



การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอก
อาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลาง
เศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

โดย

นางสาวปัทมา สุโรพันธ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอก
อาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลาง
เศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

โดย

นางสาวปัทมา สุโรพันธ์



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

THE STUDY OF ECO-EFFICIENCY FROM OUTDOOR THERMAL
IMPACTS FOR HI-END CONDOMINIUM PROJECT IN
CENTRAL BUSINESS DISTRICT OF BANGKOK

BY

MISS PATHITTA SUROPAN



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
INNOVATIVE REAL ESTATE DEVELOPMENT
FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING
THAMMASAT UNIVERSITY
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นางสาวทิตตา สุโรพันธ์

เรื่อง

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอกอาคารของโครงการคอนโดมี
เนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์)


เมื่อ วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ




(อาจารย์ ดร. มานัส ศรีวณิช)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ศักดิ์ รินชุมภู)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ เกลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอกอาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร
ชื่อผู้เขียน	นางสาวพิชิตา สุโรพันธ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	นวัตกรรมการพัฒนาสังหาริมทรัพย์ สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ศักดิ์ รินชุมภู
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบันอย่างสภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของคนที่อยู่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่เมืองศูนย์กลางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ของกรุงเทพมหานครและทั่วโลก จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีลักษณะแปรผันตรงกับความต้องการของเมือง และพบว่าแนวโน้มความต้องการที่อยู่อาศัยประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในเขตดังกล่าวด้วย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ดำเนินวิจัยหาแนวทางการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ(Eco-efficiency; EE) สำหรับการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตพื้นที่เมืองศูนย์กลางเศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน

แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในส่วนต่างของต้นทุนค่าใช้จ่ายของราคาวัสดุที่มีผลต่อการออกแบบต่อการลดลงของค่าอุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของอิทธิพลความร้อนภายนอกอาคารที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร ในวันที่ 22 เมษายน ช่วงเวลา 16.00น.-22.00 น. โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในการหาค่าอุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (PET) ผ่านเทคนิคในการจำลองสถานการณ์ (simulation) ด้วยโปรแกรมENVI-met version 4 เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (PET) และใช้การคำนวณหาค่าความแตกต่างของราคาวัสดุที่ใช้ภายนอกอาคารจากราคากลางในช่วงเวลาที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งได้แบ่ง

แนวทางการศึกษาเป็น 2 ส่วนหลัก คือ แนวทางการเลือกใช้วัสดุในพื้นที่ภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) แบ่งเป็นวัสดุสีอ่อน (ค่าสะท้อนความร้อน (Albedo) 0.80) และวัสดุสีเข้ม (ค่าสะท้อนความร้อน (Albedo) 0.30) ส่วนพื้นที่ภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) ได้พิจารณาจำนวนต้นไม้และตำแหน่งการปลูกตามเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกันของทั้ง 2 ส่วนจะได้แนวทางการออกแบบทั้งหมด 10 แนวทาง โดยการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นจะพิจารณาเปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้นคือแนวทางที่ใช้วัสดุสีอ่อนและไม่มีต้นไม้ในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร

จากการศึกษาสามารถสรุปแนวทางเลือกในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ดีที่สุดคือแนวทางเลือกที่ใช้วัสดุสีอ่อนประกอบกับจำนวนต้นไม้ 45 ต้นซึ่งสอดคล้องตามแนวทางในการออกแบบของเกณฑ์ประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) ที่ให้เลือกต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร เป็นมาตรฐานที่น้อยที่สุดในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร แต่เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในกรณีที่ดินทุนค่าใช้จ่ายของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ในต้นทุนราคาที่เหมาะสมทั้งในส่วนองวัสดุสีอ่อนและสีเข้ม พบว่าแนวทางในการเลือกใช้วัสดุสีเข้มนั้นทำให้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจดีกว่าวัสดุสีอ่อน ดังนั้น การออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารนั้นหากเป็นไปได้ควรใช้วัสดุที่มีค่าสะท้อนความร้อนที่ต่ำในกรณีที่ดินทุนค่าใช้จ่ายเท่ากันและมีสุนทรียภาพเหมาะสมกับภาพลักษณ์ของโครงการ ร่วมกับการเลือกใช้ต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตรเป็นมาตรฐานที่น้อยที่สุดในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร เพื่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนตามแนวทางการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: สภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร, ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ, คอนโดมิเนียม, ภูมิสถาปัตยกรรม, แนวทางการออกแบบ

Independent Study Title	THE STUDY OF ECO-EFFICIENCY FROM OUTDOOR THERMAL IMPACTS FOR HI-END CONDOMINIUM PROJECT IN CENTRAL BUSINESS DISTRICT OF BANGKOK
Author	Miss Pathitta Suropan
Degree	Master of Science
Department/Faculty/University	Innovative Real Estate Development Architecture and Planning Thammasat University
Independent Study Advisor	Damrongsak Rinchumpu, Ph.D
Academic Years	2016

ABSTRACT

At present the environmental impact of global warming and urban heat island phenomenon is one of a seriously problem effected outdoor thermal comfort in that particular area. Especially in Central Business District (CBD) of Bangkok and all over the world. The preliminary study found that the high temperature corresponds with the density of the city. Moreover, the demand of high-end condominium has been raising dramatically in that particular area. Therefore, this study is performed in order to search for competition in business while corresponding with the responsibility to take care of the environment from the Eco-efficiency theory, as for the design outside of the condominium in Central Business District which will support the effective and sustainable growth of the city.

The eco-efficiency idea of this study is the Preliminary study of difference material cost that effects to a design and a decrease of Physiologically Equivalent Temperature (PET). It's an indicators of outdoor heat's influence that effects to outdoor thermal comfort on 22nd, April (4PM to 10PM). Moreover, this study used an experimental research to calculate a Physiologically Equivalent Temperature (PET) by using a simulation technique on ENVI-met program version 4. This program uses for comparing a difference of Physiologically Equivalent Temperature and calculate a difference of material price that use for outdoor building. From

the middle price the period that researched are Hardscape Guideline, light color material (Albedo 0.80) and darkened color material (Albedo 0.30), and Softscape Guideline, considered by a number of plant and growing location following TREES-NC. When combine these two part, the result are 10 design guidelines. Considering by eco - efficiency to compare a beginning design guideline are using light material and no plant for outdoor design.

From the study, we can conclude that the best eco-efficiency way to design the outdoor area is using light color of material with 45 trees which relate to the standard of TREES-NC that use one of tree per 100 square meters of open space. This is the minimum standard to design the outdoor area. Furthermore, if we consider in the case of hardscape which has the same of cost on light and dark color we found that using dark color is more eco-efficiency than using light color, so designing the outdoor area should use the material that has low heat reflection in case of same cost and suitable environment for the image of the project include by having one of tree per 100 square meters of open space is the minimum standard to designing the outdoor area for developing the sustainable city according to the potential development guidelines in business competition along with the environmental responsibility.

Keywords: Eco-efficiency, Outdoor Thermal Comfort, Condominium, Landscape, Design guideline

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอกอาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์และเสียสละเวลาจากท่านที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ศักดิ์ รินชุมภู (อาจารย์ที่ปรึกษา) อาจารย์ ดร. มานัส ศรีวานิช (กรรมการสอบ) และอาจารย์ในสาขาทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมฯ ที่ได้ให้ข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลัง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้การสนับสนุนทั้งข้อมูลและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวปติตดา สุโรพันธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย	3
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ โครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง	7
2.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร	10
2.2.1 ทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island Theory)	11
2.2.2 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อน ภายนอกอาคาร	12

2.2.3 ผลกระทบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง	14
2.2.4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	15
2.2.5 หลักการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร	16
2.3 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE)	19
2.3.1 หลักการที่นำไปสู่แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	19
2.3.2 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียม	20
2.3.3 เทคนิคในการจำลองสถานการณ์ (simulation)	24
2.4 สรุปแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	38
3.1 การทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
3.2 การกำหนดขอบเขตงานวิจัยและเครื่องมือในงานวิจัย	40
3.3 การเตรียมข้อมูล	40
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	43
3.5 การสรุปผลและเสนอแนะแนวทาง	46
3.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	46
บทที่ 4 การเก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจำลองสถานการณ์	47
4.1 ข้อมูลทางกายภาพของโครงการและบริเวณโดยรอบ	47
4.2 ข้อมูลสภาพอากาศ	48
4.3 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร	50
4.4 ข้อมูลสภาพอากาศจากการจำลองสถานการณ์	51
4.4.1 ข้อมูลอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature; T_a)	52
4.4.2 ข้อมูลรังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature; T_{mrt})	55
4.4.3 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity; Rh)	58
4.4.4 ข้อมูลความเร็วลม (Wind Speed; W_s)	61

บทที่ 5 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	63
5.1 ผลการศึกษาตัวชี้วัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)	63
5.1.1 ตัวชี้วัดด้านการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	63
5.1.2 ตัวชี้วัดด้านศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ	81
5.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)	83
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
6.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	86
6.1.1 แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา	86
6.1.2 แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลง ของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)	86
6.2 ข้อจำกัดในการศึกษา	90
6.3 ข้อเสนอแนะ	90
รายการอ้างอิง	82
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ	96
ประวัติผู้เขียน	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการซื้อขายคอนโดมิเนียมปี 2557-2558	8
2.2 แสดงการจำแนกประเภทคอนโดมิเนียมตามระดับราคา	8
2.3 ค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ	12
3.1 แสดงข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล	41
3.2 แสดงตัวชี้วัดและเครื่องมือในการศึกษาแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคาร	43
3.3 แสดงรายการข้อมูลลักษณะทางกายภาพสำหรับนำเข้าโปรแกรม ENVI-met version 4	44
3.4 แสดงรายการข้อมูลสภาพอากาศสำหรับนำเข้าโปรแกรม ENVI-met version 4	45
3.5 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	46
4.1 ข้อมูลสถิติของสภาพอากาศย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559)	49
4.2 แสดงแนวทางการในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร	50
5.1 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสีเขียว (PET) และปริมาณของต้นไม้ใหญ่	78
5.2 แสดงรายการต้นทุนค่าใช้จ่ายของแนวทางการออกแบบ	82
6.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา	88
6.2 ตารางแสดงประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)	89

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ยอดขายคอนโดมิเนียมย่านใจกลางกรุงเทพฯ ณ ไตรมาส 1 ปี2559	9
2.2 รูปแบบการพัฒนาโครงการคอนโดมิเนียม	10
2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท	11
2.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากสัดส่วนระหว่างพื้นที่ต้นไม้ พื้นที่หญ้า พื้นที่อาคาร และความสูงของอาคาร	14
2.5 การเปลี่ยนอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร	15
2.6 ผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร	16
2.7 แสดงรูปแบบการคิดคำนวณพื้นที่สีเขียวตามเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	17
2.8 การเปรียบเทียบการศึกษาดัชนีที่ใช้วัดค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน	23
2.9 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met	25
2.10 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met	25
2.11 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met	26
2.12 เกณฑ์การยอมรับได้ของค่าความคาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบโดยใช้ Root Mean Square Error (RMSE)	27
2.13 การนำเข้าและประมวลผลข้อมูลของโปรแกรม ENVI-met version 4	27
2.14 การนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	28
2.15 การตรวจสอบและเปรียบเทียบขนาดตารางต่อผลการจำลองสถานการณ์	29
2.16 การตั้งค่าและการเผื่อระยะโดยรอบพื้นที่โครงการ	29
2.17 การนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	30
2.18 การตรวจสอบข้อมูลทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	30
2.19 ขั้นตอนที่ 1 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	31
2.20 ขั้นตอนที่ 2 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	31

2.21	ขั้นตอนที่ 3 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	32
2.22	ขั้นตอนที่ 4 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	32
2.23	ขั้นตอนที่ 5 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	33
2.24	ขั้นตอนที่ 6 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	33
2.25	ขั้นตอนที่ 7 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	34
2.26	ขั้นตอนที่ 7 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	34
2.27	ขั้นตอนที่ 9 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4	35
2.28	ตัวอย่างการประมวลผลและแสดงผลผ่าน LEONARDO 2014 Visualize	35
3.1	กรอบการวิจัย	38
3.2	แสดงกระบวนการนำเข้าสู่ข้อมูลเพื่อหาสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารโดยการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม ENVI-met version 4	39
4.1	ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาและสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	47
4.2	ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการศึกษาและพื้นที่โดยรอบ	48
4.3	ข้อมูลสถิติของทิศทางลมย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559)	49
4.4	ผังแสดงแสดงแนวทางการในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร	51
4.5	ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.	52
4.6	การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85	53
4.7	การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85	54
4.8	ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.	55

4.9 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85	56
4.10 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85	57
4.11 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.	58
4.12 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85	59
4.13 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85	60
4.14 ตารางและแผนภูมิเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ข้อมูลความเร็วลม ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00	61
4.15 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85 และ CASE 02-00 – CASE 02-85	62
5.1 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00	64
5.2 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-25 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	65
5.3 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-45 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	66
5.4 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-65 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	67
5.5 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-85 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	68
5.6 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-00 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	69
5.7 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-25 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	70
5.8 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-45 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	71

5.9	แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-65 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	72
5.10	แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-85 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00)	73
5.11	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00 และ CASE 02-00 ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00-22.00 น.	75
5.12	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00 – CASE 01-85 และ CASE 02-00 – CASE 02-85 ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00-22.00 น.	77
5.13	ผังแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00-22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85	79
5.14	ผังแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00-22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85	80
5.15	แผนภูมิแสดงต้นทุนค่าใช้จ่ายตามแนวทางการออกแบบ	81
5.16	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา	84
5.17	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)	85

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมนับเป็นปัญหาที่สำคัญที่เกิดจากการพัฒนาเมืองอย่างไร้ทิศทาง อย่างเช่น สภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island; UHI) โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเขตเมืองที่เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดภูมิอากาศที่แตกต่างกันในเขตเมืองและเขตชนบท ซึ่งพื้นที่ในเขตเมืองจะปรากฏลักษณะอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่โดยรอบอย่างมีนัยสำคัญ (Landberg, 1981) และส่งผลกระทบต่อผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวด้วย

เมืองศูนย์กลางเศรษฐกิจอย่างกรุงเทพมหานครก็ได้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเหมือนกับเมืองที่เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจอื่น ๆ ในโลก ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของปริญา ฉายะพงษ์ (2556) และธนกฤต เทียนมณี (2545) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเมืองและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นจะปรากฏในย่านศูนย์กลางเศรษฐกิจของเมือง เนื่องจากอัตราส่วนของสิ่งปลูกสร้างต่อที่ว่าง (Floor Area Ratio; FAR) ที่สูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารของผู้ที่อาศัยในบริเวณดังกล่าว โดยในปัจจุบันนิยมใช้ดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อนที่เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)” และจากผลสำรวจศูนย์วิจัยและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย (2559) พบว่าความต้องการที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงขึ้นไปและเมื่อมีความต้องการซื้อที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การแข่งขันในการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์สูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน แม้ว่าในปัจจุบันทางภาครัฐจะมีการออกกฎหมายและมาตรการในการจูงใจเพื่อสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน แต่ดูเหมือนว่ามาตรการดังกล่าวยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากสาเหตุของต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (กรุงเทพธุรกิจ, 2555) ซึ่งเรื่องต้นทุนนั้นเป็นอุปสรรคของการพัฒนาในทุกภาคธุรกิจทำให้ ทางคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (World Business Council for Sustainable Development; WBCSD) ได้มีแนวคิดในการสร้างประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศขึ้น หรือที่เรียกว่า แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) เพื่อหาความสมดุลของการพัฒนาที่ยั่งยืน (World Business Council for Sustainable Development, 2006)

ฉะนั้น เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืน ทางผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางการพัฒนา ศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศ โดยจะศึกษาการพัฒนาโครงการ อสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจเมืองเพื่อลดผลกระทบทาง สิ่งแวดล้อม โดยในงานวิจัยจะมุ่งเน้นศึกษาในส่วนของอิทธิพลความร้อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก อาคารที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไป ในส่วนของสภาวะน่าสบายภายในอาคารและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากตัวอาคาร ทำให้แนวทางใน การพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารยังมีอย่างจำกัด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของคอนโดมิเนียม ระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.3.1.1 ศึกษาตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจเฉพาะในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายใน การก่อสร้างภายนอกอาคารของโครงการที่เปลี่ยนแปลงไปตามแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มี ผลต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร

1.3.1.2 ศึกษาตัวชี้วัดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายเชิงความ ร้อนภายนอกอาคาร โดยใช้ดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET) ที่การใช้แบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม คอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 ในการประเมินหาตัวชี้วัดดังกล่าว

1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

การวิจัยนี้จะศึกษาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขต ศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครจำนวน 1 โครงการ โดยเป็นโครงการที่มีพื้นที่ภายนอกอาคาร สำหรับผู้พักอาศัยสามารถออกมาใช้พื้นที่สำหรับพักผ่อนได้และอยู่ในศูนย์กลางเศรษฐกิจของ กรุงเทพมหานคร

1.3.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ศึกษาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร ในวันที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงที่สุด คือวันที่ 22 เมษายน และศึกษาช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น.-22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความถี่ในการออกมาใช้พื้นที่พักผ่อนภายนอกอาคารสูง โดยระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยในส่วนของเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงกลาง เดือน มีนาคม ปี พ.ศ. 2560

1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรม งานวิจัย และศึกษาเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

1.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยข้อมูลทางกายภาพ และข้อมูลที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารโดยเก็บข้อมูลทั้งการสำรวจภาคสนามและข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

1.4.3 เตรียมชุดข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยหาค่าตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร ที่ใช้ในการทดลองจำลองสถานการณ์ และใช้ในการประเมินต้นทุนการก่อสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

1.4.5 วิเคราะห์และประเมินผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และการประเมินต้นค่าง่อสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาโครงการตามแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE)

1.4.6 สรุปผลและจัดทำข้อเสนอแนะ

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางตัวอย่างการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ประเภทโครงการคอนโดมิเนียมตามแนวความคิดการสร้างประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สำหรับผู้ที่สนใจทั้งในส่วนของผู้ออกแบบและผู้พัฒนาโครงการ

1.6.2 เป็นแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์โดยผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 เพื่อนำไปศึกษาวิจัยต่อยอดในงานวิจัยอื่น ๆ

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 โครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง

หมายถึง โครงการคอนโดมิเนียมในระดับราคา (บาท/ตร.ม) ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ระดับ 120,000บาทขึ้นไป หรือประเภท HI-END ขึ้นไป

1.7.2 ศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

หมายถึง พื้นที่ที่มีความหนาแน่นทางกิจกรรมทางเศรษฐกิจสูง ประกอบด้วยย่านสาทร สีลม เพลินจิต สุขุมวิทตอนต้น (ตั้งแต่ซอย 1 ถึง แยกอโศก-สุขุมวิท)

1.7.3 ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island: UHI)

หมายถึง ลักษณะของภูมิอากาศซึ่งมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิในเขตเมืองและเขตชนบท โดยปรากฏเป็นเส้นโค้งเป็นรูปเกาะบริเวณเมืองที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างสูงจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่โดยรอบเมือง

1.7.4 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency EE)

หมายถึง แนวความคิดประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศโดยมีหลักการตามสมการนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)} = \frac{\Delta C \text{ ผลต่างของราคาวัสดุ(บาท)}}{\Delta I \text{ ผลต่างของสถานะสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (การลดลง 0.01 \%)}}$$

$$EE(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) = \frac{\Delta C = \text{ราคาของวัสดุทั้งหมด}(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) - \text{ราคาวัสดุของทั้งหมด}(\text{CASE}_{01-00})}{\Delta I = \text{ค่าเฉลี่ยPET}(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) - \text{ค่าเฉลี่ยPET}(\text{CASE}_{01-00})}$$

1.7.5 ตัวชี้วัดศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ

หมายถึง ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยใช้การประมาณราคากลางการก่อสร้าง ซึ่งมีหลักการคิด คือ ปริมาณวัสดุ x ราคาวัสดุ โดยไม่รวมค่าแรงและ Factor อื่นๆ

1.7.6 ตัวชี้วัดการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

หมายถึง สภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารที่เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET) ” โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4

1.7.7 งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)

หมายถึง งานก่อสร้างในส่วนของการใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานเป็นองค์ประกอบและเป็นสิ่งไม่มีชีวิต

1.7.8 งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)

หมายถึง เป็นงานที่เกี่ยวกับวัสดุที่เกิดมาธรรมชาติและผ่านกระบวนการผลิตจากกรรมเกษตรกรรม โดยบางส่วนประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต เช่น พืชพรรณ และแหล่งน้ำ ทั้งนี้งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อนจะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สนามหญ้า ต้นไม้ ไม้พุ่ม และแหล่งน้ำ

1.7.9 เกณฑ์การประเมิน (TREES-NC)

หมายถึง เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability)

1.7.10 ภายนอกอาคาร

หมายถึง พื้นที่โครงการที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของกรอบอาคาร หมายถึง สภาพแวดล้อมทั้งหมดทั้งลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น สภาพอากาศ ลักษณะกิจกรรม เป็นต้น

1.7.11 การจำลองสถานการณ์ (simulation)

หมายถึง การรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองและใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (software) เข้ามาช่วยประมวลผลเพื่อวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมกับการศึกษานั้น ๆ

1.7.12 สภาพอากาศ

หมายถึง ปัจจัยและเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมินสภาพอากาศเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเฉพาะพื้นที่ ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ (Air temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ความเร็วลม (Wind velocity) และ รังสีความร้อน (Solar radiation)

1.7.13 ค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Reflectance Index; SRI)

หมายถึง ค่าความสามารถของวัสดุที่จะสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ออกไป

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) ของโครงการอสังหาริมทรัพย์ ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ของ กรุงเทพมหานคร ซึ่งเน้นการศึกษาแนวทางการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร และมีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจดังกล่าว โดยมีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี วรรณกรรมและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง
 - 2.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร
 - 2.3 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency; EE)
 - 2.4 สรุปแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ซึ่งมีรายละเอียดของการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 แนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ โครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง

เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจไทยมีการชะลอตัวทางเศรษฐกิจนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 เป็นต้นมาจึงทำให้แนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เกิดการชะลอตัวตามเพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุน แต่อย่างไรก็ตามในช่วงปลายปี พ.ศ. 2558 ถึงต้นปี พ.ศ. 2559 ภาครัฐได้มีนโยบายและออกมาตรการในการกระตุ้นเศรษฐกิจเพื่อกระตุ้นตลาดการซื้อ-ขายอสังหาริมทรัพย์ขึ้น จึงทำให้ปัจจุบันตลาดของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์อยู่ในช่วงการปรับสมดุลของตลาด และมีแนวโน้มที่จะมีการลงทุนมากขึ้นในช่วงหลังไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2559 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2559) แม้ว่าภาพรวมของตลาดจะมีแนวโน้มในการลงทุนที่ชะลอตัว แต่ในเมื่อมองลึกลงไปในแต่ละระดับราคาแล้วพบว่า ในปัจจุบันมีแนวโน้มของการซื้อ-ขายที่เติบโตอย่างต่อเนื่องในประเภทโครงการที่อยู่อาศัยที่มีระดับราคา 4 ล้านบาทขึ้นไป โดยมีแนวโน้มในส่วนของที่อยู่อาศัยประเภทคอนโดมิเนียมมากกว่าที่อยู่อาศัยในแนวราบ (ศูนย์วิจัยและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย, 2559)

จากผลสำรวจและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย พบว่าตลาดอสังหาริมทรัพย์ในประเทศไทยในปัจจุบันนั้นมีแนวโน้มในการซื้อขายคอนโดมิเนียมที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มของคอนโดมิเนียมราคา 5- 10 ล้านบาท และมากที่สุดในการราคา 10 ล้านบาทขึ้นไป โดยจำนวนยูนิตระดับราคา 5- 10 ล้านบาท จะมีจำนวนมากกว่าราคา 10 ล้านบาทขึ้นไปถึง 5 เท่าตัว ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงการซื้อขายคอนโดมิเนียมปี 2557-2558

จำนวนที่อยู่อาศัยและมูลค่าการพัฒนาแยกระดับราคา ปี 2557 - 2558						
ราคาขาย (ล้านบาท)	จำนวนหน่วย			มูลค่า (ล้านบาท)		
	2557	2558	เปลี่ยนแปลง	2557	2558	เปลี่ยนแปลง
ราคาไม่เกิน 5 ล้านบาท	100,114	87,668	-12 %	231,093	212,247	-8 %
ราคา 5 - 10 ล้านบาท	11,625	14,902	28 %	76,687	98,897	29 %
ราคา 10 ล้านบาทขึ้นไป	2,355	5,420	130 %	36,769	123,912	237 %
โดยรวม	114,094	107,990	- 5 %	344,549	344,549	26 %

หมายเหตุ. อ้างอิงจาก ศูนย์วิจัยและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย, 2559

ซึ่งการจัดแบ่งช่วงระดับราคาของคอนโดมิเนียมนั้น จากข้อมูลของบริษัทซีบีอาร์อี ในปี พ.ศ 2559 ได้จำลำดับไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.2

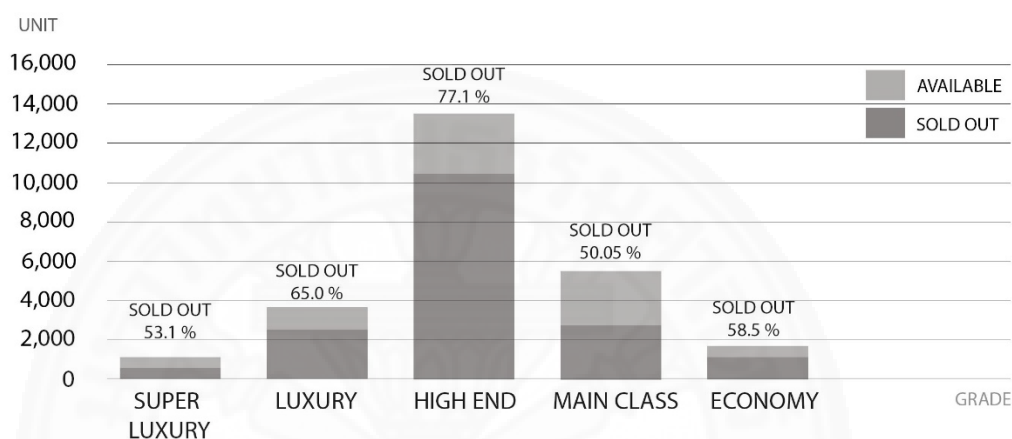
แสดงการจำแนกประเภทคอนโดมิเนียมตามระดับราคา

ประเภทคอนโดมิเนียม	ระดับราคา (บาท/ตร.ม.)
SUPER LUXURY	สูงกว่า 250,000
LUXURY	170,000-249,999
HI-END	120,000-169,999
MAIN CLASS	90,000-119,999
ECONOMY	70,000-89,000
SUPER ECONOMY	ต่ำกว่า 70,000

หมายเหตุ. อ้างอิงจาก <http://www.cbre.co.th>.

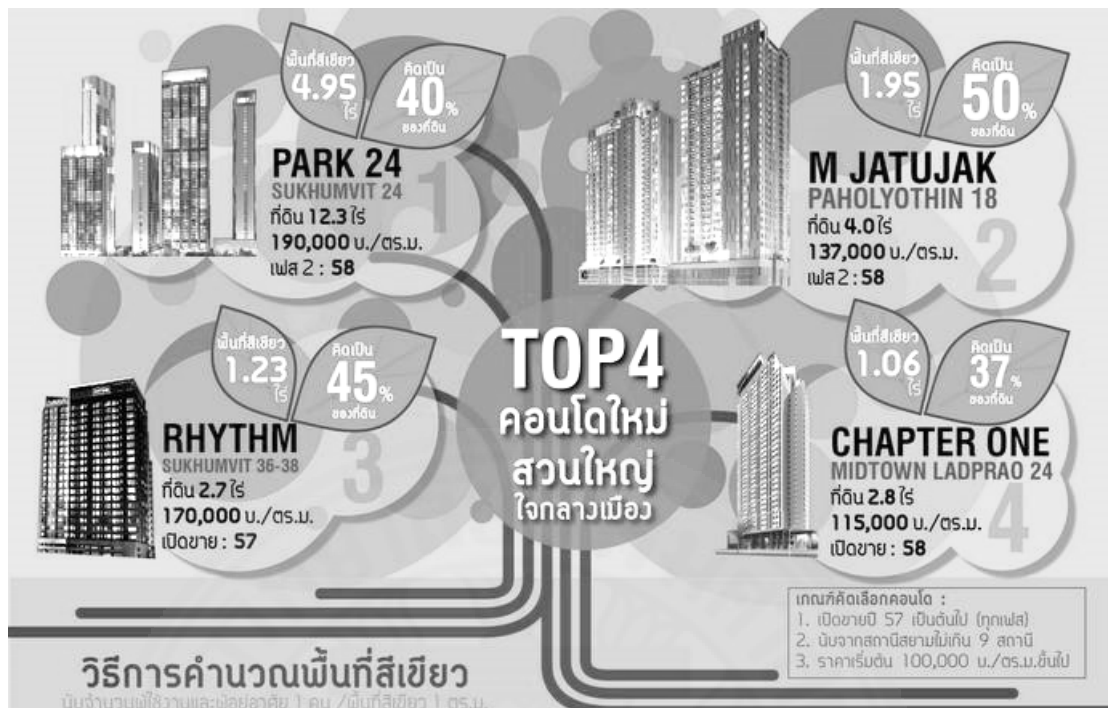
และคอนโดมิเนียมในระดับสูงซึ่งอยู่ในช่วงตั้งแต่ระดับ HI-END ขึ้นไปนั้นจะมีทำเลที่ตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) ในย่านสาทร สีลม เพลินจิต สุขุมวิทตอนต้น (ตั้งแต่ซอย 1 ถึงแยก โอศุก-สุขุมวิท) เนื่องด้วยบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง มีโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวก

สะดวกที่ครบถ้วน โดยจากการศึกษาผลการวิจัยผ่านทฤษฎีฐานรากของวิทยาลัยจากการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล (2556) นั้นได้สรุปปัจจัยความสำเร็จของการสร้างธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภท คอนโดมิเนียมเป็น ปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จ 3 อันดับแรก นั่นคือ (1) ทำเลที่ตั้ง (2) ผลกระทบหรือโครงการ ประกอบด้วย ราคา การออกแบบ นิติบุคคล และวัสดุการก่อสร้าง (3) ภาพลักษณ์ขององค์กร จาก ปัจจัยทั้ง 3 นั้น ส่งผลให้เกิดการแข่งขันทางธุรกิจขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีแนวโน้มในการพัฒนาโครงการ คอนโดมิเนียมอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะโครงการในระดับ HI-END ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงยอดขายคอนโดมิเนียมย่านใจกลางกรุงเทพฯ ณ ไตรมาส 1 ปี 2559. ดัดแปลงจาก แผนกวิจัย ซีบีอาร์อี. โดย ผู้วิจัย.

ซึ่งรูปแบบของคอนโดมิเนียมในกลุ่มระดับ HI-END หรือในระดับที่สูงกว่านั้น จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากคอนโดมิเนียมในระดับ Main class และ Economic คือ ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เข้าถึงง่าย อยู่ในย่านที่ดี มีความปลอดภัยสูง ให้ความสำคัญแก่ผู้พักอาศัย มีการออกแบบอาคารรวมถึงการวางผังและการตกแต่งที่ดี มีมาตรฐานการก่อสร้างที่ดีและมีการใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูง มีสิ่งอำนวยความสะดวกครบวงจร เช่น สระว่ายน้ำ ห้องออกกำลังกาย สวน พื้นที่พักผ่อน เป็นต้น มีที่จอดรถอย่างเพียงพอ และนอกจากนั้นยังรวมไปถึงการมีการบริหารจัดการที่มีคุณภาพ (ซีบีอาร์อี, 2559) ซึ่งในการแข่งขันของธุรกิจคอนโดมิเนียม มีอัตราการแข่งขันที่สูงขึ้นทำให้มีการแข่งขันในด้านต่างๆ นอกเหนือจากทำเลที่ตั้งที่สะดวกสบายแล้ว ในปัจจุบันคอนโดมิเนียมที่ตั้งอยู่ในเมืองยังมีการแข่งขันในด้านของพื้นที่สีเขียวสำหรับการพักผ่อนภายนอกอาคารอีกด้วยโดยเฉพาะคอนโดมิเนียมในกลุ่ม HI-END ขึ้นไป ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.2 และจากภาพจะเห็นได้ว่าขนาดโครงการที่เริ่มมีพื้นที่สีเขียวเป็นจุดขายของโครงการจะเริ่มที่ประมาณ 2 ไร่ขึ้นไป



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการพัฒนาโครงการคอนโดมิเนียม. จาก <http://www.realist.co.th>, 2559

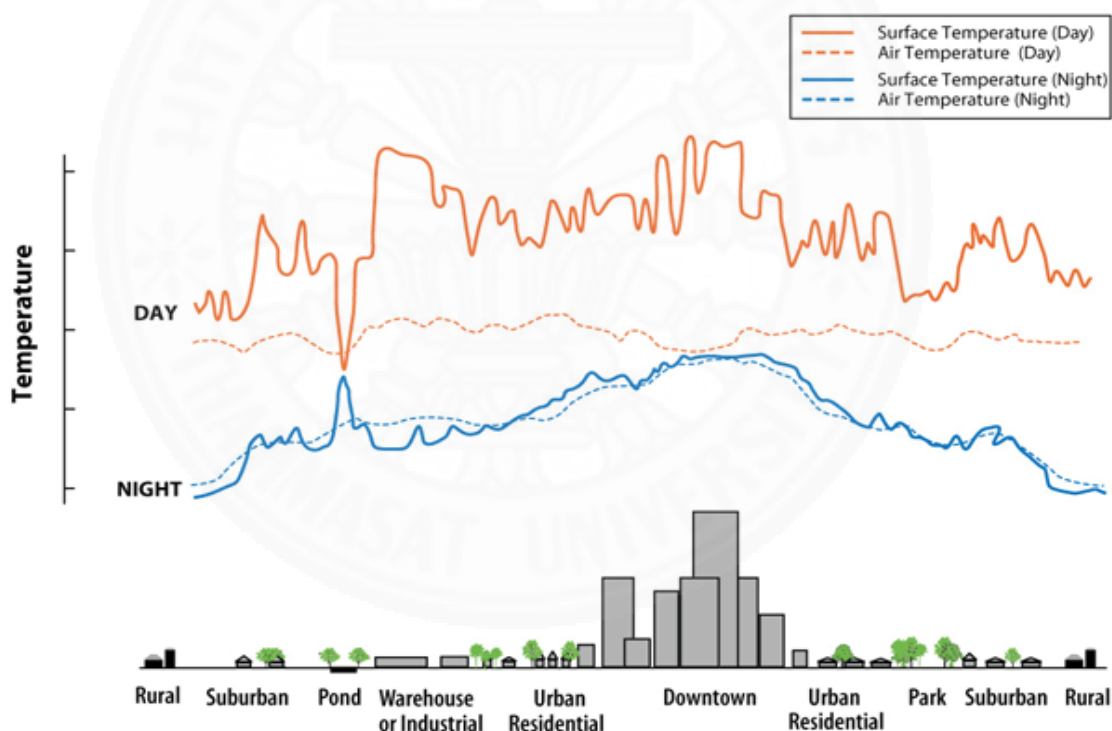
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าพื้นที่ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (Central Business District; CBD) นั้น มีความต้องการในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มในการแข่งขันในด้านพื้นที่สีเขียวที่ใช้สำหรับพักผ่อนภายนอกอาคารมากขึ้น แต่ในการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของอสังหาริมทรัพย์ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) นั้น ส่งผลก่อให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในพื้นที่ที่สูงขึ้น จนทำให้มีผลกระทบต่อผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอาศัยภายนอกอาคาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่เราไม่สามารถควบคุมได้เหมือนพื้นที่ภายในอาคาร ซึ่งมีรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร

ปัจจุบันในพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจของเมืองหลาย ๆ แห่งในโลกรวมถึงประเทศไทยเองก็ตาม กำลังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในเขตเมืองที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในเขตชนบทโดยรอบหรือที่เราเรียกว่า ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ซึ่งมีปรากฏการณ์ดังกล่าวมีทฤษฎี ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island Theory)

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (UHI) เป็นชื่อเรียกลักษณะของภูมิอากาศซึ่งมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิในเขตเมืองและเขตชนบท โดยลักษณะดังกล่าวหากนำมาแสดงเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและลักษณะทางกายภาพของเมือง จะเห็นว่าบริเวณที่มีลักษณะทางกายภาพที่มีอาคารหนาแน่นหรือที่เราเรียกว่าเมืองนั้น จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่โดยรอบเมืองหรือที่เราเรียกว่าเขตชนบท โดยปรากฏเป็นเส้นโค้งเป็นรูปเกาะบริเวณเมืองที่มีความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างสูง จึงทำให้เกิดทฤษฎีปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (UHI) ขึ้น (Landberg, 1981) โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวจะสามารถเห็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนในช่วงเวลากลางคืน เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีอุณหภูมิลดต่ำลงทำให้เกิดการคลายความร้อนของพื้นผิวที่มีการดูดซับความร้อนไว้ในช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นจึงทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนที่ชัดเจนกว่าในช่วงกลางวัน ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ในพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท. จาก Reducing Urban Heat Islands Compendium of Strategies, 2008.

และปรากฏการณ์นี้ยังปรากฏชัดเจนเมื่อไม่มีลม หรือมีลมพัดอ่อน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร ซึ่งมีปัจจัยดังต่อไปนี้

2.2.2 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอก

อาคาร

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร นั้นสามารถแยกได้ ดังนี้

2.2.2.1 ปัจจัยที่มนุษย์สามารถควบคุมได้

เป็นปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ประกอบไปด้วย

(1) อาคารและโครงสร้างพื้นฐานของเมือง เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง เนื่องจากสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ทำให้เกิดความไม่ราบเรียบของเมืองมีความสูงต่ำของอาคารและโครงสร้างพื้นฐานเช่น ถนน สะพานยกระดับ ระบบขนส่งประเภทรางลอยฟ้า เป็นต้น จึงทำให้กระแสลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ดังกล่าวได้เปลี่ยนแปลงไป เกิดความร้อนที่สะสมในเมืองเนื่องจากกระแสลมถูกจำกัดโดยความไม่ราบเรียบของเมืองนั่นเอง และนอกจากความสูงแล้วยังมีปัจจัยของรูปแบบของวัสดุที่ก่อให้เกิดการดูดซับความร้อนหรือการสะท้อนความร้อนที่แตกต่างกัน โดยการสะท้อนความร้อนนั้นสามารถวัดได้จากค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Reflectance Index; SRI) ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ

Material surface	Solar Reflectance*	Emittance	SRI*
Black acrylic paint	0.05	0.9	0
New asphalt	0.05	0.9	0
Aged asphalt	0.1	0.9	6
"White" asphalt shingle	0.21	0.91	21
Aged concrete	0.2 to 0.3	0.9	19 to 32
New concrete (ordinary)	0.35 to 0.45	0.9	38 to 52
New white portland cement concrete	0.7 to 0.8	0.9	86 to 100
White acrylic paint	0.8	0.9	100

หมายเหตุ. อ้างอิงจาก <http://www.cement.org>.

จากตารางที่ 2.3 นั้น จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของวัสดุแต่ละวัสดุนั้นมีค่าสะท้อนแสงที่แตกต่างกันโดยวัสดุประเภทคอนกรีตจะมีค่าสะท้อนความร้อนมากกว่าแอสฟัลต์ติก และสีของวัสดุที่

อ่อนกว่าจะมีค่าการสะท้อนแสงที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญด้วยและจากการทดลองในหลาย ๆ การวิจัยพบว่า ค่าการดูดซับความร้อนนั้นของพื้นที่ลาดเข้มนั้นจะมีค่ามากกว่าพื้นที่สีเขียว ดังที่กล่าวมาจึงสามารถกล่าวได้ว่าลักษณะทางกายภาพโดยเฉพาะพื้นที่ลาดเข้มนั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (ธนภฤต เทียนมณี, 2545)

(2) พื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำบนผิวดิน เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเนื่องจากจำนวนพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำในผิวดิน มักจะแปรผกผันกับจำนวนพื้นที่ของสิ่งก่อสร้าง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ของเมืองที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศนั้นมีผลจากการระเหยของน้ำโดยจะแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นผิววัสดุในบริเวณดังกล่าว โดยพื้นที่ในเมืองนั้นประกอบด้วยพื้นที่ลาดเข้มนั้นจำนวนมากทำให้มีค่าการไหลของน้ำที่รวดเร็วและน้ำผ่านออกจากพื้นที่โดยไม่มีกักเก็บไว้ ประกอบกับบางพื้นผิวมีการดูดซับความร้อนในช่วงเวลากลางวันมากจะมีผลทำให้เกิดการระเหยของน้ำได้อย่างรวดเร็วขึ้นด้วย (สุตารัตน์ อุทธารัตน์ และคณะ, 2557)

(3) กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงาน ในทุกกิจกรรมของมนุษย์นั้นย่อมก่อให้เกิดการใช้พลังงานซึ่งจะมีผลก่อให้เกิดการสร้างความมลพิษให้กับเมือง เช่น การปล่อยความร้อนจากการใช้เครื่องปรับอากาศ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของรถยนต์ซึ่งมีผลทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถสะท้อนออกไปได้

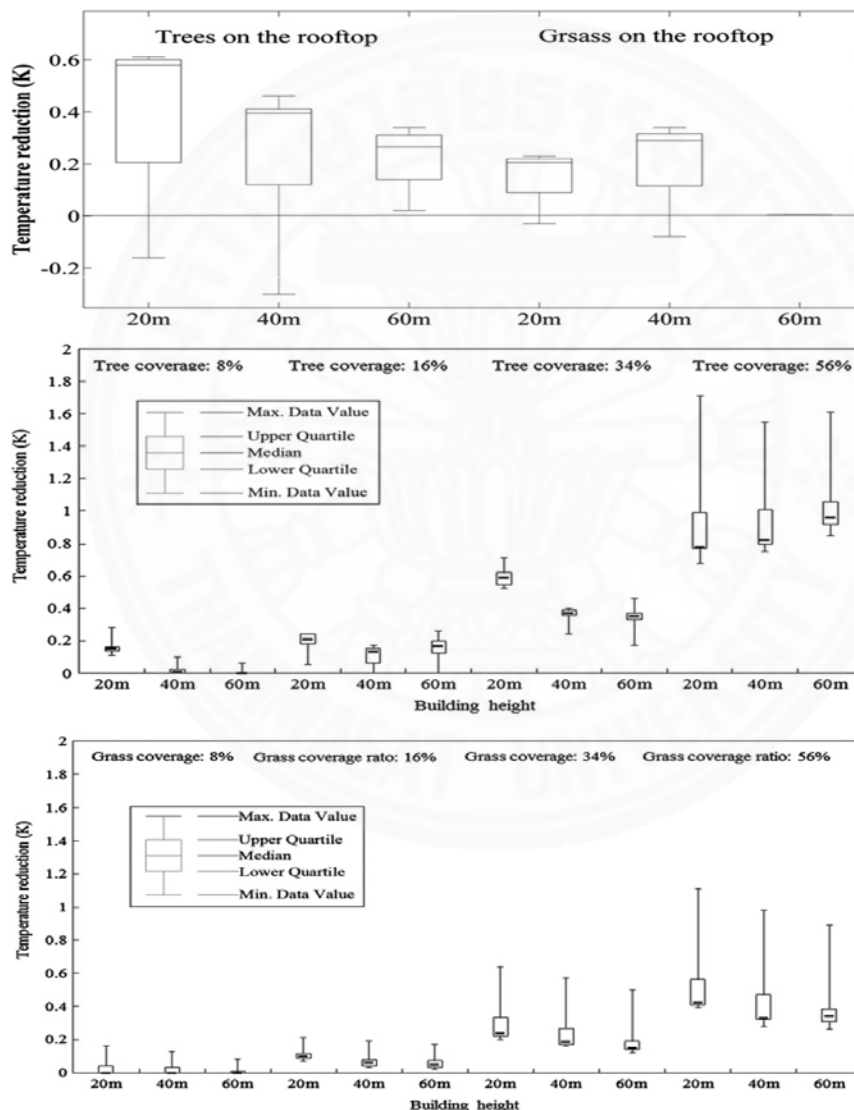
ทั้งนี้ ได้มีกรณีศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมืองโดยทำการศึกษาสัดส่วนระหว่างพื้นที่อาคาร ความสูงอาคารและพื้นที่สีเขียวของพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูงในฮ่องกงโดย Edward, et al. (2012) ผ่านการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการสูงของอาคารมีผลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนระดับที่คนสัญจรไปมา และเมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะ green roof ระหว่างหญ้าและต้นไม้พบว่าทั้งหญ้าและต้นไม้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยยิ่งอาคารสูงจะส่งผลให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อยลง และการใช้หญ้าบนอาคารสูง 60 เมตร ไม่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระดับที่คนสัญจรไปมา และการเพิ่มสัดส่วนของต้นไม้มีผลต่ออุณหภูมิมากกว่าการเพิ่มของหญ้าในสัดส่วนการเพิ่มปริมาณเท่า ๆ กัน อย่างเห็นได้ชัด ดังภาพที่ 2.4 ทั้งนี้การศึกษานี้ไม่ได้รวมเอากิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่เข้ามาเป็นตัวแปรในการศึกษาด้วย

2.2.2.2 ปัจจัยที่มนุษย์ไม่สามารถควบคุมได้

คือ ปัจจัยสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ รวมถึงกระแสลมที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ซึ่ง Mitchel & Oke (1995) ได้ศึกษาวิจัยและพบว่าตัวแปรดังกล่าวเป็นปัจจัยที่เป็นตัวแปรของแต่ละพื้นที่ ซึ่งก่อให้เกิดความแตกต่างกันของแต่ละพื้นที่

2.2.3 ผลกระทบของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองมีผลกระทบต่ออุณหภูมิ ณ บริเวณดังกล่าวที่เปลี่ยนไปจนส่งผลให้สภาวะอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น ลมประจำถิ่นที่เปลี่ยนทิศ ฝนไม่ตกตามฤดูกาล เป็นต้น และสภาวะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังส่งผลกระทบการสภาวะน่าสบายของคนและรุนแรงไปถึงสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวด้วย (สุदारัตน์ อุทธารัตน์และคณะ, 2557) ซึ่งในปัจจุบันปรากฏการณ์ดังกล่าวได้เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากสัดส่วนระหว่างพื้นที่ต้นไม้ พื้นที่หญ้า พื้นที่อาคาร และความสูงของอาคาร จาก A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong, 2012

2.2.4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ในปัจจุบันแนวโน้มการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรในเขตกรุงเทพมหานครและอัตราการขยายตัวของเมืองที่มากขึ้น โดยเฉพาะในเขตศูนย์กลางของเมือง (CBD) ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่สามารถแยกได้เป็น พื้นที่เมือง พืชพรรณ ที่โล่ง และแหล่งน้ำผิวดิน (ปริญา ฉายะพงษ์, 2556) ตามภาพที่ 2.5

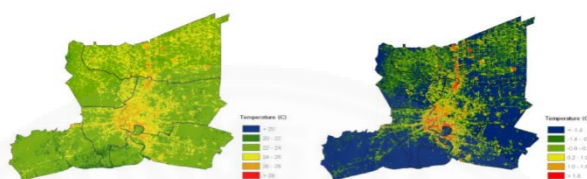


Figure 7. LST and UHI maps in 1992 (20/11/1992)

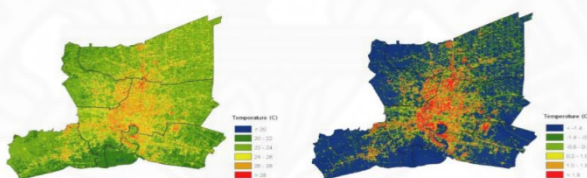


Figure 8. LST and UHI maps in 2008 (02/12/2008)

ภาพที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร. จาก ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเขตเมืองเชิง ในความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ประโยชน์ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเขตกรุงเทพมหานคร, ปริญา ฉายะพงษ์, 2556.

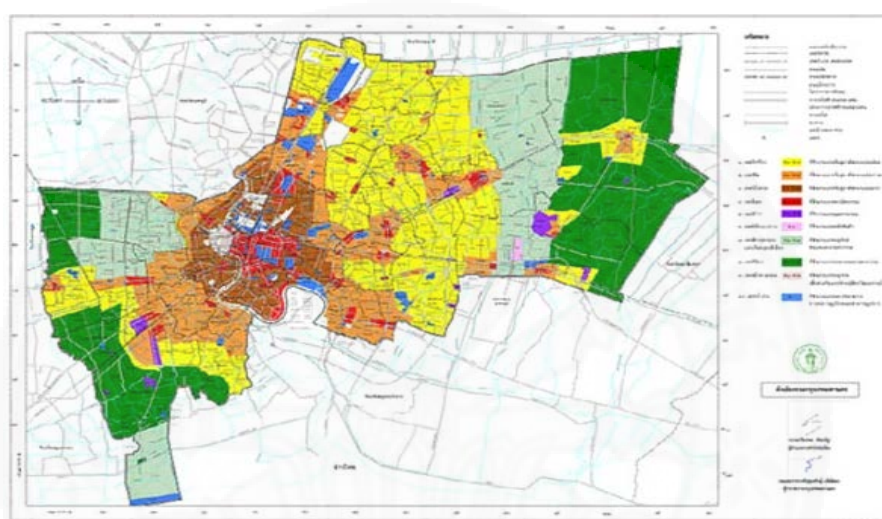
ซึ่งรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) นั้น ถูกกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่พาณิชย์กรรมที่มีอัตราส่วนของสิ่งปลูกสร้างต่อที่ว่าง (Floor Area Ratio; FAR) ที่สูงกว่าบริเวณอื่น เป็นผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีสัดส่วนของพื้นที่สีเขียวที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับอัตราส่วนของพื้นที่อาคาร จึงทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองมากที่สุดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจากการวิจัยของธนภฤติ เทียนมณี (2545) ได้พบว่าบริเวณพื้นที่ย่านสีลมเป็นพื้นที่ที่มีปรากฏการณ์ความร้อนเมืองสอดคล้องปริญา ฉายะพงษ์ (2556) ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิที่แตกต่างกันน้อยโดยเมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

ดังนั้น ในการพัฒนาเมืองจึงได้มีการออกกฎหมายและมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ โดยมีรายละเอียดที่จะกล่าวในส่วนถัดไปนี้

2.2.5 หลักการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารเพื่อลดผลกระทบต่อปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสถานะน้ำสลายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร

จากสถานะของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้หลาย ๆ ประเทศในโลกเริ่มตระหนักถึงความสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในธุรกิจอุตสาหกรรมและธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ จึงมีการกำหนดแนวทางปฏิบัติเพื่อควบคุมผลกระทบดังกล่าว โดยมีการจัดตั้งคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มาเพื่อหาแนวทางและตรวจสอบให้เกิดการปฏิบัติที่ตรงกัน

2.2.5.1 ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 2.6 ผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร. จาก กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556, 2556.

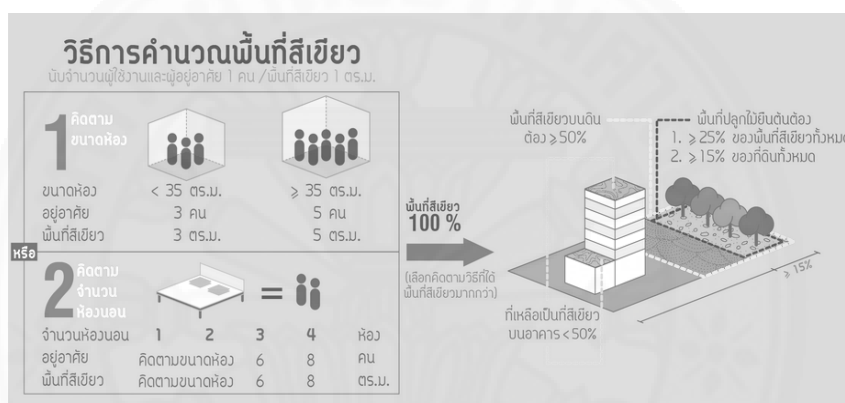
ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร เป็นกฎหมายที่ใช้สำหรับบังคับการใช้ประโยชน์ที่ดินตามวัตถุประสงค์ของเมืองและมีการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio; FAR) และ อัตราส่วนของที่ว่างต่ออาคารรวม (Open Space Ratio; OSR) ซึ่งอัตราส่วนของในแต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกันไป เพื่อเป็นข้อกำหนดในการควบคุมการพัฒนาเมืองอย่างมีทิศทาง โดยพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครในเขตสาทรและเขตบางรัก มีการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินหนาแน่นสูง (ย10) และพื้นที่พาณิชยกรรม (พ.5) ทั้งนี้ จากการศึกษาของธนกฤต เทียนมณี (2545) ได้พบว่าการหนาแน่นของเมืองแปรผันตรงต่อการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิ โดยการศึกษาดังกล่าวได้แบ่งแยกพื้นที่การศึกษาเป็น 3 แบบ คือ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง พื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลาง และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อย โดยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นไล่ลำดับจากมากไปหาน้อยตามลำดับ

นอกจากกฎหมายควบคุมสัดส่วนพื้นที่อาคารและที่ว่างแล้ว ยังมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกฉบับหนึ่งที่มีผลต่อการขออนุญาตในการก่อสร้างโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภท

คอนโดมิเนียม โดยกฎหมายนี้มีมาตรฐานเพื่อกำหนดมาตรฐานของพื้นที่สีเขียวของเมือง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง

2.2.5.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment; EIA) ของโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียม

โครงการคอนโดมิเนียมที่ต้องขออนุญาต ต้องมีจำนวนห้องชุดตั้งแต่ 80 ห้องขึ้นไปหรือมีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 4,000 ตารางเมตรขึ้นไป และมีรายละเอียดในส่วนของการออกแบบวางผังโครงการคือ ให้จัดพื้นที่สีเขียวในสัดส่วน บริเวณพื้นดินชั้นล่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่สีเขียวทั้งหมด โดยพื้นที่สีเขียวต่อผู้พักอาศัยต้องไม่น้อยกว่า 1 ตร.ม. ต่อคน และจะต้องเป็นไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่สีเขียวดังกล่าว



ภาพที่ 2.7 แสดงรูปแบบการคิดคำนวณพื้นที่สีเขียวตามเกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม. จาก <http://www.realist.co.th>

และนอกจากกฎหมายในการควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทุกคนต้องปฏิบัติเหมือนกันแล้ว รัฐยังมีแนวคิดเพื่อเป็นแรงจูงใจในการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ควบคู่ไปกับการรักษาทางสิ่งแวดล้อมด้วยซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.5.3 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC)

แบ่งการประเมินเป็นทั้งหมด 8 หมวด คือ

- (1) หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (Building Management: BM)
- (2) หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL)
- (3) หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (Water Conservation: WC)
- (4) หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere: EA)
- (5) หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources: MR)

MR)

(6) หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment Quality: IE)

(7) หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Protection: EP)

(8) หมวดที่ 8 นวัตกรรม (Green Innovation: GI)

ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นไปในส่วนของงานภายนอกอาคารเพื่อหาตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจนั้นคือในส่วนของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร ดังนั้นเพื่อเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของตัวแปรที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างนั้น จะอ้างอิงในส่วนของหมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนในการเลือกใช้วัสดุ ซึ่งจะอ้างอิงในหมวดดังต่อไปนี้

(1) หมวด SL5.2 มีพื้นที่ลาดเชิงที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่โครงการ

ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองโดยพื้นที่ลาดเชิงได้กล่าวถึงการใช้วัสดุปูพื้นที่มีค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์สูงมากกว่าร้อยละ 30

และนอกจากนี้ยังมีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการใช้พืชพรรณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) หมวด S3 การใช้พืชพรรณให้เหมาะสม

ให้เลือกต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร

(2) หมวด S5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก ที่บังแดดได้อย่าง

มีประสิทธิภาพ

โดยกำหนดให้มีการปลูกต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก โดยทรงพุ่มให้มีรัศมีของต้น (อายุ 5 ปี) ให้สัมผัสกันหรือห่างกันไม่เกิน 1 เมตร

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ถึงความสัมพันธ์ของการพัฒนาเมืองในพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) นั้น แปรผันตรงกับการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง และปรากฏการณ์ดังกล่าวก็แปรผันโดยตรงกับผู้อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวด้วย ซึ่งโดยบริเวณดังกล่าวนี้มีลักษณะที่อยู่อาศัยเป็นคอนโดมิเนียมระดับสูง ดังนั้นแนวโน้มที่มีการคาดการณ์ไว้ในข้างต้น จากความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจึงได้มีการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสมดุลในการพัฒนาเมืองและเศรษฐกิจควบคู่ไปกับลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ดังนี้

2.3 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE)

แนวความคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) เป็นแนวความคิดที่เกิดจากความต้องการสร้างแนวคิดในการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ริเริ่มโดยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (WBCSD) แนวคิดดังกล่าวมีรากศัพท์ที่มาจากคำว่า Ecology ที่หมายถึง ระบบนิเวศ Economic ที่หมายถึง เศรษฐกิจ และ Efficiency ที่หมายถึง ประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อนำมารวมกันแล้วจะหมายความว่า ประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศ โดยมีหลักการจะนำไปสู่ประสิทธิภาพ คือ

2.3.1 หลักการที่นำไปสู่แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)

หลักการที่จะนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ต้องการ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.3.1.1 ความพยายามในการลดการบริโภคทรัพยากร

หมายถึง การลดการใช้วัตถุดิบตั้งต้นของการผลิต โดยมีการลดปริมาณการใช้การนำกลับมาใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่

2.3.1.2 ความพยายามลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

หมายถึง การพยายามลดสิ่งที่ก่อให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อมจากภาคการผลิตและบริการ

2.3.1.3 ความพยายามเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และบริการ

หมายถึง การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการให้มีมูลค่ามากขึ้น ในขณะที่ยังใช้ทรัพยากรเท่าเดิมหรือมีการใช้ทรัพยากรในการผลิตที่คุ้มค่ามากขึ้น

จากหลักการที่จะนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ต้องการทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมนั้น สามารถประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันทางธุรกิจ)}}{\text{ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม)}}$$

ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเราสามารถนำหลักการมาประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจอื่น ๆ โดยการปรับเปลี่ยนตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพตามความเหมาะสมในการแข่งขันในธุรกิจนั้น ๆ (World Business Council for Sustainable Development, 2006)

ทั้งนี้ เราไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมนั้น เกิดจากการพัฒนาในภาคอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว ดังจะเห็นจากวิจัยในข้างต้นที่พูดถึงปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง ที่มีผลมาจากการพัฒนาเมืองเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของเมืองนั้น ๆ โดยได้กล่าวถึงใน

พื้นที่ศูนย์กลางเมืองที่เป็นทั้งแหล่งงานและแหล่งรวมกิจกรรม จนส่งผลให้เกิดแนวโน้มในแข่งขันในการพัฒนาแหล่งที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงมีการศึกษาตัวชี้วัดตามแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมขึ้น โดยมีรายละเอียดดังที่จะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.3.2 แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียม

จากแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่กล่าวมาในข้างต้นสามารถนำหลักการมาใช้กับธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียม ดังนี้

2.3.2.1 ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันทางธุรกิจ

ในทุกหน่วยธุรกิจมีปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความสำเร็จของโครงการที่เราเรียกกันว่า GROSS MARGIN คือ รายได้ที่หักต้นทุนทั้งหมด ซึ่งหากคิดรายได้ของโครงการในจำนวนที่เท่ากันแล้ว ปัจจัยที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการแข่งขันคือต้นทุนของโครงการนั้น ๆ โดยต้นทุนที่สำคัญในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมคือ ต้นทุนในการจัดหาที่ดิน การศึกษาออกแบบโครงการ การโฆษณาและส่งเสริมการขาย การก่อสร้าง ดอกเบี้ย และการบริหารงานทั่วไป โดยต้นทุนการก่อสร้าง เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงสุดในการพัฒนาโครงการ (นรินทร์ สกุลกลานวัฒน์, 2526) ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียม คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาโครงการถูกแบ่งการก่อสร้างออกเป็น 2 ส่วน คือ อาคาร และพื้นที่ภายนอกอาคาร ซึ่งการทบทวนวิจัยที่ผ่านมาที่มีผู้สนใจศึกษาศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนของอาคารแล้ว แต่ยังไม่มีการศึกษาในส่วนของพื้นที่ภายนอกอาคาร ดังนั้น ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันทางธุรกิจในการศึกษาวิจัยนี้จะศึกษาในส่วนของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างพื้นที่ภายนอกอาคารเท่านั้น

แต่เนื่องจากว่าค่าใช้จ่ายในส่วนของงานภายนอกอาคารค่อนข้างละเอียดอ่อนกว่าตัวอาคารจึงมีการจัดทำคู่มือในการประมาณราคาของงานภูมิสถาปัตยกรรม โดย กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2555) และจากคู่มือดังกล่าวได้สรุปงานของการประมาณราคาไว้เป็น 2 ส่วน คือ

(1) งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) เป็นงานก่อสร้างในส่วนของการใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานเป็นองค์ประกอบและเป็นสิ่งไม่มีชีวิต

(2) งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) เป็นงานที่เกี่ยวกับวัสดุที่เกิดมาธรรมชาติและผ่านกระบวนการผลิตจากการเกษตรกรรม โดยบางส่วนประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต เช่น พืชพรรณ และแหล่งน้ำ ทั้งนี้งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อนจะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สนามหญ้า พืชพรรณ และแหล่งน้ำ และจากกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง (2550) ได้ให้หลักเกณฑ์ในการประมาณราคาโดยประกอบเป็นทั้งหมด 4 รายการเพื่อนำไปคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมด โดยประกอบด้วย

1. ปริมาณของวัสดุ เป็นการแยกวัสดุที่จะใช้ รวมไปถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่เสียหาย ซึ่งในส่วนนี้จะคิดต่างกันโดยพิจารณาความเหมาะสมที่แตกต่างกันออกไปตามประสบการณ์ของผู้ถอดจำนวนวัสดุ

2. ราคาวัสดุ ส่วนใหญ่ในงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) นั้น มีมีราคากลางที่ออกจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้าหรือสำนักงานพาณิชย์จังหวัดในการคิดราคาวัสดุ หรือบางวัสดุอาจจะใช้วิธีการสืบราคาตลาดแล้วเปรียบเทียบในหลาย ๆ แหล่งเพื่อให้ได้ราคาที่เป็นราคากลาง และในส่วนของงานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) นั้นส่วนใหญ่จะเป็นการเปรียบเทียบราคาจากราคาตลาด ปัจจุบัน ซึ่งปัจจัยขึ้นอยู่กับหลายด้าน เช่น ฤดูกาล ความนิยม การขนย้าย เป็นต้น

3. ค่าแรงงาน ให้ใช้ราคากลางงานก่อสร้างที่กำหนดมาจากคณะกรรมการกำกับนโยบายราคากลางการก่อสร้าง ซึ่งจะเป็นหน่วยต่อชุดหรือหน่วย ขึ้นอยู่กับรูปแบบของงานนั้น ๆ โดยคิดตามราคาจากราคางานย่อยไม่ใช่งานทั้งหมด

4. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้าง เป็นขั้นตอนในการหาค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วย ค่าอำนวยการ ค่าดอกเบี้ย กำไร และค่าภาษี ซึ่งจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดของงานที่รวมราคาวัสดุและค่าแรงงาน โดยจะอ้างอิงจากตาราง Factor F โดยค่า Factor F นั้นตามหลักเกณฑ์ของกรมบัญชีกลาง (หนังสือกรมบัญชีกลาง ด่วนที่สุด ที่ กค.๐๔๒๑.๕/ว๔๐๑, 2558) ทั้งนี้ จะสามารถสรุปวิธีการคำนวณราคากลางได้ ดังนี้ $((\text{ปริมาณวัสดุ} \times \text{ราคาวัสดุ}) + \text{ค่าแรงงาน}) \times \text{Factor F} + \text{ค่าใช้จ่ายพิเศษอื่น ๆ}$

ซึ่งราคาค่าใช้จ่ายของการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์นั้นจะมีราคามาตรฐานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของลักษณะวัสดุที่ใช้โดยสะท้อนได้จากกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการขาย หากเป็นกลุ่มระดับ HI-END ขึ้นไป จะมีการใช้วัสดุที่ค่อนข้างมีราคาสูงในการออกแบบเพื่อให้เกิดสุนทรียภาพของงาน และประกอบกับกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าวและยินยอมจ่ายในส่วนนั้น

2.3.2.2 ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดในเขตพื้นที่ศูนย์กลางเศรษฐกิจเมืองที่เกี่ยวข้องกับผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งจากที่ทบทวนวรรณกรรมและวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นพบว่ามีหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบดังกล่าว เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในพื้นที่เมืองที่มากขึ้น ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและรังสีความร้อน เป็นต้น ซึ่งส่งผลโดยตรงกับสภาวะน่าสบายของคนอยู่อาศัยในพื้นที่ ดังนั้น ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นไปยังค่าสภาวะน่าสบายของคนเมื่ออยู่ภายนอกอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

แนวคิดสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (Outdoor Thermal Comfort) สภาวะน่าสบายเป็นสภาวะอุณหภูมิที่ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายตามทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนในร่างกายของคน ซึ่งหากว่าอุณหภูมิภายนอกสูงจะส่งผลให้อุณหภูมิในร่างกายของคนไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ ทำให้เกิดสภาวะไม่สบายขึ้น (จิรวรรณ คล้ายลี, 2559) โดยสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารนั้นมีความซับซ้อนกว่าสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนในอาคารหรือในพื้นที่ปิด เนื่องจากสภาพภายนอกอาคารมีตัวแปรหลายตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งนี้ Johansson (2014) ยังกล่าวอีกว่าลักษณะของอากาศนั้นจะแปรผันตามช่วงเวลาและฤดูกาล และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวด้วย โดยการเกิดสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารนั้นมีปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบ ดังนี้

(1) สิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร ซึ่งจะประกอบด้วย

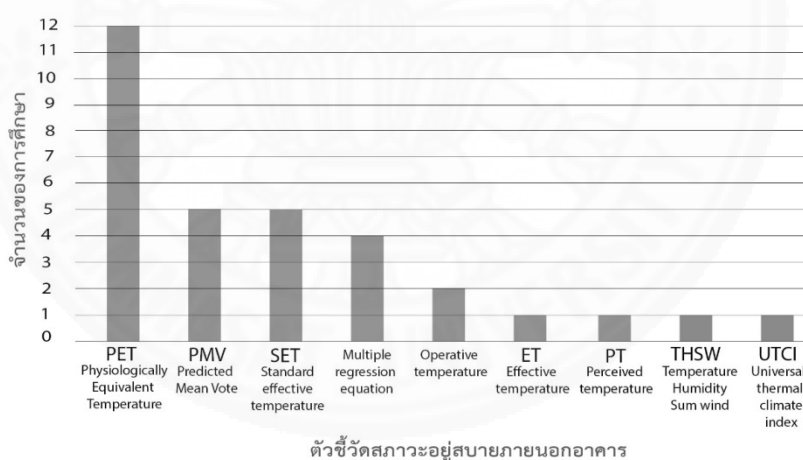
1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คนรับรู้ถึงความร้อนเย็น โดยอุณหภูมิที่ยอมรับได้ของคนส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 20-26 c (ASHRAE, 1992) แต่ในการศึกษาหลาย ๆ อันได้พบว่าคนที่อาศัยในเขตร้อนขึ้นนั้นสามารถปรับตัวกับอุณหภูมิได้สูงกว่าภูมิภาคอื่น โดยจะมีขีดจำกัดของภาวะน่าสบายได้สูงถึง 28 c ในอาคารปรับอากาศ และพื้นที่ที่ระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติถึง 31 c (ภัทรนันท์ ทักขนนท์, 2548) แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอากาศนั้นจำเป็นต้องพิจารณาจากองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย กล่าวคือ ความเร็วและความชื้นสัมพัทธ์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการระบายความร้อนในตัวของคนด้วย

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีผลกับความสบายตัว หากมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำไปจะเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหนังมากจนผิวหนังแห้งและเกิดความรู้สึกไม่สบายตัว และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม คือ 50 % แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่ตั้งของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตสภาพอากาศแบบร้อนชื้นจึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์นั้นค่อนข้างสูงทำให้ช่วงฤดูร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ถึงร้อยละ 90 ซึ่งยิ่งความชื้นสัมพัทธ์มากเท่าไรจะทำให้การระบายความร้อนในตัวคนที่ออกมาในรูปแบบของเหงื่อหรือเหงื่อที่ระเหยยาก ส่งผลก่อให้เกิดความอึดอัด (จิรวรรณ คล้ายลี, 2559)

3. ความเร็วลม (Air Velocity) เป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในเขตร้อนชื้นซึ่งมีผลต่อการระบายการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหนังของคน โดยความเร็วลมในแต่ละที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่นั้น (เมตธนิค หอภัทรชนจินดา, 2557) โดยจากการวิจัยของ Auliciems, et. al (1997) พบว่าค่าความรู้สึกของมนุษย์ว่าพึงพอใจในความเร็วลม อยู่ที่ 0.25-0.50 m/s

4. รังสีพระอาทิตย์ (Solar Radiation) ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีความร้อนเกิดจากดวงอาทิตย์และจากสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย ซึ่งไม่ใช่แค่ความสว่างเท่านั้นยังหมายรวมถึงรังสีอื่น ๆ ด้วย (เสริม จันทร์ฉาย, 2557)

(2) ปัจจัยของบุคคล เป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับเฉพาะตัวบุคคล ประกอบด้วย การเผาผลาญของร่างกายและเสื้อผ้าที่สวมใส่ ตัวแปรเหล่านี้จะทำให้เกิดความแตกต่างในการรับรู้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันไป และจากตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้นนั้นจึงมีการพัฒนาดัชนีเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)” ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากมาตรฐานวิศวกรรมของประเทศเยอรมัน และถูกนำไปพัฒนาใช้ในการศึกษาภาวะน่าสบายภายนอกอาคารในหลาย ๆ ประเทศ และจากการศึกษาของ สุภารัตน์ อุทธารัตน์ และคณะ (2557) ได้กล่าวไว้ว่านอกจาก PET แล้วยังมีดัชนีที่เรียกว่า ค่าอุณหภูมิตัวแทน (Standard Effective Temperature; SET) เป็นการคำนวณจากค่าการระเหยของเหงื่อและการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังโดยมีการจำกัดการใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาไม่แม่นยำซึ่งเหมาะกับบางพื้นที่เท่านั้น ส่วนดัชนีชี้วัดอีกตัวที่เรียกว่า ค่าการโหวตเฉลี่ยของความรูสึกเชิงความร้อน (Predicted Mean Vote; PMV) เป็นตัวชี้วัดที่ให้ค่าความสัมพันธ์ของภาวะน่าสบายกับการรับรู้ของตัวบุคคลได้ไม่ดีพอเนื่องจากการวัดผลเป็นช่วงระดับ และตัวชี้วัด PMV และPET มีความเหมาะสมในการใช้ประเมินสภาวะน่าสบายที่ใช้ช่วงเวลาในการศึกษาค่อนข้างนานไม่ใช่ช่วงเวลาสั้น ๆ และการเปรียบเทียบความนิยมในการใช้ตัวชี้วัดของ Johansson (2014) และจิรวรรณ คล้ายลี (2559) ตามภาพที่ 2.8



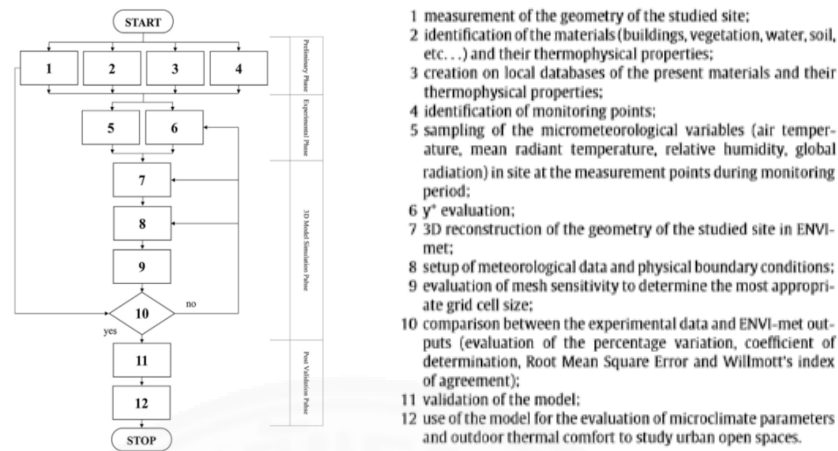
ตัวชี้วัดสภาวะอยู่สบายภายนอกอาคาร

ภาพที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบการศึกษาดัชนีที่ใช้วัดค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน. จาก งานวิจัยของ จิรวรรณ คล้ายลี, 2559.

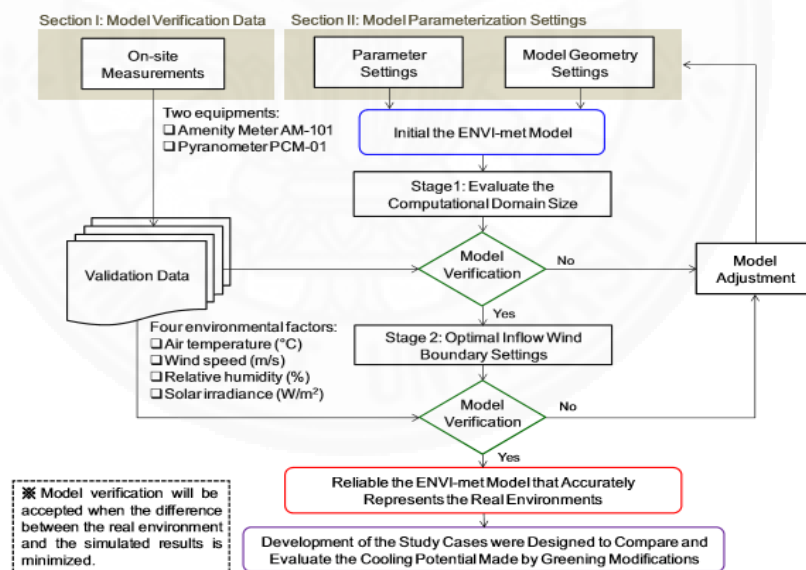
พบว่าในการวัดค่าดัชนีชี้วัดสภาวะความสบายเชิงความร้อนนั้นนิยมใช้ PET ในการวัดค่ามากกว่าตัวชี้วัดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น PET จึงเป็นดัชนีการชี้วัดที่เหมาะสมในการประเมินความสบายเชิงความร้อนซึ่งเราสามารถนำไปโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการคำนวณดัชนีดังกล่าวจากสถานการณ์จำลอง(simulation) ที่เป็นสภาวะที่เสมือนจริงได้เพื่อนำไปพัฒนาออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร รวมถึงการพัฒนาพื้นที่เมือง

2.3.3 เทคนิคในการจำลองสถานการณ์ (simulation)

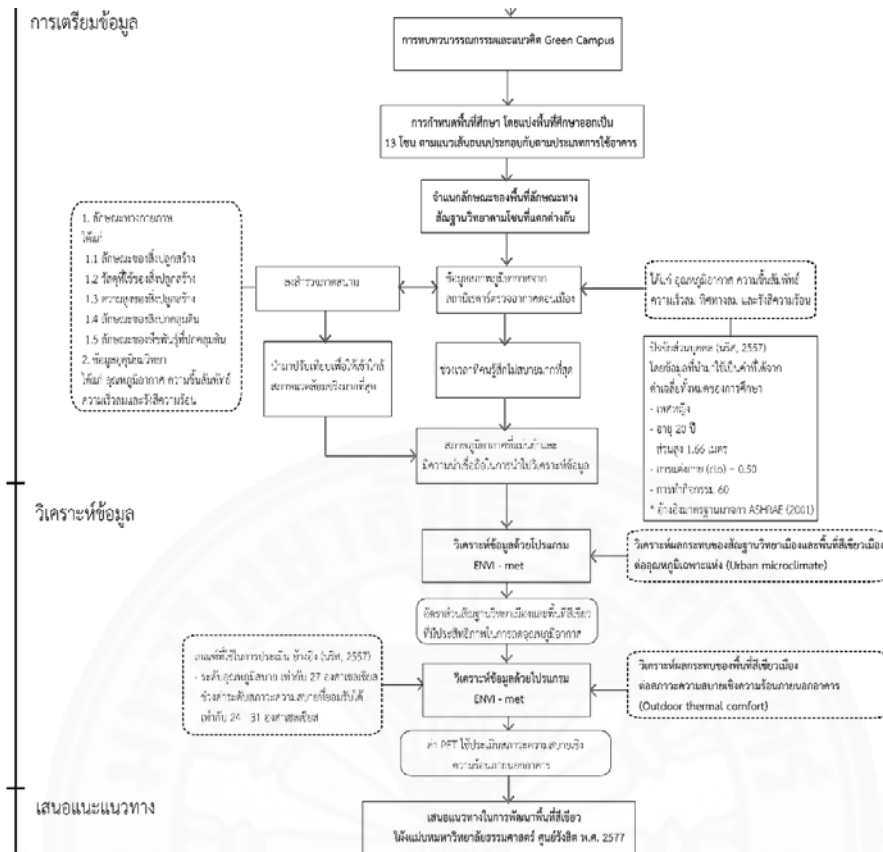
การจำลองสถานการณ์(simulation) มีใช้อย่างแพร่หลายและมีการประยุกต์ใช้ในทุก ๆ อุตสาหกรรม ซึ่งได้มีผู้วิจัยหลายคนอ้างอิงถึง Kelton et al, (2003) และ Maria (1997) ที่มีการนิยามและให้ประโยชน์ของการจำลองสถานการณ์ไว้ว่า การพัฒนาการจำลองสถานการณ์นั้นสามารถลดความเสี่ยงในการสูญเสียทรัพยากรทั้งในด้านต้นทุน เวลา และตอบสนองต่อข้อจำกัดต่าง ๆ ได้ โดยการจำลองสถานการณ์นั้นจะมีการรวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองและใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (software) เข้ามาช่วยประมวลผลเพื่อวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมกับการศึกษานั้น ๆ โดยความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นสามารถพิสูจน์ได้จากข้อมูลที่เป็นฐานข้อมูล (input) หากข้อมูลดังกล่าวมีความเสมือนจริงและละเอียดมากเท่าไร จะทำให้ได้ผลลัพธ์ (output) ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากเท่านั้น (สุพจน์ เหล่างาม, 2552) ซึ่งการจำลองสถานการณ์ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเมืองในปัจจุบันได้มีเทคนิคในการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า โปรแกรม ENVI-met ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในส่วนของงานวิจัยในต่างประเทศและในประเทศไทยเองได้มีการใช้โปรแกรมดังกล่าวในงานศึกษาแนวความคิดการออกแบบทางผังเมืองเพื่อสร้างองค์ความรู้สำหรับการใช้เป็นแนวทางในการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตเมืองเชียงใหม่ โดยนางสาวสุศดารัตน์ อุทธรรัตน์และคณะสถาบันวิจัยสังคมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้โปรแกรมดังกล่าวในการจำลองสถานการณ์เพื่อหาแนวทางการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและใช้ค่าความสบายเชิงความร้อนที่จำลองจากโปรแกรมมาเป็นตัวชี้วัดภาวะอยู่สบายภายนอกอาคาร รวมไปถึงการศึกษาของ จิรวรรณ คล้ายลี (2558) และชินดนัย ดันสกุล (2557) ที่ได้นำเอาโปรแกรม ENVI-met มาใช้ในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งจากเป็นการศึกษาในพื้นที่ในระดับพื้นที่เมืองและพื้นที่กลุ่มอาคารที่มีขนาดใหญ่ แต่เมื่อทบทวนวรรณกรรมเปรียบเทียบกับงานวิจัยในต่างประเทศนั้นพบว่าได้มีการนำเอาโปรแกรมมาใช้ทั้งในระดับเมืองและระดับพื้นที่เล็ก ๆ รวมไปถึงมีการนำเอาผลจากการจำลองสถานการณ์นั้นไปเปรียบเทียบกับค่าสภาวะอยู่สบายภายนอกอาคารทั้งในรูปแบบของ PET และ PMV ด้วยโดยรูปแบบและกระบวนการในการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรม ENVI-met นั้น มีกระบวนการในการจำลองสถานการณ์โดยมีตัวอย่างดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.9 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met. จาก Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data, Salata. et al, 2016.



ภาพที่ 2.10 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met. จาก Evaluation the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer, Srivanit & Hokao, 2012.



ภาพที่ 2.11 แผนผังกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met. จาก การประเมินผล กระบวนการออกแบบสิ่งแวดล้อมวิทยาต่อความสบายเชิงความร้อนพื้นที่ภายนอกอาคารของผังแม่บทชุมชน มหาวิทยาลัย, จิรบรรณ คล้ายลี, 2559.

จากกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ของโปรแกรม ENVI-met ในช่วงต้นที่กล่าวมา นั้นเป็นลักษณะของการนำเข้าข้อมูลซึ่งการนำเข้าข้อมูลนั้นต้องมีการเก็บข้อมูลจากภาคสนามและข้อมูล จากกรมอุตุนิยมวิทยาโดยมีการจำแนกข้อมูลเป็นข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลสภาพอากาศ โดยมีตัวแปรที่สำคัญ คือ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความเร็วลม(Wind Speed) และทิศทางของลม (Wind Direction) แล้วนำมาหาค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุดโดยต้องเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ จากการศึกษาของ Salata .et al (2016) ใช้ค่าความ คาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบ คือ The Coefficient of determination (R^2) Root Mean Square Error (RMSE) และ will Mott index of agreement (d) ซึ่ง R^2 ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ส่วน RMSE ควรมีค่าเข้าใกล้ 0 และ d ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 และหากเข้าใกล้ค่าเหล่านั้นมากเท่าไรแสดงว่ามีความใกล้เคียงความจริงมาก เท่านั้น จากการทดสอบพบว่าค่าที่ยอมรับได้นั้นเป็นไปตามภาพที่ 2.12

Quantitative evaluation of the ENVI-met performance based on the evaluation of R^2 , RMSE and d.

	R^2 [-]	RMSE [K]	d [-]
T_A	0.88	1.89	0.91
T_{MR}	0.96	2.79	0.87

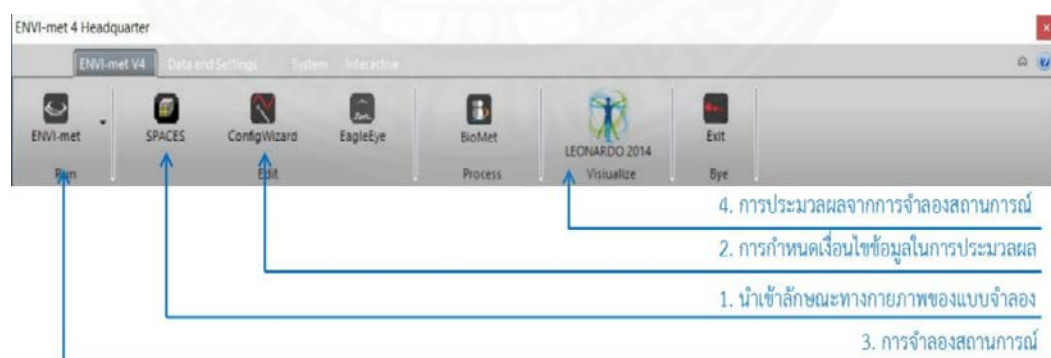
ภาพที่ 2.12 เกณฑ์การยอมรับได้ของค่าความคาดเคลื่อนในการเปรียบเทียบโดยใช้ Root Mean Square Error (RMSE). จาก Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data, Salata .et al, 2016.

ซึ่งตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากพื้นที่จริงและสถานีวัดสภาพอากาศที่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษาเพื่อทำให้การจำลองสถานการณ์แม่นยำขึ้น

2.3.3.1 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม ENVI-met version 4 มีขั้นตอน 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

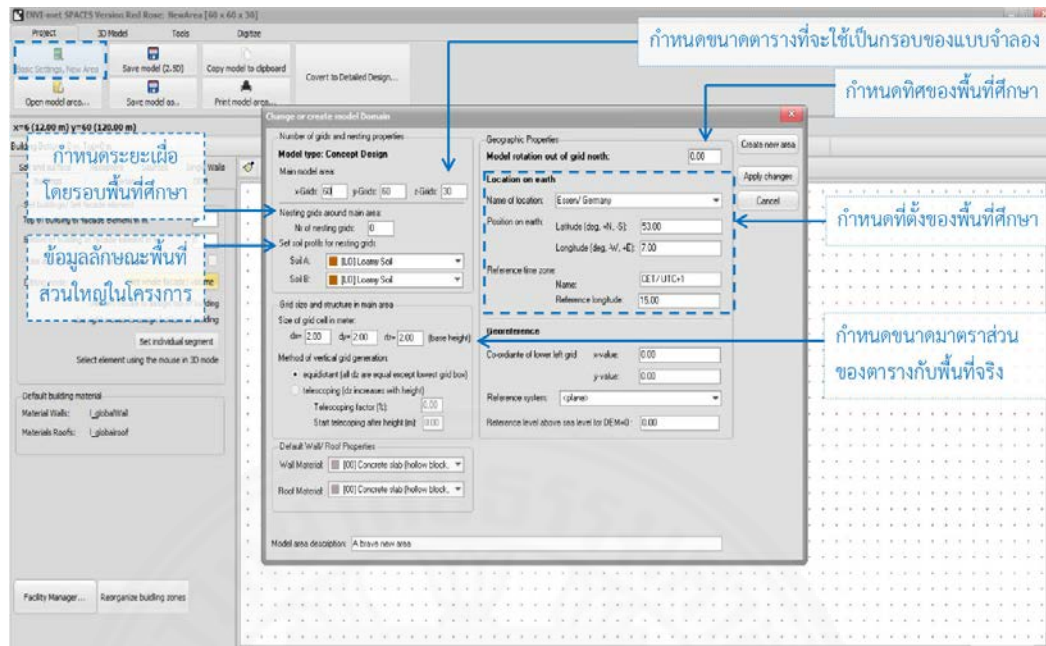
- (1) การนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง
- (2) การกำหนดเงื่อนไขข้อมูลลักษณะสภาพอากาศ
- (3) การจำลองสถานการณ์
- (4) ประมวลผลข้อมูลจากการจำลองสถานการณ์

ซึ่งรูปแบบและรายละเอียดของโปรแกรม ดังภาพที่ 2.13



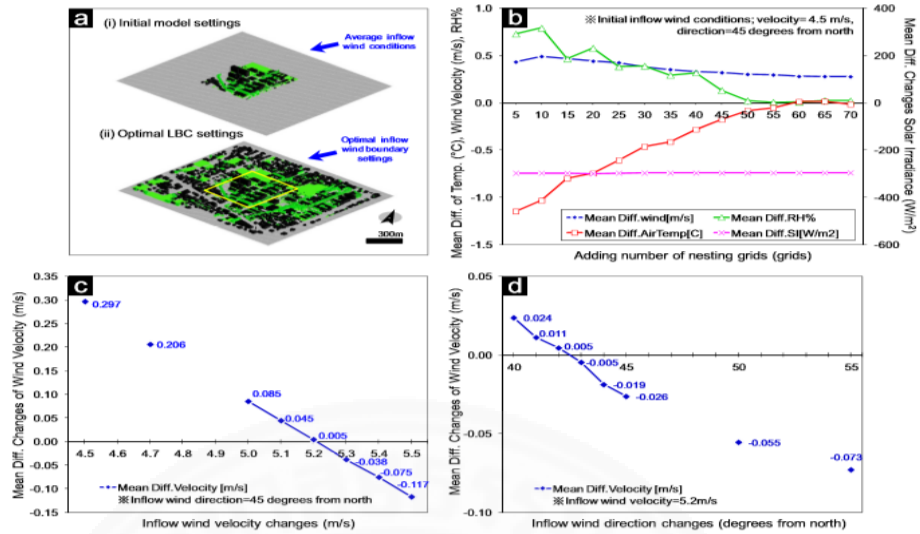
ภาพที่ 2.13 การนำเข้าและประมวลผลข้อมูลของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.

(1) ขั้นตอนที่ 1 นั้น เป็นขั้นตอนการนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง
ดังนี้

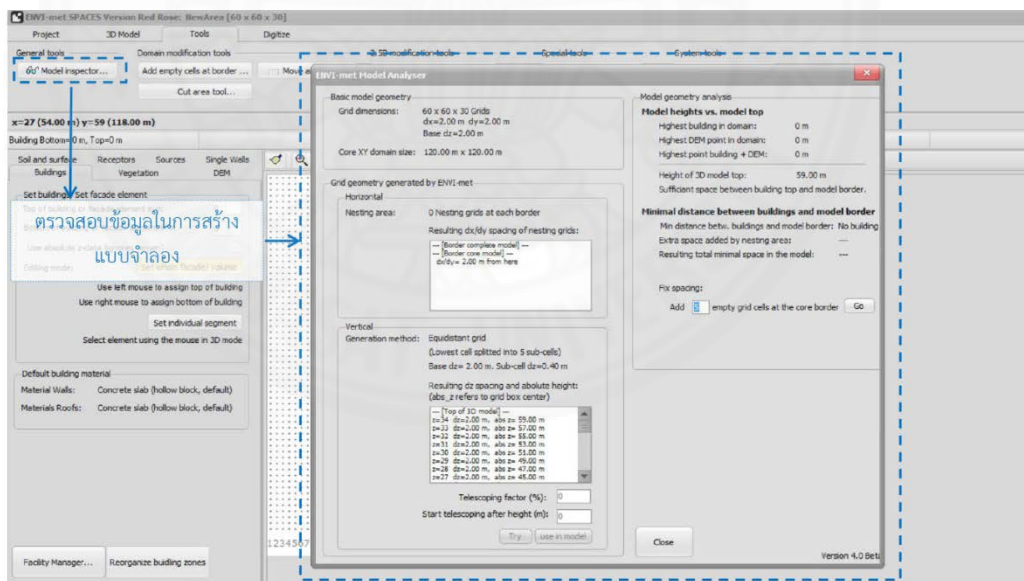


ภาพที่ 2.14 การนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดยผู้วิจัย.

จากภาพที่ 2.14 มีการระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยอ้างอิงกับพื้นที่จริง คือการใส่ค่า ละติจูด ลองจิจูด รวมไปถึงตำแหน่งทิศของพื้นที่ศึกษาด้วย ซึ่งนอกจากนั้นตัวโปรแกรม ENVI-met นั้นยังมีข้อกำหนดของโปรแกรมในด้านการนำเข้าข้อมูลของลักษณะทางกายภาพที่ค่อนข้างหยาบโดยมีลักษณะการนำเข้าข้อมูลเป็นลักษณะของตาราง (grid) โดยสามารถใส่ค่าความละเอียดของตารางได้ตามขนาดพื้นที่ศึกษาซึ่งค่าความละเอียดของตารางที่ความละเอียด 1 เมตรx1 เมตร 2 เมตรx2 เมตร และ 3 เมตรx3 เมตรนั้น เมื่อทดสอบผลการจำลองสถานการณ์แล้วนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับความแตกต่างอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ดังภาพที่ 2.14 และในการนำเข้าข้อมูลดังกล่าวต้องมีเฟื่อระยะโดยรอบพื้นที่ศึกษาด้วย โดยการใส่ข้อมูลในการเพื่อในการกรอกข้อมูล Nesting grid (Salata .et al, 2016) และจากงานศึกษา Srivanit&Hokao (2012) ให้เฟื่อระยะพื้นที่โดยรอบเป็นระยะ 1 เท่าของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากในการจำลองสถานการณ์มีการจำลองเรื่องทิศทางลมและความเร็วลมด้วยดังภาพที่ 2.15 โดยสามารถเฟื่อระยะได้ตั้งแต่การนำเข้าข้อมูลทางกายภาพในการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

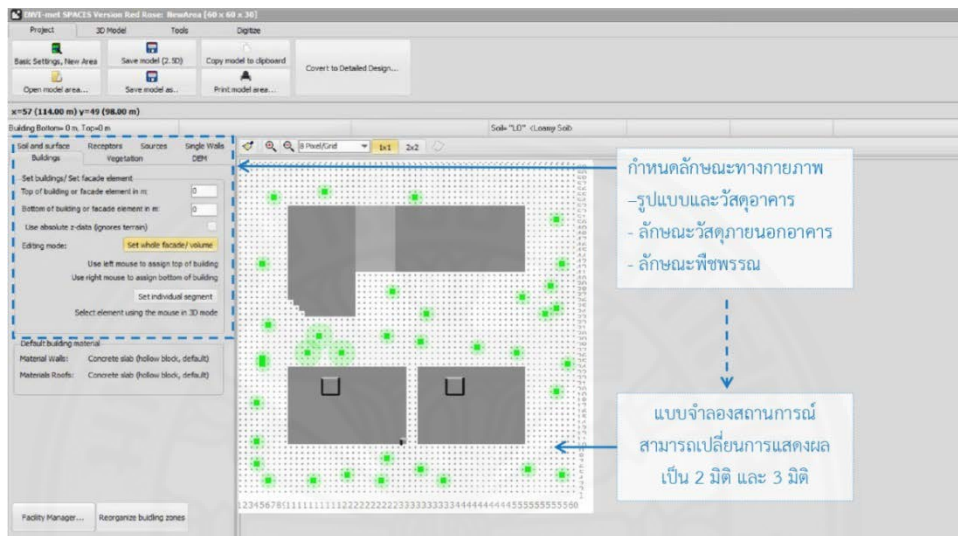


ภาพที่ 2.15 การตรวจสอบและเปรียบเทียบขนาดตารางต่อผลการจำลองสถานการณ์. จาก Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data, Salata. et al, 2016.



ภาพที่ 2.16 การตั้งค่าและการเฟื่อระยะโดยรอบพื้นที่โครงการ. จาก Evaluation the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer, Srivanit & Hokao, 2012.

ซึ่งขั้นตอนในการนำเข้าสู่ข้อมูลดังกล่าวจะประกอบไปด้วยขนาดพื้นที่และลักษณะสิ่งปลูกสร้างตลอดจนพืชพรรณที่เก็บข้อมูลได้จากพื้นที่จริง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นฐานของวัสดุที่มีอยู่ในโปรแกรมได้ หรือจะสร้างข้อมูลขึ้นมาให้เองก็ได้เช่นกัน แต่เนื่องด้วยระยะเวลาในการศึกษาที่จำกัด ทำให้นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลพื้นฐานจากโปรแกรม ดังตัวอย่างภาพที่ 2.17 และเมื่อนำเข้าสู่ข้อมูลทางกายภาพทั้งหมดแล้วจะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตามตัวอย่างภาพที่ 2.18

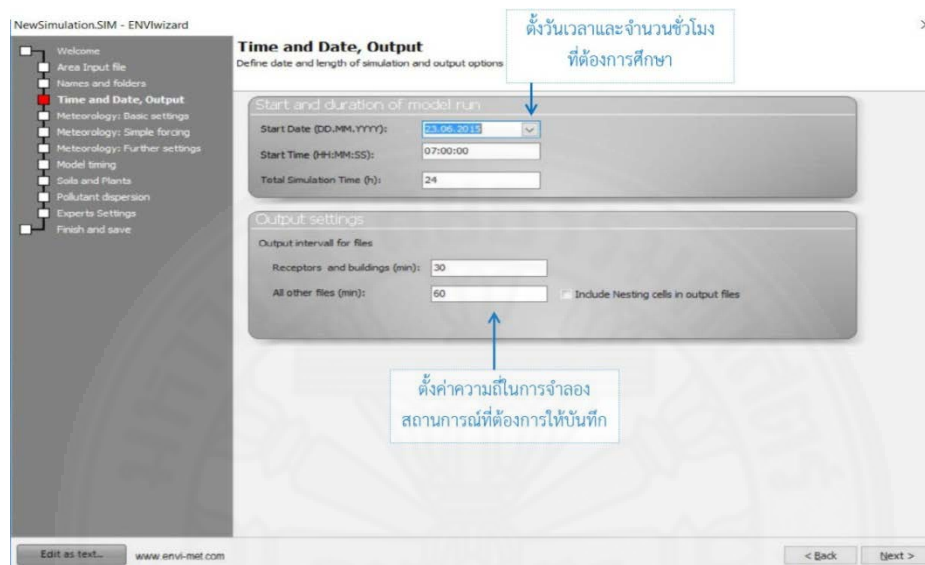


ภาพที่ 2.17 การนำเข้าสู่ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดยผู้วิจัย.

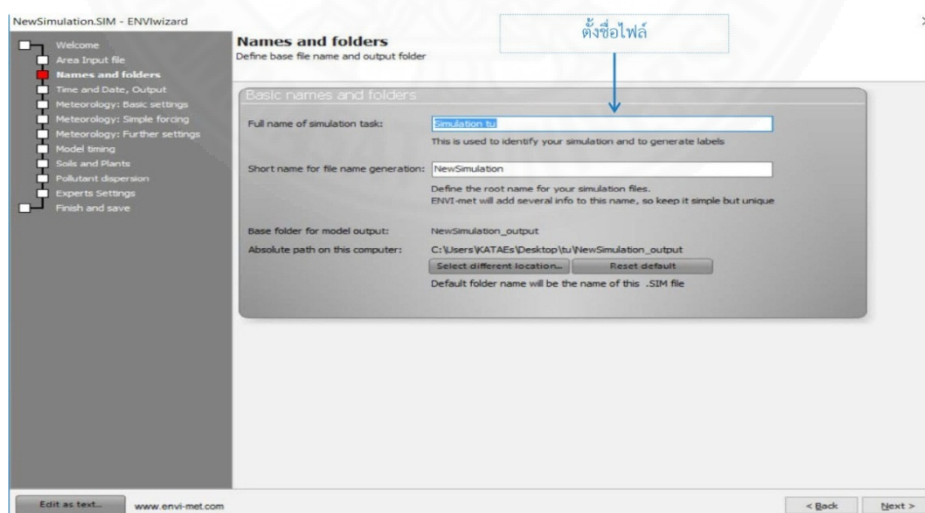


ภาพที่ 2.18 การตรวจสอบข้อมูลทางกายภาพของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดยผู้วิจัย.

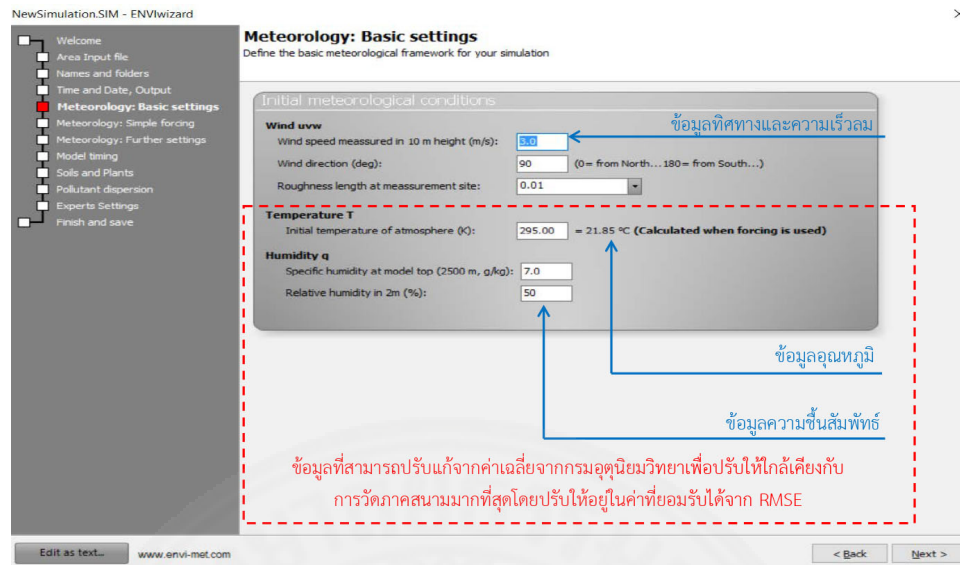
(2) ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผล ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของการนำเข้าแบบจำลองสถานการณ์ที่เป็นข้อมูลทางกายภาพที่ได้สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 1 และมีการกำหนดการประมวลผลตามวันเวลาที่ต้องการทราบผล และข้อมูลสภาพอากาศที่เป็นตัวแปรสำคัญในการประมวลผล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้



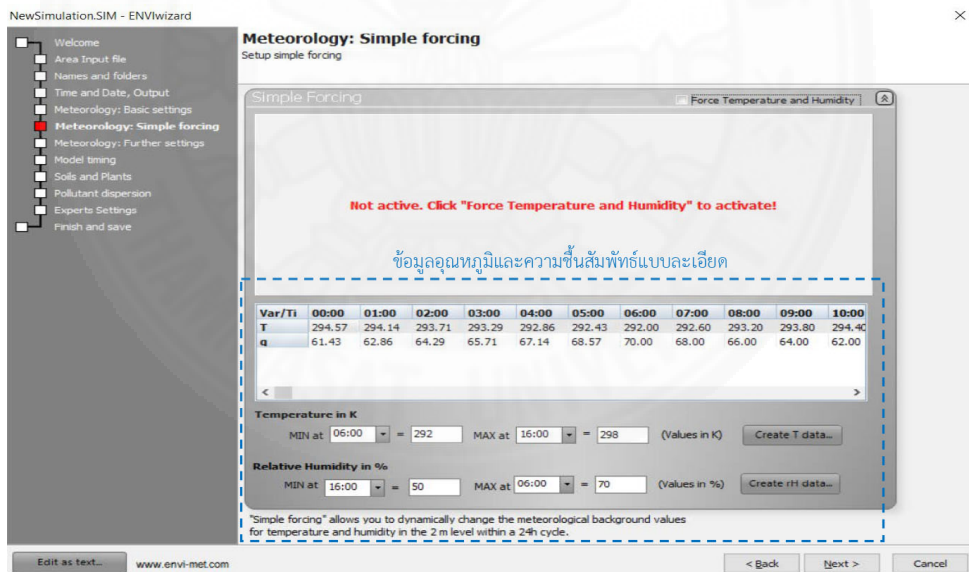
ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนที่ 1 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



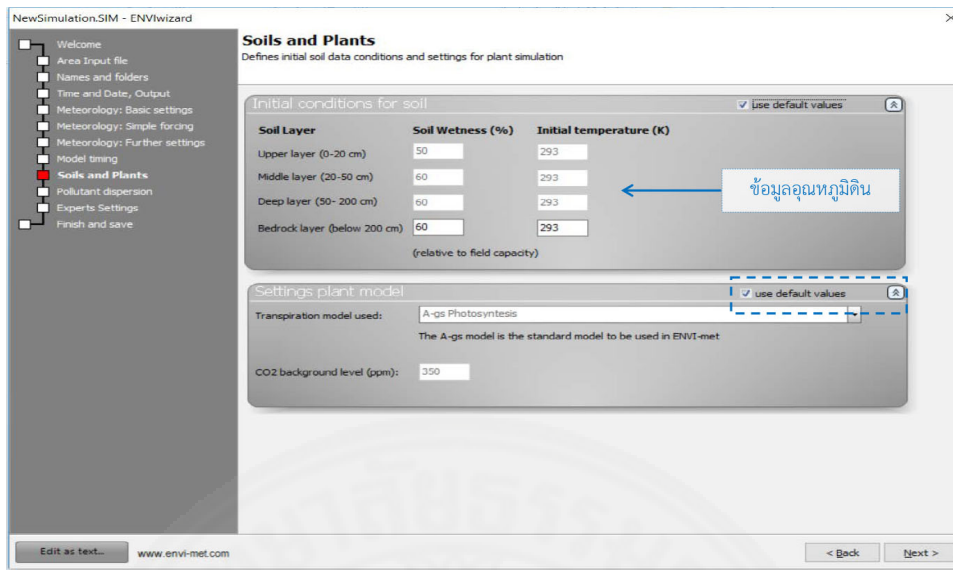
ภาพที่ 2.20 ขั้นตอนที่ 2 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



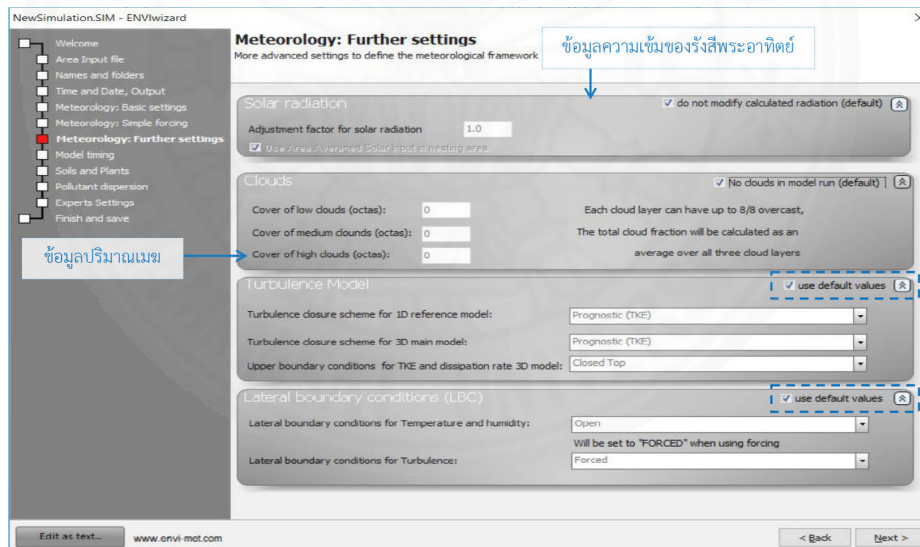
ภาพที่ 2.21 ขั้นตอนที่ 3 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



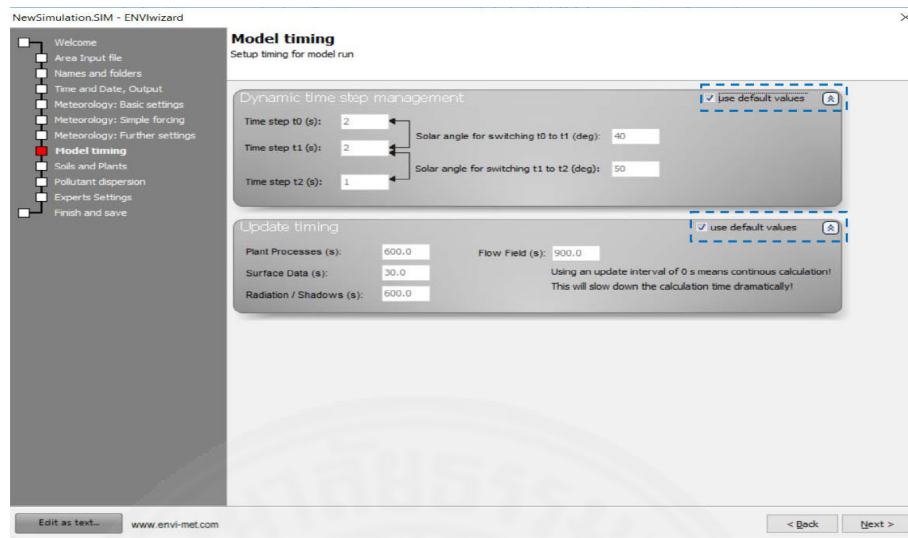
ภาพที่ 2.22 ขั้นตอนที่ 4 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



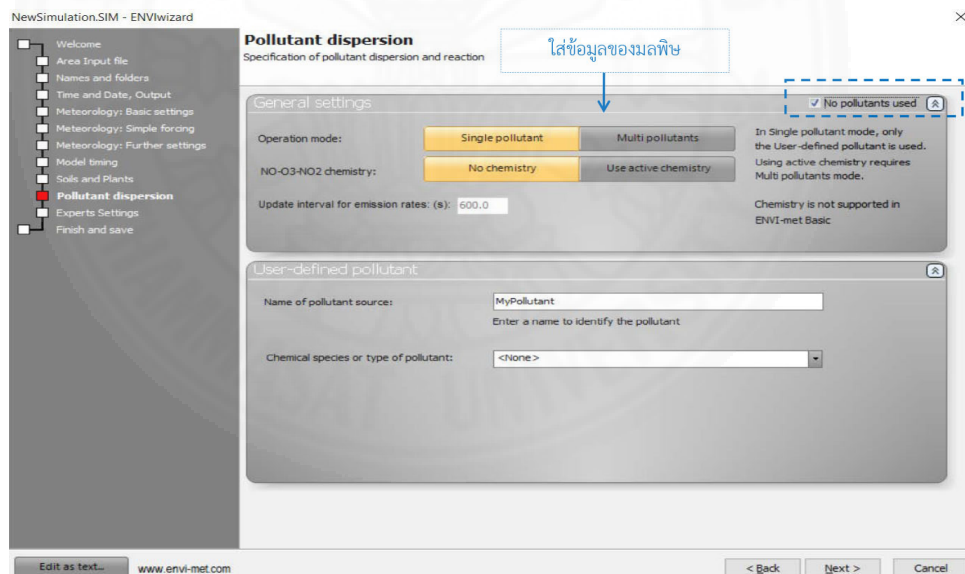
ภาพที่ 2.23 ขั้นตอนที่ 5 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



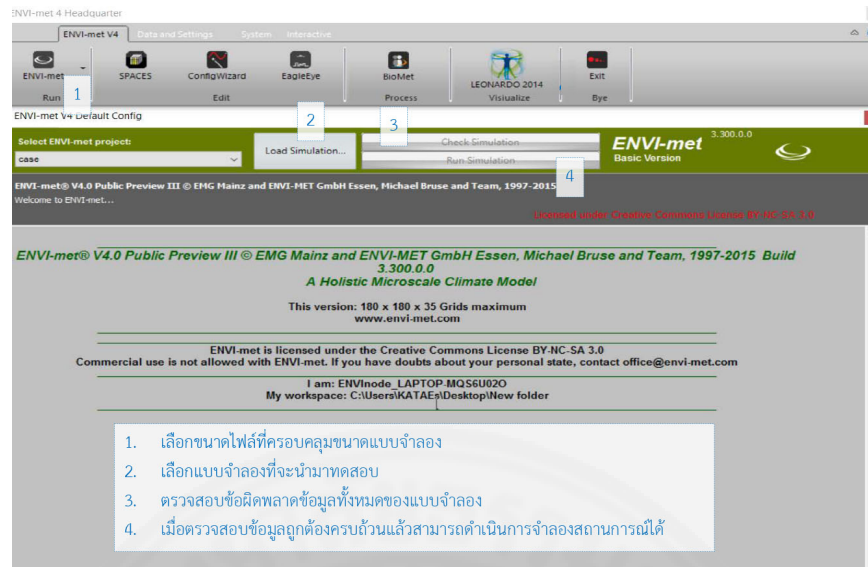
ภาพที่ 2.24 ขั้นตอนที่ 6 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



ภาพที่ 2.25 ขั้นตอนที่ 7 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



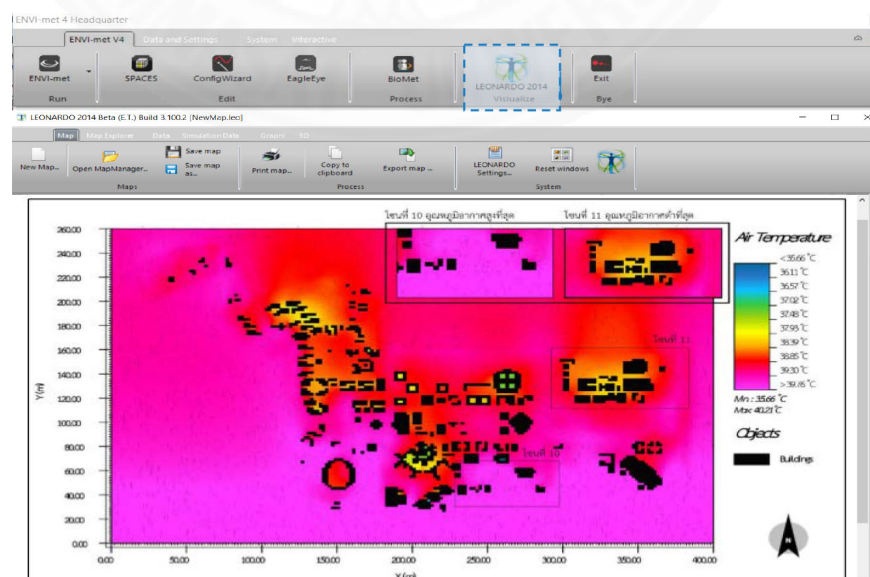
ภาพที่ 2.26 ขั้นตอนที่ 8 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.



ภาพที่ 2.27 ขั้นตอนที่ 9 ในการกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผลของแบบจำลองของโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย.

(3) ขั้นตอนที่ 3 การจำลองสถานการณ์ เป็นขั้นตอนหลังจากที่นำเข้าข้อมูลทั้งหมดและมีการกำหนดเงื่อนไขแล้วเพื่อตรวจสอบเช็คข้อมูลและจำลองสถานการณ์เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

(4) ขั้นตอนที่ 4 การประมวลผล โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ นั้น ๆ มาทำการประมวลที่ต้องการโดยสามารถเลือกใช้ข้อมูลได้โดยใช้การแสดงผลของ LEONARDO 2014 Visualize ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรม ENVI-met version ตัวอย่างดังภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างการประมวลผลและแสดงผลผ่าน LEONARDO 2014 Visualize. โดย ผู้วิจัย.

2.4 สรุปแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมซึ่งประกอบด้วยแนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะอยู่สบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร และแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในข้างต้นนั้น ทางผู้วิจัยได้พบว่าแนวโน้มในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง โดยทำเลของโครงการจะอยู่ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) ซึ่งทำเลนั้นมีความสอดคล้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายของคน โดยเฉพาะสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร เนื่องจากสภาพภายนอกอาคารนั้นมีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้เหมือนสภาพภายในอาคารหรือพื้นที่ปิด ดังนั้น ในปัจจุบันทางภาครัฐจึงได้มีการออกมาตรการในการควบคุมการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์เพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขึ้น และนอกจากนั้นยังออกมาตรการสร้างแรงจูงใจแก่ผู้ประกอบการตามแนวคิดเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) โดยหนึ่งในประเด็นหลักในการวัดผลของเกณฑ์ดังกล่าวได้ให้ความสำคัญกับงานภูมิทัศน์หรืองานภายนอกอาคารด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมนั้นได้พบว่ามาตรการดังกล่าวยังไม่นิยมใช้เนื่องจากปัญหาด้านต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นพบได้ในทุกภาคธุรกิจ เนื่องจากต้นทุนเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจ ทำให้เกิดแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE) ที่กล่าวถึงประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศ โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ได้ คือ

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันทางธุรกิจ)}}{\text{ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม)}}$$

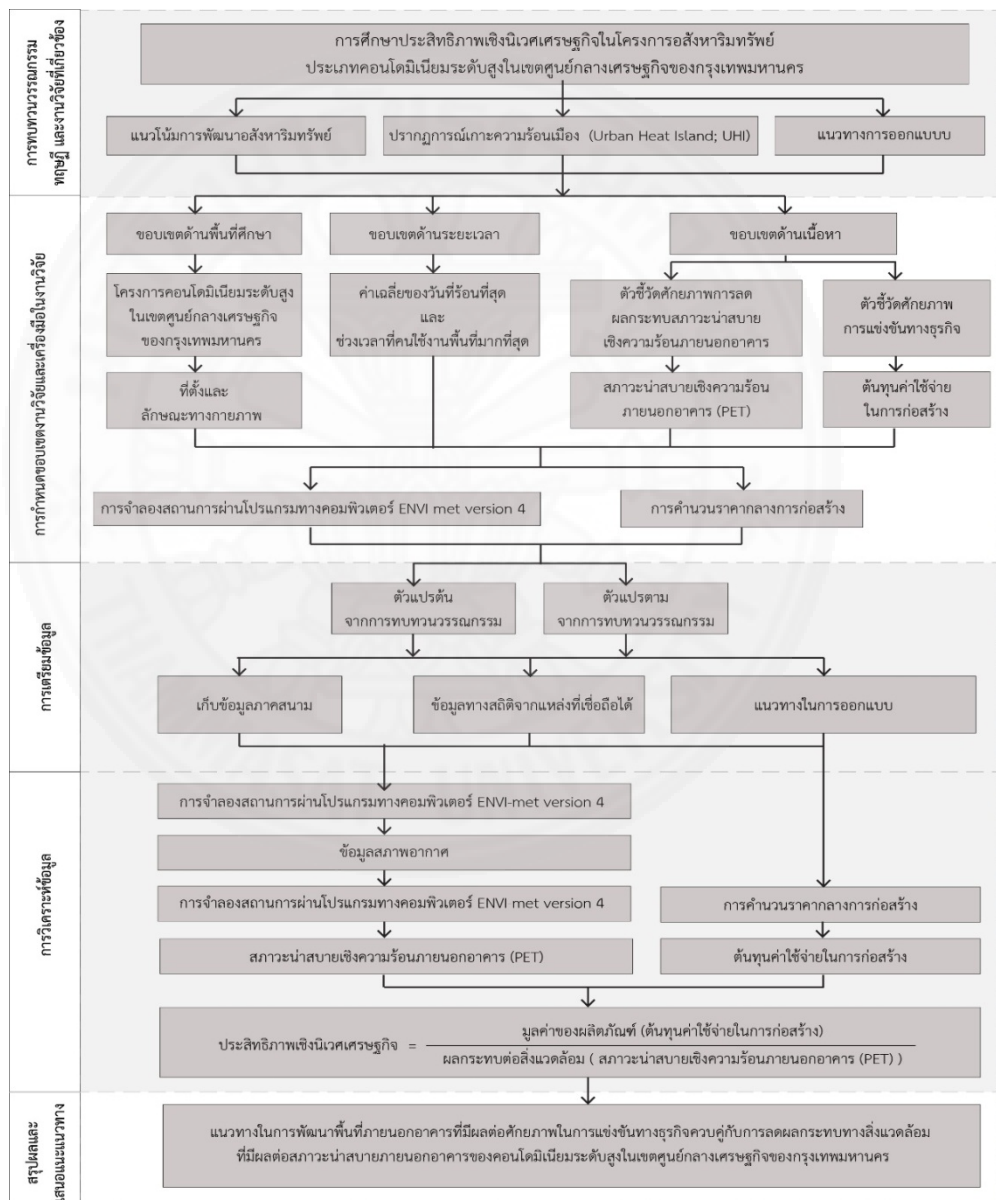
ซึ่งตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการแข่งขันทางธุรกิจคือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาโครงการเฉพาะส่วนภายนอกอาคารเท่านั้น โดยศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง(Hardscape) ใช้ประเภทของวัสดุแบ่งตามค่าสะท้อนความร้อนจากสีของวัสดุเป็นเกณฑ์ เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าประเภทของวัสดุที่เลือกใช้ในโครงการจะสะท้อนได้จากกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการขาย หากเป็นกลุ่มระดับ HI-END ขึ้นไปจะมีการใช้วัสดุที่ค่อนข้างมีราคาสูงในการออกแบบเพื่อให้เกิดสุนทรียภาพของงาน และจากการศึกษาปัจจัยของการเกิดปรากฏการณ์ความร้อนเมืองและเกณฑ์ประเมิน TREES-NC แล้วพบว่าค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Reflectance Index; SRI) ซึ่งค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุและสีของวัสดุนั้นๆ ทั้งนี้โครงการประเภทคอนโดมิเนียมนั้นมีพื้นที่ภายนอกอาคารเป็นส่วนตอนรับ พื้นที่พักผ่อน และ Service ในส่วนของงานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) ประกอบด้วย ต้นไม้ หญ้า ไม้พุ่ม แหล่งน้ำ โดยปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แต่จากการทบทวนวรรณกรรมในข้างต้นพบว่าปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงนั้น

มาจากจำนวนต้นไม้ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน TREES-NC ทำให้ในการศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปในส่วนของต้นไม้ใหญ่และปัจจัยอื่นเป็นปัจจัยเสริม ด้านตัวชี้วัดการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นคือค่าดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)” ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่นิยมใช้สำหรับการวัดสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายโดยสามารถศึกษาจากการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 ได้ และนำแนวทางการออกแบบทั้งหมดมาคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่ใช้หลักการคำนวณราคากลางจากกรมบัญชีกลางเปรียบเทียบกับตัวชี้วัดสภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร (PET) ตามแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยวิธีการดำเนินการวิจัยจะนำเสนอในส่วนของบทที่ 3 และนำเสนอผลการศึกษาและสรุปผลศึกษาตามลำดับ



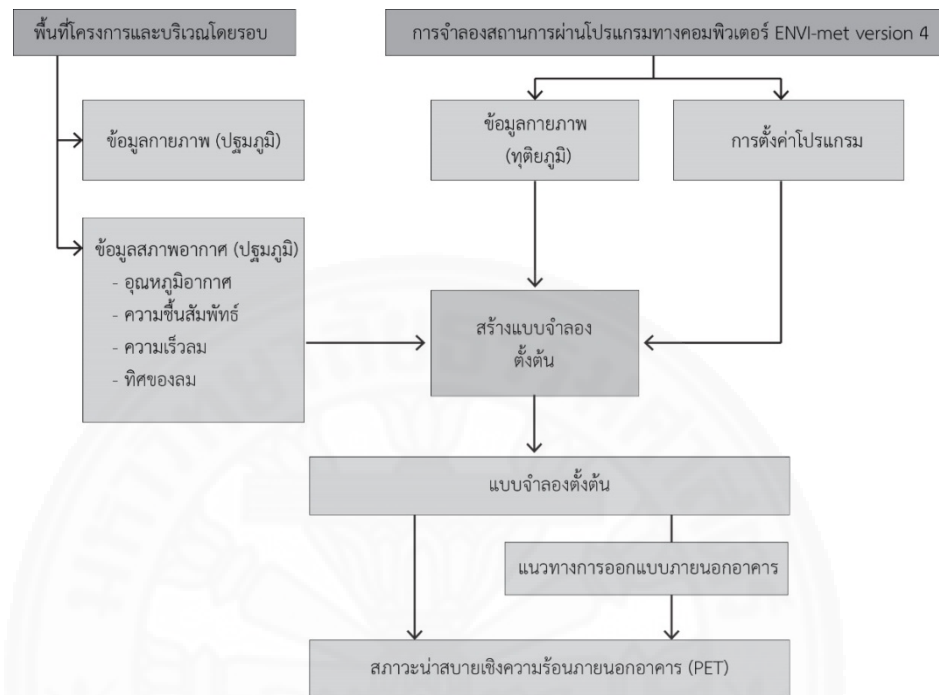
บทที่ 3 วิธีการวิจัย

ในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) ในโครงการอสังหาริมทรัพย์ ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ของ กรุงเทพมหานครนั้นมีหลักการและวิธีการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนตามกรอบการวิจัยต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงกรอบการวิจัย. โดย ผู้วิจัย, 2559.

และจากกรอบการวิจัยข้างต้นนั้น ได้มีการกล่าวถึงการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวนั้นจะสามารถสรุปกระบวนการได้ดังภาพที่ 3.2 นี้



ภาพที่ 3.2 แสดงกระบวนการนำเข้าสู่ข้อมูลเพื่อหาสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารโดยการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม ENVI-met version 4. โดย ผู้วิจัย, 2559.

3.1 การทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้มีการทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร แนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร และการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ประกอบในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำไปเป็นหลักการและที่มาของขั้นตอนในการศึกษาที่จะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

3.2 การกำหนดขอบเขตงานวิจัยและเครื่องมือในงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดนั้นสามารถกำหนดขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้ได้โดยแบ่งแยกเป็น (1) ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา การวิจัยนี้จะศึกษาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครจำนวน 1 โครงการ โดยเป็นโครงการที่มีพื้นที่ภายนอกอาคารสำหรับผู้พักอาศัยสามารถออกมาใช้พื้นที่สำหรับพักผ่อนได้และอยู่ในศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้หลักการในการเลือกพื้นที่ศึกษานั้นกำหนดจากขนาดโครงการที่มีศักยภาพในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามการทบทวนวรรณกรรม (2) ขอบเขตด้านเนื้อหาประกอบไปด้วยการศึกษาตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจเฉพาะในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างภายนอกอาคารของโครงการที่เปลี่ยนแปลงไปตามแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร และการศึกษาตัวชี้วัดผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร โดยใช้ดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET) ที่การใช้แบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 ในการประเมินหาตัวชี้วัดดังกล่าว (3) ขอบเขตด้านระยะเวลาในการศึกษาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร ในวันที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงที่สุด คือวันที่ 22 เมษายน และศึกษาช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น.-22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความถี่ในการออกมาใช้พื้นที่พักผ่อนภายนอกอาคารสูง โดยระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยในส่วนของเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงกลาง เดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2560

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาตัวชี้วัดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ได้ เพื่อประหยัดเวลาและต้นทุนในการศึกษาวิจัย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 โดยมีการเตรียมข้อมูลต่อไป

3.3 การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้จะประกอบไปด้วยหลักการในการเตรียมข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ซึ่งต้องผ่านกระบวนการในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับข้อจริงมากที่สุด โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

แสดงข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล	
	ปฐมภูมิ	ทุติยภูมิ
1. ผังโครงการ 2. ข้อมูลทางกายภาพของโครงการและสภาพแวดล้อมภายนอก - งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) - งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) - วัสดุเปลือกอาคาร และความสูง 3. ข้อมูลสภาพอากาศ - อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) - ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) - ความเร็วลม (Wind Velocity) - ทิศทางของลม (Wind Direction) 4. ข้อมูลราคาวัสดุการก่อสร้าง	- - - - - - - -	ข้อมูลประกอบการขาย ของเจ้าของโครงการ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา สำนักงานพาณิชย์จังหวัด และราคาตลาด

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แสดงข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล	
	ปฐภูมิ	หตุยภูมิ
5. แนวทางออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร - งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) แบ่งตามค่าสะท้อนความร้อนโดยใช้สีของวัสดุเป็นเกณฑ์ - งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) ประกอบด้วย ต้นไม้ หญ้า ไม้พุ่ม แหล่งน้ำ		โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4 เกณฑ์ประเมิน TREES-NC

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตารางที่ 3.1 นั้น จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลแบ่งแยกเป็นข้อมูลปฐภูมิ และข้อมูลหตุยภูมิ โดยข้อมูลปฐภูมินั้นจะเป็นการสำรวจภาคสนามจากพื้นที่โครงการและบริเวณโดยรอบ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลโดยผู้วิจัย แต่ในการเก็บข้อมูลด้านข้อมูลสภาพอากาศนั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลจากภาคสนามได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของโครงการและบริเวณโดยรอบโครงการมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของข้อมูล อาทิเช่น ลักษณะทางกายภาพมีสิ่งปลูกสร้างที่หนาแน่นทำให้ไม่มีพื้นที่โล่งว่างเหมาะสมกับการเก็บข้อมูล โดยมีลักษณะสิ่งก่อสร้างมีความสูงคดบังแสงอาทิตย์ ทิศทางลม ในบางช่วงเวลา และมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การสัญจรของคนในบริเวณดังกล่าว ประกอบกับเป็นโครงการประเภทที่อยู่อาศัยรวม ทางโครงการจึงคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของผู้พักอาศัยเป็นสำคัญ จึงเกรงว่าการเก็บข้อมูลที่มีการติดตั้งเครื่องมือจะส่งผลถึงความเป็นส่วนตัวได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในบริเวณใกล้เคียงคือ ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ สถานีศูนย์สิริกิตต์ ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ศึกษาเพียง 3 กิโลเมตร และมีการบันทึกข้อมูลสถิติราย 3 ชั่วโมงย้อนหลังครบ 5 ปี เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งข้อมูลการวิเคราะห์ออกมาเป็น 2 ตัวชี้วัดเพื่อนำไปเปรียบเทียบหาแนวทางออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของการพัฒนาสังหาริมทรัพย์ประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

แสดงตัวชี้วัดและเครื่องมือในการศึกษาแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคาร

พื้นที่ศึกษา	ศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจ		การลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	
	ตัวชี้วัด	เครื่องมือ	ตัวชี้วัด	เครื่องมือ
1. แบบจำลองสภาพแวดล้อมจริง	ผลต่างของราคาวัสดุ	การประมาณราคากลางการก่อสร้าง	ผลต่างของสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (PET)	โปรแกรม ENVI-met version 4
2. แนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคาร	ผลต่างของราคาวัสดุ	การประมาณราคากลางการก่อสร้าง	ผลต่างของสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (PET)	โปรแกรม ENVI-met version 4

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 3.2 นั้น มีเครื่องมือในการประมาณราคากลางการก่อสร้างสำหรับการหาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพื่อหาตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจ คือ ปริมาณวัสดุ x ราคาวัสดุ ไม่รวมค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยที่ราคาของวัสดุนั้นจะคิดจากสำนักงานพาณิชย์จังหวัดและราคาตลาดของวัสดุนั้น ๆ ในส่วนของเครื่องมือในการศึกษาตัวชี้วัดการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นจะใช้วิธีจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม ENVI-met version 4 ซึ่งต้องมีการนำเข้าข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

(1) ลักษณะทางกายภาพจากข้อมูลที่เตรียมไว้ และลักษณะทางกายภาพของแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคาร โดยการนำเข้านั้นค่อนข้างมีข้อจำกัดตามที่ได้ทบทวนวรรณกรรม คือ ลักษณะการนำเข้าเป็นลักษณะของตาราง และฐานข้อมูลมีอย่างจำกัด เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเวลาในการวิจัย ซึ่งข้อมูลสำหรับการนำเข้มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.3 นี้

ตารางที่ 3.3

แสดงรายการข้อมูลลักษณะทางกายภาพสำหรับนำเข้าโปรแกรม ENVI-met version 4

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ	
รายการข้อมูล	หมายเหตุ
1. แบบจำลองสภาพแวดล้อมจริง 1.1 กำหนดเงื่อนไขขนาดมาตราส่วนของพื้นที่ศึกษา 1.2 กำหนด Nesting Grid (บริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษา) 1.3 กำหนดตำแหน่งที่ตั้งโครงการ (ละติจูด, ลองจิจูด) 1.4 ทิศของพื้นที่ศึกษา 1.5 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร 1.6. ลักษณะภายนอกอาคาร 1.6.1 งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) 1.6.2 งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)	ตามขนาดของพื้นที่ศึกษาเทียบกับขนาด Grid ที่เป็นไปได้ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ระยะโดยรอบ 1 เท่าของพื้นที่ศึกษา ข้อมูลจาก Google earth ข้อมูลจาก Google earth ข้อมูลจาก Google earth ใช้ฐานข้อมูลวัสดุตามโปรแกรม ใช้ฐานข้อมูลวัสดุตามโปรแกรม ใช้ฐานข้อมูลวัสดุตามโปรแกรม
2. แนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคาร 2.1 แบบจำลองสภาพแวดล้อมจริง (ตามข้อ 1.1-1.5) 2.2 ลักษณะภายนอกอาคาร 2.2.1 งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) - ประเภทของวัสดุโดยแบ่งตามค่าสะท้อนความร้อนโดยใช้สีของวัสดุเป็นเกณฑ์ 2.2.2 งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) - ต้นไม้ - หญ้า - ไม้พุ่ม - แหล่งน้ำ	ใช้ฐานข้อมูลวัสดุตามโปรแกรม ใช้ฐานข้อมูลวัสดุตามโปรแกรม

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

(2) การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ ประกอบไปด้วยข้อมูลอุณหภูมิอากาศโดยแบ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญในการหาสถานะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารและการกำหนดค่าที่มีผลกับข้อมูลทางสภาพอากาศของพื้นที่ศึกษาดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

แสดงรายการข้อมูลสภาพอากาศสำหรับนำเข้าโปรแกรม ENVI-met version 4

ข้อมูลสภาพอากาศ	
รายการข้อมูล	หมายเหตุ
1. ข้อมูลที่มีผลกับสภาวะนำสabayเชิงความร้อนภายนอกอาคาร 1.1 อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) 1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) 1.3 ความเร็วลม (Wind Velocity) 1.4 ทิศทางลม (Wind Direction)	จากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี
2. ข้อมูลในการกำหนดค่าปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลจากพื้นที่ศึกษา 2.1 วันในการทดสอบ คือวันที่ 22 เมษายน 2.2 เวลาในการทดสอบ คือ ช่วงเวลา 16.00-22.00 น. 2.2 ระดับความสูง ในการทดสอบ คือ 1.50 เมตร	วันที่ร้อนที่สุดเฉลี่ยในรอบปี มีความถี่สูงในการใช้พื้นที่พักผ่อน ระดับความสูงที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงและข้อจำกัดของโปรแกรม ENVI-met version 4

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

ทั้งนี้ เมื่อได้ตัวชี้วัดทั้งสองตามแนวทางการออกแบบแล้วนั้นจะนำตัวชี้วัดมาเปรียบเทียบกับสมการของการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยมีสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)} = \frac{\Delta C \text{ ผลต่างของราคาวัสดุ(บาท)}}{\Delta I \text{ ผลต่างของสภาวะนำสabayเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (การลดลง 0.01 \%)}}$$

$$EE(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) = \frac{\Delta C = \text{ราคาของวัสดุทั้งหมด}(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) - \text{ราคาวัสดุของทั้งหมด}(\text{CASE}_{01-00})}{\Delta I = \text{ค่าเฉลี่ยPET}(\text{CASE}_{\text{ที่ศึกษา}}) - \text{ค่าเฉลี่ยPET}(\text{CASE}_{01-00})}$$

แล้วนำผลที่ได้นั้นไปสู่กระบวนการสรุปผลและเสนอแนะแนวทาง

3.5 การสรุปผลและเสนอแนะแนวทาง

เมื่อได้ตัวชี้วัดด้านศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจและตัวชี้วัดด้านการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมาแล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวมาเปรียบเทียบกันในแต่ละแนวทางการออกแบบเพื่อสรุปผลและเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสถานะน่าสบายภายนอกอาคารของคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

3.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.5

แสดงระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

	แผนการดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
		59	59	59	59	59	60	60	60	60	60	60
1	กำหนดหัวข้อวิจัย	x										
2	จัดทำงานวิจัยบทที่ 1 บทที่ 2 และบทที่ 3		x	x	x							
3	เสนอ Proposal งานวิจัย					x						
4	การเก็บข้อมูล						x	x				
5	การวิเคราะห์ข้อมูล							x	x			
6	นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล									x	x	
7	นำเสนอผลงานและตีพิมพ์ในบทความวิชาการ										x	
8	รายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอ											x

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

บทที่ 4

การเก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจำลองสถานการณ์

การเตรียมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้จะประกอบไปด้วยข้อมูลปฐภูมิและทุติยภูมิ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริงของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลทางกายภาพของโครงการและบริเวณโดยรอบ

ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงที่มีพื้นที่พักผ่อนและทำกิจกรรมสำหรับผู้ที่อยู่อาศัยภายนอกอาคาร ทำเลที่ตั้งโครงการตั้งอยู่ในเขตสาทร บริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง (CBD) เป็นที่ดินประเภทพาณิชย์กรรม (สีแดง) บริเวณหมายเลข พ.5 -7 มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินไม่เกิน 10: 1



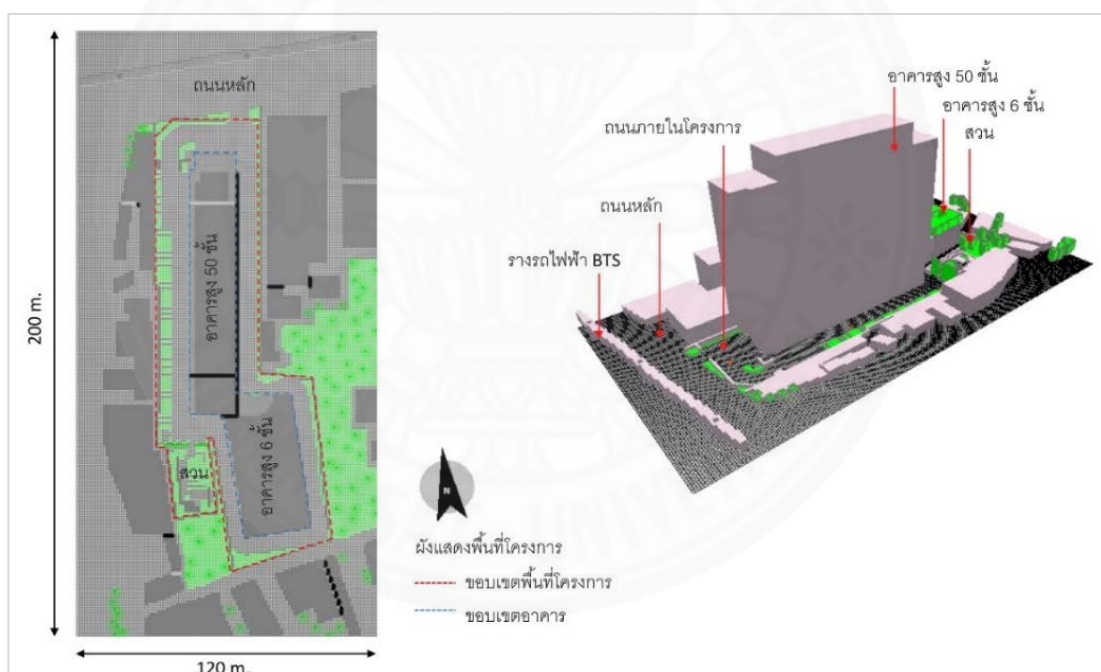
ภาพที่ 4.1 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษาและสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

โดยลักษณะทางกายภาพของโครงการประกอบด้วยพื้นที่โครงการทั้งหมด 7,919 ตร.ม. (4 - 3 - 79 ไร่) แบ่งเป็น

- พื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ความสูง 50 ชั้นและ 6 ชั้น มีพื้นที่ปกคลุมชั้น 1 ขนาด 3,459 ตร.ม.

- พื้นที่งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) 3,260 ตร.ม. สามารถแยกเป็น 2 ส่วนคือ พื้นที่ถนนและทางเท้าในส่วนต้อนรับและสวนพักผ่อนขนาด 2,380 ตร.ม. และส่วน Service มีขนาดพื้นที่ 880 ตร.ม.

- พื้นที่งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) 1,200 ตร.ม. ประกอบด้วยไม้พุ่มและต้นไม้และพื้นที่โดยรอบโครงการรัศมี 20 เมตร โดยรอบโครงการประกอบด้วย ถนนลาดยาง ถนนคอนกรีต อาคารสิ่งปลูกสร้างตั้งแต่ความสูง 1 ชั้น - 6 ชั้น รางรถไฟบีทีเอส คุน้ำและพื้นที่สีเขียวและต้นไม้ใหญ่ ซึ่งมีเมื่อนำเข้าสู่โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4.0 มีรายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่โครงการศึกษาและพื้นที่โดยรอบ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.2 ข้อมูลสภาพอากาศ

ข้อมูลสภาพอากาศนั้นได้ใช้ข้อมูลทางสถิติย้อนหลังจำนวน 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 โดยเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (สถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่บริเวณศูนย์การประชุม

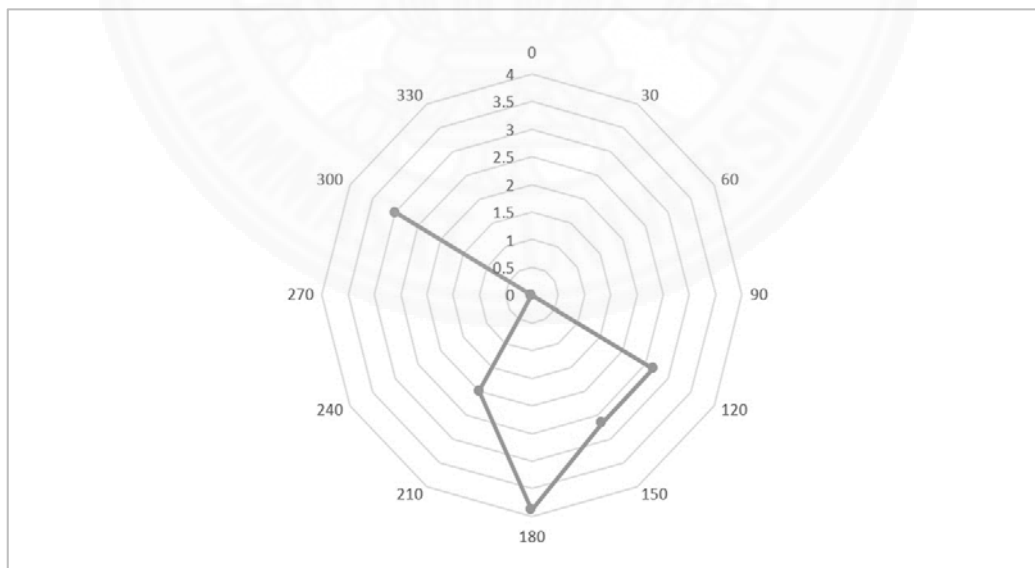
แห่งชาติสิริกิติ์) เป็นสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ใกล้เคียงที่สุดกับพื้นที่ศึกษาโดยห่างจากพื้นที่โครงการ ประมาณ 3 กิโลเมตร ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และทิศทางลม ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 เพื่อนำไปเป็นค่าตั้งต้นในการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVI-met version 4.0 ต่อไป

ตารางที่ 4.1

ข้อมูลสถิติของสภาพอากาศย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559)

ข้อมูลสภาพอากาศ	01.00	4.00	07.00	10.00	13.00	16.00	19.00	22.00	เฉลี่ย
	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	น.	
อุณหภูมิความร้อน (°C)	30.08	29.62	28.84	33.24	36.56	36.70	32.64	30.72	32.30
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	68.10	72.00	73.68	53.80	44.54	44.12	55.86	65.82	65.82
ความเร็วลม (m/s)	1.80	1.20	1.80	1.20	2.00	1.40	1.80	1.80	1.63

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลสถิติของทิศทางลมย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2555-2559). โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.3 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าค่าการสะท้อนความร้อนซึ่งมีความสัมพันธ์กับสีและต้นไม้ใหญ่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในบริเวณดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาของลักษณะทางกายภาพเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบแบ่งเป็นทั้งหมด 10 แนวทาง ตามตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.2

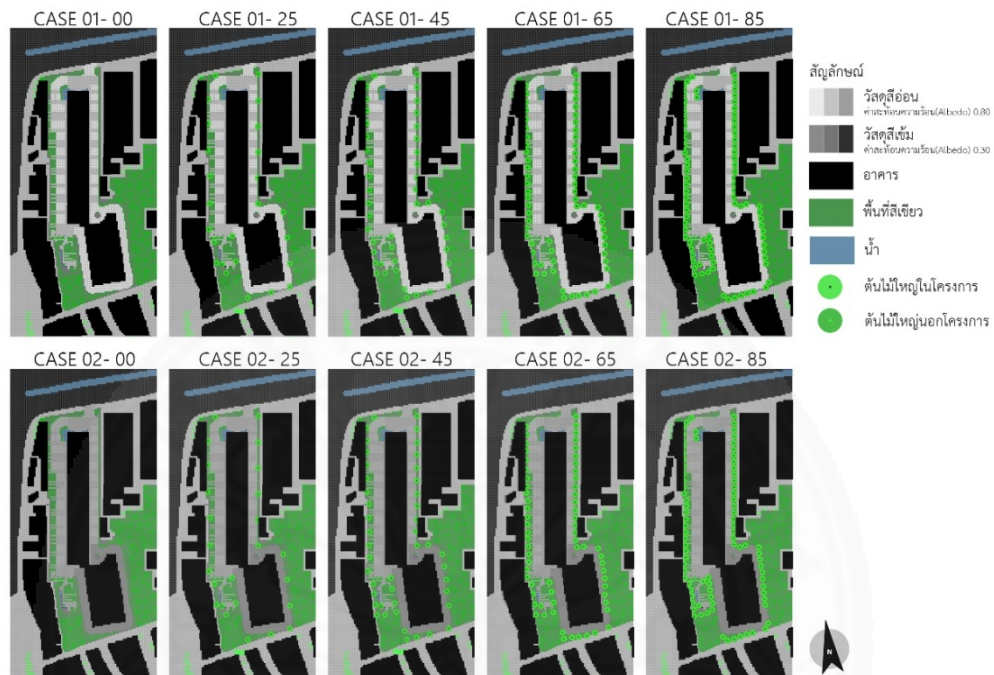
แสดงแนวทางการในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร

แนวทางการออกแบบ		ภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)	ภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)	
		วัสดุ	จำนวนต้นไม้	ทิศที่ปลูก
1	CASE 01 -00	สีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	0	-
2	CASE 01 -25	สีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	25	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
3	CASE 01 -45	สีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	45	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
4	CASE 01 -65	สีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	65	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
5	CASE 01 -85	สีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	85	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
6	CASE 02 -00	สีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	0	-
7	CASE 02 -25	สีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	25	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
8	CASE 02 -45	สีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	45	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
9	CASE 02 -65	สีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	65	ตะวันออก ได้ ตะวันตก
10	CASE 02 -85	สีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	85	ตะวันออก ได้ ตะวันตก

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

โดยในค่าความสะท้อนความร้อนนั้นได้อ้างอิงค่าสะท้อนความร้อนที่มากและน้อยที่สุดจากข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรม ENVI-met version 4 และจำนวนต้นไม้ใหญ่จากเกณฑ์มาตรฐานของ TREE-NC ในหมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL) ของหมวด S3 การใช้พืชพรรณให้เหมาะสมให้เลือกต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร ซึ่งได้จำนวนต้นไม้ทั้งหมด 45 ต้น และเมื่อพิจารณาร่วมกับหมวด S5.3 คือ มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดให้มีการปลูกต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก โดยทรงพุ่มให้มีรัศมีของต้น (อายุ 5 ปี) ให้สัมผัสกันหรือห่างกันไม่เกิน 1 เมตร ได้ตามเกณฑ์ทั้งหมด 65 ต้น และเมื่อทดลองวาง

ตำแหน่งต้นไม้ให้ทรงพุ่มไม่ซ้อนทับกันพบว่าได้จำนวนต้นไม้ทั้งหมด 85 ต้น และเพื่อหาค่าความต่อเนื่องของการศึกษาจึงเพิ่มจำนวนต้นไม้ที่น้อยที่สุดตามลำดับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น



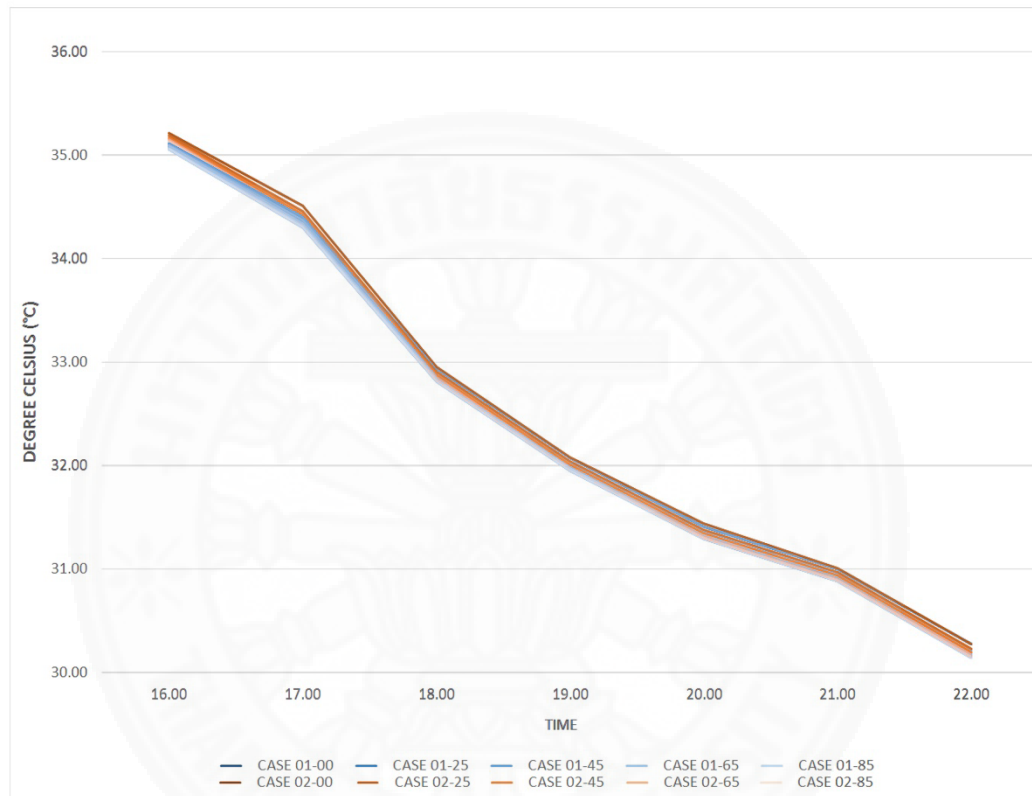
ภาพที่ 4.4 แสดงแสดงแนวทางการในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร. โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.4 ข้อมูลสภาพอากาศจากการจำลองสถานการณ์

จากการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม ENVI-met version 4 ตามแนวทางการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารทั้ง 10 แนวทาง ในวันที่ร้อนที่สุดในประเทศไทย คือ วันที่ 22 เมษายน และศึกษาตั้งแต่ช่วงเวลา 16.00 น. -22.00 น. โดยวัดค่าในระดับความสูงเหนือพื้นดิน 1.50 เมตร ซึ่งได้ผลการศึกษาเบื้องต้นก่อนนำผลการศึกษาดังกล่าวไปคำนวณหาค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่า ทางสรีรวิทยา (PET) มีรายละเอียดของข้อมูลดังต่อไปนี้

4.4.1 ข้อมูลอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature; Ta)

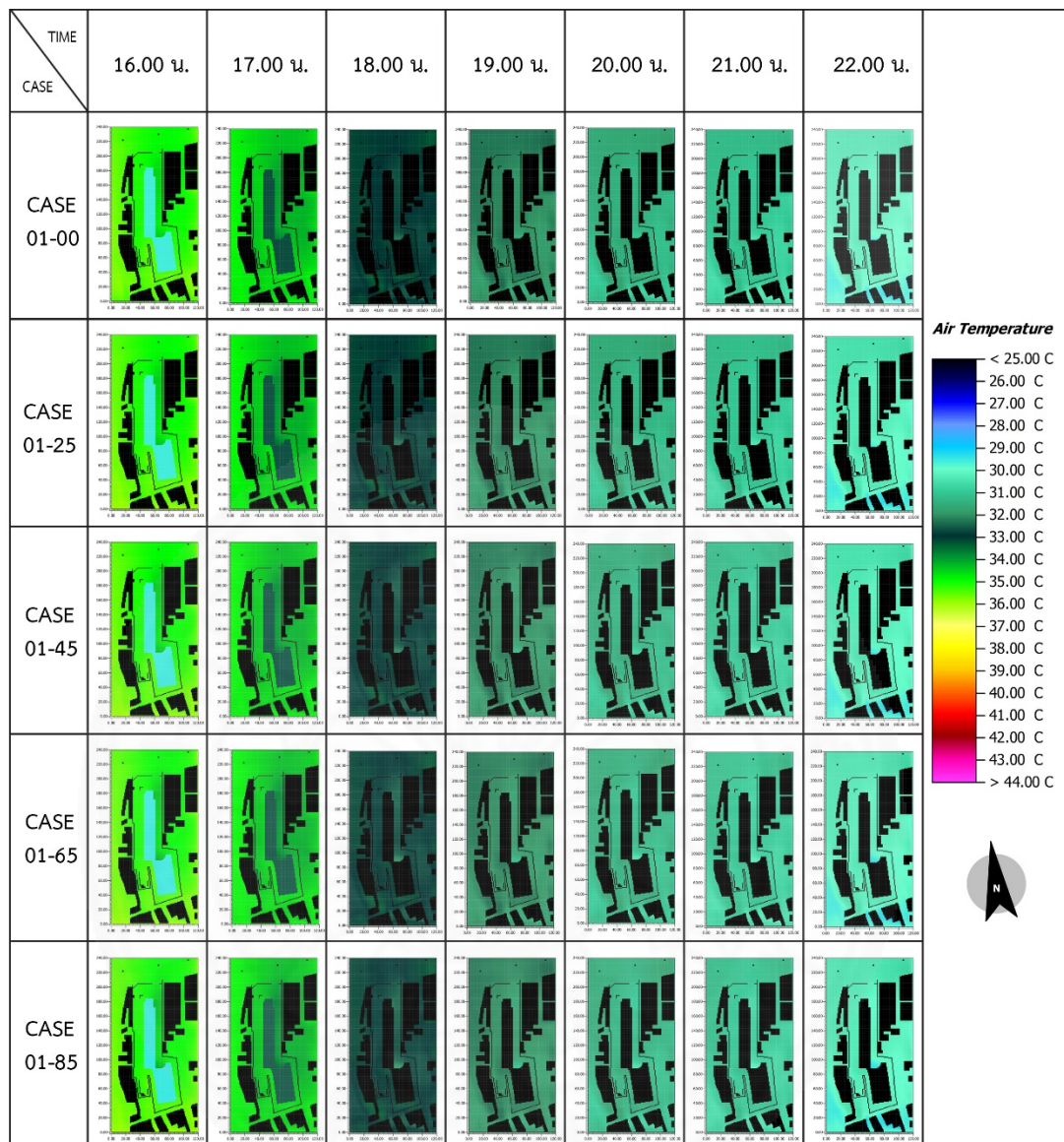
จากการจำลองสถานการณ์พบว่าสีของวัสดุสีเข้มมีผลทำให้อุณหภูมิความร้อนสูงสุดทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืนโดยพบค่า CASE 02-00 ที่สูงกว่า CASE 01-00 และเมื่อทดลองเพิ่มเติมต้นไม้พบว่าจำนวนต้นไม้มีผลต่อการลดอุณหภูมิความร้อน โดยมีค่าลดลงตามลำดับ จนทำให้ CASE 01-85 มีค่าอุณหภูมิความร้อนต่ำที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 4.5 - 4.7



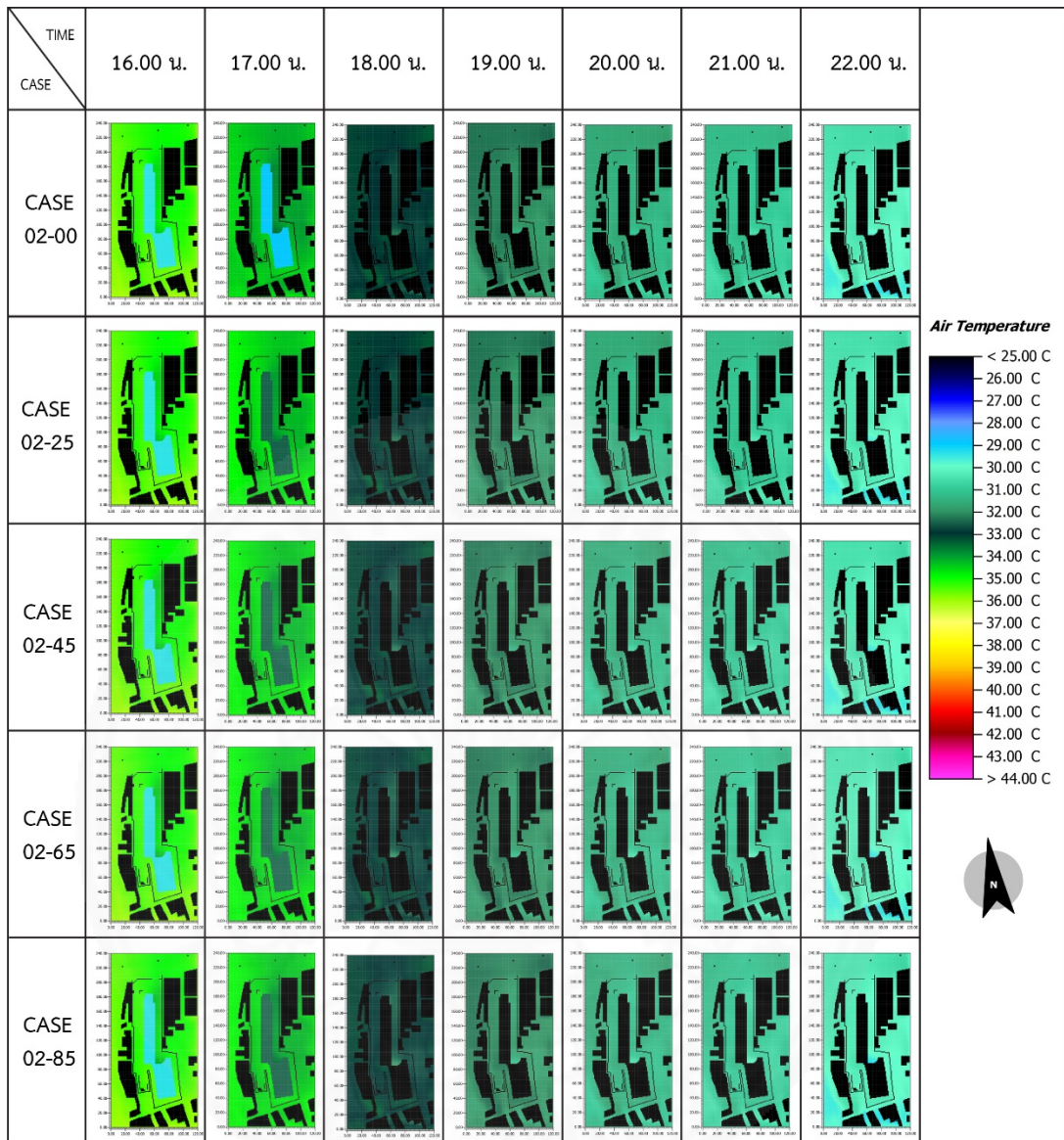
AIR TEMPERATURE / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)
CASE 01-00	35.85	34.54	35.11	35.08	33.80	34.40	33.30	32.39	32.94	32.36	31.53	32.07	31.72	30.94	31.41	31.30	30.51	31.00	30.61	29.76	30.27
CASE 01-25	36.00	34.45	35.10	35.07	33.71	34.37	33.27	32.27	32.89	32.34	31.40	32.03	31.69	30.81	31.37	31.26	30.38	30.96	30.56	29.71	30.22
CASE 01-45	36.00	34.37	35.09	35.07	33.62	34.34	33.27	32.15	32.85	32.33	31.29	32.00	31.68	30.69	31.33	31.25	30.27	30.93	30.55	29.59	30.19
CASE 01-65	35.99	34.26	35.07	35.06	33.50	34.32	33.25	32.00	32.83	32.34	31.13	31.97	31.70	30.54	31.31	31.27	30.12	30.90	30.56	29.44	30.16
CASE 01-85	35.99	34.21	35.06	35.06	33.45	34.30	33.24	31.94	32.81	32.34	31.08	31.95	31.69	30.48	31.29	31.26	30.06	30.88	30.56	29.38	30.14
CASE 02-00	36.10	34.55	35.21	34.73	33.58	34.51	33.31	32.40	32.96	32.37	31.54	32.08	33.31	32.40	31.44	31.30	30.51	31.01	30.62	29.76	30.28
CASE 02-25	36.09	34.46	35.19	35.11	33.74	34.46	33.28	32.26	32.91	32.36	31.40	32.04	31.71	30.79	31.38	31.28	30.37	30.97	30.58	29.69	30.23
CASE 02-45	36.08	34.37	35.17	35.10	33.65	34.43	33.27	32.15	32.88	32.35	31.28	32.01	31.71	30.68	31.35	31.27	30.25	30.94	30.57	29.57	30.20
CASE 02-65	36.08	34.27	35.15	35.10	33.54	34.40	33.26	32.01	32.85	32.35	31.15	31.98	31.70	30.54	31.32	31.27	30.12	30.91	30.57	29.45	30.17
CASE 02-85	36.07	34.23	35.14	35.09	33.49	34.38	33.26	31.95	32.83	32.34	31.09	31.97	31.70	30.49	31.30	31.27	30.07	30.89	30.56	29.39	30.15

LEGEND : MAX MIN

ภาพที่ 4.5 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.



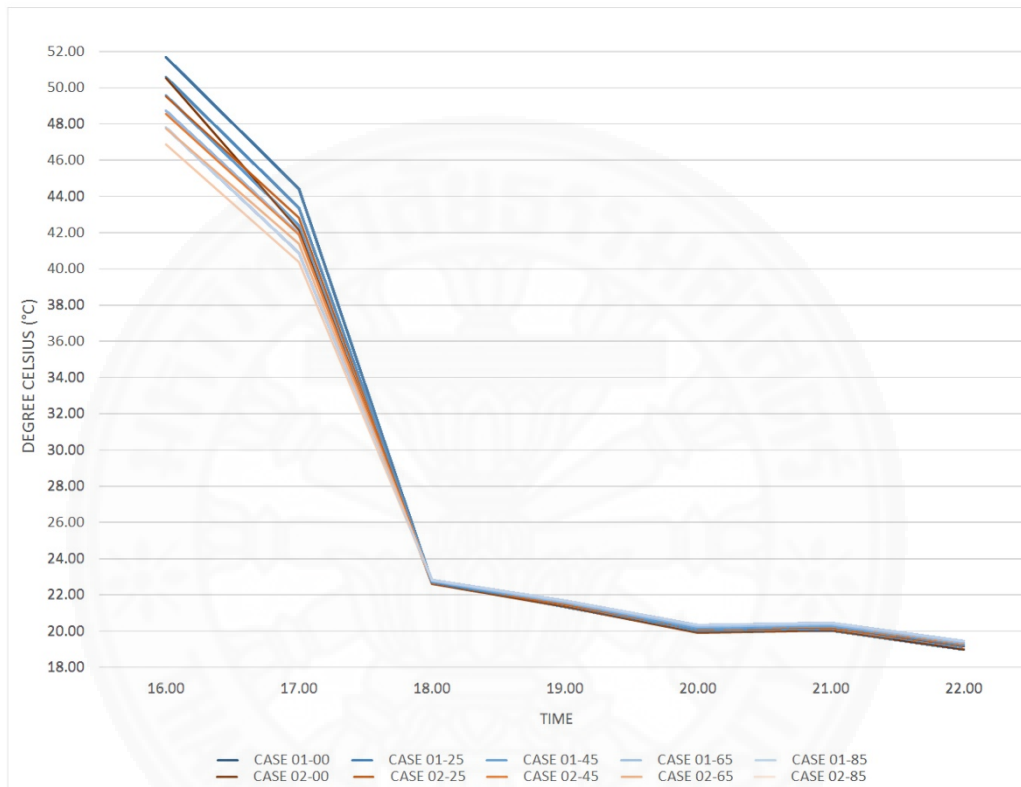
ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.4.2 ข้อมูลรังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature; T_{mrt})

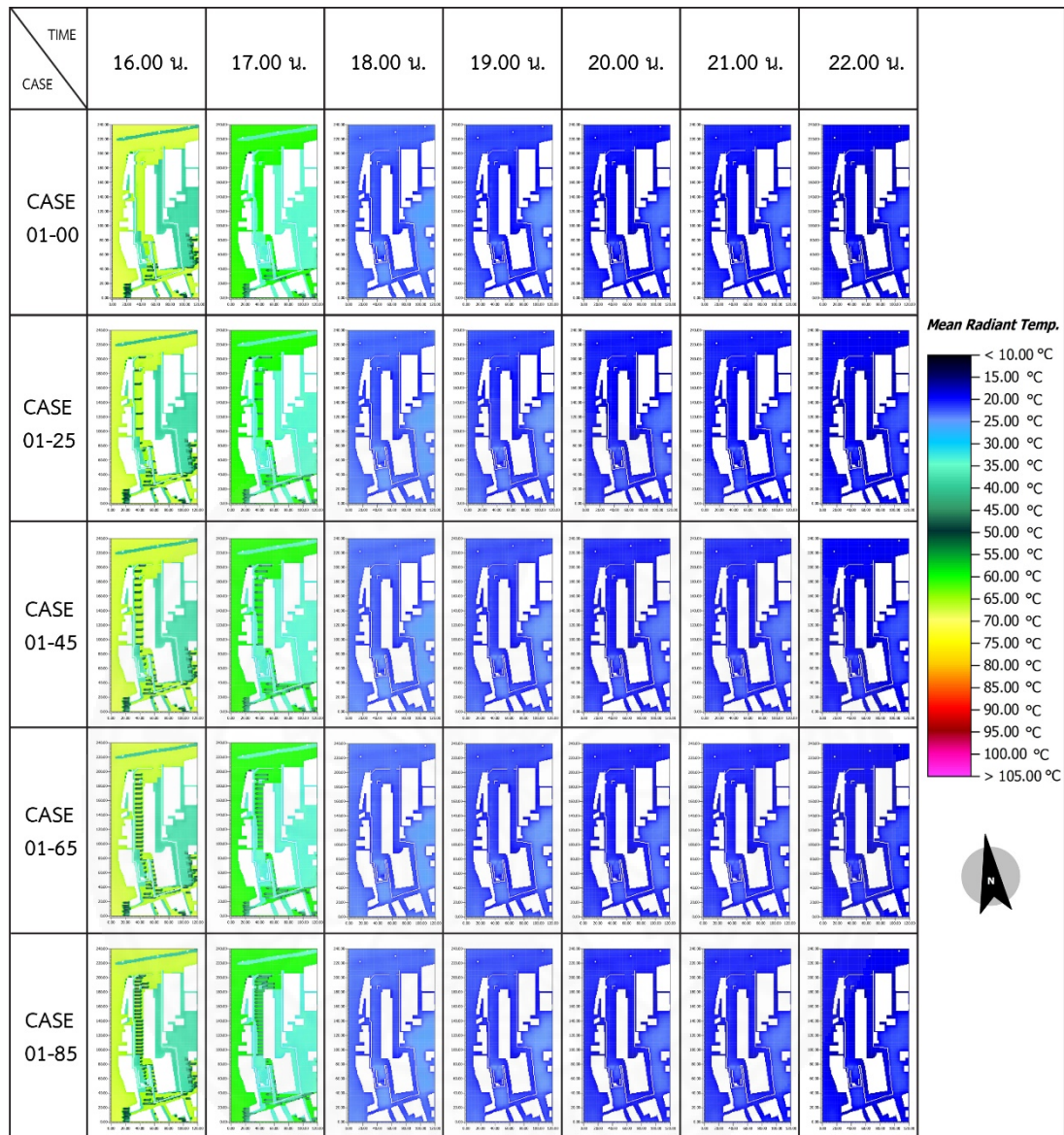
ค่าของรังสีความร้อนที่พบในการจำลองสถานการณ์ตามภาพที่ 4.8- 4.10 นั้น มีค่ามีแปรผกผันกันในระหว่าง 2 ช่วงเวลา คือในช่วงกลางวันวัสดุสีอ่อนจะมีค่ารังสีความร้อนที่สูงกว่าวัสดุสีเข้ม แต่ในช่วงเวลากลางคืนวัสดุสีเข้มจะมีค่าสูงกว่าวัสดุสีอ่อน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าจำนวนของต้นไม้ส่งผลให้รังสีความร้อนเพิ่มขึ้นตามปริมาณของต้นไม้ด้วย



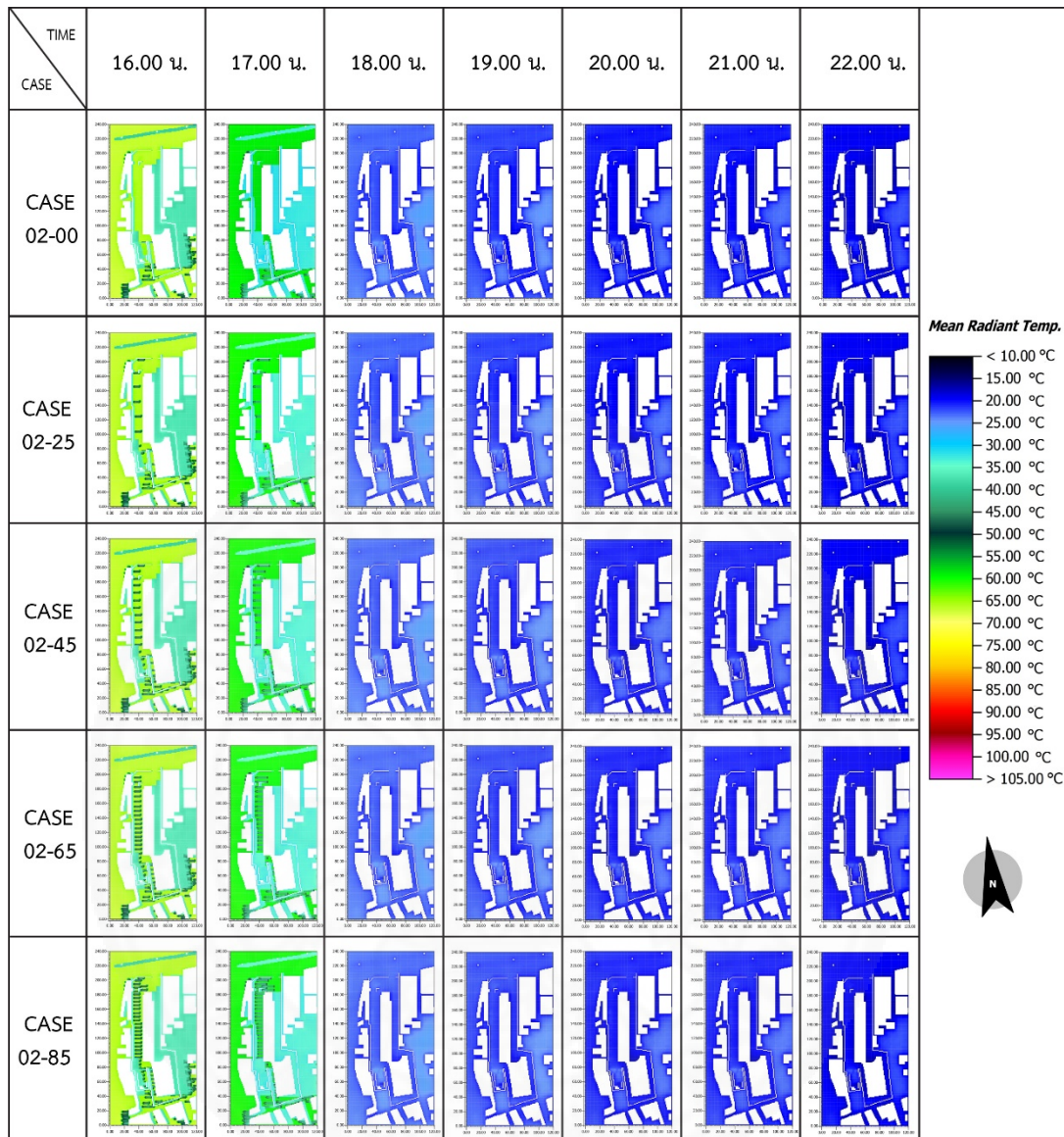
MEAN RADIANT TEMPERATURE / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)
CASE 01-00	68.57	35.12	51.69	61.46	32.77	44.41	25.91	19.73	22.67	25.04	17.86	21.32	23.81	16.48	19.92	23.72	16.68	20.04	22.73	15.76	18.98
CASE 01-25	68.35	34.78	50.58	61.29	32.40	43.37	25.58	19.70	22.71	25.01	17.90	21.44	23.78	16.54	20.02	23.70	16.75	20.17	22.68	15.88	19.15
CASE 01-45	68.17	34.56	49.58	61.15	32.14	42.40	25.81	19.63	22.74	24.98	17.89	21.51	23.77	16.53	20.14	23.70	16.74	20.26	22.72	15.88	19.25
CASE 01-65	68.03	34.44	48.73	61.07	31.98	41.91	25.83	19.64	22.78	25.02	17.95	21.59	23.82	16.60	20.22	23.78	16.81	20.35	22.83	15.90	19.31
CASE 01-85	67.89	34.29	47.78	60.95	31.81	40.85	25.84	19.60	22.80	25.11	17.95	21.65	23.94	16.61	20.30	23.90	16.82	20.43	22.96	15.97	19.42
CASE 02-00	67.39	34.20	50.53	59.56	30.37	42.17	25.92	19.66	22.63	25.08	17.88	21.37	23.83	16.49	19.95	23.74	16.69	20.06	22.75	15.77	19.00
CASE 02-25	67.26	33.98	49.53	60.75	31.96	42.83	25.87	19.64	22.69	25.05	17.93	21.48	23.81	16.55	20.08	23.72	16.76	20.20	22.70	15.89	19.17
CASE 02-45	67.16	33.80	48.57	60.66	31.72	41.89	25.83	19.57	22.72	25.02	17.91	21.56	23.79	16.55	20.16	23.72	16.75	20.29	22.74	15.89	19.27
CASE 02-65	67.07	33.68	47.75	60.58	31.52	41.40	25.83	19.58	22.76	25.08	17.97	21.63	23.85	16.62	20.25	23.83	16.83	20.38	22.86	15.97	19.37
CASE 02-85	66.98	33.58	46.87	60.50	31.39	40.39	25.85	19.54	22.78	25.15	17.97	21.69	23.96	16.63	20.32	23.92	16.84	20.45	22.97	15.98	19.45

LEGEND : MAX MIN

ภาพที่ 4.8 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.



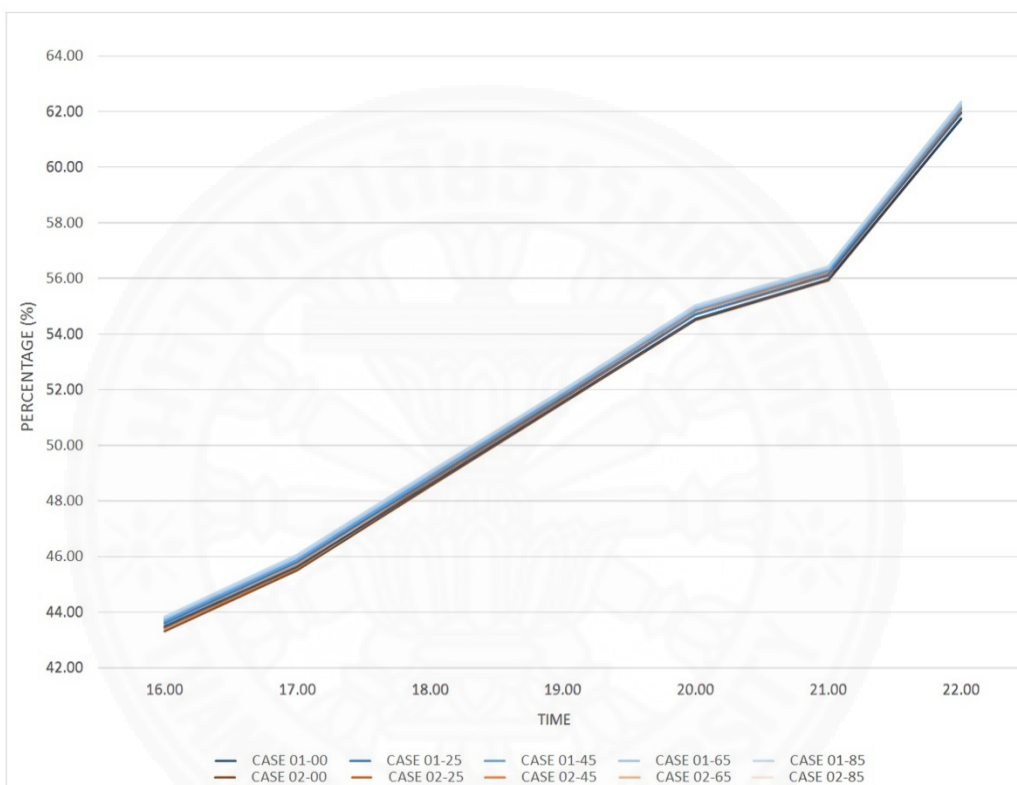
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่ เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.



ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.4.3 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity; Rh)

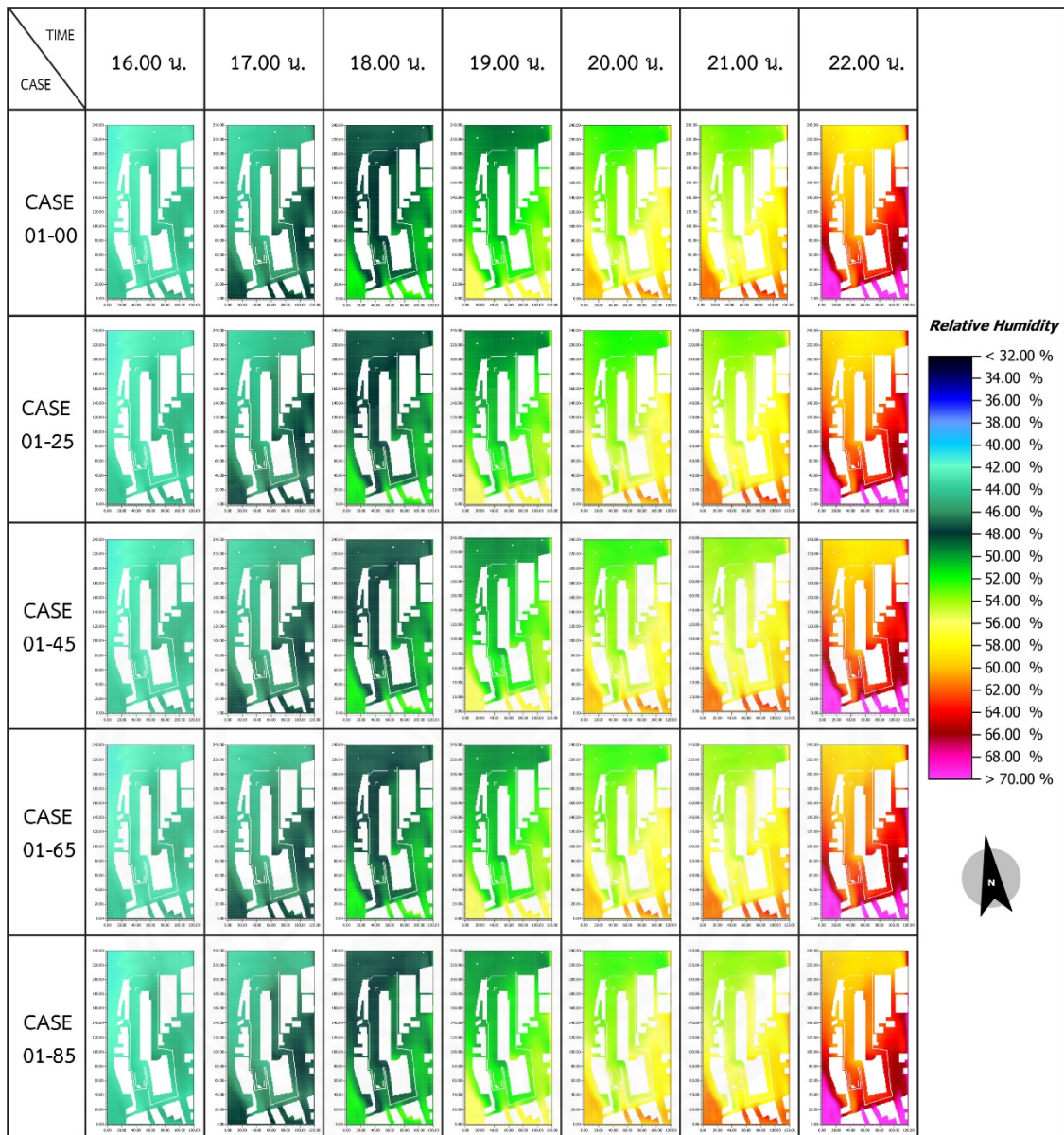
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยที่สุดพบใน CASE 02-00 คือ 43.31 % โดยเพิ่มขึ้นตามเวลาจนถึง 61.73 % ในเวลา 22.00 น. ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงที่สุด คือ ในCASE 01-85 มีค่าเท่ากับ 43.83% ในช่วงเวลา 16.00 น.และเพิ่มขึ้นตามเวลาที่จนถึง 62.34 %ในช่วงเวลา 22.00 น.เช่นกัน โดยพบว่าความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงเวลาและเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของต้นไม้ และวัสดุสีอ่อน(CASE01-00) มีค่าความชื้นที่สัมพัทธ์ที่สูงกว่าวัสดุเข้ม CASE02-00) ด้วยตามต่อไปนี้



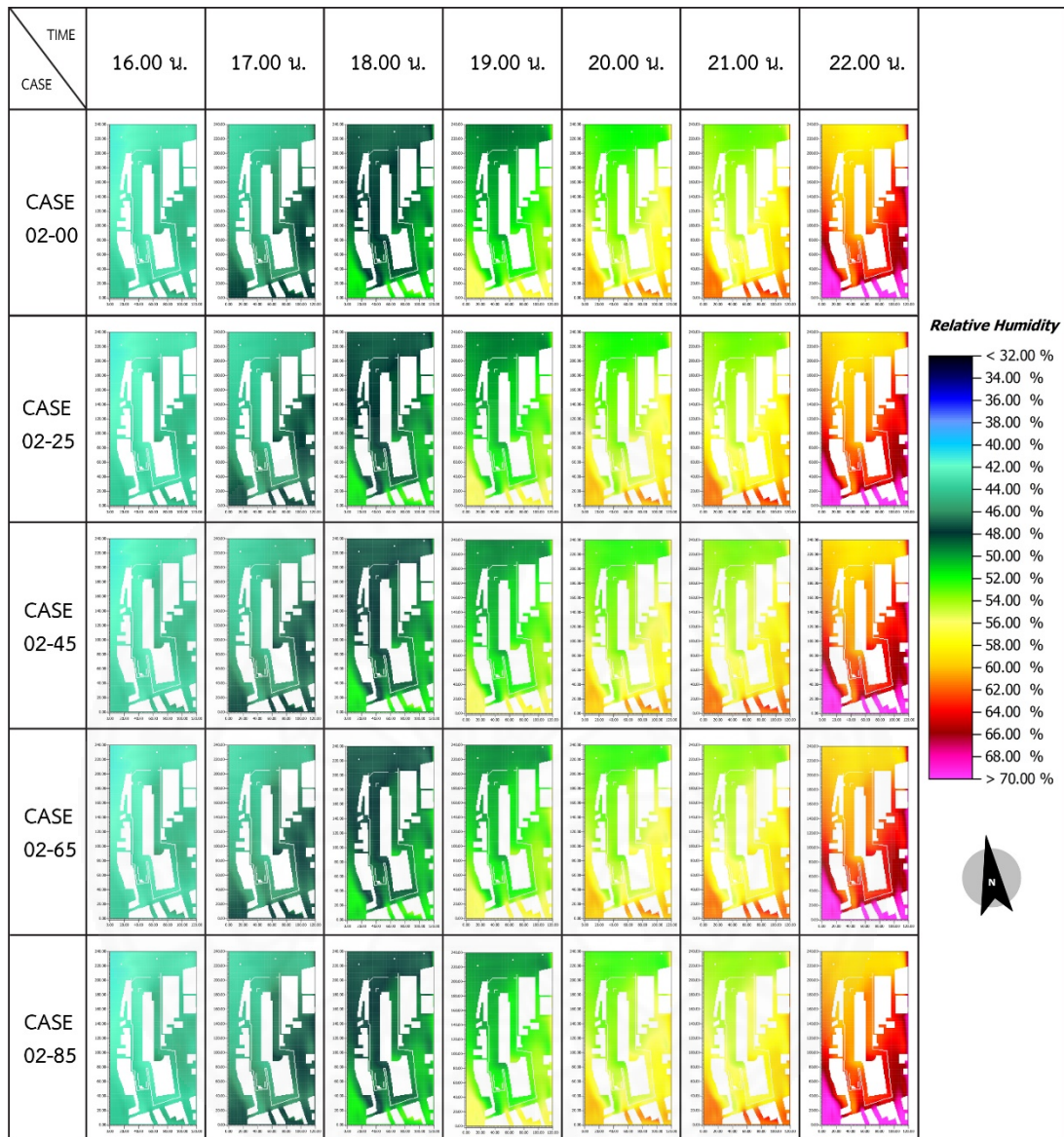
RELATIVE HUMIDITY / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)
CASE 01-00	45.12	42.26	43.50	47.86	43.87	45.64	51.54	47.02	48.58	56.32	49.42	51.55	59.92	52.20	54.54	61.82	53.42	55.96	69.77	58.42	61.75
CASE 01-25	45.43	42.28	43.61	47.93	43.95	45.80	51.54	47.23	48.77	56.33	49.65	51.72	59.91	52.48	54.73	61.82	53.69	56.14	69.79	58.79	61.99
CASE 01-45	45.71	42.28	43.70	47.98	44.00	45.90	51.55	47.35	48.89	56.33	49.79	51.84	59.91	52.65	54.86	61.82	53.86	56.27	69.80	59.02	62.14
CASE 01-65	46.07	42.27	43.78	48.38	44.02	45.99	51.55	47.39	48.99	56.33	49.84	51.92	59.92	52.72	54.96	61.82	53.93	56.36	69.78	59.13	62.25
CASE 01-85	46.22	42.27	43.83	48.55	44.07	46.06	51.63	47.47	49.06	56.34	49.94	51.99	59.92	52.85	55.03	61.82	54.05	56.43	69.80	59.28	62.34
CASE 02-00	45.11	41.99	43.31	48.26	44.36	45.52	51.49	46.97	48.54	56.29	49.39	51.52	59.90	52.18	54.52	61.81	53.41	55.94	69.75	58.40	61.73
CASE 02-25	45.42	42.04	43.42	47.84	43.68	45.60	51.50	47.15	48.70	56.30	49.59	51.67	59.89	52.42	54.69	61.80	53.62	56.09	69.78	58.73	61.95
CASE 02-45	45.70	42.09	43.52	47.93	43.79	45.71	51.50	47.27	48.82	56.30	49.72	51.79	59.90	52.58	54.82	61.80	53.78	56.21	69.78	58.95	62.09
CASE 02-65	46.06	42.13	43.61	48.31	43.88	45.83	51.51	47.35	48.94	56.30	49.81	51.89	59.90	52.70	54.93	61.80	53.90	56.33	69.78	59.10	62.22
CASE 02-85	46.21	42.13	43.67	48.48	43.93	45.89	51.59	47.45	49.01	56.31	49.92	51.96	59.90	52.82	55.01	61.80	54.03	56.41	69.78	59.26	62.31

LEGEND : MAX MIN

ภาพที่ 4.11 ตารางและแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.



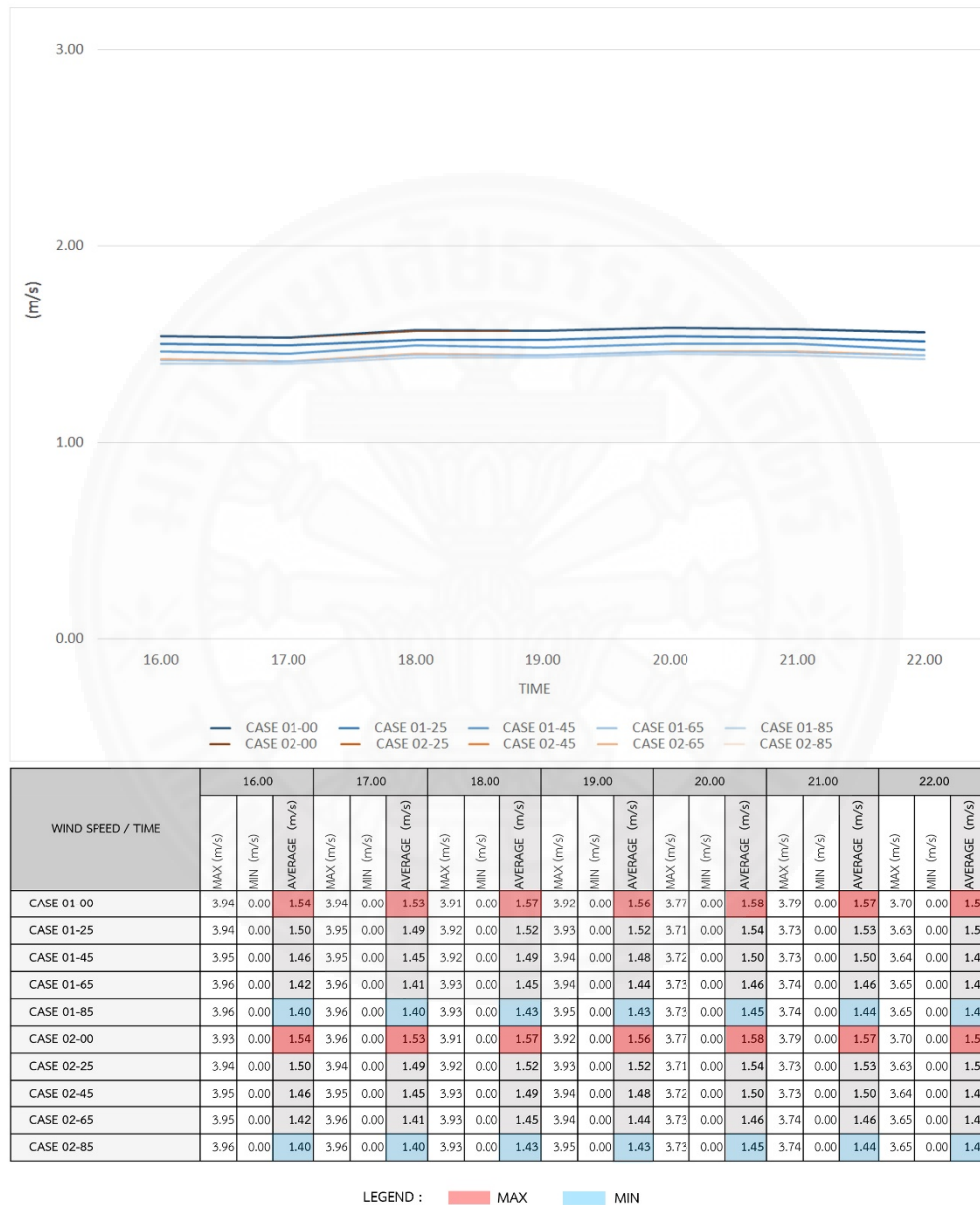
ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.



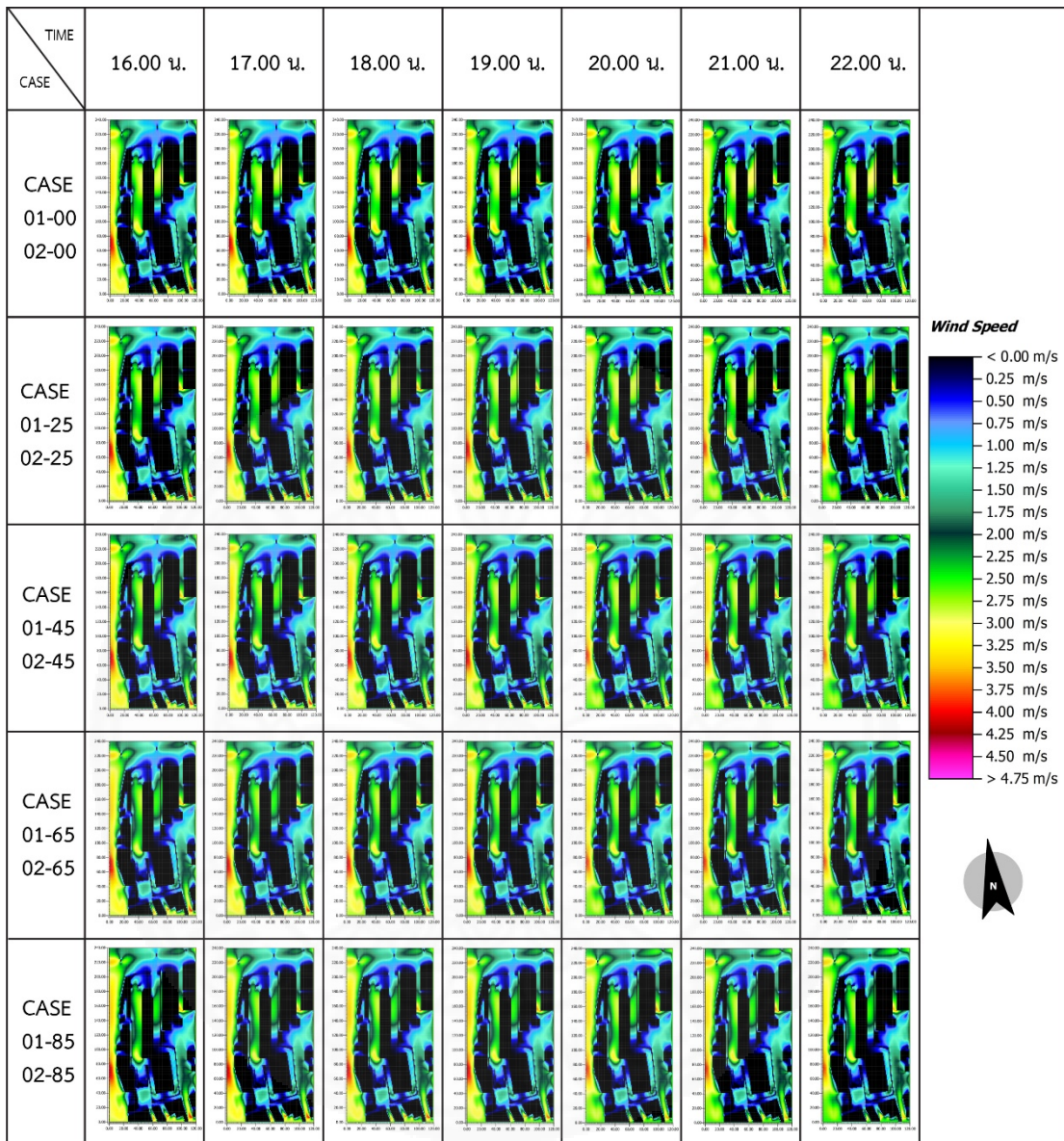
ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.

4.4.4 ข้อมูลความเร็วลม (Wind Speed ; Ws)

จากการจำลองสถานการณ์พบว่าปริมาณต้นไม้มีผลต่อความเร็วลมทำให้ความเร็วลมลดลงประมาณ 0.13-0.14 m/s เนื่องจากมีการปลูกต้นไม้ในทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศของลมส่วนใหญ่ที่พัดเข้าสู่พื้นที่โครงการ โดยมีค่าความเร็วลมตามภาพที่ 4.14 -4.15



ภาพที่ 4.14 ตารางและแผนภูมิเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ ข้อมูลความเร็วลม ระดับ 1.5 เมตร ใน วันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.



ภาพที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85 และ CASE 02-00 – CASE 02-85 โดยผู้วิจัย, 2559.

บทที่ 5

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE) ในโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจ (CBD) ของกรุงเทพมหานครนั้นประกอบไปด้วยตัวชี้วัดด้านการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารและตัวชี้วัดด้านศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจในด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลการศึกษาตัวชี้วัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)

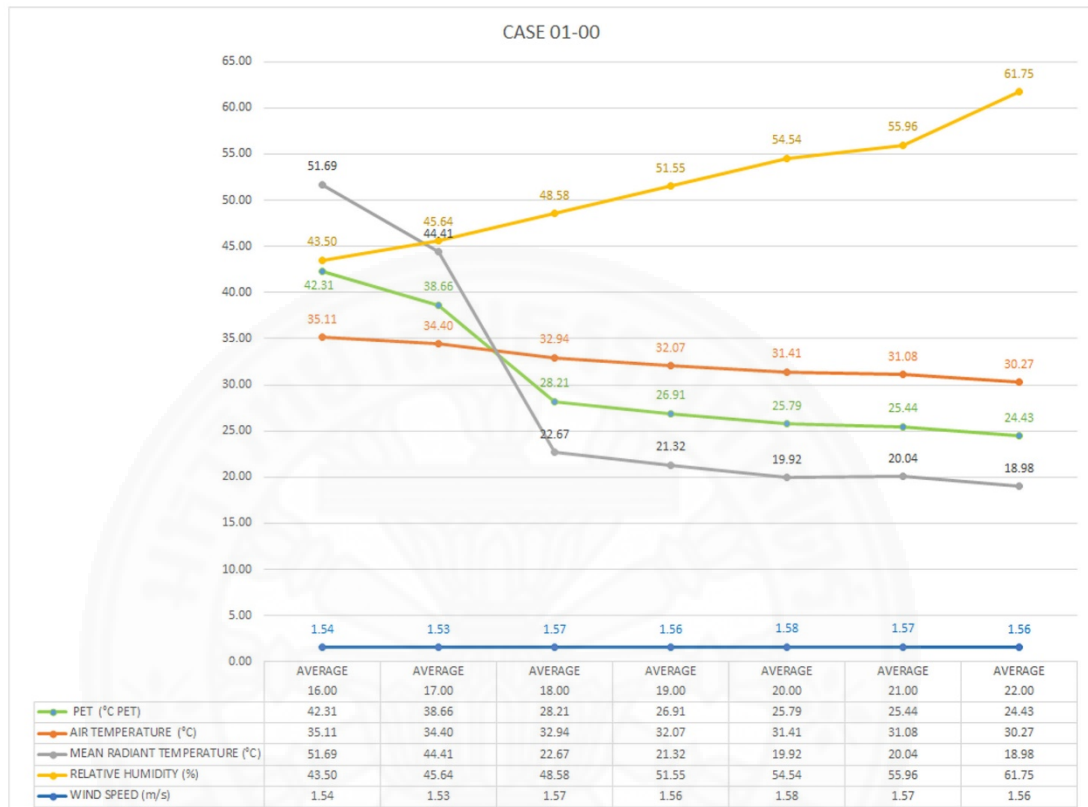
5.1.1 ตัวชี้วัดด้านการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

เมื่อนำผลการศึกษาเบื้องต้นของสภาพอากาศภายในพื้นที่โครงการซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิความร้อน รังสีความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ที่ได้กล่าวมาในบทที่ 4 เข้าสู่การจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม ENVI-met version 4 เพื่อคำนวณหาผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารโดยใช้ค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ซึ่งจากผลการจำลองสถานการณ์เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ที่แตกต่างกันไปตามปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น(CASE 01-00) มีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของแต่ละปัจจัยที่ส่งให้ค่า PET เปลี่ยนแปลงไปดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00

แนวทางการออกแบบ CASE 01-00 แนวทางตั้งต้น คือ วัสดุสีอ่อนร่วมกับต้นไม้จำนวน 0 ต้น ที่ใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกับแนวทางการออกแบบอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลคือ ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) จะมีค่าค่อย ๆ ลดต่ำลงเรื่อยตามเวลา แต่ในช่วงเวลา 18.00 น. และ 22.00 น. จะค่าลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดส่วนค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) มีการลดต่ำลงในอัตราที่แตกต่างกันมากในช่วงเวากลางวันคือ 16.00น-18.00 น. และช่วงกลางคืนหลัง 18.00 น. นั้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ซึ่งกราฟดังกล่าวนี้มีความคล้ายคลึงกับกราฟของค่า PET แต่กราฟของค่า PET นั้นมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าเนื่องจากช่วงของอุณหภูมิของค่า PET นั้นมีช่วงที่น้อยกว่านอกจากนั้นในส่วนของค่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นตามช่วงเวลา โดยมีลักษณะผกผันกับ ค่าอุณหภูมิความร้อน ค่ารังสีความร้อน และค่า PET ด้วย แต่อย่างไรก็ตามนอกจากปัจจัยทั้ง 3 ตัวที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นยังมีส่วนของ ค่าความเร็วลม (Wind Speed) มีขึ้นลงไม่แตกต่างกัน

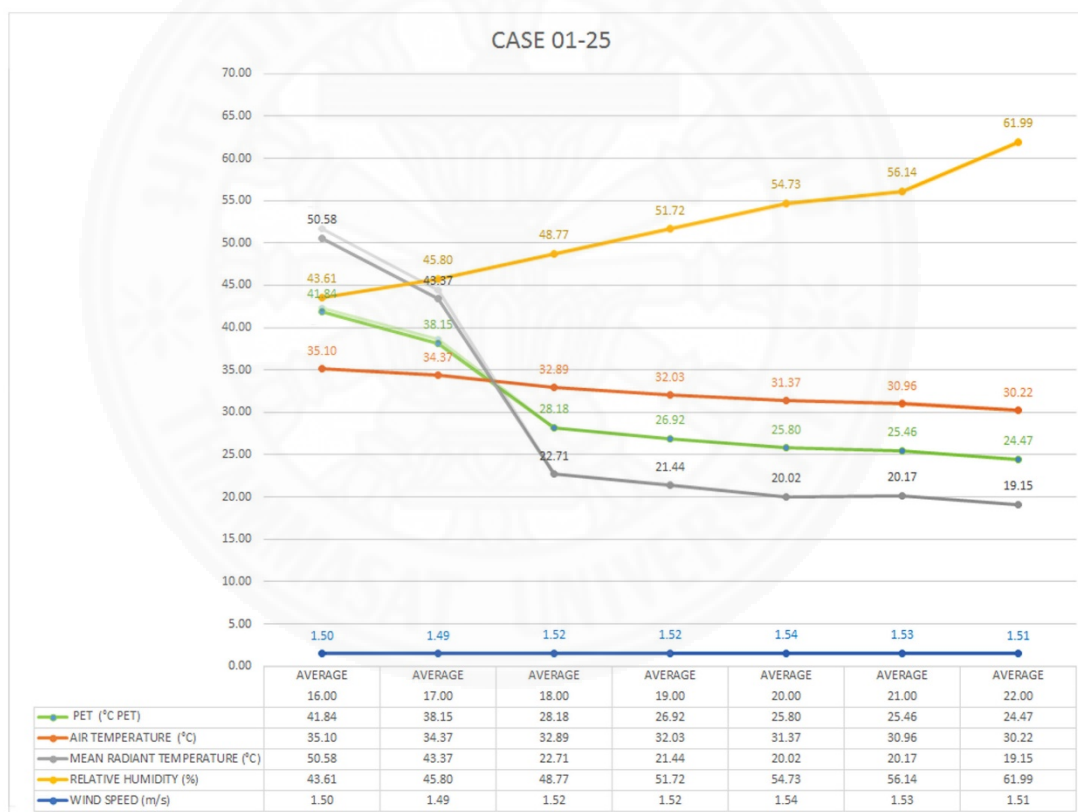
มากในแต่ละช่วงเวลา โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าที่สูงที่สุดที่เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบอื่น ๆ เนื่องจากเป็นแนวทางที่ไม่ต้นไม้กีดขวางทางลมที่พัดเข้าสู่พื้นที่โครงการ



ภาพที่ 5.1 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00 โดย ผู้วิจัย, 2559.

(2) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-25

แนวทางการออกแบบ CASE 01-25 คือ วัสดุสีอ่อนร่วมกับต้นไม้จำนวน 25 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบดั้งเดิม (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET ส่วนในค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) และค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีค่าลดลง แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นจากแนวทางการออกแบบดั้งเดิม ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยยังมีลักษณะกราฟยังเหมือนกับแนวทางการออกแบบดั้งเดิม



ภาพที่ 5.2 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-25 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบดั้งเดิม (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(3) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-45

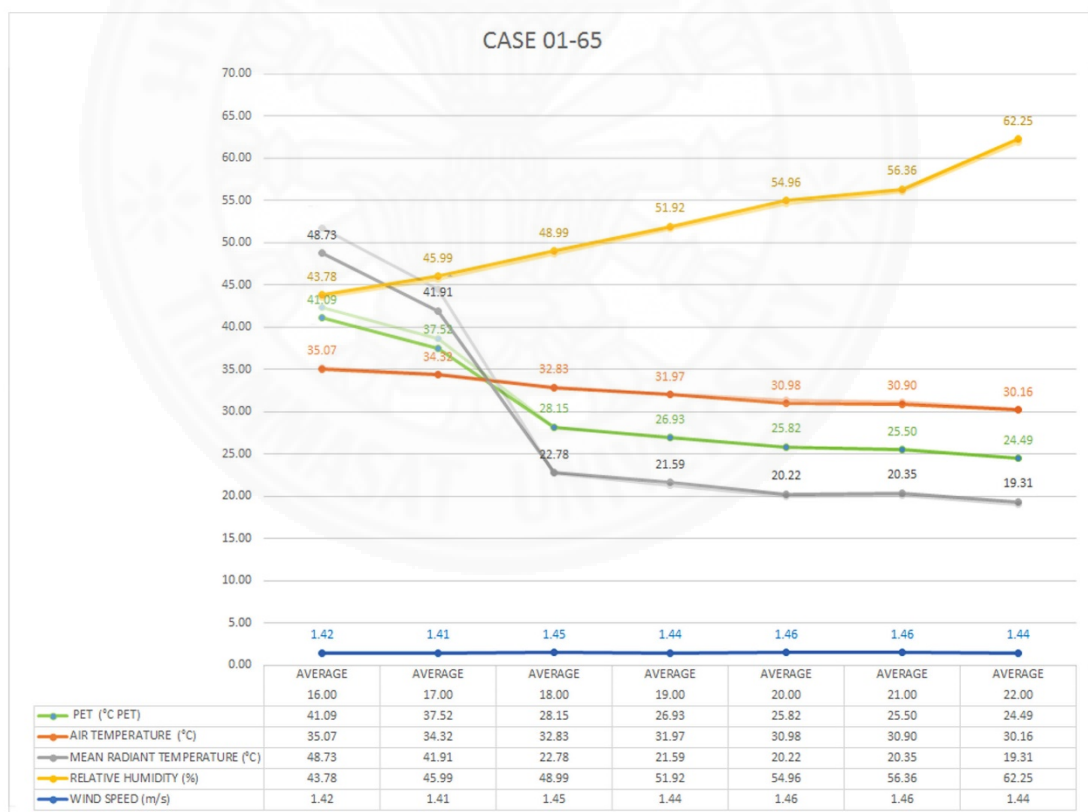
แนวทางการออกแบบ CASE 01-45 คือ วัสดุสีอ่อนร่วมกับต้นไม้จำนวน 45 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือมีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน มีอัตราการลดลงและเพิ่มขึ้นมากกว่า CASE 01-25 และมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET แต่มีความแตกต่างที่ชัดเจนกว่า CASE 01-25 ส่วนในปัจจัยอื่น ๆ นั้น ยังมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับค่าที่กล่าวมา คือค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) และค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้น มีค่าลดลงแต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นจากแนวทางการออกแบบตั้งต้นและใน CASE 01-25 ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยยังมีลักษณะกราฟยิ่งเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.3 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-45 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(4) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-65

แนวทางการออกแบบ CASE 01-65 คือ วัสดุสีอ่อนร่วมกับต้นไม้จำนวน 65 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน มีอัตราการลดลงและเพิ่มขึ้นมากกว่า CASE 01-45 และมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET โดยมีความแตกต่างที่ชัดเจนกว่า CASE 01-45 และก็เริ่มมีความแตกต่างชัดเจนขึ้นกว่า CASE 01-45 เช่นกัน คือ ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) และค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีค่าลดลง แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น และใน CASE 01-45 ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยยังมีลักษณะกราฟยังเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.4 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-65 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(5) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-85

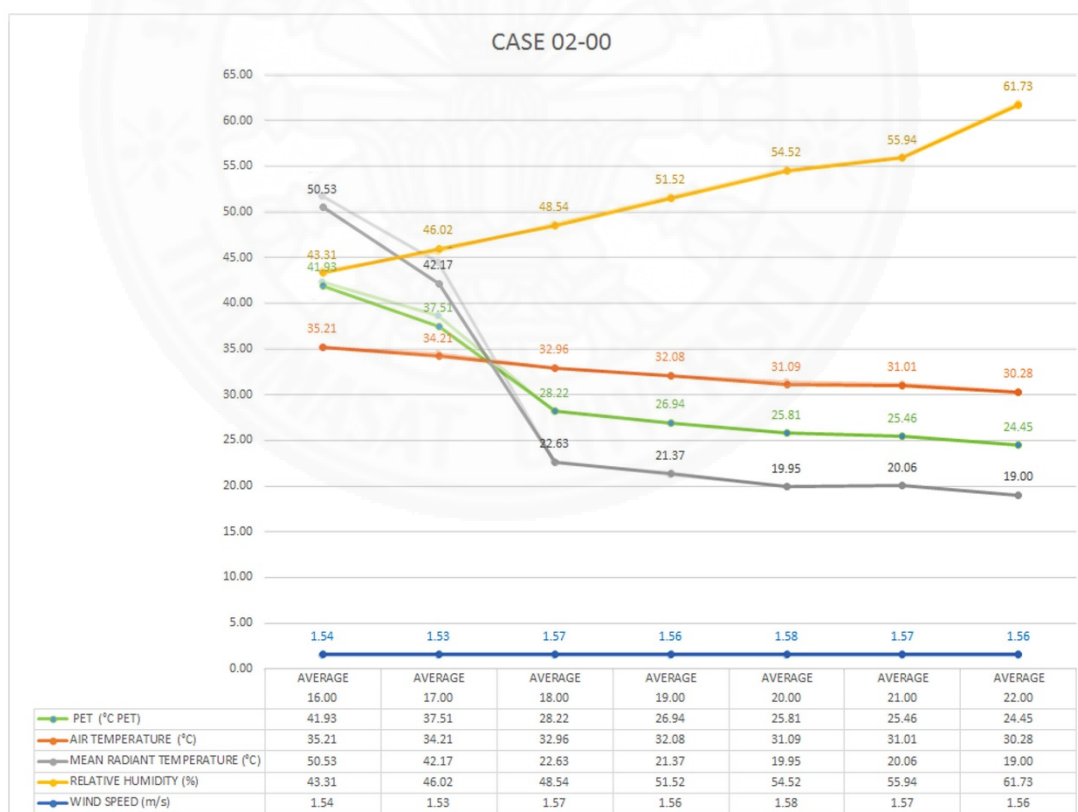
แนวทางการออกแบบ CASE 01-85 คือ วัสดุสีอ่อนร่วมกับต้นไม้จำนวน 85 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบดั้งเดิม (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน มีอัตราการลดลงและเพิ่มขึ้นมากที่สุดใ้แนวทางการออกแบบที่เป็นวัสดุสีอ่อน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET ซึ่งมีความแตกต่างที่ชัดเจนกว่าแนวทางการออกแบบอื่นของวัสดุสีอ่อน คือ ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) และค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีค่าลดลง แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นจากแนวทางการออกแบบอื่น ๆ ที่ใช้วัสดุสีอ่อน ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยยังมีลักษณะกราฟเหมือนกับในทุก ๆ แนวทางการออกแบบแต่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่



ภาพที่ 5.5 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-85 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบดั้งเดิม (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(6) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-00

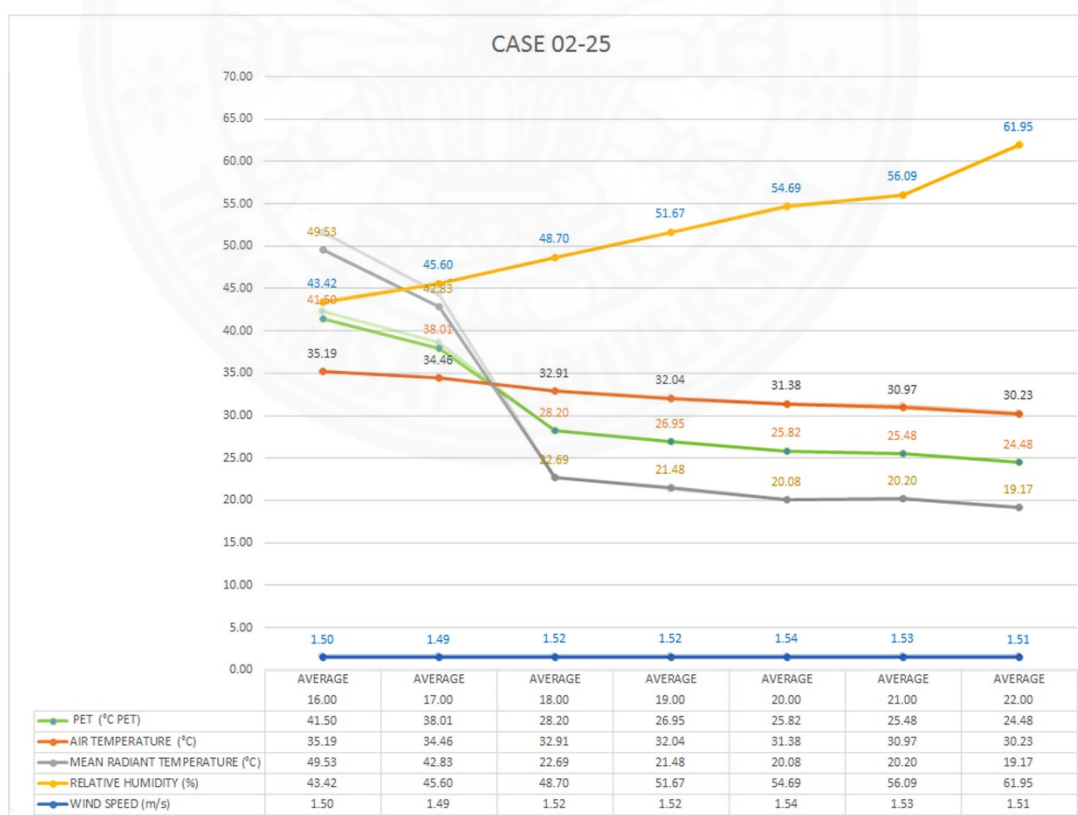
แนวทางการออกแบบ CASE 02- 00 คือ วัสดุสีเข้มร่วมกับต้นไม้จำนวน 0 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 18.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันดังจะสังเกตได้จากกราฟในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. และนอกจากนั้นยังค่าปัจจัยอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลง คือ ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) นั้นมีค่าสูงกว่าแนวทางเลือกตั้งต้น แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้นซึ่งเป็นวัสดุสีอ่อน และในค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากไม่มีต้นไม้เหมือนกัน โดยทั้ง 3 ปัจจัยยังมีลักษณะกราฟเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.6 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-00 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(7) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-25

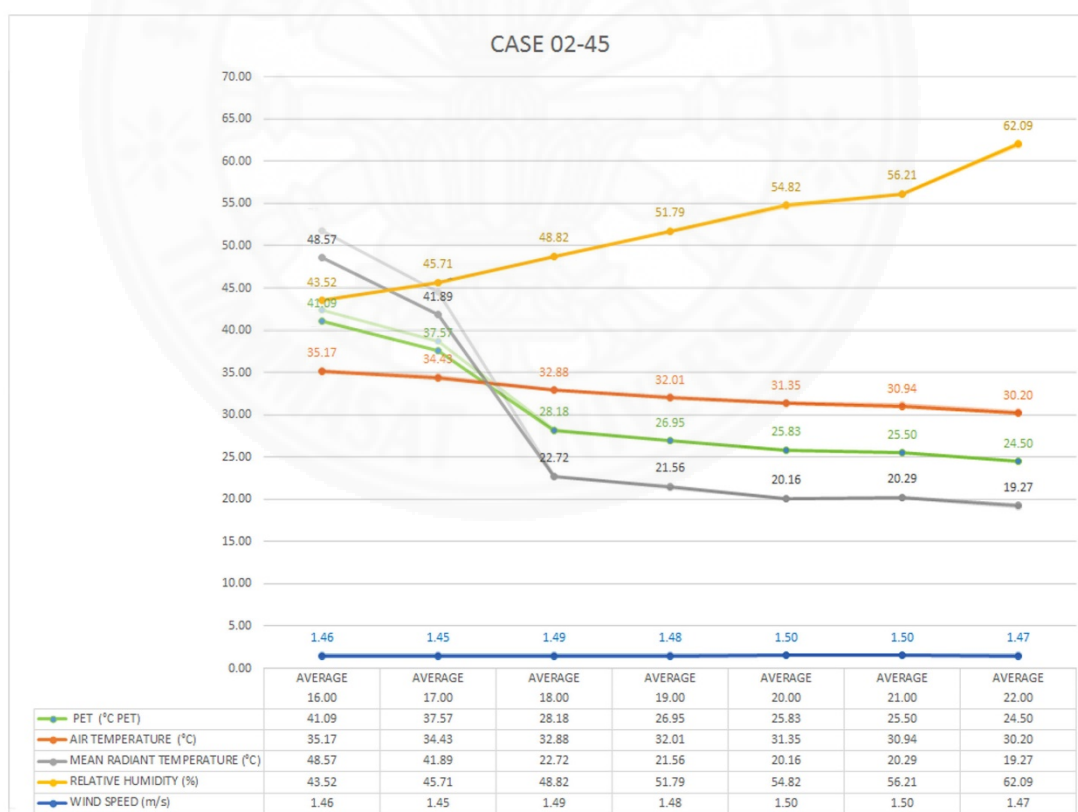
แนวทางการออกแบบ CASE 02- 25 คือ วัสดุสีเขียวร่วมกับต้นไม้จำนวน 25 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือมีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันดังจะสังเกตได้จากกราฟในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ทั้งนี้ ลักษณะกราฟดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจาก CASE 02-00 และนอกจากนี้ยังค่าปัจจัย ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) นั้นมีค่าสูงกว่าแนวทางเลือกตั้งต้นในช่วงเวลา 16.00 -17.00 น. และลดลงในช่วง 18.00-22.00 น. แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงในช่วง 16.00-17.00 น. และเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 18.00-22.00 น. จากแนวทางการออกแบบตั้งต้น และในค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง เนื่องจากมีต้นไม้เพิ่มขึ้นเหมือนกัย CASE 01-25 โดยมีลักษณะกราฟเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.7 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-25 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(8) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-45

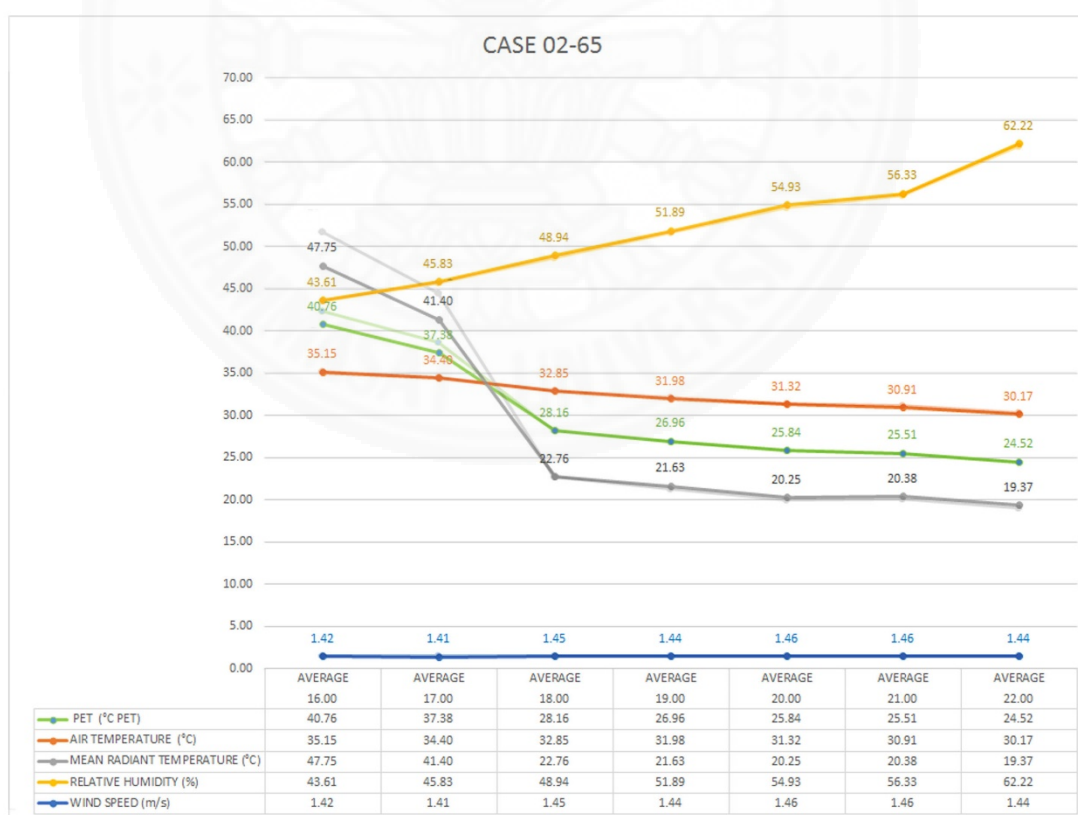
แนวทางการออกแบบ CASE 02- 45 คือ วัสดุสีเข้มร่วมกับต้นไม้จำนวน 45 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันดังจะสังเกตได้จากกราฟในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ทั้งนี้ ลักษณะกราฟดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจาก CASE 02-00 และนอกจากนี้ยังปัจจัย ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) นั้นมีค่าลดลงกว่าแนวทางเลือกตั้งต้น แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นจากแนวทางการออกแบบตั้งต้นเช่นกัน และในค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเนื่องจากมีต้นไม้เพิ่มขึ้นเหมือนกับ CASE 01-45 โดยมีลักษณะกราฟเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.8 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-45 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(9) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-65

แนวทางการออกแบบ CASE 02- 65 คือ วัสดุสีเขียวร่วมกับต้นไม้จำนวน 65 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันดังจะสังเกตได้จากกราฟในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ทั้งนี้ ลักษณะกราฟดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับ CASE 02-45 แต่ ค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) นั้นมีค่าการเพิ่มขึ้นในช่วง 16.00 น. และลดลงในช่วง 18.00-22.00 น. และในส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น นอกจากนี้ค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง เนื่องจากมีต้นไม้เพิ่มขึ้นเหมือนกับ CASE 01-65 โดยมีลักษณะกราฟเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



ภาพที่ 5.9 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-65 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

(10) การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-85

แนวทางการออกแบบ CASE 02- 85 คือ วัสดุสีเข้มร่วมกับต้นไม้จำนวน 85 ต้น ซึ่งมีค่า PET เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) คือ มีค่า PET ที่ต่ำลงในช่วงเวลา 16.00-18.00 น. แต่มีค่าสูงขึ้น ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเท่ากับตอนกลางวัน โดยมีรายละเอียดของข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดคือค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) ที่ลดลงในช่วงตอนกลางวันและเริ่มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนตามกราฟในตอนกลางคืนโดยมีกราฟคล้ายกับค่าของ PET และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 9 แนวทางการออกแบบ ทั้งนี้ลักษณะกราฟดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับ CASE 02-25 - CASE 02-65 แต่มีค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) นั้นมีค่าการเพิ่มขึ้นในช่วง 16.00-17.00 น.และลดลงในช่วง 18.00-22.00 น. และในส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นจากแนวทางการออกแบบตั้งต้นชัดเจนกว่าแนวทางของสีเข้มทั้งหมด นอกจากนั้นค่าความเร็วลม (Wind Speed) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง เนื่องจากมีต้นไม้เพิ่มขึ้นเหมือนกับ CASE 01-85 โดยมีลักษณะกราฟเหมือนกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น



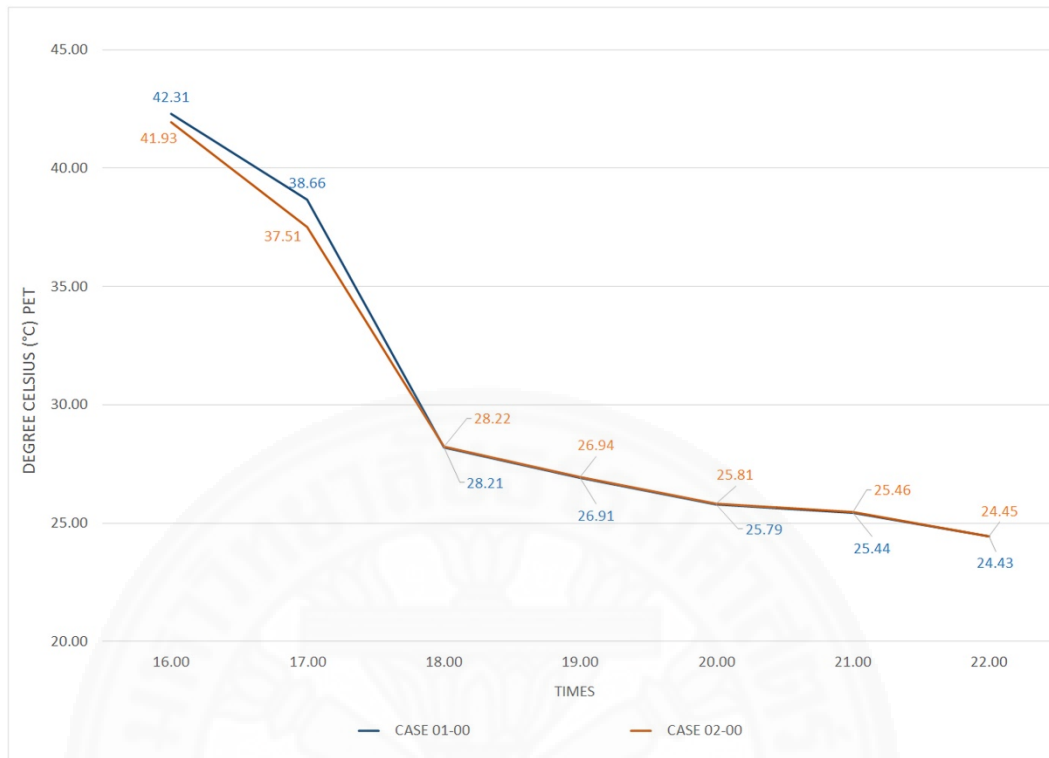
ภาพที่ 5.10 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 02-85 เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบตั้งต้น (CASE 01-00) โดย ผู้วิจัย, 2559.

จากผลการอภิปรายผลในข้างต้นของทั้ง 10 แนวทางการออกแบบนั้นพบการเปลี่ยนแปลงที่เป็นข้อน่าสังเกตคือ ลักษณะการเปลี่ยนของกราฟของค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) มีลักษณะคล้ายคลึงกับกราฟของค่ารังสีความร้อน (Mean Radiant Temperature) อย่างเห็นได้ชัดในทุก ๆ แนวทางการออกแบบ และในส่วนของค่าอุณหภูมิความร้อน (Air Temperature) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และค่าความเร็ว (Wind Speed) นั้นมีการแปลงเปลี่ยนที่ส่งผลไม่ชัดเจนเท่ากับค่ารังสีความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะค่าที่เปลี่ยนแปลงนั้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารังสีความร้อนก็เป็นได้ และเมื่อนำผลการอภิปรายมาเปรียบเทียบกับตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตามลักษณะของวัสดุในส่วนของ Hardscape และจำนวนต้นไม้ในส่วนของ Softscape นั้นสามารถอภิปรายผลได้ดังหัวข้อถัดไป

5.1.1.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของวัสดุ

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งสีของวัสดุในการเปรียบเทียบแบ่งเป็นวัสดุสีอ่อนและสีเข้มโดยวัสดุสีอ่อน (CASE 01-00) มีค่าสะท้อนความร้อน (Albedo) 0.80 และสีเข้ม (CASE 02-00) มีค่าสะท้อนความร้อน (Albedo) 0.30 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสีของวัสดุมีผลต่อค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) กล่าวคือ ในช่วงเวลา 16.00 น. วัสดุสีเข้ม (CASE 02-00) ส่งผลให้ค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ต่ำกว่าวัสดุสีอ่อน (CASE 01-00) ถึง 0.38 °C (PET) หรือลดลง 1.10 % และมีค่าความแตกต่างถึง 1.15 °C (PET) หรือลดลง 2.97% ในช่วงเวลา 17.00 น. ซึ่งจากนั้นค่า PET ได้มีการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ใกล้เคียงกันจนถึงในช่วงเวลา 18.00 น. พบว่าค่า PET ของวัสดุสีเข้ม (CASE 02-00) นั้นมีค่าสูงกว่ากว่าวัสดุสีอ่อน (CASE 01-00) ซึ่งมีอัตราการเพิ่มในช่วงเวลากลางคืนที่ประมาณ 0.01-0.03 °C (PET) โดยคิดเป็น 0.03-0.11% ดังภาพที่ 5.11

ซึ่งจากปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า PET พบความเป็นไปได้ว่าค่าของรูปแบบของเส้นกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดนั้นเกิดจากการเปลี่ยนของ ค่ารังสีความร้อน ค่าอุณหภูมิความร้อน และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ประกอบกันดังนี้จากผลการศึกษาปัจจัยดังกล่าวพบกราฟของค่า PET ในภาพที่ 5.11 มีความคล้ายคลึงกับกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่ารังสีความร้อนในภาพที่ 4.7 ซึ่งค่ารังสีความร้อนของวัสดุที่ทำให้ค่า PET ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 18.00 น. จนทำให้ค่าความแตกต่างของทั้ง 2 วัสดุมีความใกล้เคียงกันและวัสดุสีอ่อนมีค่า PET ต่ำกว่าวัสดุสีเข้มในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00 เป็นต้นไป ประกอบกับค่าของอุณหภูมิความร้อนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีค่าอุณหภูมิความร้อนของวัสดุสีอ่อนที่ต่ำกว่าวัสดุสีเข้มในช่วงตั้งแต่เวลา 18.00 น. เป็นต้น และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในทั้ง 2 แนวทางการออกแบบนี้มีค่าของความเร็วลมที่เท่ากันจึงไม่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า PET ที่เกิดขึ้น แต่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวทางการออกแบบที่มีการเปลี่ยนของจำนวนต้นไม้ที่จะอธิบายในหัวข้อถัดไป



PET / TIME	DAY TIME									NIGHT TIME											
	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)			
CASE 01-00	58.80	35.00	42.31	52.80	33.21	38.66	29.48	26.67	28.21	28.34	25.44	26.91	27.33	24.52	25.79	26.91	24.20	25.44	25.98	23.28	24.43
CASE 02-00	58.00	34.62	41.93	51.80	32.03	37.51	29.49	26.63	28.22	28.36	25.46	26.94	27.34	24.53	25.81	26.93	24.20	25.46	25.99	23.29	24.45

LEGEND : MAX MIN

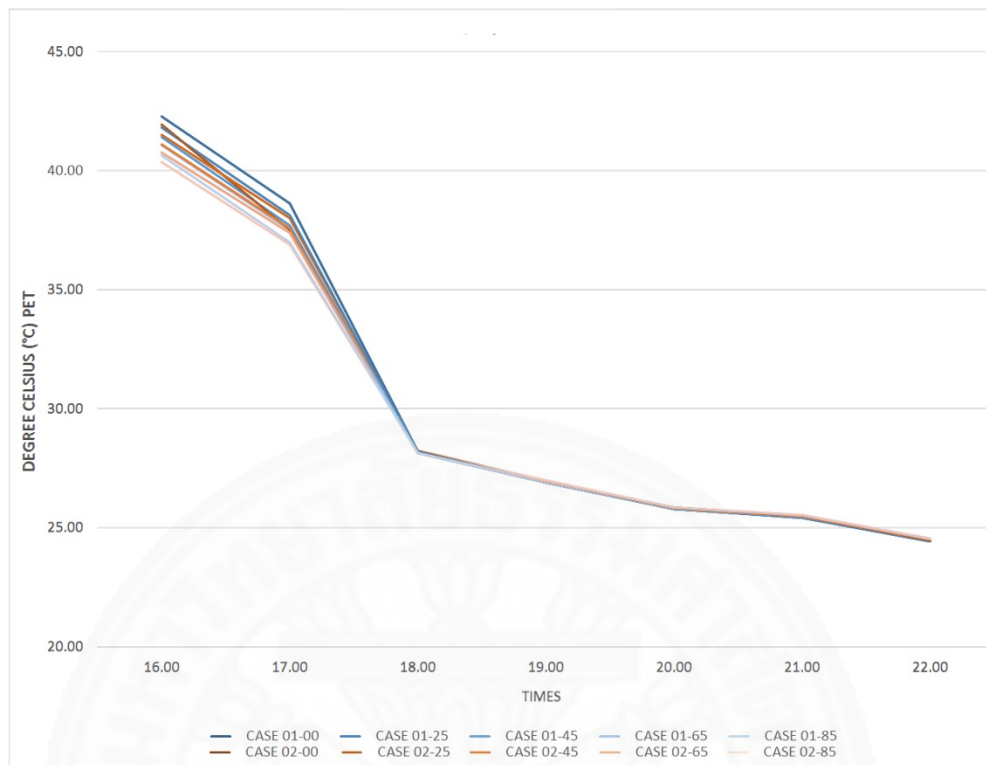
ภาพที่ 5.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00 และ CASE 02-00 ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.

5.1.1.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของจำนวนต้นไม้

การเพิ่มจำนวนของต้นไม้ใหญ่่นั้นมีผลทำให้ค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ลดลงอย่างต่อเนื่องตามการปริมาณการเพิ่มของจำนวนต้นไม้ในช่วงเวลา 16.00 -18.00 น. แต่ในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. นั้น มีผลทำให้ค่า PET สูงขึ้นตามปริมาณการเพิ่มของจำนวนต้นไม้ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 0.01-0.03 °C (PET) หรือคิดเป็น 0.04-0.07% ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลากลางวันที่ทำให้อัตราการลดลงของค่า PET ในช่วงเวลา 16.00 น.ถึง 0.46 °C (PET) หรือ 0.95% และมีอัตราการลดลงมากที่สุดในช่วง 17.00 น. ประมาณ 0.5 °C(PET) หรือ 1.30% ตามภาพที่ 5.12 โดยค่า PET ในช่วงเวลา 16.00 -17.00 น. มีค่าต่ำที่สุดใน CASE 02-85 ซึ่งเป็นแนวทางการออกแบบที่มีจำนวนต้นไม้ที่มากที่สุด และมีค่าต่ำสุดในช่วง 19.00น.-22.00น. ใน CASE 01-00 คือ เป็นแนวทางการออกแบบที่ไม่มีต้นไม้ และในส่วนของค่ามากที่สุดจะพบผลที่ตรงข้ามกัน คือ ค่า PET ในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. มีค่าสูงที่สุดใน CASE 01-00 และมีค่าสูงสุดในช่วง 19.00-22.00 น. ใน CASE 02-85

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษา ยังพบว่า การเพิ่มของปริมาณต้นไม้ในปริมาณที่เท่ากันของวัสดุที่แตกต่างกันใน CASE 01-00 และ CASE 02-00 นั้น ทำให้อัตราการเพิ่มลดของอุณหภูมิที่แตกต่างกันด้วย โดยเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 5.1 นั้นปรากฏว่าจำนวนต้นไม้ในปริมาณที่เท่ากันของ CASE 01-00 (วัสดุสีอ่อน) มีผลทำให้อุณหภูมิลดลงมากกว่า CASE 02 (วัสดุสีเข้ม) ช่วงเวลา 16.00 น.และ 17.00 น. และส่งผลทำให้การลดเท่ากันในช่วงเวลา 18.00 น. แต่ในช่วงเวลากลางคืน 19.00 น.ไปจนถึง 22.00 น.นั้นส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า PET ไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากข้อมูลที่กล่าวมานั้นสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มของปริมาณต้นไม้ที่ส่งผลต่อค่า PET จริง แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยในส่วนของ Hardscape และช่วงเวลาดังตารางที่ 5.1 และภาพที่ 5.11-5.12 เนื่องจากอัตราการลดเพิ่มของค่า PET ในการเพิ่มต้นไม้ที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเปลี่ยนสีของวัสดุใน CASE 01-00 และ CASE 02-00 ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

เมื่อพิจารณาค่าสูงสุดและต่ำสุดของค่า PET ในแต่ละช่วงเวลาพบว่าการลดลงของค่าเฉลี่ยมีอัตราการลดลงมากกว่าการลดลงของค่าสูงสุดและต่ำสุดในอัตราส่วน 1-3 เท่าของช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ส่วนในช่วง 18.00 นั้นพบว่าค่าสูงสุดมีค่า PET ที่เพิ่มขึ้นแต่มีค่าต่ำสุดลดลงในอัตราส่วนที่มากกว่าการเพิ่มขึ้นของค่าที่ลดลง เมื่อพิจารณารวมกันจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของค่า PET ลดลงแต่น้อยกว่าในช่วงเวลา 16.00-17.00 น. ซึ่งในทางกลับกันช่วงเวลา 19.00-22.00 น. นั้นพบว่าค่า PET ที่สูงที่สุดมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการลดลงของค่าต่ำสุด จึงทำให้ค่าเฉลี่ยจึงเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นในปริมาณที่ไม่มาก เมื่อเทียบการลดลงของค่าเฉลี่ยของค่า PET ในช่วงเวลา 16.00-18.00 น.ตามที่ได้กล่าวไปในข้างต้น



PET / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)
CASE 01-00	58.80	35.00	42.31	52.80	33.21	38.66	29.48	26.67	28.21	28.34	25.44	26.91	27.33	24.52	25.79	26.91	24.20	25.44	25.98	23.28	24.43
CASE 01-25	58.60	34.87	41.84	52.80	33.06	38.15	29.48	26.59	28.18	28.37	25.40	26.92	27.37	24.47	25.80	26.96	24.09	25.46	26.04	23.26	24.47
CASE 01-45	58.40	34.78	41.43	52.60	32.96	37.71	29.48	26.52	28.16	28.41	25.36	26.92	27.41	24.45	25.81	27.02	24.08	25.48	26.11	23.25	24.48
CASE 01-65	58.40	34.70	41.09	53.00	32.86	37.52	29.53	26.45	28.15	28.50	25.30	26.93	27.51	24.40	25.82	27.13	24.07	25.50	26.23	23.23	24.49
CASE 01-85	58.20	34.61	40.66	52.60	32.75	37.00	29.55	26.40	28.14	28.54	25.28	26.94	27.56	24.38	25.83	27.19	24.06	25.51	26.29	23.24	24.53
CASE 02-00	58.00	34.62	41.93	51.80	32.03	37.51	29.49	26.63	28.22	28.36	25.46	26.94	27.34	24.53	25.81	26.93	24.20	25.46	25.99	23.29	24.45
CASE 02-25	58.00	34.52	41.50	52.60	32.93	38.01	29.51	26.56	28.20	28.41	25.41	26.95	27.40	24.50	25.82	26.99	24.12	25.48	26.07	23.28	24.48
CASE 02-45	57.80	34.45	41.09	52.20	32.81	37.57	29.51	26.49	28.18	28.45	25.37	26.95	27.45	24.46	25.83	27.05	24.10	25.50	26.15	23.26	24.50
CASE 02-65	57.80	34.35	40.76	52.80	32.70	37.38	29.55	26.42	28.16	28.52	25.32	26.96	27.52	24.41	25.84	27.14	24.08	25.51	26.24	23.25	24.52
CASE 02-85	57.80	34.27	40.36	52.40	32.62	36.87	29.56	26.38	28.15	28.56	25.29	26.97	27.57	24.39	25.85	27.20	24.07	25.53	26.30	23.25	24.54

LEGEND : MAX MIN

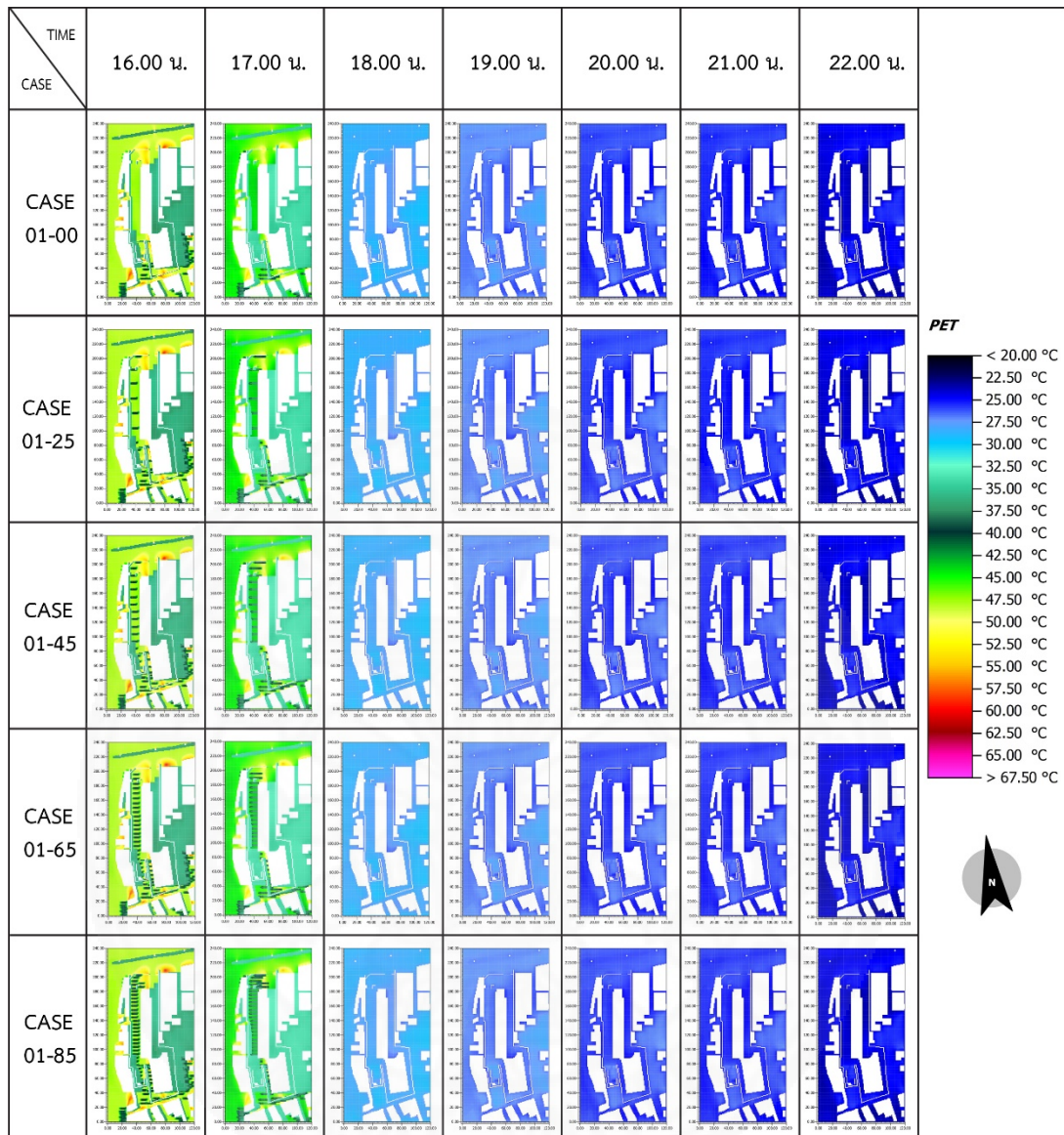
ภาพที่ 5.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ของ CASE 01-00 - CASE 01-85 และ CASE 02-00 - CASE 02-85 ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 - 22.00 น. โดย ผู้วิจัย, 2559.

ตารางที่ 5.1

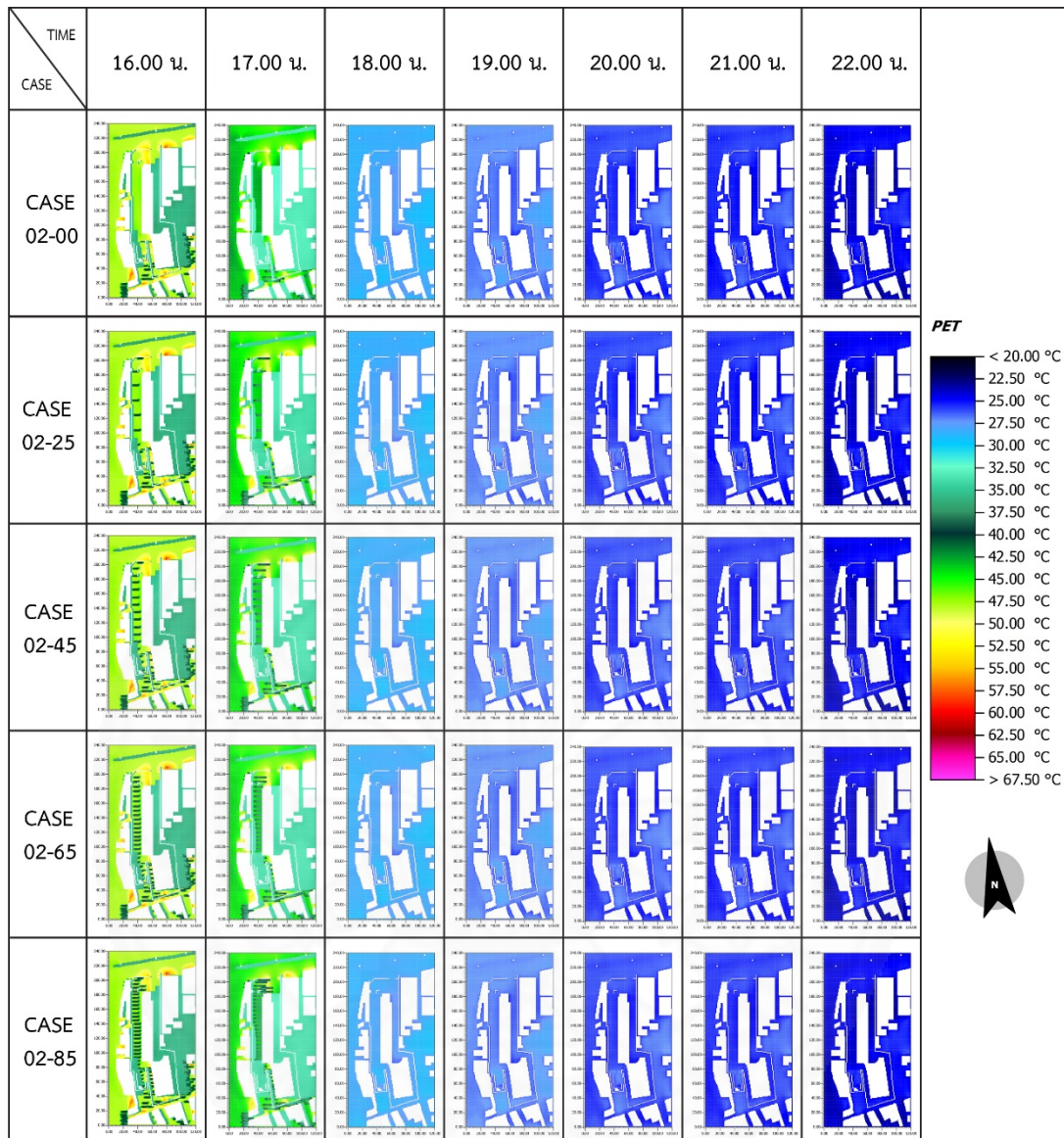
แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) และปริมาณของต้นไม้ใหญ่

CASE/TIME		DAY TIME			NIGHT TIME			
		16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
		AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET	AVERAGE (°C)PET
CASE 01		เปรียบเทียบ CASE 01-00						
	CASE 01-00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CASE 01-25	-0.46	-0.50	-0.03	0.01	0.01	0.02	0.04
	CASE 01-45	-0.87	-0.94	-0.05	0.01	0.02	0.04	0.05
	CASE 01-65	-1.21	-1.13	-0.06	0.02	0.03	0.05	0.06
	CASE 01-85	-1.64	-1.66	-0.07	0.03	0.04	0.07	0.10
CASE 02		เปรียบเทียบ CASE 02-00						
	CASE 02-00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CASE 02-25	-0.43	0.50	-0.02	0.01	0.01	0.02	0.03
	CASE 02-45	-0.84	0.06	-0.04	0.01	0.02	0.04	0.05
	CASE 02-65	-1.17	-0.13	-0.06	0.02	0.03	0.05	0.07
	CASE 02-85	-1.58	-0.63	-0.07	0.03	0.04	0.07	0.09

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.



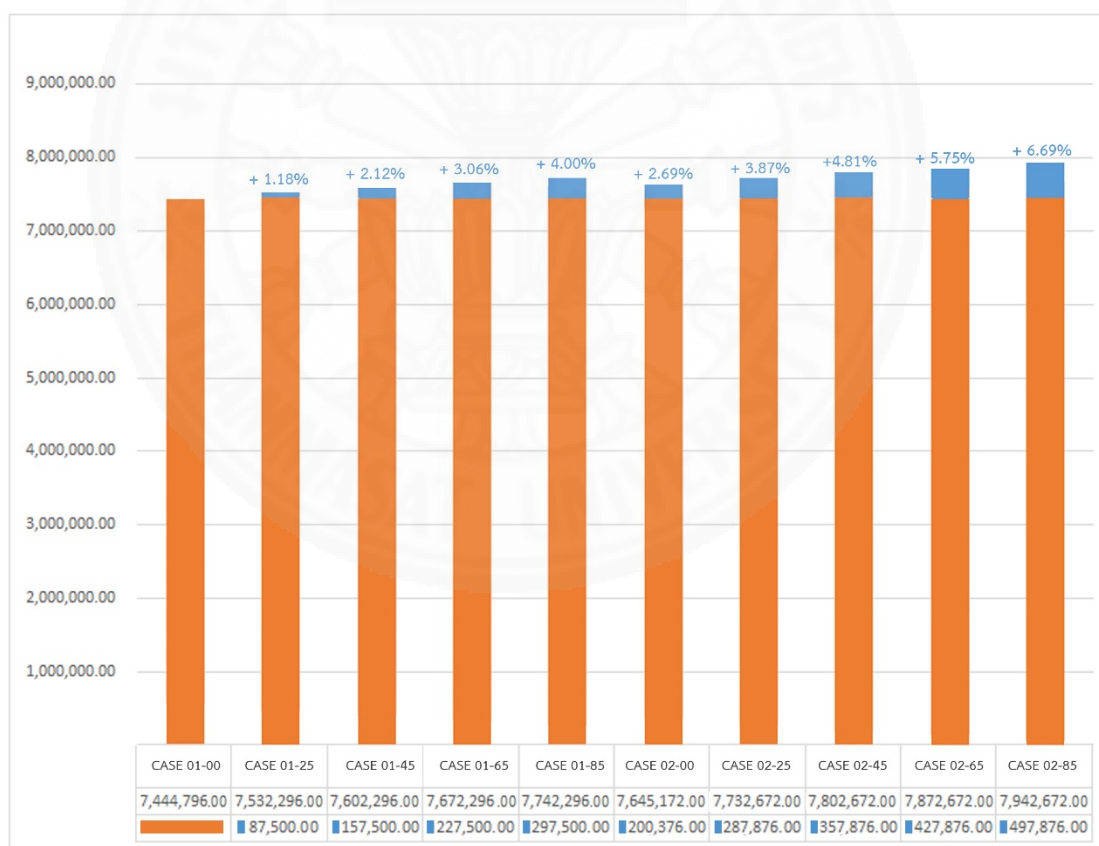
ภาพที่ 5.13 ฝั่งแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสตรีวิทยา (PET) ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 01-00 – CASE 01-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.



ภาพที่ 5.14 ผังแสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น. ของ CASE 02-00 – CASE 02-85. โดย ผู้วิจัย, 2559.

5.1.2 ตัวชี้วัดด้านศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ

ปัจจัยที่มีผลต่อการแข่งขันทางธุรกิจที่จะใช้ในการศึกษาปัจจัยด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการโดยทั้งนี้จะคิดในส่วนของต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากแนวทางการศึกษาทั้ง 10 แนวทาง โดยงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ในส่วนของพื้นที่ต้อนรับและภายในสวน ได้ใช้วัสดุเป็นหินแกรนิต และในส่วนพื้นที่ถนน Service ใช้เป็นคอนกรีตแทนวัสดุสีอ่อนและแอสฟัลท์ติกคอนกรีตแทนวัสดุสีเข้ม และต้นไม้ใหญ่ใช้ต้นแคนา ซึ่งทั้งหมดสามารถคิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายได้ดังตารางที่ 5.2 ทั้งนี้พบว่าราคาของวัสดุสีอ่อน (CASE01-00) ต่ำกว่าวัสดุสีเข้ม (CASE 02-00) เป็นค่าใช้จ่ายจำนวน 200,376.00 บาท หรือประมาณ 2.69% ของราคาต่ำที่สุดในแนวทางการออกแบบทั้งหมด และในส่วนของต้นไม้ใหญ่นั้นเพิ่มขึ้นเป็นราคาคงที่ตามจำนวน ซึ่งในแนวทางการออกแบบที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุดคือ CASE02-85 ที่ใช้วัสดุสีเข้มละจำนวนต้นไม้มากที่สุดจำนวน 85 ต้นมีค่าใช้จ่ายจำนวน 497,876.00 บาท ซึ่งคิดเป็น 6.69% ของราคาต่ำที่สุดในแนวทางการออกแบบทั้งหมด ตามภาพที่ 5.15 และตารางที่ 5.2



ภาพที่ 5.15 แผนภูมิแสดงต้นทุนค่าใช้จ่ายตามแนวทางการออกแบบ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

ตารางที่ 5.2

แสดงรายการต้นทุนค่าใช้จ่ายของแนวทางการออกแบ

CASE / COST	งานภูมิสถาปัตยกรรมแข่งขัน			งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน		รวมทั้งหมด	ราคาเปรียบเทียบ CASE 01 -00
	พื้นที่ส่วนต้อนรับและสวน		พื้นที่ service	ต้นไม้ใหญ่			
	พื้นที่ (ตร.ม.)	ราคา (บาท/ตร.ม.)		จำนวน (ต้น)	ราคา (บาท/ต้น)		
CASE 01-00	2,380.00	3,000.00	880.00	346.36	0	3,500.00	0.00
CASE 01-25	2,380.00	3,000.00	880.00	346.36	25	3,500.00	87,500.00
CASE 01-45	2,380.00	3,000.00	880.00	346.36	45	3,500.00	157,500.00
CASE 01-65	2,380.00	3,000.00	880.00	346.36	65	3,500.00	227,500.00
CASE 01-85	2,380.00	3,000.00	880.00	346.36	85	3,500.00	297,500.00
CASE 02-00	2,380.00	3,000.00	880.00	574.06	0	3,500.00	200,376.00
CASE 02-25	2,380.00	3,000.00	880.00	574.06	25	3,500.00	287,876.00
CASE 02-45	2,380.00	3,000.00	880.00	574.06	45	3,500.00	357,876.00
CASE 02-65	2,380.00	3,000.00	880.00	574.06	65	3,500.00	427,876.00
CASE 02-85	2,380.00	3,000.00	880.00	574.06	85	3,500.00	497,876.00

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559.

5.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)

จากการศึกษาตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจและตัวชี้วัดในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแล้วได้นำเข้าสู่กระบวนการในการหาประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE)} = \frac{\Delta C \text{ ผลต่างของราคาวัสดุ (บาท)}}{\Delta I \text{ ผลต่างของสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (การลดลง 0.01 \%)}}$$

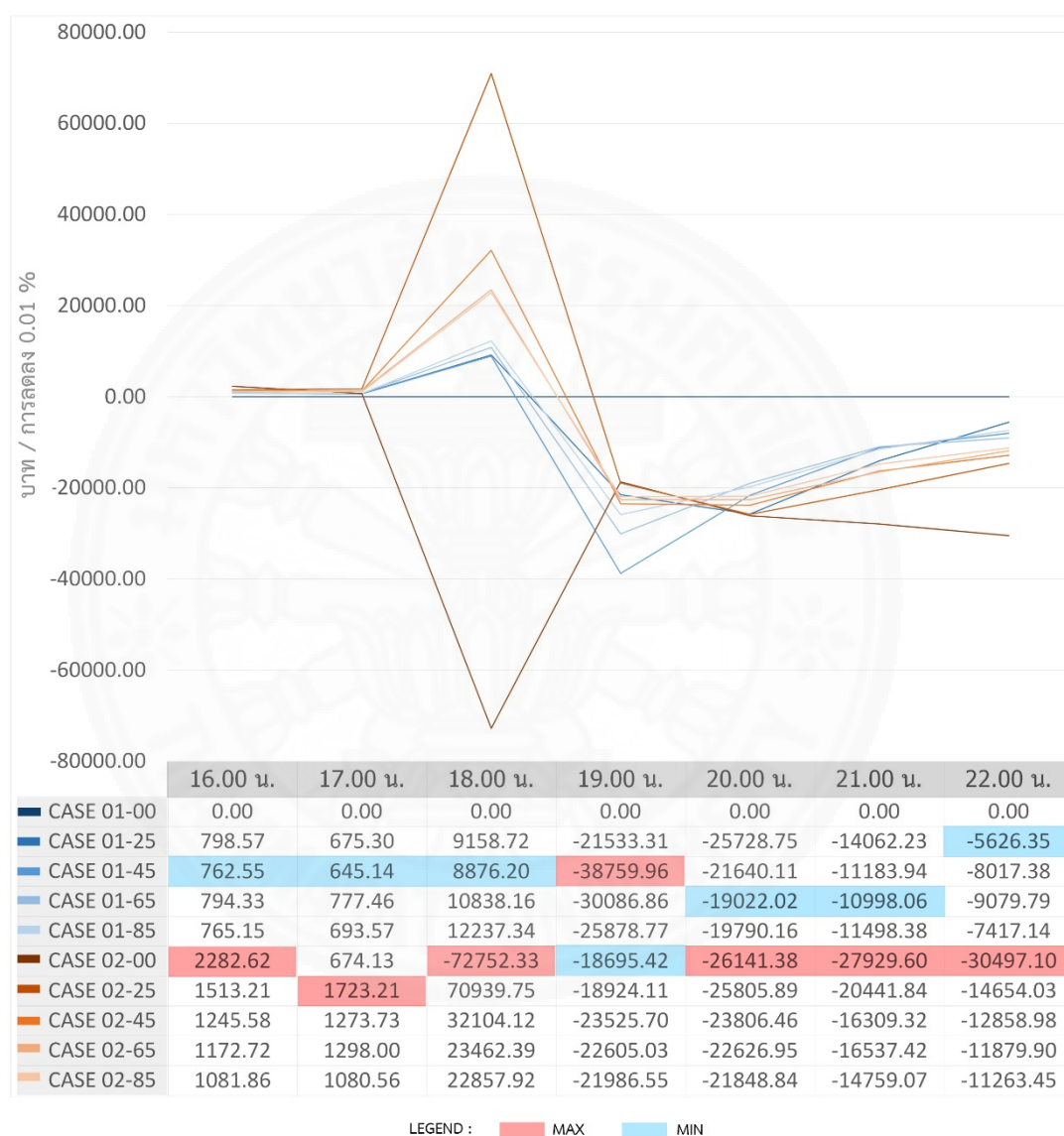
$$\text{EE(CASE ที่ศึกษา)} = \frac{\Delta C = \text{ราคาของวัสดุทั้งหมด(CASE ที่ศึกษา)} - \text{ราคาวัสดุของทั้งหมด(CASE 01-00)}}{\Delta I = \text{ค่าเฉลี่ยPET(CASE ที่ศึกษา)} - \text{ค่าเฉลี่ยPET(CASE 01-00)}}$$

พบว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลากลางวัน คือ 16.00-18.00 น. และกลางคืน 19.00-22.00 น. เนื่องจากเมื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแล้วพบว่าในช่วงเวลากลางวันนั้นพบมีค่าเป็นบวก เนื่องจากเป็นการลงทุนสามารถลดค่าของสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (PET) ได้จริง แต่ในช่วงเวลากลางคืนนั้นกลับทำให้ค่า PET มีค่าที่เพิ่มขึ้นซึ่งพบการเพิ่มขึ้นมาจำนวนต้นไม้ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดทั้งสองตามสมการโดยใช้ต้นทุนค่าใช้จ่ายของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปตามแนวทางการออกแบบทั้ง 10 แนวทางแล้วพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในช่วงเวลากลางวันของวัสดุสีอ่อน (CASE 01-00 – CASE 01-85) มีค่าที่ต่ำกว่าวัสดุสีเข้ม (CASE 02-00 – CASE 02-85) ทั้งในแนวทางการออกแบบที่มีไม้ต้นไม้มและไม้ต้นไม้ม โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ต่ำที่สุดพบใน CASE 01-45 คือ 762.55 645.14 และ 8,876.20 บาทต่อการลดลง 0.01% ตามช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00-18.00 น. ตามลำดับ และสูงสุดใน CASE 02-00 คือ 2,282.62 บาทต่อการลดลง 0.01% ในช่วงเวลา 16.00 น. และค่าที่ติดลบในช่วงเวลา 18.000 น. ของ CASE 02-00 คือ -72,752.33 บาทต่อการลดลง 0.01% ส่วนในช่วงเวลา 17.00 น. นั้น พบค่าสูงที่สุดใน CASE 02-25 คือ 1,723.21 บาทต่อการลดลง 0.01% และสามารถสรุปภาพรวมของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในช่วงเวลากลางวันที่มีประสิทธิภาพที่สุด คือ CASE 01-45 โดยมีค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดตลอดช่วงเวลา 16.00-18.00 น.

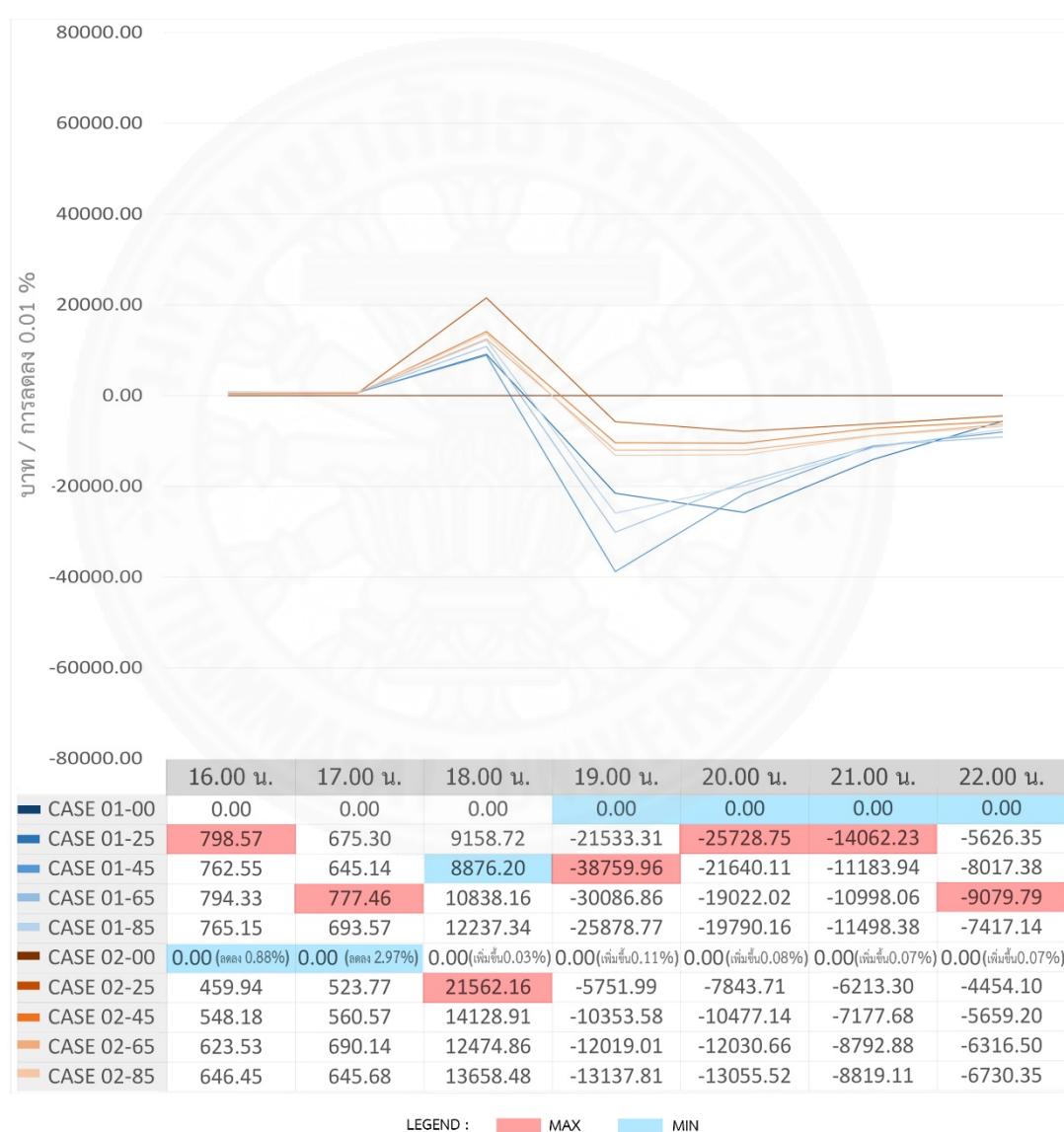
ส่วนในช่วงเวลากลางคืน 19.00-22.00 น. นั้นมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจติดลบทั้งหมด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่า PET ที่เป็นตัวชี้วัดของการลดผลกระทบทางเศรษฐกิจ ซึ่งจากสมการข้างต้นพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่มีผลทำให้ติดลบมากที่สุด คือ CASE 02-00 โดยมีค่าติดลบสูงติดต่อกันตั้งแต่ช่วงเวลา 20.00-22.00 น. คือ -26,141.38 -27,929.60 และ -30,497.10 บาทต่อการลดลง 0.01% ตามลำดับ แต่ในช่วงเวลา 19.00 น. นั้น มีค่าติดลบมากที่สุดใน CASE 01-45 คือ -18,695.42 บาทต่อการลดลง 0.01% ส่วนค่าที่ติดลบน้อยที่สุดพบใน CASE 01-25 ในช่วงเวลา 22.00 น. คือ -5,626.35

บาทต่อการลดลง 0.01% และในช่วงเวลา 20.00-21.00 น. นั้นมีค่า -19,022.02 และ -10,998.06 บาทต่อการลดลง 0.01% ตามลำดับใน CASE 01-65 ส่วนในช่วงเวลา 19.00 น. นั้น มีค่าน้อยที่สุดในช่วง -18,695.42 บาทต่อการลดลง 0.01% ใน CASE 02-00



ภาพที่ 5.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา. โดย ผู้วิจัย, 2559.

แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาอีกด้านหนึ่งคือ การเปรียบเทียบในต้นทุนของค่าใช้จ่ายของภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ที่เท่ากันโดยให้ราคาวัสดุสีอ่อนและสีเข้มมีราคาเท่ากันกลับพบว่า ในช่วงเวลา 16.00 - 17.00 น. นั้น มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจที่ดีที่สุดคือ CASE 02-00 โดยไม่มีการเพิ่มของต้นทุนค่าใช้จ่ายแต่กลับมีการลดลงของค่า PET มากถึง 2.97% ในช่วงเวลา 17.00น.และในช่วงเวลา 19.00 -22.00 น. นั้น มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจที่ดีที่สุดคือ CASE 01-00 โดยเป็นแนวทางในการออกแบบที่ไม่มีการเพิ่มของค่า PET และไม่มีค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบอื่น ๆ ตามภาพที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape). โดย ผู้วิจัย, 2559.

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาแนวทางการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ ควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของธุรกิจ อสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครนั้นสามารถสรุปแนวทางในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารได้ดังนี้

6.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวทางการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารหรืองานภูมิสถาปัตยกรรม สามารถแบ่งการสรุปผลและอภิปรายผลได้ดังนี้

6.1.1 แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา

(1) แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)

แนวทางเลือกที่มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุด คือ CASE 01-00 คือ การเลือกใช้วัสดุสีอ่อนในการออกแบบ เนื่องจากต้นทุนค่าใช้จ่ายของวัสดุสีเข้มสูงกว่าวัสดุสีอ่อน โดยพื้นที่ Service ที่ใช้วัสดุต่างกันคือคอนกรีต และแอสฟัลท์ติกคอนกรีต จึงทำให้ราคาของวัสดุสีเข้มมีต้นทุนเพิ่มขึ้นถึง 2.69% แม้ว่าวัสดุสีอ่อนจะมีสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารสูงกว่าก็ตาม

- แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ร่วมกับภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)

(2) แนวทางเลือกที่มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุดคือ CASE 01-45 คือ แนวทางเลือกการใช้วัสดุสีอ่อนประกอบต้นไม้ใหญ่จำนวน 45 ต้น ซึ่งตรงกับเกณฑ์ของ TREE-NC ในหมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape: SL) หมวด S3 การใช้พืชพรรณให้เหมาะสม ให้เลือกต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร

6.1.2 แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)

(1) แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)

แนวทางเลือกที่มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุด คือ CASE 02-00 คือ การเลือกใช้วัสดุสีเข้ม เนื่องจากไม่มีการเพิ่มของต้นทุนค่าใช้จ่ายแต่กลับมีการลดลงของค่า PET มากถึง 2.97%

ในช่วงเวลา 17.00 น. และลดลง 0.88% ในช่วงเวลา 16.00น. แม้ว่าวัสดุสีเขียวจะมีผลทำให้ช่วงเวลากลางคืน วัสดุสีเขียวมีค่า PET สูงกว่าวัสดุสีอ่อน ซึ่งมีค่าความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นเพียง 0.01-0.03 °C (PET) โดยคิดเป็น 0.03-0.11% ดังนั้น วัสดุสีเขียวจึงมีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจที่ดีที่สุดสำหรับกรณีนี้

(2) แนวทางการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ร่วมกับภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)

แนวทางเลือกที่มีประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุด คือ CASE 02-25 คือ แนวทางเลือกการใช้วัสดุสีเขียวประกอบต้นไม้ใหญ่จำนวน 25 ต้น เนื่องจากทำให้ค่า PET ลดลงได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เสียไป

ดังนั้น การออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารนั้นหากเป็นไปได้ควรใช้วัสดุที่มีค่าสะท้อนความร้อนที่ต่ำในกรณีที่ดินทุนค่าใช้จ่ายเท่ากันและมีสุนทรียภาพเหมาะสมกับภาพลักษณ์ของโครงการ ร่วมกับการเลือกใช้ต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร เป็นมาตรฐานที่น้อยที่สุดในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร เพื่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนตามแนวทางการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 6.1

ตารางแสดงประสิทธิภาพในภาคเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายตามกรณีศึกษา

แนวทางการออกแบบ/ช่วงเวลา	กลางวัน				กลางคืน			
	16.00 น.	17.00 น.	18.00 น.	19.00 น.	20.00 น.	21.00 น.	22.00 น.	
	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	ลดลง 0.01%/บาท	
CASE 01-00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CASE 01-25	798.57	675.30	9158.72	-21533.31	-25728.75	-14062.23	-5626.35	
CASE 01-45	762.55	645.14	8876.20	-38759.96	-21640.11	-11183.94	-8017.38	
CASE 01-65	794.33	777.46	10838.16	-30086.86	-19022.02	-10998.06	-9079.79	
CASE 01-85	765.15	693.57	12237.34	-25878.77	-19790.16	-11498.38	-7417.14	
CASE 02-00	2282.62	674.13	-72752.33	-18695.42	-26141.38	-27929.60	-30497.10	
CASE 02-25	1513.21	1723.21	70939.75	-18924.11	-25805.89	-20441.84	-14654.03	
CASE 02-45	1245.58	1273.73	32104.12	-23525.70	-23806.46	-16309.32	-12858.98	
CASE 02-65	1172.72	1298.00	23462.39	-22605.03	-22626.95	-16537.42	-11879.90	
CASE 02-85	1081.86	1080.56	22857.92	-21986.55	-21848.84	-14759.07	-11263.45	

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559

ตารางที่ 6.2

ตารางแสดงประสิทธิภาพในภาคเศรษฐกิจสำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของงานภูมิสถาปัตย์กรรมแข็ง (Hardscape)

แนวทางการออกแบบ/ช่วงเวลา	กลางวัน					กลางคืน					
	16.00 น.	17.00 น.	18.00 น.	19.00 น.	20.00 น.	21.00 น.	22.00 น.				
	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	ลดลง 0.01%/ บาท	
CASE 01-00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CASE 01-25	798.57	675.30	9158.72	-21533.31	-25728.75	-14062.23	-5626.35				
CASE 01-45	762.55	645.14	8876.20	-38759.96	-21640.11	-1183.94	-8017.38				
CASE 01-65	794.33	777.46	10838.16	-30086.86	-19022.02	-10998.06	-9079.79				
CASE 01-85	765.15	693.57	12237.34	-25878.77	-19790.16	-11498.38	-7417.14				
CASE 02-00	0.00 (ลดลง 0.88%)	0.00 (ลดลง 2.97%)	0.00 (เพิ่มขึ้น0.03%)	0.00 (เพิ่มขึ้น0.11%)	0.00 (เพิ่มขึ้น0.08%)	0.00 (เพิ่มขึ้น0.07%)	0.00 (เพิ่มขึ้น0.07%)				
CASE 02-25	459.94	523.77	21562.16	-5751.99	-7843.71	-6213.30	-4454.10				
CASE 02-45	548.18	560.57	14128.91	-10353.58	-10477.14	-7177.68	-5659.20				
CASE 02-65	623.53	690.14	12474.86	-12019.01	-12030.66	-8792.88	-6316.50				
CASE 02-85	646.45	645.68	13658.48	-13137.81	-13055.52	-8819.11	-6730.35				

หมายเหตุ. โดย ผู้วิจัย, 2559

6.2 ข้อจำกัดในการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดของการศึกษาแนวทางการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครดังต่อไปนี้

(1) ข้อมูลภาคสนามของสภาพอากาศของพื้นที่โครงการ เนื่องจากประเภทโครงการที่ศึกษาเป็นโครงการที่พักอาศัยรวม จึงมีผลกับความเป็นส่วนตัวของผู้พักอาศัย ประกอบกับพื้นที่โดยรอบโครงการไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการติดตั้งอุปกรณ์ ทำให้ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลย้อนหลังของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลตั้งต้นของสภาพอากาศของการจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ห่างจากพื้นที่โครงการระยะทางประมาณ 3 กม.

(2) ด้านโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองสถานการณ์ เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ENVI-met versions 4.0 ใช้ระบบกริดในการศึกษาและมีขนาดพื้นที่สำหรับการกรอกข้อมูลที่จำกัด ทำให้การนำข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพมีข้อจำกัดในการนำเข้าสู่ข้อมูลทำให้ได้ลักษณะทางกายภาพที่ค่อนข้างหยابก็ความเป็นจริง เช่น ขอบเขตทางกายภาพของสิ่งก่อสร้างที่ไม่เป็นแนวตรงและตั้งฉากกันความสูงของสิ่งปลูกสร้างที่มีความจำกัด และเนื่องจากในการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมต้องใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน ทำให้มีข้อจำกัดในการศึกษาไม่สามารถศึกษาได้ทั้ง 24 ชม. ต่อวัน เพื่อให้ได้ศึกษาเปรียบเทียบในหลายแนวทางเลือก โดยเลือกเป็นช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานมากที่สุดเป็นตัวแทนของการศึกษาครั้งนี้

(3) ด้านระยะเวลาในการวิจัย เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษามีระยะเวลาที่จำกัด ทำให้ข้อมูลของวัสดุที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ให้มาเพื่อลดระยะเวลาในการกำหนดข้อมูลวัสดุใหม่ในโปรแกรม เช่น สีและค่าสะท้อนของความร้อนวัสดุ ขนาดของต้นไม้ และราคาวัสดุเป็นราคาในช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งราคาของวัสดุอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลสรุปและข้อจำกัดของการศึกษาแนวทางการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร มีรายละเอียดและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

6.3.1 ข้อเสนอแนะต่อผู้ออกแบบ

นอกเหนือจากสุนทรียภาพและภาพลักษณ์ในการออกแบบที่เหมาะสมกับโครงการแล้ว ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อผู้ใช้งานในพื้นที่ดังกล่าว โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสะท้อนความร้อนที่ต่ำในกรณีที่ดินทุนค่าใช้จ่ายเท่ากัน และการเลือกใช้ต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร เป็นมาตรฐานที่น้อยที่สุดในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคาร รวมไปถึงการจัดวางตำแหน่งต้นไม้ใหญ่ไม่กีดขวางทางลมที่จะพัดเข้าสู่โครงการ เพื่อให้พื้นที่ภายนอกอาคารเกิดสภาวะน่าสบายและสนับสนุนการออกมาใช้งานพื้นที่ดังกล่าว

6.3.2 ข้อเสนอแนะต่อผู้พัฒนาโครงการ

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถเห็นแนวทางการพัฒนาในด้านของการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อเมืองและผู้ที่อยู่อาศัยและใช้พื้นที่โครงการได้ และมีต้นทุนการพัฒนาโครงการเมื่อเทียบกับมูลค่าโครงการทั้งหมดค่อนข้างน้อย ดังนั้นหากผู้พัฒนาโครงการมีวิสัยทัศน์ในการพัฒนาที่คำนึงถึงความรับผิดชอบต่อส่วนรวมและการออกแบบเพื่อคนที่อยู่อาศัยในโครงการอย่างแท้จริง จะสามารถทำให้การพัฒนานั้นเป็นไปอย่างยั่งยืนทั้งในแง่ของเมืองและการพัฒนาการแข่งขันทางธุรกิจ ซึ่งสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปปรับใช้กับโครงการอสังหาริมทรัพย์อื่น ๆ ได้

6.3.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

(1) ในการวิจัยเชิงการตลาดจากการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ควรมีหาค่าความใกล้เคียงความจริงโดยจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เพื่อผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด หากไม่ติดข้อจำกัดในด้านต่างๆในการเก็บข้อมูล

(2) ควรศึกษาเพิ่มเติมในด้านของวัสดุ โดยใช้ค่าสะท้อนความร้อนของวัสดุที่เป็นค่าจริงจากวัสดุที่ใช้จริงและมีขายในท้องตลาด เพื่อนำไปสู่การนำประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้ง่ายขึ้น ทั้งในส่วนของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) และงานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)

(3) ควรศึกษาเพิ่มเติมในด้านของต้นทุนของการดูแลรักษาพื้นที่ภายนอกอาคารของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบเพิ่มเติมนอกเหนือจากค่าใช้จ่าย ณ ช่วงเวลาสร้างเสร็จเพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการพัฒนาโครงการในระยะยาว

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- สุคราตรีณ์ อุทธรณ์และคณะ. (2557). การศึกษาแนวคิดการออกแบบทางผังเมืองเพื่อสร้างองค์ความรู้
สำหรับการใช้เป็นแนวทางในการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตเมืองเชียงใหม่.
เชียงใหม่: สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- คณะทำงาน Agenda การประมาณราคา. (2555). *คู่มือในการประมาณราคาของงานภูมิสถาปัตยกรรม*.
กรุงเทพมหานครฯ: กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
- นรินทร์ สุกุลคลานุกัฒน์. (2526). *คอนโดมิเนียม : กฎหมาย สถานการณ์ปัจจุบัน มาตรฐานการลงทุน
การตลาดและการบริหารงาน*. กรุงเทพมหานครฯ: การเคหะแห่งชาติ.
- เสริม จันทร์ฉาย. (2557). *รังสีอาทิตย์ Solar Radiation*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บทความวารสาร

- ปริญญา ฉายะพงษ์. (2556). *ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเขตเมืองเชิงในความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้
ประโยชน์ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเขตกรุงเทพมหานคร*. วารสารงานวิจัยระดับนานาชาติ
Journal of Environmental Research , Vol 35 , issue 1 , 2013.

วิทยานิพนธ์

- ธนฤต เทียนมณี. (2545). *ปรากฏการณ์เกาะความร้อนกับสภาพทางกายภาพของเมือง*. วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง,
สาขาวิชาการออกแบบชุมชนเมือง.
- จิรวรรณ คล้ายลี. (2559). *การประเมินผลกระทบของการออกแบบปลั๊กนวัตยาต่อความสบายเชิงความร้อน
พื้นที่ภายนอกอาคารของผังแม่บทชุมชนมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์
รังสิต*. สารนิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาการผังเมือง.

เมตธนิค หอภัทรชนจินดา. (2558). *อิทธิพลขององค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศิลป์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (29 กรกฎาคม 2559). *คาดการณ์หลังปี'59 ความต้องการที่อยู่อาศัยชะลอตัว กดดันการเปิดขายที่อยู่อาศัยใหม่ (กระแสทรรศน์ ฉบับที่ 2757)*. สืบค้นจาก:

<https://www.kasikomresearch.com/th/keconanalysis/pages/ViewSummary.aspx?docid=35541>

ศูนย์วิจัยและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย. (27 มกราคม 2559). *ทิศทางอสังหาริมทรัพย์ 2559*. สืบค้นจาก: [http://thinkofliving.com/2016/01/27ทิศทางอสังหาริมทรัพย์ 2559-2559/](http://thinkofliving.com/2016/01/27ทิศทางอสังหาริมทรัพย์%202559-2559/)

บริษัทซีบีอาร์อี. *การจัดหมวดหมู่คอนโดมิเนียมในกรุงเทพมหานคร*. สืบค้นจาก:

<http://www.cbre.co.th/th/SubServices/bangkok-condo-information-guide>

วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2 ตุลาคม 2556). *ลัทธิ 10 ปัจจัยความสำเร็จ*. สืบค้นจาก:

<http://www.brandbuffet.in.th/2013/10/10-factor-condominium-success/>

สถาบันอาคารเขียวไทย. (1 พฤศจิกายน 2559). *TREES Rating System*. สืบค้นจาก:

<http://www.tgbi.or.th/trees.php>

สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร. (2556). *ผังแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินกรุงเทพมหานคร กฎกระทรวงวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556*. สืบค้นจาก:

http://cpd.bangkok.go.th:90/web2/NEWCPD2556_2/guide.html

สุพจน์ เหล่างาม. (2552). *เทคนิคการจำลองสถานการณ์*. สืบค้นจาก:

http://logisticscomer.com/index.php?option=com_content&view=article&id=884:-simulation-model-&catid=43:technologies&Itemid=91

World Business Council for Sustainable Development. (2006). *Eco-efficiency Learning Module*. สืบค้นจาก: <http://wbcsdpublications.org/project/eco-efficiency-learning-module/>

Books and Book Articles

- Medgar L. Marceau and Martha G. VanGeem. (2007). *Solar Reflectance of Concretes for LEED Sustainable Sites Credit: Heat Island Effect*. Portland Cement Association, SN2982, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2007, from www.cement.org.
- Edward Ng, Liang Chen, Yingna Wang and Chao Yuan. (2011). *A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong*. School of Architecture, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, 2011, from ScienceDirect database.
- M.Srivanit and K.Hokao. (2013). *Evaluation the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer, 2013*. retrieved April 1, 2013, from ScienceDirect database.
- F. Salata, L. Golasi, Roberto de Lieto Vollaro, Andrea de Lieto Vollaro. (2016). *Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data*, 2016. Retrieved July 13, 2016, from ScienceDirect database.
- ASHRAE. (1992). ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Inc, Atlanta.
- Andris Auliciems and Steven V. Szokolay. (1997). *Passive and Low Energy Architecture International DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES: Thermal Comfort*, 1997. Department of Architecture, The University of Queensland.
- H. E. Landsberg. (1981). *The urban climate*. 1981, International Geophysics Series, Vol. 28. Academic Press, New York.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการ

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอกอาคารของโครงการ
คอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

THE STUDY OF ECO-EFFICIENCY FROM OUTDOOR THERMAL IMPACTS FOR
HI-END CONDOMINIUM PROJECT IN CENTRAL BUSINESS DISTRICT OF BANGKOK

ปัทิตตา สุโรพันธิ¹ ดำรงศักดิ์ รินชุมภู² และมานัส ศรีวัฒน์³

Pathitta Suropan, Damrongsak Rinchumphu and Manat Srivanit

บทคัดย่อ

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง นับเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่เมืองศูนย์กลางเศรษฐกิจอย่าง กรุงเทพมหานครและทั่วโลก จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีลักษณะแปรผันตรงกับความหนาแน่นของเมืองจนส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคารของคน และพบอีกว่าแนวโน้มความต้องการโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในเขตดังกล่าว ดังนั้นเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืน การวิจัยในครั้งนี้จึงได้ดำเนินวิจัยหาแนวทางการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศตามแนวคิดประสิทธิภาพนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการศึกษาเบื้องต้นในสวนของอิทธิพลความร้อนภายนอกอาคารที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร กับต้นทุนค่าพัฒนาพื้นที่ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการเป็นแนวทางในการออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง สภาวะน่าสบายภายนอกอาคาร ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ อุณหภูมิคอนโดมิเนียม

Abstract

Urban Heat Island (UHI) problem is one of an important issue for the urban living, especially in Bangkok Central Business District (CBD); a very big cities as same as all of the world. The preliminary studies found that the rising temperatures are proportional to the density of the city affected to human outdoor thermal comfort, which related to the dramatic increasing trend of demand for Hi-end condominium projects located in Bangkok CBD. To support for development sustainable of cities, this research will conduct the outdoor area design guideline for developing strategic business and the ecological responsibility, concurrently as the Eco-efficiency concept which in a preliminary study of the outdoor thermal impacts that affected to outdoor thermal comfort and the construction costs. The results will use as the sustainable guideline for landscape architecture practices in the future condominium development in Bangkok CBD.

Keywords: Urban Heat Island, Outdoor Thermal comfort, Eco-efficiency, Temperature, Condominium

¹ นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ อาจารย์ สาขาวิชาการผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ที่มาและความสำคัญ

ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island; UHI) นับเป็นปัญหาที่สำคัญที่เกิดจากการพัฒนาเมืองอย่างไร้ทิศทาง โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในเขตเมืองที่เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดภูมิอากาศที่แตกต่างกันในเขตเมืองและเขตชนบท ซึ่งพื้นที่ในเขตเมืองจะปรากฏลักษณะอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่โดยรอบอย่างมีนัยสำคัญ (Landberg, 1981) และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวด้วย

ทั้งนี้เมืองศูนย์กลางเศรษฐกิจอย่างกรุงเทพมหานครก็ได้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองเหมือนกับเมืองที่เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจอื่น ๆ ในโลก ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของปริญา ฉายะพงษ์ (2556) และธนภฤต เทียนเมณี (2545) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเมืองและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นจะปรากฏในย่านศูนย์กลางเศรษฐกิจของเมือง เนื่องจากอัตราส่วนของสิ่งปลูกสร้างต่อที่ว่าง (Floor Area Ratio; FAR) ที่สูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารของผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าว โดยในปัจจุบันนิยมใช้ดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อนที่เรียกว่า "อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)" และจากผลสำรวจศูนย์วิจัยและประเมินค่าอสังหาริมทรัพย์ไทย (2559) พบว่าความต้องการที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงขึ้นไปและเมื่อมีความต้องการซื้อที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การแข่งขันในการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์สูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน แม้ว่าในปัจจุบันทางภาครัฐจะมีการออกกฎหมายและมาตรการในการจูงใจเพื่อสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนขึ้น ตัวอย่างเช่น เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) ที่ให้ความสำคัญกับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แต่ดูเหมือนว่ามาตรการดังกล่าวยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากสาเหตุของต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (กรุงเทพฯ, 2555) ซึ่งเรื่องต้นทุนนั้นเป็นอุปสรรคของการพัฒนาในภาคธุรกิจทำให้ ทางคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (World Business Council for Sustainable Development; WBCSD) ได้มีแนวคิดในการสร้างประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศขึ้น หรือที่เรียกว่า แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) เพื่อหาความสมดุลของการพัฒนาที่ยั่งยืนขึ้น (World Business Council for Sustainable Development, 2006)

ดังนั้นเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืน ทางวิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศ โดยจะศึกษาการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจเมืองเพื่อลดผลกระทบการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและสภาวะนำสบายของคนที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวโดยใช้การจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ENVMet version 4 โดยงานวิจัยจะมุ่งเน้นศึกษาในส่วนของอิทธิพลความร้อนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่มีผลต่อสภาวะนำสบายภายนอกอาคารเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปในช่วงของสภาวะนำสบายภายในอาคารและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากตัวอาคาร ทำให้แนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารยังมีอย่างจำกัด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและผลกระทบที่มีต่อสภาวะนำสบายภายนอกอาคารของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร

3. ขอบเขตของการวิจัย

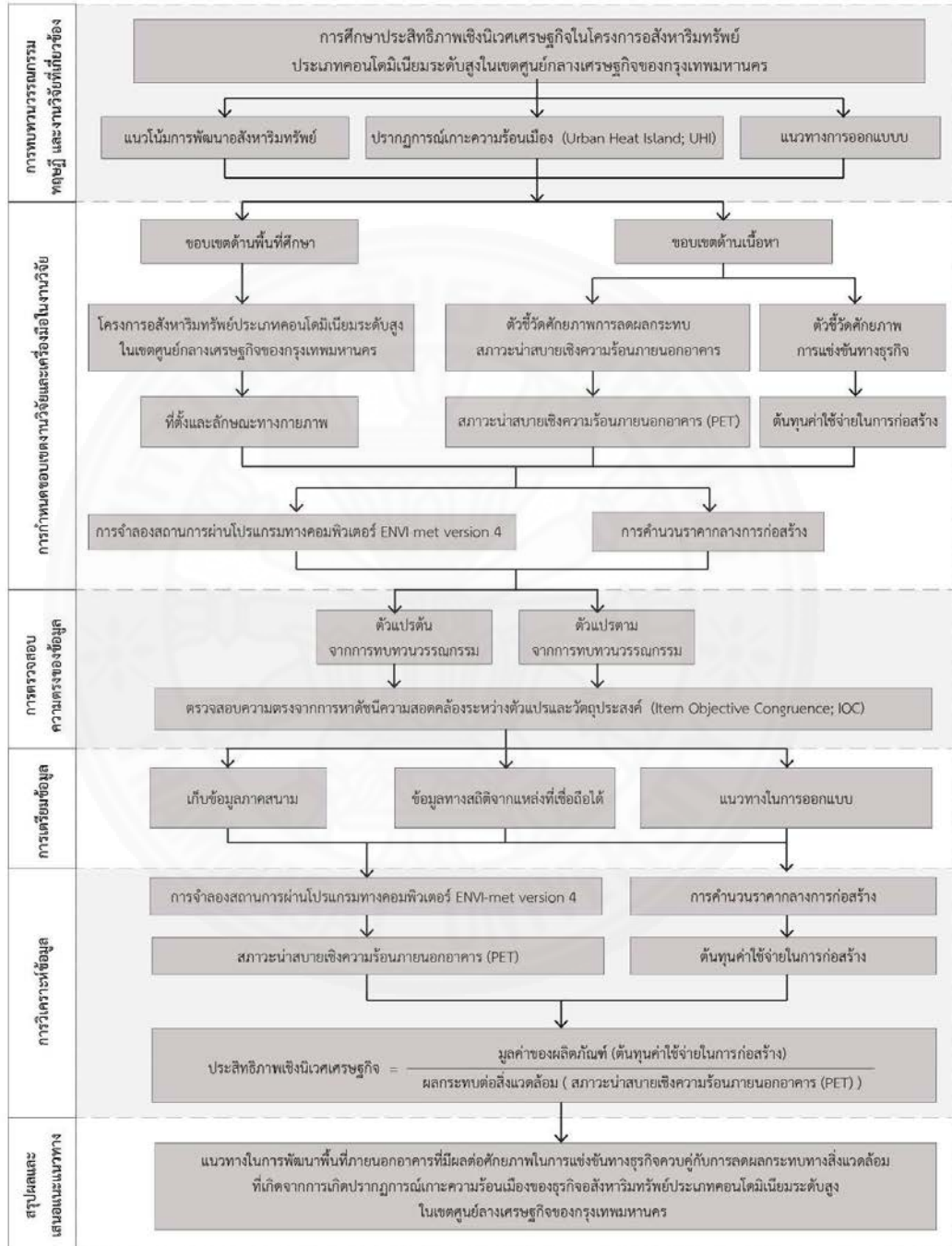
3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจเฉพาะในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างของโครงการที่เปลี่ยนแปลงไปตามแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร

3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา ศึกษาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครจำนวน 1 โครงการ โดยเป็นโครงการที่มีพื้นที่ภายนอกอาคารที่ใช้สำหรับผู้ที่อยู่อาศัยเข้ามาพักผ่อนและทำกิจกรรมได้

3.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา ศึกษาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร ในวันที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงที่สุด คือวันที่ 22 เมษายน และศึกษาช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. - 22.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีความถี่ในการออกมาใช้พื้นที่พักผ่อนภายนอกอาคารสูง

4. วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency; EE) ในโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจ (Central Business District; CBD) ของกรุงเทพมหานครนี้ มีหลักการและวิธีการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนตามกรอบการวิจัยต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบการวิจัย โดยผู้วิจัย,2559

4.1 การกำหนดขอบเขตและเครื่องมือในการวิจัย

จากกรทบทวนวรรณกรรมซึ่งประกอบด้วยแนวโน้มการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง และแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในข้างต้นนั้น ทางผู้วิจัยได้พบว่าแนวโน้มในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ของโครงการคอนโดมิเนียมจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง โดยทำเลของโครงการจะอยู่ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง(CBD) ซึ่งทำให้อยู่ในย่านสาทร สีลม เพลินจิต สุขุมวิทตอนต้น (ตั้งแต่ซอย 1 ถึงแยกโศภ-สุขุมวิท) เนื่องด้วยบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง ซึ่งมีความสอดคล้องกับบริเวณที่เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (UHI) ในภาพที่ 2

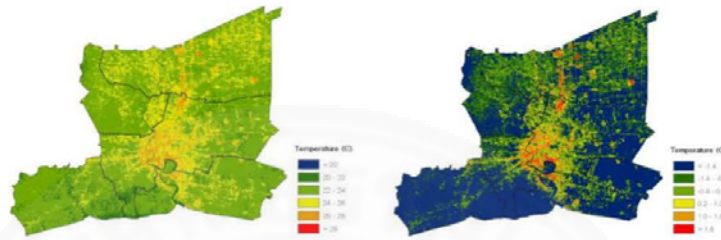


Figure 7. LST and UHI maps in 1992 (20/11/1992)

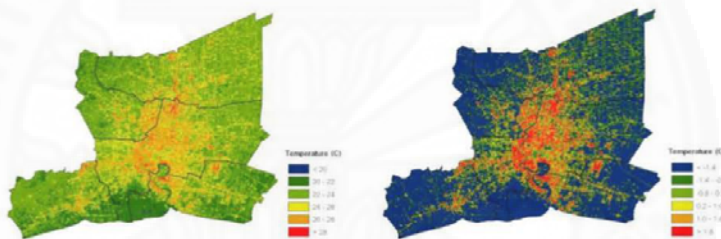


Figure 8. LST and UHI maps in 2008 (02/12/2008)

ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร. จาก ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเขตกรุงเทพมหานคร, บริญญา ฉายะพงษ์, 2556.

ทั้งนี้ในการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายของคน โดยเฉพาะสภาวะน่าสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร เนื่องจากสภาพภายนอกอาคารนี้มีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้เหมือนสภาพภายในอาคารหรือพื้นที่ที่ปิด ดังนั้นในปัจจุบันทางภาครัฐจึงได้มีการออกมาตรการในการควบคุมการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์เพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขึ้น และนอกจากนั้นยังออกมาตรการสร้างแรงจูงใจแก่ผู้ประกอบการตามแนวคิดเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC) โดยหนึ่งในประเด็นหลักในการวัดผลของเกณฑ์ดังกล่าวได้ให้ความสำคัญกับงานภูมิทัศน์หรืองานภายนอกอาคารด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากกรทบทวนวรรณกรรมนั้นได้พบว่ามาตรการดังกล่าวยังไม่ค่อยใช้เนื่องจากปัญหาด้านต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นพบได้ในทุกภาคธุรกิจ เนื่องจากต้นทุนเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจ ทำให้เกิดแนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE) ที่กล่าวถึงประสิทธิภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่กับการรับผิดชอบต่อระบบนิเวศ(World Business Council for Sustainable Development, 2006) โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ได้ คือ

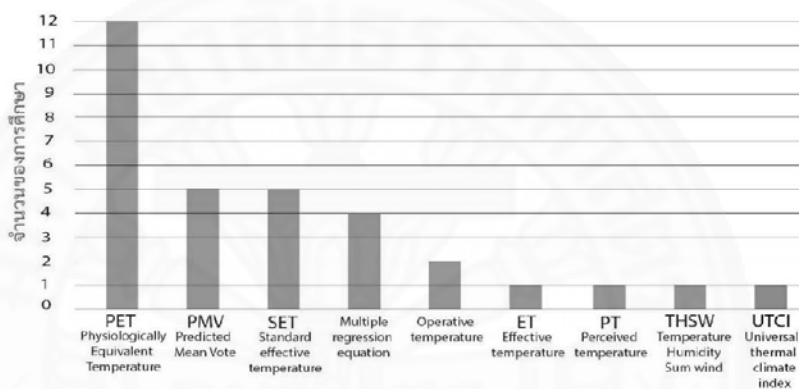
$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันทางธุรกิจ)}}{\text{ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ตัวชี้วัดที่ก่อให้เกิดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม)}}$$

ซึ่งตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการแข่งขันทางธุรกิจคือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาโครงการเฉพาะส่วนภายนอกอาคารเท่านั้น โดยศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ

- งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง(Hardscape) ใช้ค่าสะท้อนความร้อนของวัสดุเป็นเกณฑ์ในการศึกษา เนื่องจากสะท้อนความร้อนยังมีความสัมพันธ์กับสีของวัสดุ โดยสีวัสดุที่เข้มจะมีค่าสะท้อนความร้อนที่ต่ำกว่าวัสดุที่มีสีอ่อน และประกอบกับการทบทวนวรรณกรรมพบว่าสีและวัสดุที่ใช้ในโครงการนี้มีผลต่อสุนทรียภาพของโครงการหากเป็นกลุ่มลูกค้าระดับ HI-END ขึ้นไป

- งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) ใช้หลักการจากเกณฑ์การประเมิน TREES-NC เป็นเกณฑ์ในการศึกษา คือ หมวด S3 การใช้พืชพรรณให้เหมาะสมให้เลือกต้นไม้ยืนต้น 1 ต้นต่อพื้นที่เปิดโล่ง 100 ตารางเมตร และ หมวด S5.3 มีต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก ที่บังแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยกำหนดให้มีการปลูกต้นไม้ยืนต้นทางทิศใต้ ตะวันออก ตะวันตก โดยทรงพุ่มให้มีรัศมีของต้น (อายุ 5 ปี) ให้สัมพันธ์กันหรือห่างกันไม่เกิน 1 เมตร

ด้านตัวชี้วัดการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นคือค่าดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า “อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)” ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่นิยมใช้สำหรับการวัดสภาวะนำสบายภายนอกอาคารซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย



ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบการศึกษาค้นคว้าที่ใช้ตัวชี้วัดค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน. จาก งานวิจัยของ จิรวรรณ คล้ายลี, 2559.

และการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแนวคิดสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (Outdoor Thermal Comfort) เป็นสภาวะอุณหภูมิที่ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายตามทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนในร่างกายของคน ซึ่งหากว่าอุณหภูมิภายนอกสูงจะส่งผลให้อุณหภูมิในร่างกายของคนไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ ทำให้เกิดสภาวะไม่สบายขึ้น (จิรวรรณ คล้ายลี, 2559) โดยสภาวะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคารนี้มีความซับซ้อนกว่าสภาวะนำสบายเชิงความร้อนในอาคารหรือในพื้นที่ปิด เนื่องจากสภาพภายนอกอาคารมีตัวแปรหลายตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งนี้ลักษณะของอากาศนั้นจะแปรผันตามช่วงเวลาและฤดูกาล และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวด้วย โดยการเกิดสภาวะนำสบายภายนอกอาคารนี้มีปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบ ดังนี้

1. สิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร ซึ่งจะประกอบด้วย

- อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คนรับรู้ถึงความร้อนเย็น โดยอุณหภูมิที่ยอมรับได้ของคนส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 20-26 c (ASHRAE, 1992) แต่ในการศึกษาหลาย ๆ อันได้พบว่าคนที่อาศัยในเขตร้อนชื้นนั้นสามารถปรับตัวกับอุณหภูมิได้สูงกว่าภูมิภาคอื่น โดยจะมีขีดจำกัดของภาวะนำสบายได้สูงถึง 28 c ในอาคารปรับอากาศ และพื้นที่ที่ระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติถึง 31 c แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอากาศนั้นจำเป็นต้องพิจารณาจากองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย กล่าวคือ ความเร็วและความชื้นสัมพัทธ์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการระบายความร้อนในตัวของคนด้วย

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีผลกับความสบายตัว หากมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำไปจะเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหนังมากจนผิวหนังแห้งและเกิดความรู้สึกไม่สบายตัว และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม คือ 50 % แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่ตั้งของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตสภาพอากาศแบบร้อนชื้นจึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์นั้นค่อนข้างสูงทำให้ช่วงฤดูร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ถึงร้อยละ 90 ซึ่งยิ่งความชื้นสัมพัทธ์มากเท่าไรจะทำให้การระบายความร้อนในตัวคนที่ออกมาในรูปแบบของเหงื่อหรือเหงื่อไคลนั้นระเหยยาก ส่งผลก่อให้เกิดความอึดอัด (จิรวรรณ คล้ายลี, 2559)

- ความเร็วลม (Wind Speed) เป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในชดร้อนชื้น ซึ่งมีผลต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหนังของคน โดยความเร็วลมในแต่ละที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่นั้น (เมตตนิท หอภัทรชนจินดา, 2557)

- รังสีพระอาทิตย์ (Solar Radiation) ส่วนใหญ่จะเป็นรังสีความร้อนเกิดจากดวงอาทิตย์และจากสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย ซึ่งไม่ใช่แค่ความสว่างเท่านั้นยังหมายรวมถึงรังสีอื่น ๆ ด้วย (เสริม จันทร์ฉาย, 2557)

2. ปัจจัยของบุคคล เป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับเฉพาะตัวบุคคล ประกอบด้วย การเผาผลาญของร่างกายและเสื้อผ้าที่สวมใส่ ตัวแปรเหล่านี้จะก่อให้เกิดความแตกต่างในการรับรู้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันไป

จากตัวแปรที่กล่าวมาทั้งหมดในช่วงต้นนั้นจึงมีการพัฒนาดัชนีเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความสบายเชิงความร้อน เรียกว่า "อุณหภูมิสมมูลทางสรีรวิทยา (Physiologically Equivalent Temperature; PET)" โดยการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม ENM-met version 4

การจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ENM-met version 4 นั้นมีขั้นตอนขั้นตอน 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การนำเข้าลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง เป็นการระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยอ้างอิงกับพื้นที่ ซึ่งนอกจากนั้นตัวโปรแกรม ENM-met นั้นยังมีข้อจำกัดของโปรแกรมในด้านกรนำเข้าข้อมูลของลักษณะทางกายภาพที่ค่อนข้างยากโดยมีลักษณะกรนำเข้าข้อมูลเป็นลักษณะของตาราง (grid) โดยสามารถใส่ค่าความละเอียดของตารางได้ตามขนาดพื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งกรนำเข้าข้อมูลดังกล่าวต้องมีการเมื่อระยะโดยรอบพื้นที่ที่ศึกษาด้วย และจากงานศึกษา Sivaniti&Hokao (2012) ให้เมื่อระยะพื้นที่โดยรอบเป็นระยะ 1 เท่าของพื้นที่ที่ศึกษา เนื่องจากในการจำลองสถานการณ์มีการจำลองเรื่องทิศทางลมและความเร็วลมด้วย ส่วนข้อมูลขนาดพื้นที่และลักษณะสิ่งปลูกสร้างตลอดจนพืชพรรณที่เก็บข้อมูลได้จากพื้นที่จริง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นฐานของวัสดุที่มีอยู่ในโปรแกรมได้ หรือจะสร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่ก็ได้เช่นกัน แต่เนื่องด้วยระยะเวลาในการศึกษาที่จำกัด ทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลพื้นฐานจากโปรแกรม

2. การกำหนดเงื่อนไขข้อมูลลักษณะสภาพอากาศ ในขั้นตอนนี้เป็นต้องใช้ข้อมูลจากพื้นที่จริงและสถานีวัดสภาพอากาศที่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลทางสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อทำการจำลองสถานการณ์แม่นยำขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลภาคสนามมีข้อจำกัดโดยเฉพาะการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศ เนื่องจากเป็นโครงการที่อยู่อาศัย ซึ่งทางโครงการเกรงว่าอาจจะกระทบต่อความเป็นส่วนตัวของผู้อยู่อาศัย ทำให้ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังจากสถานีตรวจวัดที่ได้เคียงกับพื้นที่เพียงอย่างเดียว

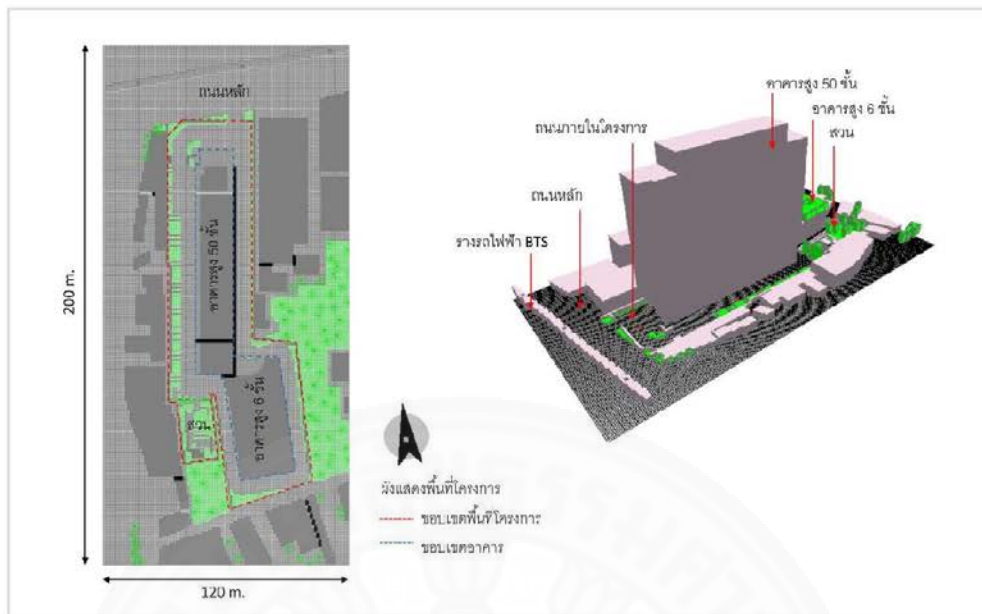
3. การจำลองสถานการณ์ เป็นขั้นตอนหลังจากที่นำเข้าข้อมูลทั้งหมดและมีการกำหนดเงื่อนไขแล้วเพื่อตรวจสอบข้อมูลและจำลองสถานการณ์เมื่อนำไปประมวลผลต่อไป และเมื่อได้ผลจากการจำลองสถานการณ์ในขั้นต้นแล้วจะนำข้อมูลที่ได้ไปจำลองสถานการณ์โดยใช้ Biomet Process เพื่อค่าของ PET ต่อไป

4. ประมวลผลข้อมูลจากการจำลองสถานการณ์ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นั้น ๆ มาทำการประมวลผลที่ต้องการโดยสามารถเลือกใช้ข้อมูลได้โดยใช้การแสดงผลของ LEONARDO 2014 Visualize ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรม ENM-met version

4.2 การเตรียมข้อมูลในการวิจัย

ในการเตรียมข้อมูลสำหรับการดำเนินการวิจัยนั้นจะอ้างอิงจากการกำหนดขอบเขตจากการทบทวนวรรณกรรมในข้างต้น ซึ่งรายละเอียดดังนี้

- พื้นที่ศึกษา ขอบเขตตั้งอยู่บริเวณย่านสาทร ซึ่งอยู่ในบริเวณศูนย์กลางเศรษฐกิจเมือง(CBD) และเป็นโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูง และมีพื้นที่ที่พักผ่อนและทำกิจกรรมสำหรับผู้ที่อยู่อาศัยภายนอกอาคาร โดยลักษณะทางกายภาพเมื่อนำข้อมูลทางกายภาพเข้าสู่การจำลองสถานการณ์มีรายละเอียดดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผังพื้นที่ศึกษา โดยผู้วิจัย,2559

โดยรายละเอียดของลักษณะทางกายภาพของการศึกษาคั้งนี้จะแบ่งเป็นทั้งหมด 3 แนวทางในการออกแบบผังตารางที่ 1 ซึ่งแบ่งค่าวัสดุจากข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรม ENVI-met version 4

ตารางที่ 1 แสดงแนวทางออกแบบพื้นที่โครงการ

แนวทางการออกแบบ	ลักษณะทางกายภาพ	
	งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง(Hardscape)	งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)
CASE 01	วัสดุสีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	ไม้พุ่ม
CASE 02	วัสดุสีเข้ม ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.30	ไม้พุ่ม
CASE 03	วัสดุสีอ่อน ค่าสะท้อนความร้อน(Albedo) 0.80	ไม้พุ่ม + ต้นไม้ใหญ่(จำนวน 65 ต้นซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน TREE-NC และมีตำแหน่งตามทิศตะวันออก ตะวันตกและทิศใต้ทรงพุ่มห่างกันไม่เกิน 1 เมตร

ที่มา :โดยผู้วิจัย,2559

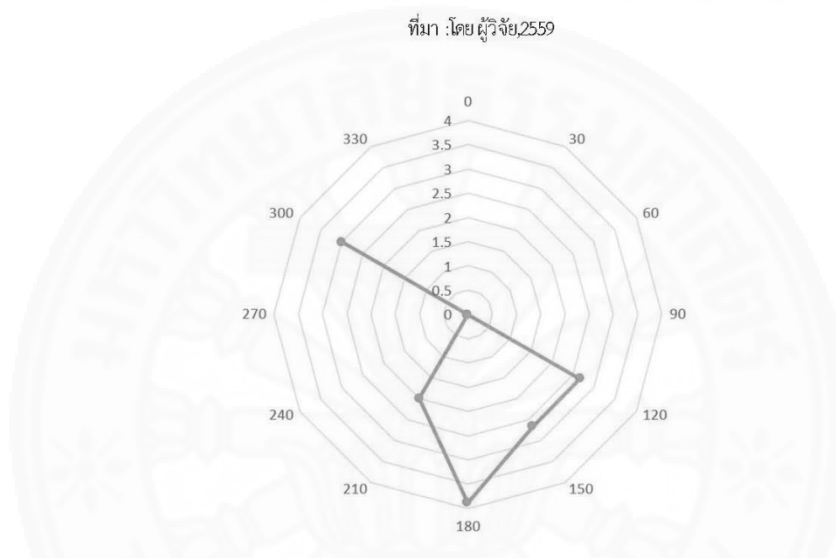
ทั้งนี้รายละเอียดพื้นที่โครงการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ในโครงการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ
 - พื้นที่ส่วนต้อนรับและพื้นที่ภายในสวน มีขนาดพื้นที่ 2,380 ตารางเมตร ซึ่งในการออกแบบโครงการได้ใช้วัสดุเป็นหินแกรนิต เนื่องจากเป็นส่วนที่สร้างสุนทรียภาพของโครงการ
 - พื้นที่ถนน Service มีขนาดพื้นที่ 880 ตารางเมตร มีการใช้วัสดุที่เน้นฟังก์ชันการใช้สอยมากกว่าการสร้างสุนทรียภาพ
- งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)
 - พื้นที่ปลูกไม้พุ่มและต้นไม้ใหญ่ จำนวน 1,200 ตารางเมตร

ข้อมูลสภาพอากาศนั้นได้ใช้ข้อมูลทางสถิติย้อนหลังจำนวน 5 ปีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2559 – 2555 โดยเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (สถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่บริเวณศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์) เป็นสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ใกล้เคียงที่สุดกับพื้นที่ศึกษาโดยห่างจากพื้นที่โครงการประมาณ 3 กิโลเมตร

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติของสภาพอากาศย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2559-2555)

ข้อมูลสภาพอากาศ วันที่ 22 เมษายน	ช่วงเวลา								เฉลี่ย
	01.00 น.	04.00 น.	07.00 น.	10.00 น.	13.00 น.	16.00 น.	19.00 น.	22.00 น.	
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิความร้อน (°C)	30.08	29.62	28.84	33.24	36.56	36.70	32.64	30.72	32.30
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ (%)	68.7	72	73.86	53.8	44.54	44.12	55.86	65.82	65.82
ค่าเฉลี่ยความเร็วลม (m/s)	1.80	1.20	1.80	1.20	2.00	1.40	1.80	1.80	1.63



ภาพที่ 5 ข้อมูลสถิติของทิศทางลมย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2559-2555) โดยผู้วิจัย,2559

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งข้อมูลการวิเคราะห์ออกมาเป็น 2 ตัวชี้วัดเพื่อนำไปเปรียบเทียบหาแนวทางออกแบบพื้นที่ภายนอกอาคารของการพัฒนาสิ่งทหริมทรัพย์ประเภทโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ(E.E)} = \frac{\text{มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง)}}{\text{ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สถานะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร (PET))}}$$

5. ผลการการศึกษา

จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ไมโปรแกรมน ENM-met version 4 ตามแนวทางการออกแบบจำนวนทั้งหมด 3 แบบ ซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ในวันที่ร้อนที่สุดในประเทศไทย คือ วันที่ 22 เมษายน และศึกษาตั้งแต่ ช่วงเวลา 16.00 น. -22.00 น. ซึ่งได้ผลการศึกษาเบื้องต้นก่อนนำผลการศึกษาดังกล่าวไปคำนวณหาค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่า ทางสิริวิทยา (PET) มีรายละเอียดของข้อมูลดังต่อไปนี้

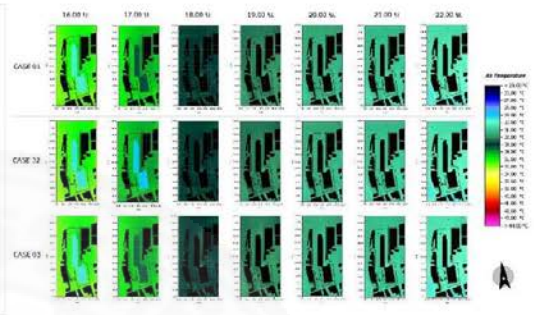
ผลการศึกษาอุณหภูมิความร้อนพบว่าวัสดุสีอ่อนทำให้อุณหภูมิความร้อนสูงในช่วงเวลากลางวันแต่ทำให้ในช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. มีอุณหภูมิความร้อนที่ต่ำลง แต่ในทางกลับกันวัสดุสีเข้มจะทำให้ช่วงเวลากลางคืนมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นแทน และในส่วนของการเพิ่มเติมไม้ใหญ่ในโครงการตามเกณฑ์มาตรฐานของ TREE-NC ส่งผลให้อุณหภูมิความร้อนลดลงทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ดังข้อมูลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางปัจจัยสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.

AIR TEMPERATURE / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00				
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)		
OVER ALL SITE																							
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	35.85	34.54	35.11	35.08	33.80	34.40	33.30	32.39	32.84	32.36	31.53	32.07	31.90	30.25	31.08	31.30	30.51	31.00	30.61	29.76	30.27		
CASE 02 (DARK MATERIAL)	36.10	34.55	35.21	34.73	33.58	34.21	33.31	32.40	32.96	32.37	31.54	32.08	31.90	30.26	31.09	31.30	30.51	31.01	30.62	29.76	30.28		
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)	35.99	34.28	35.07	35.06	33.50	34.32	33.25	32.00	32.83	32.34	31.13	31.97	31.90	30.25	30.98	31.27	30.12	30.90	30.58	29.44	30.16		



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิความร้อน โดยผู้วิจัย, 2559



ภาพที่ 7 ผังแสดงอุณหภูมิความร้อน โดยผู้วิจัย, 2559

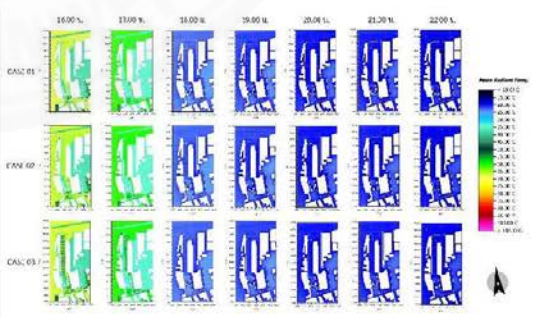
ผลการศึกษารังสีความร้อนพบว่าวัสดุสีอ่อนทำให้รังสีความร้อนสูงในช่วงเวลากลางวันแต่ทำให้อุณหภูมิในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00 น. มีรังสีความร้อนที่ต่ำลง แต่ในทางกลับกันวัสดุสีเข้มจะให้ผลการศึกษตรงกันข้ามกับวัสดุสีอ่อน ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธะเหมือนกันว่าอุณหภูมิความร้อน แต่ในส่วนของ CASE03 ที่มีการเพิ่มของต้นไม้ส่งผลให้รังสีความร้อนลดลงในช่วงเวลากลางวัน แต่ช่วงเวลาคงตั้งแต่ 18.00 น.กลับมีรังสีความร้อนที่สูงขึ้น ดังข้อมูลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางปัจจัยสภาพอากาศ รังสีความร้อน ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.

MEAN RADIANT TEMPERATURE / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00				
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)		
OVER ALL SITE																							
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	68.67	35.12	51.69	61.46	32.77	44.41	25.91	19.73	22.67	25.04	17.86	21.32	23.81	16.48	19.02	23.72	16.68	20.04	22.73	15.76	18.98		
CASE 02 (DARK MATERIAL)	68.03	34.02	51.03	59.56	30.37	42.17	25.92	19.66	22.63	25.08	17.88	21.37	23.83	16.49	19.95	23.74	16.69	20.06	22.75	15.77	19.00		
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)	68.03	34.44	48.73	61.07	31.98	41.91	25.83	19.64	22.78	25.02	17.95	21.59	23.82	16.80	20.22	23.78	16.81	20.35	22.83	15.90	19.31		



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดงรังสีความร้อน โดยผู้วิจัย, 2559

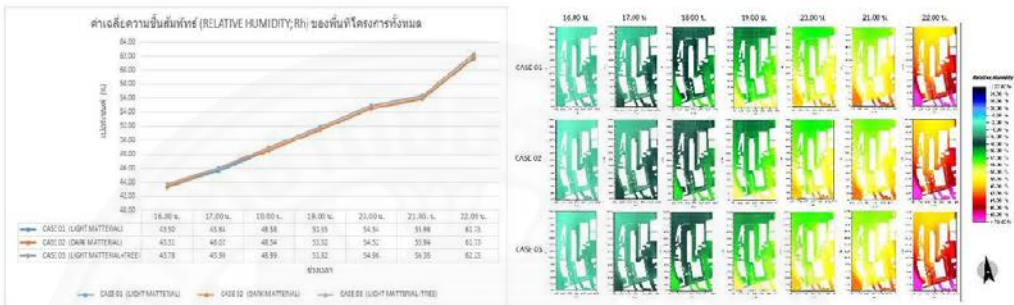


ภาพที่ 9 ผังแสดงรังสีความร้อน โดยผู้วิจัย, 2559

ผลการศึกษาค่าความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าวัสดุสีอ่อนทำให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงวัสดุสีเข้ม และพบว่าต้นไม้ใหญ่จะลดให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นมากโดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน ดังข้อมูลในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางปัจจัยสภาพอากาศ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น

RELATIVE HUMIDITY / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)	MAX (%)	MIN (%)	AVERAGE (%)
	OVER ALL SITE	45.12	42.26	43.50	47.86	43.87	45.64	51.54	47.02	48.58	51.55	49.42	51.55	59.02	52.20	54.54	61.82	53.42	55.96	69.77	58.42
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	45.12	42.26	43.50	47.86	43.87	45.64	51.54	47.02	48.58	51.55	49.42	51.55	59.02	52.20	54.54	61.82	53.42	55.96	69.77	58.42	61.75
CASE 02 (DARK MATERIAL)	45.11	41.99	43.31	48.26	44.36	46.02	51.49	46.97	48.54	56.29	49.39	51.52	59.90	52.18	54.52	61.81	53.41	55.94	69.75	58.40	61.73
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)	46.07	42.27	43.78	48.38	44.02	45.99	51.55	47.39	48.99	56.33	49.84	51.92	59.92	52.72	54.96	61.82	53.93	56.36	69.78	59.13	62.25



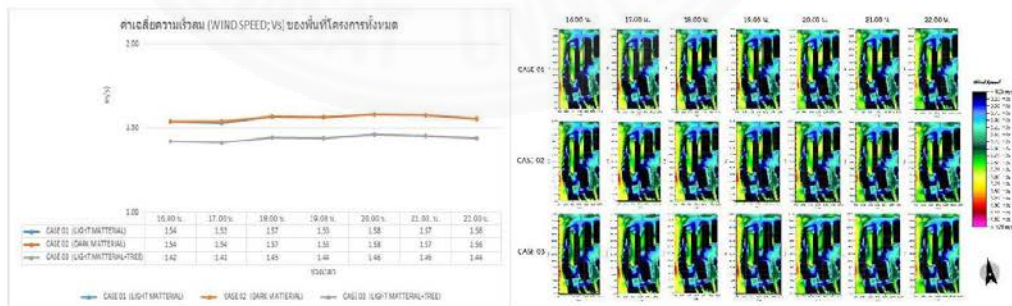
ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดย ผู้วิจัย, 2559

ภาพที่ 11 ผังแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดย ผู้วิจัย, 2559

ผลการศึกษาค่าความเร็วลมพบว่ากรปลูกต้นไม้ส่งผลให้ความเร็วลมภายในโครงการลดลงเนื่องจากลมส่วนใหญ่พัดมาจากทิศทางที่ใต้ แต่การเปลี่ยนของวัสดุไม่มีผลกับความเร็วลมที่เกิดขึ้น ดังข้อมูลในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางปัจจัยสภาพอากาศ ค่าความเร็วลม ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น

WIND SPEED / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00			
	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	MAX (m/s)	MIN (m/s)	AVERAGE (m/s)	
	OVER ALL SITE	3.94	0.00	1.54	3.94	0.00	1.53	3.91	0.00	1.57	3.92	0.00	1.56	3.77	0.00	1.58	3.79	0.00	1.57	3.70	0.00	1.58
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	3.93	0.00	1.54	3.96	0.00	1.55	3.91	0.00	1.57	3.92	0.00	1.56	3.77	0.00	1.58	3.79	0.00	1.57	3.70	0.00	1.58	
CASE 02 (DARK MATERIAL)	3.96	0.00	1.42	3.96	0.00	1.41	3.93	0.00	1.45	3.94	0.00	1.44	3.73	0.00	1.46	3.74	0.00	1.46	3.65	0.00	1.44	
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)																						



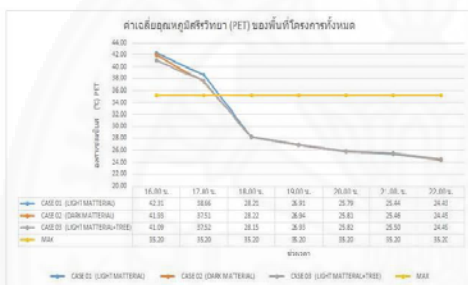
ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงค่าความเร็วลม โดย ผู้วิจัย, 2559

ภาพที่ 13 ผังแสดงค่าความเร็วลม โดย ผู้วิจัย, 2559

จากข้อมูลสภาพอากาศ อุณหภูมิความร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ ค่ารังสีความร้อน และความเร็วลม ในช่วงต้นนั้นเมื่อนำไปศึกษาเพิ่มเติมโดย Biomet Process ในโปรแกรม ENVI-met version 4 นั้นพบว่าวัสดุสีอ่อนทำให้ค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) สูงกว่าวัสดุสีเข้มในช่วงเวลากลางวัน แต่จะลดต่ำลงในช่วงเวลาหลัง 18.00 น. โดยค่า PET ที่พบนั้นยังต่ำกว่าวัสดุสีเข้มด้วย แต่เมื่อศึกษาเพิ่มเติมใน CASE03 ที่มีการเพิ่มต้นไม้ในโครงการกลับพบว่าต้นไม้ส่งผลให้ค่า PET ในช่วงเวลากลางวันต่ำลงจริง แต่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00 น. ต้นไม้กลับทำให้ค่า PET สูงขึ้นมากกว่าตอนที่ไม่มีต้นไม้ในแนวทางของวัสดุสีอ่อนและยังมีค่าสูงกว่าวัสดุสีเข้มที่ไม่มีต้นไม้ในโครงการ ดังตารางที่ 7 และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่บริเวณสวนพักผ่อนที่มีสัดส่วนจำนวนพื้นที่สีเขียวและต้นไม้ใหญ่มากกว่าสัดส่วนพื้นที่ทั้งหมดโครงการ พบว่าสัดส่วนของพื้นที่สีเขียวและต้นไม้ใหญ่มีผลต่อค่า PET ด้วย

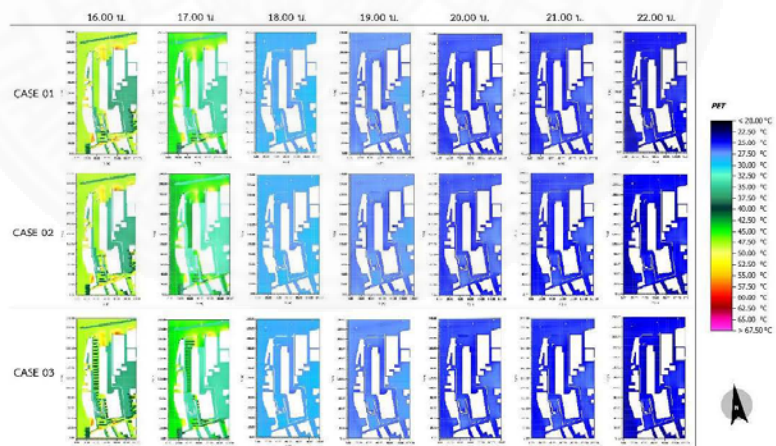
ตารางที่ 7 ค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา (PET) ระดับ 1.5 เมตร ในวันที่ 22 เมษายน ตั้งแต่เวลา 16.00 – 22.00 น.

PET / TIME	16.00			17.00			18.00			19.00			20.00			21.00			22.00		
	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	AVERAGE (°C)
OVER ALL SITE																					
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	58.80	35.00	42.31	52.80	33.21	38.66	29.48	26.67	28.21	28.34	25.44	26.91	27.33	24.52	25.79	26.91	24.20	25.44	25.98	23.28	24.43
CASE 02 (DARK MATERIAL)	58.00	34.62	41.93	51.80	32.03	37.51	29.49	26.83	28.22	28.36	25.46	26.94	27.34	24.53	25.81	26.93	24.20	25.46	25.99	23.29	24.45
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)	59.40	34.70	41.08	53.00	32.66	37.52	29.53	26.45	28.15	28.50	25.30	26.90	27.51	24.40	25.82	27.13	24.07	25.50	26.23	23.23	24.49
GARDEN AREA																					
CASE 01 (LIGHT MATERIAL)	55.80	35.60	41.44	47.40	33.80	34.73	29.48	26.91	28.58	28.34	25.53	27.34	27.33	24.55	26.31	26.91	24.37	25.97	25.98	23.61	25.06
CASE 02 (DARK MATERIAL)	55.40	33.60	41.13	46.32	32.60	33.65	29.49	26.88	28.58	28.36	25.54	27.36	27.34	24.56	26.32	26.93	24.37	25.98	25.99	23.61	25.07
CASE 03 (LIGHT MATERIAL+TREE)	35.20	35.33	40.19	46.60	33.52	34.41	29.53	26.83	28.61	28.50	25.54	27.46	27.51	24.57	26.46	27.13	24.38	26.14	26.23	23.62	25.24



ภาพที่ 14 แสดงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา โดย ผู้วิจัย, 2559

ภาพที่ 15 แสดงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา โดย ผู้วิจัย, 2559



ภาพที่ 16 หังแสดงค่าดัชนีอุณหภูมิเทียบเท่าทางสรีรวิทยา โดย ผู้วิจัย, 2559

ในด้านของดัชนีชี้วัดศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจนั้นสามารถต้นทุนของค่าวัสดุตามแนวทางออกแบบที่เพิ่มขึ้นจากแนวทางออกแบบดั้งเดิม CASE 01 ซึ่งราคาวัสดุในส่วนของงานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape) ในส่วนของพื้นที่ถนน Service จะอ้างอิงตามราคากลางจากกรมบัญชีกลาง แต่ในส่วนของหินแกรนิตอ้างอิงตามราคาตลาด เช่นเดียวกับราคาของงานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape) เนื่องจากไม่สามารถหาราคากลางจากกรมบัญชีกลางได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 รายการคำนวณค่าวัสดุตามแนวทางออกแบบ

งานภายนอกอาคาร	พื้นที่	CASE 01		CASE 02		CASE 02	
		วัสดุ	ราคาต่อตร.ม	วัสดุ	ราคาต่อหน่วย	วัสดุ	ราคาต่อหน่วย
1. งานภูมิสถาปัตยกรรมแข็ง (Hardscape)							
1.1 พื้นที่ส่วนคอนกรีตและพื้นที่ภายในสวน	2,380.00	หินแกรนิตสีอ่อน	3,000.00	หินแกรนิตสีเข้ม	3,000.00	หินแกรนิตสีอ่อน	3,000.00
1.2 พื้นที่ถนน Service	880.00	คอนกรีต	346.36	คอนกรีต	346.36	คอนกรีต	346.36
				ลาดแอสฟัลต์ 5 ซม	227.70		
2. งานภูมิสถาปัตยกรรมอ่อน (Softscape)							
2.1 ไม้พุ่ม + หญ้า	1,200.00	ไม้พุ่ม + หญ้า	500.00	ไม้พุ่ม + หญ้า	500.00	ไม้พุ่ม + หญ้า	500.00
2.2 ต้นไม้ใหญ่	-	-	-	-	-	แคนา 65 ต้น	3,500.00
รวมรวม			8,044,796.80		8,245,172.80		8,272,296.80
ราคาส่วนต่างจาก CASE 01					200,376.00		227,500.00

ที่มา :โดยผู้วิจัย,2559

และเมื่อเปรียบเทียบตัวชี้วัดที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 ตัวชี้วัดจากแนวทางการออกแบบ CASE 01 พบว่าต้นทุนของการเพิ่มขึ้นไม่ได้ตามเกณฑ์การประเมิน TREE-NC นั้นมีต้นทุนที่สูงกว่าการเปลี่ยนวัสดุเป็นสีเข้ม และในการเปรียบเทียบกับตัวชี้วัดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น จำเป็นต้องมีการแบ่งเป็นช่วงเวลากลางวัน (16.00 น.-18.00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (19.00 น.- 20.00 น.) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (PET) ที่แปรผกผันกันของทั้ง 2 ช่วงเวลา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดแนวความคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ตัวชี้วัด	CASE 01	CASE 02	CASE 03
1.มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง) (บาท)	8,044,796.80	8,245,172.80	8,272,296.80
ราคาที่เพิ่มขึ้นจาก CASE 01		200,376.00	227,500.00
2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สถานะนำสบายเชิงความร้อนภายนอกอาคาร(PET))			
2.1 ช่วงเวลากลางวัน (16.00-18.00) (°C)	36.39	35.89	35.59
การเปลี่ยนแปลงของ PET จาก CASE 01		-0.50	-0.80
2.1 ช่วงเวลากลางคืน (19.00-22.00) (°C)	25.64	25.66	25.69
การเปลี่ยนแปลงของ PET จาก CASE 01		0.02	0.04

ที่มา :โดยผู้วิจัย,2559

6. สรุปผลการการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการการศึกษาที่กล่าวมาในข้างต้นนั้นพบว่าแนวทางการออกแบบ CASE03 ที่มีการเพิ่มต้นไม้มีศักยภาพในการพัฒนาโครงการมากกว่า CASE 02 ที่เปลี่ยนวัสดุเป็นสีเข้ม ในช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 28,437 บาทต่อการลดลง 0.1 องศาเซลเซียส (PET) แต่ CASE02 มีต้นทุน 40,075.2 บาท ต่อการลดลง 0.1 องศาเซลเซียส (PET) ส่วนในช่วงเวลากลางคืนนั้นทั้ง CASE02 และ CASE03 กลับทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านของสถานะอยู่สบายภายนอกอาคาร(PET) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน CASE03 ที่มีการเพิ่มต้นไม้เข้าไปในพื้นที่โครงการโดยต้นไม้ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นและความเร็วลมลดลงจึงทำให้ค่า PET สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่า PET ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางคืนของทั้งสองแนวทางการออกแบบนั้นยังอยู่ในช่วงที่ช่วงที่คนสามารถยอมรับได้ โดยอ้างอิงจากการทำแบบสำรวจสถานะอากาศภายนอกอาคารภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต (Manat Sivavit, 2016) ที่พบว่าคนส่วนใหญ่ที่ทำการสำรวจสามารถยอมรับได้สูงถึง 35.20 องศาเซลเซียส (PET) ดังนั้นในการออกแบบพื้นที่โครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในย่านศูนย์กลางเศรษฐกิจเมืองสามารถเพิ่มศักยภาพใน

การแข่งขันทางเศรษฐกิจควบคู่กับการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้โดยการเพิ่มต้นไม้ในบริเวณพื้นที่โครงการตามการศึกษา CASE03 ซึ่งสามารถให้เพิ่มสภาวะนำสบายภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันได้ แต่อย่างไรก็ตามในการออกแบบนั้นควรคำนึงถึงการเลือกต้นไม้ที่มีผลกระทบสภาวะนำสบายภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางคืนด้วย เนื่องจากผู้ที่อยู่อาศัยโครงการคอนโดมิเนียมนั้นจะใช้เวลาในโครงการในช่วงเวลาหลังเลิกงานมากกว่าช่วงเวลากลางวัน และหากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรศึกษาในส่วนของวัสดุที่มีสิ่งซึมเนื่องจากมีศักยภาพทำให้ช่วงเวลากลางวันมีสภาวะนำสบายมากกว่าวัสดุที่อ่อน และในช่วงเวลากลางคืนนั้นวัสดุที่ซึมยังส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดลงด้วยเนื่องจากการคายความร้อนในช่วงเวลากลางคืน หากนำมาประกอบกับการเพิ่มของต้นไม้ก็จะทำให้สามารถเพิ่มสภาวะนำสบายภายนอกอาคาร (PET) ได้ทั้งสองช่วงเวลและไม่ส่งผลกระทบกีดปรกฏการณ์เกาะความร้อนเมืองก็เป็นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาที่สนับสนุนข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัย และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ศักดิ์ รินชุมภู และอาจารย์ ดร.มานัส ศรีวณิช สำหรับข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ASHRAE. (1992). ANSI/ASHRAE Standard 55.1992, *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Inc, Atlanta.
- Landsberg. (1981). *The urban climate*. 1981, International Geophysics Series, Vol. 28.
- Srivanit, D. J. (2016). Human Thermal Perception and Outdoor Thermal Comfort under Shaded Conditions in Summer – A Field Study in an Institutional Campus. On “Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future
- Srivanit and Hokao. (2013). *Evaluation the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer*. 2013, Retrieved April 1, 2013.
- World Business Council for Sustainable Development. (2006). Eco-efficiency Learning Module. สืบค้นจาก: <http://wbcsdpublishings.org/project/eco-efficiency-learning-module/>
- จิรพรรณ คล้ายลี. (2559). การประเมินผลกระทบของการออกแบบสิ่งแวดล้อมวิทยาต่อความสบายเชิงความร้อนพื้นที่ภายนอกอาคารของผังแม่บทชุมชนมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. สารนิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาการผังเมือง.
- ปริญญา ฉายพงษ์. (2556). ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเขตเมืองเชิงในความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ประโยชน์ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารงานวิจัยระดับนานาชาติ *Journal of Environmental Research*, Vol 35, issue 1.
- เมตธนิท หอภัทรชนจินดา. (2558). อิทธิพลขององค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อสภาวะนำสบายและสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- สุภารัตน์ อุทรารัตน์และคณะ. (2557). การศึกษาแนวคิดการออกแบบทางผังเมืองเพื่อสร้างองค์ความรู้สำหรับการใช้เป็นแนวทางในการลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตเมืองเชียงใหม่. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เสริม จันทร์ฉาย. (2557). รังสีอาทิตย์ Solar Radiation. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สถาบันอาคารเขียวไทย. (1 พฤศจิกายน 2559). *TREES Rating System*. สืบค้นจาก: <http://www.tgbi.or.th/trees.php>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาว ปทิตตา สุโรพันธ์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 25 เดือนมีนาคม พ.ศ 2532
วุฒิการศึกษา	ระดับปริญญาตรี การวางผังเมืองบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตำแหน่ง	Landscape & Urban designer

ผลงานทางวิชาการ

ปทิตตา สุโรพันธ์ ดำรงศักดิ์ รินชุมภู และมานัส ศรีวณิช. (2559). การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากอิทธิพลด้านความร้อนภายนอกอาคารของโครงการคอนโดมิเนียมระดับสูงในเขตศูนย์กลางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร.การประชุมวิชาการสร้างสรรค์ระดับชาติ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2560

ประสบการณ์ทำงาน	พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน ตำแหน่ง Landscape & Urban designer บริษัท แลนด์สเคปอาร์คิเทค 49 จำกัด
-----------------	--