



การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคาร
ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

โดย

นายณณัช จรุงรักษา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคาร
ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

โดย

นายณนัช จรุงรักษา



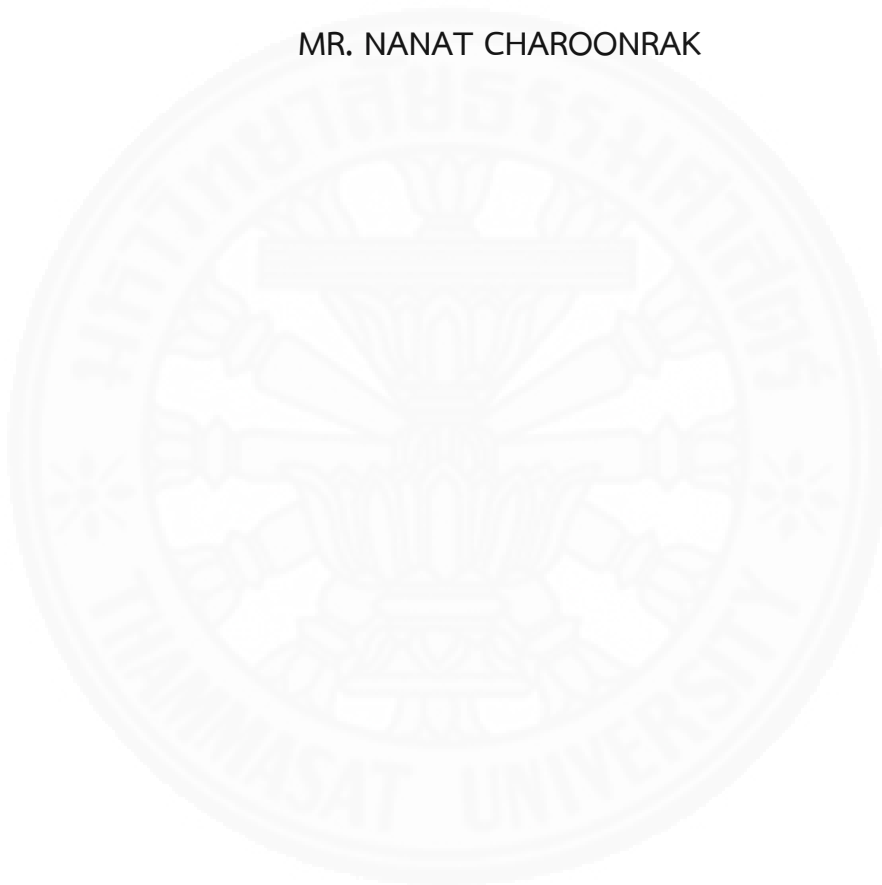
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



NUMERICAL STUDY OF THE IMPACT OF TREES AROUND BUILDING
ON HEAT TRANSFER COEFFICIENT AT BUILDING FACADE

BY

MR. NANAT CHAROONRAK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMSAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายณณัช จรุงรักษา


เรื่อง

การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคาร
ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร


ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ศาสตราจารย์ ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สูดประเสริฐ)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญพร เลิศสถิตธนกร)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร
ชื่อผู้เขียน	นาย ณณัช จรุงรักษา
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ
ปีการศึกษา	2558

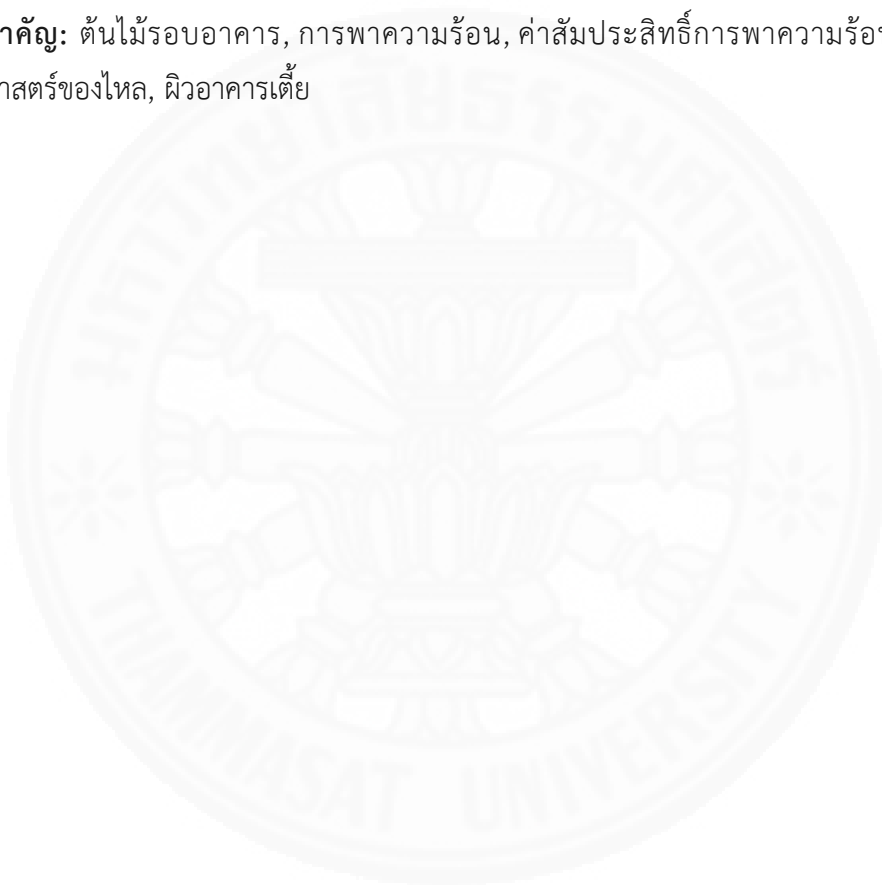
บทคัดย่อ

การปลูกต้นไม้รอบอาคารทำให้เกิดร่มเงาที่ผิวของอาคารซึ่งส่งผลให้อิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลง การพาความร้อนและการนำความร้อนเข้าไปในอาคารส่งผลต่อภาระการทำความเย็นมากขึ้น ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณความร้อนที่ผิวอาคาร งานวิจัยนี้จำลองอาคารสูง 10 เมตรด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (ANSYS Fluent 16.0) ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและจำลองการไหลของอากาศที่ไหลปะทะพื้นผิวของอาคาร ซึ่งคำนึงถึงอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคาร ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร รูปทรงและรูปแบบการวางต้นไม้ที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณพลังงานของอาคารและเป็นข้อเสนอแนะสำหรับภูมิสถาปนิกหรือเจ้าของโครงการในการวางต้นไม้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ผลการจำลองพบว่าระยะห่างของต้นไม้จากอาคารเท่ากับ 6 เมตร สามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารได้เท่ากับ $36.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ และบริเวณกึ่งกลางอาคาร $24.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ผลการจำลองรูปทรงของต้นไม้แบบ กลม พีระมิด และแผ่นเป็นชั้นพบว่ารูปทรงของต้นไม้ที่มีอิทธิพลน้อยเมื่อต้นไม้อยู่ห่างจากเปลือกอาคาร 15 เมตร ผลการจำลองรูปแบบการวางต้นไม้เรียงแถวเดียวและสองแถวสลับกันพบว่า การวางต้นไม้สองแถวสลับหน้าอาคารสามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วเท่ากันกับการวางเรียงแถวเดียว เนื่องจากความเร็วลมที่ผ่านต้นไม้แบบสองแถวสลับกันมีความเร็วที่สูงกว่าแบบเรียงแถวเดียว ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารสูงขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงขึ้นด้วย ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะสูงที่ขอบอาคารและมีค่าต่ำบริเวณกึ่งกลางอาคารซึ่งส่งผลให้การประยุกต์การใช้งานในการจัดสรรพื้นที่ใช้งานมีข้อจำกัด ผลจำลองการวางต้นไม้แบบสลับกันสองแถวใน

รูปทรงต้นไม้ที่แตกต่างกันพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของต้นไม้ทรงปิรามิดในที่วางสลับกันสองแถวมีการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ผิวอาคารด้านปะทะลม ส่งผลให้การจัดสรรพื้นที่การใช้งานในเวลากลางวันบริเวณหน้าอาคารนั้นสามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากเวลากลางวันจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวอาคารกับอุณหภูมิอากาศนั้นมีความแตกต่างกันสูง เมื่อผนวกกับความเร็วมวลที่ผ่านอิทธิพลของต้นไม้จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการพาความร้อนจากผิวอาคารไปสู่อากาศที่ไหลผ่านได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: ต้นไม้รอบอาคาร, การพาความร้อน, ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, การคำนวณพลศาสตร์ของไหล, ผิวอาคารเตี้ย



Thesis Title	NUMERICAL STUDY OF THE IMPACT OF TREES AROUND BUILDING ON HEAT TRANSFER COEFFICIENT AT LOW-RISE BUILDING FAÇADE.
Author	Mr. Nanat Charoonrak
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Faculty of Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Sudaporn Sudprasert, Ph.D.
Academic Years	2015

ABSTRACT

Trees around building provides shades that can reduce heat on the building facade. In the building with shading, heat convection would have high effect on the cooling load. Therefore, convective heat transfer coefficient is the important variable used to compute the convection heat through building envelop. This research simulated 10 m height building by using a computational fluid dynamics program ANSYS Fluent 16.0 to investigate the convective heat transfer coefficient and external airflow of building with the effect of the tree. This study covers the effect of distance from building, form, planning of the trees on the heat transfer coefficient on the building facade. This research can provide recommendation for landscape architect or project's owner who would like to arrange their plants around building and utilize the tree to maximize convective heat transfer.

The simulated results showed that the distance of 6 m between the trees and the building increase the convective heat transfer coefficient of 36.0 W/m²K and 24.3 W/m²K at the center and the edge of the building, respectively. For trees with distance of 15 meters away from the building envelope, simulation results shows that the tree with globular, pyramid and layer spreading forms, has insignificant effect on the heat transfer coefficient. The results shows that staggered planting of trees in front of the building gives higher convective heat transfer coefficient at the building facade than

that of linear planting. This because the staggered planting creates higher air velocity through the trees spaces, creating high convective heat transfer coefficient at edge of building facade and moderate at convective heat transfer coefficient at the center of the building. The variations of convective heat transfer coefficient could bring difficulty in applying building functions in terms of reduction of heat transfer into the building facade. The trees with pyramid form arranged in staggered planting shows the uniform distribution of convective heat transfer coefficient across the envelope. The uniformity of heat transfer coefficient would be flexible in the arrangement of the functions in the building façade. During the day time with high surface temperature and moderate air temperature the tree around the building that increase velocity and high convective heat transfer coefficient can reduce heat transfer into the building envelope.

Keywords: Trees around Building, Convective Heat Transfer, Heat Transfer Coefficient, Computational Fluid Dynamics, Low-rise Building Façade

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ และแนะนำอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักในงานวิจัย ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent ซึ่งเป็นสิ่งหลักในงานวิจัยชิ้นนี้ และกรรมการสอบ ศาสตราจารย์ ดร. ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญพร เลิศสถิตธนกร ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวทางและความคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยชิ้นนี้ ตลอดไปถึงการแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยชิ้นนี้ออกมาสำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ นายชัชวรินทร์ ชินสรนันท์ หรือ พี่แบงค์ ผู้ซึ่งเป็นผู้สอนและให้คำปรึกษาเบื้องต้นในการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent ทำให้สามารถทำงานวิจัยชิ้นนี้ออกมาได้ด้วยดีและตามเวลาที่กำหนด

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2559 ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 35/2559

ขอขอบคุณ นางสาววิศัลยา เมฆานุรัตน์ หรือ ฝน ที่เป็นกำลังใจเสมอมาในเรียนและการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวจรรยาวัช ที่คอยสนับสนุนทั้งในด้านการศึกษาด้านกำลังใจ และคอยเป็นแรงผลักดันที่ทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

นายณณัช จรรยาวัช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 สมมติฐานงานวิจัย	3
1.7 ระเบียบวิธีวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	4
2.1.1 การพาความร้อน	4
2.1.1.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนใกล้ผิว	5
2.2 สมการการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล	7
2.3 ความรู้พื้นฐานเรื่องต้นไม้	11
2.3.1 ประเภทของพืชพรรณ	11
2.3.2 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มไม้ยืนต้น	11

2.4 อิทธิพลของต้นไม้ต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ	12
2.4.1 ผลกระทบของต้นไม้	12
2.4.2 ปัจจัยของต้นไม้ที่ส่งผลต่อลมธรรมชาติ	14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองผลด้วย โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	16
 บทที่ 3 วิธีการวิจัย	 18
3.1 ประเภทของการวิจัย	18
3.2 การดำเนินงานวิจัย	19
3.3 วิธีการศึกษาและขั้นตอนการทดลอง	21
 บทที่ 4 ผลการศึกษา	 30
4.1 ผลจากการศึกษาโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อ เปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า	30
4.1.1 การวิเคราะห์ความไวเมฆ	30
4.1.2 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับงานวิจัยก่อนหน้า	35
4.2 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมและระยะห่างของ ต้นไม้จากอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	37
4.2.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 1	37
4.2.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 1.1 และ 1.2	46
4.3 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงต้นไม้ ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	48
4.3.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 2	48
4.3.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 2	54
4.4 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการวางต้นไม้ ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	55
4.4.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 3	55
4.4.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 3	61

4.5 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงต้นไม้ในรูปแบบการวาง แบบสลับกันสองแถวต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	63
4.5.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 4	63
4.5.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 4	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	72
5.1 สรุปผลการจำลอง	72
5.1.1 ศึกษาการจำลองและวิเคราะห์ผลค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ที่ผิวอาคารเดี่ยวโดยมีอิทธิพลของต้นไม้	72
5.1.1.1 อิทธิพลของรูปแบบการวางต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	74
5.1.1.2 อิทธิพลของระยะห่างต้นไม้จากอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	75
5.1.1.3 อิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนที่ผิวอาคาร	76
5.1.2 เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ปัจจัยของต้นไม้เพื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนที่ผิวอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ	76
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย	79
รายการอ้างอิง	80
ประวัติผู้เขียน	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมการความสัมพันธ์เฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน และความเร็วลม	7
3.1 ค่าตั้งต้น (Initial Condition) ในกรณีศึกษาอิทธิพลของต้นไม้ต่ออาคาร	22
3.2 ตารางการทดลองที่ 1	24
3.3 ตารางการทดลองที่ 2	25
3.4 ตารางการทดลองที่ 3	26
3.5 ตารางการทดลองที่ 4	27
3.6 ตารางการทดลองที่ 5	28
3.7 การกำหนดค่าพื้นฐานในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0	29
4.1 ขนาดเมชและการตั้งค่าในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	30

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปทรงทางกายภาพของไม้ยืนต้น	12
2.2 การบีบลมของต้นไม้สามารถเพิ่มความเร็วลมก่อนจะปะทะอาคาร	13
2.3 การจำลองการไหลของอากาศเมื่อผ่านต้นไม้	13
2.4 การบังคับทิศทางลมที่เป็นผลกระทบจากการวางผังต้นไม้	13
2.5 แสดงผลความเร็วลมที่เกิดขึ้นตามอัตราส่วนของการวางต้นไม้ลักษณะเป็นกรวยแบบด้านบน	14
2.6 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของการวางต้นไม้ลักษณะเป็นกรวยแบบด้านข้าง	15
2.7 ผลการทดลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเดี่ยว	17
3.1 ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองและขอบเขตในการจำลองกรณีศึกษา	19
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา	20
3.3 เงื่อนไขที่ขอบของแบบจำลองการศึกษา	21
3.4 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 1	23
3.5 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 2	24
3.6 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 3	25
3.7 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 4.1	26
3.8 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 4.2	27
4.1 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 1 เมตร	32
4.2 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 0.75 เมตร	32
4.3 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 0.50 เมตร	33
4.4 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 0.25 เมตร	33
4.5 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 0.10 เมตร	34

4.6 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลม ด้วยขนาดเมช 0.10 เมตร	34
4.7 ผลของค่าความเร็วลมที่วัดตำแหน่งตรงกลางหน้าอาคารระหว่างต้นไม้	35
4.8 ผลการจำลองของ (ก) Tutorial 2. และ (ข) ผลจากการจำลอง จากการตั้งค่าของผู้วิจัย	35
4.9 เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล กับผลงานวิจัยก่อนหน้า ในแนวแกนตั้งของผิวอาคาร	36
4.10 เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล กับผลงานวิจัยก่อนหน้าในแนวแกนนอนของผิวอาคาร	36
4.11 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 1.18 เมตรต่อวินาที	38
4.12 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในความเร็วลมที่ 1.18 เมตรต่อวินาที	38
4.13 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และมีความเร็วลม 1.18 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	39
4.14 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที	39
4.15 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที	40
4.16 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และมีความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	40
4.17 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที	41
4.18 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที	41
4.19 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และมีความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	42
4.20 ลักษณะการไหลของอากาศ ในระยะต้นไม้จากอาคาร 6 เมตร	43
4.21 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในระยะต้นไม้จากอาคาร 6 เมตร	43
4.22 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และมีระยะห่างต้นไม้กับอาคาร 6 เมตรกับแบบจำลองควบคุม	44
4.23 ลักษณะการไหลของอากาศ ในระยะต้นไม้จากอาคาร 10 เมตร	45

4.24 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในระยะต้นไม้จากอาคาร 10 เมตร	45
4.25 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และมีระยะห่างต้นไม้กับอาคาร 10 เมตรกับแบบจำลองควบคุม	45
4.26 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของความเร็วมช่องเข้า	46
4.27 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามความเร็วม (ก) 1.18 m/s (ข) 4 m/s (ค) 10 m/s	46
4.28 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร	47
4.29 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามระยะห่างต้นไม้ จากอาคาร (ก) 6 เมตร (ข) 10 เมตร (ค) 15 เมตร	47
4.30 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงปิรามิดระยะ 6 เมตรจากอาคาร	48
4.31 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงปิรามิด ระยะ 6 เมตรจากอาคาร	49
4.32 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงปิรามิดระยะ 15 เมตรจากอาคาร	49
4.33 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงปิรามิด ระยะ 15 เมตรจากอาคาร	50
4.34 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และรูปทรงปิรามิดระยะ 6 เมตร และ 15 เมตร กับแบบจำลองควบคุม	50
4.35 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตรจากอาคาร	51
4.36 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น ระยะ 6 เมตรจากอาคาร	52
4.37 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 15 เมตรจากอาคาร	52
4.38 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น ระยะ 15 เมตรจากอาคาร	53
4.39 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดาน และรูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตร และ 15 เมตรกับจำลองควบคุม	53
4.40 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้	54
4.41 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามรูปทรงของต้นไม้ (ก) ทรงกลมระยะ 15 เมตร (ข) ทรงปิรามิดระยะ 15 เมตร (ค) ทรงแผ่เป็นชั้น ระยะ 15 เมตร (ง) ทรงปิรามิดระยะ 6 เมตร (จ) ทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตร	55

4.42	ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 4 เมตรต่อวินาที	56
4.43	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 4 เมตรต่อวินาที	56
4.44	ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 10 เมตรต่อวินาที	57
4.45	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 10 เมตรต่อวินาที	57
4.46	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของการวางซ้อนกันสองแถว ความเร็วที่ 4 และ 10 เมตรต่อวินาที กับแบบจำลองควบคุมที่ความเร็วเท่ากัน	58
4.47	ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางสลับกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 4 เมตรต่อวินาที	59
4.48	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว รูปแบบการวางสลับกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 4 เมตรต่อวินาที	59
4.49	ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางสลับกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 10 เมตรต่อวินาที	60
4.50	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว รูปแบบการวางสลับกันสองแถว ในความเร็วมวลที่ 10 เมตรต่อวินาที	60
4.51	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของการวางสลับกันสองแถว ความเร็วที่ 4 และ 10 เมตรต่อวินาที กับแบบจำลองควบคุมที่ความเร็วเท่ากัน	61
4.52	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในการวางรูปแบบต้นไม้	62
4.53	เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้ (ก) แถวเดียว 4 m/s (ข) แถวเดียว 10 m/s (ค) สองแถว 4 m/s (ง) สองแถว 10 m/s (จ) ซ้อนกัน 4 m/s (ฉ) ซ้อนกัน 10 m/s	62
4.54	ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถว ความเร็วมวลที่ 4 เมตรต่อวินาที	63
4.55	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถวที่ความเร็วมวล 4 เมตรต่อวินาที	64
4.56	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงปิรามิดวางสลับกันสองแถวความเร็วมวล 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	64

4.57	ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที	65
4.58	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที	65
4.59	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงปิรามิดวาง สลับกันสองแถวความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	66
4.60	ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที	67
4.61	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น วางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาที	67
4.62	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวาง สลับกันสองแถวความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	68
4.63	ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที	68
4.64	การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น วางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที	69
4.65	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวาง สลับกันสองแถวความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม	69
4.66	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน การวางต้นไม้แบบ สลับกันสองแถวในรูปทรงกลม ปิรามิด และ แผ่เป็นชั้น	70
4.67	เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้ แบบสลับกับสองแถวโดยแบ่งรูปทรงเป็น (ก) ทรงกลม (ข) ทรงปิรามิด (ค) ทรงแผ่เป็นชั้น ด้วยความเร็ว 4 m/s	71
4.68	เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้ แบบสลับกับสองแถวโดยแบ่งรูปทรงเป็น (ก) ทรงกลม (ข) ทรงปิรามิด (ค) ทรงแผ่เป็นชั้น ด้วยความเร็ว 10 m/s	71
5.1	เปรียบเทียบผลการจำลองในทุกรกรณี	73
5.2	เปรียบเทียบผลการจำลองการวางต้นไม้แบบแถวเดียวกับวางสลับกันสองแถว หน้าอาคาร	74
5.3	เปรียบเทียบอิทธิพลของระยะห่างต้นไม้จากอาคารกับกรณีไม่มีต้นไม้	75
5.4	เปรียบเทียบผลของรูปทรงกลม ปิรามิด และแผ่เป็นชั้นกับกรณีไม่มีต้นไม้	76

5.5 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีระยะห่างต้นไม้ จากอาคาร 6 เมตร	77
5.6 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร (ก) เรียงแถวเดียว (ข) สลับกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 m/s	77
5.7 การกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ต้นไม้ทรงปิรามิด และวางสลับกันสองแถว	78



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อาคารปรับอากาศมีภาระการทำความเย็นที่เป็นผลมาจากการคำนวณความร้อนด้วยการนำการพาและการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งปริมาณของความร้อนที่ผ่านเข้ามาคิดเป็น 60% ของภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร อาคารอบอาคารส่งผลต่อภาระการทำความเย็นโดยวิธีการพาความร้อนในกรณีที่มีการปลุกต้นไม้รอบอาคารทำให้เกิดร่มเงาที่ผิวของอาคารซึ่งส่งผลให้อิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ลดลงและการพาความร้อนส่งผลต่อภาระการทำความเย็นและการนำความร้อนเข้าไปภายในอาคาร

ค่า h_c หรือค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณความร้อนที่ผิวอาคารโดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยสามารถสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ :

$$h_c = q_{conv} / (T_s - T_\infty) \quad (1)$$

โดย ค่า q_{conv} คือค่าการพาความร้อน T_s คือค่าอุณหภูมิที่พื้นผิว T_∞ คือค่าอุณหภูมิอ้างอิงซึ่งอาจจะเป็นค่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับค่า h_c ที่ผนังอาคารพบว่า การติดตั้งอุปกรณ์ก่อกวนกระแสลมบริเวณผิวของวัสดุสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งทำให้เกิดลักษณะการเคลื่อนที่ของลมหมุนวนซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวเพิ่มขึ้นประมาณ 14 – 17% (H. Hemida et al., 2008) และการเพิ่มกระแสลมแบบปั่นป่วนในการจำลองจาก 1.5% เป็น 6.7% ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้น 49% (B. Blocken et al., 2009) ซึ่งเห็นได้ชัดว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของลมนั้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ซึ่งการปลุกต้นไม้รอบอาคารก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนของกระแสลมบริเวณผิวอาคารซึ่งส่งผลต่อค่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

งานวิจัยนี้ศึกษาโดยการจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ANSYS Fluent 16.0 เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของรูปทรง ตำแหน่ง และความสูงของต้นไม้รอบอาคารที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารโดยมีอิทธิพลของต้นไม้ได้แก่ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร รูปทรง และรูปแบบการวางต้นไม้ ที่ส่งผลกับลมที่พัดเข้าสู่อาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0

1.3 ตัวแปร

- | | | |
|-----------------|-----|---|
| 1. ตัวแปรต้น | คือ | การวางตำแหน่งของต้นไม้
ระยะห่างของต้นไม้กับอาคาร
รูปทรงของต้นไม้ |
| 2. ตัวแปรตาม | คือ | ความเร็วลมที่ผ่านต้นไม้
ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน |
| 3. ตัวแปรควบคุม | คือ | ลักษณะทางกายภาพของผนังอาคาร
ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม
อุณหภูมิผนังอาคาร |

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการจำลองผลของลมธรรมชาติที่มีอิทธิพลจากต้นไม้รอบอาคาร และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่บริเวณผิวของอาคารเดี่ยวที่ได้รับอิทธิพลจากต้นไม้ ด้วยการศึกษาเชิงตัวเลขและจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำผลจากสมการความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเมื่อมีต้นไม้บริเวณโดยรอบ เพื่อให้วิศวกรสามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านกรอบอาคาร เพื่อคำนวณพลังงานภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้

2. สามารถเป็นข้อเสนอแนะสำหรับเจ้าของ ผู้ประกอบการ หรือ ภูมิสถาปนิก ในการจัดองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรมหรือต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านกรอบอาคาร ทำให้เกิดการใช้พลังงานที่ลดลงได้

1.6 สมมติฐานงานวิจัย

ปัจจัยเรื่อง รูปทรง ความสูง และตำแหน่งของต้นไม้ มีผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลม ความเร็วลม ซึ่งส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

1.7 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการจำลองปัจจัยของต้นไม้รอบอาคารที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณผิวอาคารด้วยการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ANSYS Fluent 16.0

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการวางต้นไม้บริเวณโดยรอบอาคารที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่กรอบอาคาร ได้มีการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน
- 2.2 ความรู้พื้นฐานเรื่องต้นไม้
- 2.3 อิทธิพลของต้นไม้ต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองผลด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ปัจจัยทางภูมิอากาศนั้นมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนผ่านวัตถุหรืออาคารเช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ กระแสลม และความชื้น แต่โดยหลักการแล้วความร้อนเคลื่อนที่ผ่านวัตถุจะอาศัยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน โดยส่วนใหญ่ปัจจัยที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนคือความต่างของอุณหภูมิ

2.1.1 การพาความร้อน

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนคือ เมื่ออากาศไหลผ่านหรือสัมผัสกับพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่างกันจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับวัตถุนั้น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งการพาความร้อนเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะหลัก ๆ คือการพาความร้อนแบบอิสระ และการพาความร้อนแบบบังคับ ซึ่งการพาความร้อนแบบอิสระคือการพาที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศธรรมชาติและพื้นผิว เช่น ความร้อนสะสมที่ผิวอาคารเมื่อมีอากาศที่มีความต่างของอุณหภูมิไหลผ่านจะทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ที่ผิวอาคารถ่ายเทสู่อากาศที่ไหลผ่านได้ ซึ่งเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมากอัตราการถ่ายเทความร้อนจะยิ่งสูงขึ้น โดยการพาความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$q_{conv} = h_c A (T_s - T_\infty) \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{conv} = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (3)$$

โดย q_{conv} = อัตราความร้อนที่ไหลจากผนังสู่ของไหล (Watt)
 h_c = ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย ($W / m^2 K$)
 A = พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m^2)
 T_s = อุณหภูมิของพื้นผิวของวัตถุ (K)
 T_∞ = อุณหภูมิของของไหลอิสระ (K)

2.1.1.1 ทฤษฎีการถ่ายพาความร้อนใกล้ผิว

การถ่ายเทความร้อนใกล้ผิวเรียบด้วยกระบวนการพาความร้อนโดยของไหล ของไหลที่ติดกับผิวเรียบจะอยู่หนึ่งมีความเร็วเท่ากับผิวของวัตถุที่ติดกับของไหล (ความเร็วเป็นศูนย์) ทำให้เกิดการนำความร้อน (q_{cond}) ความร้อนจากบริเวณผิวจะถูกถ่ายเทออกไปในของไหลที่อยู่ไกลออกไปที่มีความร้อนจากบริเวณผิวจะถูกถ่ายเทออกไปในของไหลที่อยู่ไกลออกไปที่มีการเคลื่อนที่และเกิดการพาความร้อน (q_{conv}) ความร้อนในกระบวนการนำความร้อนเท่ากับความร้อนในกระบวนการพาความร้อนโดยเกิดขึ้นพร้อมกัน ดังนี้

$$q_{cond} = \dot{q}_{conv} = -k_{fluid} \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} \quad (4)$$

ซึ่ง K_{fluid} = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของของไหล

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิในทิศ x ซึ่งเป็นทิศที่เกิดการนำความร้อนโดยที่การพาความร้อน

$$\dot{q}_{conv} = h \cdot (T_s - T_\infty)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad h = \frac{-k_{fluid} (\partial T / T \partial x)_{x=0}}{(T_s - T_\infty)} \quad (5)$$

เลขนัสเซลท์ (Nusselt number) แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างการพาความร้อนกับการนำความร้อนในทิศตั้งฉากกับผิวเรียบ เลขนัสเซลท์เป็นจำนวนไร้มิติ (dimensionless)

$$Nu_x = \frac{\dot{q}_{conv}}{\dot{q}_{cond}} = \frac{h\Delta T}{k\Delta T/x} = \frac{hx}{k_{fluid}} \quad (6)$$

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลที่มีการไหลแบบปั่นป่วน (turbulence flow) สามารถใช้สมการเชิงประจักษ์ (empirical formula) สำหรับเลขนัสเซลท์ ได้ดังนี้

$$Nu_x = \frac{h_x x}{k_{fluid}} = 0.0296 \cdot Re_x^{0.8} \cdot Pr^{1/3} \quad (7)$$

กำหนดให้ $0.6 \leq Pr \leq 60$ และ $5 \times 10^5 \leq Re_x \leq 10^7$

โดยที่ Re_x คือ เลขเรย์โนลด์ (Reynold's Number)

Pr คือ เลขพรันด์เทิล (Prantdl Number)

เลขเรย์โนลด์ (Reynold's Number) เป็นความสัมพันธ์ของปริมาณไร้มิติของ ความหนาแน่น (ρ) ความเร็วลม (V_∞) ค่าประมาณความยาวจำเพาะ (characteristic length, x) และความหนืดจลน์ (dynamic viscosity, μ) ดังนี้

$$Re_x = \frac{\rho \cdot V_\infty \cdot x}{\mu} \quad (8)$$

เลขพรันด์เทิล (Prantdl Number) เป็นความสัมพันธ์ของปริมาณไร้มิติของ ความหนาแน่น ความเร็วลม ค่าประมาณความยาวจำเพาะ (characteristic length) และความหนืดจลน์ (dynamic viscosity, μ) ดังนี้

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (9)$$

สมการเชิงประจักษ์สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ โดยความสัมพันธ์ของสมการดังกล่าวจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารในด้านต้นลมกับช่วงความเร็วลม (H. Montazeri et al., 2015) ดังนี้

ตารางที่ 2.1

สมการความสัมพันธ์เฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและความเร็วลม

งานวิจัยก่อนหน้า	ขนาดอาคาร (m x m x m)	สมการในการคำนวณ	ช่วงความเร็ว ลม (m/s)	สมการความสัมพันธ์
Emmel (2007)	2.7 x 6 x 8	Wall Function	1.0 - 15.0	$\bar{h}_c = 5.15U_{10}^{0.81}$
Blocken (2009)	10 x 10 x 10	Low- Reynolds number	1.0 - 4.0	$\bar{h}_c = 4.60U_{10}^{0.89}$
Defraeye (2010)	10 x 10 x 10	Low- Reynolds number	0.50 - 5.0	$\bar{h}_c = 5.15U_{10}^{0.82}$
Defraeye (2011)	10 x 10 x 10	Low- Reynolds number	0.15 - 7.50	$\bar{h}_c = 5.01U_{10}^{0.85}$

หมายเหตุ. โดย H. Montazeri et al., 2015.

จากสมการเชิงประจักษ์ที่ทำการศึกษาพบว่า ค่าความเร็วลมเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ดังนั้นปัจจัยของต้นไม้รอบอาคารจึงสามารถส่งผลในเรื่องของความเร็วลมที่เข้าปะทะอาคารโดยมีตัวแปรคือ ตำแหน่ง ระยะห่างจากอาคารและรูปทรงของต้นไม้

2.2 สมการการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ANSYS Fluent 16.0 สำหรับการจำลองวิเคราะห์ผล ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน และความเร็วของอากาศเมื่อผ่านต้นไม้รอบอาคาร เหตุผลที่เลือกใช้โปรแกรมนี้อเพราะเป็นโปรแกรมที่

วิเคราะห์ผลได้น่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับในด้านวิชาการ ผลการคำนวณจะคาดการณ์ถึงการเคลื่อนที่ของลม ความเร็วลม ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน โดยจะใช้การประมวลผลและวิเคราะห์จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณแบบ RANS และ LES ดังนี้

1) สมการการจำลองแบบ Reynolds-Averaged Navier-Stokes

สมการความต่อเนื่องของของไหล

$$\frac{\partial(u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (10)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)
 u_i = ความเร็วที่สอดคล้องกับทิศทาง i (m/s)
 x_i = ทิศทางของความเร็ว i (m)
 t = เวลา (s)

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\frac{\partial(u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \overline{u'_i u'_j} \right) \quad (11)$$

เมื่อ P = ความดันอากาศ (Pa)
 ν = ความหนืดของความปั่นป่วน (kg/ms)
 u'_i = ความเร็วที่สอดคล้องกับทิศทาง i (m/s)

$$-\overline{u'_i u'_j} = \nu_t^* \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij} \quad (12)$$

$$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i} \quad (13)$$

$$\nu_t^* = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (14)$$

$$\frac{\partial(u_j k)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_t^*}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + v_t^* \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \varepsilon \quad (15)$$

$$\frac{\partial(u_j \varepsilon)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_t^*}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + c_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} v_t^* \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - c_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^3}{k} \quad (16)$$

เมื่อ k = พลังงานจลน์ของความปั่นป่วน (kg/m^3)

v_t^* = ความหนืดจลน์ (kg/ms)

C_μ = 0.09

σ_k = 1.00

σ_ε = 1.30

$C_{\varepsilon 1}$ = 1.44

$C_{\varepsilon 2}$ = 1.92

สมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\frac{\partial(u_i T)}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho c_p} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\overline{u_j' T'}) \quad (17)$$

เมื่อ $u_j' T'$ = ฟลักซ์ความร้อนแบบปั่นป่วน

และ

$$-\rho \overline{u_i' u_j'} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho \delta_{ij} k \quad (18)$$

$$-\rho c_p \overline{u_i' T'} = q_c = \lambda_t \frac{\partial T}{\partial z} \quad (19)$$

เมื่อ μ_t = ความหนืดพลวัตแบบปั่นป่วน

λ_t = ค่าการนำความร้อนแบบปั่นป่วน

โดย
$$\lambda_t = \frac{C_p \mu_t}{Pr_t} \quad (20)$$

กำหนดให้ $0.7 \leq Pr_t \leq 0.9$

2) สมการการจำลองแบบ Large Eddy Simulation

สมการความต่อเนื่องของของไหล

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0 \quad (21)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

$$\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \underbrace{(\bar{u}_i \bar{u}_j - \bar{u}_i \bar{u}_j)}_{\tau_{ij}} \quad (22)$$

เมื่อ τ_{ij} = Subgrid Scale Tensor

$$\tau_{ij} - \frac{1}{3} \tau_{kk} \delta_{ij} = v_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \equiv -2v_t \bar{S}_{ij} \quad (23)$$

$$v_t = c \bar{\Delta}^2 |\bar{S}| \quad (24)$$

$$|\bar{S}| \equiv (2\bar{S}_{ij} \bar{S}_{ij})^{1/2} \quad (25)$$

$$c = C_s^2 [1 - \exp(-(y^+ / A^+)^3)] \quad (26)$$

เมื่อ v_t = ความหนืดของความปั่นป่วน (kg / ms)

$\bar{\Delta}$ = ค่าเฉลี่ยความกว้างของการกรอง

C_s = 0.1 (ค่าคงที่ Smagorinsky)

สมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{u}_i \bar{T})}{\partial x_j} = \frac{\nu}{Pr} \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial x_i \partial x_j} - \frac{\partial h_j}{\partial x_j} \quad (27)$$

เมื่อ \bar{T} = อุณหภูมิเฉลี่ย (K)
 h_j = ฟลักซ์ความร้อนของ Subgrid-Scale

2.3 ความรู้พื้นฐานเรื่องต้นไม้

2.3.1 ประเภทของพืชพรรณ

ต้นไม้สามารถแบ่งชนิด ได้ออกเป็น 4 ประเภทใหญ่โดยทั่วไปมีการแบ่งต้นไม้ตามลักษณะของลำต้น ได้แก่ (เอี่ยมพร วิสมหมาย, 2551)

1. ไม้ยืนต้น คือ ต้นที่มีเนื้อไม้มาก อาจจะเป็นเนื้ออ่อนหรือเนื้อแข็งก็ได้ ลักษณะของลำต้นตั้งตรงตั้งฉากกับพื้นถึงระยะหนึ่งจะแตกกิ่งก้านแผ่ออกเป็นทรงพุ่ม เช่น จามจุรี ไทร หางนกยูง ประดู่ นนทรี
2. ไม้พุ่ม คือ ต้นไม้ชนิดมีเนื้อไม้ แต่จะมีแตกกิ่งก้านอยู่บริเวณระดับใกล้ผิวดินที่ไม่สูงมาก ลักษณะเป็นกอหรือเป็นพุ่ม เช่น ชบา เข็ม
3. ไม้เลื้อย คือ ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นต้องการสิ่งพาดพิง เกาะ ในการแตกกิ่งก้านแผ่ออกไป เช่น ตีนตุ๊กแก
4. ไม้คลุมดิน คือ ต้นไม้ที่มีลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย จะเจริญเติบโตในแนวราบในระดับผิวดิน เช่น เฟิร์น กระดุมทอง ผักเป็ดหูก้า

2.3.2 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มไม้ยืนต้น

รูปร่างหรือลักษณะของต้นไม้จำแนกตามการพบเห็นและใช้งานจริงทางภูมิสถาปัตยกรรม (เอี่ยมพร วิสมหมาย, 2551) (ภาพที่ 2.1)

	กลม	(round)		แตกพุ่มที่ยอด	(clustered at the top)
	ปิรามิด	(pyramidal หรือ conical)		แตกกิ่งก้านมาก	(branching)
	แผ่กว้าง	(spreading)		แตกกอตั้งตรง	(upright divergent)
	แผ่เป็นชั้น ๆ	(spreading in layers)		แตกกอกลม	(rosette)
	รูปไข่	(oval)		แตกกอเป็นแผง	(spreading clump)
	ห้อยย้อย	(weeping or drooping)		แผ่เตี้ย	(low-spreading)
	คล้ายปาล์ม	(palm-like)		แผ่เลื้อย	(creeping)
	ปาล์ม	(palm shape)		พุ่มรือเลื้อย	(scandent)
	แตกกอ	(clump)			

ภาพที่ 2.1 รูปทรงทางกายภาพของไม้ยืนต้น. โดย เอื้อมพร วิสมหมาย, 2551.

ในการศึกษานี้จะใช้ไม้ยืนต้นที่มีรูปทรงกลม ปิรามิด แผ่เป็นชั้น ๆ ในการจำลองในโปรแกรมคำนวณอากาศพลศาสตร์ของไหล

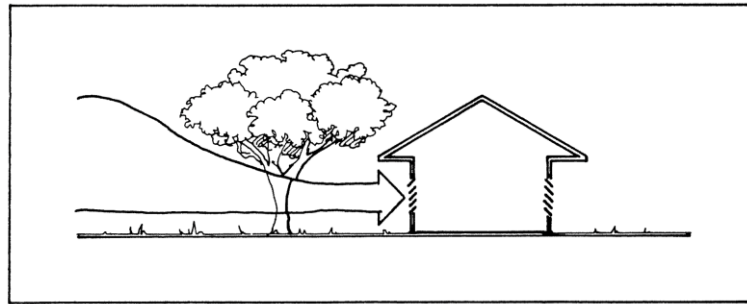
2.4 อิทธิพลของต้นไม้ต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ

2.4.1 ผลกระทบของต้นไม้

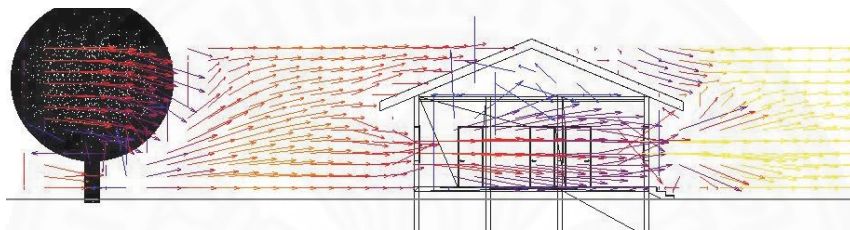
ต้นไม้บริเวณรอบอาคารมีอิทธิพลต่อลมธรรมชาติที่พัดเข้าสู่ตัวอาคาร โดยจากการทดลอง (Robert F. White, 1953) พบว่า

- ต้นไม้มีผลต่อการเคลื่อนที่ของลมที่พัดผ่านอาคารหรือรอบอาคารได้
- สามารถกำหนดการใช้งานของต้นไม้ในการเพิ่มหรือลดลมธรรมชาติที่พัดผ่านอาคารได้
- การวางต้นไม้สามารถทำให้ทิศทางลมที่พัดเข้าสู่อาคารเปลี่ยนไปได้
- การวางต้นไม้บริเวณใต้ลมของอาคาร จะมีผลกระทบน้อยมากต่อลมธรรมชาติที่พัดเข้าสู่ตัวอาคาร

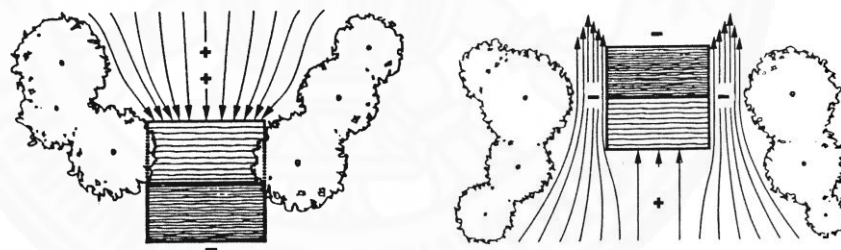
ดังนั้นต้นไม้จะสามารถกำหนดทิศทางลมได้และเพิ่มความเร็วลมโดยใช้ลักษณะการบีบตัวของอากาศเพื่อให้ความเร็วลมสูงขึ้นก่อนจะไหลเข้าปะทะตัวอาคาร (ภาพที่ 2.2) (ภาพที่ 2.3) และการวางผังของต้นไม้ยังสามารถบังคับทิศทางลมเพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ตัวอาคารโดยทำให้เกิดความต่างของความดันอากาศที่มากขึ้นส่งผลให้อากาศเคลื่อนที่เร็วขึ้น (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.2 การบดบังของต้นไม้สามารถเพิ่มความเร็วลมก่อนจะปะทะอาคาร. จาก Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, 1986.



ภาพที่ 2.3 การจำลองการไหลของอากาศเมื่อผ่านต้นไม้. โดย Amos-Abanyie, S. et al., 2014.



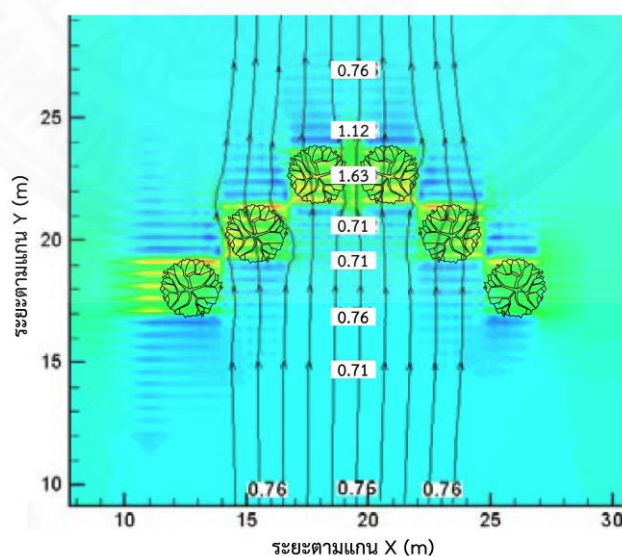
ภาพที่ 2.4 การบังคับทิศทางลมที่เป็นผลกระทบจากการวางผังต้นไม้. จาก Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, 1986.

2.4.2 ปัจจัยของต้นไม้ที่ส่งผลต่อลมธรรมชาติ

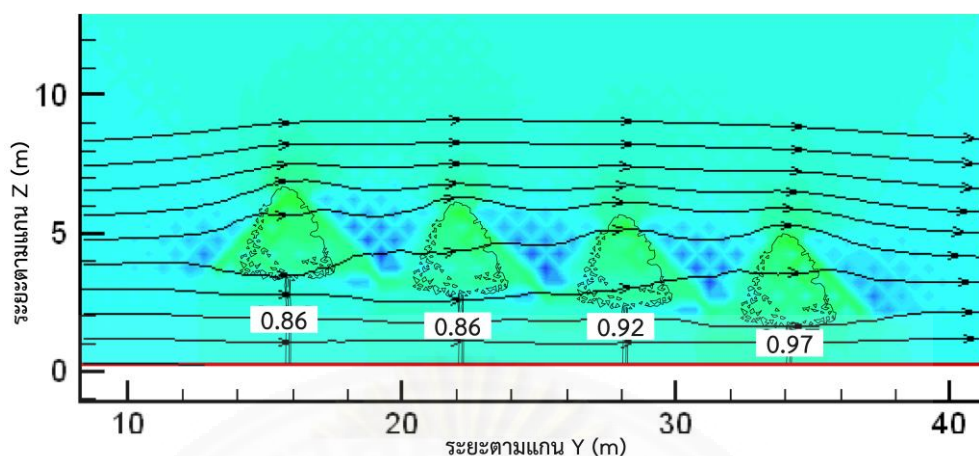
ปัจจัยของต้นไม้ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ดังนี้

1. ตำแหน่งการวางของต้นไม้

การจัดกลุ่มต้นไม้ในลักษณะการเกิดช่องว่างเป็นมุมแหลมยังส่งผลต่อความเร็วลมที่พัดเข้าสู่ตัวอาคารโดยการศึกษา (J.Van Elmen, 1951) ได้ทำการทดลองวัดค่าความเร็วลมเมื่อผ่านช่องว่างของต้นไม้จะได้ความเร็วลม 4.50 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมในที่โล่งวัดได้ 3.60 เมตรต่อวินาที พบว่าต้นไม้สามารถทำให้เกิดการบีบลม (Venturi Effect) ทำให้ความเร็วของลมเพิ่มขึ้น 0.90 เมตรต่อวินาที และระยะห่างระหว่างต้นไม้ที่มีผลควรมีระยะห่างจากกัน 12 เมตร ถ้าระยะห่างมากกว่านั้นจะไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วลม (สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตยกรรม, 2545) จากการศึกษาประสิทธิภาพขององค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ เรื่องของการใช้ต้นไม้ ในการทดลองจะใช้ลักษณะในการวางต้นไม้ 2 แบบ คือการวางต้นไม้แบบกรวยด้านบนและการวางต้นไม้แบบกรวยในด้านข้าง พบว่าอัตราส่วนของช่องลมเข้าที่ส่งผลต่อความเร็วลมที่ช่องลมออกในการวางต้นไม้แบบกรวยด้านบนคือ 11 ต่อ 1 ตามลำดับ โดยจะทำให้ความเร็วลมเพิ่มขึ้น 2 เท่า (ภาพที่ 2.5) และอัตราส่วนของกรวยต้นไม้แบบกรวยในด้านข้างนั้นคือ 1.75 ต่อ 1 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.6) (ขวัญชัย กาแก้ว, 2548)



ภาพที่ 2.5 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของกรวยต้นไม้ลักษณะเป็นกรวยด้านบน. โดย ขวัญชัย กาแก้ว, 2548. (ดัดแปลง).



ภาพที่ 2.6 แสดงผลความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของการวางต้นไม้ลักษณะเป็นกรวยแบบด้านข้าง. โดย ขวัญชัย กาแก้ว, 2548. (ดัดแปลง).

2. ระยะห่างของต้นไม้กับอาคาร

ต้นไม้สามารถเป็นตัวต้านลมชนิดหนึ่งจะสามารถทำให้ความเร็วของลมลดลงได้ถึง 50% (สุดสวาสดี ศรีสถาปัตยกรรม, 2545) เนื่องจากต้นไม้มีความหนาแน่นของใบทำให้ลมไม่สามารถพัดผ่านได้ ดังนั้นถ้าเลือกใบพุ่มและตำแหน่งของต้นไม้ไม่เหมาะสมจะเป็นอิทธิพลสำคัญที่ส่งผลต่อความเร็วของลม จึงควรพิจารณาการวางต้นไม้ให้ไม่เกิดจุดอับลม ซึ่งระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคารจะต้องมีระยะที่ห่างพอสมควรเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดจุดอับลม ดังนั้นระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคารควรมีระยะ 1.5-5 เท่าของความสูงต้นไม้ (F. Allard, 1998) และความแผ่กว้างของพุ่มใบจะเป็นสิ่งที่บ่งบอกระยะห่างของต้นไม้จากอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เนื่องจากความแผ่กว้างของพุ่มใบนั้นคือระยะการแผ่รากของต้นไม้ด้วยหรือเรียกว่าแนวหยดน้ำ ดังนั้นถ้าต้นไม้ปลูกใกล้กับอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง รากไม้อาจจะส่งผลทำความเสียหายได้ดังนั้นต้นไม้ที่แผ่กว้างมาก เช่นจามจุรี ควรปลูกให้มีระยะห่างจากอาคารประมาณ 10 เมตร ส่วนต้นไม้ที่แผ่ปานกลางควรมีระยะห่างจากอาคารประมาณ 6 เมตร

3. ลักษณะทางกายภาพของต้นไม้

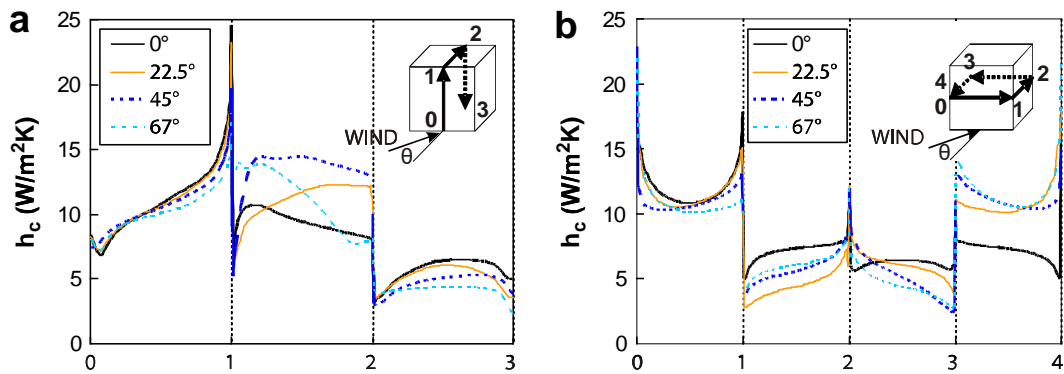
ทรงพุ่มของต้นไม้ที่มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ยมีความหนาแน่นของใบมากจะส่งผลชนิดเป็นตัวต้านลมจะทำให้เกิดจุดอับลมและลดความเร็วของลมได้ ส่วนต้นไม้ที่มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นคือมีลำต้นตรงตั้งฉากกับพื้นถึงระยะหนึ่งจะมีกิ่งก้านแตกออกเป็นพุ่ม จะสามารถทำให้เกิดการบีบลมได้ส่งผลให้ความเร็วลมเพิ่ม อย่างไรก็ตามที่ผ่านบริเวณใต้พุ่มใบจะเป็นบริเวณที่มีความเร็วสูงสุด (Robert F. White, 1953)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองผลด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

งานวิจัยนี้ศึกษาวิเคราะห์ผลต้นไม้รอบอาคารที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร โดยใช้โปรแกรม ANSYS Fluent 16.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมใช้วิเคราะห์เชิงวิศวกรรมโดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรมดังกล่าวในการวิเคราะห์ในเรื่อง พลศาสตร์ของไหล โดยจะทำการศึกษาการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเป็นหลักดังนี้

1. B. Blocken et al. (2009). ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ยโดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อจะหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารโดยเน้นไปในด้านของอาคารที่ปะทะกับลม

ขั้นตอนการจำลองการไหลของอากาศ เริ่มจากการกำหนดขนาดของอาคารเตี้ยที่จะนำมาวิเคราะห์โดยมีขนาด กว้าง 10.00 เมตร ยาว 10.00 เมตร และสูง 10.00 เมตร มีขนาดห้องจำลอง กว้าง 210.00 เมตร ยาว 210.00 เมตร และสูง 100.00 เมตร ตัวอาคารจะตั้งอยู่ห่างจากช่องหัวจ่ายลม 50.00 เมตร โดยส่วนใหญ่แล้วการคำนวณพลศาสตร์ของไหลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารนั้นจะใช้สมการ Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) ในการคำนวณซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบจำลองคือ Low-Reynolds Number และ Wall-Function จะทำให้ในการทดลองนี้จะมีรูปแบบกริด 2 คือ High-resolution (Low-Reynolds Number) จำนวน 1,880,576 กริด และ Coarse (Wall-Function) จำนวน 818,816 กริด และผลอภิปรายจากผู้วิจัยคือการใช้สมการ RANS ในการคำนวณยังไม่แม่นยำพอจึงเสนอแนะว่าควรใช้การจำลองแบบไม่คงที่ (Transient) อย่างเช่น Datached Eddy Simulation (DES) หรือ Large Eddy Simulation (LES) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีผลการทดลองดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ผลการทดลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ย. โดย Blocken et. al., 2009.

2. Cheng et al. (2003) เปรียบเทียบการจำลองแบบ LES กับ RANS เพื่อทำนายพัฒนาการของการจำลองการไหลของลมแบบปั่นป่วนโดยไหลผ่านรูปทรงลูกบาศก์ ได้มีการศึกษางานก่อนหน้าเห็นว่า การจำลองแบบ RANS นั้นมีผลที่เกินค่าทำนายสูงที่ 35-110% เมื่อเทียบกับการจำลองแบบ LES โดยใช้มาตรฐาน Smagorinsky จะมีผลที่เกินค่าทำนายที่ 7% เพราะฉะนั้น การใช้แบบจำลอง LES ที่มีมาตรฐานของ Smagorinsky จึงถูกใช้อย่างกว้างขวางในขั้นตอนการจำลอง

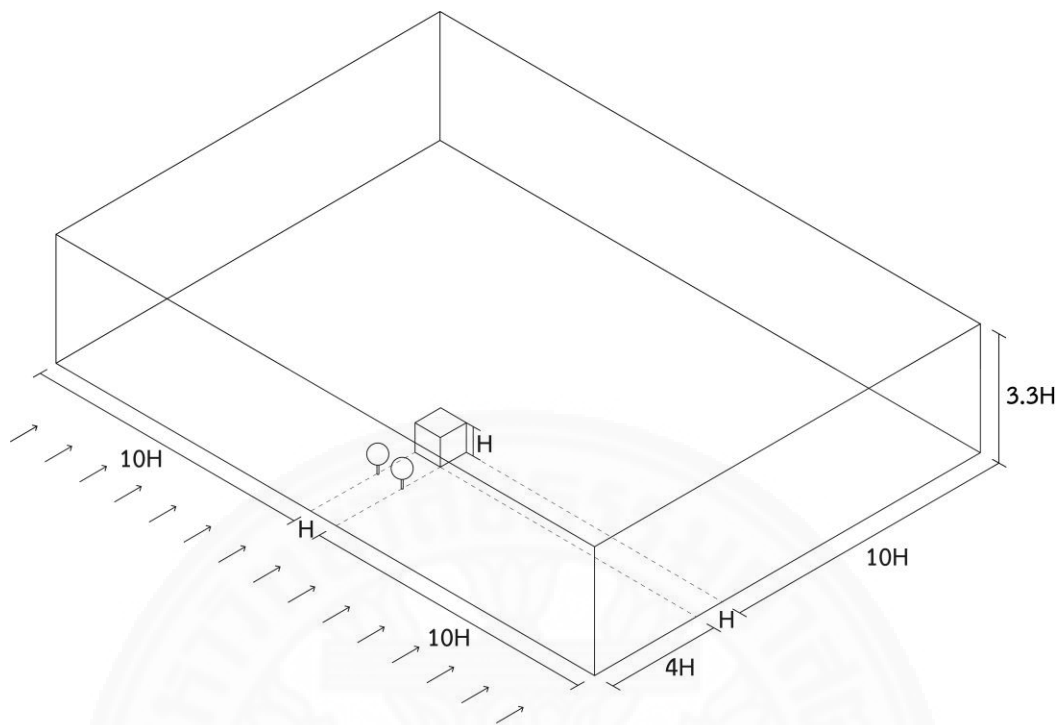
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 ประเภทของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ANSYS Fluent 16.0 ในการจำลอง โดยการจำลองแบบอาคารและต้นไม้ นี้เพื่อการศึกษาผลกระทบต้นไม้บริเวณรอบอาคารที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณผิวอาคาร โดยผลของการศึกษานี้จะสามารถนำไปคำนวณสมการเชิงความสัมพันธ์เพื่อทำนายแนวโน้มของผลกระทบระหว่างความเร็วในเคลื่อนที่ของลมเมื่อผ่านต้นไม้และปะทะกับอาคารกับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเพื่อให้ได้ซึ่งสมการความสัมพันธ์ในการไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณพลังงานในการทำความเย็นสำหรับอาคาร

ซึ่งการทดลองนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีพื้นฐานจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า Blocken (2009) ได้ศึกษาโดยการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ย ซึ่งได้มีการกำหนดขนาดของอาคารคือกว้าง 10.00 เมตร ยาว 10.00 เมตร และสูง 10.00 โดยจะกำหนดขอบเขตในการจำลอง (Problem domain) เป็นจำนวนเท่าของความสูงอาคารเพื่อให้การจำลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะกำหนดระยะขอบเขตทั้งด้านข้าง ด้านหน้า ด้านหลัง เป็น 10 เท่า 4 เท่า และ 10 เท่าของความสูงตามลำดับ ส่วนระยะความสูงของขอบเขตในการทดลองกำหนดเป็น 3.3 เท่าของความสูงอาคาร (Montazeri, 2015) ระยะห่างของต้นไม้กับอาคารจะกำหนดให้ต้นไม้มีความสูงเท่ากับอาคารซึ่งมีความสูง 10.00 เมตร จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า Allard (1998) ได้ศึกษา ระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคารควรมีระยะ 1.5-5 เท่าของความสูงต้นไม้ ซึ่งขั้นแรกจะกำหนดให้ต้นไม้มีระยะห่างจากอาคาร 1.5 เท่าของความสูง ซึ่งเท่ากับ 15.00 เมตร (ภาพที่ 3.1) รูปแบบการวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลแบบช่วงเวลา โดยจะเก็บข้อมูลทุก ๆ 0.1 วินาที เพื่อให้การจำลองนั้นมีผลการของเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมที่เกิดขึ้นเมื่อปะทะผิวอาคาร

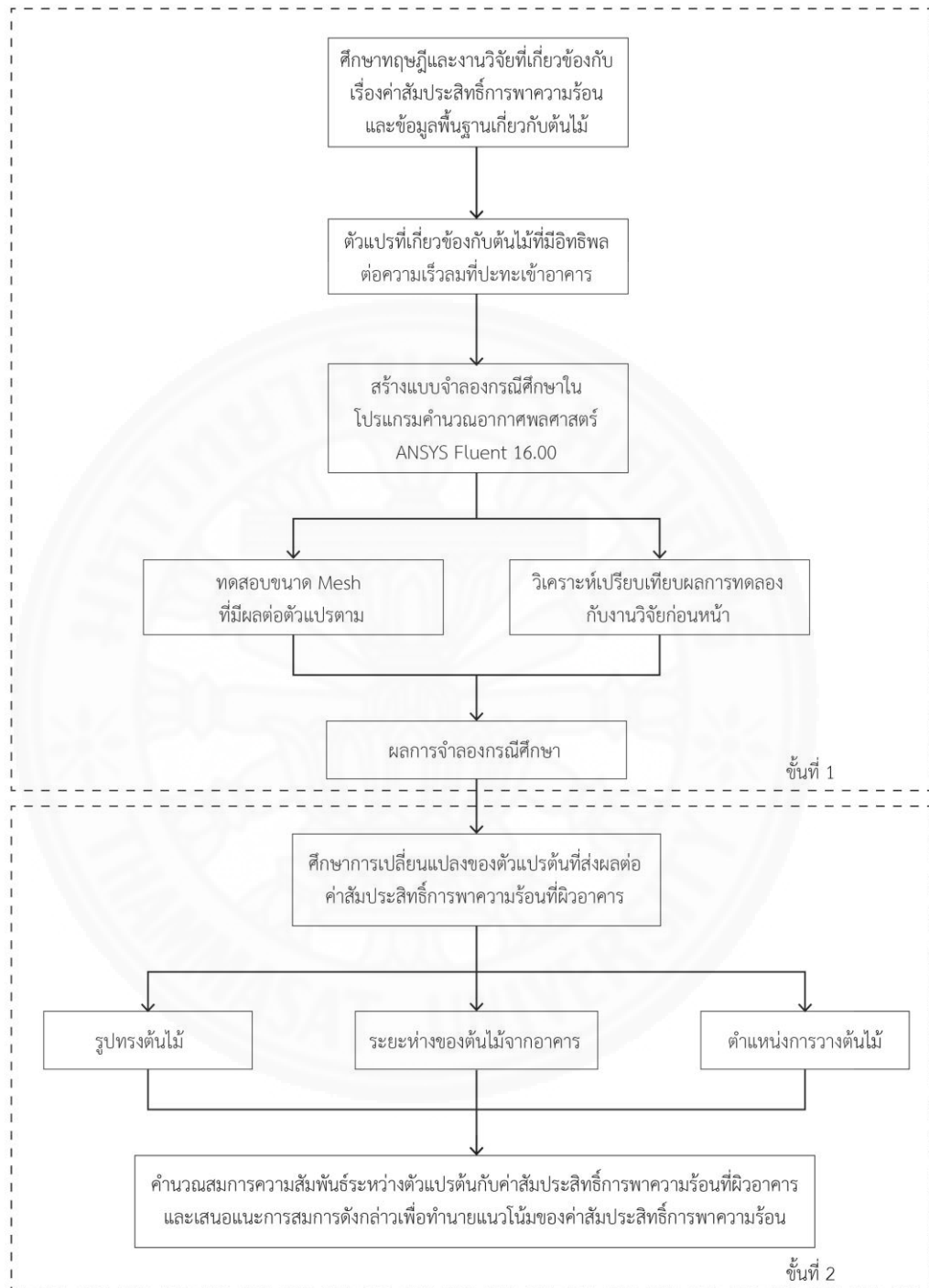


ภาพที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองและขอบเขตในการจำลองกรณีศึกษา.
โดย ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์, 2558.

3.2 การดำเนินงานวิจัย

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับต้นไม้ และอิทธิพลของต้นไม้ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ และนำมาสร้างแบบจำลองกรณีตัวอย่างในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อทำการตรวจสอบขนาด Mesh ที่ต้องใช้ในการทดลองและเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ออกมามีความเที่ยงตรงจึงได้เป็นกรณีศึกษาเพื่อนำไปใช้ต่อในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนศึกษาตัวแปร รูปทรงของต้นไม้ ระยะห่างของต้นไม้จากอาคาร ตำแหน่งการวางต้นไม้ และนำมาคำนวณในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่เกิดขึ้นที่ผิวอาคาร และหาค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อทำนายแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารโดยมีต้นไม้เข้ามาเกี่ยวข้อง

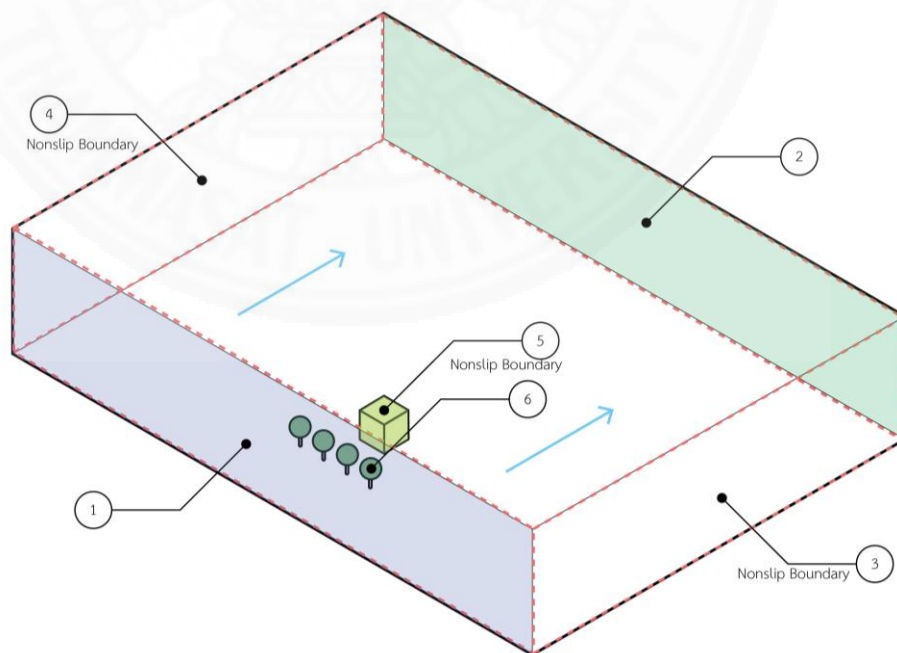


ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา. โดย ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์, 2558.

3.3 วิธีการศึกษาและขั้นตอนการทดลอง

ก่อนจะเริ่มดำเนินการวิจัยและทดลองต้องทำการเปรียบเทียบผลการทดลองข้างต้นกับการทดลองก่อนหน้าเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กับการทดลองโดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 ได้แก่ขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Verification) และขั้นตอนการวิเคราะห์ผลของความไวเมช (Mesh Sensitivity Analysis) ในการทดลอง โดยขั้นตอนการทดสอบเครื่องมือคำนวณพลศาสตร์ของไหลนั้นจะเปรียบเทียบผลจากการจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลกับงานวิจัยที่มีก่อนหน้าซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ย (Blocken et. al., 2009) ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารโดยวัดจากแนวกึ่งกลางของอาคารทั้งแนวราบและแนวตั้งรอบอาคารมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

เงื่อนไขที่ขอบ (Boundary Condition) จะถูกนำไปพิจารณาในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลโดยการแก้สมการอนุรักษ์โมเมนตัมและสมการการถ่ายเทความร้อนซึ่งจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขที่ขอบการจำลองเพื่อช่วยในการคำนวณ (ดังภาพที่ 3.4) การไหลของอากาศได้แก่ขอบไม่ลื่น (Non-Slip Boundary) ที่ขอบแสดงในสมการที่ (28) – (29) และเงื่อนไขสำหรับคำนวณสมดุลพลังงานที่แสดงในสมการที่ (30) – (35)



ภาพที่ 3.3 เงื่อนไขที่ขอบของแบบจำลองกรณีศึกษา. โดย ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์, 2559.

เงื่อนไขที่ขอบในการวิเคราะห์การไหลของอากาศ

ตำแหน่งหมายเลข 1

$$P_{\text{Inlet}} = P_0 = 0 \text{ Pa} \quad (28)$$

ตำแหน่งหมายเลข 2

$$P_{\text{Outlet}} = P_0 = 0 \text{ Pa} \quad (29)$$

เงื่อนไขที่ขอบในการวิเคราะห์พลังงาน

ตำแหน่งหมายเลข 1

$$T = T_{\text{Inlet}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (30)$$

ตำแหน่งหมายเลข 2

$$T = T_{\text{Outlet}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (31)$$

ตำแหน่งหมายเลข 3

$$T = T_{\text{Inlet}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (32)$$

ตำแหน่งหมายเลข 4

$$T = T_{\text{Inlet}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (33)$$

ตำแหน่งหมายเลข 5

$$T = T_{\text{Building}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (34)$$

ตำแหน่งหมายเลข 6

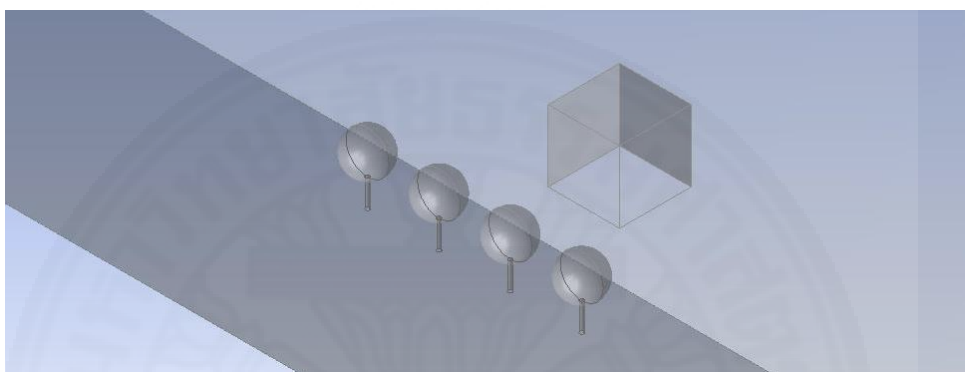
$$T = T_{\text{Inlet}} \text{ (Constant Temperature)} \quad (35)$$

ตารางที่ 3.1

ค่าตั้งต้น (Initial Condition) ในกรณีศึกษาอิทธิพลของต้นไม้ต่ออาคาร

ตำแหน่งหมายเลข 1 (Inlet)	ตำแหน่งหมายเลข 2 (Outlet)
Gauge Pressure (Pascal) = 0 Pa	Gauge Pressure (Pascal) = 0 Pa
Velocity Magnitude (m/s) = 4 m/s, 10m/s	Velocity Magnitude (m/s) = 0 m/s
Temperature (°C) = 25 °C	Temperature (°C) = 25 °C

1. การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของการวางต้นไม้ในตำแหน่งหน้าอาคารที่มีระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร 10 เมตรและ 15 เมตร มีรูปแบบการวางเป็นแนวนอนขนาดเท่ากับอาคารดังภาพที่ 3.4 และมีความสูง 10 เมตร และจะใช้ความเร็วลมทางเข้าในแบบจำลองเป็น 4 m/s, 10 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยใช้ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ตั้งแต่พ.ศ. 2542 – 2551 มีค่าความเร็วลมที่ 1.18 m/s เพื่อหาความแตกต่างระหว่างตัวแปรต้นในการวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร



ภาพที่ 3.4 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 1.

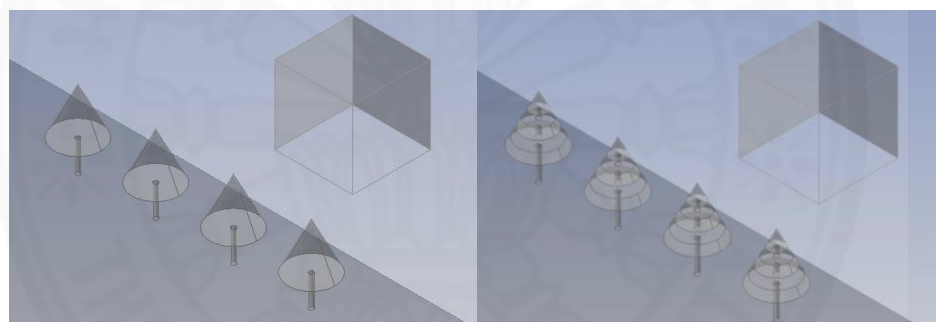
ตัวแปรต้น	คือ	ความเร็วลม (m/s)
ตัวแปรตาม	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ($w / m^2 K$)
		ความเร็วลมที่ปะทะเข้ากับผิวอาคาร (m/s)
ตัวแปรควบคุมคือ		ลักษณะของกายภาพของแบบจำลองโดยมี ขนาดแบบการจำลองดังภาพที่ 3.1
		ขนาดของอาคาร โดยมีระยะความกว้าง ความยาวและความสูง เป็น 10 เมตร X 10 เมตร X 10 เมตร
		อุณหภูมิของอากาศช่องทางเข้าและอุณหภูมิผิวอาคาร

ตารางที่ 3.2

ตารางการทดลองที่ 1

รูปแบบการวาง ต้นไม้	อุณหภูมิที่ขอบ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วอากาศที่ ช่องทางเข้า	รูปทรงต้นไม้	ระยะห่างจาก อาคาร
เรียงเป็นแถว หน้าอาคาร	Inlet = 25.00 Outlet = 25.00 Building = 30.00	1.18 m/s 4 m/s 10 m/s	ทรงกลม	6 เมตร 10 เมตร 15 เมตร

2. การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้โดยจะทำการจัดวางในรูปแบบเรียงเป็นแถวหน้ากระดาน มีระยะห่างระหว่างอาคาร 6 เมตร และ 15 เมตร จะใช้ต้นไม้สูง 10 เมตร ในทรงปิรามิดและ แผ่เป็นชั้นในการจำลองดังภาพที่ 3.5 ความเร็วลมที่ช่องทางเข้า 4 m/s



ภาพที่ 3.5 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 2.

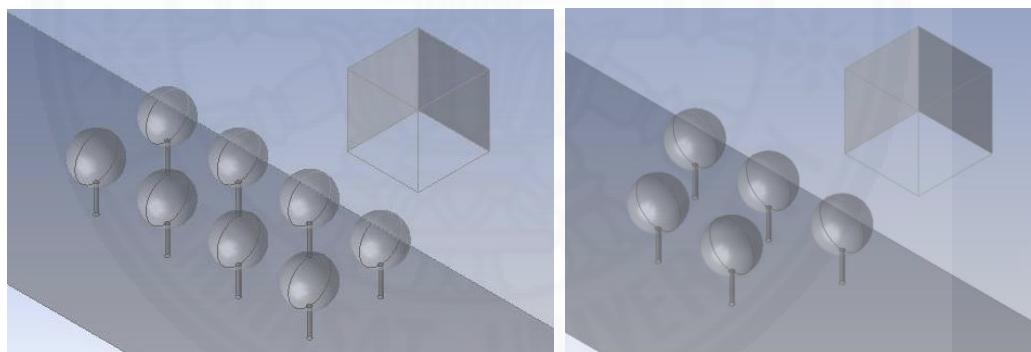
- ตัวแปรต้น คือ รูปทรงของต้นไม้
- ตัวแปรตาม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ($w / m^2 K$)
ความเร็วลมที่ปะทะเข้ากับผิวอาคาร (m/s)
- ตัวแปรควบคุม คือ ลักษณะของกายภาพของแบบจำลองโดยมี ขนาดแบบการจำลองดังภาพที่ 3.1
ขนาดของอาคาร โดยมีระยะความกว้าง ความยาวและความสูง เป็น 10 เมตร X 10 เมตร X 10 เมตร
อุณหภูมิของอากาศช่องทางเข้าและอุณหภูมิผิวอาคาร

ตารางที่ 3.3

ตารางการทดลองที่ 2

รูปแบบการวางต้นไม้	อุณหภูมิที่ขอบ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วอากาศที่ช่องทางเข้า	รูปทรงต้นไม้	ระยะห่างจากอาคาร
เรียงเป็นแถวหน้าอาคาร	Inlet = 25.00 Outlet = 25.00 Building = 30.00	4 m/s	ปิรามิด แผ่เป็นชั้น	6 เมตร 15 เมตร

3. การทดลองที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งและการจัดวางต้นไม้โดยรูปแบบของการจัดวางต้นไม้จะจัดวางโดยการวางแบบเรียงเป็นแถวซ้อนกันสองแถวและวางแบบสลับกันสองแถว ระยะห่างของต้นไม้มีระยะห่างจากกัน 10 เมตร และห่างจากอาคาร 15 เมตร มีความสูง 10 เมตรดังภาพที่ 3.6 ซึ่งการวิเคราะห์จะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนความเร็วลมที่ช่องเปิดเข้ามีค่า 4 เมตรต่อวินาที และ 10 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 3.6 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 3.1 และ 3.2.

ตัวแปรต้น คือ ความเร็วลม (m/s)

ตัวแปรตาม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ($w / m^2 K$)

ความเร็วลมที่ปะทะเข้ากับผิวอาคาร (m/s)

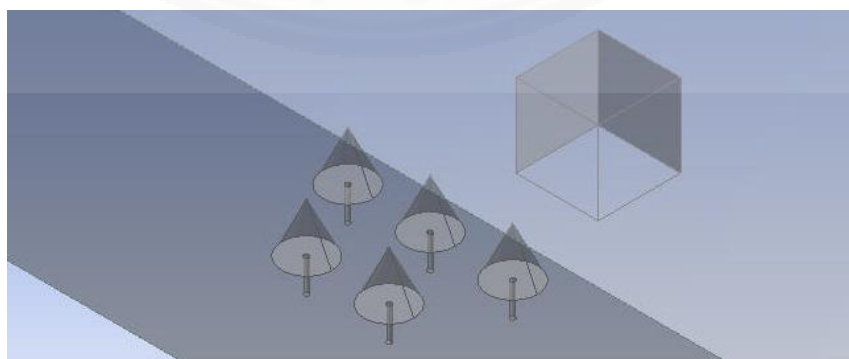
ตัวแปรควบคุม คือ ลักษณะของกายภาพของแบบจำลองโดยมี ขนาดแบบการจำลองดังภาพที่ 3.1
ขนาดของอาคาร โดยมีระยะความกว้าง ความยาวและความสูง เป็น 10 เมตร X 10 เมตร X 10 เมตร
อุณหภูมิของอากาศช่องทางเข้าและอุณหภูมิผิวอาคาร

ตารางที่ 3.4

ตารางการทดลองที่ 3

รูปแบบการวางต้นไม้	อุณหภูมิที่ขอบ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วอากาศที่ช่องทางเข้า	รูปทรงต้นไม้	ระยะห่างจากอาคาร
ซ้อนกันสองแถว เรียงสลับกันสองแถวหน้าอาคาร	Inlet = 25.00 Outlet = 25.00 Building = 30.00	4 m/s 10 m/s	ทรงกลม	15 เมตร

4. การทดลองที่ 4 ศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้โดยจะใช้การจัดวางในรูปแบบเรียงสองแถวสลับกันด้านหน้าอาคาร มีระยะห่างระหว่างอาคาร 15 เมตรและต้นไม้ห่างจากกัน 15 เมตร มีความสูง 10 เมตร รูปทรงปิรามิด ดังภาพที่ 3.7 ความเร็วลมที่ช่องทางเข้า 4 m/s และ 10 m/s



ภาพที่ 3.7 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 4.1.

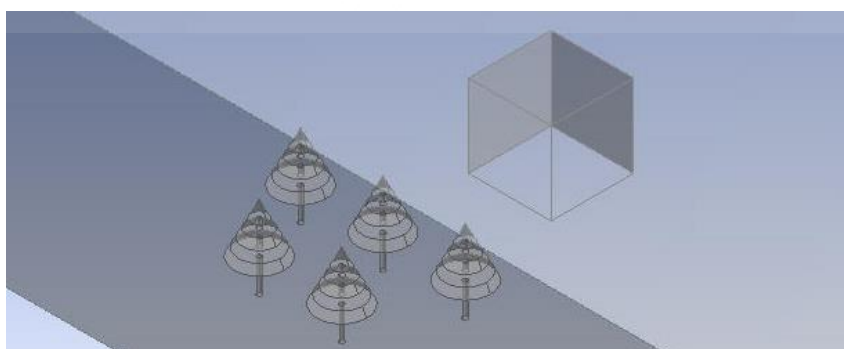
ตัวแปรต้น	คือ	ความเร็วลม (m/s)
ตัวแปรตาม	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร (w/m^2K) ความเร็วลมที่ปะทะเข้ากับผิวอาคาร (m/s)
ตัวแปรควบคุม	คือ	ลักษณะของกายภาพของแบบจำลองโดยมี ขนาดแบบการจำลองดังภาพที่ 3.1 ขนาดของอาคาร โดยมีระยะความกว้าง ความยาวและความสูง เป็น 10 เมตร X 10 เมตร X 10 เมตร อุณหภูมิของอากาศช่องทางเข้าและอุณหภูมิผิวอาคาร

ตารางที่ 3.5

ตารางการทดลองที่ 4.1

รูปแบบการวางต้นไม้	อุณหภูมิที่ขอบ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วอากาศที่ช่องทางเข้า	รูปทรงต้นไม้	ระยะห่างจากอาคาร
สลับกันสองแถวหน้าอาคาร	Inlet = 25.00 Outlet = 25.00 Building = 30.00	4 m/s 10 m/s	ปิรามิด	15 เมตร

5. การทดลองที่ 5 ศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้โดยจะทำการจัดวางในรูปแบบเรียงสองแถวสลับกันด้านหน้าอาคาร มีระยะห่างระหว่างอาคาร 15 เมตร มีความสูง 10 เมตร รูปทรงแผ่เป็นชั้น ดังภาพที่ 3.8 ความเร็วลมที่ช่องทางเข้า 4 m/s และ 10 m/s



ภาพที่ 3.8 การวางตัวของต้นไม้กับอาคารในแบบจำลองการทดลองที่ 4.2.

ตัวแปรต้น	คือ	ความเร็วลม (m/s)
ตัวแปรตาม	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ($w / m^2 K$)
ตัวแปรควบคุม	คือ	ความเร็วลมที่ปะทะเข้ากับผิวอาคาร (m/s) ลักษณะของกายภาพของแบบจำลองโดยมี ขนาดแบบการจำลองดังภาพที่ 3.1 ขนาดของอาคาร โดยมีระยะความกว้าง ความยาวและความสูง เป็น 10 เมตร X 10 เมตร X 10 เมตร อุณหภูมิของอากาศช่องทางเข้าและอุณหภูมิผิวอาคาร

ตารางที่ 3.6

ตารางการทดลองที่ 4.2

รูปแบบการวาง ต้นไม้	อุณหภูมิที่ขอบ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วอากาศที่ ช่องทางเข้า	รูปทรงต้นไม้	ระยะห่างจาก อาคาร
สลับกันสองแถว หน้าอาคาร	Inlet = 25.00 Outlet = 25.00 Building = 30.00	4 m/s 10 m/s	แผ่เป็นชั้น	15 เมตร

รูปแบบการกำหนดค่าต่าง ๆ ในการคำนวณในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 นั้นตามการทดลองในข้างต้นจะมีการกำหนดค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7

การกำหนดค่าพื้นฐานในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0

<u>Operating Conditions</u>	
Gravity (Enable)	-9.81 m/s ²
Temperature	30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิเฉลี่ยในระบบ)
<u>Boundary Conditions</u>	
Building Wall	Constant Temperature
Velocity Inlet	Velocity Magnitude = 4 m/s 10 m/s Turbulence Intensity = 5 % Constant Temperature
Pressure Outlet	Gauge Total Pressure = 0 Constant Temperature
<u>Solution Method</u>	
Pressure-Velocity Coupling	
Scheme	SIMPLE
Spatial Discretization	
Gradient	Least Squares Cell Based
Pressure	PRESTO!
Momentum	Second Order Upwind
Turbulent Kinetic Energy	Second Order Upwind
Turbulent Dissipation Rate	Second Order Upwind
<u>Turbulence Model</u>	
Realizable K-Epsilon	
Near-Wall Treatment	Enhanced Wall Treatment

บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาอิทธิพลของต้นไม้รอบอาคารที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารโดยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของต้นไม้รอบอาคารที่มีความแตกต่างกันเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ย ผลศึกษาในข้างต้นทำการวิเคราะห์ค่าความไวเมช (Mesh Sensitivity Analysis) และเปรียบเทียบเพื่อทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อทำให้ได้ผลที่แม่นยำและมีความเที่ยงตรงโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

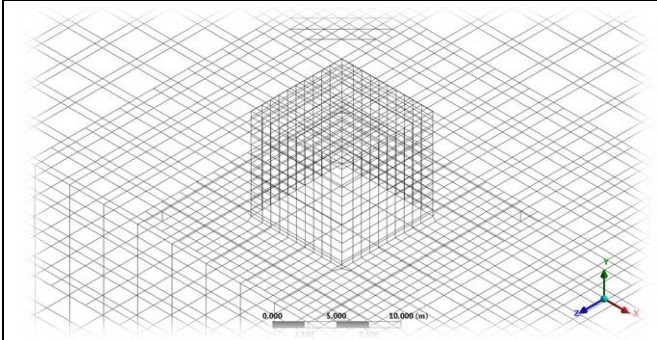
4.1 ผลจากการศึกษาโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลเพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า (Verification)

4.1.1 การวิเคราะห์ความไวเมช (Mesh Sensitivity Analysis)

ขั้นตอนนี้คือขั้นตอนการวิเคราะห์ความไวเมชต่อผลการจำลอง โดยการวิเคราะห์นี้จะเลือกใช้ขนาดของเมชที่ผิวอาคารเตี้ยซึ่งจะใช้ขนาดเมชจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กเพื่อที่จะหาผลที่เที่ยงตรงกับงานวิจัยก่อนหน้า เพื่อที่จะนำขนาดของเมชที่ถูกต้องมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ดังตารางที่ 4.1

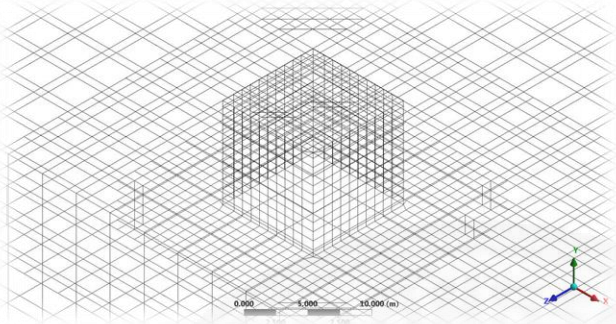
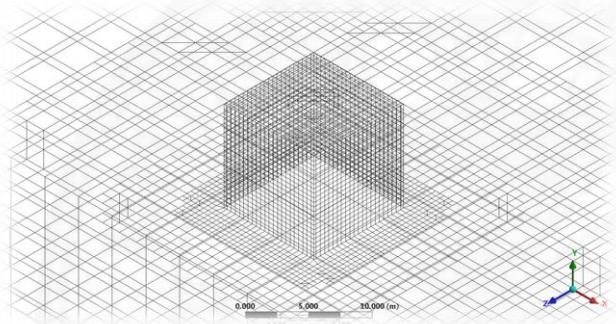
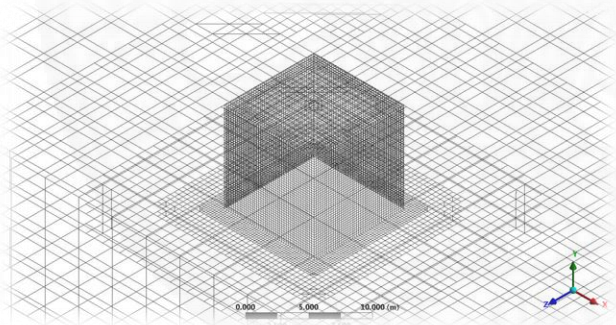
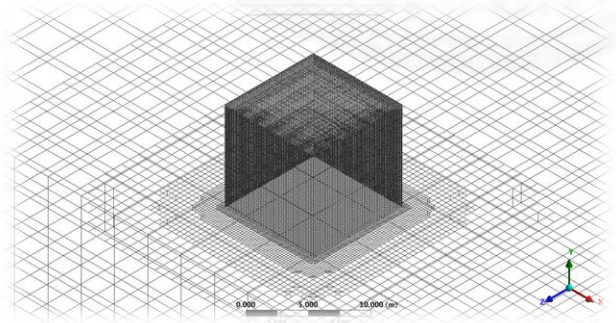
ตารางที่ 4.1

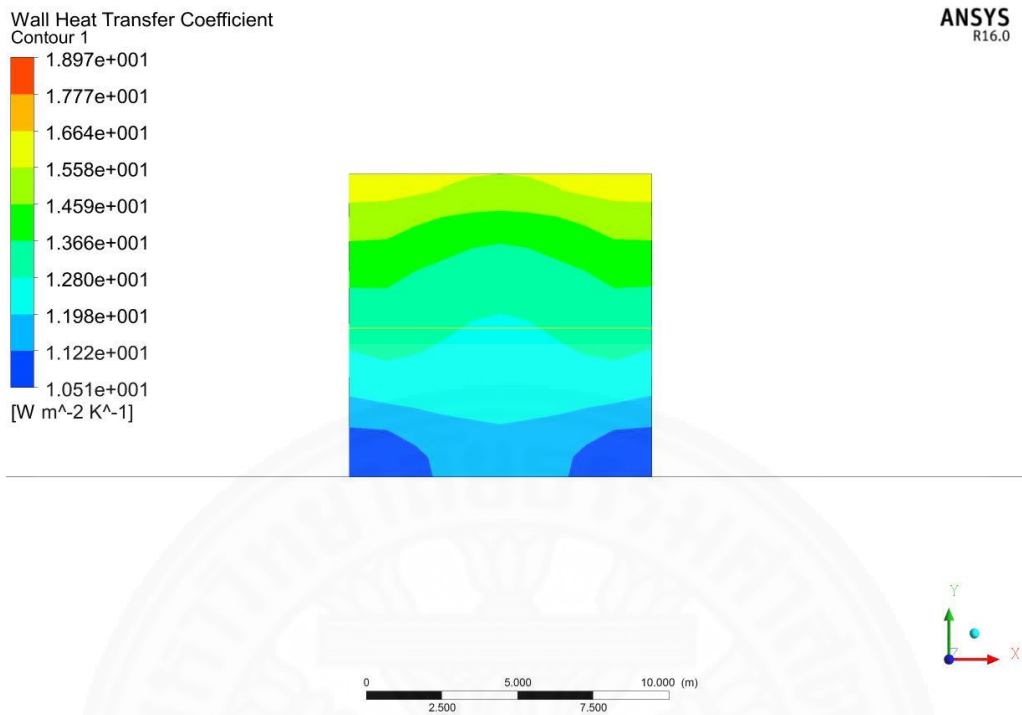
ขนาดเมชและการตั้งค่าในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

Model	การตั้งค่าในแบบจำลอง		
	Mesh Size	Method	Growth rate
	1 m	CutCell	1.2

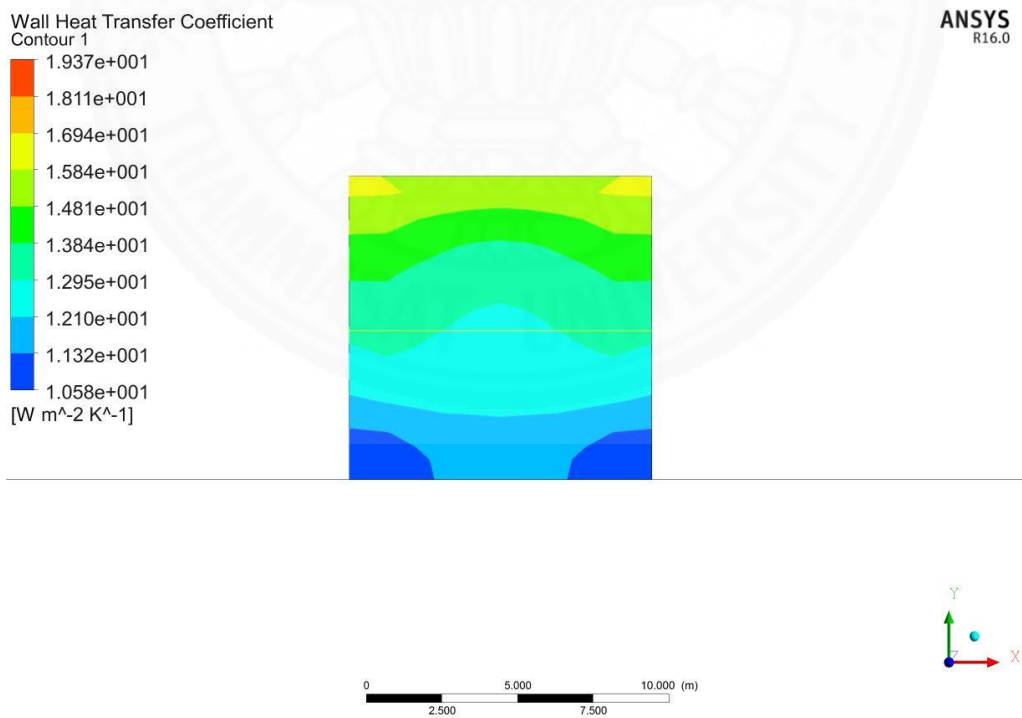
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ขนาดเมชและการตั้งค่าในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

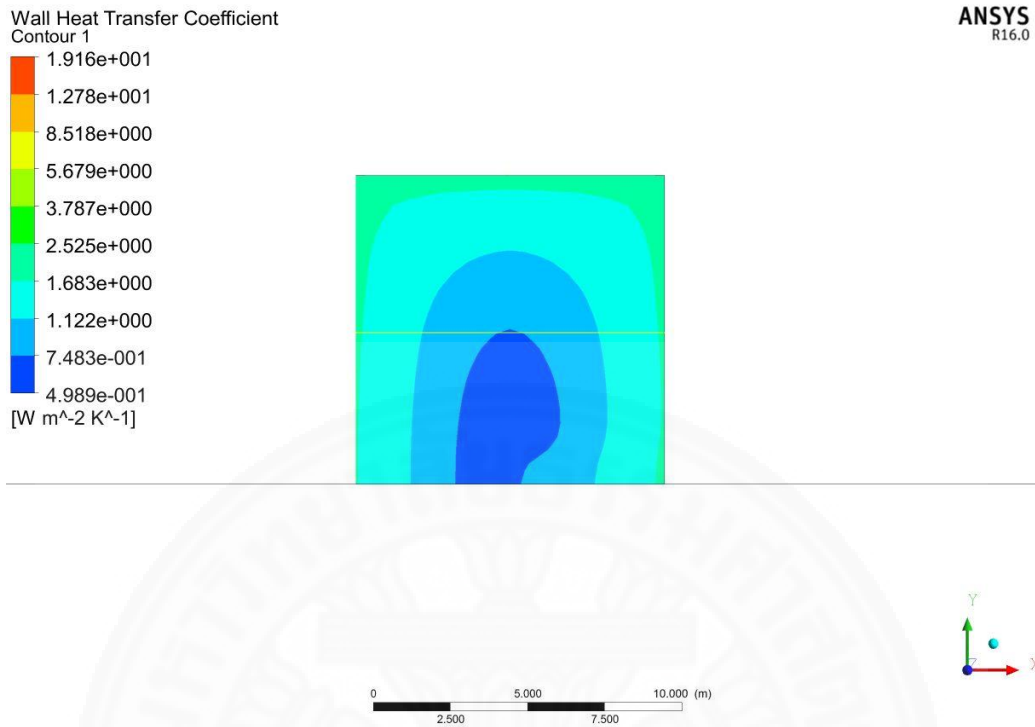
	0.75 m	CutCell	1.2
	0.5 m	CutCell	1.2
	0.25 m	CutCell	1.2
	0.1 m	CutCell	1.2



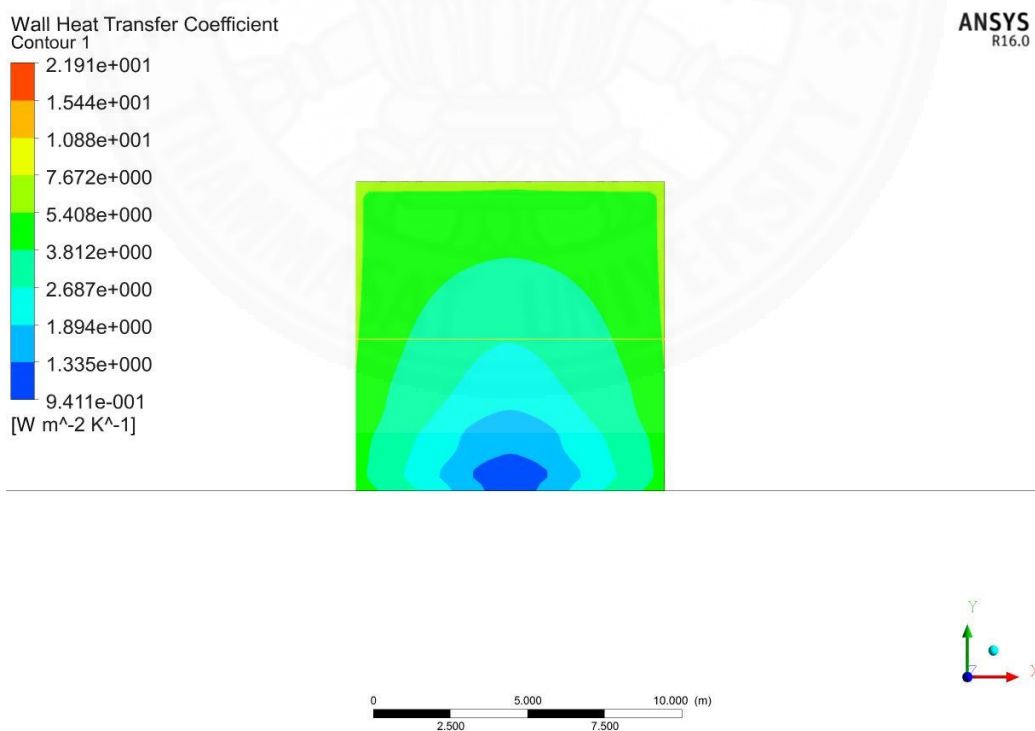
ภาพที่ 4.1 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลมด้วยขนาดเมช 1 เมตร.



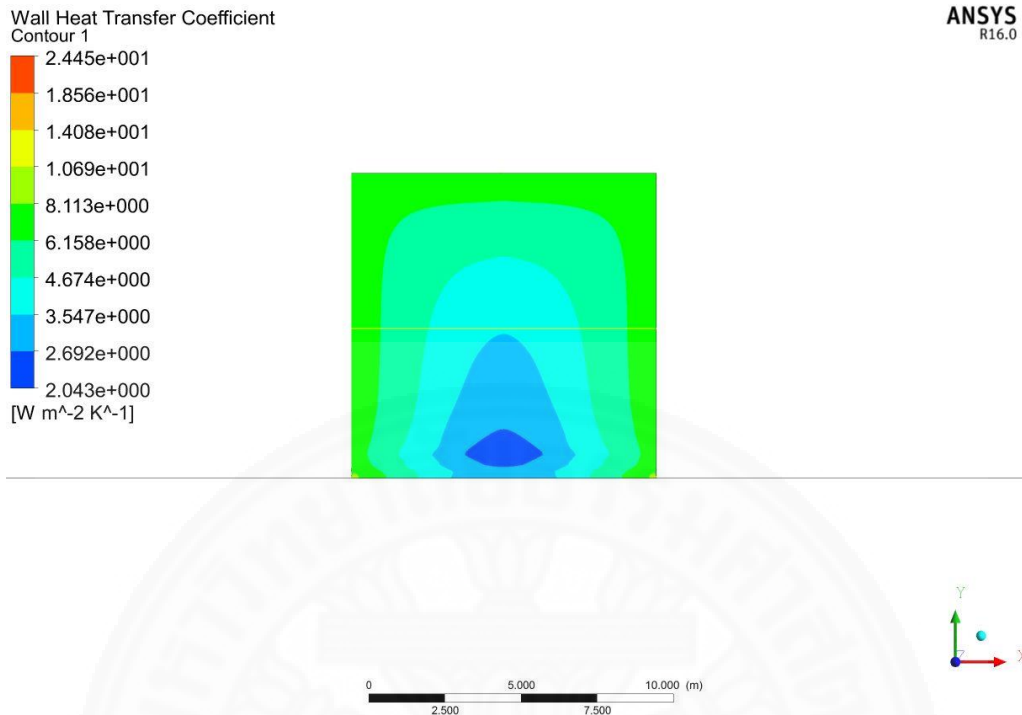
ภาพที่ 4.2 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลมด้วยขนาดเมช 0.75 เมตร.



ภาพที่ 4.3 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลมด้วยขนาดเมช 0.5 เมตร.

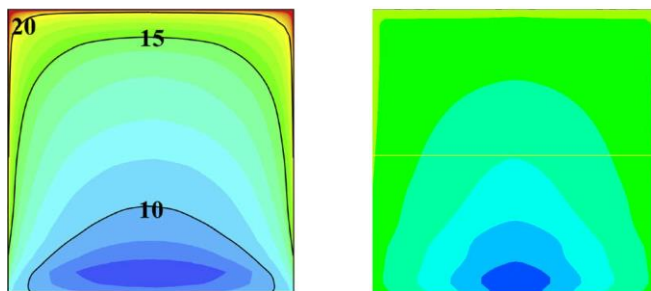


ภาพที่ 4.4 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลมด้วยขนาดเมช 0.25 เมตร.

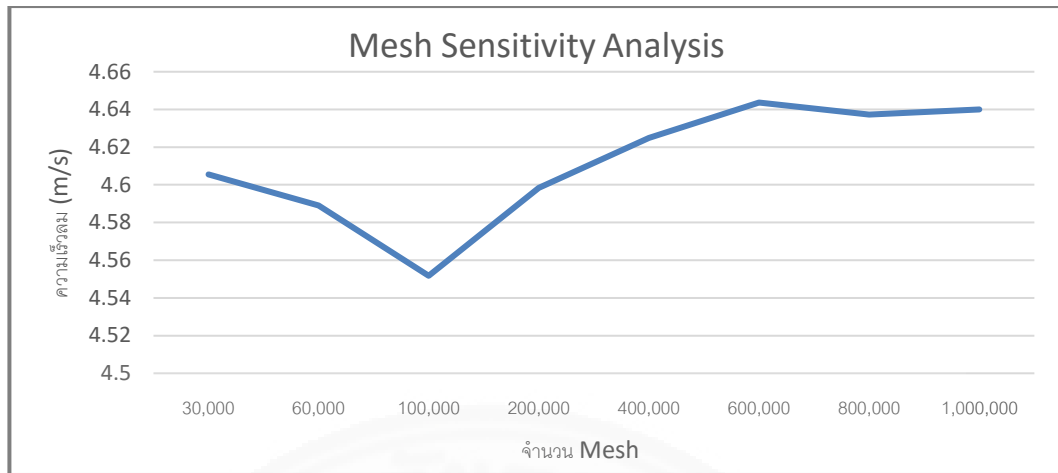


ภาพที่ 4.5 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้านต้นลมด้วยขนาดเมช 0.1 เมตร.

จากการวิเคราะห์ขนาดที่ต่างกันเพื่อหาผลการจำลองพบว่า การแสดงผลการจำลองผลค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้วยขนาดเมช 1 เมตรดังภาพที่ 4.1 และ 0.75 เมตรดังภาพที่ 4.2 และ 0.5 เมตรดังภาพที่ 4.3 มีลักษณะของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้า โดยผลของขนาดเมชที่ใกล้เคียงนั้นจะเป็นขนาดเมชที่ 0.25 ดังภาพที่ 4.4 และ 0.1 เมตรดังภาพที่ 4.5 ซึ่งผลของการทดลองขนาดของเมชที่ 0.25 เมตร นั้นมีความใกล้เคียงและทำให้ผลการทดลองไม่ต่างจากงานวิจัยก่อนหน้ามากดังภาพที่ 4.6 และจำนวน Node ของ Domain เท่ากับ 817,882 ซึ่งเป็นจำนวน Node ที่น้อยที่สุดที่แสดงผลให้ค่าความเร็วไม่เปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 4.7 จึงสามารถนำไปใช้และอ้างอิงในงานวิจัยต่อไป



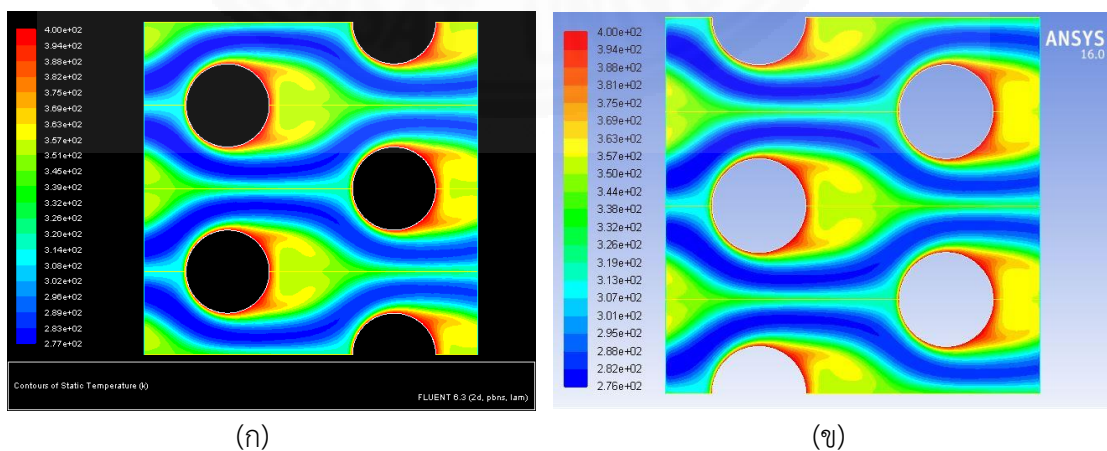
ภาพที่ 4.6 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารโดย (ก) งานวิจัยของ Blocken, 2009 (ข) การทดลองขนาดเมชที่ 0.25 เมตร.



ภาพที่ 4.7 ผลของค่าความเร็วลมที่วัดตำแหน่งตรงกลางหน้าอาคารระหว่างต้นไม้.

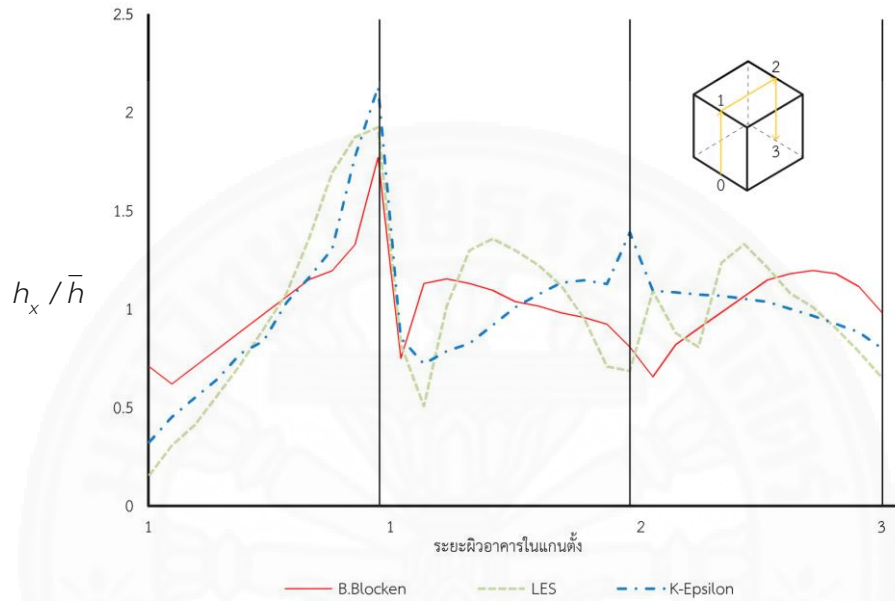
4.1.2 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับงานวิจัยก่อนหน้า (Verification)

1. ผลจากตัวอย่างการสาธิตการใช้งานและตั้งค่าในโปรแกรม ANSYS Fluent 12.0 Tutorial 2. Modeling Periodic Flow and Heat Transfer ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองแบบสองมิติเพื่อวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อทรงกระบอกที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศ จึงทำให้มีการพาความร้อนจากผิวท่อสู่อากาศซึ่ง เป็นการทดลองที่การตั้งค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ยเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ จากการศึกษาวิจัยจำลองตั้งค่าตามตัวอย่างการสาธิตพบว่าผลออกมาจะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของอากาศเหมือนกันดังภาพที่ 4.8 ดังนั้นจึงนำการตั้งค่าจากตัวอย่างการสาธิตการใช้งานนี้มาปรับใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้

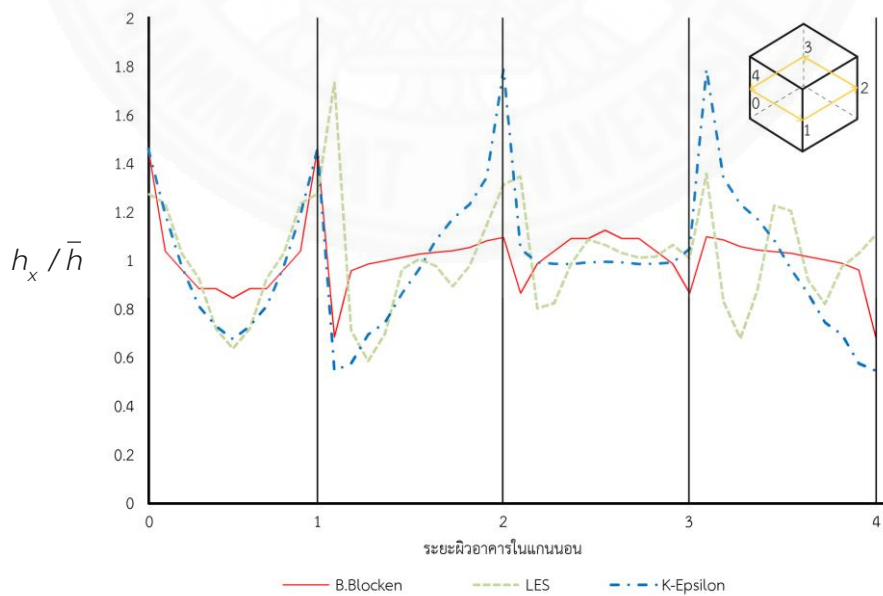


ภาพที่ 4.8 ผลการจำลองของ (ก) Tutorial 2. และ (ข) ผลจากการจำลองจากการตั้งค่าของผู้วิจัย.

2. จากผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารตามแนวแกนตั้ง และนอนพบว่า ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารนั้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยก่อนหน้า โดยทำการจำลองเปรียบเทียบผลด้วยโมเดลในการจำลองสองรูปแบบคือ LES (Large Eddy Simulation) และ K-Epsilon ในเบื้องต้นผลของการจำลองนั้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงที่สุดคือผิวอาคารบริเวณด้านต้นลม ดังภาพที่ 4.9 และ 4.10



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลกับผลงานวิจัยก่อนหน้า ในแนวแกนตั้งของผิวอาคาร.



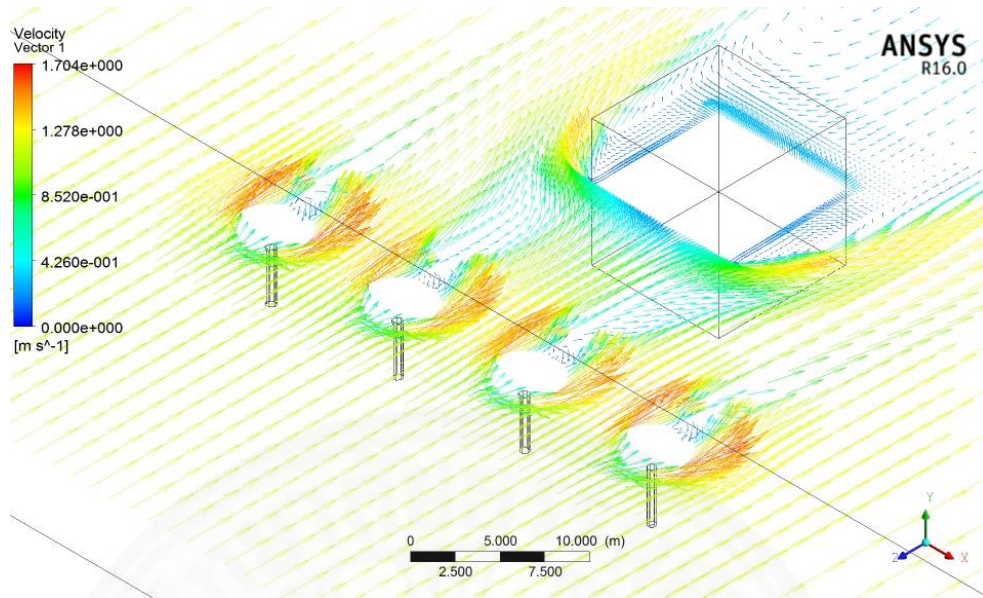
ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลกับผลงานวิจัยก่อนหน้า ในแนวแกนนอนของผิวอาคาร.

4.2 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของความเร็วลมและระยะห่างของต้นไม้จากอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

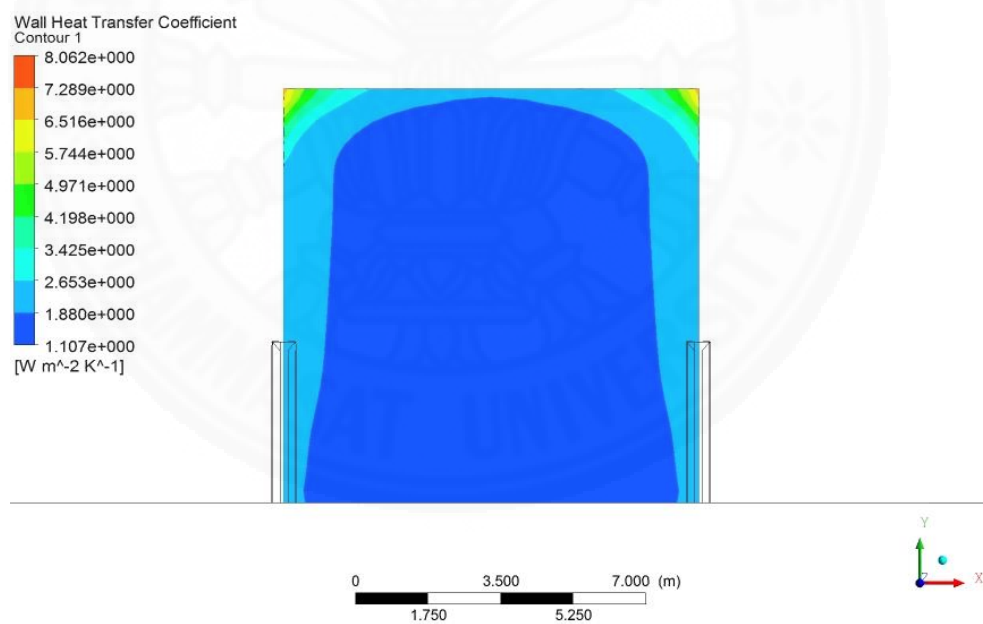
ผลการวิจัยในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์และศึกษาอิทธิพลของต้นไม้รอบอาคารที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้วยการสร้างโมเดลจำลองในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบอาคารที่อยู่ในพื้นที่โล่งกว้างไม่มีอิทธิพลของต้นไม้กับอาคารที่มีต้นไม้ ซึ่งตัวแปรต้นในการจำลองคือรูปแบบของการวางต้นไม้และความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

4.2.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 1

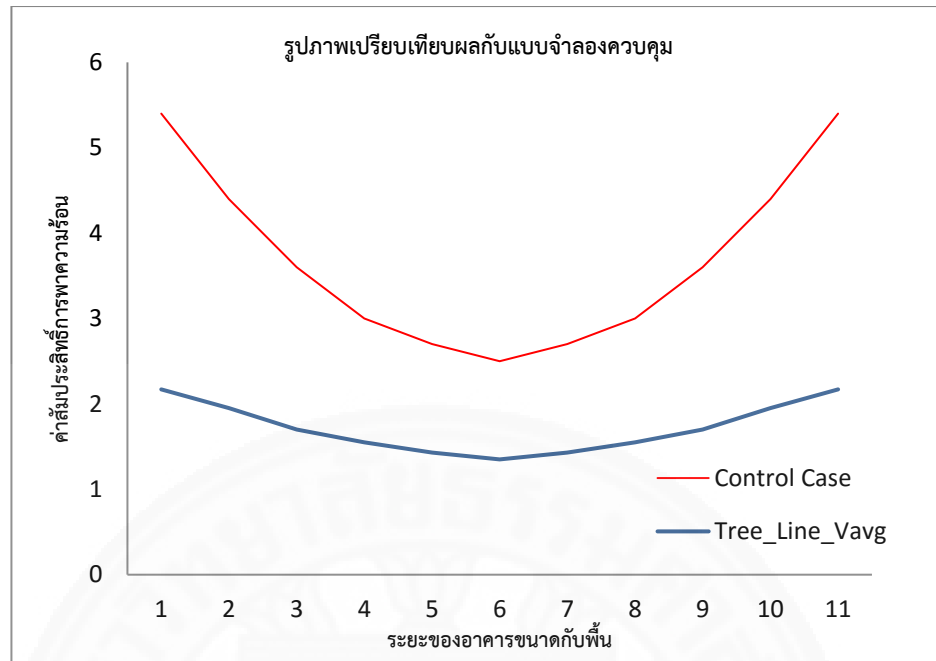
1. การทดลองที่ 1.1 คือการจำลองอิทธิพลของต้นไม้รอบอาคารเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้วยการจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรมคำนวณอากาศพลศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจำลองด้วยงานวิจัยก่อนหน้าและทำการเพิ่มตัวแปรในการจำลองเพื่อให้ได้ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร โดยการทดลองดังกล่าวได้ทำการศึกษาอิทธิพลของต้นไม้โดยใช้ตัวแปรต้นคือความเร็วลมที่ 1.18 m/s 4 m/s และ 10 m/s ตำแหน่งของต้นไม้ทรงกลมมีระยะ 15 เมตรห่างจากตัวอาคาร เรียงตัวเป็นแนวหน้ากระดานโดยห่างออกจากกัน 10 เมตร และมีความสูง 10 เมตรเท่าตัวอาคารซึ่งได้ผลการวิจัยที่ความเร็วลม 1.18 m/s ดังภาพที่ 4.11 มีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.12 มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวบริเวณกึ่งกลางอาคารประมาณ $1.35 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคารที่ $2.17 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.13 ต่อมาความเร็วลม 4 m/s ดังภาพที่ 4.14 มีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.15 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารต่ำบริเวณกึ่งกลางอาคารมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนประมาณ $2.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงที่ขอบอาคารที่ $4.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.16 และ ความเร็วลม 10 m/s ดังภาพที่ 4.17 และมีค่าการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.18 ซึ่งการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีค่าที่ขอบอาคาร มีค่าคือ $8.1 \text{ w/m}^2\text{K}$ และมีค่าต่ำบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $4.5 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.19



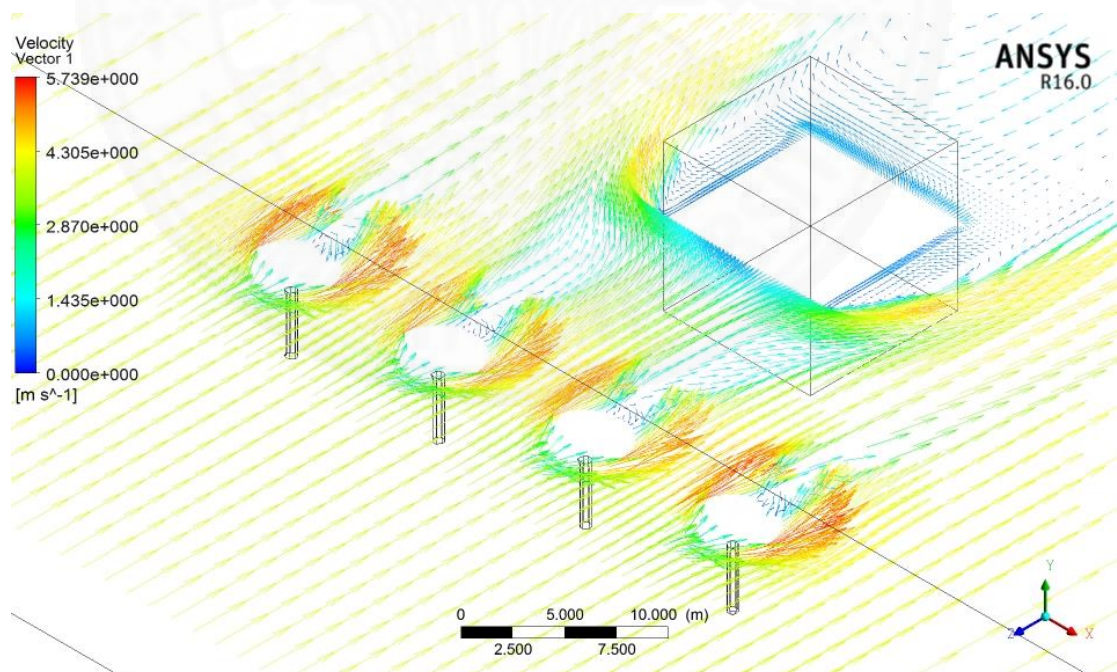
ภาพที่ 4.11 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 1.18 เมตรต่อวินาที.



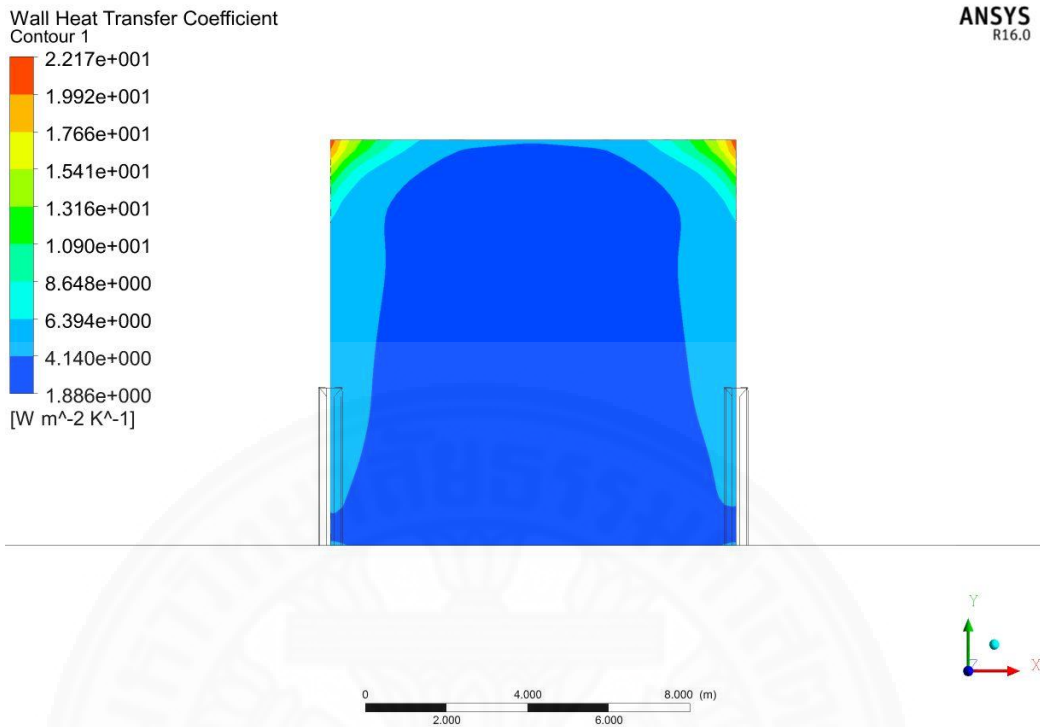
ภาพที่ 4.12 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในความเร็วลมที่ 1.18 เมตรต่อวินาที.



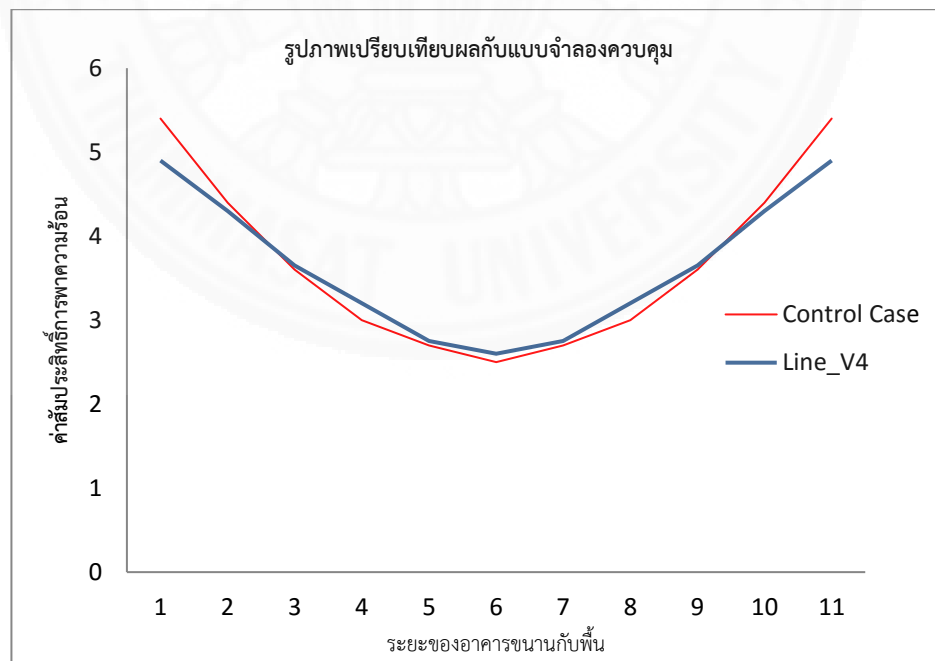
ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและมีความเร็วลม 1.18 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.



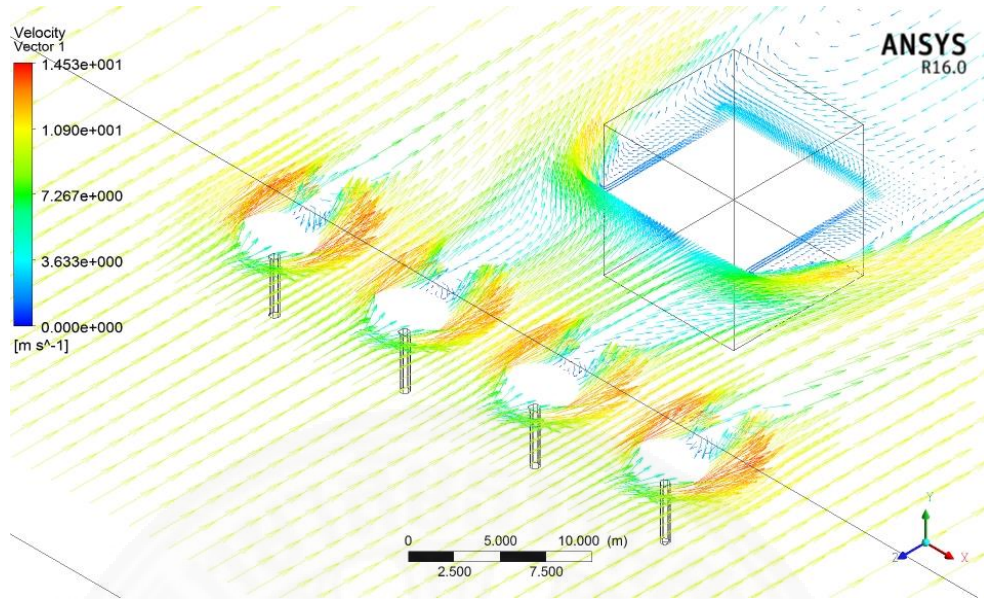
ภาพที่ 4.14 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



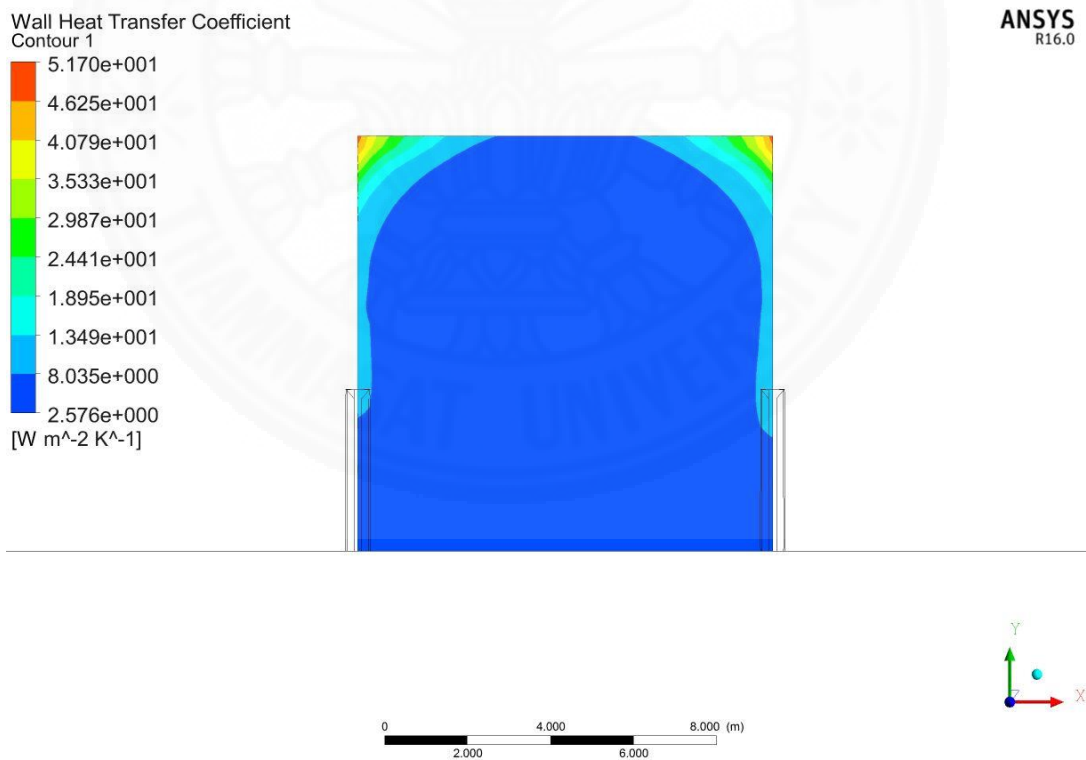
ภาพที่ 4.15 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



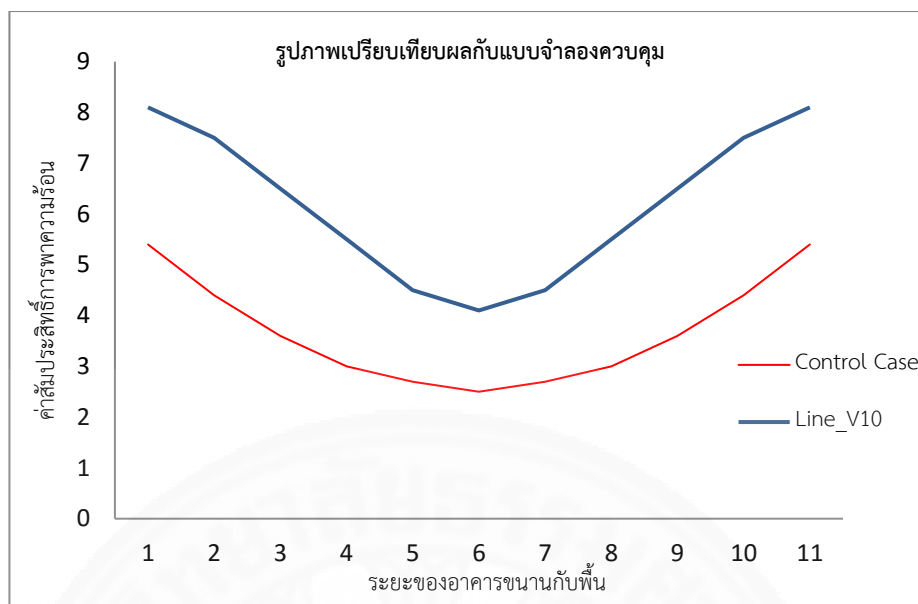
ภาพที่ 4.16 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและมีความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.



ภาพที่ 4.17 ลักษณะการไหลของอากาศ ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.

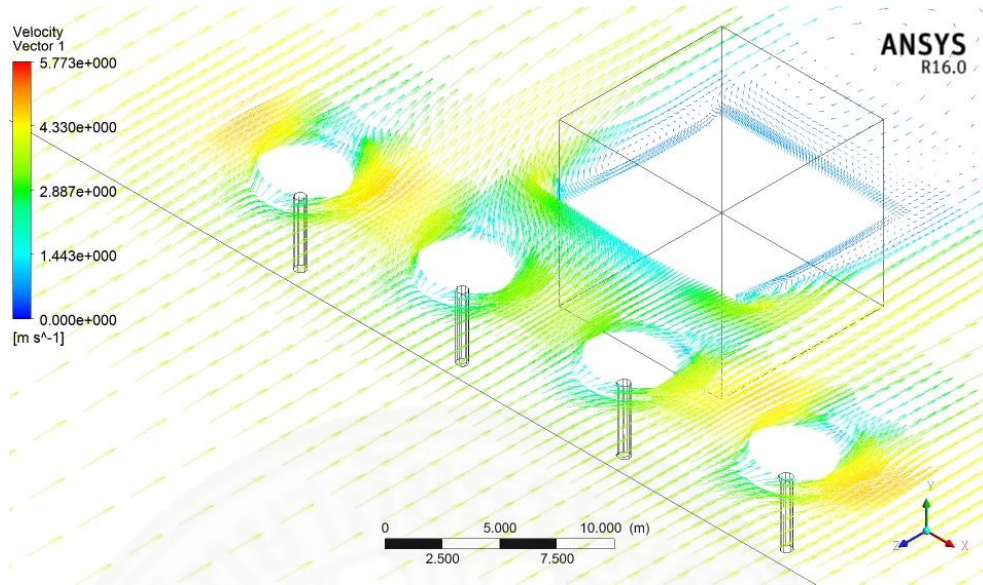


ภาพที่ 4.18 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.



ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและมีความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.

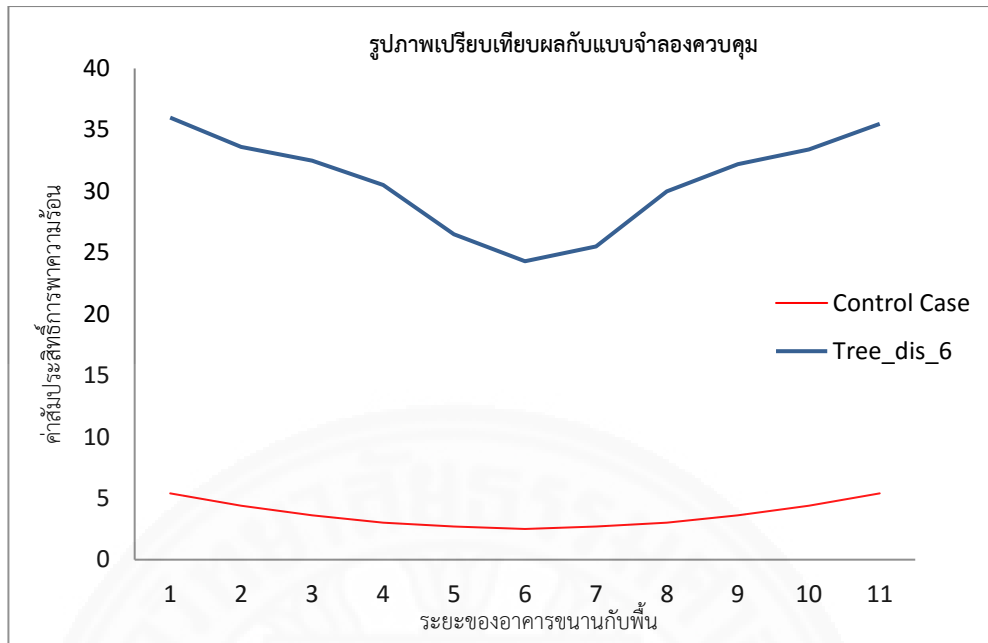
2. การทดลองที่ 1.2 คือการจำลองอิทธิพลของระยะการวางต้นไม้จากอาคาร ซึ่งตัวแปรในงานจำลองคือระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคารที่ 6 เมตร และ 10 เมตร โดยทำการควบคุมความสูงและรูปทรงของต้นไม้เหมือนกันการทดลองที่ 1.1 และใช้ค่าความเร็วลมช่องอากาศทางเข้า 4 m/s ซึ่งพบว่า เมื่อต้นไม้เข้าใกล้อาคารที่ 6 เมตรจะมีลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.20 และจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าสูงกว่าระยะ 15 เมตร มีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.21 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $24.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ และมีค่าสูงที่ขอบอาคารที่ $36.0 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.22 และเมื่อเพิ่มระยะห่างต้นไม้จากมากขึ้นเป็น 10 เมตรจะส่งผลให้ลักษณะการไหลของอากาศเป็นดังภาพที่ 4.23 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ลดลงจากการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.24 มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่กึ่งกลางอาคารที่ $3.05 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคาร $4.65 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.25



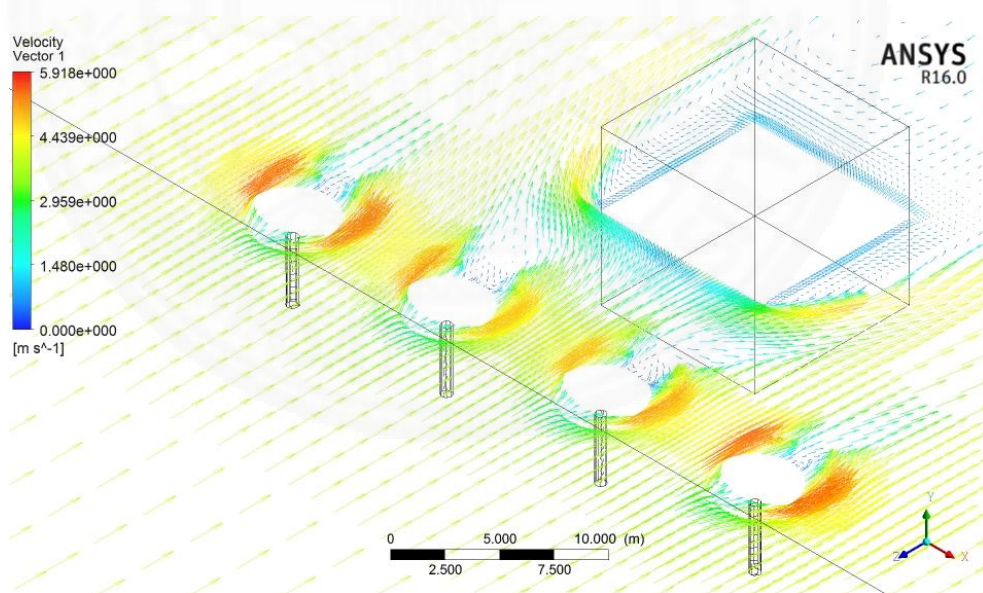
ภาพที่ 4.20 ลักษณะการไหลของอากาศ ในระยะต้นไม้จากอาคาร 6 เมตร.



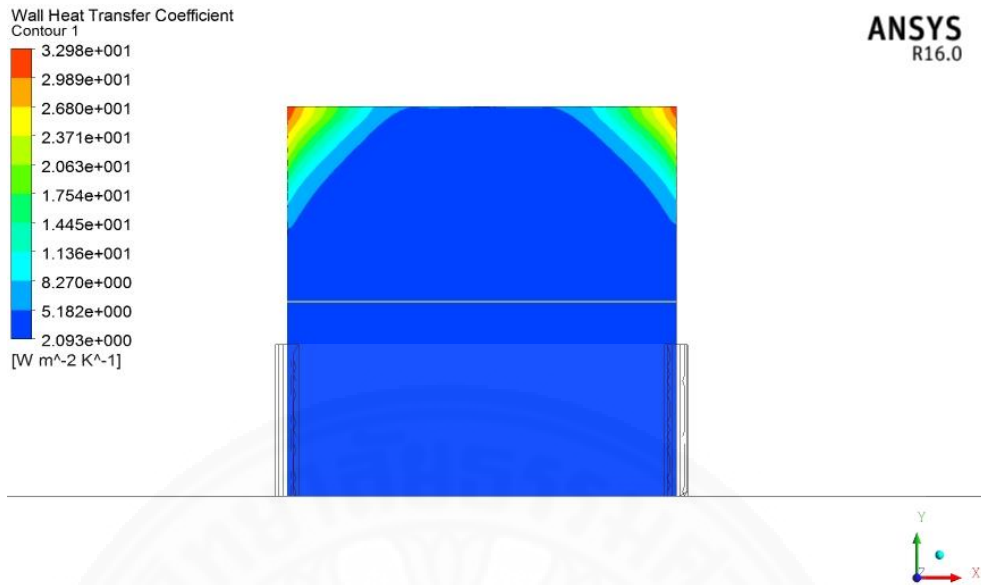
ภาพที่ 4.21 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในระยะต้นไม้จากอาคาร 6 เมตร.



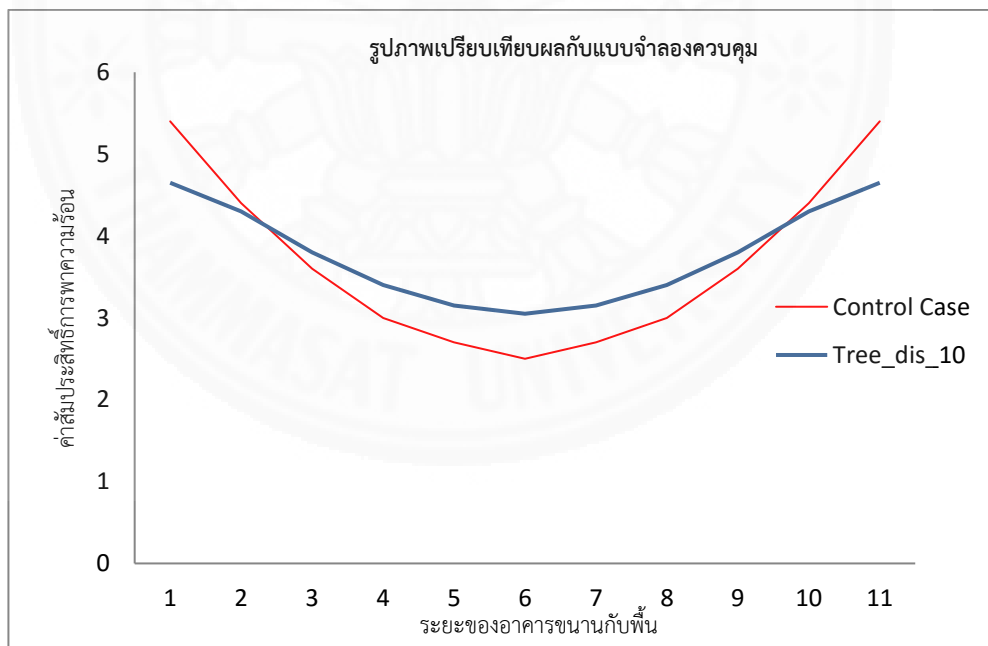
ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและมีระยะห่างต้นไม้กับอาคาร 6 เมตรกับแบบจำลองควบคุม.



ภาพที่ 4.23 ลักษณะการไหลของอากาศ ในระยะต้นไม้จากอาคาร 10 เมตร.



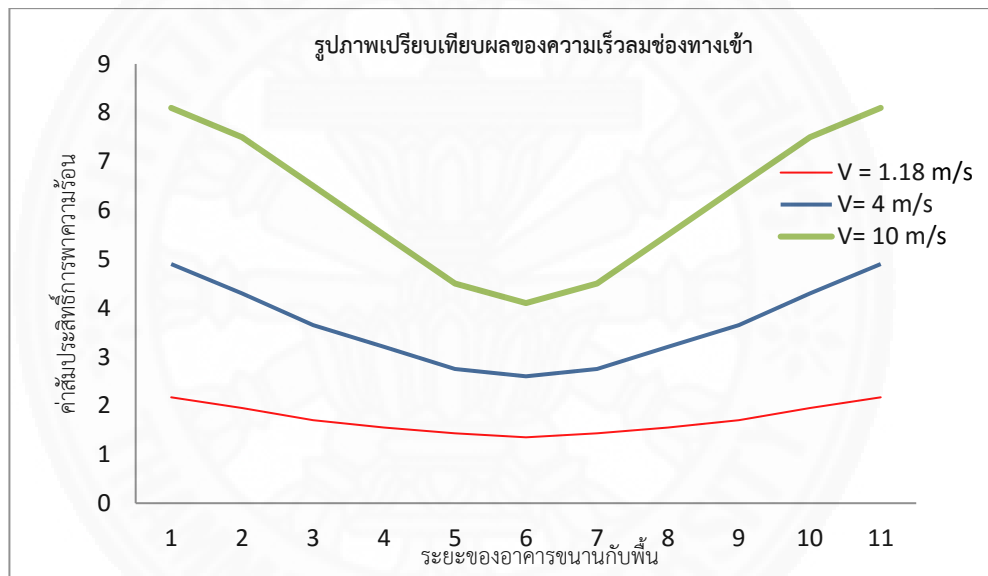
ภาพที่ 4.24 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในระยะต้นไม้จากอาคาร 10 เมตร.



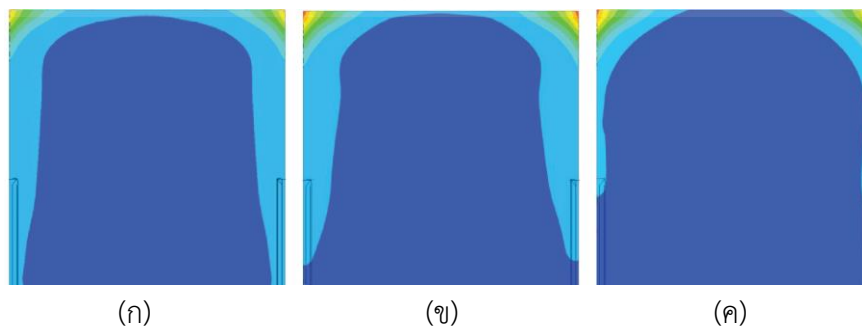
ภาพที่ 4.25 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและมีระยะห่างต้นไม้กับอาคาร 10 เมตรกับแบบจำลองควบคุม.

4.2.2 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองที่ 1.1 และ 1.2

1. ผลจากการจำลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเดี่ยวโดยมีอิทธิพลของความเร็วลมช่องทางเข้า และระยะห่างระหว่างอาคารกับต้นไม้ พบว่าเมื่อมีความเร็วลมเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยในลักษณะการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนก็จะมีค่าที่สูงที่ขอบอาคารและค่าที่ต่ำกว่าบริเวณกึ่งกลางอาคาร เมื่อมีความเร็วเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจึงสูงขึ้นมากกว่าบริเวณกึ่งกลางอาคาร ดังภาพที่ 4.26 และจากการเปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารทั้งความเร็วลมที่ 1.18 m/s 4 m/s และ 10 m/s ดังภาพที่ 4.27 พบว่าการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกันซึ่งโดยรวมแล้วส่งผลต่างกันไม่มากนัก

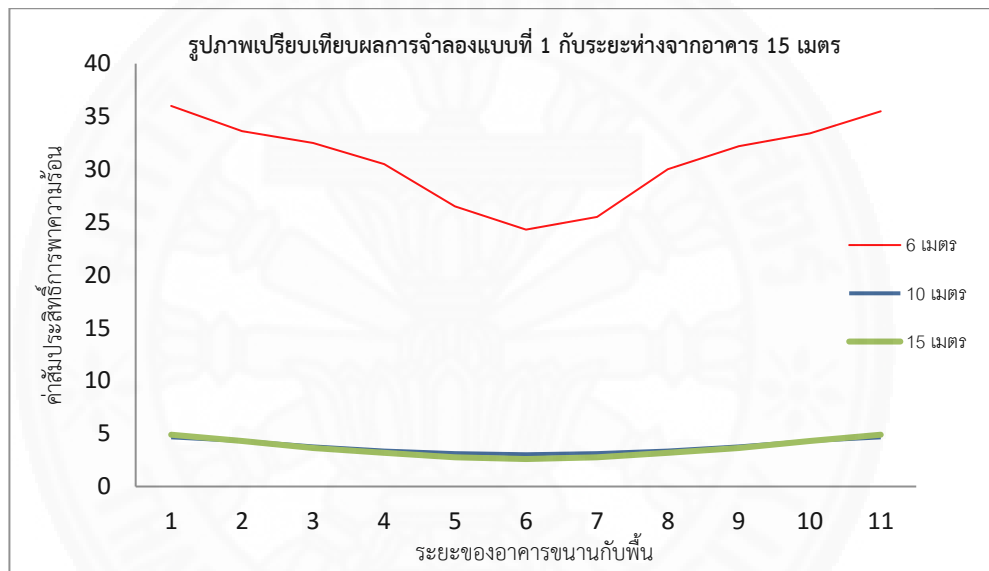


ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของความเร็วลมช่องทางเข้า.

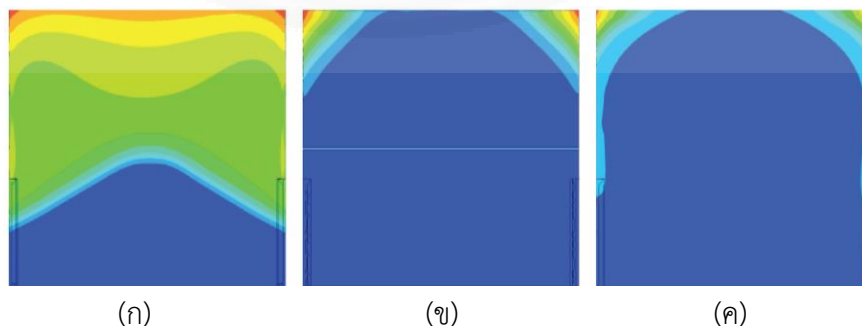


ภาพที่ 4.27 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามความเร็วลม (ก) 1.18 m/s (ข) 4 m/s (ค) 10 m/s.

2. อิทธิพลของระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคาร ซึ่งจากการจำลองพบว่า ระยะของต้นไม้ชั้นมีกระทบอย่างมากต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ซึ่งเมื่อต้นไม้ยิ่งเข้าใกล้อาคารที่ 6 เมตร จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับระยะห่างที่ 10 และ 15 เมตร เนื่องจากการบีบลมของต้นไม้ส่งผลโดยตรงกับผิวอาคารใกล้เคียงโดยมีระยะที่ไม่มากจึงทำให้ความเร็วของลมที่โดนบีบยังมีกำลังแรงอยู่ ดังภาพที่ 4.28 และการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารในระยะ 6 เมตรพบว่า สามารถจัดวางพื้นที่การใช้งานอาคารในชั้นบนในขณะที่พื้นผิวอาคารยังร้อนอยู่ได้ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงที่ด้านบน โดยการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวอาคารสู่อากาศจะมีอัตราที่สูงขึ้น ดังภาพที่ 4.29



ภาพที่ 4.28 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของระยะห่างต้นไม้จากอาคาร.

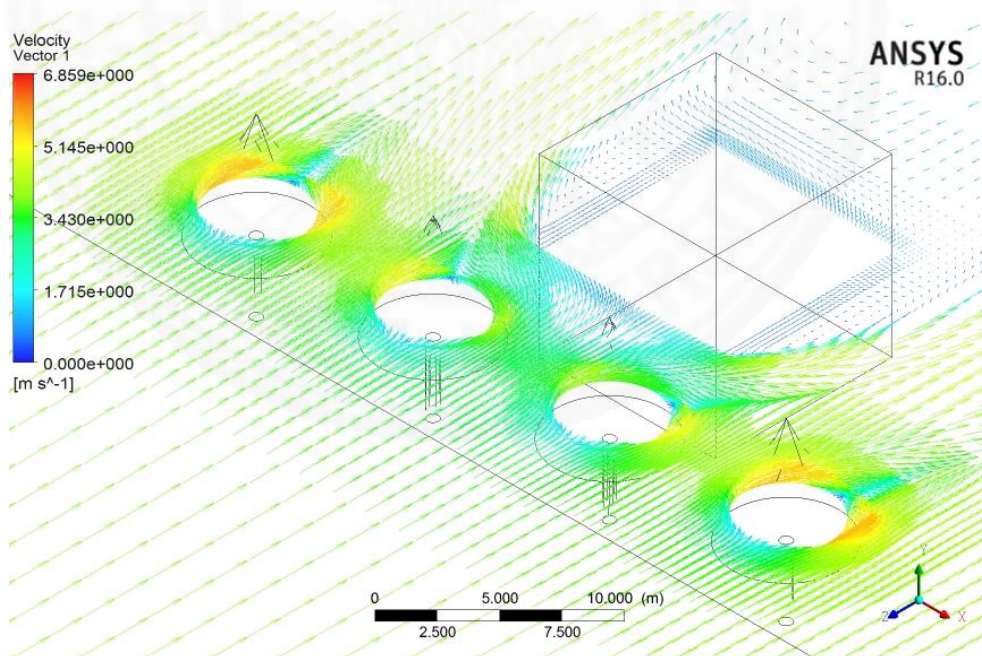


ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามระยะห่างต้นไม้จากอาคาร (ก) 6 เมตร (ข) 10 เมตร (ค) 15 เมตร.

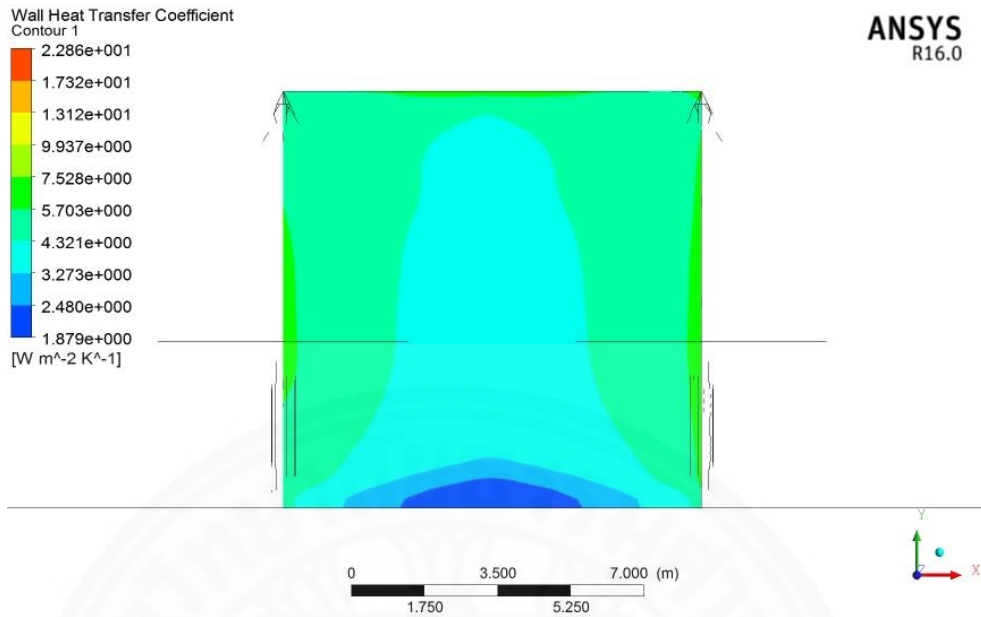
4.3 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ ผิวอาคาร

4.3.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 2

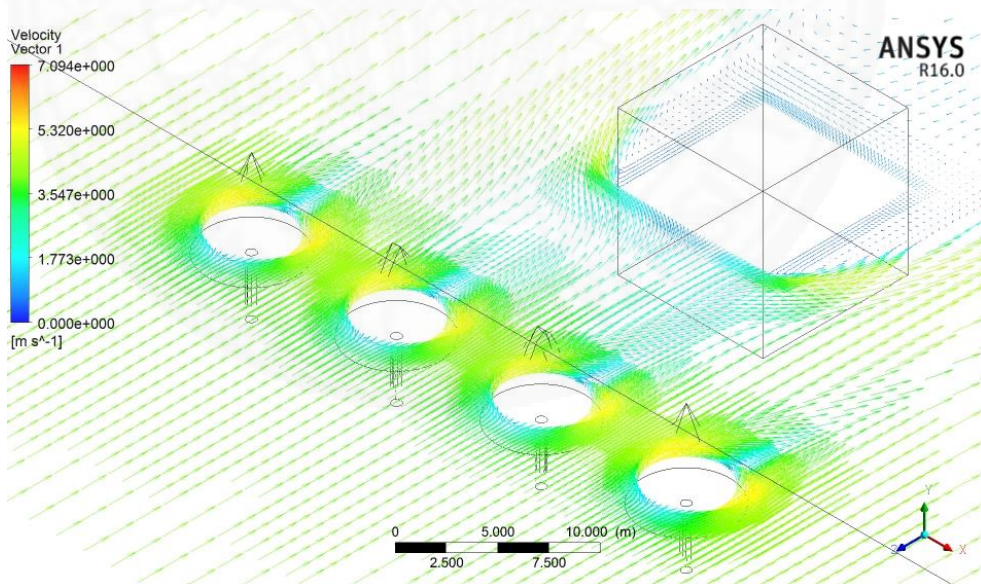
1. การทดลองที่ 2.1 คือการจำลองการไหลของอากาศปะทะเข้าอาคารที่มีอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้โดยการวางเรียงเป็นแถวเดียวหน้าอาคารระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร 15 เมตร โดยจะจำลองด้วยรูปทรงของต้นไม้คือทรงพีรามิด ความเร็วลมช่องทางเข้า 4 m/s ซึ่งผลการจำลองของรูปทรงพีรามิดที่มีระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร นั้นได้ลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.30 และมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวดังภาพที่ 4.31 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $3.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคาร $6.1 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.34 และผลการจำลองรูปทรงพีรามิดที่มีระยะห่างจากอาคาร 15 เมตร จะได้ลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.32 มีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.33 โดยบริเวณกึ่งกลางอาคารมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ $2.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคาร $5.5 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.34



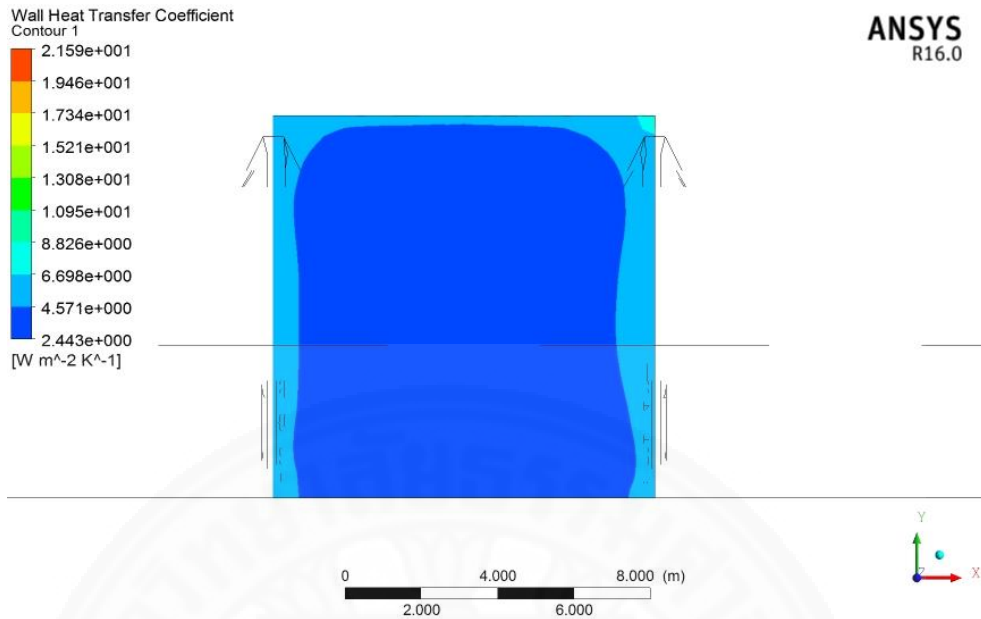
ภาพที่ 4.30 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงพีรามิดระยะ 6 เมตรจากอาคาร.



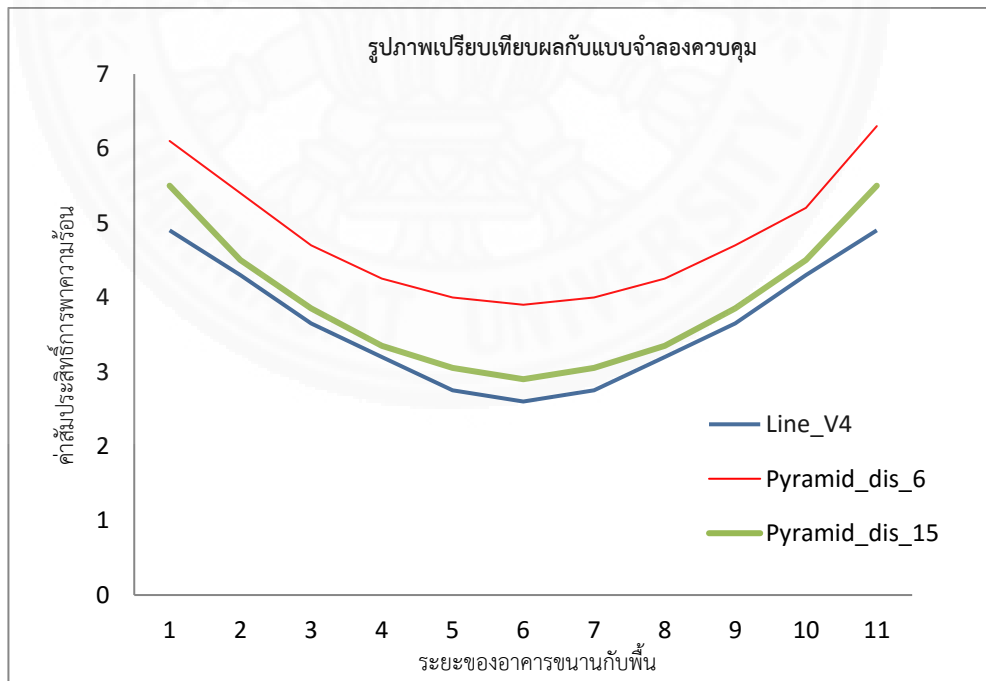
ภาพที่ 4.31 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงปิรามิดระยะ 6 เมตรจากอาคาร.



ภาพที่ 4.32 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงปิรามิดระยะ 15 เมตรจากอาคาร.

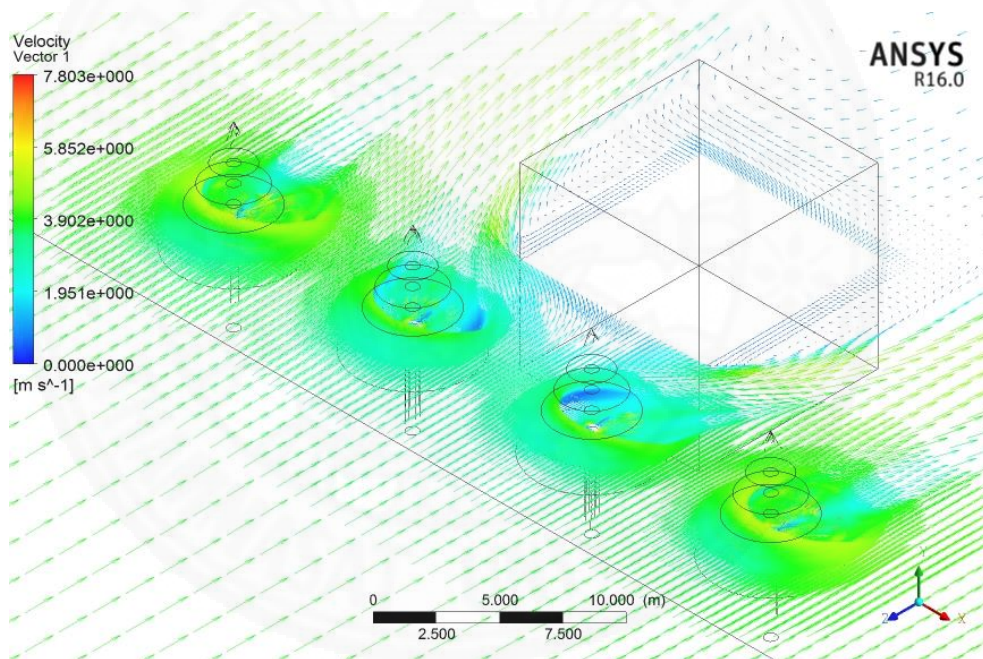


ภาพที่ 4.33 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงปิรามิดระยะ 15 เมตรจากอาคาร.

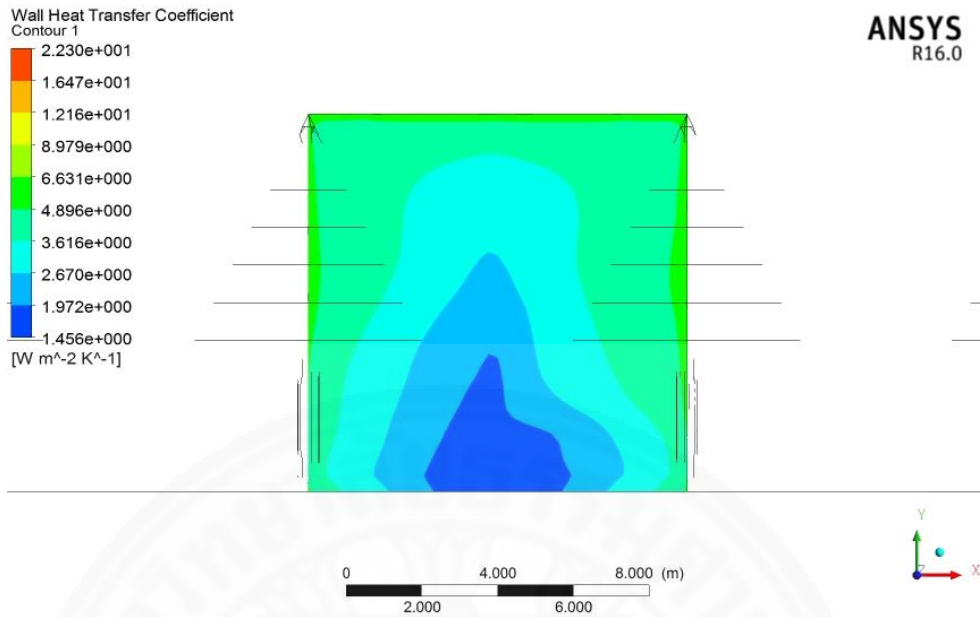


ภาพที่ 4.34 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและรูปทรงปิรามิดระยะ 6 เมตร และ 15 เมตร กับแบบจำลองควบคุม.

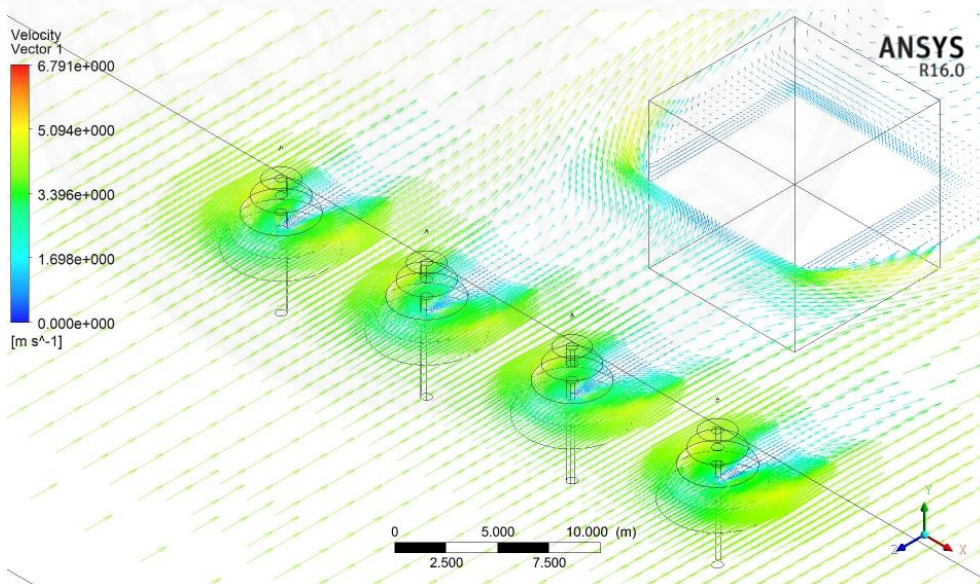
2. การทดลองที่ 2.2 คือการจำลองการไหลของอากาศปะทะเข้าอาคารที่มีอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้โดยการวางเรียงเป็นแถวเดียวหน้าอาคารระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร 15 เมตร โดยจะจำลองด้วยรูปทรงของต้นไม้คือทรงแผ่เป็นชั้น ความเร็วลมช่องทางเข้า 4 m/s ซึ่งผลการจำลองของรูปทรงแผ่เป็นชั้นที่มีระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร นั้นได้ลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.35 และมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวดังภาพที่ 4.36 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $2.4 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคาร $5.45 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.39 และผลการจำลองรูปทรงแผ่เป็นชั้นที่มีระยะห่างจากอาคาร 15 เมตร จะได้ลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.37 มีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.38 โดยบริเวณกึ่งกลางอาคารมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ $2.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่ขอบอาคาร $5.75 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.39



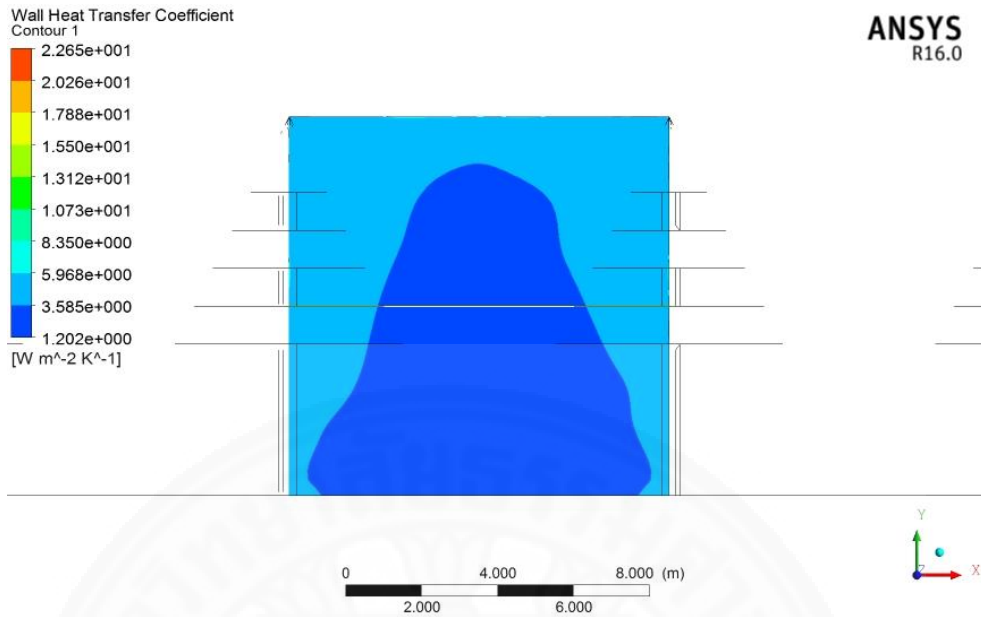
ภาพที่ 4.35 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตรจากอาคาร.



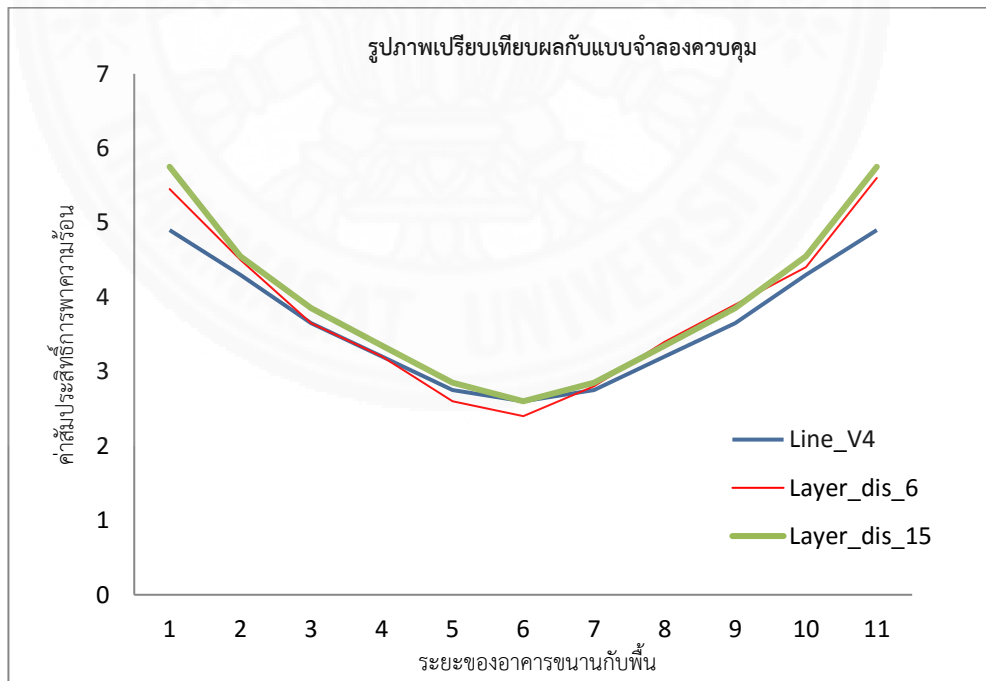
ภาพที่ 4.36 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตรจากอาคาร.



ภาพที่ 4.37 ลักษณะการไหลของอากาศ ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 15 เมตรจากอาคาร.



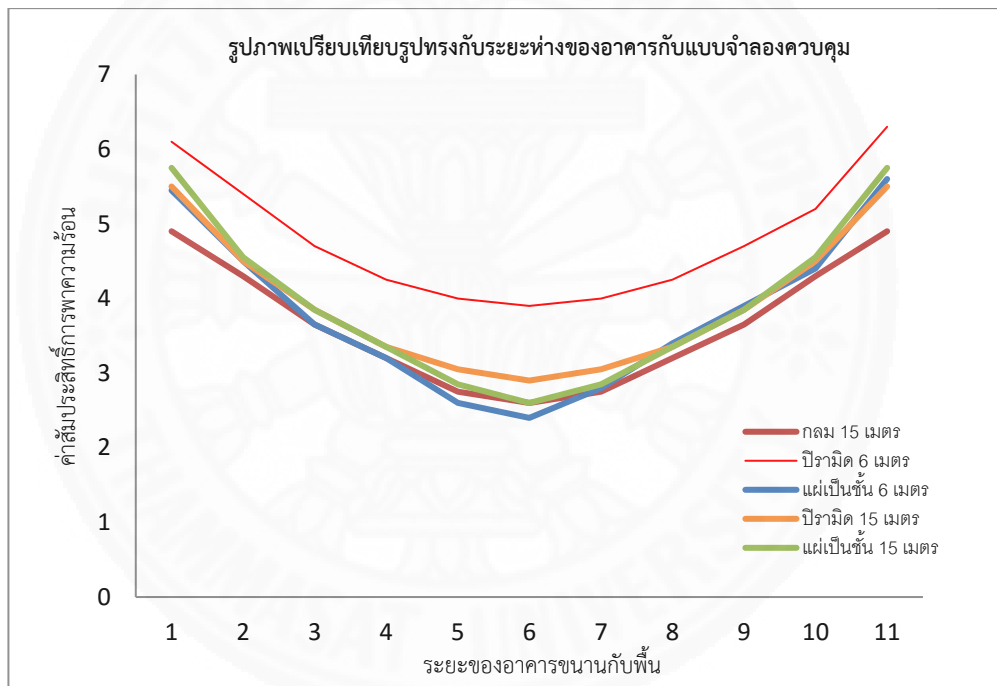
ภาพที่ 4.38 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ในต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 15 เมตรจากอาคาร.



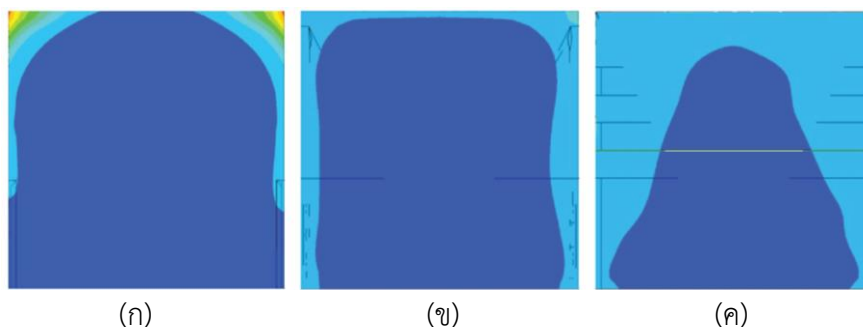
ภาพที่ 4.39 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้ในแนวหน้ากระดานและรูปทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตร และ 15 เมตรกับแบบจำลองควบคุม.

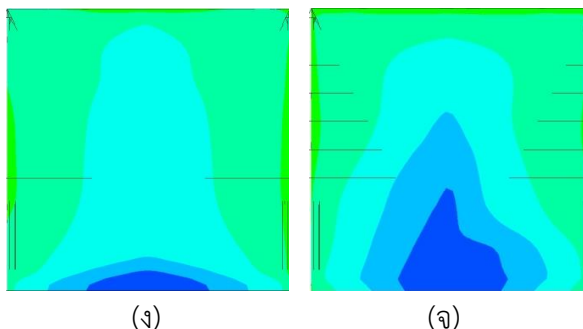
4.3.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 2

ผลจากการศึกษาในแบบจำลองที่ 2.1 และ 2.2 เรื่องอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเตี้ยจากรูปทรงของต้นไม้ โดยทำการจำลองรูปทรงของต้นไม้ 2 แบบคือ ทรง พีรามิด และ แผ่เป็นชั้นโดยมีระยะห่างจากอาคาร 6 เมตร และ 15 เมตร พบว่าอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้ที่มีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับรูปทรงกลมต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ดังภาพที่ 4.40 แต่ระยะห่างของต้นไม้จากอาคารยังคงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและเมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะเห็นได้ชัดว่าระยะห่างของต้นไม้ 6 เมตรจากอาคารนั้นทำให้การกระจายนั้นดีขึ้น ดังภาพที่ 4.41



ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้.



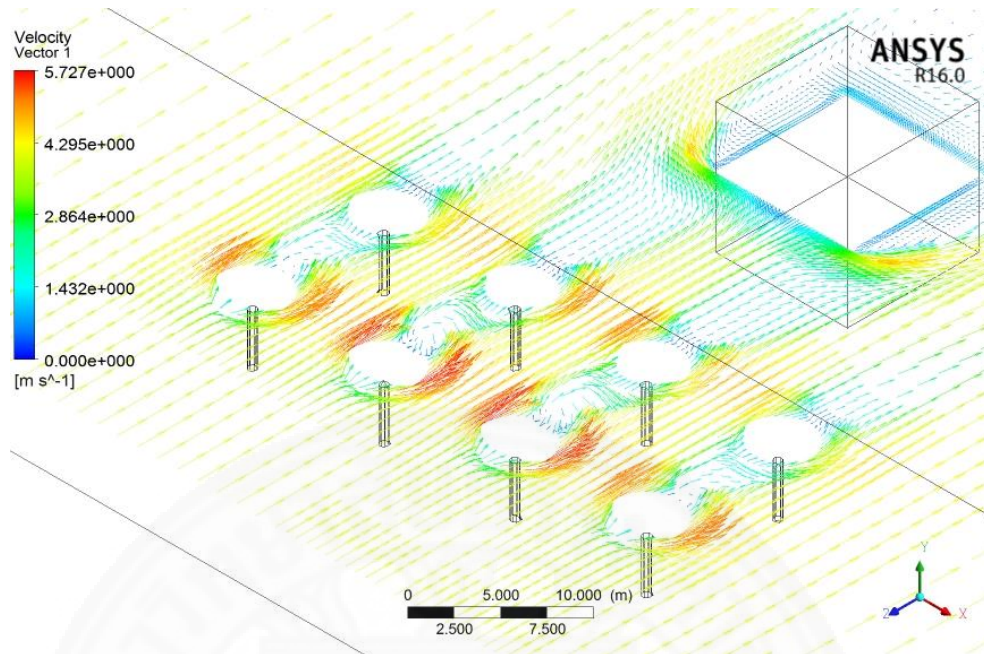


ภาพที่ 4.41 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามรูปทรงของต้นไม้ (ก) ทรงกลมระยะ 15 เมตร (ข) ทรงพีรามิดระยะ 15 เมตร (ค) ทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 15 เมตร (ง) ทรงพีรามิดระยะ 6 เมตร (จ) ทรงแผ่เป็นชั้นระยะ 6 เมตร.

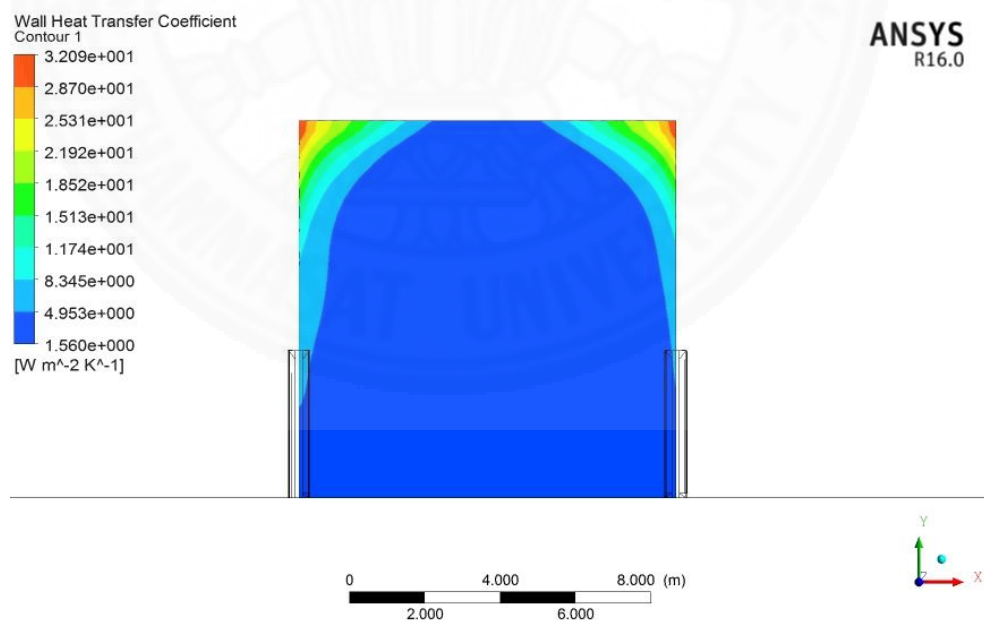
4.4 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการวางต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

4.4.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 3

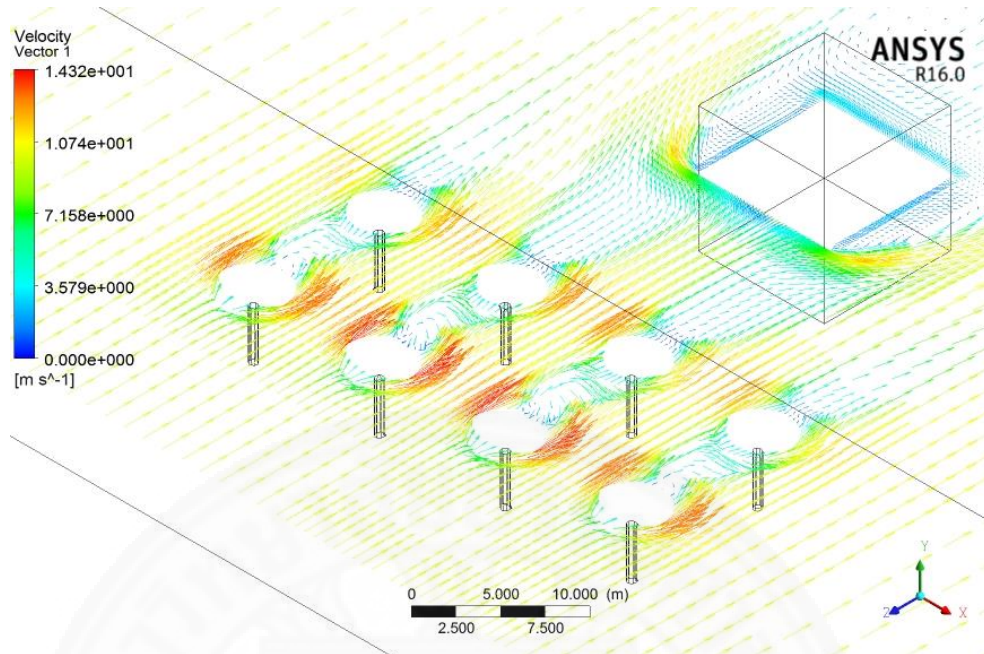
1. การทดลองที่ 3.1 คือการจำลองการไหลของอากาศที่ปะทะเข้าอาคารที่มีรูปแบบต้นไม้ทรงกลมที่วางเรียงกันซ้อนสองแถวโดยมีระยะห่างจากอาคาร 15 เมตร และต้นไม้มีระยะห่างจากกัน 10 เมตร และมีความสูง 10 เมตรโดยการทดลองนี้จะใช้ตัวแปรต้นคือความเร็วลมเพื่อให้ได้ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเมื่อมีอิทธิพลของการวางต้นไม้ ซึ่งได้ผลของการจำลองความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีดังภาพที่ 4.42 ซึ่งมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.43 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $1.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ และมีค่าบริเวณขอบอาคารที่ $6.4 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.46 และที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีดังภาพ 4.44 และมีการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.45 มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนต่ำสุดที่ $3.7 \text{ w/m}^2\text{K}$ บริเวณกึ่งกลางผิวอาคารและมีค่าบริเวณขอบอาคารที่ $12.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.46



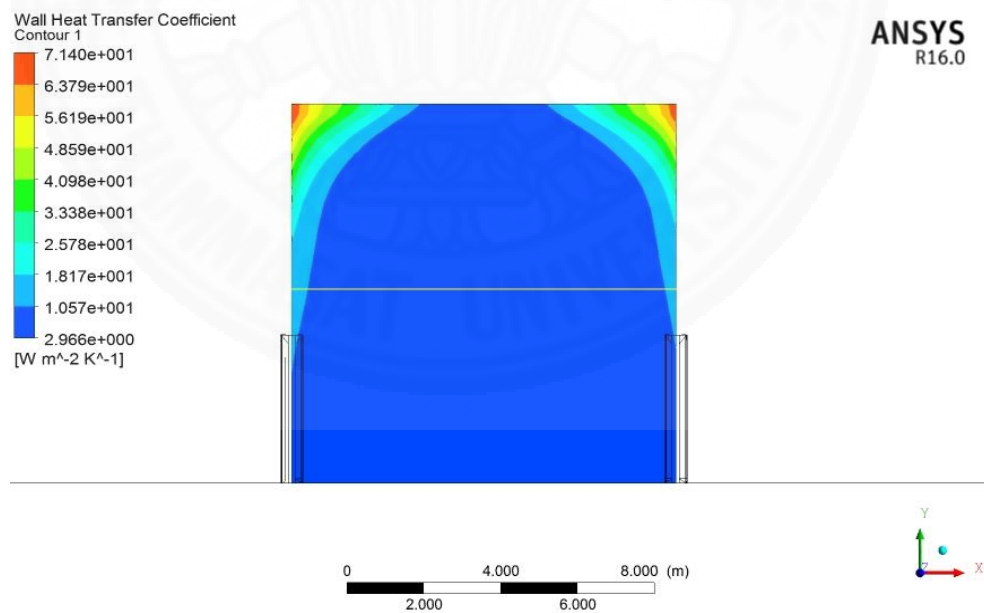
ภาพที่ 4.42 ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



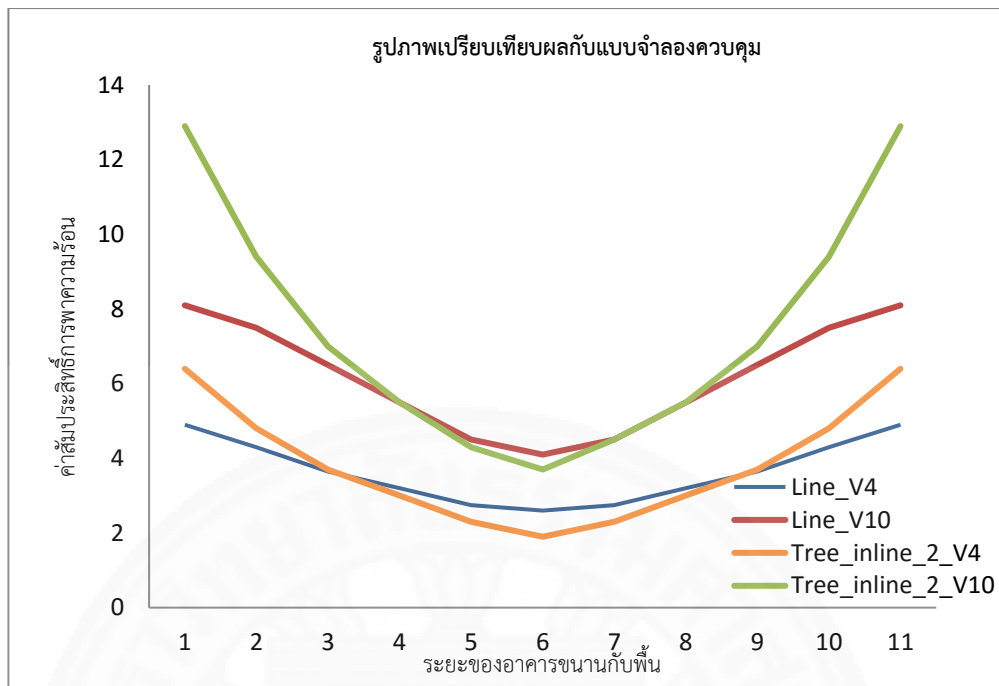
ภาพที่ 4.43 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



ภาพที่ 4.44 ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.

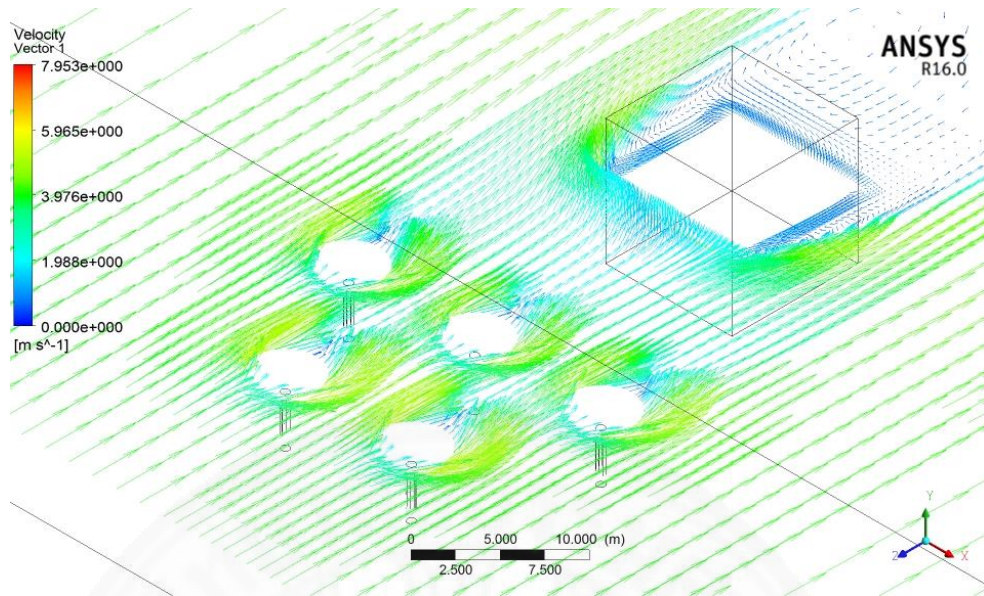


ภาพที่ 4.45 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร รูปแบบการวางซ้อนกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.

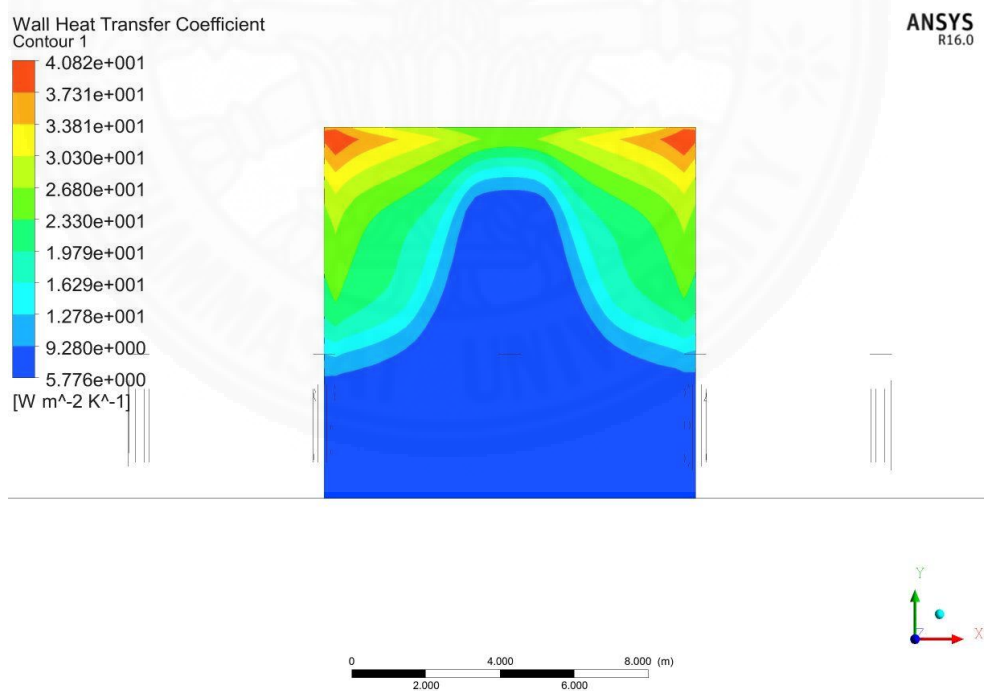


ภาพที่ 4.46 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของการวางซ้อนกันสองแถว ความเร็วที่ 4 และ 10 เมตรต่อวินาที กับแบบจำลองควบคุมที่ความเร็วเท่ากัน.

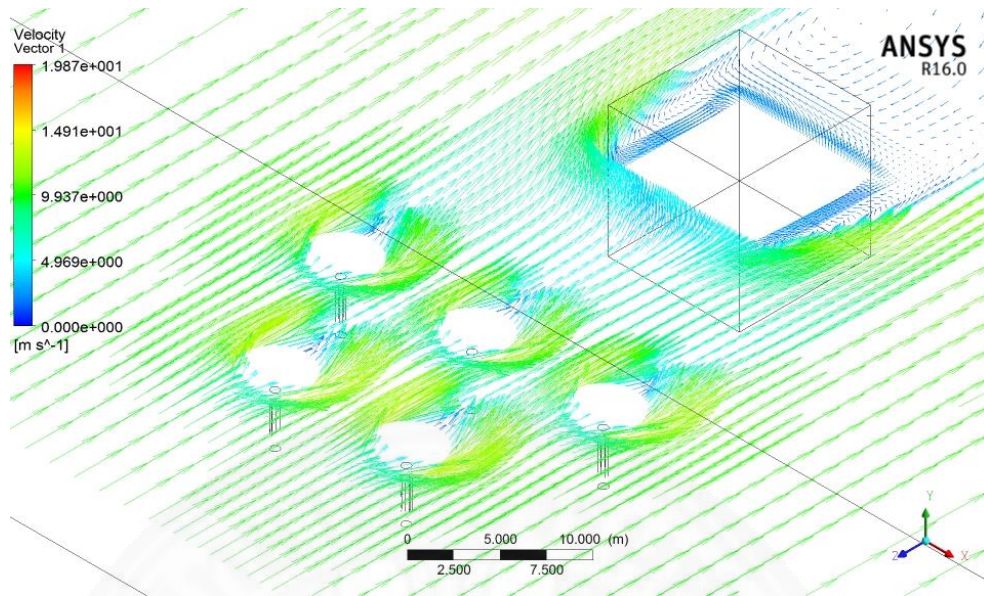
2. การทดลองที่ 3.2 คือการจำลองการไหลของอากาศที่ปะทะเข้าอาคารที่มีรูปแบบต้นไม้ทรงกลมที่วางสลับกันสองแถว ซึ่งได้ผลของการจำลองความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีดังภาพที่ 4.47 ซึ่งมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.48 ซึ่งมีความสัมพันธ์การพาความร้อนบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $6.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ และมีค่าบริเวณขอบอาคารที่ $20.5 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.51 และที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีดังภาพ 4.49 และมีการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.50 มีความสัมพันธ์การพาความร้อนต่ำสุดที่ $13.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ บริเวณกึ่งกลางผิวอาคารและมีค่าบริเวณขอบอาคารที่ $43.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.51



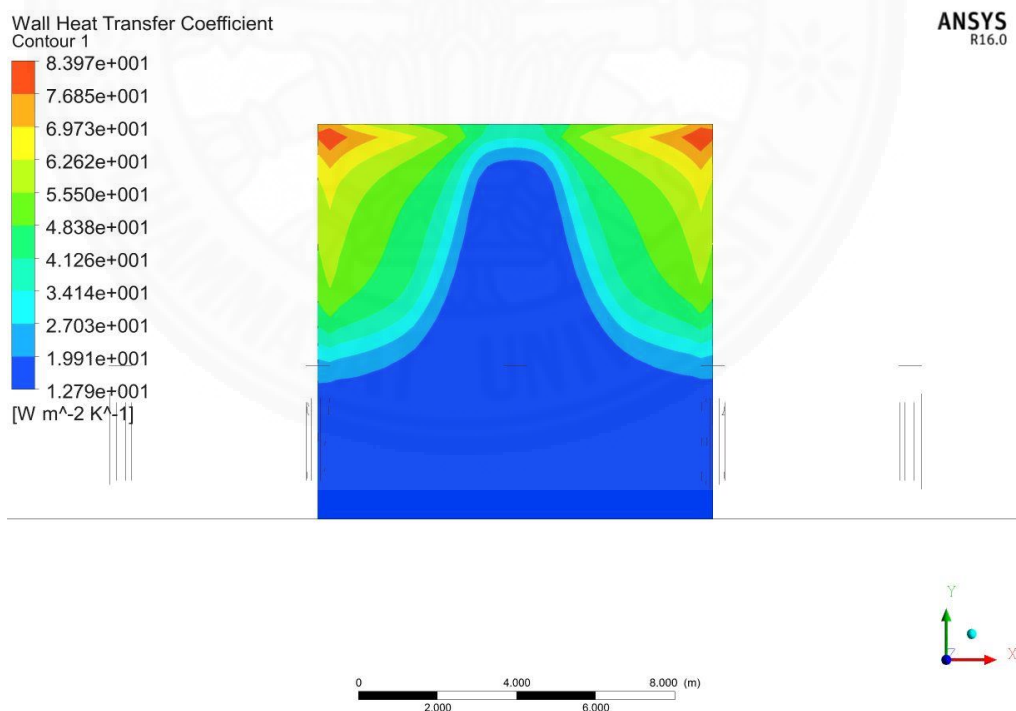
ภาพที่ 4.47 ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางสลับกั้นสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



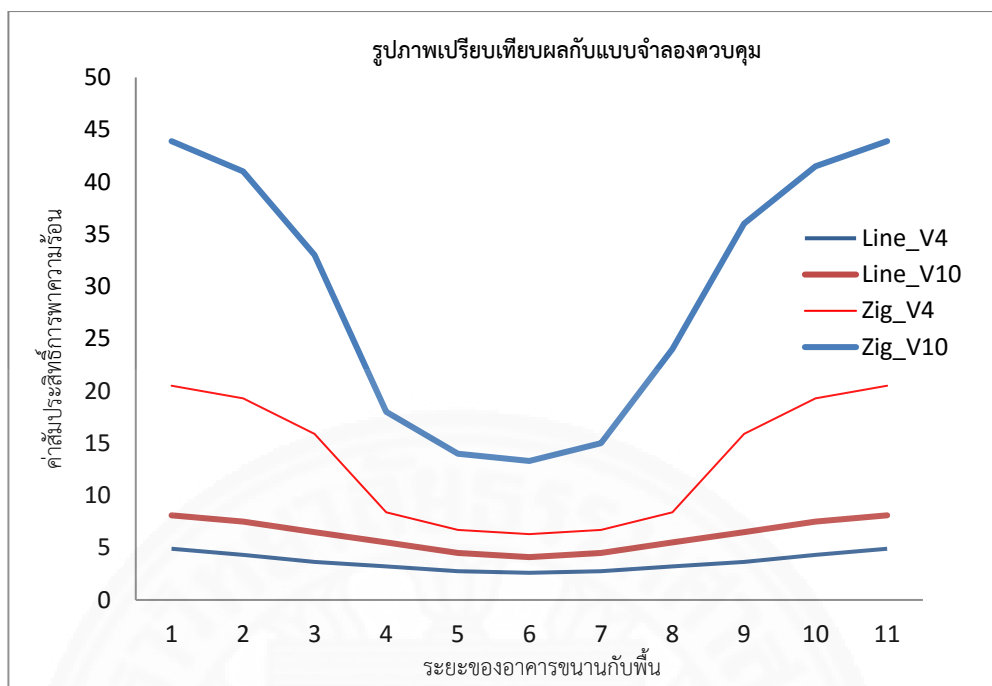
ภาพที่ 4.48 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว รูปแบบการวางสลับกั้นสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



ภาพที่ 4.49 ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการวางสลักกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.



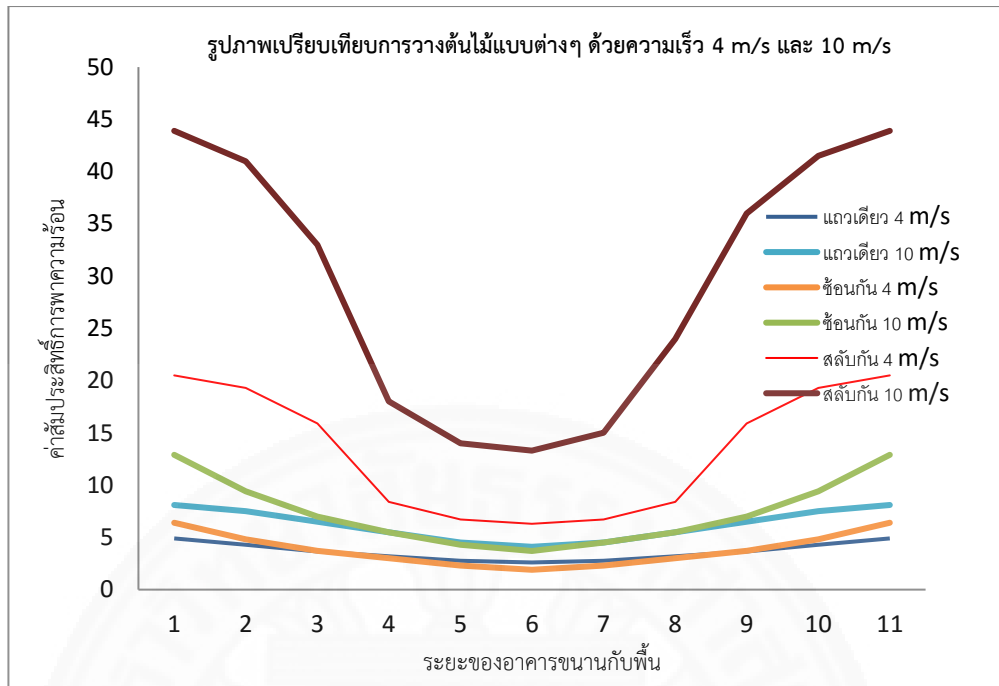
ภาพที่ 4.50 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว รูปแบบการวางสลักกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.



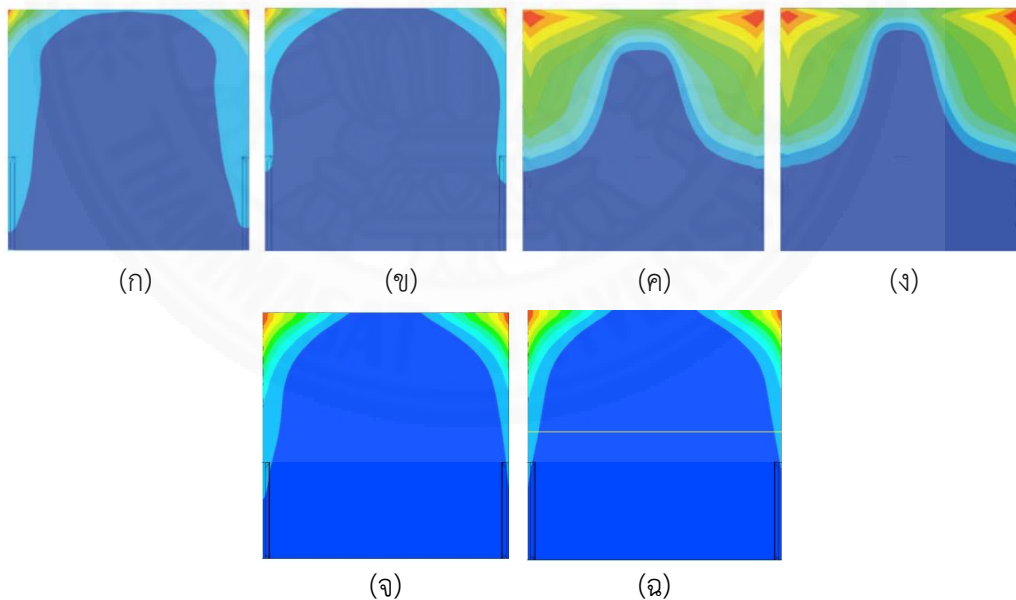
ภาพที่ 4.51 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของการวางสลับกันสองแถว ความเร็วที่ 4 และ 10 เมตรต่อวินาที กับแบบจำลองควบคุมที่ความเร็วเท่ากัน.

4.4.2 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองที่ 3

จากอิทธิพลของการวางต้นไม้สลับกันในรูปทรงกลม ด้วยความเร็ว 4 m/s และ 10 m/s พบว่าการวางต้นไม้สลับกันสองแถวทั้งสองความเร็วลมนั้นส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นเพิ่มสูงขึ้นว่าการวางแบบแถวเดียวและซ้อนกันสองแถวมาก เนื่องจากเมื่อวางต้นไม้สลับกันสองแถวจะทำให้เกิดการบีบลมมากขึ้นทำให้ลมที่ไหลผ่านต้นไม้มีความเร็วสูงขึ้นจึงส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนให้สูงขึ้นตามเช่นกัน ดังภาพที่ 4.52 ดังนั้นการจัดวางพื้นที่การใช้งานของอาคารควรจะจัดให้ห้องบริเวณขอบอาคารมีการใช้งานในตอนกลางวันเนื่องด้วยเมื่อเกิดความต่างของอุณหภูมิพื้นผิวกับอุณหภูมิอากาศมาก ก็จะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนออกมาจากผิวอาคารสู่อาคารที่ไหลผ่านมากขึ้น ส่วนการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะมีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.53



ภาพที่ 4.52 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในการวางรูปแบบต้นไม้.

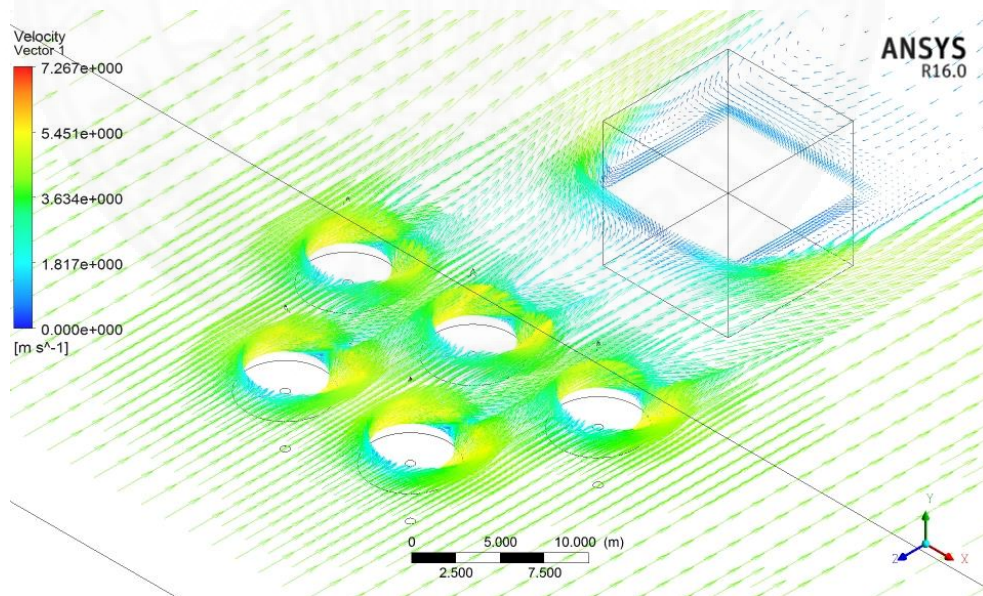


ภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้ (ก) แถวเดี่ยว 4 m/s (ข) แถวเดี่ยว 10 m/s (ค) สองแถว 4 m/s (ง) สองแถว 10 m/s (จ) ซ้อนกัน 4 m/s (ฉ) ซ้อนกัน 10 m/s.

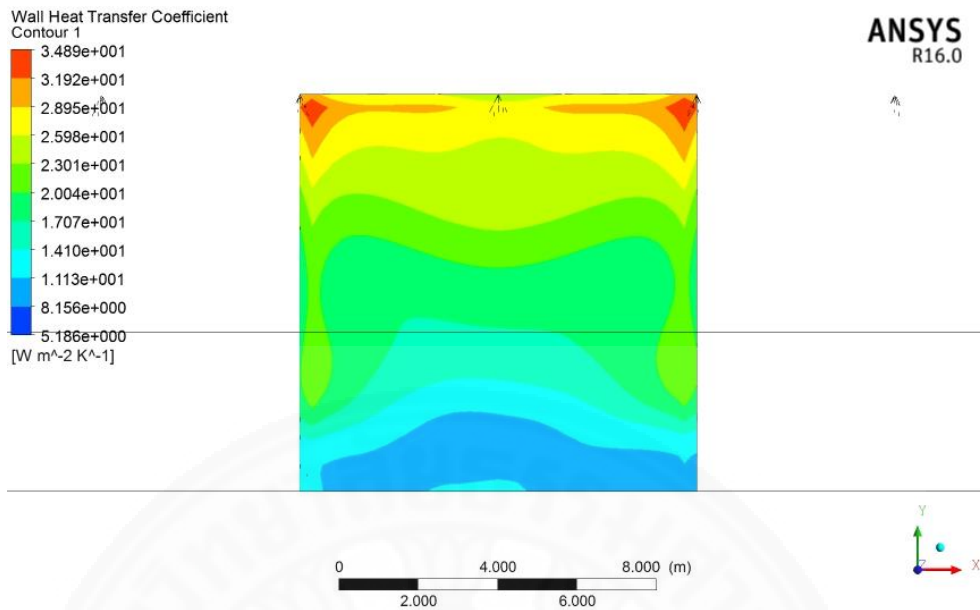
4.5 ผลจากการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงต้นไม้ในรูปแบบการวางแบบสลับกันสองแถวต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

4.5.1 ผลจากการศึกษาการทดลองที่ 4

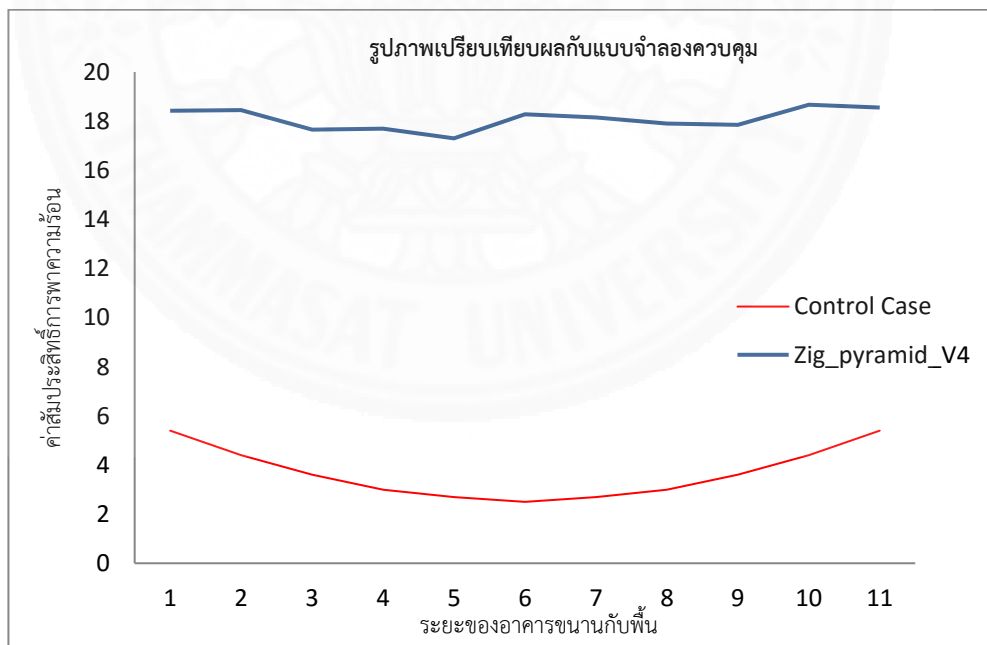
1. การจำลองแบบที่ 4.1 คือ การจำลองอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้ในการวางสลับกันสองแถวด้านหน้าอาคารโดยใช้ขนาดแบบเดียวกับแบบจำลองที่ 3 แต่จะจำลองโดยใช้รูปทรงปิรามิดและแผ่เป็นชั้น การจำลองนั้นจะใช้ความเร็วในการจำลองเป็น 4 m/s และ 10 m/s ซึ่งการจำลองต้นไม้รูปทรงปิรามิดในรูปแบบวางแบบสองแถวสลับกันที่ความเร็ว 4 m/s จะได้ลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.54 และการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.55 ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในรูปแบบที่ต่างไปจากรูปทรงกลมแบบสลับสองแถว บริเวณขอบอาคารจะมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ $18.43 \text{ w/m}^2\text{K}$ และบริเวณกึ่งกลางอาคารที่ $18.28 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.56 ส่วนการจำลองด้วยความเร็วลม 10 m/s จะมีลักษณะการไหลของอากาศดังภาพที่ 4.57 และมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.58 และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารที่ $41.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ และกึ่งกลางอาคารที่ $41.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.59



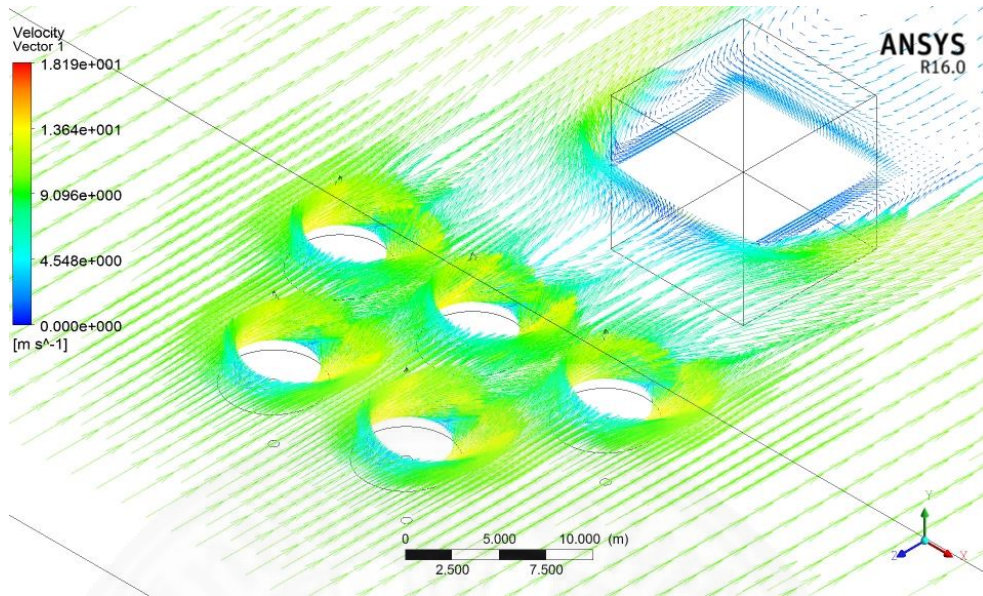
ภาพที่ 4.54 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



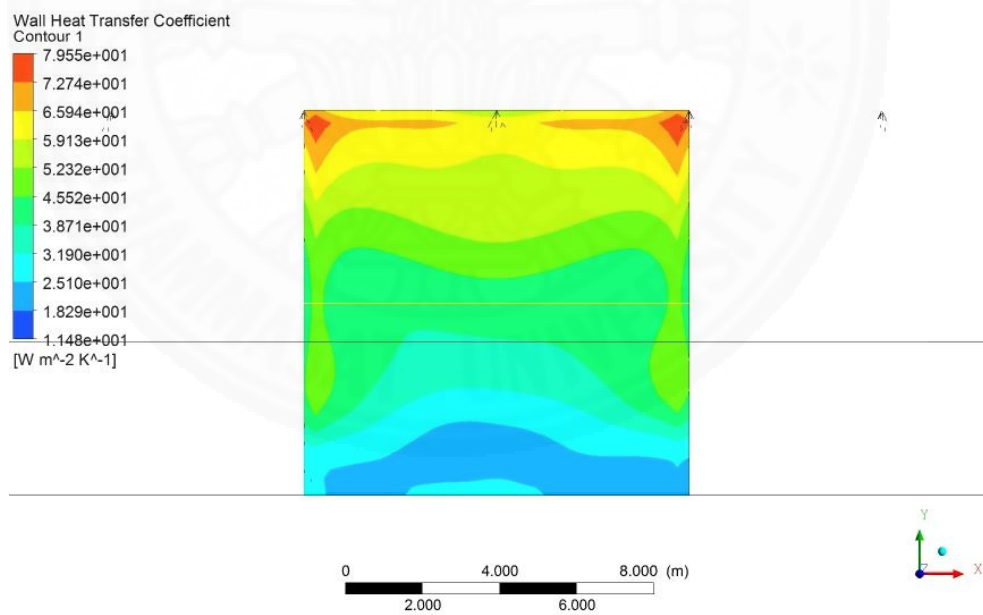
ภาพที่ 4.55 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงปิรามิดวางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาที.



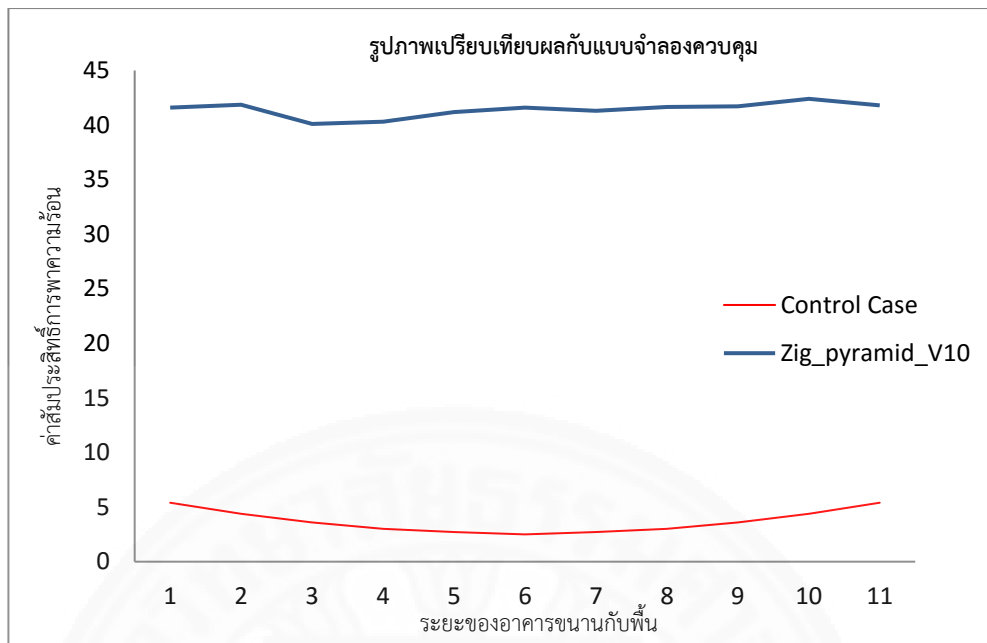
ภาพที่ 4.56 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงปิรามิดวางสลับกันสองแถว ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.



ภาพที่ 4.57 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงปิรามิด วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.

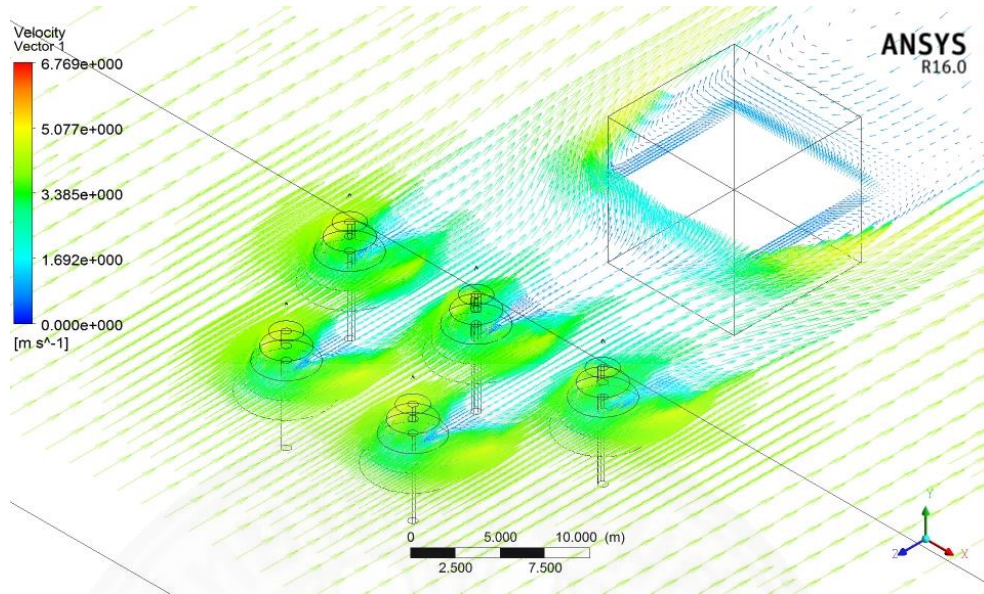


ภาพที่ 4.58 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงปิรามิดวางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที.

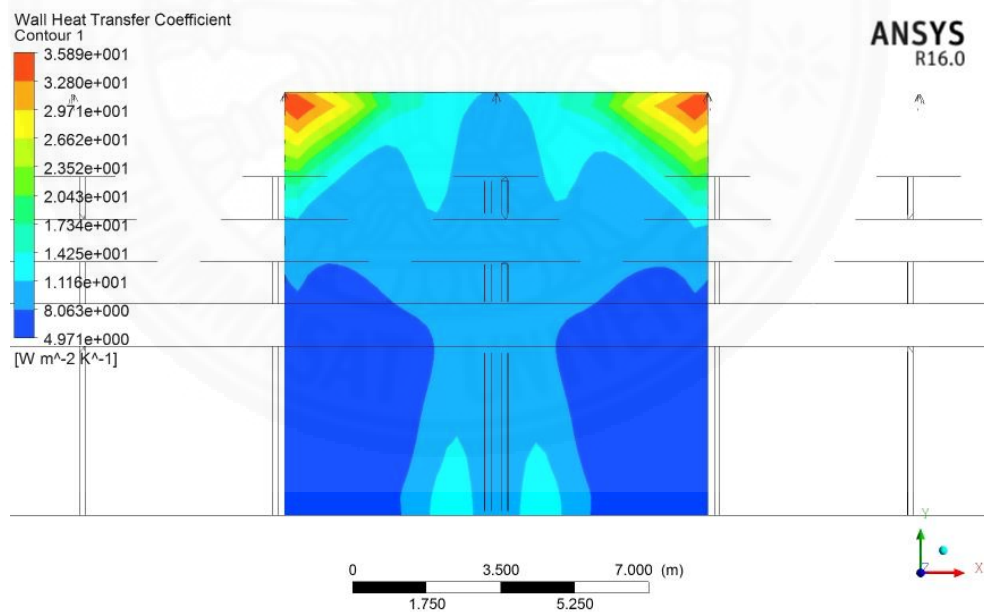


ภาพที่ 4.59 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงปิรามิดวางสลับกันสองแถว ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.

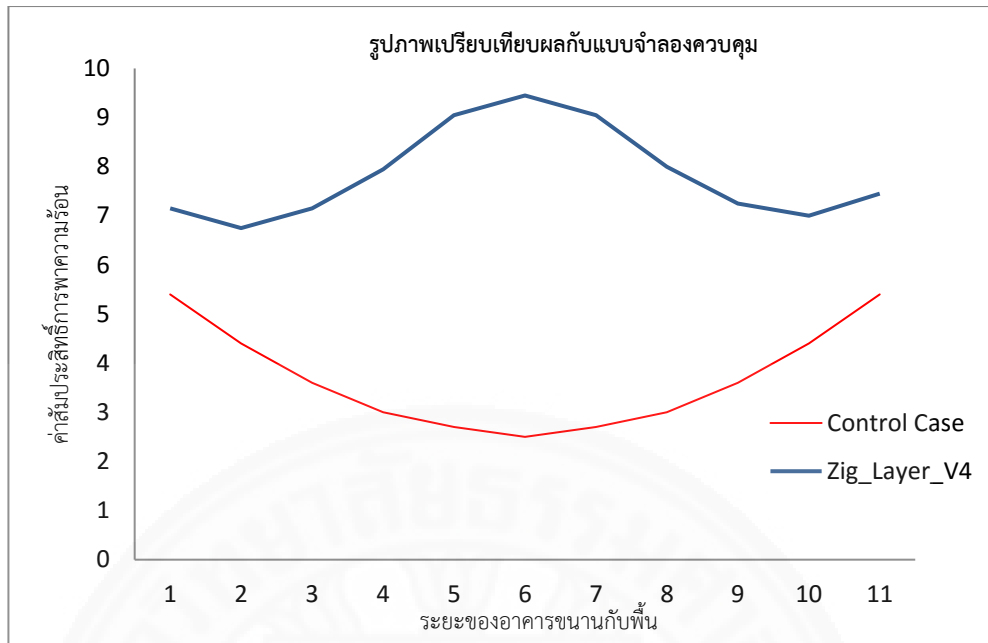
2. แบบจำลองที่ 4.2 คือ การจำลองอิทธิพลรูปทรงแผ่เป็นชั้น ในรูปแบบการวางสลับกันสองแถวหน้าอาคาร ซึ่งจากการจำลองที่ความเร็ว 4 m/s จะได้ลักษณะการไหลของอากาศเป็นดังภาพที่ 4.60 และการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 4.61 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารที่ $7.15 \text{ w/m}^2\text{K}$ และที่กึ่งกลางอาคารที่ $9.45 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.62 และด้วยความเร็ว 10 m/s จะได้ลักษณะการไหลของอากาศเป็นดังภาพที่ 4.63 และการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังภาพที่ 4.64 โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารเป็น $17.8 \text{ w/m}^2\text{K}$ และกึ่งกลางอาคารที่ $20.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ ดังภาพที่ 4.65



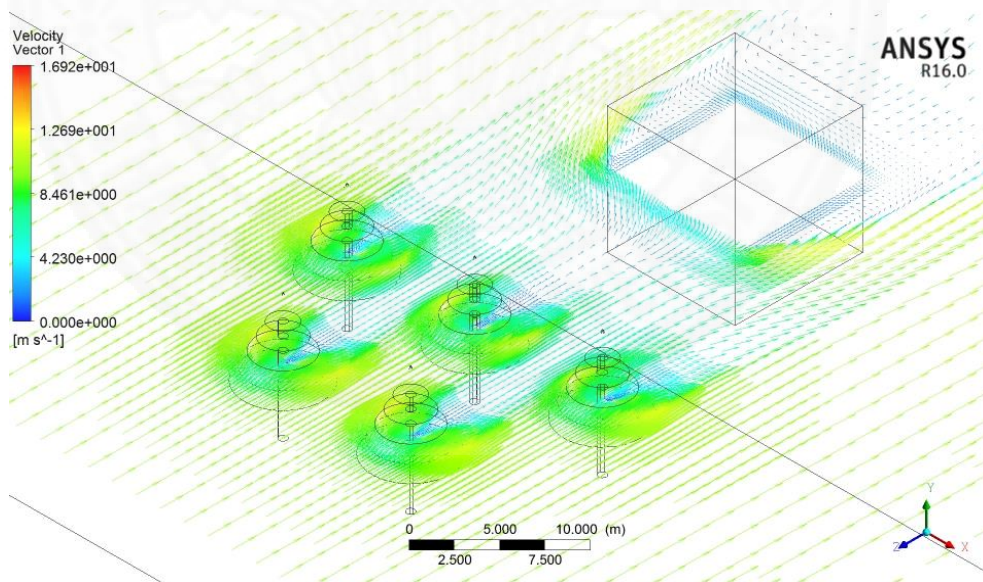
ภาพที่ 4.60 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้น วางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 4 เมตรต่อวินาที.



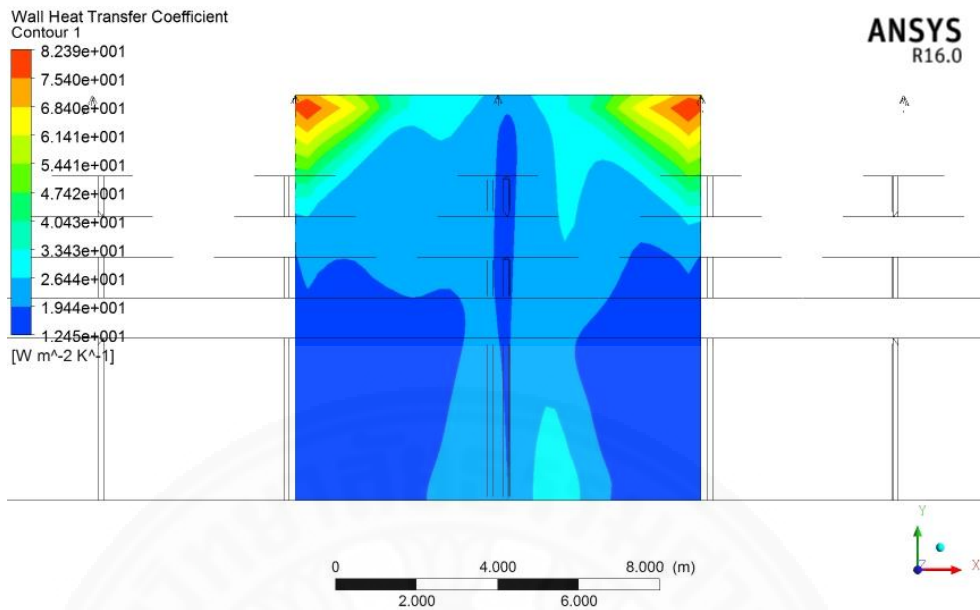
ภาพที่ 4.61 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาที.



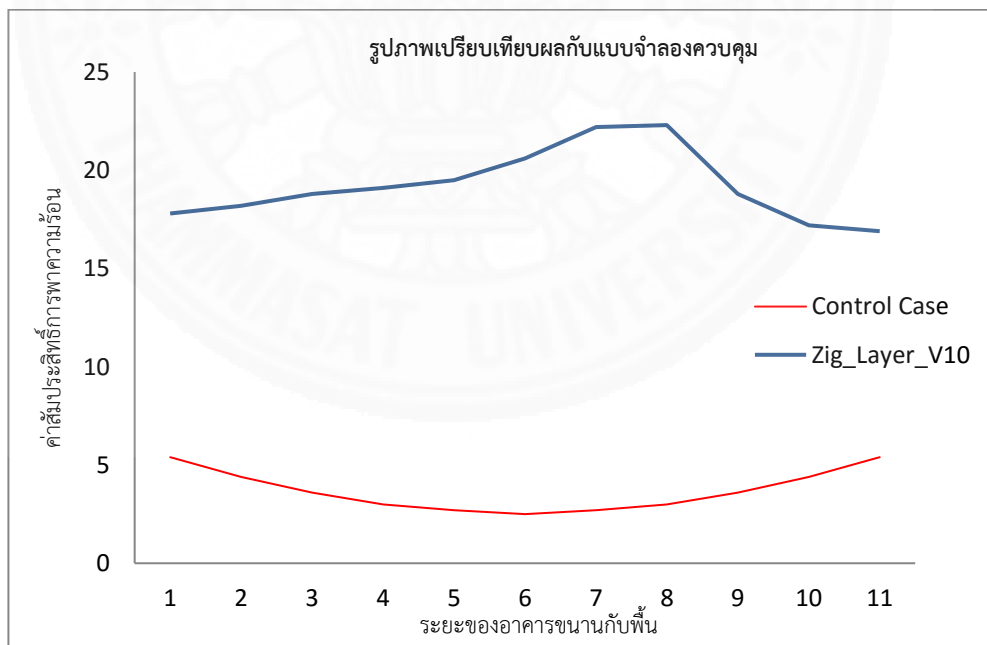
ภาพที่ 4.62 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวางสลับกันสองแถว ความเร็วลม 4 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.



ภาพที่ 4.63 ลักษณะการไหลของอากาศผ่านต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวางสลับกันสองแถว ความเร็วลมที่ 10 เมตรต่อวินาที.



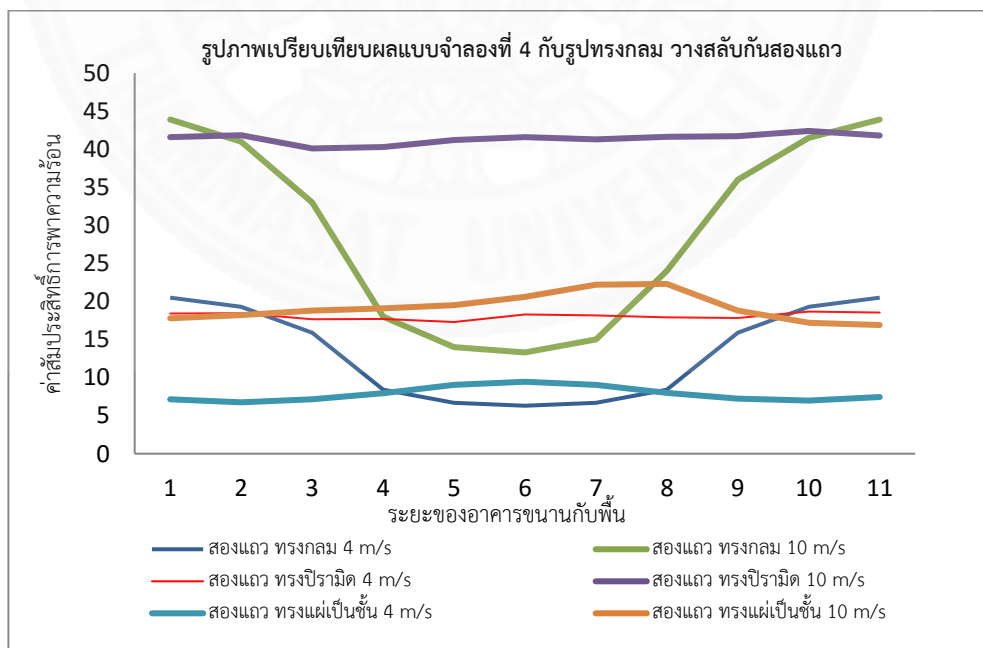
ภาพที่ 4.64 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว ต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวางสลับกันสองแถวที่ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที.



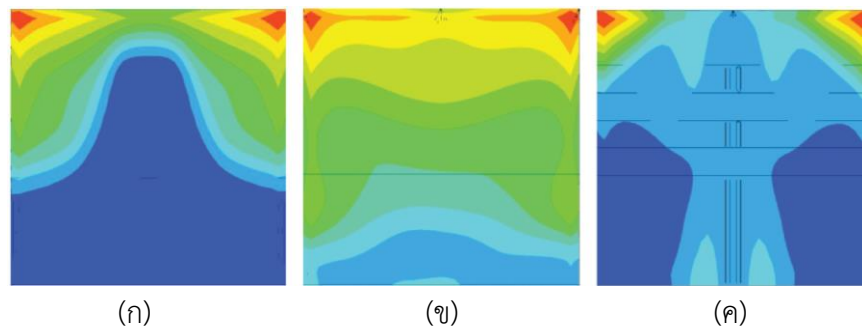
ภาพที่ 4.65 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอิทธิพลของต้นไม้รูปทรงแผ่เป็นชั้นวางสลับกันสองแถวความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาทีกับแบบจำลองควบคุม.

4.5.2 สรุปผลจากการศึกษาจากแบบจำลองที่ 4

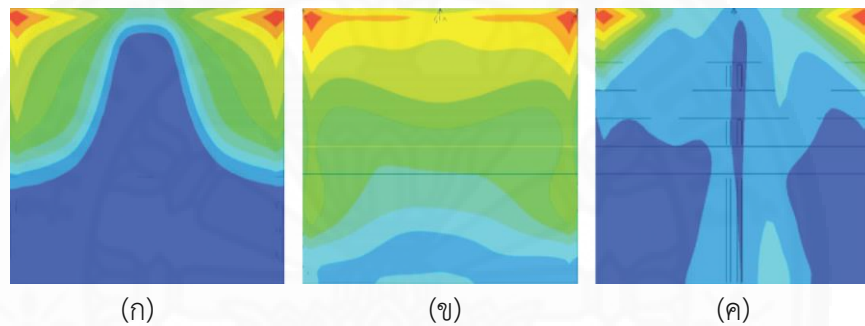
ผลการจำลองอิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้ในรูปทรงปิรามิดและแผ่เป็นชั้น ที่เป็นการวางแบบสลับกันสองแถวนั้น เมื่อจำลองด้วยความเร็วลมที่ต่างกัน ความเร็วลมที่มากกว่าจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงขึ้นอย่างมาก ถ้าในความเร็วลมที่เท่ากันต้นไม้ทรงปิรามิดและทรงแผ่เป็นชั้นจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่สม่ำเสมอกันตลอดแนวผิวปะทะลมซึ่ง ทำให้สามารถจัดการพื้นที่ใช้งานได้หลากหลายกว่าต้นไม้รูปทรงกลมที่มีผลต่อช่วงกลางของอาคาร โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนลดลงเพราะโดยทั่วไปเมื่อลมพัดปะทะเข้าอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารจะมีค่าที่สูงกว่าบริเวณกึ่งกลางอาคาร และเนื่องด้วยการจัดวางรูปแบบของต้นไม้ทรงกลม จะมีการปิดกั้นอากาศที่เท่ากันของทรงกลม แตกต่างจากรูปทรงปิรามิดและแผ่เป็นชั้นซึ่งลมในส่วนล่างของรูปทรงปิรามิดและลมสามารถไหลผ่านชั้นของต้นไม้ได้ อากาศจึงถูกบีบให้เกิดความเร็วลมมากกว่าจึงทำให้การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารมีกระจายอย่างทั่วถึงทั้งพื้นผิว ดังภาพที่ 4.66 ดังนั้นจึงส่งผลต่อการออกแบบตำแหน่งห้อง เช่นห้องที่ใช้งานในเวลากลางวันอุณหภูมิผิวอาคารจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศควรมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวสูงเพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากผิวผนังห้อง และจากการเปรียบเทียบกับการวางแบบสลับกันในรูปทรงกลมจะเห็นได้ชัดว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมีการกระจายที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 4.67 สำหรับความเร็วลม 4 m/s และความเร็วลม 10 m/s ดังภาพที่ 4.68



ภาพที่ 4.66 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน การวางต้นไม้แบบสลับกันสองแถวในรูปทรงกลม ปิรามิด และ แผ่เป็นชั้น.



ภาพที่ 4.67 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้แบบสลีกับสองแถวโดยแบ่งรูปทรงเป็น (ก) ทรงกลม (ข) ทรงปิรามิด (ค) ทรงแผ่นเป็นชั้น ด้วยความเร็ว 4 m/s.



ภาพที่ 4.68 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามการวางต้นไม้แบบสลีกับสองแถวโดยแบ่งรูปทรงเป็น (ก) ทรงกลม (ข) ทรงปิรามิด (ค) ทรงแผ่นเป็นชั้น ด้วยความเร็ว 10 m/s.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

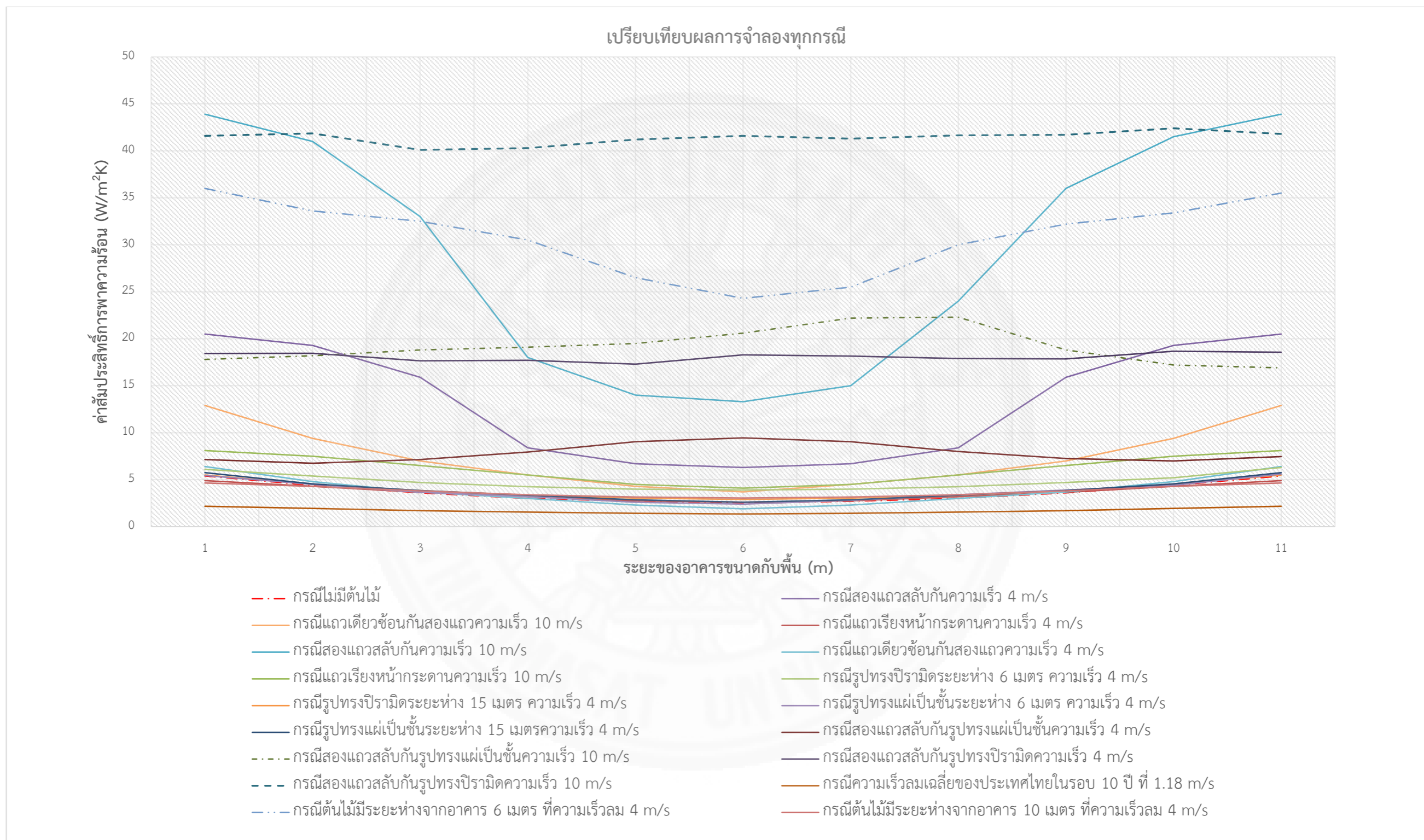
จากการศึกษาอิทธิพลของต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ศึกษาโดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 และคำนวณลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ ความเร็วลม และการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร สามารถสรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

ศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารโดยมีอิทธิพลของต้นไม้ได้แก่ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร รูปทรง และรูปแบบการวางต้นไม้ ที่ส่งผลกับลมที่พัดเข้าสู่อาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0

5.1 สรุปผลการจำลอง

5.1.1 ศึกษาการจำลอง และวิเคราะห์ผลค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร เต็มโดยมีอิทธิพลของต้นไม้

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นไม้รอบอาคารที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร โดยมีปัจจัยหลักคือ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร รูปทรง และการจัดวางรูปแบบของต้นไม้ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 พบว่า ต้นไม้สามารถส่งผลกับลมธรรมชาติที่พัดเข้าสู่อาคารได้โดยต้นไม้จะทำหน้าที่เป็นแผงบังลมเพื่อปิดกั้นลมที่พัดเข้าสู่ตัวอาคารแรงขึ้น ซึ่งส่งผลไปยังค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองที่ได้จากการจำลองในงานวิจัยนี้กับอาคารที่ไม่มีต้นไม้ ดังภาพที่ 5.1 พบว่า รูปแบบการวางของต้นไม้ ระยะห่างต้นไม้จากอาคาร และรูปทรง นั้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมากไปน้อยตามลำดับ

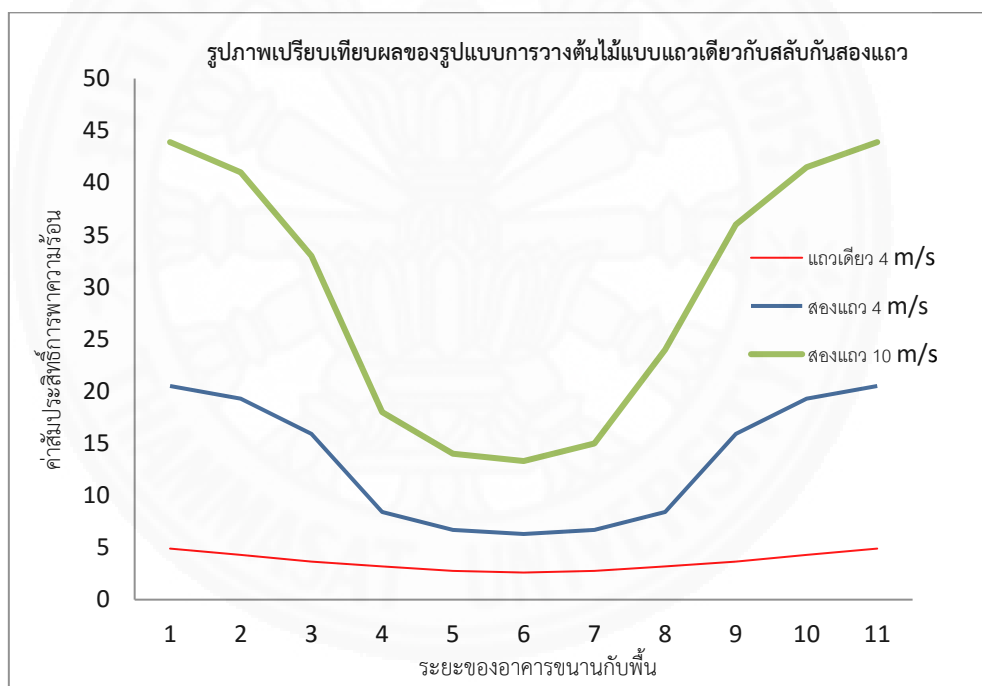


ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการจำลองในทุกรณี.

5.1.1.1 อิทธิพลของรูปแบบการวางต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว

อาคาร

รูปแบบของการวางต้นไม้ที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างการวางต้นไม้แบบเรียงแถวเดียวหน้าอาคารกับการวางต้นไม้สลับกันสองแถวหน้าอาคาร ด้วยความเร็ว 4 m/s ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารเพิ่มสูงขึ้นจาก $4.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ เป็น $20.5 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็นประมาณ 4 เท่า และที่กึ่งกลางอาคาร $2.6 \text{ w/m}^2\text{K}$ เป็น $6.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็นประมาณ 2.4 เท่า และที่ความเร็ว 10 m/s ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ขอบอาคารคือ $43.9 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็นประมาณ 9 เท่าและที่กึ่งกลางอาคาร ที่ $13.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็นประมาณ 5 เท่าของรูปแบบการวางต้นไม้แบบแถวเดียว ดังภาพที่ 6.2

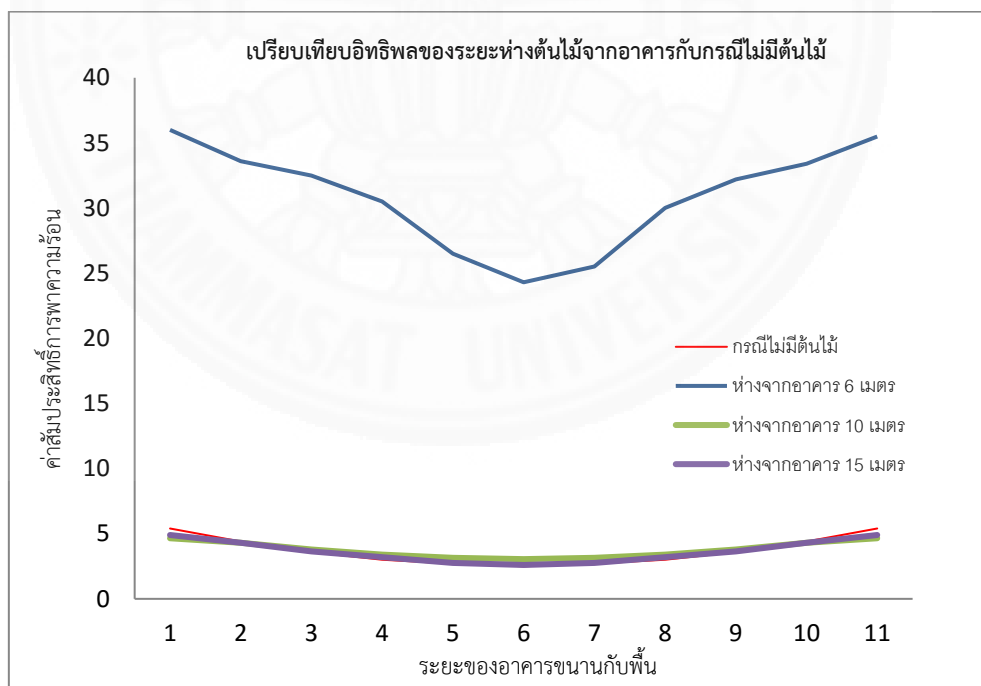


ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบผลการจำลองการวางต้นไม้แบบแถวเดียวกับวางสลับกันสองแถวหน้าอาคาร.

เนื่องจากการวางต้นไม้แบบสลับกันสองแถวทำให้อากาศที่ไหลผ่านถูกบีบมากกว่าการวางเรียงแบบแถวเดียวดังนั้นลมที่ไหลปะทะเข้าอาคารที่ผ่านการวางต้นไม้แบบสองแถวจึงมีความเร็วสูงกว่าจึงส่งผลทำให้การถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารมีอัตราที่มากกว่า จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมีมากกว่า

5.1.1.2 อิทธิพลของระยะห่างต้นไม้จากอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

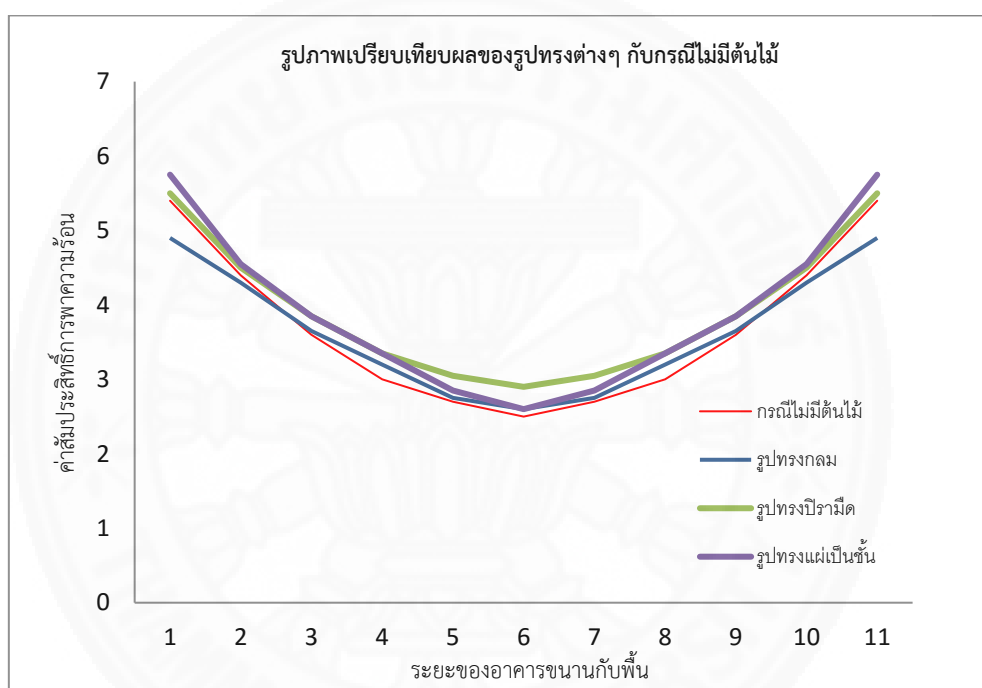
ระยะห่างระหว่างต้นไม้กับอาคารเป็นอิทธิพลที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนรองมาจากรูปแบบการวางต้นไม้ โดยการจำลองจะใช้ระยะที่ห่างจากอาคารคือ 6 เมตร 10 เมตร และ 15 เมตรตามลำดับ ซึ่งจำลองโดยใช้รูปแบบการวางแบบแถวเดียวหน้าอาคาร จากการจำลองพบว่า กรณีที่ต้นไม้ห่างจากอาคาร 10 และ 15 เมตร ไม่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่าที่ควรเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่มีอิทธิพลจากต้นไม้ เนื่องจากมีระยะห่างมากเกินไปจึงทำให้ความเร็วลมจากการปัดของต้นไม้ที่น้อย ปริมาณที่น้อย จึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารนั้นใกล้เคียงกับการที่ไม่มีอิทธิพลจากต้นไม้ แต่กรณีที่ต้นไม้มีระยะห่างจากอาคาร 6 เมตรจะทำให้การปัดลมของต้นไม้ส่งผลให้ความเร็วลมที่ปะทะอาคารเพิ่มขึ้นจึงส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเพิ่มขึ้นตาม โดยที่ขอบอาคารมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็น $36 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็น 7.3 เท่า และบริเวณกึ่งกลางอาคารเป็น $24.3 \text{ w/m}^2\text{K}$ คิดเป็นประมาณ 5 เท่าของกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากต้นไม้ ดังภาพที่ 6.3



ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบอิทธิพลของระยะห่างต้นไม้จากอาคารกับกรณีไม่มีต้นไม้.

5.1.1.3 อิทธิพลของรูปทรงของต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

รูปทรงของต้นไม้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนน้อยที่สุดจากการจำลอง เมื่อเปลี่ยนรูปทรงของต้นไม้จากทรงกลมเป็นทรงปิรามิดและแผ่เป็นชั้น ในแบบจำลองด้วยการวางต้นไม้รูปแบบเรียงแถวเดียวหน้าอาคาร ห่างจากอาคาร 15 เมตร ด้วยความเร็วลมช่องทางเข้า 4 m/s พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีอิทธิพลของต้นไม้ ดังภาพที่ 5.4

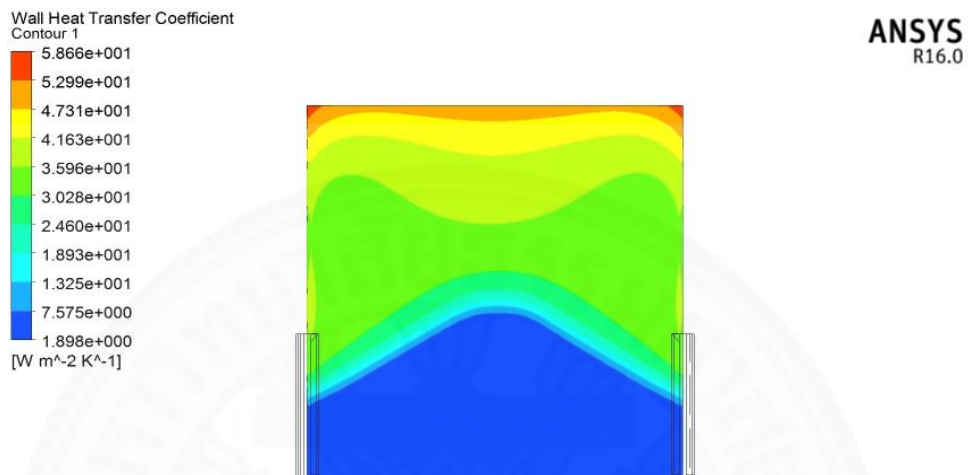


ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบผลของรูปทรงกลม ปิรามิดและแผ่เป็นชั้นกับกรณีไม่มีต้นไม้.

5.1.2 เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ปัจจัยของต้นไม้เพื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

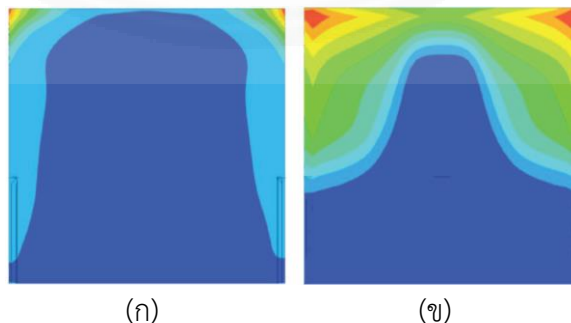
1. จากการจำลองผลอิทธิพลของต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร พบว่าการปลูกต้นไม้เข้าใกล้อาคารสามารถส่งผลที่จะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนให้สูงขึ้นได้ ในกรณีถ้ามีระยะการปลูกต้นไม้มาก ๆ ควรจะปลูกต้นไม้ให้มีระยะห่างจากอาคารไม่ควรเกิน 6 เมตร ซึ่งจากการจำลองพบว่า ระยะ 6 เมตร เป็นระยะที่จะเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงขึ้นเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาคารนั้นได้ประสิทธิภาพสูงสุด ผลการจำลองได้แสดงถึงตำแหน่งและความ

สูงของอาคารที่เหมาะสมในการจัดพื้นที่เพื่อใช้งานในตอนกลางวันดังภาพที่ 5.5 คือในความสูงชั้นบนที่มีตำแหน่งเหนือ 3 เมตรขึ้นไป เพราะในเวลากลางวันอุณหภูมิพื้นผิวอาคารจะมีความแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูง ดังนั้น เมื่อพื้นที่ผิวบริเวณนั้นถูกใช้งานในตอนกลางวัน อิทธิพลของต้นไม้จะมีส่วนช่วยในเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนออกมาจากผนังสู่อาคารที่ไหลผ่านอาคารได้ดีขึ้น



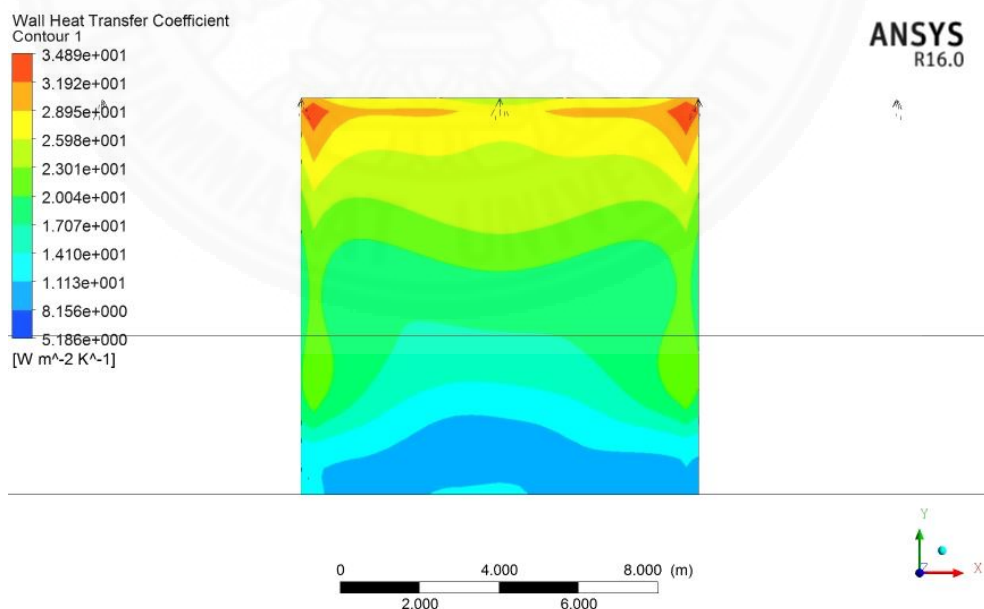
ภาพที่ 5.5 การกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีระยะห่างต้นไม้จากอาคาร 6 เมตร.

2. ถ้าการปลูกต้นไม้จำเป็นจะต้องมีระยะที่ห่างจากอาคารเกิน 6 เมตร ปัจจัยของรูปแบบการวางต้นไม้ในรูปแบบสลักกันสองแถวจะเป็นปัจจัยที่สามารถมีอิทธิพลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้นได้ โดยการวางต้นไม้แบบสลักกันสองแถวจะสามารถเพิ่มการบีบของอากาศเพื่อให้อากาศที่ไหลผ่านต้นไม้มีความเร็วที่สูงขึ้นจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารนั้นสูงขึ้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการวางต้นไม้แบบเรียงเป็นแถวเดียวดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 เปรียบเทียบการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร (ก) เรียงแถวเดียว (ข) สลักกันสองแถว ในความเร็วลมที่ 4 m/s.

3. รูปแบบการวางต้นไม้อาจส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารเพิ่มขึ้นจริง แต่เมื่อวิเคราะห์จากภาพการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารดังภาพที่ 5.6 พบว่าปัจจัยของการวางต้นไม้รูปทรงกลม ในรูปแบบการวางแบบสองแถวสลับกันยังมีการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ไม่ทั่วถึงซึ่งยังมีตำแหน่งที่มีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนน้อยอยู่จึงมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ในการจัดสรรพื้นที่ใช้งานอาคาร เนื่องจากการกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนส่วนใหญ่อยู่ที่ขอบอาคารด้านบน แตกต่างไปจากปัจจัยของรูปทรงของต้นไม้ที่วางสลับกันสองแถวซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีความกระจายอย่างทั่วถึงพื้นผิวอาคารทำให้มีความหลากหลายและยืดหยุ่นในการจัดสรรพื้นที่ใช้งานอาคาร โดยสามารถออกแบบตำแหน่งห้องหรือพื้นที่ ที่มีการใช้งานเวลากลางวันได้ทั่วพื้นที่ของผิวอาคารในด้านที่ลมปะทะ ซึ่งเวลากลางวันจะส่งผลให้อุณหภูมิที่พื้นผิวอาคารมีความแตกต่างสูงกับอุณหภูมิอากาศ ซึ่งจะยิ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มสูงมากขึ้น ซึ่งรูปทรงที่ส่งผลให้เกิดค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนดังกล่าวคือ รูปทรงปิรามิด ซึ่งส่งผลให้ค่ากระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมีความสม่ำเสมอกันตลอดแนวปะทะลมของอาคาร ดังภาพที่ 5.7 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ ทรงกลมที่วางสลับกันสองแถวในความเร็วลมที่ 4 m/s จะเห็นได้ชัดว่าเมื่อมีความเร็วลมเท่ากันจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมากขึ้นเนื่องจาก รูปทรงปิรามิดจะทำให้เกิดการบีบลมในส่วนล่างของพุ่มใบ จึงทำให้มีลมปะทะเข้าสู่อาคารแรงจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นมีค่าที่สูงขึ้นในส่วนด้านล่างของอาคาร



ภาพที่ 5.7 การกระจายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร ต้นไม้ทรงปิรามิดและวางสลับกันสองแถว.

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. งานวิจัยชิ้นที่เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงบริบทจริงโดยรอบของอาคาร ตัวอย่างเช่น อาคารข้างเคียง หรือ สิ่งกีดขวางที่อาจจะทำให้การไหลของอากาศเปลี่ยนไป อาจมีการคำนึงถึงบริบทจริงข้างเคียงเพื่อความสมจริงในการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร

2. ในการจำลองงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ขนาดของอาคารในงานวิจัยก่อนหน้าในการจำลอง ซึ่งในอนาคตอาจมีการปรับเปลี่ยนขนาดและรูปแบบของอาคาร เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นและใกล้เคียงกับรูปแบบของอาคารจริง

3. อิทธิพลของต้นไม้ในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้เฉพาะสิ่งที่พบเห็นทั่วไปในงานสถาปัตยกรรมเท่านั้น ดังนั้นในอนาคตอาจมีการเพิ่มปัจจัยเรื่องต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้เป็นสิ่งปลูกสร้างตามธรรมชาติ จึงไม่มีรูปแบบที่ตายตัว เพื่อทำให้งานวิจัยเรื่องอิทธิพลของต้นไม้ต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารนั้นใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

4. งานวิจัยชิ้นนี้ คำนึงแต่ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแค่ด้านเดียวของผนังอาคาร คือด้านที่ลมปะทะ ซึ่งมีผลกระทบจากต้นไม้โดยตรง ดังนั้นในอนาคตอาจมีการคำนึงถึงผนังด้านอื่นของอาคารเพื่อสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารในทุกด้านไปคำนวณค่าภาระการทำความเย็นได้

5. การวัดผลค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคารในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้การวัดแค่เส้นตรงแนวนอนบริเวณกึ่งกลางตามแนวยาวของอาคาร ดังนั้นอาจทำการแบ่งผิวอาคารเป็นตาราง เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีความละเอียดมากขึ้นทำให้ได้ผลในการวิเคราะห์ที่แม่นยำมากขึ้น

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- สุดสวาท ศรีสถาปัตย์. (2545). *การออกแบบวัสดุพืชพันธ์และการประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพฯ: บริษัทด้านสถาปนากการพิมพ์
- เอี่ยมพร วิสมหมาย, และ ศศิยา ศิริพานิช, และ อติศรา มีนะกนิษฐ, และ ณิชฎฐ พิษกรรม. (2551). *พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด.
- Fuller Moore. (1993). *Environmental control systems: Heating cooling lighting*. United States of America: McGraw-Hill,Inc.

บทความวารสาร

- สุดาภรณ์ ฉิ่งลู่. (2555). การจำลองเชิงตัวเลขเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบบังคับ ภายใต้กระแสลมหมุนบนหลังคาอาคารเดี่ยวที่มีอุปกรณ์บังแดด. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2, 63-80*.
- B. Blocken. (2009) High-resolution CFD Simulations for forced convective heat transfer coefficients at the façade of a low-rise building. *Building and Environment, 44 (2009), 2396-2412*
- Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command. (1986). Design Manual 11.02. *Natural ventilative cooling of buildings, DM-11.02, 23-25*.
- H. Hemida. (2008) Local heat transfer enhancement around a matrix of wall-mounted cubes using passive flow control: Large-eddy simulations. *International Journal of Heat and Fluid Flow, 29 (2008), 1258-1267*
- H. Montazeri. (2015). CFD analysis of forced convective heat transfer coefficients at windward building facades: Influence of building geometry. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 145 (2015), 102-116*
- S. Amos-Abanyie, (2014). An Evaluation of the effects of external landscaping elements on indoor airflow rate and patterns using computational fluid dynamics. *European Scientific Journal, Edition volume.10, No.14, 286-299*

- T. Defraeye. (2011) Convective heat transfer coefficients for exterior building surfaces: Existing correlations and CFD modelling. *Energy Conversion and Management*, 52 (2011), 512-522
- Y. Cheng. (2003) A comparison of large Eddy simulations with a standard $k - \epsilon$ Reynolds- averaged Navier- Stokes model for the prediction of a fully developed turbulent flow over a matrix of cubes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91 (2003), 1301-1328

วิทยานิพนธ์

- ขวัญชัย กาแก้ว. (2548). *ประสิทธิผลขององค์ประกอบสภาพภูมิทัศน์ต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาสถาปัตยกรรม
- ซ์ชวินท์ ชินสรนันท์. (2557). *การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของความชื้นต่อสมรรถนะผนังปล่อยรังสีดวงอาทิตย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาสถาปัตยกรรม
- ฐิติพร นาคลดดา. (2550). *แนวทางการออกแบบการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในบ้านพักอาศัยด้วยองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาสถาปัตยกรรม
- วิชัย อธิธิวิศวกุล. (2539). *อิทธิพลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่มีผลต่ออุณหภูมิบริเวณอาคาร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาสถาปัตยกรรม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายณัช จรุงรักษา
วันเดือนปีเกิด	5 มีนาคม 2535
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2559: ทุนสนับสนุนงานวิจัย ประเภททุน วิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา กองทุน วิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ณัช จรุงรักษา. (กรกฎาคม 2559). *การศึกษาเชิงตัวเลขเพื่อทำนายอิทธิพลของการวางต้นไม้รอบอาคารต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวอาคาร*. งานการประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates ครั้งที่ 7 ประจำปี 2559 (BERAC 7, 2016), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.