

การศึกษาประโยชน์ของหลังคาเขียวในประเทศไทย



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benefits of Green Roofs in Thailand



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของหลังคาเขียวในประเทศไทย

นางสาวจุฑารัตน์	สุวรรณรังษี	รหัสนักศึกษา	60015006
นายชาคริต	จัดครอง	รหัสนักศึกษา	60015011
นายธีรศักดิ์	สมแก้ว	รหัสนักศึกษา	60015028

.อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาตล คงสมบูรณ์

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จึงมีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นเพื่อปรับอุณหภูมิ ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองหลังคาเขียวเพื่อให้สามารถนำหลังคาเขียวมาปรับใช้ในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันสภาพอากาศประเทศไทย ฤดูร้อนมีสภาพอากาศร้อนอบอ้าว อุณหภูมิสูงถึง 40 องศา และฤดูฝนมีน้ำฝนที่ตกหนักจนทำให้น้ำระบายไม่ทันจึงทำให้เกิดการท่วมขัง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาหลังคาเขียวของต่างประเทศ ซึ่งในต่างประเทศได้นิยมใช้อย่างแพร่หลาย จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาความเหมาะสมสำหรับนำมาปรับใช้ในประเทศไทย เพื่อให้ตัวอาคารอยู่ในสภาวะสบาย โดยการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1. การประดิษฐ์แบบจำลองหลังคาเขียวและตัวอาคาร 2. การตรวจวัดอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกของตัวอาคาร 3. การตรวจวัดการดูดซึมของน้ำในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benefits of Green roofs in Thailand

Ms. Jutharat	Suwannarangsri	60015006
Mr. Chakrid	Jadkhong	60015011
Mr. Thirasak	somkeaw	60015028

Advisor

Assis.Prof.Dr. Thanadon Kongsomboon

Abstract

Because Thailand is located in a tropical climate. Therefore has a high temperature, air and humidity touching almost throughout the year Therefore, it is necessary to adjust the temperature inside the building to be in a comfortable state. This is the reason the electric power usage rate to adjust the weather more the committee conducted a study to develop a green roof to be deployed in Thailand. At present, the weather in Thailand in the hot season has a hot climate with temperatures up to 40 degrees. The rainy season has so much rain that causes the water to not drain, causing flooding. Therefore, the organizers have studied the green roofs of foreign countries which are widely used in other countries. Therefore studied and adapted in Thailand to keep the building in a comfortable state and help slow down the flow of rainwater from this research, there are 3 experiments which are 1. Invention of a green roof and building model 2. Measuring the temperature of buildings and changes. 3. Measure the absorption of water in the soil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย รวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษาโปรเจ็ค ผศ.ดร.ธนาตล คงสมบูรณ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนแนะแนวทางเพื่อให้ดำเนินการทั้งออกแบบและการให้คำแนะนำในการเก็บค่าตัวอย่างการทำการทดลอง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ดร. วิรุฬห์ คำชุม ซึ่งให้คำแนะนำในวิธีการเก็บค่าการทดลอง และซื้อชุดบรื่องและแก้ไขข้อผิดพลาดและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ นี้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำต่างๆ มาโดยตลอด เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยประสานงานครั้งนี้และอำนวยความสะดวกในการทำโปรเจ็คครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะข้อผิดพลาดให้นำไปแก้ไขให้ดีขึ้น พร้อมเป็นที่ปรึกษาและกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธาเสมอมา

จุฑารัตน์ สุวรรณรังษี

ชาคริต จัตครอง

ธีรศักดิ์ สมแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง-จ
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญกราฟ.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 วรรณกรรมและการศึกษาเกี่ยวข้อง.....	2
2.1 การถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคาร.....	2
2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อพลังงานในอาคาร.....	4
2.3 ลักษณะทางกายภาพของหลังคาเขียว.....	4
2.4 พื้นหลังคาคอนกรีต(Concrete slab).....	6
2.5 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes).....	6
2.6 แผ่นคอนกรีตกันทะเล (Concrete protective slab).....	7
2.7 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium).....	8
2.8 แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric).....	8
2.9 วัสดุปลูก (Planting media).....	9
2.10 วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch).....	10
2.11 พืชพันธุ์ (Plants and planting).....	11
2.12 วัสดุของกระบะปลูกต้นไม้.....	13
บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ.....	16
3.1 ขั้นตอนการทำงาน.....	16
3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
3.3 ขั้นตอนการเตรียมโมเดลแบบจำลอง.....	18
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองเพื่อทดลองเรื่องความร้อน.....	22
3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองเพื่อทดลองเรื่องฝนเทียม.....	23
3.4 ขั้นตอนการทดลอง.....	24
3.4.1 ขั้นตอนการทำฝนเทียมและทำการทดลอง.....	24
3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง.....	25
บทที่ 4 ชุดการทดลอง.....	27
4.1 ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา.....	27
4.1.1 การทดลองที่ 1.1 การศึกษาปริมาณความชื้นในดิน.....	27
4.2 ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร.....	28
4.2.1 การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน.....	28
4.2.2 การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา.....	28
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	32
บทที่ 6 สรุปผล.....	39
ข้อเสนอแนะ	
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผ่รังสีของดวงอาทิตย์.....	2
รูปที่ 2.2 แสดงการส่งผ่านความร้อนของวงอาทิตย์มายังผิวโลกในเวลากลางวัน.....	3
รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบชั้นต่างๆ จำนวน 9 ชั้นของสวณหลังคา.....	5
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองการทำฝนเทียม.....	24
รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทดลองการให้ความร้อน.....	25
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการทดลองให้ความร้อนแก่ตัวบ้านจำลอง.....	29
รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัดขวางให้เห็นถึงชั้นดิน และการจัดวางอุปกรณ์ภายใน.....	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 4.1 การทดลอง.....	26
ตารางที่ 1.1 ค่าความชื้นระหว่างวัน.....	30
ตารางที่ 3.1 อัตราการไหลเข้าของน้ำ.....	34
ตารางที่ 3.1.1 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้า.....	35
ตารางที่ 3.1.2 ค่าการทดลองของ ดินเปล่า.....	37
ตารางที่ 6.1 เปรียบอุณหภูมิภายในและภายนอกสูงสุด.....	40
ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก.....	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญกราฟ

เรื่อง	หน้า
กราฟที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับเวลา.....	30
กราฟที่ 5.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า.....	31
กราฟที่ 5.2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน.....	31
กราฟที่ 5.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของคอนกรีต.....	32
กราฟที่ 5.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของหญ้า.....	32
กราฟที่ 5.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของดิน.....	33
กราฟที่ 5.3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของคอนกรีต.....	33
กราฟที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....	34
กราฟที่ 5.4.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....	34
กราฟที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า.....	36
กราฟที่ 5.5.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า.....	36
กราฟที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน.....	37
กราฟที่ 5.6.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน.....	38
กราฟที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอก.....	39
กราฟที่ 6.1.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลา.....	39
กราฟที่ 6.2 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา.....	40
กราฟที่ 6.2.1 กราฟเปรียบเทียบค่า DF.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นจึงมีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการปรับอุณหภูมิภายในอาคารที่อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับสภาพอากาศเพิ่มขึ้น อีกทั้งอาคารในประเทศไทยส่วนมากนิยมก่อสร้างโดยใช้วัสดุที่มีความสามารถในการสะสมความร้อน อาทิ คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก โดยพฤติกรรมของของคอนกรีตจะสะสมความร้อนที่ได้รับอิทธิพลมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้ความร้อนค่อยๆ ถ่ายเทเข้าสู่ภายในตัวอาคารด้วยหลังการนำความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิผิวด้านในอาคารสูงขึ้นและมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิภายในอาคารและสภาวะสบายของผู้ใช้อาคาร

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยให้อุณหภูมิผิวด้านล่างหลังคาตาดฟ้า
2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้สวนหลังคา เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารผ่านทางหลังคาตาดฟ้าอาคาร
3. เพื่อศึกษาการกักเก็บน้ำในสวนหลังคาและอัตราการไหลเข้าออกของน้ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนระว่างหลังคา ตาดฟ้าที่ไม่มี ความลาดชัน กับหลังคาที่มีสวนหลังคาปกคลุม
2. ศึกษาอิทธิพลของความชื้นภายในดิน อิทธิพลของสภาพผิวดิน อิทธิพลของสภาพแวดล้อมเนื้อดิน และอิทธิพล การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
3. การศึกษาการใช้พืชพันธุ์ ในการทดสอบ
4. ทำการศึกษาพฤติกรรมถ่ายเทความร้อน ผ่านทางวัสดุทดลองที่ความลึกใต้หลังคาและในตัวอาคาร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทำให้อุณหภูมิในบ้านลดลง
- 2) ช่วยชะลอน้ำฝนในตอนที่ฝนตกหนัก
- 3) เป็นฉนวนกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

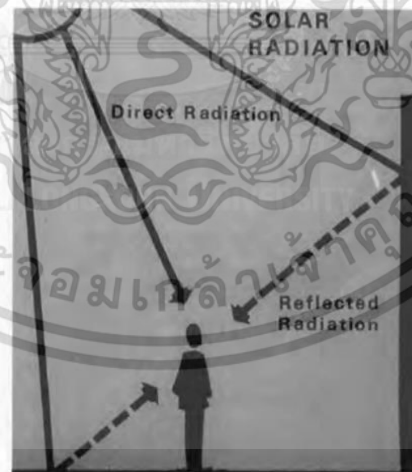
วรรณกรรมและการศึกษาเกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคาร

หลักการศึกษพบว่า การถ่ายเทรังสีความร้อนที่มีผลต่ออาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. รังสีคลื่นสั้นโดยตรงจากอาทิตย์ (Direct Radiation)
2. รังสีคลื่นสั้นที่กระจายจากท้องฟ้า (Diffused Radiation)
3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม (Reflected Radiation)

เมื่อวัสดุได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ วัสดุนั้นๆ จะมีการสะสมความร้อนไว้จนอุณหภูมิถึงระดับหนึ่งก็จะถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เช่น หลังคาเมื่อถูกแสงแดดจะมีการเปลี่ยนจากรังสีคลื่นสั้นเป็นรังสีคลื่นยาวจะมีพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวหลังคาและมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า



รูปที่ 2.1 แสดงแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

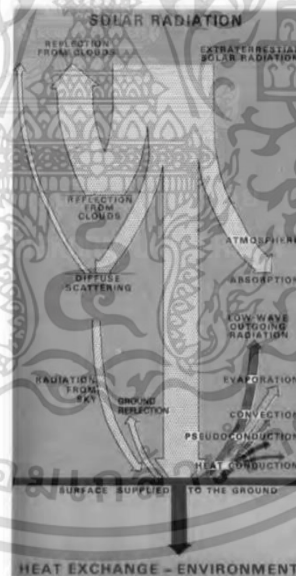
ที่มา : Robinette, G., Plant/People/and Enironmental Quality.,U.S. Department of the Interior,National park Service,Washington, D.C., 1972., pp 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับจะต้องมีความสมดุลกับปริมาณความร้อนที่โลกสูญเสียไปเพื่อให้ อุณหภูมิของโลกและชั้นบรรยากาศมีความเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งการลดปริมาณความร้อนบนผิวโลกมี 3 วิธีดังนี้

1. Long Wave Radiation Heat Exchange คือ การส่งผ่านความร้อนจากผิวโลกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในรูปร่างคลื่นยาวไปสู่ชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า
2. Evaporation คือ การสูญเสียความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการกลายเป็นไอของน้ำ
3. Convection คือการพาความร้อนเกินจากการที่อากาศที่ได้รับความร้อนจากผิวโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและลอยตัวขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

ในส่วนกลางคืน การส่งผ่านความร้อนจะเคลื่อนตัวกลับคืนสู่ท้องฟ้าที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นผิวโลกจึงเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยมีการส่งผ่านความร้อนที่สะสมอยู่จากพื้นดินออกสู่ท้องฟ้า โดยพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนนี้มีทั้งการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน และการระเหยของน้ำของพืชปกคลุมดิน



รูปที่ 2.2 แสดงการส่งผ่านความร้อนของวงอาทิตย์มายังผิวโลกในเวลากลางวัน

ที่มา : Robinette, G., Plant/People/and Enironmental Quality.,U.S. Department of the Interior,National park Service,Washington, D.C., 1972., pp 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อพลังงานในอาคาร

คุณสมบัติต่างๆของวัสดุต่างๆที่มีผลต่อพลังงานในอาคารนั้นหลักๆ แล้วจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (ASHRAE Handbook Fundamental, 1997) คือ

ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity, k) เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัสดุที่มีความสำคัญมากในการได้รับหรือสูญเสียความร้อนของผนังภายนอกอาคาร เป็นอัตราส่วนการถ่ายเทความร้อนของวัสดุของจำนวนความร้อนส่งผ่านวัสดุ 1 ตร.ฟุต หน้า 1 นิ้ว ทำให้อุณหภูมิลดลง 1°F

ความหนาแน่น (density) โดยปกติวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ วัสดุที่นำความร้อนได้ดีจะมีความหนาแน่นสูง

ค่าความจุความร้อน (specific heat / thermal capacity) คือ ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของวัสดุ วัสดุที่มีความร้อนสูงเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ คุณสมบัตินี้จะมีผลต่ออุณหภูมิผิว (surface temperature) และสภาวะน่าสบายของมนุษย์

คุณสมบัติในการหน่วงความร้อน (thermal inertia) คือ การยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาในตัววัสดุช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่จะเพิ่มมากขึ้นตามความหนาของผนัง เช่น อาคารก่ออิฐในสมัยโบราณที่ผนังหนามาก มีมวลมาก สามารถช่วยหน่วงได้ในช่วงเวลากลางวันที่อากาศร้อน และถ่ายเทความร้อนออกไปในบรรยากาศในช่วงเวลากลางคืน

คุณสมบัติต้านทานความร้อน (thermal resistance) วัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการต้านความร้อนที่แตกต่างกันออกไป

วัสดุประเภทที่ทำหน้าที่เป็นฉนวน เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย ประกอบโพรงอากาศเล็กๆเป็นจำนวนมาก โดยโพรงอากาศเหล่านี้จะดักความร้อนให้อยู่ภายในโพรงอากาศทำให้ความร้อนถ่ายเทให้อาคารน้อยลง

วัสดุประเภทที่มีคุณสมบัติด้านการแผ่รังสีความร้อน หรือสะท้อนรังสีความร้อนกลับ เป็นวัสดุผิวมันวาวจากคุณสมบัติของวัสดุดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่าแต่ละคุณสมบัติของวัสดุมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร ทำให้เกิดภาวะการทำความเย็นและส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารในช่วงเวลาต่างๆ

2.3 ลักษณะทางกายภาพของหลังคาเขียว

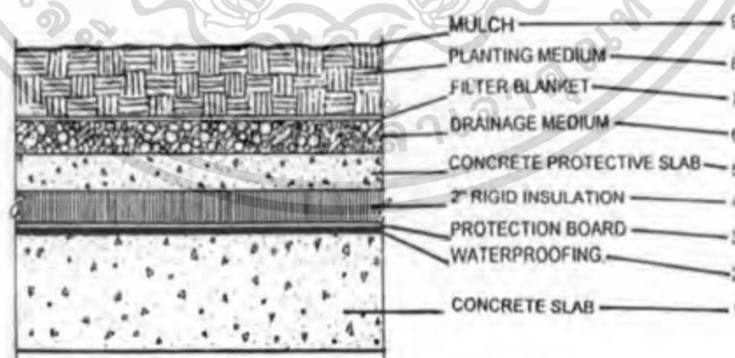
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาเขียว หรือ green roof นั้นโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ (Christopher G.Wark and Wendy W.Wark, 2003) คือ

1. สวนหลังคาแบบที่ใช้งาน (intensive green roof) คือ หลังคาเขียวที่มีความลึกของชั้นดินและวัสดุต่างๆรวม 30 ซม.ขึ้นไป โดยทั่วไปจะนิยมปลูกไม้ต้น (Tree) เพื่อให้ ความร่มรื่นและสามารถเข้าไปใช้พักผ่อนได้ โดยทั่วไปจะนิยมเรียกว่าสวนหลังคา (roof garden) ซึ่งจะมีค่าก่อสร้างที่แพงและเสียค่าบำรุงรักษาตามขนาดของสวน น้ำหนักต่อ ตร.ม. มาก ขึ้นอยู่กับพืชพรรณและความหนาของชั้นวัสดุปลูกและอื่นๆ การก่อสร้างควรคำนวณการรับน้ำหนัก โครงสร้างเพื่อเรื่องพวกนี้ไว้แล้วก่อนการทำ

2. สวนหลังคาแบบไม่ใช้งาน(extensive green roof) คือ หลังคาเขียวที่มีความลึกของชั้นดินและวัสดุต่างๆรวมไม่เกิน 20-30 ซม. ปกติจะนิยมปลูกพืชคลุมดิน หรือพืชล้ม ต้นเดี่ยวๆ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้) บางที่นิยมปลูกพืชสวนครัวและพืชสมุนไพร สามารถนำไปใช้ เป็นอาหารได้ ไม่จำเป็นต้องคำนวณเพื่อเรื่องของโครงสร้างเพราะโครงสร้างของหลังคาเขียว แบบนี้มีน้ำหนักเบา ก่อสร้างง่าย การบำรุงรักษาต่ำ หลังคาเขียวแบบนี้มีการเรียกหลายอย่าง เช่น อีโครูฟ(eco roof) เป็นแบบที่ทางอเมริกันนิยมเรียก บราวน์รูฟ(brown roof) คือ สวน หลังคาชนิดหนึ่งที่ไม่มีการปลูกพืช แต่ว่ามีชั้นดินอยู่โดยที่ปล่อยให้พืชขึ้นเองตามธรรมชาติ

การก่อสร้างสวนหลังคานั้น Charles W.Harris, Nicholas T.Dine (1995) และ Theodore Osmundson (1999) ได้อธิบายสอดคล้องกันว่าหลักการเบื้องต้นของการ ก่อสร้างสวนหลังคา คือ ต้องมีความมั่นคงแข็งแรง (integrity) และต้องป้องกันน้ำซึม (waterproofing) ดังนั้นลักษณะการก่อสร้างสวนหลังคาจึงมีความแตกต่างกับสวนระดับพื้นดิน ทั่วไป คือ จะมีชั้น (layer) ขององค์ประกอบที่ทำหน้าที่แตกต่างกันหลายชั้นซึ่งสามารถแบ่งเป็น 9 ชั้นหลัก อันประกอบไปด้วย



รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบชั้นต่างๆ จำนวน 9 ชั้นของสวนหลังคา

ที่มา : Theodore Osmundson. Roof Garden History Design and Construction New York: W.W. Norton & Company, 1999., pp 153.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete slab)

โดยปกติอาคารทั่วไปที่ไม่มีสวนหลังคาหรือไม่ต้องรับน้ำหนักสิ่งใดเป็นพิเศษสามารถรับการถ่ายน้ำหนักที่ 200-400 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่หากเป็นอาคารที่ต้องการมีสวนหลังคาประเภท intensive roof garden การรับน้ำหนักของพื้นสวน ควรอยู่ที่ 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหรือมากกว่านั้น ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เหมาะสมและง่ายต่อการออกแบบสวนบนหลังคาทั้งด้านการออกแบบรองรับอุปกรณ์ตกแต่ง (furnishing) และคนจำนวนมากๆ พื้นหลังคาคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับทำสวนหลังคามักเป็นระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete slab) ประเภทเสาและคาน (Post & Lintel) ซึ่งสามารถรับน้ำหนักวัสดุงานสวน เช่น ต้นไม้ใหญ่ วัสดุปลูก ประติมากรรมได้ดีเพราะมีคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่สามารถทำให้มีขนาดใหญ่และลึกมากกว่าปกติซึ่งป้องกันการแอ่นตัวคานท้องข้างของพื้นได้ดีกว่าพื้นระบบอื่น แต่หากพื้นคานฟ้า (Concrete slab) ที่รองรับสวนหลังคาเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete slab) ประเภทเสาและคาน (Post & Lintel) ที่ต้องรับน้ำหนักงานสวนมากเป็นพิเศษ เช่น มีต้นไม้ใหญ่หรือวัตถุที่มีน้ำหนักมากๆ การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กก็ควร วางตัวถี่มากกว่าปกติเพื่อป้องกันพื้นคอนกรีตของสวนหลังคาแอ่นเป็นกระเพาะ วิธีนี้มีประโยชน์คือ สามารถจัดวางต้นไม้ใหญ่ปลูก ให้อยู่เป็นกลุ่มก้อนได้มากกว่า หรือจัดวางอย่างไรก็ได้แลดูมีความเป็นธรรมชาติมากขึ้น ทำให้ตำแหน่งของต้นไม้ใหญ่วางปุ้ได้ทั่ว พื้นที่สวน โดยไม่จำเป็นต้องวางอยู่ตรงหัวเสาหรือในแนวคานเท่านั้น และมีความง่ายมากขึ้นต่อการออกแบบของผู้ออกแบบสวน หรือภูมิสถาปนิก

2.5 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)

วัสดุกันน้ำซึมของงานสวนหลังคาเป็นวัสดุทำหน้าที่ป้องกันน้ำซึมลงสู่พื้นคอนกรีตด้านล่างโดยคุณสมบัติที่ดีของวัสดุกันน้ำซึม คือ ควรมีความทนทาน สามารถต้านการกระแทกจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ได้ดีไม่มีฉีกขาดหรือเปื่อยง่าย ยืดหยุ่นได้บ้าง ป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดีมีอายุการใช้งานยาวนาน ปราศจากการซ่อมแซมบ่อยครั้ง หรือควรทนทานถาวรเหมือนอายุการใช้งานของอาคาร ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทนสภาพการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิและ ชั้นบรรยากาศ (atmospheric) ยืดหยุ่นทนทานต่อการเคลื่อนของจตุรรอยต่อของโครงสร้างอาคาร (construction joints) ป้องกันการกัดกินจากแมลง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีวัสดุกันน้ำซึมมีรูปแบบหลากหลายคือ

1) วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น (Single-ply roof membranes) แบบแผ่นปูทั่วพื้นที่สวนสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมได้แต่ต้อง ระวังช่วงรอยต่อของแต่ละแผ่น หากต่อเชื่อมไม่ดีอาจมีปัญหาการรั่วซึมบริเวณนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดทาทั่วพื้นที่สวน ซึ่งสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมได้แต่การ ใช้ระบบแบบนี้จะใช้เวลาการปฏิบัติงานนานกว่าแบบอื่น

3) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดพ่นทั่วพื้นที่สวน ซึ่งสามารถป้องกันน้ำรั่วซึมและมี ความรวดเร็วในการปฏิบัติงานมากกว่า รูปแบบนี้จะขจัดปัญหาในเรื่องของรอยต่อ (joints) หรือพื้นที่ที่ยุงยากซิกแซ็ก และสามารถขจัดปัญหาการซึมของน้ำเข้ารอยเชื่อมระหว่างพื้นอาคารแนวราบกับโครงสร้างที่เป็นแนวตั้ง (vertical structures) หรือ ตามมุมได้ดีเช่น กระจ่างต้นไม้แบบยกสูง (raised planter beds) และขอบของวัสดุกันน้ำซึมนี้จะถูกผนึกติดแน่นเป็นอย่างดีกับ ส่วนผนังของกระจ่างต้นไม้

4) น้ำยากันซึม (Water proofer).เป็นการผสมน้ำยากันซึมลงไปเป็นส่วนผสมของคอนกรีต ถ้ามีเนื้อคอนกรีต สม่่าเสมอที่ตีก็จะมีความสามารถป้องกันการซึมของน้ำได้ดีแต่ต้องเข้าใจหลักการใช้น้ำยากันซึม คือ

- 4.1) น้ำยากันซึมไม่ได้ทำหน้าที่ "อุดรู" เพื่อไม่ให้น้ำซึมผ่านคอนกรีต
- 4.2) น้ำยากันซึมทำหน้าที่ให้ "คอนกรีตเหลวตัว" เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวจนมีรูโพรงในคอนกรีตน้อยลง
- 4.3) น้ำยากันซึมต้อง "ผสมกับน้ำก่อน" แล้วจึงเอาน้ำนั้นไปผสมคอนกรีต
- 4.4) ถ้าใส่น้ำยากันซึมไปตอนไม่คอนกรีตที่ผสมน้ำแล้ว "น้ำยากันซึมจะไม่กระจายตัว" ไปทั่วมวลคอนกรีต
- 4.5) ถ้าน้ำยากันซึม "อยู่เป็นจุดๆในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตตรงนั้นไม่แข็งตัว"
- 4.6) ถ้าผสมน้ำยากันซึมมากเกินไปแม้จะถูกวิธีก็จะทำให้ "คอนกรีตไม่แข็งตัว" จะเสื่อมสภาพ
- 4.7) การใช้น้ำยากันซึมต้องอ่าน spec การใช้ก่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง "อัตราส่วนน้ำต่อคอนกรีต"ว่าเป็นเท่าไร ถ้าหากสวนหลังคามีหลุมปลูกหรือกระบะปลูกที่ใช้น้ำยากันซึม (Water proofer) เป็นส่วนผสมในตัวคอนกรีตแล้วก็ไม่มี ความ จำเป็นต้องใช้วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น แบบพ่น และแบบทา แล้วก็ได้หากมีการผสมที่ดีถูกต้องจริงๆ และไม่จำเป็นต้องมีแผ่นคอนกรีต กันทะลุ (Concrete protective slab) ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.6 แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab)

แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protection slab) มีหน้าที่เป็นตัวขวางกันป้องกันวัสดุของชั้นระบายน้ำเช่น เศษหิน เศษอิฐ เข้ามาปนกับวัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ซึ่งอาจมีผลให้วัสดุกันน้ำซึมฉีกขาดเสียหายได้และป้องกันการ แทรกทะลุของรากพืชชั้นวัสดุกันน้ำซึมที่จะมีผลกระทบให้น้ำซึมลงด้านล่างได้มากขึ้นเกิดการรั่วลงพื้นชั้นล่าง แผ่นคอนกรีตกัน ทะลุนี้มักหล่อให้เป็นผิวเรียบหนาประมาณ 6.5-10.0 เซนติเมตร มีความลาดเอียง (slope) เล็กน้อยประมาณ 0.5 เซนติเมตร/ฟุต เพื่อการระบายน้ำสามารถไหลไปยังจุดระบายน้ำ (drainage) จุดเดียวไม่กระจายไปทั่วพื้นที่ ผิวคอนกรีตพวกนี้อาจมีการ แตกร้าวหากโดนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดเวลาระหว่างความร้อนและความเย็น แต่เนื่องจากแผ่นคอนกรีตกันทะลุนี้มัก ถูกปกคลุมด้วยวัสดุอื่นๆอีก ที่อยู่ชั้นบนต่อไป เช่น ดินปลูก เศษพืชและต้นพืช ทำให้คอนกรีตส่วนนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการ เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังกล่าว

2.7 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)

ชั้นระบายน้ำทำหน้าที่ให้น้ำจากน้ำฝนและน้ำที่ให้แก่พืชได้หลุมปลูกมีการไหลของน้ำที่คล่องตัว ซึ่งควรมีลักษณะเป็นรู พรุนหรือเป็นโพรงจำนวนมากๆ เพื่อการไหลของน้ำที่ดีและชั้นระบายน้ำนี้จะต่อเชื่อมกับระบบระบายน้ำ คือ ท่อระบายน้ำได้ หลุมปลูกติดตั้งอยู่ในชั้นระบายน้ำนี้วัสดุที่นิยมใช้ในชั้นระบายน้ำที่นิยมใช้คือ ก้อนกรวด พวกเศษอิฐ เศษหิน เศษกระเบื้องแตก ซึ่งมีความสามารถในการระบายน้ำได้มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย นอกจากนี้มีการผลิตทำชั้นระบายน้ำเป็นแบบพลาสติกกระบายน้ำที่ ชื่อว่า Grass-cell ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่าช่วยลดการรับน้ำหนักของโครงสร้างของพื้นสวนหลังคาได้เป็นอย่างดีและมีความสามารถในการระบายน้ำที่ดีมาก แต่แผงระบายน้ำพลาสติก Grass-cell หาซื้อค่อนข้างยากในเมืองไทย เพราะไม่มี โรงงานผลิต ต้องมีการนำเข้าทำให้มีราคาสูง เช่น กลาสเซลล์ในชื่อแผงพลาสติกกระบายน้ำแบบรวงผึ้ง (Plastic Honeycomb Drainage Board) ทำจากพลาสติกอัดแรงสูง (high-impact plastic) ซึ่งทำโครงสร้างเหมือนรวงผึ้ง (honeycomb) เป็นตาราง หลุมหกมุมหกเหลี่ยม (hexagon) ความยาวต่อหนึ่งแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสคือ 30.5x30.5 เซนติเมตร มีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย สามารถรับน้ำหนักจากด้านบน เช่น ดิน ต้นไม้คน อุปกรณ์อื่นๆได้ดีมีน้ำหนักที่เบา ทำให้สามารถ ประหยัดค่าใช้จ่ายของการรับน้ำหนักของโครงสร้างได้การติดตั้งและตัดต่อทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต มั่นคงถาวร ใช้งานยาวนาน ปราศจากการซ่อมแซม มีประสิทธิภาพในการระบายน้ำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)

แผ่นใยกรองดินทำหน้าที่ในการป้องกันผงดินละเอียดผ่านเข้าสู่ชั้นระบายน้ำอันจะส่งผลให้เกิดการอุดตันของท่อระบาย น้ำและดินถูกชะล้างออกไปเรื่อยๆ คุณสมบัติที่ดีของแผ่นใยกรองคือ ควรจะมีรูพรุนขนาดเล็กมากๆที่สามารถป้องกันการชะล้างเศษ ผงของดินหรือวัสดุปลูกได้ดีแต่สามารถให้น้ำไหลแทรกซึมผ่านออกมาได้เป็นอิสระ ไม่ทำให้น้ำขัง น้ำหนักเบา ง่ายต่อการขนส่ง ติดตั้งง่ายสะดวกรวดเร็ว ปลอดภัยจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต มีความคงทนแข็งแรงไม่ฉีกขาดง่ายจากการรับน้ำหนักของวัสดุปลูก และไม่เน่าเปื่อยง่ายจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรวมทั้งความชื้น รูปแบบแผ่นใยกรองดินที่นิยมใช้ เช่น

1) แผ่นใยกรองดินแบบตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกซ้อนกัน มีราคาถูกมากแต่ประสิทธิภาพปานกลาง ซึ่งมีความสามารถการซึมของน้ำได้แต่ผงดินขนาดเล็กอาจมีโอกาสเล็ดลอดได้ เช่นกันและตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกอาจถูกเศษดินเกาะอยู่ตามรูของตาข่าย ซึ่งมีผลให้น้ำระบายได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนราคาถูกกว่าและหาซื้อได้ง่ายกว่า จึงกลายเป็นที่นิยมของสวนหลังคาหลายแห่ง ดังนั้น การใช้จึงต้องมีการซ้อนประกบกันหลายชั้นเมื่อใช้งาน แต่ก็ยังคงมีโอกาที่ผงดินเล็กๆ อาจมีไหลหลุดออกมาได้บ้าง การใช้ รูปแบบนี้จึงต้องพึงระวังข้อเสียนี้ด้วย

2) แผ่นใยกรองดินแบบผ้าที่เรียกว่าจีโอเทคไทล์ (Geotextile) ซึ่งมีความสามารถการซึมของน้ำได้ดีโดยไม่ทำให้น้ำไหล ผ่านได้มีหลายแบบ เช่น เอนก้าเดรน (Enkadrain) ถูกทำเป็นผืนจากเส้นด้ายพลาสติกสังเคราะห์หยาบๆที่เป็นฝอยอิสระ มีความหนาที่แน่นอน เป็นม้วนประมาณ 30.5 เมตร มีความสามารถในการไหลผ่านของน้ำได้ในขณะที่สามารถป้องกันดินหรือวัสดุปลูก ไหลออกได้เป็นอย่างดี แต่มีราคาสูง และอีกแบบคือ แผ่นจีโอเทค (Geotech) แบบนี้มีลักษณะคล้ายขนมกระยาสาต (caramel corn) ประกอบด้วยเม็ดโพลีสไตรีนแม่กว้าง (expanded polystyrene beads) ที่เชื่อมเป็นแผ่นด้วยกาวแอสฟัลท์ขนาดผืน ประมาณ 1.20 x 1.20 เมตร มีความหนาหลายขนาด มีความสามารถในการไหลผ่านของน้ำได้ในขณะที่สามารถป้องกันดินหรือ วัสดุปลูกไหลออกได้เป็นอย่างดีแต่มีราคาสูง แต่ปัจจุบันมีแผ่นใยกรองดินที่เป็นผืนผ้าสีครีมหรือสีเทาผลิตขึ้นมาเพื่อการใช้งานที่ ง่ายและราคาไม่สูงมาก สามารถม้วนห่อหุ้ม ตามรูปทรงที่ต้องการได้ดีและยังคงสามารถป้องกันดินหรือวัสดุปลูกไหลออกได้ เป็นอย่างดี

2.9 วัสดุปลูก (Planting media)

วัสดุปลูกทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของรากพืชและการเจริญเติบโตของพืช คุณลักษณะที่ดีของวัสดุปลูกสำหรับสวนหลังคา คือ แข็งแรงทนทาน น้ำหนักเบา ระบายน้ำได้ดีมีความชื้นแต่ไม่เปียก มีอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาวนาน ยึดธาตุอาหารได้ดีไม่เกาะตัวกันแน่น และ ไม่เป็นผงเล็กเกินที่อาจถูกชะล้างได้วัสดุปลูกที่นิยมสำหรับงานสวนหลังคา ได้แก่

1) การใช้วัสดุปลูกประกอบด้วย ดินผสมเปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ทราย เพราะสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารและยึดเกาะ ของต้นพืชได้ระบายน้ำได้ดีราคาถูกสามารถหาได้ง่าย

2) วัสดุปลูกสังเคราะห์เช่น เม็ดโกล่า (Leca) ดินเม็ดไดอโตแมเชียร์ท (Diatomaceous earth) ดินไอโซไลท์ (Isolite) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เทคโนฟลอร์ (Technoflor) ดินปลูกกรอดแดน (Grodan planting medium) เป็นต้น วัสดุปลูกเหล่านี้เป็นระบบสำเร็จรูปสามารถนำพืชปลูกได้ทันที นอกจากนี้ในบางครั้ง หลุมปลูกหรือกระบะปลูกอาจมีความลึกมากเกินไปจนจำเป็น จึงมีวิธีการเพิ่มระดับความสูงให้แก่วัสดุปลูกได้หลายวิธีเช่น

2.1) การใช้สไตรโฟมหนุนด้านล่าง ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้ปริมาณวัสดุปลูกให้น้อยลงลดค่าใช้จ่ายของวัสดุปลูก การรับ น้ำหนักของโครงสร้างพื้นสวนหลังคาไม่ต้องรับน้ำหนักมากเกินไปเหมาะสำหรับการหนุนกับดินปลูกที่ปลูกต้นไม้ขนาดเล็ก ซึ่งไม่ แนะนำให้ไปรองรับดินปลูกที่ปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่เพราะอาจมีโอกาสทำให้พืชล้มโค่นได้เพราะการหยั่งลึกของรากมีได้น้อยกว่า

3. ดิน (Soil) คือ วัสดุธรรมชาติที่เกิดจากการแปรสภาพทางกายภาพและทาง เคมีของหิน และแร่ธาตุต่าง ๆ รวมตัวกับอินทรีย์วัตถุ ที่สลายตัวจากซากพืชและซากสัตว์ ทั้งนี้ ประเภทของดินที่สามารถปลูกพืชได้นั้นอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

3.1 ดินเหนียว (Clay) คือ ดินที่มีเนื้อละเอียดที่สุด ยึดหยุ่นเมื่อเปียกน้ำ เหนียวติดมือปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ พังทลายได้ยาก การอุ้มน้ำดี จับยึดและ แลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ค่อนข้างสูงจึงมีธาตุอาหารพืชอยู่มาก เหมาะที่จะใช้ปลูกข้าวนาดำ เพราะเก็บน้ำได้นาน

3.2 ดินทราย (Sand) เป็นดินที่เกาะตัวกันไม่แน่น ระบายน้ำและอากาศได้ดี มาก อุ้มน้ำได้น้อย พังทลายง่าย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพราะความสามารถในการจับยึดธาตุ อาหารมีน้อย พืชที่ขึ้นอยู่ในบริเวณดินทรายจึงขาดน้ำและธาตุอาหารได้ง่าย

3.3 ดินร่วน (Loam) คือ ดินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ยึดหยุ่นพอควร ระบายน้ำได้ดีปานกลาง มีแร่ธาตุอาหารพืชมากกว่าดินทราย เหมาะสำหรับใช้เพาะปลูก ดิน ร่วนที่แท้จริงมักไม่ค่อยพบในธรรมชาติ แต่จะพบพวกที่มีเนื้อดินใกล้เคียงเสียเป็นส่วนใหญ่

3.4 ดินปลูก (Planting media) คือ การที่ใช้ดินร่วนผสมเปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ทราย เพราะสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารและยึดเกาะของต้นพืชได้ ระบายน้ำได้ดี ราคาถูกสามารถหา

ได้ง่าย และนอกจากนี้แล้วดินปลูกนั้นเป็นดินที่นิยมใช้สำหรับสวนหลังคา ในกรุงเทพมหานคร ด้วย(เพชร เลิศปิติวัฒนา, 2547)

2.10 วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)

โดยปกติควรให้ความหนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร ซึ่งเป็นตัวป้องกันความร้อน ความเย็นของอากาศได้ป้องกันการ เกิดน้ำแข็งเกาะที่รากพืชและเป็นตัวช่วยรักษาความชื้นไว้ในดินปลูก ตลอดจนสามารถสร้างความรู้สึกดูเป็นธรรมชาติมากขึ้น วัสดุ ปิดผิวนี้มักเป็นพวกเปลือกไม้หรือเศษใบไม้หากนานวันไปวัสดุปิดผิวนี้อาจมีการเน่าเปื่อยลงซึ่งสามารถขุดเขยการสูญเสียดินปลูก ที่อยู่ชั้นล่างได้ชั้นวัสดุปิดผิว ไม่ควรใช้วัสดุที่มีความแข็งปราศจากการย่อยสลาย เช่น หินสีหรือก้อนกรวด เป็นต้น เพราะไม่ สามารถย่อยสลายกลายเป็นดินได้

ทั้งนี้ทั้งนั้นแล้วสวนหลังคา หากไม่มีพืชพรรณต่างๆมาประกอบอยู่ด้วยก็มีอาจ เป็นสวนหลังคาได้ ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งประเภทของพืชพรรณด้วยจึงจะสามารถจำแนก ลักษณะของพืชพรรณที่จะ นำมาใช้กับสวนหลังคาได้อย่างเหมาะสม การจำแนกประเภทของ พืชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง นั้น จะจำแนกตามลักษณะนิสัยในการเจริญเติบโตของ พืช ในส่วนของลำต้นและทรงพุ่มซึ่งจะเป็นส่วนที่ เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนที่สุดของพืชพรรณ (อังสนา บุญโยภาส, 2545: 6) ซึ่งการจำแนกนี้แบ่งพืช พรรณออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

ไม้ยืนต้น (tree) หมายถึง ไม้ยืนต้นที่มีลำต้นแข็งแรง แตกกิ่งก้านสาขาใน ระดับที่สูงจาก พื้นดินค่อนข้างมาก โดยปกติแล้วจะมีลำต้น(trunk) เพียงต้นเดียว ไม้ยืนต้นจะ ช่วยให้ร่มเงาแก่ พื้นที่นั้นๆ ช่วยบังสายตาและใช้ในการควบคุมหรือบังคับทิศทางลมได้

ไม้พุ่ม (shrub) หมายถึง ไม้ที่มีลำต้นแข็งแรง มักจะมีลำต้นขนาดเล็กหลายๆ ลำแตก กิ่งก้านสาขาในระดับที่ใกล้ผิวดินไม่สูงเหมือนไม้ยืนต้น ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีเนื้อไม้ ไม้ พุ่มนั้น นิยมปลูกเพื่อเป็นแนวรั้วหรือเพื่อแสดงอาณาเขต

ไม้เลื้อย (climbers) หมายถึง พืชที่มีลำต้นไม่อาจตั้งตรงได้ด้วยตัวเอง ต้อง อาศัยการ พาดพื้นหรือเกาะเกี่ยวกับหลัก ไม้เลื้อยมีทั้งที่เป็นพวกไม่มีเนื้อไม้และพวกมีเนื้อไม้ ไม้เลื้อยนิยม ปลูกเกาะกับระแนงหรือโครงไม้เพื่อใช้เป็นประโยชน์เป็นรั้วบังให้เกิดร่มเงาหรือ แบ่งแยกพื้นที่ให้ เกิดความเป็นส่วนตัว

ไม้คลุมดิน หรือ พืชปกคลุมดิน (ground cover) หมายถึง พืชที่มีลำต้นเตี้ย ใกล้ดิน ซึ่ง โดยส่วนใหญ่จะสูงไม่เกิน 30 เซนติเมตรจากผิวดิน มีการเจริญเติบโตที่แผ่ไป ทางด้านข้าง มากกว่าการเจริญเติบโตในทางสูง ไม้คลุมดินนั้นมักจะใช้ปลูกเพื่อคลุมพื้นที่หรือ ตกแต่งพื้นที่ให้

เกิดความสวยงาม ช่วยลดการกัดเซาะและพังทลายของหน้าดิน รวมถึงช่วย รักษาความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินไว้ด้วย

2.11 พืชพันธุ์ (Plants and planting)

ข้อพิจารณาเพื่อการเลือกพืชพันธุ์สำหรับสวนหลังคา ควรพิจารณาเรื่องน้ำหนักของพืช (consideration of weight) ขนาดของต้นพืช (size of trees) ว่าโครงสร้างพื้นที่ใช้ รองรับสามารถรับน้ำหนักและขนาดของต้นพืชนั้นๆได้มากน้อยเพียงไร ความสูงของต้นไม้ที่สูงสุดไม่ให้มีผลไปกระทบกับส่วนใด ส่วนหนึ่งกับอาคาร เช่น กันสาด เป็นต้น เมื่อถึงเวลาที่ต้นพืชเติบโตเต็มที่ จุดสูงสุดของการแผ่ขยายของราก ใบไม้กิ่งไม้ต้องไม่ให้ มีผลไปกระทบกับอาคารข้างเคียง ชนิดและขนาดของระบบรากพืชมีความสอดคล้องกับหลุมปลูกที่จะไม่ทำลายโครงสร้างพื้น มี ความทนทานต่อภาวะแห้งแล้งและน้ำท่วมขังอยู่บ้าง ช่วงชีวิตของพืช (potential life span) ควรคำนึงมากเพราะการ ปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมต้นไม้ต้องมีค่าการขนส่ง ซึ่งสวนหลังคามักอยู่ที่สูง การขนส่งต้นพืชจะมีความยากลำบากกว่าสวนระดับพื้นดิน จึงควรเลือกชนิดของพืชที่มีช่วงชีวิตที่ยาวพอควรจะเป็นการดีกว่า การเลือกชนิดของพืชที่หลากหลายผสมผสานกันด้วยไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้คลุมดิน ไม้เลื้อย เหล่านี้ต้องดูสวยงามเข้ากันได้ดีไม่มีผลกระทบต่อการใช้งาน การใช้สอยต้องหาว่าต้นพืชที่นำมาปลูกเพื่อ จุดประสงค์ใดเช่น เพื่อความสวยงาม หรือเพื่อการได้ร่มเงา หรือได้ทั้งความสวยงามและได้ร่มเงา สภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ ของสวนหลังคาแห่งนั้นเป็นเช่นใดและเหมาะสมกับต้นพืชที่นำมาปลูกหรือไม่ พืชควรมีความทนทานต่อการตัดแต่ง เพราะหลุม ปลูกมีเนื้อที่จำกัด การตัดแต่งรากพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น พืชที่ใช้ปลูกไม่ควรเป็นพืชที่ใบแตกง่ายในขณะเกิดการปะทะกับลมแรงบน อาคาร และเรื่องการปรับเปลี่ยนต้นพืชทั้งไม้แดดและไม้ในร่มเป็นช่วงๆระยะเวลาตามการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด เช่น หากไม้แดดบังต้นพืชที่เป็นไม้แดดเหมือนกัน อาจทำให้ต้นเตี้ยไม่ได้รับแสงแดดก็ตายได้จึงต้องปรับเปลี่ยนต้นที่เตี้ยกว่าเป็นไม้ใน ร่ม การร่วงของผลและใบพืชต้องไม่มีผลให้เกิดการอุดตันกับงานท่อระบายน้ำในส่วนต่างๆ เพราะหากเกิดการอุดตันขึ้นจะทำให้ เกิดการขังของน้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้างอาคาร ในขณะเดียวกันเศษดินหรือวัสดุปลูกอาจล้นลอยออกมาได้

อย่างไรก็ดีในการศึกษาวิจัยครั้งนี้นั้นจะศึกษาถึงการลดการถ่ายเทความร้อน ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการปลูกหญ้าปกคลุม ดังนั้นจะขอล่าวถึงรายละเอียดของ หญ้าชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นไม้คลุมดิน หรือ พืชปกคลุมดินที่มีความนิยมนำมาใช้กันแต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วนั้นหญ้าที่นิยมปลูกในการจัดสวนนั้นหลักๆมีอยู่ 4 ชนิด (ปริตี เอกะวิภาต, 2520: 5 และ พรรณเพ็ญ ฉายปรีชา, 2550: 60) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หญ้านวลน้อย (Manila Lawngrass) เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการทำสนามหญ้าทั้งภายในบ้าน สวนสาธารณะ สนามกีฬา ทางเดิน และสนามหญ้าทั่วไป เนื่องด้วยเจ้าหญ้านวลน้อยทนต่อการเหยียบย่ำได้ดีมาก จึงไม่ต้องเป็นกังวลว่า เดินเหยียบแล้วหญ้าจะตาย เหมาะกับการปลูกไว้ในบริเวณกลางแจ้งแสงแดดจ้าเท่านั้น หากเป็นพื้นที่ที่ร่มหญ้านวลน้อยจะไม่เติบโตและค่อย ๆ เหลืองตาย สามารถอยู่ในสภาพแห้งแล้งและสภาพน้ำท่วมขัง แต่ไม่ได้หมายถึงขังนาน ๆ นะครับ แค่ชั่วคราวพอไหว

2. หญ้าญี่ปุ่น (Japanese Lawngrass) ลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับหญ้านวลน้อย แต่มีความแข็งแรงต่างกว่า ไม่ทนต่อการเหยียบย่ำจึงไม่เหมาะกับการใช้เป็นที่สนามเดินเล่นหรือทำกิจกรรมอื่น ๆ เหมาะกับการปลูกไว้เพื่อประดับสวนให้สวยงาม หญ้าญี่ปุ่นชอบแสงแดดจัด ทนต่ออากาศร้อนและแห้งแล้งได้ดี ไม่ทนอากาศหนาว การเติบโตของหญ้าญี่ปุ่นจะเป็นกระจุก ๆ ผู้ปลูกต้องขยันตัดให้สั้น เพราะหากปล่อยยาวเกินไปจะตัดได้ยากเนื่องจากด้วยใบมีความแข็งแรงต่างและเหนียว

3. หญ้าเบอร์มิวด้า (Bermua Lawngrass) เป็นพันธุ์หญ้าที่นิยมปลูกในสนามกอล์ฟ แต่ก็สามารถปลูกบริเวณบ้านได้เช่นกัน ลักษณะของหญ้าให้ใบเรียวยาว เติบโตแบบแตกแขนงประสานกันได้ดี ลักษณะลำต้นเป็นข้อปล้อง ตัดสั้นสวยงาม สามารถเดินเหยียบย่ำได้ ชอบแสงแดด ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ไม่ชอบอุณหภูมิต่ำ ผู้อ่านท่านใดปลูกหญ้าชนิดนี้อาจต้องขยันตัดแต่งบ่อยครั้ง หญ้าจะออกมาสวยงาม

4. หญ้ามาเลเซีย (Tropical Carpet Lawngrass) เป็นหญ้าที่เจริญเติบโตในลักษณะแผ่กระจาย ลำต้นแข็ง ใบมีลักษณะกว้างสีเขียวเข้มมันวาว ชอบความชุ่มชื้นและแสงแดดรำไร จึงเหมาะกับการปลูกไว้ได้ขยายคา ใต้ต้นไม้ โดยให้มีแสงแดดเข้าถึงประมาณ 50-70% หากพื้นที่ดังกล่าวแสงน้อยเกินไปหญ้าจะเจริญเติบโตแบบกระจุกกระจายไม่สวยงามนัก

การทำสวนหลังคานั้น จำเป็นที่จะต้องมีการบำรุงรักษาให้สวนหลังคามี ชีวิตชีวาอยู่เสมอ โดย การบำรุงรักษานั้นแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ (พชร เลิศปิวิธมา, 2547:137-151) คือ

1. ระบบชลประทาน (irrigation system) โดยระบบชลประทานสำหรับงาน สวนหลังคาใน กรุงเทพมหานครนั้น มี 3 ประเภทหลัก คือ

1.1 การให้น้ำโดยฉีดน้ำด้วยสายยาง เป็นวิธีการง่ายๆ การรดน้ำแก่พืชมี ความทั่วถึง

1.2 การให้น้ำด้วยระบบสเปรย์ (spraying water System) ซึ่งเป็นระบบ พ่นน้ำเป็นละออง เช่น ระบบสปริงเกอร์ (sprinkler irrigation)

1.3 การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (drip irrigation System) ซึ่งเป็นระบบที่ ปล่อยปริมาณน้ำที่ เล็กน้อยด้วยหัวหยดน้ำ (emitters หรือ spray heads) ที่มีปลายหัวขนาด 6.4 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็น ท่อพลาสติกที่ปรับได้ติดตั้งอยู่เหนือระดับราก การให้น้ำด้วย ระบบน้ำหยดนี้มักเกิดปัญหาการอุดตัน ของหัวหยดน้ำจากดิน ทำให้น้ำไม่ไหลและพืชพรรณ ตายในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างความสมบูรณ์แก่ดิน (fertilization) ดินควรได้รับการพรวนดินเพื่อ การขนไชของ รากพืชให้เป็นไปได้ด้วยดี รวมทั้งใส่ปุ๋ยให้สม่ำเสมอ

3. งานบำรุงรักษาด้านอื่นๆ (other maintenance chors) เช่น การตัดแต่ง สนามหญ้าเพื่อให้ ีความเป็นระเบียบไม่รก การควบคุมวัชพืชและสัตว์รบกวน เป็นต้น

4. ศูนย์กลางงานบำรุงรักษา (maintenance center) สวนหลังคาควรเพื่อ พื้นที่สำหรับงาน บำรุงรักษา เช่น ที่เก็บสารอาหารและปุ๋ยของพืชพรรณ ที่จัดเก็บวัสดุปลูก เครื่องมืองานสวน เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับงานสวนหลังคา ศูนย์กลางการบำรุงรักษา

2.12 วัสดุของกระบะปลูกต้นไม้

คุณลักษณะที่ดีคือ แข็งแรงมั่นคง ถาวร อายุการใช้งานยาวนาน สามารถป้องกันเชื้อราได้ดี ปราศจากการซึมของน้ำใน ภาชนะปลูก รักษารูปร่างรูปทรงและสีให้ถาวร ทนทานต่อแสงอัลตราไวโอเล็ต ได้แก่กระถางปลูกกระเบื้องดินเผา (terra-cotta) สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้แต่อาจมีน้ำหนักมาก ภาชนะปลูกพลาสติกป้องกันอัลตราไวโอเล็ต เช่น ภาชนะปลูกโพลีสไตรีน (polystyrene containers) เป็นต้น ซึ่งมีน้ำหนักเบาสามารถเคลื่อนย้ายได้และภาชนะปลูกด้วยวัสดุต่างๆ เช่น กรวด ล้าง หิน ทราย หินกาบ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวความคิดของผู้ออกแบบและความต้องการของเจ้าของ โครงการ 10. ระบบชลประทานหรือระบบการให้น้ำแก่พืช (Irrigation system) 1) ประเภทระบบ ชลประทานสำหรับงานสวนหลังคา

1) การให้น้ำโดยฉีดน้ำด้วยสายยาง เป็นวิธีการง่ายๆ การรดน้ำพืชมีความทั่วถึง มากกว่าไม่ว่าพืชบริเวณนั้นจะถูกบดบังด้วยต้นไม้ที่อยู่ด้านหน้า เพราะผู้รดน้ำสามารถเปลี่ยน แนวการรดน้ำได้แต่ควรจัดวาง ตำแหน่งหัวก๊อกชอนหรือเก็บให้ดูเรียบร้อย

2) การให้น้ำด้วยระบบสเปรย์ (spraying water system) ซึ่งเป็นระบบพ่นน้ำเป็น ละออง เช่น ระบบสปริงเกอร์ (sprinkler irrigation)

3) การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (drip irrigation system) ซึ่งเป็นระบบที่ปล่อยน้ำทีละ น้อยด้วยหัวหยดน้ำ (emitters หรือ spray heads) ที่ปลายขนาด 6.4 มิลลิเมตร เป็นท่อ พลาสติกที่ปรับได้อยู่เหนือระดับของราก ระบบนี้จะปล่อยน้ำเป็นจุดซึ่ง น้ำจะกระจายไปรอบด้าน เหมือนผลแพร์แต่ปัญหาของระบบมักจะเกิดขึ้นกับการอุดตันของหัวหยดน้ำจากดินทำให้น้ำไม่ ไหลและ พืชตายในที่สุดหรือการถูกเหยียบย่ำจากเด็กและสัตว์เลี้ยง ทำให้หัวหยดน้ำเสียหาย ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจเช็คอยู่สม่ำเสมอ ระบบสปริงเกอร์และระบบน้ำหยดนั้นต้องออกแบบให้ ดินได้รับน้ำเพียงพอในวันต่อวันหรือตามตารางการให้น้ำ ซึ่งอาจ ต้องใช้ระบบควบคุมโดยนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับ อนุญาตถือว่าผิดกฎหมายทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Electric clock) ของการให้น้ำหรือระบบควบคุมระดับความชื้นอัตโนมัติ (Moisture sensor) ที่สามารถควบคุมการปฏิบัติงานการให้น้ำเมื่อดินเริ่มมีความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติแต่อาจเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย

4) ระบบชลประทานอื่นมีมากมายแต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของไทยด้านนี้ยัง พัฒนาไม่มากเท่าที่ควร จึงต้องนำเข้าซึ่งจะมีราคาสูงไม่คุ้มค่า แต่ระบบพวกนี้จะมีข้อดีคือ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการบำรุงรักษา และรดน้ำแก่พืชให้เสียค่าจ้างแรงงาน เพราะระบบจะทำงานเองอัตโนมัติเพียงแค่อยเช็คเป็นช่วงๆนานๆครั้ง ระบบดังกล่าว เช่น ระบบออพติมา (Optima system) และระบบซินโค (ZinCo system) เป็นต้น

5) ระบบชลประทานที่ทำเป็นกระถางปลูกสำเร็จรูป เช่น กระถางระบบซีเครทซีรีส์แพลนเตอร์ (Seacrest series planter) หรือกระถางบรรจุน้ำ (Container Watering System) เป็นระบบที่ผนังของภาชนะปลูกมีลักษณะกลวง (hollow wall) ซึ่งมีไว้เพื่อบรรจุน้ำโดยท่ออยู่ข้างใต้ เชื่อมกับหัวต่อของภาชนะปลูกและเติมน้ำให้เต็ม เมื่อดินเริ่มแห้งจะมีระบบ moisture sensor เป็นตัวควบคุมไม่ให้ดินแห้ง ก็จะทำงานโดยปล่อยน้ำออกมาทีละน้อยเพื่อให้ดินชุ่ม จากนั้นระบบจะปิดเองอัตโนมัติ ระบบนี้เวลาที่เติมน้ำลงไปในห้องกลวง (Hollow wall) ของภาชนะปลูกนี้สามารถใช้ได้ 2 ถึง 4 อาทิตย์จึงค่อยเติมน้ำใหม่ ระบบ นี้มีราคาสูงเพราะต้องนำเข้าจึงต้องพิจารณาว่าเหมาะต่อการนำมาใช้เพียงไร หรือระบบโมนาแพลนท (Mona plant system) (MPS) เป็นระบบที่เพิ่มอ่างเก็บน้ำ (reservoir) วางไว้ภายในภาชนะปลูก ด้านบนของอ่างเก็บน้ำนี้จะเป็นรูพรุนที่เป็นตัวให้น้ำภายในซึมขึ้นมาเพื่อให้ดินชุ่มชื้น โดยมีท่อต่อกับตัว reservoir เพื่อเติมน้ำลงไปเมื่อภายในแห้ง และมีตัวควบคุมเพื่อรักษาระดับ ความชื้นของดินไม่ให้เปียกหรือแห้งจนเกินไป ระบบนี้มีราคาสูงเพราะต้องนำเข้าจึงต้องพิจารณาว่าเหมาะต่อการนำมาใช้เพียงไร

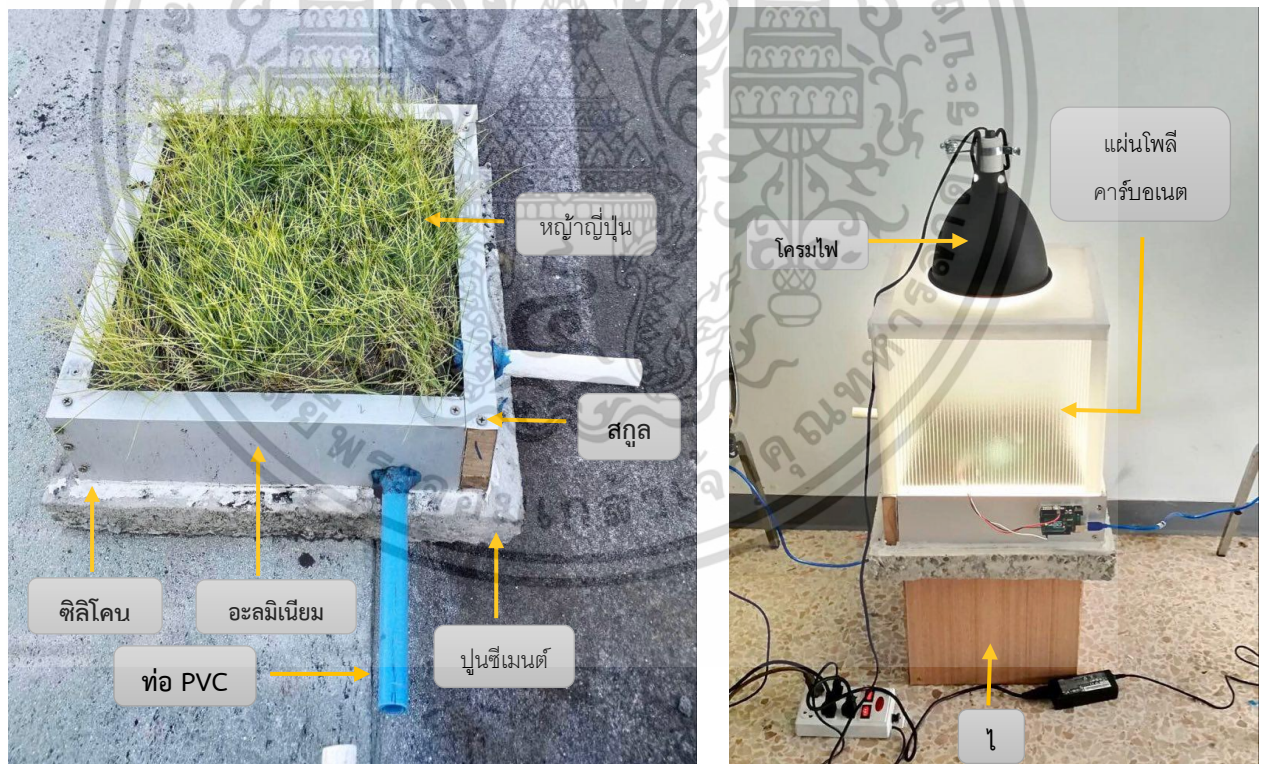
บทที่ 3

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์
2. ทำออกแบบจำลองหลังคาตาดฟ้าและประกอบอุปกรณ์ในการทดลอง
3. ทำการเก็บตัวอย่างการทดลอง
4. รวบรวมและเรียบเรียงผลการทดลอง
5. ทำการสรุปผลการทดลอง

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ

1. อะลูมิเนียมขนาด 1.5" x 4"
2. ท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว
3. ข้อต่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว
4. แผ่นโพลีคาร์บอเนต
5. โครมไฟ
6. สก๊อต
7. ตะปู
8. หัวพ่นน้ำ
9. เหล็กฉาก
10. ซิลิโคน
11. ไม้
12. ปูนซีเมนต์
13. โฟม
14. หน้่าฉนวน



อุปกรณ์

1. ปืนกาว
2. สว่าน
3. เลื่อย
4. ค้อน + ตะปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการเตรียมโมเดลแบบจำลอง

ทำบ้านจำลองขนาด

1. ทำเป็นโครงสี่เหลี่ยม กว้าง 35 ซม. ยาว 35 ซม. สูง 40 ซม. เสาบ้าน 1.5 x 1.5 นิ้ว จำนวน 4 ต้น แล้วนำไม้แบบขนาด 0.5 * 4 นิ้ว ตัดขนาด 50 ซม. จำนวน 4 ชิ้น และประกอบเข้าด้วยกัน ยึดรอบเสาด้วยสกรูทั้งด้านบนทั้งด้านล่างขนาดไม้ 1 x 2 นิ้ว



2. ใสโฟมและอุดรูด้วยซิลิโคน



3. ปิดด้วยแผ่นไม้ล้อมรอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำแบบฐานปูนซีเมนต์เพื่อจำลองเป็นหลังคาบ้าน

1. ทำการประกอบแบบหล่อ



2. ผสมปูนซีเมนต์และนำไปเทในแบบหล่อแล้วกระทุ้งเพื่อให้แบบที่หล่อแน่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการปาดหน้าปูนซีเมนต์ให้เรียบ

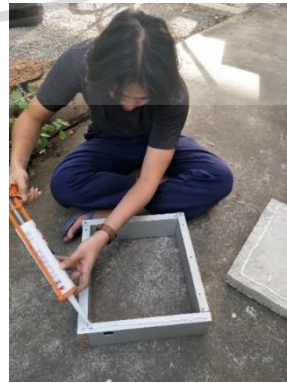


4. ทำการแกะแบบหล่อ



ประกอบฐานกับอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ก่อนหน้าเพื่อจำลองเป็นหลังคาเขียว

1. ใส่กาวซิลิโคนเพื่อยึดระหว่างกล่องอะลูมิเนียมกับแผ่นปูนซีเมนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำกล่องอะลูมิเนียมและแผ่นปูนซีเมนต์มาประกอบติดกัน



3. ทำการใส่ซิลิโคนเพื่อปิดรอยร้าว



การนำหญ้าเข้าปลุกในแบบจำลอง

1. ทำการใส่ท่อระบายน้ำด้านล่างและนำดินใส่ในแบบการทดลองหลังคา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

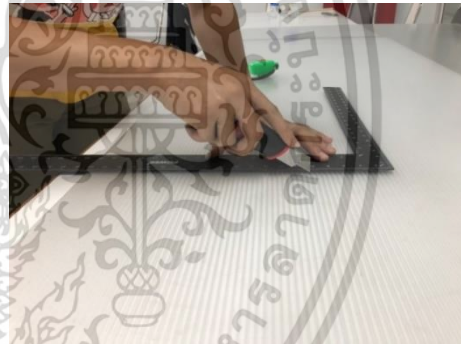
2. น้ำหมักปุ๋ยป้อนมาปลูกในแบบจำลองหลังคาและทำการรดน้ำต้นหญ้าทุกวัน



3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองเพื่อทดลองเรื่องความร้อน

การทำกล่องไฟจำลอง

1. ตัดแผ่นโพลีคาร์บอเนต กว้าง 35 ซม. ยาว 35 ซม. ทั้งหมด 5 ชั้น



2. นำมาประกอบเข้ากันปิดรอยร้าวด้วยซิลิโคน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประกอบเป็นกล่องแล้วเจาะรูด้านบนเพื่อใส่หลอดไฟเพื่อให้ความร้อน



3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองเพื่อทดลองเรื่องฝนเทียม

การทำกล่องไฟฝนเทียม

1. ตัดแผ่นโพลีคาร์บอเนต กว้าง 31 ซม. ยาว 31 ซม. ทั้งหมด 5 ชั้น

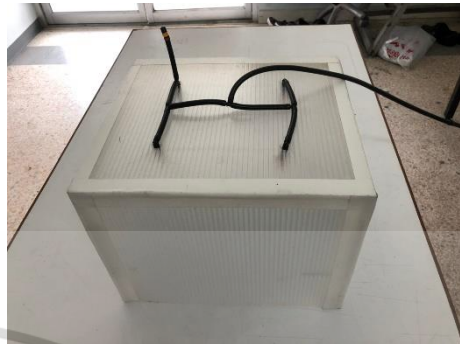


2. นำมาประกอบเข้ากันปิดรอยร้าวด้วยซิลิโคน



เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประกอบเป็นกล่องแล้วเจาะรูด้านบนเพื่อใส่ฝนจำลอง



3.4 ขั้นตอนการทดลอง

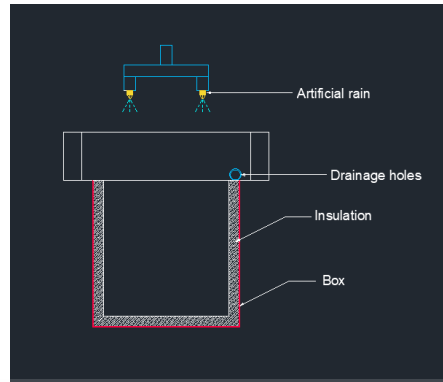
เนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมน้ำฝนที่ตกได้จึงใช้ฝนเทียมในการทดลอง เพราะสามารถควบคุมปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำได้ เช่นเดียวกับความร้อนจากดวงอาทิตย์เราจึงใช้ความร้อนจากหลอดไฟให้ความร้อน

3.4.1 ขั้นตอนการทำฝนเทียมและทำการทดลอง

1. นำท่อ PVC ที่เจาะรูพ่นไว้แล้วพันด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในกระบะทดลอง
2. นำดินปลูกใส่ในกระบะทดลองความหนาประมาณ 6.5 ซม.
3. นำหญ้าพันธุ์ญี่ปุ่นลงปลูกในดินและทำการบำรุงรักษาจนหญ้าแข็งแรง
4. ทำการวัดปริมาณความชื้นในดินทำวัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำฝนเทียมที่ปล่อย
5. วัดปริมาณน้ำและอัตราการไหลที่ไหลออกจากกระบะทดลอง

ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองการทำฝนเทียม

ทำการทดลองการทำฝนเทียม ดิน+หญ้า+บ้าน และทำการวันอัตราของน้ำที่ไหลออก



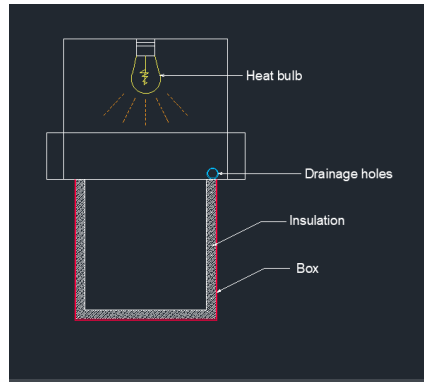
3.4.2 ขั้นตอนการทำดวงอาทิตย์จำลองและทำการทดลอง

1. ทำการวัดอุณหภูมิกล่องบ้านจำลองก่อนการทดลอง
2. นำกล่องพระอาทิตย์จำลองครอบกระบะทดลองและทำการวัดอุณหภูมิภายในบ้าน

จำลอง

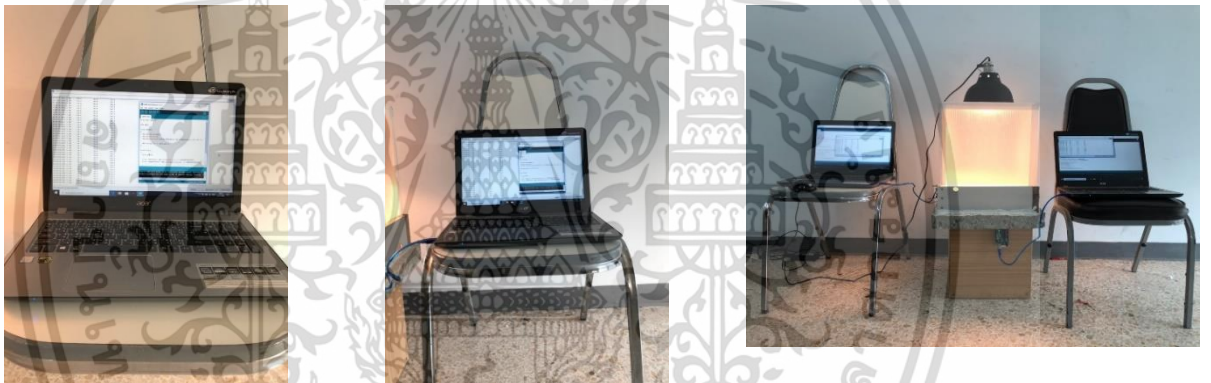
3. ทำการบันทึกผลและสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทดลองการให้ความร้อน

ทำการทดลองการให้ความร้อนของ ดิน+ซีเมนต์+บ้าน และทำการวัดอุณหภูมิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ชุดการทดลอง

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยให้อุณหภูมิผิวด้านล่างหลังคาตาดฟ้า
2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้สวนหลังคา เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารผ่านทางหลังคาตาดฟ้าอาคาร
3. เพื่อศึกษาการกักเก็บน้ำในสวนหลังคาและอัตราการไหลเข้าออกของน้ำ

ตารางที่ 4.1 การทดลอง

การทดลอง	ตัวอย่าง	จำลอง
1	คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ความชื้น
2	คอนกรีต , คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ความร้อน
3	คอนกรีต+ดิน , คอนกรีต+ดิน+หญ้า	ให้น้ำฝน

จากวัตถุประสงค์ดังกล่าว สามารถจำแนกออกมาเป็นชุดการทดลอง เพื่อตอบปัญหาในการวิจัย ได้ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1

การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา

การทดลองที่ 1. 1 การศึกษาปริมาณความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 2

การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา

4.1 ชุดการทดลองที่ 1 การศึกษาอิทธิพลในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยการใช้สวนหลังคา

จากการการศึกษาเบื้องต้น ได้คัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารทางหลังคานั้นคือตัวแปรที่ส่งผลให้ดินมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนมากที่สุด ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินและปริมาณความชื้นในดินโดยแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

4.1.1 การทดลองที่ 1.1 การศึกษาปริมาณความชื้นในดิน

วิธีการทดลอง

ทำการใช้เครื่อง suction ปักลงกลางดินทำการอ่านค่าและจดบันทึกค่าการทดลอง

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น -ประเภทของต้นไม้ ได้แก่ หญ้าญี่ปุ่น
 ตัวแปรตาม -ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5 ซม. ของดิน ดินบวกรูปร่าง
 ตัวแปรควบคุม -ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ความเร็วลมเท่ากันส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน

วิเคราะห์ผลการทดลอง

- ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5 ซม. ของดิน ดินบวกรูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ชุดการทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของมวลสารของหลังคาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

จากการการศึกษาเบื้องต้นและจากชุดการทดลองที่ 2 จึงได้ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญในการป้องกันความร้อน ไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคารทางหลังคาอีกตัวแปรหนึ่งนั่นคืออิทธิพลของมวลสาร และตัวแปรนั้นก็ส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายในอาคาร ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อผู้ใช้อาคารนั้นๆ ชุดการทดลองนี้จึงแบ่งเป็นชุดการทดลองได้ดังนี้

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวนหลังคา

4.2.1 การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลตัวแปร เพื่อดูความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างอุณหภูมิผิวภายในที่มีค่าสูงสุดกับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่มีค่าสูงสุด

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ตัวแปรต้น

- รูปแบบของหลังคา ได้แก่ หลังคาคอนกรีต

หลังคาดินเปล้า หลังคาหญ้า

ตัวแปรตาม

- อุณหภูมิผิวภายในสวนหลังคาคอนกรีต หลังคาดินเปล้า หลังคาหญ้า

ตัวแปรควบคุม

- ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกันความเร็ว

ลม

เท่ากันส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำใน

ปริมาณที่

เท่ากัน

4.2.2 การทดลองที่ 2.2 การศึกษาความสามารถในการเก็บกักความเย็นของสวน

หลังคา

วิธีการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

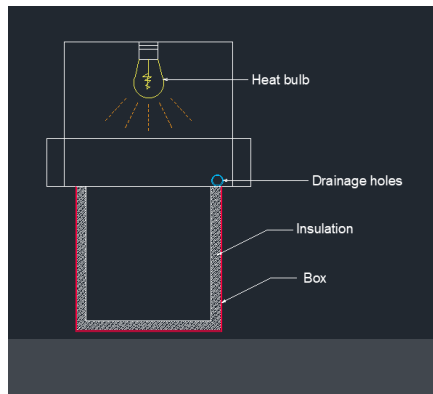
- ตัวแปรต้น - รูปแบบของหลังคาได้แก่หลังคาหญ้าและหลังคา
คอนกรีต
- ตัวแปรตาม - อุณหภูมิผิวภายในสวนหลังคาหญ้าและหลังคา
คอนกรีต
- ตัวแปรควบคุม - ทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกันความเร็ว
ลม

เท่ากันส่วนประกอบของดินเท่ากันและให้น้ำใน
ปริมาณที่เท่ากัน

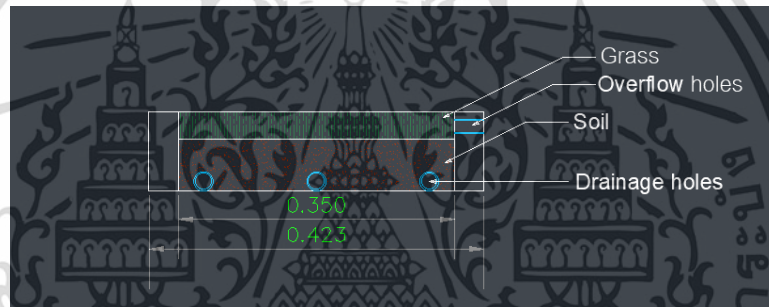
วิเคราะห์ผลการทดลอง

- ระยะเวลาที่อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาตั้งแต่เริ่มปิด
เครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่เป็นระยะเวลาที่มวลสารของ
หลังคาสามารถเก็บกักความเป็นเอาไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการทดลองให้ความร้อนแก่ตัวบ้านจำลอง



รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัดขวางให้เห็นถึงชั้นดิน และการจัดวางอุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

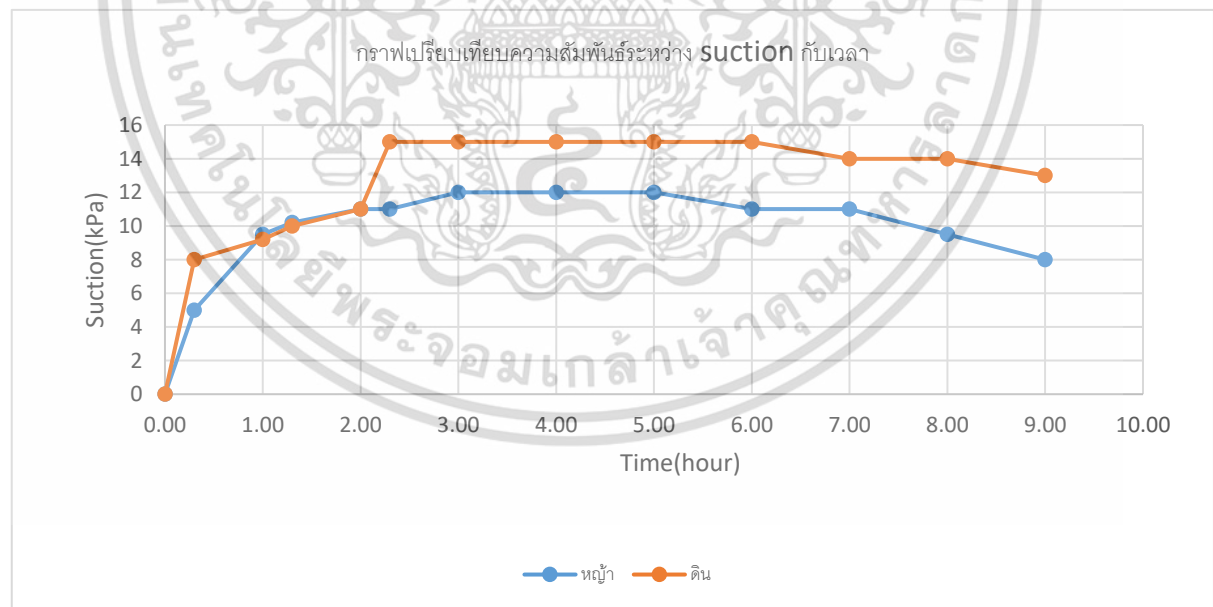
บทที่ 5

ผลการทดลอง

จากชุดการทดลองที่ 1.1 ได้ผลลัพธ์คือ ค่า Suction ของดินบวกหญ้ามีค่าน้อยกว่าดินเปล่า

ตารางที่ 1.1 ค่าความชื้นระหว่างวัน

เวลา	เวลา(ชั่วโมง)	หญ้า	ดิน	อุณหภูมิ
9.00	0.00	0	0	29
9.30	0.30	5	8	29
10.00	1.00	9.5	9.2	31
10.30	1.30	10.2	10	32
11.00	2.00	11	11	33
11.30	2.30	11	15	33
12.00	3.00	12	15	34
13.00	4.00	12	15	35
14.00	5.00	12	15	35
15.00	6.00	11	15	34
16.00	7.00	11	14	32
17.00	8.00	9.5	14	31
18.00	9.00	8	13	30

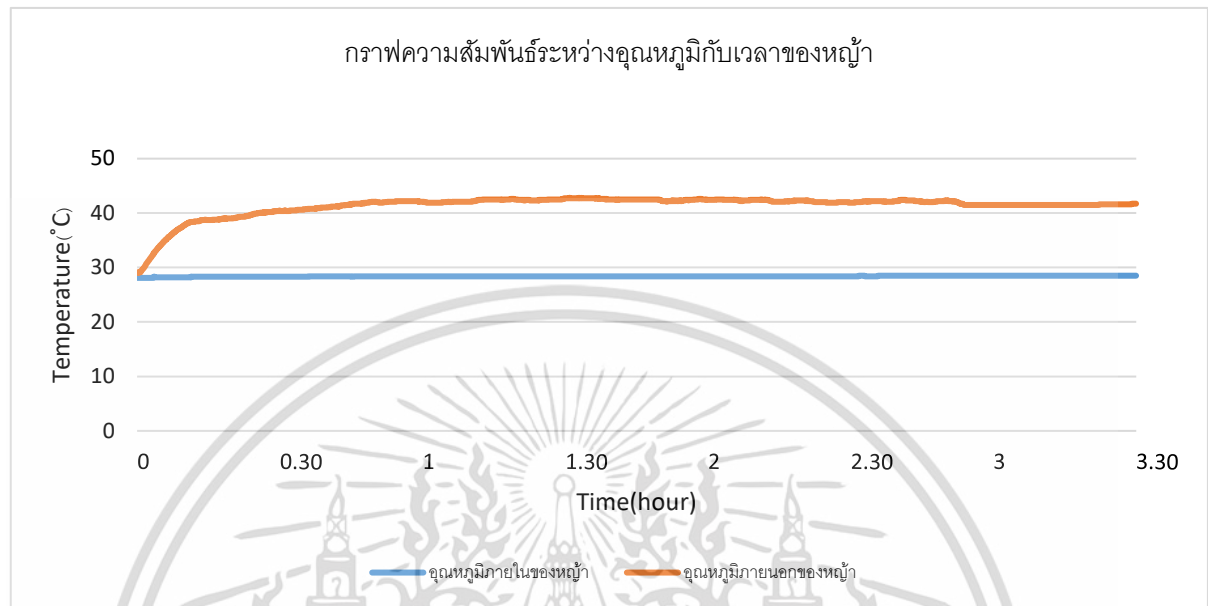


กราฟที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับเวลา

กราฟนี้(กราฟที่ 4.1)แสดงให้เห็นว่าในตอนเช้าของวัน ความชื้นของหญ้าและดินนั้นจะมากกว่าตอนกลางวัน ที่มีค่า suction มากที่สุดของวัน และลดลงเล็กน้อยเมื่อถึงตอนเย็น ซึ่งความชื้นของดินเปล่านั้นมีค่าน้อยกว่าดินบวกหญ้า

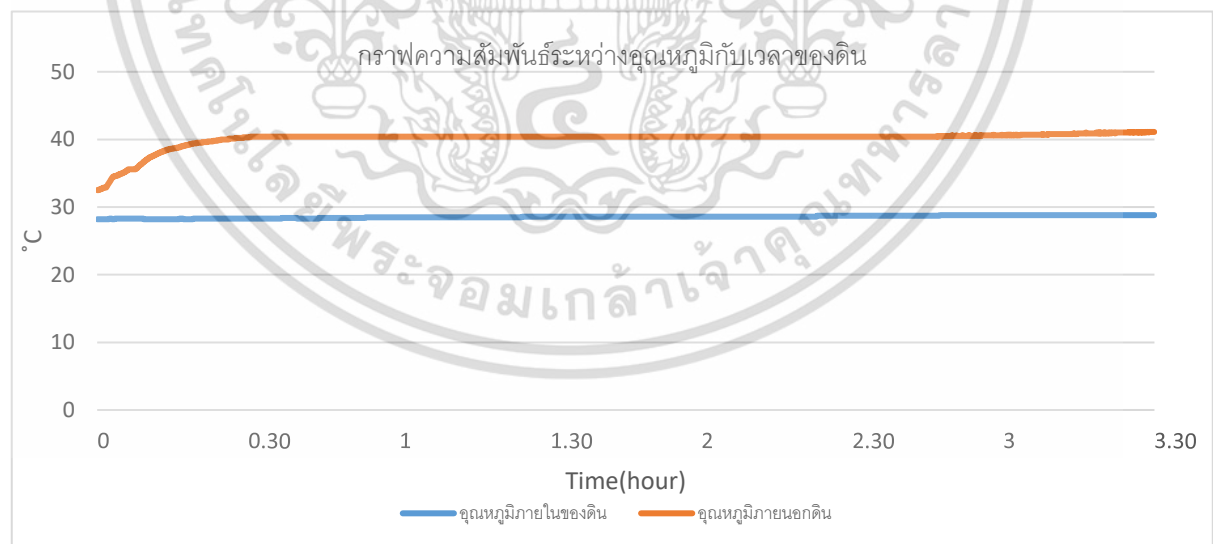
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากชุดการทดลองที่ 2.1 ได้ผลลัพธ์คือ อุณหภูมิภายในตัวบ้านที่มีค่าน้อยที่สุดของทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ดินบวกหญ้า รองลงมาได้แก่ ดินเปล่า และตามด้วย คอนกรีต



กราฟที่ 5.2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของหญ้า

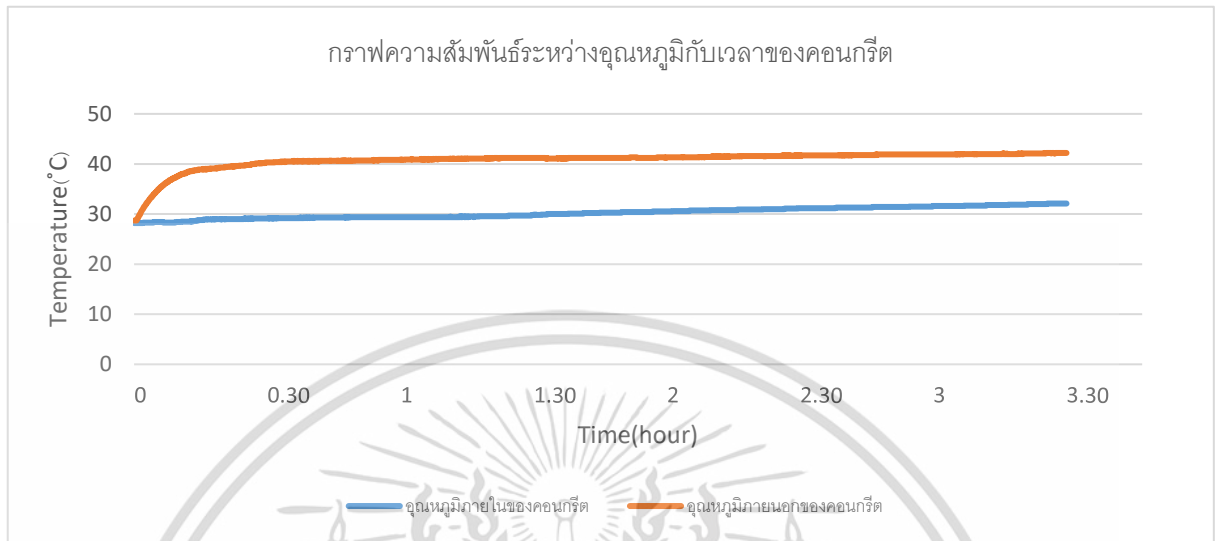
กราฟนี้(กราฟที่ 5.2.1)แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้ามี่ค่าต่ำสุด คือ 28.1 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 41.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 28.5 องศาเซลเซียส



กราฟที่ 5.2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟนี้(กราฟที่ 5.2.2)แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินมีค่าต่ำสุด คือ 28.2 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 41.1 องศา

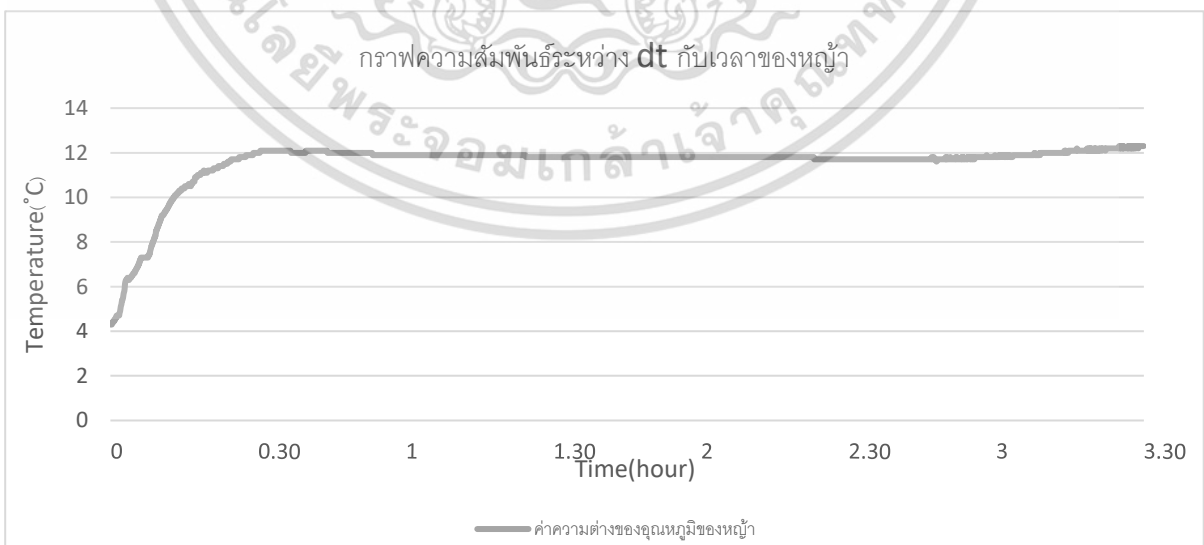


เซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 28.8 องศาเซลเซียส

กราฟที่ 5.2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของคอนกรีต

กราฟนี้(กราฟที่ 5.2.3)แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในตัวบ้านของคอนกรีตมีค่าต่ำสุด คือ 28.2 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มทดลอง และ สุดเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 42.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 32.1 องศาเซลเซียส

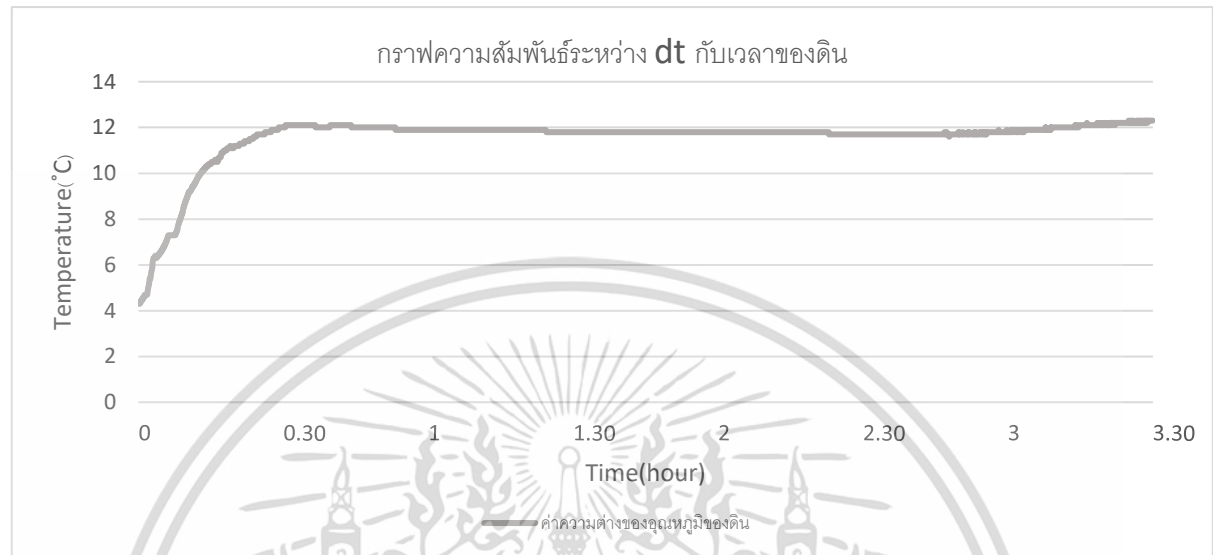
จากชุดการทดลองที่ 2.2 ได้ผลลัพธ์คือ ค่าความต่างของอุณหภูมิที่ให้และอุณหภูมิภายใน(dt) สูงสุด คอนกรีตบวกดินบวกหญ้า รองลงมา คอนกรีตบวกดิน ค่าต่ำสุด คอนกรีต



กราฟที่ 5.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของหญ้า

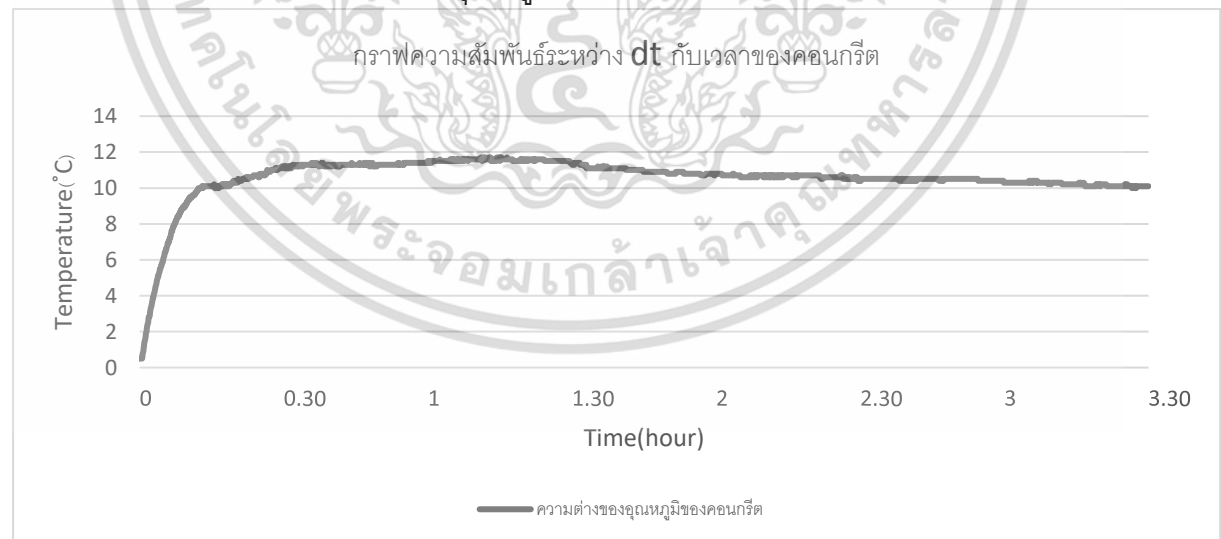
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟนี้(กราฟที่ 5.3.1)แสดงให้เห็นว่าความต่างอุณหภูมิระหว่างตัวบ้านกับด้านบนตัวบ้านของคอนกรีตบวกดินบวกหญ้า มีค่า dt เพิ่มขึ้นต่อเนื่องในเวลา 0-0.30 ชั่วโมง และเริ่มคงที่ โดยค่าสูงสุดที่ได้คือ คือ 13.2 องศาเซลเซียส และเป็นค่าที่สิ้นการให้อุณหภูมิ



กราฟที่ 5.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของดิน

กราฟนี้(กราฟที่ 5.3.2)แสดงให้เห็นว่าความต่างอุณหภูมิระหว่างตัวบ้านกับด้านบนตัวบ้านของคอนกรีตบวกดิน มีค่า dt เพิ่มขึ้นต่อเนื่องในเวลา 0-0.30 ชั่วโมง และเริ่มคงที่ โดยค่าสูงสุดที่ได้คือ คือ 12.3 องศาเซลเซียส และเป็นค่าที่สิ้นการให้อุณหภูมิ



กราฟที่ 5.3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลาของคอนกรีต

กราฟนี้(กราฟที่ 5.3.3)แสดงให้เห็นว่าความต่างอุณหภูมิระหว่างตัวบ้านกับด้านบนตัวบ้านของคอนกรีตบวกดิน มีค่า dt เพิ่มขึ้นต่อเนื่องในเวลา 0-0.30 ชั่วโมง และมีการผันผวนนิดหน่อยจนถึงเวลาที่ 2

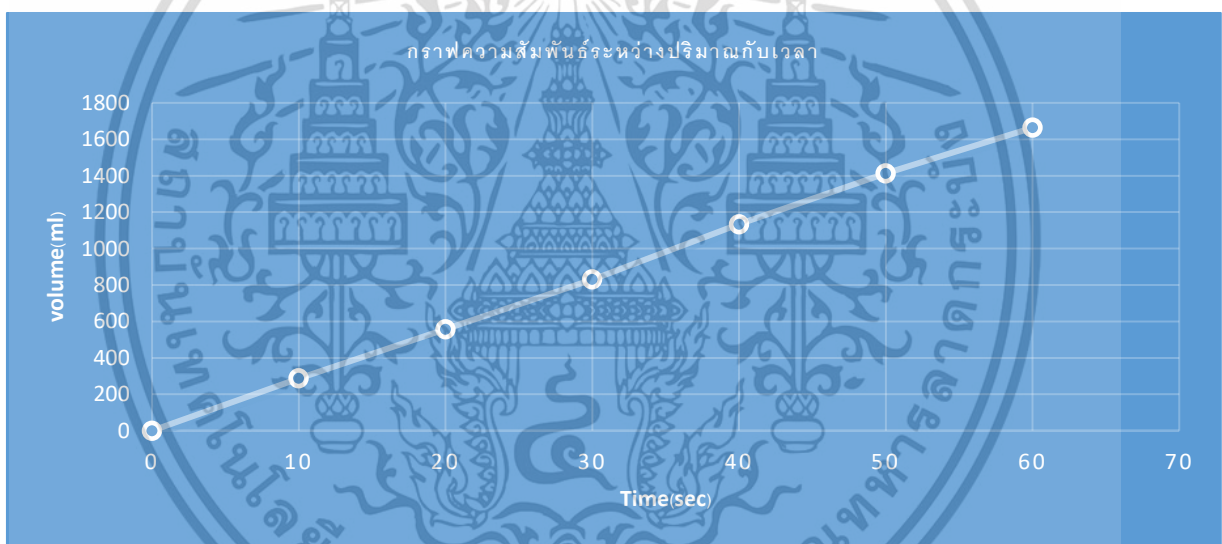
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงและเริ่มคงที่ โดยค่าสูงสุดที่ได้คือ คือ 11.7 องศาเซลเซียส และค่าสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง คือ 10.1 องศาเซลเซียส

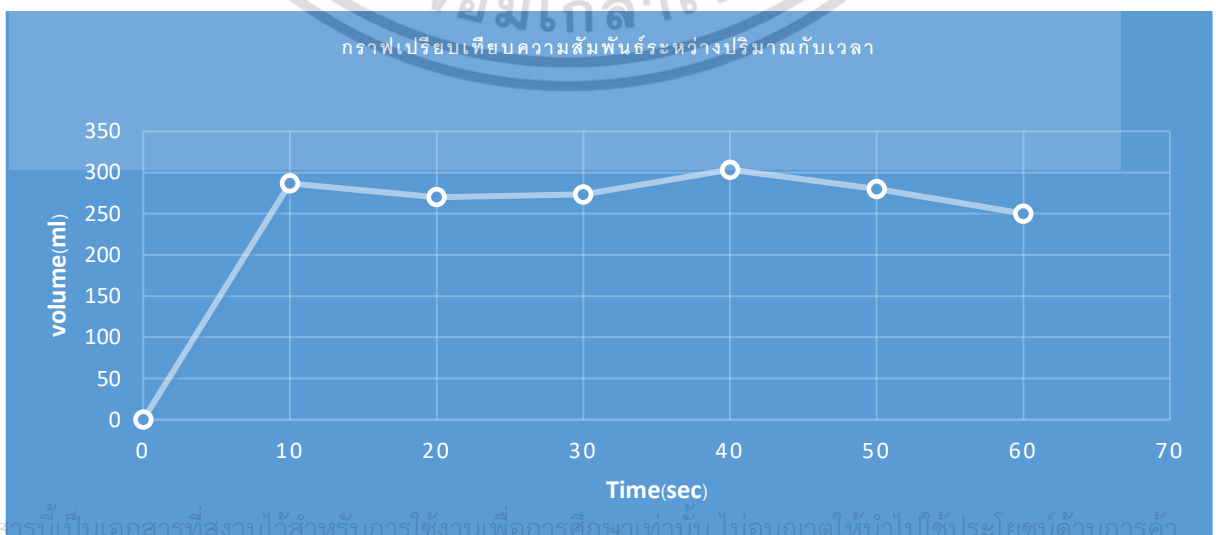
จากชุดการทดลองที่ 3.1 ได้ผลลัพธ์คือ ความสามารถในการระเหยและกักเก็บน้ำของ ชนิดการทดลอง ดินเปล่า และ ดินบวกหญ้า ชนิดที่ระเหยน้ำได้ดีกว่า ได้แก่ ดินบวกหญ้า รองลงมาคือดินเปล่า

ตารางที่ 3.1 อัตราการไหลเข้าของน้ำ

Time(sec)	valum1(ml)	valum2(ml)	valum3(ml)	ค่าเฉลี่ย(ml)	DF(ml)
0	0	0	0	0	0
10	270	300	290	286.667	286.667
20	550	560	560	556.667	270.000
30	810	840	840	830.000	273.333
40	1120	1160	1120	1133.333	303.333
50	1340	1440	1460	1413.333	280.000
60	1580	1690	1720	1663.333	250.000



กราฟที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 5.4.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา

จากตารางที่ 3.1 เป็นค่าที่ได้จากการวัดอัตราการไหลของน้ำฝนเทียมที่ใช้ในการทดลอง โดยการวัดอัตราการไหล 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที และ อ่านค่าปริมาณน้ำทุกๆ 10 วินาที และนำไปพล็อตกราฟเพื่อดูพฤติกรรมการไหลของน้ำ

จากกราฟที่ 5.4 จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำนั้นเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ที่ 60 วินาที

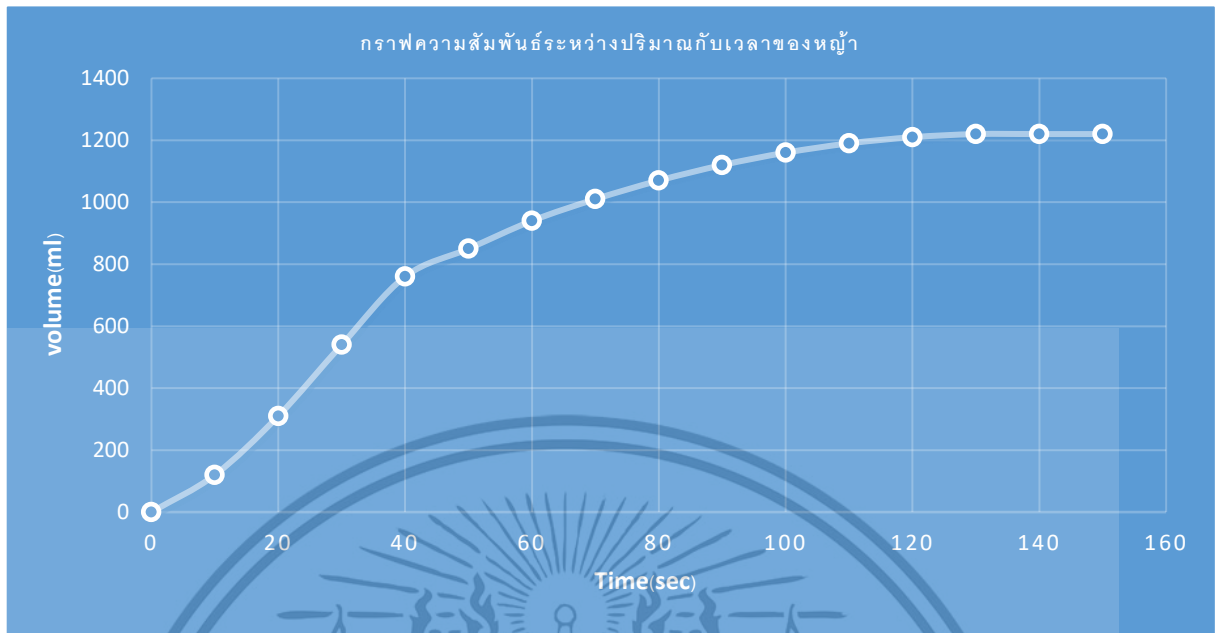
จากกราฟที่ 5.4.1 จะเห็นได้ว่า หลังจากอ่านค่าที่ 10 วินาที ผ่านไป ปริมาณของน้ำนั้นค่อนข้างคงที่ ไม่แตกต่างกันจนเกินไป โดยค่าสูงสุดอยู่ที่ 286.68 ml และต่ำสุดที่ 250 ml

การทดลองที่ 3.1 หลังจากการให้น้ำฝนเทียมที่มีอัตราการการไหลคงที่ มาทำการทดลองให้น้ำฝนการชนิดทดลอง 2 ชนิด คือ ดินเปล่า และ ดินบวกหญ้า จะได้ผลดังนี้

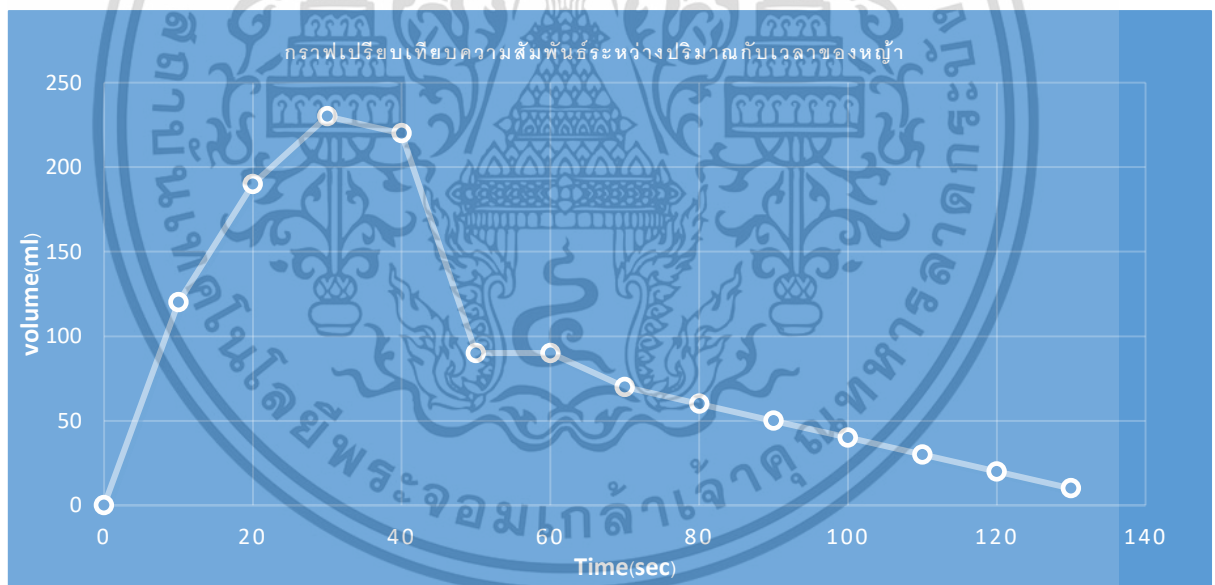
ตารางที่ 3.1.1 ค่าการทดลองของ ดินบวกหญ้า

start inflow(sec)	start outflow(sec)	valum(ml)	DF(ml)
0			
10			
20			
30	0	0	0
40	10	120	120
50	20	310	190
Stop	60	540	230
70	40	760	220
80	50	850	90
90	60	940	90
100	70	1010	70
110	80	1070	60
120	90	1120	50
130	100	1160	40
140	110	1190	30
150	120	1210	20
160	130	1220	10
170	140	1220	0
180	150	1220	0

จากตารางที่ 3.1.1 เป็นการให้น้ำฝน เป็นเวลา 60 วินาที โดยน้ำเริ่มไหลออกเมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที และหยุดไหลในเวลา 180 วินาที หรือ 3 นาที



กราฟที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า



กราฟที่ 5.5.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของหญ้า

จากกราฟที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างรวดเร็วในช่วง 0-40 วินาที และค่อยๆ ช้าลงจะหยุดไหลใน 150 วินาที

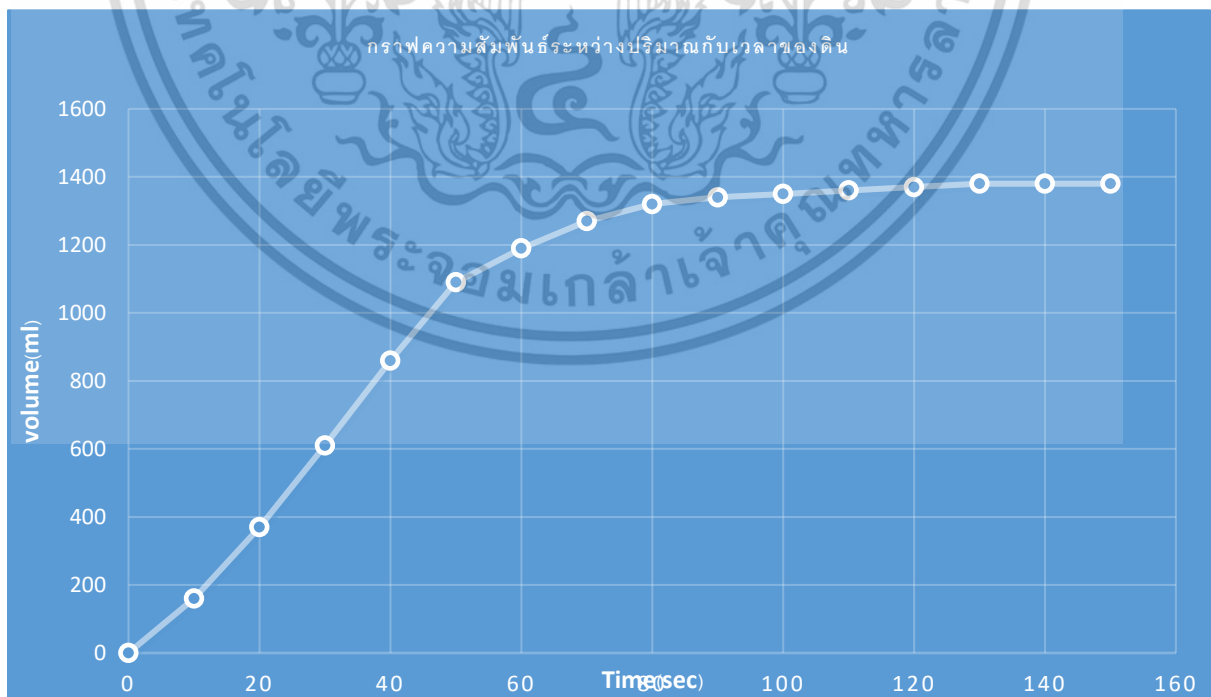
จากกราฟที่ 4.5.1 เมื่อดูจากกราฟนี้จากเห็นได้ว่า ความต่างของปริมาณน้ำในช่วง 0.-40 วินาที นั้น มากขึ้นเรื่อยๆ และลดลงอย่างรวดเร็วใน 50 วินาที และค่อยๆ น้อยลงอย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.2 ค่าการทดลองของ ดินเปล่า

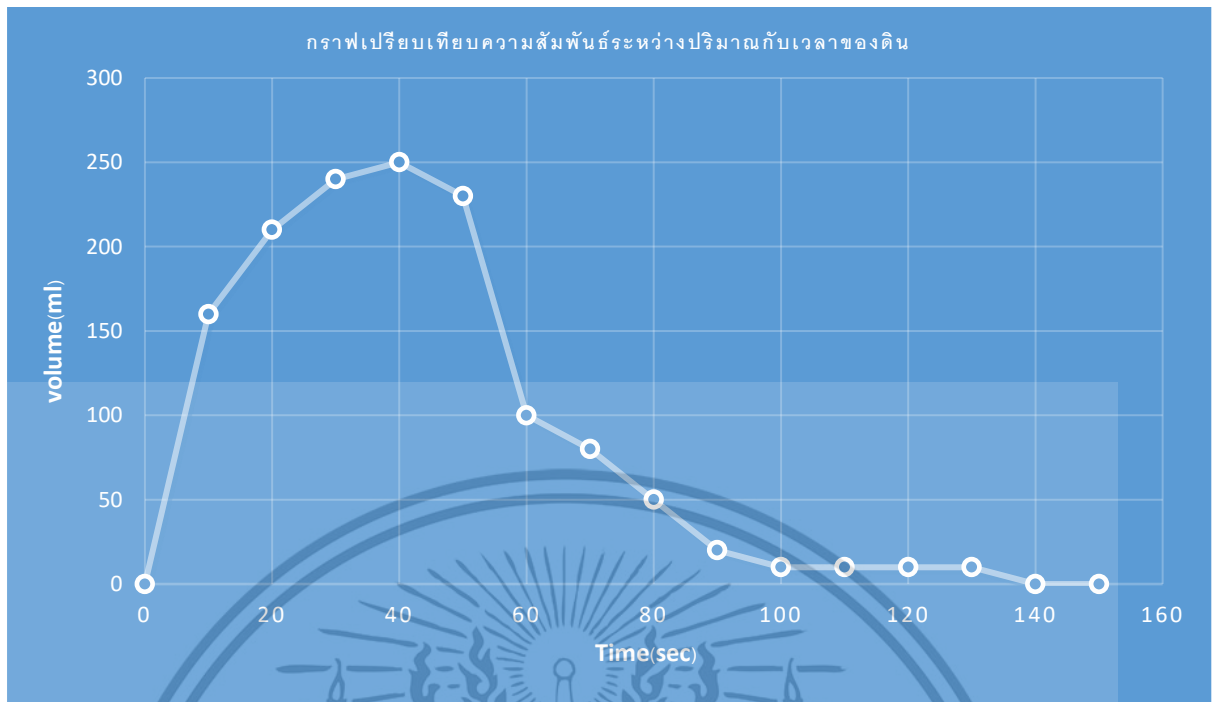
start inflow(sec)	start outflow(sec)	valum(ml)	DF(ml)
0			
10			
20			
30(23)	0	0	0
40	10	160	160
50	20	370	210
Stop 60	30	610	240
70	40	860	250
80	50	1090	230
90	60	1190	100
100	70	1270	80
110	80	1320	50
120	90	1340	20
130	100	1350	10
140	110	1360	10
150	120	1370	10
160	130	1380	10
170	140	1380	0
180	150	1380	0

จากตารางที่ 3.1.2 เป็นการให้น้ำฝน เป็นเวลา 60 วินาที โดยน้ำเริ่มไหลออกเมื่อเวลาผ่านไป 23 วินาที และหยุดไหลในเวลา 180 วินาที หรือ 3 นาที



กราฟที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5.6.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลาของดิน

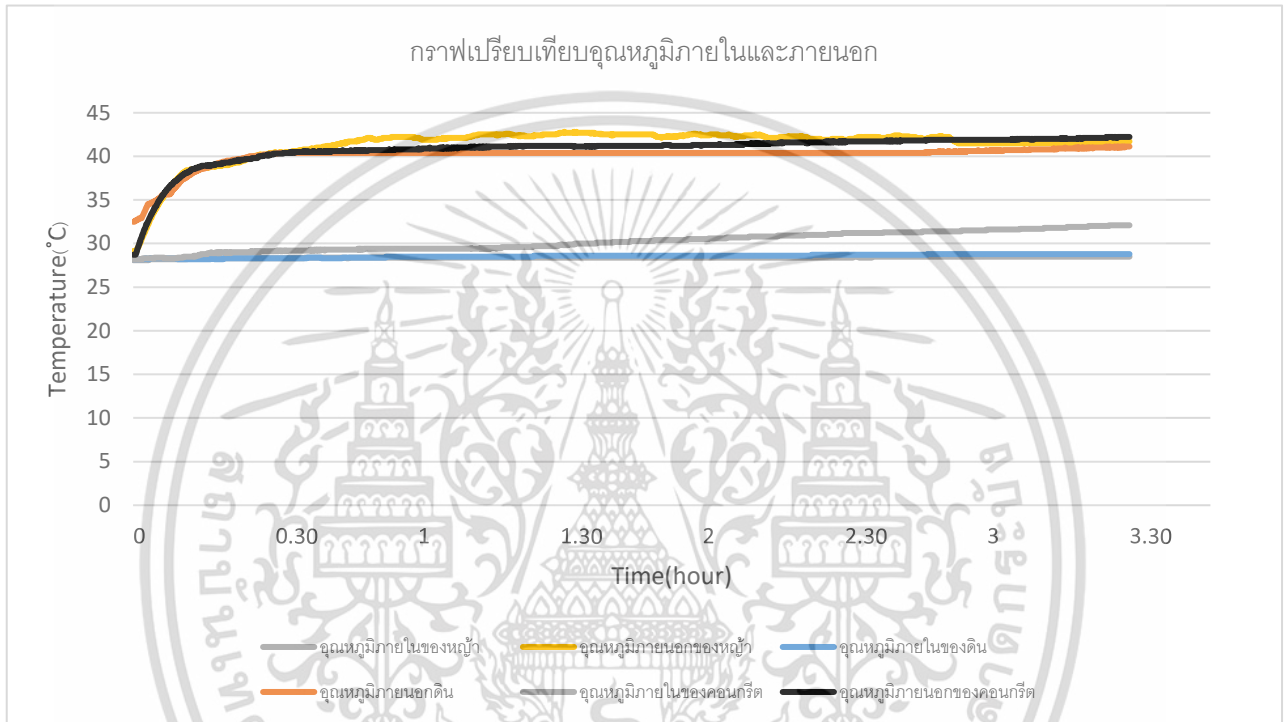
จากกราฟที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไหลอย่างรวดเร็วในช่วง 0-50 วินาที และค่อยๆ ช้าลงจะหยุดไหลใน 150 วินาที

จากกราฟที่ 4.6.1 เมื่อดูจากกราฟนี้จากเห็นได้ว่า ความต่างของปริมาณน้ำในช่วง 0-40 วินาที นั้น มาก ขึ้นเรื่อยๆ และลดลงอย่างรวดเร็วใน 60 วินาที และค่อยๆ น้อยลงอย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดการไหล มีการคงที่ ในช่วง 100-130 วินาที

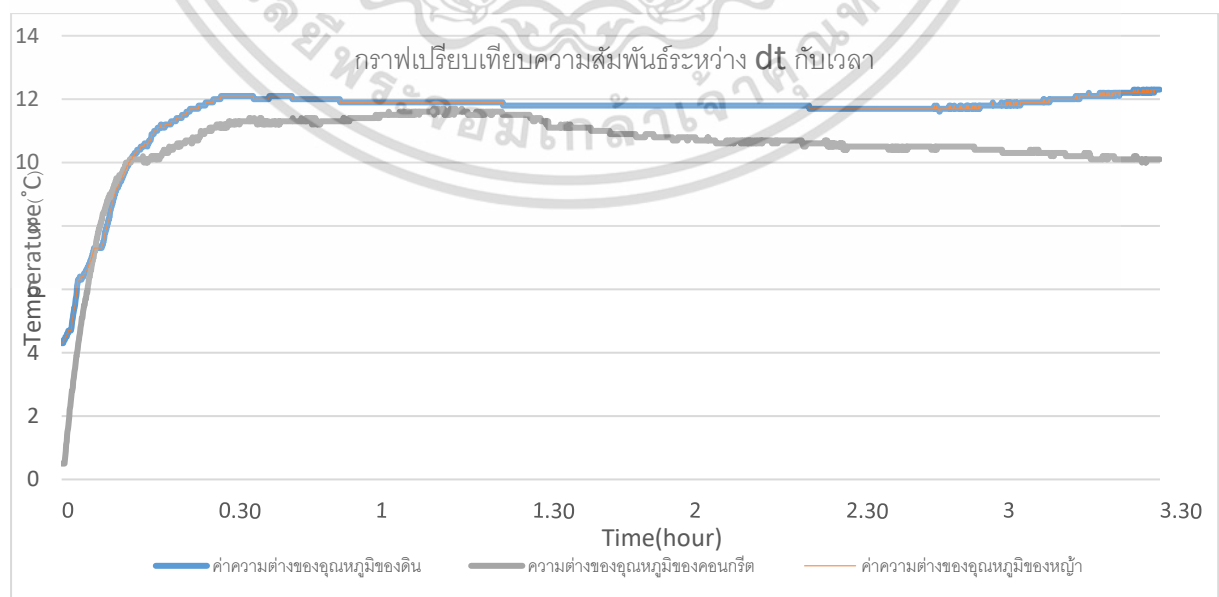
บทที่ 6 สรุปผล

จากผลการทดลองหลังจากทำการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ผ่านทางวัสดุทดลองที่ ความลึกใต้หลังคาและในตัวอาคาร และการชะลอและกักเก็บน้ำของหลังคาแต่ละชนิดสรุปได้ดังนี้

1. จากกราฟด้านล่างเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อสรุปและประสิทธิภาพการควบคุม อุณหภูมิของหลังคาแต่ละชนิดจะได้ผลดังนี้



กราฟที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอก



กราฟที่ 6.1.1 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง dt กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 เปรียบอุณหภูมิภายในและภายนอกสูงสุด

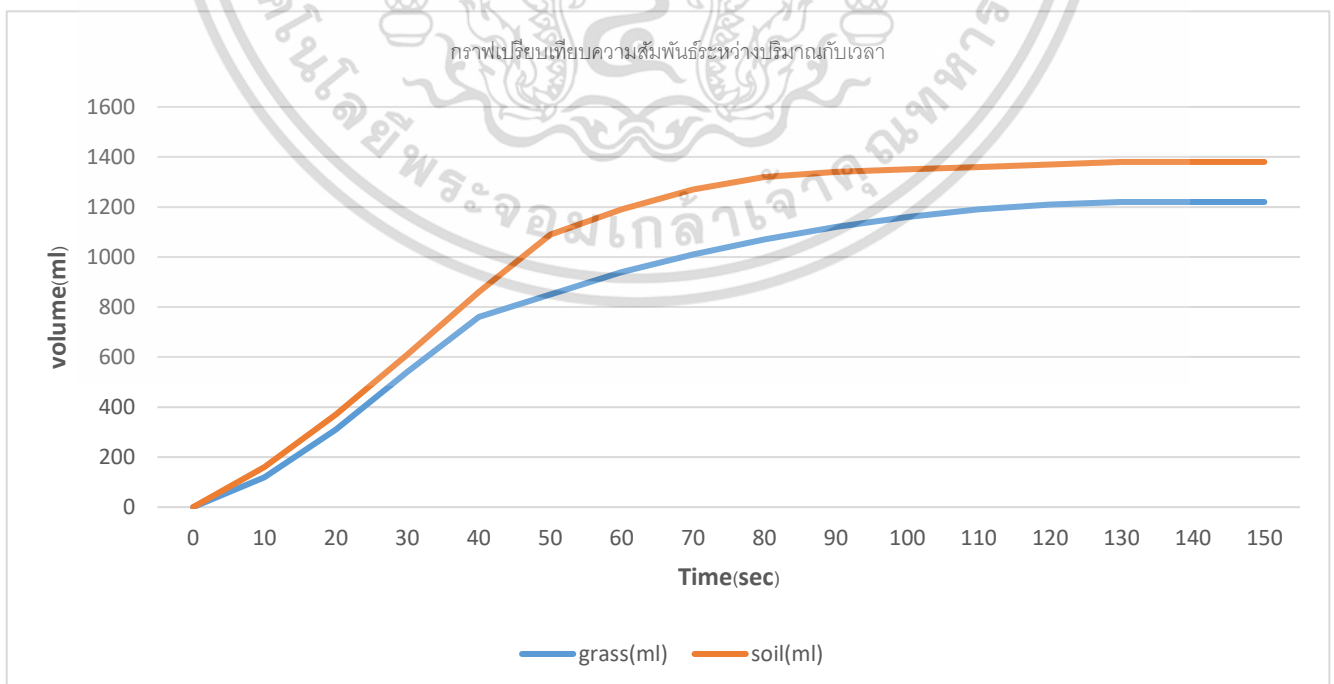
ชนิดของตัวอย่างการทดลอง	อุณหภูมิภายนอก (°C)	อุณหภูมิภายในบ้าน (°C)	ความต่างของอุณหภูมิ (°C)
คอนกรีต	42.2	32.1	10.1
ดิน+คอนกรีต	41.1	28.8	12.3
ดิน+คอนกรีต+หญ้า	41.7	28.5	13.2

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่า ชนิดทดลองแต่ละชนิดนั้นมีความสมบัติการนำความร้อนที่ต่างกัน จากการให้อุณหภูมิกับชนิดการทดลอง ทั้ง 3 อย่าง และนำผลการทดลองมาคำนวณและเปรียบเทียบ จึงสรุปได้ว่า ดิน+หญ้า+คอนกรีต สามารถควบคุมอุณหภูมิได้มากที่สุด อุณหภูมิผ่านได้น้อยกว่าชนิดการทดลองอีก 2 แบบ รองมาคือ ดินเปล่า และ คอนกรีต ตามลำดับ

สาเหตุที่ คอนกรีตควบคุมอุณหภูมิได้ไม่ดีเท่า หญ้ากับดิน เพราะวัสดุคอนกรีตนั้นมีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดีกว่าชนิดอื่นเมื่อเทียบกับ โดยสาเหตุที่หญ้า มีอุณหภูมิผ่านเข้าไปได้น้อยสุดนั้น เกิดจากช่องว่างของอากาศที่อยู่ในลำต้นและรากของหญ้า และยังมีใบของหญ้าที่งอกสลับกันเป็นชั้น เกิดช่องว่างอีก จึงทำให้อุณหภูมิผ่านได้ยาก และเมื่อดูที่หญ้าก็ยังมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินอีก ที่ทำให้อุณหภูมิผ่านได้ยาก

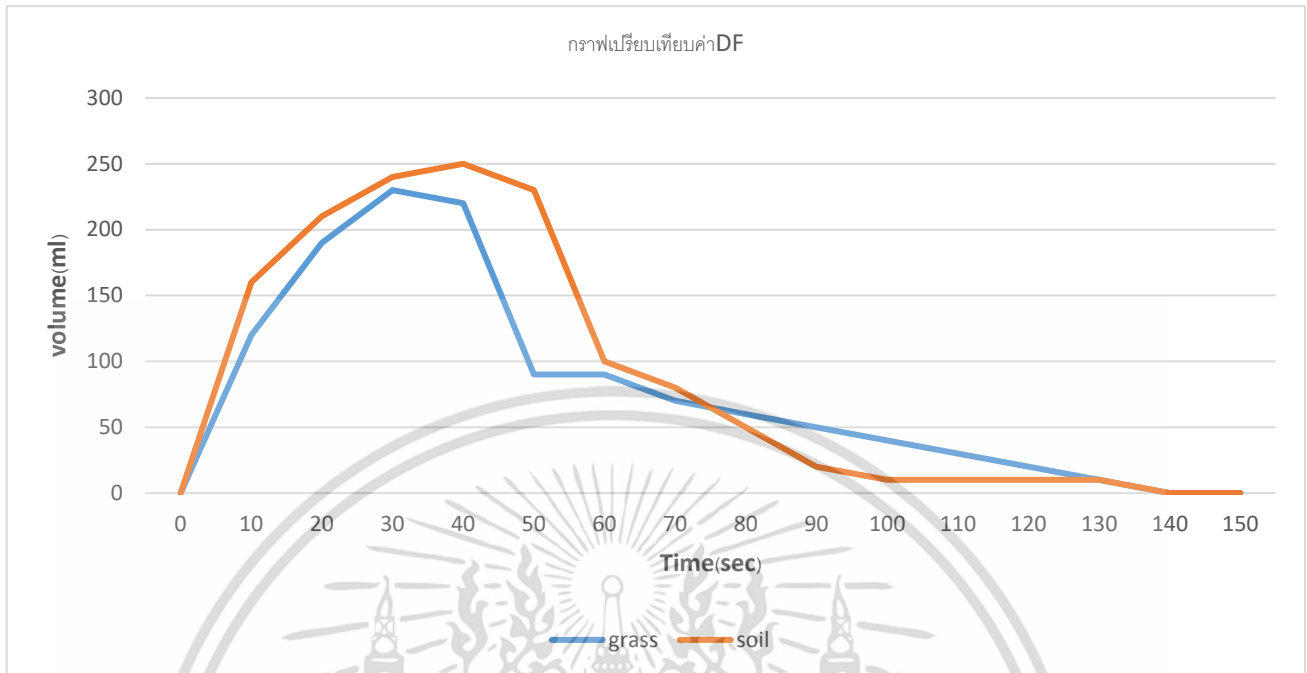
ต่างจากคอนกรีตที่มีความหนาแน่นมาก เมื่ออุณหภูมิสัมผัสกับคอนกรีตโดยตรง ทำให้อุณหภูมิมีอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งผ่านไปยัง ภายในนั่นเอง

2. จากกราฟด้านล่างเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อหาข้อสรุปและประสิทธิภาพการชะลอและกักเก็บน้ำของหลังคาแต่ละชนิดจะได้ผลดังนี้



กราฟที่ 6.2 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.2.1 กราฟเปรียบเทียบค่า DF

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลเข้าและไหลออก

ชนิด	อัตราการไหลเข้า (ml/s)	ปริมาณน้ำไหลเข้า (ml)	ปริมาณน้ำไหลออก (ml)	ปริมาณน้ำกักเก็บ (ml)
หญ้า	27.5	1650	1220	430
ดิน	27.5	1650	1380	270

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่า ชนิดทดลองทั้งสองชนิดนั้นมีความสมบัติในการชะลอน้ำและกักเก็บน้ำที่ต่างกัน โดยหญ้าสามารถชะลอน้ำได้ดีกว่า จากกราฟที่ 6.2 และ 6.2.1 จะเห็นได้ว่าตัวหญ้านั้นระบายน้ำได้ช้ากว่าดินเปล่า เมื่อดูจาก ตารางที่ 6.2 ให้ปริมาณน้ำฝน ปริมาณ 1650 ml เท่ากันทั้งสองชนิด แต่น้ำของหญ้านั้น ระบายออกมาน้อยกว่าดินเปล่า หรือ กล่าวได้ว่า หญ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่าดินเปล่า สาเหตุเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาบนหญ้านั้น ส่วนหนึ่งไม่ได้ซึมลงไปในดินและระบายออกทางท่อระบาย แต่น้ำนั้นค้างอยู่บนใบหญ้า ต่างจากดินที่ น้ำนั้นซึมผ่านดินและไหลออกไปทางท่อระบาย น้ำที่ระบายออกมาของหญ้ามักดินนั้นจึงมีปริมาณน้อยกว่าดินเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนั้นมีปัจจัยเกี่ยวกับสภาพอากาศของแต่ละวันที่แตกต่างกันซึ่งอาจทำให้ค่าของชนิดทดลองต่างๆ มีความแตกต่างกันแต่สามารถยอมรับได้เพราะต่างกันเพียงเล็กน้อย และเป็นการยกตัวอย่างหญ้าเพียงชนิดเดียว คือ หญ้า ญี่ปุ่น และเป็นการจำลองน้ำฝน ที่คงที่ ซึ่งต่างจากความเป็นจริงที่ปริมาณน้ำฝนนั้น เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และดินที่ใช้ในการปลูกหญ้านั้นเป็นดินปลูกที่มีขายตามตลาดทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs
Applied Energy 115 (2014) 411–428
- [2] Umberto Berardi, AmirHosein GhaffarianHoseini, Ali GhaffarianHoseini
Applied Energy 115 (2014) 411–428
- [3] maahanakorn.com/ปลูกหญ้าอะไรดี/
- [4] banidea.com/gene-grass-beautiful/
- [5] Hydraulic engineering / กิริติ ลีวัจนกุล





ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพการเติบโตของหญ้าในแต่ละวัน



วันที่ 1



วันที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วันที่ 3 สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปวันที่ 4 ยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 5



วันที่ 6



วันที่ 7



วันที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 9



วันที่ 10

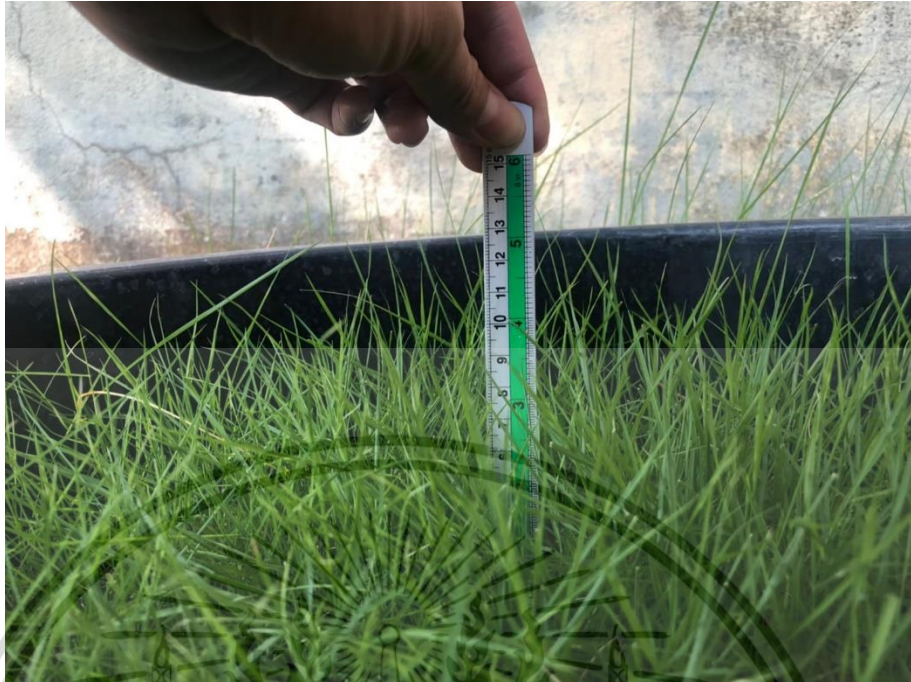


วันที่ 11

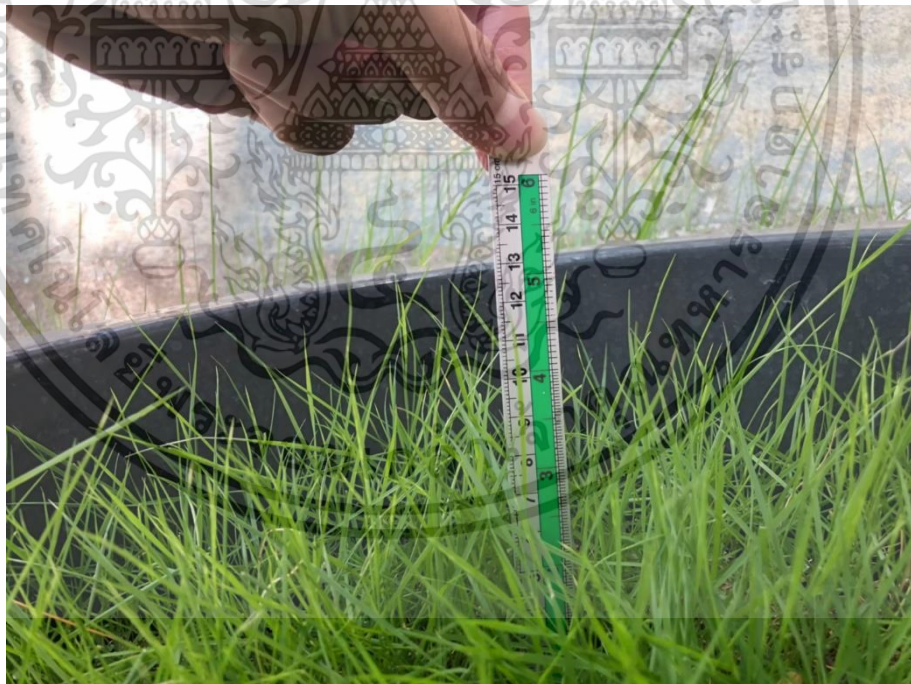


วันที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 13

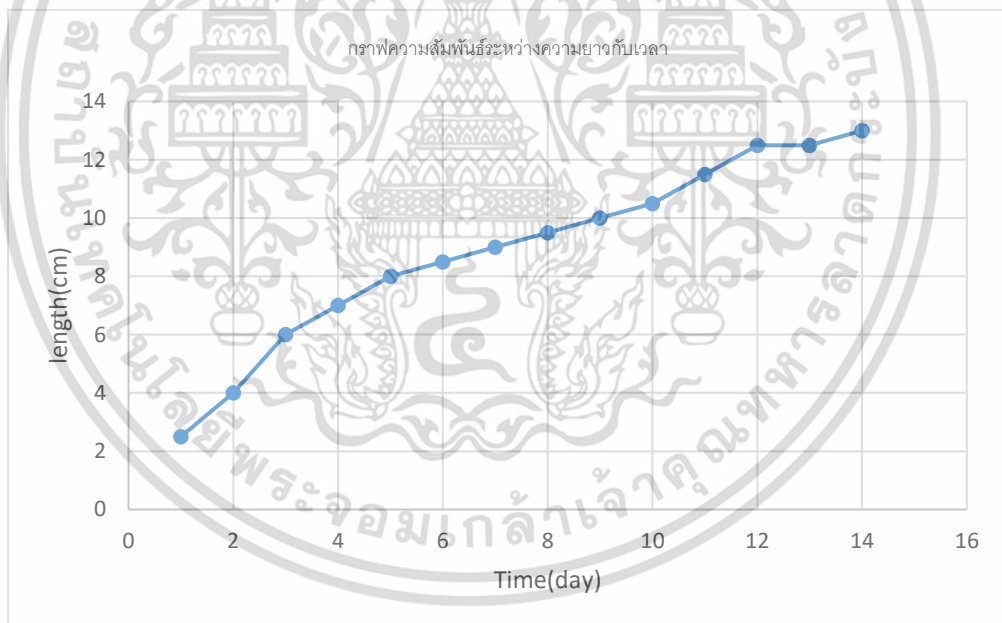


วันที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

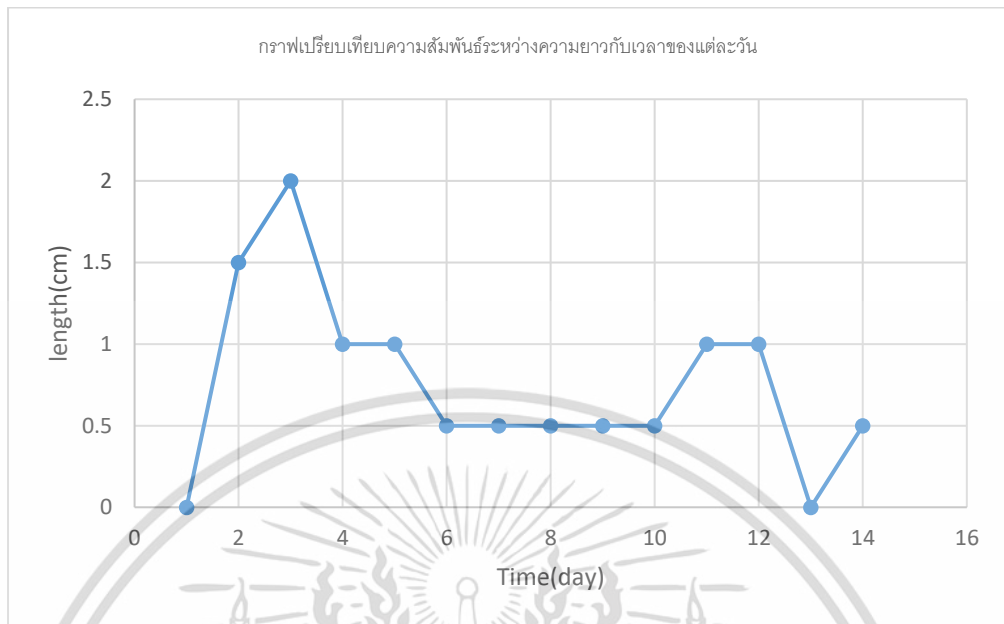
ตารางการเจริญเติบโตของหญ้า

จำนวนวัน	ความสูง(cm)	DF(cm)
1	2.5	0
2	4	1.5
3	6	2
4	7	1
5	8	1
6	8.5	0.5
7	9	0.5
8	9.5	0.5
9	10	0.5
10	10.5	0.5
11	11.5	1
12	12.5	1
13	12.5	0
14	13	0.5



กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับเวลาของแต่ละวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝนจำลอง



เป็นหัวฟ้นละอองแบบความดันต่ำ ที่มีขายตามร้านอุปกรณ์ทำสวนและงานท่อทั่วไป ขนาดความกว้าง
ละอองน้ำ 1.5 - 2 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้