การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

GREEN ROOF DESIGN FOR ARCHITECTURE IN THAILAND

ภิญญดา ธีระวณิชตระกูล
PINYADA TEERAWANICHTRAKUL

การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะ และการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567
KMITL-2024-AR-M-002-022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GREEN ROOF DESIGN FOR ARCHITECTURE IN THAILAND

PINYADA TEERAWANICHTRAKUL

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART AND DESIGN
KING MONGKUT'S INSTITUDE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

KMITL-2024-AR-M-002-022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024
SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART AND DESIGN
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นคว้าอิสระ การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย
นักศึกษา นางสาวภิญญดา ธีระวณิชตระกูล
รหัสประจำตัว 66026031
ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ. 2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.มนสินี อรรถวานิช

บทคัดย่อ

การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรม เป็นการเชื่อมโยง ภูมิสถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรม และอาคารเข้าด้วยกัน โดยบทความวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษา เรียบเรียงและสรุปข้อมูล เป็นแนวทางการออกแบบหลังคาเขียว ซึ่งในปัจจุบันหลังคาเขียวถูกนำมาใช้อย่างกว่างขวางรวมทั้งมีกฎหมายและนโยบายที่ส่งเสริมให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวมากยิ่งขึ้น โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การออกแบบสวนหลังคา, หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน, การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof, ภูมิทัศน์พื้นฐาน, ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น, พืชพันธุ์ในงานภูมิสถาปัตยกรรม, อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย และการวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดยสรุปเป็นการออกแบบหลังคาเขียว ดังนี้ 1) กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 2) ประเภทของหลังคาเขียว 3) โครงสร้างของหลังคาเขียว และ 4) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ที่จะต้องนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรมจึงเกิดเป็นแนวทางการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรม

คำสำคัญ: หลังคาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

An independent study	Green Roof Design for Architecture in Thailand.
Student	Miss Pinyada Teerawanichtrakul
Student ID.	66026031
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2024
Thesis Advisor	Dr. Monsinee Attavanich

ABSTRACT

The design of green roofs for architecture is a link between landscape architecture, architecture, and buildings. Reference data was collected from research and related documents, including roof garden design, green roof. Options for Rainwater Management, Education and Promotion of Energy Saving Based on Green Roof Approaches, Basic Landscapes, Preliminary Landscapes, Vegetation in Landscape Architecture, Future, Obstacles and Impacts of Control Development of the use of green roofs in Lagos State, Nigeria and a comparative analysis of rooftop garden systems. The following are 1) relevant laws and standards, 2) types of green roofs, 3) structures of green roofs, and 4) factors that must be considered in the design of green roofs that must be analyzed together to be used as a database for the use of green roof designs that are suitable for architectural conditions.

Keywords: Green roof

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์ แนวทางการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรม สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นักศึกษาต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.มนสินี อรรถาวานิช ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศ.สุพัฒน์ บุณยฤทธิกิจ ประธานหลักสูตร ขอบพระคุณอาจารย์ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำวิธีคิด กระบวนการทำงานที่ดีและใส่ใจในทุกขั้นตอน รวมทั้งให้กำลังใจ สร้างแรงผลักดันและสร้างแรงบันดาลใจในการทำงานให้กับข้าพเจ้ารู้จักพัฒนาตนเองให้มีเป้าหมายและทำให้ผลงาน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและ การออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่สั่งสอนวิชาความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ และนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

รวมถึงขอขอบพระคุณ คุณพ่อ สุทธิศักดิ์ ธีระวณิชตระกูล คุณแม่ เบญจมาศ ธีระวณิชตระกูล และน้องชาย ธีรดนย์ ธีระวณิชตระกูล ผู้เป็นกำลังใจสำคัญ และเพื่อนพี่น้อง นักศึกษาสถาปัตยกรรม ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและคอยเป็นแรงผลักดันในชีวิตของข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังว่างานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

ภิญญดา ธีระวณิชตระกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อ.....I
กิตติกรรมประกาศ.....II
สารบัญ.....III
สารบัญรูปภาพ.....VII
สารบัญตาราง.....VIII
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....6
1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาโครงการ.....6
1.4 ขอบเขตและวิธีการศึกษาโครงการ.....7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....1
2.1 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง.....1
2.1.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง.....1
2.1.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง.....11
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....16
2.2.1 การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2558).....16
2.2.2 หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.).....21
2.2.3 การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน, สุธน รุ่งเรือง, ณิชาภา มินาบูลย์ (2559).....24
2.2.4 ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558).....25
2.2.5 ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (2558).....28
2.2.6 อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559).....29
2.2.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560).....32
2.3 สรุปกรอบแนวคิด.....35
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการ.....36
3.1 การเก็บข้อมูลจากชุดเครื่องมือ.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล....41
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง....41
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้อง....45
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว....46
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว....54
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว....57
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....60
5.1 สรุปผลการวิจัย....60
5.2 ข้อเสนอแนะ....62
บรรณนานุกรม....63
ประวัติผู้เขียน....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 หลังคาเขียว green roof 1

1.2 โครงการ The Forestias 2

1.3 อุทยานเรียนรู้ป่วย 100 ปี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 3

1.4 อุทยานร้อยปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3

1.5 House behind the Roof 4

1.6 บ้าน OS / NOLASTER 5

1.7 โรงเรียนมัธยม Marcel Sembat 6

2.1 เนื้อหาLEED 1

2.2 มาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) 13

2.3 สรุปกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 15

2.4 รูปตัดองค์ประกอบแต่ละชั้นภายในหลุมปลูกของสวนหลังคา 17

2.5 กล๊าสเซลล์ที่ชื่อแผงพลาสติกระบายน้ำแบบรวงผึ้ง 17

2.6 รูปตัดระบบระบายน้ำโดยมีระบบท่อระบายน้ำแนวตั้งและแนวราบวางเป็นก้างปลา 18

2.7 แผ่นใยกรองดินเอนก้าเดน และจีโอเทค (Geotech) 18

2.8 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 21

2.9 รูปตัดแสดงรายละเอียดหลังคาเขียว 21

2.10 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 23

2.11 รูปตัดแสดงรายละเอียดของหลังคาเขียว 24

2.12 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 25

2.13 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 27

2.14 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 29

2.15 รูปตัดโครงสร้างทั่วไปของหลังคาเขียว Extensive Roof Garden 30

2.16 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 31

2.17 ชั้นโครงสร้างหลังคาเขียว 32

2.18 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 34

2.19 กรอบแนวคิดงานวิจัย 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 9
2.2 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 11
2.3 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 14
2.4 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว 14
2.5 ประเภทของหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 19
2.6 โครงสร้างของหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 20
2.7 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 20
2.8 ประเภทของหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 22
2.9 โครงสร้างของหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 22
2.10 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 23
2.11 โครงสร้างของหลังคาเขียว การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559) 24
2.12 โครงสร้างของหลังคาเขียว ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 26
2.13 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 27
2.14 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (มปป.) 28
2.15 ประเภทของหลังคาเขียว อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) 30
2.16 โครงสร้างของหลังคาเขียว อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) 31
2.17 ประเภทของหลังคาเขียว การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560) 33
2.18 โครงสร้างของหลังคาเขียว การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560) 33
3.1 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 36
3.2 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องกับประเภทหลังคาเขียว 36
3.3 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า
3.4 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES กับประเภทหลังคาเขียว 38
3.5 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว 38
3.6 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 38
3.7 แสดงชุดเครื่องมือเงื่อนไขที่นำไปสู่การสรุปประเภทของหลังคาเขียว 39
3.8 ชุดเครื่องมือสรุปโครงสร้างของหลังคาเขียว 39
3.9 ชุดเครื่องมือสรุปปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว 40
4.1 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 41
4.2 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องกับประเภทหลังคาเขียว 41
4.3 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES 42
4.4 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES กับประเภทหลังคาเขียว 43
4.5 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว 45
4.6 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย 45
4.7 การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว 46
4.8 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว 54
4.9 การเก็บรวบรวมข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 55
4.10 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 56
4.11 การเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว 57
4.12 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การขยายตัวของประชากรและเมือง ส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เกิดอาคารแทนที่พื้นที่โล่งว่าง พื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศหรือพื้นที่สีเขียวมีน้อยลง ผิวหลังคาคอนกรีตส่งผลต่อความร้อนของเมืองและการใช้พลังงานในอาคารที่สูง หลังคาเขียวจึงได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศโดยเฉพาะในเขตเมืองและเป็นส่วนช่วยพัฒนาเมืองสู่ความยั่งยืน ทั้งนี้ บทบาทของหลังคาเขียวมีมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภูมิอากาศและแนวคิดการประหยัดพลังงาน

ในปัจจุบันหลังคาเขียวถูกนำมาใช้อย่างกว่างขวางในหลายประเทศโดยเฉพาะในยุโรปเหนือและอเมริกา มีงานวิจัยและการทดลองที่เกี่ยวข้องกับ“หลังคาเขียว” (Green root) ในหลายแง่มุมที่เฉพาะเจาะจง ทั้งเรื่องเทคโนโลยีโครงสร้างหลังคาเขียว วัสดุ การวัดผลเรื่องอุณภูมิ พืชพรรณ และการประหยัดพลังงาน ทำให้ยังมีช่องว่างในการรวบรวมข้อมูลต่อยอดเพื่อแสดงภาพรวมของการออกแบบหลังคาเขียว ขณะเดียวกันในการออกแบบหลังคาเขียวผู้ตัดสินใจส่วนใหญ่เป็นภูมิสถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้างภูมิทัศน์ และนักปลูกพืชสวน

อย่างไรก็ตามการออกแบบอาคารเขียวต้องคำนึงถึงขั้นตอนการออกแบบก่อสร้างอาคารที่มีข้อจำกัดโดยการออกแบบอาคารหลังคาเขียวเป็นการประสานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมและหลังคาเขียวเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นงานของสถาปนิกในการออกแบบอาคาร ความรู้ความเข้าใจจะนำไปสู่การออกแบบรูปทรงและโครงสร้างอาคารที่สอดคล้องกัน โดยเรียบเรียงและสรุปเป็นแนวทางการออกแบบ เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม จึงเป็นที่มาของ**การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย**

รูปที่ 1.1 หลังคาเขียว green roof

ที่มา : Marisa (2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แนวคิดของ อาคารเขียว

อาคารสีเขียวและหลักการออกแบบ สถาปัตยกรรมหรืออาคารสีเขียว (Green Building) เป็นแนวคิดของการออกแบบ อาคารที่มุ่งพิจารณาถึงการใช้เทคโนโลยี อาคารที่เหมาะสม (Appropriate Technology) และให้ความสำคัญกับแนวคิดการออกแบบ ที่ให้ความสำคัญและพึ่งพาธรรมชาติเป็นหลัก (Passive Design) มีการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีที่เหมาะสมผสานเข้ากันกับ ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมอย่างลงตัว ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งของการออกแบบควรมุ่งเน้นการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมให้มากทั้งในเรื่อง ของวัสดุและวิธีการก่อสร้างวัสดุก่อสร้างควรเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2) แนวคิดของ หลังคาเขียว

“หลังคาเขียว” (Green root) หรือ “สวนหลังคา” (Roof garden) คือหลังคาอาคารที่ปิดทับบางส่วนหรือทั้งหมดด้วยเครื่องปลูกอย่างอื่นดินหรือพืชพรรณบนชั้นแผ่นกันน้ำ ต้นไม้ปลูกในกระถางที่วางบนหลังคาโดยอิสระไม่ถือเป็น “หลังคาเขียว” ที่แท้จริงในความหมายนี้ ” (พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ. 2559) แต่ด้วยวิธีการก่อสร้าง ประสานกับงานสถาปัตยกรรมและงานระบบ วิศวกรรมตั้งแต่เริ่มแรก สามารถเป็นสวนขนาดใหญ่ที่ปลูกไม้ยืนต้น มีบ่อน้ำ สระน้ำ สนามหญ้า จัดเตรียม ระบบรดน้ำ ไฟแสงสว่าง การระบายน้ำ และมิใช่จำกัดการใช้งานเฉพาะผู้อยู่อาศัยในตึกเท่านั้น สวนหลังคา บนอาคารบางหลังใช้เป็นลานหรือสวนสาธารณะของคนเมืองได้ด้วย แต่ด้วยข้อจำกัดบางประการของส่วน หลังคาในเรื่องน้ำหนักดิน น้ำหนักต้นไม้ ภาระการดูแลรักษาสวน เป็นต้น จึงเกิดแนวคิดหลังคาเขียวที่มุ่งไป ที่ความประหยัด ดูแลรักษาน้อย แต่ยังได้ประโยชน์ทางนิเวศในเรื่องการลดความร้อนในเมือง เป็นส่วนหนึ่ง ของการจัดการน้ำผิวดินในเมืองและยังเป็นทิวทัศน์ที่ดีด้วย (จามรี อาระยานิมิตสกุล : 2558)

3) หลังคาเขียวในประเทศไทย

ในประเทศไทยโครงการทั้ง 3 โครงการเป็นอาคารที่ออกแบบมาเพื่อหลังคาเขียวขนาดใหญ่

1. โครงการ The Forestias หลังคากรีนรูฟขนาดใหญ่ พื้นที่สีเขียว 30 ไร่ ที่ตั้ง ถนนบางนา-ตราด กม. 7 อำเภอบางพลี จ.สมุทรปราการ

รูปที่ 1.2 โครงการ The Forestias

ที่มา : Nathanich (มปป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุทยานเรียนรู้ป่วย 100 ปี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

หลังคากรีนรูฟขนาดใหญ่ พื้นที่สีเขียว 7,000 ตร.ม. ที่ตั้ง 99 ม. 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

รูปที่ 1.3 อุทยานเรียนรู้ป่วย 100 ปี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ที่มา : Damian (2563)

3. อุทยานร้อยปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังคากรีนรูฟขนาดใหญ่ พื้นที่สีเขียว 29 ไร่ ที่ตั้ง ซอย 9 แขวง วังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

รูปที่ 1.4 อุทยานร้อยปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา : อุทยานร้อยปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หลังคาเขียวในต่างประเทศ

1. House behind the Roof

บ้านพื้นที่ 189 ตารางเมตรหลังนี้ ตั้งอยู่ในเขตชานเมืองของคราคูฟ ประเทศโปแลนด์ เนื่องจากการพัฒนาเมืองแบบไดนามิก (dynamic) ที่มีความเปลี่ยนแปลงสูงตามแบบวิถีชีวิตเมืองในอนาคต พื้นที่ธรรมชาติจึงถูกนำมาใช้เพื่อการพัฒนามากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น เพื่อให้สังคมเมืองแห่งอนาคตปรับตัวได้อย่างรวดเร็วโดยไม่รบกวนสิ่งแวดล้อมเมือง บ้านจึงต้องประหยัดพลังงานสูง ลดปัญหาการสร้างความเสื่อมโทรมให้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ให้บ้านมีความยั่งยืน วิธีการออกแบบเชิงนิเวศจึงมีความสำคัญเป็นพิเศษ ที่เห็นบ้านรูปลักษณ์โดดเด่นหลังคาเอียงชัดเจน โครงสร้างเหล็กเฉียบคม และงานไม้ที่เหมือนงานประติมากรรม ทุกองค์ประกอบไม่ใช่เพื่อความสวยเท่านั้น แต่ยังแฝงด้วยฟังก์ชันที่น่าทึ่งมากมาย

รูปที่ 1.5 House behind the Roof

ที่มา : banidea.com (2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.บ้าน OS / NOLASTER

ที่ตั้งริบามอนตัน อัล มาร์, สเปน พื้นที่ 360ตร.ม. สถาปนิก NOLASTER ตัวอาคารล้อมรอบด้วยปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส (22x22 ม.) มีความสูง 3 เมตรครึ่ง ด้านหน้าของบ้านที่เปิดโล่งที่สุดคือหลังคาสีเขียว

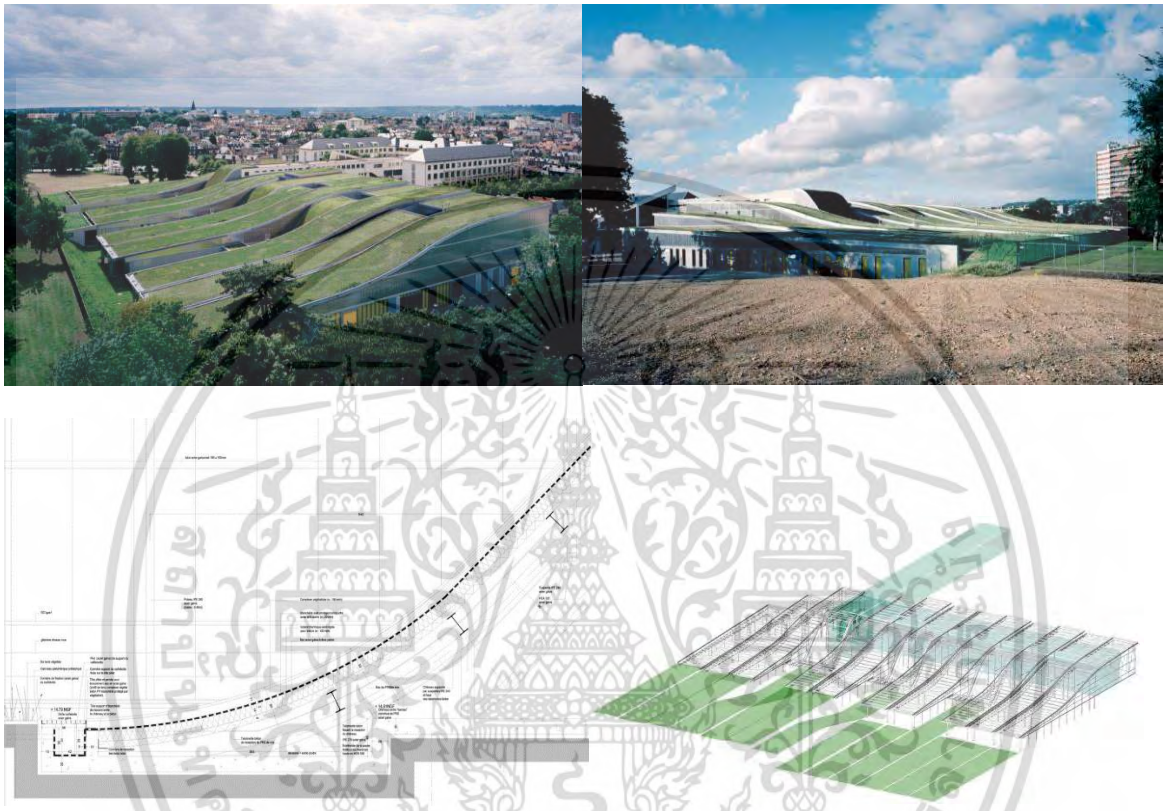
รูปที่ 1.6 บ้าน OS / NOLASTER

ที่มา : ArchDaily (2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โรงเรียนมัธยม Marcel Sembat

โรงเรียนมัธยม Marcel Sembat ที่ตั้ง ซอตเตอวีย์-เลส์-รูอ็อง, ฝรั่งเศส สถาปนิก: B Huidobro พื้นที่: 12764ตรม



รูปที่ 1.7 โรงเรียนมัธยม Marcel Sembat

ที่มา : ArchDaily (2554)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม

1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาโครงการ

ได้ข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตและวิธีการศึกษาโครงการ

1. ทบทวนทฤษฎี แนวคิด และแนวทางการออกแบบหลังคาเขียว

2. ศึกษาและรวบรวมศึกษาจากเอกสารทางวิชาการ หนังสือ บทความ จดหมาย บันทึก รวมถึงงานวิจัยต่างๆที่สอดคล้องกับแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

3. ทำการอภิปรายและสรุปคู่มือแนวทางการออกแบบหลังคาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารทางวิชาการ หนังสือ บทความ จดหมาย บันทึก รวมถึงงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง สรุปสาระสำคัญ ได้ดังนี้

การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรม จำเป็นต้องทราบกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางและข้อกำหนดที่สอดคล้องสำหรับการออกแบบ

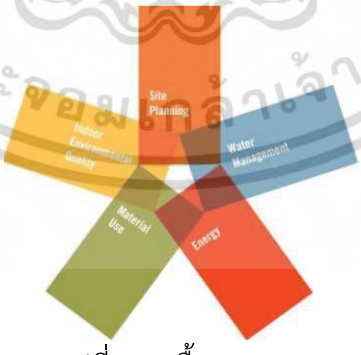
2.1 กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันกฎหมายได้ให้ความสำคัญกับพื้นที่สีเขียวมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่สีเขียวบนหลังคา ซึ่งในประเทศไทยมีแนวทางที่ช่วยส่งเสริมในด้านนโยบาย มาตรการ และวิธีดำเนินการเพื่อปฏิบัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียว ได้แก่

2.1.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

1) LEED (Leadership in Energy and Environment Design)

การออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียว ตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED เกี่ยวข้องกับมาตรฐานและแนวปฏิบัติโดยละเอียด โดยใช้ระบบคะแนนเพื่อให้คะแนนการออกแบบและการก่อสร้างอาคารสีเขียว LEED ในทุกระบบจะมีเนื้อหาเหมือนกัน คือ 7 หมวดหลัก



รูปที่ 2.1 เนื้อหาLEED

ที่มา : ผศ.ดร.พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2557)

1. สถานที่ตั้งโครงการเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Site)
2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การใช้น้ำในอาคาร ตั้งแต่ 30% ขึ้นไป น้ำที่นำมาคำนวณ ได้แก่ น้ำในโถส้วม โถปัสสาวะชาย อ่างล้างมือ อ่างล้างจาน ฝักบัวอาบ

-ลดการใช้น้ำนอกอาคาร โดยลดการใช้สะอาดสำหรับดื่ม(Potable

Water) หรือน้ำประปามารดน้ำต้นไม้ เลือกใช้พันธุ์ไม้ที่กินน้ำน้อย ใช้ น้ำฝน หรือน้ำใช้แล้วที่ผ่านการบ าบัด

- งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เรียกว่าXeriscape หมายถึง Zero water landscape

3. พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere

4. วัสดุและทรัพยากร (Material and Resources)เกณฑ์บังคับ 1 ข้อ

5. คุณภาพสภาพแวดล้อมในอาคาร (Indoor Environmental Quality) เกณฑ์บังคับ 2 ข้อ

6. นวัตกรรมในการออกแบบ(Innovation in Design)

7. ความสำคัญเร่งด่วนของภูมิภาค (Regional priority)

ตารางที่ 2.1 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

LEED	
หัวข้อ	รายละเอียด
ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เรียกว่าXeriscape หมายถึง Zero water landscape

2) TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย

โดยมีหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้อง หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape) มีหัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทยดังนี้

SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน (5 คะแนน)

SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง (2 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ปรับปรุงให้มีสัดส่วนพื้นที่เปิดโล่งมากขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการมีพื้นที่สีเขียว เพิ่มแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ ลด ปัญหาน้ำท่วม ลดปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island) และเพิ่มพื้นที่กิจกรรมสาธารณะภายนอก อาคาร

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

ทางเลือกที่ 1

โครงการต้องมีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ (Ecological Open Space) ให้มีพื้นที่ ไม่น้อยกว่า 10-25% ของพื้นที่ฐานอาคาร (Building Footprint) โดยพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศต้องมีพื้นที่สีเขียวอย่างน้อยร้อยละ 25-40 ของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ (นับ รวมพื้นที่บ่อน้ำลักษณะธรรมชาติที่มีการจัดพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจโดยรอบ) และจะต้องไม่ใช้พื้นที่สำหรับรถยนต์หรือที่ จอดรถยนต์ พื้นที่ดาดแข็งสามารถนับเป็นส่วนห นึ่งของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศได้ หากกิจกรรมบนพื้นที่ดาดแข็งเป็นไปเพื่อ การส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน อาทิเช่น ทางเดินเท้า ลานกิจกรรม เป็นต้น ในการทำคะแนนภายใต้ทางเลือกที่ 1 นี้ พื้นที่หลังคาไม่สามารถนับรวมเป็นพื้นที่ในการทำคะแนน

ทางเลือกที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการต้องมีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ 10-20% ของพื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถนับพื้นที่หลังคาเป็นพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศได้ แต่ลักษณะของพื้นที่หลังคาต้องตรงตามลักษณะของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศที่ถูกกำหนดไว้ในทางเลือกที่ 1

SL 3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร (ห้ามย้ายไม้ยืนต้นมาจากที่อื่น) (2 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ปรับปรุงสภาพอากาศให้เหมาะสม เพื่อให้อาคารมีสภาพแวดล้อมที่ดี ประหยัดพลังงาน และส่งเสริมการอยู่อาศัยที่เป็นมิตรระหว่างมนุษย์และสัตว์ตลอดจน สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

• มีพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่า 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 200 ตารางเมตร ได้ 1 คะแนน

• มีพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่า 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร ได้ 2 คะแนน

• มีร่มเงาปกคลุมอย่างคงทนถาวรแล้วหรือภายใน 3 ปี นับจากวันลงทะเบียนโครงการ

• รักษาต้นไม้เดิม และ/หรือ ปลูกไม้ยืนต้นเพิ่มเติม โดยต้นไม้นั้นต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่มเมื่อโต เต็มที่ไม่น้อยกว่า 4.5 เมตร หรือสูงเกินกว่า 6 เมตร และต้องไม่ใช่ต้นไม้ที่ย้ายโดยการขุดล้อมมาจากพื้นที่อื่นเพื่อ นำมาปลูกในโครงการ ยกเว้นต้นไม้ที่มีการจำหน่ายอย่างถูกกฎหมายหรือที่เพาะขึ้นจากเรือนเพาะชำเท่านั้น

SL 3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม (1 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ปรับปรุงระบบนิเวศที่เหมาะสมและส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดี เพื่อการประหยัดพลังงาน ลดการใช้น้ำในงานภูมิ สถาปัตยกรรม ลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง และส่งเสริมการสร้างและพลิกฟื้นระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

ปรับปรุงพืชพรรณในงานภูมิสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศที่ทนแล้งและทนโรคทั้งโครงการ พืชพรรณที่เลือกใช้ต้องไม่เป็นสายพันธุ์รุกราน (Invasive Alien Species) หรือวัชพืช การเลือกชนิดของพืชต้องอ้างอิง ชนิดของพืชตามที่ระบุไว้ในหัวข้อคะแนนนี้

SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ (3 คะแนน)

SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง(2 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ลดผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากหลังคาและเปลือกอาคาร (การเกิดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ระหว่างพื้นที่พัฒนาและพื้นที่ไม่ได้รับการพัฒนา) ที่จะส่งผลต่อสภาพอากาศจุลภาค และที่อาศัยของมนุษย์และสัตว์ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

สัดส่วนของพื้นที่หลังคาเขียวและสวนแนวตั้ง (หลังคามีความชันมีความชันน้อยกว่า 60° วัดจากแนวระนาบ ส่วนผนังจะมี ความชันมากกว่า 60° วัดจากแนวระนาบ ขึ้นไป ตามนิยามของผนังและหลังคาใน ASHRAE 90.1 2007) ที่ถูกปกคลุม ด้วยพืช โดยใช้สมการ

GSA = GRA + GWA x 0.5

โดย GSA = Green Surface Area, GRA = Green Roof Area (พื้นที่สวนหลังคา), GWA = Green Wall Area (พื้นที่สวนแนวตั้ง)

GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) -0.3 ได้ 1 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) >0.5 ได้ 2 คะแนน สำหรับ GWA หากสัดส่วนของพื้นที่ปกคลุมด้วยพืชมากกว่า 50% บนพื้นที่ GWA ใด ๆ ให้นับทั้งพื้นที่นั้นเป็น GWA ได้ทั้งพื้นที่ (สถาบันอาคารเขียวไทย **Thai Green Building Institute (TGBI)** : มปป)

ตารางที่ 2.2 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

TREES		
หัวข้อ	รายละเอียด	คะแนน
SL 1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว	1
SL 2	การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว	3
SL 3	การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน	
SL 3.1	มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง	2
SL 3.2	มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร	2
SL 3.3	ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม	1
SL 4	การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม	4
SL 5	การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ	
SL 5.1	มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง	2
SL 5.2	มีพื้นที่ดาดแข็งที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่ดาดแข็งโครงการ	1
SL 6	การดูแลและบำรุงรักษาพื้นที่ภายนอกอาคารและภูมิทัศน์	1

2.1.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

การศึกษากฎหมายและมาตรฐานสำหรับงานสถาปัตยกรรมภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทยในบางส่วน กฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับวิชาชีพด้านการออกแบบที่กล่าวถึงประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว ได้แก่

1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 พรบ.ดังกล่าวเป็นกฎหมายแม่บทสำคัญ ด้านสิ่งแวดล้อม

2) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เป็นกฎหมายแม่บทด้านการออกแบบอาคารที่สำคัญที่ดูแลในด้านมาตรฐานความปลอดภัยควบคู่กับการส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งในด้านสิ่งแวดล้อมนั้นมีการกล่าวถึงในกฎกระทรวงฉบับต่างๆ อาทิ กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538) ว่าด้วยการกำหนดระบบระบายน้ำการกำจัด ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541 แก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538 กำหนดประเภทและลักษณะ อาคารที่ต้องจัดให้มีระบบการระบายน้ำ และระบบบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง) กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ในหมวดที่ 3 ที่ว่างภายนอกอาคาร และในหมวดที่ 4 แนวอาคารและระยะต่างๆของอาคาร

3) พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2533 พรบ.การจัดสรรที่ดินฯเป็นกฎหมายแม่บท ควบคุมในการดำเนินธุรกิจการจัดสรรที่ดิน หรือโครงการมุ่งเน้นการจัดระเบียบและควบคุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) EIA

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment) เป็นการศึกษาเพื่อคาดการณ์ผลกระทบจากการพัฒนาโครงการทั้งในทางที่ดีและทางไม่ดี เพื่อกำหนดมาตรการแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและป้องกัน ใช้ประกอบการตัดสินใจพัฒนาโครงการ การจัดทำ EIA เป็นไป ตามกฎหมายโดยเจ้าของโครงการอาคาร หรือประเภทกิจการที่เข้าข่ายตามประกาศ กระทรวงวิทย์ฯ (ผศ.วรวรรณ โรจนไพบูลย์ : 2551)

5) (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567)

นโยบาย มาตรการ และวิธีดำเนินการเพื่อปฏิบัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4)

กำหนดให้ผังเมือง มาตรา 22(6) แห่งพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562 กำหนดให้ผังเมืองรวมประกอบด้วย นโยบาย มาตรการ และวิธีดำเนินการเพื่อปฏิบัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวม ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการปรับ อัตราส่วนพื้นที่อาคารตาม (5) (ค) (ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน หรือ FAR) แนวทางในการใช้ มาตรการด้านการเงินการคลัง หรือแนวทางที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมให้มี

การพัฒนาหรือเพื่อเยียวยาผู้ได้รับผลกระทบ

ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4) กำหนดให้มีนโยบาย มาตรการ และวิธีดำเนินการเพื่อปฏิบัติให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวม จำนวน 3 มาตรการ โดยมีมาตราที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย ได้แก่

1) มาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)

กำหนดให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนพื้นที อาคารรวมต่อพื้นที่ดินไม่เกินร้อยละ 20 ของอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินตามที่ได้กำหนดสำหรับการใช้ ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ในกรณีที่ได้ดำเนินการให้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4) ดังนี้

(1) การจัดให้มีที่โล่งเพื่อประโยชน์สาธารณะหรือ สวนสาธารณะ

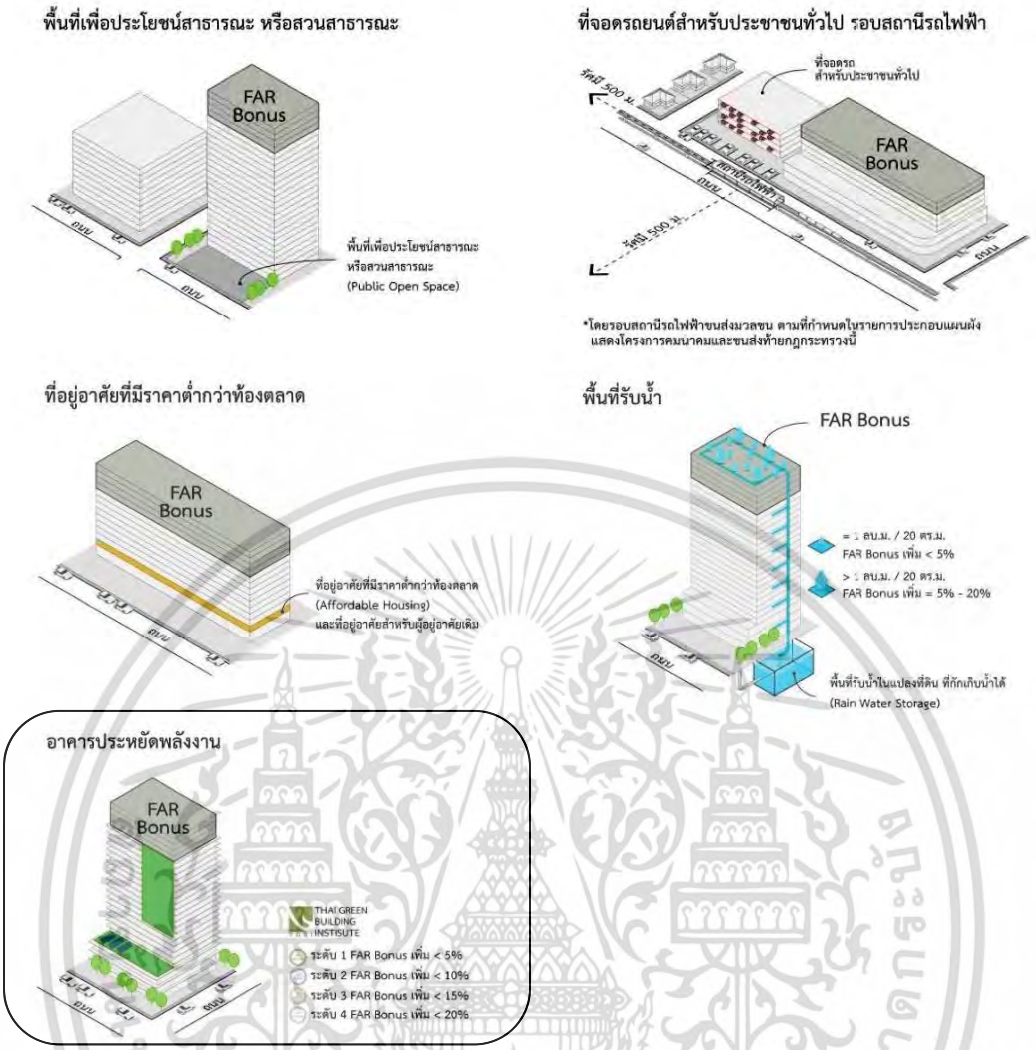
(2) การจัดให้มีที่จอดรถยนต์เพื่อเปลี่ยนถ่ายการ สัญจรบริเวณสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนชานเมือง นถ่ายการ

(3) การจัดให้มีที่อยู่อาศัยราคาถูก

(4) การจัดให้มีที่กักเก็บน้ำฝน

(5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 มาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)

ที่มา : การวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (2567)

(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567)
ข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน
ตามมาตรฐาน TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย
ระดับ 1 FAR Bonus เพิ่ม < 5% (ได้รับการรับรอง)
ระดับ 2 FAR Bonus เพิ่ม < 10% (ระดับเงิน)
ระดับ 3 FAR Bonus เพิ่ม < 15% (ระดับทอง)
ระดับ 4 FAR Bonus เพิ่ม < 20% (ระดับแพลทินัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

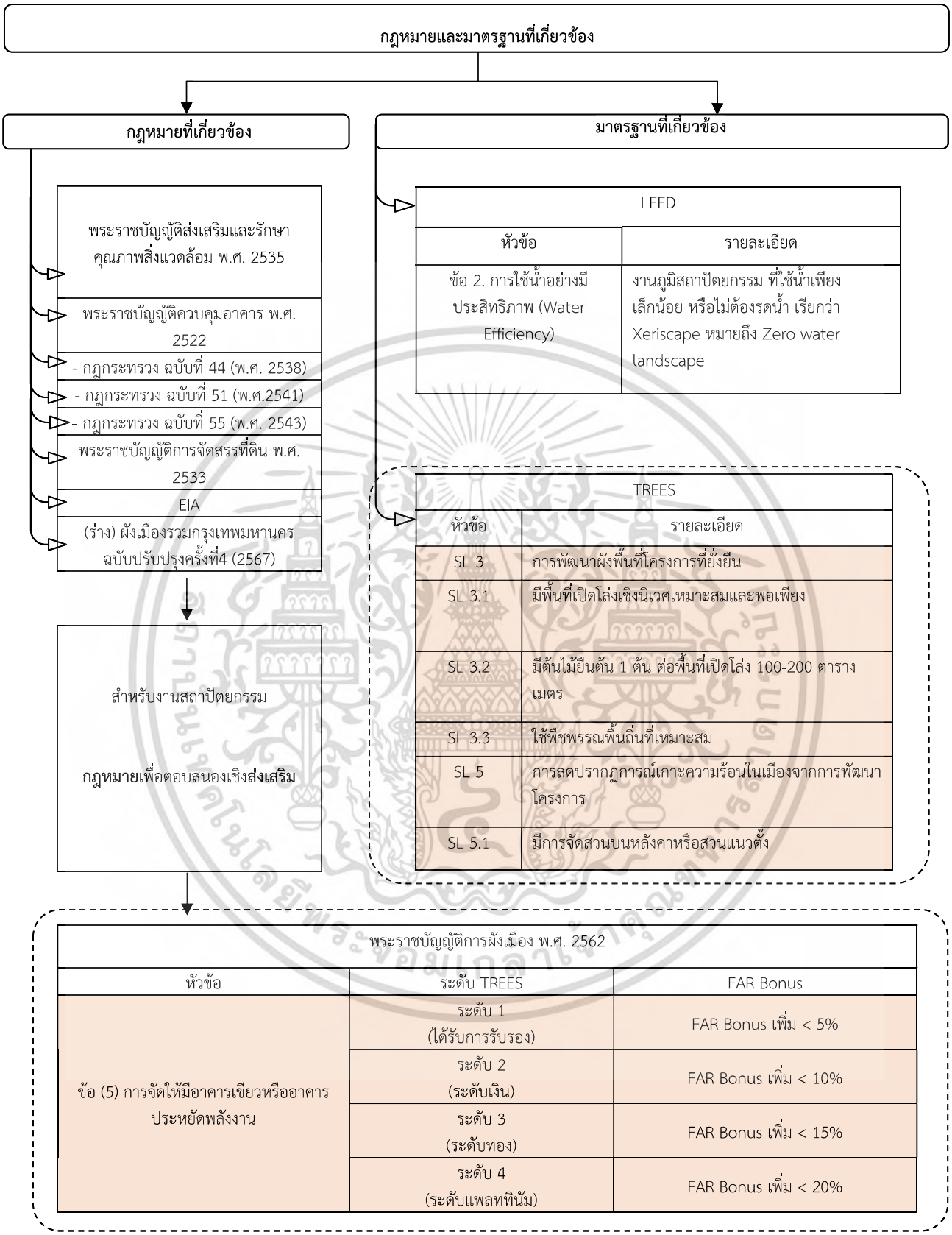
ตารางที่ 2.3 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562		
หัวข้อ	ระดับ TREES	FAR Bonus
ข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน	ระดับ 1 (ได้รับการรับรอง)	FAR Bonus เพิ่ม < 5%
	ระดับ 2 (ระดับเงิน)	FAR Bonus เพิ่ม < 10%
	ระดับ 3 (ระดับทอง)	FAR Bonus เพิ่ม < 15%
	ระดับ 4 (ระดับแพลททินัม)	FAR Bonus เพิ่ม < 20%

ตารางที่ 2.4 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียด
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535	ด้านสิ่งแวดล้อม
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	มาตรฐานความปลอดภัยควบคู่กับการส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อม
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538)	ระบบระบายน้ำการกำจัด ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541)	กำหนดประเภทและลักษณะอาคารและมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)	ในหมวดที่ 3 ที่ว่างภายนอกอาคาร และหมวดที่ 4 แนวอาคารและระยะต่างๆของอาคาร
พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2533	ควบคุมในการดำเนินธุรกิจการจัดสรรที่ดิน และควบคุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้านต่างๆ
EIA	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม
(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567)	1) มาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สรุปกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

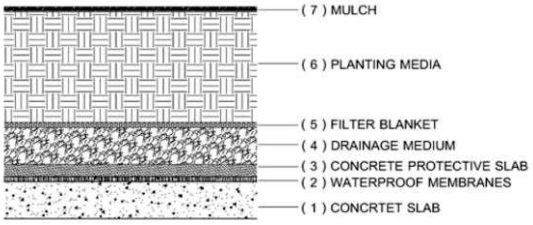
หลังคาเขียวสามารถแบ่งประเภทได้ตามความต้องการใช้งานหรือฟังชั่นของอาคารนั้นๆ ซึ่งการใช้งานจะเป็นตัวบ่งบอกประเภทพืชพรรณที่เหมาะสมต่อความต้องการ และการติดตั้งหลังคาเขียว รวมถึงโครงสร้างของอาคาร แม้ว่าจะมีพืชหลายชนิดให้เลือก แต่ก็มีข้อจำกัดและข้อควรพิจารณาซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของพืชพรรณและการใช้งานหลังคาเขียว ดังนั้นการเลือกพืชอย่างระมัดระวังจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จ ชนิดพืชพรรณควรพิจารณา น้ำหนัก ส่วนสูง ขนาดราก ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ ใช้ดินน้อย ดูแลง่าย ไม่ควรเป็นพืชใบแตกง่าย ซึ่งขนาดของพืชพรรณมีผลต่อหลุมหรือกระบะปลูก และเนื่องจากสภาพแวดล้อมในพื้นที่เขตร้อนมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยทั้งอุณหภูมิ ลม แสง และความชื้น ซึ่งอาจส่งผลต่อพืชพรรณและโครงสร้างจนก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้ การเตรียมการเรื่องโครงสร้าง การรับน้ำหนัก และการรั่วซึมจึงเป็นสิ่งที่ต้องใส่ใจเพื่อความเหมาะสมไม่ให้เกิดปัญหา และเมื่อมีการใช้งานพื้นที่หลังคาเขียว การดูแลรักษา การรดน้ำ แต่งกิ่ง บำรุงดิน ก็เป็นส่วนช่วยยืดอายุการใช้งานหลังคาเขียวมากยิ่งขึ้น ในการออกแบบหลังคาเขียวจึงควรพิจารณาปัจจัยรอบด้านเช่น การใช้งาน สภาพแวดล้อม โครงสร้าง ชนิดของพืชพันธุ์ และการดูแลรักษา เพื่อให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม

อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่พูดถึง ประเภทของหลังคาเขียว ส่วนประกอบของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ที่มีส่วนที่แตกต่างและส่วนที่เหมือนกัน การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสรุปเป็นคู่มือจึงต้องรวบรวมอย่างกว้างขวางทั้งในไทยและต่างประเทศ โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของผู้เขียงดังนี้ ได้แก่ การออกแบบสวนหลังคา, หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน, การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof, ภูมิทัศน์พื้นฐาน, ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น, พืชพันธุ์ในงานภูมิสถาปัตยกรรม, อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย และการวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า

2.2.1 การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2558)

สวนหลังคาส่วนใหญ่มักอยู่บนอาคารขนาดใหญ่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) สวนหลังคาประเภท Extensive Roof garden เป็นสวนหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก ซึ่งเป็นสวนที่มีหลุมปลูก ตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย เป็นต้น หรือเป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา 2) สวนหลังคาประเภท Intensive Roof garden เป็นสวนหลังคาประเภทที่ในการก่อสร้างมีความซับซ้อนมากกว่า การก่อสร้างสวนหลังคาประเภทนี้ผู้ออกแบบสวนควรได้รับข้อมูลเบื้องต้นจากวิศวกรโครงสร้างเสียก่อนว่าน้ำหนักตายตัว (Dead load) ของอาคารเป็นเท่าไร และน้ำหนักจร (Live load) ของอาคารที่สามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยแค่ไหน ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง ตัวอย่างรูปแบบสวนหลังคาประเภทนี้ เช่น แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เป็นรูปแบบการก่อผนังขึ้นมาเป็นกระถางปลูกและรองรับต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ได้ สามารถเพิ่มความลึกของภาชนะปลูกได้ดีกว่ารูปแบบอื่น หรือแบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) เป็นรูปแบบการทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา และแบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) เป็นรูปแบบที่ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปตัดองค์ประกอบแต่ละชั้นภายในหลุมปลูกของสวนหลังคาประเภท Intensive Roof garden

ที่มา : พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

มีองค์ประกอบแต่ละชั้นภายในหลุมปลูก ดังนี้

1. พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab) พื้นหลังคาคอนกรีตที่เหมาะสำหรับทำสวนหลังคามักเป็นระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete Slab) ประเภทเสาและคาน (Post & Lintel) ซึ่งสามารถรับน้ำหนักวัสดุงานสวน การรับน้ำหนักของพื้นสวน ควรอยู่ที่ 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหรือมากกว่านั้น

2. วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี สามารถต้านการกระแทกจากเครื่องไม้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ต่างๆได้ดี ไม่ฉีกขาดหรือเปื่อยง่าย ควรมีความทนทานยืดหยุ่นได้บ้าง

1) น้ำยากันซึม (Water proofer) เป็นการผสมน้ำยากันซึมลงไปเป็นส่วนผสมของคอนกรี

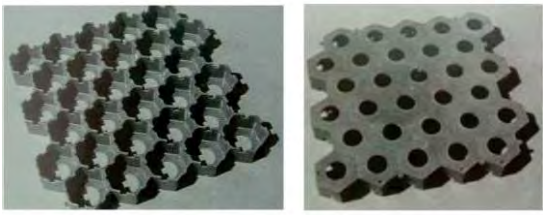
2) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดพ่นทั่วพื้นที่สวน มีความรวดเร็วในการปฏิบัติงานมากกว่า

3) วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลว (Fluid-applied Membranes) ชนิดทาทั่วพื้นที่สวน ใช้เวลาทานานกว่าแบบอื่น

4) วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น (Single-ply roof membranes) แบบแผ่นปูทั่วพื้นที่สวน แต่ต้องระวังช่วงรอยต่อของแต่ละแผ่น

3 . แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab) มีหน้าที่เป็นตัวขวางกั้นป้องกันวัสดุของชั้นระบายน้ำ มีความลาดเอียง (stope) ประมาณ 0.5 เซนติเมตร/ ฟุต มักหล่อให้เป็นผิวเรียบหนาประมาณ 6.5-10.0 เซนติเมตร

4. ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium) มีลักษณะเป็นรูพรุนหรือเป็นโพรงจำนวนมากๆ ทำหน้าที่ให้พืชใต้หลุมปลูก วัสดุที่นิยมใช้ในชั้นระบายน้ำที่นิยมใช้คือ ก้อนกรวด เศษหิน เศษกระเบื้องแตก พวกเศษอิฐ มีราคาถูก นอกจากนี้มีการผลิตแบบพลาสติกระบายน้ำ ชื่อว่า Grass-cell ซึ่งน้ำหนักเบากว่า

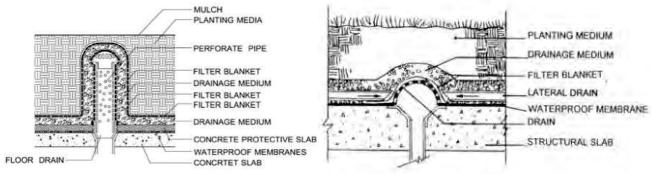


รูปที่ 2.5 กล๊าสเซลล์ที่ชื่อแผงพลาสติกระบายน้ำแบบรวงผึ้ง

ที่มา : Theodore Osmundson (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการระบายน้ำมีการออกแบบเพิ่มเติมโดยการวางท่อระบายน้ำแบบแนวราบและแบบแนวดิ่ง



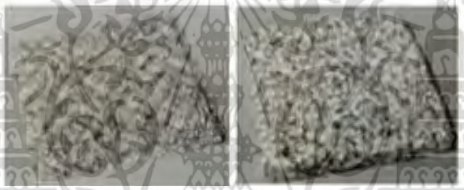
รูปที่ 2.6 รูปตัดระบบระบายน้ำโดยมีระบบท่อระบายน้ำแนวตั้งและแนวราบวางเป็นก้างปลา

ที่มา : พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

5. แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric) มีคุณสมบัติป้องกันดินไหลออกมาได้แต่ให้น้ำไหลผ่านได้ดี

1) แผ่นใยกรองดินแบบผ้าที่เรียกว่าจีโอเทศไหล่ (Geotextile) สามารถให้น้ำไหลผ่านได้ดีโดยไม่ทำให้ดินไหลผ่านได้

2) แผ่นใยกรองดินแบบตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกซ้อนกัน ประสิทธิภาพปานกลาง มีราคาถูกมาก



รูปที่ 2.7 แผ่นใยกรองดินเอนก้าเดน และจีโอเทค (Geotech)

ที่มา : พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

6. ดินปลูก (Planting media) มีน้ำหนักไม่มาก พืชสามารถยึดเกาะได้ดี ให้แร่ธาตุแก่พืช

1) วัสดุปลูกสังเคราะห์

2) การใช้วัสดุปลูกประกอบด้วย ทราย ขุยมะพร้าว ดินผสมเปลือกถั่ว เพราะสามารถยึดเกาะของต้นพืชได้ เป็นแหล่งธาตุอาหาร ราคาถูกหาได้ง่าย ระบายน้ำได้ดี

7. วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch) เป็นตัวป้องกันความร้อนความเย็นของอากาศได้ ควรมีความหนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร เป็นตัวช่วยรักษาความชื้นไว้ในดินปลูก ป้องกันการเกิดน้ำแข็งเกาะที่รากพืช วัสดุปิดผิวนี้มักเป็นเศษใบไม้หรือพวกเปลือกไม้

8. พืชพันธุ์ (Plants and planting) ควรพิจารณาเรื่อง ขนาดของต้นพืช (size of trees) น้ำหนักของพืช (consideration of weight) ความสูงของต้นไม้ที่สูงสุดไม่ให้มีผลไปกระทบกับส่วนใด ส่วนหนึ่งกับอาคาร

ปัจจัยต่างๆที่ต้องพิจารณาในการออกแบบสวนหลังคา อันได้แก่ วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ควรมีความสามารถการกันน้ำซึมได้ดี เรื่องพื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete slab) แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab) สามารถรองรับน้ำหนักได้ดีไม่เปราะแตกหักง่าย ที่ต้องสามารถรองรับน้ำหนักสวนได้เพียงพอ แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric) มีคุณสมบัติที่ให้น้ำไหลผ่านได้ดีแต่ป้องกันดินไหลออกมาได้ ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium) สามารถระบายน้ำได้ดี วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch) ดูเป็นธรรมชาติไม่ควรให้ดู แล้วรกรุงรัง ดินปลูก (Planting media) ควรให้แร่ธาตุแก่พืช ได้ในขณะที่พืชสามารถยึดเกาะได้ดี มีน้ำหนักไม่มากเกินไป กระบะหรือหลุมปลูกต้นไม้ (Plant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

containers) ควรมีลักษณะ ขนาดสัมพันธ์กับพฤติกรรมและลักษณะของต้นไม้ พืชพันธุ์ (Plants and planting) ควรทนแรงลมได้ดี ใบไม่เปราะแตกง่าย ทนทานต่อโรค รากไม่ทำลายโครงสร้างอาคาร งานแสงสว่าง (Lighting) จัดวางตำแหน่งให้เป็นระเบียบเรียบร้อยตามแนวความคิดการออกแบบ ระบบชลประทาน (Irrigation system) ควรวางแผนจัดวางระบบตั้งแต่ต้นก่อนก่อสร้างสวนหลังคาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม การสร้างความสมบูรณ์แก่ดิน (Fertilization) ควรมีการบำรุงอยู่สม่ำเสมอให้เหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ

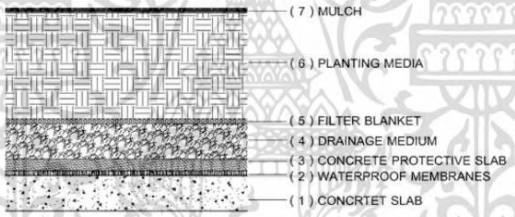
ตารางที่ 2.5 ประเภทของหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

ประเภทของหลังคาเขียว			
Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา	เงื่อนไข	Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก	เงื่อนไข
โครงสร้าง	-เป็นสวนหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก	โครงสร้าง	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง การก่อสร้างสวนหลังคาประเภทนี้ผู้ออกแบบสวนควรได้รับข้อมูลเบื้องต้นจาก วิศวกรโครงสร้าง เสียก่อนว่า น้ำหนักตายตัว (Dead load) ของอาคารเป็นเท่าไร และน้ำหนักจร (Live load) ของอาคารที่ สามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยแค่ไหน
พืชพรรณ	-เป็นสวนที่มีหลุมปลูก ตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย เป็นต้น	พืชพรรณ	-
รูปแบบ	หรือเป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา	รูปแบบ	-แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เป็นรูปแบบที่สามารถเพิ่มความลึกของภาชนะปลูกได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ด้วยการก่อผนังขึ้นมาเป็นกระถางปลูกและรองรับต้นไม้ที่ มีขนาดใหญ่ได้ -แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) เป็นรูปแบบการทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา -แบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) เป็นรูปแบบที่ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 โครงสร้างของหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว							
ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7	ชั้น 8
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Planting media)	วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)
รับน้ำหนัก 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือมากกว่านั้น	วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น	หนาประมาณ 6.5-10.0 เซนติเมตร มี	วัสดุ Grass-cell	ตาข่ายมุ้งลวดพลาสติก	วัสดุปลูกธรรมชาติ	หนาประมาณ 1.0 ซ.ม.	น้ำหนักของพืช
พื้นหลังคาที่เหมาะคือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดทา	ความลาดเอียง (stope) ประมาณ 0.5 เซนติเมตร/ฟุต	วางท่อระบายน้ำ	จีโอเทศไหล่ (Geotextile)	วัสดุปลูกสังเคราะห์		ขนาดของต้นพืช
	วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดพ่น						
	น้ำยากันซึม						



ตารางที่ 2.7 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว					
รองรับน้ำหนัก	ระบบกันซึม	การระบายน้ำ	ลักษณะพืชพรรณ	การบำรุงรักษา	ระบบ
	ควรมีความทนทานป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี	ทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูก มีลักษณะเป็นรูพรุน			ชลประทาน งานแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547)

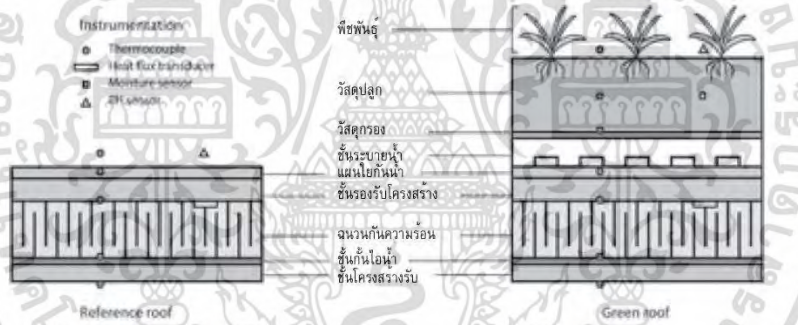
- ประเภทของหลังคาเขียว
- ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว
- ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

รูปที่ 2.8 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

2.2.2 หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.)

กรีนรูฟแบ่งได้เป็น Extensive Roof Garden หลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม มีน้ำหนักประมาณ 300-1,000 กิโลกรัม/ตารางเมตร และเป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก เช่น หญ้าหรือพืชคลุมดินที่ไม่โตและไม่ต้องการดินมากนัก และIntensive Roof Garden คือหลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย ใช้เป็นพื้นที่นันทนาการของอาคาร หรือสวนหลังคา ต้องการการดูแลรักษามากกว่า และมีน้ำหนัก 1,500-3,000 กิโลกรัม/ตารางเมตร



รูปที่ 2.9 รูปตัดแสดงรายละเอียดหลังคาเขียว

ที่มา : กนกวลี (มปป.)

ข้อควรคำนึงถึง ปัญหาและข้อจำกัดของการใช้หลังคาเขียว

ชนิดของพืชพันธุ์ พืชพันธุ์ที่ใช้บนควรมีน้ำหนักไม่มากนัก เป็นพืชพันธุ์ที่ดูแลรักษาง่าย ไม่มีราก ชอนไชทำลายโครงสร้างของอาคาร หรือกิ่งก้านที่เปราะหักง่ายซึ่งอาจเป็นอันตราย พันธุ์พืชที่ใช้อาจเป็นพวกทนต่อการสูญเสียน้ำ ควรเป็นพันธุ์ไม้ที่ทนแดด หรือไม้อวบน้ำที่ไม่ต้องรดน้ำบ่อย พืชพันธุ์ประเภทที่ใช้ในสวนหิน

สภาพแวดล้อม แดด ฝน อุณหภูมิและความชื้น ลม ซึ่งในบางพื้นที่ที่มีลมแรงอาจมีผลต่อพืชพันธุ์ที่มีใบขนาดใหญ่

โครงสร้าง การรับน้ำหนัก และการรั่วซึม การคำนึงถึงการรั่วของหลังคาเป็นปัญหาสำคัญ โดยเฉพาะในประเทศไทย

การดูแลรักษา มีทั้งเรื่องการเก็บกวาด การรดน้ำ การใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน และการตัดแต่ง

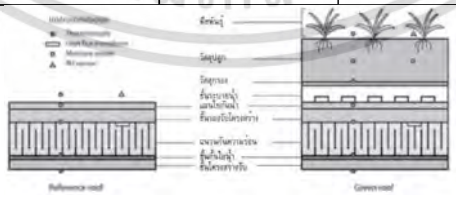
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่าย ค่าใช้จ่ายในการปลูกและบำรุงรักษาพืชพันธุ์บนหลังคาอาจต้องใช้ค่าใช้จ่ายมากกว่าหลังคาปกติถึง 2 เท่า

ตารางที่ 2.8 ประเภทของหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.)

ประเภทของหลังคาเขียว			
Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา	เงื่อนไข	Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก	เงื่อนไข
การใช้งาน	- หลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	การใช้งาน	- หลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือ พื้นที่นันทนาการของอาคาร
โครงสร้าง	-เป็นประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก	โครงสร้าง	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง
ความลึกดิน	-เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว	ความลึกดิน	
น้ำหนัก	-น้ำหนักประมาณ 300-1,000 กิโลกรัม/ตารางเมต	น้ำหนัก	- น้ำหนัก 1,500-3,000 กิโลกรัม/ตารางเมตร
การดูแล		การดูแล	– การดูแลรักษามากกว่า หลังคาเขียวไม่ใช้สอย
พืชพรรณ	-ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก เช่น หญ้าหรือพืชคลุมดิน ที่ไม่โตและไม่ต้องการดินมากนัก	พืชพรรณ	

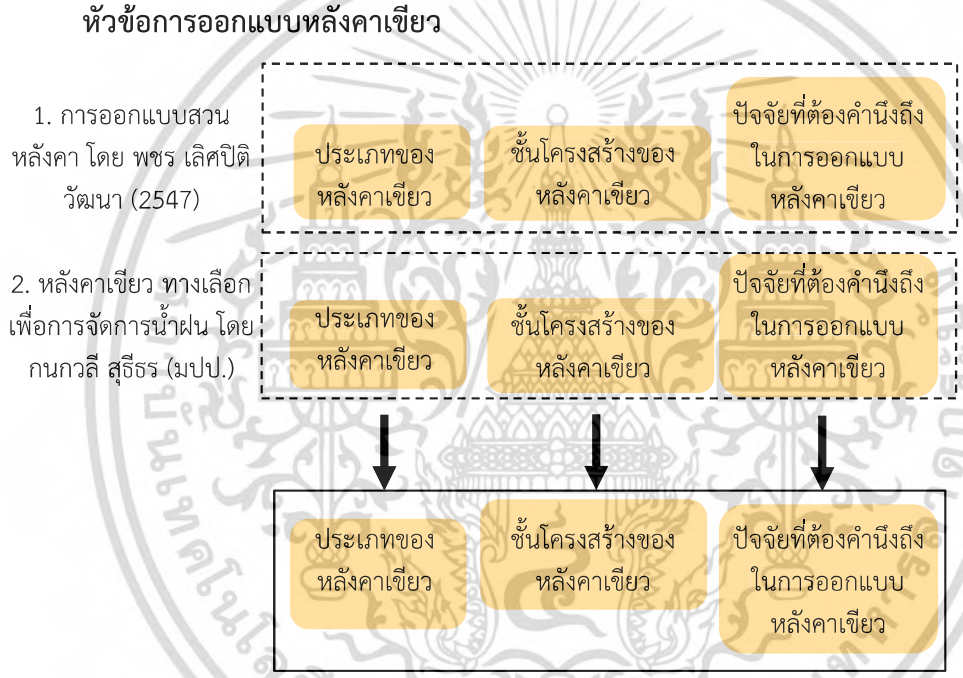
ตารางที่ 2.9 โครงสร้างของหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว						
ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Growing medium)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)
						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.)

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว				
โครงสร้าง	สภาพแวดล้อม	ลักษณะพืชพรรณ	การดูแลรักษา	ค่าใช้จ่าย
คำนึงถึงการรั่วของ หลังคา	แดด ลม ฝน ความชื้น อุณหภูมิ	เป็นพวกไม้อวบน้ำ สวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดิน ปลูกมาก พันธุ์ไม้ที่ทนแดด	การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน	2 เท่า



รูปที่ 2.10 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

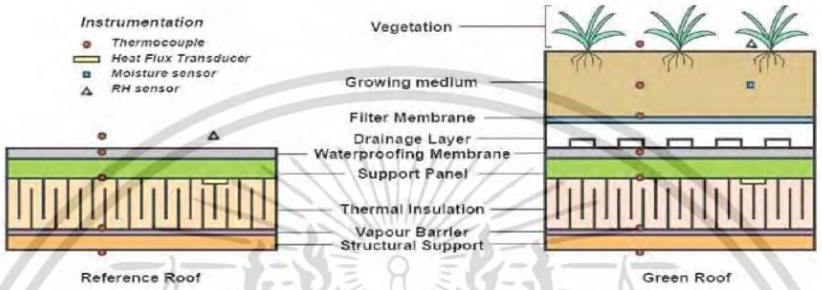
ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน, สุธน รุ่งเรือง, ณิชาภา มินาบูลย์ (2559)

ความแตกต่างของหลังคาเขียว คือ หลังคาเขียวแบบลาดเอียง กับหลังคาเขียวแบบแบนราบ หลังคาเขียวแบบลาดเอียงเป็นแบบตามสถาปัตยกรรม ซึ่งมักเป็นการออกแบบที่ง่ายกว่าแบบแบนราบ ทั้งนี้เนื่องจากหลังคาเอียงน้ำไหลได้ดีกว่า ปัญหาการรั่วซึมเข้าไปในโครงสร้างหลังคาจึง มีน้อยกว่าจึงสิ้นเปลืองค่าป้องกันการซึมและการระบายน้ำน้อยกว่า



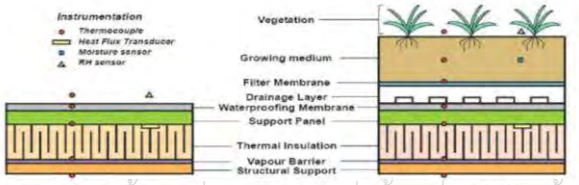
รูปที่ 2.11 รูปตัดแสดงรายละเอียดของหลังคาเขียว

ที่มา : พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559)

การก่อสร้างและการดูแลรักษาขึ้นอยู่กับประเภทของหลังคาเขียว ปัจจัยที่พิจารณาในการสร้างหลังคาเขียวคือน้ำหนักของดินปลูก การรับน้ำหนักของหลังคาหรือดาดฟ้า และการระบายน้ำ การป้องกันการรั่วซึม พรรณไม้ และการดูแลรักษา

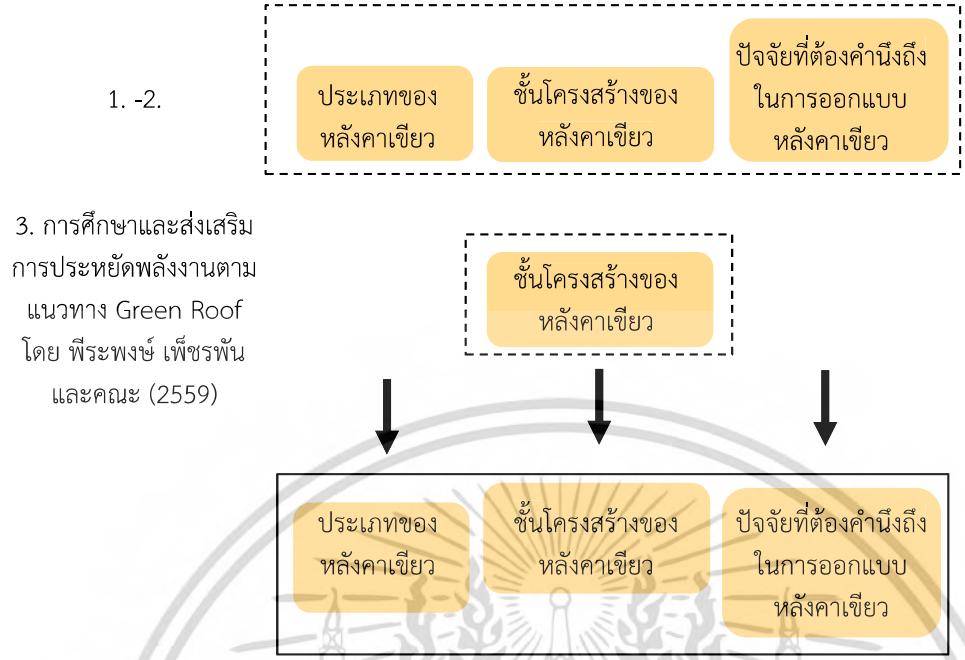
ประมาณการราคาค่าก่อสร้างหลังคาเขียว ค่าก่อสร้างมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของหลังคาอาคาร และชนิดของพืชพรรณ หลังคาเขียวที่ออกแบบและก่อสร้างถูกต้องจะตกประมาณตั้งแต่ 50 ดอลลาร์สหรัฐ (ในยุโรป) ไปจนถึง 350 ดอลลาร์สหรัฐ (อย่างสูงในสหรัฐ) ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 2.11 โครงสร้างของหลังคาเขียว การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว						
ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Growing medium)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)
						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว



รูปที่ 2.12 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพันและคณะ (2559) สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

2.2.4 ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558)

การออกแบบสวนหลังคามีส่วนประกอบทั่วไปดังนี้ ชั้นรองพื้น (Sub grade) ชั้นกันชื้นกันซึม (Protection Fabric) ชั้นกันความร้อน (Insulation) ชั้นระบายน้ำ (Drain Boxes/Drainage Composite/Drainage Cell) ชั้นกันรากชอนไช (Edging/Root Barrier) หรือชั้นกรองเครื่องปลูก ชั้นเครื่องปลูก/วัสดุคลุมดิน (Growth Media/pavement/ground cover material) ส่วนประกอบอื่น ๆ (Other Structure/furniture)

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบสวนหลังคา ผู้ออกแบบต้องทำงานร่วมกับ สถาปนิก วิศวกร ในประเด็นต่อไปนี้ 1. ลม เนื่องจากบนชั้นสูงสุดของอาคารโดยเฉพาะอาคารสูงเป็นสภาวะที่มี ลมแรงกว่าปรกติ เป็นปัญหาในการออกแบบโครงสร้างบางประเภท และพืชพรรณบางชนิด อาจไม่สามารถทนต่อสภาวะดังกล่าวได้ 2. โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก โดยเฉพาะน้ำหนักของเครื่องปลูกบริเวณต้นไม้ใหญ่ และสระน้ำ ภูมิสถาปนิกสามารถประเมินน้ำหนักของเครื่องปลูก (ดิน) และบ่อน้ำได้คร่าวๆ คือ ปริมาตร 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

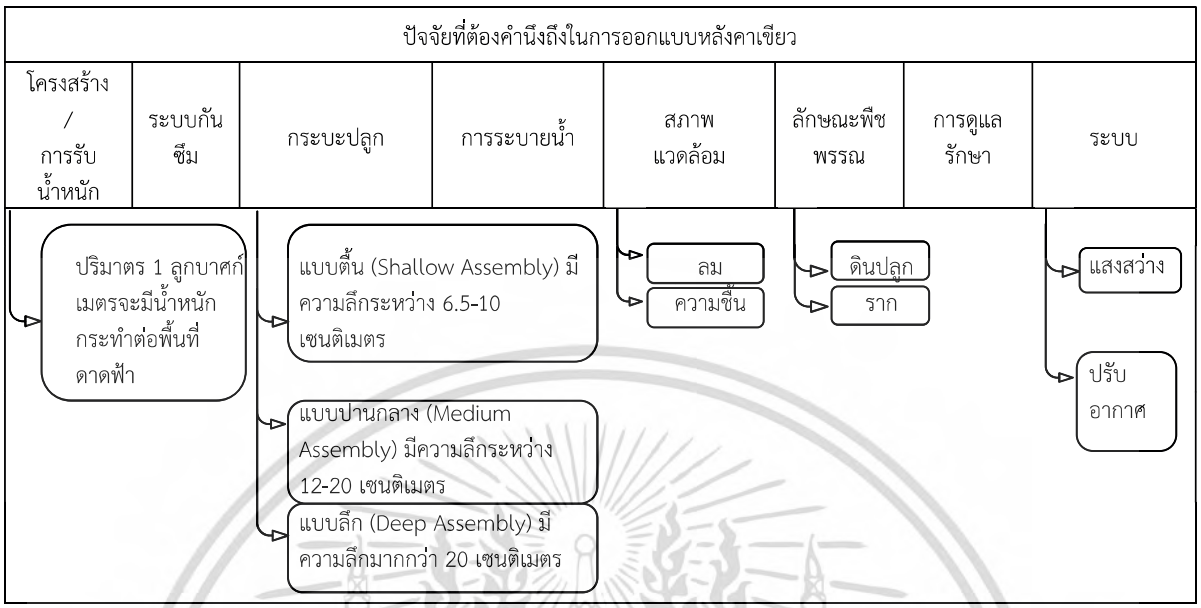
ลูกบาศก์เมตรจะมีน้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า 1 ตัน/ตารางเมตร 3. ลักษณะของพืชพรรณ : ดินปลูก, ระบบราก, การทนทานต่อลม 4. การระบายน้ำและการป้องกันการซึมน้ำ 5. ภูมิอากาศ : ความชื้นและความร้อน 6. ตำแหน่งช่องแสง (Skylight)/ช่องระบายอากาศ (Ventilation) 7. กระบะต้นไม้ แบ่งออกเป็นสามระดับขึ้นอยู่กับความลึกของเครื่องปลูก ได้แก่ แบบตื้น (Shallow Assembly) มีความลึกระหว่าง 6.5-10 เซนติเมตร, แบบปานกลาง (Medium Assembly) มีความลึกระหว่าง 12-20 เซนติเมตร, แบบลึก (Deep Assembly) มีความลึกมากกว่า 20 เซนติเมตร 8. การเข้าถึง (Accessibility)/ลักษณะพื้นที่เพื่อการบำรุงรักษาและการกำหนดการใช้สอย

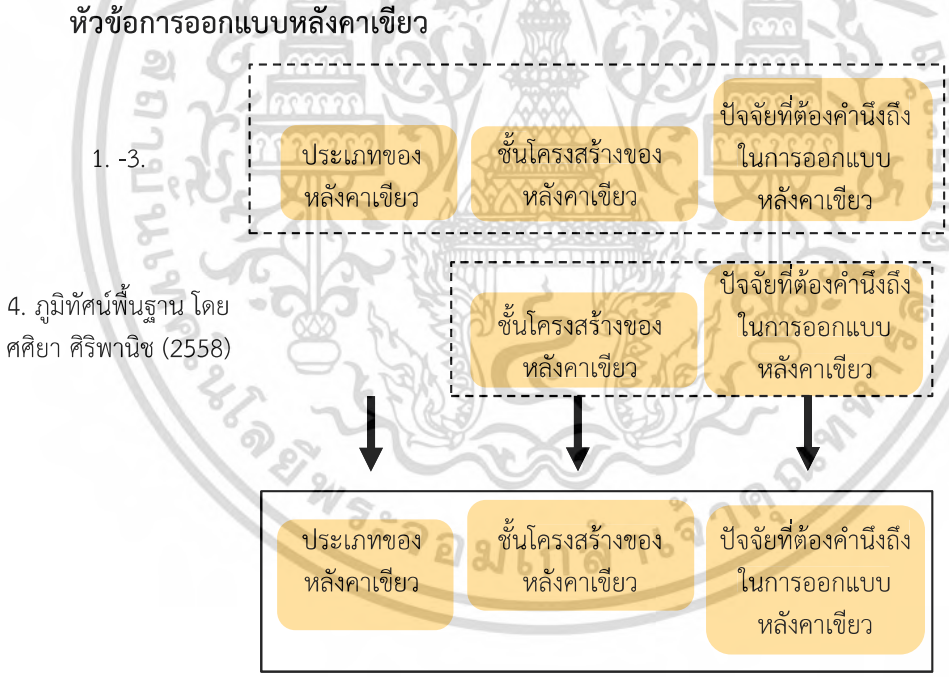
ตารางที่ 2.12 โครงสร้างของหลังคาเขียว ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว						
ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7
ชั้นรองพื้น (Sub grade)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)	ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	ชั้นกันรากชอนไช (Edging/Root Barrier) หรือชั้นกรองเครื่องปลูก	ชั้นเครื่องปลูก(Growth Media/pavement)/วัสดุคลุมดิน (Ground cover material)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558)





รูปที่ 2.13 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพันธ์ และคณะ (2559) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

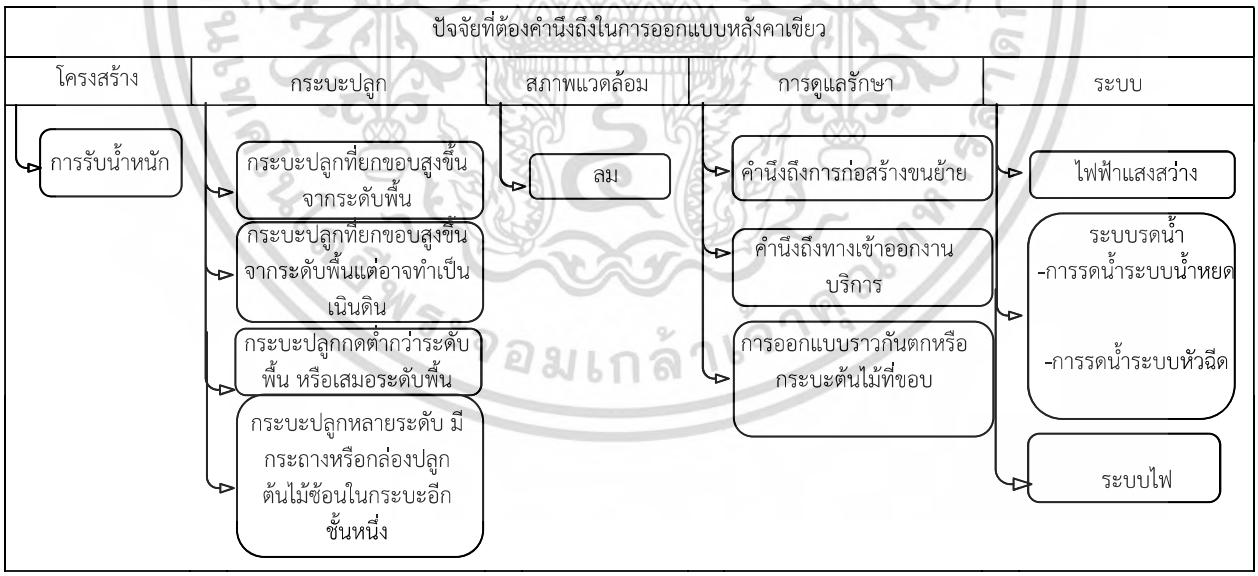
สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

2.2.5 ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (2558)

ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบและวางแผนสวนหลังคา ได้แก่ 1.การออกแบบกระบะปลูก ดินปลูกและการระบายน้ำ แบบต่างๆกัน เช่น กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้น กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้นแต่อาจทำเป็นเนินดิน กระบะปลูกกดต่ำกว่าระดับพื้น หรือเสมอระดับพื้น กระบะปลูกหลายระดับ มีกระถางหรือกล่องปลูกต้นไม้ซ้อนในกระบะอีกชั้นหนึ่ง เพื่อจำกัดขนาดของต้นไม้และเพื่อควบคุมระบบราก 2. น้ำหนัก 3.การรดน้ำต้นไม้ เป็นวิธีเดียวกับการรดน้ำที่ระดับพื้นดินและการรดน้ำสนามหญ้าทำได้โดย การรดน้ำระบบน้ำหยด (drip irigation) การรดน้ำระบบหัวฉีด (sprinkler irrigation) 4. ความแรงลม 5.อื่นๆ ไฟฟ้าแสงสว่าง คำนึงถึงการก่อสร้างขนย้ายต้นไม้ วัสดุ คำนึงถึงทางเข้าออกงานบริการ อาจทำห้องเก็บของ ห่องควบคุมระบบรดน้ำ ระบบไฟ การออกแบบราวกันตกหรือกระบะต้นไม้ที่ขอบ

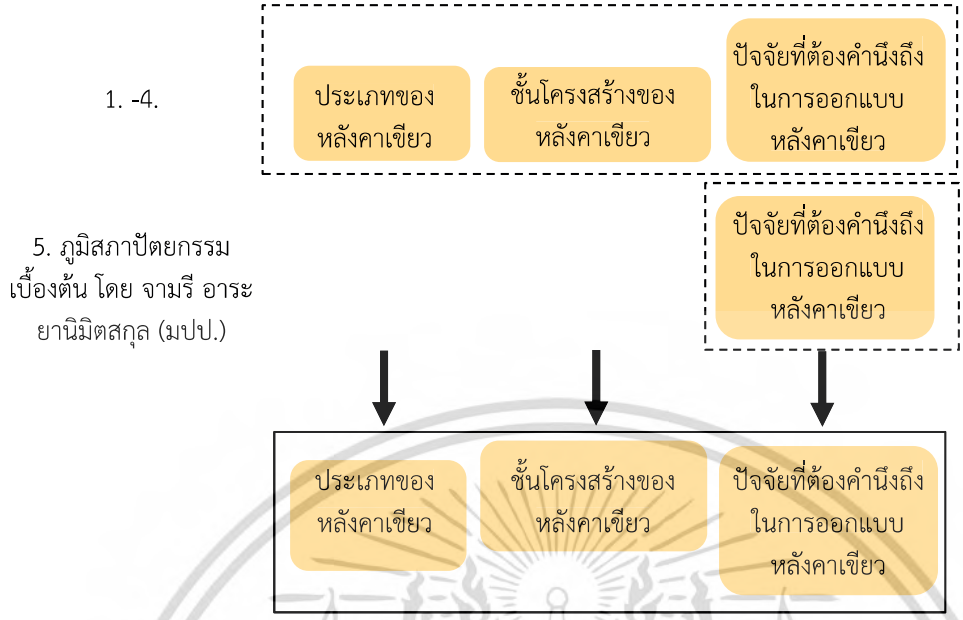
พืชพรรณ ควรพิจารณา น้ำหนัก ส่วนสูง ขนาดราก ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ ใช้ดินน้อย ดูแลง่าย ไม่ควรเป็นพืชใบแตกง่าย ซึ่งขนาดของพืชพรรณมีผลต่อหลุมหรือกระบะปลูก

ตารางที่ 2.14 ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (มปป.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว



รูปที่ 2.14 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 5. ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (มปป.) สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

2.2.6 อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559)

โดยทั่วไปหลังคาเขียวมีสองประเภทหลักได้แก่ หลังคาเขียวแบบเข้มข้น Intensive Roof Garden และหลังคาเขียวแบบกว้าง Extensive Roof Garden ทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันตามความลึกของดินปลูก ชนิดของพืช ต้นทุนการก่อสร้างและบำรุงรักษา (Peck and Kuhn, 2003) หลังคาเขียวแบบเข้มข้น Intensive Roof Garden มีพืชพรรณที่หลากหลาย วัสดุปลูกที่ลึก (ปกติจะหนามากกว่า 150 มม.) และมีราคาแพงกว่าในการสร้างและบำรุงรักษา หลังคาเขียวแบบกว้าง Extensive Roof Garden นั้นมีความหนาที่บางกว่า (หนาน้อย กว่า 150 มม.) นอกจากนี Hui (2006) ยังระบุประเภทที่สามที่เรียกว่าแบบกึ่งเข้มข้น ซึ่งอยู่ระหว่างประเภทกว้างขวาง และประเภทเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 รูปตัดโครงสร้างทั่วไปของหลังคาเขียว Extensive Roof Garden

ที่มา : Hui (2549)

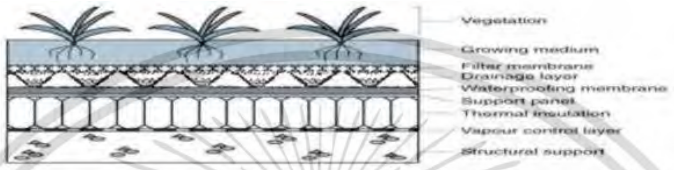
ประเภทและโครงสร้างของหลังคาเขียว โดยทั่วไปหลังคาสีเขียวหรือที่เรียกว่าสวนบนดาดฟ้า หลังคาพืช หลังคาเชิงนิเวศ และหลังคามีชีวิต (Voelz, 2006) มีแปดชั้นรวมทั้งโครงสร้างหลังคาซึ่งโดยปกติจะเป็นดาดฟ้า ได้แก่ เมมเบรนกันน้ำ แผ่นกั้นราก ผ้าป้องกัน ชั้นระบายน้ำ เตียงกรอง วัสดุปลูก และพืชพรรณ บางครั้งมีการเพิ่มชั้นฉนวนระหว่างดาดฟ้ากับเมมเบรนกันน้ำ

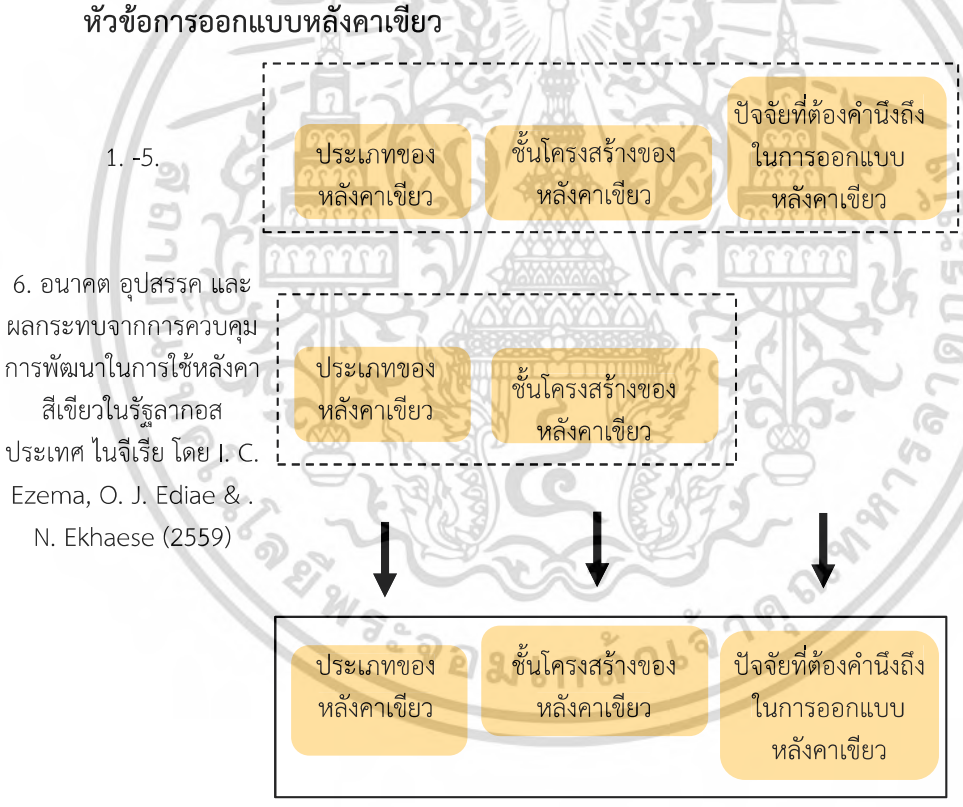
ตารางที่ 2.15 ประเภทของหลังคาเขียว อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559)

ประเภทของหลังคาเขียว					
Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา	เงื่อนไข	Semi-Intensive Roof Gardenหรือ หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น	เงื่อนไข	Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก	เงื่อนไข
ความลึกดิน	< 150 มม.	ความลึกดิน		ความลึกดิน	> 150 มม.
น้ำหนัก	60-150 กก./ตร.ม.	น้ำหนัก	120-200 กก./ตร.ม.	น้ำหนัก	- 180-500 กก./ตร.ม.
การดูแล		การดูแล		การดูแล	-การดูแลรักษาสม่ำเสมอ
พืชพรรณ	มอส สมุนไพร หญ้า	พืชพรรณ	หญ้า สมุนไพร พุ่มไม้	พืชพรรณ	- พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก พืชพรรณที่หลากหลาย
ความสูงต้นไม้	6-20 ซม.	ความสูงต้นไม้	- 12-25 ซม.	ความสูงต้นไม้	-15 ซม. > 1ม.
ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	ค่าใช้จ่าย	ปานกลาง	ค่าใช้จ่าย	สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.16 โครงสร้างของหลังคาเขียว อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว						
ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Growing medium)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)
						



รูปที่ 8.16 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 5. ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (มปป.) 6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

2.2.7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560)

ประเภทและการออกแบบหลังคาเขียว มี สามประเภทหลัก ได้แก่ กว้างขวาง กึ่งเข้มข้น และเข้มข้น หลังคาทีกว้างขวางมีพื้นผิวตื้น น้อยกว่า 6 นิ้ว และรองรับน้ำหนักได้มากถึง 30 ปอนด์ต่อตารางฟุต ของน้ำหนักอิ่มตัว ระบบเหล่านีเหมาะสำหรับการดัดแปลง และมีน้ำหนักเบา พืชหลายชนิด พื้นผิวหลังคาแบบเข้มข้นสามารถรองรับน้ำหนักได้มากถึง 100 ปอนด์ต่อตารางฟุตของน้ำหนักอิ่มตัว มีขนาดหนากว่า 8 นิว และสามารถรองรับความหลากหลายของพืชได้กว้างขึ้น แต่ยังต้องการการชลประทานและการบำรุงรักษามากขึ้น หลังคาแบบกึ่งเข้มข้นรวมข้อดีของทั้งสองระบบไว้ด้วยกัน เนื่องจากสามารถรองรับนำหนักได้ 25-40 ปอนด์ต่อตารางฟุตและประกอบด้วยพื้นผิว ระหว่าง 6-8 นิ้ว

รูปที่ 2.17 ชั้นโครงสร้างหลังคาเขียว

ที่มา : Marisa Merola (2560)

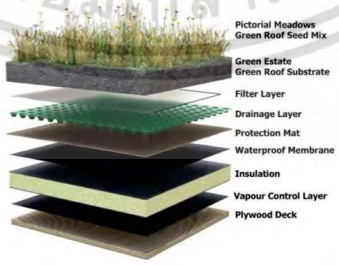
หลังคาทีปลูกแบบดั้งเดิมประกอบด้วยชั้นหลายชั้นเหนือส่วนรองรับโครงสร้าง โดยปกติจะติดตั้งทั้งหมดพร้อมกัน ชั้นต่างๆ ได้แก่ เมมเบรนหลังคากันน้ำ แผ่นใยกันน้ำ ฉนวน ชั้นระบายน้ำ แผ่นใยกรอง ดินปลูก และพืช วัสดุของชั้นและการออกแบบแตกต่างกันไปตามผู้ออกแบบและประเภทของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.17 ประเภทของหลังคาเขียว การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560)

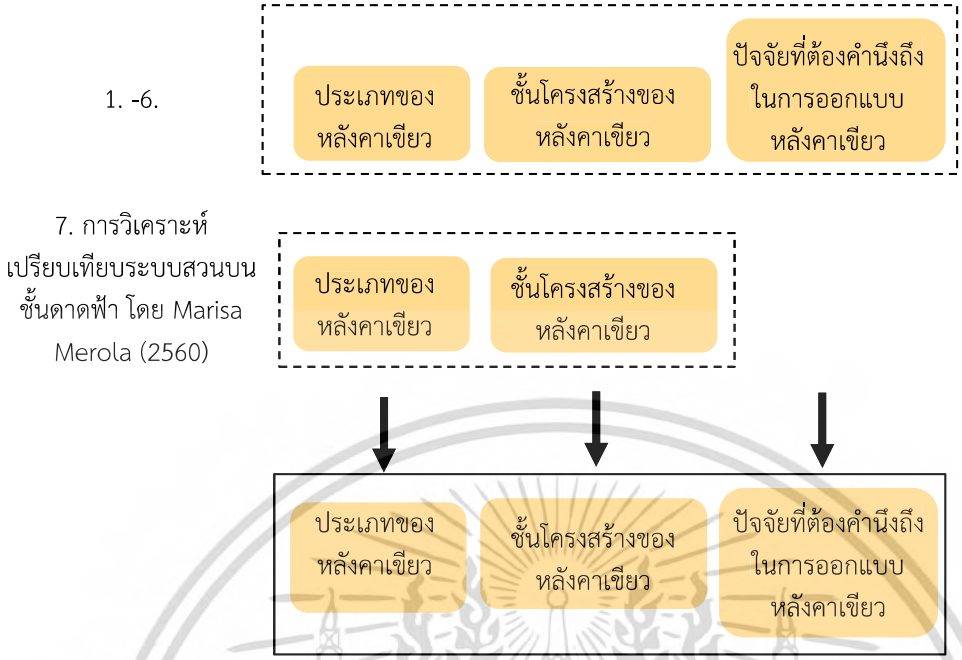
ประเภทของหลังคาเขียว					
Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา	เงื่อนไข	Semi-Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น	เงื่อนไข	Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก	เงื่อนไข
โครงสร้าง	รับน้ำหนักได้ถึง 30ปอนต่อตารางฟุต	โครงสร้าง	รับน้ำหนักได้25-40ปอนต่อตารางฟุต	โครงสร้าง	รับน้ำหนักได้ถึง 100ปอนต่อตารางฟุต
ความลึกดิน	< 6นิ้ว	ความลึกดิน	6-8นิ้ว	ความลึกดิน	> 8นิ้ว
น้ำหนัก	60-150 กก./ตร.ม.	น้ำหนัก	120-200 กก./ตร.ม.	น้ำหนัก	180-500 กก./ตร.ม.
การดูแล	ต่ำ	การดูแล	เป็นระยะ	การดูแล	เป็นประจำ
พืชพรรณ	มอส สมุนไพร หญ้า	พืชพรรณ	หญ้า สมุนไพร ต้นไม้	พืชพรรณ	หญ้า ไม้ยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้
ค่าใช้จ่าย	-ต่ำ	ค่าใช้จ่าย	-กลาง	ค่าใช้จ่าย	-สูง

ตารางที่ 2.18 โครงสร้างของหลังคาเขียว การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560)

ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว						
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)	ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Growing medium)	พืชพันธุ์ (Plants and planting)
						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว



รูปที่ 2.18 การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว

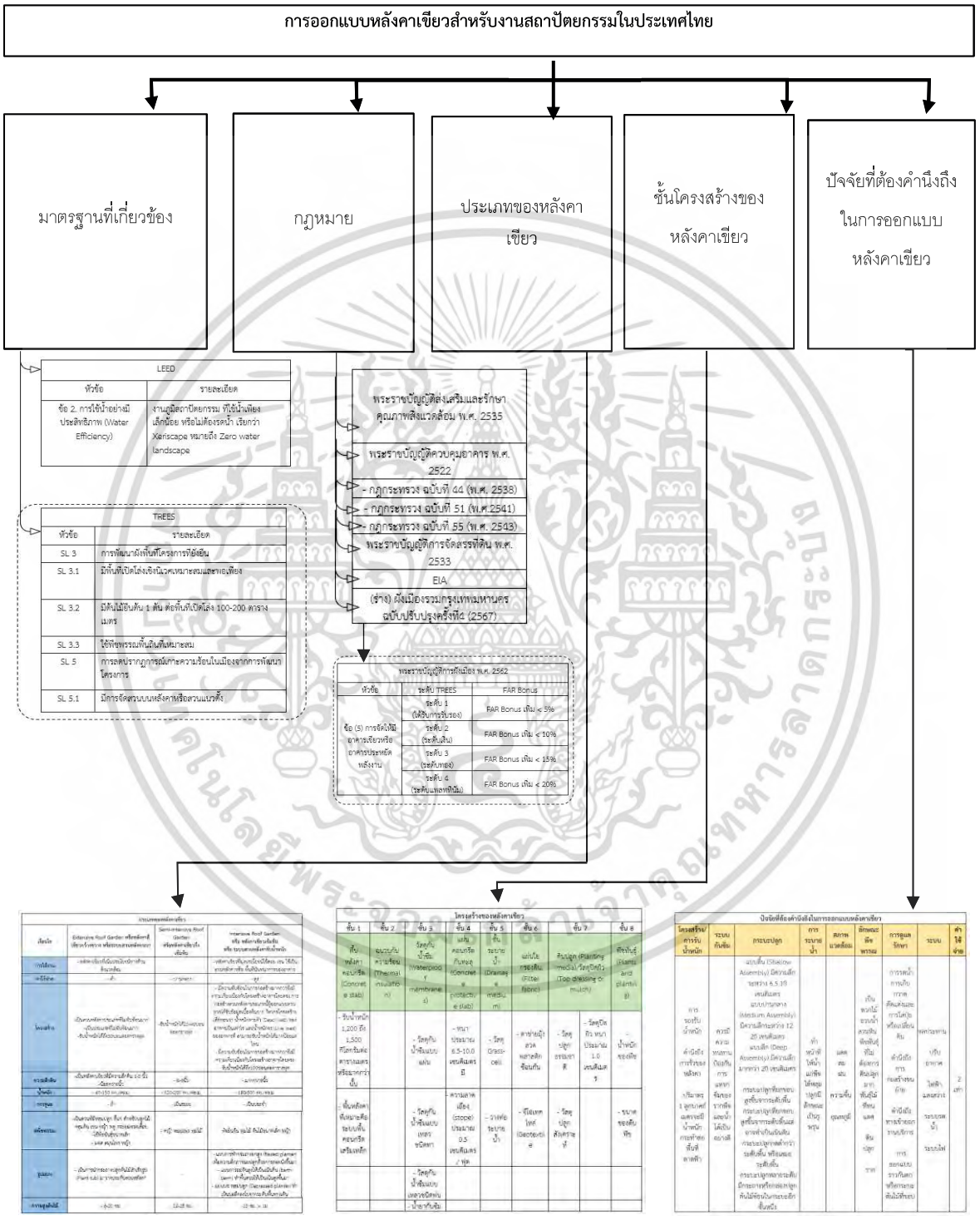
ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาจาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2547) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ (2559) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 5. ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (มปป.) 6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) 7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560) สรุปได้ว่ามีหัวข้อดังนี้ ประเภทของหลังคาเขียว โครงสร้างของหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สรุปกรอบแนวคิด

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาสร้างเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้



รูปที่ 2.19 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ที่มา : ผู้จัดทำ (2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

เครื่องมือและวิธีการดำเนินการ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย” มีจุดประสงค์เพื่อเพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ หรือการวิจัยเอกสาร (Documentary Research) และเก็บข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่สอดคล้องกับแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

3.1 การเก็บข้อมูลจากชุดเครื่องมือ

ตามวัตถุประสงค์เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้ให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม กระบวนการสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเกิดจากการนำกรอบแนวคิดในการวิจัยดังกล่าวมาแตกเป็นประเด็นและหัวข้อใน การจัดลำดับข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูล ดังนี้

1) มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3.1 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

LEED	
หัวข้อ	รายละเอียด
ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	

ตารางที่ 3.2 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องกับประเภทหลังคาเขียว

LEED		**ประเภทหลังคาเขียว**
ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

TREES				
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน				
SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง				
ทางเลือกที่	ร้อยละของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศของพื้นที่ฐานอาคาร	ร้อยละพื้นที่สีเขียวของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ	คะแนน	คะแนนที่ได้
1 (ไม่รวมพื้นที่หลังคา)				
2 (รวมพื้นที่หลังคา)				
SL 3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร				
ไม้ยืนต้น **≥** 1 ต้น ต่อ พื้นที่เปิดโล่ง (ต้นไม้ เมื่อโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม **≥** 4.5 ม. หรือสูง > 6 ม.)			คะแนน	คะแนนที่ได้
*ห้ามย้ายต้นไม้จากที่อื่น				
TREES				
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน				
SL 3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม				
เลือกพืชพรรณพื้นถิ่น ไม่เป็นสายพันธุ์รุกราน หรือวัชพืช			คะแนน	คะแนนที่ได้
SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ				
SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง				
GSA = GRA + GWA x 0.5				
GSA = Green Surface Area, GRA = Green Roof Area (พื้นที่สวนหลังคา), GWA = Green Wall Area (พื้นที่สวนแนวตั้ง) หาก GWA >50% บนพื้นที่ ให้นับทั้งพื้นที่				
GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ)			คะแนน	คะแนนที่ได้
*หลังคามีความชันมีความชัน**<** 60° วัดจากแนวระนาบ ส่วนผนังจะมี ความชัน> 60°				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES กับประเภทหลังคาเขียว

TREES		ประเภทหลังคาเขียว
	→	

2) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3.5 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียด	นำไปใช้
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535		
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522		
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538)		
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541)		
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)		
พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2533		
EIA		
(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567)		

นโยบายเพื่อการส่งเสริมและสนับสนุนตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย โดยการเพิ่มคะแนนในหัวข้อที่สอดคล้องกับหลังคาเขียว

ตารางที่ 3.6 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562		
หัวข้อ	ระดับ TREES	FAR Bonus
ข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ประเภทของหลังคาเขียว

ตารางที่ 3.7 แสดงชุดเครื่องมือเงื่อนไขที่นำไปสู่การสรุปประเภทของหลังคาเขียว

เงื่อนไข	ประเภทของหลังคาเขียว		
	Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา	Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น	Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก
การใช้งาน			
ค่าใช้จ่าย			
โครงสร้าง			
ความลึกดิน			
น้ำหนัก			
การดูแล			
พืชพรรณ			
รูปแบบ			
ความสูงต้นไม้			

4) ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว

ตารางที่ 3.8 ชุดเครื่องมือสรุปโครงสร้างของหลังคาเขียว

	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7	ชั้น 8
ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว								
รายละเอียด								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ตารางที่ 3.9 ชุดเครื่องมือสรุปปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว	โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก	ระบบกันซึม	กระบะปลูก	การระบายน้ำ	สภาพแวดล้อม	ลักษณะพืชพรรณ	การดูแลรักษา	ระบบ	ค่าใช้จ่าย
รายละเอียด									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูล โดยทำการเปรียบเทียบและเชื่อมโยงข้อมูลที่รวบรวมมานำข้อมูลที่จัดลำดับความสำคัญแล้ว มาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ทราบถึงลักษณะที่ คล้ายคลึงกันและแตกต่างกันของข้อมูล

1) LEED

ตารางที่ 4.1 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

LEED	
หัวข้อ	รายละเอียด
ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เรียกว่าXeriscape หมายถึง Zero water landscape

ตารางที่ 4.2 แสดงชุดเครื่องมือ LEED ที่สอดคล้องกับประเภทหลังคาเขียว

LEED		ประเภทหลังคาเขียว
ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)	→	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**

การใช้ หลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดโดยสามารถจัดสวนหลังคาตาม Zero water landscape ได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) TREES

ตารางที่ 4.3 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

TREES				
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน				
SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง				
ทางเลือกที่	ร้อยละของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศของพื้นที่ฐานอาคาร	ร้อยละพื้นที่สีเขียวของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ	คะแนน	คะแนนที่ได้
1 (ไม่รวมพื้นที่หลังคา)	10	25	1	
	25	40	2	
2 (รวมพื้นที่หลังคา)	10	25	1	
	25	40	2	
SL 3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร				
ไม้ยืนต้น ≥ 1 ต้น ต่อ พื้นที่เปิดโล่ง (ต้นไม้ เมื่อโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม ≥ 4.5 ม. หรือสูง > 6 ม.)			คะแนน	คะแนนที่ได้
≥ 1 : 200 ตร.ม.			1	
≥ 1 : 100 ตร.ม.			2	
*ห้ามย้ายต้นไม้จากที่อื่น				

TREES		
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน		
SL 3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม		
เลือกพืชพรรณพื้นถิ่น ไม่เป็นสายพันธุ์รุกราน หรือวัชพืช	คะแนน	คะแนนที่ได้
	1	
SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ		
SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง		
GSA = GRA + GWA x 0.5		
GSA = Green Surface Area, GRA = Green Roof Area (พื้นที่สวนหลังคา), GWA = Green Wall Area (พื้นที่สวนแนวตั้ง) หาก GWA >50% บนพื้นที่ ให้นับทั้งพื้นที่		
GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ)	คะแนน	คะแนนที่ได้
-0.3	1	
>0.5	2	
*หลังคามีความชันมีความชัน< 60° วัดจากแนวระนาบ ส่วนผนังจะมี ความชัน> 60°		

การเลือกประเภทหลังคาเขียวที่เหมาะสมในการเพิ่มคะแนนในชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

TREES					ประเภทหลังคาเขียว
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน					**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**
SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง					
ทางเลือกที่	ร้อยละของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศของพื้นที่ฐานอาคาร	ร้อยละพื้นที่สีเขียวของพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ	คะแนน		
1 (ไม่รวมพื้นที่หลังคา)	10	25	1		
	25	40	2		
2 (รวมพื้นที่หลังคา)	10	25	1		
	25	40	2		

การใช้พื้นที่น้อยที่สุดเพื่อให้เข้าเงื่อไขร้อยละของพื้นที่ หลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดโดยที่ไม่ต้องใช้พื้นที่มากกว่าประเภทอื่น

TREES			ประเภทหลังคาเขียว
SL 3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร			**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
ไม้ยืนต้น ≥ 1 ต้น ต่อ พื้นที่เปิดโล่ง (ต้นไม้ เมื่อโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม ≥ 4.5 ม. หรือสูง > 6 ม.)	คะแนน		
≥ 1 : 200 ตร.ม.	1		
≥ 1 : 100 ตร.ม.	2		
*ห้ามย้ายต้นไม้จากที่อื่น			

เนื่องจากหลังคาเขียวประเภท Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก เป็นประเภทที่ปลูกไม้ยืนต้นได้มากที่สุดจึงทำให้เหมาะสมกับการให้คะแนนตามเงื่อนไขมากที่สุด

TREES			ประเภทหลังคาเขียว
SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน			**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา หรือ Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หรือ Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
SL 3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม			
เลือกพืชพรรณพื้นถิ่น ไม่เป็นสายพันธุ์รุกราน หรือวัชพืช	คะแนน		
	1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหลังคาเขียวประเภท ทั้ง3ประเภท สามารถเลือกใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสมได้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

<table>
<tr><th colspan="2">TREES</th><th></th><th>ประเภทหลังคาเขียว</th></tr>
<tr><td colspan="2">SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6">Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา
(หรือ
Semi-Intensive Roof Garden
หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น
หรือ
Intensive Roof Garden
หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น
หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก)</td></tr>
<tr><td colspan="2">SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง</td></tr>
<tr><td colspan="2">GSA = GRA + GWA x 0.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">GSA = Green Surface Area, GRA = Green Roof Area (พื้นที่สวนหลังคา), GWA = Green Wall Area (พื้นที่สวนแนวตั้ง) หาก GWA >50% บนพื้นที่ ให้นับทั้งพื้นที่</td></tr>
<tr><td>GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ)</td><td>คะแนน</td></tr>
<tr><td>-0.3</td><td>1</td></tr>
<tr><td>>0.5</td><td>2</td></tr>
<tr><td colspan="2">*หลังคามีความชันมีความชัน< 60° วัดจากแนวระนาบ ส่วนผนังจะมี ความชัน> 60°</td></tr>
</table>

หลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา มีความเป็นไปได้ในการใช้พื้นที่หลังคาเขียวที่มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงน้อยที่สุดสามารถให้พื้นที่ในการเพิ่มคะแนนได้ง่ายที่สุด เพื่อให้เข้าเงื่อไข GRA = Green Roof Area (พื้นที่สวนหลังคา) เพื่อเพิ่มคะแนนรวม GSA จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามหลังคาเขียวทั้ง 3 ประเภทก็สามารถก็สามารถเพื่อคะแนนการใช้พื้นที่ GRA ได้เช่นกันหากใช้พื้นที่หลังคาทั้งหมดให้การทำหลังคาเขียว

ดังนั้นหลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา หรือ Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก เป็นประเภทที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มคะแนนในชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.5 แสดงกฎหมายที่บังคับอยู่ในปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมอาคารเขียว

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	รายละเอียด	นำไปใช้
พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535	ด้านสิ่งแวดล้อม	
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	มาตรฐานความปลอดภัยควบคู่กับการส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อม	
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538)	ระบบระบายน้ำการกำจัด ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล	
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541)	กำหนดประเภทและลักษณะอาคารและมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง	
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)	ในหมวดที่ 3 ที่ว่างภายนอกอาคาร และหมวดที่ 4 แนวอาคารและระยะต่างๆของอาคาร	
พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2533	ควบคุมในการดำเนินธุรกิจการจัดสรรที่ดิน และควบคุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพด้านต่างๆ	
EIA	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	
(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567)	1) มาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)	

นโยบายเพื่อการส่งเสริมและสนับสนุนตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย โดยการเพิ่มคะแนนในหัวข้อที่สอดคล้องกับหลังคาเขียว

ตารางที่ 4.6 หัวข้อที่สอดคล้องภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในประเทศไทย

พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562		
หัวข้อ	ระดับ TREES	FAR Bonus
ข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน	ระดับ 1 (ได้รับการรับรอง)	FAR Bonus เพิ่ม < 5%
	ระดับ 2 (ระดับเงิน)	FAR Bonus เพิ่ม < 10%
	ระดับ 3 (ระดับทอง)	FAR Bonus เพิ่ม < 15%
	ระดับ 4 (ระดับแพลททินัม)	FAR Bonus เพิ่ม < 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว

ตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว ได้รวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2558) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) 7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560)

ตารางที่ 4.7 การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียว กว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
การใช้งาน	1. การออกแบบสวนหลังคา	-	-	-
	2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	- หลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม		- หลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือพื้นที่นันทนาการของอาคาร
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	-	-	-
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	-	-	-
			↓	
การใช้งาน		- หลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม		- หลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือพื้นที่นันทนาการของอาคาร

ในเงื่อนไขการใช้งานตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีการใช้งานเป็นหลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีการใช้งานเป็นหลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือ พื้นที่นันทนาการของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
ค่าใช้จ่าย	1. การออกแบบสวนหลังคา	-	-	-
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-	-	-
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	- ต่ำ	- ปานกลาง	- สูง
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	- ต่ำ	- ปานกลาง	- สูง
ค่าใช้จ่าย		- ต่ำ	- ปานกลาง	- สูง

ในเงื่อนไขค่าใช้จ่ายตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** มีค่าใช้จ่ายปานกลาง และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีค่าใช้จ่ายสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
โครงสร้าง	1. การออกแบบสวนหลังคา	-เป็นสวนหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก	-	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง การก่อสร้างสวนหลังคาประเภทนี้ ผู้ออกแบบสวนควรได้รับข้อมูลเบื้องต้นจาก วิศวกรโครงสร้าง เสียก่อนว่า น้ำหนักตายตัว (Dead load) ของอาคารเป็นเท่าไร และน้ำหนักจร (Live load) ของอาคารที่ สามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยแค่ไหน
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-เป็นประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก	-	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	-	-	-
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	-รับน้ำหนักได้ถึง30 ปอนต่อตารางฟุต	-รับน้ำหนักได้25-40ปอนต่อตารางฟุต	-รับน้ำหนักได้ถึง100ปอนต่อตารางฟุต
โครงสร้าง		-เป็นสวนหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก -รับน้ำหนักได้ถึง30 ปอนด์ต่อตารางฟุต (146.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	-รับน้ำหนักได้25-40 ปอนด์ต่อตารางฟุต (122-195 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง -รับน้ำหนักได้ถึง100ปอนด์ต่อตารางฟุต (488 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ในเงื่อนไขโครงสร้างตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** เป็นหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก รับน้ำหนักได้ถึง30ปอนต่อตารางฟุต หลังคาเขียนวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** รับน้ำหนักได้25-40ปอนต่อตารางฟุต และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง การก่อสร้างสวนหลังคาประเภทนี้ผู้ออกแบบสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรได้รับข้อมูลเบื้องต้นจาก วิศวกรโครงสร้างเสียก่อนว่า น้ำหนักตายตัว (Dead load) ของอาคารเป็นเท่าไร และน้ำหนักจร (Live load) ของอาคารที่ สามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยแค่ไหน รับน้ำหนักได้ถึง 100ปอนต่อตารางฟุต

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียว กว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
ความลึกดิน	1. การออกแบบสวนหลังคา			
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว		
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	< 150 มม.	-	> 150 มม.
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	-น้อยกว่า6นิ้ว	- 6-8นิ้ว	- มากกว่า8นิ้ว
			↓	
ความลึกดิน		-เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว -น้อยกว่า6นิ้วหรือ150 มม.	- 6-8นิ้ว	- มากกว่า8นิ้ว -> 150 มม.

ในเงื่อนไขความลึกดินตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว น้อยกว่า6นิ้ว หรือน้อยกว่า 150 มม. หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** มีความลึกดินอยู่ที่6-8นิ้ว และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีความลึกดินมากกว่า8นิ้วหรือมากกว่า150 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียว กว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
น้ำหนัก	1. การออกแบบสวนหลังคา			
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-น้ำหนักประมาณ 300-1,000 กิโลกรัม/ตารางเมตร		- น้ำหนัก 1,500-3,000 กิโลกรัม/ตารางเมตร
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	- 60-150 กก./ตร.ม.	- 120-200 กก./ตร.ม.	- 180-500 กก./ตร.ม.
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	- 60-150 กก./ตร.ม.	- 120-200 กก./ตร.ม.	- 180-500 กก./ตร.ม.
น้ำหนัก		- 60-150 กก./ตร.ม.	- 120-200 กก./ตร.ม.	- 180-500 กก./ตร.ม.

ในเงื่อนไขน้ำหนักตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** น้ำหนักประมาณ 60-150 กก./ตร.ม. ตามความเหหมาะสมกับโครงสร้าง หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** น้ำหนักประมาณ120-200 กก./ตร.ม. และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** น้ำหนักประมาณน้ำหนัก 180-500 กก./ตร.ม.ตามความเหหมาะสมกับโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียว กว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
การดูแล	1. การออกแบบสวนหลังคา	-	-	-
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน			– การดูแลรักษามากกว่า หลังคาเขียวไม่ใช้สอย
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย			-การดูแลรักษาสม่ำเสมอ
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	- ต่ำ	- เป็นระยะ	- เป็นประจำ
การดูแล		- ต่ำ	- เป็นระยะ	- เป็นประจำ

ในเงื่อนไขการดูแลตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีการดูแลต่ำ หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** มีการดูแลเป็นระยะ และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีการดูแลเป็นประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	**เล่ม**	**Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือ ระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
พืชพรรณ	1. การออกแบบสวนหลังคา	-เป็นสวนที่มีหลุมปลูกตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย เป็นต้น	-	-
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก เช่น หญ้าหรือพืชคลุมดิน ที่ไม่โตและไม่ต้องการดินมากนัก	-	-
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	- มอส สมุนไพร หญ้า	- หญ้า สมุนไพร พุ่มไม้	- พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	- มอส สมุนไพร หญ้า	- หญ้า สมุนไพร ต้นไม้	- หญ้า ไม้ยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้
			↓	
พืชพรรณ		-เป็นสวนที่มีหลุมปลูกตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย -ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก - มอส สมุนไพร หญ้า	- หญ้า สมุนไพร พุ่มไม้	- พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก หญ้า
รูปแบบ	1. พชร เลิศปิติวัฒนา	- เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา	-	- แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เพิ่มความลึกภาชนะปลูกด้วยการก่อผนังขึ้นมา - แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) ทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา - แบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน

ในเงื่อนไขพืชพรรณตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** เป็นสวนที่มีหลุมปลูก ตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก เช่น มอส สมุนไพร หญ้า หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** ได้แก่ หญ้า สมุนไพร พุ่มไม้และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** ได้แก่ พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก หญ้า

ในเงื่อนไขรูปแบบตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีรูปแบบดังนี้เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีรูปแบบดังนี้ แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เพิ่มความลึกภาชนะปลูกด้วยการก่อผนังขึ้นมา แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) ทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา และแบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน

ตารางที่ 4.7 **(ต่อ)**

ประเภทของหลังคาเขียว				
เงื่อนไข	เล่ม	Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา	Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น	Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก
ความสูงต้นไม้	1. การออกแบบสวนหลังคา	-	-	-
	2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	-	-	-
	6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย	- 6-20 ซม.	- 12-25 ซม.	-15 ซม. > 1ม.
	7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	-	-	-
ความสูงต้นไม้		- 6-20 ซม.	- 12-25 ซม.	-15 ซม. > 1ม.

ในเงื่อนไขความสูงต้นไม้ตามประเภทของหลังคาเขียว สรุปได้ว่าหลังคาเขียนวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีความสูงต้นไม้ 6-20 ซม. หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** มีความสูงต้นไม้ 12-25 ซม. และหลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีความสูงต้นไม้ 15 ซม. ไปถึงมากกว่า 1ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สรุปประเภทของหลังคาเขียว

ตารางที่ 4.8 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทของหลังคาเขียว

ประเภทของหลังคาเขียว			
เงื่อนไข	**Extensive Roof Garden หรือ หลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา**	**Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น**	**Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก**
การใช้งาน	- หลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม		- หลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือ พื้นที่นันทนาการของอาคาร
ค่าใช้จ่าย	- ต่ำ	- ปานกลาง	- สูง
โครงสร้าง	-เป็นสวนหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก -เป็นประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก -รับน้ำหนักได้ถึง30ปอนด์ต่อตารางฟุต (146.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	-รับน้ำหนักได้25-40 ปอนด์ต่อตารางฟุต (122-195 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	- มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง -รับน้ำหนักได้ถึง100ปอนด์ต่อตารางฟุต (488 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
ความลึกดิน	-เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว -น้อยกว่า6นิ้ว	- 6-8นิ้ว	- มากกว่า8นิ้ว
น้ำหนัก	- 60-150 กก./ตร.ม.	- 120-200 กก./ตร.ม.	- 180-500 กก./ตร.ม.
การดูแล	- ต่ำ	- เป็นระยะ	- เป็นประจำ
ตพืชพรรณ	-เป็นสวนที่มีหลุมปลูก ตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย -ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก - มอส สมุนไพร หญ้า	- หญ้า สมุนไพร พุ่มไม้	- พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก หญ้า
รูปแบบ	- เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา	-	- แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เพิ่มความลึกภาชนะปลูกด้วยการก่อผนังขึ้นมา - แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) ทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา - แบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน
ความสูงต้นไม้	- 6-20 ซม.	- 12-25 ซม.	-15 ซม. > 1ม.

สรุปประเภทของหลังคาเขียวมีดังนี้ 1. Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา 2. Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น 3. Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การเก็บรวบรวมข้อมูลชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว

เล่ม/ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7		ชั้น 8
1. การออกแบบสวนหลังคา	พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)		วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Planting media)/ วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)		พืชพันธุ์ (Plants and planting)
	- รับน้ำหนัก 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือมากกว่านั้น		- วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น	- หนาประมาณ 6.5-10.0 เซนติเมตร มี	- วัสดุ Grass-cell	- ตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกซ้อนกัน	- วัสดุปลูกธรรมชาติ	- วัสดุปิดผิวหนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร	- น้ำหนักของพืช
	- พื้นหลังคาที่เหมาะคือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก		- วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดทา	- ความลาดเอียง (stope) ประมาณ 0.5 เซนติเมตร/ฟุต	- วางท่อระบายน้ำ	- จีโอเทศไหล่ (Geotextile	- วัสดุปลูกสังเคราะห์		- ขนาดของต้นพืช
			- วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดพ่น						
			- น้ำยากันซึม						
2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน / 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof / 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน / 6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศไนจีเรีย/ 7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า	พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation)	แผ่นใยกันน้ำ (Waterproofing Membrane)		ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)/	ดินปลูก (Growing medium)		พืชพันธุ์ (Plants and planting)
	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇	⬇		⬇
สรุป	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7		ชั้น 8
	พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation)	วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Planting media)/ วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)		พืชพันธุ์ (Plants and planting)

ตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงสร้างของหลังคาเขียว ได้รวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2558) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 3. การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Green Roof โดย พีระพงษ์ เพ็ชรพัน, สุธน รุ่งเรือง, ณิชาภา มินาบูลย์ (2559) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 6. อนาคต อุปสรรค และผลกระทบจากการควบคุม การพัฒนาในการใช้หลังคาสีเขียวในรัฐลากอส ประเทศ ไนจีเรีย โดย I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese (2559) 7. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระบบสวนบนชั้นดาดฟ้า โดย Marisa Merola (2560) โดยสรุปได้ว่าหลังคาเขียวมีชั้นโครงสร้างดังนี้ ชั้นที่ 1 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab) ชั้นที่ 2 ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation) ชั้นที่ 3 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ชั้นที่ 4 แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab) ชั้นที่ 5 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium) ชั้นที่ 6 แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric) ชั้นที่ 7 ดินปลูก (Planting media)/วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch) ชั้นที่ 8 พืชพันธุ์ (Plants and planting)

2) สรุปชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว

ตารางที่ 4.10 การเก็บรวบรวมข้อมูลโครงสร้างของหลังคาเขียว

โครงสร้างของหลังคาเขียว								
ชั้น 1	**ชั้น 2**	**ชั้น 3**	**ชั้น 4**	**ชั้น 5**	**ชั้น 6**	**ชั้น 7**		**ชั้น 8**
พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab)	ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation)	วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes)	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab)	ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium)	แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric)	ดินปลูก (Planting media)/วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch)		พืชพันธุ์ (Plants and planting)
- รับน้ำหนัก 1,200 ถึง 1,500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือมากกว่านั้น		- วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น	- หนาประมาณ 6.5-10.0 เซนติเมตร มี	- วัสดุ Grass-cell	- ตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกซ้อนกัน	- วัสดุปลูกธรรมชาติ	- วัสดุปิดผิว หนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร	- น้ำหนักของพืช
- พื้นหลังคาที่เหมาะคือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก		- วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดทา	- ความลาดเอียง (stope) ประมาณ 0.5 เซนติเมตร/ฟุต	- วางท่อระบายน้ำ	- จีโอเทศไหล่ (Geotextile	- วัสดุปลูกสังเคราะห์		- ขนาดของต้นพืช
		- วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดพ่น						
		- น้ำยากันซึม						

สรุปโครงสร้างของหลังคาเขียวดังนี้ ชั้นที่ 1 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab) ชั้นที่ 2 ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation) ชั้นที่ 3 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ชั้นที่ 4 แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab) ชั้นที่ 5 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium) ชั้นที่ 6 แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric) ชั้นที่ 7 ดินปลูก (Planting media)/วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch) ชั้นที่ 8 พืชพันธุ์ (Plants and planting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

1) การเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ตารางที่ 4.11 การเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว									
เล่ม	โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก	ระบบกันซึม	กระบะปลูก	การระบายน้ำ	สภาพแวดล้อม	ลักษณะพืชพรรณ	การดูแลรักษา	ระบบ	ค่าใช้จ่าย
1. การออกแบบสวนหลังคา	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
รายละเอียด	-การรองรับน้ำหนัก	-ทนทาน ป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้		-ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูก มีลักษณะเป็นรูพรุน				-ชลประทาน -แสงสว่าง	
2. หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน	✓				✓	✓	✓		✓
รายละเอียด	-คำนึงถึงการรั่วของหลังคา				-แดด -ลม -ฝน -ความชื้น -อุณหภูมิ	-เป็นพวกไม้อวบน้ำ สวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดิน ปลูกมาก พันธุ์ไม้ที่ทนแดด	-การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน		-2 เท่า
4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
รายละเอียด	-น้ำหนักที่กระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า		-แบบตื้น (Shallow Assembly) ลึก 6.5-10 ซ.ม. -แบบปานกลาง (Medium Assembly) ลึก 12-20 ซ.ม. -แบบลึก (Deep Assembly) ลึก> 20 ซ.ม.		-ลม -ความชื้น	-ดินปลูก -ราก		-แสงสว่าง -ปรับอากาศ	
5. ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น	✓		✓		✓		✓	✓	
รายละเอียด	--การรับน้ำหนัก		กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้น -กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้นแต่อาจทำเป็นเนินดิน -กระบะปลูกกดต่ำกว่าระดับพื้น หรือเสมอระดับพื้น -กระบะปลูกหลายระดับ มีกระถางหรือกล่องปลูกต้นไม้ซ้อนในกระบะอีกชั้นหนึ่ง		-ลม		-คำนึงถึงการก่อสร้างขนย้าย -คำนึงถึงทางเข้าออกงานบริการ -การออกแบบรางกันตกหรือกระบะต้นไม้ที่ขอบ	-ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบรดน้ำ ระบบไฟ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลโครงสร้างของหลังคาเขียว ได้รวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จาก 1. การออกแบบสวนหลังคา โดย พชร เลิศปิติวัฒนา (2558) 2. หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน โดย กนกวลี สุธีธร (มปป.) 4. ภูมิทัศน์พื้นฐาน โดย ศศิยา ศิริพานิช (2558) 5. ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น โดย จามรี อาระยานิมิตสกุล (2558)

2) สรุปปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ตารางที่ 4.12 การเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว								
โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก	**ระบบกันซึม**	**กระบะปลูก**	**การระบายน้ำ**	**สภาพแวดล้อม**	**ลักษณะพืชพรรณ**	**การดูแลรักษา**	**ระบบ**	**ค่าใช้จ่าย**
-การรองรับน้ำหนัก -คำนึงถึงการรั่วของหลังคา -ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีน้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า	-ควรมีความทนทานป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี	-แบบตื้น (Shallow Assembly) มีความลึกระหว่าง 6.5-10 เซนติเมตร -แบบปานกลาง (Medium Assembly) มีความลึกระหว่าง 12-20 เซนติเมตร -แบบลึก (Deep Assembly) มีความลึกมากกว่า 20 เซนติเมตร -กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้น -กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้นแต่อาจทำเป็นเนินดิน -กระบะปลูกกดต่ำกว่าระดับพื้น หรือเสมอระดับพื้น -กระบะปลูกหลายระดับมีกระถางหรือกล่องปลูกต้นไม้ซ้อนในกระบะอีกชั้นหนึ่ง	-ทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูกมีลักษณะเป็นรูพรุน	-แดด -ลม -ฝน -ความชื้น -อุณหภูมิ	-เป็นพวกไม้อวบน้ำสวนหินพืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดินปลูกมาก พันธุ์ไม้ที่ทนแดด -ดินปลูก -ราก	-การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน -คำนึงถึงการก่อสร้างขนย้าย -คำนึงถึงทางเข้าออกงานบริการ -การออกแบบราวกันตกหรือกระบะต้นไม้ที่ขอบ	-ชลประทาน -ปรับอากาศ -ไฟฟ้าแสงสว่าง -ระบบรดน้ำ -ระบบไฟ	-2 เท่า

สรุปปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก โดยคำนึงถึงการรองรับน้ำหนัก คำนึงถึงการรั่วของหลังคา น้ำหนักที่กระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า

ระบบกันซึม ควรมีความทนทานป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี

กระบะปลูก แบบตื้น (Shallow Assembly) มีความลึกระหว่าง 6.5-10 เซนติเมตร แบบปานกลาง (Medium Assembly) มีความลึกระหว่าง 12-20 เซนติเมตร แบบลึก (Deep Assembly) มีความลึกมากกว่า 20 เซนติเมตร กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้น กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้นแต่อาจทำเป็นเนินดิน กระบะปลูกกดต่ำกว่าระดับพื้น หรือเสมอระดับพื้น กระบะปลูกหลายระดับ มีกระถางหรือกล่องปลูกต้นไม้ซ้อนในกระบะอีกชั้นหนึ่ง

การระบายน้ำ ทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูกมีลักษณะเป็นรูพรุน

สภาพแวดล้อม แดด ลม ฝน ความชื้น อุณหภูมิ

ลักษณะพืชพรรณ เป็นพวกไม้อวบน้ำ สวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดินปลูกมาก พันธุ์ไม้ที่ทนแดด

คำนึงถึงดินปลูก ลักษณะราก

การดูแลรักษา การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน คำนึงถึงการก่อสร้างขนย้าย คำนึงถึงทางเข้าออกงานบริการ การออกแบบราวกันตกหรือกระบะต้นไม้ที่ขอบ

ระบบ ระบบชลประทาน ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบรดน้ำ ระบบไฟ

ค่าใช้จ่าย มากกว่าปกติ 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมเพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม มีแนวทางการออกแบบดังต่อไปนี้

1) มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง LEED (Leadership in Energy and Environment Design) ข้อ 2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency) คือ งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เรียกว่าXeriscape หมายถึง Zero water landscape ซึ่งสามารถเพิ่มคะแนนการประเมิน LEED ได้ด้วย หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวดังกล่าว การใช้หลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดโดยสามารถจัดสวนหลังคาตาม Zero water landscape ได้ดีที่สุด

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย หัวข้อ SL 3การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน หัวข้อย่อย SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศเหมาะสมและพอเพียง SL 3.2 มีต้นไม้ยืนต้น 1 ต้น ต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100-200 ตารางเมตร SL 3.3 ใช้พืชพรรณพื้นถิ่นที่เหมาะสม และหัวข้อ SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองจากการพัฒนาโครงการ หัวข้อย่อย SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคาหรือสวนแนวตั้ง ซึ่งสามารถเพิ่มคะแนนการประเมิน TREES ได้ด้วยหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวดังกล่าว หลังคาเขียวประเภท Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา หรือ Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก เป็นประเภทที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มคะแนนในชุดเครื่องมือการคะแนนและเงื่อนไข TREES

2) กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

จากการรวบรวมข้อมูลกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบในกระบวนการออกหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมที่ถูกต้องตามกฎหมายมาตราการและนโยบายที่ส่งเสริมการออกแบบหลังคาเขียว โดยเริ่มจากการศึกษากฎหมาย พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538) กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541) กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2533 EIA โดยมุ่งเน้นศึกษาข้อมูลสำหรับงานสถาปัตยกรรม และ (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่4 (2567) ซึ่งมีนโยบาย FAR Bonus ในข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงาน ตามมาตรฐาน TREES หรือ เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย ระดับ 1 FAR Bonus เพิ่ม < 5% (ได้รับการรับรอง) ระดับ 2 FAR Bonus เพิ่ม < 10% (ระดับเงิน) ระดับ 3 FAR Bonus เพิ่ม < 15% (ระดับทอง) ระดับ 4 FAR Bonus เพิ่ม < 20% (ระดับแพลททินัม) เพื่อเป็นแรงจูงใจในการทำหลังคาเขียวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ประเภทของหลังคาเขียว

ประเภทของหลังคาเขียวมีดังนี้ 1. Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา 2. Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น 3. Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก

หลังคาเขียวประเภท **Extensive Roof Garden หรือหลังคาสีเขียวกว้างขวาง หรือระบบสวนหลังคาเบา** มีการใช้งานเป็นหลังคาเขียวที่เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด เป็นหลังคาประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก รับน้ำหนักได้ถึง30ปอนต่อตารางฟุต เป็นหลังคาเขียวที่มีความลึกดิน 1-5 นิ้ว น้อยกว่า6นิ้ว หรือน้อยกว่า 150 มม. น้ำหนักประมาณ 60-150 กก./ตร.ม. ตามความเหหมาะสมกับโครงสร้าง มีการดูแลต่ำ พืชพรรณเป็นสวนที่มีหลุมปลูก ตื้นๆ สำหรับปลูกไม้คลุมดิน เช่น หญ้า พลู กระดุมทองเลื้อย ใช้พืชพันธุ์ขนาดเล็ก เช่น มอส สมุนไพร หญ้า มีรูปแบบดังนี้เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (Plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา มีความสูงต้นไม้ 6-20 ซม.

หลังคาเขียวประเภท **Semi-Intensive Roof Garden หรือหลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น** มีค่าใช้จ่ายปานกลาง รับน้ำหนักได้25-40ปอนต่อตารางฟุต มีความลึกดินอยู่ที่6-8นิ้ว น้ำหนักประมาณ120-200 กก./ตร.ม. มีการดูแลเป็นระยะ พืชพรรณได้แก่ หญ้า สมุนไพร มีความสูงต้นไม้ 12-25 ซม.

หลังคาเขียวประเภท **Intensive Roof Garden หรือ หลังคาเขียวเข้มข้น หรือ ระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก** มีการใช้งานเป็นหลังคาเขียวที่มุ่งประโยชน์ใช้สอย เช่น ใช้เป็นสวนหลังคาหรือ พื้นที่นันทนาการของอาคาร มีค่าใช้จ่ายสูงสุด มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากกว่าซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง การก่อสร้างสวนหลังคาประเภทนี้ผู้ออกแบบสวนควรได้รับข้อมูลเบื้องต้นจากวิศวกรโครงสร้างเสียก่อนว่า น้ำหนักตายตัว (Dead load) ของอาคารเป็นเท่าไร และน้ำหนักจร (Live load) ของอาคารที่ สามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยแค่ไหน รับน้ำหนักได้ถึง100ปอนต่อตารางฟุต มีความลึกดินมากกว่า8นิ้วหรือมากกว่า150 มม. น้ำหนักประมาณน้ำหนัก 180-500 กก./ตร.ม.ตามความเหหมาะสมกับโครงสร้าง มีการดูแลเป็นประจำ พืชพรรณได้แก่ พืชยืนต้น พุ่มไม้ ต้นไม้ขนาดเล็ก หญ้า มีรูปแบบดังนี้ แบบการทำกระถางยกสูง (Raised planter) เพิ่มความลึกภาชนะปลูกด้วยการก่อผนังขึ้นมา แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน (Earth berm) ทำพื้นสวนให้เป็นเนินสูงขึ้นมา และแบบบ่อ หลุมปลูก (Depressed planter) ทำเป็นบ่อลึกลงไปจากระดับพื้นทางเดิน มีความสูงต้นไม้ 15 ซม. ไปถึงมากกว่า 1 ม.

4) โครงสร้างของหลังคาเขียว

สรุปโครงสร้างของหลังคาเขียวดังนี้ ชั้นที่ 1 พื้นหลังคาคอนกรีต (Concrete stab) ชั้นที่ 2 ฉนวนกันความร้อน(Thermal insulation) ชั้นที่ 3 วัสดุกันน้ำซึม (Waterproof membranes) ชั้นที่ 4 แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (Concrete protective slab) ชั้นที่ 5 ชั้นระบายน้ำ (Drainage medium) ชั้นที่ 6 แผ่นใยกรองดิน (Filter fabric) ชั้นที่ 7 ดินปลูก (Planting media)/วัสดุปิดผิว (Top dressing or mulch) ชั้นที่ 8 พืชพันธุ์ (Plants and planting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวดังนี้

โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก โดยคำนึงถึงการรองรับน้ำหนัก คำนึงถึงการรั่วของหลังคา น้ำหนักที่กระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า

ระบบกันซึม ควรมีความทนทานป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี

กระบะปลูก แบบตื้น (Shallow Assembly) มีความลึกระหว่าง 6.5-10 เซนติเมตร แบบปานกลาง (Medium Assembly) มีความลึกระหว่าง 12-20 เซนติเมตร แบบลึก (Deep Assembly) มีความลึกมากกว่า 20 เซนติเมตร กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้น กระบะปลูกที่ยกขอบสูงขึ้นจากระดับพื้นแต่อาจทำเป็นเนินดิน กระบะปลูกกดต่ำกว่าระดับพื้น หรือเสมอระดับพื้น กระบะปลูกหลายระดับ มีกระถางหรือกล่องปลูกต้นไม้ซ้อนในกระบะอีกชั้นหนึ่ง

การระบายน้ำ ทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูกมีลักษณะเป็นรูพรุน

สภาพแวดล้อม แดด ลม ฝน ความชื้น อุณหภูมิ

ลักษณะพืชพรรณ เป็นพวกไม้อวบน้ำ สวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดินปลูกมาก พันธุ์ไม้ที่ทนแดด

คำนึงถึงดินปลูก ลักษณะราก

การดูแลรักษา การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยหรือเปลี่ยนดิน คำนึงถึงการก่อสร้างขนย้าย คำนึงถึงทางเข้าออกงานบริการ การออกแบบราวกันตกหรือกระบะต้นไม้ที่ขอบ

ระบบ ระบบชลประทาน ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบรดน้ำ ระบบไฟ

ค่าใช้จ่าย มากกว่าปกติ 2 เท่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาแนวทางการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรม เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

(1) เนื่องจากกรณีศึกษาอาคารหลังคาเขียวในประเทศไทยเป็นอาคารที่ออกแบบมาเพื่อหลังคาเขียวขนาดใหญ่ และมีข้อมูลโครงการจำกัด ทำให้เป็นอุปสรรคในการวิเคราะห์ และทดสอบเครื่องมือ หากสามารถศึกษาข้อมูลจากกรณีศึกษาอาคารหลังคาเขียวในประเทศไทยได้มากขึ้นจะทำให้สามารถพัฒนาให้งานวิจัยสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงกฎหมายมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง นโยบายที่ส่งเสริมหลังคาเขียวมากขึ้น

(2) การศึกษางานวิจัยนี้เป็นเพียงการนำเสนอการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย ที่เป็นแนวทางการศึกษาข้อมูลพื้นฐานอย่างครอบคลุมเท่านั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการออกแบบหลังคาเขียวมีความหลากหลาย จึงสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดกับการออกแบบที่เฉพาะเจาะจง หรือมีความพิเศษกว่านี้ได้

(3) หลังคาเขียวในประเทศไทยใช้โครงสร้างแบบหลังคาคอนกรีต ในขณะที่หลังคาเขียวในต่างประเทศมีโครงสร้างหลังคาที่หลากหลาย มีหลังคาอิสระที่ทำให้เกิดฟอร์มอาคารที่แตกต่างสวยงามตามการออกแบบ ทำให้เห็นว่าการศึกษาเรื่องโครงสร้างหลังคาประเภทต่างๆมีผลต่อการออกแบบที่มากขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่อิสระขึ้น แต่เนื่องจากมีข้อมูลเรื่องโครงสร้างอื่นที่นอกเหนือจากหลังคาคอนกรีตน้อยมากจึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กชกร อาจน้อย และ ปิยนุช เวทย์วิวรณ์. (2557). ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาอาคารเขียว : กรณีศึกษาอาคารเขียวในประเทศไทย. วิศวกรรมสาร มก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กนกวลี สุธีธร (มปป.). หลังคาเขียว ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรองกมล ตั้งชีววัฒนกุล. (2559). ผลการดำเนินมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่มีต่อการพัฒนาตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร. (2567). ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4)

จามรี อาระยานิมิตสกุล. (2558). พืชพันธุ์ในงานภูมิสถาปัตยกรรม. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จามรี อาระยานิมิตสกุล. (2558). ภูมิสภาปัตยกรรมเบื้องต้น. กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัฐนิช ใจดี. (มปป.). The Forestias Pavilion Green Roof by d.one หลังคาสีเขียว กับทัศนียภาพซึ่งช่วยสร้างคุณภาพชีวิตที่ดี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://dsignsomething.com/2022/12/12/the-forestias-pavilion-green-roof-by-d-one/ (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

ธัชชา รัมมะศักดิ์. (2559). แนวทางการประเมินผลกระทบทางสุขภาพในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. วารสารวิจัยราชภัฏพระนครสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

บุปผา พูลวงษา. (2547). พรรณไม้ในป่าดิบแล้งเพื่อการตกแต่งภูมิทัศน์ บริเวณเขต บริการอุทยานแห่งชาติเฉลิมรัตนโกสินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผศ.ดร.พันธุดา พุฒิไพโรจน์. (2557). การออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.tfh.go.th/tfh/wp-content/uploads/2017/06/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A7.pdf (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

ผศ.วรวรรณ โรจนไพบูลย์. (2551). การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) สำหรับอาคารเขียว. เข้าถึงได้จาก https://download.asa.or.th/journal/511011/A03.03.pdf (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

พชร เลิศปิติวัฒนา. (2558). การออกแบบสวนหลังคา. วารสารวิชาการ ศิลปะสภาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. ปีที่6. ฉบับที่2.

พีระพงษ์ เพ็ชรพัน, สุธน รุ่งเรือง, ณิชาภา มินาบูลย์ (2559). การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

รัตนา แก้วเพชรพงษ์. (2556). การออกแบบอาคารเรือนนอนผู้สูงอายุ สถานสงเคราะห์ครชรา บ้านธรรมปกรณ์โพธิ์กลาง ตามหลักอาคารเขียว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2567). หลังคาเขียว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org/wiki/(วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

ศศิยา ศิริพานิช. (2558). ภูมิทัศน์พื้นฐาน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คณะเกษตร กำแพงแสน ภาควิชาพืชสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สถาบันอาคารเขียวไทย Thai Green Building Institute (TGBI). (มปป.). เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับอาคารระหว่างใช้งาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.tgbi.or.th/uploads/trees/%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C%20TREES-EB_160921.pdf (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

Damian Holmes (2020). Thammasat University – the largest urban rooftop farm in Asia. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://worldlandscapearchitect.com/thammasat-university-the-largest-urban-rooftop-farm-in-asia/?v=3a1ed7090bfa (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

Damian Holmes. (2019). Chulalongkorn University Centenary Park – green infrastructure for the city of Bangkok. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://worldlandscapearchitect.com/chulalongkorn-centenary-park-green-infrastructure-for-the-city-of-bangkok/?v=3a1ed7090bfa (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2567).

I. C. Ezema, O. J. Ediae & . N. Ekhaese. (2016). Prospects, Barriers and Development Control Implications in the use of Green Roofs in Lagos State, Nigeria. Covenant Journal in Research & Built Environment (CJRBE) Vol. 4 No.2

Marisa Merola. (2017). A Comparative analysis of rooftop garden systems. A thesis submitted to the University of Colorado at Boulder in partial fulfillment of the requirements to receive Honors designation in Environmental Studies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวภิญญดา ธีระวณิชตระกูล
วัน เดือน ปีเกิด	7 ตุลาคม พ.ศ. 2542
ที่อยู่	68/7 หมู่ 4 หมู่บ้านสี่ไชยทอง 3 ต.ปากเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
E-mail	helloampin@gmail.com
โทรศัพท์	097-4262451

ประวัติการศึกษา

2555	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี
2561	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้