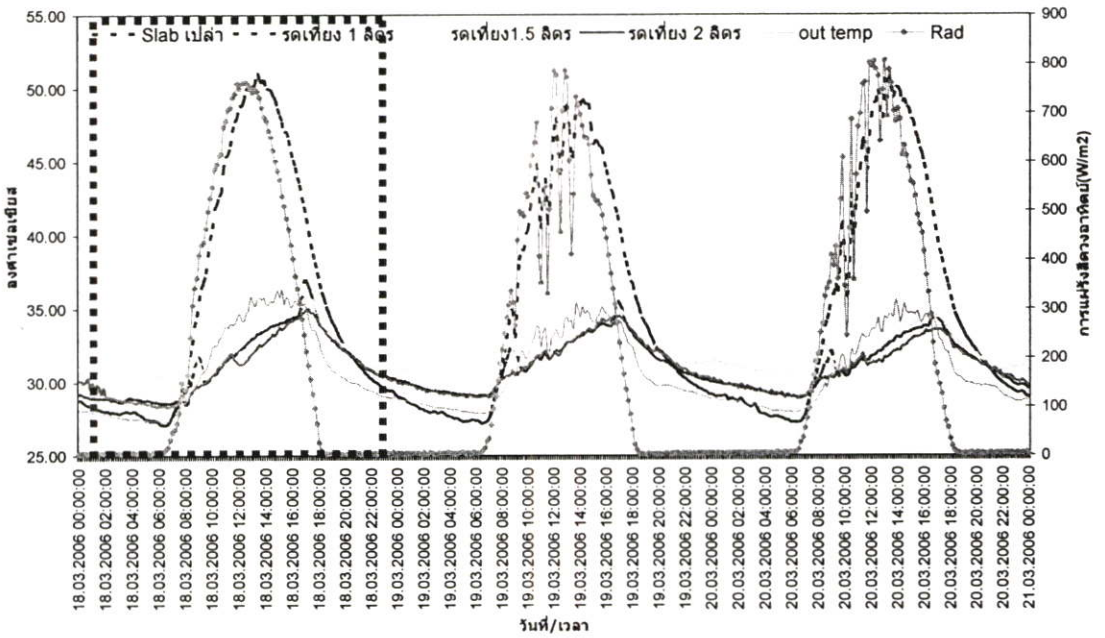
กลางคืน (18.01-05.59 น.)

ภาพที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

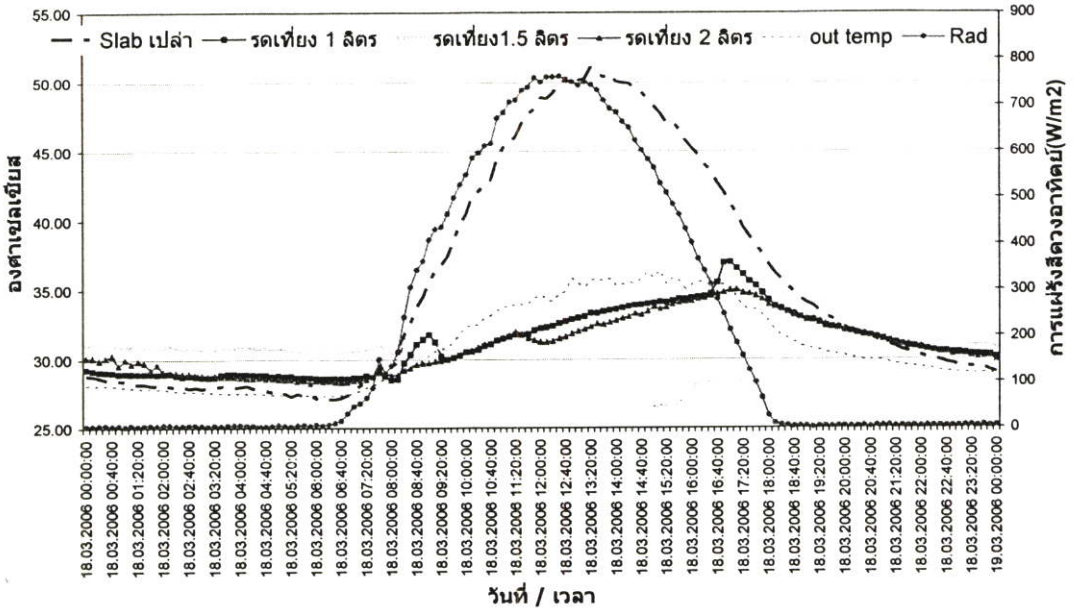
จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวใต้คอนกรีตของการทดลองการรดน้ำที่ปริมาณต่างกันในเวลาเช้า แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่มากกว่า 1 ลิตรนั้นทำให้ได้รับอิทธิพลของอุณหภูมิจากดินโดยอ้อมเป็นผลทำให้ผิวใต้หลังคาคอนกรีตมีอุณหภูมิสูงกว่าการรดน้ำที่ 1 ลิตร ดังนั้นในการทดลองนี้เลือกการรดน้ำ 1 ลิตร

4.5.1.2 การรดน้ำช่วงเที่ยง การรดน้ำในช่วงเวลาเที่ยงด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18-20 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา12.00น.)



ภาพที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา12.00น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13.20	51.07	04.00	27.10
รดน้ำ 1 ลิตร	17.00	37.00	04.00	28.47
รดน้ำ 1.5 ลิตร	17.00	35.79	04.00	30.40
รดน้ำ 2 ลิตร	17.00	35.00	04.00	28.28

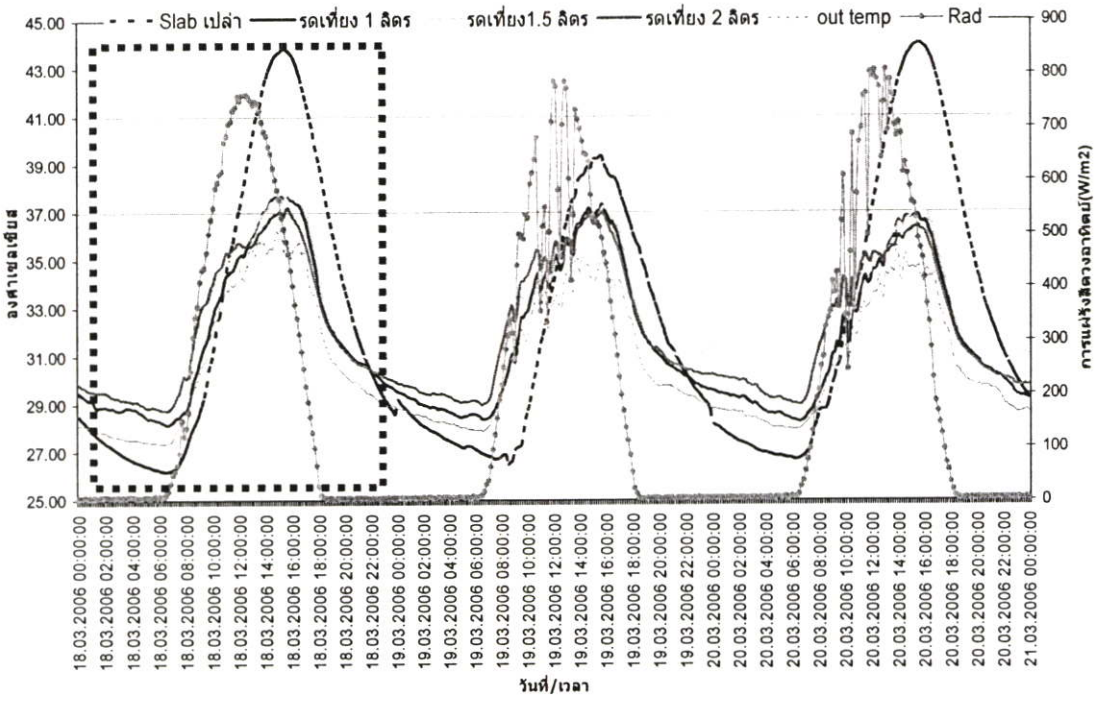
หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่762.90(W/m²) เวลา 12.30น. ต่ำสุดที่ 1.60(W/m²) เวลา 19.10 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 36.34 (°C) เวลา 15.10 น. ต่ำสุดที่ 27.35 (°C) เวลา 6.10 น.

ผลการวิเคราะห์ช่วงเวลา 8.00 – 20.50 น. ทุกอุณหภูมิผิวคอนกรีต มีค่าใกล้เคียงกันในเวลา 8.00 ที่อุณหภูมิประมาณ 29-30 °C โดยผิวคอนกรีตเปล่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนสูงสุดที่ 51.07 °C ในเวลา 13.20 น. ในขณะที่ผิวคอนกรีตของกระบะหญ้ารดน้ำเท่ากับที่ 35-37 °C

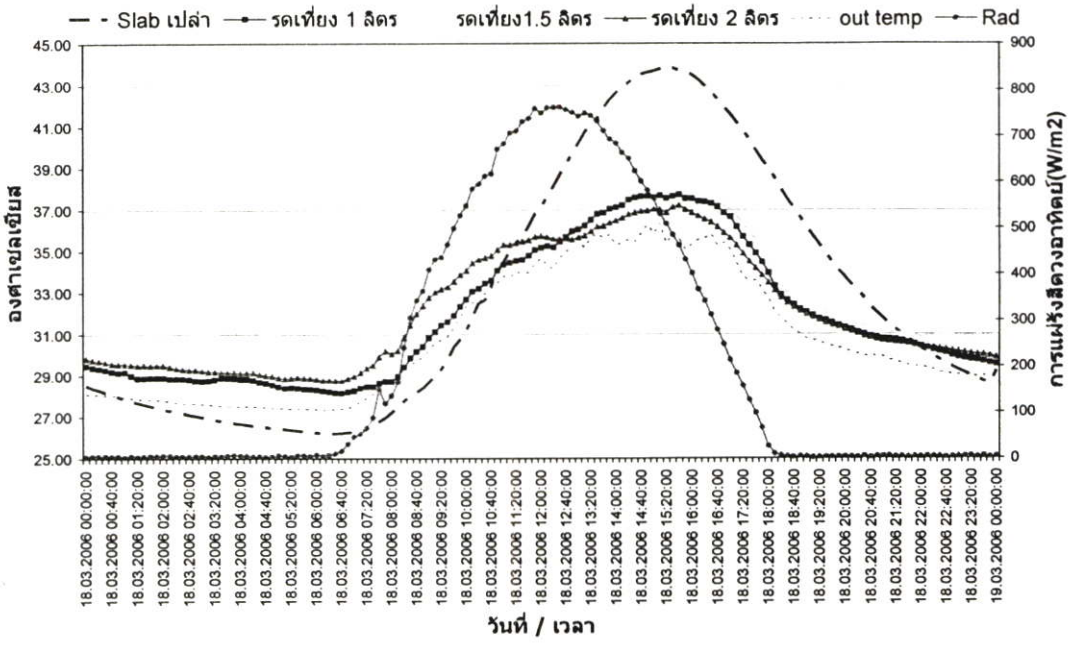
ต่ำกว่าคอนกรีตเปล่า ประมาณ 16 °C โดยในเวลา 17.00 น. อุณหภูมิของกระบะที่รดน้ำ 1 ลิตร จะสูงที่สุดที่ 37 °C และลดลงเรื่อยๆ จนในเวลา20.00 น. อุณหภูมิของทุกผิวคอนกรีตจะใกล้เคียงกันอีกครั้ง

ผลการวิเคราะห์ช่วงเวลา 20.50-8.00 น.อุณหภูมิหลังเวลา 20.50 น. กระบะหญ้ารดน้ำ 2 ลิตร เริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนในเวลา 24.00 น. อุณหภูมิกระบะที่รดน้ำ 2 ลิตรอยู่ที่ 31 °C ในขณะที่อุณหภูมิผิวคอนกรีตเปล่า ผิวคอนกรีตที่ประกอบด้วยกระบะที่รดน้ำ 1.5 ลิตร. และ 2 ลิตร. มีอุณหภูมิเท่ากันที่ 29 °C ไปจนถึงเวลา 06.40 น. อุณหภูมิจะเริ่มต่างกันอีกครั้งโดยกระบะที่รดน้ำ 2 ลิตร มีอุณหภูมิ 30 °C กระบะที่รดน้ำ 1.5 ลิตร มีอุณหภูมิ 28.5 °C และกระบะที่รดน้ำ 1 ลิตร มีอุณหภูมิ 28.7 °C

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18-20 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา12.00น.)



ภาพที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 18 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา12.00น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่4.12 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	15.40	43.86	06.00	26.20
รดน้ำ 1 ลิตร	15.40	37.72	06.00	28.15
รดน้ำ 1.5 ลิตร	15.40	37.85	06.00	30.73
รดน้ำ 2 ลิตร	15.40	37.21	06.00	28.75

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 762.90 (W/m^2) เวลา 12.30 น. ต่ำสุดที่ 1.60(W/m^2) เวลา 19.10 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 36.34 (°C) เวลา 15.10 น. ต่ำสุดที่ 27.35 (°C) เวลา 6.10 น.

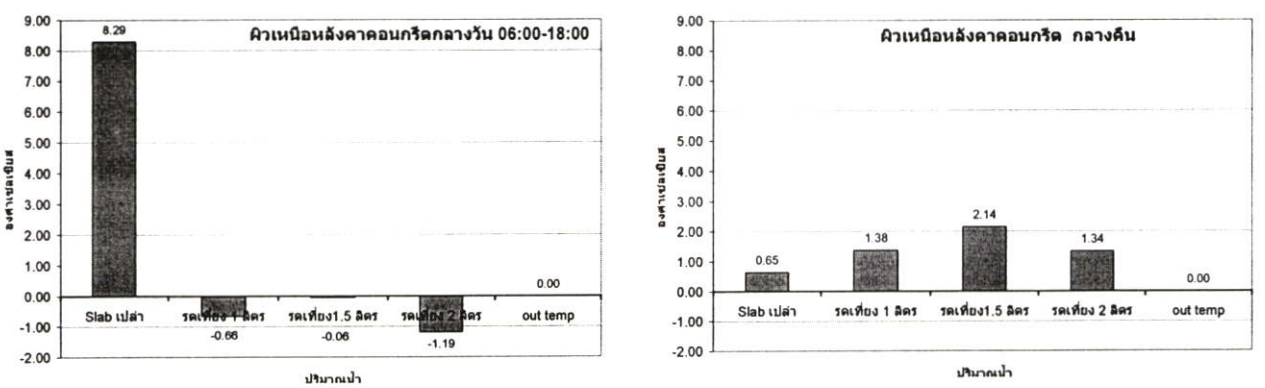
วิเคราะห์ผิวใต้คอนกรีต 10.50–21.40 น.อุณหภูมิสูงสุดของผิวคอนกรีตที่ 43.86 °C ในขณะที่กระบะรดน้ำมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันที่ประมาณ 37 °C ซึ่งน้อยกว่าอุณหภูมิคอนกรีตเปล่า 6 °C

วิเคราะห์ผิวใต้คอนกรีตเวลา 21.40-10.50 น. อุณหภูมิหลังจากเวลา 21.40 น. กระบะที่รดน้ำ 1.5 ลิตร มีอุณหภูมิประมาณ 30 °C ซึ่งสูงกว่ารดน้ำในปริมาณ 1 และ 2 ลิตร ไปจนถึง 6.40 น. ในขณะเดียวกันที่เวลา 06.40 น. กระบะที่รดน้ำ 2 ลิตร มีอุณหภูมิ 28.8 °C กระบะที่รดน้ำ 1 ลิตร มีอุณหภูมิ 28 °C โดยผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ 26 °C ปริมาณการรดน้ำมีผลในช่วงเวลาประมาณ 12.30 น. ทำให้ผิวภายในของการรดน้ำ 2 ลิตร ต่ำลงทันทีจนถึงเวลา 18.20 น. อุณหภูมิผิวทั้ง 3 การทดลองก็มีค่าเท่ากันที่ 33 C° ในเวลากลางวันนั้น อุณหภูมิของการรดน้ำ 1.5 และ 1 ลิตร มี อุณหภูมิ สูงที่สุดที่ 38 °C

ในเวลากลางคืนผิวคอนกรีตการรดน้ำ 1 และ 2 ลิตร มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าผิวคอนกรีตเปล่า ในขณะที่การรดน้ำ 1.5 ลิตร มี อุณหภูมิ สูงที่สุดที่ 31 °C มากกว่าการรดน้ำทั้ง 2 แบบ 1 °C และ 2.5 °C เมื่อเทียบกับผิวคอนกรีตเปล่า

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกปริมาณการรดน้ำที่ดีที่สุดในเวลาเที่ยง

ผิวเหนือคอนกรีต



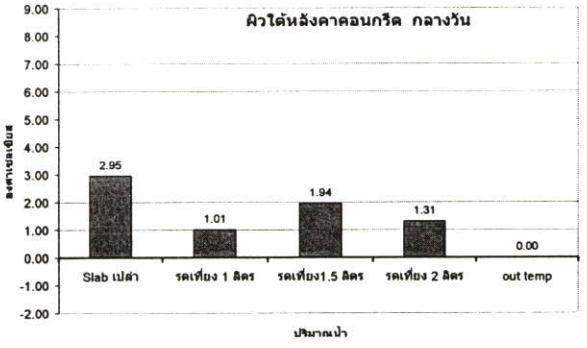
กลางวัน (06.00-18.00น.) กลางคืน (18.01-05.59น.)

ภาพที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

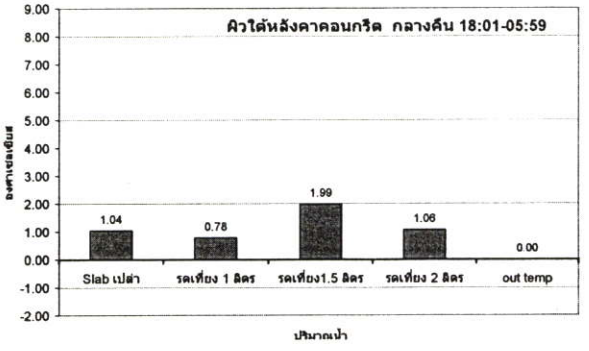
จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวเหนือคอนกรีต ผลการทดลองการรดน้ำที่ในปริมาณที่แตกต่างกัน เวลาเที่ยงวัน แสดงให้เห็นว่าการรดน้ำสามารถพาความร้อนออกจากพื้นผิวได้มาก ทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ปริมาณการรดน้ำที่ 1.5 ลิตรนั้นมีอุณหภูมิสูงที่สุด เนื่องจากในตอนกลางคืนมีอุณหภูมิสูงโดยตลอดอาจมีเหตุผลจากปริมาณการรดน้ำที่ 1.5 ลิตรนั้นมีปริมาณน้ำมากไม่เพียงพอต่อการลดอุณหภูมิของดินในกระบะได้ จึงมีการนำความร้อนออกมาด้วย

จากกราฟเวลากลางคืน แสดงให้เห็นว่าการรดน้ำที่ 1 ลิตรเป็นผลให้ผิวหลังคาคอนกรีตมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับการรดน้ำที่ 2 ลิตร

ผิวใต้คอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)



กลางคืน (18.01-05.59 น.)

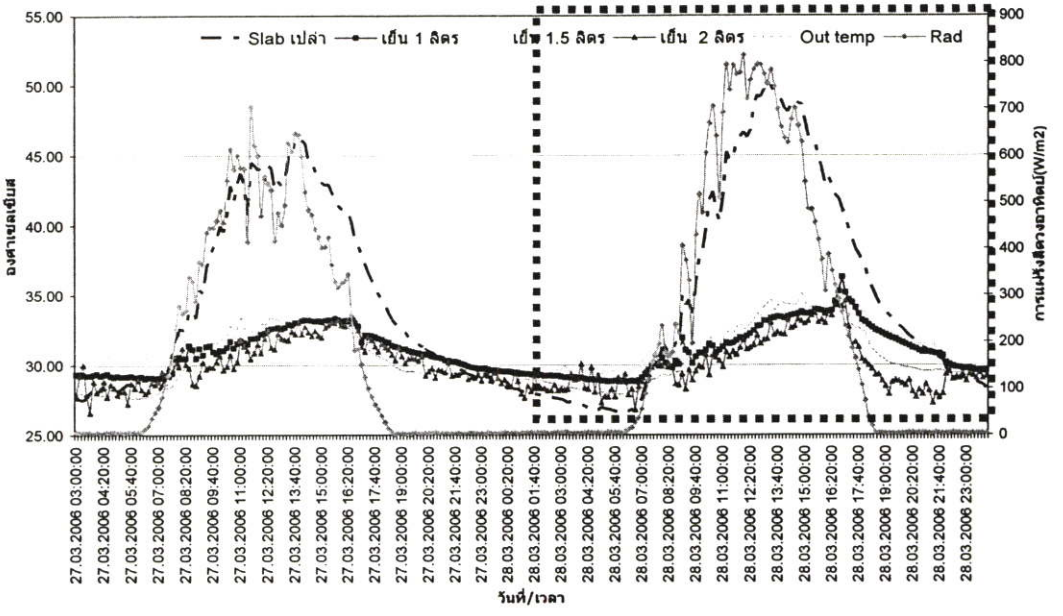
ภาพที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวใต้คอนกรีตผลการทดลองการรดน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน เวลาเที่ยงวัน แสดงให้เห็นว่าน้ำมีนัยสำคัญต่ออุณหภูมิผิวภายใน กล่าวคือปริมาณน้ำที่ 1.5 ลิตรจะนำความร้อนมามากด้วยในขณะที่ปริมาณน้ำมากพอที่จะสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวหลังคาคอนกรีตได้ดีคือ 2 ลิตร

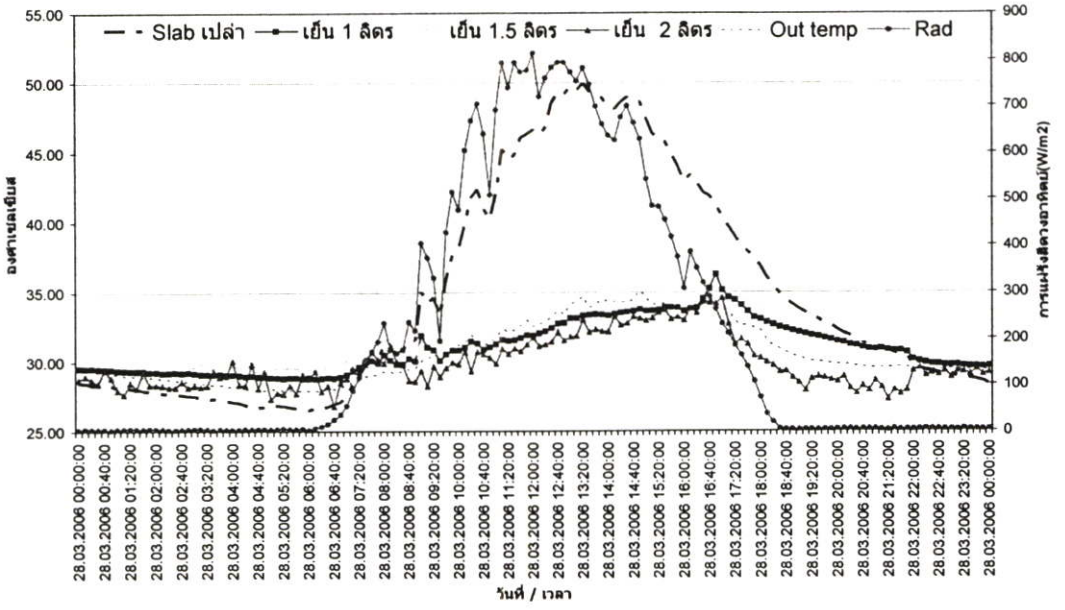
การทดลองรดน้ำที่ 1 ลิตรนั้นไม่มีน้ำล้นออกมาผลที่ได้คือผิวคอนกรีตสามารถลดอุณหภูมิลงได้ แสดงให้เห็นว่าน้ำ 1 ลิตรมีอิทธิพลในการลดอุณหภูมิของผิวคอนกรีตได้ ดังนั้นเลือกการรดน้ำที่ 1 ลิตร

4.5.1.3 การรดน้ำช่วงเย็น การรดน้ำในช่วงเวลาเย็นด้วยปริมาณน้ำที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 27-28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา17.00 น.)



ภาพที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา17.00 น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวคอนกรีตที่ติดตั้ง

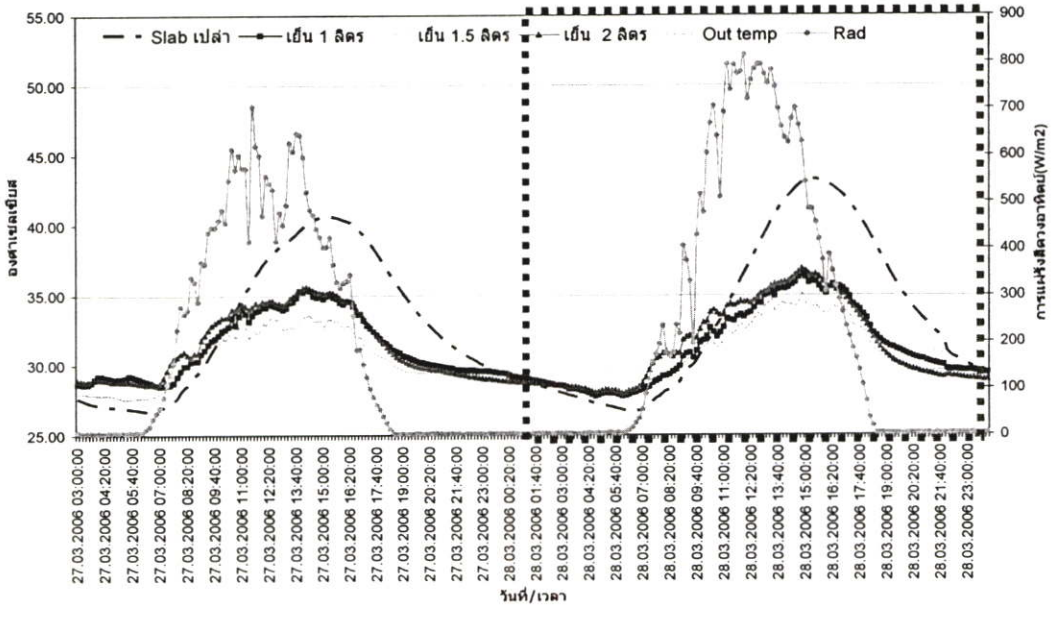
ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	13.20	49.97	05.50	26.52
รดน้ำ 1 ลิตร	17.00	36.28	05.50	28.79
รดน้ำ 1.5 ลิตร	17.00	34.79	05.50	29.26
รดน้ำ 2 ลิตร	17.20	34.58	06.40	26.78

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 814.50(W/m²) เวลา 12.00น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m²) เวลา 21.20 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35.11 (°C) เวลา 14.50 น. ต่ำสุดที่ 27.91 (°C) เวลา 4.40 น.

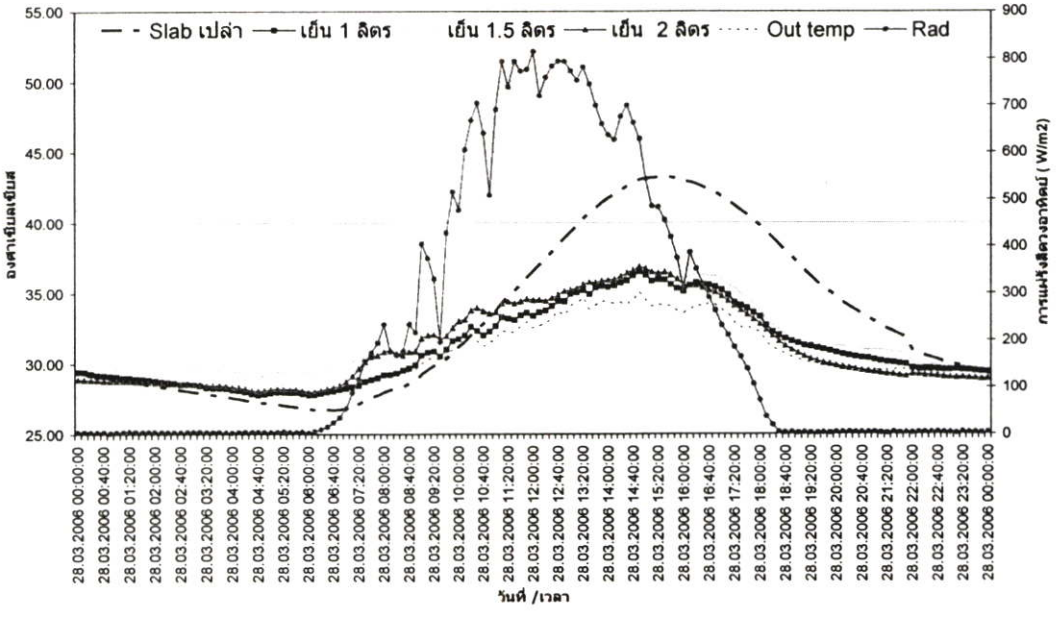
วิเคราะห์ผิวเหนือคอนกรีตตั้งแต่ 8.00-22.10 น. เมื่อเวลาประมาณ 08.00 น. อุณหภูมิ ของผิวคอนกรีตทั้ง 4 มี อุณหภูมิประมาณ 30-31 °C โดย โดยอุณหภูมิของผิวคอนกรีตเปล่าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไปจนถึง 49.97 °C ในเวลา 13.20 น. ในขณะที่กระบะหญ้ารดน้ำ 2 ลิตร จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเวลากลางวัน ส่วนผิวเหนือหลังคาคอนกรีตที่รดน้ำ 1, 1.5 ลิตร จะมีอุณหภูมิเท่ากันตลอดทั้งวัน และเมื่อเทียบกับผิวคอนกรีตเปล่าในเวลาเดียวกันจะต่ำกว่าถึง 16 °C และในเวลา 17.00 น. อุณหภูมิจะใกล้เคียงกันอีกครั้งโดยกระบะที่รดน้ำ 1 ลิตร มีอุณหภูมิ 36 °C, กระบะที่รดน้ำ 1.5 มีอุณหภูมิ 34 °C และกระบะที่รดน้ำ 2 ลิตร มีอุณหภูมิ 34.5 °C และหลังจากเวลา17.00 น. อุณหภูมิของผิวคอนกรีตที่รดน้ำ 2 ลิตร จะลดลงอย่างรวดเร็วกว่าแบบอื่นๆจนถึง 27 °C ในขณะที่กระบะที่รดน้ำ 1. และ 1.5 ลิตร อุณหภูมิจะลดลงเพียง 1-2 °C

วิเคราะห์ผิวเหนือคอนกรีต เวลา 22.10-8.00 น.ในช่วงเวลานี้ อุณหภูมิของผิวคอนกรีตกระบะทั้ง4 จะค่อนข้างใกล้เคียงและคงที่เท่าๆ กับ อุณหภูมิอากาศภายนอกโดยจะอยู่ที่ 28-29.5 °C จนถึง 8.00 น.

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 27-28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา17.00น.)



ภาพที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตโดยการรดน้ำหญ้าในปริมาณที่แตกต่างกันวันที่ 28 มีนาคม 2549 (รดน้ำเวลา17.00น.)

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นผิวคอนกรีตที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ(°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	15.00	43.28	06.40	26.74
รดน้ำ 1 ลิตร	15.00	36.53	05.50	27.77
รดน้ำ 1.5 ลิตร	15.00	36.77	05.50	29.14
รดน้ำ 2 ลิตร	15.20	36.88	06.40	28.00

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 814.50(W/m^2) เวลา 12.00 น. ต่ำสุดที่ 2.10(W/m^2) เวลา 21.20 น.
อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 35.11 (°C) เวลา 14.50 น. ต่ำสุดที่ 27.91 (°C) เวลา 4.40 น.

ผิวใต้หลังคาคอนกรีตในเวลา 10.00 น. อุณหภูมิของกระบะที่รดน้ำปริมาณ 1, 1.5 และ 2 ลิตร จะใกล้เคียงกันคืออุณหภูมิประมาณ 32-33 °C และสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสูงที่สุดในเวลา 15.00 น. อุณหภูมิ โดยกระบะที่รดน้ำปริมาณ 2 และ 1.5 ลิตร ผิวใต้หลังคาคอนกรีตจะมีอุณหภูมิที่ 36.88 และ 36.77 ตามลำดับ ส่วนกระบะที่รดน้ำ 1 ลิตร มี อุณหภูมิ 36.53 °C หลังเวลา 15.00 น. อุณหภูมิผิวรดน้ำ 2 ลิตร ก็ลดลงต่ำที่สุด รด 1 ลิตร และ รด 1.5 ลิตร ตามลำดับ โดย อุณหภูมิ ช่วงสูงที่สุดต่ำกว่า อุณหภูมิผิวคอนกรีตเปล่าประมาณ 6.6 °C และสูงกว่า อุณหภูมิภายนอก 1 °C จนกระทั่งในเวลา 24.00 น. อุณหภูมิ ทั้ง 4 ก็ใกล้เคียงกัน

วิเคราะห์ผิวใต้คอนกรีต เวลา 24.00 - 10.00 น.อุณหภูมิ รดน้ำ 1 ลิตร มีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 0.00-8.00 น. โดยผิวคอนกรีตที่รดน้ำ 1 และ 2 ลิตร จะมี อุณหภูมิ ใกล้กันจนกระทั่งเวลา 6.00 น. กระบะรดน้ำ 2 ลิตร ก็สูงขึ้นมากกว่าผิวคอนกรีตรดน้ำ 1 ลิตร ประมาณ 1 °C โดยกระบะรดน้ำ 1 ลิตร จะมี อุณหภูมิเท่ากับ อุณหภูมิภายนอกคือประมาณ 29-29.5 °C ในขณะที่ผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิต่ำที่สุด

การรดน้ำเย็นปริมาณ 1, 1.5 และ 2 ลิตร มีผลต่ออุณหภูมิของผิวใต้หลังคาคอนกรีต โดยกระบะที่รดน้ำ 2 ลิตร มีอุณหภูมิต่ำที่สุดตลอดทั้งวัน การรดน้ำเย็นที่เวลา 17.00 น. ทำให้ อุณหภูมิผิวของคอนกรีตต่ำลงทันที ในขณะเดียวกันการรดน้ำ 1 และ 1.5 ลิตร มี อุณหภูมิใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศแล้วการรดน้ำตอนเย็นที่ 2 ลิตร ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและสูงกว่าผิวใต้คอนกรีตเปล่าเพียงเล็กน้อยในขณะที่ผิวภายในมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมากในช่วงเวลา 7.00-23.40 น. โดยการรดน้ำ 1.5 ลิตร มีอุณหภูมิสูงกว่ารดน้ำ 2 ลิตร และ 1 ลิตร เพียงเล็กน้อย หลังจาก 23.40 น. การรดน้ำ 1.5 ลิตรก็มีอุณหภูมิสูงขึ้นที่ 31 °C มากกว่าการรดน้ำ 2 ลิตร และ 1 ลิตรมีอุณหภูมิ 1.5 °C และสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก และ คอนกรีตเปล่า 12.5 °C

สรุปผลการทดลอง

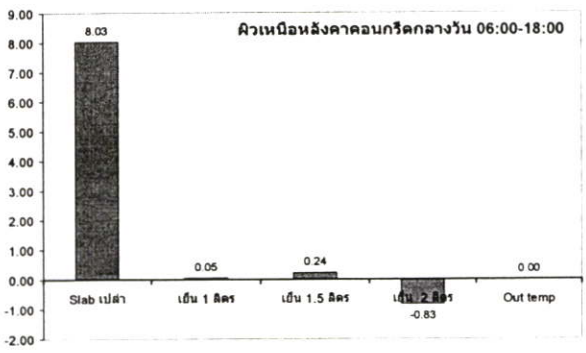
1. ปริมาณการรดน้ำที่ 1 ลิตร เป็นปริมาณที่พอดีที่ไม่มีการไหลของน้ำออกจากกระบะหญ้าและยังมีอิทธิพลต่อพื้นผิวคอนกรีตให้ต่ำลงอีกด้วย

2. การรดน้ำที่ 1.5 ลิตร ทำให้น้ำไหลออกนอกกระบะ ดังนั้นน้ำที่ไหลออกมานี้อาจจะมีการนำความร้อนจากดินมาด้วย

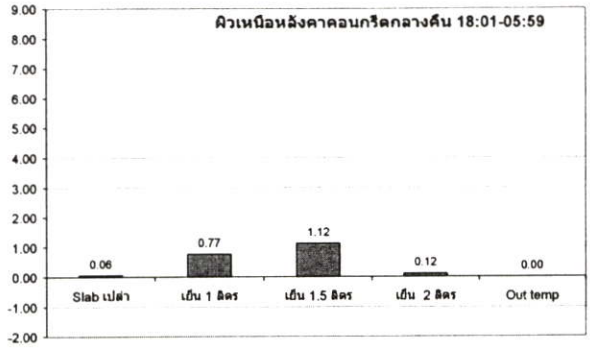
3. การรดน้ำในตอนเย็น เป็นการเพิ่มความชื้นในดิน ในเวลาที่ดินมีอุณหภูมิต่ำทำให้ความชื้นในดินมีความสม่ำเสมอ ทำให้อุณหภูมิต่ำลงในเวลากลางคืน ทั้งนี้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมมี 2 กรณี คือน้ำน้อย(1 ลิตร) และน้ำมาก (2 ลิตร)

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกปริมาณการรดน้ำที่ดีที่สุดในเวลาเย็น

ผิวเหนือคอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)



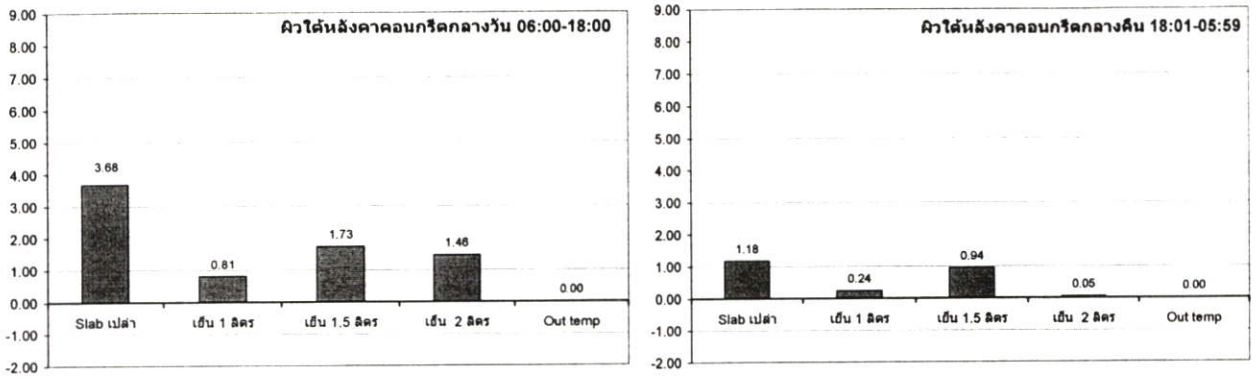
กลางคืน (18.01-05.59 น.)

ภาพที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยผิวเหนือคอนกรีต ผลการทดลองการรดน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันในเวลาเย็น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิพื้นผิวคอนกรีตที่รดน้ำ 1, 1.5, และ 2 ลิตรมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมาก ซึ่งผลที่ได้นี้เหมือนกับการทดลองรดน้ำเช้า และ เที่ยง

ส่วนในเวลากลางคืนปริมาณน้ำมากจะส่งผลให้ผิวเหนือหลังคาคอนกรีตยิ่งมีอุณหภูมิต่ำซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก และใกล้เคียงกับผิวคอนกรีตเปล่าอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การรดน้ำที่ปริมาณต่างกันมีผลเพียงเล็กน้อยผิวเหนือคอนกรีตในเวลากลางคืน

ผิวใต้คอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.)

กลางคืน (18.01-05.59 น.)

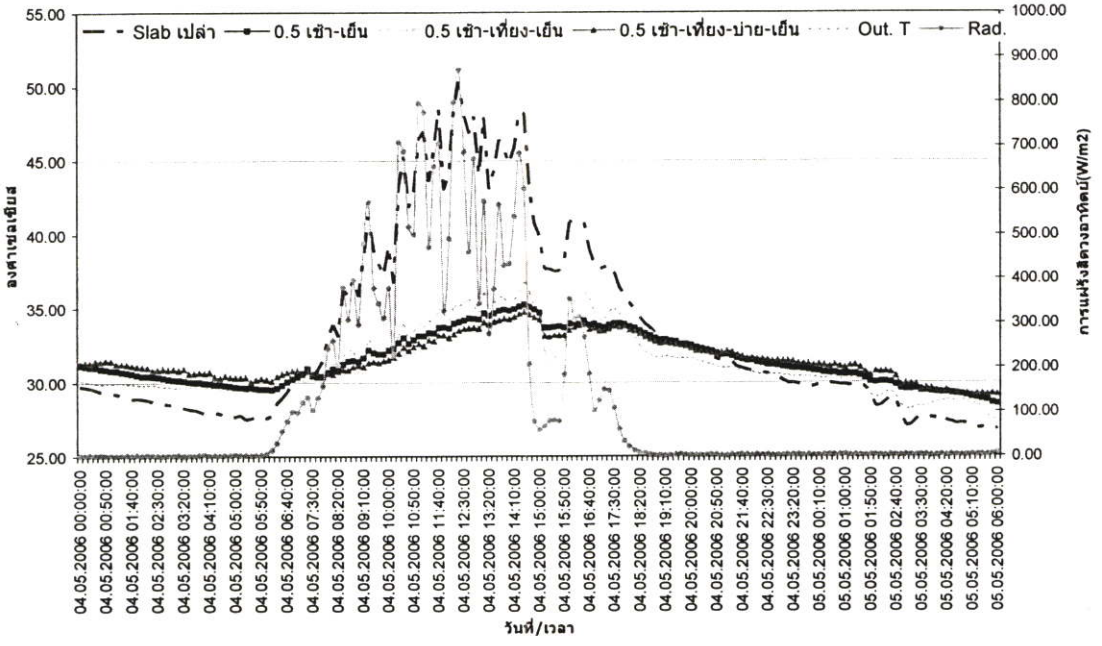
ภาพที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตผลการทดลองการรดน้ำที่ปริมาณต่างกันในเวลาเที่ยงวัน แสดงให้เห็นว่าน้ำมีนัยสำคัญต่ออุณหภูมิผิวภายใน กล่าวคือปริมาณน้ำที่มากกว่า 1 ลิตรจะนำความร้อนมามากด้วยในขณะที่ปริมาณน้ำมากพอที่จะสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวหลังคาคอนกรีตได้ดีคือ 2 ลิตร

การทดลองรดน้ำที่ 1 ลิตรนั้นไม่มีน้ำส้นออกมาผลที่ได้คือผิวคอนกรีตได้รับอิทธิพลจากความร้อนของดินที่น้อยที่สุดทำให้ผิวใต้คอนกรีตมีค่าอุณหภูมิโดยรวมตลอดทั้งวันต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าน้ำ 1 ลิตรมีอิทธิพลในการลดอุณหภูมิ ดังนั้นเลือกการรดน้ำ 1 ลิตร

4.5.2 การทดลองเพื่อหาความถี่และปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

ผลการทดลองผิวเหนือคอนกรีต



ภาพที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตโดยการรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตร 2 , 3, 4 เวลา วันที่ 4 พฤษภาคม 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	12.20	50.34	05.50	26.75
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 2 เวลา	14.30	35.24	06.00	28.51
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 3 เวลา	14.30	34.55	06.00	28.88
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 4 เวลา	14.30	34.75	05.10	29.15

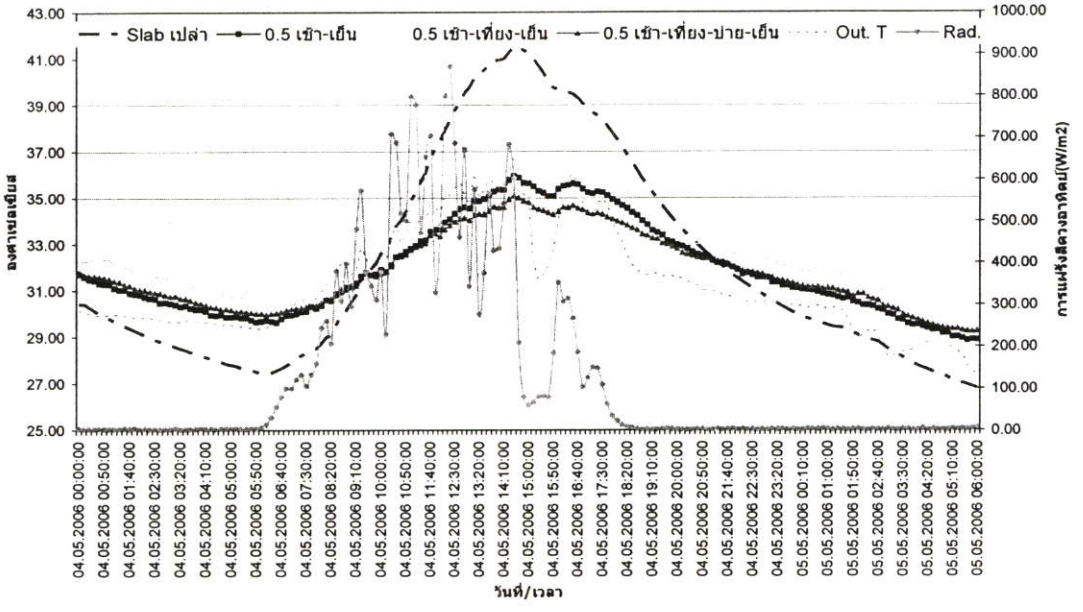
หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 871.40(W/m²) เวลา 12.20น. ต่ำสุดที่ 0.90(W/m²) เวลา 2.20 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 36.79 (°C) เวลา 14.30 น. ต่ำสุดที่ 27.45 (°C) เวลา 6.00 น.

วิเคราะห์ผิวเหนือคอนกรีต

จากการทดลองเปรียบเทียบผิวเหนือคอนกรีตในเวลากลางวันอุณหภูมิผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิสูงที่สุด โดยการรดน้ำ 3 เวลามีอุณหภูมิต่ำที่สุด การรดน้ำ 4 เวลามีอุณหภูมิรองลงมา และการรดน้ำ 2 เวลามีอุณหภูมิสูงที่สุดตลอดช่วงกลางวัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำและปริมาณความชื้นของดินที่ได้จากการรดน้ำ ในตอนเที่ยงส่งผลให้ผิวคอนกรีตต่ำลง ในขณะที่การรดน้ำ 2 เวลาไม่มีความชื้นจากดินมากพอ ทำให้ในตอนกลางวันมีอุณหภูมิสูงที่สุด แสดงว่าความชื้นในดินน้อย

ส่วนในเวลากลางคืนผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งคืน และอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่าที่มีกระบะหญ้าประกอบจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกทั้งหมด โดยทั้ง 3 กล่องทดลองมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมาก

ผลการทดลองผิวใต้คอนกรีต



ภาพที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตโดยการรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตรด้วยความถี่ 2 , 3, 4 ครั้ง วันที่ 4 พฤษภาคม 2549

จากกราฟสามารถสรุปผลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดได้ดังนี้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้จากพื้นกล่องหลังคาที่ติดตั้ง

ชนิดหลังคา	สูงสุด		ต่ำสุด	
	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (น.)	อุณหภูมิ (°C)
ผิวคอนกรีตเปล่า	14.30	41.53	06.00	26.80
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 2 เวลา	14.30	35.95	05.40	28.85
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 3 เวลา	14.30	35.40	05.10	29.56
รดน้ำ @ 0.5 ลิตร 4 เวลา	14.30	35.09	05.50	29.25

หมายเหตุ ค่าการแผ่รังสี สูงสุดที่ 871.40(W/m^2) เวลา 12.20 น. ต่ำสุดที่ 0.90(W/m^2) เวลา 2.20 น. อุณหภูมิอากาศภายนอก สูงสุดที่ 36.79 (°C) เวลา 14.30 น. ต่ำสุดที่ 27.45 (°C) เวลา 6.00 น.

ผิวใต้หลังคาคอนกรีตจากกราฟที่ 4.45 แสดงค่าอุณหภูมิที่เปรียบเทียบความถี่และปริมาณการรดน้ำที่แตกต่างกัน จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิสูงที่สุดในเวลา 14:30 น. โดยพื้นผิวคอนกรีตที่มีกระบะและมีการรดน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งในเลากลางวัน พื้นผิวคอนกรีตที่มีการรดน้ำ 0.5 ลิตร 4 เวลามีอุณหภูมิต่ำที่สุด การรดน้ำ 3 เวลาจะมีอุณหภูมิรองลงมา และการรดน้ำ 2 เวลาจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด แสดงว่า ความชื้นที่อยู่ในดินจากการรดน้ำนั้นมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิผิวคอนกรีตอย่างชัดเจน ทำให้อุณหภูมิผิวลดลงจากหลังคาคอนกรีตเปล่าประมาณ 5-6 °C ถึงแม้ว่าในการทดลองจะมีช่องอากาศใต้กระบะ กล่าวคือ ความชื้นในดินที่สม่ำเสมอจะช่วยลดอุณหภูมิของผิวเหนือคอนกรีตในเวลากลางวันได้เป็นอย่างดี

ส่วนในเวลากลางคืนผิวคอนกรีตเปล่ามีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งคืน และอุณหภูมิผิวเหนือคอนกรีตเปล่าที่มีกระบะหญ้าประกอบจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกทั้งหมด โดยทั้ง 3 กล่องทดลองมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันมาก

การรดน้ำ 2 เวลามีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเวลากลางคืน การรดน้ำ 3 เวลามีอุณหภูมิรองลงมา และการรดน้ำ 4 เวลามีอุณหภูมิสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่า การรดน้ำในเวลากลางวันที่ดินมีอุณหภูมิสูงทำให้ผิวคอนกรีตได้รับอิทธิพลจากความร้อนมากขึ้นเนื่องจากดินจะมีการน้ำความร้อนที่มากขึ้น ในขณะที่การรดน้ำในขณะที่ดินมีอุณหภูมิต่ำจะเป็นผลดีกว่า

สรุปการทดลอง

1. ความถี่และปริมาณน้ำมีผลทำให้อุณหภูมิผิวแตกต่างกันในเวลากลางวันและกลางคืน โดยปริมาณและความถี่ของการรดน้ำมีผลช่วยลดอุณหภูมิในเวลากลางวันได้เป็นอย่างดี

2. ปริมาณการรดน้ำในเวลาเที่ยงวันหรือขณะที่ดินมีอุณหภูมิสูงมีประสิทธิภาพช่วยลดอุณหภูมิในเวลากลางวันได้ แต่ในทางกลับกันก็มีผลทำให้อุณหภูมิสูงในเวลากลางคืน

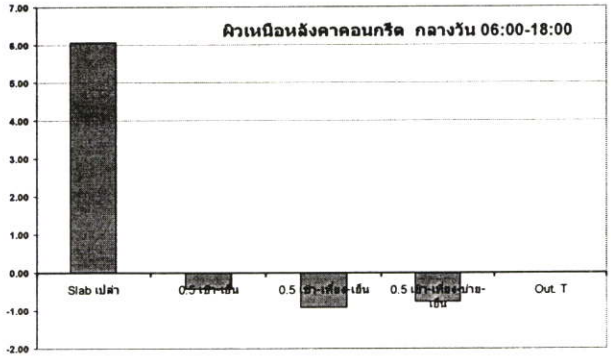
3. การรดน้ำในปริมาณ 1 ลิตรต่อกระบะหญ้า เป็นปริมาณที่พอเหมาะ การรดน้ำที่มากกว่า 1 ลิตรต่อครั้งเป็นการสิ้นเปลือง เนื่องจากน้ำจะไหลออกจากกระบะ

4. ปริมาณการรดน้ำเช้า-เย็น ครั้งละ 0.5 ลิตรสามารถลดอุณหภูมิของอาคารได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน

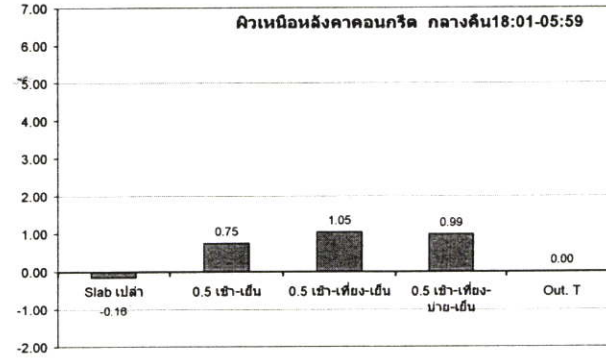
5. การรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตร เช้า/ เย็น เหมาะสำหรับอาคารที่ใช้ในเวลากลางคืน เช่น บ้าน และการรดน้ำ 4 เวลา เหมาะสำหรับอาคารที่ใช้ในเวลากลางวัน

เกณฑ์การพิจารณาตัดสินเลือกความถี่ของการรดน้ำที่ดีที่สุด

<u>ผิวเหนือคอนกรีต</u>



กลางวัน (06.00-18.00น.)



กลางคืน (18.01-05.59 น.)

ภาพที่ 4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

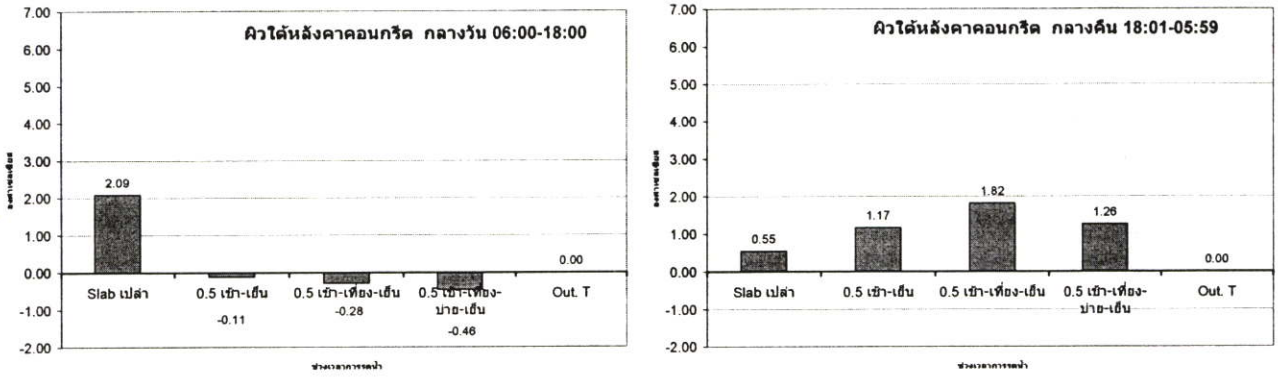
จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้คอนกรีตที่มีการรดน้ำ 0.5 ลิตรในปริมาณและเวลาที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความชื้นจากการรดน้ำ ที่มีผลต่อผิวภายในและภายนอกของหลังคา

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตหลังจากการรดน้ำที่ 0.5 ลิตร 3 เวลา เช้า/เที่ยง/เย็น ต่ำที่สุด และการรดน้ำที่ 0.5 ลิตร 4 เวลา เช้า/เที่ยง/บ่าย/เย็น มีอุณหภูมิผิว

รองลงมา และ การรดน้ำเช้า/เย็น มีอุณหภูมิสูงที่สุด กล่าวคือปริมาณน้ำที่รดมีผลให้มีความชื้นในดินตลอดเวลาซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิผิวคอนกรีตเล็กน้อย

ในเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีตมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกทั้ง 3 แบบโดยการรดน้ำเช้า/เย็นมีอุณหภูมิต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการรดน้ำในขณะที่ดินมีอุณหภูมิต่ำ มีอิทธิพลให้ผิวหลังคาต่ำกว่าการรดน้ำช่วงบ่ายที่มีการนำความร้อนจากดินมาสู่ผิวหลังคา

ผิวใต้คอนกรีต



กลางวัน (06.00-18.00น.) กลางคืน (18.01-05.59 น.)

ภาพที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวใต้หลังคาในเวลากลางวัน แสดงถึงผลการทดลองการรดน้ำสม่ำเสมอในปริมาณน้ำ 0.5 ลิตร 4 เวลามีผลทำให้อุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตต่ำลงที่สุดในเวลากลางวัน

ในเวลากลางคืนการรดน้ำที่ 0.5 ลิตร2 เวลาเช้า/เย็น มีผลทำให้อุณหภูมิผิวใต้หลังคาต่ำที่สุด อาจจะเป็นผลจากการที่รดน้ำในช่วงเวลาที่ดินมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้ความชื้นในดินสูงตามไปด้วย ในขณะที่การรดน้ำ 4 เวลามีอุณหภูมิผิวคอนกรีตสูงกว่า กล่าวคือ ปริมาณน้ำมากก็มีผลทำให้ความร้อนจากดินสูงทำให้ผิวคอนกรีตได้รับอิทธิพลด้วย

ในการใช้งานจริงนั้นกระบะหญ้ามีความต้องการน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐาน เพื่อที่จะทำให้หญ้าเจริญเติบโตและคงอยู่ได้ จากการทดลองการรดน้ำสรุปได้ว่าปริมาณน้ำที่ 1 ลิตรเป็นปริมาณที่พอเหมาะ ประหยัดและมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในได้ดีในเวลากลางคืน

และปริมาณการรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตร 4 เวลาเหมาะสมกับอาคารที่ใช้งานในเวลากลางวันมากที่สุดโดยใช้น้ำรวม 2 ลิตร ส่วนการรดน้ำครั้งละ 0.5 ลิตร เวลา เช้า/เย็น โดยใช้น้ำรวม 1 ลิตร จะให้ผลดีในเวลากลางคืน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการทดลองชี้ชัดว่ากระบะหญ้าสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงความสามารถของพื้นผิวหลังคาเพื่อลดปัญหาเรื่องความร้อนได้อย่างประสิทธิภาพ จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของพื้นผิวหลังคาคอนกรีตเปล่าและหลังคาคอนกรีตที่ประกอบด้วยสวนหลังคาหญ้า พบว่า ณ อุณหภูมิวิกฤตในเวลากลางวันอุณหภูมิของหลังคากระบะหญ้ามีค่าต่ำกว่าคอนกรีตเปล่าทุกกรณี ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษามีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกระบะหญ้าในการลดอุณหภูมิดังต่อไปนี้

1) ความลึกของดิน

จากการทดลองพบว่าความลึกของดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 14.6 ซม. เนื่องจากประสิทธิภาพของการลดความร้อนขึ้นอยู่กับความลึกของดิน โดยความลึกยิ่งมากจะส่งผลให้การป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ดียิ่งขึ้น จากการทดสอบยังพบอีกว่าหญ้าสามารถเติบโตได้ดีกว่า ณ ชั้นความลึกนี้เมื่อเทียบกับความลึกที่ 7.5 ซม. ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน

ด้านโครงสร้างอาคารจะต้องรับน้ำหนักจากน้ำหนักดินเพิ่มเพียง 70 กก./ตรม. ซึ่งถือว่าไม่มากจึงเหมาะสำหรับอาคารที่มีข้อจำกัดในการรับน้ำหนักหรืออาคารโครงสร้างเก่าได้อย่างเหมาะสม

2) ชนิดของหญ้า

อุณหภูมิของพื้นผิวหลังคาที่วัดได้จากการใช้กระบะหญ้านวลน้อยและกระบะหญ้ามาเลย์มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งต่ำกว่ากระบะดินเปล่าประมาณ 1-2 °C จึงสรุปได้ว่าชนิดของหญ้ามีผลเพียงเล็กน้อยต่อการลดอุณหภูมิของพื้นผิวหลังคา อุณหภูมิของพื้นผิวหลังคาส่วนใหญ่ที่ลดลงน่าจะมีผลมาจากชั้นดินหรือเนื่องจากร่มเงาที่ได้รับจากการติดตั้งกระบะหญ้าบนพื้นหลังคานั่นเอง

หญ้านวลน้อยมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเนื่องจากสามารถทนความร้อนจากแสงแดดได้ดีความต้องการน้ำน้อยกว่าหญ้ามาเลย์เซียอีกทั้งเรื่องการบำรุงรักษาจากการทดลอง พบว่าหญ้านวลน้อยต้องการการตัดแต่ง 1 ครั้ง/เดือน และการรดน้ำปริมาณ 1 ลิตร/กระบะน้ำจะไม่ไหลออกนอกกระบะมาก ซึ่งรดน้ำวันเว้นวันก็สามารถอยู่ได้

เนื่องจากการในการทดลองเป็นการปลูกหญ้าลงในกระบะดังนั้นจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดวางกระบะได้ง่ายโดยกระบะที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุ HDPE ซึ่งมีความทนทานอีกทั้งยังราคาถูก ในการใช้งานอาจจะปรับเปลี่ยนขนาดและรูปแบบกระบะเพื่อความเหมาะสม

3) ความสูงของช่องอากาศใต้กระบะ

จากการทดลองพบว่าช่องอากาศระหว่างกระบะหญ้าและพื้นผิวหลังคามีผลต่อการลดอุณหภูมิพื้นผิวหลังคาในช่วงเวลากลางวันและการระบายความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางคืนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ช่องอากาศที่สูงกว่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิพื้นผิวหลังคามีค่าน้อยกว่าการติดตั้งโดยไม่มีช่องอากาศ อย่างไรก็ตามช่องอากาศ 10 ซม. ระหว่างกระบะกับพื้นผิวหลังคาทำให้การระบายความร้อนสู่บรรยากาศในช่วงเวลากลางคืนดีที่สุด

กล่าวคือ การติดตั้งกระบะหญ้าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้อาคาร อาคารที่ใช้ในเวลากลางวัน เช่น สำนักงาน โรงเรียน ควรมีช่องอากาศ 10 ซม. หรือมากกว่า ส่วนบ้านพักที่อยู่อาศัย ควรมีการติดตั้งกระบะหญ้าโดยเว้นช่องอากาศเล็กน้อยแต่ควรคำนึงถึงเรื่องระบายน้ำด้วย

4) ระยะห่างระหว่างกระบะ

จากการศึกษาระยะการจัดวางกระบะหญ้าที่เหมาะสม พบว่าระยะห่างที่ 10 ซม. มีผลต่ออุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีตใกล้เคียงกับการวางกะบะหญ้าแบบชิดกัน โดยการจัดวางทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเหนือหลังคาสูงขึ้นกว่าเดิม แต่เนื่องจากระยะกระบะมีการบังเงาซึ่งทำให้ผิวใต้หลังคาคอนกรีตมีอุณหภูมิต่ำเนื่องจากการระบายความร้อนที่ผิวได้ดี

ผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่กว้างขึ้น ระยะห่างระหว่างกะบะหญ้าทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง เนื่องจากใช้กระบะในจำนวนที่น้อยกว่าและมีภาระด้านโครงสร้างน้อยกว่าการวางแบบชิดกันอีกทั้งเป็นการเพิ่มการระบายอากาศให้กับผิวหลังคาอย่างมีประสิทธิภาพ

5) การรดน้ำ

การรดน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้หญ้าเจริญเติบโตและคงอยู่ได้จากการทดลองหาอิทธิพลของการรดน้ำในรูปแบบต่างๆนั้นสามารถสรุปได้ว่าการรดน้ำในปริมาณ 1 ลิตรตอนเย็นหรือแบ่งรดครั้งละ 0.5 ลิตรเช้าเย็นจะมีความเหมาะสมมากที่สุด โดยอาจจะรดน้ำวันเว้นวันก็ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและความชื้นในดินเป็นสำคัญ ระบบการรดน้ำนั้นอาจจะใช้ระบบสปริงเกอร์หรือระบบน้ำหยดก็ได้

5.2 การนำไปประยุกต์ใช้

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอกระบะหญ้าในการลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารในเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยนำเสนองานออกแบบและนำไปประยุกต์ใช้งานจริง เบื้องต้นดังนี้

1. ลักษณะอาคารที่สามารถนำงานวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ได้คืออาคารที่มีหลังคาเป็นดาดฟ้าเช่น ตึกแถวทาวเฮ้าส์ พื้นที่ Out door ทั่วไป หรือกันสาดอาคาร
2. Hard Scape /Land Scape เช่น ทางเท้า เกาะกลางถนน

5.3 ข้อเสนอแนะ

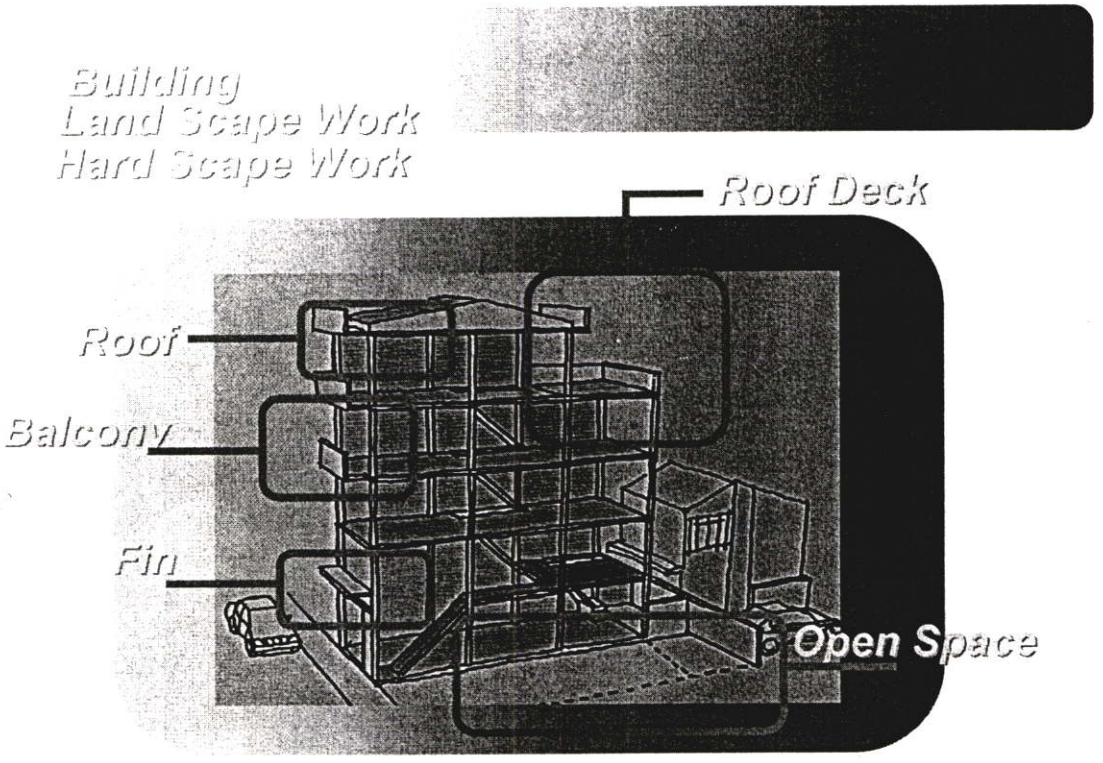
สำหรับผู้ที่สนใจสามารถนำประเด็นต่างๆ เหล่านี้ไปวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ เช่น

1) ทดลองกับสัดส่วนเท่าของจริงหรือทดลองกับอาคารจริง การนำไปใช้งานกับอัตราส่วนที่ใหญ่เท่า อาคารจริง เมื่อปริมาตรของพื้นที่ต่างๆมีมากขึ้น เช่นพื้นที่ที่ได้รับหรือโดนรังสีอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น กะบะที่ต้องใช้ใหญ่ต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย

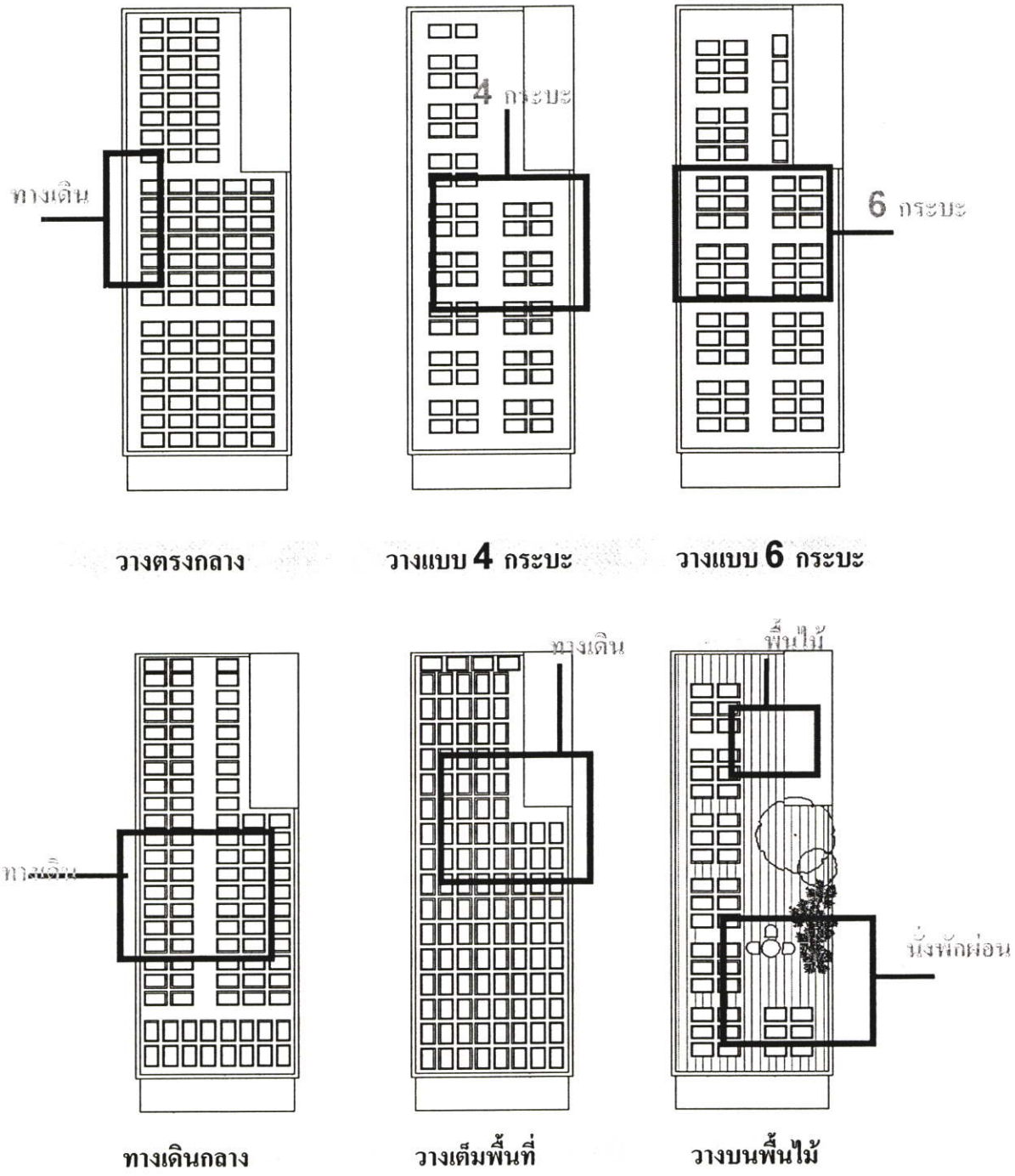
2) การทดลองพืชพรรณชนิดอื่นๆ เนื่องจากหญ้าที่ใช้ในการทดลอง มีเพียงสองชนิด ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเลือกศึกษาประสิทธิภาพของพืชชนิดอื่นๆ ที่นอกเหนือจากหญ้า ซึ่งในต่างประเทศมีการใช้พืชพันธ์ที่เรียกว่า sedum ที่ไม่ต้องการน้ำมากนัก และมีสีสรรสวยงามทนต่อแสงแดด ในงานวิจัยครั้งต่อไปผู้ที่สนใจอาจจะเลือกใช้พืชชนิดนี้ก็ได้

3) การทดลองประยุกต์การติดตั้งแนวทางใหม่ เนื่องจาก สวนหลังคาในยุโรป มีการนำมาใช้งานจริง และเป็นที่แพร่หลาย เป็นผลทำให้ลดอุณหภูมิของเมืองลงได้ เนื่องจากทางยุโรปมีการติดตั้งที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีระบบของการบำรุงรักษาที่ดี

รูปแบบบริเวณที่สามารถประยุกต์ใช้ในอาคารตึกแถว



ภาพที่ 5.1 แสดงบริเวณพื้นที่ที่นำไปใช้งานในอาคารตึกแถว



ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างการออกแบบการจัดวางกระบะหญ้าบริเวณหลังคาดาดฟ้าในตึกแถวขนาด 4.00x16.00 ม.ในรูปแบบต่างๆ

บรรณานุกรม

สิน พันธุ์พินิจ การจัดการสนามหญ้า สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย ธรรมธิราช, รวมสาสน์ กรุงเทพฯ

สุดสวาด ศรีสถาปัตย์. 2531. การออกแบบวัสดุพืชพรรณเพื่อการประหยัดพลังงาน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐิณี นวลสกุล. 2545. การเปรียบเทียบศักยภาพของการป้องกันความร้อนระหว่างการใช้สวนหลังคากับระบบหลังคาที่ใช้กันทั่วไป, วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตกรรม.คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ทรงพล ตันติกุลวัฒนา. 2546. การลดการนำความร้อนผ่านผนังเข้าสู่อาคารบ้านพักอาศัยด้วยการถมดิน วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อนบัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เสรี ทรัพย์สาร. 2536. การจัดสวนในบ้าน ,อมรินทร์ พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

Earth Pledge. 2005. Green Roofs Ecological Design and Construction. A Schiffer Design Book.

อัศวิน ไทรสาคร. 2545. การศึกษาการใช้พืชพรรณไม้ประกอบอาคารเพื่อลดความชื้นเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,

สมสิตย์ นิตยะ, รศ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิเชียร สุวรรณรัตน์. 2538. ภูมิอากาศและการออกแบบสถาปัตยกรรม, มปส. พิมพ์ครั้งที่ 2.

ประวีวรรณ อมรพงศ์. 2544. การปรับสภาพแวดล้อมรอบอาคารด้วยวัสดุพืชพรรณธรรมชาติเพื่อสร้างภาวะน่าสบาย,วิทยานิพนธ์,หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศุภกิจ ยิ้มสรวล. 2541. การใช้สวนหลังคาดาดฟ้าเพื่อการถ่ายเทความร้อน, วิทยานิพนธ์, หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

http://zinco.de

www.fh-nb.de/LU/mankoehler

www.greenroofs.ca

www.ufafabrik.de

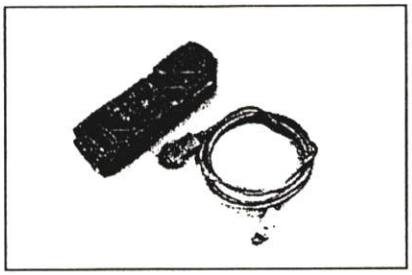
http://adaptation.nrcan.gc.ca

ภาคผนวก

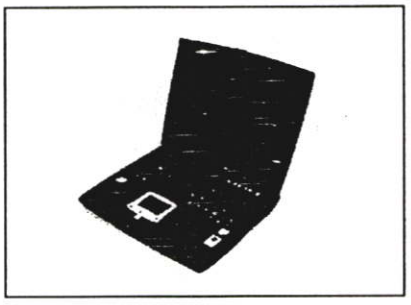
อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูล

สาย THERMO COUPLE

เครื่องวัดค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ เป็นตัวรับค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์หน่อยเป็น W/m2 ใช้ร่วมกับตัวเก็บค่าข้อมูล OPUS2000 พร้อมโปรแกรม Smart Control

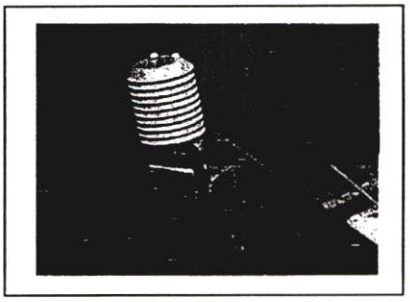


Data logger อุปกรณ์บันทึกค่าข้อมูลรุ่น OPUS200 ชนิด 2 ช่องรับสัญญาณ ใช้บันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดการแผ่รังสี ประกอบด้วย เครื่องรับและสายส่งสัญญาณ



Computer Notebook

ใช้สำหรับเก็บข้อมูลประมวลผลและจัดทำข้อมูลทั้งหมด

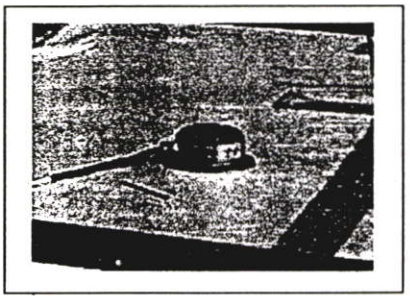


Universal User

เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก

Pyranometer

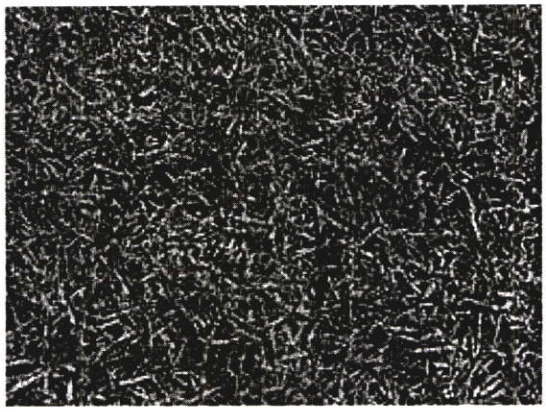
ใช้สำหรับเก็บข้อวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์

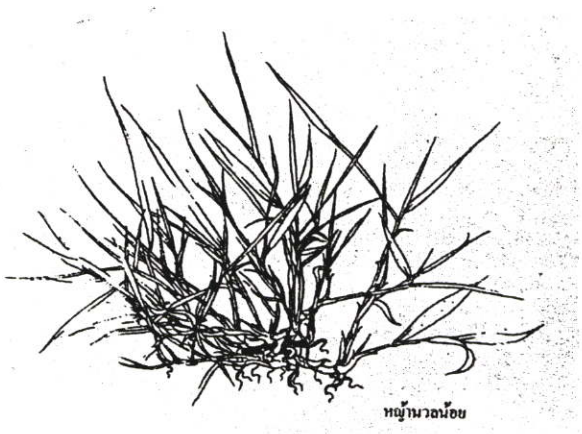


หญ้าที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของหญ้าที่นำมาใช้ในงานทดลอง

หญ้าที่ใช้ในการจัดสวนที่นิยมในปัจจุบันนั้นมีหลายชนิด ซึ่งวิธีการใช้หญ้าแต่ละชนิดจะต้องดูคุณสมบัติของหญ้าร่วมกับการใช้งาน เพื่อที่จะให้มีหญ้าที่มีความสวยงาม คงทน และเจริญเติบโตได้ดีงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งใช้หญ้าในประเทศคือ หญ้านวลน้อย หญ้ามาเลย์เซีย ซึ่งเป็นหญ้าที่เหมาะสมทั้งด้าน ราคา ความเหมาะสม ดูแลรักษาง่าย และจัดหาได้ง่ายตามท้องตลาดต้นไม้





ชื่อหญ้านวลน้อย

ชื่อวิทยาศาสตร์: Zoysia matrella Merrill

ชื่อวงศ์: GRAMINEAE

ชื่อสามัญ: Manila Grass

ชื่อท้องถิ่น: ง่วนน้อย

ลักษณะวิสัย: ไม้คลุมดิน

ลักษณะ: เป็นพืชคลุมดินเป็นหญ้าที่นิยมนำมาปลูก กลางแจ้งมากที่สุดในเมืองไทย ชอบความชื้นสูงสามารถปรับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนร้อนและแห้งแล้งได้ดี ใบสีเขียวเข้มมีขนเล็กๆ ใบแคบเรียวยาวตัดแต่งรูปทรงได้ดี สามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวหรือดินปนทราย แหล่งปลูกที่สำคัญ หญ้าที่ขึ้นได้ง่าย และเจริญเติบโตเร็ว เวลาตัดแต่งจะเหมือนพรม เวลาย่ำก็จะนุ่มเท้าจึงเป็นที่นิยมนำมาปลูกสวนสาธารณะ สนามเด็กเล่น สนามกอล์ฟ สถานที่ราชการ สวนหย่อม ร้านอาหาร โรงแรม ในสนามกอล์ฟใหญ่ๆ

หญ้ามาเลเซีย

ชื่อ : หญ้ามาเลยเซีย

ชื่อวิทยาศาสตร์: Axnopus compuuressus P. Beauv

ชื่อวงศ์: GRAMINEAE

ชื่อสามัญ: Savanna grass , Carpet grass

ชื่อท้องถิ่น: หญ้าปากควาย

ลักษณะวิสัย: ไม้คลุมดิน

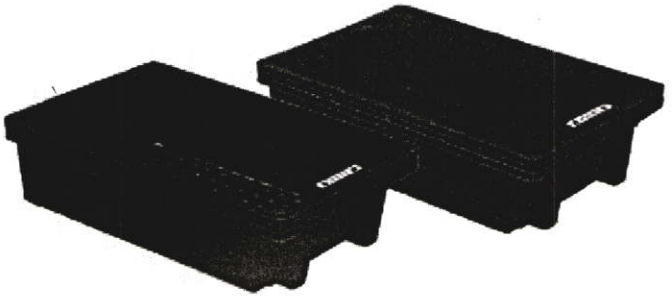
ลักษณะ: มีใบกว้าง ใบมีลักษณะเขียวเข้มเป็นมัน ไม่แข็งกระด้าง เจริญเติบโตเร็ว มีดอกเป็นช่อสีขาว ชอบแสงแดดที่ร่ำไร กรณีปลูกที่แสงแดดมากต้องให้ปริมาณน้ำที่มากพอ ต้องการความชื้นสูง เพราะมีระบบรากสั้น ไม่ชอบให้มีน้ำท่วมขัง เป็นหญ้าที่นิยมนำมาปลูกในที่ร่ม ชอบความชื้นสูง ใบสีเขียวเข้ม มีขนเล็กๆ ขยายตัวแผ่ปกคลุมพื้นที่ได้ดีและรวดเร็ว หนาแน่น โดยการแทงหน่อ ไหลเข้าไปพื้นที่ต่างๆ ได้ง่าย สามารถกำจัดง่ายเนื่องจากไม่มีลำต้นใต้ดิน

ตารางที่ ผ.1 แสดงลักษณะของหญ้า 2 ชนิด

ชนิดหญ้า	ลักษณะลำต้น	ผิวสัมผัส	การขยายพันธ์	อัตราการเติบโต	ความต้องการปุ๋ย	ความต้องการน้ำ	ความสูงของการตัด
นวลน้อย	ไหล	ละเอียด-ปานกลาง	ลำต้นเมล็ด	ช้า	ปานกลาง	ปานกลาง	0.5-1 นิ้ว
มาเลยเซีย	ไหล	หยาบมาก	เมล็ด ลำต้น	ปานกลาง	ต่ำ	มาก	1 นิ้ว

กระบะที่นำมาใช้ในงานทดลอง

พบว่างานจัดสวนที่มีใช้งานปัจจุบัน มีการประยุกต์จากวัตถุต่างๆ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไม้อัด ไม้สำเร็จรูป หรือ ดินเผา วัสดุที่ต้องการนั้นจะเน้น ด้านประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม และทนทานต่อภูมิประเทศ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นจึงเลือกใช้วัสดุสำเร็จรูปที่มีตามท้องตลาดโดยพิจารณาความเหมาะสมด้านราคา และความแข็งแรง ควบคู่ด้วย วัสดุที่เลือกใช้ คือ ชนิด ภาชนะพลาสติก (INDUSTRIAL PLASTIC CONTAINERS) ซึ่งมีขนาดหลากหลายจึงเลือกกระบะที่มีความเหมาะสมแล้วดังนี้



ข้อมูลกระบะ

ชนิด ภาชนะพลาสติก (INDUSTRIAL PLASTIC CONTAINERS

รุ่น 004

ขนาด 358 x 547 x 146 mm.

วัสดุ 1.30 kgs. HDPE

รับ นน.ได้ 15 กิโลกรัม

Thermal Condutivity 0.48 Wm-1K

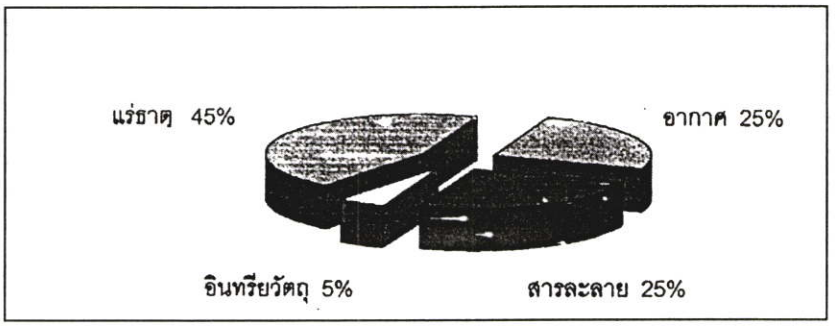
พลาสติก (Plastics)

พลาสติก (Plastic) มาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า "plastikos" หมายความว่าหล่อ หรือหลอมเป็นรูปร่างได้ง่าย พลาสติกเป็นโพลิเมอร์ประเภทหนึ่งที่ส่วนใหญ่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น (Synthetic polymer) แต่ก็มีพลาสติกที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติเช่นกัน เช่น ชะแล็ก พลาสติกเป็นสารอินทรีย์ เป็นไฮโดรคาร์บอน มีไฮโดรเจนและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก พลาสติกเป็นโพลิเมอร์ที่สามารถนำมาหล่อเป็นรูปร่างต่างๆตามแบบ โดยใช้ความร้อนและแรงอัดเพียงเล็กน้อย มีจุดหลอมเหลวระหว่าง 80-350 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกด้วย

พลาสติกกลุ่มที่ 2 คือ HDPE สัญลักษณ์คือ 2 เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง ค่อนข้างนิ่ม มีความเหนียวไม่แตกง่าย มีจุดหลอมเหลว 130 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 0.95-0.92 นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น แชมพู ถุงร้อนชนิดขุ่น ขวดนม เป็นต้น

ดินที่นำมาใช้ในงานวิจัย

คุณสมบัติของดินนั้นดูได้จากด้านกายภาพของดิน โดยการสัมผัส ดูด้วยตาเปล่า เช่นความโปร่งและความหนาแน่นของเนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นต้น ดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของหญ้านั้น ส่วนใหญ่นั้นจะมีส่วนประกอบโดยปริมาตรดังนี้



ส่วนประกอบของดินร่วนปนตะกอน(Silt Loam)โดยปริมาตร

ในงานวิจัยนี้นำ **ดินร่วน** มาใช้ในการวิจัยซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆคือ มีการระบายอากาศ และระบายน้ำได้ดี

มีแร่ธาตุมากสามารถดูดน้ำและอาหารจากดินส่งไปเลี้ยงส่วนที่อยู่เหนือดิน ได้ดี เพราะมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินขนาดปานกลาง

ส่วนผสมของดินร่วนประกอบด้วย

1. แร่ธาตุ 45% โดยปริมาตร
2. อินทรียวัตถุ 5 %โดยปริมาตร
3. น้ำ 25% โดยปริมาตร
4. อากาศ 25%

แร่ธาตุและอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นส่วนที่เป็นของแข้งรวมกันเป็นครึ่งหนึ่งของของปริมาตรดินทั้งหมด ส่วนอีกครึ่งเป็นน้ำและอากาศที่บรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างดิน น้ำและอากาศในดินมีความสัมพันธุ์กันอย่างใกล้ชิดเพราะบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินอันเดียวกัน เมื่อมีน้ำมากน้ำที่จะไล่อากาศทำให้มีอากาศน้อยเมื่อมีน้ำน้อยอากาศก็จะเข้ามาแทนที่น้ำที่หายไป

รายการคำนวณน้ำหนักของดินที่ใช้ในการทดลองต่อ 1 ตรม.

จากขอบเขตงานวิจัยมุ่งศึกษาการแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาดาดฟ้าโดยใช้กระบะหญ้านั้น เรื่องน้ำหนักกระบะหญ้าและดินที่ใช้ปลูกเป็นข้อกำหนดมาใช้ในการพิจารณาความลึกเบื้องต้นด้วย จากข้อมูลกฎกระทรวงฉบับที่ 44 อ้างถึงน้ำหนักบรรทุกจรของหลังคาดาดฟ้าดังนี้

- ตึกแถวที่ใช้เพื่อพักอาศัยต้องออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกจรได้อย่างน้อย 200 กก./ตรม.
- ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ต้องออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกจรได้อย่างน้อย 300 กก/ตรม.

ดังนั้นน้ำหนักกระบะดินสามารถคำนวณได้ดังนี้

น้ำหนักกระบะ 1.3 kgs/กระบะ

การทดลอง น.น.ดินนั้นได้จากการนำดินสภาพปกติและสภาพอุ้มน้ำเป็นดินเปียกซึ่งจากการช่างน้ำหนัก/กระบะสามารถคำนวณน้ำหนัก/ตรม.ดังนี้

1 กระบะขนาด 0.36x0.55x0.146 ม.มีขนาด 0.198 ตรม. ดังนั้นกระบะ 5 กระบะจะได้เท่ากับ 1 ตรม.

น.น.ดินที่ชั่งได้คือ

ดินแห้งหนา 10 ซม.หนักเท่ากับ 7.5kg/กระบะ	= 37.5kg/ตรม.
ดินรดน้ำหนา 10 ซม.หนักเท่ากับ 11.2kg/กระบะ	= 56 kg/ตรม.
ดินแห้งหนา 14.6 ซม.หนักเท่ากับ 10.20kg/กระบะ	=51 kg/ตรม.
ดินรดน้ำหนา 14.60 ซม.หนักเท่ากับ 14.5kg/กระบะ	= 70 kg/ตรม.

ดังนั้นกระบะซึ่งรับ นน.ได้ 15 kg/กระบะสามารถรับ น.น.ของดินในสภาพอุ้มน้ำได้ การรับ น.น.ของโครงสร้างอาคารนั้นจากการน้ำหนักดินสูงสุดที่ชั่งได้ คือ 70kg ซึ่งอาคารที่หลังคารับ น.น. LL ได้ 100-200 kg/ตรม สามารถรับได้ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับอาคารได้หลากหลายมากขึ้น

ความต้องการน้ำของสนามหญ้า

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทุกขั้นตอนในการสังเคราะห์แสงหรือแม้แต่ลำเลียงอาหารจากดินทำให้หญ้าเขียวชอุ่มและมีภาพรวมอยู่ในสภาพคงที่ต้นหญ้าจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 80% นอกจากหญ้าจะนำน้ำไปเลี้ยงลำต้นโดยการดูดจากพื้นดินแล้ว ยังสามารถดูดน้ำจากอากาศด้วย แต่การดูดน้ำลักษณะนี้จะดูดน้ำได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ปริมาณน้ำที่อยู่ในดิน ตลอดจนอัตราการเจริญเติบโตของหญ้า ถ้าความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูง แดดจ้า ลมพัดจัดและความชื้นในดินสูง ก็จะทำให้หญ้าดูดน้ำได้ดีขึ้นในช่วงที่มีอากาศแห้งแล้ง อุณหภูมิสูง หญ้าจะต้องการน้ำมากขึ้นเนื่องจากจะมีการคายน้ำออกทางปากใบ

ปัจจัยควบคุมอัตราการรดน้ำ

การรดน้ำหรือให้น้ำนั้น ต้องพิจารณาและหลักการประหยัดที่จะไม่ให้หญ้าเสียหาย การให้น้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. สภาพของท้องฟ้าอากาศ
2. ชนิดของดิน
3. อัตราการซึมน้ำลงในดิน
4. ชนิดของหญ้า
5. โรคหญ้า
6. ขนาดของสนามหญ้า

1. สภาพท้องฟ้าอากาศ

สภาพท้องฟ้าไม่ว่าจะเป็น ความชื้น อุณหภูมิ แสงแดดย่อมมีผลต่อการคายน้ำของหญ้าและการระเหยน้ำจากพื้นดิน อันจะทำให้หญ้าต้องใช้น้ำมากขึ้นที่เราเห็นชัดคือฤดูแล้ง กรณีสภาพท้องฟ้ามีอุณหภูมิสูง ลมพัดแรง หญ้าต้องการน้ำมาก เนื่องมาจากการคายน้ำมาก ถ้าหญ้าขาดน้ำจะทำให้เฉาและตายไป ฉะนั้นต้องเพิ่มอัตราการรดน้ำให้สูง และเหมาะสม เช่นหญ้าแพรกและหญ้าเซนต์ออกัสตินจะต้องการน้ำวันละ 835ลิตร ต่อพื้นที่ 100 ตรม.ส่วนหญ้าที่อยู่ในร่มจะลดการใช้น้ำได้ถึง 50 % หรือกรณีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาก็ต้องให้น้ำเพิ่มขึ้น 1-2 %

2. ชนิดของดิน

เนื่องจากดินแต่ละชนิดทั้งดินทราย ดินร่วน ตลอดจนดินเหนียวมีคุณสมบัติแตกต่างกันซึ่งมีอัตราการซึมน้ำและอุ้มน้ำที่แตกต่างกัน

ดินทราย สามารถในการอุ้มน้ำร้อย 11-15 หรือ ½-3/4 นิ้วในหน้าดินหนา 6 มม.

ดินร่วน สามารถในการอุ้มน้ำร้อยละ 20 หรือลึก 1-1 1/2นิ้ว ในหน้าดินหนา 6 นิ้ว

ดินเหนียว สามารถในการอุ้มน้ำร้อยละ 30 หรือ 11/2-2 นิ้วในหน้าดินหนา 6 นิ้ว

ดังนั้นการให้น้ำต้องคำนึงถึงสภาพของดิน การให้น้ำบ่อย และมากเกินความจำเป็นนั้นทำให้เราสูญเสียน้ำและแร่ธาตุ กรณีให้น้ำน้อยเกินไปทำให้ดินมีความชื้นเฉพาะหน้าดิน รากก็จะเจริญอยู่ในระดับตื้นทำให้หญ้าไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร

อัตราการซึมของน้ำลงในดิน

อัตราการซึมน้ำนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของดิน พื้นสนามนั้นเป็นได้ทั้งดิน เหนียว ดินร่วน และดินทราย ที่มีความสามารถไหลซึมของน้ำลงสู่ชั้นดินล่างได้เร็วช้าแตกต่างกัน การรดน้ำจึงต้องพิจารณาอัตราการซึมน้ำต่อชั่วโมง ถ้าให้น้ำมากเกินซึมไม่ทำทำให้มีการท่วมขังบริเวณหน้าดินหรือผิวดิน จะเป็นอันตรายต่อหญ้าและสูญเสียแร่ธาตุ จึงได้นำความสามารถของการไหลซึมของน้ำในพื้นที่ต่างๆ มาเปรียบเทียบกันในอัตราการซึมของน้ำลึกเป็นนิ้ว ภายใน 1 ชั่วโมงดังตาราง

ชนิดของดิน	อัตราการซึมของน้ำ นิ้ว/ชั่วโมง		
	พื้นที่ราบ	พื้นที่ลาดเอียง	พื้นที่ลาดชัน
ดินทราย	1.00	0.50	0.30
ดินร่วนทราย	0.50	0.30	0.20
ดินร่วน	0.25	0.18	0.12
ดินร่วนเหนียว	0.15	0.10	0.07
ดินเหนียว	0.10	0.08	0.06

จากตารางนี้ทำให้เรามองเห็นว่า ดินที่มีอนุภาคหรือเม็ดดินหยาบ โปร่ง หลวม คือดินทราย ดินร่วนทราย มีอัตราการซึมของน้ำได้ดีกว่าดินชนิดอื่นๆ ส่วนดินเหนียวที่มีเม็ดดินเล็กช่องอากาศขนาดเล็กทำให้น้ำไหลซึมผ่านได้ช้า

4. ชนิดของหญ้า

หญ้าแต่ละชนิดมีอัตราการดูดน้ำและต้องการน้ำไม่เท่ากัน กรณีรากหญ้ายาวหยั่งลึกลงในพื้นดินจะดูดน้ำได้มากกว่ารากสั้น ส่วนหญ้ารากสั้นนั้นเราต้องรดน้ำให้บ่อยๆ เพื่อให้มีความชื้นพอเพียง ความต้องการหญ้าที่มีลักษณะอวบน้ำลำต้นใหญ่ ใบใหญ่ ที่ เช่นหญ้ามาเลเซีย เป็นพวกที่ต้องการน้ำมากถ้าหากขากน้ำหรือความชุ่มชื้นในดินไม่พอจะเริ่มเหี่ยวและเหลืองทันที

5. โรคหญ้า

โรคของหญ้าบางชนิดเกิดจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม คือมีอุณหภูมิสูง ความชื้นในดินสูงเนื่องจากน้ำขัง กรณีนี้ต้องลดการให้น้ำลง เพราะทำให้เชื้อโรคเจริญเติบโตได้เร็ว

6. ขนาดของสนามหญ้า

การรดน้ำให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสนามหญ้านั้น เราจะต้องพิจารณาถึงลักษณะของดินที่ปลูกหญ้า ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความลึกของดินที่น้ำซึมลง และปริมาณน้ำที่จะต้องใช้แต่ละครั้ง

สรุปหลักการคำนวณปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการรดน้ำหญ้า

จากข้อกำหนดในการออกแบบกระบะหญ้าคือ กระบะหญ้าความหนา 0.146 ซม.ใช้ดินร่วนเป็นดินซึ่งสามารถอุ้มน้ำหรือต้องการน้ำ ½-1 ½ นิ้วเพื่อให้ดินเปียกลงไปถึงระดับดินที่ความลึก 15 ซม. โดยสามารถคำนวณปริมาณน้ำต่อหนึ่งกระบะและหนึ่งตารางเมตรคือ

1 ปริมาตรน้ำที่ต้องใช้	1	=	2.5 ซม.
ขนาดกระบะ		=	0.196 ตรม.
ปริมาตรน้ำที่ใช้		=	(2.5 x 0.196)/100 ลบม.
		=	0.0049x1000 = 4.9 ลิตร
และต้องการที่ความลึกที่	1 ½ นิ้ว	=	3.75 ซม.
จากสูตรจะคำนวณได้		=	(3.75x0.196)/100=7.35ลิตร

ดังนั้นปริมาณน้ำที่เหมาะสมของการรดน้ำกระบะหญ้า 1 กระบะอยู่ระหว่าง 4.9 – 7.35 ลิตรและการดน้ำกระบะหญ้าขนาด 1 ตรม = 24.5 – 36.75 ลิตร

ปัจจัยควบคุมความถี่ในการดน้ำสนามหญ้า

การให้น้ำหญ้าบ่อย มีผลต่อการส่วนต่างๆ เช่นค่าใช้จ่าย แรงงาน สุขภาพของหญ้า รากหญ้าขาดออกซิเจนจากดินเปียกแฉะ มีโรคได้ปัจจัยในการควบคุมความถี่ในการให้น้ำที่ควรพิจารณามีดังนี้

1. ความลึกของรากหญ้า
2. อัตราการซึมน้ำของดิน
3. อัตราการระเหยของน้ำจากหญ้าและดิน ปัจจัยนี้เป็นส่วนสำคัญสำหรับประเทศไทยที่มีอากาศร้อน โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ดร.ทวีสุข แสงทวีสุข กล่าวว่าประเทศไทยมรอัตราการระเหยของน้ำในเดือนมิถุนายน-สิงหาคม ซึ่งเป็นฤดูร้อนคือจำนวน 0.30 นิ้วต่อวันหรืออาจสูงกว่า อัตราการระเหยของน้ำจากดินและหญ้า ถ้ามีมากก็ต้องรดน้ำมากขึ้นด้วยแต่ถ้าระเหยออกน้อยการรดน้ำก็ไม่ถี่มาก

ตารางที่ ผ.2 แสดงความถี่ของการให้น้ำตามอัตราการระเหยของน้ำแต่ละชนิด

อัตราการระเหยของน้ำจากหญ้าและดิน (น้ำระเหยนิ้ว / วัน)	ความถี่ของการรดน้ำ(วัน)		
	ดินทราย 0.30นิ้ว	ดินร่วน 0.75นิ้ว	ดินเหนียว 1 นิ้ว
0.10	3 วัน	7-8 วัน	10 วัน
0.20	1-2 วัน	3-4 วัน	5 วัน
0.30	ทุกวัน	1-2 วัน	2-3 วัน

สำหรับเมืองไทย ควรใช้อัตราการระเหยน้ำจำนวน 0.30 นิ้วต่อวัน เหมือนกับประเทศที่อยู่ในเขตอากาศร้อนอื่นๆ ดังนั้นถ้าเป็นดินทราย ก็ควรจะรดน้ำทุกวัน ส่วนดินเหนียว 2-3 วันต่อครั้ง

เวลาการรดน้ำ

การรดน้ำหญ้านอกจะช่วยให้ความชุ่มชื้น เพื่อให้น้ำแก่ต้นหญ้าโดยตรงแล้วยังช่วยชำระเศษหญ้าสำหรับเวลาการรดน้ำหญ้านั้น เราสามารถรดน้ำได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนถ้าหากพื้นสนามยังสมารถดูดซับน้ำไว้ได้ หรือเราพิจารณาเห็นว่าสนามหญ้ายังต้องการน้ำ อาจจะเป็นตอนเช้าๆ ก่อนที่จะออกไปทำงานหรือตอนเย็น อย่างไรก็ตามมีหลักวิทยาศาสตร์อธิบายถึงการรดน้ำเวลาต่างๆที่เหมาะสมดังนี้

1. อุณหภูมิในอากาศ ไม่ควรจะสูงเกินไป
2. ความชื้นควรจะสูง
3. ไม่ควรมีลมพัดมาก
4. ลักษณะการเหยียบย่ำถ้ามากเมื่อรดน้ำหญ้าและดินจะช้ำ
5. ลักษณะอาการของโรคหญ้า

เมื่อพิจารณาปัจจัยเหล่านี้แล้ว จึงควรเลือกเวลาการรดน้ำหญ้าตามความเหมาะสมดังนี้

1. การรดน้ำตอนเช้า จะช่วยให้น้ำที่เราอาจจะรดมากจนเกินความต้องการหรือน้ำที่เหลือได้ระเหยออกไป ขณะที่แสงแดดช่วยเผาตลอดทั้งวันทำให้สนามไม่เฉอะแฉะและไม้ทำให้เกิดโรค

2. การรดน้ำสนามหญ้าในตอนเย็น การรดน้ำตอนเย็นหรือตอนกลางวัน ถือว่าเป็นมาตราฐานที่ดี สำหรับสนามกอลฟ์และสนามทั่วๆ ไปเนื่องจากหลังการรดน้ำแล้วหญ้าจะไม่ถูกเหยียบย่ำทั้งคืน อย่างไรก็ตามการรดน้ำตอนกลางคืน อาจจะทำให้เกิดโรคหญ้าบางชนิดเนื่องจากน้ำที่ขังอยู่ตามใบหญ้าและความชื้นสูง ประกอบกับกลางคืนอุณหภูมิต่ำ น้ำระเหยออกน้อย เชื้อราจึงเจริญเติบโตได้เร็ว ดังนั้นการรดน้ำที่ดีควรจะรดน้ำในตอนเช้าและตอนบ่ายๆ มากกว่า เพื่อให้น้ำระเหยก่อนตะวันตกดิน

3. การรดน้ำในตอนกลางวัน เป็นการรดน้ำหญ้าในขณะที่แดดร้อน ระหว่างเวลา 13.00-14.00 น. เพื่อช่วยลดอุณหภูมิให้แก่หญ้าและพื้นดิน ช่วยให้หญ้าปรุงอาหารได้ดีขึ้น รากหญ้าจะขยายตัวเต็มที่การให้น้ำขณะแดดร้อนนี้อาจจะใช้ระบบสปริงเกอร์

หลักการรดน้ำหญ้า

ดังกล่าวมาแล้วว่าการรดน้ำหญ้าในตอนเช้า กลางวัน และเย็นนั้น ได้ตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพของหญ้า หลักการรดน้ำหญ้าที่ยึดถือเป็นแนวปฏิบัติคือ

1. การรดน้ำแต่ละครั้งต้องให้น้ำซึมลงไปในดินไม่น้อยกว่า 1 นิ้วจึงจะพอบริเวณรากหญ้า
2. ควรรดน้ำตามอัตราการซึมและความสามรถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด
3. ต้องพิจารณาความถี่และอัตราการรดน้ำ
4. การรดน้ำบ่อยทำให้ธาตุอาหารของดินถูกชะล้างทำให้ดินแน่น
5. การให้น้ำเพียงผิวหน้าดิน จะทำให้รากเจริญอยู่ในระดับตื้นและเป็นอัตรายได้ง่าย

6. ควรรดน้ำช้าๆ เพื่อให้ดินซึมลงในดินได้ลึก มีความชุ่มชื้นอยู่นามและไม่ต้องรดบ่อย
7. เลือกเวลาและวิธีการรดน้ำให้เหมาะสม

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปหลักการออกแบบปริมาณน้ำที่รดและเวลารดน้ำกระบะหญ้าที่เหมาะสมได้ดังนี้

1. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมของการรดน้ำกระบะหญ้า 1 กระบะอยู่ระหว่าง 4.9 – 7.35 ลิตร
2. เวลาในการรดน้ำแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วงเช้า (8.00 น.)ช่วงบ่าย (13.00น.-14.00น.)
3. รดน้ำโดยใช้การรดน้ำแบบพ่นฝอยเบาๆ
4. ความถี่การรดน้ำของดินร่วนคือ 1-2 วัน/ครั้ง
5. ปริมาณน้ำที่รดขึ้นอยู่กับสภาพอากาศนั้นๆด้วย

ประวัติผู้เขียน

นายริเริ่ม รังสิเวค เกิดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2520 จังหวัดปัตตานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัญฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลปีการศึกษา 2543 เข้าทำงานในบริษัท เบสท์ บิลเดอร์เฮาส์ และ บริษัทเอพลัสอี ในปี พ.ศ.2543 ปัจจุบันทำงานด้านงานออกแบบและที่ปรึกษาโครงการ บ้านโครงการ อาคารอยู่อาศัยรวมโรงงาน และ อื่นๆ