หลักการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการศึกษางานวิจัย เกณฑ์ประเมิน และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

Principles of Green Roof Design for Architecture in Thailand : A Study of Research, Evaluation Criteria, and Relevant Regulations

รับบทความ	07/02/2568
แก้ไขบทความ	21/03/2568
ยอมรับบทความ	31/03/2568

ภิญญดา ธีระวณิชตระกูล* มนสินี อรรถวานิช พรพุฒิ ศุภเอม
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะและการออกแบบ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Pinyada Teerawanichtrakul, Monsinee Attavanich, Pornphut Suppa-Aim
Tropical Architecture, School of Architecture, Art, and Design
King Mongkut's Institutete of Technology Ladkrabang
helloampin@gmail.com, monsinee.at@kmitl.ac.th, pornphut.su@kmitl.ac.th
*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้หลังคาเขียวอย่างกว้างขวาง มีงานวิจัยและการทดลองที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในหลายแง่มุม ในหลายประเทศมีการส่งเสริมให้ใช้หลังคาเขียวมีการออกกฎหมาย นโยบาย และมาตรการต่าง ๆ ที่สนับสนุนให้มีการใช้หลังคาเขียวมากขึ้น สำหรับประเทศไทย การออกแบบหลังคาเขียวอย่างจริงจังยังมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับต่างประเทศและมักเป็นการออกแบบสวนบนหลังคา โดยนำต้นไม้ที่ปลูกในกระถางมาวางบนหลังคาอย่างอิสระ ซึ่งไม่ถือเป็นหลังคาเขียวที่แท้จริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการรวบรวมข้อมูลการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ทั้งที่มีรายละเอียดที่เหมือนและแตกต่างกันไป จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และสรุปเป็นหลักการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้ทำการรวบรวมกฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวเพื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับการออกแบบหลังคาเขียว โดยแสดงการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนอกจากจะนำไปสู่การเลือกประเภทหลังคาเขียวที่ตอบสนองต่อความต้องการด้านการใช้งานแล้ว ยังเหมาะสมกับเงื่อนไขเกณฑ์ประเมิน ซึ่งเป็นตัวเลือกในการส่งเสริมการออกแบบหลังคาเขียวในงานสถาปัตยกรรมและถูกต้องตามกรอบของกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้งเรื่องโครงสร้าง การรับน้ำหนัก และการต่อเติมหลังคาเขียว ผลการศึกษานำมาซึ่งตารางแสดงแนวทางการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย ที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ *: หลังคาเขียว สวนหลังคา การออกแบบหลังคาเขียว กฎหมาย เกณฑ์ประเมิน*

Abstract

Currently, green roofs are widely used, with numerous studies and experiments exploring various aspects of green roofs. Many countries actively promote their green roof implementation through legislation, policies, and supportive measures. However, in Thailand, the serious implementation of green roof designs remains relatively limited compared to other countries. In Thailand, green roof designs are often implemented as rooftop gardens by placing potted plants on the roof. However, this approach does not align with the true definition of a green roof. This research aims to study the principles of green roof design for architectural applications in Thailand. The study involves collecting and analyzing green roof design information from relevant documents and research, both domestically and internationally, considering both similarities and differences. The findings are synthesized to establish principles for green roof design in Thai architecture. Additionally, related laws and evaluation criteria are compiled and analyzed alongside green roof design concepts and classifications. The study identifies suitable green roof types that align with evaluation criteria and presents a design checklist that adheres to Thai legal frameworks governing green roofs. Beyond facilitating the selection of green roof types that meet functional requirements, the research ensures compliance with evaluation standards that promote green roof design in architecture while adhering to legal regulations regarding structure, load-bearing capacity, and roof modifications. The study results in a guideline table outlining key principles for green roof design in Thailand, ensuring alignment with evaluation criteria and relevant legal requirements.

Keywords *: green roof, roof garden, green roof design, law, evaluation criteria*

บทนำ

การขยายตัวของประชากรและเมืองส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม หลังคาเขียวจึงมีบทบาทมากขึ้นเนื่องจากเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศภายใต้แนวคิดการประหยัดพลังงาน หลังคาเขียวช่วยลดสภาวะเกาะความร้อนในพื้นที่เมือง (urban heat island effect) ช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ลดค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องปรับอากาศ และลดความจำเป็นในการใช้เครื่องทำความร้อน (กนกวลี สุธีธร, 2548: 131)

หลังคาเขียวถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางมีงานวิจัยและการทดลองที่เกี่ยวข้องกับ “หลังคาเขียว” (green roof) ในหลายแง่มุมที่เฉพาะเจาะจง ทั้งเรื่องเทคโนโลยีโครงสร้างหลังคาเขียว วัสดุ การวัดผลเรื่องอุณหภูมิ ในปัจจุบันมีกฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่ให้ความสำคัญกับพื้นที่สีเขียวมากขึ้น ซึ่งในประเทศไทยมีกฎหมายเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมในด้านนโยบาย เกณฑ์ประเมินที่สอดคล้องกับหลักการของการออกแบบอาคารเขียว (green building) (ทฤฒมน ตันศิริ, 2562) เห็นได้จากกฎหมาย (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (2567) ตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ข้อการจัดให้มีอาคารเขียว หรืออาคารประหยัดพลังงาน เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในส่วนงานสถาปัตยกรรมยังมีงานวิจัยส่วนน้อยที่พูดถึงการออกแบบหลังคาเขียวร่วมกับการออกแบบงานสถาปัตยกรรมรวมถึงมีหลายปัจจัยที่ต้องศึกษา เช่น ประเภท ส่วนประกอบ หรือข้อควรระวังในการออกแบบหลังคาเขียว จึงส่งผลให้เกิดการรวบรวมแนวทางการออกแบบและแนวทางการนำไปใช้เพื่อเลือกประเภทหลังคาเขียวที่เหมาะสมเข้าใจถึงประเภทหลังคาเขียว ชั้นโครงสร้างหรือส่วนประกอบของโครงสร้างของหลังคาเขียวและปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ขณะเดียวกันการออกแบบหลังคาเขียวในประเทศไทยก็เป็นบทบาทหนึ่งของภูมิสถาปนิกในการออกแบบสถาปัตยกรรมสีเขียวภายใต้ขอบเขตของงานออกแบบสวนหลังคา ซึ่งในการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมไม่เพียงแต่อยู่ในขอบเขตของภูมิสถาปนิกเท่านั้น สถาปนิกเองก็ควรมีความรู้ความเข้าใจที่ครอบคลุมในการออกแบบหลังคาเขียวด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากการออกแบบอาคารเขียวต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ ที่ครอบคลุมในการออกแบบ การศึกษารวบรวมนำไปสู่การออกแบบหลังคาเขียวที่ถูกต้องตามกรอบของกฎหมายที่เกี่ยวข้องและศึกษาเกณฑ์ประเมินเพื่อส่งเสริมจูงใจให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวมากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เห็นแนวโน้มความสำคัญของการนำหลังคาเขียวเข้ามาใช้ในงานสถาปัตยกรรมที่มีมากขึ้น เพื่อศึกษาหลักการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการแสดงการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้องนำไปสู่ที่มาของหลักการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการศึกษางานวิจัย เกณฑ์ประเมิน และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหลักการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการรวบรวมข้อมูลการออกแบบหลังคาเขียวจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ทั้งที่มีรายละเอียดที่เหมือนและแตกต่างกันไปนำมาวิเคราะห์หาข้อสรุปที่นำไปสู่หลักการการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทยและรวบรวมกฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวนำมาวิเคราะห์ร่วมกับการออกแบบหลังคาเขียวและประเภทของหลังคาเขียวที่มี และแสดงประเภทหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินรวมถึงแสดงแนวทางการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียว

“หลังคาเขียว” (green roof) หรือ “สวนหลังคา” (roof garden) คือหลังคาอาคารที่ปิดทับบางส่วนหรือทั้งหมดด้วยเครื่องปลูกอย่างอื่น ดิน หรือพืชพันธุ์บนชั้นแผ่นกันน้ำ ต้นไม้ปลูกในกระถางที่วางบนหลังคาโดยอิสระไม่ถือเป็นหลังคาเขียวที่แท้จริงในความหมายนี้ (พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ, 2559) แต่ด้วยวิธีการก่อสร้างประสานกับงานสถาปัตยกรรมและงานระบบวิศวกรรมตั้งแต่เริ่มแรกสามารถเป็นสวนขนาดใหญ่ที่ปลูกไม้ยืนต้น มีบ่อน้ำ สระน้ำ สนามหญ้า จัดเตรียม ระบบรดน้ำ ไฟแสงสว่าง การระบายน้ำ และมิใช่

จำกัดการใช้งานเฉพาะผู้อยู่อาศัยในตึกเท่านั้น สวนหลังคาบนอาคารบางหลังยังใช้เป็นลานหรือสวนสาธารณะของคนเมืองได้ด้วย (จามรี อาระยานิมิตสกุล, 2558) ซึ่งหลังคาเขียวได้ถูกพูดถึงเชื่อมโยงกับแนวคิดอาคารเขียว โดยอาคารเขียวหรือสถาปัตยกรรมสีเขียว (green architecture) คือการก่อสร้างอาคารที่มีจุดประสงค์เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ผ่านการเลือกใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมลดการใช้พลังงานและทรัพยากรทางธรรมชาติได้เป็นอย่างดีรวมถึงช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน (มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, (ม.ป.ป.))

ในปัจจุบัน มีกฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยประเทศไทยยังไม่มีมาตรการทางกฎหมายสำหรับการจัดให้มีการก่อสร้างหลังคาเขียวบนหลังคาอาคารโดยตรง แต่มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อม มาตรการส่งเสริมจูงใจ ที่สอดคล้องกับหลักการของการออกแบบอาคารเขียว (green building) (ทฤฒมน ตันศิริ, 2562) โดยที่เกณฑ์ประเมินที่สอดคล้องกับการออกแบบหลังคาเขียว นอกจากจะช่วยส่งเสริมจูงใจในการออกแบบหลังคาเขียวแล้วนั้น ยังเป็นช่องทางส่งเสริมต่อยอดด้วยนวัตกรรมต่าง ๆ เช่น ระบบ Solar PV Rooftop บนหลังคา ซึ่งสามารถเป็นแนวทางต่อยอดจากการศึกษาเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องได้ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการออกแบบหลังคาเขียวในประเทศไทยมากขึ้น ซึ่งมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับคู่มือการออกแบบอาคารภาครัฐที่จะก่อสร้างใหม่ให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ (G-GOODs : NC) ในหมวด 3 การออกแบบผังบริเวณและงานภูมิทัศน์ ประเภท ML 2 การเลือกพืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสม ML 3 การลดความร้อนของผิวพื้นที่ดาดแข็ง ML 4 การออกแบบพื้นที่ซึมน้ำ และคู่มือการออกแบบปรับปรุงอาคารภาครัฐที่มีอยู่เดิมให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ (G-GOODs : RV) ในหมวดและประเภทเดียวกันตามลำดับ

ทั้งนี้ กฎหมายที่บังคับใช้และเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวในปัจจุบันมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียวโดยตรง 6 ฉบับ ได้แก่ 1) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 2) กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541) 3) กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) 4) กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 5) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment หรือ EIA) และ 6) (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (พ.ศ. 2567)

สำหรับเกณฑ์ประเมิน 2 เกณฑ์ ได้แก่ 1) เกณฑ์มาตรฐานประเมินอาคารเขียว (Leadership in Energy & Environmental Design) ของสหรัฐอเมริกา LEED for New Construction (LEED NC หรือ LEED BD+C ใน v.4) สำหรับอาคารสร้างใหม่หรือปรับปรุงใหญ่ กล่าวถึงหลังคาเขียว โดยมีการพูดถึง ข้อปกป้อง หรือฟื้นฟูที่อยู่อาศัย (protect and restore habitat) ข้อพื้นที่เปิดโล่ง (open space) และในหมวดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (water efficiency) 2) เกณฑ์มาตรฐานในประเทศไทย TREES-NC Version 2.0 (Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability) หรือเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่มีการกล่าวถึงโดยตรงที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ จำนวนต้นไม้ และชนิดพืชพันธุ์บนหลังคาเขียวในหมวด SL 3 การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืนรวมถึงหมวด SL 5 การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง จากการพัฒนาโครงการ (สถาบันอาคารเขียวไทย Thai Green Building Institute [TGBI], (ม.ป.ป.))

กฎหมายและเกณฑ์ประเมิน ที่เกี่ยวข้อง		
กฎหมาย	**ข้อ**	**ความเกี่ยวข้อง**
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	มาตรา 8 ข้อ 2 การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน ตลอดจนลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ ข้อ 3 การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร ข้อ 11 หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร	สำหรับควบคุมการก่อสร้าง โครงสร้างการรับน้ำหนักความคงทน วิธีการ และเงื่อนไขในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน ต่อเติมหลังคาเขียวในภายหลัง
กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541)	ข้อ 4 น้ำทิ้งจากอาคารที่จะระบายจากอาคารลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้งได้ต้องมีคุณภาพน้ำทิ้งตามประเภทของอาคารตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง	เรื่องคุณภาพน้ำทิ้ง หลังคาเขียวเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการน้ำฝน ป้องกันสารปนเปื้อนและระดับน้ำ ไม่ให้ไหลออกจนเกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำสาธารณะ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)	หมวด 4 แนวอาคารและระยะต่าง ๆ ของอาคาร การก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคาร หรือส่วนของอาคารต้องร่นแนวอาคาร	เรื่องการออกแบบผังหลังคาเขียว การก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคารต้องไม่ล้ำที่สาธารณะ และกำหนดแนวอาคาร และระยะต่าง ๆ ของอาคาร
กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ.2566	หมวด 2 วิธีการออกแบบและคำนวณโครงสร้าง หมวด 3 น้ำหนักบรรทุก หมวด 4 แรงลม หมวด 5 แรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว	เรื่องโครงสร้างการออกแบบกำหนดการออกแบบคำนวณโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร
EIA	ข้อ 1 ทรัพยากรกายภาพ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบ เช่น ดิน น้ำ อากาศ เสียง และข้อ 2 ทรัพยากรชีวภาพ การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ที่มีต่อระบบนิเวศ	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการออกแบบหลังคาเขียว
(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (2567)	ข้อ (5) การจัดให้มีอาคารเขียว หรืออาคารประหยัดพลังงาน ตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ซึ่งจะเพิ่ม FAR Bonus ทุก 5% ตามการเพิ่มระดับของมาตรฐาน TREES	การจัดให้มีอาคารเขียว หรืออาคารประหยัดพลังงาน ตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) เป็นการส่งเสริมให้มีการออกแบบหลังคาเขียว
เกณฑ์ประเมิน	**ข้อ**	**ความเกี่ยวข้อง**
LEED NC Version 4	ข้อ Protect and restore habitat อนุรักษ์และปกป้องพื้นที่สีเขียว 40% ของไซต์จากกิจกรรมพัฒนาและก่อสร้างทั้งหมด (หากมีพื้นที่ดังกล่าว) และฟื้นฟูส่วนหนึ่งของไซต์รวมถึงอาคารที่ระบุว่าเคยถูกรบกวนมาก่อน พื้นผิวหลังคาที่มีพืชพันธุ์อาจรวมอยู่ในพื้นที่ที่อยู่อาศัยหากพืชเป็นพันธุ์พื้นเมือง หรือปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย โดยพื้นที่ฟื้นฟู 15% ของพื้นที่ที่ถูกรบกวนก่อนหน้านี้ 1 คะแนน หรือพื้นที่ฟื้นฟู 25% ได้ 2 คะแนน ปลูกพืชพันธุ์อย่างน้อย 6 ชนิดที่มีถิ่นกำเนิด หรือปรับตัวให้เข้ากับเขตนิเวศ รวมถึงพืชอย่างน้อย 2 ชนิดจาก ต้นไม้ ไม้พุ่ม และไม้คลุมดิน กำหนดพื้นที่ที่อยู่อาศัยส่วนหนึ่งสำหรับสวนผสมเกสรซึ่งประกอบด้วยพืชดอกพื้นเมืองและมีพื้นที่รวมอย่างน้อย 3 ตารางเมตร	โดยกำหนดให้มีพื้นที่สีเขียว 40% ของพื้นที่อนุรักษ์และปกป้องพื้นที่สีเขียว โดยพื้นที่นี้สามารถเป็นหลังคาเขียวได้ หากพืชเป็นพันธุ์พื้นเมือง หรือปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม
	ข้อ Open space จัดให้มีพื้นที่กลางแจ้งมากกว่า หรือเท่ากับ 30% ของพื้นที่ทั้งหมด (รวมพื้นที่อาคาร) พื้นที่เปิดโล่งกลางแจ้งที่ต้องมีอย่างน้อย 25% ต้องเป็นพื้นที่ที่มีพืชพันธุ์ปลูกอย่างน้อย 2 ประเภท พื้นที่กลางแจ้งต้องสามารถเข้าถึงได้ทางกายภาพและต้องเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ พื้นที่สังคม พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ พื้นที่สีเขียวที่มีความหลากหลาย สวน พื้นที่ที่อยู่อาศัย	สามารถใช้หลังคาที่มีพืชพันธุ์ปกคลุมซึ่งสามารถเข้าถึงได้ทางกายภาพเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับพืชพันธุ์และพื้นที่ปูทางที่เข้าถึงได้ทางกายภาพบนหลังคาที่ผ่านการรับรองสามารถใช้เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดเครดิตได้
	ข้อลดการใช้น้ำสำหรับดื่ม หรือน้ำประปามารดน้ำต้นไม้ เลือกใช้พรรณไม้ที่กินน้ำน้อย ใช้น้ำฝน หรือน้ำใช้แล้วที่ผ่านการบำบัด	สามารถใช้น้ำเพียงเล็กน้อยจากการออกแบบพื้นที่หลังคาเขียว และการเลือกลักษณะพืชพันธุ์
	ข้อเพิ่มพื้นที่งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เช่น แบ่งพื้นที่บางส่วนจัดสวนกระบองเพชร หรือสวนหิน	การเลือกลักษณะพืชพันธุ์ที่เหมาะสมกับการใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ
	ข้อบำบัดน้ำเสียในโครงการ และปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วให้ซึมลงดิน หรือใช้ในโครงการ ใกล้เคียงกับกฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541) เรื่องคุณภาพน้ำทิ้ง	เกี่ยวข้องโดยอ้อมในแง่ที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้ใหม่ได้ ช่วยบำบัดน้ำก่อนออกจากโครงการ
TREES-NC Version 2.0	ข้อ SL 3.1 มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคาร ทางเลือกที่ 2 (นับพื้นที่หลังคาเป็นพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ) ต้องออกแบบอาคาร ให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่า 20% ของพื้นที่โครงการ พื้นที่ดาดแข็งสามารถนับได้ หากกิจกรรมบนพื้นที่ดาดแข็งเป็นไปเพื่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน และไม่ใช่พื้นที่สำหรับรถยนต์ หรือที่จอดรถยนต์	นับพื้นที่หลังคาเป็นพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ หลังคาเขียวสามารถออกแบบพื้นที่เพิ่มคะแนนในข้อ SL 3.1 ได้
	SL 3.3 ใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสม เลือกใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่นเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศที่ทนแล้งและทนโรค	ประเภทหลังคาเขียว ทั้ง 3 ประเภทสามารถเลือกลักษณะพืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสมได้
	SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคา หรือสวนแนวตั้ง หรือใช้วัสดุสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์สูง สัดส่วนของพื้นที่หลังคาเขียวและสวนแนวตั้ง ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชและพื้นที่ผิวหลังคาที่มีค่าดัชนีสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ มากกว่า หรือเท่ากับ 78 1.GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) >0.5 ได้ 1 คะแนน 2. GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) >0.8 ได้ 2 คะแนน	สามารถเพิ่มคะแนนได้ตามการออกแบบพื้นที่หลังคาเขียวส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่หลังคาเขียว

ภาพ 1 กฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียว

ที่มา: ผู้วิจัย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลังคาเขียว

การรวบรวมข้อมูลมีเกณฑ์การเลือกคัดเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเนื้อหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์หรือแนวทางในการออกแบบหลังคาเขียวทั้งหมด 8 เล่ม โดยมีเอกสารงานวิจัยในประเทศไทย 6 เล่ม ในจำนวนนี้มี 5 เล่ม ที่เกี่ยวข้องโดยตรงและที่เหลือเป็นงานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องโดยอ้อมมีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบระบบนิเวศหลังคาเขียว โดยเครื่องมือตรวจสอบรายการสำหรับการประเมินระบบนิเวศบนหลังคาเขียว RAC-GRES มีหัวข้อในตารางเครื่องมือที่ต้องการข้อมูลมาใช้ในตัวบ่งชี้ที่สอดคล้องกัน ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อมูลกรณีศึกษาหลังคาเขียวในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยจำนวน 10 แห่ง (Phoomirat et al., 2020) และเอกสารงานวิจัยในต่างประเทศจำนวน 2 เล่ม เพื่อให้ได้เนื้อหาที่ครอบคลุม จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ทั้งที่มีรายละเอียดที่เหมือนหรือแตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันของข้อมูลโดยมีหัวข้อที่กล่าวถึงในทางเดียวกันในการออกแบบหลังคาเขียว จำนวน 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) ประเภทของหลังคาเขียว 2) ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว และ 3) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว มีรายละเอียดดังนี้

1) ประเภทของหลังคาเขียว ทั้ง 3 ประเภท จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า เอกสารและงานวิจัยในประเทศไทยมีการแบ่งประเภทหลังคาเขียวออกเป็น 2 ประเภท คือหลังคาเขียวกว้างขวางหรือระบบสวนหลังคาเบา (extensive roof garden) และหลังคาเขียวเข้มข้นหรือระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก (intensive roof garden) (กนกวลี สุธีธร, 2548; พชร เลิศปิติวัฒนา, 2558) มีการแบ่งประเภทแบบง่าย ๆ โดยดูจากประเภทการใช้งาน ลักษณะความสูงของต้นไม้และพืชพันธุ์ ซึ่งต่างจากเอกสารและงานวิจัยในต่างประเทศ (Ezema et al., 2016; Merola, 2017) ที่แบ่งประเภทของหลังคาเขียวเป็น 3 ประเภท คือหลังคาสีเขียวกว้างขวางหรือระบบสวนหลังคาเบา (extensive roof garden) หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น (semi-intensive roof garden) และหลังคาเขียวเข้มข้นหรือระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก (intensive roof garden) ตามเงื่อนไขที่ละเอียดมากขึ้น นอกจากจะดูที่ประเภทการใช้งาน ลักษณะความสูงของต้นไม้ และพืชพันธุ์แล้ว ยังแบ่งตามความซับซ้อนของโครงสร้าง ความลึกของดิน น้ำหนัก ความต้องการในการดูแลรักษา และรูปแบบประเภทการปลูกต้นไม้และถมดิน

2) ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 8 ชั้น จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ภายใต้เงื่อนไขโครงสร้างพื้นหลังคาคอนกรีต มีการเรียงชั้นโครงสร้างที่ต่างกันเล็กน้อย โดยส่วนมากการเรียงลำดับชั้นโครงสร้างหลังคาเขียวมีความสอดคล้องกัน (กนกวลี สุธีธร, 2548; พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ, 2559; Ezema et al., 2016) มีการเรียงลำดับชั้นวัสดุที่ต่างกันโดยสลับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 และใส่วัสดุฉนวนความร้อนในชั้นที่ 2 หรือ 3 ยกเว้นใน พชร เลิศปิติวัฒนา (2558) ซึ่งต่างกันเล็กน้อยในจำนวนชั้นโครงสร้างที่มากกว่า มีการพูดถึงชั้นดินปลูกและวัสดุปิดผิวซึ่งสามารถรวมเป็นชั้นเดียวกัน

หลังคาเขียวประเภท 1) หลังคาเขียวกว้างขวางหรือระบบสวนหลังคาเบาเป็นประเภทที่สามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 146.5 กก./ตร.ม. มีความลึกดิน 1–5 นิ้ว หรือน้อยกว่า 6 นิ้ว ลักษณะพืชพันธุ์ที่เหมาะสมในประเทศไทย พืชคลุมดินทนแล้ง เช่น หญ้า กก สมุนไพรพื้นถิ่น พืชอวบน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน 2) หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น สามารถรับน้ำหนักได้ 122–195 กก./ตร.ม. มีความลึกดิน 6–8 นิ้ว ลักษณะพืชพันธุ์ที่เหมาะสมในประเทศไทย เช่น พืชคลุมดินทนแล้ง เช่น หญ้า กก สมุนไพรพื้นถิ่น พืชอวบน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน และไม้พุ่ม และ 3) หลังคาเขียวเข้มข้นหรือระบบสวนหลังคารับน้ำหนักเป็นประเภทที่มีความซับซ้อนในการก่อสร้างมากเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรงรับน้ำหนักได้ 488 กก./ตร.ม. ความลึกดินมากกว่า 8 นิ้ว ลักษณะพืชพันธุ์ที่เหมาะสมตั้งแต่ หญ้า ต้นไม้ขนาดเล็ก พุ่มไม้ ไปจนถึงไม้ยืนต้น

3) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวมีเอกสารและงานวิจัยในประเทศไทยที่กล่าวถึงปัจจัยที่ควรพิจารณาและข้อควรระวัง โดยรวบรวมปัจจัยทั้งหมดเพื่อให้คำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวอย่างครอบคลุม ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันโดยเรียงปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงซึ่งกล่าวเหมือนกันในประเทศไทยตามลำดับ 9 ปัจจัย ดังนี้ 1) การดูแลรักษา การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่ง และการใส่ปุ๋ยเปลี่ยนดิน การก่อสร้างทางเข้าออกงานบริการ ราวกันตก 2) โครงสร้างการรับน้ำหนัก การรั่วซึมของหลังคา 3) สภาพแวดล้อม แสงแดดปริมาณแสงสว่าง ลม ฝน ความชื้น อุณหภูมิ 4) ลักษณะพืชพันธุ์ 5) งานระบบ ชลประทาน ระบบปรับอากาศ ไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบรดน้ำ ระบบไฟ 6) ระบบกันซึม ควรมีความทนทานป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี 7) กระบะปลูกตามความลึกดิน 8) การระบายน้ำ ทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูกมีลักษณะเป็นรูพรุน และ 9) ค่าใช้จ่ายมากกว่าปกติ 2 เท่า

หลังคาเขียวประเภท 1) หลังคาเขียวกว้างขวางเน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม โครงสร้างไม่ซับซ้อนมาก การดูแลรักษาต่ำ ค่าใช้จ่ายต่ำ 2) หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้นใช้ประโยชน์ทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและใช้สอย โครงสร้างซับซ้อนปานกลาง การดูแลรักษาเป็นระยะ ค่าใช้จ่ายปานกลาง 3) หลังคาเขียวเข้มข้นเน้นประโยชน์ใช้สอย โครงสร้างซับซ้อนมาก ต้องการการดูแลรักษาเป็นประจำ ค่าใช้จ่ายสูง โดยการออกแบบหลังคาเขียวทุกประเภทต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม ชั้นโครงสร้าง งานระบบ ระบบกันซึม กระบะปลูก การระบายน้ำ ต่าง ๆ (กนกวลี สุธีธร, 2548; พชร เลิศปิติวัฒนา, 2558; Ezema et al., 2016; Merola, 2017)

ตาราง 1 หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากการรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว		เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง							
		การออกแบบสวนหลังคา (พชร เลิศปิติวัฒนา, 2558)	หลังคาเขียวทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน (กนกวลี สุธีธร, 2548)	การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof (พีระพงษ์ เพ็ชร พัน และคณะ, 2559)	ภูมิทัศน์พื้นฐาน (ศศิยา ศิริพาณิช, 2558)	ภูมิสถาปัตยกรรมเบื้องต้น (จามรี อารยานิมิตสกุล, 2558)	Prospects, Barriers and Development Control Implications in the Use of Green Roofs in Lagos State, Nigeria. (Ezema et al., 2016)	A Comparative Analysis of Rooftop Garden Systems. (Merola, 2017)	Rapid Assessment Checklist for Green Roof Ecosystem Services in Bangkok, Thailand (Phoomirat et al., 2020)
ประเภทหลังคาเขียว	Extensive Roof Garden	/	/				/	/	/
	Semi-Intensive Roof Garden						/	/	
	Intensive Roof Garden	/	/				/	/	/
ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว (ชั้นที่)	พื้นหลังคาคอนกรีต	1	1	1	1		1	1	
	ฉนวนกันความร้อน		2	2	3		2	3	
	วัสดุกันน้ำซึม / แผ่นใยกันน้ำ	2	3	3	2		3	2	
	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ	3							
	ชั้นระบายน้ำ	4	4	4	4		4	4	
	แผ่นใยกรองดิน	5	5	5	5		5	5	
	ดินปลูก	6	6	6	6		6	6	
	วัสดุปิดผิว	7							
	พืชพันธุ์	8	7	7	7		7	7	
ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว	การรับน้ำหนัก	/	/		/	/			
	ระบบกันซึม	/			/				/
	กระบะปลูก				/	/			/
	การระบายน้ำ	/			/				/
	สภาพแวดล้อม		/		/	/			/
	ลักษณะพืชพันธุ์	/	/		/				/
	การดูแลรักษา	/	/		/	/			/
	งานระบบ	/			/	/			/
	ค่าใช้จ่าย		/						

หมายเหตุ / หมายถึง มีการกล่าวถึงแต่ละหัวข้อตามเนื้อหาในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1-8 หมายถึง มีการกล่าวถึงหัวข้อชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวโดยเรียงลำดับชั้นตามที่กล่าวถึงในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

จากการรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีหัวข้อที่พูดถึงการออกแบบหลังคาเขียว ซึ่งสรุปได้เป็น 3 หัวข้อหลัก ดังนี้ 1) ประเภทของหลังคาเขียว 2) ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 3) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว ดังภาพ 2 โดยมีหัวข้อและรายละเอียดการออกแบบหลังคาเขียว ดังในตาราง 2

ภาพ 2 สรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียว 3 หัวข้อ

ที่มา: ผู้วิจัย, 2567

ตาราง 2 หัวข้อและรายละเอียดการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

การออกแบบหลังคาเขียว

เงื่อนไขรายละเอียดต่าง ๆ

1) ประเภทของหลังคาเขียว

เงื่อนไข	หลังคาเขียวกว้างขวาง (Extensive roof garden)	หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น (Semi-intensive roof garden)	หลังคาเขียวเข้มข้น (Intensive roof garden)
การใช้งาน	เน้นประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	ใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมและใช้สอย	เน้นประโยชน์ใช้สอย
ค่าใช้จ่าย	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
โครงสร้าง	- ประเภทที่ไม่ซับซ้อนมาก - รับน้ำหนักได้ 30 ปอนด์/ตารางฟุต (146.5 กก./ตร.ม.)	- รับน้ำหนักได้ 25–40 ปอนด์/ตารางฟุต (122–195 กก./ตร.ม.)	- ความซับซ้อนในการก่อสร้างมากเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างอาคารโดยตรง - รับน้ำหนักได้ 100 ปอนด์/ตารางฟุต (488 กก./ตร.ม.)
ความลึกดิน	1–5 นิ้ว หรือน้อยกว่า 6 นิ้ว	6–8 นิ้ว	มากกว่า 8 นิ้ว
น้ำหนัก	60–150 กก./ตร.ม.	120–200 กก./ตร.ม.	180–500 กก./ตร.ม.
การดูแล	ต่ำ	เป็นระยะ	เป็นประจำ
พืชพันธุ์	พืชคลุมดินทนแล้ง เช่น หญ้า กก สมุนไพรพื้นถิ่น พืชอวบน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน	พืชคลุมดินทนแล้ง เช่น หญ้า กก สมุนไพรพื้นถิ่น พืชอวบน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน และไม้พุ่ม	หญ้า ต้นไม้ขนาดเล็ก พุ่มไม้ ไปจนถึงไม้ยืนต้น
รูปแบบ	- เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูป (plant tub) มาวางประดับสวนหลังคา - แบบการถมดินที่มีความลึกไม่มาก	- เป็นการนำกระถางปลูกต้นไม้สำเร็จรูปมาวางประดับสวนหลังคา - แบบการถมดินที่มีความลึก 6–8 นิ้ว	- แบบการทำกระถางยกสูงเพิ่มความลึกภาชนะปลูกด้วยการก่อผนังขึ้นมา - แบบการถมดินสูงให้เป็นเนินดิน - แบบบ่อ หลุมปลูกทำเป็นบ่อลึกลงไป
ความสูงต้นไม้	6–20 ซม.	12–25 ซม.	15 ซม.–1 ม.

2) ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว (ชั้นที่)

ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6	ชั้น 7	ชั้น 8
พื้นหลังคาคอนกรีต	ฉนวนกันความร้อน	วัสดุกันน้ำซึม	แผ่นคอนกรีตกันทะลุ	ชั้นระบายน้ำ	แผ่นใยกรองดิน	ดินปลูก / วัสดุปิดผิว	พืชพันธุ์
- รับน้ำหนัก 1,200–1,500 กก./ตร.ม. หรือมากกว่า - พื้นหลังคาที่เหมาะคือระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	ฉนวนกันความร้อนติดตั้งบนพื้นหลังคาคอนกรีต	- วัสดุกันน้ำซึมแบบแผ่น - วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดทา - วัสดุกันน้ำซึมแบบเหลวชนิดพ่น - น้ำยากันซึม	- หนาประมาณ 6.5–10.0 ซม. - ความลาดเอียง (slope) ประมาณ 0.5 ซม./ฟุต	- วัสดุ Grass-cell - วางท่อระบายน้ำ	- ตาข่ายมุ้งลวดพลาสติกซ้อนกัน - จีโอเท็กซ์ไทล์ (geotextile)	- วัสดุปลูกธรรมชาติ - วัสดุปลูกสังเคราะห์ - วัสดุปิดผิว หนาประมาณ 1.0 ซม.	- น้ำหนักของพืช - ขนาดของต้นพืช

ตาราง 2 (ต่อ) หัวข้อและรายละเอียดการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

การออกแบบหลังคาเขียว	เงื่อนไขรายละเอียดต่าง ๆ								
3) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว	โครงสร้าง/การรับน้ำหนัก	การดูแลรักษา	สภาพแวดล้อม	ลักษณะพืชพันธุ์	งานระบบ	ระบบกันซึม	กระบะปลูก	การระบายน้ำ	ค่าใช้จ่าย
	- การรองรับน้ำหนัก - คำนึงถึงการรั่วของหลังคา - ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีน้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ดาดฟ้า	- การรดน้ำ การเก็บกวาด ตัดแต่งและการใส่ปุ๋ยเปลี่ยนดิน - การก่อสร้าง - ทางเข้าออกงานบริการ - ราวกันตก	คำนึงถึง - แสงแดด - ลม - ฝน - ความชื้น - อุณหภูมิ	- เป็นพวกไม้อวบน้ำ สวนหิน พืชพันธุ์ที่ทนแดด - ดินปลูก - ราก	- ชลประทาน - ระบบปรับอากาศ - ไฟฟ้าแสงสว่าง - ระบบรดน้ำ - ระบบไฟ	- ควรมีความทนทาน ป้องกันการแทรกซึมของรากพืชและน้ำได้เป็นอย่างดี	- แบบตื้นมีความลึก 6.5–10 ซม. - แบบปานกลาง มีความลึก 12–20 ซม. - แบบลึกมีความลึกมากกว่า 20 ซม.	- มีความสำคัญในการทำหน้าที่ให้น้ำแก่พืชใต้หลุมปลูกมีลักษณะเป็นรูพรุน	ค่าใช้จ่ายมากกว่าปกติ 2 เท่า

ที่มา: การสรุปหัวข้อการออกแบบหลังคาเขียวจากการรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดย ผู้วิจัย (กนกวลี สุธีธร, 2548; จามรี อาระยานิมิตสกุล, 2558; พชร เลิศปิติวัฒนา, 2558; พีระพงษ์ เพ็ชรพัน และคณะ, 2559; ศศิยา ศิริพานิช. 2558; Ezema et al., 2016; Merola, 2017; Phoomirat et al., 2020)

การออกแบบหลังคาเขียวที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมิน และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัย เกณฑ์ประเมิน และกฎหมายที่เกี่ยวข้องโดยทำการเปรียบเทียบและเชื่อมโยงทำให้เห็นความสำคัญการออกแบบหลังคาเขียว 3 หัวข้อ ที่สอดคล้องในหัวข้อต่าง ๆ ดังในตาราง 3 แสดงแนวทางการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย ดังนี้

1) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 สำหรับควบคุมการก่อสร้าง โครงสร้างการรับน้ำหนัก ซึ่งต้องให้ความสำคัญในหลังคาเขียวทั้ง 3 ประเภท และนำไปสู่การศึกษาชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวที่มีผลต่อการรับน้ำหนักใน ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

2) กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541) เรื่องคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งนำไปสู่การศึกษาชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวในชั้น 5 ชั้นการระบายน้ำ เป็นชั้นที่วางท่อระบายน้ำ รวมถึงปัจจัยเรื่องงานระบบ และการระบายน้ำ

3) กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) เรื่อง การออกแบบผังหลังคาเขียว การก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคาร แนวอาคารและระยะต่าง ๆ ของอาคาร ตั้งแต่เริ่มต้นในการออกแบบหลังคาเขียว เลือกประเภทหลังคาเขียวตามการใช้งานและพื้นที่ทุกประเภท

4) กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 เรื่อง โครงสร้างการออกแบบกำหนดการออกแบบคำนวณโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารเป็นกรอบในการออกแบบทุกประเภทโดยเฉพาะหลังคาเขียวเข้มข้นที่มีผลในระดับโครงสร้างมาก เรื่องคุณสมบัติวัสดุในชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวและการรับน้ำหนักใน ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

5) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการออกแบบหลังคาเขียวนำไปสู่การเลือกประเภทหลังคาเขียวตามการใช้งานและประโยชน์จากการออกแบบหลังคาเขียว

6) (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (พ.ศ. 2567) เรื่อง การจัดให้มีอาคารเขียวหรืออาคารประหยัดพลังงานตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ทั้ง 3 ประเภทเป็นการส่งเสริมให้มีการออกแบบหลังคาเขียวโดยเฉพาะในหลังคาเขียวเข้มข้นซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุด

การศึกษาเกณฑ์ประเมิน 2 เกณฑ์ นอกจากการเลือกประเภทหลังคาเขียวที่เหมาะสมแล้วยังเกี่ยวข้องกับการศึกษาชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวแต่ละชั้น ซึ่งมีผลต่อเกณฑ์ประเมินและปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว

โดยเกณฑ์ประเมิน LEED NC Version 4 มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบหลังคาเขียว ซึ่งเหมาะสมทั้ง 3 ประเภทสอดคล้องในข้อให้มีพื้นที่สีเขียว 40% ของพื้นที่อนุรักษ์และปกป้องพื้นที่สีเขียว ข้อจัดให้มีพื้นที่กลางแจ้งมากกว่าหรือเท่ากับ 30% ของพื้นที่ทั้งหมด (รวมพื้นที่อาคาร) พื้นที่เปิดโล่งกลางแจ้งที่ต้องมีอย่างน้อย 25% ต้องเป็นพื้นที่ที่มี พืชพันธุ์ปลูกอย่างน้อย 2 ประเภท

ลดการใช้น้ำ เลือกใช้พรรณไม้ที่กินน้ำน้อย และเพิ่มพื้นที่งานภูมิสถาปัตยกรรมที่ใช้น้ำน้อยโดยมุ่งเน้นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว เรื่องการดูแลรักษา และพืชพันธุ์ท้องถิ่น ใช้น้ำน้อย ทนแล้ง และการใช้พื้นที่

เกณฑ์ประเมิน TREES-NC Version 2.0 มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบหลังคาเขียวทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะในหลังคาเขียวประเภทหลังคาเขียวเข้มข้น ซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุด โดยชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียวมีความเกี่ยวข้องกับเกณฑ์ในแต่ละชั้น โดยเฉพาะ ชั้น 7 ดินปลูก ชั้น 8 พืชพันธุ์ ตามข้อ SL 3.3 ใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสม ซึ่งลักษณะพืชพันธุ์ส่งผลต่อชั้นโครงสร้าง ความลึกดิน และชั้น 1 พื้นหลังคาคอนกรีต ชั้น 2 ฉนวนกันความร้อน ในข้อ SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคา หรือสวนแนวตั้งหรือใช้วัสดุสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์สูง โดยมุ่งเน้นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวทุกปัจจัยโดยเฉพาะเรื่องพืชพันธุ์และสภาพแวดล้อม

ตาราง 3 แนวทางการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

กฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้อง		**การออกแบบหลังคาเขียว**		
กฎหมาย	ความเกี่ยวข้อง	ประเภทของหลังคาเขียวที่เหมาะสม	ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 1–8 ชั้น ที่มีผลต่อกฎหมาย	ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวที่มีผลต่อกฎหมาย
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522	สำหรับควบคุมการก่อสร้าง โครงสร้างการรับน้ำหนักความคงทน วิธีการและเงื่อนไขในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน ต่อเติมหลังคาเขียวในภายหลัง ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ข้อ 16 ในการคำนวณออกแบบ หากปรากฏว่า พื้นที่ส่วนใดต้องรับน้ำหนักเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ หรือหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรอื่น ๆ ที่มีค่ามากกว่าหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรซึ่งกำหนดไว้ในข้อ 15 ให้ใช้หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรค่าที่มากกว่าเฉพาะส่วนที่ต้องรับหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ทุกชั้น	การรับน้ำหนัก
		เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของหลังคาเขียวทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะหลังคาเขียวเข้มข้นที่ซับซ้อนมาก	เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทุกชั้น	สำหรับควบคุมการก่อสร้าง โครงสร้างการรับน้ำหนักตาม ข้อ 16 Extensive รับน้ำหนัก 60–150 กก./ตร.ม. Semi-Intensive รับน้ำหนัก 120–200 กก./ตร.ม. Intensive รับน้ำหนัก 180–500 กก./ตร.ม.
กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541)	เรื่องคุณภาพน้ำทิ้ง หลังคาเขียวเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการน้ำฝน หลังคาเขียวเป็นอีกพื้นที่ที่สามารถรับน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำของอาคารเพื่อจัดการคุณภาพน้ำทิ้งตามประเภทอาคาร และมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง	-	ชั้น 5 ชั้นระบายน้ำ	งานระบบ การระบายน้ำ
		-	ในชั้นการระบายน้ำต่อเชื่อมกับระบบระบายน้ำ ซึ่งวางท่อระบายน้ำใต้หลุมปลูก	ระบบระบายน้ำต้องมีการต่อเชื่อมกับรูท่อระบายน้ำที่พื้น ทำหน้าที่ระบายน้ำลงสู่ท่อระบายน้ำ และลงสู่พื้นด้านล่างอาคารเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำของอาคารเพื่อจัดการคุณภาพน้ำ
กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)	เรื่องการออกแบบผังหลังคาเขียว การก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคารต้องไม่ล้ำที่สาธารณะ และกำหนดแนวอาคาร และระยะต่าง ๆ ของอาคาร	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	-	-
		เลือกประเภทหลังคาเขียวตามการใช้งานและพื้นที่ทุกประเภท	-	-
กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566	เรื่องโครงสร้าง การกำหนดการออกแบบคำนวณโครงสร้างอาคาร ลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร หมวด 3 น้ำหนักบรรทุก ข้อ ๑๑ น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับประเภทการใช้อาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคาร นอกจากน้ำหนักของตัวอาคาร หรือเครื่องจักร หรืออุปกรณ์อย่างอื่นตามข้อ ๙ และข้อ ๑๐ แล้ว ให้คำนวณค่า ตามสภาพการใช้งานจริง หรือคำนวณจากวิธีการทางวิศวกรรมอันเป็นที่ยอมรับ แต่ต้องไม่ต่ำกว่าค่าที่แสดงในตารางน้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำ	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ทุกชั้น	การรับน้ำหนัก
		ทุกประเภทโดยเฉพาะหลังคาเขียวเข้มข้นที่มีผลในระดับโครงสร้างมาก	เรื่องคุณสมบัติวัสดุในชั้นโครงสร้าง	คำนึงถึงเรื่องการรับน้ำหนักหมวด 3 น้ำหนักบรรทุก ข้อ 11 ดาดฟ้ามีน้ำหนักบรรทุกไม่ต่ำกว่า 200 กก./ตร.ม โดย Extensive รับน้ำหนัก 60–150 กก./ตร.ม. Semi-Intensive รับน้ำหนัก 120–200 กก./ตร.ม. Intensive รับน้ำหนัก 180–500 กก./ตร.ม.

ตาราง 3 (ต่อ) แนวทางการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

กฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้อง		การออกแบบหลังคาเขียว		
กฎหมาย	ความเกี่ยวข้อง	ประเภทของหลังคาเขียวที่เหมาะสม	ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 1–8 ชั้น ที่มีผลต่อกฎหมาย	ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวที่มีผลต่อกฎหมาย
EIA	การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการออกแบบหลังคาเขียว	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	-	-
		ทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะในหลังคาเขียวเข้มข้น ซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุด	-	-
(ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (2567)	การจัดให้มีอาคารเขียว หรืออาคารประหยัดพลังงานตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) เป็นการส่งเสริมให้มีการออกแบบหลังคาเขียว	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	-	-
		ทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะในหลังคาเขียวเข้มข้น ซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุด	-	-
เกณฑ์ประเมิน	ความเกี่ยวข้อง	ประเภทของหลังคาเขียวที่เหมาะสม	ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 1–8 ชั้น ที่มีผลต่อเกณฑ์ประเมิน	ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวที่มีผลต่อเกณฑ์ประเมิน
LEED NC Version 4	ข้อ Protect and restore habitat กำหนดให้มีพื้นที่สีเขียว 40% ของพื้นที่อนุรักษ์และปกป้องพื้นที่สีเขียว โดยพื้นที่นี้สามารถเป็นหลังคาเขียวได้ หากพืชเป็นพันธุ์พื้นเมือง หรือปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ชั้น 7 ดินปลูก /วัสดุปิดผิว ชั้น 8 พืชพันธุ์	พืชพันธุ์
		หลังคาเขียวทุกประเภท ที่สามารถใช้พืชพันธุ์พื้นเมือง หรือปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม	ชั้นดินปลูก ใช้ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมชั้นดี หรือดินจากพื้นที่สีเขียวอื่น ๆ และปลูกพืชพันธุ์อย่างน้อย 6 ชนิด รวมถึงพืชอย่างน้อย 2 ชนิด ส่วนหนึ่งสำหรับสวนผสมเกสรซึ่งประกอบด้วยพืชดอกพื้นเมือง มีพื้นที่รวมอย่างน้อย 3 ตารางเมตร	ปลูกพืชพันธุ์อย่างน้อย 6 ชนิด รวมถึงพืชอย่างน้อย 2 ชนิด ส่วนหนึ่งสำหรับสวนผสมเกสร ซึ่งประกอบด้วยพืชดอกพื้นเมือง มีพื้นที่รวมอย่างน้อย 3 ตารางเมตร เช่น ตระกูลกุหลาบหิน หญ้า กก ดอกไม้ป่า สมุนไพรพุ่มเตี้ย
	ข้อ Open space สามารถใช้หลังคาเขียว ซึ่งเข้าถึงได้ทางกายภาพเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับพืชพันธุ์ จัดให้มีพื้นที่กลางแจ้งมากกว่า หรือเท่ากับ 30% ของพื้นที่ทั้งหมด (รวมพื้นที่อาคาร) พื้นที่เปิดโล่งกลางแจ้งที่ต้องมีอย่างน้อย 25% ต้องเป็นพื้นที่ที่มีพืชพันธุ์ปลูกอย่างน้อย 2 ประเภทขึ้นไป	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ทุกชั้น	พืชพันธุ์
		หลังคาเขียวทุกประเภทที่สามารถเข้าถึงได้ทางกายภาพเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับ เป็นพื้นที่สังคม พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ พื้นที่สีเขียวที่มีความหลากหลาย หรือ สวน	เพื่อประโยชน์ต่อการใช้งานตามข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับเป็นพื้นที่สังคม พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ พื้นที่สีเขียวที่มีความหลากหลาย หรือสวน	พื้นที่สีเขียวที่มีความหลากหลาย พื้นที่ภูมิทัศน์ที่มีพืชพันธุ์ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป ซึ่งสร้างความสนใจทางสายตาได้ตลอดทั้งปี เช่น ตระกูลกุหลาบหิน หญ้า กก ดอกไม้ป่า สมุนไพรพุ่มเตี้ย
	ข้อลดการใช้น้ำสำหรับดื่ม หรือน้ำประปามารดน้ำต้นไม้ เลือกใช้พรรณไม้ที่กินน้ำน้อย ใช้น้ำฝน หรือน้ำใช้แล้วที่ผ่านการบำบัด	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ชั้น 5 ชั้นระบายน้ำ	พืชพันธุ์
		เหมาะสมทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะในระดับหลังคาเขียวกว้างขวางใช้ลักษณะพืชพันธุ์ที่ใช้น้ำน้อย	ในชั้นการระบายน้ำ ชั้นที่วางท่อระบายน้ำ	พืชพันธุ์ที่ใช้น้ำน้อย ไม้อวบน้ำที่ไม่ต้องรดน้ำบ่อยและทนต่อการสูญเสียน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน หรือพืชพันธุ์ประเภทที่ใช้ในสวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดินปลูกมาก เช่น หญ้า กก
	ข้อเพิ่มพื้นที่งานภูมิสถาปัตยกรรม ที่ใช้น้ำเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องรดน้ำ เช่น แบ่งพื้นที่บางส่วนจัดสวนกระบองเพชร หรือสวนหิน	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ทุกชั้น	การดูแลรักษา และ พืชพันธุ์
		เหมาะสมทั้ง 3 ประเภทโดยเฉพาะหลังคาเขียวกว้างขวางเป็นประเภทที่มีชั้นโครงสร้างน้ำหนักและพืชพันธุ์ที่ไม่ซับซ้อนมาก และสามารถออกแบบพื้นที่ให้สอดคล้องได้มากที่สุด เช่น สวนหิน	ทำให้ชั้นโครงสร้างหลังคาไม่ซับซ้อน เน้นความคงทน ให้สอดคล้องกับพืชทนแล้ง	ทำให้การดูแลรักษาต่ำ หรือนาน ๆ ครั้งได้ เลือกพืชพันธุ์ที่ใช้น้ำน้อยมาก ๆ ประเภทพืชอวบน้ำ เช่น ตระกูลกุหลาบหิน พืชท้องถิ่น หญ้า สมุนไพรพื้นถิ่น

ตาราง 3 (ต่อ) แนวทางการออกแบบหลังคาเขียวที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

กฎหมายและเกณฑ์ประเมินที่เกี่ยวข้อง		การออกแบบหลังคาเขียว		
เกณฑ์ประเมิน	ความเกี่ยวข้อง	ประเภทของหลังคาเขียวที่เหมาะสม	ชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 1–8 ชั้น ที่มีผลต่อกฎหมาย	ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวที่มีผลต่อกฎหมาย
LEED NC Version 4	ข้อบำบัดน้ำเสียในโครงการ และปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วให้ซึมลงดิน หรือใช้ในโครงการ ใกล้เคียงกับกฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ.2541) เรื่องคุณภาพน้ำทิ้ง	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ชั้น 5 ชั้นระบายน้ำ	-
		เกี่ยวข้องโดยอ้อมในแง่ที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์ในการรดน้ำต้นไม้ใหม่ได้ เพื่อช่วยบำบัดน้ำก่อนออกจากโครงการ	ในชั้นการระบายน้ำ ชั้นที่วางท่อระบายน้ำ	-
TREES-NC Version 2.0	ข้อ SL 3.1 - มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ฐานอาคาร - ทางเลือกที่ 2 (นับพื้นที่หลังคาเป็นพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศ) ต้องออกแบบอาคาร ให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศไม่น้อยกว่า 20% ของพื้นที่โครงการ พื้นที่ดาดแข็งสามารถนับได้ หากกิจกรรมบนพื้นที่ดาดแข็งเป็นไปเพื่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน และไม่ใช่พื้นที่สำหรับรถยนต์ หรือที่จอดรถยนต์	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ทุกชั้น	ทุกปัจจัย
		เกี่ยวข้องโดยตรงกับการส่งเสริมจูงใจในการเพิ่มพื้นที่ออกแบบหลังคาเขียว ทั้ง 3 ประเภท เพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานในโครงการ โดยเฉพาะในหลังคาเขียวประเภทหลังคาเขียวเข้มข้นซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุด	เพื่อประโยชน์ต่อการใช้งานมากที่สุด ชั้นโครงสร้างจึงมีความสำคัญมากในการรองรับการใช้งานและตอบสนองต่อการเลือกประเภทหลังคาเขียว	ต้องคำนึงถึงทุกปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบหลังคาเขียว
	ข้อ SL 3.3 ใช้พืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสม เลือกใช้ชนิดของพืชพันธุ์พื้นถิ่น เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางภูมิอากาศที่ทนแล้งและทนโรค	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ชั้น 7 ดินปลูก, ชั้น 8 พืชพันธุ์	พืชพันธุ์, สภาพแวดล้อม
		ทั้ง 3 ประเภทสามารถเลือกลักษณะพืชพันธุ์พื้นถิ่นที่เหมาะสมได้ มุ่งเน้นที่พืชพันธุ์ รวมถึงการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม	ลักษณะพืชพันธุ์ส่งผลต่อชั้นโครงสร้างความลึกดิน	คำนึงถึงลักษณะพืชพันธุ์ และสภาพแวดล้อมภูมิอากาศ ทั้งไม้พุ่ม และไม้คลุมดิน ไม้วบน้ำที่ไม่ต้องรดน้ำบ่อยและทนต่อการสูญเสียน้ำ หรือพืชพันธุ์ประเภทที่ใช้ไน สวนหิน พืชพันธุ์ที่ไม่ต้องการดินปลูกมาก และควรเป็นพรรณไม้ที่ทนแดด
	ข้อ SL 5.1 มีการจัดสวนบนหลังคา หรือสวนแนวตั้ง หรือใช้วัสดุสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์สูง - สัดส่วนของพื้นที่หลังคาเขียวและสวนแนวตั้ง ที่ถูกปกคลุมด้วยพืชและพื้นที่ผิวหลังคาที่มีค่าดัชนีสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ มากกว่า หรือเท่ากับ 78 1.GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) >0.5 ได้ 1 คะแนน 2. GSA/พื้นที่หลังคาทั้งหมด (ไม่นับพื้นที่งานระบบและช่องแสงธรรมชาติ) >0.8 ได้ 2 คะแนน	หลังคาเขียวกว้างขวาง หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น หลังคาเขียวเข้มข้น	ชั้น 1 พื้นหลังคาคอนกรีต,ชั้น 2 ฉนวนกันความร้อน	ทุกปัจจัย
		เกี่ยวข้องโดยตรงกับการส่งเสริมจูงใจในการเพิ่มพื้นที่ออกแบบหลังคาเขียว ทั้ง 3 ประเภท สามารถเพิ่มคะแนนได้ ตามการออกแบบพื้นที่หลังคาเขียว สัดส่วนของพื้นที่หลังคาเขียวที่ถูกปกคลุมด้วยพืช โดยต้องศึกษาเรื่องชั้นโครงสร้างหลังคาเขียวและปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวเพื่อการเลือกประเภทที่เหมาะสมที่สุดกับความต้องการ	พื้นที่ผิวหลังคาที่มีค่าดัชนีสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือ SRI มากกว่า หรือเท่ากับ 78	ต้องคำนึงถึงปัจจัย โครงสร้าง การรับน้ำหนัก การดูแลรักษา สภาพแวดล้อม ลักษณะพืชพันธุ์ งานระบบ ระบบกันซึม กระบะปลูก การระบายน้ำ ค่าใช้จ่าย

สรุปผล

การศึกษาหลักการการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทยนำไปสู่การศึกษาประเภทหลังคาเขียว 3 ประเภท เชื่อมโยงต่อชั้นโครงสร้างของหลังคาเขียว 8 ชั้น ตามคุณสมบัติและเงื่อนไขของประเภทหลังคาเขียว รวมถึงการรวบรวมปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวเพื่อเป็นข้อควรระวังให้คำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียวอย่างครอบคลุม โดยมี 1) ประเภทหลังคาเขียว 3 ประเภท ได้แก่ 1.1) หลังคาเขียวกว้างขวางหรือระบบสวนหลังคาเบา (extensive roof garden) 1.2) หลังคาเขียวกึ่งเข้มข้น (semi-intensive roof garden) และ 1.3) หลังคาเขียวเข้มข้นหรือระบบสวนหลังคารับน้ำหนัก (intensive roof garden) มีเงื่อนไขที่ช่วยในการแบ่งประเภทได้ ดังนี้ การใช้งาน ค่าใช้จ่าย โครงสร้างความลึกดิน น้ำหนัก การดูแล พืชพันธุ์ รูปแบบความสูงต้นไม้ โดยเรียงลำดับการใช้งานความซับซ้อนและเงื่อนไขได้ 2) ชั้นโครงสร้างที่ควรมีครอบคลุมทั้งหมด 8 ชั้น ดังนี้ ชั้น 1 พื้นหลังคาคอนกรีต (concrete slab) ชั้น 2 ฉนวนกันความร้อน (thermal insulation) ชั้น 3 วัสดุกันน้ำซึม/แผ่นใยกันน้ำ (waterproofing membrane) ชั้น 4 แผ่นคอนกรีตกันทะลุ (concrete protective slab) ชั้น 5 ชั้นระบายน้ำ (drainage medium) ชั้น 6 แผ่นใยกรองดิน (filter fabric) ชั้น 7 ดินปลูก/วัสดุปิดผิว (planting media/top dressing or mulch) ชั้น 8 พืชพันธุ์ (plants and

planting) และ3) ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว 9 ปัจจัย ได้แก่ โครงสร้างการรับน้ำหนัก การดูแลรักษา สภาพแวดล้อม ลักษณะพืชพันธุ์ งานระบบ ระบบกันซึม กระบะปลูก การระบายน้ำ ค่าใช้จ่าย

จากการศึกษากฎหมาย 6 ฉบับและเกณฑ์ประเมิน 2 เกณฑ์ ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจในการออกแบบหลังคาเขียว 3 หัวข้อ ตามเนื้อหาที่สอดคล้องกัน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ดังในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 และกฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541) เรื่องโครงสร้างคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ การรับน้ำหนัก การก่อสร้าง ปรับปรุง ต่อเติมหรือดัดแปลงอาคาร ระยะร่นอาคารและคุณภาพน้ำทิ้ง ตามลำดับ ซึ่งมีผลตั้งแต่การออกแบบหลังคาเขียว ประเภทหลังคาเขียว ชั้นโครงสร้างหลังคาเขียว และปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบหลังคาเขียว กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ดังใน EIA การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการออกแบบหลังคาเขียว ส่งผลในการเลือกประเภทหลังคาเขียวและเพิ่มการส่งเสริมจูงใจในการออกแบบหลังคาเขียว เพิ่มพื้นที่หลังคาเขียว ดังใน (ร่าง) ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 (พ.ศ. 2567) และยังเชื่อมโยงกับเกณฑ์ประเมิน TREES-NC Version 2.0 ตามมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ซึ่งจะเพิ่ม FAR Bonus ทุก 5% ตามการเพิ่มระดับของมาตรฐาน TREES-NC Version 2.0 จากการศึกษา เกณฑ์ประเมิน 2 เกณฑ์ ได้แก่ LEED NC Version 4 และ TREES-NC Version 2.0 โดยเกณฑ์ประเมิน LEED NC Version 4 มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบหลังคาเขียว ซึ่งเหมาะสมทั้ง 3 ประเภท ทั้งการเลือกใช้พืชพันธุ์ที่ใช้น้ำน้อย ทนแล้ง การใช้พื้นที่หลังคาเขียวและสอดคล้องในด้านการจัดการน้ำ บำบัดน้ำในโครงการ และยังช่วยเพิ่มคะแนนในเกณฑ์ประเมิน TREES-NC Version 2.0 ในข้อ SL 3.1, SL 3.3, และ SL 5.1 ทั้ง 3 ประเภท โดยเฉพาะหลังคาเขียวเข้มข้นซึ่งเป็นประเภทที่เน้นประโยชน์ใช้สอยบนพื้นที่ได้มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการใช้พื้นที่เพื่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งาน ผลการศึกษา นำไปสู่แนวทางการออกแบบหลังคาเขียวสำหรับงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทยที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของเกณฑ์ประเมินและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

บรรณานุกรม

กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566. (2566, 6 กันยายน). Yotathai. https://www.yotathai.com/yotanews/building-law-2566

กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2541, 3 สิงหาคม). สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. https://www.baanwan.go.th/www/file/law/file7.53.pdf

กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2543, 7 สิงหาคม). https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr43-55-upd68.pdf

กนกวลี สุธีธร. (2548). หลังคาเขียว : ทางเลือกเพื่อการจัดการน้ำฝน. *วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์,* 125–137.

กระทรวงมหาดไทย. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2562a). *คู่มือการออกแบบปรับปรุง อาคารภาครัฐที่มีอยู่เดิมให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ GREEN GOVERNMENT OFFICE DESIGN GUIDELINES for MAJOR RENOVATION (G-GOODs : RV) Version 1.0.* https://coe.or.th/wp-content/uploads/2023/09/G-GOODsRV.pdf

กระทรวงมหาดไทย. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2562b). *คู่มือการออกแบบอาคารภาครัฐที่จะก่อสร้างใหม่ให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ GREEN GOVERNMENT OFFICE DESIGN GUIDELINESS for NEW CONSTRUCTION (G-GOODs : NC) Version 1.0.* https://www.dpt.go.th/web- upload/1xff0d34e409a13ef56eea54c52a291126/m_magazine/13378/961/file_download/ab647bbf18ebea7abe3341c89c7449eb.pdf

กรองกมล ตั้งชีววัฒนกุล. (2559). *ผลการดำเนินมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่มีต่อการพัฒนาตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จามรี อาระยานิมิตสกุล. (2558). *ภูมิสถาปัตยกรรมเบื้องต้น.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาญวิทย์ ทองสัมฤทธิ์. (2564). *การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.* สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://bit.ly/43SQSVu

ทฤฒมน ตันศิริ. (2562). *มาตรการส่งเสริมและจัดให้มีหลังคาเขียว (Green Roof) ในเขตกรุงเทพมหานคร* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. TU Digital Collections. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5901034552_10558_10786.pdf

พชร เลิศปิติวัฒนา. (2558, กรกฎาคม–ธันวาคม). การออกแบบสวนหลังคา. *วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 6*(2), 19–34.

พระราชบัญญัติ ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2522, 14 พฤษภาคม).https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/cba22-upd60.pdf

พันธุดา พุฒิไพโรจน์. (2557, 29 เมษายน). *การออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวตามเกณฑ์มาตรฐาน LEED.* บรรยาย ณ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://bit.ly/41X6J2D

พีระพงษ์ เพ็ชรพัน, สุธน รุ่งเรือง, และณิชาภา มินาบูลย์ (2559). การศึกษาและส่งเสริมการประหยัดพลังงานตามแนวทาง Green Roof. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1 เรื่อง นวัตกรรมอาคาร 2559.* คณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มทร. รัตนโกสินทร์. https://repository.rmutr.ac.th/handle/123456789/258?show=full

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. (ม.ป.ป.). *สถาปัตยกรรมสีเขียว (Green Architecture).* https://bit.ly/3DF8ycF

รัตนพรรณ ภูมิรัตน์. (2562). *การตรวจสอบการประเมินอย่างรวดเร็วสำหรับบริการระบบนิเวศหลังคาเขียวในกรุงเทพมหานครประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chula Digital Collections. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/8403/

ราชันย์ ภู่มา. (2559*). สารานุกรมพืช ในประเทศไทย (ฉบับย่อ) เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษา.* กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. http://www.dnp.go.th/botany/PDF/publications/saranukrom.pdf

ศศิยา ศิริพานิช. (2558). *ภูมิทัศน์พื้นฐาน.* ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สถาบันอาคารเขียวไทย. (ม.ป.ป.). *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่.* https://tgbi.or.th/wp-content/uploads/2024/12/TREES-NC-v2-2023-NCCS-Check5A-1.pdf

สำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร. (2567). การวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4) ตามพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2562. *การประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นและปรึกษาหารือกับประชาชน เกี่ยวกับการวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (ปรับปรุงครั้งที่ 4).* อาคารกีฬาเวสน์ 2 ศูนย์เยาวชนกรุงเทพมหานคร (ไทย-ญี่ปุ่น).

Ezema, I. C., Ediae O. J., & Ekhaese, E. N. (2016). Prospects, barriers, and development control implications in the use of green roofs in Lagos State, Nigeria. *Covenant Journals Research in the Built Environment (CJRBE), 4*(2). https://journals.covenantuniversity.edu.ng/index.php/cjrbe/article/view/366

Merola, M. (2017). *A comparative analysis of rooftop garden systems* [Unpublished graduate thesis]. University of Colorado at Boulder.

Phoomirat, R., Disyatat, N. R., Park, T. Y., Lee, D. K., & Dumrongrojwatthana, P. (2020). Rapid assessment checklist for green roof ecosystem services in Bangkok, Thailand. *Ecological Processes, 9*(1), 19. https://doi.org/10.1186/s13717-020-00222-z