การศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของอาคารต่อพฤติกรรมการไหลของกระแสลมธรรมชาติในอาคาร : กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ จังหวัดนครราชสีมา

The Study of Physical Elementary Building to Air Flow Patterns in Behavior Case Study the Non–Air Conditioning System Building of Nakhon Ratchasima

ศิริวรรณ โรโห[1] และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาคารเรียนที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศภายในห้องเรียน โดยการจำลองลักษณะของอาคารที่แตกต่างกันแบ่งเป็น 2 ตัวอย่าง ได้แก่อาคารที่ออกแบบตามข้อกำหนดของ มาตรฐานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน และอาคารตามแบบก่อสร้างของสำนักงาคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic: CFD) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในอาคารเรียน ผลจากการศึกษานี้นำไปสู่แนวทางการออกแนวทางในการออกแบบอาคารเรียน โดยอาศัยการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติอย่างเหมาะสม รวมทั้งยังใช้การวิเคราะห์โดยโปรแกรมการคาดการณ์โหวตเฉลี่ย (Predicted Mean Vote: PMV) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระแสลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ผลการศึกษาพบว่าทิศทางการวางตัวอาคารเป็นปัจจัยมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารมากที่สุด โดยกรณีอาคารที่วางแนวทำมุมตั้งฉากกับกระแสลม คือสามารถนำกระแสเข้ามาภายในอาคารได้ร้อยละ 49 ของความเร็วลมเฉลี่ยภายนอก ในส่วนของความสูงอาคารนั้น ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละชั้นของอาคารมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออาคารสูงขึ้น ดังนั้น อาคารที่มีความสูงมากกว่าจึงมีประสิทธิภาพในการนำลมธรรมชาติมาใช้ในการระบายอากาศได้ดีกว่าอาคารที่มีความสูงน้อย ซึ่งสัมพันธ์กันกับพื้นที่ปริมาณช่องเปิด โดยเมื่อปริมาณช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและปริมาณพื้นที่ที่เพียงพอก็จะส่งผลให้มีประสิทธิภาพการระบายอากาศดีขึ้นตามไปด้วย และจากการจำลองด้วยการวิเคราะห์โดยการคาดการณ์โหวตเฉลี่ย พบว่า ในช่วงเปิดภาคเรียนทั้ง ภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 นั้น พบว่าในช่วงบ่ายของวัน สามารถนำกระแสลมธรรมชาติมาใช้เพื่อที่จะทำให้เกิดความรู้สึกเสมือนหนึ่งว่าเย็นลงกว่าเดิมได้ประมาณ 2.48-2.97 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในขอบเขตสภาวะสบายทางด้านอุณหภาพ ส่วนในช่วงเช้าของทั้งสองฤดูกาลนั้น กระแสลมธรรมชาติช่วยทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงได้

---

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Email: Siriwan.roho@gmail.com

[2] รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ABSTRACT

This study aimed to investigate the physical characteristics of the building to influence the airflow inside the classroom. By simulating the look of the building is divided into two different sample buildings is designed according to the specifications: the standard environmental sanitation in schools and the construction of the building by the Office of Basic Education. The study is divided into two parts: the form of the provision of schools and creating scenarios (simulation) using Computational Fluid Dynamics (Computational Fluid Dynamic: CFD) to study the flow of natural ventilation in buildings. The results from this study led to the guidelines for the passive cooling design of school buildings. The analysis of Predicted Mean Vote (PMV) was used to assess the effectiveness of the winds that affect thermal comfort study found that the appearance of the buildings surrounding the project. The results showed, the building orientation was a major factor influencing the efficiency of ventilation in the building. On the building's orientation be vertical perpendicular to the wind's direction is able to flow into the building that has 49 percent of the outside. For the height of the building, the natural ventilation could be used effectively in the top floor of the building with the proper area and position of the windows. From the analysis by Predicted Mean Vote Method, the result showed, we can use the natural wind flow to decrease the human comfort sensation around 2.48-2.97 Celsius in the first term and second term especially in the afternoon. In the morning of these term, although the natural wind flow can decrease the human sensation

คำสำคัญ: ลักษณะทางกายภาพ, พฤติกรรมการไหล, อาคารเรียน
Keywords: Physical Character, Flow Behavior, School Building

บทนำ

การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ได้กำหนดโครงสร้างเวลาเรียนรวมในระดับประถมศึกษา ไม่น้อยกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี และในระดับมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 1,200 ชั่วโมงต่อปี ด้วยระยะเวลาดังกล่าว คุณภาพอากาศภายในอาคารเรียนมีผลโดยตรงกับการเรียนการสอน ในห้องเรียน ทั้งด้านสุขภาพอนามัยและด้านประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนดังนั้นการระบายอากาศที่ดีและเพียงพอของห้องเรียนจึงมีความจำเป็นในการส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ ให้เกิดความรู้สึกสบาย อีกทั้งเป็นตัวแปรสำคัญอย่างหนึ่งต่อสภาวะความสบายเชิงอุณหภาพ เพราะการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีผลต่อสุขภาพ ความสบายและคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้ใช้อาคาร งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของอาคารต่อพฤติกรรมการไหลของกระแสลมธรรมชาติในอาคาร ซึ่งทำการศึกษา 2 กลุ่ม คือ อาคารที่ออกแบบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน กระทรวงสาธารณสุข และกลุ่มอาคารตาม แบบก่อสร้างอาคารเรียน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) มาเป็นตัวแปรหลักในการทดสอบ เพราะเป็นกลุ่มรูปแบบอาคารที่เน้น การใช้งานของพื้นที่ อาคารกับลักษณะทางกายภาพการไหลของกระแสลมธรรมชาติเป็นหลัก เพื่อประเมินผลการไหลของกระแสลมที่เข้าสู่พื้นที่ภายในอาคารผ่านช่องเปิด ในแต่ละช่วง เวลา

โดยใช้การสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) ในการคำนวณปริมาณการไหลของกระแสลม ของลักษณะอาคารเรียน แบบไม่ปรับอากาศ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระแสลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายและเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการออกแบบอาคารเรียนให้สอดคล้องกับอิทธิพลของลักษณะทางกายภาพของอาคารกับการไหลของกระแสลมภายในอาคาร

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย

สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ ASHRAE ได้ให้คำจำกัดความว่า “Thermal Comfort is the condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment; it requires subjective evaluation. (ASHRAE Standard 55, 2013) กล่าวคือ สภาวะน่าสบายคือสภาวะทางจิตใจที่แสดงความพอใจในสภาพแวดล้อมที่ร้อนหนาวและการที่จะทราบถึงสภาพดังกล่าวได้ต้องอาศัยการวิจัยสำรวจประเมินผลความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง ส่วน Joseph Khedari et al.(2000) ได้สำรวจขอบเขตความสบายของคนไทยโดยทดสอบกับกลุ่มคนที่อยู่ในห้องและมีกิจกรรมเบาโดยใช้ความเร็วลมเข้ามาช่วยสร้างความสบายในสภาพอากาศของไทย เพื่อหาช่วงเวลาความน่าสบายของประชากรที่ทดสอบ พบว่า ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น คนจะรู้สึกสบายได้ก็ต่อเมื่อมีความเร็วลมที่สูงขึ้น โดยแผนภูมิความสบายของการถ่ายเทอากาศ มีขอบเขตบนของอุณหภูมิที่ 26.4-31.5 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 80 มีขอบเขตล่างที่ 29.5-36.5 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 50 มีอุณหภูมิกลางที่ 28.01 องศาเซลเซียส ในด้านความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะน่าสบายนั้น การระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งของสภาวะน่าสบายของมนุษย์เมื่อกระแสลมพัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงได้มากกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง เนื่องจากอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวหนังสูงขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงความเร็วลมและความรู้สึกในการรับรู้ถึงกระแสลม

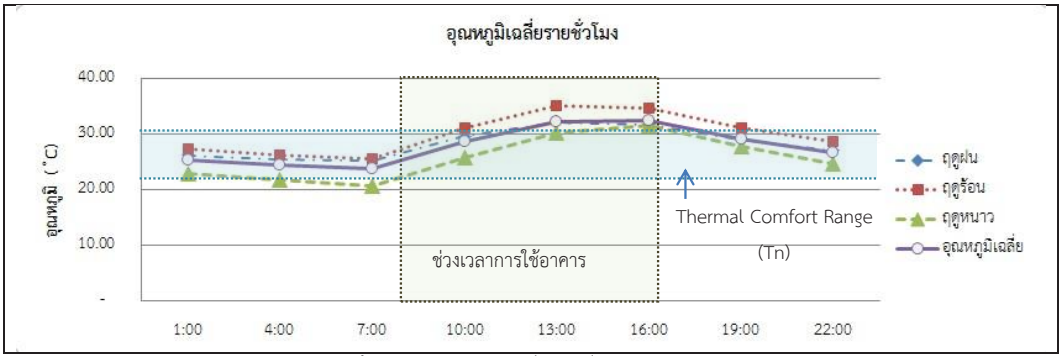
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	การรับรู้ของมนุษย์
0.00-0.25	ลมสงบ ไม่รับรู้ถึงการสัมผัสของลม
0.00-0.25	รู้สึกสบายแต่ไม่รับรู้ถึงการสัมผัสของลม
0.50-1.00	รู้สึกสบายและรับรู้ถึงการสัมผัสของลม
1.00-1.50	รู้สึกลมปะทะหน้าจนถึงรบกวนเล็กน้อย
มากกว่า 1.50	รบกวนการทำงาน

ที่มา: Olgyay, (1969)

ขั้นตอนการศึกษา

สภาพอากาศของจังหวัดนครราชสีมา

ข้อมูลสภาพอากาศในงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลของจังหวัดนครราชสีมา เป็นค่าทดลองในกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์สภาพอากาศของพื้นที่จากข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ย 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2559 โดยประกอบด้วยตัวแปร ได้แก่ 1) อุณหภูมิอากาศ Air temperature (องศาเซลเซียส) 2) ความชื้นสัมพัทธ์ Relative humidity (ร้อยละ) 3) ทิศทาง และ ความเร็วลม Wind (เมตรต่อวินาที)



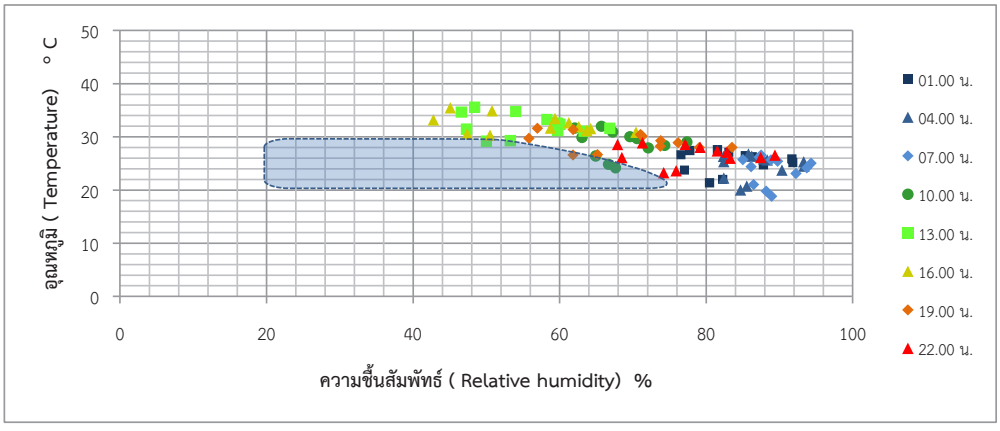
แผนภูมิที่ 1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง พ.ศ.2555-2559

จากแผนภูมิที่ 1 พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 28 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดคือ 13.00 น. โดยฤดูฝนมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 32 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 35 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 30 องศาเซลเซียส

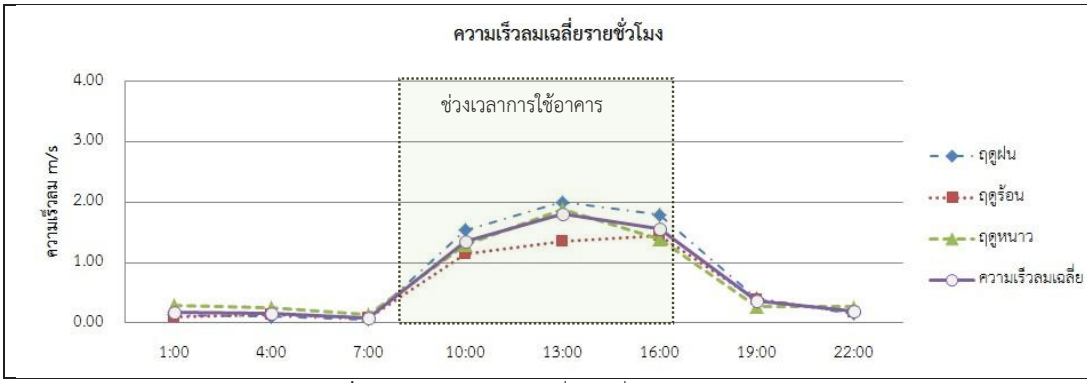
Auliciums (1981) ได้ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในอาคารสำนักงาน ที่พักอาศัย และใช้อุปกรณ์วัดสภาพอากาศเป็นจำนวนมาก พบว่าอุณหภูมิในร่มที่ทำให้รู้สึกสบาย (Neutral indoor temperature: Tn) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยรายเดือน (Mean monthly outdoor temperature: Tm) ดังสมการ **Tn** = 17.6 + 0.31 Tm

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลสภาพอากาศจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2555-2559 ช่วงเวลาการใช้อาคาร 08:00-16:00 น.

ช่วงฤดูกาล	ช่วงอุณหภูมิในร่มที่ทำให้รู้สึกสบาย, **Tn** (°c)		ความชื้น %	ความเร็วลม m/s
	08.00-12.00น.	13.00-16.00น.		
ฤดูฝน	24.23-28.23	25.71-29.71	80.9	1.20
ฤดูหนาว	22.75-26.75	24.85-28.85	79.1	1.11
ฤดูร้อน	23.84-27.84	26.26-30.26	74.8	0.86

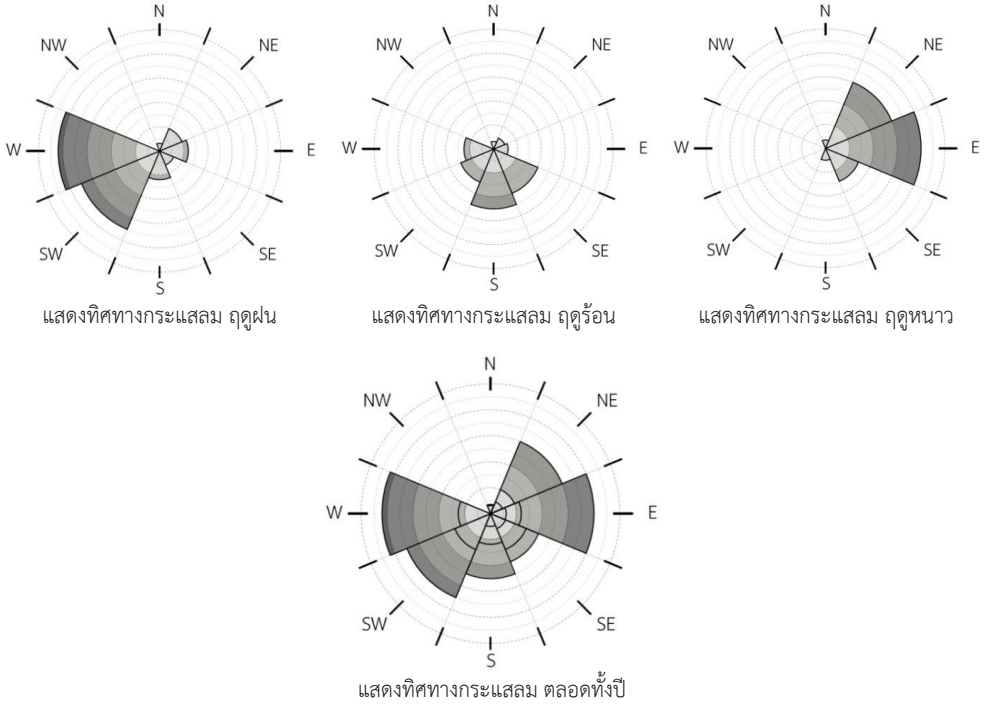


แผนภูมิที่ 2 ขอบเขตสภาวะน่าสบาย ของจังหวัดนครราชสีมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ย รอบ 5 ปี พ.ศ. 2555-2559



แผนภูมิที่ 3 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง พ.ศ.2555-2559

จากแผนภูมิที่ 3 พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 0.72 เมตรต่อวินาที และช่วงเวลาที่ความเร็วลมสูงที่สุดคือ 13.00 น. โดยฤดูฝนมีความเร็วลมสูงสุดคือ 2.00 เมตรต่อวินาที ฤดูร้อนมีความเร็วลมสูงสุดคือ 1.36 เมตรต่อวินาที และฤดูหนาวมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 1.89 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 1 แสดงทิศทางกระแสลม พ.ศ.2555-2559

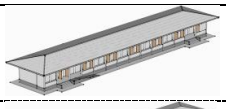
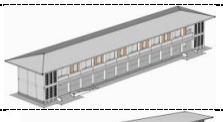
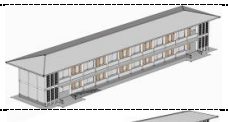
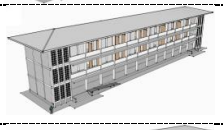
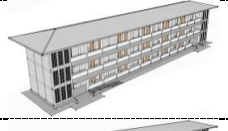
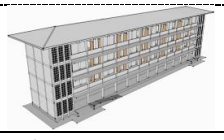
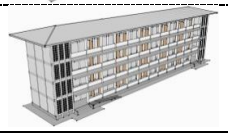
จากภาพที่ 1 พบว่าฤดูฝน ทิศทางลมเด่นคือ ทิศตะวันตก W ฤดูร้อน ทิศทางลมเด่นคือ ทิศใต้ S และฤดูหนาว ทิศทางลมเด่นคือ ทิศตะวันออก E

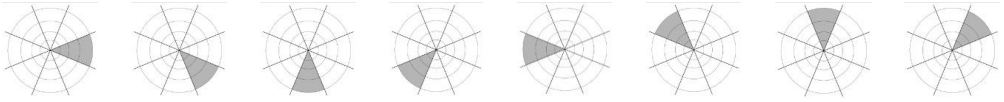
งานวิจัยนี้ศึกษากลุ่มตัวอย่างอาคาร 2 กลุ่มคือ อาคารที่ออกแบบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน กระทรวงสาธารณสุข (กลุ่มตัวอย่าง A) จำนวน 7 รูปแบบที่แตกต่างกันด้านความสูงและลักษณะชั้นล่างของอาคาร และ กลุ่มอาคารตาม แบบก่อสร้างอาคารเรียน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) (กลุ่มตัวอย่าง B) จำนวน 2 รูปแบบ ที่แตกต่างกันของลักษณะชั้นล่างของอาคาร

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบอาคาร ที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง

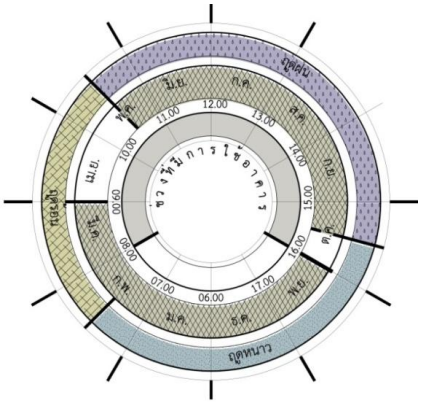
องค์ประกอบอาคาร	กลุ่มตัวอย่าง A							กลุ่มตัวอย่าง B	
	(A1)	(A2)	(A3)	(A4)	(A5)	(A6)	(A7)	(B1)	(B2)
ความสูงอาคาร (ชั้น)	1	2	2	3	3	4	4	2	2
ลักษณะพื้นชั้นล่าง	มีห้องเรียน	โล่ง	มีห้องเรียน	โล่ง	มีห้องเรียน	โล่ง	มีห้องเรียน	โล่ง	ห้องเรียน
พื้นที่อาคาร (ตร.ม.)	476	952	952	1,428	1,428	1,904	1,904	972	972
ขนาดห้องเรียน (ม.)	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 8.00	6.00 x 9.00	6.00 x 9.00
ขนาดตัวอาคาร (ม.)	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	8.50 x 56.00	9.00 x 54.00	9.00 x 54.00
จำนวนห้องเรียน (ห้อง)	7	6	12	12	18	18	24	6	12
ปริมาณช่องเปิด (%)	20	20	20	20	20	20	20	30	30
ความสูง เพดาน (ม.)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
ระยะยื่นชายคา (ม.)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.50

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะรูปแบบอาคาร ที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง

	อาคารที่ออกแบบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน กระทรวงสาธารณสุข (กลุ่มตัวอย่าง A)			
กลุ่มตัวอย่าง A	(A1) แบบอาคารชั้นเดียว			
	(A2) แบบอาคาร 2 ชั้น (ชั้นล่างเป็นโถงโล่ง)		(A3) แบบอาคาร 2 ชั้น	
	(A4) แบบอาคาร 3 ชั้น (ชั้นล่างเป็นโถงโล่ง)		(A5) แบบอาคาร 3 ชั้น	
	(A6) แบบอาคาร 4 ชั้น (ชั้นล่างเป็นโถงโล่ง)		(A7) แบบอาคาร 4 ชั้น	
	อาคารตาม แบบก่อสร้างอาคารเรียน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) (กลุ่มตัวอย่าง B)			
กลุ่มตัวอย่าง B	(B1) แบบอาคาร 2 ชั้น (ชั้นล่างเป็นโถงโล่ง)		(B2) แบบอาคาร 2 ชั้น	



ภาพที่ 2 แสดงทิศทางลมที่ใช้ในการทดลอง

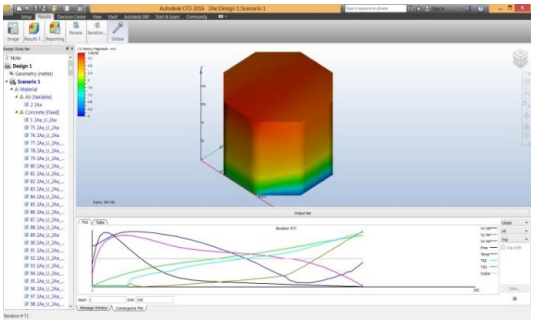


ช่วงเวลาการใช้อาคาร ตั้งแต่ 08.00-16.00 น.
ช่วงการเปิด-ปิดภาคเรียน
ภาคเรียนที่ 1
ตั้งแต่วันที่ 16 พฤษภาคม-11 ตุลาคม
ภาคเรียนที่ 2
ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน-1 เมษายน
ฤดูกาล
ฤดูฝน : กลางเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนตุลาคม
ฤดูหนาว : กลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์
ฤดูร้อน : กลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม

ภาพที่ 3 แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง

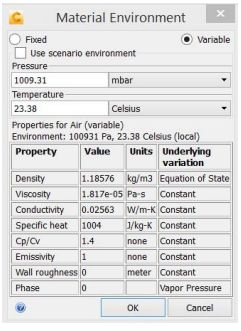
เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีการจำลองสภาพโดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic : CFD) โดยใช้โปรแกรม Autodesk CFD 2016 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในอาคารเรียน ผลจากการศึกษานี้นำไปสู่แนวทางการออกแนวทางในการออกแบบอาคารเรียน โดยอาศัยการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติอย่างเหมาะสม



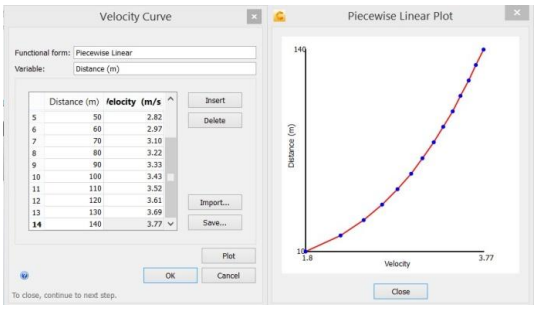
ภาพที่ 4 การตั้งค่า Calculation Domain การทดสอบในโปรแกรม Autodesk CFD 2016

จากสมการ D = 1/3 (X+Y+Z)
ขนาดตัวอาคาร = ก 8.50 x ย 56.00 x ส 16.90 เมตร
D = 1/3 (8.50+56.00+16.90)
ขนาดของ Domain กว้าง x ยาว = 7D สูง = 5D



ภาพที่ 5 การตั้งค่าสภาพแวดล้อม Calculation Domain โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2555-2559

ความกดอากาศ = 1009.31 มิลลิบาร์
อุณหภูมิ 07.00-10.00 น. = 23.38 เซลเซียส
10.00-13.00 น. = 28.75 เซลเซียส
13.00-16.00 น. = 32.32 เซลเซียส



ภาพที่ 6 ความเร็วลมของสภาพแวดล้อม ณ ระดับความสูงต่างๆ ในการจำลอง

การคำนวณความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ
จากสมการของ Davenport (1982)

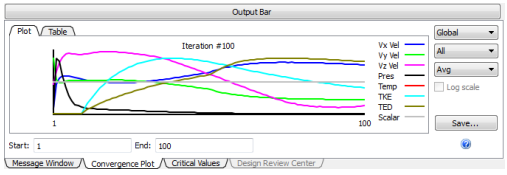
เมื่อ V_z = ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงที่ต้องการ (เมตรต่อวินาที)

V_g = ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิง (เมตรต่อวินาที) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.09 , 1.36 , และ 1.80 m / s

Z = ระดับความสูงที่ต้องการ (เมตร)

Z_g = ระดับความสูงอ้างอิง (เมตร) ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 10 เมตร

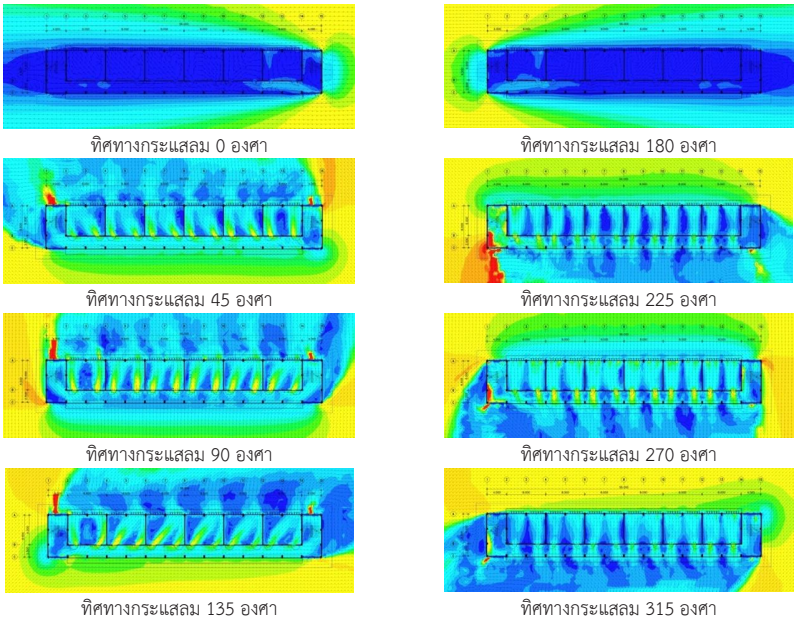
α_g = ดัชนีความเสียดทานผิว ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.28 ซึ่งเป็นค่าสำหรับเมืองเล็กๆ



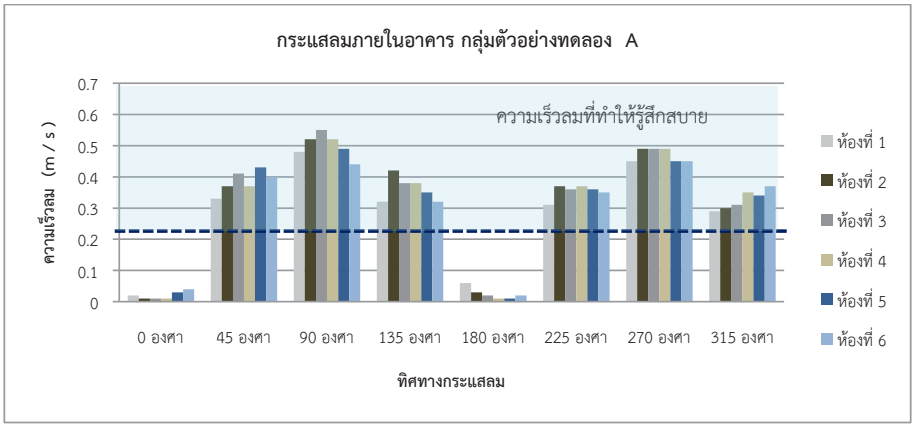
ภาพที่ 7 แสดงสถานการณ์จำลองสภาพในโปรแกรม ในโปรแกรม Autodesk CFD 2016 ทำการทดสอบ โดยกำหนดค่า Iteration เท่ากับ 100

ผลการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมการไหลของกระแสลมภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic: CFD) โดยใช้โปรแกรม Autodesk CFD 2016 ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 3 ดังต่อไปนี้

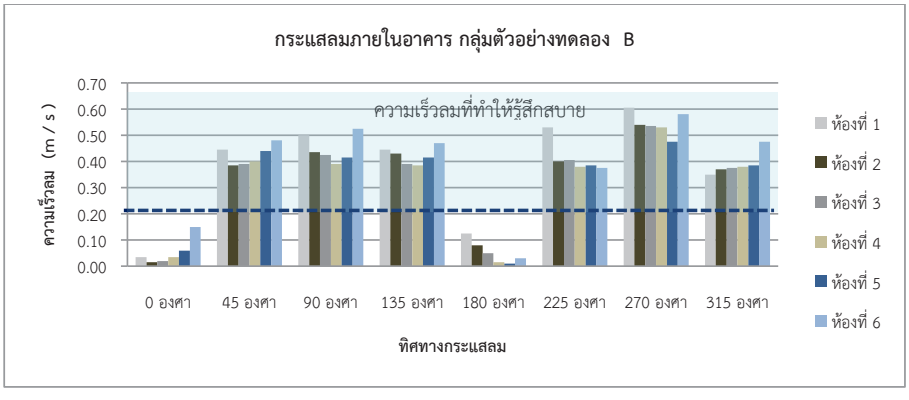


ภาพที่ 8 แสดงพฤติกรรมการไหลของกระแสลมภายในห้องเรียนที่เกิดจากมุมกระทำที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่าง A



แผนภูมิที่ 4 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารกลุ่มตัวอย่างทดลอง A เมื่อทิศทางลมทำมุม 8 ทิศทางต่ออาคาร

จากแผนภูมิที่ 4 พบว่า กระแสลมที่ทำมุมกับตัวอาคาร ทิศทาง 0 และ 180 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0.03 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 45 และ 135 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.37 และ 0.36 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 90 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.47 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 225 และ 315 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.33 เมตรต่อวินาที และทิศทาง 270 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.42 เมตรต่อวินาที



แผนภูมิที่ 5 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยภายในอาคารกลุ่มตัวอย่างทดลอง B เมื่อทิศทางลมทำมุม 8 ทิศทางต่ออาคาร

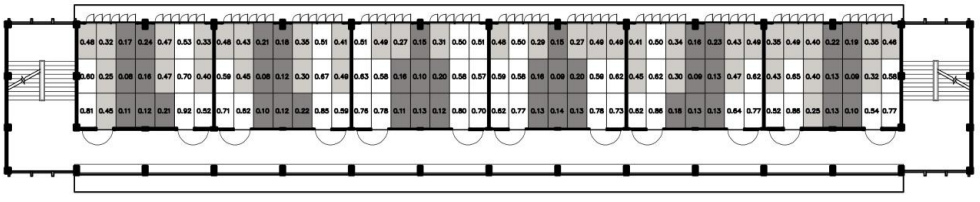
จากแผนภูมิที่ 5 พบว่า กระแสลมที่ทำมุมกับตัวอาคาร ทิศทาง 0 และ 180 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0.06 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 45 และ 135 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.43 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 90 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.44 เมตรต่อวินาที ทิศทาง 225 และ 315 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยคือ 0.39 และ 0.42 เมตรต่อวินาที และทิศทาง 270 องศา มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.55 เมตรต่อวินาที

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศ จากค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในอาคารทั้ง 2 ลักษณะ เมื่อทิศทางของกระแสลมทำมุมกับตัวอาคารทั้ง 8 ทิศทางหลัก พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในอาคารที่สูงที่สุด สำหรับกลุ่มตัวอย่างทดลอง A คือ ทิศทางลม 90 องศา และ สำหรับ กลุ่มตัวอย่างทดลอง B มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในอาคารที่สูงที่สุดในทิศทางลม 270 องศา ผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของประสิทธิภาพการระบายอากาศ เมื่อสำรวจข้อมูลลักษณะอาคาร พบว่า พื้นที่หน้าตัดของทางลมเข้า (Inlet) และ พื้นที่หน้าตัดของทางลมออก

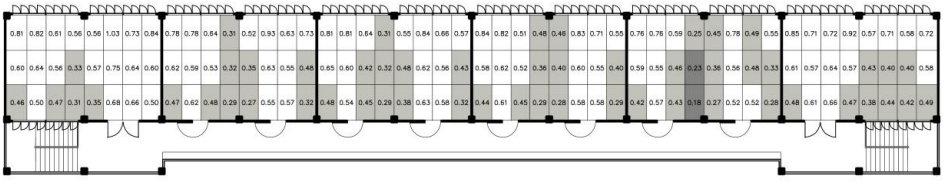
(Outlet) มีความสัมพันธ์กับกระแสลมภายในอาคาร จึงสรุปได้ว่า อาคารที่มีพื้นที่หน้าตัดของทางลมเข้า (Inlet) น้อยกว่าพื้นที่หน้าตัดของทางลมออก (Outlet) มีผลให้ค่าความเร็วลมภายในอาคารมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอาคารที่มีพื้นที่หน้าตัดของทางลมเข้า (Inlet) มากกว่าพื้นที่หน้าตัดของทางลมออก (Outlet) แต่อาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดที่ทางลมเข้า (Inlet) มากกว่าทางลมออก (Outlet) จะมีผลการไหลเวียนของอากาศได้ดีกว่า โดยความเร็วลมจะลดลงบริเวณทางลมออก

ตารางที่ 5 แสดงพื้นที่หน้าตัดของช่องเปิด ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง

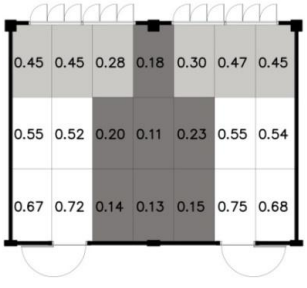
	กลุ่มตัวอย่างทดลอง A		กลุ่มตัวอย่างทดลอง B	
90 องศา	(Inlet)	4 ตร.ม.	(Inlet)	9 ตร.ม.
	(Outlet)	6 ตร.ม.	(Outlet)	8 ตร.ม.
270 องศา	(Inlet)	6 ตร.ม.	(Inlet)	8 ตร.ม.
	(Outlet)	4 ตร.ม.	(Outlet)	9 ตร.ม.



ภาพที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วลมของชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่างทดลอง A

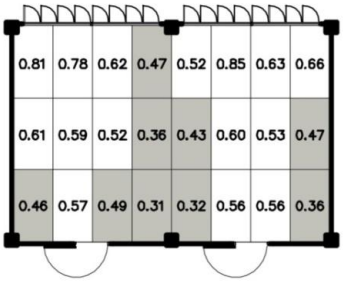


ภาพที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วลมของชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่างทดลอง B



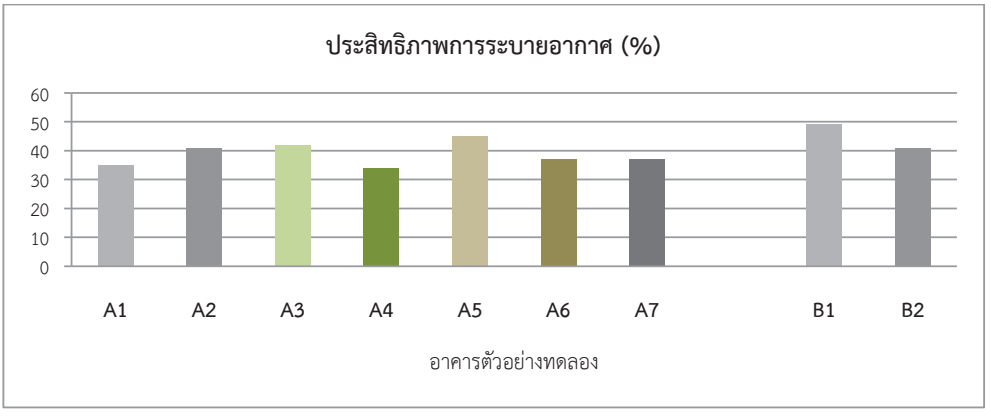
ภาพที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในห้องเรียน กลุ่มตัวอย่างทดลอง A

ประสิทธิภาพการระบายอากาศเท่ากับ ร้อยละ 39 ของความเร็วลมภายนอก



ภาพที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในห้องเรียน กลุ่มตัวอย่างทดลอง B

ประสิทธิภาพการระบายอากาศเท่ากับ ร้อยละ 45 ของความเร็วลมภายนอก



แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของอาคารที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ

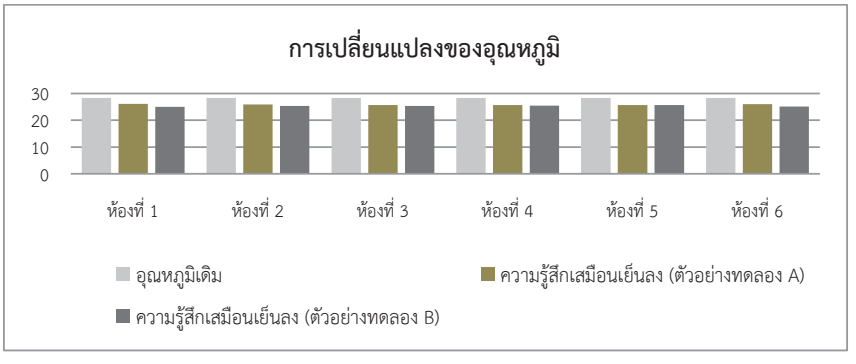
จากแผนภูมิที่ 6 พบว่า อาคารทดลอง A5 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศสูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง A คิดเป็นร้อยละ 45 ของความเร็วลมภายนอก และ อาคารทดลอง B1 มีประสิทธิภาพการระบายอากาศสูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง B คิดเป็นร้อยละ 49 ของความเร็วลมภายนอก

ความเร็วลม (Wind Speed) ที่ต้องการเพื่อทำให้เกิดสภาวะน่าสบายนั้นอยู่ระหว่าง 0.25-1.00 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ Szokolay (2004) ได้ทำนายความรู้สึกเย็นที่เกิดขึ้นจากความเร็วลมระดับต่างๆ ด้วยวิธีการคำนวณผลของความเย็นที่เกิดขึ้นจากความเร็วลมโดยความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0-3 m/s หากความเร็วลมที่มากกว่า 3 m/s จะเป็นการรบกวนการทำงานของคนได้ โดยสมการมีดังนี้

$$DT = 6v\text{-}v^2 \text{ , } 0 < v < 3 \text{ m/s}$$

เมื่อ DT = ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

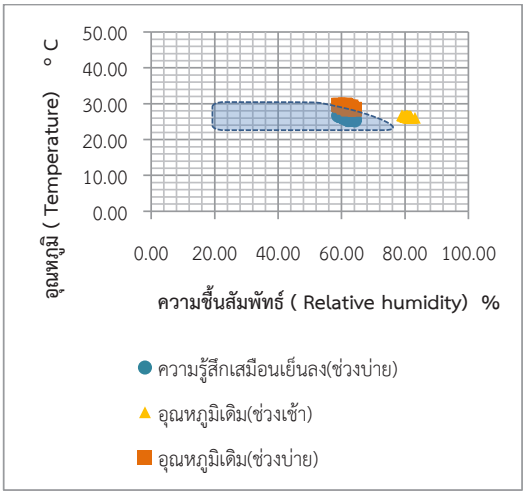
v = ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)



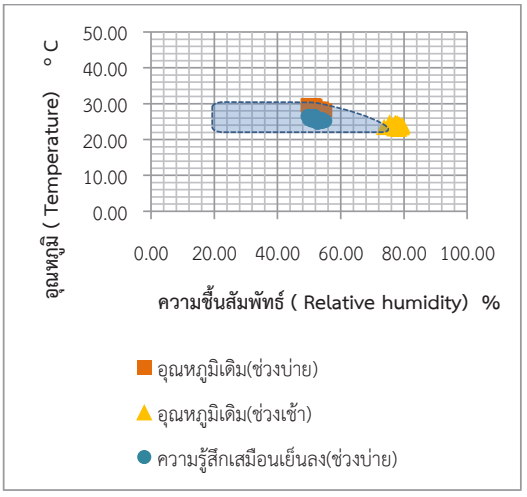
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยคำนวณจากสมการ $DT = 6v\text{-}v^2$

จากแผนภูมิที่ 7 พบว่า กลุ่มตัวอย่างทดลอง A มีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เฉลี่ย 2.48 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเสมือนเย็นลงจากความเร็วลม คิดเป็นร้อยละ 8.77 จากอุณหภูมิเดิม และกลุ่มตัวอย่างทดลอง B มีค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เฉลี่ย 2.97 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเสมือนเย็นลงจากความเร็วลม ร้อยละ 10.51 จากอุณหภูมิเดิม

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย



แผนภูมิที่ 8 แสดงการจำลองความรู้สึกเสมือนเย็นลงเนื่องจากอิทธิพลของความเร็วลม ช่วงภาคเรียนที่ 1



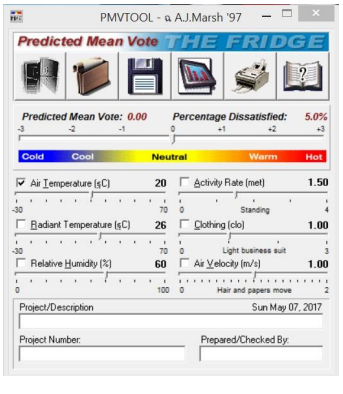
แผนภูมิที่ 9 แสดงการจำลองความรู้สึกเสมือนเย็นลงเนื่องจากอิทธิพลของความเร็วลม ช่วงภาคเรียนที่ 2

จากแผนภูมิที่ 8 และ 9 พบว่าในช่วงภาคการเรียนที่ 1 พบว่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เดิมทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย อยู่นอกเขตสภาวะน่าสบายทั้งหมด ทั้งนี้เมื่อมีการใช้ความเร็วลมเข้ามาช่วยสร้างความสบายในสภาพอากาศ พบว่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงจากความเร็วลม ส่งผลให้เกิดสภาวะน่าสบายได้ในช่วงบ่าย คิดเป็นร้อยละ 50 ของเวลาที่มีการเรียนการสอนในแต่ละวัน และในช่วงภาคการเรียนที่ 2 พบว่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เดิมช่วงบ่าย อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายบางส่วนและเมื่อมีการใช้ความเร็วลมเข้ามาช่วยสร้างความสบายในสภาพอากาศ ส่งผลให้เกิดสภาวะน่าสบายในช่วงบ่าย ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนในช่วงเช้าแม้ว่าอุณหภูมิอากาศจะไม่สูงนัก แต่เนื่องจากมีความชื้นสัมพันธ์ค่อนข้างมากอีกทั้งจากข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดนครราชสีมาที่ตรวจพบกระแสลมในช่วงเช้ามีค่อนข้างน้อย จึงทำให้ไม่สามารถสร้างสภาวะน่าสบายจากการระบายโดยวิธีธรรมชาติได้

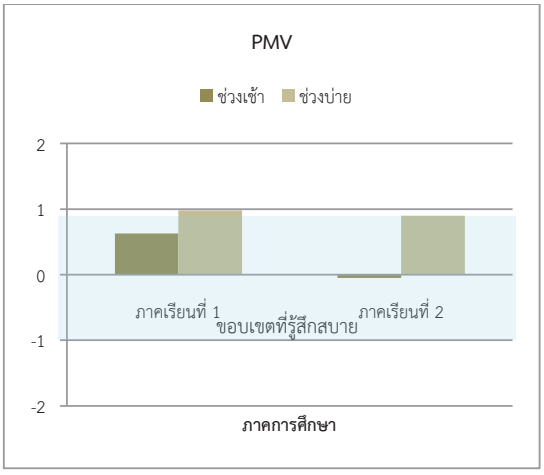
การคาดคะเนสภาวะน่าสบาย

การศึกษาและคาดคะเนสภาวะน่าสบายภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ค่าดัชนีคาดการณ์โหวตเฉลี่ย Predicted Mean Vote (PMV) ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ โดยปัจจัยที่ต้องพิจารณามี 6 ตัวแปร แบ่งเป็นตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม 4 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส), อุณหภูมิการแผ่รังสี (องศาเซลเซียส), ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) และความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

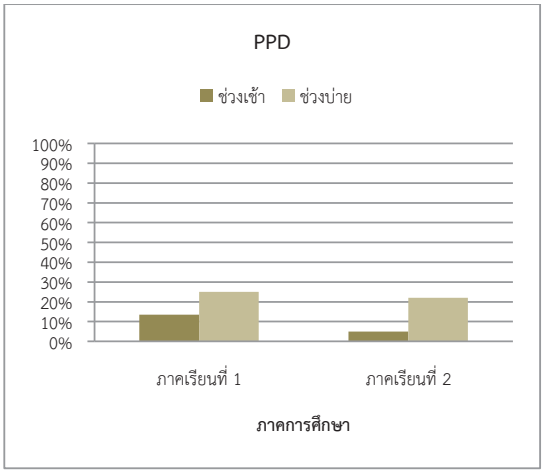
ตัวแปรทางด้านบุคคล 2 ตัวแปร ได้แก่ ลักษณะกิจกรรม (Met) และลักษณะของเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo)



ภาพที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ ด้วย Predicted Mean Vote (PMV)



แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าระดับของ PMV



แผนภูมิที่ 11 แสดงค่า Percentage of People to Dissatisfy : PPD

จากแผนภูมิที่ 10 และ 11 พบว่า การประเมินสภาวะน่าสบายภายในอาคาร โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีคาดการณ์โหวตเฉลี่ย Predicted Mean Vote (PMV) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระแสลมที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย พบว่าในภาคการเรียนที่ 1 และภาคการเรียนที่ 2 ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายของการเรียนการสอน มีค่าดัชนีคาดการณ์โหวตเฉลี่ย (PMV) อยู่ในขอบเขตสภาวะน่าสบายทั้งหมด โดยในภาคเรียนที่ 1 มีค่าดัชนีคาดการณ์โหวตเฉลี่ยที่ 0.63 และ 0.98 และภาคเรียนที่ 2 มีค่าดัชนีคาดการณ์โหวตเฉลี่ยที่ -0.05 และ 0.90 ที่แม้จะมีผลไปทางร้อนแต่ยังอยู่ในสภาวะที่ยอมรับได้

ส่วนค่าดัชนีคาดการณ์ร้อยละความรู้สึกไม่พอใจ (PPD) ในภาคเรียนที่ 1 มีค่า PPD ที่ร้อยละ 13.5 และ 25.2 ของช่วงเช้าและช่วงบ่าย ส่วนในภาคเรียนที่ 2 ช่วงเช้ามีค่า PPD ที่ร้อยละ 5 และช่วงบ่ายมีค่า PPD ที่ร้อยละ 22 ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติที่ยอมรับได้

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศในอาคารเรียนนั้น พบว่าลักษณะอาคาร สภาพแวดล้อมของที่ตั้งโครงการ และปริมาณพื้นช่องเปิด รวมทั้งลักษณะห้องเรียน ควรมีความสัมพันธ์กับทิศทางลม สามารถสรุปแนวทางการออกแบบที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้ดังนี้

1. ลักษณะการวางตัวอาคารที่สัมพันธ์กับทิศทางลม โดยวางตัวอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลมจะทำให้กระแสลมสามารถพัดผ่านเข้าสู่อาคารได้เต็มที่ ทั้งนี้ทิศทางของกระแสลมประจำถิ่นของจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่คือทิศตะวันตก ทิศตะวันออกและทิศใต้

2. พื้นที่ช่องเปิด ขนาดของช่องเปิดมีผลต่อการควบคุมความเร็วและแรงของกระแสลมได้ พื้นที่ช่องเปิดทางลมเข้า ที่น้อยกว่าพื้นที่ช่องเปิดทางลมออก จะมีผลให้กระแสลมภายในอาคารมีคามเร็วและแรงกว่าพื้นที่ช่องเปิดทางลมออกที่น้อยกว่าพื้นที่ช่องเปิดทางลมเข้า แต่อาคารที่มีพื้นที่ช่องเปิดที่ทางลมเข้ามากกว่าทางลมออก จะมีผลการไหลเวียนของอากาศได้ดีกว่า โดยความเร็วลมจะลดลงบริเวณทางลมออก

3. ความสูงของอาคาร และลักษณะชั้นล่างของอาคารทั้งแบบที่เป็นโถงโล่งและแบบที่กั้นห้องตลอดทั้งชั้น โดยอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไปมีประสิทธิภาพที่ดีในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติมากกว่าอาคารชั้นเดียว และลักษณะชั้นล่างของอาคารทั้งแบบที่เป็นโถงโล่งและแบบที่กั้นห้องตลอดทั้งชั้น จะมีค่าเฉลี่ยความเร็วลมภายในที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนสำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป โดยอาคารที่กั้นห้องตลอดทั้งชั้นมีประสิทธิภาพการระบายอากาศโยวิธีธรรมชาติที่ดีกว่าอาคารที่ชั้นล่างเป็นโถงโล่ง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ กรมสามัญศึกษา. (2522). **เกณฑ์มาตรฐานโรงเรียนประถมศึกษา พ.ศ. 2522.** สามเจริญการพิมพ์.

มาลินี ศรีสุวรรณ. (2543).**การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย.**บริษัท เจ ปริ้นท์. กทม.

ธน สุปัด. **การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศในอาคารพักอาศัยรวมประเภททางเดินกลาง.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2560

อุดมศักดิ์ สุลักษณานนท์. **แนวทางการออกแบบโรงเรียนอนุบาลขนาดเล็กโดยใช้การระบายอากาศวิธีธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ , 2550

America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. **ASHRAE Handbook Fundamental,** I-P Edition. Atlanta Geogia, 2013

Auiciems, A. **Towards a Psycho Physiological Model of Thermal Perception**, International of Biometeorology, Vol. 25, 1981, pp. 109-122.

Devenport, A.G. & Hui, H.Y.L. **External and internal wind pressures on cladding of buildings. Report of The Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory**. BLWT-820133. University of Western Ontario, London, Ontario, Cannada. 1982

Fanger, P.O. 1970.**Thermal Comfort**. United States :McDraw-Hill Book Company, 1972

Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. **Thailand Ventilation Comfort chart. Energy and Buildings**, 2000

Olgyay, V. **Design with Climate.** Princeton,New jersey : Princeton University Press, 1969.

Szokolay, S.V, Introduction to architectural science : The basis of sustainable design. Oxford : Architectural Press, 2004

กระทรวงสาธารณสุข. (วันที่ 19 เมษายน 2558) .มาตรฐานสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน สืบค้นจาก http://www.slideshare.net/dbeat_13/ss-47177596