

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฉ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	5
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 คุณภาพอากาศภายในอาคาร	6
2.1 มลภาวะอากาศ	6
2.2 สิ่งเจือปนภายในอาคาร	7
2.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่น ๆ	7
2.2.2 ไรระเหยสารประกอบอินทรีย์	9
2.2.3 อนุภาค	10
2.3 วิธีการควบคุมสิ่งเจือปนภายในอาคาร	14
2.3.1 กำจัดหรือปรับปรุงแหล่งกำเนิด	14
2.3.2 ใช้อากาศจากภายนอกเข้ามาเจือจาง	14
2.3.3 การกระจายอากาศ	14
2.3.4 การฟอกอากาศ	15
2.4 ชนิดของการระบายอากาศ	15
2.4.1 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 การระบายอากาศโดยอาศัยเครื่องมือกล	17
2.5 หลักการและทฤษฎีของการคำนวณเชิงตัวเลขของพลศาสตร์ของไหล	19
2.5.1 สมการอนุพันธ์มวลหรือสมการความต่อเนื่อง	19
2.5.2 สมการอนุพันธ์โมเมนตัม	20
2.5.3 สมการอนุพันธ์พลังงาน	21
2.5.4 แบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล	21
2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคาร	26
2.6.1 ความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคาร เนื่องมาจากการแทรกซึมเข้ามาจากภายนอกอาคาร	26
2.6.2 ความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารที่มี แหล่งกำเนิดภายในอาคาร	27
2.7 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ	28
บทที่ 3 การทดลอง	31
3.1 อุปกรณ์การทดลองและการติดตั้ง	31
3.2 สภาพและขั้นตอนการทดลองหาความเข้มข้นของอนุภาค	34
3.3 การกระจายตัวของความเร็วของของไหลภายในและภายนอกอาคาร	37
3.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้น ของอนุภาคภายในอาคาร	42
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล	43
4.1 ผลและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ อนุภาคภายในและภายนอกอาคาร	43
4.2 ผลและการวิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของอนุภาค ภายในอาคารที่ได้จากการสู่มั่วอย่างกับค่าที่ได้จาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	48
4.3 ผลและการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความเข้มข้นของ อนุภาคภายในต่อภายนอกอาคาร	53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลและการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความเข้มข้นของอนุภาค ภายในอาคารในช่วง วันทำงาน กับ วันหยุดสุดสัปดาห์	56
4.5 ผลและการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของของไหลภายในอาคาร	59
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	63
5.1 สรุปผลการวิจัย	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การสุ่มตัวอย่างความเข้มข้นของอนุภาคทั้งภายใน และภายนอกอาคาร	69
ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการวัดค่าความเร็วลมภายในและภายนอกอาคาร	102
ภาคผนวก ค รายละเอียดผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน และภายนอกอาคาร	111
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคจาก แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	127
ภาคผนวก จ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	131
ภาคผนวก ฉ การเปรียบเทียบค่า ความเข้มข้นภายในอาคารของอนุภาค ที่ได้จากการคำนวณกับการเก็บข้อมูล	157

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ช่วงขนาดของอนุภาค	11
3.1 ขนาดและจำนวนของช่องเปิดภายในห้องเรียนที่ทำการศึกษา	38
4.1 ความเข้มข้นภายนอกอาคาร (วันทำงาน)	45
4.2 ความเข้มข้นภายในอาคาร (วันทำงาน)	46
4.3 ความเข้มข้นภายนอกอาคาร (วันหยุดสุดสัปดาห์)	46
4.4 ความเข้มข้นภายในอาคาร (วันหยุดสุดสัปดาห์)	46
4.5 แสดงค่าอัตราการตกตะกอน และการฟุ้งกระจายของอนุภาค	49
4.6 อัตราส่วนความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ภายในต่อภายนอกอาคาร (วันทำงาน)	54
4.7 ความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (วันหยุดสุดสัปดาห์)	54
4.8 เปรียบเทียบอัตราส่วนภายในต่อภายนอกอาคารในช่วงกลางวันและกลางคืน	54
ก-1 ความเข้มข้นของอนุภาคภายในและภายนอกอาคาร	66
ข-1 ความเร็วลม	99
ค-1 ผลการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกอาคาร	108
จ-1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคในและภายนอกอาคารในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์	129
จ-2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคในและภายนอกอาคารในช่วงวันทำงาน	131
จ-3 ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารกับความเร็วลมในช่วง วันหยุดสุดสัปดาห์	133
จ-4 ผลการทดสอบทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารกับความเร็วลมในช่วง วันทำงาน	135
ฉ-1 เปรียบเทียบค่า ความเข้มข้นภายในอาคารของอนุภาคที่ได้จากการคำนวณกับการเก็บข้อมูล	137

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคและความถี่ที่หายใจ (rpm) กับอัตราส่วนและตำแหน่งที่จับอนุภาค	13
2.2 การกระจายอากาศ	15
2.3 กระแสอากาศไหลขึ้นด้านบนด้วยผลของแรงลอยตัวในอาคารสูง	17
2.4 ระบอบการเคลื่อนที่ของอากาศโดยอาศัยเครื่องมือกล	18
2.5 ชุดพัฒนาคัดแยกและแยกกันต่างหากสองชุด	19
2.6 ปริมาตรควบคุมที่ผนัง	23
2.7 การกระจายตัวของความเร็วที่ผนัง	24
2.8 ลักษณะของผนังเคลื่อนที่	25
2.9 ลักษณะช่องการไหล	26
2.12(a) ลักษณะช่องการไหลที่สมมาตร	26
2.12(b) รูปที่ใช้เงื่อนไขปริมาตรแล้ว	26
3.1 เครื่องนับจำนวนอนุภาค	31
3.2 หลักการทำงานของวิธี Optical Particle Counter (OPC)	32
3.3 เครื่องวัดความเร็วลม	32
3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์	33
3.5 ตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูล	34
3.6 ที่ตั้งของโรงเรียนวัดศรีดอนชัย	35
3.7 ลักษณะห้องเรียนที่ทำการเก็บข้อมูล	35
3.8 ลักษณะการสุ่มตัวอย่างอนุภาค	36
3.9 ลักษณะแวดล้อมบริเวณโรงเรียนที่ทำการศึกษา	37
3.9 (ก) บริเวณหลังอาคารเรียน	37
3.9 (ข) บริเวณหน้าอาคารเรียน	37
3.10 อุปกรณ์วัดทิศทางลม	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.11 ลักษณะของอาคารเรียนที่ทำการศึกษา	39
3.11(ก) ลักษณะหน้าอาคารเรียน	39
3.11(ข) ลักษณะหลังอาคารเรียน	39
3.12 การสร้างเซลล์ในแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล	40
3.13 ทางเข้าและทางออกของลมในอาคารเรียน	41
4.1 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาคที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างภายในและ ภายนอกอาคาร	47
4.1(ก) Weekend	46
4.1(ข) Workday	46
4.2 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาคภายในอาคารที่ได้จากการสุ่ม ตัวอย่างกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วง weekend	51
4.2(ก) อัตราแลกเปลี่ยนอากาศจากการเก็บข้อมูล	51
4.2(ข) อัตราแลกเปลี่ยนอากาศจากการ CFD เมื่อ	51
4.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาคภายในอาคารที่ได้จากการสุ่ม ตัวอย่างกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในช่วง weekend	52
4.3(ก) อัตราแลกเปลี่ยนอากาศจากการเก็บข้อมูล	52
4.3(ข) อัตราแลกเปลี่ยนอากาศจากการ CFD เมื่อ	52
4.4 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างจำนวนอนุภาคภายในและภายนอกอาคาร	55
4.4(ก) Weekend	55
4.4(ข) Workday	55
4.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาคที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างในช่วง วันทำงาน และ วันหยุดสุดสัปดาห์ ภายในอาคาร เมื่อกำหนดให้	57
4.6 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และจำนวนของอนุภาคในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์	57
4.6(ก) ภายในอาคาร	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.6(ข) ภายนอกอาคาร	58
4.7 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และจำนวนของอนุภาคในช่วงวันทำงาน	58
4.6(ก) ภายในอาคาร	58
4.6(ข) ภายนอกอาคาร	59
4.8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาค ที่ได้จากการสู่มตัวอย่างกับที่ได้จากสถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราช ในช่วง วันทำงาน	60
4.9 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาค ที่ได้จากการสู่มตัวอย่างกับที่ได้จากสถานีตรวจวัดโรงเรียนยุพราชในช่วง วันหยุดสุดสัปดาห์	61
4.10 สแนมความเร็วของอากาศภายในอาคาร	62
4.11 สแนมความเร็วของอากาศภายในห้องเรียน	62

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง เนื่องจาก การแทรกซึมและการระบายอากาศแบบธรรมชาติ	h^{-1}
A_{cell}	พื้นที่ผนังของปริมาตรควบคุม	m^2
A_{fl}	พื้นที่พื้น	m^2
C_i	ความเข้มข้นอนุภาคภายในอาคาร	particles/ m^3
C_o	ความเข้มข้นอนุภาคภายนอกอาคาร	particles/ m^3
e	พลังงาน	J
f	แรง	N
F_s	แรงเหวี่ยง	N
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/ $m^2.K$
K	อัตราการตกตะกอนของอนุภาค	h^{-1}
L_{fl}	Mass Loading ของอนุภาคที่อยู่บนพื้น	$\mu g/m^2$
P	สัมประสิทธิ์การแทรกซึมของอนุภาค	
$\dot{q}$	Heat Flux	J/ m^2
r	ค่าคงตัวของการเคลื่อนที่ของอนุภาค	h^{-1}
R	อัตราการฟุ้งกระจายของอนุภาค	h^{-1}
S_p	Source term	
t	เวลา	h
T	อุณหภูมิ	K
u	ความเร็วย่อยในแนวแกน x	m/s
v	ความเร็วย่อยในแนวแกน y	m/s
$\dot{v}$	ความเร็วลม	m^3/h
V	ปริมาตรห้อง	m^3
$\dot{V}_{source}$	อัตราการเกิดอนุภาคที่มีสาเหตุมาจากภายในบ้าน	$\mu g/h$
$\dot{V}_{sin k}$	อัตราการเคลื่อนตัวของอนุภาคเนื่องจากการสูญหาย ไปจากสาเหตุต่าง ๆ	$\mu g/h$

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$\vec{V}$	เวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่ตำแหน่งต่าง ๆ	m/s
w	ความเร็วย่อยในแนวแกน z	m/s
Δy_p	ผลต่างระยะจากพื้นถึงจุด P	m
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	kg / m ³
μ	ความหนืด	kg / m.s
σ	ความเค้นตึงฉาก	N/m ²
τ	ความเค้นเฉือน	N/m ²