

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งและการศึกษา  
ประสิทธิภาพของไซโคลนสครับเบอร์สำหรับโรงงานผลิต  
แผ่นกระดานโต้คลื่น

DEVELOPMENT OF VERTICAL UNIFORM-FLOW VENTILATION  
SYSTEM AND INVESTIGATION EFFICIENCY OF CYCLONE  
SCRUBBER FOR WINDSURF BOARD FACTORY

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล และคณะ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐ-เอกชน

ประจำปีงบประมาณ 2546

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งและการศึกษาประสิทธิภาพของ  
ไซโคลนสครับเบอร์สำหรับโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น

(DEVELOPMENT OF VERTICAL UNIFORM-FLOW VENTILATION SYSTEM AND  
INVESTIGATION EFFICIENCY OF CYCLONE SCRUBBER FOR WINDSURF BOARD  
FACTORY)

### หัวหน้าโครงการวิจัย

ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล  
ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### รองหัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานะ อมรกิจบำรุง  
สาขาวิชาเทคโนโลยีคุณภาพ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### นักวิจัยร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล  
ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
อาจารย์ ณ์ฐพร โทณานนท์

ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
นาย ดำรงค์ศักดิ์ เขียวชัยพร  
ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอและประสิทธิภาพของไซโคลนสกรับเบอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์ทดสอบ ศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศ ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวตั้ง ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง สัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง และความสูงของผนังห้อง ศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD) นอกจากนี้ศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อไซโคลนสกรับเบอร์ ได้แก่ ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ และอัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์

ในส่วนของระบบระบายอากาศชนิดนี้ศึกษาอิทธิพลความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีพิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง พบว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มลดลง แต่ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรมีค่าลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.3 เมตรต่อวินาทีแต่กลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที สำหรับอิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง กรณีพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มลดลง ส่วนกรณีพิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง พบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงโดยที่ความเร็วลมในแนวตั้งคงที่นั้น พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะลดลง อนึ่งในการจำลองการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศ ในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ซึ่งภายในห้องมีสิ่งกีดขวางตั้งอยู่บริเวณตรงกลางห้อง พบว่าการกระจายตัวความเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่ภายในห้องได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลการวัดจริงในเงื่อนไขเดียวกัน

ในส่วนของไซโคลนสกรับเบอร์ พบว่าเมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ พบว่า เมื่อความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นจะเพิ่มขึ้น อนึ่งในกรณีไม่ฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นต่ำกว่ากรณีที่ฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์ นอกจากนี้สามารถหาความสัมพันธ์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์ได้ โดยมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว คือ ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้า ความเร็วลมขาเข้าและอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ฉีดกับปริมาณลม

เลขหมู่

เลขทะเบียน 014604

วัน เดือน ปี 12 ก.ค. 53



## ABSTRACT

The objective of this research is to study the vertical uniform-flow ventilation system and dust collection efficiency of cyclone scrubber for the industry. The apparatus is designed and constructed for investigating the parameters of the ventilation system, namely, the average downflow velocity, the velocity of disturbing air in the room, the opening fraction of floor area and the wall height of the room, which affect the system performance. The CFD (Computational Fluid Dynamics) method is also used to study the behavior of three dimensional air flow in the ventilated room. Furthermore, an investigation into the effects of operational factors on the cyclone scrubber, namely, inlet air velocity, inlet dust concentration and ratio of the water spray to air, is carried out.

In this ventilation system, when the overall concentration of particles is considered, it is found that the overall ventilation efficiency increases with an increase in the vertical air velocity. When the concentration of each particle size range is considered, the investigation of the vertical air velocity revealed that as the vertical air velocity increases, the concentration of large refugee particles ( $> 1$  micrometer) at the top of the room decreases. On the other hand, the concentration of small fugitive particles ( $< 1$  micrometer) decreases when the vertical air velocity is 0.3 m/s but increases slightly at the vertical air velocity of 0.5 m/s. When the overall concentration of particles is considered, it is found that the overall ventilation efficiency decreases with an increase in the velocity of disturbing air. When the concentration of each particle size range is considered, it is found that as the velocity into the disturbing air increased, the concentration of particle refugee at the top of the room increases. Finally, it is found that the ventilation efficiency noticeably decreases as the opening fraction of the room floor area decreases. In the air flow simulation of the ventilation system, for inlet air velocity of 0.1, 0.33 and 0.48 m/s with an obstacle in the middle of the room, the results show that the calculated velocity profiles are significantly affected but are in fair agreement with of the experimental ones.

For the cyclone scrubber, it is found that the collection efficiency increases as the inlet air velocity in the cyclone scrubber increases. In the case of inlet dust concentration, it is found that the collection efficiency increases as the inlet dust concentration increases. In the case of no water spray, the collection efficiency is less than the case of spray. Furthermore, an empirical correlation to predict the collection efficiency of the cyclone scrubber is obtained as a function of 3 variables: the inlet dust concentration, inlet air velocity and ratio of the water spray to air.



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายๆท่าน ผู้ทำวิจัยขอกราบ  
ขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย และ ผู้ช่วย  
ศาสตราจารย์ ดร.มานะ อมรกิจบำรุง รองหัวหน้าโครงการวิจัย และรองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย  
ชรินพานิชกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขโครงการวิจัยจน  
เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะพลังงานและวัสดุและ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ อมรกิจบำรุง ที่ได้ให้ความสะดวกด้านสถานที่ และศูนย์เทคโนโลยี  
อนุภาคไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความสะดวกด้านเครื่องมือวิเคราะห์วิจัยเกี่ยวกับวัสดุ  
อนุภาคที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ของไหลและอาจารย์ ดร. สมประสงค์ ศรีชัย สำหรับ  
โปรแกรมฟีนิกซ์และฟีนิกซ์ที่ให้ความรู้และเทคนิคเกี่ยวกับโปรแกรมฟีนิกซ์ (PHOENICS)

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากทุนโครงการวิจัยร่วมภาครัฐ-เอก  
ชน (งบประมาณแผ่นดิน) จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด ที่ได้สนับสนุนแคลเซียมคาร์บอเนตมาใช้ในการ  
ศึกษา

ขอขอบคุณพี่โตนที่ให้ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในห้องปฏิบัติการ  
เทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ

ขอขอบคุณกำแพงอุปสรรคที่ทำให้ผมแข็งแกร่งมากขึ้นและขอขอบคุณบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป  
ที่ทำให้ผมได้อิ่มทุกมื้อ

งานวิจัยชิ้นนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้หากปราศจาก คุณแม่ พี่ปึก พี่หมี และแอน  
รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ จากเทคนิคกรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและ  
ชาวหอมุกรินที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์จนทำให้งาน  
วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฅ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 มูลเหตุจูงใจ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. ความรู้พื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 คำศัพท์และความหมาย.....	5
2.2 อันตรายของฝุ่น.....	6
2.2.1 อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพ.....	6
2.2.2 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของฝุ่น.....	8
2.3 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตกระดานโต้คลื่น.....	10
2.3.1 ชนิดของแหล่งกำเนิดและวิธีการควบคุมของโรงงานผลิตและขึ้นรูป กระดานโต้คลื่น.....	11
2.4 การประเมินสมบัติของการไหลของฝุ่น.....	14
2.5 การระบายอากาศ.....	22
2.5.1 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง.....	25
2.5.2 การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง.....	27
2.5.3 ท่อดูดในระบบระบายอากาศ.....	28
2.6 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นแบบสกรับเบอร์.....	31

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.7 การวัดประสิทธิภาพของการควบคุม.....	35
2.8 การเก็บตัวอย่างอนุภาคมลสารแบบไอโซโคเนติก.....	35
2.9 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง.....	38
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
3. แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบาย.....	45
3.1 รูปแบบทั่วไปของสมการอนุพันธ์.....	45
3.2 สมมติฐานที่ใช้ในงานวิจัย.....	46
3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหลแบบปั่นป่วน.....	48
3.4 ประเภทของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการไหลแบบปั่นป่วน.....	52
3.4.1 Standard k- $\epsilon$ Model.....	52
3.4.2 Low-Re ของ k- $\epsilon$ Model.....	53
3.5 Wall Function.....	54
4 วิธีดำเนินการทดลอง.....	57
4.1 ผุ่นที่ใช้ในการทดลอง.....	57
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	57
4.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์.....	57
4.2.2 อุปกรณ์การทดลองสำหรับการระบายอากาศและ เครื่องไซโคลนสกรับเบอร์.....	61
4.3 สภาพะในการทดลองสำหรับการระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง.....	70
4.4 สภาพะในการทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์.....	71
4.5 ขั้นตอนการทดลอง.....	71
4.6 การทดลองของระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งสำหรับเปรียบเทียบกับ ผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	75
4.7 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	77
5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	82
5.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองด้านลักษณะสมบัติของผุ่น.....	82



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.2 การระบายอากาศในแนวดิ่ง	96
5.2.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ.....	96
5.2.1.1 อิทธิพลของความเร็วลมในแนวดิ่ง.....	96
5.2.1.2 อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศ ภายในห้อง.....	134
5.2.1.3 อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง.....	170
5.2.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับแบบจำลอง.....	181
5.2.3 ประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ.....	198
5.3 ไฮโคลอนสครับเบอร์.....	199
5.3.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ.....	199
5.3.1.1 อิทธิพลของความเร็วลมขาเข้าไฮโคลอนสครับเบอร์.....	199
5.3.1.2 อิทธิพลของอัตราการฉีดในไฮโคลอนสครับเบอร์.....	202
5.3.1.3 อิทธิพลของความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไฮโคลอนสครับเบอร์.....	205
5.3.2 สหพันธ์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของ ไฮโคลอนสครับเบอร์.....	208
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	211
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	211
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	216
รายการอ้างอิง.....	217
ภาคผนวก.....	220
ภาคผนวก ก.....	221
ภาคผนวก ข.....	224
ภาคผนวก ค.....	232
ภาคผนวก ง.....	360
ภาคผนวก จ.....	378
ภาคผนวก ฉ.....	

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นและประเภทของฝุ่นหลักในโรงงานคอบบร้า.....	11
2.2	แหล่งกำเนิดฝุ่นและการควบคุมฝุ่นในโรงงานคอบบร้า.....	13
2.3	Evaluation of flowability index.....	19
2.4	Evaluation of floodability index.....	21
2.5	องค์ประกอบของอากาศตามธรรมชาติซึ่งถือว่าเป็นอากาศบริสุทธิ์.....	23
2.6	ความเร็วจับที่แนะนำให้ใช้เพื่อควบคุมมลพิษจากกิจกรรมประเภทต่างๆ.....	30
2.7	ปริมาณฝุ่นแร่ในบรรยากาศของการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ.....	39
2.8	ระดับความสกปรกที่มาตรฐานการระบายอากาศต่างๆ.....	41
4.1	ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าระบบในแต่ละการทดลอง.....	85
4.2	คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศที่ใช้ในการจำลอง.....	86
5.1	สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก).....	84
5.2	สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก).....	85
5.3	สมบัติการไหลของฝุ่น EVA และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก).....	86
5.4	สมบัติการไหลของฝุ่นแก้วลอย และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก).....	87
5.5	ผลการทดลองวัดความเร็วของอากาศที่ด้านบนของห้อง.....	181
5.6	ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที....	182
5.7	ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที...	183
5.8	ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที...	184
5.9	ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที.....	190
5.10	ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที.....	191
5.11	ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที....	192
5.12	ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ อากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที.....	193

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.13	ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที.....	194
5.14	ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที.....	195
5.15	การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทำนายกับผลการทดลอง	209



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผนภูมิการผลิตของโรงงานคอบบร้า.....	10
2.2	กระบวนการขัดแต่งผิวมัน.....	14
2.3	กระบวนการโป้ว.....	14
2.4	Measurement of angel of repose.....	16
2.5	Measurement of angel of spatula.....	17
2.6	Device for measuring dispersibility.....	20
2.7	Powder characteristic tester.....	22
2.8	การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง.....	25
2.9	การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง.....	27
2.10	ห้องดูดอากาศประเภทเอนโคลสเซอร์.....	29
2.11	ห้องดูดอากาศแบบแคปเจอร์แบบต่างๆ.....	29
2.12	ห้องดูดอากาศแบบรีซีฟวิ่ง.....	31
2.13	หลักการที่ฝุ่นในกระแสลมปรกชนและเกาะติดกับหยดของเหลวเนื่องจากแรงเฉื่อย.....	32
2.14	อนุภาคที่เคลื่อนไหวแบบบราวเนียน.....	33
2.15	ลักษณะที่อนุภาคสัมผัสและเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยกลไกการสกัดกัน.....	34
2.16	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยกับค่าพารามิเตอร์แรงเฉื่อยของอนุภาค.....	34
2.17	การเก็บตัวอย่างที่เลือกเก็บอนุภาค เนื่องจากไม่เป็นแบบไอโซโคเนติก.....	36
2.18	ความสัมพันธ์ระหว่าง $f(St)$ และ $St$ .....	37
2.19	ลักษณะโพรไฟล์ของ $\phi$ ระหว่างโนดที่เป็นเส้นตรง.....	52
3.1	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของของไหลในระบบการไหลแบบปั่นป่วน ณ บริเวณใกล้ผนัง.....	54
4.1	ลักษณะของเครื่องทดสอบสมบัติของวัสดุผง.....	58
4.2	ภาพถ่ายของเครื่องวัดความเร็วลมสำหรับวัดความเร็วลมภายในห้อง.....	59
4.3	ภาพถ่ายเครื่องวัดผลต่างความดัน.....	60
4.4	ภาพถ่ายเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Dust Counter).....	60

## สารบัญรูป(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5	ภาพถ่ายของเครื่องกำเนิดลม.....	61
4.6	ภาพถ่ายเครื่องควบคุมความเร็วรอบ.....	62
4.7	ภาพถ่ายของเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ(ภายในกล่องสี่เหลี่ยมใต้โต๊ะจะมีพัดลมเล็กเป่าลมไปกระจายฝุ่นที่ตกออกจากท่อ.....	63
4.8	ภาพถ่ายของเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะซึ่งติดตั้งทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์ (A) ภาพถ่ายด้านหน้า (B) ภาพถ่ายด้านข้าง.....	64
4.9	ภาพถ่ายพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง.....	65
4.10	ภาพถ่ายของบีมสูญญากาศ.....	65
4.11	ภาพถ่ายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคซึ่งติดตั้งบนเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์.	66
4.12	ไดอะแกรมชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศในแนวดิ่ง.....	68
4.13	ภาพถ่ายห้องระบายอากาศ : (A) ภาพด้านข้าง (B) ภาพด้านหน้า.....	69
4.14	ภาพถ่ายห้องระบายอากาศและท่อลม.....	69
4.15	ภาพถ่ายระบบกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ.....	70
4.16	สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)..	73
4.17	สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (มองด้านบน).....	73
4.18	สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ใกล้ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (มองด้านบน).....	73
4.19	สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)....	73
4.20	ตำแหน่งของจุดวัดบนห้องมองด้านบน(วัดที่ใจกลางของสี่เหลี่ยม).....	75
4.21	ตำแหน่งของจุดวัดภายในห้อง.....	76
4.22	ลักษณะรูปร่างที่ใช้ในเทคนิค CFD.....	77
4.23	ลักษณะของกริดในระนาบ XZ.....	78
4.24	ลักษณะของกริดในระนาบ YZ.....	79
4.25	ลักษณะของกริดในระนาบ XYZ.....	79

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.1	การกระจายขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว.....	89
5.2	การกระจายขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว.....	90
5.3	การกระจายขนาดของฟูน EVA จากโรงงานผลิตกระดานโต้คลื่น.....	91
5.4	การกระจายขนาดของแก้วลอย.....	92
5.5	ลักษณะของฟูนแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว ขยาย 5000 เท่า.....	93
5.6	ลักษณะของฟูนแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว ขยาย 5000 เท่า.....	93
5.7	ลักษณะของฟูน EVA จากโรงงานผลิตและขึ้นรูปกระดานโต้คลื่น ขยาย 1000 เท่า.....	94
5.8	ลักษณะของฟูนแก้วลอย ขยาย 1000 เท่า.....	94
5.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี ปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น ตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	98
5.10	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่ เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	98
5.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่ เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงผนัง 2 เมตร.....	99
5.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี ปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น ตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	101
5.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่ เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	101





## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.21	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	110
5.22	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียง เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	110
5.23	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียง เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	111
5.24	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	111
5.25	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น ตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	114
5.26	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่ เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	114
5.27	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อสัดส่วนพื้นที่ เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	115
5.28	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณี เปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น ตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	118





## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.36	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	125
5.37	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง100%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	127
5.38	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	127
5.39	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ใกล้ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	128
5.40	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	128
5.41	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง 100%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด.....	132
5.42	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด.....	132
5.43	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง 75%ใกล้ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด.....	133
5.44	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด..	133











## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.72	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่าบก กวนกระแสอากาศภายในห้อง กรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.10 เมตร ต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	164
5.73	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่าบก กวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อ วินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	164
5.74	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่าบก กวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อ วินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	165
5.75	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็ ลมที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที.....	168
5.76	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็ ลมที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที.....	168
5.77	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็ ลมที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที.....	169
5.78	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อความสูง ของผนังห้อง 2 เมตร.....	171
5.79	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	171
5.80	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่าบกกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร.....	172



## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.81	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูง ของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	175
5.82	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	175
5.83	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของ พื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร.....	176
5.84	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วน พื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง.	179
5.85	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วน พื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแส อากาศภายในห้อง.....	179
5.86	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วน พื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแส อากาศภายในห้อง.....	180
5.87	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $Y=9$ ของกรณีที่มีความเร็วขา เข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที.....	186
5.88	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $X=16$ ของกรณีที่มีความเร็วขา เข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที.....	186
5.89	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $Y=9$ ของกรณีที่มีความเร็วขา เข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที.....	187
5.90	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $X=16$ ของกรณีที่มีความเร็วขา เข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที.....	187
5.91	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $Y=9$ ของกรณีที่มีความเร็วขา เข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที.....	188



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.92	ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ IX=16 ของกรณีที่มีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที.....	188
5.93	การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที.....	196
5.94	การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที.....	196
5.95	การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที.....	197
5.96	ตำแหน่งที่คนงานควรจะยืนปฏิบัติงานภายในห้อง.....	198
5.97	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.2909 g/m <sup>3</sup> .....	200
5.98	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.5256 g/m <sup>3</sup> .....	200
5.99	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.7547 g/m <sup>3</sup> .....	201
5.100	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ 10 เมตรต่อวินาที.....	203
5.101	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ 13 เมตรต่อวินาที.....	203
5.102	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ 16 เมตรต่อวินาที.....	204
5.103	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ 20 เมตรต่อวินาที.....	204

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.104	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 0.....	206
5.105	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 0.9.....	26
5.106	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 1.35.....	207
5.107	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพจากสหสัมพันธ์กับประสิทธิภาพจากการทดลอง.....	210



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 มลเหตุจูงใจ

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่ความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ตามมาคืออันตรายจากการประกอบอาชีพ ซึ่งมีศักยภาพสูงขึ้นด้วย อันตรายนี้อาจจำแนกออกเป็นสองประเภทคือ การบาดเจ็บซึ่งมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ และความเจ็บป่วยซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากมลพิษในสถานประกอบการ วัตถุประสงค์ ผลผลิตและผลพลอยได้จากการผลิตในงานอุตสาหกรรมจำนวนมากที่จัดว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อถูกปล่อยออกจากกระบวนการผลิตเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการก็จะมีสภาพเป็นมลพิษ โดยอาจจะอยู่ในสถานะที่เป็นฝุ่น มีสดี ไอ ก๊าซ พุ่ม และอื่นๆ โดยพร้อมที่จะเข้าสู่ร่างกายและทำอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ภายในสถานะนั้น โดยปกติขณะที่นั่งอยู่เฉยๆคนจะหายใจเอาอากาศเข้าไปด้วยอัตราประมาณ 6 ลิตร/นาที และเมื่อต้องออกแรงทำงานอัตราการหายใจจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งถ้าเป็นงานหนักก็อาจจะถึง 50 ลิตร/นาที เนื่องจากการหายใจเป็นกระบวนการของร่างกายซึ่งจะหยุดลงไม่ได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในงานอุตสาหกรรมนั้นทางเข้าสู่ร่างกายที่สำคัญที่สุดของมลพิษได้แก่ ทางเดินหายใจ

การระบายอากาศเป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศภายในสถานประกอบการที่ได้ผลดียิ่งวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายอากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษออกไปจากสถานประกอบการ การระบายอากาศสามารถที่จะกำจัดสิ่งอันไม่พึงประสงค์ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น และอื่นๆซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงาน ดังนั้น การระบายอากาศจึงเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผลดีวิธีหนึ่งในการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพและ/หรือลดปัญหาความเดือดร้อนรำคาญ ซึ่งอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่นก็เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นภายในโรงงานซึ่งเกิดมาจากกระบวนการขัดผิวเรียบ ทำให้เกิดผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อบุคลากรที่กำลังทำงานอยู่ในโรงงาน กล่าวคือ ทำให้เกิดความรำคาญจนถึงอาการแพ้

ในการลงทุนจัดสร้างระบบจับเก็บมลพิษทางอากาศทางอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงๆ อย่างเช่น ชุดเครื่องกรอง หรือ เครื่องดกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตนั้นจำเป็นต้องอาศัยเงินลงทุนเป็นจำนวนสูงมาก ในเวลาเดียวกันก็จำเป็นต้องคำนึงค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องอีกด้วย ดังนั้น



การเลือกใช้ไซโคลนสกรับเบอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์จับเก็บฝุ่นอีกประเภทหนึ่งซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษา มาบ้างบางส่วน จึงนับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน มาก จึงทำให้สามารถจัดสร้างขึ้นได้เองโดยอาศัยวัสดุในประเทศ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการ เดินเครื่องต่ำ เนื่องจากมีเพียงเครื่องเป่าลม และปั๊มเท่านั้นที่เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้พลังงาน ไฟฟ้า และนอกจากนี้ยังมีความสามารถกำจัดมลพิษที่เป็นแก๊สได้ เนื่องจากมีการฉีด ละอองน้ำให้สัมผัสกับกระแสอากาศ ซึ่งจะไม่มีในไซโคลนปกติทั่วไป อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยัง ขาดข้อมูลที่ปรากฏเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจับฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง อย่างสม่ำเสมอสำหรับอากาศที่มีฝุ่นฟุ้งและศึกษาประสิทธิภาพของไซโคลนสกรับเบอร์สำหรับ โรงงานผลิตแผ่นกระดานไม้คัลีน



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ออกแบบ และทดสอบระบบต้นแบบของระบบระบายอากาศในแนวดิ่งและระบบกำจัดฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

### 1.3.1 การระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง

1.3.1.1 ฝุ่นที่สนใจศึกษาเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ )

1.3.1.2 ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่

- ความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที
- ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง
- พื้นที่เปิดของระบบระบายอากาศในช่วง 50-100% ของพื้นที่ด้านล่างทั้งหมด
- ความสูงของผนังห้อง 1-2 เมตร

1.3.1.3 ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ประเภท Computational Fluid Dynamics (CFD) เพื่อศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหลของอากาศเหนือระบบระบายอากาศ

1.3.1.4 อธิบายปรากฏการณ์การไหลของอากาศเหนือระบบระบายอากาศและผลการทดลองวัดความเร็วอากาศโดยอ้างอิงผลการทำนายจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ประเภท CFD

### 1.3.2 ระบบกำจัดฝุ่นแบบไซโคลนสครับเบอร์

1.3.2.1 ฝุ่นที่สนใจศึกษาเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ( $PM_{10}$ )

1.3.2.2 ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่

- ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์อยู่ในช่วง 10-20 เมตรต่อวินาที
- อัตราการฉีดน้ำสเปรย์อยู่ในช่วง 0-1.4 ลิตรน้ำต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ
- ความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์อยู่ในช่วง 0.1-0.8 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอและระบบกำจัดฝุ่นแบบไซโคลนสกรับเบอร์ซึ่งสามารถใช้ในโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่น เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองเกิดการฟุ้งกระจายในสถานประกอบการอื่นทั้งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆและสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและขยายขนาด (Scale up)



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 2

### ความรู้พื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คำศัพท์และความหมาย

มีศัพท์หลายคำที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ และเกี่ยวกับอนุภาคฝุ่น รวมถึงมลพิษทางอากาศที่สมควรอธิบายความหมายเพื่อให้มีความเข้าใจตรงกัน คำศัพท์เหล่านี้ในวงการอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีความหมายใกล้เคียงกัน Howard E. Hesketh (1974) ได้ให้ความหมายของศัพท์เหล่านี้ไว้ดังนี้

- **วัสดุอนุภาค (Particulate Matter)** คือ วัตถุหรือสสารที่เป็นของเหลวหรือของแข็งใดๆ ที่อยู่ในอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.2 นาโนเมตร – 500 ไมโครเมตร
- **ฝุ่น (Dust)** คือ อนุภาคขนาดเล็กซึ่งเกิดจากการแตกตัว การถูกบดอัด หรือการสลายตัวที่เกิดจากกระบวนการทางกล โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 1 ถึงหลายร้อยไมโครเมตร อนุภาคฝุ่นโดยทั่วไปมีรูปร่างของอนุภาคที่ไม่แน่นอน
- **มลพิษอากาศ (Air Pollution)** คือ การดำรงอยู่ของสสารหรือวัตถุผิดปกติ (Abnormal) ในอากาศหรือบรรยากาศที่เป็นผลให้เกิดอันตรายหรือผลร้ายต่อสุขภาพหรือสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต

องค์การป้องกันสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. Environment Protection Agency, 1995) ได้ให้ความหมายของศัพท์ที่อธิบายถึงขนาดของอนุภาคต่างๆ ที่นิยมเขียนเป็นสัญลักษณ์ในภาษาอังกฤษ ดังนี้

- **TSP (จำนวนอนุภาคทั้งหมดที่แขวนลอยในบรรยากาศ, Total Suspended Particulate)** คือ จำนวน (ปริมาณ) ของอนุภาคที่สามารถถูกเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดได้โดยเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูง TSP มีช่วงของขนาดอนุภาคค่อนข้างกว้าง จากการทดสอบในอุโมงค์ลม เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ได้ตั้งแต่เกือบ 100 % จนกระทั่งสามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับ 100

ไมโครเมตรได้เพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เพราะว่าเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงมิได้มีการบ่งชี้ถึงช่วงของขนาดอนุภาคที่เก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม U.S.EPA ได้ระบุถึงค่าจุดตัดประสิทธิภาพของขนาดอนุภาค (Effective Cut Point) ที่สามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศพลศาสตร์ได้เท่ากับ 30 ไมโครเมตร

-  $PM_{10}$  คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอากาศพลศาสตร์เล็กกว่า 10 ไมโครเมตร

U.S. EPA (1992) ได้ให้ความหมายของศัพท์ที่เกี่ยวข้องถึงการจำแนกฝุ่นจากโรงไม่หิน ดังนี้

- ฝุ่นจากแหล่งกระบวนการ (Process Source) คือ ฝุ่นที่สามารถดักจับและควบคุมได้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

- ฝุ่นเล็ดลอด (Fugitive Dust) คือ ฝุ่นบนพื้นหรือที่เกาะติดอยู่ตามเครื่องจักร ซึ่งถูกทำให้ฟุ้งกระจายในอากาศโดยลม การเคลื่อนไหว หรือการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

## 2.2 อันตรายของฝุ่น ( Dust Hazard )

ฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตก่อให้เกิดอันตรายและผลเสียต่างๆ ต่อคนและสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถจำแนกอันตรายของฝุ่นได้เป็น 2 ประเภท ตามผลที่เกิดขึ้นตามมา ดังนี้

### 2.2.1 อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพ

อันตรายนี้จะมีผลทั้งคนงานที่อยู่ภายในสถานประกอบการ ชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบโรงงาน และรวมถึงผู้ที่เดินทางสัญจรไปมาผ่านโรงงาน ฝุ่นละเอียดที่ฟุ้งกระจายและแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อดวงตา และที่สำคัญที่สุดคือ เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและปอดเมื่อเกิดการสะสมอย่างต่อเนื่อง

### 2.2.1.1 กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจโดยการหายใจ อากาศที่หายใจจะเข้าสู่จมูก คอ ผ่านสู่หลอดลม ขั้วปอด และจากขั้วปอดจะแยกออกสู่ปอดทั้งสองข้างและกระจายออกเป็นท่อเล็ก ท่อฝอย และถุงลมปอดในที่สุด ที่ถุงลมปอดจะมีเส้นเลือดฝอยและท่อน้ำเหลืองอยู่รอบ ๆ ด้วย

แต่ส่วนของระบบทางเดินหายใจจะมีกลไกในการป้องกันที่จะดักจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาที่อากาศที่เราหายใจอยู่ อนุภาคของฝุ่นขนาดใหญ่ ( ใหญ่กว่า 10 ไมโครเมตร ) ส่วนใหญ่จะถูกดักจับภายในช่องจมูกและคอ ฝุ่นที่สามารถลอดผ่านไปได้บางส่วนจะถูกจับโดยการคัดหลั่งน้ำเมือกออกจากผิวของหลอดลมและท่อลมสาขา เมือกและอนุภาคที่ถูกจับเหล่านี้จะถูกดันขึ้นมาโดยขนขนาดเล็ก ( Hairs or Cilia ) จำนวนมากที่ทำให้เมือกหรือเสมหะเหล่านี้เคลื่อนที่ออกมาจากหลอดลม ด้วยอัตราความเร็วครึ่งนิ้วต่อนาที และจะถูกขับออกในที่สุด อนุภาคที่เล็กที่เล็กกว่านี้ซึ่งส่วนใหญ่จะเล็กกว่า 5 ไมโครเมตรอาจจะผ่านเข้าสู่ถุงลมปอดในที่สุด ที่นี้จะมีเซลล์ชนิดหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าคอนุภาคที่หลุดเข้ามา ( Mobile Scavenger Cell ) เรียกว่า Phagocyte ซึ่งจะดูดกลืนอนุภาคเหล่านี้และนำอนุภาคเหล่านี้ออกไปยังหลอดลมฝอยซึ่งจะถูกผลักดันออกไปโดยขนขนาดเล็กในที่สุด แต่อนุภาคบางส่วนที่เหลืออยู่จะผ่านทะลุถุงลมปอดและฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อปอด และจะทะลุเข้าท่อน้ำเหลืองไปยังต่อมน้ำเหลืองซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวกรองซึ่งฝุ่นจำนวนหนึ่งจะติดอยู่ที่นั่น อนุภาคอีกบางส่วนจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเส้นใยหรือการเกิดขึ้นของเยื่อเหนียวหรือ เยื่อพังผืดที่ปอดซึ่งจะเกิดขึ้นที่เนื้อเยื่อที่ฝุ่นฝังตัวหรือติดอยู่ ส่วนอนุภาคที่เหลือซึ่งโดยมากมีขนาดเล็กมากจะออกมากับลมหายใจออก

### 2.2.1.2 ผลร้ายของฝุ่นละอองต่อระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นละอองโดยทั่วไปจะมีผลต่อร่างกายมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของฝุ่น ปริมาณที่ได้รับ ระยะเวลาที่สัมผัส ความแข็งแรงของสุขภาพ หรือภูมิคุ้มกันของผู้ที่สูดเข้าไป

- โรคภูมิแพ้ ( Allergic Reaction ) โรคภูมิแพ้เกิดขึ้นโดยการหายใจเอาฝุ่นบางชนิดเข้าไปแล้ว เกิดการกระตุ้นที่เนื้อเยื่อ ทำให้ปล่อยเยื่อเมือกออกมาห่อหุ้ม และค่อยๆ ขับออกมาโดยขนเล็ก ๆ การสะสมของฝุ่นอยู่ที่ผิวของระบบทางเดินหายใจจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดอาการภูมิแพ้ขึ้นชั่วคราวหรือเป็นอาการที่ไม่รุนแรงมาก



- นิวโมโคนิโอซิส ( Pneumoconiosis ) หมายถึง ปอดที่มีอาการผิดปกติหรือโรคปอดที่เกิดจากการหายใจเอาฝุ่นอนินทรีย์ ( Inorganic Dust ) จากบรรยากาศเข้าไปสะสมในปอด ลักษณะของอนุภาคที่ทำให้เกิดนิวโมโคนิโอซิสนั้นจะเป็นเส้นใยค่อนข้างแข็งที่ติดอยู่กับปอด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อปอด ปอดจึงสร้างเยื่อเหนียวหรือเส้นใยมาห่อ ดังนั้นยิ่งหายใจเอาฝุ่นเข้าปอดมากเท่าไร โอกาสที่จะเป็นโรคปอดแข็งหรือนิวโมโคนิโอซิสจะมากขึ้นเท่านั้น อนึ่ง ถ้าเป็นโรคปอดแข็ง ประสิทธิภาพการทำงานของปอดจะลดลง อาการขั้นแรกของโรค คือ หายใจลำบาก ฝุ่นที่ก่อให้เกิดโรคนี้นี้มีหลายชนิด โรคที่เกิดขึ้นจะมีชื่อเรียกตามชนิดของฝุ่นที่ก่อให้เกิดโรค เช่น ซิลิโคซิส แอสเบสโทซิส เบอริลลิโอซิส เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงฝุ่นที่มีมากในเมืองหิน และโรงไม้หิน คือ ซิลิโคซิส

- ซิลิโคซิส ( Silicosis ) เป็นโรคปอดที่เกิดจากการหายใจเอาฝุ่นทราย หรือฝุ่นซิลิกาเข้าไป เมื่อหายใจเอาฝุ่นซิลิกาที่เป็นผลึกแหลมคมเข้าไปสะสมอยู่ในปอด ปอดจะสร้างเยื่อพังผืดมาห่อหุ้มผลึกเหล่านั้นไว้ อาการของโรคนี้คือ หายใจลำบาก ต้องหายใจลึก ๆ ลั้น ๆ ปริมาตรปอดลดลง เหนื่อยง่าย ทำงานได้น้อยลง อ่อนเพลีย ซึ่งอาจจะนำมาสู่การติดเชื้อวัณโรคได้ง่าย อย่างไรก็ตามการสูดดมไม้หินส่วนใหญ่จะมีซิลิกาในหินที่เป็นวัตถุติดตำมากหรือไม่มีเลย

## 2.2.2 ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดของฝุ่น

ขนาดของฝุ่นจะแปรผกผันกับผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจมนุษย์ โดยจะแบ่งตามขนาดเป็น 3 ขนาด ( กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี , 2541 ) ดังนี้

### 2.2.2.1 ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมโครเมตร

ฝุ่นในช่วงขนาดนี้ส่วนใหญ่เมื่อแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้ไม่นานก็จะตกสู่พื้นดิน ถ้าเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะทำให้เกิดอาการ เช่น หายใจไม่สะดวก จาม คัดจมูก แต่จะไม่ใช่อันตรายต่อระบบทางเดินหายใจมากนัก ยกเว้นได้รับในปริมาณมากๆ และเป็นระยะเวลาานาน แต่ฝุ่นขนาดนี้จะทำให้เกิดปัญหาต่อการมองเห็นอย่างมากอันนำมาสู่ปัญหาของการทำงาน การสัญจรและการทำงานของเครื่องจักร และจะทำให้ผู้ที่สัมผัสผลิตภัณฑ์อย่างมากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อผิวหนัง หู และดวงตา

### 2.2.2.2 ฝุ่นที่มีขนาด 0.1 ถึง 10 ไมโครเมตร

ฝุ่นในช่วงขนาดนี้สามารถเข้าไปถึงส่วนลึกต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจอันจะส่งผลต่ออวัยวะต่าง ๆ ภายในระบบ นอกจากนี้ฝุ่นขนาดนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ที่ความเข้มข้นเจือจางด้วยตาเปล่า จึงทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าฝุ่นเหล่านี้ฟุ้งกระจายอยู่ในบริเวณใดบ้าง เป็นผลให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงฝุ่นเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (แต่ละเม็ด) จะมีน้ำหนักน้อยมาก จึงสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานมาก และมีโอกาสที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ตลอดเวลา หากไปอยู่ในบริเวณที่มีฝุ่นเหล่านี้

ฝุ่นขนาดเล็กบางชนิดที่สามารถเคลื่อนตัวไปถึงปลายสุดของถุงลมปอด อาจจะทำให้เกิดอันตรายร้ายแรง ประเภทของฝุ่นที่อันตราย ที่มีโอกาสพบในอุตสาหกรรมไม้บด และย่อยหิน ได้แก่ ฝุ่นจากซิลิกาซึ่งส่วนใหญ่มาจากหินแข็งวหินุมาาน ( Quartz ) ซึ่งจะทำให้เกิดโรคซิลิโคสิส ซึ่งทำให้เจ็บป่วยเรื้อรังจนถึงตายได้หรืออาจก่อให้เกิดโรคแทรกซ้อนอื่นๆ เช่น วัณโรค มะเร็ง เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการเหมืองหินและโรงโม่หินจะพยายามหลีกเลี่ยงหินที่มีแร่ซิลิกาอยู่แล้ว เนื่องจากหินที่มีแร่ซิลิกาหรือควอทซ์จะเป็นหินที่แข็งมาก ทำให้เครื่องโม่หินสึกหรอมาก อายุการใช้งานสั้นลง

### 2.2.2.3 ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร

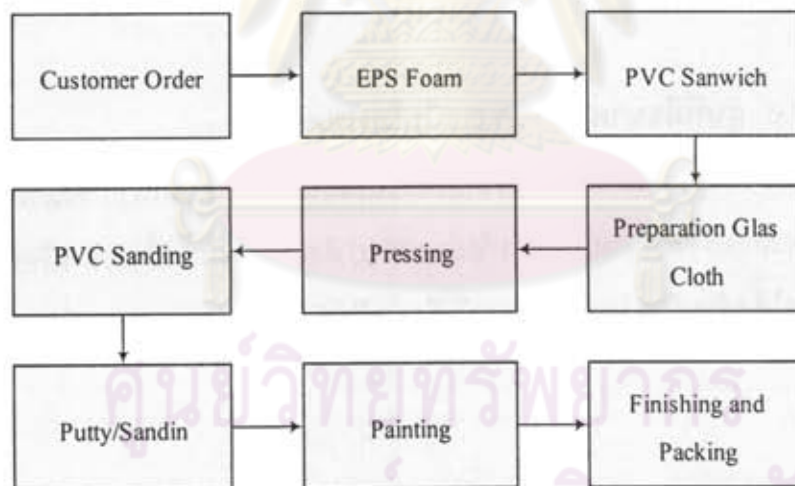
ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตรนี้จะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก จึงสามารถเคลื่อนตัวได้คล้ายก๊าซ ( Mean Free Path = 0.1 ไมโครเมตร) ดังนั้นฝุ่นขนาดนี้จะเข้าหรือออกจากระบบทางเดินหายใจได้คล้ายก๊าซ และส่วนมากมักถือว่าเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจน้อยมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.3 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตกระดานโต้คลื่น

กระบวนการผลิตและขึ้นรูปกระดานโต้คลื่นของโรงงานคอบบร้า แสดงได้ดังรูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการฉีดโฟมเพื่อให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งโฟมนี้มีส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิดซึ่งเป็นสัดส่วนของทางโรงงาน จากนั้นจึงนำไปเคลือบด้วย สารเคลือบ PVC (Poly Vinyl Chloride) และห่อด้วยผ้าสังเคราะห์ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการตบผ้า นำตัวกระดานและ/หรือตัวเรือไปอัดด้วยสุญญากาศซึ่งใช้เวลาระยะหนึ่ง แล้วนำไปขัดแต่งด้วยกระดาษทราย ซึ่งกระบวนการตรงส่วนนี้จะก่อให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายภายในอาคารประกอบการ กระดานและ/หรือตัวเรือจะถูกลำไปโป้ว (Putty/Sanding) ซึ่งเป็นการขัดแต่งแบบลงรายละเอียด เสร็จแล้วก็พ่นสีและทำการตกแต่งบรรจุหีบห่อ เพื่อนำไปขายต่อไป

สำหรับกระบวนการที่ก่อให้เกิดปัญหาการฟุ้งกระจายของอนุภาคฝุ่นมากที่สุดคือแผนกโป้ว (Putty/Sanding) และขัดแต่งผิวมัน โดยฝุ่นจะประกอบไปด้วยฝุ่นจากเศษผ้าใยแก้ว (Fiber glass) ฝุ่น Epoxy Resin และฝุ่น EVA (Ethyl Vinyl Acetate)



รูปที่ 2.1 แผนภูมิการผลิตของโรงงานคอบบร้า



### 2.3.1 ชนิดของแหล่งกำเนิดและวิธีการควบคุมของโรงงานผลิตและขึ้นรูป กระดานโต้คลื่น

โรงงานคอบบร้าเป็นโรงงานและขึ้นรูปกระดานโต้คลื่นที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ เนื่องจากความนิยมกีฬาทางทะเลประเภท กระดานโต้คลื่น เรือใบ ฯลฯ เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นความต้องการอุปกรณ์กีฬาประเภทนี้จึงสูงขึ้นตาม ทำให้ทางโรงงานมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นในแต่ละปี

#### 2.3.1.1 ชนิดของแหล่งกำเนิดฝุ่น

เนื่องจากการผลิตกระดานโต้คลื่น และเรือใบ ก่อให้เกิดการปล่อยฝุ่นจำนวนมากออกมาระหว่างกระบวนการผลิตในหลายๆ จุด เช่น แผ่นกขัดแต่ง EVA เป็นต้น แม้ว่าทางโรงงานจะมีการสร้างเป็นโรงอาคารปิดล้อมและมีการบำบัด แต่ก็ยังมีฝุ่นเล็ดลอด (Fugitive Dust) ออกมาสร้างปัญหาให้กับผู้ประกอบการภายในโรงงาน ในหลายๆ อาคาร

สำหรับแหล่งกำเนิดของฝุ่นสามารถจำแนกแบ่งได้จากกระบวนการผลิตภายในอาคารต่างๆ ของโรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นและประเภทของฝุ่นหลักในโรงงานคอบบร้า

อาคาร	แผ่นก	ชนิดของฝุ่นและลักษณะการเกิดฝุ่น
1	ซ่อมเรือ	ฝุ่นโฝม และฝุ่นจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) ซึ่งเกิดจากการเจียร
	ขัดแต่ง PVC	ฝุ่น PVC, ฝุ่นผงจากสีโป้ว และฝุ่น Epoxy Resin ซึ่งเกิดจากการขัดแต่งเรือและกระดานโต้คลื่น
	ขัดและเจาะโฝม	ฝุ่นโฝม ซึ่งเกิดจากการขัดและเจาะแผ่นโฝมเพื่อนำไปประกอบเข้ากับตัวเรือใบและตัวกระดานโต้คลื่น
2	ขัดแต่งเคิร์ฟ	ผงฝุ่น Epoxy Resin และผงไมโครบอลลูน ซึ่งเกิดจากการขัดแต่งบริเวณผิวขอบของตัวเรือ
	ขัดหลังทาเคลือบ และจุดซ่อม	ผงฝุ่น Epoxy Resin และผงทลคัม ซึ่งเกิดจากการขัดเรือเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานและความต้องการของผู้ซื้อ
	ตัดขอบและขัดสีโป้ว	ฝุ่นผงสีโป้ว และฝุ่นจากผ้าใยแก้ว
	ขัดแต่งพื้นยาง	ฝุ่นผงสี Epoxy

ตารางที่ 2.1(ต่อ) อาคารที่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นและประเภทของฝุ่นหลักในโรงงานคอบบร้า

อาคาร	แผนก	ชนิดของฝุ่นและลักษณะการเกิดฝุ่น
2	เซาะร่องแผ่น EVA	ผงฝุ่น EVA
3	Cutting Springer	ฝุ่นไม้ ซึ่งเกิดจากการตัดแผ่นไม้
	ขัดหยาบ	ฝุ่นไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) ซึ่งเกิดจากการขัดตัวกระดาน
	เจียรขอบ	ฝุ่นไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) ซึ่งเกิดจากการขัดและเจียรบริเวณขอบกระดาน
	เจาะโฟม	ฝุ่นโฟม ซึ่งเกิดจากการขัดและเจาะแผ่นโฟมเพื่อนำไปประกอบเข้ากับตัวกระดาน
4	ขึ้นรูป (Moulding)	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) จากการเจียรฝุ่นผงสีโป้ว จากการขัดแต่งผิว ผงฝุ่น Epoxy Resin และผงไมโครบอลลูน
	ขัดฐาน	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) และ ผงฝุ่น Epoxy Resin
	ตัดแต่ง	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) และ ผงฝุ่น Carbon
	ขัดผิวก่อนอัดผิว	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass) และ ผงฝุ่น Carbon
	ขัดฝุ่นและปรับขอบ	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass), ผงฝุ่น Carbon และฝุ่นสีโป้ว
	ขัดฐานและตัดขอบ	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass), ผงฝุ่น Carbon, ฝุ่น Epoxy และฝุ่น Polyester
	ขัดและแต่ง Binding	ฝุ่นผงจากไฟเบอร์กลาส (Fiber glass), ผงฝุ่น Carbon และฝุ่นสีโป้ว
	ขัดและแต่งไม้มาลินู	ฝุ่นเส้นใย

### 2.3.1.2 การควบคุมฝุ่น EVA ในโรงงานและชั้นรูปกระดานโต้คลื่น

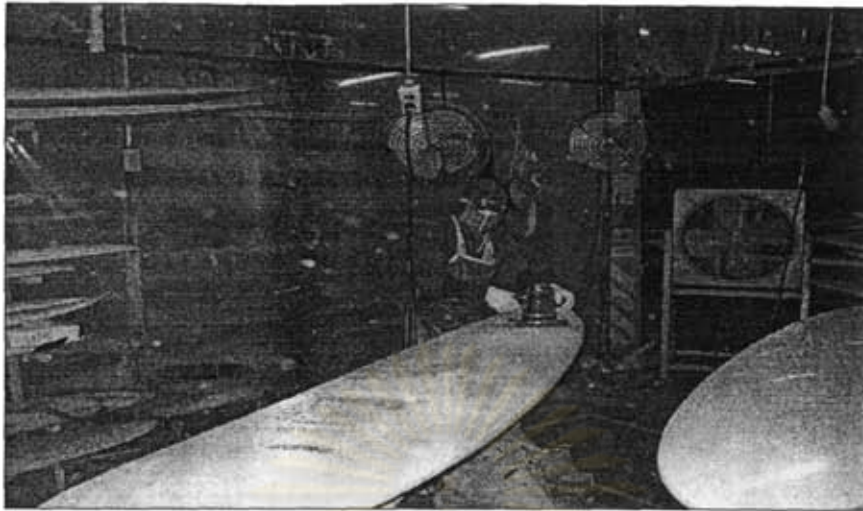
แนวทางการควบคุมปริมาณฝุ่นที่เกิดจากระบวนการผลิตต่างๆ ของโรงงานคอบบร้า แบ่งได้เป็น 2 แนวทาง คือ

- ควบคุมไม่ให้เกิดฝุ่นหรือให้เกิดฝุ่นน้อยที่สุด รวมไปถึงการกำจัดฝุ่นที่เกิดขึ้น ไม่ให้ฟุ้งกระจาย อันได้แก่ การสร้างระบบรวบรวมฝุ่นและส่งผ่านฝุ่นไปยังอุปกรณ์บำบัดควบคุมเพื่อลดโอกาสที่ฝุ่นจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของคนงานหรือผู้ประกอบการ และสาธารณชนในบริเวณใกล้เคียง เช่น การสร้างอาคารหรือห้องทำงานที่ปิดมิดชิด การสวมหน้ากากและถุงมือป้องกัน เป็นต้น สำหรับการควบคุมหรือการลดการปล่อยฝุ่นจากกระบวนการผลิตต่างๆ ภายในโรงงานคอบบร้า ประกอบด้วย การทำให้วัสดุหรือพื้นผิวเปียก (Wetting of Material or Surface) ด้วยน้ำ ใช้ระบบดูด ระบบทอส่ง และระบบรวบรวมฝุ่นในกระบวนการที่ก่อให้เกิดฝุ่น และไม่สามารถใช้วัสดุปกคลุมได้ ส่วนรายละเอียดของแหล่งกำเนิดฝุ่นและการควบคุมฝุ่น แสดงได้ดังตารางที่ 2.2

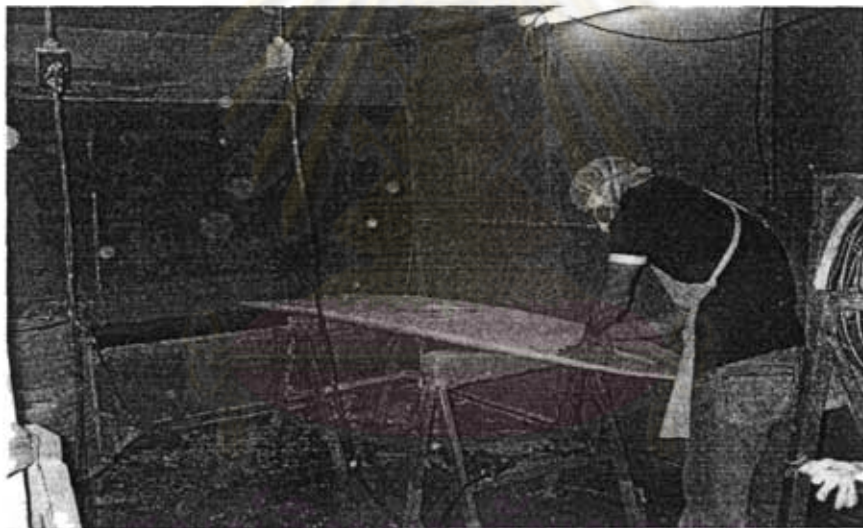
ตารางที่ 2.2 แหล่งกำเนิดฝุ่นและการควบคุมฝุ่นในโรงงานคอบบร้า

แหล่งกำเนิดฝุ่นหลัก	การควบคุม
แผนกขัดแต่งวัสดุ	- สร้างพื้นน้ำบริเวณที่ทำงาน - ดูดจับฝุ่นเบาและรวบรวมฝุ่น โดยใช้ตู้ดูดฝุ่น
แผนกซ่อม	- ดูดจับฝุ่นเบาและรวบรวมฝุ่น โดยใช้ตู้ดูดฝุ่น - ใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อถ่ายเทฝุ่นไปยังบริเวณตู้ดูดฝุ่น
แผนกขัดและเจาะ	- ใช้การรวบรวมฝุ่น (กวาดด้วยไม้กวาด) - ใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อถ่ายเทฝุ่นไปยังบริเวณตู้ดูดฝุ่น





รูปที่ 2.2 กระบวนการขัดแต่งผิวมัน



รูปที่ 2.3 กระบวนการโป้ว (Putty/Sanding)

#### 2.4 การประเมินสมบัติการไหลของฝุ่น

ในการออกแบบอุปกรณ์จำพวกเครื่องป้อน (Feeder), ฮอปเปอร์ หรือ ถังบรรจุ (Bin) ที่ใช้ในโรงงาน มักประสบปัญหาเกี่ยวกับการไหลตัวของวัสดุ ดังนั้นจึงมีการตั้งค่ามาตรฐานต่างๆ เพื่อป้องกันถึงลักษณะสมบัติของการไหล (Flow Characteristics) ทำให้สามารถจำแนกและแก้ปัญหการไหลของวัสดุได้ โดยสามารถแบ่งชนิดการไหลของของแข็งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (จักรกฤษณ์ แยมเกตต์, 2541)

1. การไหลอย่างอิสระ (Free Flow) : เป็นการไหลที่ค่อนข้างคงที่ สม่ำเสมอ สามารถควบคุมได้โดยง่าย อนุภาคที่มีลักษณะการไหลแบบนี้ ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีแอกติวิตีของผิว (Surface Activity) ต่ำ รูปร่างไม่ไซทรงกลมและการกระจายขนาดไม่สม่ำเสมอ มีความแข็งแรงสูง ไม่มีผลของไฟฟ้าสถิต ไม่เกิดการจับตัวเนื่องจากความชื้นในอากาศ และอนุภาคมีความหนาแน่นสูง

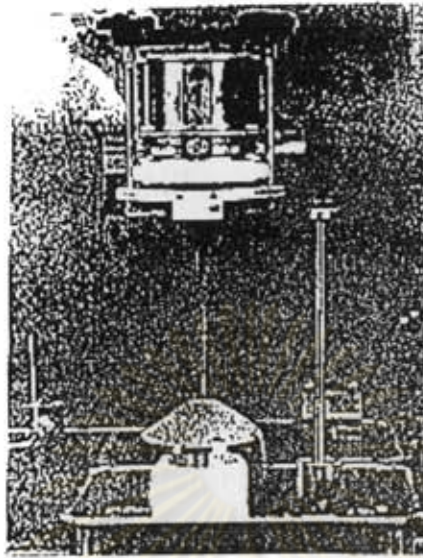
2. การไหลแบบบ่าทะเล (Floodable Flow) : เป็นการไหลที่ไม่นิ่ง ไม่สม่ำเสมอ ค่อนข้างคล้ายกับของเหลวเมื่อเริ่มไหล มีการฟุ้งกระจายและควบคุมการไหลให้สม่ำเสมอได้ยาก อนุภาคที่มีลักษณะการไหลแบบนี้ ได้แก่ อนุภาคที่มีพื้นที่ผิวค่อนข้างมาก (แต่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคค่อนข้างน้อย) มีสมบัติดูดซับอากาศได้ดี ลักษณะเป็นทรงกลมและมีการกระจายขนาดแบบเท่ากัน ไม่เกาะรวมกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ ไม่เกิดการจับตัวเนื่องจากความชื้นในอากาศ และมีรูพรุนภายในอนุภาคค่อนข้างมาก

#### Carr's Flowability Index

R. L. Carr Jr. (1965) ได้พัฒนาระบบในการประเมินสมบัติการไหลของวัสดุผง โดยการวัดลักษณะสมบัติต่างๆของผงมาตรฐานหลายชนิด แล้วนำมาประเมินเป็นค่าดัชนี ดังนี้

1. การประเมินค่าดัชนีการไหล (Flowability Index) : จะประเมินจากสมบัติ 4 อย่างของวัสดุ ได้แก่ ค่ามุมขณะสงบ (Angle of Repose), มุมบนพายตัก (Angle of Spatula), ความอัดตัว (Compressibility) และ ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) หรือ ความสม่ำเสมอ (Uniformity)

1.1) มุมขณะสงบ (Angle of Repose) : เป็นมุมที่ผิวด้านข้างของกองอนุภาคของแข็งที่ก่อตัวบนจานรองรับ ทำกับแนวระดับ หลังจากปล่อยอนุภาคให้ตกจากตะแกรงสั่น (Vibrating Screen) ผ่านกรวยแก้วแล้วตกอย่างอิสระลงบนจานรองรับ อนุภาคที่มีค่านี้นิ่งต่ำ จะแสดงถึงความสามารถในการไหลที่สูงขึ้น (คล้ายของเหลวมากขึ้น) และแสดงถึงความสามารถในการฟุ้งที่สูงขึ้นด้วย

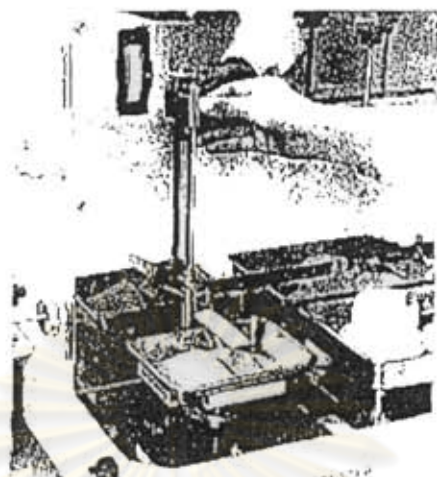


รูปที่ 2.4 Measurement of angle of repose

1.2) มุมบนพายดัก (Angle of Spatula) : เป็นมุมระหว่างผิวด้านข้างของกองอนุภาค กับแนวระดับ โดยในการวัด จะสอดพายโลหะ (Spatula) ขนาด  $5 \times 7/8$  นิ้ว เข้าไปได้กองวัสดุ แล้วยกขึ้นมาตรงๆในแนวตั้งอย่างนิ่มนวล แล้วทำการวัดมุมระหว่างแนวระดับกับผิวด้านข้างของกองอนุภาคที่อยู่บนพายโลหะ จากนั้นเคาะพายโลหะเบาๆแล้วทำการวัดมุมอีกครั้งหนึ่ง ค่าเฉลี่ยของมุมที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง คือ ค่ามุมบนพายดัก (Angle of Spatula) วัสดุโดยทั่วไปจะมีค่ามุมบนพายดักสูงกว่าค่ามุมขณะสงบ ยกเว้นวัสดุที่มีสมบัติการไหลอย่างอิสระสูงๆ วัสดุที่มีค่ามุมบนพายดักสูง จะมีสมบัติการไหลที่ต่ำ สำหรับวัสดุที่มีลักษณะการไหลอย่างอิสระ ค่ามุมบนพายดัก จะมีค่าไม่เกิน  $40^\circ$

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 2.5 Measurement of angle of spatula

1.3) ความอัดตัว (Compressibility) : สามารถคำนวณได้จาก

$$\% \text{ Compressibility} = 100 \times (P - A) / A \quad (2.6)$$

โดยที่

A = Aerated Bulk Density (ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวม) เป็นความหนาแน่นที่ได้จากน้ำหนักของอนุภาคที่ถูกปล่อยให้ตกลงมาอย่างอิสระภายในด้วยบรรจุที่มีขนาดตามที่กำหนด (กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร)

P = Packed Bulk Density (ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด) เป็นความหนาแน่นของอนุภาคที่ได้จากการกระแทกด้วยบรรจุที่มีอนุภาคอยู่ภายในด้วยจำนวนครั้งที่คงที่และความสูงตามที่กำหนด (กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร)

ค่าความอัดตัวที่มากขึ้น บอถึงความสามารถในการไหลที่ลดลง

1.4) ความเกาะกัน (Cohesiveness) และ ความสม่ำเสมอ (Uniformity) : ปกติแล้ว จะเลือกใช้เพียงค่าเดียวในการคำนวณหาค่าดัชนีการไหล โดยค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) จะใช้กับอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ส่วนค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity) มักใช้กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ หรือ แกรนูล

- ความเกาะกัน (Cohesiveness) เป็นสิ่งบอกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่กระทำต่อกันในเชิงกายภาพที่บริเวณผิวของอนุภาค ในการทดลองสามารถหาค่านี้ได้จากอนุภาคที่ค้างอยู่บนตะแกรงที่มีช่องเปิดขนาดต่างๆ หลังผ่านการให้ความสั่นสะเทือนด้วยแอมพลิจูดที่กำหนดในช่วงระยะเวลาคงที่หนึ่งๆ ซึ่งเป็นการหาปริมาณของพลังงานที่จำเป็นในการแยกกลุ่มอนุภาคออกจากกัน วัสดุที่มีค่านี้สูง จะมีสมบัติการไหลที่ต่ำ

- ความสม่ำเสมอ (Uniformity) สามารถหาได้จาก

$$\text{ความสม่ำเสมอ} = \frac{\text{ขนาดของอนุภาคที่ 60\% ของมวลอนุภาคที่ลอคผ่านตะแกรงได้}}{\text{ขนาดของอนุภาคที่ 10\% ของมวลอนุภาคที่ลอคผ่านตะแกรงได้}}$$

วัสดุที่มีค่านี้สูง จะมีสมบัติการไหลที่ต่ำ

การหาค่าดัชนีการไหล สามารถประเมินได้จากปัจจัยต่างๆข้างต้นที่วัดได้ โดยนำมาเทียบเป็นค่าดัชนีจากตาราง แล้วนำเอาค่าดัชนีเหล่านี้มารวมกัน (ดูตารางที่ 2.3)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 Evaluation of flowability index

Degree of Flowability	Flowability Index	Necessity of Bridge-breaking measure	Angle of Repose		Compressibility		Angle of Spatula		Uniformity		Cohesion	
			Degree	Index	%	Index	Degree	Index	No.	Index	%	Index
Very Good	90 – 100	Not required	≤ 25	25	≤ 5	25	≤ 25	25	1	25		
			26 – 29	24	6 – 9	23	26 – 30	24	2 – 4	23		
			30	22.5	10	22.5	31	22.5	5	22.5		
Fairly Good	80 – 89	Not required	31	22	11	22	32	22	6	22		
			32 – 34	21	12 – 14	21	33 – 37	21	7	21		
			35	20	15	20	38	20	8	20		
Good	70 – 79	Sometimes Vibrator is required	36	19.5	16	19.5	39	19.5	9	19.5		
			37 – 39	18	17 – 19	18	40 – 44	18	10 – 11	18		
			40	17.5	20	17.5	45	17.5	12	17.5		
Normal	60 – 69	Bridging will take place at the Marginal point	41	17	21	17	46	17	13	17		
			42 – 44	16	22 – 24	16	47 – 59	16	14 – 16	16		
			45	15	25	15	60	15	17	15	≤ 6	15
Not Good	40 – 59	Required	46	14.5	26	14.5	61	14.5	18	14.5	6 – 9	14.5
			47 – 54	12	27 – 30	12	62 – 74	12	19 – 21	12	10 – 29	12
			55	10	31	10	75	10	22	10	30	10
Bad	20 – 39	Powerful measure should be provided	56	9.5	32	9.5	76	9.5	23	9.5	31	9.5
			57 – 64	7	33 – 36	7	77 – 89	7	24 – 26	7	32 – 54	7
			65	5	37	5	90	5	27	5	55	5
Very Bad	0 – 19	Special apparatus and techniques are required	66	4.5	38	4.5	91	4.5	28	4.5	56	4.5
			67 – 89	2	39 – 45	2	92 – 99	2	29 – 35	2	57 – 79	2
			90	0	≥ 45	0	≥ 99	0	≥ 35	0	≥ 79	0



2) การประเมินค่าดัชนีการไหลทะลัก (floodability Index) : ค่านี้บอกถึงแนวโน้มการไหลทะลักที่คล้ายกับของไหล และยังบ่งบอกถึงความสามารถในการฟลูอิดไซในอากาศ โดยสามารถประเมินค่านี้ได้จากลักษณะสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ค่าดัชนีการไหล (Flowability Index), มุมหลังตก (Angle of Fall), มุมผลต่าง (Angle of Difference) และค่าการแผ่กระจาย (Dispersibility)

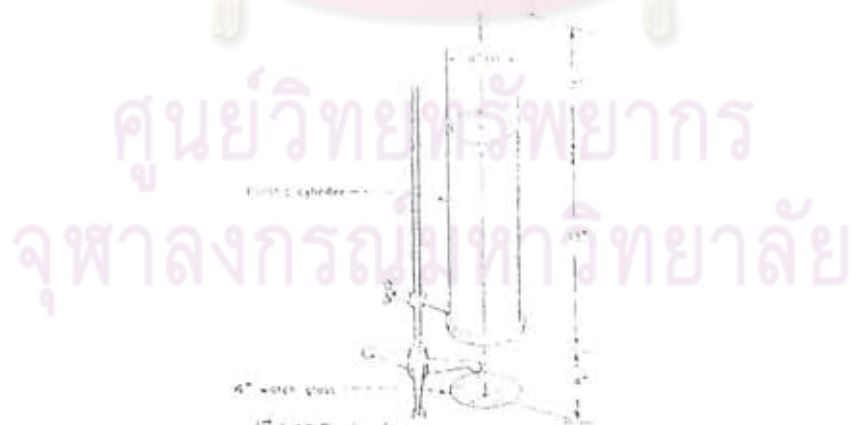
2.1) ค่าดัชนีการไหล (Flowability Index) : หาได้จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยถ้าอนุภาคมีค่าดัชนีการไหลมาก จะทำให้มีค่าดัชนีการไหลทะลักสูงขึ้นตามไปด้วย

2.2) มุมหลังตก (Angle of Fall) : เป็นมุมของผิวด้านข้างของกองอนุภาคของแข็งที่ก่อตัวได้บนจานรองรับ หลังจากได้รับแรงสั่นสะเทือนตามขนาดแรงที่กำหนด อนุภาคที่มีค่านี้ต่ำ จะมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูง

2.3) มุมผลต่าง (Angle of Difference) : เป็นผลต่างระหว่างค่ามุมขณะสงบ (Angle of Repose) กับ ค่ามุมหลังตก (Angle of Fall) อนุภาคที่มีค่านี้สูง จะมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูง

2.4) ค่าการแผ่กระจาย (Dispersibility) : เป็นการวัดค่าความสามารถของวัสดุที่จะทำการฟลูอิดไซ หรือมีสมบัติการไหลแบบป่าทะลัก (Floodable Flow) โดยสามารถหาได้จากการปล่อยอนุภาคที่มีมวลคงที่จำนวนหนึ่ง จากความสูงที่กำหนดลงบนแผ่นกระจกนาฬิกา (Watch Glass) ผ่านกระบอกแก้ว ดังรูปที่ 2.25

การประเมินค่าดัชนีการไหลทะลัก สามารถหาได้จากตารางเช่นเดียวกัน (ดูตารางที่ 2.4 )

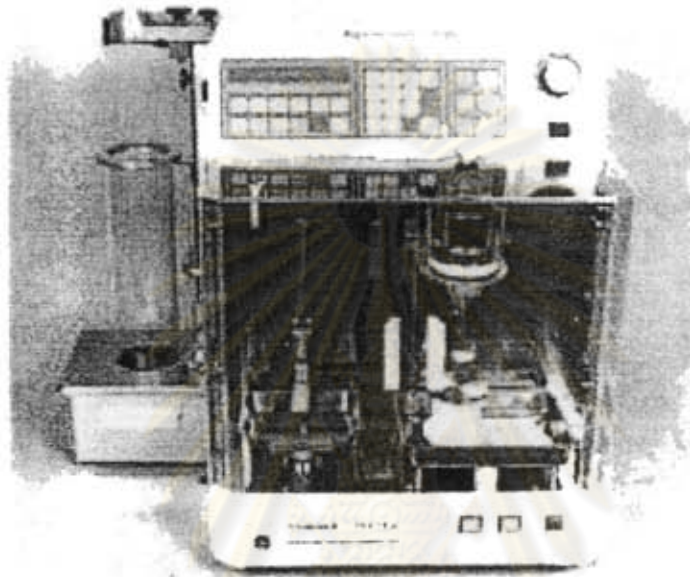


รูปที่ 2.6 Device for measuring dispersibility

ตารางที่ 2.4 Evaluation of floodability index

Degree of Floodability	Floodability Index	Measure for Flushing Prevention	Flowability		Angle of fall		Angle of Difference		Dispersibility	
			Index from (Table 2.5)	Index	Degree	Index	Degree	Index	%	Index
Very High	80 – 100	Rotary seal must be used	≥60	25	≤ 10	25	≥ 30	25	≥ 50	25
			59 – 56	24	11 – 19	24	29 – 28	24	49 – 44	24
			55	22.5	20	22.5	27	22.5	43	22.5
			54	22	21	22	26	22	42	22
			53 – 50	21	22 – 24	21	25	21	41 – 36	21
			49	20	25	20	24	20	35	20
Fairly High	60 – 79	Rotary seal is required	48	19.5	26	19.5	23	19.5	34	19.5
			47 – 45	18	27 – 29	18	22 – 20	18	33 – 29	18
			44	17.5	30	17.5	19	17.5	28	17.5
			43	17	31	17	18	17	27	17
			42 – 40	16	32 – 39	16	17 – 16	16	26 – 21	16
			39	15	40	15	15	15	20	15
Tends to flush	40 – 59	Sometimes rotary seal is required	38	14.5	41	14.5	14	14.5	19	14.5
			37 – 34	12	42 – 49	12	13 – 11	12	18 – 11	12
			33	10	50	10	10	10	10	10
May flush	25 – 39	Rotary seal is necessary depending on flow speed and feeding conditions	32	9.5	51	9.5	9	9.5	9	9.5
			31 – 29	8	52 – 56	8	8	8	8	8
			28	6.25	57	6.25	7	6.25	7	6.25
Won't flush	0 – 24	Not required	27	6	58	6	6	6	6	6
			26 – 23	3	59 – 64	3	5 – 1	3	5 – 1	3
			> 23	0	< 64	0	0	0	0	0

ในรูปที่ 2.7 เป็นรูปของเครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) ซึ่งใช้หาค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็กของอนุภาค ซึ่งสร้างและพัฒนาขึ้นมาตามวิธีการประเมินการไหลตัวของคาร์ โดยสามารถวัดและคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในการประเมินการไหลตัว ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 2.7 Powder characteristic tester

## 2.5 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ สามารถกำจัดมลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน ความชื้นและอื่นๆให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงานและให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่ [สุทิน อยู่สุข, 2533]

ประสิทธิภาพการระบายอากาศ คือ อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของอากาศที่ปล่อยออก(exhaust air)กับความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนในที่ว่าง (Occupied spaces) [Industrial Ventilation Design Guidebook]

การระบายอากาศจะเกี่ยวข้องกับสมบัติของอากาศต่างๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาร่วมกับวิธีการระบายอากาศมีดังต่อไปนี้



## 1 ลักษณะสมบัติของอากาศบริสุทธิ์ [สุทิน อยู่สุข,2533]

คำว่าอากาศบริสุทธิ์ที่ใช้ในเรื่องของการระบายอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (dilution ventilation) นั้น หมายความว่าถึงอากาศภายนอกอาคารโดยทั่วไป และแม้ว่าตามความเป็นจริงแล้วสมบัติของอากาศภายนอกอาคารนั้นจะแตกต่างกันไปบ้างตามสถานที่ เช่น ในเมือง ในย่านอุตสาหกรรม หรือนอกเมืองในชนบทต่างๆ เป็นต้น ซึ่งในชุมชนที่มีลักษณะเป็นย่านอุตสาหกรรมหรือในเมืองใหญ่ อากาศภายนอกอาคารมักจะมีมลพิษทางอากาศปะปนอยู่ด้วยเสมอไม่มากก็น้อย มลพิษทางอากาศเหล่านี้ส่วนใหญ่ ได้แก่ พวกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น อนุภาคก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามโดยหลักการแล้วมลพิษในบรรยากาศเหล่านี้จะต้องถูกควบคุมให้มีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายนอกอาคารที่กำหนดไว้เพื่อความปลอดภัยของประชาชนโดยทั่วไป ซึ่งหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศนี้ ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของอากาศตามธรรมชาติซึ่งถือว่าเป็นอากาศบริสุทธิ์

องค์ประกอบ	ปริมาณในอากาศ (ppm)
ไนโตรเจน	780,900
ออกซิเจน	209,400
อาร์กอน	9,300
คาร์บอนไดออกไซด์	315
นีออน	28
ฮีเลียม	5.2
มีเทน	1.0-1.2
คริปทอน	1.0
ไนตรัสออกไซด์	0.5
ไฮโดรเจน	0.5
เซนอน	0.08
ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.02
โอโซน	0.01-0.04

## 2 การเลือกใช้มาตรฐานคุณภาพอากาศตามวัตถุประสงค์

2.1) มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มุ่งหวังเพื่อป้องกันอันตรายจากมลพิษทางอากาศให้กับประชาชน โดยทั่วไปในชุมชน ซึ่งมีทั้งผู้ที่สุขภาพร่างกายแข็งแรง อ่อนแอ คนเจ็บ คนชรา และเด็กซึ่งเป็นกลุ่มคนที่ไวต่อการเกิดอันตรายจากมลพิษทางอากาศ และระยะเวลาสัมผัสกับมลพิษในกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้ตลอด 24 ชั่วโมง และอาจจะทุกๆวัน หากมีมลพิษนั้นอยู่ในอากาศ

2.2) มาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานประกอบการ กลุ่มเป้าหมายที่จะป้องกันอันตรายให้ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงาน โดยมีโอกาสสัมผัสกับมลพิษเฉพาะในช่วงเวลาทำงาน คือ 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 5 วันใน 1 สัปดาห์

## 3 มาตรฐานคุณภาพอากาศภายในสถานประกอบการ

อากาศในสถานประกอบการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ย่อมจะต้องมีมลพิษที่เกิดขึ้นและถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศจากขั้นตอนต่างๆของการดำเนินงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่เป็นเรื่องที่ควบคุมได้ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในสถานประกอบการขึ้น

## 4 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของอากาศที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับระบบระบายอากาศมีดังนี้

4.1) ถือว่า อากาศที่ไหลในท่อลมของระบบระบายอากาศเป็น incompressible fluid

4.2) อากาศมาตรฐาน (standard air) คือ อากาศที่อุณหภูมิ 75 องศาฟาเรนไฮต์ (23.89 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ที่ความดัน 29.29 นิ้วปรอท (1 atm) ที่สภาวะดังกล่าวนี้ อากาศมีความหนาแน่น 0.075 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ )

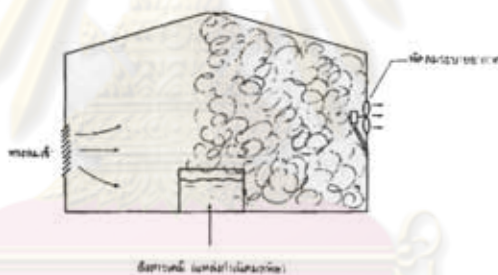
4.3) ในกรณีที่อากาศจริงในระบบระบายอากาศมีอุณหภูมิระหว่าง 40 องศาฟาเรนไฮต์ (4.44 องศาเซลเซียส) ถึง 100 องศาฟาเรนไฮต์ (37.78 องศาเซลเซียส) ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง -1000 (305 เมตร) ถึง +100 ฟุต (30.5 เมตร) แล้ว ให้ใช้ค่าความหนาแน่นของอากาศมาตรฐานคือ 0.075 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ ) นอกเหนือจากนี้แล้วจะต้องคำนวณความหนาแน่นอากาศใหม่และใช้ตามความเป็นจริง [สุทิน อยู่สุข, 2533]

การระบายอากาศที่ใช้เพื่อป้องกันอันตรายและ/หรือความเดือดร้อนรำคาญ ซึ่งอาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จำแนกออกเป็น 2 ชนิด ทั้งนี้โดยพิจารณาจากหลักการที่ใช้ในการดำเนินการ การระบายอากาศทั้งสองชนิดดังกล่าว ได้แก่

### 2.5.1 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (Dilution Ventilation)

เป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอากาศภายในสถานประกอบการ โดยการทำให้เจือจางด้วยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก จนกระทั่งมลพิษดังกล่าวมีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ (เช่น กลิ่นอันไม่พึงประสงค์)

นอกจากนั้นอันตรายต่อสุขภาพเนื่องจากมลพิษทางอากาศแล้ว การระบายอากาศแบบนี้ยังใช้ได้ดีในการป้องกันและควบคุมปัญหาเกี่ยวกับความร้อน ความชื้นและอันตรายจากการระเบิดเนื่องจากสารเคมีบางประเภทอีกด้วย



รูปที่ 2.8 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

ข้อจำกัดของการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง การระบายอากาศแบบนี้มีข้อจำกัดที่จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้ คือ

- 1 ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่อากาศในสถานประกอบการจะต้องมีไม่มากนัก มิฉะนั้นจะต้องใช้อากาศบริสุทธิ์ด้วยปริมาณที่มากเกินไปจนเหมาะสม เพื่อให้มลพิษเจือจางจนมีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ปี 2515 ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.7



2 มลพิษที่จะควบคุมนั้นควรจะเป็นพิษต่ำหรือค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้นในข้อ 1

3 อัตราการเกิดและเข้าปนเปื้อนกับอากาศของมลพิษควรจะคงที่หรือมีความแปรเปลี่ยนไม่มากนัก

4 ผู้ปฏิบัติงานจะต้องอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษในระยะที่เพียงพอที่จะทำให้มลพิษนั้นเจือจางลงจนถึงระดับที่ปรับได้ ก่อนที่จะเคลื่อนมาถึงตัวผู้ปฏิบัติงานนั้น

### ข้อดีของการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

1 เมื่อเปรียบเทียบกับการระบายอากาศแบบเฉพาะแห่งแล้ว การระบายอากาศแบบทำให้เจือจางนี้จัดทำได้ง่ายกว่า อาศัยความรู้น้อยกว่า

2 เป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในกรณีที่สถานการณ์เอื้ออำนวยให้สามารถใช้การระบายอากาศแบบนี้ได้

3 ใช้ได้ผลดีในการควบคุมมลพิษประเภทที่มีสถานะเป็นไอและก๊าซ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไอที่เกิดจากการระเหยของสารละลายอินทรีย์เคมี

4 ไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ เพื่อลดระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ ก่อนที่จะถูกถ่ายเทออกจากสถานประกอบการสู่บรรยากาศภายนอก

### ข้อเสียของการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

1 การระบายอากาศแบบนี้มิได้เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกไปจากบริเวณปฏิบัติงาน หากเป็นแต่เพียงลดปริมาณความเข้มข้นของมลพิษให้อยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งกำหนดไว้เพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ถ้าการจัดการเกี่ยวกับ (1) ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่ต้องใช้เพื่อทำให้มลพิษเจือจางลง และ (2) ทางเข้าของอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก ทางออกของอากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษจากภายใน ตลอดจนการเคลื่อนไหวของอากาศภายในสถานประกอบการนั้นไม่ถูกต้องและเหมาะสมตามที่ควรจะเป็นแล้ว อันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานจะยังคงไม่หมดไป

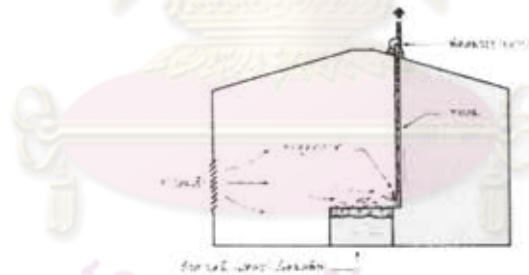
2 การระบายอากาศแบบนี้มักจะใช้ไม่ค่อยได้ผลกับมลพิษประเภทฝุ่นและฝุ่น ทั้งนี้เพราะมลพิษเหล่านี้มักมีอัตราการเกิดและเข้าปนเปื้อนกับอากาศด้วยปริมาณค่อนข้างสูง และมี

ความแปรเปลี่ยนมาก รวมทั้งเหตุที่ว่ามลพิษที่อยู่ในสถานะดังกล่าวมักมีระดับความเป็นพิษสูงด้วย

3 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง จะต้องเคลื่อนย้ายอากาศเข้าและออกจากอาคารสถานประกอบการ ด้วยปริมาณที่มากกว่าการระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง ดังนั้นในกรณีที่ต้องมีการปรับอากาศ (อุณหภูมิและความชื้น) ในสถานที่นั้นด้วยแล้ว การระบายอากาศแบบนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงกว่า

### 2.5.2 การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง (Local Exhaust Ventilation)

เป็นการระบายอากาศเพื่อที่จะป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ และควบคุมปัญหาเดือดร้อนรำคาญสถานประกอบการ เช่นเดียวกันกับการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง แต่มีหลักการและวิธีการแตกต่างออกไป กล่าวคือการระบายอากาศแบบเฉพาะที่อาศัยหลักการดูดระบายมลพิษ พร้อมทั้งอากาศที่ถูกปนเปื้อนออกจากบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดโดยตรง ก่อนที่มลพิษนั้นจะเข้าปนเปื้อนกับอากาศส่วนใหญ่ของห้อง ทั้งนี้ด้วยการทำงานของ ระบบระบายอากาศ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ท่อดูดอากาศ(hoods) ท่อลม (ducts) และพัดลมระบายอากาศ(exhaust fan)(รูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง

#### ข้อดีของการระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง

- 1 เป็นวิธีการที่มุ่งกำจัดเอามลพิษที่เกิดขึ้นออกไปจากบริเวณทำงาน จึงให้ผลในด้านการควบคุมได้ดีและปลอดภัย
- 2 ใช้ได้ผลดีกับมลพิษในทุกสถานะไม่ว่าจะเป็นไอ ก๊าซ ฝุ่น หรือฟุ้ง และไม่ว่ามลพิษนั้นจะมีอัตราการเกิดและระดับความเป็นพิษมากน้อยประการใด

## ข้อเสียของการระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง

1 ต้องการพื้นฐานความรู้และประสบการณ์สูงในการออกแบบระบบระบายอากาศแบบนี้ ต้องการบุคลากรที่ได้รับการศึกษา ฝึกอบรมมาดีพอสมควรในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบระบายอากาศแบบนี้

2 โดยทั่วไปแล้วสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดสร้าง และดำเนินการมากกว่าการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

3 ข้อจำกัดเนื่องจากการปรับแก้เครื่องจักรหรือสถานที่สำหรับติดตั้งระบบระบายอากาศ

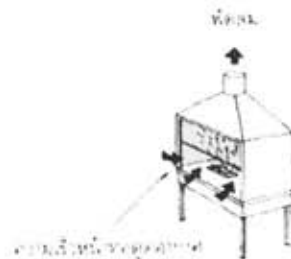
### 2.5.3 ท่อดูดในระบบระบายอากาศ (Hood)

ท่อดูดอากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบระบายอากาศ ท่อดูดอากาศอาจมีรูปร่าง ลักษณะและการทำงานที่แตกต่างกันออกไปได้มากมาย แต่ก็สามารถรวมกลุ่มและจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ

#### 1. เอนโคลสเชอร์ (Enclosure)

เป็นท่อดูดอากาศที่งานหรือขั้นตอนของงานซึ่งปล่อยมลพิษออกมานั้นถูกจัดให้อยู่ภายในตัวท่อดูดอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าท่อดูดอากาศชนิดนี้ครอบคลุมงานหรือขั้นตอนของงานซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศเอาไว้ภายในตัวท่อดูดอากาศทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ตู้ควันในห้องปฏิบัติการเคมี เป็นต้น (รูปที่ 2.10) โดยการเปรียบเทียบแล้วท่อดูดอากาศชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมได้ดีที่สุด และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของระบบระบายอากาศน้อยที่สุด เพราะต้องการปริมาณลมที่จะพาเอามลพิษจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ระบบระบายอากาศไม่มากนัก เนื่องจากมลพิษอยู่ในตัวท่อดูดอากาศอยู่แล้ว จึงสมควรได้รับการพิจารณาเลือกใช้เป็นอันดับแรกสำหรับระบบระบายอากาศ อย่างไรก็ตาม ในหลายกรณีไม่สามารถใช้ท่อดูดอากาศประเภทนี้ได้ เพราะข้อจำกัดเกี่ยวกับกรรมวิธีและการปฏิบัติงาน



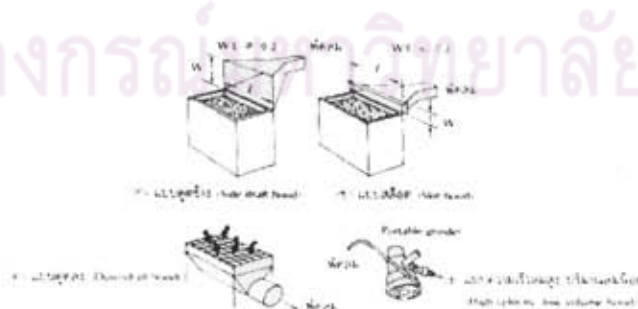


รูปที่ 2.10 ตู้ดูดอากาศประเภทเอนโคลสเซอร์

สำหรับตู้ดูดอากาศแบบเอนโคลสเซอร์นี้ สิ่งที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการพิจารณา ออกแบบก็คือ ความเร็วลมที่ผ่านช่องเปิดของตู้ดูดอากาศเข้าสู่ตัวตู้ดูดอากาศซึ่งเรียกว่า ความเร็วหน้าตู้ดูดอากาศ (face velocity) หากความเร็วหน้าตู้ดูดอากาศต่ำเกินไปลมมลพิษที่เกิดขึ้นภายในตู้ดูดอากาศจะทะลักออกมาจากช่องเปิดของตู้ดูดอากาศนั้น และเข้าสู่อากาศ ภายในสถานประกอบการได้

## 2. ตู้ดูดอากาศแบบแคปเจอร์ริง (Capturing hoods)

เป็นตู้ดูดอากาศที่งานหรือขั้นตอนของงานซึ่งปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศนั้นอยู่ห่าง ออกไปนอกตัวตู้ดูดอากาศ ดังนั้นเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในการควบคุมมลพิษที่ตู้ดูดอากาศดังกล่าวจะต้องสามารถสร้างแรงดูด ซึ่งมากพอที่จะทำให้อากาศและมลพิษตรงบริเวณที่ต้องการ ควบคุมเกิดความเร็วขึ้น จนกระทั่งได้เป็นความเร็วที่ต้องการในทิศทางที่เคลื่อนเข้าสู่ตู้ดูด อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รูปที่ 2.11)



รูปที่ 2.11 ตู้ดูดอากาศแบบแคปเจอร์ริงแบบต่างๆ

ความเร็วของอากาศและมลพิษซึ่งเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อดูดอากาศ ณ จุดควบคุมซึ่งอยู่ไกลจากท่อดูดอากาศมากที่สุดนี้ เรียกว่า ความเร็วจับ หรือ แคปเจอร์เวโลซิตี (capture velocity) ตารางที่ 2.6 แสดงตัวอย่างความเร็วจับที่แนะนำให้ใช้เพื่อควบคุมมลพิษจากกรรมวิธีต่างๆในงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.6 ความเร็วจับที่แนะนำให้ใช้เพื่อควบคุมมลพิษจากกิจกรรมประเภทต่างๆ

ภาวะการเกิดมลพิษและการเคลื่อนที่ของอากาศในห้อง	ตัวอย่าง	ความเร็วจับ(ฟุต/นาที)*
1มลพิษเกิดโดยไม่มีความเร็วต้น อากาศในห้องสงบ	การระเหยของไอเคมีจากถัง	50-100
2 มลพิษเกิดด้วยความเร็วต้นต่ำ อากาศในห้องเคลื่อนไหวบ้างปานกลาง	การพ่นสี การบรรจุสารลงภาชนะ การขนถ่ายด้วยสายพาน การทำความสะอาดผิวโลหะในถังสารเคมี	100-200
3 มลพิษเกิดโดยมีความเร็วต้นสูง อากาศในห้องเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูง	การพ่นสีในบูธต่างๆการบรรจุสารลงถัง การขนถ่ายวัสดุด้วยสายพานความเร็วสูง การบัดวัสดุ	200-500
4 มลพิษเกิดด้วยความเร็วต้นสูง อากาศในห้องมีความเร็วสูงมากด้วย	การเจียร การพ่นทรายทำความสะอาดโลหะ	100-200

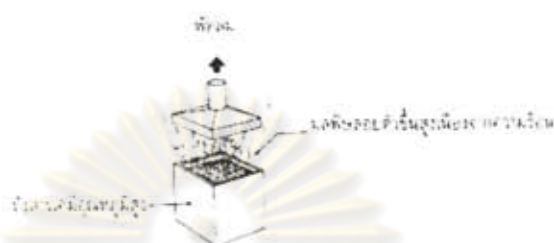
หมายเหตุ \*การพิจารณาเลือกใช้ความเร็วจับในช่วงที่ต่ำหรือสูงตามข้อแนะนำนั้นขึ้นอยู่กับ

1. ความเร็วลมในห้อง
2. ความเป็นพิษของมลพิษที่ควบคุม
3. อัตราการเกิดของมลพิษและ
4. ขนาดท่อดูดอากาศ

### 3. ท่อดูดอากาศแบบรีซีฟวิง (Receiving hoods)

เป็นท่อดูดอากาศที่งานหรือขั้นตอนของงานซึ่งปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศอยู่ภายนอกท่อดูดอากาศเช่นกัน ต่างกันในประเด็นที่ว่าออกแบบมาเพื่อใช้ในกรณีที่มีมลพิษถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด โดยมีความเร็วต้นสูงไปในทิศทางใดทางหนึ่ง ท่อดูดอากาศชนิดนี้จะถูกติดตั้ง

ตั้งไว้ในทิศทางเคลื่อนที่ของมลพิษจากแหล่งกำเนิดนั้น โดยหันปากท่อดูดอากาศให้เปิดรับการไหลของมลพิษเข้าสู่ท่อดูดอากาศ (รูปที่ 2.12) ด้วยการติดตั้งท่อดูดอากาศในลักษณะนี้จะทำให้มลพิษที่เกิดขึ้นถูกดูดรวบรวมเข้าสู่ระบบระบายอากาศได้ดีกว่าและประหยัดกว่าอีกด้วย



รูปที่ 2.12 ท่อดูดอากาศแบบรีซีฟิง

## 2.6 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นแบบสครับเบอร์(แบบเปียก)

การควบคุมมลภาวะที่แหล่งเกิดโดยวิธีสครับด้วยของเหลว (Liquid Scrubbing) เป็นการกำจัดมลสารทั้งในสภาวะก๊าซ ไอและหรืออนุภาคออกจากก๊าซทิ้งโดยอาศัยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว สิ่งที่แตกต่างกันกับวิธีเก็บฝุ่นวิธีอื่นๆก็ในแง่ที่ว่าการทำงานจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือการเก็บมลสารด้วยของเหลวที่ใช้สครับ และการแยกของเหลวที่ใช้สครับออกจากกระแสก๊าซออก เนื่องจากใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการเก็บมลสาร

ความสามารถของเครื่องสครับเบอร์จะถูกกำหนดโดยอัตราการไหลสูงสุดที่เครื่องสครับเบอร์ไม่อาจทำงานได้ เพราะเกิดการพาของเหลวหนีโดยก๊าซในปริมาณมากเกินไป หรือจนหมด หรือเพราะความดันสูญเสียมีค่ามากเกินไป กฎทั่วไปก็คือ ความสูง(หรือความยาว)ของเส้นทางที่ใช้สครับก๊าซจะต้องเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่วนพื้นที่หน้าตัดของเครื่องจะต้องใช้โตขึ้น ถ้าต้องการความสามารถสูงขึ้น

### 2.6.1 กลไกของการจับเก็บฝุ่น

ในการศึกษาสมรรถภาพระบบกำจัดฝุ่นดังกล่าวจะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกลไกของการจับฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำ กลไกหลักของการจับฝุ่นด้วยหยดละอองน้ำ มีรูปแบบดังนี้ (วิวัฒน์ และคานาโอะ, 2528)



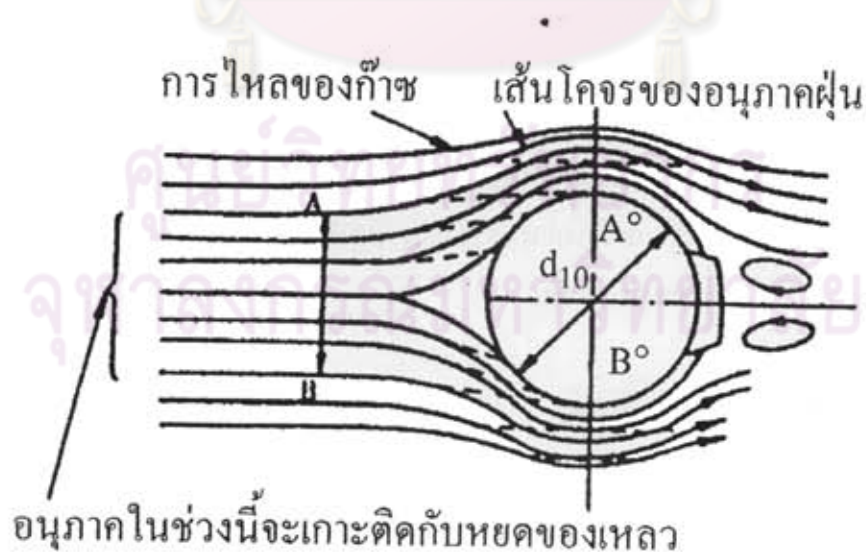
### 2.6.1.1 การกระทบด้วยแรงเฉื่อย (Inertial Impaction)

ในกรณีที่อนุภาคฝุ่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ไมโครเมตร หรือใหญ่กว่า การกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะมีผลอย่างชัดเจนที่สุดต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของหยดละอองน้ำที่ใช้ในการจับฝุ่น โดยในรูปที่ 2.13 แสดงหลักการที่ฝุ่นในกระแสก๊าซตกปรกชน และเกาะติดกับหยดของเหลวเนื่องจากแรงเฉื่อย

ตัวเลขไร้มิติที่นิยมใช้แสดงความมากน้อยของแรงเฉื่อย เรียกว่า พารามิเตอร์แรงเฉื่อย (Inertia Parameter)  $\psi$  ซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\psi = \frac{\rho_p D_p u_R}{18 \mu_a D_w} \quad (2.1)$$

เมื่อ	$u_R$	คือ	ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดละอองน้ำกับอนุภาคฝุ่น
	$D_w$	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ
	$D_p$	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่น
	$\mu_a$	คือ	ความหนืดของอากาศ
	$\rho_p$	คือ	ความหนาแน่นของอนุภาคฝุ่น



รูปที่ 2.13 หลักการที่ฝุ่นในกระแสก๊าซตกปรกชนและเกาะติดกับหยดของเหลวเนื่องจากแรงเฉื่อย

นั่นคือถ้าอนุภาคฝุ่นยังมีขนาดใหญ่ ความหนาแน่นยิ่งสูง และความเร็วสัมพัทธ์เมื่อเทียบกับหยดน้ำยิ่งสูงเท่าใด ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะยิ่งมีค่าสูงขึ้นด้วย

### 2.6.1.2 การแพร่ (Brownian Diffusion)

การแพร่เป็นกลไกที่มีบทบาทมากในการจับอนุภาคละเอียดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 ไมโครเมตร หรือเล็กกว่านั้น การเคลื่อนไหวของอนุภาคสกปรกจะเป็นแบบบราวเนียน (Brownian Motion) เพราะถูกชนตีโดยโมเลกุลของก๊าซที่อยู่รอบๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.14

ความเร็วที่อนุภาคเกาะติดผิวโดยการแพร่ จะแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion Coefficient) ของอนุภาคนั้น นั่นคือความเร็วของการเกาะติดผิวจะสูงขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลง(ละเอียดขึ้น) ปริมาณที่อนุภาคเกาะติดผิวจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณฝุ่นในก๊าซ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างอนุภาคฝุ่นกับหยดละอองน้ำและสัมประสิทธิ์การแพร่ของอนุภาค แต่จะแปรผกผันกับความหนืดของก๊าซ

ถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดเท่ากัน ปริมาณที่อนุภาคฝุ่นเกาะติดหยดของของเหลวโดยกลไกการแพร่จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำหรือเส้นใย และความเร็วของก๊าซมีค่าน้อยลง



รูปที่ 2.14 อนุภาคที่เคลื่อนไหวแบบบราวเนียน

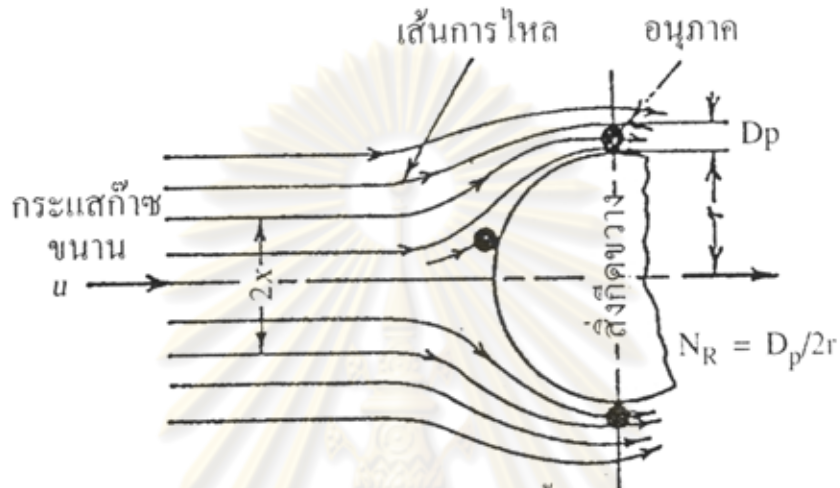
### 2.6.1.3 การสกัดกั้น (Interception)

กลไกการสกัดกั้นจะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการจับเก็บฝุ่น ไม่ว่าจะโดยกลไกการแพร่หรือกลไกการกระทบด้วยแรงเฉื่อย ถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดไม่เล็กจนเป็นจุดเมื่อเทียบกับสิ่งกีดขวาง

(เช่น ม่านน้ำ) ลักษณะที่อนุภาคสัมผัส และเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยกลไกการสกัดกันได้แสดงดังรูปที่ 2.15 และ 2.16

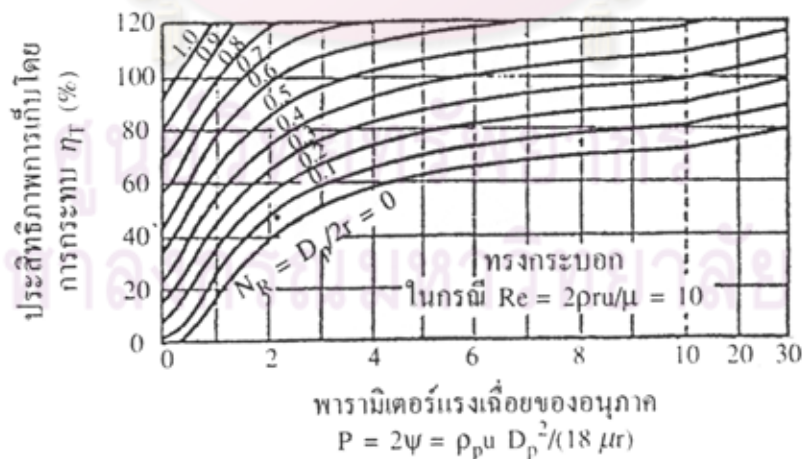
$$R = \frac{D_p}{D_w} \tag{2.2}$$

สรุปว่าประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคจะสูงขึ้นเมื่อ R มีค่าสูงขึ้น



ประสิทธิภาพการเก็บโดยการสกัดกัน  $\eta_i = (x/r) \times 100\%$

รูปที่ 2.15 ลักษณะที่อนุภาคสัมผัสและเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยกลไกการสกัดกัน



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยกับค่าพารามิเตอร์แรงเฉื่อยของอนุภาค



สรุปแล้วกลไกการสกัดกันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อย จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพจะสูงขึ้น เมื่อ R มีค่าสูงขึ้น อนึ่งข้อสรุปเดียวกันนี้สามารถใช้กับกรณีของการเก็บอนุภาคโดยการแพร่หรือกลไกอื่นๆด้วย

## 2.7 การวัดประสิทธิภาพของการควบคุม

โดยทั่วไป การบรรลุประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคที่ต้องการโดยใช้เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นเพียงอย่างเดียว เป็นสิ่งที่ทำได้ลำบาก ขึ้นกับลักษณะและความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่จะกำจัด ประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคฝุ่นสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\eta = \frac{W_e}{W_i} \times 100 \quad (2.3)$$

ในที่นี้  $\eta$  คือ ประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคฝุ่น (ร้อยละหรือ %)

$W_e$  คือ ปริมาณของอนุภาคที่เครื่องเก็บได้

$W_i$  คือ ปริมาณของอนุภาคที่เข้าเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่น

อย่างไรก็ดีในภาคปฏิบัติ จะคำนวณประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคฝุ่นจากสมการต่อไปนี้

$$\eta = \left[ 1 - \frac{W_o}{W_i} \right] \times 100 \quad (2.4)$$

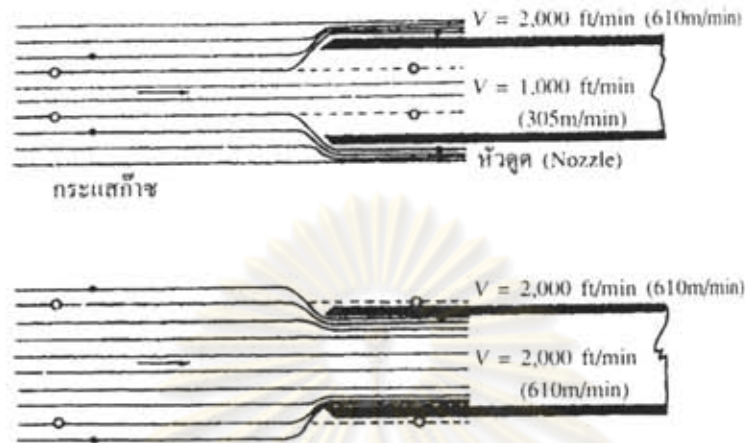
โดยที่  $W_i$  คือ ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในท่อที่ทางเข้าของเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่น

$W_o$  คือ ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในท่อทางออกของเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่น

## 2.8 การเก็บตัวอย่างอนุภาคมลสารแบบไอโซโคเนติก

ถ้าความเร็วที่เก็บตัวอย่างก๊าซ (ความเร็วในหัวดูดตัวอย่าง (Sampling Nozzle)) มีค่าไม่เท่ากับความเร็วของกระแสก๊าซ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง หรือถ้าทิศทางของหัวดูดตัวอย่างที่ไม่ตรงกับทิศทางการไหลมาของกระแสก๊าซ ตัวอย่างก๊าซที่ดูดเก็บได้อาจมีความเข้มข้นของอนุภาคมลสารไม่เท่ากับความเร็วที่แท้จริงในก๊าซทั้ง เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะอนุภาคขนาดยิ่งโตก็ยังมี

ความเฉื่อยมากกว่าของโมเลกุลก๊าซรอบๆ ดังนั้นจึงไม่อาจเบี่ยงเบนทิศทางอย่างกะทันหันตามเส้นทางการไหลของก๊าซรอบๆ ได้ (วัตสัน และ ซิกาโอะ, มลภาวะอากาศ, 2540)



รูปที่ 2.17 การเก็บตัวอย่างที่เลือกเก็บอนุภาค เนื่องจากไม่เป็นแบบไอโซโคเนติก

รูปบนของรูปที่ 2.17 แสดงกรณีที่ความเร็วของก๊าซในหัววัดตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าความเร็วของก๊าซข้างเคียงในปล่อง เมื่อเป็นเช่นนั้น ส่วนหนึ่งของกระแสก๊าซที่วิ่งเข้าหาหัววัดด้วยความเร็วที่สูงกว่า จะถูกเบนทิศทางไปรอบๆหัววัด ผลก็คืออนุภาคขนาดเล็กและน้ำหนักเบา จะหักเลี้ยวตามกระแสก๊าซได้ทันและไม่วิ่งเข้าหัววัด (Probe) ส่วนอนุภาคที่หนักกว่า ซึ่งมีความเฉื่อยสูงจะหักเลี้ยวไม่ทันและวิ่งเข้าในหัววัด ดังนั้นอนุภาคที่เก็บได้จะมีความเข้มข้นของอนุภาคหยาบมากกว่าความเป็นจริง ผลก็คือ ความเข้มข้นรวมของอนุภาคมลสารที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนไปด้านบวก (มากกว่าความเป็นจริง)

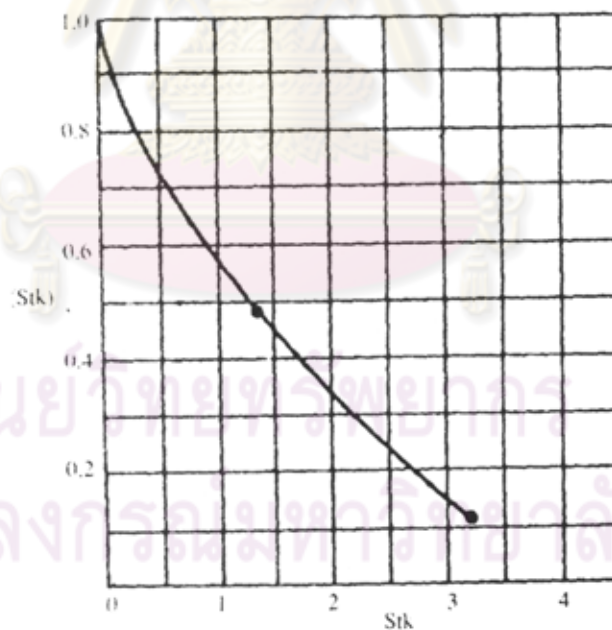
ในทางตรงข้าม รูปด้านล่างของรูปที่ 2.17 แสดงกรณีที่ความเร็วของก๊าซในหัววัดมีค่าสูงกว่าก๊าซข้างเคียงหัววัด ในกรณีนี้จะเกิดการกระชับ (Convergence) ของกระแสก๊าซเข้าที่ปลายหัววัด ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของอนุภาคหยาบในตัวอย่างก๊าซมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคหยาบมีความเฉื่อยมาก จึงไม่สามารถหักเลี้ยวตามเส้นทางการไหลของก๊าซเข้าสู่หัววัดได้ทัน ผลก็คือ ความเข้มข้นรวมของอนุภาคมลสารที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนไปด้านลบ (น้อยกว่าความเป็นจริง)

วัตสัน (Watson) ได้เสนอสมการต่อไปนีเพื่อหาค่าความเข้มข้นที่ถูกต้องของอนุภาคมลสาร ในกระแสก๊าซจากความเข้มข้นที่วัดได้จากตัวอย่างที่เก็บ

$$\frac{C}{C_0} = \frac{U_0}{U} \left\{ 1 + f(\text{St}) \left[ \left( \frac{U}{U_0} \right)^{0.5} - 1 \right] \right\}^2 \quad (2.5)$$

ในที่นี้

- $C$  = ความเข้มข้นที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่าง  
 $C_0$  = ความเข้มข้นที่แท้จริง  
 $D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหัวดูด  
 $D_p$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค  
 $\text{St}$  = ตัวเลขสโตกส์ (Stokes number) ไร้หน่วย  
 $= D_p^2 \rho U_0 / 18 \mu D$   
 $u_0$  = ความเร็วของกระแสก๊าซ  
 $u$  = ความเร็วของก๊าซในหัวดูดตัวอย่าง  
 $\rho_p$  = ความหนาแน่นของอนุภาค  
 $\mu$  = ความหนืดของก๊าซ



รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $f(\text{St})$  และ  $\text{St}$

รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชัน  $f(\text{St})$  และ  $\text{St}$  ซึ่งได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) สิ่งที่น่าสังเกตคือ ค่าของ  $C_0$  จะเท่ากับ  $C$  เสมอ เมื่อ  $u = u_0$  นั่นคือ



เมื่อการเก็บตัวอย่างเป็นแบบไอโซโคเนติก ด้วยเหตุนี้ การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอนุภาคมลสารจึงควรกระทำให้ใกล้เคียงสภาพไอโซโคเนติกให้มากที่สุด

## 2.9 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ระบุไว้ว่าห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่ปริมาณฝุ่นแร่ในบรรยากาศของการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติโดยเฉลี่ยเกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.7



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.7 ปริมาณฝุ่นแร่ในบรรยากาศของการทำงานตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณฝุ่นแร่เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ	
		ส่วนอนุภาคต่อปริมาตรของอากาศ 1 ลูกบาศก์ฟุต (Mppcf)	มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (mg/M <sup>3</sup> )
1	ซิลิกา (Silica) คริสตัลลีน (Crystalline) -ควอซ (Quartz) ฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้ (Respirable dust)  -ควอซ (Quartz) ฝุ่นทุกขนาด (Total dust)  -คริสโตบาไลท์ (Cristobalite)	$\frac{250}{\%SiO_2 + 5}$  -  $\frac{1}{2} \left[ \frac{250}{\%SiO_2 + 5} \right]$	$\frac{10 \text{ mg} / M^3}{\%SiO_2 + 2}$  $\frac{30 \text{ mg} / M^3}{\%SiO_2 + 2}$  $\frac{1}{2} \left[ \frac{10 \text{ mg} / M^3}{\%SiO_2 + 2} \right]$
2	เอมอร์ฟัส รวมทั้งแร่ธรรมชาติ (Amorphus)	20	$\frac{80 \text{ mg} / M^3}{\%SiO_2}$
3	ซิลิเกต (ที่มีผสมซิลิก้าต่ำกว่า 1%) (Silicates) -แอสเบสตอส (Asbestos) -ทรีโมไลท์ (Tremolite) -ทอลค์ (Talc) พวกที่เป็นเส้นใย (Asbestos form) -ทอลค์ (Talc) พวกที่ไม่เป็นเส้นใย (non-asbestos form) -ไมกา (Mica) -โซปสโตน (Soapstone) -พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement) -แกรไฟท์ (Graphite) -ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust) ที่มี SiO <sub>2</sub> น้อยกว่า 5% -ฝุ่นถ่านหิน (Coal dust) ที่มี SiO <sub>2</sub> มากกว่า 5%	5* 5* 5* 20 20 20 20 50 15 - -	- - - - - - - - - 2.4mg/M <sup>3</sup> $\frac{10 \text{ mg} / M^3}{\%SiO_2 + 2}$
4	ฝุ่นที่ก่อให้เกิดความรำคาญ (Inert or Nuisance dust) -ฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมของปอดได้ (Respirable dust) -ฝุ่นทุกขนาด (Total dust)	15 50	5 mg/M <sup>3</sup> 15 mg/M <sup>3</sup>

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kim และคณะ [1992] ได้เสนอวิธีการระบายอากาศ เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ โดยใช้ห้องทดลองขนาดเล็ก ในการทดลองจะทำการเปรียบเทียบการระบายอากาศส่วนบน (upward ventilation) กับการระบายอากาศส่วนล่าง (downward ventilation) ผลการทดลองจะสรุปได้ดังนี้ คือ ในการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนบนมีประสิทธิภาพดีกว่าการระบายส่วนล่าง เพราะว่าความแตกต่างของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างส่วนบนกับส่วนล่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากการระบายอากาศส่วนบน ประสิทธิภาพในการระบายอากาศส่วนบนเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2 เท่าของส่วนระบายอากาศที่ผสมกันเป็นอย่างดี และเนื่องจากการระบายอากาศส่วนบน จะดึงอากาศที่มีความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์สูงได้ดีกว่าอากาศที่อยู่ในระดับที่หายใจ

Krames และคณะ [1994] รายงานว่าเนื่องจากการกระทำซึ่งกันและกันระหว่างอนุภาคที่ถูกแยกกับละอองของเหลวซึ่งเป็นสกรับ ทำให้ประสิทธิภาพการจับเก็บรวบรวมอนุภาคได้ดีถึงระดับซับไมครอน โดยสมมุติฐานสภาวะการไหลเหมาะสม เเรซิเดนไทม์ยาวนาน และทราบการกระจายขนาดของหยดของเหลวที่แน่นอน ไฮโคลนสกรับเบอร์นี้ช่วยเพิ่มการสัมผัสระหว่างอนุภาคฝุ่นกับหยดของเหลว ดังนั้นภายใต้สภาวะปกติจะมีละอองน้ำเต็ม แต่ที่ทางออกก็มีเฉพาะก๊าซสะอาดเท่านั้น ทฤษฎีที่อธิบายการไหลแบบปั่นป่วนที่สภาวะไม่คงตัว 3 มิติและ 3 เฟสในไฮโคลนสกรับเบอร์ยังไม่มีทฤษฎีที่อธิบายได้อย่างชัดเจน ประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 99.22% ซึ่งหาได้โดยการวิเคราะห์แบบกราฟิเมตริก(gravimetric analysis) ของภาระฝุ่น (dust load)

Yamamoto และคณะ [1994] รายงานว่าการระบายอากาศขึ้นอยู่กับรูปทรงของห้อง วิธีการระบายอากาศ เงื่อนไขของสภาวะ ตำแหน่ง ความรุนแรงของแหล่งกำเนิดและชนิดของสิ่งปนเปื้อน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics(CFD))ได้พัฒนาให้สามารถหาบริเวณของการไหลแบบปั่นป่วนและการกระจายความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนที่สภาวะคงตัวภายในห้องที่มีอุณหภูมิคงที่ บริเวณการไหลสามารถคำนวณแบบ 2 มิติได้จากซอฟต์แวร์Fluent การระบายอากาศสามารถประเมินได้จากดัชนีปฏิบัติการระบายอากาศ (ventilation performance index(VPI)) ซึ่งค่า VPI มากแสดงว่ามีการระบายอากาศได้ดี นอกจากนี้ยังศึกษาผลของรูปทรงของห้อง เงื่อนไขการปฏิบัติการและสัมประสิทธิ์การแพร่(หรือเลขเพ็คเลย์) ที่มีต่อการระบายอากาศ



Marshall [1996] ได้ทดสอบหาความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนในห้องที่มีผู้ป่วยของโรงพยาบาล โดยตั้งสมมติฐานบนความไม่ผันแปร ซึ่งใช้ห้องของคนไข้ในโรงพยาบาลที่แตกต่างกัน และอัตราการระบายของสิ่งปนเปื้อนที่เท่ากัน ผลได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ระดับความสกปรกที่มาตรฐานการระบายอากาศต่างๆ

	Room # 1 (ACH Standard)	Room # 2 (ACH Standard)	Room # 3 (ACH Standard)
Room Dimensions (m)	3.6x3.6x3	3x3x2.4	3x3x2.4
Ventilation Rate	10 ACH (407 m <sup>3</sup> /s)	10 ACH (226 m <sup>3</sup> /s)	407 m <sup>3</sup> /s
Contamination Concentration (units/m <sup>3</sup> /s)	14.84	26.50	14.84

จากผลการทดลอง ขนาดของห้องไม่ได้มีอิทธิพลมากนักต่อการเพิ่มความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนภายในห้อง แต่สาเหตุหลักมีผลมาจากการระบาย ผู้ที่มาเยี่ยมผู้ป่วย

K.C.Chung [1997] ได้ทำการศึกษาการกระจายของสิ่งปนเปื้อนภายในห้อง ดังรูปที่ 2.1 มีขนาดของห้อง 3.2 x 4 x 2.5 เมตร มีทางเข้า 1 ทาง และทางออก 2 ทาง มี 3 บริเวณ คือ บริเวณ A B และ C โดยใช้เทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ EXACT3 ถูกนำมาใช้เพื่อหาคำตอบสำหรับการไหลที่สถานะคงตัวในสามมิติ ภายใต้หลักการไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ และทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ซึ่งในแบบจำลองนี้ได้กำหนดให้มีความเร็วลมสม่ำเสมอที่ทางเข้า 1.5 เมตรต่อวินาที จำนวนกริด 21x23x19 และแหล่งกำเนิดอนุภาค มี 3 ขนาด คือ 0.1 0.5 และ 1 ไมครอน ผลการคำนวณความเร็วลมเปรียบเทียบกับข้อมูลของความเร็วลมภายในห้อง (วัดความเร็วลมโดยใช้ hot-wire) ที่ได้จากการทดลอง โดยมีค่าประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของอนุภาคนั้นคือ เมื่อสิ่งปนเปื้อนมีขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน แรงลากมีผลต่อการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างอนุภาคกับของไหล อย่างไรก็ตามอนุภาคที่อยู่ใกล้กับผนังหรือเพดาน การแพร่และแรงโน้มถ่วงของโลกมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาค

Buchanan และคณะ [1998] ศึกษาเปรียบเทียบระบบระบายอากาศแบบ cross-flow และแบบ impinging-flow ในห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล โดยใช้ซอฟต์แวร์ Fluent สำหรับพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics (CFD)) ในการจำลองความปั่นป่วนของการไหลอากาศ (airflow) ใน 3 มิติ ซึ่งในห้องที่ 1 ระบบระบายอากาศเป็นแบบ cross-flow กระแสการไหลของอากาศจะเคลื่อนไปในแนวระดับเหนือโต๊ะปฏิบัติการ จากนั้นก็จะลอยไปยังเพดานและพาอนุภาคออกสู่ห้องปฏิบัติการ ส่วนห้องที่ 2 ระบบระบายอากาศเป็น impinging-flow ซึ่งการไหลจะปะทะกับโต๊ะปฏิบัติการ จึงทำให้อนุภาคยังคงเหลืออยู่ภายในห้อง ดังนั้นการไหลแบบ cross-flow ระบายอากาศได้ดีกว่าแบบ impinging-flow

ธนัญชัย [2001] ได้เสนอวิธีการหาการระบายอากาศจากความต้องการจริง โดยเปลี่ยนจากการใช้ตัวเลขจำนวนคนมากที่สุดในห้องมาใช้ในการหาความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มาคำนวณอัตราการระบายอากาศ ซึ่งสามารถนำความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการทำนายจำนวนคนภายในอาคาร โดยตั้งสมมติฐานที่ว่าคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะถูกขับถ่ายโดยคนภายในอาคาร ดังนั้นจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของคนภายในอาคาร อัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารมีผลมาจากจำนวนคนที่เข้าออกภายในอาคาร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาดังนั้นจึงสามารถที่จะทำนายจำนวนคนสมมูลที่ใช้ในการระบายอากาศ จากนั้นจึงหาอัตราการระบายอากาศที่ต้องการจริงได้ เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพภายในระบบการปรับสภาวะที่เหมาะสม

Bartak M. และคณะ [2001] ในงานวิจัยนี้แสดงผลจากการทดลองและจากการจำลองโดยใช้เทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) ซึ่งสนใจศึกษาอายุเฉลี่ยของอากาศ (local mean age of air, LMA) ภายในห้องทดลองที่มีขนาด 3.6 x 4.2 x 3 เมตร ทดลองโดยการฉีดเทอร์เซอร์ เข้าไปในห้อง โดยมีปริมาณผลัดเปลี่ยนลมเท่ากับ 8 ach อุณหภูมิของอากาศที่ป้อนเท่ากับ 23 +/- 0.3 องศาเซลเซียส ส่วนแบบจำลองคณิตศาสตร์ใช้ โมเดล  $k - \epsilon$  ซึ่งแบ่งกริดเป็น 2 แบบ คือ กริดหยาบเท่ากับ 11x9x11=1089 จุด และ กริดละเอียดเท่ากับ 30x27x30=24300 จุด (มีจำนวนกริดเป็น 3 เท่าของแบบแรก) จากผลการทดลองสรุปได้ว่าทั้งกริดหยาบและกริดละเอียดให้ค่าที่สอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งกริดหยาบให้ค่า LMA ที่มากกว่ากริดละเอียด 4 %

สันติ , ปิยลาภ และ เกรียงไกร [2002] ศึกษาวิจัยการจัดการมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษจากฝุ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตกระดาษได้กลิ่นของบริษัท คอบบร้า อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี โดยศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบระบายอากาศแนวตั้ง (Vertical Downflow Ventilation System) การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาค แผนกจัดแต่งผิวมันในอาคาร 1 A6 ที่บริษัท พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (Respirable dust) เท่ากับ  $7.9 \text{ mg/m}^3$  (ค่ามาตรฐาน  $5 \text{ mg/m}^3$ ) และความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมด (Total dust) เท่ากับ  $15.85 \text{ mg/m}^3$  (ค่ามาตรฐาน  $15 \text{ mg/m}^3$ ) ซึ่งความเข้มข้นของทั้งสองแบบเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด จากนั้นได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบระบายอากาศในแนวตั้ง (ที่มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี) ที่สภาวะการทดลองต่างๆมีแหล่งกำเนิดอนุภาค  $15 \text{ g/m}^3$  พบว่าในสภาวะความเร็วลมภายในห้องเท่ากับ 0.3 เมตร/วินาที โดยเปิดพัดลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว กำลังไฟฟ้า 40 วัตต์) ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมดที่วัดได้บริเวณกลางห้อง (ระดับความสูง 1.5 เมตรจากพื้นตะแกรง) มีค่าเท่ากับ  $3.9 \text{ mg/m}^3$  ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ในสภาวะเดียวกันแต่เปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมดที่วัด ณ ตำแหน่งเดียวกันภายในห้องมีค่าเท่ากับ  $38.3 \text{ mg/m}^3$  ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากพัดลมที่เป่าภายในห้องจะรบกวนกระแสอากาศในแนวตั้งนั่นเอง

K.Papakonstantinou และคณะ [2003] ได้เสนอการทำนายความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในโรงจอดรถ โดยใช้เทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) โปรแกรมที่ใช้คือ PHOENICS ถูกนำมาใช้เพื่อหาคำตอบสำหรับการไหลที่สถานะไม่คงตัวในสามมิติ โรงรถมีความกว้างเท่ากับ 23 เมตร ความยาวเท่ากับ 35 เมตรและความสูงเท่ากับ 4.3 เมตร มีจำนวนกริด 26 , 38 และ 10 ตามลำดับ ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เวลา 5 , 15 , 30 , 60 และ 480 นาที ผลจากการจำลองสอดคล้องกับผลการทดลอง



Bin Zhao และคณะ [2004] ได้ทำการเปรียบเทียบระบบระบายอากาศ 2 แบบคือ การระบายอากาศแบบแทนที่ (displacement ventilation) กับการระบายอากาศแบบผสม (mixing ventilation) ในการระบายอนุภาคออกจากห้องที่มีขนาด 5.16 x 2.43 x 3.65 เมตร งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) โดยใช้โมเดลการไหลแบบปั่นป่วน  $RNG k - \epsilon$  จากผลการทดลองสรุปได้ว่า รูปแบบการไหลของอากาศมีผลต่อการเคลื่อนที่อนุภาคในกรณีที่ปริมาตรอากาศที่ป้อน (air supply volume) และคุณสมบัติอนุภาคเหมือนกัน การระบายอากาศแบบแทนที่มีอัตราการสะสม (deposition rate) ต่ำกว่าและจำนวนอนุภาคที่หนีออกจากมากกว่าการระบายอากาศแบบผสม



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบาย

ในการอธิบายพฤติกรรมการไหลของอากาศเหนือระบบระบายอากาศโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะอาศัยชุดของสมการอนุรักษ์ (Conservation Equations) ซึ่งประกอบด้วย สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations) สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equations) นอกจากนี้ยังต้องใช้แบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Model) อธิบายสภาวะการไหลของของไหลในระบบเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งรายละเอียดของส่วนต่างๆ มีดังต่อไปนี้

#### 3.1 รูปแบบทั่วไปของสมการอนุรักษ์

สมการอนุรักษ์ในระบบพิกัดฉาก (Rectangular Coordinate) ในรูปแบบ 3 มิติ

สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0 \quad (3.1)$$

เมื่อ  $x, y, z$  แทนแกนต่างๆ ในพิกัดฉาก

$u, v, w$  แทนความเร็วตามแนวแกนพิกัดฉาก  $x, y, z$  ตามลำดับ

$\rho$  แทนความหนาแน่นของระบบ

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equation)

X-component

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \left( \frac{\partial \rho u^2}{\partial x} + \frac{\partial \rho v u}{\partial y} + \frac{\partial \rho w u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (3.2)$$

Y-component

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \left( \frac{\partial \rho uv}{\partial x} + \frac{\partial \rho v^2}{\partial y} + \frac{\partial \rho vw}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (3.3)$$

Z-component

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \left( \frac{\partial \rho wu}{\partial x} + \frac{\partial \rho vw}{\partial y} + \frac{\partial \rho w^2}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (3.4)$$

เมื่อ  $P$  คือ ความดัน

$\tau$  คือ ความเค้นเฉือน (Shear Stress)

$f_x, f_y, f_z$  คือ แรงภายนอกที่กระทำบนทุกๆ จุดในระบบต่อหน่วยมวล (Body force) ในทิศทางตามแนวพิกัดฉาก

### 3.2 สมมติฐานที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศเหนือระบบระบายอากาศ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณจะตั้งอยู่บนสมมติฐานดังต่อไปนี้

- 1 ระบบที่ทำการศึกษายู่ในสถานะคงตัว (steady State)
- 2 ของไหลในระบบเป็นแบบนิวโตเนียน (Newtonian Fluid) ที่ซึ่งแรงเฉือน (Shear Force) ต่อพื้นที่หรือความเค้นเฉือนเป็นสัดส่วนกับเกรเดียนท์ (gradient) ของความเร็ว ดังนั้นจึงสามารถอธิบายค่าของความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ได้ในรูปแบบของความแตกต่างของความเร็วและคุณสมบัติของของไหล ดังสมการนี้

$$\tau_{xx} = \lambda(\nabla \cdot v) + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3.5)$$

$$\tau_{yy} = \lambda(\nabla \cdot v) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.6)$$

$$\tau_{zz} = \lambda(\nabla \cdot v) + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (3.7)$$



$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (3.8)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (3.9)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (3.10)$$

เมื่อ  $\mu$  คือ ความหนืดของของไหลในระบบ

$\lambda$  คือ สัมประสิทธิ์อันดับที่สองของความหนืด (Second Viscosity Coefficient)

กำหนดให้

$$\lambda = -\frac{2}{3}\mu \quad (3.11)$$

3 กำหนดให้แรงที่กระทำบนทุกๆจุดในระบบต่อหน่วยมวล (body forces) มีค่าเฉพาะในแนวแกนพิทักด  $z$  เท่านั้น

$$f_x = 0 \quad (3.12a)$$

$$f_y = 0 \quad (3.12b)$$

$$f_z = \rho g \quad (3.12c)$$

เมื่อ  $g$  คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก มีทิศสวนทางกับแกน  $z$

4 กำหนดให้ ความหนาแน่นของของไหลในระบบ ( $\rho$ ) ความหนืดของของไหลในระบบ ( $\mu$ ) มีค่าคงที่

ด้วยสมมติฐานข้างต้น รูปแบบของสมการอนุกรมในหัวข้อ 3.1 จะสามารถแสดงในรูปแบบใหม่ได้ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.13)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equation)

X-component

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (3.14)$$

Y-component

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3.15)$$

Z-component

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \rho g \quad (3.16)$$

### 3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหลแบบปั่นป่วน

#### 3.3.1 สภาวะการไหลแบบปั่นป่วน

สภาวะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) จะทำให้เกิดการผสมกันหรือการเคลื่อนที่คล้ายวงวน (Eddy motion) ในสายหลักของการไหล การเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในระบบจะมีการเคลื่อนที่ไปมาเมื่อเทียบกับเวลา สมการอนุรักษ์ที่ใช้จึงจะต้องขึ้นอยู่กับเวลา (time-dependent form) ดังนั้นเมื่อจะทำการพิจารณาพฤติกรรมของการไหลของอากาศเหนือระบบระบายอากาศที่มีการไหลแบบปั่นป่วนจึงต้องทำการเปลี่ยนสมการ (3.13) - (3.16) ให้อยู่ในรูปของความเร็วเฉลี่ย (time-average) โดยทำการกำหนดให้ค่าความเร็วที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ (instantaneous-velocity),  $(u, v, w)$  มีค่าเท่ากับผลรวม

ของความเร็วเฉลี่ย(time-smoothed velocity),  $(\bar{u}, \bar{v}, \bar{w})$  กับค่าของความเร็วที่แปรผันไปจากความเร็วเฉลี่ย(fluctuation velocity),  $(u', v', w')$  ดังนี้

$$u = \bar{u} + u' \quad (3.17a)$$

$$v = \bar{v} + v' \quad (3.17b)$$

$$w = \bar{w} + w' \quad (3.17c)$$

เช่นเดียวกับกับความดันและอุณหภูมิ

$$P = \bar{P} + P' \quad (3.17d)$$

เมื่อ  $\bar{u}$  คำนวณได้จาก

$$\bar{u} = \frac{1}{t_0} \int_i^{t+i_0} u \, dt \quad (3.18)$$

$\bar{v}, \bar{w}$  และ  $\bar{P}$  ก็สามารถคำนวณได้จากสมการในรูปแบบเดียวกับสมการ 3.23

เมื่อแทนค่าต่างๆเหล่านี้ลงในสมการ (3.17) - (3.21) ประกอบกับความสัมพันธ์เนื่องจากค่าความเร็วที่แปรผันไปจากความเร็วเฉลี่ยมีได้ทั้งค่าที่เป็นบวกและค่าที่เป็นลบจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่แปรผันไปจากความเร็วเฉลี่ยมีค่าเท่ากับศูนย์ดังสมการ

$$\bar{u}' = \frac{1}{t_0} \int_i^{t+i_0} u' \, dt = 0 \quad (3.19)$$

เช่นเดียวกับกับ  $\bar{v}', \bar{w}'$  และ  $\bar{P}$  ดังนั้นจะได้สมการอนุรักษ์ที่อยู่ในรูปของเวลาเฉลี่ย ดังนี้



สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0 \quad (3.20)$$

สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equation)

X-component

$$\left( \frac{\partial \rho \bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v} \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w} \bar{u}}{\partial z} \right) + \left( \frac{\partial \rho \bar{u}' u'}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v}' u'}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w}' u'}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \mu \nabla^2 \bar{u} \quad (3.21)$$

Y-component

$$\left( \frac{\partial \rho \bar{u} \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w} \bar{v}}{\partial z} \right) + \left( \frac{\partial \rho \bar{u}' v'}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v}' v'}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w}' v'}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \mu \nabla^2 \bar{v} \quad (3.22)$$

Z-component

$$\left( \frac{\partial \rho \bar{u} \bar{w}}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v} \bar{w}}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w}^2}{\partial z} \right) + \left( \frac{\partial \rho \bar{u}' w'}{\partial x} + \frac{\partial \rho \bar{v}' w'}{\partial y} + \frac{\partial \rho \bar{w}' w'}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \mu \nabla^2 \bar{w} + \rho g \quad (3.23)$$

พบว่าสมการ(3.20) - (3.23) จะมีรูปแบบเหมือนกับสมการอนุรักษ์โมเมนตัม ในดังสมการ (3.13) ถึง (3.16) ตามลำดับ เพียงแต่มีเทอม  $\rho \bar{u}' u'$ ,  $\rho \bar{u}' v'$ , ... ฯลฯ เพิ่มขึ้นมา โดยปกติจะเรียกเทอมเหล่านี้ว่า ความเค้นเรย์โนลด์ส (Reynolds stress) (Bird, Stewart and Lightfoot, 1960) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากหน่วยของเทอมดังกล่าวจะสามารถให้นิยามได้ใหม่ดังนี้

$$\bar{\tau}_{xx}^{(t)} = \rho \bar{u}' u' \quad (3.24a)$$

$$\bar{\tau}_{xy}^{(t)} = \rho \bar{u}' v' \quad (3.24b)$$

๒๑๑

เพื่อที่จะทำให้สมการ(3.20) - (3.23) สามารถที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าในรูปแบบของความเร็วจำเป็นต้องทราบค่า  $\bar{\tau}_{xx}^{(t)}$ ,  $\bar{\tau}_{yx}^{(t)}$ , ... .. ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้สมการ Boussinesq's Eddy Viscosity (1977) ในการประมาณค่าแรงเฉือนเรย์โนลด์ส (Reynolds stress),  $\bar{\tau}^{(t)}$  ให้อยู่ในรูปของความเร็วดังนี้

$$\bar{\tau}_{xy}^{(t)} = \mu_t \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \quad (3.25)$$

เมื่อ  $\mu_t$  คือ ความหนืดในสถานะที่ของไหลมีการไหลแบบปั่นป่วน (eddy viscosity) ซึ่งไม่ใช่สมบัติทางกายภาพของของไหลแต่เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทิศทางและลักษณะของการไหลแบบปั่นป่วน

ดังนั้นเมื่อแทนค่า  $\bar{\tau}^{(t)}$  ต่างๆ ในลักษณะเดียวกับสมการ 3.24 จะได้สมการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบที่มีการไหลแบบปั่นป่วนอยู่ในรูปแบบดังนี้

X-component

$$\rho \left( \frac{\partial \bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}\bar{u}}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \mu \nabla^2 \bar{u} + \mu_t \nabla^2 \bar{u} \quad (3.26)$$

Y-component

$$\rho \left( \frac{\partial \bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}\bar{v}}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \mu \nabla^2 \bar{v} + \mu_t \nabla^2 \bar{v} \quad (3.27)$$

Z-component

$$\rho \left( \frac{\partial \bar{u}\bar{w}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{w}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}^2}{\partial z} \right) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \mu \nabla^2 \bar{w} + \mu_t \nabla^2 \bar{w} + \rho g \quad (3.28)$$

ในการแก้สมการโมเมนตัมของระบบที่มีการไหลแบบปั่นป่วนจำเป็นที่จะต้องอาศัยแบบจำลองของการไหลแบบปั่นป่วนเพื่อให้ประมาณค่าความหนืดในสภาวะที่ของไหลมีการไหลแบบปั่นป่วนหรือค่า  $\mu_t$  ที่เพิ่มขึ้นมาในสมการ

### 3.4 ประเภทของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการไหลแบบปั่นป่วน

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $k$  และ  $\epsilon$  เพื่ออธิบายการไหลแบบปั่นป่วนของของไหล และใช้ในการประมาณค่าความหนืดในสภาวะที่ของไหลมีการไหลแบบปั่นป่วนหรือค่า  $\mu_t$  โดยได้เลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $k$  และ  $\epsilon$  ดังต่อไปนี้

#### 3.4.1. Standard $k - \epsilon$ Model

แบบจำลองมาตรฐาน  $k - \epsilon$  เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณค่าความหนืดในสภาวะที่ของไหลมีการไหลแบบปั่นป่วนหรือค่า  $\mu_t$  ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการเพื่อนำไปแทนค่าในการอนุรักษ์โมเมนตัมข้างต้น ความสัมพันธ์ที่ใช้ในการประมาณค่าจะมีตัวแปรเพิ่มขึ้นสองตัวคือ ค่าพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน (kinetic energy),  $k$  และค่าอัตราการกระจายตัวของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน (kinetic energy dissipation),  $\epsilon$  โดยที่Launder และ Spalding ได้เสนอแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณค่าความหนืดในสภาวะที่ของไหลมีการไหลแบบปั่นป่วนหรือค่า  $\mu_t$  โดยกำหนดให้  $\mu_t$  มีความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการดังนี้โดยที่ตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\mu_t = FMU * CMUCD * \frac{\rho k^2}{\epsilon} \quad (3.29)$$

$k - \text{Equation}$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (U_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\mu_t}{\rho \sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + \frac{G}{\rho} - \epsilon \quad (3.30)$$

$\epsilon - \text{Equation}$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (U_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\mu_t}{\rho \sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + F_1 C_1 \frac{\epsilon}{\rho k} G - F_2 C_2 \frac{\epsilon^2}{k} \quad (3.31)$$



เมื่อ

$$G = \mu \left\{ 2 \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} \right)^2 \right\} \quad (A)$$

ค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองนี้ประกอบด้วย

CMUCD	$\sigma_k$	$\sigma_\varepsilon$	$C_1$	$C_2$	FMU	$F_1$	$F_2$
0.09	1.0	1.314	1.44	1.92	1.0	1.0	1.0

\*\* ที่มา [Encyclopedia ของ PHOENICS]

### 3.4.2. Low - Re ของ k - $\varepsilon$ Model

แบบจำลอง Low -Re ของ k -  $\varepsilon$  เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการคำนวณค่าต่างๆ บริเวณใกล้ผนังให้กับแบบจำลองมาตรฐานของ k -  $\varepsilon$  โดยไม่ใช้ชุดสมการฟังก์ชันผนัง ซึ่งแบบจำลองนี้จะปรับเปลี่ยนแปลงสมการของแบบจำลองมาตรฐานของ k -  $\varepsilon$  ที่สมการ  $\varepsilon$  - Equation ด้วยการเปลี่ยนแปลงตัวคูณ  $F_1$ ,  $F_2$ , และ ค่า FMU แต่ความสัมพันธ์ของค่า  $\mu$ , ยังคงเหมือนสมการที่ 3.29 โดยที่ชุดสมการมีรูปแบบดังนี้

k - Equation

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (U_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\mu_t}{\rho \sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + \frac{G}{\rho} - \varepsilon \quad (3.32)$$

 $\varepsilon$  - Equation

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (U_i \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\mu_t}{\rho \sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + F_1 C_1 \frac{\varepsilon}{\rho k} G - F_2 C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (3.33)$$

$$\text{เมื่อ } FMU = [1 - \text{Exp}(-0.0165 * REYN)]^{2 * (1 + 20.5 / REYN)} \quad (3.34a)$$

$$F_1 = 1 + \left( \frac{0.05}{FMU} \right)^3 \quad (3.34b)$$

$$F_2 = 1 - \text{Exp}(-REYT)^2 \quad (3.34c)$$

$$REYN = \frac{\sqrt{k} * YN}{\nu} \quad (3.34d)$$

$$REYT = \frac{k^2}{\epsilon * \nu} \quad (3.34e)$$

YN = ระยะทางที่ใกล้ผนังมากที่สุด

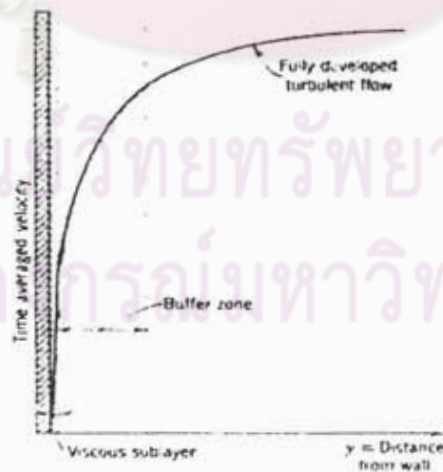
ค่าคงที่ที่ใช้ในแบบจำลองนี้ประกอบด้วย

CMUCD	$\sigma_k$	$\sigma_\epsilon$	$C_1$	$C_2$	G
0.09	1.0	1.314	1.44	1.92	สมการที่ A

\*\* ที่มา [Encyclopedia ของ PHOENICS]

### 3.5 Wall Function

จากรูปแบบการกระจายตัวของความเร็ว (Velocity distribution) ของการไหลของของไหลที่สัมผัสผนังไม่ว่าจะอยู่ในท่อหรืออยู่นอกท่อ ของระบบที่มีการไหลแบบปั่นป่วน ดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วของของไหลในระบบการไหลแบบปั่นป่วน  
ณ บริเวณใกล้ผนัง

พบว่ารูปแบบการไหลของของไหลจะมีอยู่ด้วยกัน 3 บริเวณ คือ บริเวณที่ของไหลไหลติดอยู่กับผนัง เรียกว่า "Viscous Sublayer" ที่บริเวณนี้การไหลจะมีลักษณะเป็นการไหลเป็นชั้น ๆ (Laminar Flow) บริเวณถัดไปจะเป็นบริเวณที่มีการไหลกึ่งเป็นชั้นและกึ่งปั่นป่วน เรียกบริเวณนี้ว่า "Buffer Zone" ถัดจากบริเวณบัฟเฟอร์ห่างออกไปจากผนังเป็นบริเวณที่มีการไหลอย่างปั่นป่วนที่เกิดอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า Fully Developed Turbulent Zone" ที่บริเวณสามารถตัดอิทธิพลของการไหลเป็นชั้นออกได้ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอิทธิพลของการไหลแบบปั่นป่วนมีมากกว่ามาก

เนื่องจากแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน Standard k- $\epsilon$  เป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบายการไหลในบริเวณ Fully Developed Turbulent Zone ได้เป็นอย่างดีแต่สำหรับบริเวณ Viscous Sublayer และบริเวณ Buffer Zone หรือที่เรียกว่า บริเวณใกล้ผนัง (near-wall Region) พบว่าแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน Standard k- $\epsilon$  ไม่สามารถอธิบายได้ดีนัก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีชุดสมการเพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบการไหลของของไหล ณ บริเวณดังกล่าว โดยจะเรียกชุดสมการนี้ว่า "ฟังก์ชันผนัง" ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$u^* = \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^*) \quad (3.35)$$

โดยที่ 
$$u^* = \frac{u}{u_*} \quad (3.36)$$

และ 
$$y^* = \frac{yu_* \rho}{\mu} \quad (3.37)$$

เมื่อ  $y$  คือ ระยะทางที่ห่างจากผนังในแนวตั้งกับผนัง

$u$  คือ ความเร็วที่ขนานกับผนัง

$u^*$  คือ Friction Velocity เท่ากับ  $\sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}$  เมื่อ  $\tau_w = \frac{1}{2} f \rho u^2$ ;  $f$  คือ Friction Factor

$\kappa$  คือ ค่าคงที่ของ Von Karman ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความขรุขระของผนัง

$E$  คือ ค่าบงบอกถึงความขรุขระของผนัง

ในกรณีของผนังเรียบค่า  $\kappa$  จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.41 และ  $E$  มีค่าเท่ากับ 9

สมการ (3.35) เป็นสมการที่รู้จักในนาม "Logarithmic law of wall" ซึ่งจะใช้ได้ภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้



$$5 < Y^+ < 70$$

สำหรับพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล บริเวณใกล้ๆ ผนัง [Launder และ Spalding] สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$k_w = C_\mu^{1/2} u^2 \quad (3.38)$$

เมื่อ  $k_w$  คือ พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วน บริเวณใกล้ๆ ผนัง

อัตราการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วนที่บริเวณใกล้ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\varepsilon = \frac{C_\mu^{3/4} k_w^{3/2}}{\kappa y} \quad (3.39)$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### วิธีดำเนินการทดลอง

#### 4.1 ฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง

ฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด ลักษณะสมบัติของฝุ่นดังกล่าวแสดงในหัวข้อ 5.1

#### 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ อุปกรณ์วิเคราะห์ และ อุปกรณ์การทดลอง

##### 4.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์

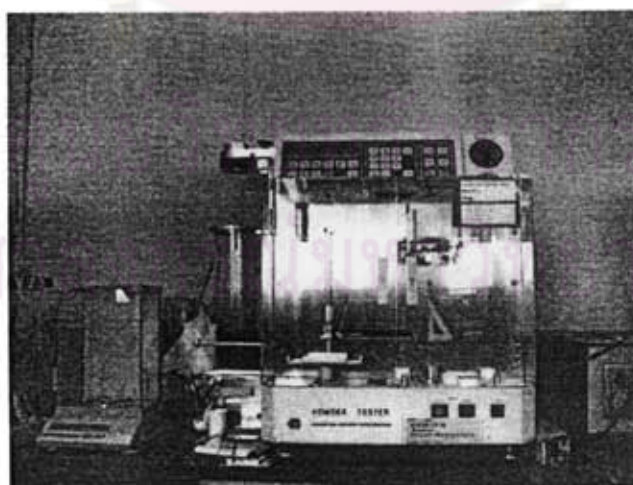
อุปกรณ์วิเคราะห์หลักในการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- อุปกรณ์วิเคราะห์ด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น ได้แก่ เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester)
- อุปกรณ์วิเคราะห์ด้านความเร็วลมและผลต่างความดัน ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument) และเครื่องวัดผลต่างความดัน (Differential Pressure Measuring Instrument)
- อุปกรณ์วิเคราะห์ความเข้มข้นแบบนับจำนวน ได้แก่ เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน ( Particle Counter)
- อุปกรณ์วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบจับเก็บฝุ่นโดยไซโคลนสกรับเบอร์ ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

#### 4.2.1.1 เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester)

เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) รุ่น PT-N ผลิตโดยบริษัท Hosokawa Micron ซึ่งได้สร้างและพัฒนาขึ้นตามหลักการของคาร์ (1969) ในการประเมินค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะลัก (Flowability และ Floodability Index) ของวัสดุผงแห้ง โดยจะวัดค่าลักษณะสมบัติต่างๆ เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีดังกล่าวจากตารางของคาร์ (ตารางที่ 2.3 และ 2.4) ลักษณะสมบัติต่างๆที่วัด แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่วัดลักษณะสมบัติเชิงกล ได้แก่
  - มุมขณะสงบ (Angle of Repose)
  - มุมหลังตก (Angle of Fall)
  - มุมบนพายตัก (Angle of Spatula)
  - มุมผลต่าง (Angle of Difference)
  - ค่าความอัดตัว (Compressibility)
  - ค่าการแผ่กระจาย (Dispersibility)
  - ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness)
  
2. กลุ่มที่วัดลักษณะสมบัติสัณฐาน ได้แก่
  - ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวม (Aerated Bulk Density)
  - ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด (Packed Bulk Density)
  - ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity)



รูปที่ 4.1 ลักษณะของเครื่องทดสอบสมบัติของวัสดุผง



#### 4.2.1.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument)

เครื่องวัดความเร็วลมรุ่น Testo 425 ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับการวัดความเร็วลมภายในห้อง จัดจำหน่ายโดยบริษัท เอ็นเทคเอชโซซิเอต จำกัด ( ENTECH ASSOCIATE Co.,Ltd.)ใช้ในการประเมินหาค่าความเร็วลมที่อยู่ในช่วง 0 - 20 เมตรต่อวินาที โดยอาศัยหลักการของการสูญเสียความร้อนที่เส้นลวด อนึ่งตัวเครื่องยังสามารถวัดความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งๆ และอุณหภูมิของลมได้ โดยมีข้อควรระวังในการใช้งานคือ อุณหภูมิของลมที่วัดควรอยู่ในช่วง -20 ถึง 70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายของเครื่องวัดความเร็วลมสำหรับวัดความเร็วลมภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.1.3 เครื่องวัดผลต่างความดัน (Differential Pressure Measuring Instrument)

เครื่องวัดผลต่างความดัน ผลิตโดยบริษัท Dwyer Instruments.,INC. ใช้ในการประเมินค่าผลต่างความดัน โดยอาศัยหลักการวัดความดันของบรูตอง ซึ่งมีส่วนแสดงผลแบบ Digital ส่งสัญญาณแบบมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายเครื่องวัดผลต่างความดัน

#### 4.2.1.4 เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Airborne Particle Counter)

เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน ผลิตโดยบริษัท RION CO.,LTD ใช้วัดจำนวนอนุภาคในบรรยากาศ โดยสามารถแสดงผลของจำนวนอนุภาคได้ในแต่ละช่วงของขนาดอนุภาค คือ น้อยกว่า 0.3 , 0.3-0.5 , 0.5-0.7 , 0.7-1 , 1-2 และ 2-5 ไมครอน



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Particle Counter)

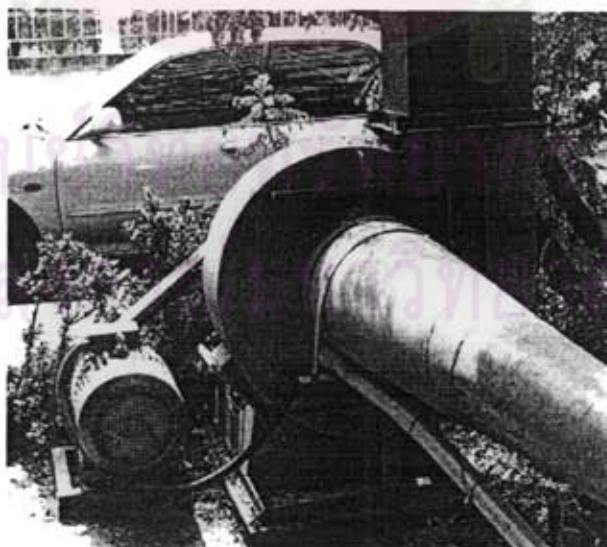
## 4.2.2 อุปกรณ์การทดลองสำหรับการระบายอากาศในแนวตั้งและเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

อุปกรณ์การทดลองหลักสามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

- เครื่องเป่าลม (Blower)
- เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)
- เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)
- พัดลมที่เป่าภายในห้อง
- บั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคแบบไอโซโคเนติก
- ชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอและเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

### 4.2.2.1 เครื่องเป่าลม (Blower)

เครื่องเป่าลม ผลิตโดยบริษัท ต.เจริญเทคนิค จำกัด ใช้เป็นแหล่งกำเนิดลมในการทดลอง โครงสร้างภายนอกทำด้วยวัสดุเหล็กแผ่น ส่วนใบพัดเป็นแบบโค้งหลัง เป็นเครื่องเป่าลมแบบใช้สายพาน ขนาด 25 แรงม้า สามารถเป่าลมได้ถึง 6400 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ที่ความดันมาตรฐาน 15 นิ้วน้ำ



รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายของเครื่องเป่าลม



#### 4.2.2.2 เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)

เครื่องควบคุมความเร็วรอบ ผลิตโดยบริษัท เอฟ.เอ.เทค.จำกัด ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ 15 กิโลวัตต์

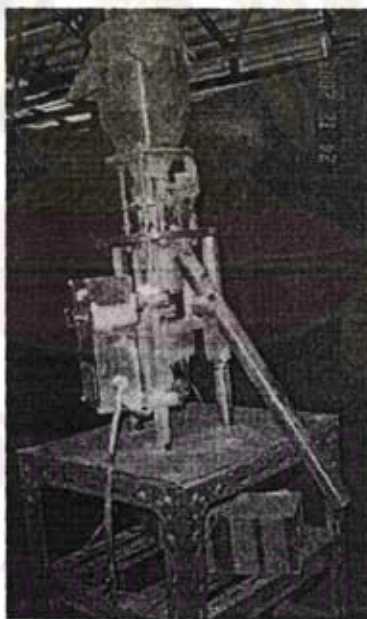


รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

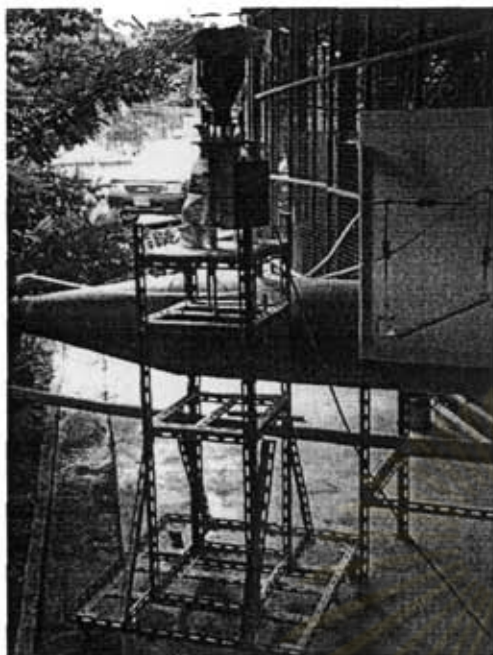
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.2.3 เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)

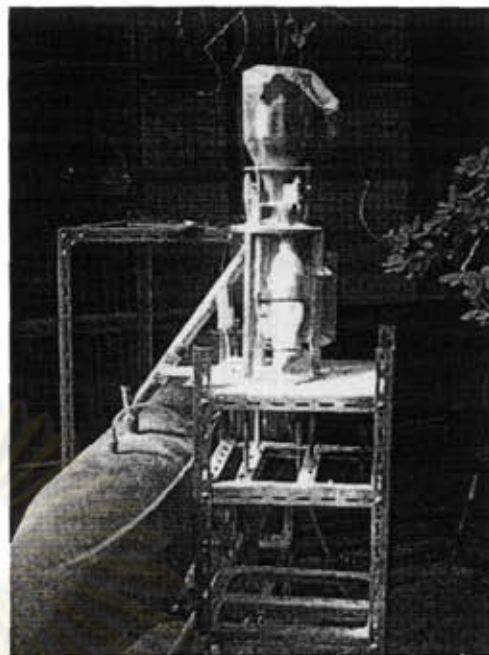
เครื่องป้อนอนุภาคแบบ ผลิตโดยบริษัท SANKYO PIO-TECH CO.,LTD. ใช้สำหรับป้อนอนุภาคแห้งที่มีลักษณะต่างๆ เช่น แกรนูล, เกล็ด, อนุภาคละเอียด เป็นต้น ใช้หลักการของ table feeder มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้อัตราการป้อนที่เที่ยงตรงและคงที่ โดยที่อนุภาคออกจาก hopper gate ลงบนบริเวณรอบๆ จุดกึ่งกลางของจานหมุน ด้านคุณสมบัติการไหลที่อนุภาคนั้นๆ มีอยู่จะถูกเกลี่ยให้เรียบโดย coarse scraping plate ทำให้ได้ชั้นอนุภาคที่มีความหนาสม่ำเสมอที่เหมาะสมตามที่กำหนด จากนั้นชั้นอนุภาคจะถูกกวาดออกตามอัตราการป้อนที่ต้องการด้วยการปรับระยะของ fine scraping plate ที่ปรับได้อย่างละเอียด จากนั้นอนุภาคจะตกลงตามท่อตั้งรูปไปยังบริเวณที่มีพัดลมขนาดเล็กเป่า(50/60 Hz , 11/10 W) ทำให้อนุภาคฟุ้งกระจายทั่วห้อง โดยมีอัตราการป้อนระหว่าง 0.1 - 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และสามารถปรับตั้งอัตราการป้อนอนุภาคได้ในสเกลตั้งแต่ 0 - 10 [-]



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายของเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ(ภายในกล่องสี่เหลี่ยมใต้โต๊ะจะมีพัดลมเล็กเป่าลมไปกระจายฝุ่นที่ตกออกจากท่อ)ซึ่งติดตั้งสำหรับทดลองการระบายอากาศในแนวตั้ง



(A)



(B)

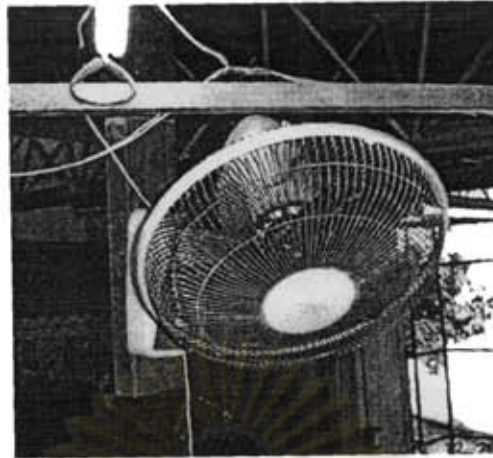
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายของเครื่องปรับอากาศแบบตั้งโต๊ะซึ่งติดตั้งทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์ (A) ภาพถ่ายด้านหน้า (B) ภาพถ่ายด้านข้าง

#### 4.2.2.4 พัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

พัดลมที่เป่าภายในห้อง ผลิตโดยบริษัท RION CO.,LTD รุ่น WF-64V มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ 0.2 แอมแปร์ และ 40 วัตต์ ตามลำดับ มีปริมาณลม 38.61 ลูกบาศก์เมตร/นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

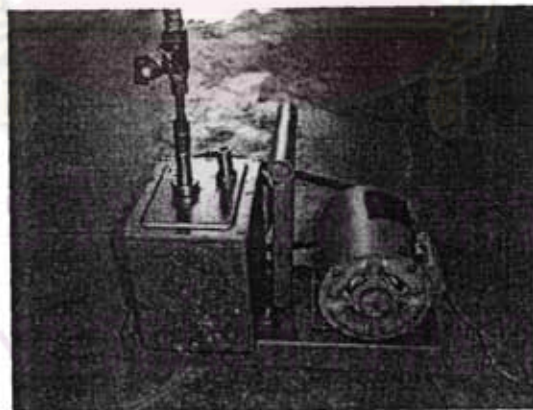




รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

#### 4.2.2.5 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

ปั๊มสุญญากาศ ผลิตโดยบริษัท MAKASHI SEISAKUSHO .,LTD เป็นอุปกรณ์ประกอบในระบบดึงตัวอย่างฝุ่น เป็นปั๊มสุญญากาศแบบโรตารีใช้น้ำมันหล่อลื่น มีความเร็วรอบมอเตอร์ 550 รอบต่อนาที สามารถดึงสุญญากาศได้ 50 ลิตรต่อวินาที ที่ 0.6 ปาลคาล



รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายของปั๊มสุญญากาศ

#### 4.2.2.6 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคแบบไอโซโคเนติก

หลักการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไอโซโคเนติก มีอธิบายอยู่ในหัวข้อ 2.8 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่จัดสร้างขึ้นนี้มีส่วนประกอบหลักสามส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ดูดอากาศ (Vacuum Pump) , ส่วนที่ทำการวัดและปรับอัตราการไหลของอากาศ (Rotameter with Valve) และส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บ(กรองแยก)ตัวอย่างอนุภาค



รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคซึ่งติดตั้งบนเครื่องไอโซโคเนตกรับเบอร์

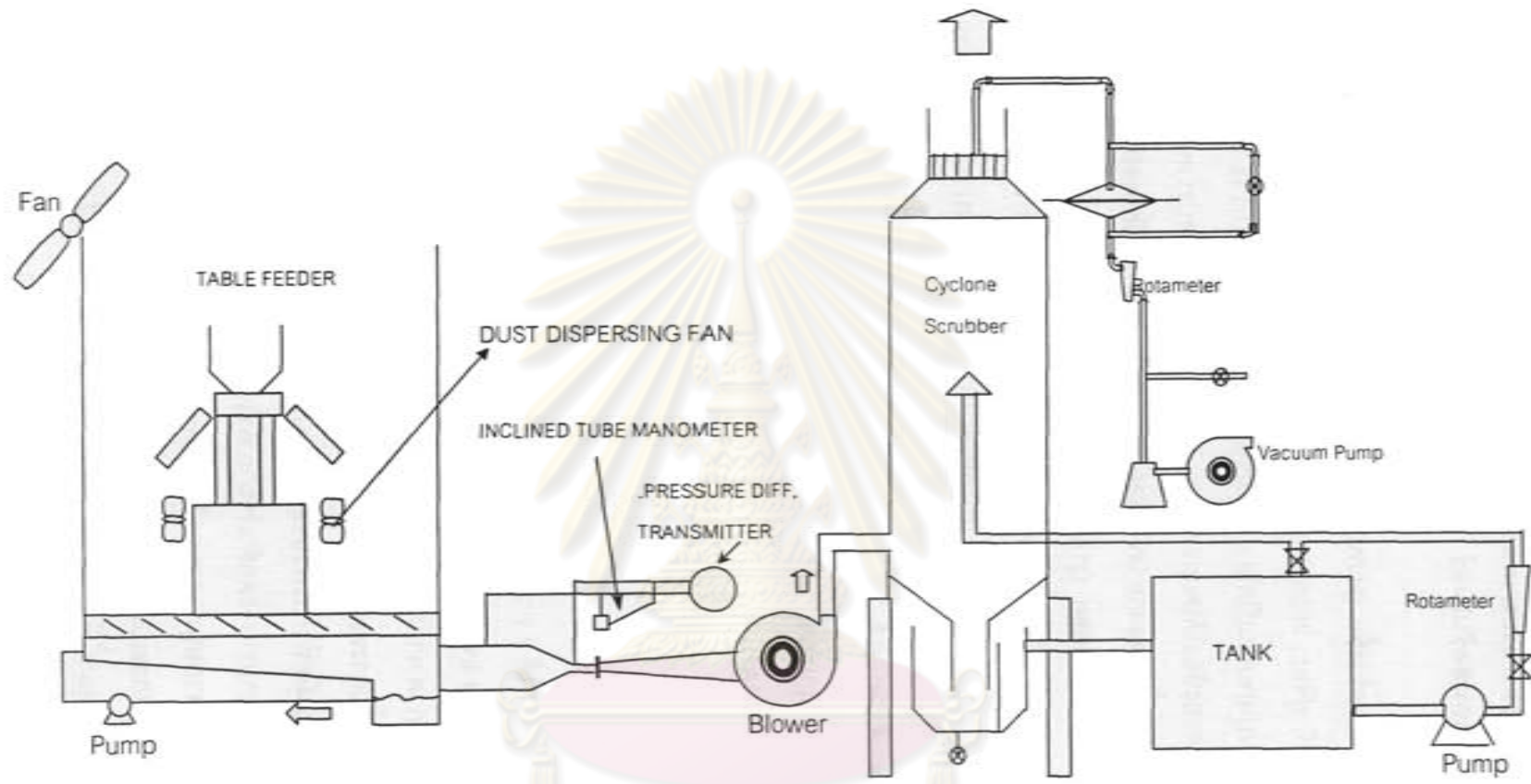
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.2.7 ชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอและเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวจัดสร้างขึ้น (HVAC System Duct Design, 1990 / วิวัฒน์ และ คานาโอะ, 2535 / ชิเกะฮุมิ พุจิตะ, 2536 / สมศักดิ์ กิริตวิฒิเศรษฐ์, 2540) โดยได้จำลองห้องที่มีลักษณะผนัง 4 ด้าน ด้านบนเพดานเปิดโล่ง ห้องมีขนาด 1.5x2x2 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) สามารถทำการปรับความสูงของห้องได้โดยถอดแผ่นผนังออก ภายในห้องประกอบด้วยเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ ซึ่งติดตั้งไว้ตรงกลางห้องโดยตั้งอยู่บนพื้นตะแกรง มีพัดลมที่เป่าภายในห้องติดตั้งด้านบนตรงข้ามกับท่อทางออก (รูปที่ 4.12) เพื่อสร้างกระแสลมรบกวนว่าจะมีผลต่อการระบายอากาศชนิดนี้อย่างไร ซึ่งเป็นการพยายามจำลองสถานการณ์ภายในสถานประกอบการที่ติดตั้งพัดลมเป่าไม่ให้นักงานร้อน ถัดจากใต้พื้นตะแกรงลงมาเป็นแผ่นบานเกล็ด(จำนวน 8 แผ่น) ที่สามารถปรับมุมเอียงเพื่อให้ความเร็วลมตลอดพื้นที่หน้าตัดของห้องมีความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจะเป็นพื้นเอียงที่น้ำจะเป็นฟิล์ม เพื่อจับและชะฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ไม่ให้กองสะสมบนพื้นเอียงและป้องกันปัญหาการฟุ้งกระจายใหม่ของฝุ่น ถัดจากช่องลมออกที่อยู่ด้านล่างจะมีระบบกำจัดฝุ่นชนิดไซโคลนสกรับเบอร์ เพื่อกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ

หนึ่งเหตุผลที่ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้อง เนื่องจากอนุภาคจะสามารถออกจากห้องได้ 2 ทาง คือทางด้านล่างและด้านบนของห้อง (ดูรูป 4.12) ที่ด้านล่างของพื้นตะแกรงของห้อง อนุภาคขนาดใหญ่จะถูกฟิล์มน้ำจับ ส่วนอนุภาคขนาดเล็กที่เหลือจะปลิวไปตามกระแสอากาศ จากการพยายามเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่ในน้ำหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้งนั้น ปรากฏว่าเกิดความผิดพลาดได้มากในการวัดปริมาณรวม ทั้งนี้เพราะเมื่อทำการกวนให้อนุภาคกระจายตัวในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน ขณะเริ่มทำการเก็บตัวอย่างนั้น อนุภาคจะตกตัวเร็วมาก ทำให้การเก็บตัวอย่างไม่ได้ความเข้มข้นของอนุภาคที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีความเร็วตกตัวสูง (Terminal Velocity) นอกจากนี้ก็ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความเข้มข้นหรือปริมาณของอนุภาคที่ถูกน้ำชะ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องแทนแล้วไปลบออกด้วยความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่อยู่ในบรรยากาศ (Blank) ถ้าความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องมาก แสดงว่าการระบายฝุ่นที่มีอยู่ในห้องไม่ดีพอ

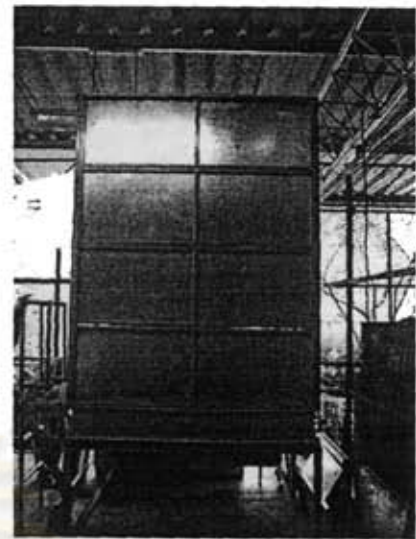




ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
รูปที่ 4.12 โคอะแกรมชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศในแนวตั้ง

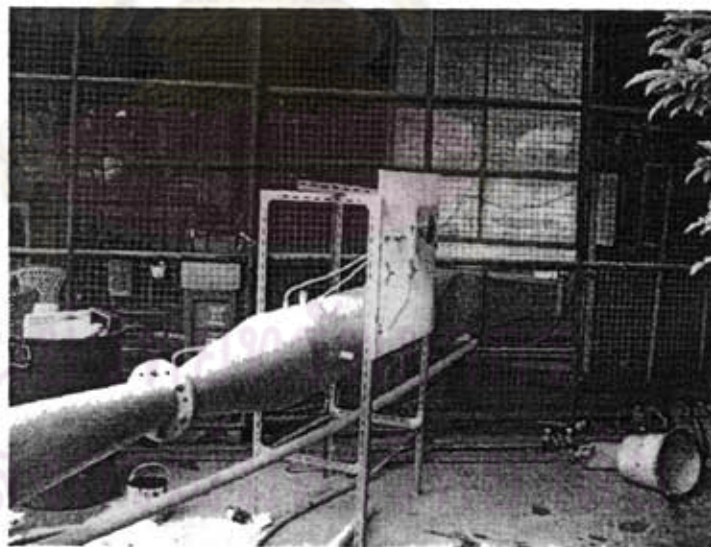


(A)



(B)

รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายห้องระบายน้ อากาศ : (A) ภาพด้านข้าง (B) ภาพด้านหน้า



รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายห้องระบายน้ อากาศและท่อลม



รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายระบบจับเก็บฝุ่นแบบไซโคลนสครับเบอร์

### 4.3 สภาวะในการทดลองสำหรับการระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง

สารที่ใช้ในการทดลอง : แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

#### 4.3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ความเร็วลมแนวตั้งภายในห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความเร็วลม 3 ค่า คือ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาที
- สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนพื้นที่ส่วนเปิดของพื้นตะแกรง 4 ค่า คือ 50 , 75 ด้านไกล , 75 ด้านใกล้ และ 100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
- ความสูงของห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความสูงของห้อง 2 ค่า คือ 1.5 และ 2 เมตร
- ความเร็วลมที่เป่าภายในห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความเร็วลม 3 ค่า คือ ปิดพัดลม (Fan Off) , 5.36 (Fan High) และ 3.91 เมตรต่อวินาที (Fan Low)



#### 4.4 สภาวะในการทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

สารที่ใช้ในการทดลอง : แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

##### 4.4.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความเร็วลมขาเข้า 4 ค่า คือ 10 , 13 , 16 และ 20 เมตรต่อวินาที
- อัตราการฉีดน้ำสเปรย์ : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนอัตราการฉีดน้ำสเปรย์ 3 ค่า คือ 0 , 0.9 และ 1.35 ลิตรน้ำต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ
- ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยน 3 ค่า คือ 0.2909 , 0.5256 และ 0.7547 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

#### 4.5 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองสามารถจำแนกขั้นตอนการทดลองหลักออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

##### 4.5.1 ขั้นตอนการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น

- 1) นำตัวอย่างฝุ่นมาหาค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็ก (Flowability and Floodability Index) โดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) โดยทำการวัดค่ามุมสงบ, มุมหลังตก, มุมบนพายุตก, ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวม, ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด, ค่าความเกาะกัน และค่าการแผ่กระจาย จากนั้น เครื่องจะทำการคำนวณค่า มุมผลต่าง และค่าความอัดตัว แล้วประเมินค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็ก ซึ่งจะแสดงผลออกมาทางหน้าจอของเครื่อง
- 2) ทำการทดลองเพื่อหาค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็กซ้ำอีก 3 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

อนึ่งในการทดลอง จะเลือกใช้ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) แทนการใช้ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity) เนื่องจากฝุ่นที่ใช้มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็กไม่ใช่แกรนูล

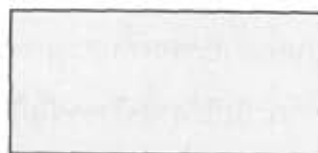
#### 4.5.2 ขั้นตอนการทดลองสำหรับระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง

ในการทดลองได้ทำป้อนอนุภาคที่มีความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ  $2 \text{ g/m}^3$  ภายในห้อง

- 1) เลือกสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงและความสูงของห้อง
- 2) เติมน้ำในบ่อพักน้ำและทำการเปิดปั๊มเพื่อให้น้ำไหลเป็นฟิล์มบนพื้นเอียง
- 3) เปิดเครื่องเป่าลม (Blower) คุดออก
- 4) เปิดอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วลมในแนวตั้ง โดยสังเกตจากความสูงของมาโนมิเตอร์ (ตามกราฟสอบเทียบ)
- 5) ทำการปรับแผ่นบานเกล็ด และวัดความเร็วลมภายในห้อง เพื่อได้ความเร็วลมในแนวตั้งตามต้องการ
- 6) บรรจุฝุ่นในเครื่องป้อนฝุ่น
- 7) ติดตั้งปั๊มสูญญากาศสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นตรงท่อทางเข้าแหล่งกำเนิดลม
- 8) เก็บข้อมูลบริเวณด้านบนของห้องระบายอากาศทั้ง 4 ด้าน โดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 9) เปิดสวิทช์เครื่องป้อนฝุ่น
- 10) เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที เริ่มเปิดปั๊มสูญญากาศสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่น
- 11) เก็บข้อมูลด้านบนของห้องทดลองทั้ง 4 ด้าน ที่เวลา 15 , 30 และ 45 นาทีโดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 12) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนสภาวะในการทดลอง
- 13) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยปรับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% , 75% โกล และ 75% โกล และ 100 %
- 14) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนความสูงของห้อง

**หมายเหตุ**

พื้นที่แรเงาคือพื้นที่ปิด ซึ่งเป็นรูปที่มองด้านบนของห้อง



ท่อทางออก

รูปที่ 4.16 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



ท่อทางออก

รูปที่ 4.17 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



ท่อทางออก

รูปที่ 4.18 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



ท่อทางออก

รูปที่ 4.19 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



อนึ่งในการศึกษาสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง เพื่อศึกษาว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศอย่างไร ทั้งนี้ในการนำไปใช้งานจริงอาจไม่ได้ใช้พื้นที่ห้องทั้งหมด ดังนั้นจึงยังคงให้ความเร็วลมในแนวตั้งมีค่าเท่าเดิม แต่ใช้พื้นที่ส่วนเปิดของพื้นห้องลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน ทั้งนี้จำเป็นต้องติดตั้ง Inverter ด้วย

#### 4.5.3 ขั้นตอนการทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

- 1) บรรจุฝุ่นในเครื่องป้อนอนุภาค
- 2) นำกระดาษกรองที่ซั่งน้ำหนัก(กระดาษเปล่า)แล้วใส่ในอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาค และติดตั้งบีม สูญญากาศ
- 3) เปิดเครื่องเป่าลม (Blower) ที่ทางออกของห้อง
- 4) เปิดอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วลมเข้าเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์ โดยสังเกตจากความสูงของมาโนมิเตอร์ (ตามกราฟสอบเทียบ)
- 5) เปิดสวิทช์เครื่องป้อนอนุภาค
- 6) เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที เริ่มเปิดบีมสูญญากาศสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่น
- 7) ปรับวาล์วของเครื่องวัดอัตราการไหลของลม(Rotameter)ในระบบดึงตัวอย่างแบบไอโซไคเนติก
- 8) เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงหยุดการดึงตัวอย่างอากาศ แล้วถอดกระดาษกรองออกก่อนนำเข้าเครื่องดูดความชื้น(desiccator)เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองซั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักของฝุ่น
- 9) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-8) โดยเปลี่ยนความเร็วลมในการทดลองให้ครบตามหัวข้อ

##### 4.4.1

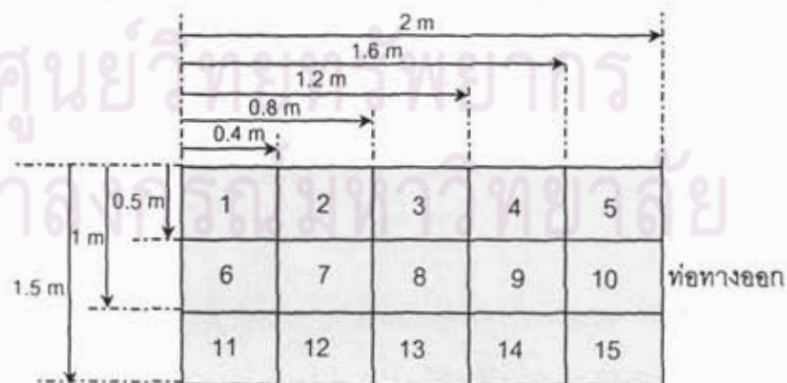
- 10) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-9) โดยความเข้มข้นฝุ่นเข้าเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์
- 11) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-10) โดยเปลี่ยนอัตราการฉีดสเปรย์

#### 4.6 การทดลองของระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่งสำหรับเปรียบเทียบ เทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์

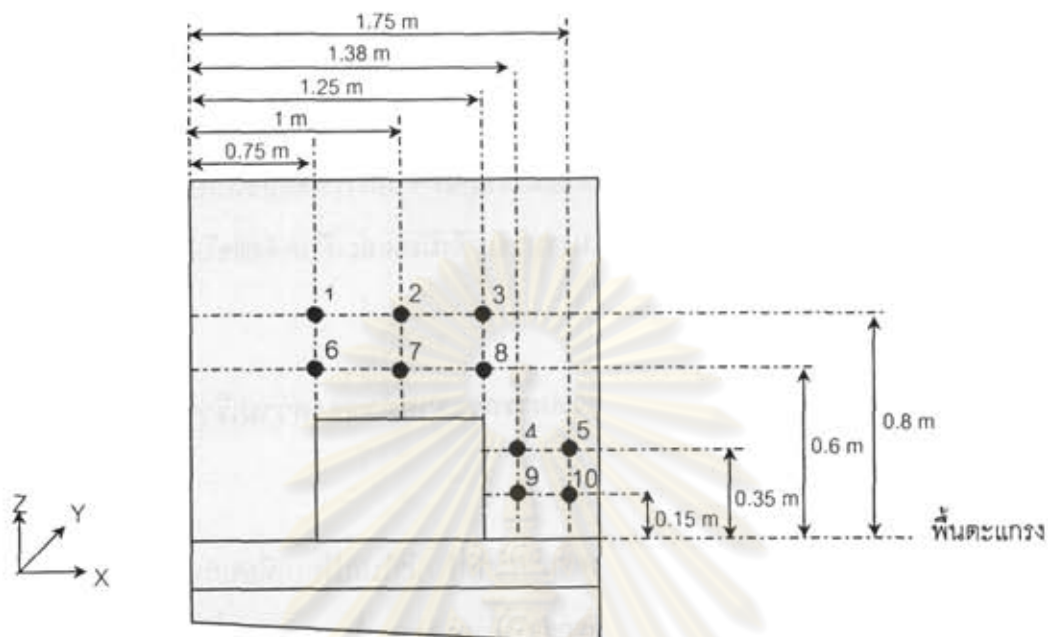
เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสามารถในการทำนายผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 4.6.1 ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศ

ในการทดลองวัดความเร็วของอากาศสำหรับนำไปเปรียบเทียบกับการจำลอง เริ่มแรก จะทำการวัดความเร็วเฉลี่ยขาเข้าของอากาศที่ด้านบนของห้อง (สูงจากพื้นระนาบ 2 เมตร) ซึ่งคือความเร็วขาเข้าของอากาศของแบบจำลอง โดยทำการแบ่งพื้นที่ดังรูปที่ 4.20 ซึ่งแต่ละจุดใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศในช่วง 1 นาที ถัดจากตำแหน่งด้านบนของห้องจะเป็นบริเวณที่ถูกจัดเตรียมไว้ เพื่อทำการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศดังรูปที่ 4.21 ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศจะใช้เครื่องวัดความเร็วลมรุ่น Testo 425 รายละเอียดเครื่องมือที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2.1.2



รูปที่ 4.20 ตำแหน่งของจุดวัดบนห้องมองด้านบน (วัดที่ใจกลางของสี่เหลี่ยม)



รูปที่ 4.21 ตำแหน่งของจุดวัดภายในห้อง

เมื่อ ● แทนตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดความเร็วของอากาศ

หมายเลข 1-10 แทนตำแหน่งของจุดวัดเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการแสดงผลการทดลอง

#### 4.6.2 การทดลอง

ในการศึกษาจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1, 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที

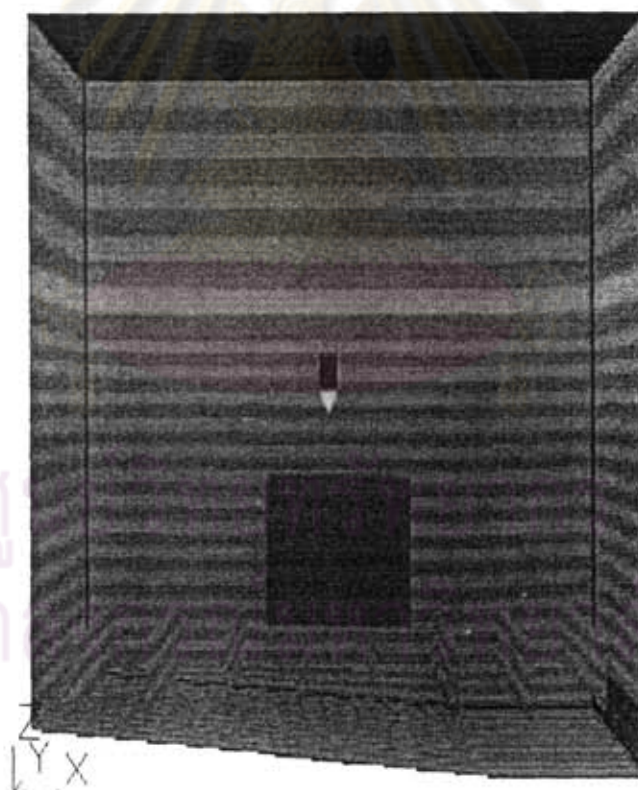


#### 4.7 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการจำลองจะอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า PHOENICS ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้หลักการของเทคนิค CFD ในการคำนวณผล

##### 4.7.1 ลักษณะรูปร่าง (Geometry)

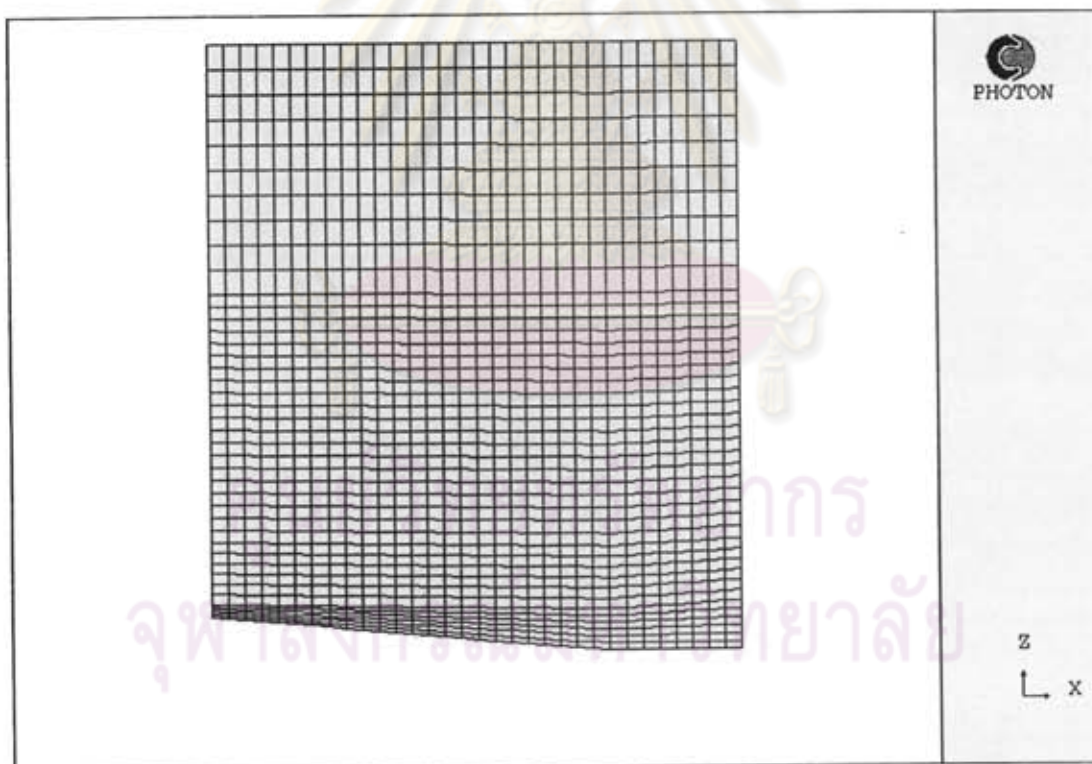
ห้องมีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร (แกน Y) ความยาว 2 เมตร (แกน X) และความสูง 2 เมตร (แกน Z) ด้านบนของห้องเป็นทางเข้าของอากาศ(สีม่วง) ภายในห้องมีสิ่งกีดขวางที่มีขนาดความกว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.50 เมตร และความสูง 0.5 เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นห้อง ถัดลงมาจะมีแผ่นบานเกล็ด 8 แผ่นอยู่ในแนวตั้ง (แกน Z) โดยแต่ละแผ่นห่างกัน 0.25 เมตร จากนั้นจะมีลักษณะเป็นพื้นเอียง และทางออกของอากาศ (สีฟ้า) ดังรูป 5.20



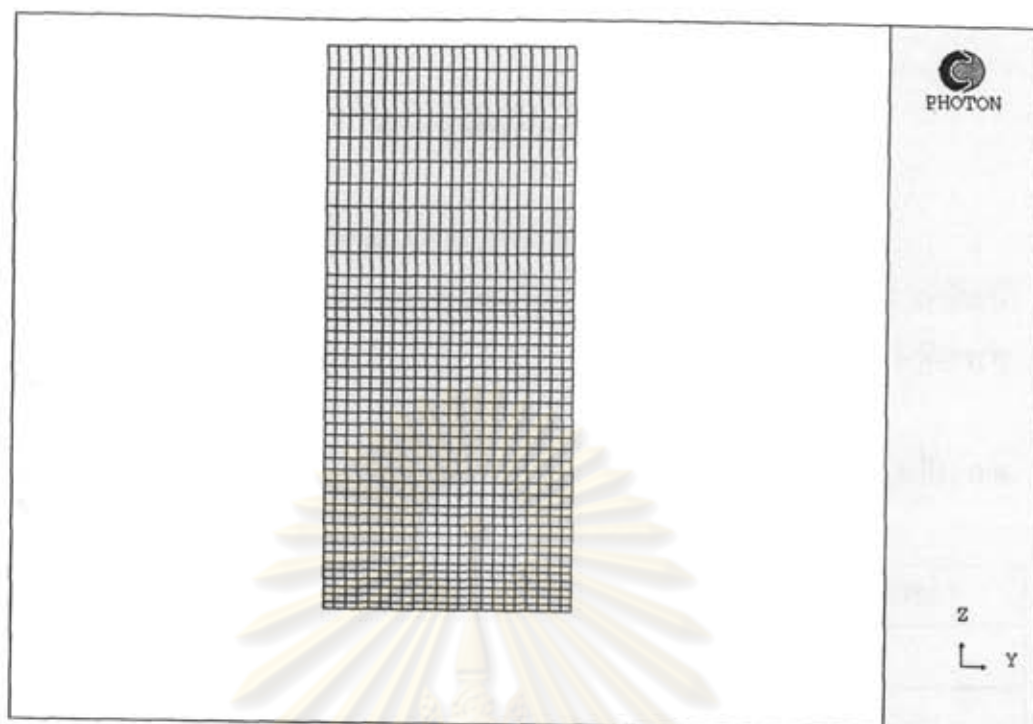
รูปที่ 4.22 ลักษณะรูปร่างที่ใช้ในเทคนิค CFD

#### 4.7.2 การกำหนดกริด (Grids)

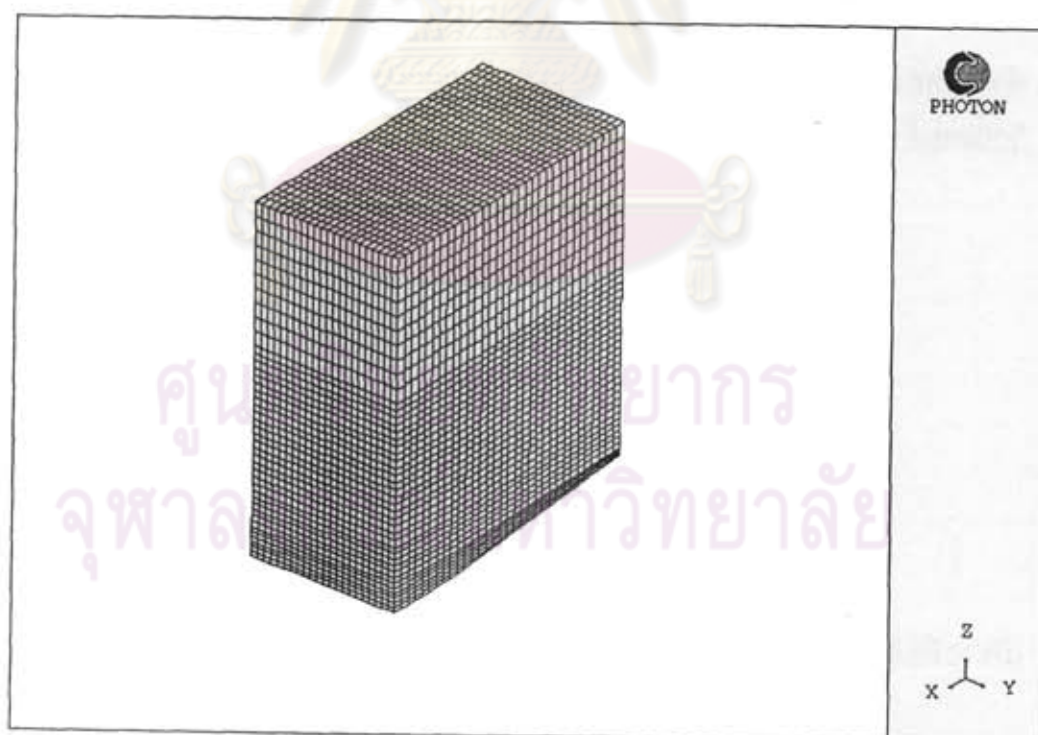
การจำลองในกรณีที่ของไหลไหลผ่านสิ่งกีดขวางจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังตารางที่ 5.1 โดยกำหนดให้โดเมนที่ใช้ในการจำลองมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และสูง 2.45 เมตร ซึ่งในการกำหนดกริดที่ใช้ในการคำนวณจะกำหนดให้จำนวนและระยะห่างของเส้นกริดมีค่าเท่ากันทั้งสามการทดลองคือ กำหนดให้จำนวนกริดตามความยาว (IX), จำนวนกริดตามความกว้าง (IY) และจำนวนกริดตามความสูง (IZ) มีค่าเท่ากับ 32, 22 และ 42 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีขนาดเล็กในบริเวณสิ่งกีดขวางและพื้นเอียง จากนั้นระยะห่างของกริดจะมีขนาดมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อไกลจากบริเวณดังกล่าว ดังแสดงได้ดังรูปที่ 5.20-5.22 การสร้างกริดในลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่เท่ากันตลอดระยะทางที่กำหนด (non-uniform grids) ทำให้สามารถลดจำนวนกริดที่ต้องการใช้ลงและลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณให้น้อยลง



รูปที่ 4.23 ลักษณะของกริดในระนาบ XZ



รูปที่ 4.24 ลักษณะของกริดในระนาบ YZ



รูปที่ 4.25 ลักษณะของกริด ในระนาบ XYZ



#### 4.7.3 สภาวะขอบเขต (Boundary condition)

##### 4.7.3.1 บริเวณทางเข้าของอากาศ

1 ความเร็วของอากาศที่เข้าทางด้านบนห้องมีลักษณะเป็นแบบ Uniform Flow โดยที่ความเร็วจะมีเฉพาะในแกน Z เท่านั้น และมีค่า Intensity ( $I$ ) เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าระบบในแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	แนวแกน x m/s	แนวแกน y ( $\bar{v}$ ) m/s	แนวแกน z ( $\bar{w}$ ) m/s
1	0	0	0.10
2	0	0	0.33
3	0	0	0.48

2 ส่วนพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วน,  $k$  และค่าอัตราการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วน,  $\varepsilon$  สามารถประมาณค่าได้จากสมการต่อไปนี้ตามลำดับ

$$k = (I\bar{w})^2 = (0.05\bar{w})^2$$

$$\varepsilon = \frac{C_{\mu}^{0.75} k^{1.5}}{L}$$

$$L = 0.1H$$

เมื่อ  $H$  คือ รัศมีเชิงไฮดรอลิก (Hydraulic Radius) ของช่องทางเข้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4286 เมตร

#### 4.7.3.2 บริเวณผนัง

ที่บริเวณผนังทุกด้านจะกำหนดให้องค์ประกอบของความเร็วทุกทิศทางที่ผนังมีค่าเป็นศูนย์ (no-slip condition)

#### 4.7.3.3 คุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของอากาศในระบบ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศที่ใช้ในการจำลอง

อุณหภูมิ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/ms)
30 °C	1.1678	$1.8661 \times 10^{-5}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

#### 5.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น

ฝุ่นที่ใช้ในการทดลองได้ถูกศึกษาการกระจายขนาดอนุภาค (Size Distribution) โดยใช้เครื่อง Mastersizer S long bed Version 2.11 (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

สมบัติการไหลของสารทำการวัดโดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) และได้สรุปค่าสมบัติการไหลต่างๆดัชนีการไหล และดัชนีการไหลทะลัก (Flowability and Floodability Index) รวมทั้งค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคที่ 50% โดยปริมาตร (น้ำหนัก) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1-5.4

สำหรับฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิวมีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูงและมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ไมโครเมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏหลวมตัว) จึงทำให้มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) สูง มุมขณะสงบ (Angle of Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง ซึ่งนอกจากนี้ยังพุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย เป็นผลทำให้ค่าการแพร่กระจาย (Dispersibility) สูง เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)

สำหรับฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมีค่าดัชนีการไหลตัว และมีค่าดัชนีการไหลทะลักต่ำ ทำให้มีความสามารถในการฟลูอิดไดซ์และความสามารถในการไหลตัวที่ต่ำ เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏหลวมตัว) ค่ามุมบนพาย (Angle of Spatula) และค่าความอัดตัว (Compressibility) สูง นอกจากนี้ยังพุ้งกระจายในอากาศได้ไม่ดี เป็นผลทำให้ค่าการแพร่กระจาย (Dispersibility) ต่ำ



สำหรับฝุ่น EVA มีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูง และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 10.66 เมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวมตัว) มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) ต่ำ มุมขณะสงบ (Angle of Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง มีค่าการแผ่กระจายสูงมาก ทำให้เกิดการฟุ้งและแพร่กระจายในอากาศได้ง่าย อนึ่งเนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)

สำหรับฝุ่นแก้วลอย มีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูง และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 24.41 เมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวมตัว) มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) ต่ำ มุมขณะสงบ (Angle of Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง มีค่าการแผ่กระจายค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการฟุ้งและแพร่กระจายในอากาศได้ง่าย อนึ่งเนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่น  
ที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	46.8
Angle of Spatula (degree)	70.4
Aerated Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.824
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.364
Compressibility (%)	39.5
Cohesiveness (%)	66.9
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	39.1
Angle of Difference (degree)	7.7
Dispersibility (%)	25.87
Floodability Index	Tend to flush
D <sub>v50</sub> (μ m)	4.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	44.5
Angle of Spatula (degree)	68.6
Aerated Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.510
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.161
Compressibility (%)	51.1
Cohesiveness (%)	42.0
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	35.8
Angle of Difference (degree)	8.5
Dispersibility (%)	2.03
Floodability Index	May flush
D <sub>v50</sub> (μ m)	1.92

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.3 สมบัติการไหลของฝุ่น EVA และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

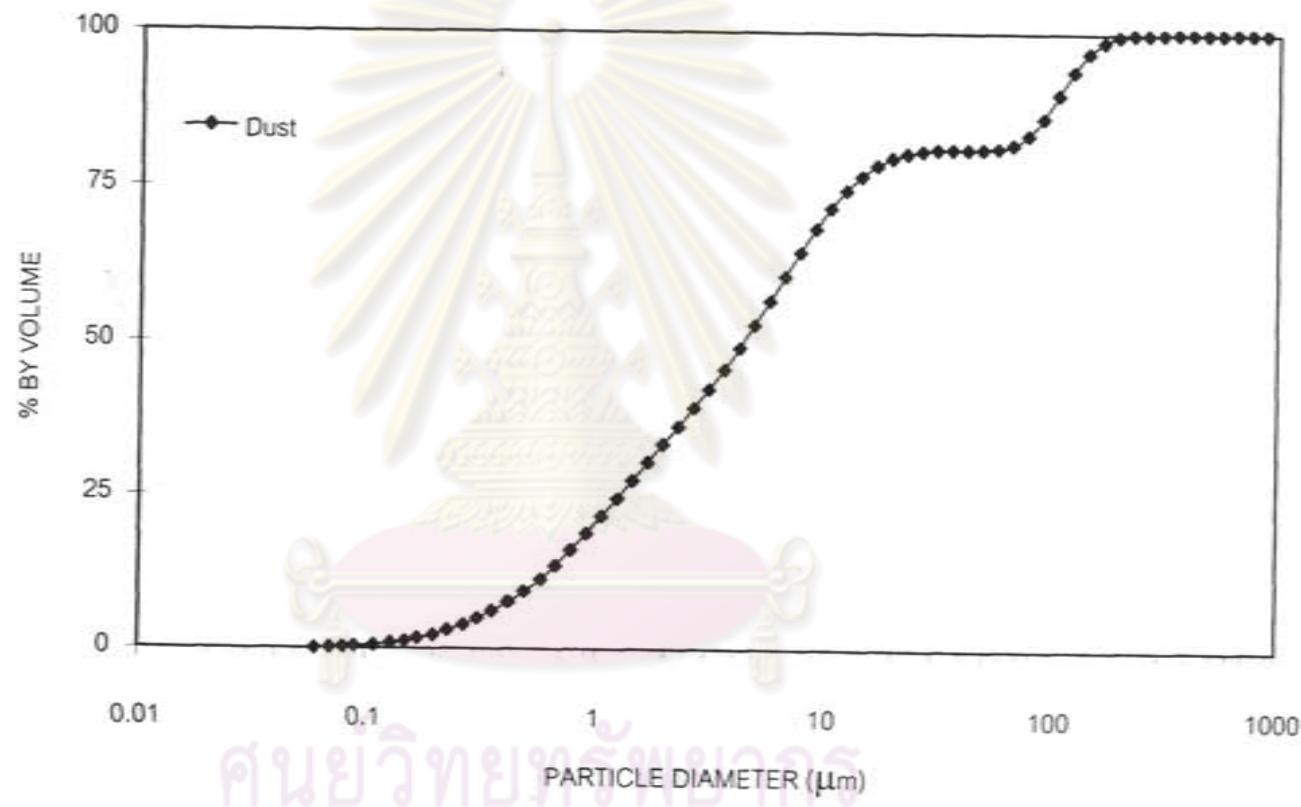
	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	50.36
Angle of Spatula (degree)	65.33
Aerated Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.254
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.474
Compressibility (%)	46.3
Cohesiveness (%)	7.8
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	18.6
Angle of Difference (degree)	31.8
Dispersibility (%)	60.83
Floodability Index	Very High
D <sub>v50</sub> (μ m)	10.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 สมบัติการไหลของฝุ่นแก้ลอย และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร (น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	49.57
Angle of Spatula (degree)	67.6
Aerated Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.074
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.452
Compressibility (%)	27.9
Cohesiveness (%)	11.17
Flowability Index	Not Good
Angle of Fall (degree)	35.3
Angle of Difference (degree)	12.93
Dispersibility (%)	18.6
Floodability Index	Tend to flush
D <sub>v50</sub> (μ m)	24.41

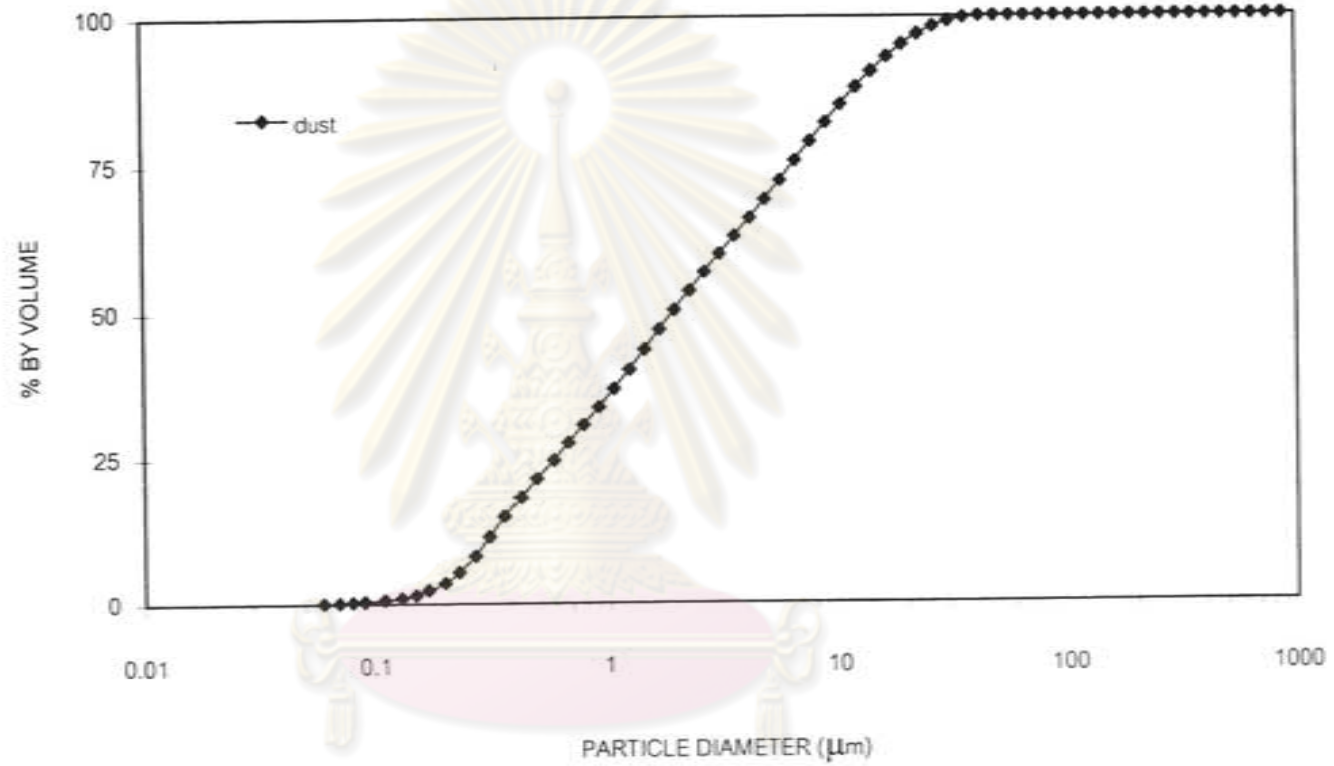
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยพัชวลิต  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

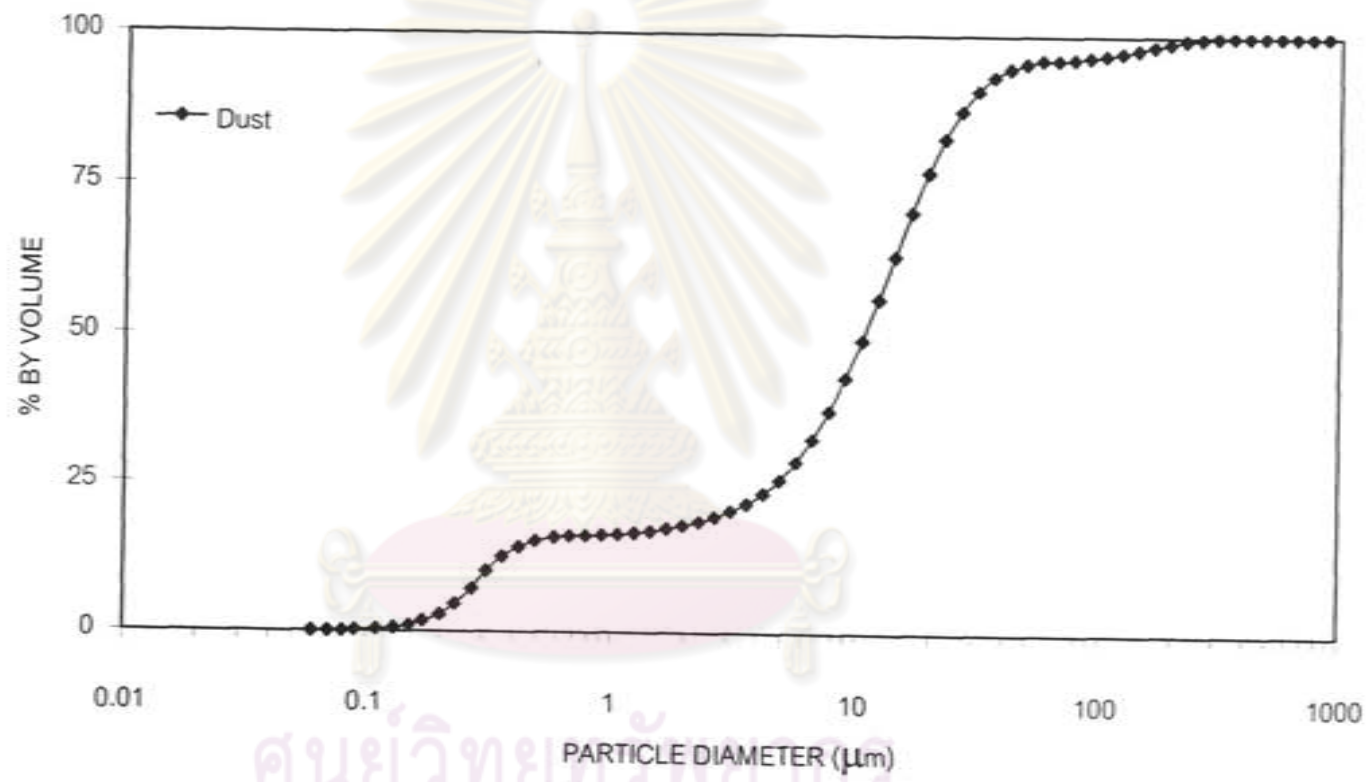
รูปที่ 5.1 การกระจายขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว



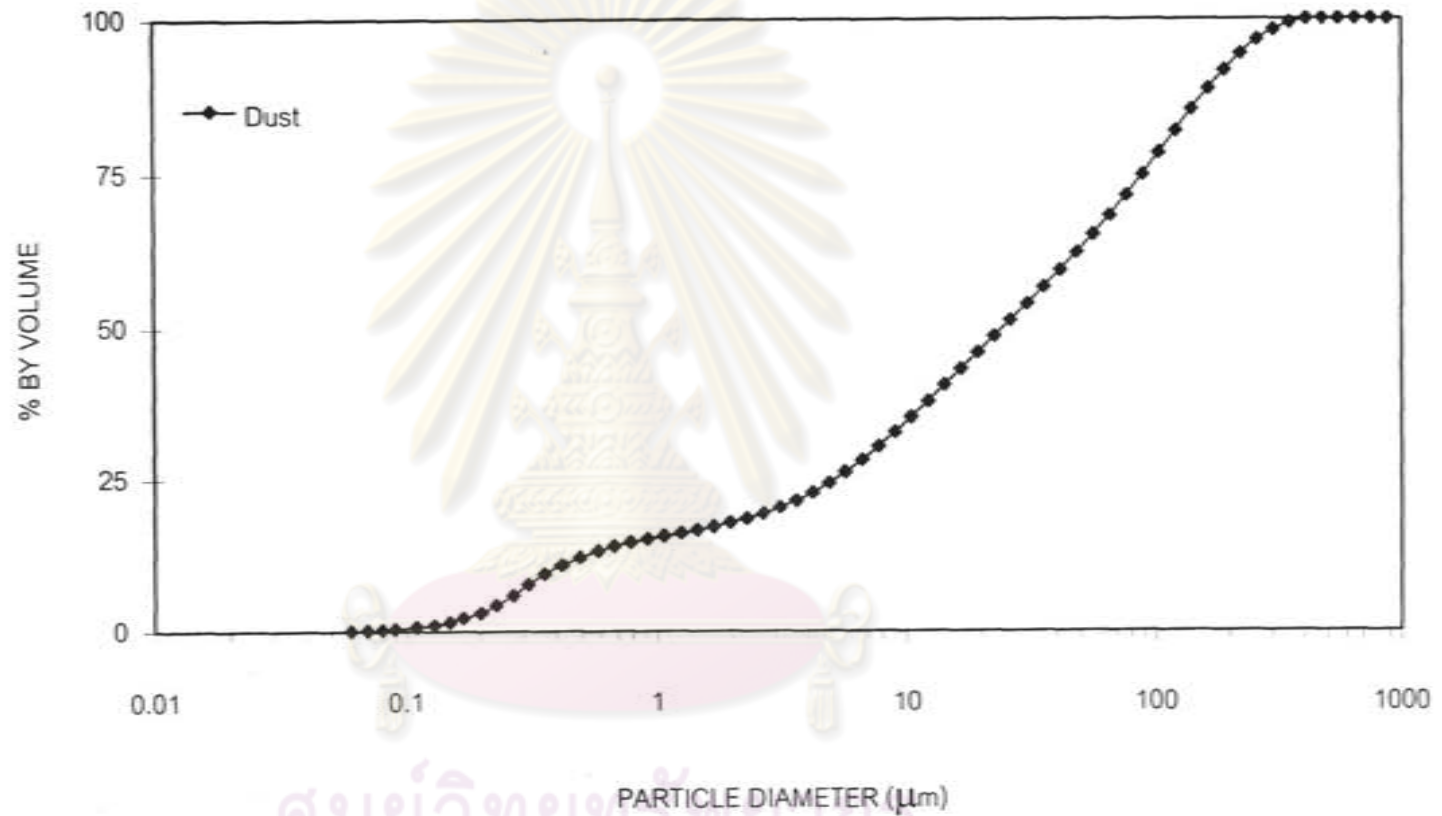


รูปที่ 5.2 การกระจายขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว

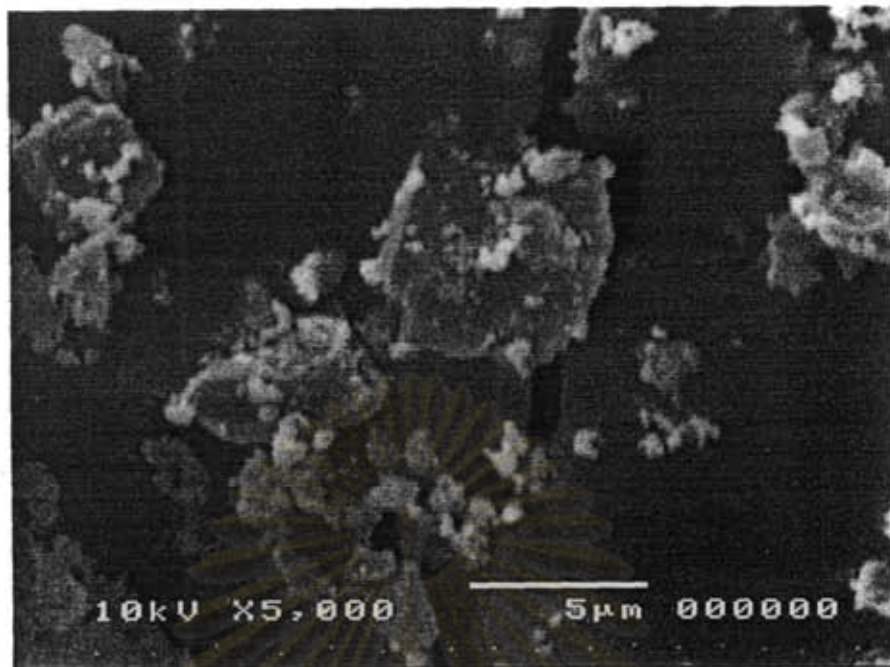
ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



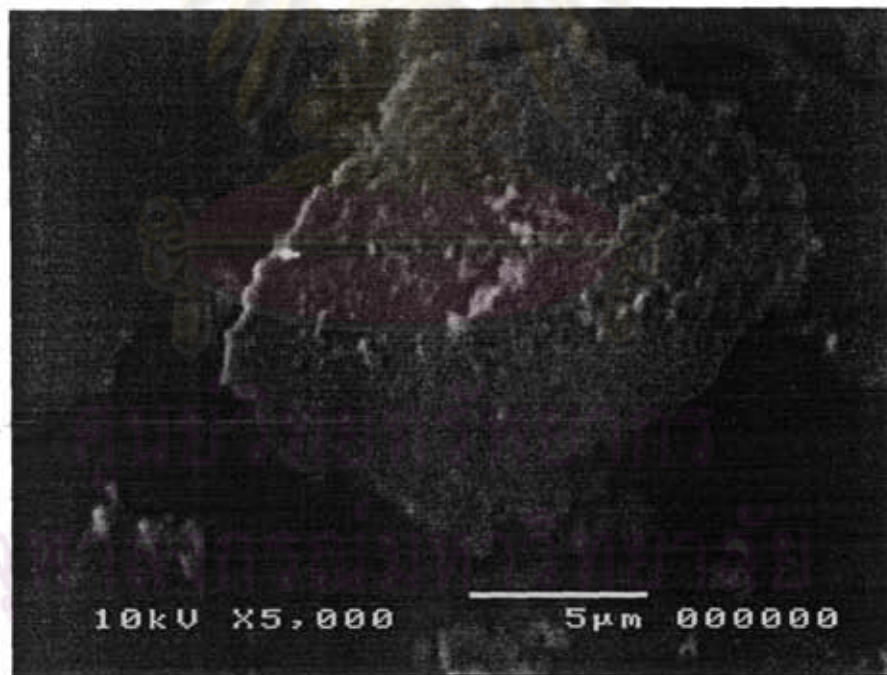
ศูนย์วิทยุทางการแพทย์  
รูปที่ 5.3 การกระจายขนาดของฝุ่น EVA จากโรงงานผลิตกระดานโต้คลื่น  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยพัทฯ กว  
รูปที่ 5.4 การกระจายขนาดของเถ้าลอย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

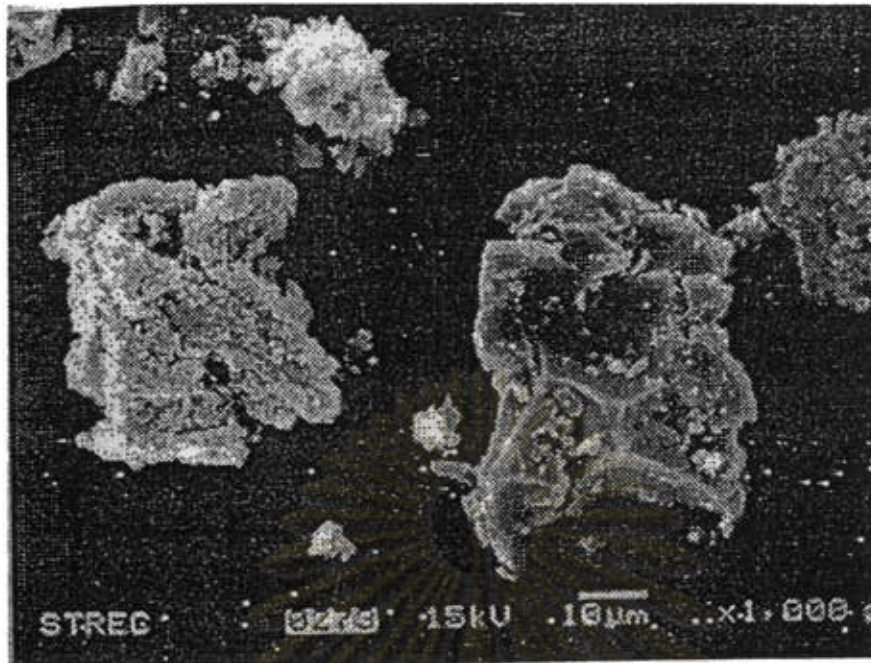


รูปที่ 5.5 ลักษณะของแผ่นเคลือบคาร์บอนแบบเคลือบผิว ขยาย 5000 เท่า



รูปที่ 5.6 ลักษณะของแผ่นเคลือบคาร์บอนแบบไม่เคลือบผิว ขยาย 5000 เท่า





รูปที่ 5.7 ลักษณะของฝุ่น EVA จากโรงงานผลิตและขึ้นรูปกระดานโต้คลื่น ขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 5.8 ลักษณะของฝุ่นเก้าอี้ ขยาย 1000 เท่า

หนึ่งฝุ่นที่ใช้ในการทดลองคือ แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว เนื่องจากฝุ่น EVA ที่เกิดจากโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น โดยเก็บจากด้านล่างไซโคลนนั้นมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำการทดลอง อีกทั้งทางโรงงานดังกล่าวได้ยกเลิกการใช้ไซโคลน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นฝุ่นแก้วลอยแต่จะพบว่าฝุ่นแก้วลอยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยมากกว่า 10 ไมครอน (24.41 ไมครอน) ซึ่งในขอบเขตของงานวิจัยนี้ต้องการฝุ่นที่มีขนาดน้อยกว่า 10 ไมครอน จากนั้นเปลี่ยนเป็น แคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิวจะพบว่ามีความถี่การไหลที่ต่ำ ทำให้ขณะทำการทดลองนั้นฝุ่นไม่ไหลออกจากเครื่องป้อนอนุภาค อีกทั้งฝุ่นดังกล่าวยังฟุ้งกระจายในอากาศได้ไม่ดี ส่วนฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิวนั้นฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย เหมาะกับการทดลอง อีกทั้งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 10 ไมครอน โดยฝุ่นชนิดนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2 ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง

### 5.2.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ

#### 5.2.1.1 อิทธิพลของความเร็วมในแนวดิ่ง

##### 5.2.1.1.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

##### 5.2.1.1.1.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 %ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด และความเร็วมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง แต่ก็มิขนาดอนุภาค 1-2 , 0.3-0.5 และ น้อยกว่า 3 ไมครอนที่ความเร็วมในแนวดิ่งเท่ากับ 0.36 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

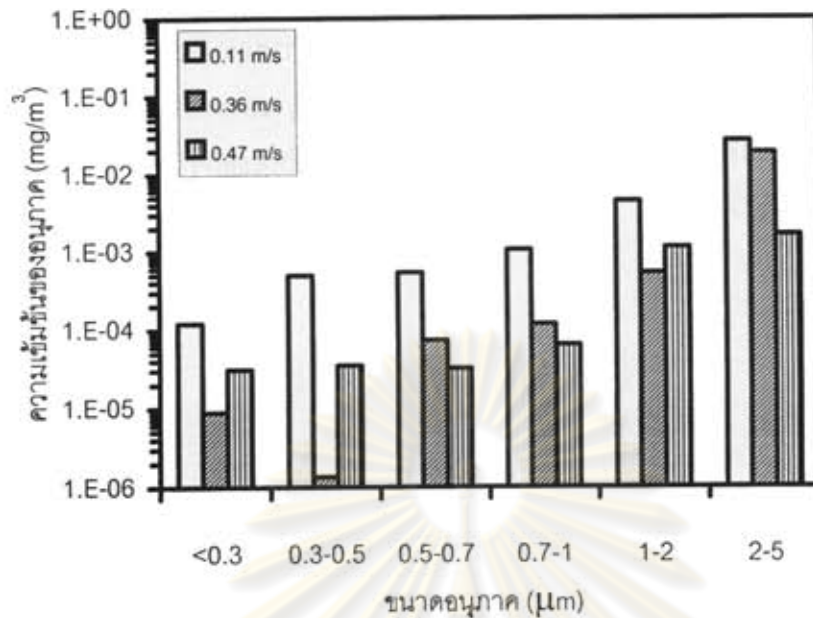
รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 2-5 ไมครอนและน้อยกว่า 3 ไมครอนจะลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วงอื่นความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.36 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง

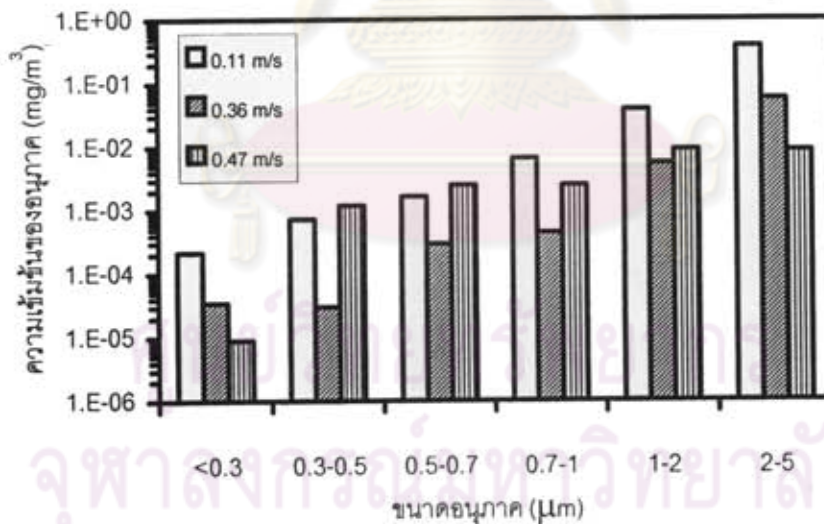


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

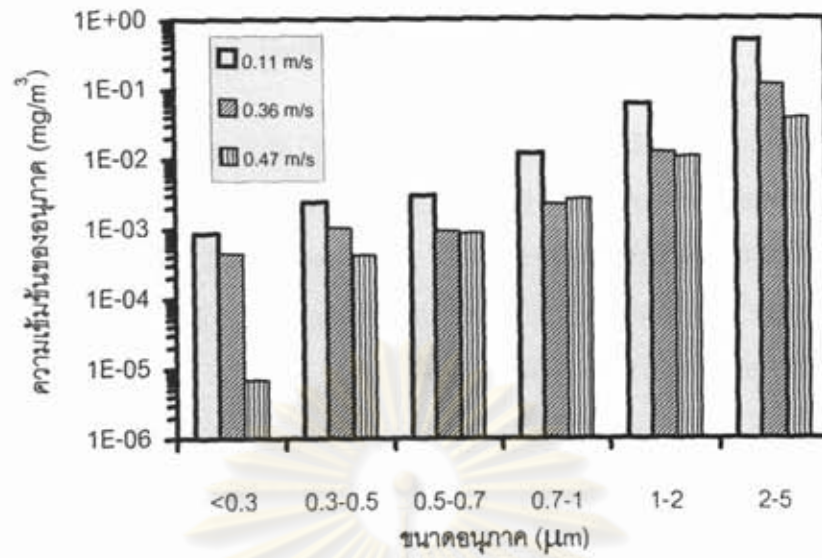




รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

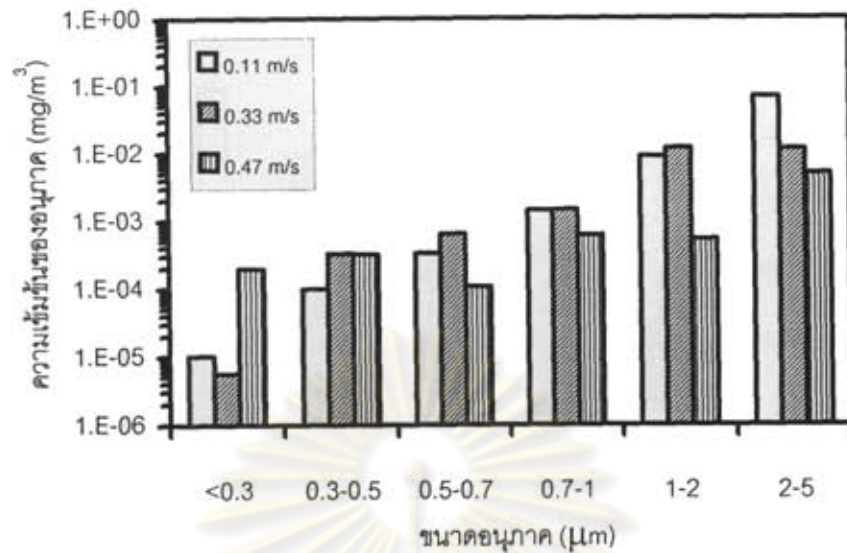
### 5.2.1.1.1.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

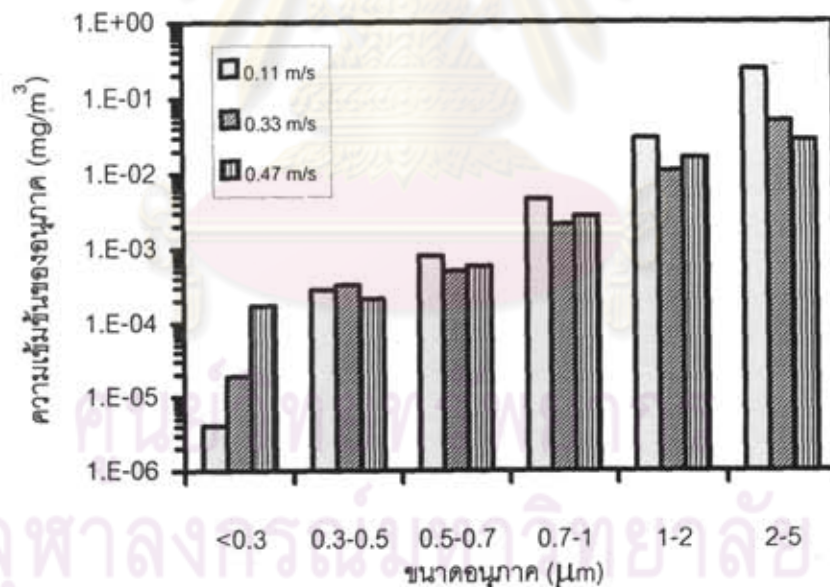
รูปที่ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 2-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วงอื่นความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.33 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

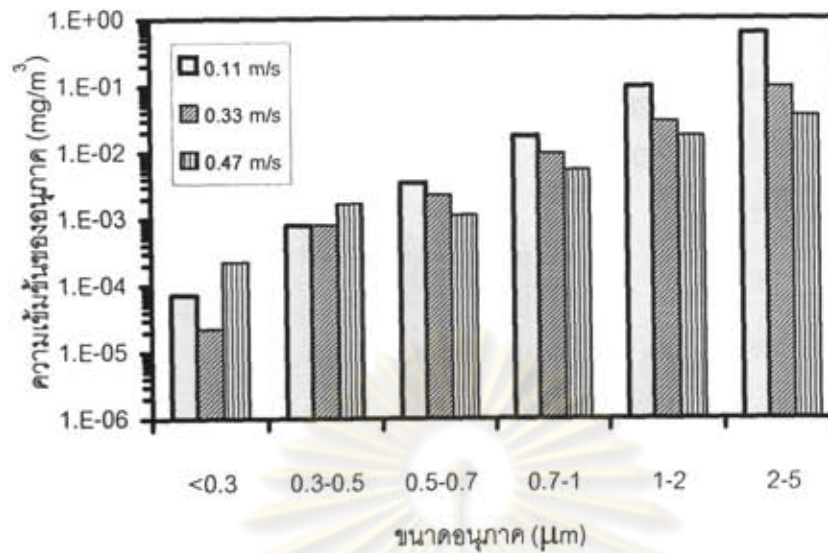


รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร





รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

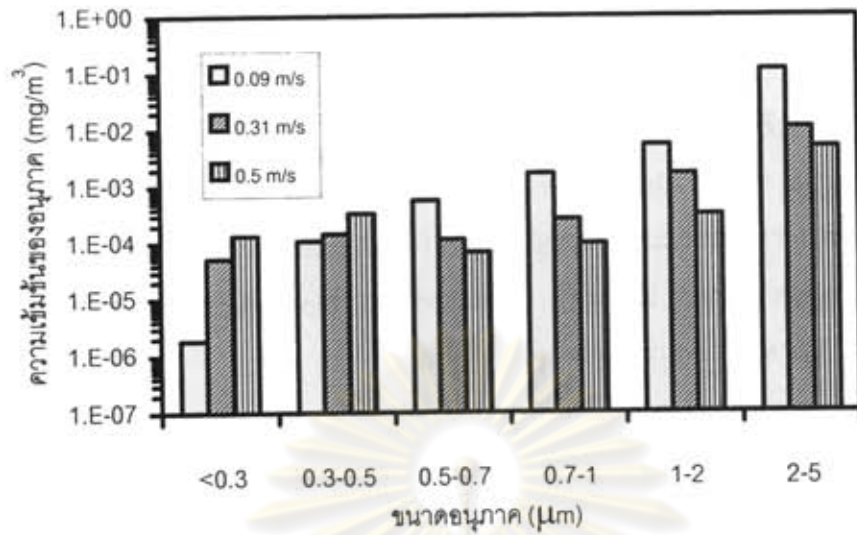
### 5.2.1.1.1.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

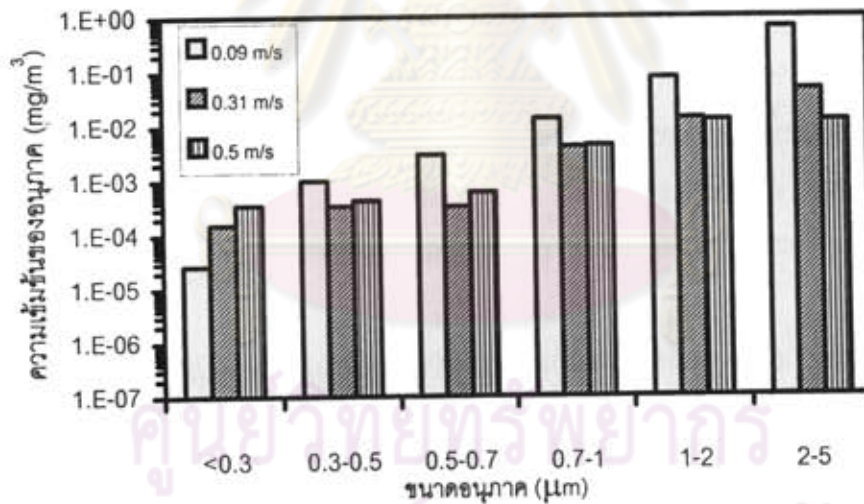
รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วง 0.3-0.5 และ 0.5-0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

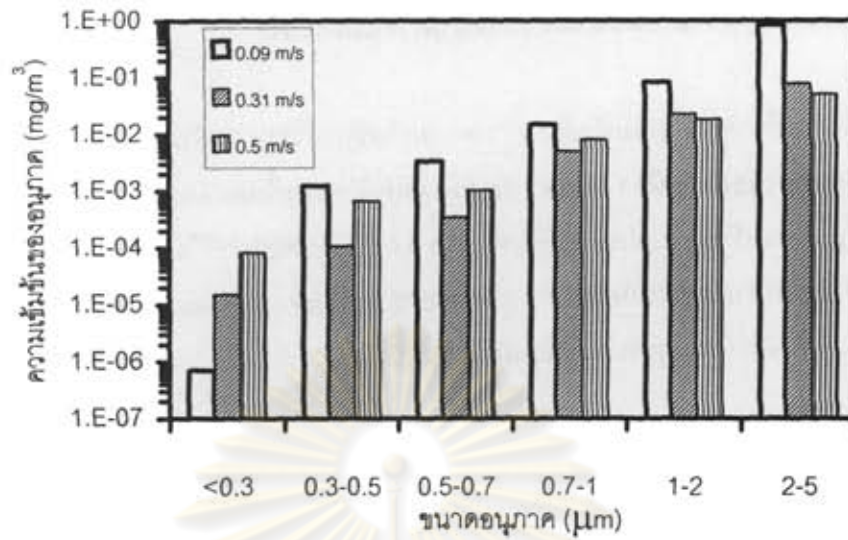
รูปที่ 5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 1-2 และ 2-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ไมครอน และ 0.3-1 ไมครอน ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.09 และ 0.31 เมตรต่อวินาทีมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ



รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



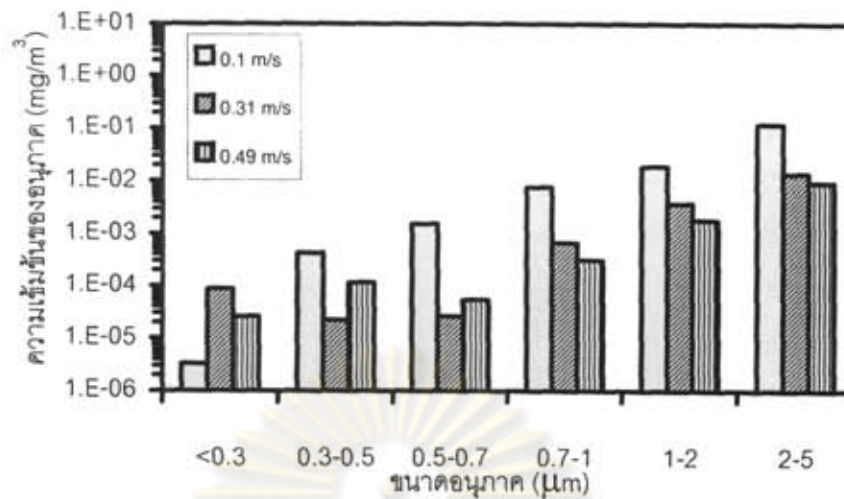
#### 5.2.1.1.1.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 % ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

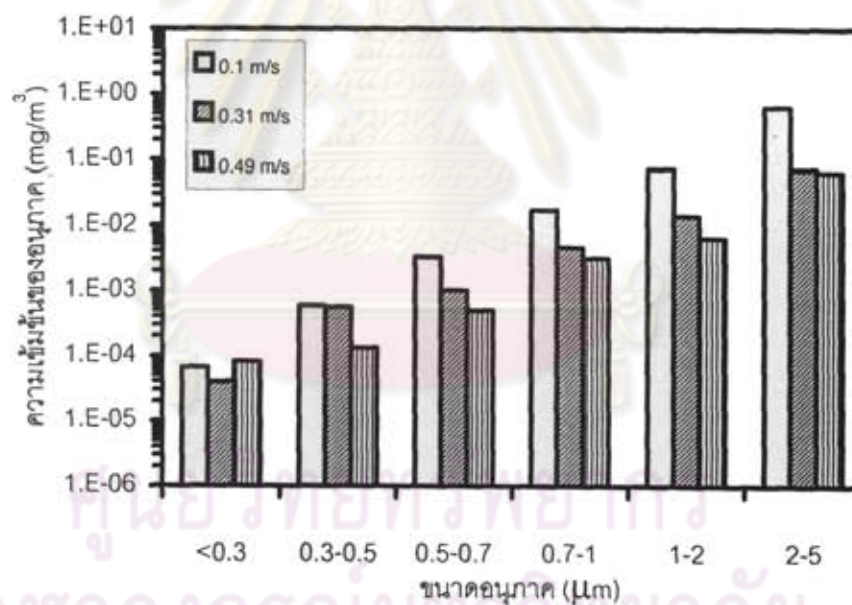
รูปที่ 5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 1-2 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ไมครอน และ 0.3-0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 และ 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ

รูปที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

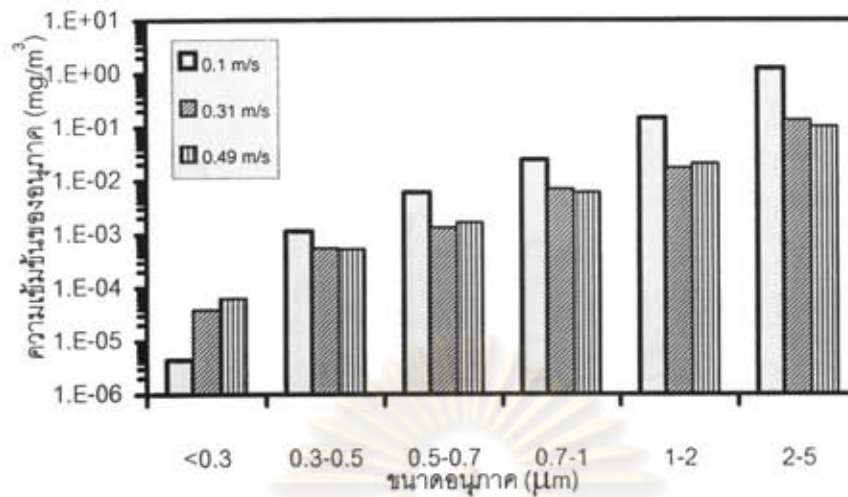
รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



#### 5.2.1.1.1.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100% , 75% ไกล , 75% ไกล และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

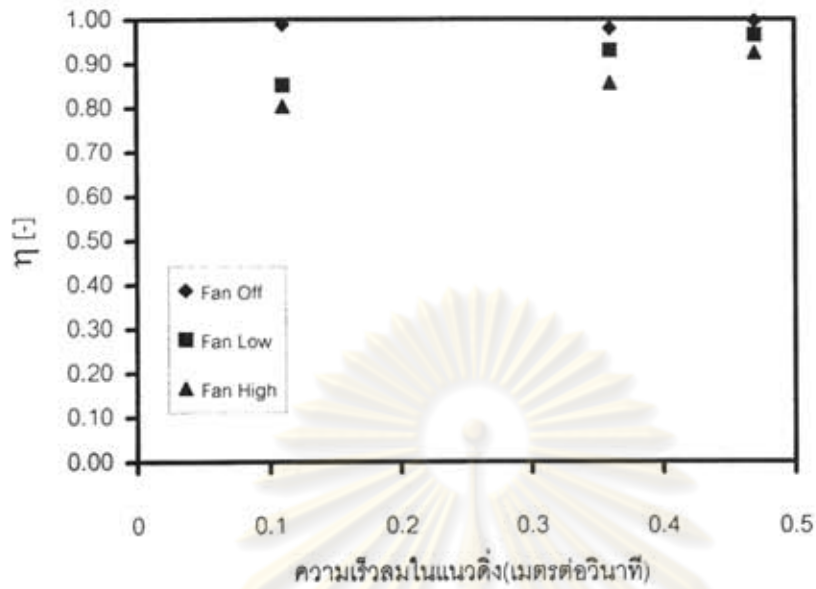
รูปที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศ ไกล่เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.81-0.99 [-]

รูปที่ 5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไกล่เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.81-0.99 [-]

รูปที่ 5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกล่ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไกล่เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.80-0.99 [-]

รูปที่ 5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ไกล่เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.78-0.99 [-]

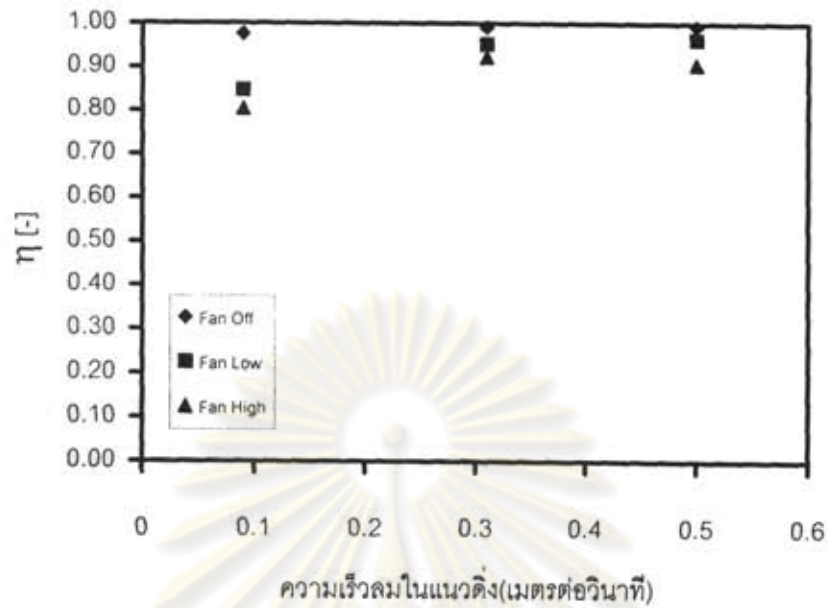




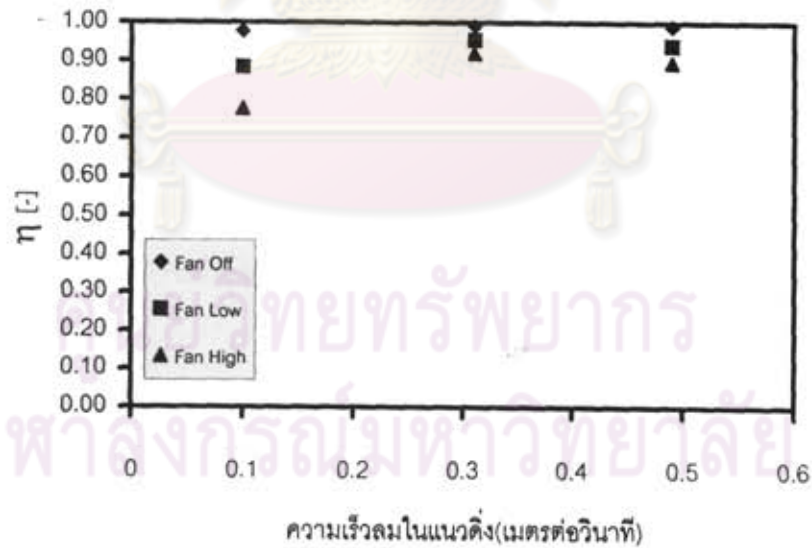
รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ระแนง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ระแนง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

จากรูปที่ 5.9-5.20 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด กล่าวคือ เมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี อีกทั้งมีผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริม ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้อง จะมีแนวโน้มลดลงที่ความเร็วลมในแนวดิ่งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที และกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวดิ่งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น) จะส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ รวมทั้งอนุภาคขนาดเล็กนั้นจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศรอบๆตัวมัน ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลการแพร่ (Diffusion Effect)

จากรูปที่ 5.21-5.24 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด เมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้อง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวดิ่งคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมที่เป่าเข้ามาภายในห้อง ทำให้อากาศไหลปั่นป่วนขึ้น ความเร็วลมในแนวดิ่งไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศ ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.1.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

#### 5.2.1.1.2.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

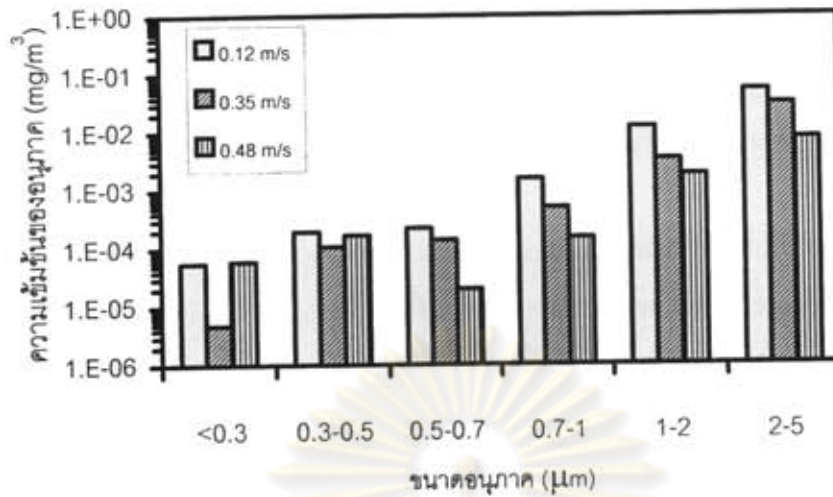
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง แต่ก็มีขนาดอนุภาค 0.3-0.5 และ น้อยกว่า 3 ไมครอนที่ความเร็วลมในแนวดิ่งเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

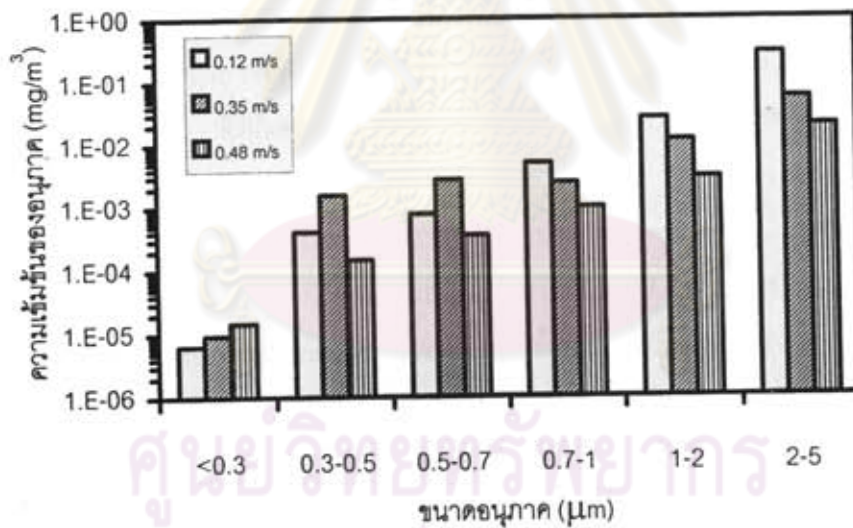
รูปที่ 5.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนจะลดลง ส่วนขนาดอนุภาคน้อยกว่า 0.3 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.12 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆลดลง

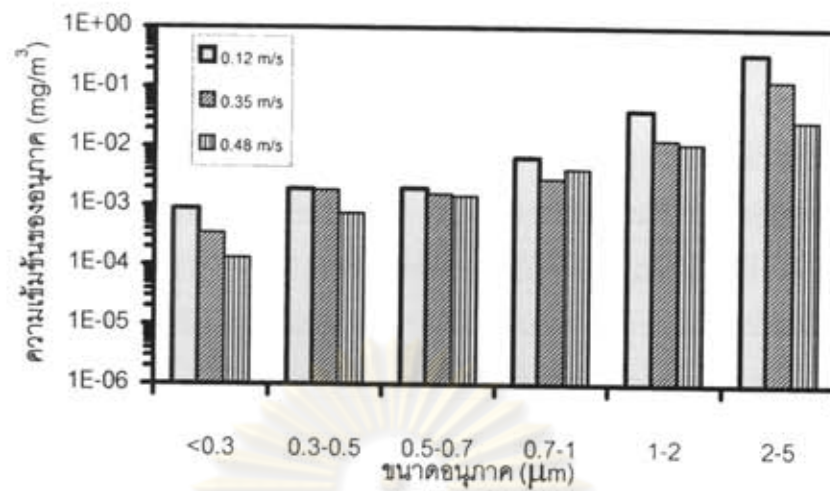




รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.1.2.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง %75ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาค 0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.14 เมตรต่อวินาทีมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 1-5 ไมครอนลดลง ขนาดอนุภาคในช่วง0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.14 เมตรต่อวินาทีมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี และขนาดอนุภาคในช่วงน้อยกว่า 0.3 และ 0.7-1 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาทีมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

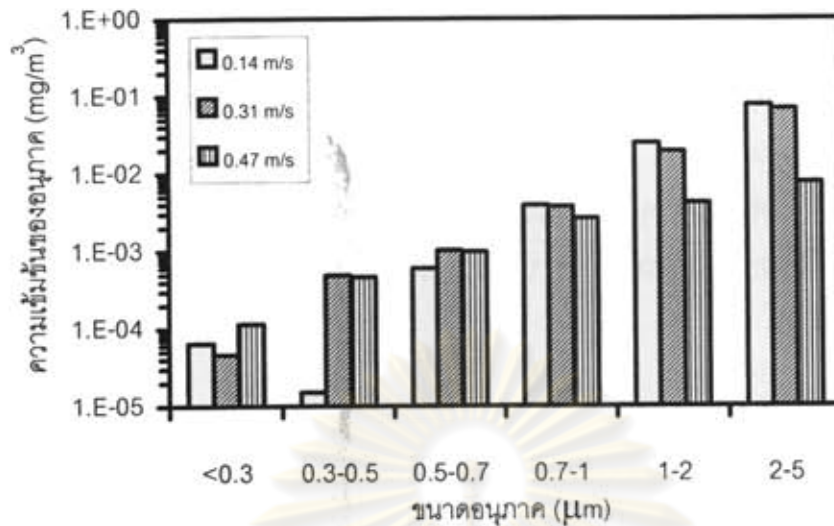
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคในช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนอนุภาคขนาด 0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 เมตรต่อวินาทีมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

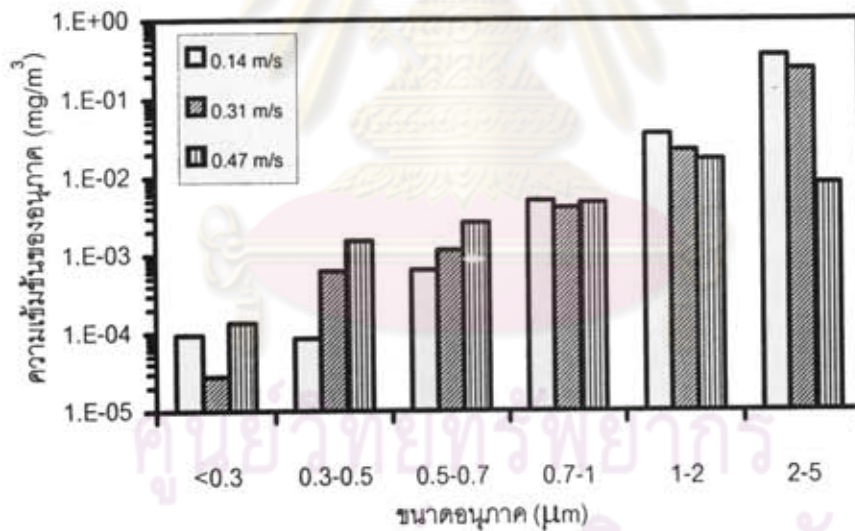


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

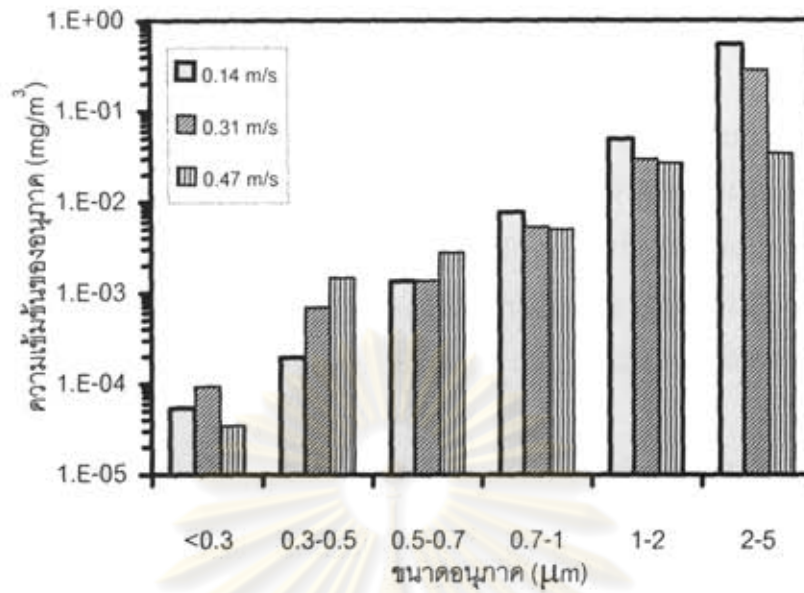




รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.1.2.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

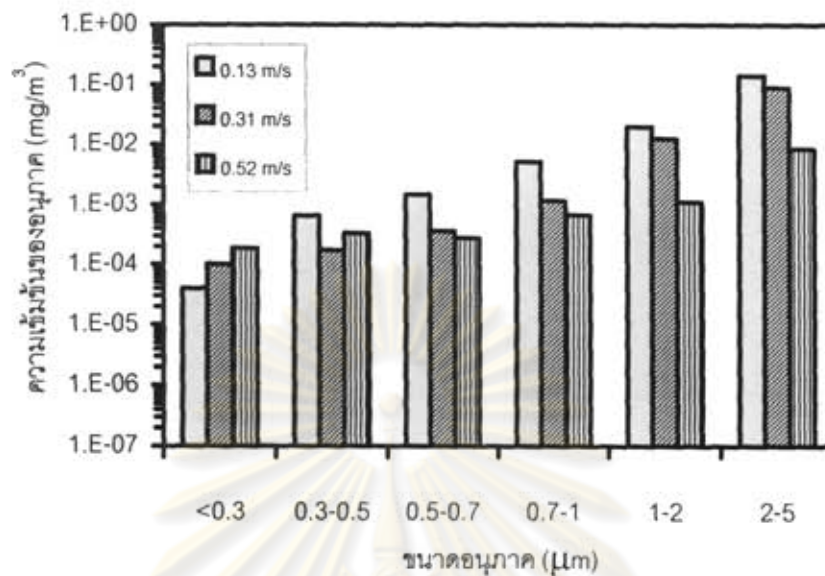
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

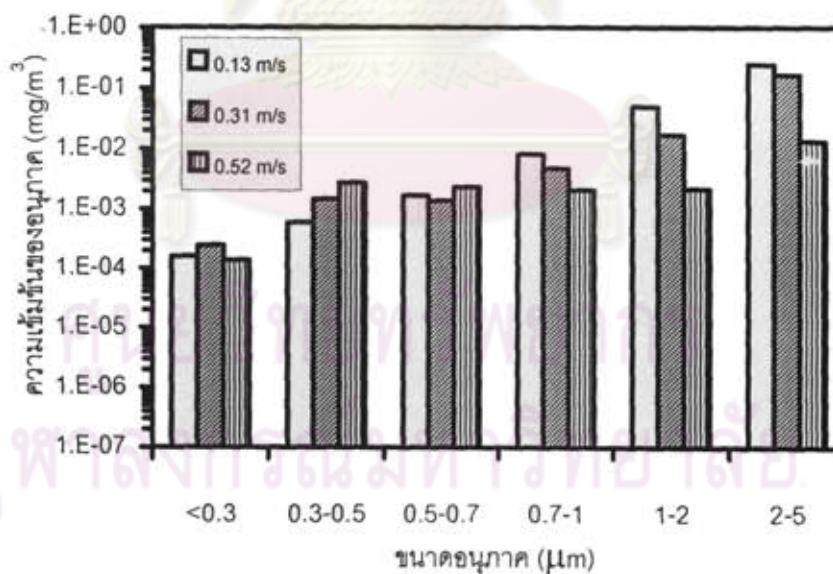
รูปที่ 5.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7-2 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วง 0.5-0.7 ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี



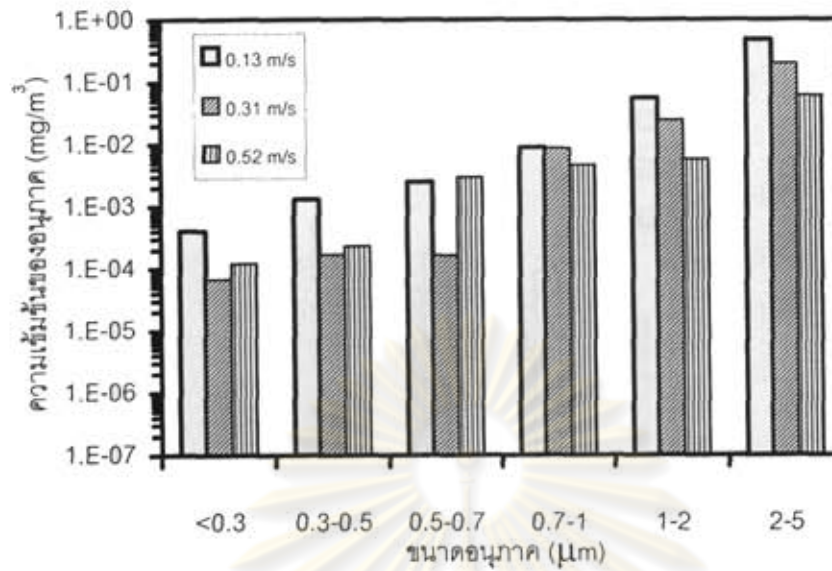


รูปที่ 5.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร





รูปที่ 5.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

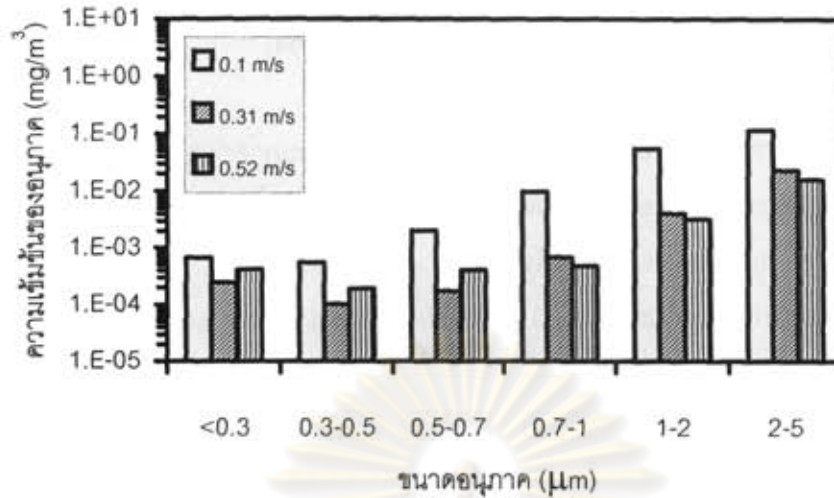
6.2.1.1.2.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด  
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

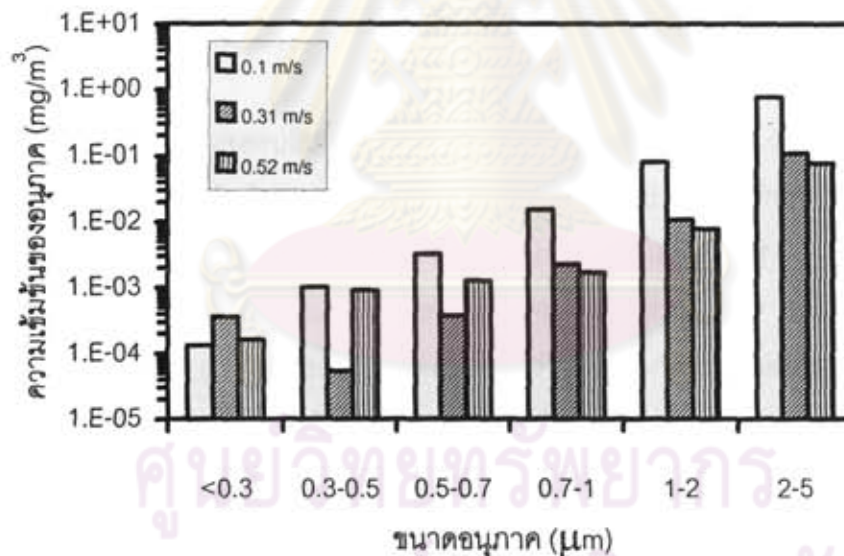
รูปที่ 5.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนว 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 5.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7- 5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาค 0.3-0.7 ไมครอนและน้อยกว่า 0.3 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 และ 0.1 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ

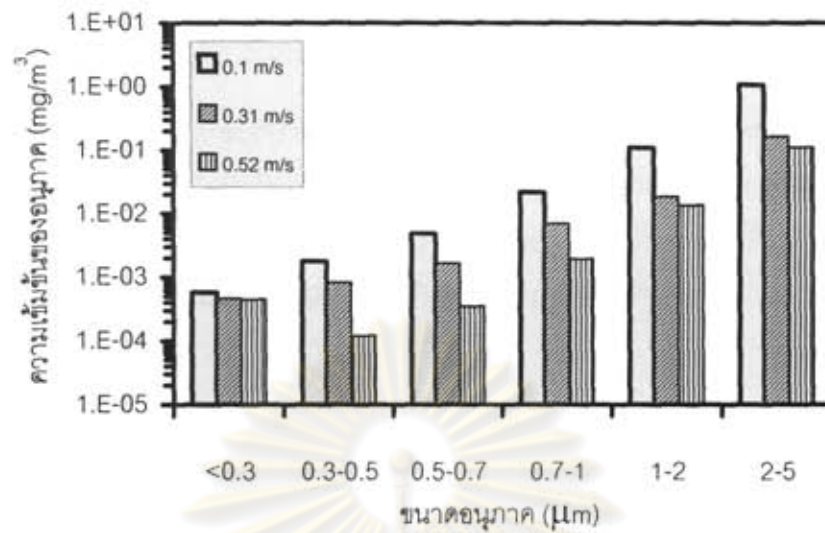
รูปที่ 5.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 5.34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



#### 5.2.1.1.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

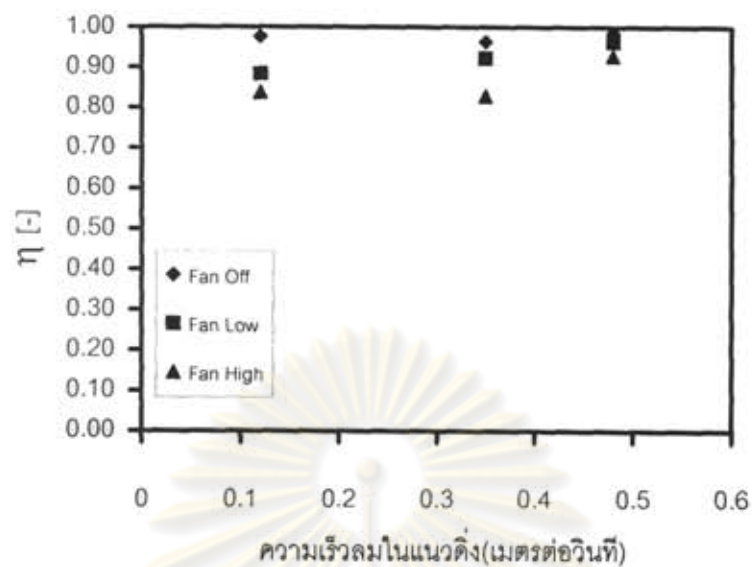
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และความเร็วลมที่เป่ารอบวงกระแสนอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100 , 75% , 75% และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.96-0.99 [-]

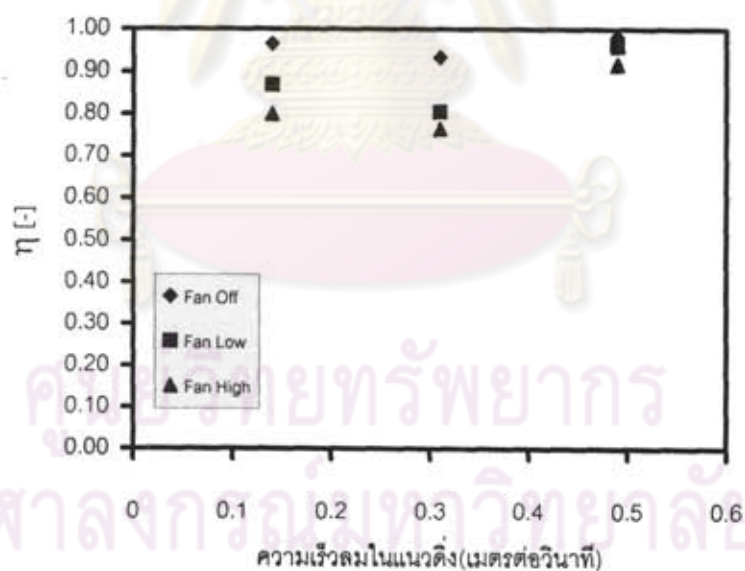
รูปที่ 5.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.93-0.98 [-]

รูปที่ 5.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.93-0.99 [-]

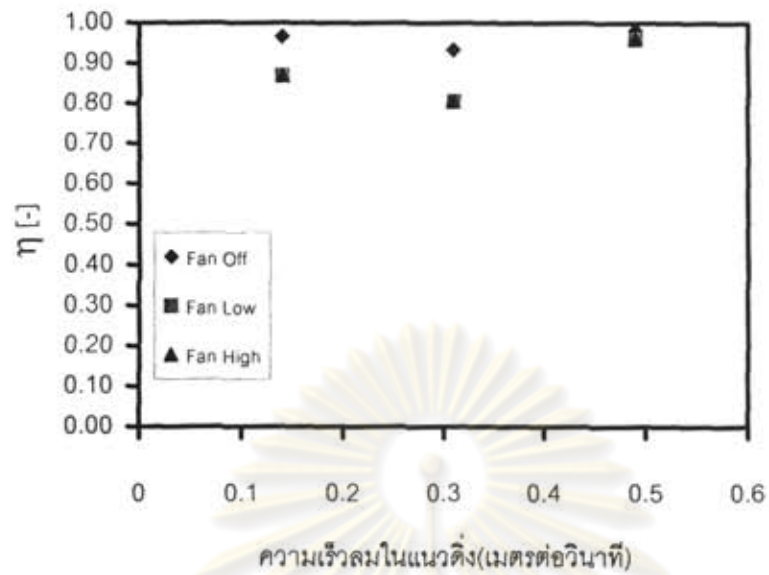
รูปที่ 6.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.97-0.99 [-]



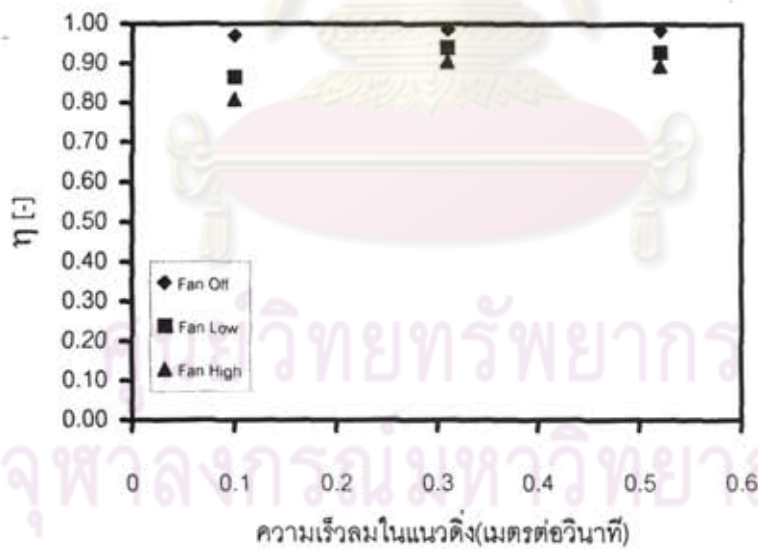
รูปที่ 5.37 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.38 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.39 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

จากรูปที่ 5.25-5.36 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดกล่าวคือ เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคลงสู่ด้านล่างได้ดี อีกทั้งมีผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริมส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนได้น้อย ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้อง จะมีแนวโน้มลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที และกลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลด์สเพิ่มขึ้น) จะส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ รวมทั้งอนุภาคขนาดเล็กนั้นจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศรอบๆตัวมัน ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลการแพร่(Diffusion Effect)

จากรูปที่ 5.37-5.40 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีปิดพัดลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้อง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมที่เป่าเข้ามาภายในห้องทำให้อากาศไหลปั่นป่วน ส่งผลให้ความเร็วลมในแนวตั้งไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ได้ อนุภาคจะแพร่กระจายออกไปจากทิศทางกรไหลของอากาศส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.2.1.1.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศระหว่างความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100 , 75% , 75% , 75% และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.41 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.98-1.00) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.80-0.96)

รูปที่ 5.42 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.93-0.99) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.77-0.96)

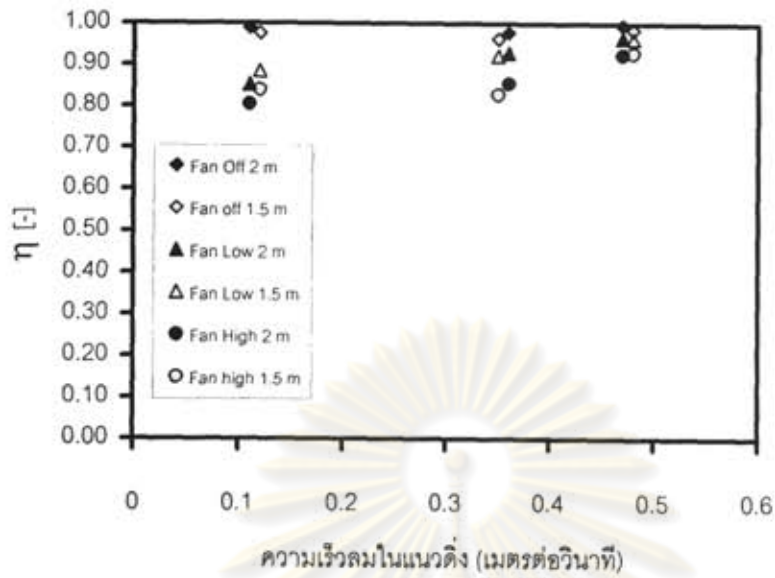
รูปที่ 5.43 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.93-0.99) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.80-0.97)

รูปที่ 5.44 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.97-0.99) ในกรณีเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.78-0.96)

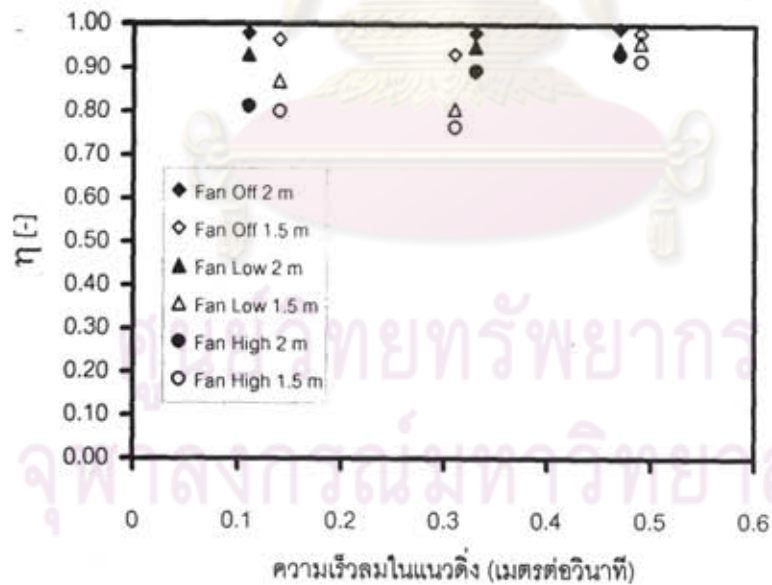
อนึ่งเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



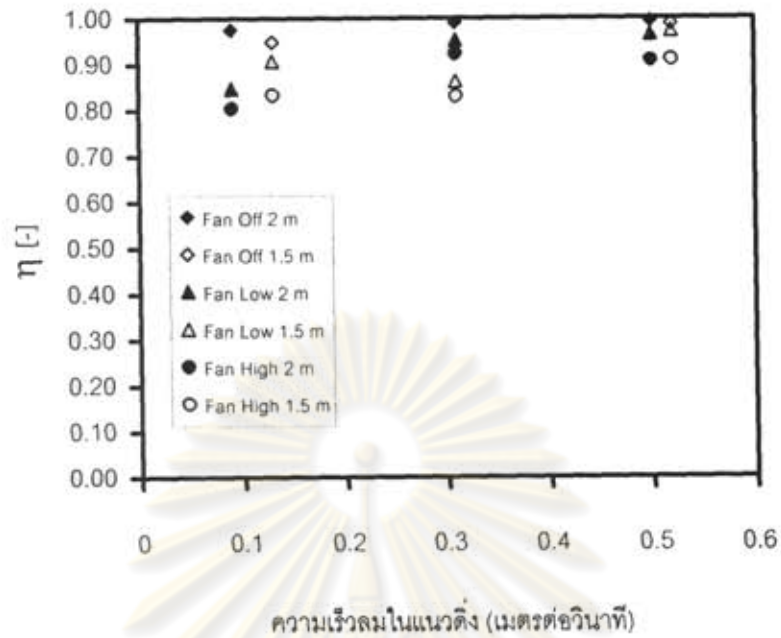
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



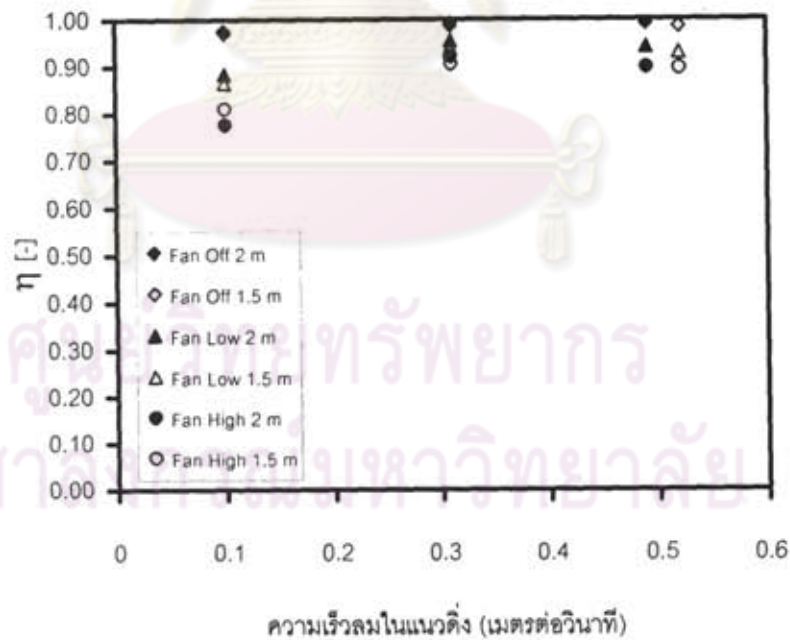
รูปที่ 5.41 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 5.42 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 5.43 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 5.44 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



### 5.2.1.2 อิทธิพลของความเร็วมอเตอร์เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

#### 5.2.1.2.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

##### 5.2.1.2.1.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วมอเตอร์เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วมอเตอร์เป่าในแนวตั้ง 0.11 , 0.36 และ 0.47 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วมอเตอร์เป่าในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมอเตอร์เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

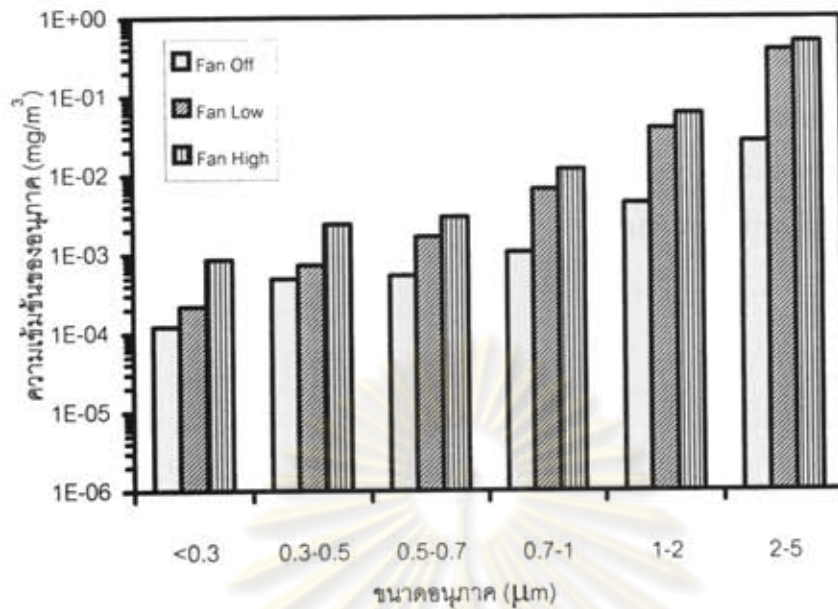
รูปที่ 5.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วมอเตอร์เป่าในแนวตั้ง 0.36 เมตรต่อวินาที ที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมอเตอร์เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

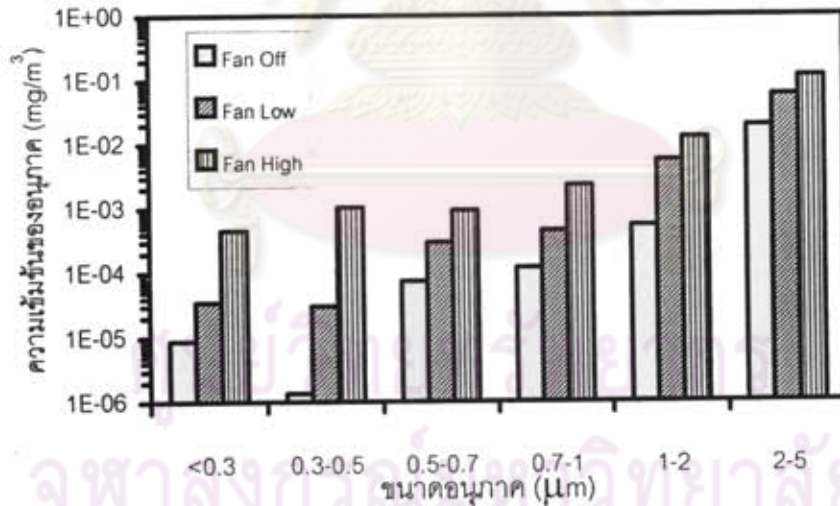
รูปที่ 5.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที ที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



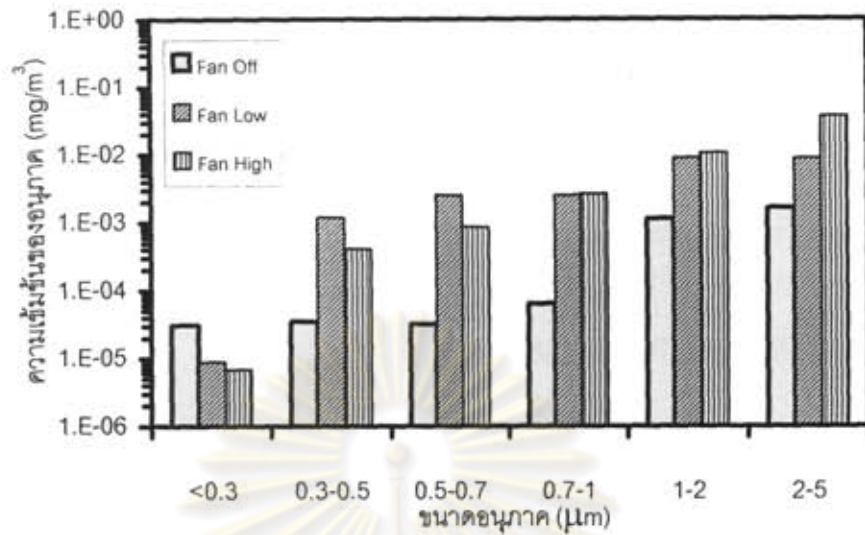
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.36 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



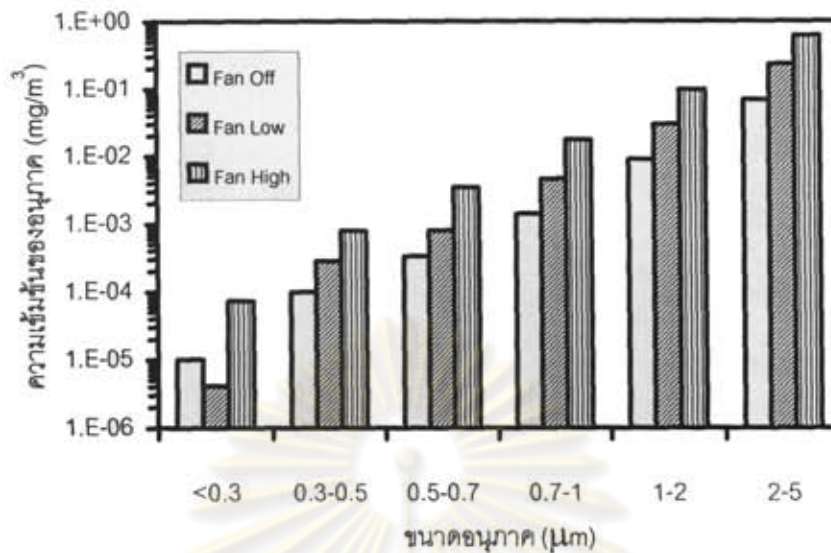
5.2.1.2.1.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด  
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 , 0.33 และ 0.47 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

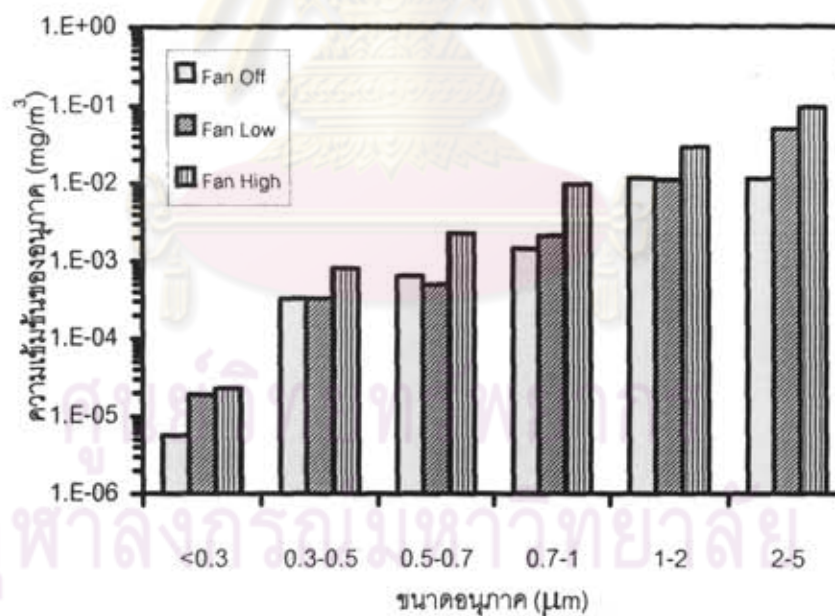
รูปที่ 5.48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.33 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ เพิ่มขึ้น

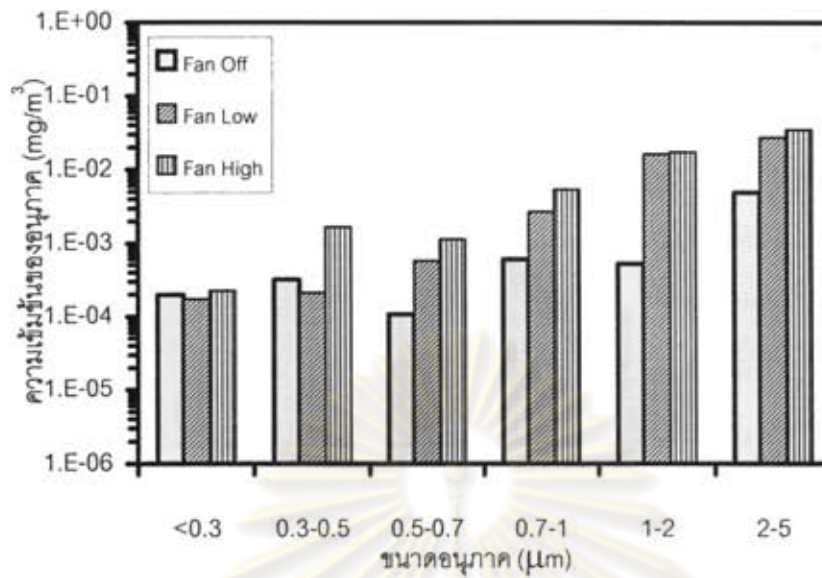
รูปที่ 5.50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.33 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5.2.1.2.1.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด  
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

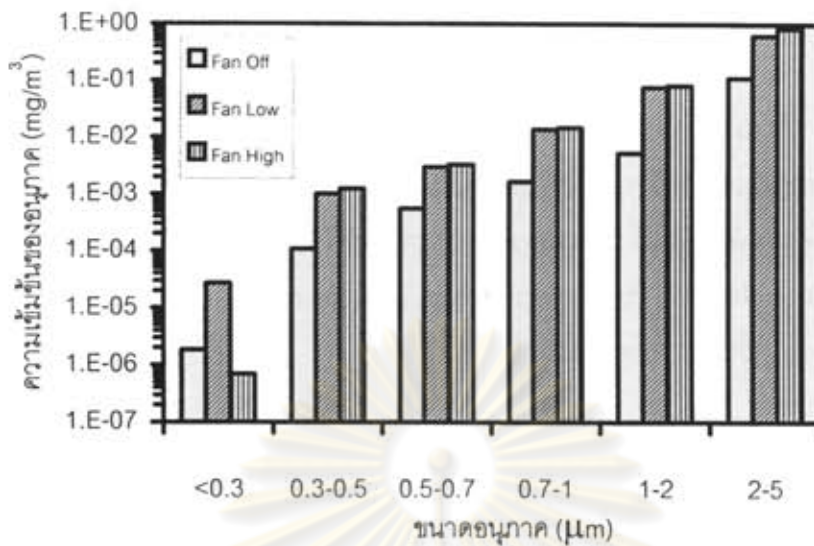
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 , 0.31 และ 0.5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

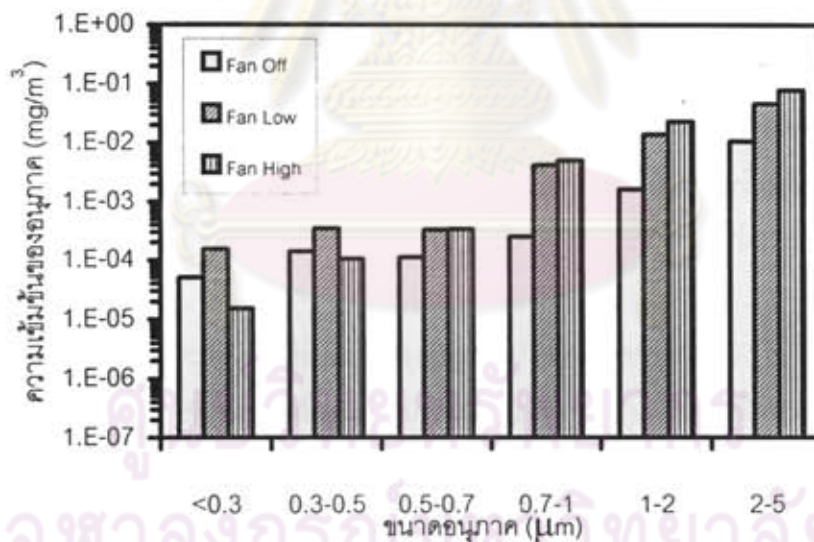
รูปที่ 5.52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

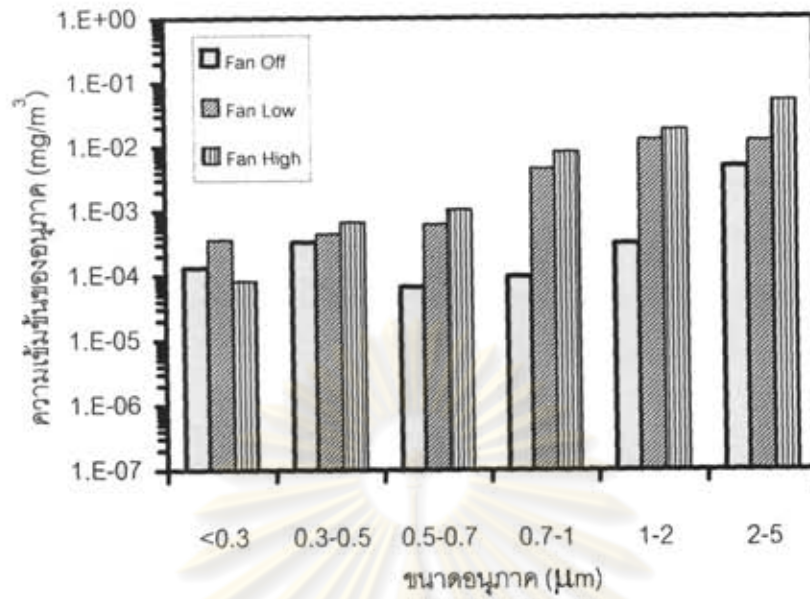




รูปที่ 5.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

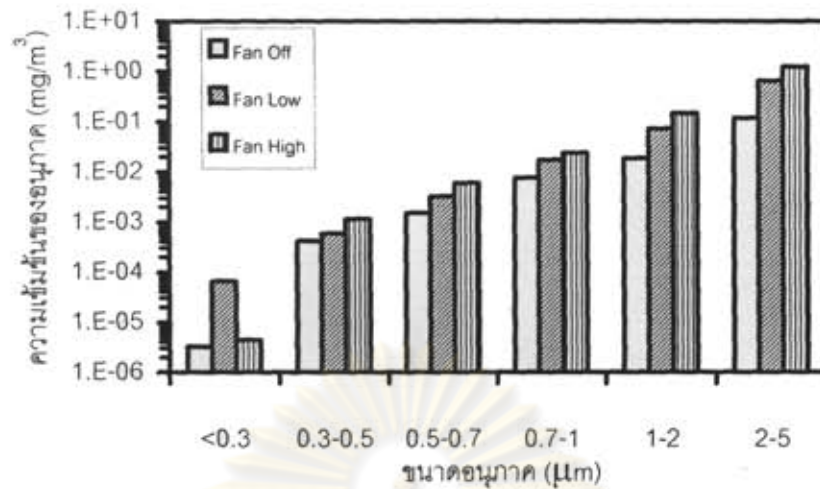
5.2.1.2.1.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด  
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 , 0.31 และ 0.49 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

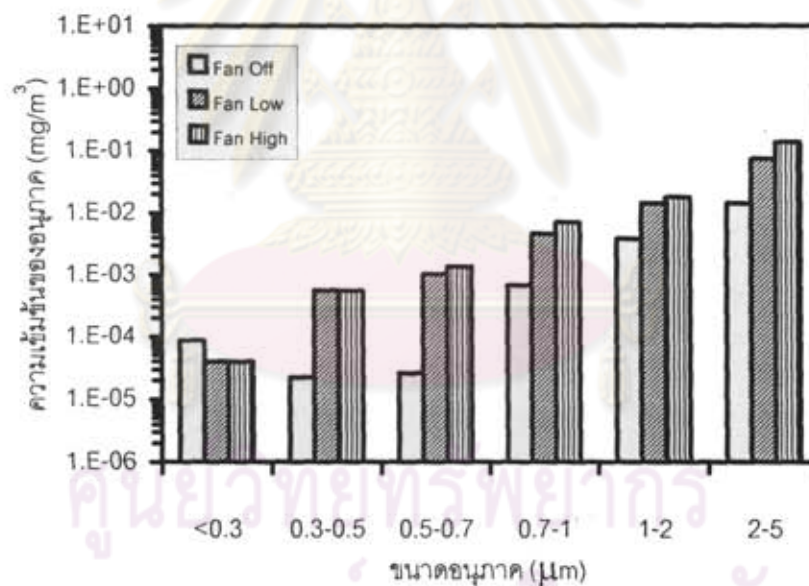
ดังรูปที่ 5.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

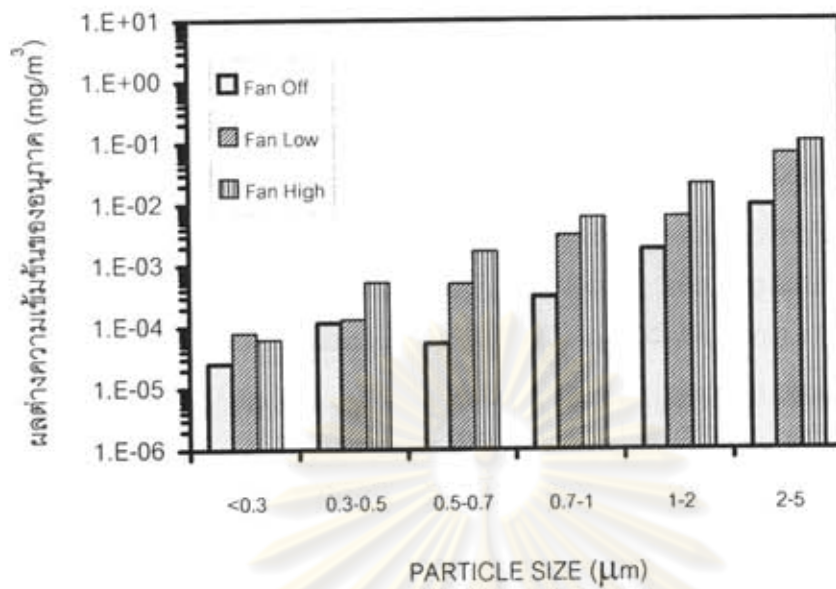


รูปที่ 5.54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร





รูปที่ 5.56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 5.2.1.2.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

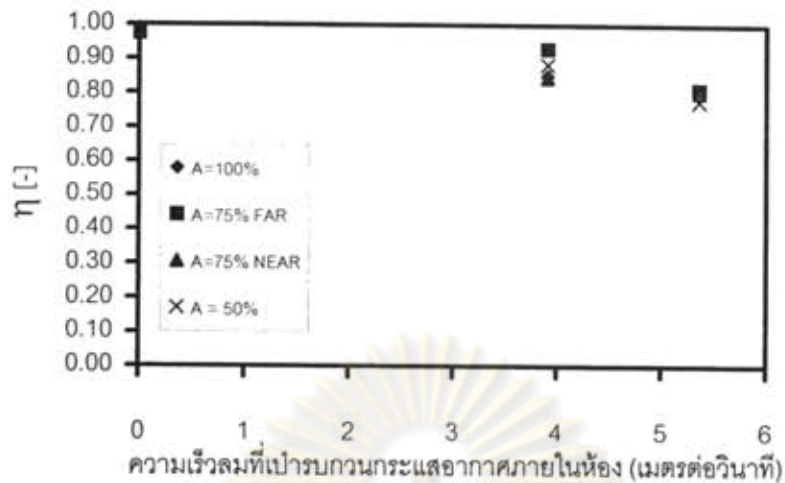
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.78-0.99 [-]

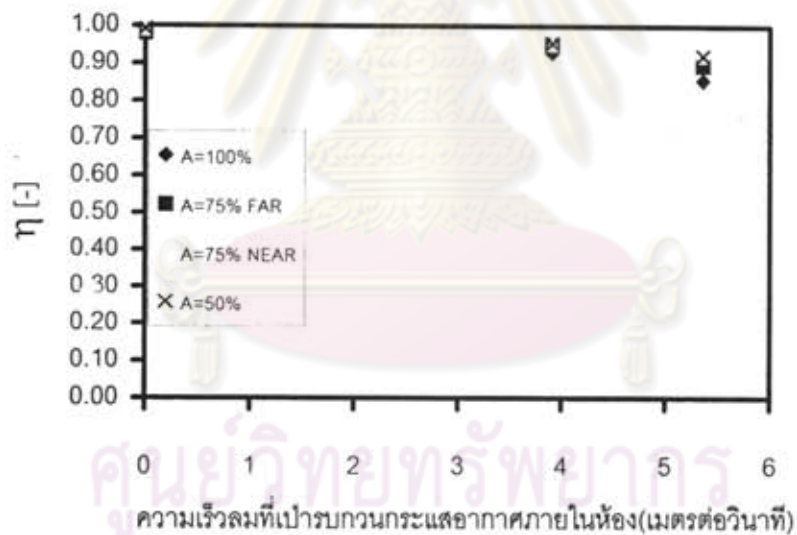
รูปที่ 5.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.3 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.86-0.99 [-]

รูปที่ 5.59 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.90-1.00 [-]

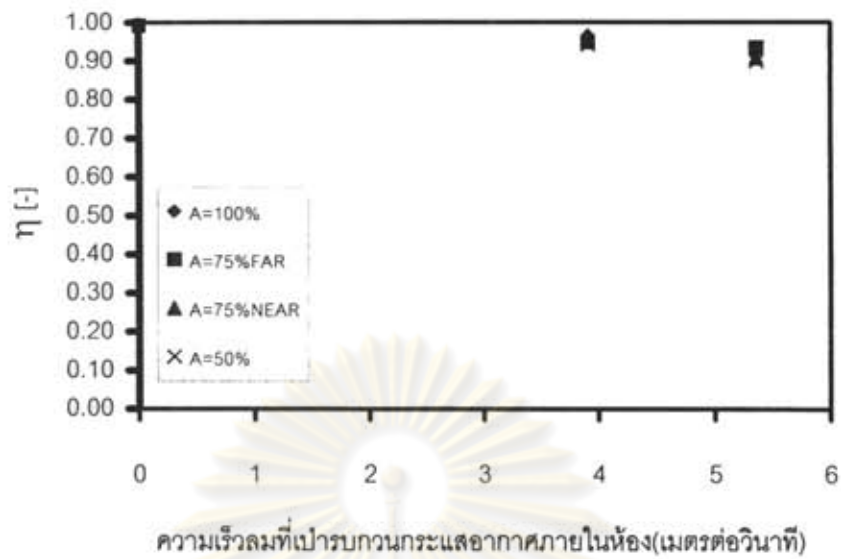
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้อง กรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.59 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จากรูปที่ 5.45-5.56 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกรณีที่มีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศภายในห้องมากขึ้น ส่งผลให้อากาศไม่สามารถกักทิศทางเคลื่อนที่ในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอได้ ทำให้อนุภาคหนีออกจากกระแสอากาศ ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนห้องมากขึ้น โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคมีน้ำหนักและมวลสารน้อยมาก ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลไกการแพร่ (Diffusion Effect) อนุภาคจะแพร่กระจายในอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ

จากรูปที่ 5.57-5.59 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศไม่สามารถกักทิศทางเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางมากขึ้นส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ อีกทั้งเป็นการเพิ่มความปั่นป่วนของอากาศ ซึ่งจะเป็นตัวทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคให้เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลดส่วนพื้นที่หน้าตัดของพื้นตะแกรงลดลงกรณีความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องมาจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่ตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยวหาทางออก อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.2.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

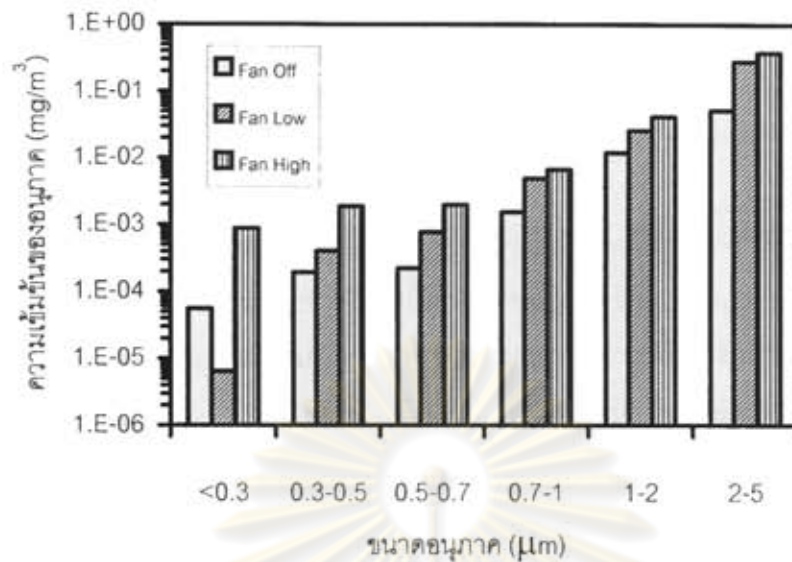
#### 5.2.1.2.2.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12 , 0.35 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

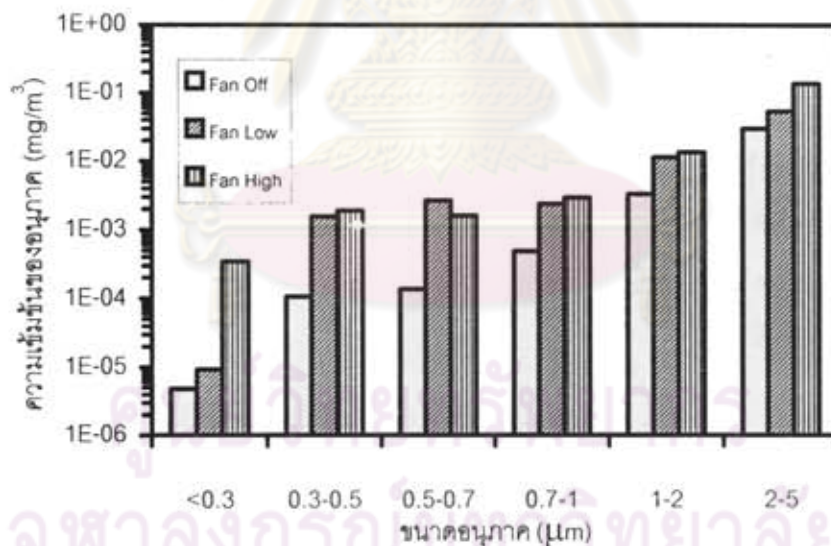
รูปที่ 5.60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.61 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.35 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆเพิ่มขึ้น

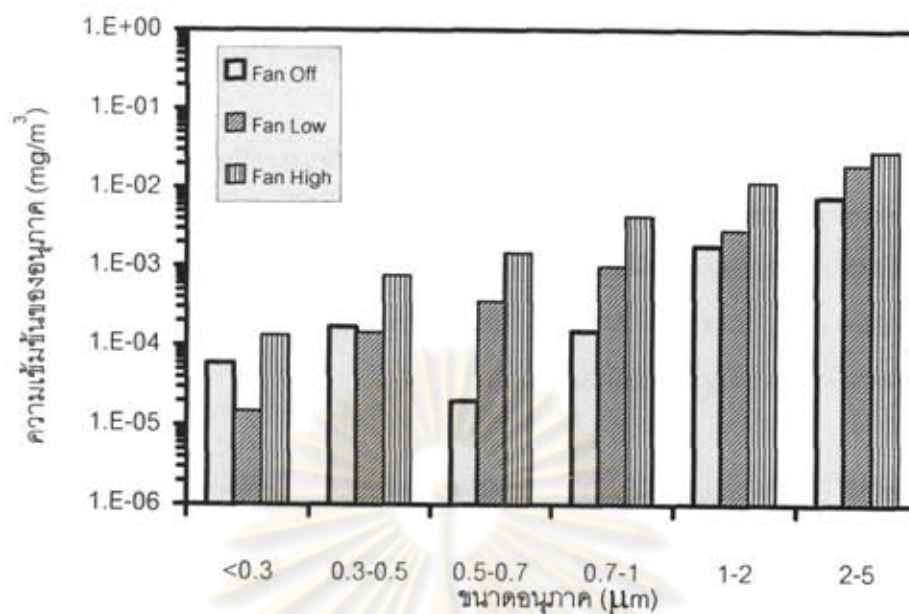
รูปที่ 5.62 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.48 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.61 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.35 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.62 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.48 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



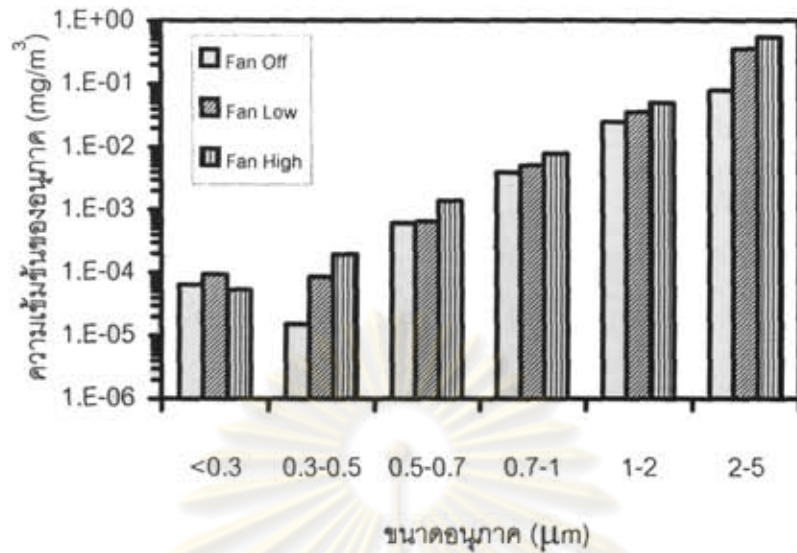
5.2.1.2.2.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด  
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 , 0.31 และ 0.47 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

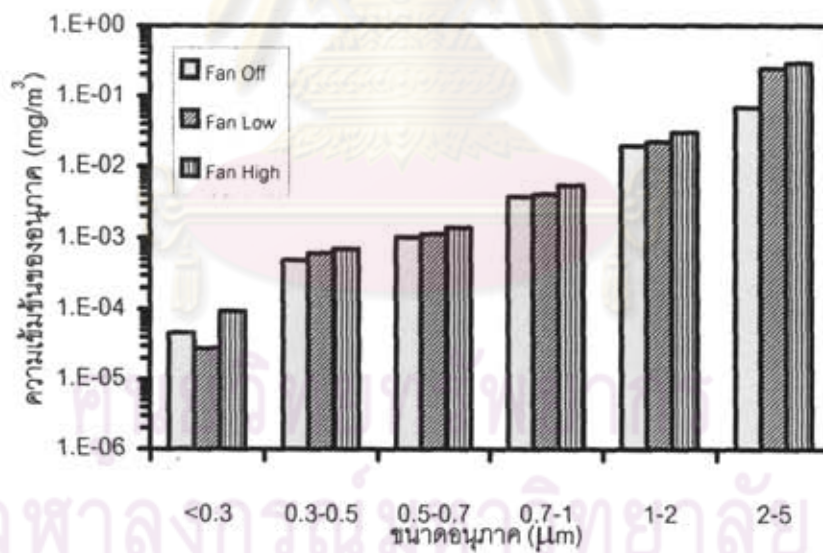
รูปที่ 5.63 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกล ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

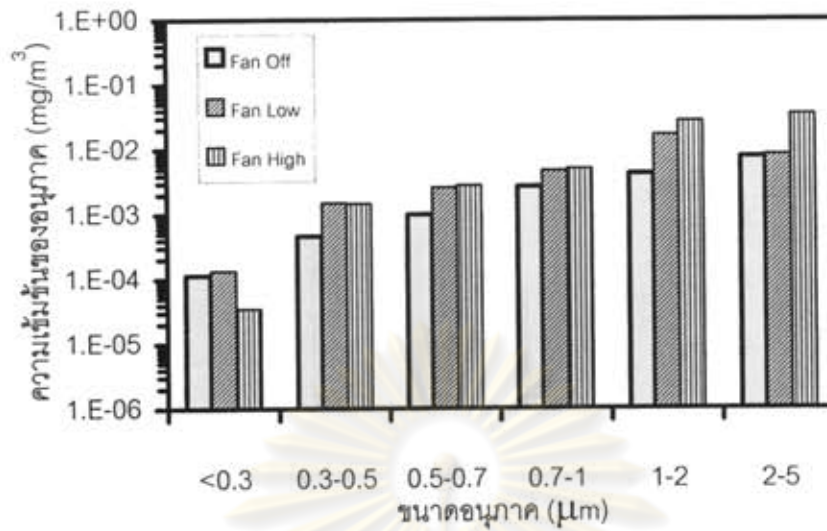
รูปที่ 5.65 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.63 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.64 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.65 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.2.2.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

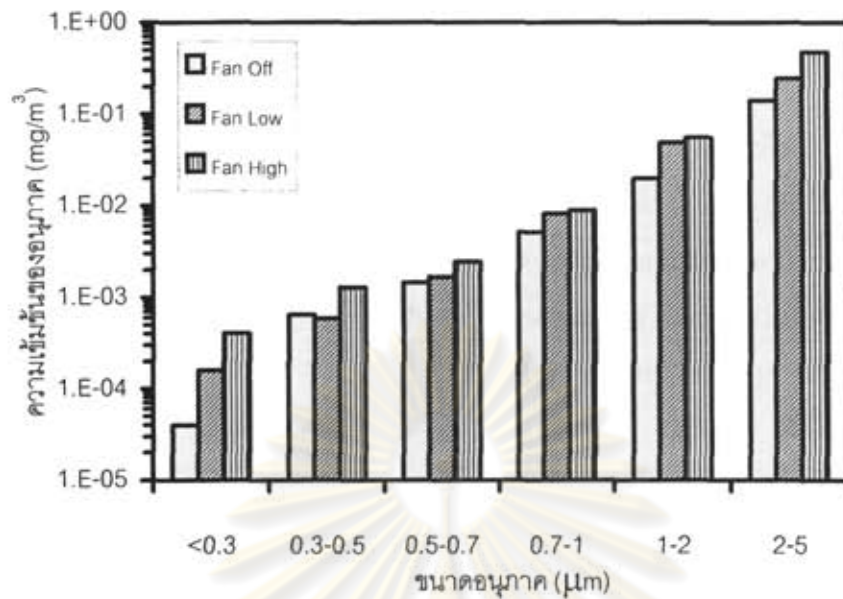
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.13 , 0.31 และ 0.52 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.66 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.13 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆเพิ่มขึ้น

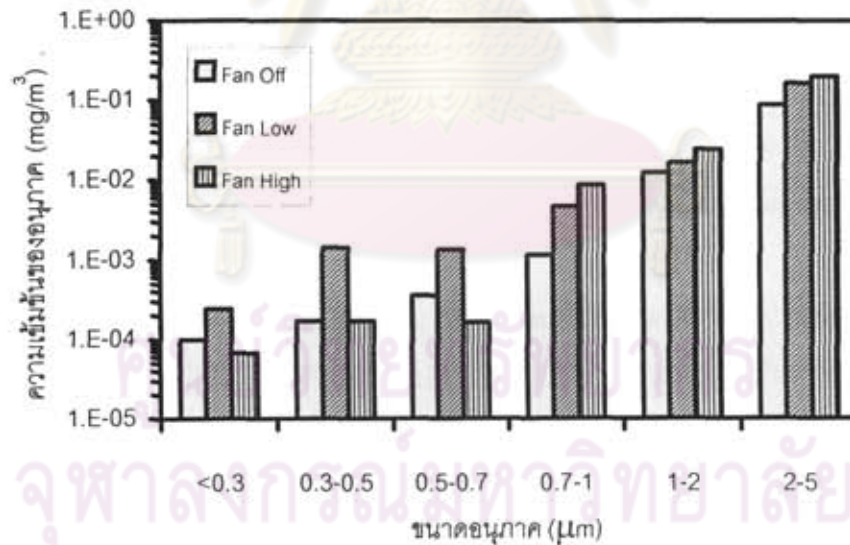
รูปที่ 5.67 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.52 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

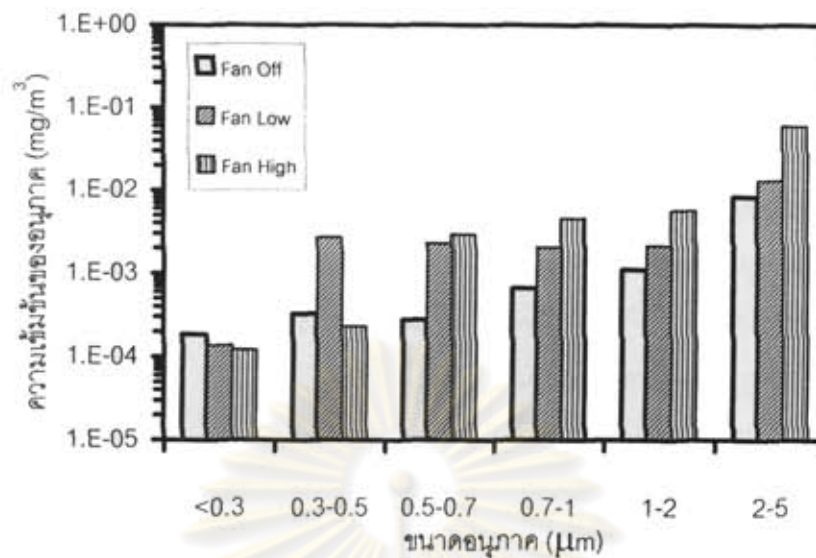




รูปที่ 5.66 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.13 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.67 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.68 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.52 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

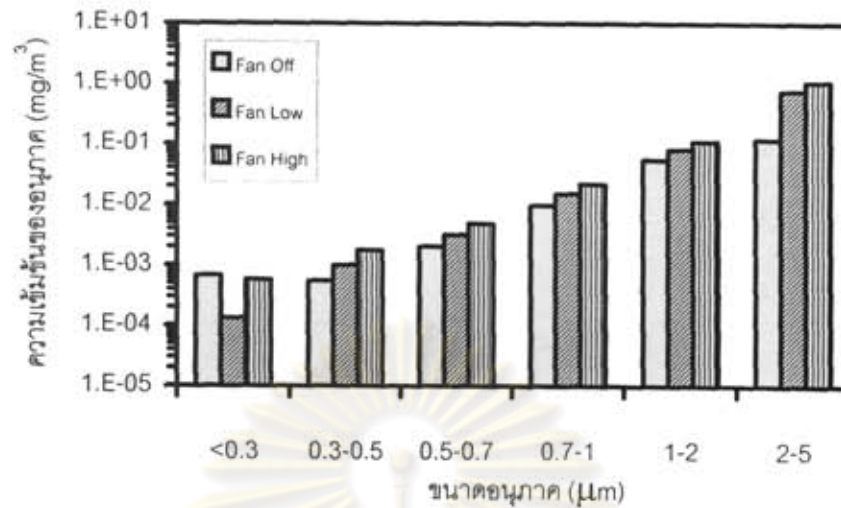
#### 5.2.1.2.2.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วมวลที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วมวลในแนวตั้ง 0.1 , 0.31 และ 0.49 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

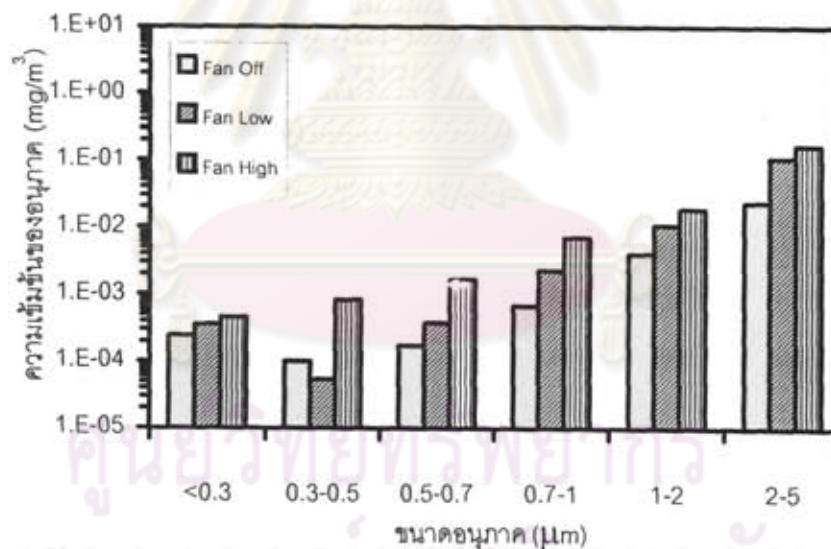
รูปที่ 5.69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วมวลในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมวลที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วมวลในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมวลที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆเพิ่มขึ้น

รูปที่ 5.71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วมวลในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมวลที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

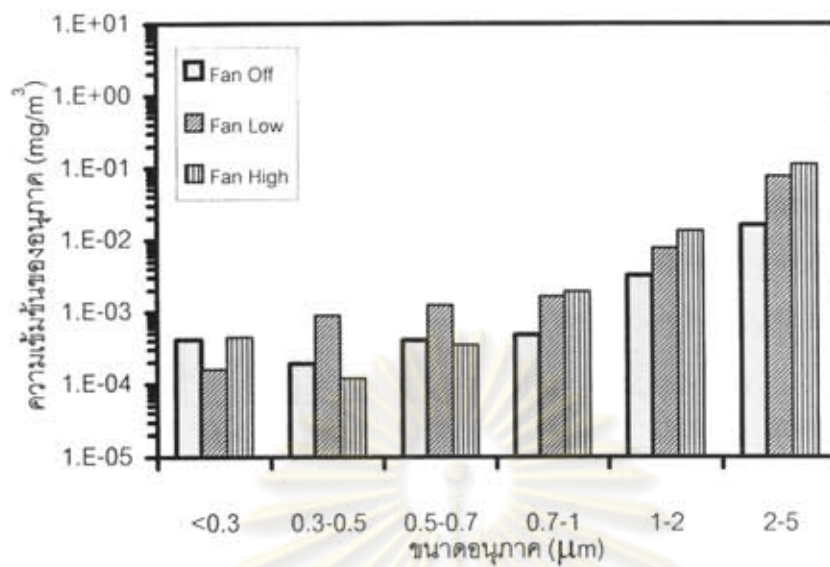


รูปที่ 5.69 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.70 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร





รูปที่ 5.71 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 5.2.1.2.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

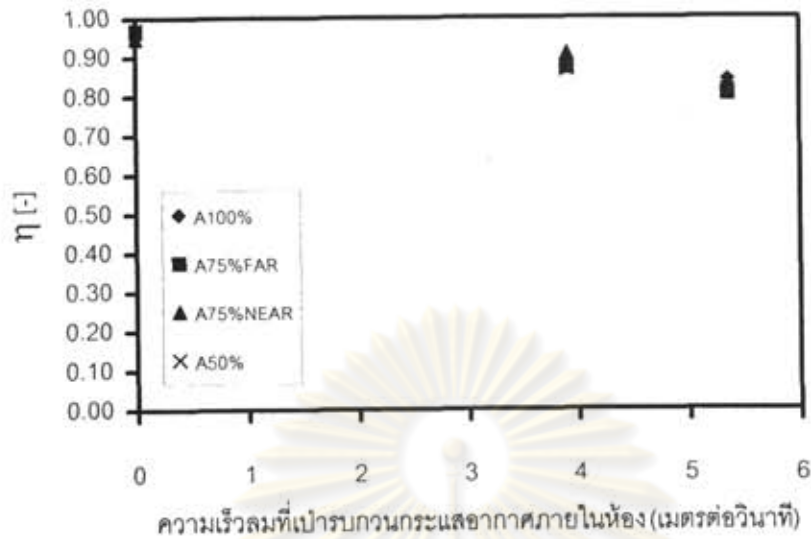
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.72 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาทีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.80-0.98 [-]

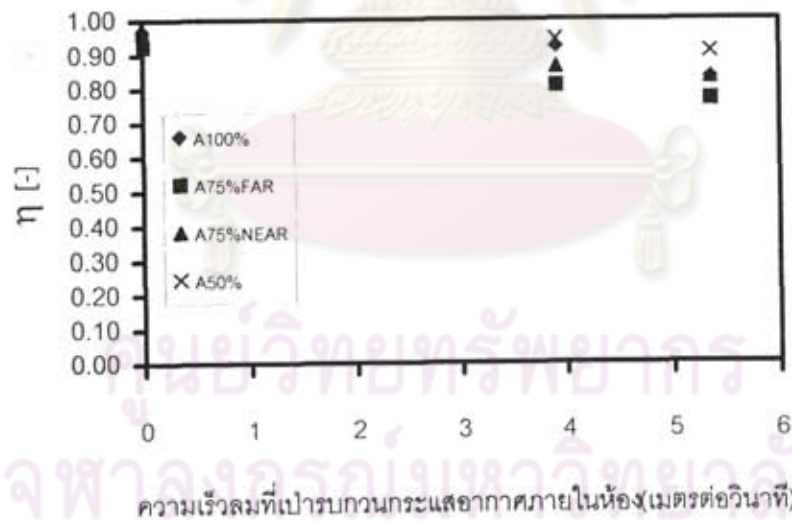
รูปที่ 5.73 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาทีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.77-0.99 [-]

รูปที่ 5.74 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาทีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.90-0.99 [-]

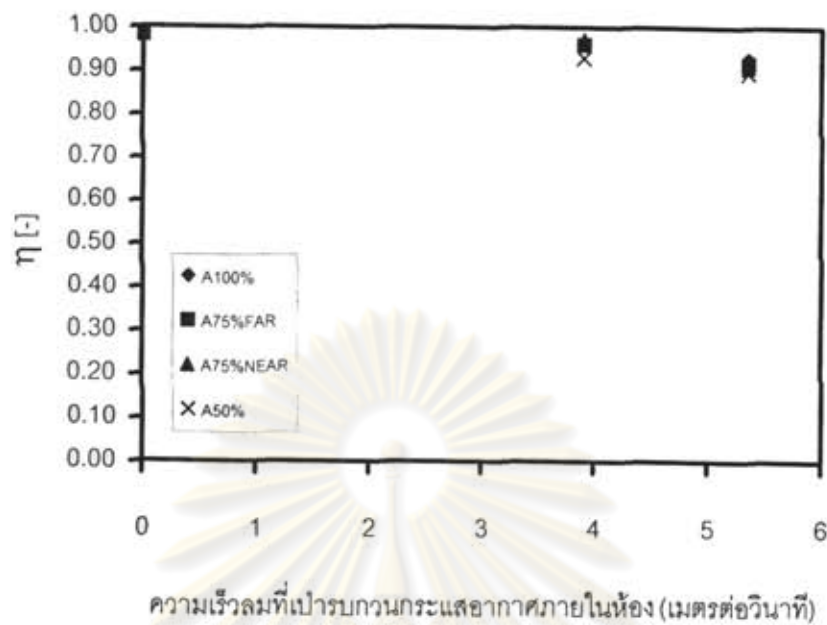
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.72 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.10 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.73 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง กรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.74 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จากรูปที่ 5.60-5.71 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดกล่าวคือ เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศภายในห้องมากขึ้น เพราะความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น อากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคหนีออกจากกระแสอากาศ ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนมากขึ้น โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคมีน้ำหนักและมวลสารน้อยมาก ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลไกการแพร่ (Diffusion Effect) อนุภาคจะแพร่กระจายในอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ .

จากรูปที่ 5.72-5.74 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางมากขึ้น ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ อีกทั้งความเร็วลมที่เป่าเข้าไปภายในห้องเป็นการเพิ่มการปั่นป่วนของอากาศ ซึ่งจะเป็นตัวทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ตะแกรงลดลงกรณีที่มีความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องมาจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่ตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยวทางออก อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.1.2.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

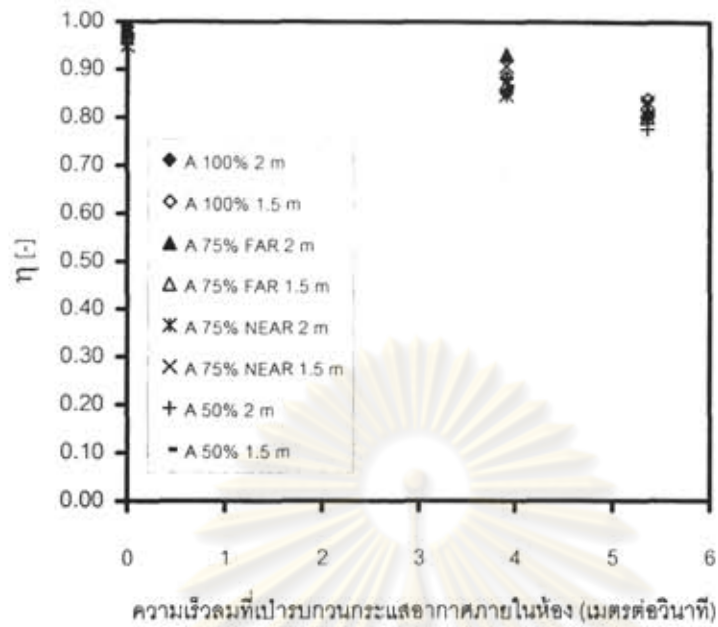
ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.75 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรอยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.80-0.99 [-]

รูปที่ 5.76 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร อยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.77-0.99 [-]

รูปที่ 5.77 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร อยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.90-1.00 [-]

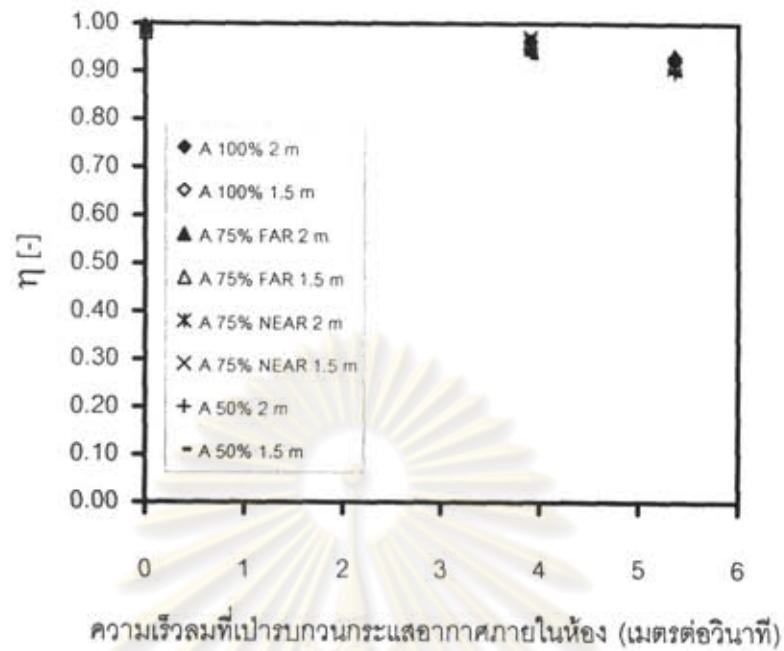
อนึ่งเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



รูปที่ 5.75 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.76 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.77 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.2.1.3 อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง

#### 5.2.1.3.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

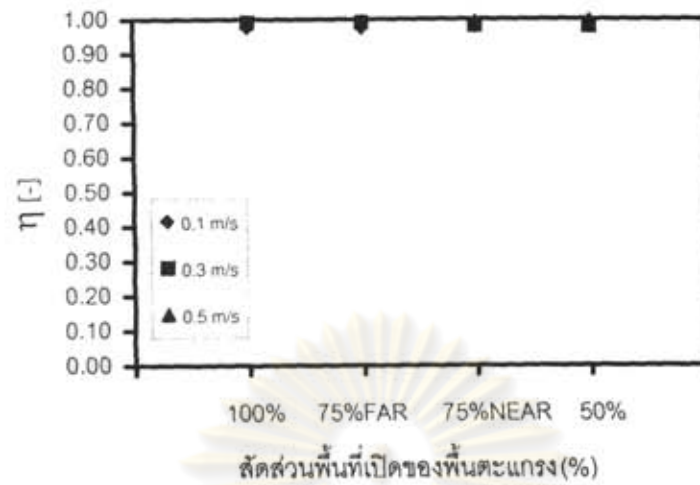
##### 5.2.1.3.1.1 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

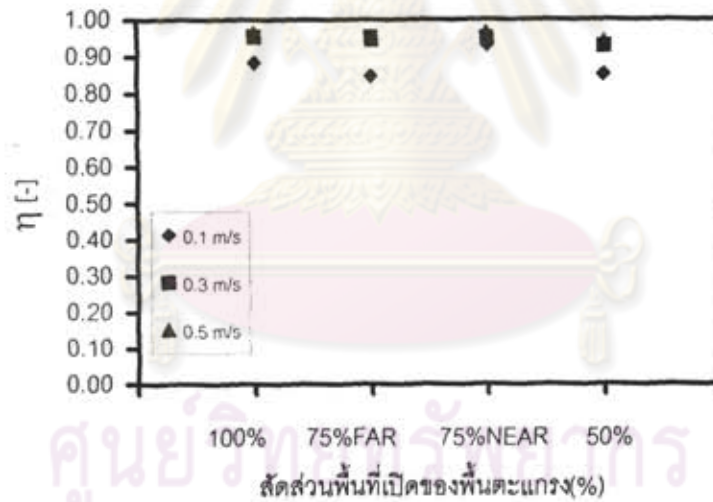
ดังรูปที่ 5.78 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.98 -1.00 [-]

ดังรูปที่ 5.79 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.85-0.96 [-]

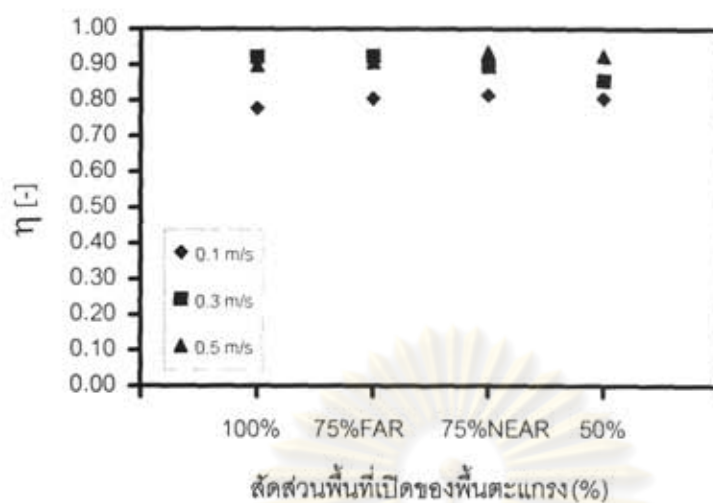
ดังรูปที่ 5.80 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.78 -0.93 [-]



รูปที่ 5.78 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.79 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 5.80 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของหน้าต่าง กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5.79-5.80 เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง (ยกเว้นกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่)กรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยววกหาทางออกมากขึ้น คืออากาศมีลักษณะการไหลแนวตั้งน้อยลง โอกาสที่อนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มขึ้นกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงคงที่ เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกสู่ด้านล่างของห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้องและกรณีที่เปิดพัดลมเป็นผลจากการที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ทำให้อากาศปั่นป่วนขึ้น อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศส่งผลอนุภาคให้ฟุ้งกระจายขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.2.1.3.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

#### 5.2.1.3.2.1 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

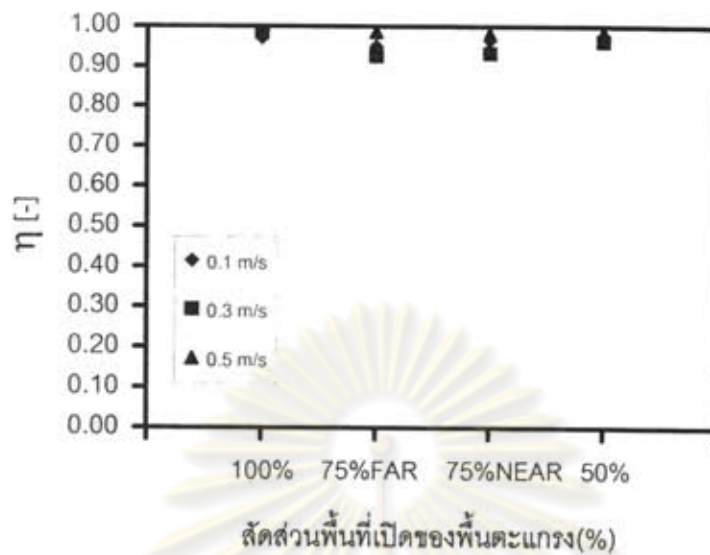
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.81 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.93 – 0.99 [-]

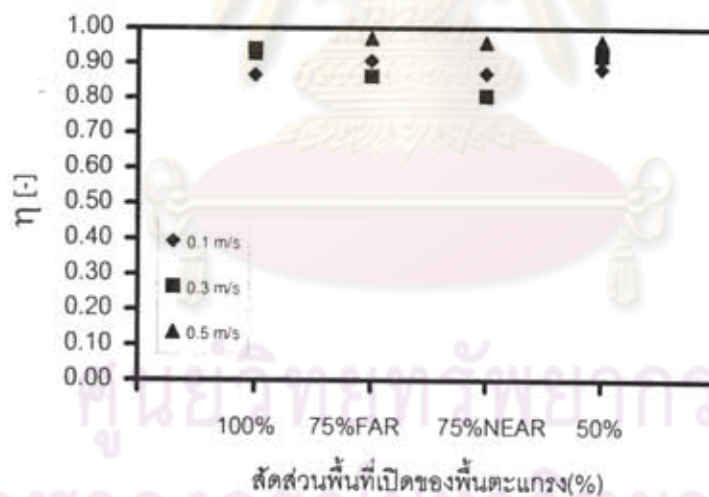
รูปที่ 5.82 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.86 – 0.97 [-]

รูปที่ 5.83 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.77 – 0.93 [-]

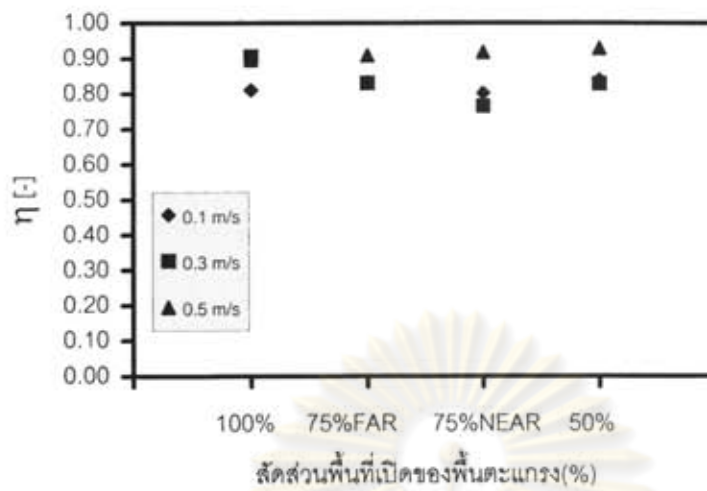
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.81 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ระบองกรณีสัดพัดลมที่เปารบวงนกระเสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.82 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ระบองกรณีสัดพัดลมระดับ LOW ที่เปารบวงนกระเสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 5.83 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5.81-5.83 เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยววกหาทางออกมากขึ้น คืออากาศมีลักษณะการไหลแนวตั้งน้อยลง โอกาสอนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายมากขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มขึ้นกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงคงที่ เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศซึ่งสามารถพาอนุภาคออกสู่ด้านล่างของห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้องและกรณีที่เปิดพัดลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้องเป็นผลจากการที่ความเร็วลมที่เป่ารอบวนกระแสอากาศภายในห้องอากาศปั่นป่วนขึ้น ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศส่งผลอนุภาคให้ฟุ้งกระจายขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.2.1.2.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

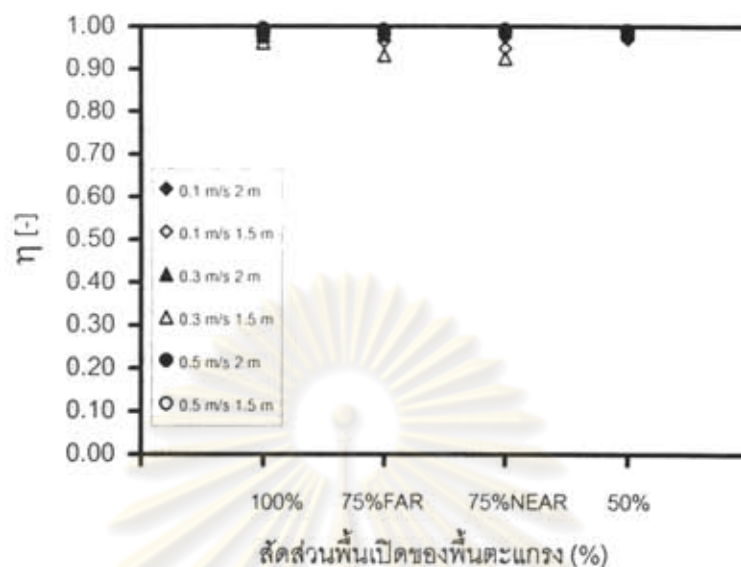
ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร กรณีความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 5.84 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร จะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

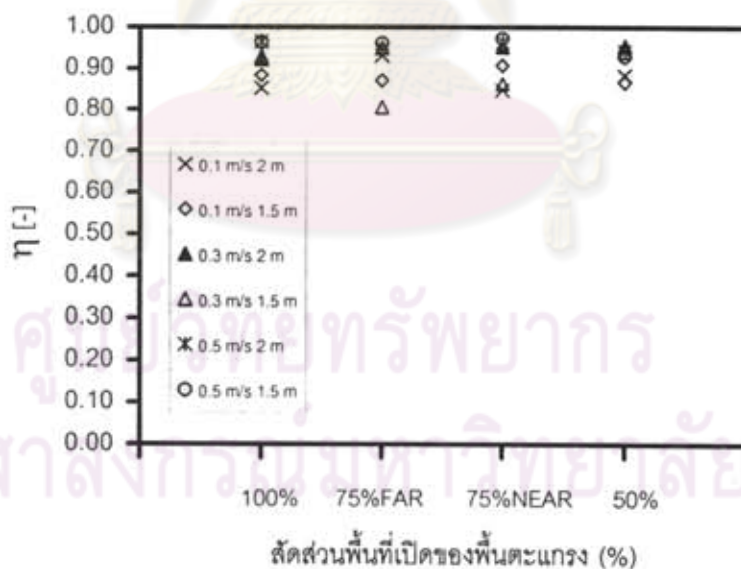
รูปที่ 5.85 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

รูปที่ 5.86 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

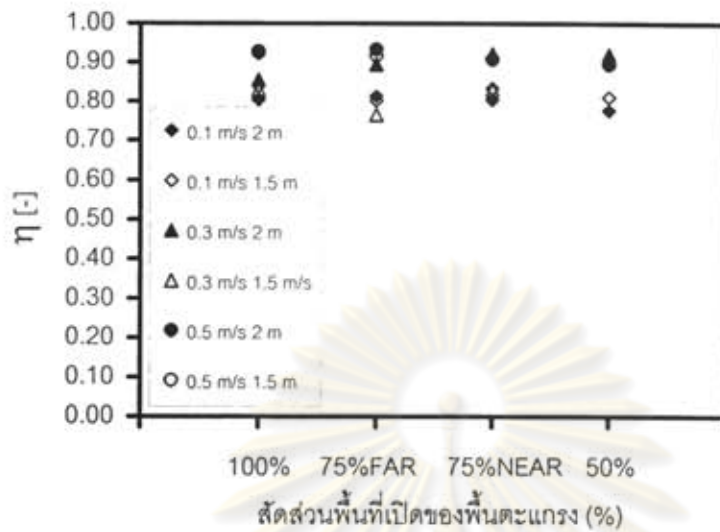
อนึ่งเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฝุ่นออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



รูปที่ 5.84 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง



รูปที่ 5.85 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง



รูปที่ 5.86 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลของการจำลอง

### 5.2.2.1 ผลการทดลองสำหรับเปรียบเทียบผลของการจำลอง

ค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศในช่วง 1 นาที ในตำแหน่งที่ทำการวัดความเร็วของอากาศของการทดลองจะแสดงในตารางที่ 6.5-6.8 โดยตำแหน่งวัดหมายเลข 1-10 จะวัด 2 ระบายในแกน Y คือ ระยะ 0.62 เมตรและ 0.82 เมตร

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองวัดความเร็วของอากาศที่ด้านบนห้อง

ตำแหน่ง	ความเร็วของอากาศ (m/s)		
	การทดลองที่1	การทดลองที่2	การทดลองที่3
1	0.07	0.27	0.42
2	0.08	0.28	0.44
3	0.09	0.30	0.45
4	0.08	0.28	0.44
5	0.11	0.29	0.46
6	0.11	0.36	0.50
7	0.14	0.42	0.58
8	0.14	0.42	0.56
9	0.09	0.35	0.52
10	0.13	0.36	0.48
11	0.07	0.27	0.44
12	0.08	0.35	0.50
13	0.09	0.38	0.48
14	0.10	0.38	0.49
15	0.12	0.24	0.44
เฉลี่ย	0.10	0.33	0.48



ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	IY=9(0.62 m)				IY=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.09	0.08	0.09	0.0867	0.09	0.08	0.09	0.0867
2 (IX=16,IZ=28)	0.10	0.10	0.12	0.1067	0.11	0.11	0.10	0.1067
3 (IX=20,IZ=28)	0.14	0.13	0.16	0.1433	0.16	0.14	0.11	0.1367
4 (IX=22,IZ=19)	0.14	0.12	0.11	0.1233	0.13	0.11	0.12	0.1200
5 (IX=28,IZ=19)	0.22	0.18	0.21	0.2033	0.20	0.22	0.24	0.2200
6 (IX=12,IZ=24)	0.08	0.07	0.07	0.0733	0.08	0.06	0.06	0.0667
7 (IX=16,IZ=24)	0.08	0.08	0.09	0.0833	0.07	0.07	0.07	0.0700
8 (IX=20,IZ=24)	0.16	0.11	0.12	0.1300	0.12	0.13	0.14	0.1300
9 (IX=22,IZ=15)	0.12	0.10	0.11	0.1100	0.09	0.10	0.10	0.0967
10 (IX=28,IZ=15)	0.28	0.30	0.32	0.3000	0.29	0.28	0.27	0.2800

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	IY=9(0.62 m)				IY=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.39	0.33	0.28	0.3333	0.38	0.31	0.32	0.3367
2 (IX=16,IZ=28)	0.40	0.38	0.35	0.3767	0.43	0.35	0.38	0.3867
3 (IX=20,IZ=28)	0.56	0.55	0.43	0.5133	0.45	0.48	0.439	0.4563
4 (IX=22,IZ=19)	0.50	0.42	0.45	0.4567	0.47	0.49	0.46	0.4733
5 (IX=28,IZ=19)	0.68	0.73	0.70	0.7033	0.68	0.73	0.65	0.6867
6 (IX=12,IZ=24)	0.27	0.31	0.28	0.2867	0.23	0.20	0.31	0.2467
7 (IX=16,IZ=24)	0.28	0.31	0.28	0.2900	0.31	0.24	0.27	0.2733
8 (IX=20,IZ=24)	0.43	0.42	0.46	0.4367	0.47	0.41	0.49	0.4567
9 (IX=22,IZ=15)	0.49	0.47	0.45	0.4700	0.35	0.37	0.45	0.3900
10 (IX=28,IZ=15)	0.93	0.85	1.05	0.9433	0.84	0.86	0.89	0.8633

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	IY=9(0.62 m)				IY=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.48	0.42	0.45	0.4500	0.48	0.42	0.50	0.4667
2 (IX=16,IZ=28)	0.52	0.60	0.62	0.5800	0.61	0.59	0.50	0.5667
3 (IX=20,IZ=28)	0.67	0.67	0.65	0.6633	0.76	0.71	0.59	0.6867
4 (IX=22,IZ=19)	0.73	0.71	0.66	0.7000	0.69	0.61	0.63	0.6433
5 (IX=28,IZ=19)	0.94	0.9	0.95	0.9300	0.98	1.12	0.93	1.0100
6 (IX=12,IZ=24)	0.39	0.40	0.30	0.3633	0.42	0.38	0.35	0.3833
7 (IX=16,IZ=24)	0.45	0.36	0.40	0.4033	0.42	0.36	0.34	0.3733
8 (IX=20,IZ=24)	0.65	0.59	0.59	0.6100	0.62	0.58	0.64	0.6133
9 (IX=22,IZ=15)	0.75	0.71	0.66	0.7067	0.59	0.58	0.63	0.6000
10 (IX=28,IZ=15)	1.17	1.25	1.18	1.2000	1.10	1.10	1.11	1.1033

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.2.2.2 ผลที่ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคCFD

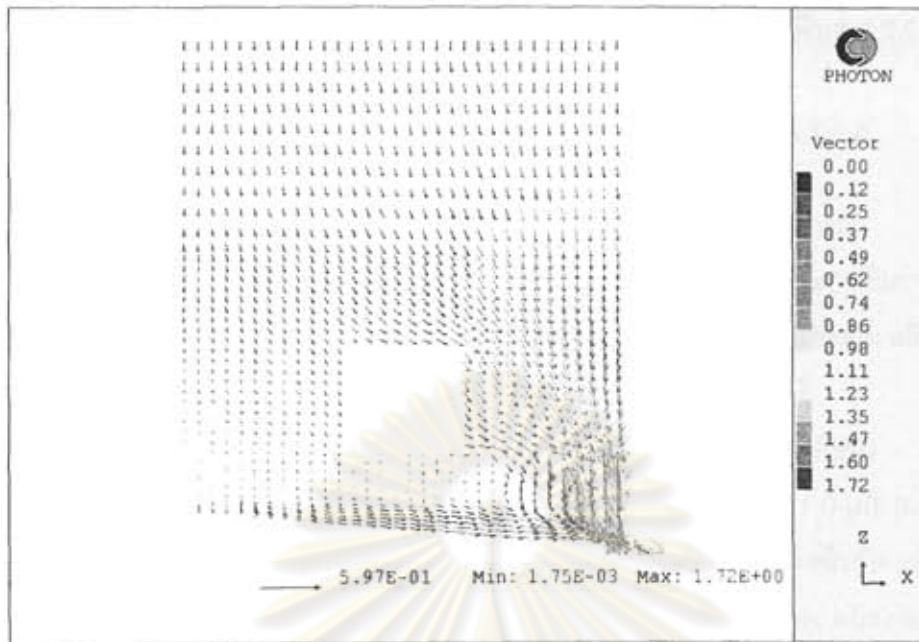
#### 5.2.2.2.1 การกระจายตัวของความเร็ว

การกระจายตัวของความเร็วใน 3 มิติ แสดงในรูปแบบของเวกเตอร์ โดยที่ค่าของเวกเตอร์จะมีค่าแตกต่างกันไปตามเจดสีที่ปรากฏทางด้านข้างของรูปที่แสดง ซึ่งค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายความเร็วของอากาศในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 , 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จะพบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องทั้ง 3 กรณีจะมีลักษณะการไหลผ่านสิ่งกีดขวางที่คล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 5.87-5.92 แต่จะมีค่าความเร็วที่สูงกว่าตามลำดับ เมื่ออากาศไหลจะเริ่มถูกเร่งให้มีความเร็วสูงบริเวณใกล้ (IX=28, IZ=35) สำหรับกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที และเมื่ออากาศผ่านสิ่งกีดขวาง อากาศจะถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของอากาศลดลง สำหรับกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที พบว่ามีบริเวณที่อัดลมมากกว่ากรณีความเร็วขาเข้าของอากาศ 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ คือบริเวณด้านหลังของสิ่งกีดขวางซึ่งห่างจากท่อทางออก ทำให้อากาศกระจายไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้องและจะมีความเร็วที่น้อยที่สุดที่บริเวณใกล้ๆกับผนังด้านที่อยู่ห่างจากสุดห้องนี้ เนื่องจากการกำหนดให้ความเร็วที่บริเวณผนังมีค่าเป็นศูนย์ จึงทำให้ความเร็วในบริเวณที่ใกล้ๆกับผนังห้องมีค่าน้อย อีกทั้งกระแสการไหลที่อยู่ติดกับผนังจะมีทิศขนานกับผนังห้อง เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผนังห้องจัดเป็นขอบเขต (Boundary) ที่ของไหลไม่สามารถไหลผ่าน ดังนั้นเวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่ติดกับขอบเขตจึงต้องขนานไปตามขอบเขตนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

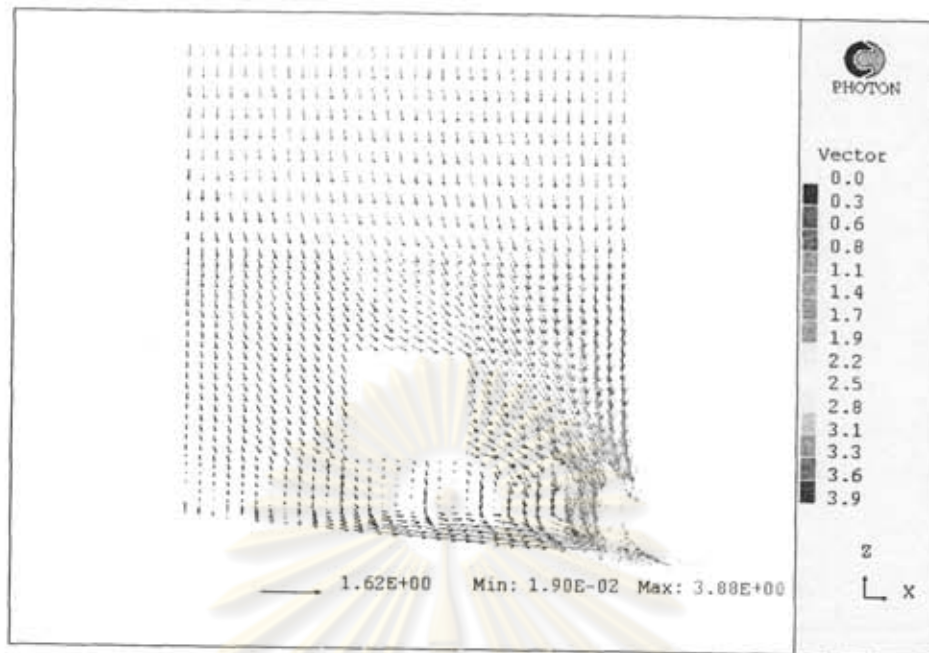




รูปที่ 5.87 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่  $Y=9$  ของกรณีที่มีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที



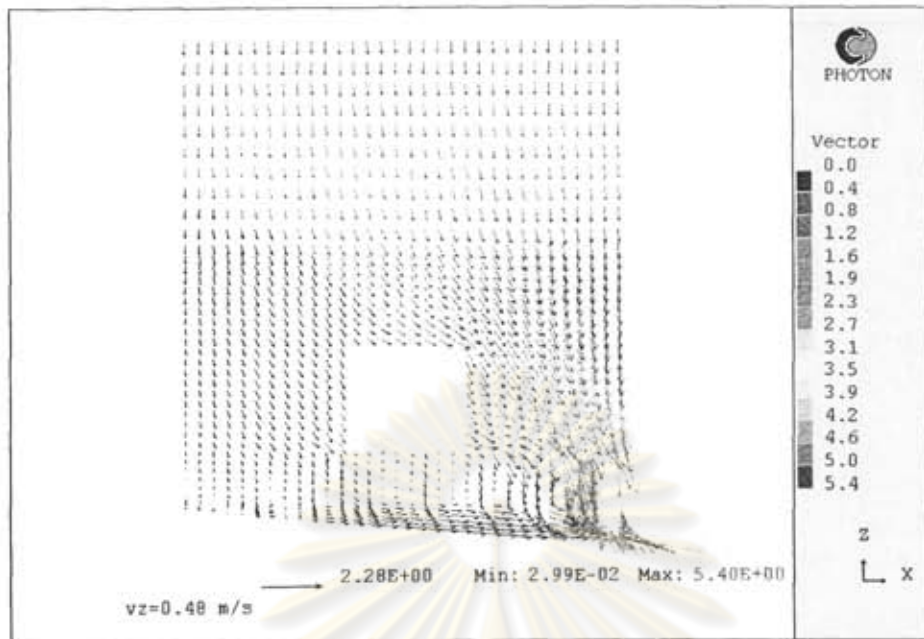
รูปที่ 5.88 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่  $X=16$  ของกรณีที่มีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.89 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่  $Y=9$  กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.90 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่  $X=16$  กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.91 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่  $Y=9$  กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.92 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบ  $IX=16$  กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

### 5.2.2.2.2 เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการจำลองกับข้อมูลการทดลอง

#### 5.2.2.2.2.1 ผลจากการจำลอง

เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับผลที่วัดได้จากการทดลอง ข้อมูลของความเร็วของอากาศที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับค่าความเร็วของอากาศที่วัดได้ในตำแหน่งต่างๆในการทดลอง ซึ่งตารางที่ 6.9-6.11 เป็นผลการจำลองในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 , 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที

การเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเร็วของอากาศระหว่างที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง จะแสดงในลักษณะของกราฟ (รูปที่ 5.83-5.85) ซึ่งแสดงค่าของความเร็วของอากาศในจุดต่างๆในบริเวณที่ทำการศึกษารวม 20 จุดต่อเนื่องกันไปโดยแบ่งบริเวณของกราฟออกเป็น 2 ช่วง คือ  $Y=9$  และ  $Y=12$  ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละช่วงจะประกอบด้วยตำแหน่งวัดทั้งหมด 10 จุด ซึ่งเป็นตำแหน่งอ้างอิงเช่นเดียวกันกับในบทที่ 5

อนึ่งตารางที่ 5.12-5.14 จะแสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแต่ละจุดวัด และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุกจุดแต่ละกรณี

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของการกระจายตัวของความเร็วของอากาศจากกราฟ แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของความเร็วระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับผลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าลักษณะการกระจายตัวของความเร็วที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันถึงแม้ว่าจะมีบางช่วงที่มีผลที่คลาดเคลื่อนแต่พบว่ามีไม่เกิน 13.51% ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.9 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.0805	0.0794
2 (IX=16,IZ=28)	0.0975	0.0959
3 (IX=20,IZ=28)	0.1229	0.1221
4 (IX=22,IZ=19)	0.1462	0.1366
5 (IX=28,IZ=19)	0.2466	0.2468
6 (IX=12,IZ=24)	0.0672	0.0593
7 (IX=16,IZ=24)	0.0907	0.0810
8 (IX=20,IZ=24)	0.1452	0.1470
9 (IX=22,IZ=15)	0.1353	0.1140
10 (IX=28,IZ=15)	0.3179	0.3165

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.2894	0.2861
2 (IX=16,IZ=28)	0.3379	0.3329
3 (IX=20,IZ=28)	0.4124	0.4108
4 (IX=22,IZ=19)	0.5355	0.4873
5 (IX=28,IZ=19)	0.7879	0.7902
6 (IX=12,IZ=24)	0.2495	0.2239
7 (IX=16,IZ=24)	0.3189	0.2857
8 (IX=20,IZ=24)	0.4895	0.4957
9 (IX=22,IZ=15)	0.5329	0.4371
10 (IX=28,IZ=15)	1.0155	1.0171

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.4193	0.4146
2 (IX=16,IZ=28)	0.4903	0.483
3 (IX=20,IZ=28)	0.5990	0.5964
4 (IX=22,IZ=19)	0.7746	0.704
5 (IX=28,IZ=19)	1.1446	1.105
6 (IX=12,IZ=24)	0.3608	0.3236
7 (IX=16,IZ=24)	0.4626	0.4144
8 (IX=20,IZ=24)	0.7099	0.7188
9 (IX=22,IZ=15)	0.7698	0.6313
10 (IX=28,IZ=15)	1.4761	1.4780

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ  
อากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.0805	0.0867	7.12	0.0794	0.0867	8.38
2 (IX=16,IZ=28)	0.0975	0.1067	8.59	0.0959	0.1067	10.09
3 (IX=20,IZ=28)	0.1229	0.1433	14.26	0.1221	0.1367	10.66
4 (IX=22,IZ=19)	0.1462	0.1233	18.54	0.1366	0.1200	13.83
5 (IX=28,IZ=19)	0.2466	0.2033	21.28	0.2468	0.2200	12.18
6 (IX=12,IZ=24)	0.0672	0.0733	8.36	0.0593	0.0667	11.05
7 (IX=16,IZ=24)	0.0907	0.0833	8.84	0.081	0.0700	15.71
8 (IX=20,IZ=24)	0.1452	0.1300	11.69	0.147	0.1300	13.08
9 (IX=22,IZ=15)	0.1353	0.1100	23.00	0.114	0.0967	17.93
10 (IX=28,IZ=15)	0.3179	0.3000	5.97	0.3165	0.2800	13.04
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกจุด						12.68

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.13 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ  
อากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

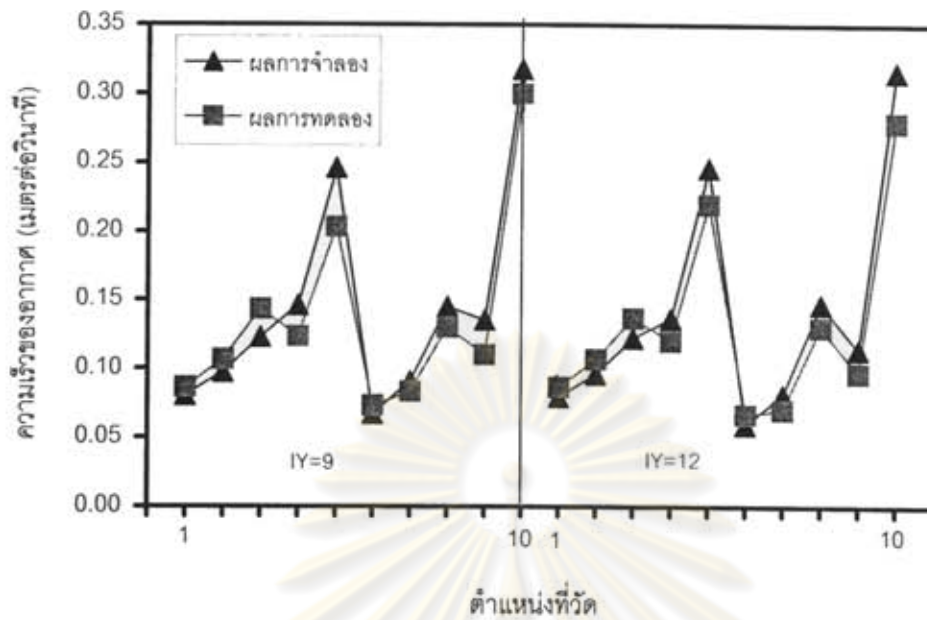
ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.2894	0.3333	13.18	0.2861	0.3367	15.02
2 (IX=16,IZ=28)	0.3379	0.3767	10.29	0.3329	0.3867	13.91
3 (IX=20,IZ=28)	0.4124	0.5133	19.66	0.4108	0.4563	9.98
4 (IX=22,IZ=19)	0.5355	0.4567	17.26	0.4873	0.4733	2.95
5 (IX=28,IZ=19)	0.7879	0.7033	12.02	0.7902	0.6867	15.08
6 (IX=12,IZ=24)	0.2495	0.2867	12.97	0.2239	0.2467	9.23
7 (IX=16,IZ=24)	0.3189	0.2900	9.97	0.2857	0.2733	4.52
8 (IX=20,IZ=24)	0.4895	0.4367	12.10	0.4957	0.4567	8.55
9 (IX=22,IZ=15)	0.5329	0.4700	13.38	0.4371	0.3900	12.08
10 (IX=28,IZ=15)	1.0155	0.9433	7.65	1.0171	0.8633	17.81
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกๆจุด						11.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

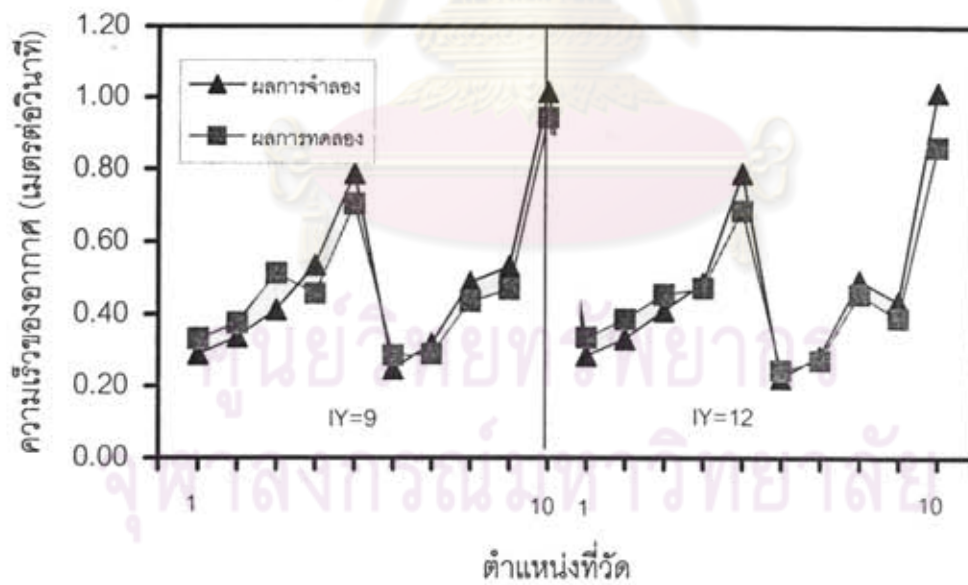
ตารางที่ 5.14 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ  
อากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.4193	0.4500	6.82	0.4146	0.4667	11.16
2 (IX=16,IZ=28)	0.4903	0.5800	15.47	0.483	0.5667	14.76
3 (IX=20,IZ=28)	0.599	0.6633	9.70	0.5964	0.6867	13.15
4 (IX=22,IZ=19)	0.7746	0.7000	10.66	0.704	0.6433	9.43
5 (IX=28,IZ=19)	1.1446	0.9300	23.08	1.105	1.0100	9.41
6 (IX=12,IZ=24)	0.3608	0.3633	0.70	0.3236	0.3833	15.58
7 (IX=16,IZ=24)	0.4626	0.4033	14.69	0.4144	0.3733	11.00
8 (IX=20,IZ=24)	0.7099	0.6100	16.38	0.7188	0.6133	17.20
9 (IX=22,IZ=15)	0.7698	0.7067	8.93	0.6313	0.6000	5.22
10 (IX=28,IZ=15)	1.4761	1.2000	23.01	1.478	1.1033	33.9577
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกๆจุด						13.51

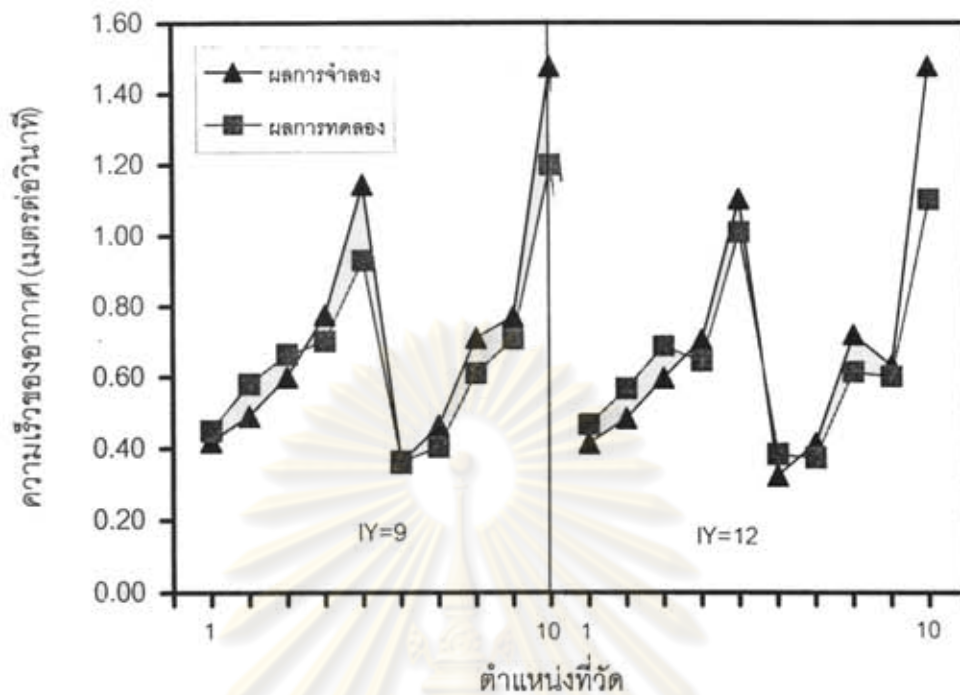
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.93 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.94 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที



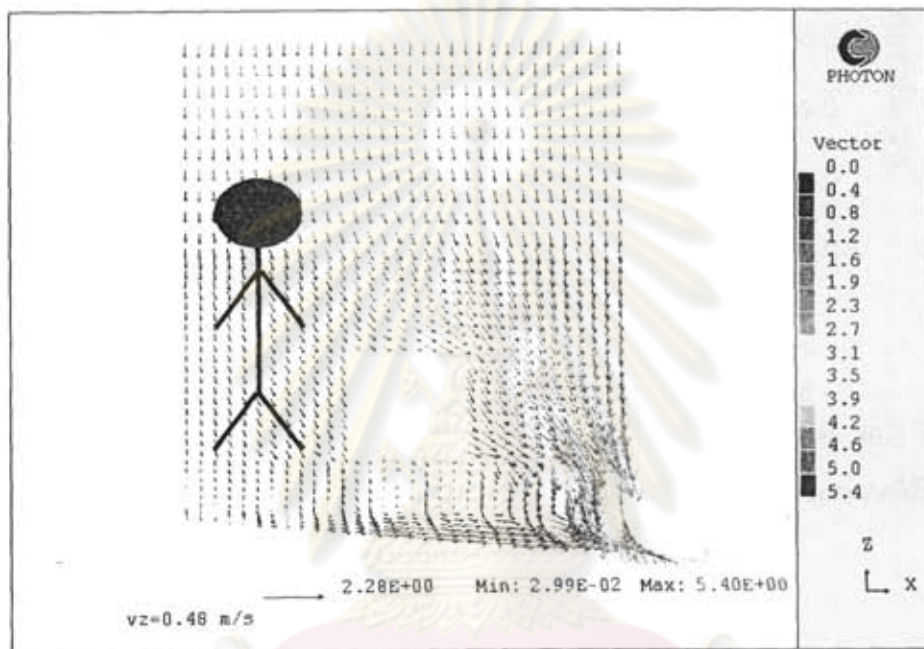
รูปที่ 5.95 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 5.2.3 ประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ

หนึ่งประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ คือในการทดลองนั้นไม่สามารถมองเห็นการไหลของอากาศได้ แต่การจำลองนั้นทำให้เห็นเวกเตอร์การไหลของอากาศ ทำให้สามารถทราบถึงตำแหน่งคนงานควรจะทำงานอยู่ตำแหน่งใดภายในห้อง เพื่อให้ได้รับมลพิษที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการจำลองควรยืนอยู่ตำแหน่งเหนือลมของแหล่งกำเนิดฝุ่น (รูปที่ 5.96)



รูปที่ 5.96 ตำแหน่งที่คนงานควรจะยืนปฏิบัติงานภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3 ไซโคลนสครับเบอร์

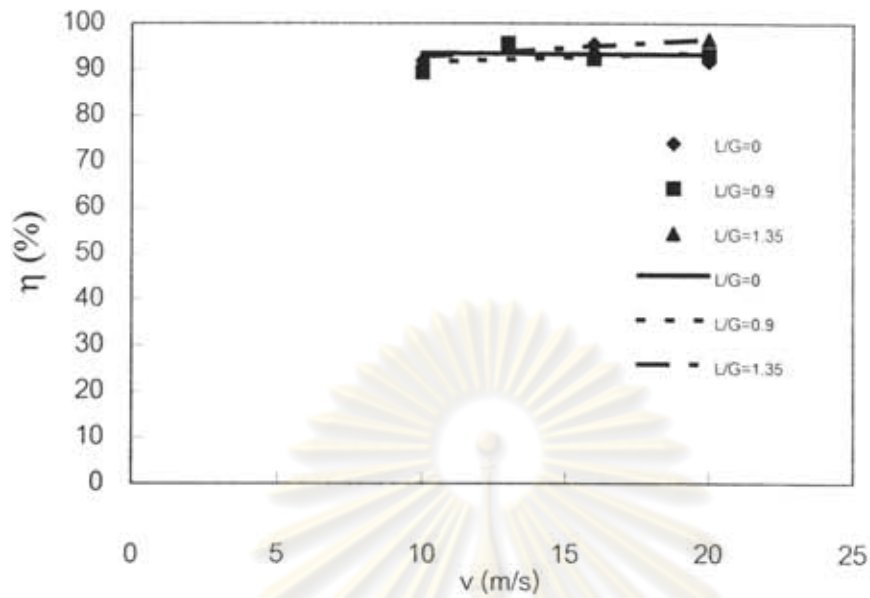
#### 5.3.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ

##### 5.3.1.1 อิทธิพลของความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์

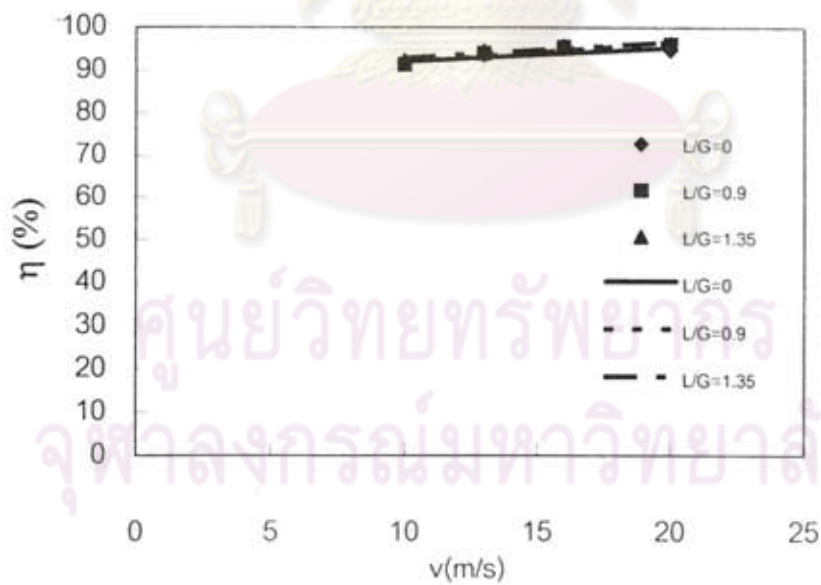
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ในขณะที่ความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์คงที่เป็น 0.2909 , 0.5256 และ 0.7547 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

ดังแสดงในรูปที่ 5.97 เมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์เพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยรวมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากความเร็วลมขาเข้ามากขึ้น ทำให้กลไกการจับเก็บฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์กลางมีบทบาทมากขึ้น โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นอยู่ระหว่าง 89.3-96.5% ที่ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ต่ำๆ หนึ่งดังแสดงในรูปที่ 5.98-5.99 เมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์สูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยรวมจะเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 91.4-96.4% และ 92.9 – 96.9%ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากว่า เมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์เพิ่มขึ้น อัตราการฉีกน้ำในไซโคลนสครับเบอร์มากขึ้น เพื่อคงอัตรา L/G ให้คงที่ ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นจึงมากขึ้นด้วย

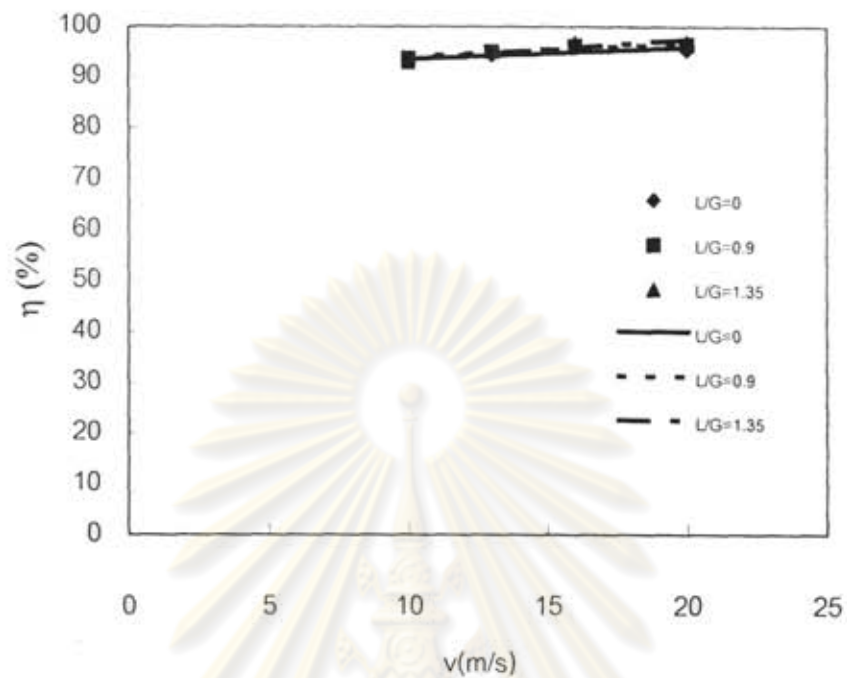
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.97 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.2909 g/m<sup>3</sup>



รูปที่ 5.98 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.5256 g/m<sup>3</sup>



รูปที่ 5.99 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเข้มข้นขาเข้า 0.7547 g/m<sup>3</sup>

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



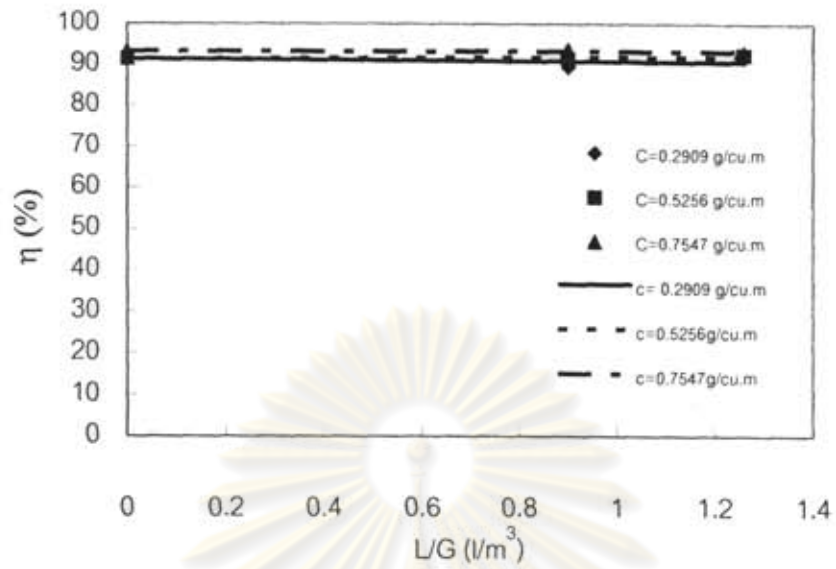
### 5.3.1.2 อิทธิพลของอัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสครับเบอร์

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ในขณะที่ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์คงที่เป็น 10 , 13 , 16 และ 20 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

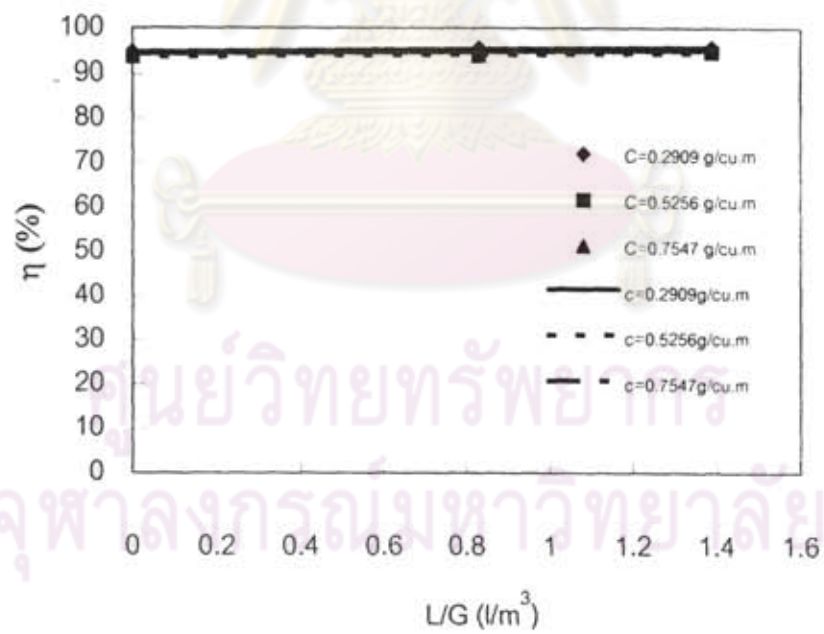
ดังแสดงในรูปที่ 5.100 เมื่ออัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสครับเบอร์มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยรวมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างหยดน้ำกับอนุภาคจะสูงขึ้น โอกาสจับอนุภาคจึงดียิ่งขึ้น โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นอยู่ระหว่าง 89.3-93.7% ที่ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์ต่ำๆ หนึ่งประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยรวมจะเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 93.6-95.8% , 92.4-96.8% และ 91.7 – 96.9% เมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์เพิ่มสูงขึ้นเป็น 13 , 16 และ 20 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.101-5.103 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์มากขึ้น กลไกการจับเก็บฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์กลางจะมีบทบาทมากขึ้น



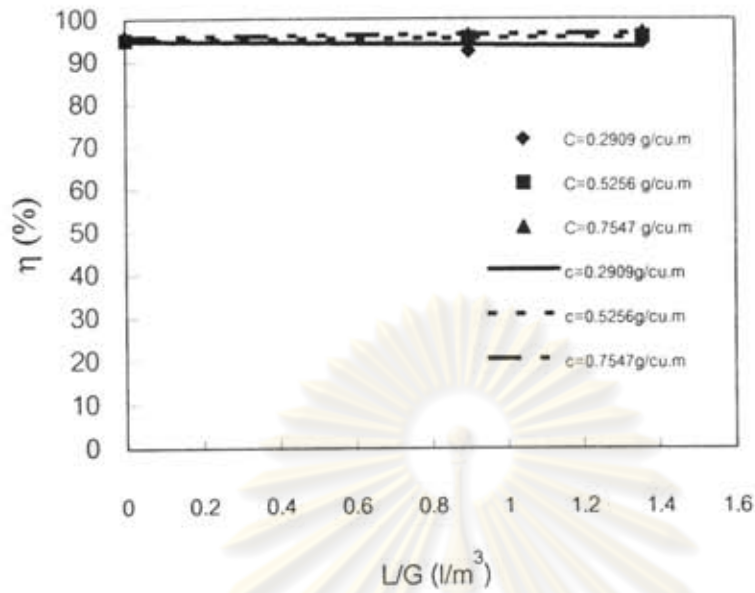
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



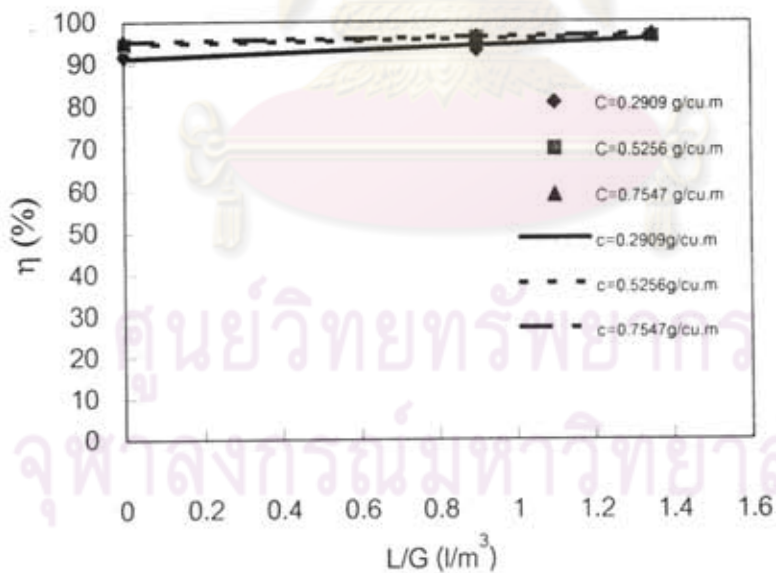
รูปที่ 5.100 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจัดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ 10 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.101 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจัดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ 13 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.102 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจัดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ 16 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 5.103 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจัดน้ำกับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีความเร็วขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ 20 เมตรต่อวินาที

### 5.3.1.3 อิทธิพลของความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์

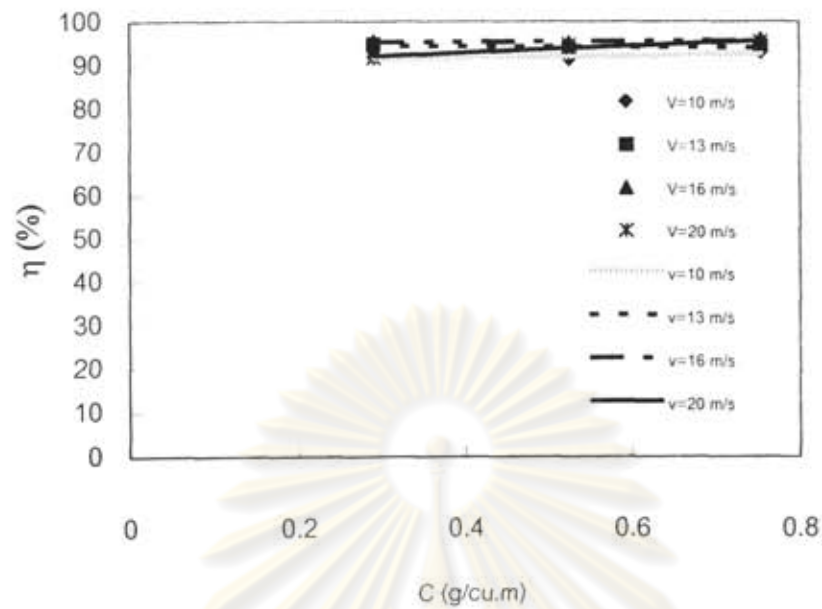
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าในไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ในขณะที่อัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสครับเบอร์คงที่เป็น 0, 0.9 และ 1.35 ลิตรน้ำต่อลูกบาศก์เมตรอากาศตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

จากรูปที่ 5.104 สำหรับกรณีที่ไม่มีการฉีดน้ำหรืออัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสครับเบอร์เป็น 0 เมื่อความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์เพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หนึ่งดังแสดงในรูปที่ 5.105-5.106 ในกรณีที่มีการฉีดน้ำภายในไซโคลนสครับเบอร์ในอัตราการฉีดน้ำ 0.9 และ 1.35 ลิตรน้ำต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ พบว่า ที่อัตราการฉีดน้ำต่างๆประสิทธิภาพการจับเก็บฝุ่นอยู่ระหว่าง 89.32-96.92% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หนึ่งกรณีฉีดน้ำในไซโคลนมีประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นมากกว่ากรณีที่ไม่ฉีดน้ำเนื่องจากในกรณีที่ไม่ฉีดน้ำกลไกการจับเก็บฝุ่นจะขึ้นอยู่กับแรงหนีศูนย์กลางเป็นหลัก แต่หยดน้ำจะช่วยจับอนุภาคฝุ่นด้วย ในขณะเดียวกันหยดน้ำอาจมีผลกระทบต่ออารมณ์ของอากาศในไซโคลนสครับเบอร์ด้วย

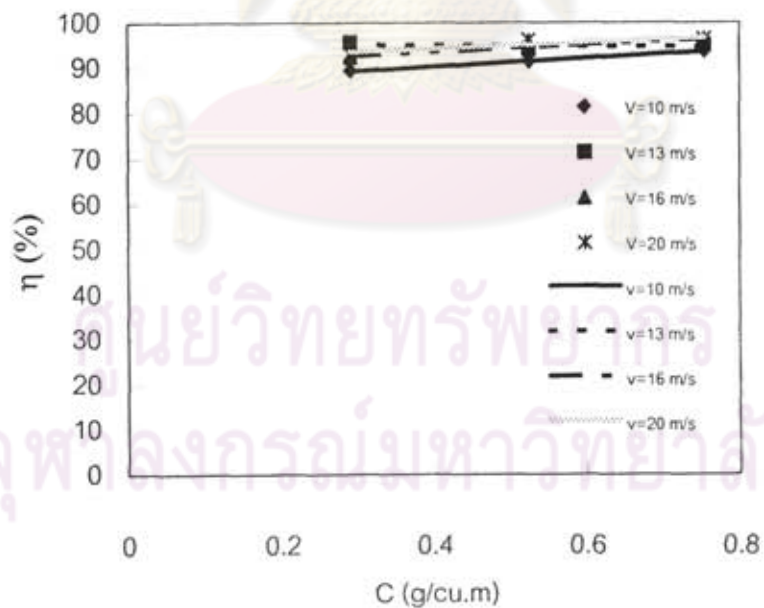


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

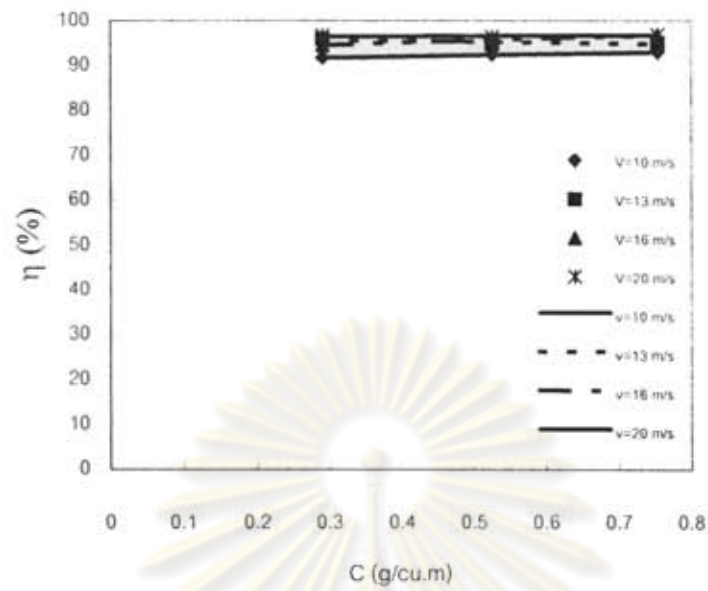




รูปที่ 5.104 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 0



รูปที่ 5.105 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 0.9



รูปที่ 5.106 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์กับประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นกรณีอัตราการฉีดน้ำ 1.35

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3.2 สหสัมพันธ์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในรูปของสมการสหสัมพันธ์ ซึ่งตัวแปรตามคือประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ส่วนตัวแปรอิสระมีอยู่ 3 ชนิด คือ ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าในไซโคลนสกรับเบอร์ ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์และอัตราส่วนระหว่างหยดน้ำและอากาศในไซโคลนสกรับเบอร์ ปรากฏว่าได้สมการดังนี้

$$\eta(\%) = \left[ (-0.4438 \left( \frac{L}{G} \right) + 0.5635) * C + \left( 0.3909 \left( \frac{L}{G} \right) - 0.1137 \right) \right] * V + \left[ (6.4248 \left( \frac{L}{G} \right) - 4.8438) * C + (-5.0122 \left( \frac{L}{G} \right) + 93.6712) \right]$$

เมื่อ	C	คือ ความเข้มข้นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ (g/m <sup>3</sup> )
	V	คือ ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ (m/s)
	$\frac{L}{G}$	คือ อัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์ (L/m <sup>3</sup> )

อนึ่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายของสมการจึงได้นำข้อมูลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยสหสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 6.15 จะพบว่าสามารถทำนายได้ใกล้เคียงมากซึ่งมี %error มากสุด 3.33% น้อยสุด 0.07% เฉลี่ย 0.99% หรือ ประมาณ 1% นั้นเอง ประโยชน์ของสมการนี้คือไม่ต้องทำการทดลองก็สามารถทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์ที่ใช้ในการทดลองได้ และจากรูปที่ 5.107 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพจากสหสัมพันธ์กับประสิทธิภาพจากการทดลอง พบว่าจะมีแนวโน้มเป็นเส้นทแยงมุมที่ตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทำนายกับผลการทดลอง

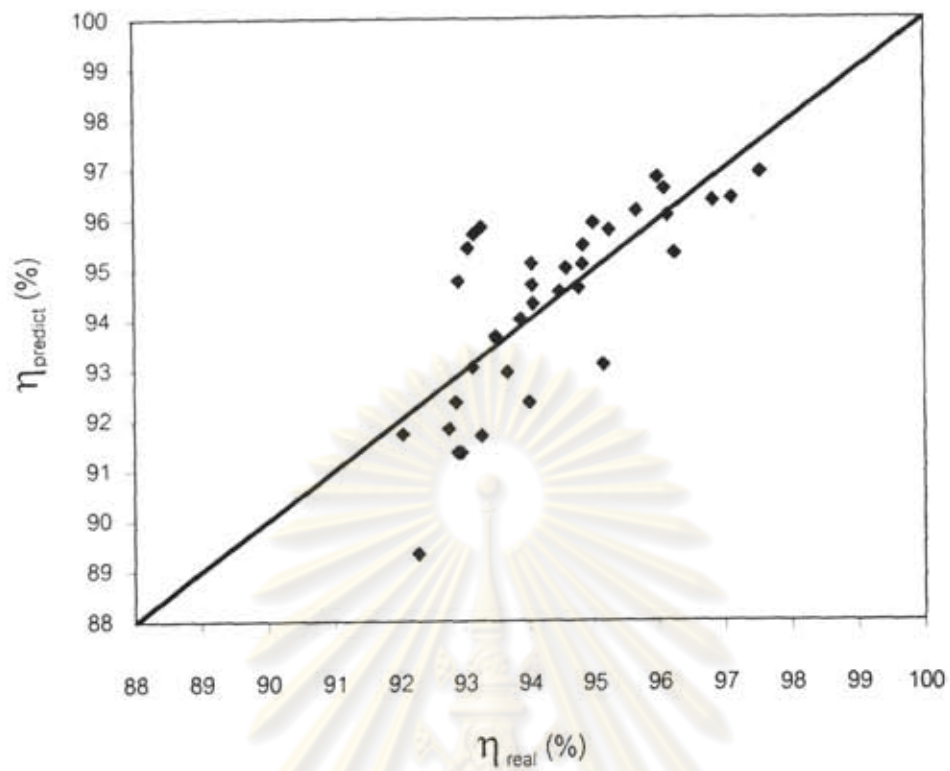
c (g/m <sup>3</sup> )	v (m/s)	L/G (kg/m <sup>3</sup> )	$\eta$ (%)	$\eta_{\text{ave}}$	%error
0.2909	10	0	92.76	91.82	1.03
0.2909	10	0.9	92.29	89.32	3.33
0.2909	10	1.35	92.06	91.72	0.37
0.2909	13	0	92.92	94.76	1.95
0.2909	13	0.9	93.15	95.7	2.67
0.2909	13	1.35	93.27	95.83	2.68
0.2909	16	0	93.07	95.42	2.47
0.2909	16	0.9	94.01	92.35	1.79
0.2909	16	1.35	94.48	94.54	0.07
0.2909	20	0	93.27	91.68	1.73
0.2909	20	0.9	95.15	93.1	2.20
0.2909	20	1.35	96.09	96.59	0.52
0.5256	10	0	92.95	91.35	1.75
0.5256	10	0.9	92.90	91.35	1.69
0.5256	10	1.35	92.87	92.36	0.55
0.5256	13	0	93.50	93.61	0.12
0.5256	13	0.9	93.87	94	0.14
0.5256	13	1.35	94.06	94.68	0.66
0.5256	16	0	94.04	95.11	1.12
0.5256	16	0.9	94.84	95.47	0.66
0.5256	16	1.35	95.24	95.78	0.56
0.5256	20	0	94.77	94.62	0.16
0.5256	20	0.9	96.14	96.06	0.08
0.5256	20	1.35	96.82	96.35	0.49

c (g/m <sup>3</sup> )	v (m/s)	L/G (kg/m <sup>3</sup> )	$\eta$ (%)	$\eta_{\text{ave}}$	%error
0.7547	10	0	93.13	93.05	0.09
0.7547	10	0.9	93.49	93.66	0.18
0.7547	10	1.35	93.67	92.95	0.77
0.7547	13	0	94.07	94.31	0.26
0.7547	13	0.9	94.57	95.02	0.47
0.7547	13	1.35	94.83	95.09	0.28
0.7547	16	0	95.00	95.92	0.96
0.7547	16	0.9	95.66	96.15	0.51
0.7547	16	1.35	95.99	96.82	0.86
0.7547	20	0	96.25	95.31	0.98
0.7547	20	0.9	97.11	96.4	0.73
0.7547	20	1.35	97.54	96.92	0.64

Average error =0.99 %





รูปที่ 5.107 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพจากสหสัมพันธ์กับประสิทธิภาพจากการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 2 แบบ คือ 1) พิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด เพื่อดูพฤติกรรมการระบายอนุภาคแต่ละช่วงขนาด 2) พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคว่ามีประสิทธิภาพการระบายอากาศรวมเป็นอย่างไร

ส่วนที่สองศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมกรไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD)

ส่วนที่สามศึกษาอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

##### 6.1.1 การศึกษาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้ง

###### 1. อิทธิพลของความเร็วลมในแนวตั้ง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริมกัน ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีค่าลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที และกลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น (ค่าเรย์โนลด์สเพิ่มขึ้น) อีกทั้งผลจากการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรฟุ้งกระจายขึ้นและหนีเล็ดลอดออกไปได้มากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ในกรณีของความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีมวลมากกว่าอนุภาคขนาดเล็กหลายสิบหลายร้อยเท่า ดังนั้นแนวโน้มที่เห็นจึงเหมือนกับกรณีของอนุภาคขนาดใหญ่

ค. เปรียบเทียบกรณีผนังสูง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (ประมาณ 0.97-1.00 [-]) ในกรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (ประมาณ 0.77-0.97 [-]) เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคพุ่งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

## 2. อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละช่วงขนาดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศมากขึ้น ส่งผลให้อากาศไม่สามารถคงทิศทางเคลื่อนที่ในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอได้ ดังนั้นทำให้อนุภาคพุ่งกระจายขึ้นด้านบนมากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ทำให้อากาศภายในห้องปั่นป่วนมากขึ้น

ค. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคพุ่งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



### 3. อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง

ก. ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เนื่องจากการลดพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ทำให้กระแสอากาศมีการเลี้ยววกหาทางออกมากขึ้น ดังนั้นอากาศมีการไหลในแนวตั้งน้อยลง โอกาสที่อนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น

ข. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

อนึ่งในการทดลองได้ตั้งสมมุติฐานคือ การกระจายขนาดอนุภาคแต่ละการทดลองคงที่ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าปกติในแง่จำนวน แต่บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าปกติ รวมทั้งขณะทำการทดลองอาจมีลมภายนอกพัดเข้ามา ซึ่งเป็นแฟกเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถือว่าเป็นสิ่งรบกวนในการทดลอง แต่ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการทดลองได้ทำการทดลองซ้ำในกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่ด้านล่างทั้งหมด ที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความเร็วลมที่เป่าภายในห้อง เท่ากับ 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการทดลองแต่ละครั้งจึงน่าเชื่อถือ อีกทั้งระบบระบายอากาศในแนวตั้งได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องที่ระดับจมูกของคน (สูงจากพื้น 1.5 เมตร) โดยอ้างอิงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากสันติ ปิยลาภ และเกรียงไกร ซึ่งได้ใช้ชุดทดลองเดียวกัน แต่ทว่าภายในห้องได้ทำการป้อนความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ  $15 \text{ g/m}^3$  (Total dust) ซึ่งเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดอนุภาคภายในโรงงาน เท่ากับ  $15.85 \text{ mg/m}^3$  (Total dust) :จะเข้มข้นกว่าประมาณ 1000 เท่า พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องก็ยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



### 6.1.2 การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD)

ในการศึกษาการกระจายตัวของความเร็วของอากาศที่เกิดขึ้นในระบบระบายอากาศชนิดนี้โดยใช้เทคนิค CFD ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์การไหลของของไหลในระบบที่ต้องการศึกษาโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical) เพื่อแก้ชุดสมการที่เป็นตัวแทนของระบบที่ทำการศึกษา คือ สมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัม และแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที ( $Re = 11,059$ ) ใช้ Low  $k-\epsilon$  model ส่วนกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 ( $Re = 36,497$ ) และ 0.48 ( $Re = 53087$ ) เมตรต่อวินาทีใช้  $k-\epsilon$  model เนื่องจากค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ ( $Re$ ) ที่เหมาะสมของ Low  $k-\epsilon$  model และ  $k-\epsilon$  model เท่ากับ 5,000 ถึง 30,000 และ มากกว่า 30,000 ตามลำดับ (Lauder และ Spalding) เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการทำนายผล พบว่าความเร็วของอากาศมีแนวโน้มของการกระจายตัวในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง

ข้อหนึ่งประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ คือ ในการทดลองนั้นไม่สามารถมองเห็นการไหลของอากาศได้ แต่การจำลองนั้นทำให้เห็นเวกเตอร์การไหลของอากาศ ทำให้สามารถทราบถึงตำแหน่งคนงานควรจะทำางานอยู่ตำแหน่งใดภายในห้อง เพื่อให้ได้รับมลพิษที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการจำลองควรยืนอยู่ตำแหน่งเหนือลมของแหล่งกำเนิดฝุ่น

### 6.1.3 การศึกษาอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์

#### 1. อิทธิพลของความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์

เมื่อความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

#### 2. อิทธิพลของอัตราการฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์

ในกรณีไม่ฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นต่ำกว่ากรณีที่ฉีดน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์

### 3.อิทธิพลของความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์

เมื่อความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นเพิ่มขึ้น

#### 6.2.3 สหสัมพันธ์สำหรับทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสครับเบอร์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในรูปของสมการสหสัมพันธ์ซึ่งตัวแปรตามคือประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น ส่วนตัวแปรอิสระมีอยู่ 3 ชนิด คือ ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าในไซโคลนสครับเบอร์ ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสครับเบอร์และอัตราส่วนระหว่างหยดน้ำและอากาศในไซโคลนสครับเบอร์ ปรากฏว่าได้สมการดังนี้

$$\eta(\%) = \left[ (-0.4438 \left( \frac{L}{G} \right) + 0.5635) * C + \left( 0.3909 \left( \frac{L}{G} \right) - 0.1137 \right) \right] * V + \left[ (6.4248 \left( \frac{L}{G} \right) - 4.8438) * C + (-5.0122 \left( \frac{L}{G} \right) + 93.6712) \right]$$

อนึ่งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำนายของสมการจึงได้นำข้อมูลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยสหสัมพันธ์ พบว่าสามารถทำนายได้ใกล้เคียงมากซึ่งมี %error มากสุด 3.33% น้อยสุด 0.07% เฉลี่ย 0.99% หรือ ประมาณ 1% นั้นเอง ประโยชน์ของสมการนี้คือไม่ต้องทำการทดลองก็สามารถทำนายประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสครับเบอร์ที่ใช้ในการทดลองได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ใช้ฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิวในทดสอบการระบายฝุ่นออกจากห้อง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรทดสอบกับฝุ่นชนิดที่ต่างกัน และสารระเหยง่าย เพื่อขยายผลการทดลองต่อไป

2. การประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถควบคุมและลดปริมาณฝุ่นที่ปล่อยออกมาได้ดีพอ แต่ต้องคำนึงถึงปัญหาในการก่อสร้างที่ติดตามมา คือ ต้องยกระดับพื้นห้องขึ้นมาและการบำบัดน้ำทิ้ง

3. ในการจำลองปรากฏการณ์การไหลภายในห้องระบายอากาศโดยเทคนิค CFD ในที่นี้เป็นการจำลองปรากฏการณ์สำหรับเฟสเดียว คือ อากาศ (ของไหล) และแผ่นบานเกล็ดอยู่ในแนวตั้ง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มเป็น 2 เฟส คือ อากาศ (ของไหล) และอนุภาค (ของแข็ง) และแผ่นบานเกล็ดอยู่ในแนวเอียง เพื่อดูพฤติกรรมของอนุภาคด้วย

4. งานวิจัยนี้ในส่วนของไซโคลนสครับเบอร์ควรทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นโดยใช้จำนวนหัวฉีด เพื่อขยายผลการทดลองต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กองเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี.กรณีศึกษาโครงการแก้ไขปัญหามลพิษจากอุตสาหกรรมหิน  
ก่อสร้างในพื้นที่ทดลอง ต.หน้าพระลาน และบริเวณใกล้เคียง จ.สระบุรี. เอกสารประกอบ  
การสัมมนา โครงการแก้ไขปัญหามลภาวะจากการทำเหมืองหินและโรงโม่หิน. กรม  
ทรัพยากรธรณี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมแรงงาน กระทรวงมหาดไทย.รวมกฎหมายแรงงาน.วารสารแรงงานสัมพันธ์.2529.

จักรกฤษณ์ แย้มเกตุ.ผลของสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรงต่อคุณสมบัติการไหลของผง และ  
ลักษณะสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเคมี วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2541.

ชิกะฟูมิ ฟุจิตะ.คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพมหานคร : สมาคม  
ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2536.

ธัญชัย ลีภักดีปริธา.การระบายอากาศจากความต้องการจริง.เทคนิค ปีที่17 ฉบับที่194 (มีนาคม  
พศ. 2544):115-118.

ปัญญา รุ่งอรุณแสงชัย.การศึกษาผลกระทบของรูปทรงของท่อต่อรูปแบบการไหล และการกระจาย  
ตัวของอนุภาคมิของอากาศที่ไหลอยู่ระหว่างครีบแผ่นและท่อด้วยเทคนิคซีเอฟดี.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี วิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

พงษ์พันธ์ อุทัยพันธุ์.การทดสอบประสิทธิภาพตาข่ายเปียกในการจับเก็บฝุ่นจากโรงโม่หิน.วิทยา  
นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี วิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542.

วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล และชिकाโอะ คานาโอกะ.มลภาวะอากาศ.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร:  
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2542.

สุทิน อยู่สุข.สุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย  
สุโขทัยธรรมาราช,2533.

สมศักดิ์ กิรติวุฒิเศรษฐ์.หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 12.  
กรุงเทพมหานคร:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.

สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.ห้องสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมและพาณิชย์กรรม.  
พิมพ์ครั้งที่1:โรงพิมพ์ บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่น จำกัด.



สันติ ยืนยิ่ง และคณะ.อิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อสมรรถนะของระบบระบายอากาศแนวตั้ง.ปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2545.

### ภาษาอังกฤษ

- Bartak M , Cermak M ,Clarke J A ,Drkal F , Lain M , Macdonald I A , Majer M , Stankov  
P.Experimental and numerical study of local mean age of air.Seventh  
International IBPSA Conference (August 13-15 , 2001 )
- Bin Ahao , Ying Zhang , Xianting Li , Xudong Yang , Dongtao Huang.Comparison of  
indoor aerosol particle concentration and deposition in different ventilated room  
by numerical method.Building and Environment.(2004) :1-8
- Buchanan,D.Dunn-Rankin. Transport of Surgically Produced Aerosols in an Operating  
Room . American Industrial Hygiene Association Journal vol59,No6 (Jun1998) :  
393-402
- Howard Goodfellow and Esko Tahti.Industrial Ventilation Design Guidebook.Academic  
Press.
- K.C.Chung.Three-dimensional analysis of airflow and contaminant particle transport in a  
partitioned enclosure.Building and environment .1999:7-17
- K.Papakonstantinou , A Chaloulakou , A.Duci , N.Vlachakis , N.Markatos.Air quality in an  
underground garage : computational and experimental investigation of  
ventilation effectiveness.Energy and buildings (2003) : 1-8
- Kim,I.G.,Homma,Tek.D.H. Distribution and ventilation efficiency of CO<sub>2</sub> produced by  
occupants in upward and downward ventilated rooms. ASHRAE Transactions  
Vol 98. pt 1. 1992. ASHRAE Winter Meeting. Jan 25-29 1992. Anaheim, CA,  
USA: 242-250
- Krames,Jorg . Buttner , Helmut, Cyclone scrubber a high efficiency wet separator.  
Chemical Engineering Technology vol 17. no. 2 (Apr 1994) : 73-80
- Marshall.W.Health Care Ventilation Standard.ASHRAE Journal.Vol.38.No.9(1996):27-30

Patankar,Suhas V.Numerical Heat Transfer and Fluid Flow.New York.McGraw-Hill.1980

PHOENICS Encyclopedia. Turbulence Models. CHAM Limited. 1998.

PHOENICS Version 3.3. Manual Guide. CHAM Limited. 2000.

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association Inc. HVAC Systems  
Duct Design. 3<sup>rd</sup> Edition, USA, 1990

Toshiaki Yamamoto ,David s.Ensor,Leslie E.Sparks,Evaluation of Ventilation Performance  
for Indoor Space.Building and Environment.vol.29(1994).No.3 :291-296



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก.

## รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

## 1. เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester)

รุ่น	Model PT-N
บริษัท	Hosokawa Micron Corporation
กำลังไฟฟ้า	AC 100 V. 50/60 Hz.
อุปกรณ์ประกอบ	26 ชิ้น
เครื่องชั่งสาร	รุ่น FA-2000
น้ำหนักรวม	89 กิโลกรัม

## 2. เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument)

รุ่น	Testo 425
บริษัท	ENTECH ASSOCIATE Co., Ltd.
กำลังไฟฟ้า	ถ่าน 9V
ช่วงความเร็วลม	0 ถึง 20 เมตรต่อวินาที
ช่วงอุณหภูมิ	-20 ถึง 70 องศาเซลเซียส
น้ำหนักรวม	250 กรัม

## 3. เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)

รุ่น	FR-A540-15K
บริษัท	เอฟ.เอ.เทค.จำกัด
กำลังไฟฟ้า	380 V. 15Kw



#### 4. เครื่องเป่าลม (Blower)

บริษัท	ต.เจริญเทคนิค จำกัด
กำลังไฟฟ้า	380 V. 3 phase
ความเร็วรอบมอเตอร์	2,920 รอบต่อนาที
อัตราการไหลลม	6400 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที @ 25 แรงม้า

#### 5. ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

บริษัท	MAKASHI SEISAKUSHO .,LTD
กำลังไฟฟ้า	220 - 250 V. 50 Hz. 1 phase
ความเร็วรอบมอเตอร์	550 รอบต่อนาที
อัตราสุญญากาศ	50 ลิตรต่อนาที @ 0.6 พาสคาล
น้ำหนักรวม	8 กิโลกรัม

#### 6. เครื่องป้อนชนิดตั้งโต๊ะ (Rotary Table Feeder)

รุ่น	MFOV-1VO
บริษัท	SANKYO PIO-TECH CO.,LTD
กำลังไฟฟ้า	110V. 50/60 Hz
อัตราการป้อน	0.1 ถึง 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

#### 7. เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Airborne Particle Counter)

รุ่น	KR-12
บริษัท	RION CO.,LTD
แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	DC 12 V 2.5 A

## 8. พัดลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง

รุ่น	WF-64V
บริษัท	RION CO.,LTD
แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	220 V 0.2 A
กำลังไฟฟ้า	40 W
ปริมาณลม	38.61 ลบ.ม/นาที
ขนาด	12 นิ้ว



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข.

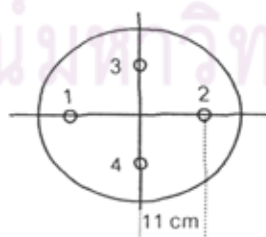
ตารางที่ ข.1 ผลการสอบเทียบเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)

No.	Feed (g)	Feed Rate(g/sec)
1	181.7794	1.0099
2	169.4040	0.9411
3	168.1110	0.9340
Average	173.0981	0.9617

ตาราง ข 2 ผลการสอบเทียบพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง  
เส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลมเท่ากับ 12 in ทำการวัดความเร็วลม 4 จุด[มลภาวะอากาศ หน้า 89]  
โดยจุดวัดห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับ 11 cm ดังรูปที่ ข.1และห่างจากหน้าพัดลมประมาณ 10 cm

POSITION	VELOCITY(Fan Low) (m/s)	VELOCITY(Fan High) (m/s)
1	3.62	5.24
2	3.55	5.71
3	4.49	5.06
4	3.98	5.43
AVERAGE	3.91	5.36

หมายเหตุ



รูปที่ ข.1 ตำแหน่งของจุดวัดของพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

ตารางที่ ๓.3 ผลการสอบเทียบความเร็วลมโดยใช้อานิมิเตอร์เอียงและเครื่องวัดผลต่างความดัน

145 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	1.5	1.5	1.5	3.18	3.18	3.18
2	1.6	1.6	1.6			
3	1.5	1.5	1.5			
4	1.5	1.5	1.5			
average	1.53			3.18		

1400 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	12.2	12.1	12.2	1445.3	1445.3	1458
2	12.4	12.2	12.2			
3	11.3	11.6	11.4			
4	12.1	12.1	12.1			
average	11.99			1449.49		

300 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	2.2	2.2	2.2	14.35	14.35	14.35
2	2.2	2.2	2.2			
3	1.9	2	2			
4	2.2	2.1	2.1			
average	2.13			14.35		

1600 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	13.8	13.7	13.8	1899.9	1935.5	1935.5
2	13.9	13.9	13.9			
3	13.1	13.1	12.8			
4	13.8	13.5	13.6			
average	13.58			1923.59		

400 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	3.4	3.2	3.2	38.10	38.10	38.10
2	3.2	3.3	3.2			
3	3.1	3.1	3.2			
4	3.1	3.2	3.1			
average	3.19			38.10		

1800 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	15.4	15.4	15.5	2159	2184.4	2260.6
2	15.6	15.5	15.6			
3	14.5	14.6	14.7			
4	15.3	15.2	15.2			
average	15.21			2201.12		

600 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	5.1	5.1	5.1	82.55	82.55	82.55
2	5.1	5.2	5.1			
3	5.0	5.0	5.0			
4	5.0	5.0	5.1			
average	5.07			82.55		

2000 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	17.3	17.3	17.3	2921	2946.40	3025.1
2	17.2	17.1	17.1			
3	16.5	16.5	16.4			
4	17	17.2	17.2			
average	17.01			2964.01		



800 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	6.9	6.9	7	398.78	398.78	398.78
2	7	6.9	7.1			
3	6.5	6.5	6.6			
4	7	6.8	7			
average	6.85			398.78		

2200 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	19.4	19.4	19.3	3644.9	3617	3657.6
2	19.6	19.6	19.6			
3	18.5	18.5	18.4			
4	19.4	19.4	19.4			
average	19.21			3639.8		

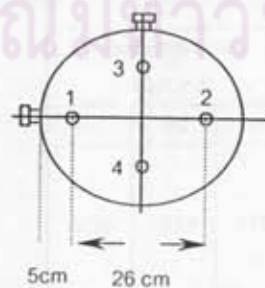
1000 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	8.8	8.7	8.7	673.1	693.42	693.42
2	8.8	8.8	8.8			
3	8.4	8.2	8.1			
4	8.7	8.7	8.7			
average	8.62			686.61		

2400 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	21.3	21.4	21.4	4269.7	4277.4	4325.6
2	21.8	21.8	21.8			
3	20.1	20.1	20.1			
4	21.3	21.3	21.3			
average	21.14			4290.9		

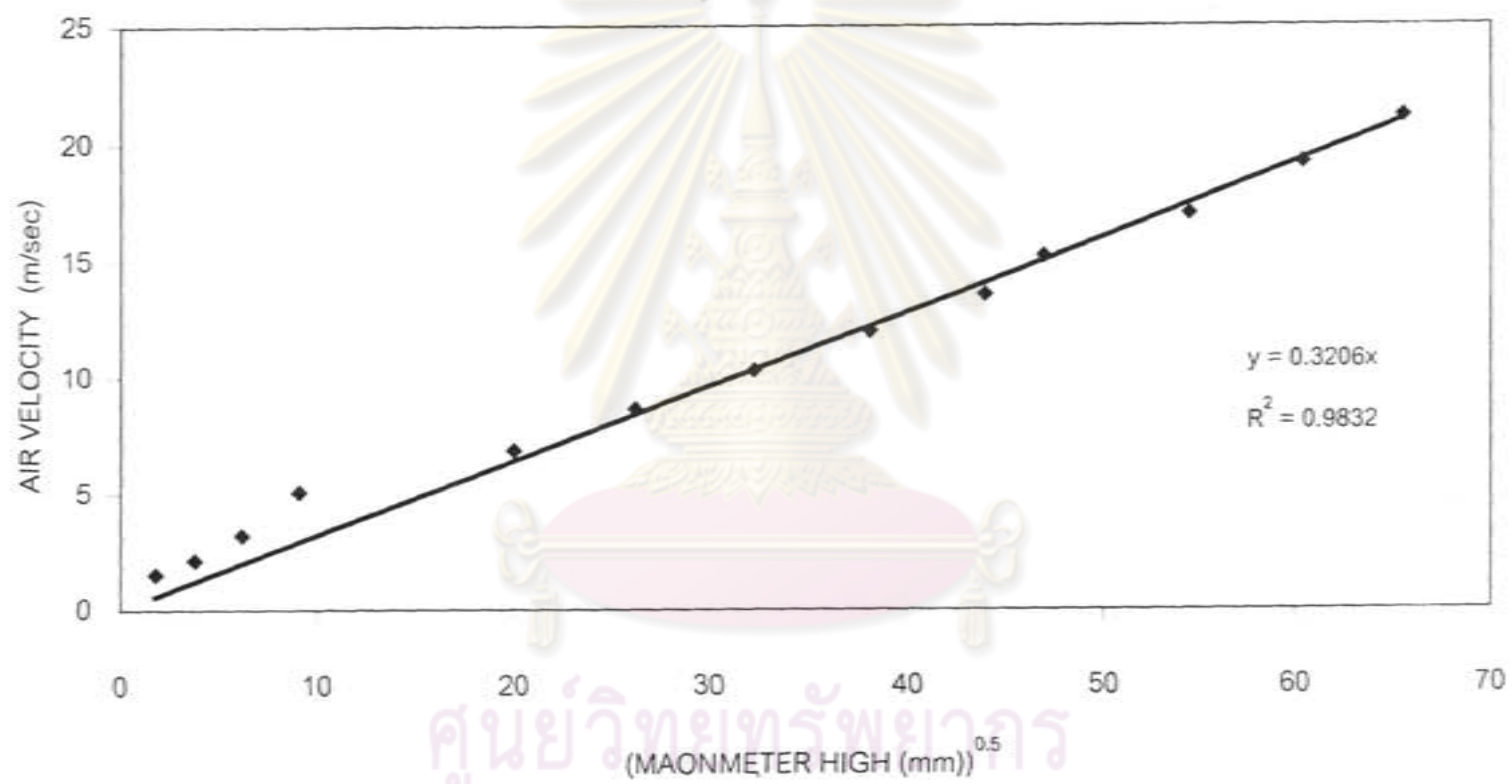
1200 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (mm.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	10.4	10.5	10.4	1028.7	1041.4	1046.5
2	10.5	10.5	10.6			
3	9.7	9.9	9.7			
4	10.4	10.4	10.4			
average	10.28			1038.85		

หมายเหตุ

ท่อทางออกจากห้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.356 เมตร โดยทำการวัด 4 จุด



รูปที่ ข.2 ตำแหน่งของจุดวัดของท่อทางออกจากห้อง

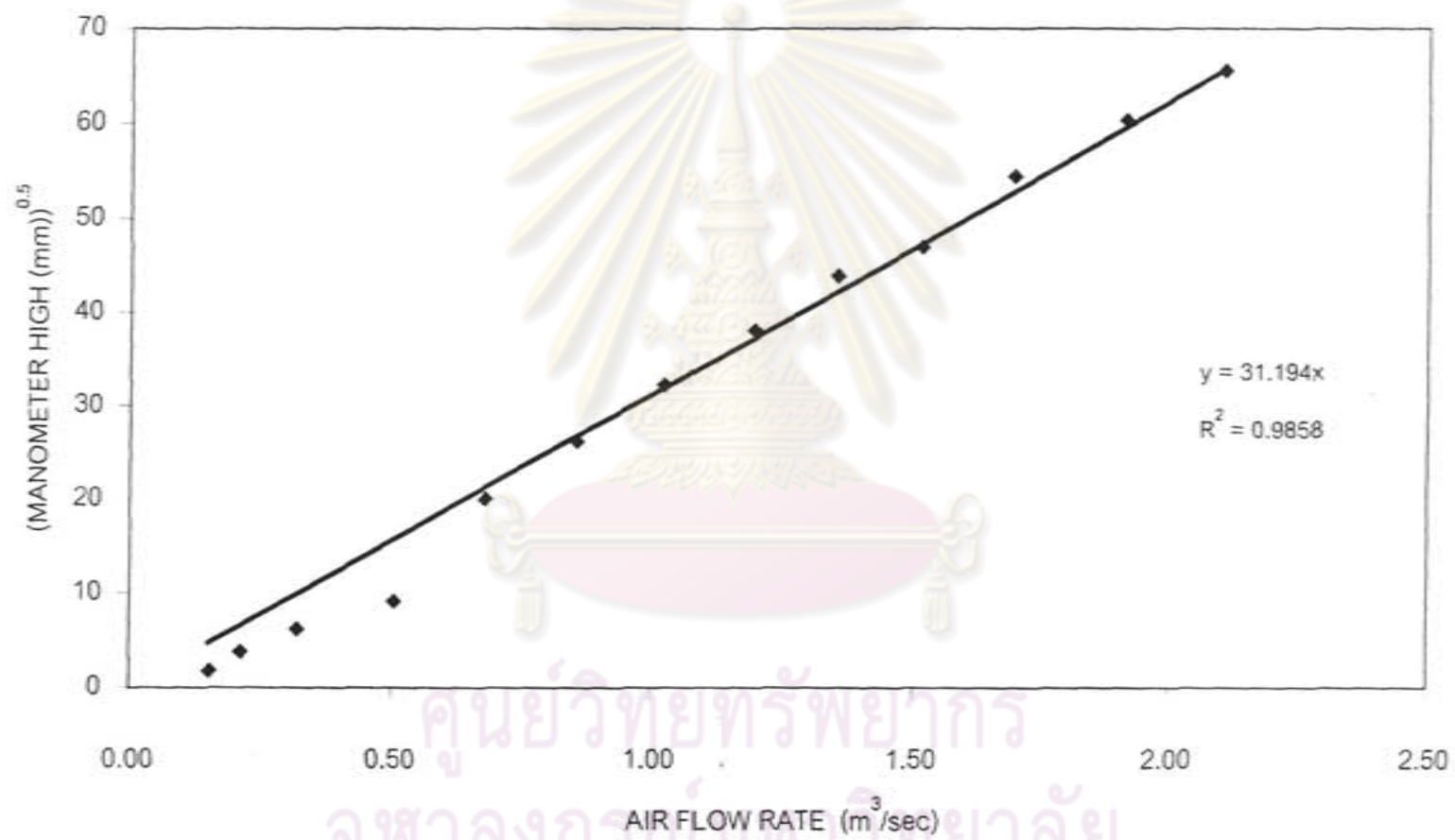


ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
รูปที่ ๓.3 ผลการสอบเทียบความเร็วลมในระบบท่อโดยใช้มาโนมิเตอร์

ตารางที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของลมและแมนอมิเตอร์  
 เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.356 เมตร พื้นที่หน้าตัด 0.0995 ตารางเมตร

Air Flow Rate (m <sup>3</sup> /sec)	Manometer(mmH <sub>2</sub> O)	(Manometer mmH <sub>2</sub> O) <sup>0.5</sup>
0.152	3.175	1.782
0.211	14.288	3.780
0.3178	38.100	6.173
0.504	82.550	9.086
0.682	398.780	19.969
0.858	686.613	26.203
1.024	1038.847	32.231
1.194	1449.487	38.072
1.351	1923.590	43.859
1.514	2201.123	46.916
1.693	2964.015	54.443
1.912	3639.800	60.331
2.104	4290.871	65.505

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



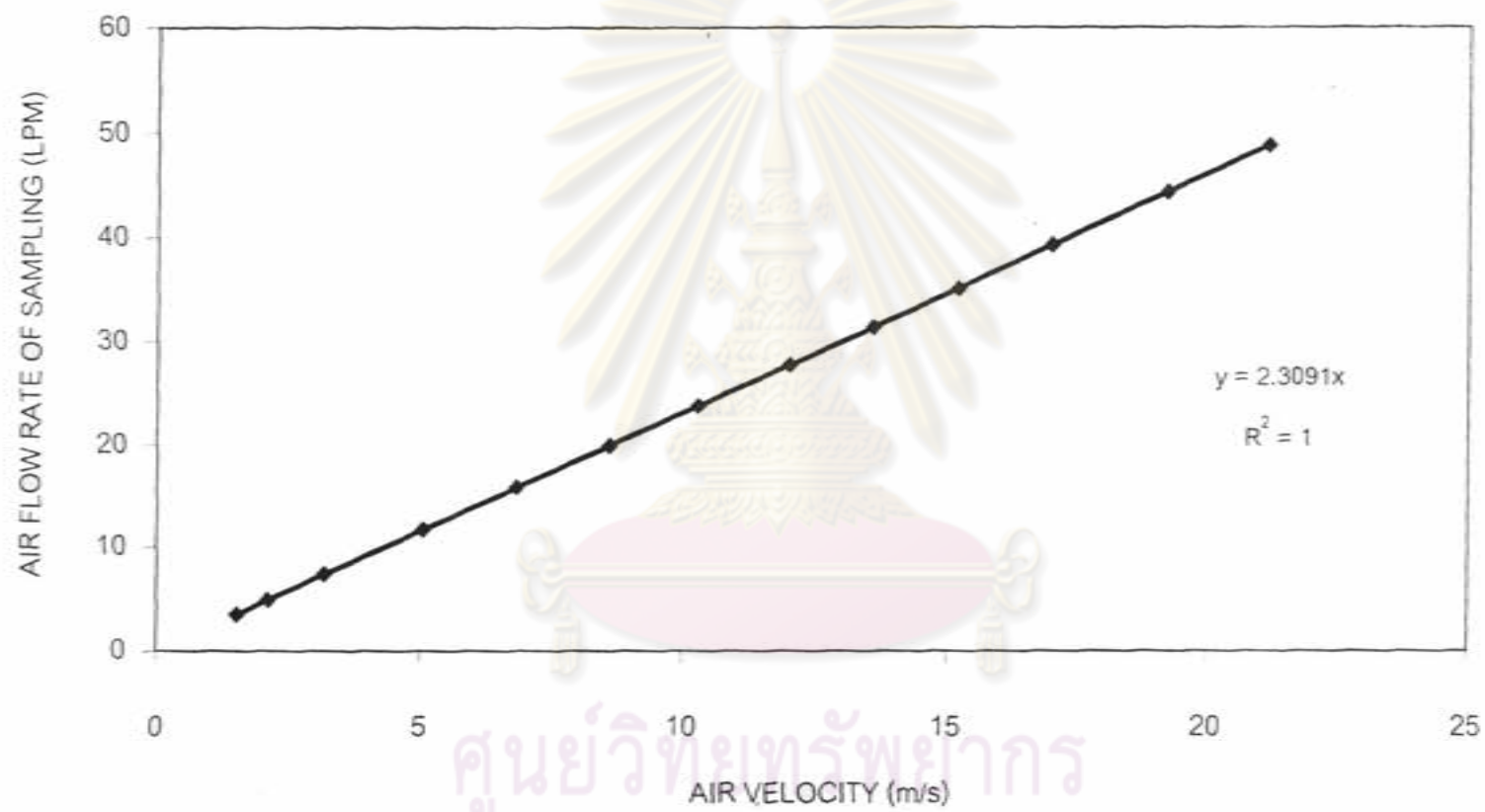
รูปที่ ๔.๔ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของลมกับความสูงแมนอมิเตอร์



ตารางที่ ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมในท่อและอัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง  
 เล็งผ่านศูนย์กลางภายในหัวตูด 7 มิลลิเมตร

Air Velocity in Duct V(m/s)	Q sampling (LPM)
1.53	3.52
2.13	4.91
3.19	7.37
5.07	11.70
6.85	15.82
8.62	19.90
10.28	23.74
11.99	27.69
13.58	31.35
15.21	35.12
17.01	39.27
19.21	44.35
21.14	48.82

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๕.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและอัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ค.1 ผลการทดลองด้านสมบัติการไหลของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

Sampling Test	1st	2nd	3rd	Average
Angel Repose (degree)	48.0	45.0	47.5	46.8
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Angel Spatula (degree)	70.0	68.0	73.2	70.4
Angel 1 (degree)	76.0	73.1	78.3	75.8
Angel 2 (degree)	66.1	63.0	68.2	65.8
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Aerated Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.824	0.822	0.826	0.824
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.369	1.358	1.365	1.364
Compressibility(%)	39.8	39.4	39.4	39.5
Index	2.00	2.00	2.00	2.00
Cohesiveness(%)	66.7	67.4	66.7	66.9
Top (g)	0.97	0.98	0.97	0.97
Central (g)	0.47	0.46	0.47	0.47
Bottom (g)	0.46	0.46	0.46	0.46
Index	2.00	2.00	2.00	2.00
Flowability Index	28.0	28.0	28.0	Bad
Angel Fall (degree)	38.2	40.0	39.2	39.1
Index	16.00	16.00	16.00	16.00
Angel Difference (degree)	9.8	5.0	8.3	7.70
Index	8.00	8.00	8.00	8.00
Dispersibility (%)	25.2	28.00	24.4	25.87
Index	16.00	16.00	16.00	16.00
Floodability Index	48.00	45.00	46.25	Tend to flush

ตารางที่ ค.2 ผลการทดลองด้านสมบัติการไหลของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว

Sampling Test	1st	2nd	3rd	Average
Angel Repose (degree)	47.1	44.1	42.4	44.5
Index	12.00	16.00	16.00	14.67
Angel Spatula (degree)	66.3	70.3	69.1	68.6
Angel 1 (degree)	68.4	72.4	70.8	70.5
Angel 2 (degree)	64.3	68.3	67.4	66.7
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Aerated Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.517	0.505	0.507	0.510
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.143	1.158	1.181	1.161
Compressibility(%)	54.7	56.3	42.4	51.1
Index	0.00	0.00	0.00	0.00
Cohesiveness(%)	44.8	41.8	39.5	42.0
Top (g)	0.04	0.02	0.01	0.02
Central (g)	1.17	1.10	1.03	1.10
Bottom (g)	0.77	0.78	0.86	0.80
Index	7.00	7.00	7.00	7.00
Flowability Index	31	35	35	Bad
Angel Fall (degree)	37.2	37.2	33.1	35.8
Index	16.00	16.00	16.00	16.00
Angel Difference (degree)	9.4	6.9	9.3	8.53
Index	10.00	6.25	9.5	8.58
Dispersibility (%)	1.60	2.50	2.00	2.03
Index	3.00	3.00	3.00	3.00
Floodability Index	37.00	37.25	40.50	May flush



ตารางที่ ค.3 ผลการทดลองด้านสมบัติการไหลของอนุภาคฝุ่น EVA

Sampling Test	1st	2nd	3rd	Average
Angel Repose (degree)	51.7	49.2	50.2	50.36
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Angel Spatula (degree)	66.9	65.3	63.8	65.33
Angel 1 (degree)	76.0	73.1	78.3	75.8
Angel 2 (degree)	66.1	63.0	68.2	65.8
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Aerated Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.246	0.256	0.26	0.254
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.471	0.465	0.485	0.474
Compressibility(%)	47.77	44.94	46.39	46.3
Index	2.00	2.00	2.00	2.00
Cohesiveness(%)	6.7	8.2	8.5	7.8
Top (g)	0.97	0.98	0.97	0.97
Central (g)	0.47	0.46	0.47	0.47
Bottom (g)	0.46	0.46	0.46	0.46
Index	14.00	14.50	14.50	14.3
Flowability Index	38.5	40.5	38.5	Bad
Angel Fall (degree)	18.9	18.4	18.4	18.6
Index	24.00	24.00	24.00	24.00
Angel Difference (degree)	32.8	30.8	31.8	31.8
Index	8.00	8.00	8.00	8.00
Dispersibility (%)	64.8	50.6	67.1	60.83
Index	25.00	25.00	25.00	25.00
Floodability Index	89.00	90.00	89.00	Very High

ตารางที่ ค.4 ผลการทดลองด้านสมบัติการไหลของอนุภาคแก้วลอย

Sampling Test	1st	2nd	3rd	Average
Angel Repose (degree)	47.9	51.2	49.6	49.57
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Angel Spatula (degree)	62.9	69.9	70.0	67.60
Angel 1 (degree)	65.20	72.10	67.80	68.37
Angel 2 (degree)	60.60	67.70	56.20	61.50
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Aerated Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.091	1.058	1.070	1.074
Packed Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.518	1.463	1.376	1.452
Compressibility(%)	28.10	27.60	28.00	27.90
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Cohesiveness(%)	10.10	13.30	10.10	11.17
Top (g)	0.02	0.03	0.03	0.03
Central (g)	0.13	0.15	0.13	0.14
Bottom (g)	0.52	0.78	0.52	0.61
Index	12.00	12.00	12.00	12.00
Flowability Index	48.00	48.00	48.00	Not Good
Angel Fall (degree)	32.80	40.90	32.20	35.30
Index	16.00	14.50	16.00	15.50
Angel Difference (degree)	15.10	10.30	13.40	12.93
Index	15.00	10.00	12.00	12.33
Dispersibility (%)	24.60	15.50	15.70	18.60
Index	16.00	12.00	12.00	13.33
Floodability Index	66.50	56.00	54.50	Tend to flush

ตารางที่ ค.5 ผลการวัดการกระจายของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

size low μm	size high μm	% under			
		1	2	3	avg.
0.05	0.06	0.03	0.04	0.04	0.037
0.06	0.07	0.11	0.11	0.11	0.110
0.07	0.08	0.22	0.22	0.22	0.220
0.08	0.09	0.37	0.38	0.38	0.377
0.09	0.11	0.57	0.59	0.58	0.580
0.11	0.13	0.84	0.86	0.85	0.850
0.13	0.15	1.18	1.21	1.2	1.197
0.15	0.17	1.62	1.66	1.65	1.643
0.17	0.2	2.19	2.24	2.23	2.220
0.2	0.23	2.92	2.99	2.98	2.963
0.23	0.27	3.81	3.91	3.89	3.870
0.27	0.31	4.84	4.98	4.96	4.927
0.31	0.36	6.04	6.21	6.19	6.147
0.36	0.42	7.46	7.68	7.65	7.597
0.42	0.49	9.14	9.41	9.37	9.307
0.49	0.58	11.06	11.39	11.34	11.263
0.58	0.67	13.26	13.67	13.6	13.510
0.67	0.78	15.73	16.22	16.13	16.027
0.78	0.91	18.37	18.95	18.84	18.720
0.91	1.06	21.16	21.82	21.69	21.557
1.06	1.24	24.03	24.79	24.64	24.487
1.24	1.44	26.94	27.8	27.62	27.453
1.44	1.68	29.84	30.8	30.58	30.407
1.68	1.95	32.72	33.76	33.52	33.333
1.95	2.28	35.58	36.72	36.46	36.253
2.28	2.65	38.48	39.72	39.43	39.210
2.65	3.09	41.5	42.84	42.51	42.283
3.09	3.6	44.7	46.16	45.78	45.547
3.6	4.19	48.15	49.71	49.28	49.047
4.19	4.88	51.83	53.52	53.01	52.787
4.88	5.69	55.71	57.51	56.93	56.717
5.69	6.63	59.67	61.59	60.91	60.723

size low μm	size high μm	% under			
		1	2	3	avg.
6.63	7.72	63.58	65.6	64.81	64.663
7.72	9	67.26	69.38	68.47	68.370
9	10.48	70.58	72.78	71.76	71.707
10.48	12.21	73.41	75.68	74.56	74.550
12.21	14.22	75.71	78.03	76.8	76.847
14.22	16.57	77.45	79.8	78.49	78.580
16.57	19.31	78.67	81.04	79.65	79.787
19.31	22.49	79.45	81.84	80.38	80.557
22.49	26.2	79.91	82.29	80.79	80.997
26.2	30.53	80.15	82.52	81.01	81.227
30.53	35.56	80.18	82.63	81.01	81.273
35.56	41.43	80.21	82.64	81.02	81.290
41.43	48.27	80.3	82.64	81.06	81.333
48.27	56.23	80.5	82.73	81.16	81.463
56.23	65.51	81.23	83.21	81.73	82.057
65.51	76.32	82.9	84.51	83.38	83.597
76.32	88.91	85.7	86.98	86.45	86.377
88.91	103.58	89.35	90.41	90.55	90.103
103.58	120.67	93.14	94.02	94.57	93.910
120.67	140.58	96.26	96.93	97.49	96.893
140.58	163.77	98.3	98.72	99.09	98.703
163.77	190.8	99.37	99.58	99.76	99.570
190.8	222.28	99.83	99.9	99.97	99.900
222.28	258.95	99.98	99.99	99.76	99.910
258.95	301.68	100	100	100	100.000
301.68	351.46	100	100	100	100.000
351.46	409.45	100	100	100	100.000
409.45	477.01	100	100	100	100.000
477.01	555.71	100	100	100	100.000
555.71	647.41	100	100	100	100.000
647.41	754.23	100	100	100	100.000
754.23	878.67	100	100	100	100.000

ตารางที่ ค.6 ผลการวัดการกระจายของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว

size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
0.05	0.06	0.03	0.04	0.03	0.033
0.06	0.07	0.08	0.13	0.09	0.100
0.07	0.08	0.17	0.27	0.18	0.206
0.08	0.09	0.31	0.48	0.33	0.373
0.09	0.11	0.51	0.78	0.55	0.613
0.11	0.13	0.81	1.20	0.86	0.957
0.13	0.15	1.26	1.81	1.34	1.470
0.15	0.17	1.97	2.71	2.10	2.260
0.17	0.2	3.11	4.06	3.30	3.490
0.2	0.23	4.93	6.05	5.22	5.400
0.23	0.27	7.61	8.81	8.04	8.153
0.27	0.31	10.95	12.12	11.55	11.540
0.31	0.36	14.38	15.50	15.15	15.010
0.36	0.42	17.60	18.67	18.49	18.253
0.42	0.49	20.76	21.76	21.75	21.423
0.49	0.58	23.96	24.84	25.02	24.606
0.58	0.67	27.00	27.78	28.11	27.630
0.67	0.78	30.08	30.72	31.21	30.670
0.78	0.91	33.18	33.71	34.30	33.730
0.91	1.06	36.40	36.82	37.49	36.903
1.06	1.24	39.74	40.07	40.79	40.200
1.24	1.44	43.16	43.43	44.16	43.583
1.44	1.68	46.59	46.83	47.53	46.983
1.68	1.95	49.93	50.21	50.81	50.316
1.95	2.28	53.18	53.54	53.99	53.570
2.28	2.65	56.31	56.78	57.06	56.717
2.65	3.09	59.37	59.97	60.06	59.800
3.09	3.6	62.40	63.12	63.04	62.853
3.6	4.19	65.46	66.28	66.06	65.933
4.19	4.88	68.59	69.47	69.15	69.070
4.88	5.69	71.81	72.71	72.33	72.283
5.69	6.63	75.06	75.96	75.58	75.543

size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
6.63	7.72	78.37	79.18	78.83	78.793
7.72	9	81.59	82.31	82.02	81.973
9	10.48	84.70	85.32	85.09	85.036
10.48	12.21	87.65	88.18	88.00	87.943
12.21	14.22	90.40	90.84	90.70	90.646
14.22	16.57	92.89	93.24	93.11	93.080
16.57	19.31	95.04	95.32	95.19	95.183
19.31	22.49	96.81	97.03	96.88	96.907
22.49	26.2	98.16	98.33	98.16	98.217
26.2	30.53	99.10	99.23	99.04	99.123
30.53	35.56	99.68	99.79	99.59	99.687
35.56	41.43	99.98	100	99.88	99.953
41.43	48.27	100	100	100	100.000
48.27	56.23	100	100	100	100.000
56.23	65.51	100	100	100	100.000
65.51	76.32	100	100	100	100.000
76.32	88.91	100	100	100	100.000
88.91	103.58	100	100	100	100.000
103.58	120.67	100	100	100	100.000
120.67	140.58	100	100	100	100.000
140.58	163.77	100	100	100	100.000
163.77	190.8	100	100	100	100.000
190.8	222.28	100	100	100	100.000
222.28	258.95	100	100	100	100.000
258.95	301.68	100	100	100	100.000
301.68	351.46	100	100	100	100.000
351.46	409.45	100	100	100	100.000
409.45	477.01	100	100	100	100.000
477.01	555.71	100	100	100	100.000
555.71	647.41	100	100	100	100.000
647.41	754.23	100	100	100	100.000
754.23	878.67	100	100	100	100.000



ตารางที่ ค.7 ผลการวัดการกระจายของอนุภาคฝุ่น EVA

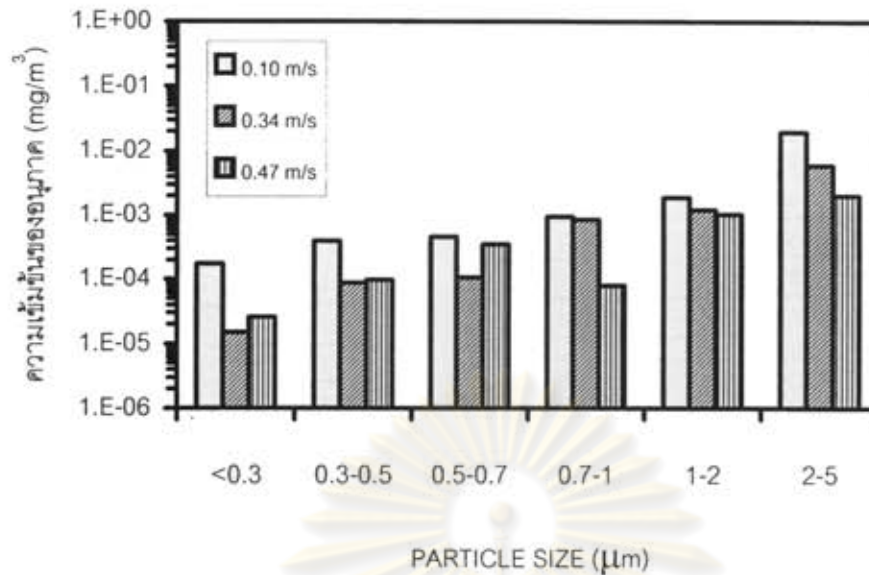
size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
0.05	0.06	0.02	0.01	0.01	0.013
0.06	0.07	0.08	0.02	0.03	0.043
0.07	0.08	0.17	0.06	0.07	0.100
0.08	0.09	0.32	0.14	0.14	0.200
0.09	0.11	0.55	0.27	0.27	0.363
0.11	0.13	0.88	0.5	0.47	0.617
0.13	0.15	1.38	0.88	0.81	1.023
0.15	0.17	2.14	1.55	1.39	1.693
0.17	0.2	3.31	2.72	2.42	2.817
0.2	0.23	5.04	4.68	4.17	4.630
0.23	0.27	7.38	7.53	6.76	7.223
0.27	0.31	9.93	10.69	9.73	10.117
0.31	0.36	12.13	13.23	12.22	12.527
0.36	0.42	13.74	14.86	13.91	14.170
0.42	0.49	14.85	15.83	15	15.227
0.49	0.58	15.54	16.31	15.62	15.823
0.58	0.67	15.86	16.47	15.87	16.067
0.67	0.78	15.97	16.51	15.94	16.140
0.78	0.91	16.07	16.54	16	16.203
0.91	1.06	16.23	16.71	16.18	16.373
1.06	1.24	16.46	16.94	16.42	16.607
1.24	1.44	16.78	17.27	16.76	16.937
1.44	1.68	17.21	17.7	17.21	17.373
1.68	1.95	17.73	18.23	17.75	17.903
1.95	2.28	18.37	18.87	18.41	18.550
2.28	2.65	19.15	19.65	19.21	19.337
2.65	3.09	20.14	20.64	20.22	20.333
3.09	3.6	21.43	21.93	21.53	21.630
3.6	4.19	23.17	23.65	23.28	23.367
4.19	4.88	25.49	25.95	25.61	25.683
4.88	5.69	28.54	28.95	28.65	28.713
5.69	6.63	32.43	32.78	32.53	32.580

size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
6.63	7.72	37.2	37.49	37.27	37.320
7.72	9	42.83	43.03	42.87	42.910
9	10.48	49.23	49.29	49.18	49.233
10.48	12.21	56.26	56.08	55.99	56.110
12.21	14.22	63.8	63.16	63.09	63.350
14.22	16.57	71.13	70.41	70.32	70.620
16.57	19.31	77.82	77.02	76.9	77.247
19.31	22.49	83.56	82.7	82.52	82.927
22.49	26.2	88.17	87.25	87	87.473
26.2	30.53	91.61	90.65	90.33	90.863
30.53	35.56	93.97	92.97	92.61	93.183
35.56	41.43	95.45	94.42	94.03	94.633
41.43	48.27	96.27	95.2	94.83	95.433
48.27	56.23	99.67	95.58	95.25	96.833
56.23	65.51	96.8	95.75	95.51	96.020
65.51	76.32	96.98	95.9	95.78	96.220
76.32	88.91	97.13	96.13	96.15	96.470
88.91	103.58	97.36	96.49	96.65	96.833
103.58	120.67	97.63	97	97.27	97.300
120.67	140.58	97.91	97.59	97.93	97.810
140.58	163.77	98.16	98.21	98.57	98.313
163.77	190.8	98.8	98.78	99.11	98.897
190.8	222.28	99.65	99.25	99.53	99.477
222.28	258.95	99.7	99.6	99.81	99.703
258.95	301.68	99.9	99.84	99.97	99.903
301.68	351.46	100	100	100	100.000
351.46	409.45	100	100	100	100.000
409.45	477.01	100	100	100	100.000
477.01	555.71	100	100	100	100.000
555.71	647.41	100	100	100	100.000
647.41	754.23	100	100	100	100.000
754.23	878.67	100	100	100	100.000

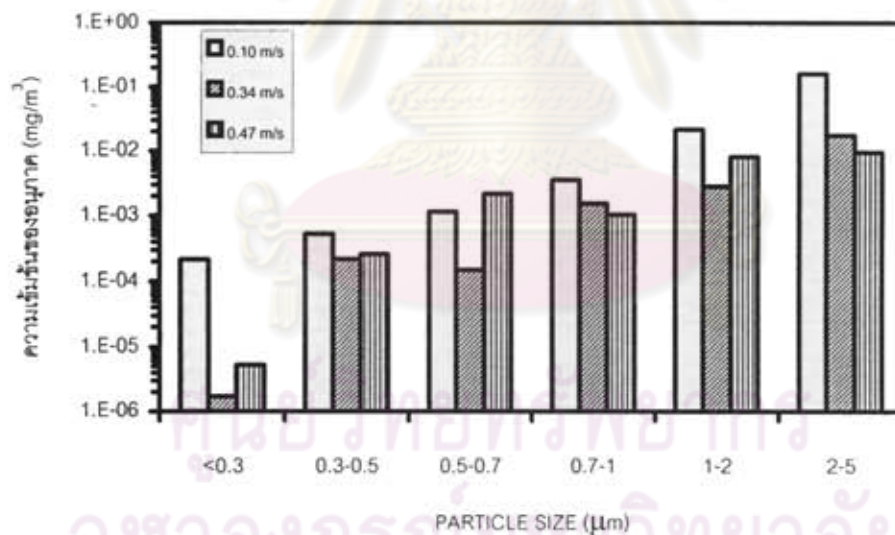
ตารางที่ ค.8 ผลการวัดการกระจายของอนุภาคเถ้าลอย

size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
0.05	0.06	0.03	0.01	0.06	0.033
0.06	0.07	0.09	0.03	0.2	0.107
0.07	0.08	0.2	0.06	0.43	0.230
0.08	0.09	0.37	0.11	0.76	0.413
0.09	0.11	0.61	0.19	1.21	0.670
0.11	0.13	0.94	0.33	1.8	1.023
0.13	0.15	1.41	0.54	2.56	1.503
0.15	0.17	2.06	0.9	3.5	2.153
0.17	0.2	2.97	1.51	4.68	3.053
0.2	0.23	4.23	2.55	6.1	4.293
0.23	0.27	5.83	4.13	7.73	5.897
0.27	0.31	7.6	6.07	9.43	7.700
0.31	0.36	9.28	7.93	11.03	9.413
0.36	0.42	10.71	9.48	12.42	10.870
0.42	0.49	11.94	10.8	13.62	12.120
0.49	0.58	12.98	11.93	14.62	13.177
0.58	0.67	13.77	12.78	15.42	13.990
0.67	0.78	14.4	13.44	16.04	14.627
0.78	0.91	14.93	13.99	16.59	15.170
0.91	1.06	15.41	14.49	17.08	15.660
1.06	1.24	15.86	14.96	17.55	16.123
1.24	1.44	16.38	15.5	18.08	16.653
1.44	1.68	16.93	16.08	18.64	17.217
1.68	1.95	17.53	16.7	19.25	17.827
1.95	2.28	18.22	17.41	19.94	18.523
2.28	2.65	19.02	18.23	20.74	19.330
2.65	3.09	19.98	19.2	21.69	20.290
3.09	3.6	21.12	20.36	22.81	21.430
3.6	4.19	22.47	21.74	24.14	22.783
4.19	4.88	24.05	23.36	25.69	24.367
4.88	5.69	25.86	25.22	27.46	26.180
5.69	6.63	27.88	27.31	29.45	28.213

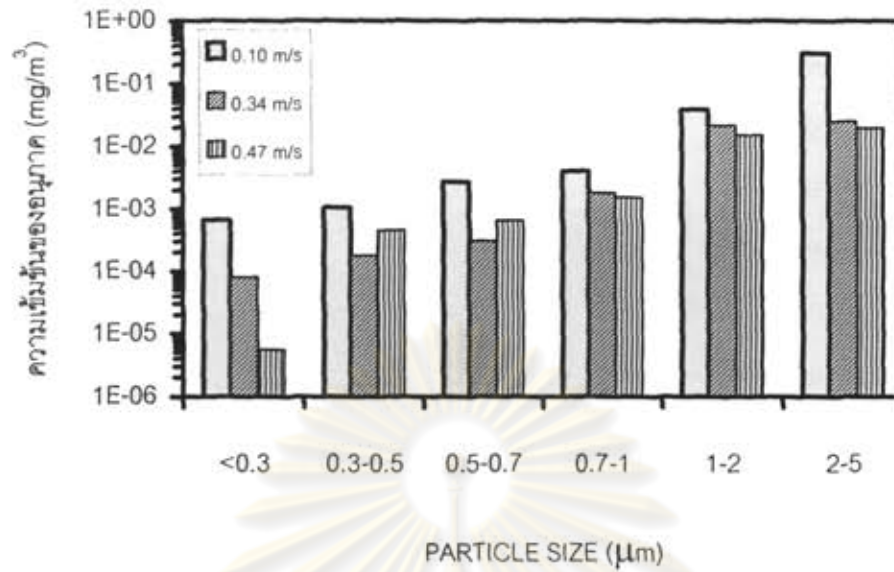
size low $\mu\text{m}$	size high $\mu\text{m}$	% under			
		1	2	3	avg.
6.63	7.72	30.1	29.6	31.62	30.440
7.72	9	32.47	32.04	33.94	32.817
9	10.48	34.97	34.59	36.38	35.313
10.48	12.21	37.55	37.24	38.91	37.900
12.21	14.22	40.19	39.93	41.5	40.540
14.22	16.57	42.85	42.66	44.11	43.207
16.57	19.31	45.52	45.39	46.73	45.880
19.31	22.49	48.2	48.13	49.36	48.563
22.49	26.2	50.86	50.87	51.99	51.240
26.2	30.53	53.53	53.61	54.63	53.923
30.53	35.56	56.22	56.39	57.3	56.637
35.56	41.43	58.96	59.2	60.01	59.390
41.43	48.27	61.79	62.1	62.8	62.230
48.27	56.23	64.74	65.1	65.69	65.177
56.23	65.51	67.84	68.23	68.68	68.250
65.51	76.32	71.11	71.51	71.8	71.473
76.32	88.91	74.57	74.94	75.05	74.853
88.91	103.58	78.16	78.5	78.4	78.353
103.58	120.67	81.78	82.11	81.79	81.893
120.67	140.58	85.31	85.66	85.16	85.377
140.58	163.77	88.62	89.02	88.41	88.683
163.77	190.8	91.62	92.07	91.46	91.717
190.8	222.28	94.22	94.72	94.18	94.373
222.28	258.95	96.37	96.86	96.48	96.570
258.95	301.68	98.02	98.46	98.25	98.243
301.68	351.46	99.18	99.51	99.42	99.370
351.46	409.45	99.84	100	100	99.947
409.45	477.01	100	100	100	100.000
477.01	555.71	100	100	100	100.000
555.71	647.41	100	100	100	100.000
647.41	754.23	100	100	100	100.000
754.23	878.67	100	100	100	100.000



รูปที่ ค.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่าภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร



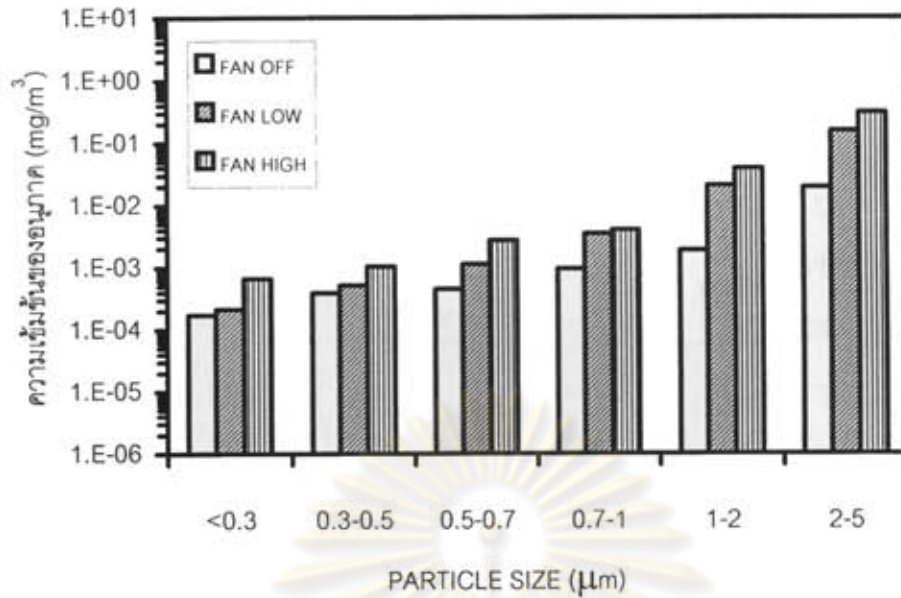
รูปที่ ค.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่าภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร



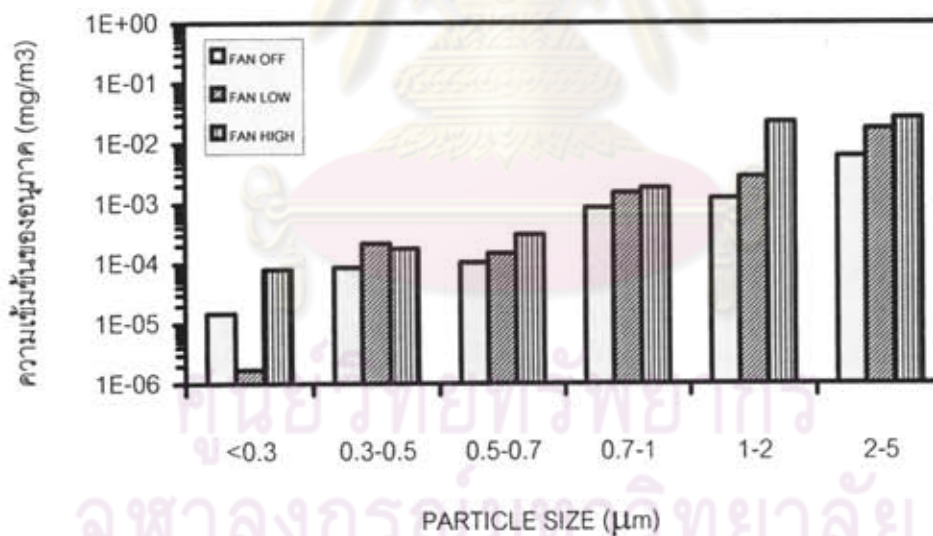
รูปที่ ค.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่าภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงผนัง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

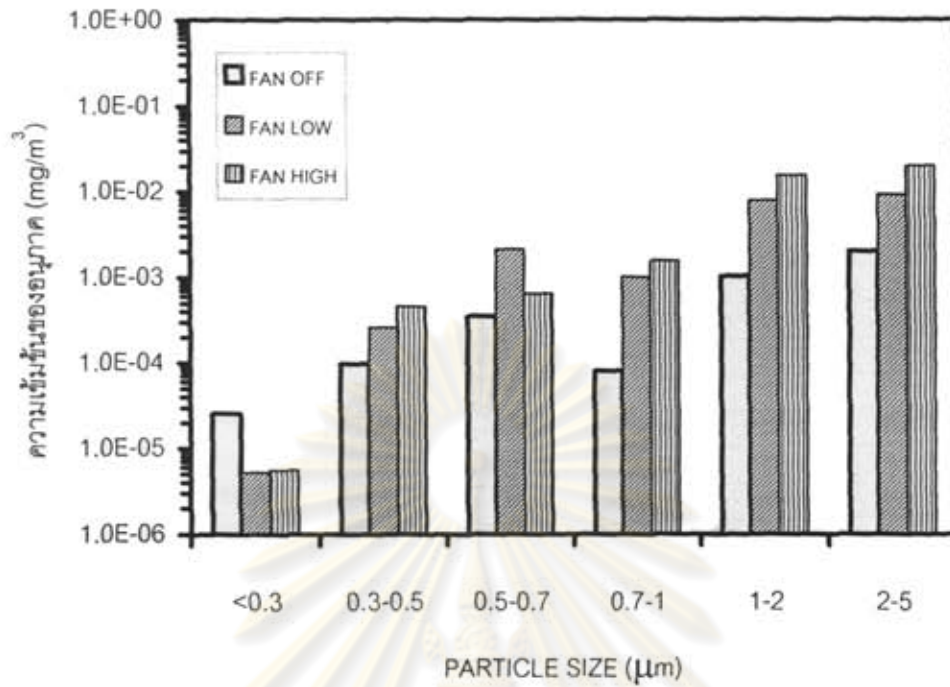




รูปที่ ค.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.10 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร



รูปที่ ค.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.34 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร



รูปที่ ค.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 1

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176048	181999	189891	180806	182186	3.22E-16	8.69E-04
0.3-0.5	16781	17310	18305	17119	17378.75	5.82E-16	1.57E-03
0.5-0.7	2840	2914	3048	2972	2943.5	3.33E-16	8.99E-04
0.7-1	1218	1274	1348	1313	1288.25	4.14E-16	1.12E-03
1-2	574	600	578	611	590.75	1.04E-15	2.82E-03
2-5	111	139	101	124	118.75	2.67E-15	7.20E-03
TOTAL							1.45E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	236070	221862	211647	211015	220148.5	6.71E-17	1.81E-04
0.3-0.5	24986	27881	28655	22058	25895	2.85E-16	7.71E-04
0.5-0.7	2934	2319	2349	2433	2508.75	-4.92E-17	-1.33E-04
0.7-1	2965	2120	2057	2368	2377.5	3.50E-16	9.46E-04
1-2	1596	708	1561	801	1166.5	1.02E-15	2.75E-03
2-5	738	585	743	539	651.25	1.20E-14	3.23E-02
TOTAL							3.68E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	231608	215217	237153	242558	231634	8.74E-17	2.36E-04
0.3-0.5	17566	15598	17921	18146	17307.75	-2.38E-18	-6.42E-06
0.5-0.7	4353	7544	5974	4221	5523	2.92E-16	7.88E-04
0.7-1	3281	2065	1928	2087	2310.25	3.38E-16	9.13E-04
1-2	834	704	960	682	795	3.61E-16	9.75E-04
2-5	353	229	390	343	328.75	4.71E-15	1.27E-02
TOTAL							1.56E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	216137	129360	232798	235452	203436.8	3.76E-17	1.01E-04
0.3-0.5	22498	21481	21895	22293	22041.75	1.56E-16	4.22E-04
0.5-0.7	7453	4439	5114	4081	5271.75	2.63E-16	7.11E-04
0.7-1	3372	2423	2003	2080	2469.5	3.80E-16	1.03E-03
1-2	1119	1118	851	960	1012	7.44E-16	2.01E-03
2-5	369	397	352	310	357	5.35E-15	1.44E-02
TOTAL							1.87E-02

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 2

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAG E	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	258897	265042	236502	217431	244468	4.32E-16	1.17E-03
0.3-0.5	52443	55428	54011	55225	54276.75	1.82E-15	4.91E-03
0.5-0.7	10709	11400	11370	11560	11259.75	1.27E-15	3.44E-03
0.7-1	3854	3959	4385	4437	4158.75	1.34E-15	3.61E-03
1-2	679	964	569	1305	879.25	1.55E-15	4.20E-03
2-5	191	199	114	124	157	3.52E-15	9.52E-03
	TOTAL						2.68E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	305696	316111	282937	265070	292453.5	8.48E-17	2.29E-04
0.3-0.5	67371	68449	61778	64927	65631.25	3.80E-16	1.03E-03
0.5-0.7	16872	16650	16527	18363	17103	6.61E-16	1.78E-03
0.7-1	8521	8015	9597	12141	9568.5	1.74E-15	4.70E-03
1-2	5124	4119	7121	9017	6345.25	9.66E-15	2.61E-02
2-5	2023	2437	3366	4860	3171.5	6.77E-14	1.83E-01
	TOTAL						2.17E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	303013	312360	269632	269045	288512.5	7.78E-17	2.10E-04
0.3-0.5	65226	60293	59671	57352	60635.5	2.13E-16	5.75E-04
0.5-0.7	16204	13790	15942	15085	15255.25	4.52E-16	1.22E-03
0.7-1	8581	6065	10102	9478	8556.5	1.41E-15	3.82E-03
1-2	5435	2537	7809	7259	5760	8.62E-15	2.33E-02
2-5	2268	2761	3953	3841	3205.75	6.84E-14	1.85E-01
	TOTAL						2.14E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	282967	305742	279737	282122	287642	7.63E-17	2.06E-04
0.3-0.5	53881	54250	53324	54084	53884.75	-1.31E-17	-3.55E-05
0.5-0.7	12804	11950	12641	13149	12636	1.56E-16	4.20E-04
0.7-1	6828	4965	7063	7184	6510	7.56E-16	2.04E-03
1-2	4224	1970	4532	4582	3827	5.21E-15	1.41E-02
2-5	2000	1417	2175	2164	1939	4.00E-14	1.08E-01
	TOTAL						1.25E-01



REPEAT EXPERIMENTAL DATA 3

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100% , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	163360	196801	173182	180632	178493.8	3.15E-16	8.52E-04
0.3-0.5	35722	42166	35277	37466	37657.75	1.26E-15	3.41E-03
0.5-0.7	3479	3037	3501	3853	3467.5	3.92E-16	1.06E-03
0.7-1	2624	2974	2358	2516	2618	8.42E-16	2.27E-03
1-2	764	835	622	683	726	1.28E-15	3.46E-03
2-5	122	110	113	102	111.75	2.51E-15	6.77E-03
TOTAL							1.78E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	346340	334688	332774	335767	337392.3	2.81E-16	7.58E-04
0.3-0.5	49011	53742	49000	47319	49768	4.06E-16	1.10E-03
0.5-0.7	11747	11186	11890	10718	11385.25	8.95E-16	2.42E-03
0.7-1	7223	4131	7453	5743	6137.5	1.13E-15	3.06E-03
1-2	7249	8125	9950	9795	8779.75	1.42E-14	3.84E-02
2-5	5059	4880	5721	7084	5686	1.25E-13	3.38E-01
TOTAL							3.84E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	325581	308664	315689	330654	320147	2.50E-16	6.76E-04
0.3-0.5	46730	44153	48345	51870	47774.5	3.39E-16	9.15E-04
0.5-0.7	10947	15112	11305	15092	13114	1.09E-15	2.95E-03
0.7-1	6217	3825	6994	12187	7305.75	1.51E-15	4.07E-03
1-2	8591	7568	8375	10532	8766.5	1.42E-14	3.84E-02
2-5	5326	5405	6765	5959	5863.75	1.29E-13	3.49E-01
TOTAL							3.96E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	304165	310169	283155	288077	296391.5	2.08E-16	5.63E-04
0.3-0.5	49302	54562	48000	49432	50324	4.24E-16	1.15E-03
0.5-0.7	11909	15800	11312	12928	12987.25	1.08E-15	2.91E-03
0.7-1	6895	11466	6285	9539	8546.25	1.91E-15	5.15E-03
1-2	8675	8408	10988	9770	9460.25	1.54E-14	4.17E-02
2-5	4439	3654	4287	3873	4063.25	8.87E-14	2.40E-01
TOTAL							2.91E-01

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 4

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.34 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	252043	216322	224472	202165	223750.5	3.95E-16	1.07E-03
0.3-0.5	24506	24584	23897	27150	25034.25	8.39E-16	2.27E-03
0.5-0.7	4799	4207	4928	4424	4589.5	5.19E-16	1.40E-03
0.7-1	2643	2245	2598	2623	2527.25	8.13E-16	2.19E-03
1-2	1115	932	1102	961	1027.5	1.82E-15	4.90E-03
2-5	143	139	137	70	122.25	2.74E-15	7.41E-03
TOTAL							1.92E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	257598	255430	264785	83569	215345.5	-1.49E-17	-4.01E-05
0.3-0.5	24529	27875	24661	26300	25841.25	2.70E-17	7.30E-05
0.5-0.7	5386	5684	5124	4454	5162	6.47E-17	1.75E-04
0.7-1	2400	3899	3347	2979	3156.25	2.02E-16	5.46E-04
1-2	1439	1335	1396	680	1212.5	3.27E-16	8.83E-04
2-5	169	221	198	364	238	2.60E-15	7.02E-03
TOTAL							8.65E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	227230	243443	284899	204637	240052.3	2.88E-17	7.78E-05
0.3-0.5	23909	25687	27850	26843	26072.25	3.48E-17	9.39E-05
0.5-0.7	5391	5525	5057	4343	5079	5.54E-17	1.49E-04
0.7-1	2724	2443	2018	2673	2464.5	-2.02E-17	-5.45E-05
1-2	1527	1347	1449	1238	1390.25	6.41E-16	1.73E-03
2-5	198	231	197	185	202.75	1.81E-15	4.88E-03
TOTAL							6.88E-03
45 min							
	1	5	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	204662	238445	260342	197422	225217.8	2.59E-18	7.00E-06
0.3-0.5	25502	26096	24074	28656	26082	3.51E-17	9.48E-05
0.5-0.7	3929	4581	4351	5389	4562.5	-3.05E-18	-8.24E-06
0.7-1	5034	5190	5611	3895	4932.5	7.73E-16	2.09E-03
1-2	1010	1050	1477	1472	1252.25	3.97E-16	1.07E-03
2-5	215	204	203	291	228.25	2.38E-15	6.42E-03
TOTAL							9.68E-03

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 5

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.34 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	225671	225685	244302	215843	227875.3	4.03E-16	1.09E-03
0.3-0.5	18918	26098	21181	24839	22759	7.63E-16	2.06E-03
0.5-0.7	4180	5678	4580	4503	4735.25	5.36E-16	1.45E-03
0.7-1	2386	2530	3768	2418	2775.5	8.92E-16	2.41E-03
1-2	1065	1439	1273	1182	1239.75	2.19E-15	5.92E-03
2-5	99	130	179	818	306.5	6.88E-15	1.86E-02
TOTAL							3.15E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	208147	239957	238235	229294	228908.3	1.83E-18	4.93E-06
0.3-0.5	26370	23415	27627	23987	25349.75	8.68E-17	2.34E-04
0.5-0.7	3396	4972	3860	9120	5337	6.81E-17	1.84E-04
0.7-1	4895	5665	4270	6526	5339	8.24E-16	2.23E-03
1-2	1751	1946	1842	2319	1964.5	1.28E-15	3.46E-03
2-5	88	102	64	1511	441.25	3.03E-15	8.17E-03
TOTAL							1.43E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	213043	198049	219780	289585	230114.3	3.96E-18	1.07E-05
0.3-0.5	25581	27919	27863	22234	25899.25	1.05E-16	2.84E-04
0.5-0.7	3188	4367	3919	8894	5092	4.03E-17	1.09E-04
0.7-1	4809	5789	4087	5634	5079.75	7.41E-16	2.00E-03
1-2	1689	1097	1861	1810	1614.25	6.62E-16	1.79E-03
2-5	101	132	103	731	266.75	-8.92E-16	-2.41E-03
TOTAL							1.78E-03
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	244357	207174	243311	207876	225679.5	-3.88E-18	-1.05E-05
0.3-0.5	26759	24626	22789	22846	24255	5.01E-17	1.35E-04
0.5-0.7	3532	5397	3683	8335	5236.75	5.67E-17	1.53E-04
0.7-1	3025	2935	2196	4407	3140.75	1.17E-16	3.17E-04
1-2	1796	1159	1909	2738	1900.5	1.17E-15	3.15E-03
2-5	110	145	113	3897	1066.25	1.71E-14	4.61E-02
TOTAL							4.98E-02

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 6

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.34 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	203543	243634	240344	231781	229825.5	4.06E-16	1.10E-03
0.3-0.5	17894	22355	21836	18543	20157	6.75E-16	1.82E-03
0.5-0.7	3733	2461	4053	4515	3690.5	4.17E-16	1.13E-03
0.7-1	3814	3721	3838	3030	3600.75	1.16E-15	3.13E-03
1-2	1076	1041	1188	1093	1099.5	1.94E-15	5.25E-03
2-5	696	475	621	565	589.25	1.32E-14	3.57E-02
TOTAL							4.81E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	281955	265431	279499	213960	260211.3	5.37E-17	1.45E-04
0.3-0.5	22550	22381	22729	24172	22958	9.39E-17	2.53E-04
0.5-0.7	5373	4730	5586	4673	5090.5	1.58E-16	4.28E-04
0.7-1	5341	6605	7461	4167	5893.5	7.37E-16	1.99E-03
1-2	4521	8679	8726	4042	6492	9.53E-15	2.57E-02
2-5	666	985	873	2324	1212	1.40E-14	3.77E-02
TOTAL							6.63E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	229014	316722	184281	159329	222336.5	-1.32E-17	-3.57E-05
0.3-0.5	22203	21436	22325	23716	22420	7.58E-17	2.05E-04
0.5-0.7	4974	4047	2344	5702	4266.75	6.52E-17	1.76E-04
0.7-1	5367	6079	4266	5924	5409	5.81E-16	1.57E-03
1-2	4242	9754	8589	4484	6767.25	1.00E-14	2.70E-02
2-5	805	991	792	1029	904.25	7.07E-15	1.91E-02
TOTAL							4.81E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	302709	366116	187195	173351	257342.8	4.86E-17	1.31E-04
0.3-0.5	19120	20618	22141	22160	21009.75	2.86E-17	7.72E-05
0.5-0.7	3904	5094	2493	7418	4727.25	1.17E-16	3.17E-04
0.7-1	4117	5415	6384	7410	5831.5	7.17E-16	1.94E-03
1-2	2803	4293	4937	4167	4050	5.21E-15	1.41E-02
2-5	918	754	868	1180	930	7.65E-15	2.07E-02
TOTAL							3.72E-02



REPEAT EXPERIMENTAL DATA 7

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=2189 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	225370	233505	212751	187250	214719	3.79E-16	1.02E-03
0.3-0.5	35404	29899	31527	32510	32335	1.08E-15	2.93E-03
0.5-0.7	7300	7105	8031	7696	7533	8.52E-16	2.30E-03
0.7-1	3941	2862	6173	3213	4047.25	1.30E-15	3.51E-03
1-2	2462	2583	4970	1740	2938.75	5.19E-15	1.40E-02
2-5	608	345	1447	451	712.75	1.60E-14	4.32E-02
	TOTAL						6.70E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	223393	192692	215926	212983	211248.5	-6.13E-18	-1.66E-05
0.3-0.5	31913	35704	35530	31273	33605	4.26E-17	1.15E-04
0.5-0.7	9376	9227	10303	12818	10431	3.28E-16	8.85E-04
0.7-1	4057	3983	3895	4621	4139	2.95E-17	7.97E-05
1-2	3639	3726	3890	4526	3945.25	1.78E-15	4.80E-03
2-5	267	622	713	1537	784.75	1.62E-15	4.36E-03
	TOTAL						1.02E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	221594	222288	231716	228227	225956.3	1.99E-17	5.36E-05
0.3-0.5	35900	27892	28563	39272	32906.75	1.92E-17	5.17E-05
0.5-0.7	9770	5947	5428	9928	7768.25	2.66E-17	7.18E-05
0.7-1	3803	3847	3083	5254	3996.75	-1.62E-17	-4.38E-05
1-2	3012	2260	2298	3245	2703.75	-4.15E-16	-1.12E-03
2-5	498	556	1300	549	725.75	2.92E-16	7.88E-04
	TOTAL						-2.00E-04

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	227254	218400	220536	226254	223111	1.48E-17	4.00E-05
0.3-0.5	32095	34137	33329	35270	33707.75	4.60E-17	1.24E-04
0.5-0.7	7534	6764	8797	8298	7848.25	3.57E-17	9.63E-05
0.7-1	4957	4014	5033	3129	4283.25	7.59E-17	2.05E-04
1-2	2330	2483	3982	2496	2822.75	-2.05E-16	-5.53E-04
2-5	767	780	720	649	729	3.65E-16	9.85E-04
	TOTAL						8.97E-04

REPEAT EXPERIMENTAL DATA B

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100% , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

 $\Delta P=2189$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	216151	205146	206944	207046	208821.8	3.69E-16	9.96E-04
0.3-0.5	13269	14464	12666	12595	13248.5	4.44E-16	1.20E-03
0.5-0.7	3107	3621	2955	3029	3178	3.59E-16	9.70E-04
0.7-1	2254	2266	2360	2238	2279.5	7.33E-16	1.98E-03
1-2	1013	1406	903	919	1060.25	1.87E-15	5.06E-03
2-5	224	372	211	203	252.5	5.67E-15	1.53E-02
	TOTAL						2.55E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	210877	210867	228500	204432	213669	8.57E-18	2.31E-05
0.3-0.5	18177	10494	18575	23033	17569.75	1.45E-16	3.91E-04
0.5-0.7	10148	15623	8921	5917	10152.25	7.89E-16	2.13E-03
0.7-1	3990	3340	3090	3651	3517.75	3.98E-16	1.08E-03
1-2	2591	3719	2039	1288	2409.25	2.38E-15	6.44E-03
2-5	324	366	295	281	316.5	1.44E-15	3.88E-03
	TOTAL						1.39E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	208571	202551	206530	222891	210135.8	2.32E-18	6.27E-06
0.3-0.5	11039	11998	12965	22058	14515	4.24E-17	1.15E-04
0.5-0.7	5679	17661	12096	6287	10430.75	8.20E-16	2.21E-03
0.7-1	3507	3075	4492	4246	3830	4.99E-16	1.35E-03
1-2	1314	3154	3528	1639	2408.75	2.38E-15	6.43E-03
2-5	288	378	448	331	361.25	2.44E-15	6.59E-03
	TOTAL						1.67E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	211254	202746	209242	200613	205963.8	-5.05E-18	-1.36E-05
0.3-0.5	19172	14297	12570	19345	16346	1.04E-16	2.80E-04
0.5-0.7	5689	12913	6341	15598	10135.25	7.87E-16	2.12E-03
0.7-1	2119	2174	4117	3739	3037.25	2.44E-16	6.58E-04
1-2	4564	3299	1394	4193	3362.5	4.07E-15	1.10E-02
2-5	326	1293	275	272	541.5	6.49E-15	1.75E-02
	TOTAL						3.16E-02

REPEAT EXPERIMENTAL DATA 9

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=2189 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	175580	166876	169643	169324	170355.8	3.01E-16	8.13E-04
0.3-0.5	11827	11091	11351	12222	11622.75	3.89E-16	1.05E-03
0.5-0.7	2538	2425	2408	2550	2480.25	2.81E-16	7.57E-04
0.7-1	1209	1182	1250	1315	1239	3.98E-16	1.08E-03
1-2	454	518	520	528	505	8.92E-16	2.41E-03
2-5	67	96	87	82	83	1.86E-15	5.03E-03
TOTAL							1.11E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	189093	157931	162968	161833	167956.3	-4.2E-18	-1.1E-05
0.3-0.5	27514	14326	14181	20663	19171	2.5E-16	6.8E-04
0.5-0.7	10610	3293	3258	7077	6059.5	4.0E-16	1.1E-03
0.7-1	8735	1833	1688	5679	4483.75	1.0E-15	2.8E-03
1-2	3538	3717	4737	3551	3885.75	6.0E-15	1.6E-02
2-5	384	309	469	685	461.75	8.5E-15	2.3E-02
TOTAL							4.37E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176378	175245	175895	178674	176548	1.09E-17	2.95E-05
0.3-0.5	19473	16301	16395	15823	16998	1.80E-16	4.86E-04
0.5-0.7	5815	3991	3724	3565	4273.75	2.03E-16	5.48E-04
0.7-1	3971	2246	1927	2021	2541.25	4.19E-16	1.13E-03
1-2	4309	4835	3814	3150	4027	6.22E-15	1.68E-02
2-5	347	318	445	509	404.75	7.22E-15	1.95E-02
TOTAL							3.85E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	160827	168294	172198	178950	170067.3	-5.10E-19	-1.38E-06
0.3-0.5	13962	13664	14811	13227	13916	7.68E-17	2.07E-04
0.5-0.7	3522	3665	3975	3170	3583	1.25E-16	3.37E-04
0.7-1	2076	2227	2469	1762	2133.5	2.88E-16	7.77E-04
1-2	3787	2942	3023	3971	3430.75	5.17E-15	1.40E-02
2-5	321	345	385	492	385.75	6.80E-15	1.84E-02
TOTAL							3.36E-02

REPEAT EXPERIMENTAL DATA OF 1-3

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

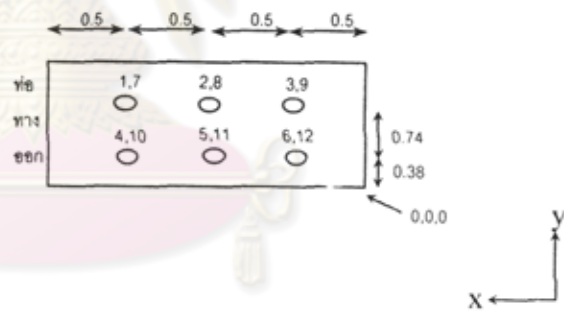
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	POINT	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.07	0.10	0.12	0.10	0.10
	2	0.08	0.07	0.10	0.08	
	3	0.08	0.08	0.10	0.09	
	4	0.13	0.11	0.12	0.12	
	5	0.11	0.12	0.12	0.12	
	6	0.13	0.11	0.11	0.12	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.11	0.09	0.11	0.10	0.14
	8	0.13	0.14	0.11	0.13	
	9	0.15	0.16	0.11	0.14	
	10	0.15	0.12	0.13	0.13	
	11	0.14	0.15	0.13	0.14	
	12	0.16	0.17	0.18	0.17	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m) 0.10 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5





REPEAT EXPERIMENTAL DATA OF 4-6

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.34 m/sec

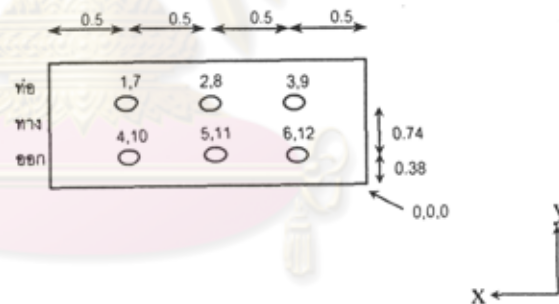
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะกั่วรอง	1	0.32	0.33	0.35	0.33	0.34
	2	0.32	0.36	0.35	0.34	
	3	0.32	0.34	0.32	0.33	
	4	0.34	0.31	0.38	0.34	
	5	0.35	0.33	0.35	0.34	
	6	0.32	0.39	0.35	0.35	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.38	0.37	0.42	0.39	0.36
	8	0.35	0.33	0.32	0.33	
	9	0.38	0.37	0.35	0.37	
	10	0.33	0.38	0.33	0.35	
	11	0.39	0.33	0.35	0.36	
	12	0.32	0.42	0.36	0.37	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง(0.5 m) 0.34 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



REPEAT EXPERIMENTAL DATA OF 7-9

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

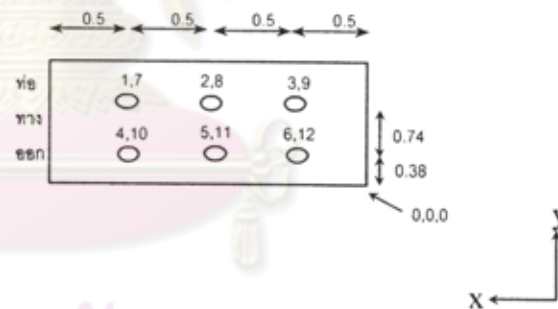
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m	1	0.41	0.38	0.47	0.42	0.47
	2	0.41	0.43	0.39	0.41	
	3	0.38	0.43	0.48	0.43	
	4	0.49	0.55	0.53	0.52	
	5	0.52	0.51	0.53	0.52	
	6	0.5	0.58	0.54	0.54	
1.5 m	7	0.50	0.45	0.42	0.46	0.48
	8	0.31	0.41	0.31	0.34	
	9	0.43	0.44	0.35	0.41	
	10	0.55	0.57	0.52	0.55	
	11	0.55	0.53	0.59	0.56	
	12	0.54	0.57	0.58	0.56	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.47 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## EXPERIMENTAL DATA 1

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % . HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER, FAN OFF

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  . Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	156835	161691	149665	159441	156908	2.77E-16	7.49E-04
0.3-0.5	13801	13972	12924	13903	13650	4.57E-16	1.24E-03
0.5-0.7	2869	2739	2445	2793	2711.5	3.07E-16	8.28E-04
0.7-1	1520	1236	1163	1424	1335.75	4.30E-16	1.16E-03
1-2	737	478	487	650	588	1.04E-15	2.81E-03
2-5	187	106	121	148	140.5	3.15E-15	8.52E-03
TOTAL							1.53E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	166617	156591	160484	158662	160588.5	6.50E-18	1.76E-05
0.3-0.5	14587	12941	14913	13878	14079.75	1.44E-17	3.89E-05
0.5-0.7	2949	2725	3438	2845	2989.25	3.14E-17	8.48E-05
0.7-1	1570	1210	2210	1456	1611.5	8.87E-17	2.39E-04
1-2	936	517	1846	782	1020.25	7.64E-16	2.06E-03
2-5	370	130	822	325	411.75	6.09E-15	1.64E-02
TOTAL							1.89E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	182424	211378	175108	194671	190895.25	6.01E-17	1.62E-04
0.3-0.5	18629	29128	17995	22826	22144.5	2.85E-16	7.69E-04
0.5-0.7	3923	8056	4370	5364	5428.25	3.07E-16	8.30E-04
0.7-1	1785	4578	2699	2991	3013.25	5.39E-16	1.46E-03
1-2	775	1306	1898	1654	1408.25	1.45E-15	3.91E-03
2-5	108	175	757	824	466	7.31E-15	1.97E-02
TOTAL							2.69E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	199004	187854	182298	212309	195366.25	6.80E-17	1.83E-04
0.3-0.5	20337	19550	19516	24623	21006.5	2.47E-16	6.66E-04
0.5-0.7	4539	4941	4313	6211	5001	2.59E-16	6.99E-04
0.7-1	2421	3311	2112	4327	3042.75	5.49E-16	1.48E-03
1-2	1147	2772	961	3603	2120.75	2.71E-15	7.31E-03
2-5	213	1393	232	1580	854.5	1.60E-14	4.33E-02
TOTAL							5.36E-02

## EXPERIMENTAL DATA 2

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 %      HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER      FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=88$  mmH<sub>2</sub>O    Q sampling 7 LPM

BEFORE								
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)	
	(PARTICLE /LITER)							
<0.3	213151	201165	193025	210847	204547	3.61E-16	9.76E-04	
0.3-0.5	21248	21106	23745	23059	22289.5	7.47E-16	2.02E-03	
0.5-0.7	4479	4947	7050	5567	5510.75	6.23E-16	1.68E-03	
0.7-1	2201	3055	5783	3810	3712.25	1.19E-15	3.22E-03	
1-2	1049	2186	5182	2826	2810.75	4.97E-15	1.34E-02	
2-5	266	716	2029	1066	1019.25	2.29E-14	6.18E-02	
	TOTAL							8.31E-02
15 min								
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	
	(PARTICLE /LITER)							
<0.3	288038	230605	240194	250249	252271.5	8.43E-17	2.28E-04	
0.3-0.5	33411	32757	35146	33365	33669.75	3.81E-16	1.03E-03	
0.5-0.7	12532	10162	16729	14883	13576.5	9.12E-16	2.46E-03	
0.7-1	12805	7330	20862	17611	14652	3.52E-15	9.50E-03	
1-2	11743	4124	18387	14263	12129.25	1.65E-14	4.45E-02	
2-5	6602	1317	14085	15057	9265.25	1.85E-13	5.00E-01	
	TOTAL							5.57E-01
30 min								
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	
	(PARTICLE /LITER)							
<0.3	262254	210014	246677	223198	235535.8	5.48E-17	1.48E-04	
0.3-0.5	27900	28194	29907	25885	27971.5	1.90E-16	5.14E-04	
0.5-0.7	9856	6208	12409	8292	9191.25	4.16E-16	1.12E-03	
0.7-1	10846	4248	14977	7761	9458	1.85E-15	4.99E-03	
1-2	11464	3432	15293	7620	9452.25	1.17E-14	3.17E-02	
2-5	7068	1553	9626	3801	5512	1.01E-13	2.72E-01	
	TOTAL							3.11E-01
45 min								
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	
	(PARTICLE /LITER)							
<0.3	272474	291904	246190	240951	262879.8	1.03E-16	2.78E-04	
0.3-0.5	29402	29713	29106	29157	29344.5	2.36E-16	6.38E-04	
0.5-0.7	10675	9470	8326	12007	10119.5	5.21E-16	1.41E-03	
0.7-1	11706	8864	9425	8782	9694.25	1.92E-15	5.19E-03	
1-2	13529	8354	10490	12439	11203	1.48E-14	4.00E-02	
2-5	6561	8120	6734	7599	7253.5	1.40E-13	3.78E-01	
	TOTAL							4.25E-01



## EXPERIMENTAL DATA 3

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	178527	174597	175662	179211	176999.3	3.13E-16	8.45E-04
0.3-0.5	20506	20258	20588	20573	20481.25	6.86E-16	1.85E-03
0.5-0.7	4740	4892	5391	5158	5045.25	5.71E-16	1.54E-03
0.7-1	2466	2854	3657	3108	3021.25	9.71E-16	2.62E-03
1-2	1247	1849	2726	1744	1891.5	3.34E-15	9.02E-03
2-5	282	508	666	379	458.75	1.03E-14	2.78E-02
TOTAL							4.37E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	391465	382971	393168	382301	387476.3	3.72E-16	1.00E-03
0.3-0.5	42523	43879	45937	45416	44438.75	8.03E-16	2.17E-03
0.5-0.7	10030	9855	14487	16425	12699.25	8.66E-16	2.34E-03
0.7-1	7643	7681	16127	20766	13054.25	3.23E-15	8.71E-03
1-2	6574	6239	14330	19003	11536.5	1.70E-14	4.60E-02
2-5	2714	2459	7667	12260	6275	1.31E-13	3.53E-01
TOTAL							4.13E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	306654	321949	329063	329261	321731.8	2.56E-16	6.91E-04
0.3-0.5	39949	39234	41000	39209	39848	6.49E-16	1.75E-03
0.5-0.7	11283	14006	14071	18149	14377.25	1.06E-15	2.85E-03
0.7-1	12398	12082	15542	24942	16241	4.25E-15	1.15E-02
1-2	11347	8182	13884	22264	13919.25	2.13E-14	5.74E-02
2-5	6222	3066	7445	20604	9334.25	1.99E-13	5.38E-01
TOTAL							6.12E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	351877	341799	377354	359137	357541.8	3.19E-16	8.61E-04
0.3-0.5	59709	58666	59258	48519	56538	1.21E-15	3.26E-03
0.5-0.7	20324	24206	8629	14662	16955.25	1.35E-15	3.64E-03
0.7-1	23668	31501	7395	18300	20216	5.53E-15	1.49E-02
1-2	20202	27219	6289	17723	17858.25	2.82E-14	7.62E-02
2-5	10065	16034	2677	11821	10149.25	2.18E-13	5.87E-01
TOTAL							6.86E-01

## EXPERIMENTAL DATA 4

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.36 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN OFF

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	99138	98043	97438	102165	99196	1.75E-16	4.73E-04
0.3-0.5	6615	6671	6630	7150	6766.5	2.27E-16	6.12E-04
0.5-0.7	1256	1263	1338	1424	1320.25	1.49E-16	4.03E-04
0.7-1	703	579	607	623	628	2.02E-16	5.45E-04
1-2	651	235	263	261	352.5	6.23E-16	1.68E-03
2-5	306	62	66	70	126	2.83E-15	7.64E-03
	TOTAL						1.14E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	109724	101537	107372	83569	100550.5	2.39E-18	6.46E-06
0.3-0.5	6895	6056	6859	7300	6777.5	3.69E-19	9.95E-07
0.5-0.7	1642	1456	1359	1445	1475.5	1.76E-17	4.74E-05
0.7-1	662	895	809	979	836.25	6.70E-17	1.81E-04
1-2	395	357	494	680	481.5	2.28E-16	6.15E-04
2-5	356	462	326	364	377	5.63E-15	1.52E-02
	TOTAL						1.61E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	103831	102775	104434	101906	103236.5	7.14E-18	1.93E-05
0.3-0.5	4887	7080	7666	7499	6783	5.53E-19	1.49E-06
0.5-0.7	1456	1563	1689	1986	1673.5	4.00E-17	1.08E-04
0.7-1	698	623	689	685	673.75	1.47E-17	3.97E-05
1-2	456	422	459	430	441.75	1.58E-16	4.26E-04
2-5	548	687	489	685	602.25	1.07E-14	2.89E-02
	TOTAL						2.95E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	84852	104054	111021	97422	99337.25	2.50E-19	6.74E-07
0.3-0.5	5146	5127	8206	8656	6783.75	5.78E-19	1.56E-06
0.5-0.7	1569	1489	1568	1489	1528.75	2.36E-17	6.37E-05
0.7-1	769	676	789	895	782.25	4.96E-17	1.34E-04
1-2	546	437	410	427	466.25	2.01E-16	5.43E-04
2-5	365	389	266	290	327.5	4.52E-15	1.22E-02
	TOTAL						1.30E-02

## EXPERIMENTAL DATA 5

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.36 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	211273	220659	218329	219459	217430	3.84E-16	1.04E-03
0.3-0.5	21258	22719	23094	24863	22983.5	7.70E-16	2.08E-03
0.5-0.7	5263	5641	5661	6503	5767	6.52E-16	1.76E-03
0.7-1	3169	3385	3477	4418	361225	1.16E-15	3.14E-03
1-2	1837	1876	2018	2982	2178.25	3.85E-15	1.04E-02
2-5	445	399	475	818	534.25	1.20E-14	3.24E-02
	TOTAL						5.08E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	196411	205372	227740	229294	214704.3	-4.82E-18	-1.30E-05
0.3-0.5	21208	20046	19744	20987	20496.25	-8.33E-17	-2.25E-04
0.5-0.7	6286	4446	4443	9120	6073.75	3.47E-17	9.37E-05
0.7-1	4142	2480	2368	3526	3129	-1.55E-16	-4.20E-04
1-2	4071	1939	1474	3319	2700.75	9.23E-16	2.49E-03
2-5	1941	790	488	1511	1182.5	1.46E-14	3.93E-02
	TOTAL						4.12E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	204719	205826	219868	289585	229999.5	2.22E-17	6.00E-05
0.3-0.5	22303	23566	20795	22680	22336	-2.17E-17	-5.86E-05
0.5-0.7	5936	6312	4401	8894	6385.75	7.00E-17	1.89E-04
0.7-1	4503	5211	2367	2634	3678.75	2.14E-17	5.77E-05
1-2	4163	5008	1370	1810	3087.75	1.61E-15	4.34E-03
2-5	1839	2571	453	731	1398.5	1.94E-14	5.24E-02
	TOTAL						5.70E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	252124	234908	222333	207876	229310.3	2.10E-17	5.67E-05
0.3-0.5	25829	28940	25842	27846	27114.25	1.38E-16	3.74E-04
0.5-0.7	5938	8262	8275	8335	7702.5	2.19E-16	5.91E-04
0.7-1	3311	6264	5210	7407	5548	6.22E-16	1.68E-03
1-2	1708	5018	3310	6738	4193.5	3.56E-15	9.62E-03
2-5	506	2095	846	3897	1836	2.92E-14	7.89E-02
	TOTAL						9.12E-02



## EXPERIMENTAL DATA 6

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.36 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 %      HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER      FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	102626	85866	94541	91781	93703.5	1.66E-16	4.47E-04
0.3-0.5	14467	7123	8193	6797	9145	3.06E-16	8.27E-04
0.5-0.7	5794	1939	2366	1515	2903.5	3.28E-16	8.87E-04
0.7-1	5455	1330	1857	1030	2418	7.78E-16	2.10E-03
1-2	3911	843	1388	593	1683.75	2.98E-15	8.03E-03
2-5	838	181	283	165	366.75	8.23E-15	2.22E-02
	TOTAL						3.45E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	148445	220730	206798	213960	197483.3	1.83E-16	4.95E-04
0.3-0.5	13387	21360	19738	24172	19664.25	3.53E-16	9.52E-04
0.5-0.7	3429	5139	4375	5673	4654	1.98E-16	5.35E-04
0.7-1	2513	3104	2865	4167	3162.25	2.39E-16	6.46E-04
1-2	1676	1595	2634	4042	2486.75	1.42E-15	3.83E-03
2-5	471	336	1321	2324	1113	1.68E-14	4.52E-02
	TOTAL						5.17E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	185400	203732	159860	159329	177080.3	1.47E-16	3.98E-04
0.3-0.5	15134	18127	18834	18716	17702.75	2.87E-16	7.74E-04
0.5-0.7	3164	4041	5856	5702	4690.75	2.02E-16	5.46E-04
0.7-1	1560	2338	5658	5924	3870	4.67E-16	1.26E-03
1-2	757	1064	6033	6484	3584.5	3.36E-15	9.07E-03
2-5	208	284	4163	5529	2546	4.89E-14	1.32E-01
	TOTAL						1.44E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	199615	200163	174683	173351	186953	1.65E-16	4.45E-04
0.3-0.5	27542	24897	22313	22160	24228	5.05E-16	1.36E-03
0.5-0.7	10020	8148	7691	7418	8319.25	6.13E-16	1.65E-03
0.7-1	9386	7417	7614	7410	7956.75	1.78E-15	4.81E-03
1-2	7217	5458	6948	7167	6697.5	8.86E-15	2.39E-02
2-5	1869	1530	3996	4480	2968.75	5.84E-14	1.58E-01
	TOTAL						1.90E-01



## EXPERIMENTAL DATA 7

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN OFF

 $\Delta P=2189 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	182391	154515	163482	176346	169183.5	2.99E-16	8.07E-04
0.3-0.5	15379	12759	15054	16795	14996.75	5.03E-16	1.36E-03
0.5-0.7	3419	2816	3794	4359	3597	4.07E-16	1.10E-03
0.7-1	1902	1515	2413	2795	2156.25	6.93E-16	1.87E-03
1-2	889	745	1349	1497	1120	1.98E-15	5.34E-03
2-5	183	143	247	265	209.5	4.70E-15	1.27E-02
TOTAL							2.32E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	178614	161362	176252	141839	164516.8	-8.25E-18	-2.23E-05
0.3-0.5	15138	15907	18254	11395	15173.5	5.92E-18	1.60E-05
0.5-0.7	3735	3846	3466	3507	3638.5	4.69E-18	1.27E-05
0.7-1	2450	2992	2315	1190	2236.75	2.59E-17	6.99E-05
1-2	1193	1200	1503	1200	1274	2.72E-16	7.35E-04
2-5	210	247	220	265	235.5	5.84E-16	1.58E-03
TOTAL							2.39E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	138430	147564	233910	221941	185461.3	2.88E-17	7.77E-05
0.3-0.5	10918	13029	19469	20287	15925.75	3.11E-17	8.41E-05
0.5-0.7	3648	3425	3822	3870	3691.25	1.07E-17	2.88E-05
0.7-1	2456	1968	2353	2254	2257.75	3.26E-17	8.81E-05
1-2	1783	1693	1260	1194	1482.5	6.41E-16	1.73E-03
2-5	267	184	299	203	238.25	6.45E-16	1.74E-03
TOTAL							3.75E-03
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	138435	145678	185927	238089	177032.3	1.39E-17	3.74E-05
0.3-0.5	12023	13075	15449	19656	15050.75	1.81E-18	4.89E-06
0.5-0.7	3691	4829	3254	3339	3778.25	2.05E-17	5.53E-05
0.7-1	2395	2005	2175	2210	2196.25	1.29E-17	3.47E-05
1-2	1119	1245	1365	1499	1307	3.30E-16	8.92E-04
2-5	280	265	117	279	235.25	5.78E-16	1.56E-03
TOTAL							2.59E-03

## EXPERIMENTAL DATA 8

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=2189$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	217921	205734	217980	223061	216174	3.82E-16	1.03E-03
0.3-0.5	30230	28184	41553	34715	33670.5	1.13E-15	3.05E-03
0.5-0.7	6585	6022	12078	8119	8201	9.28E-16	2.50E-03
0.7-1	3319	3287	8904	4478	4997	1.61E-15	4.34E-03
1-2	1908	1908	6863	2605	3321	5.87E-15	1.58E-02
2-5	457	478	2006	659	900	2.02E-14	5.46E-02
TOTAL							8.13E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	212893	229815	221734	210089	218632.8	4.34E-18	1.17E-05
0.3-0.5	57758	52740	45190	45009	50174.25	5.53E-16	1.49E-03
0.5-0.7	24094	20483	15541	16258	19094	1.23E-15	3.33E-03
0.7-1	8634	7256	8356	9793	8509.75	1.13E-15	3.05E-03
1-2	2038	3632	6190	6452	4578	2.22E-15	6.00E-03
2-5	921	898	886	1068	943.25	9.71E-16	2.62E-03
TOTAL							1.65E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	219115	216186	218795	214221	217079.3	1.60E-18	4.32E-06
0.3-0.5	37596	48808	59032	43464	47225	4.54E-16	1.23E-03
0.5-0.7	11864	15794	25852	16051	17390.25	1.04E-15	2.81E-03
0.7-1	9579	8701	9640	9251	9292.75	1.38E-15	3.73E-03
1-2	5633	6667	5729	5011	5760	4.31E-15	1.16E-02
2-5	861	1289	1458	1487	1273.75	8.39E-15	2.27E-02
TOTAL							4.21E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	210447	222894	219459	220842	218410.5	3.95E-18	1.07E-05
0.3-0.5	54486	38732	39844	39059	43030.25	3.14E-16	8.47E-04
0.5-0.7	12546	12506	13599	12566	12804.25	5.21E-16	1.41E-03
0.7-1	5755	5286	6347	6129	5879.25	2.84E-16	7.66E-04
1-2	4806	5960	5167	5193	5281.5	3.46E-15	9.35E-03
2-5	518	931	1100	1110	914.75	3.31E-16	8.94E-04
TOTAL							1.33E-02

## EXPERIMENTAL DATA 9

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=2189$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	195068	203179	206832	198518	200899.3	3.55E-16	9.59E-04
0.3-0.5	20279	21248	21465	20057	20762.25	6.96E-16	1.88E-03
0.5-0.7	3443	3744	3832	3623	3660.5	4.14E-16	1.12E-03
0.7-1	1338	1322	1503	1469	1408	4.53E-16	1.22E-03
1-2	622	424	490	665	550.25	9.72E-16	2.63E-03
2-5	157	61	109	176	125.75	2.82E-15	7.62E-03
TOTAL							1.54E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	188916	209842	208376	205278	203103	3.9E-18	1.1E-05
0.3-0.5	29472	19409	20290	21108	22569.75	6.1E-17	1.6E-04
0.5-0.7	3681	3439	3620	5128	3967	3.5E-17	9.4E-05
0.7-1	1999	2316	4451	4527	3323.25	6.2E-16	1.7E-03
1-2	1625	1645	1633	1340	1560.75	1.8E-15	4.8E-03
2-5	624	572	779	931	726.5	1.3E-14	3.6E-02
TOTAL							4.32E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	202863	208372	187088	206621	201236	5.95E-19	1.61E-06
0.3-0.5	22849	21564	20663	20347	21355.75	1.99E-17	5.37E-05
0.5-0.7	3295	5112	4341	5992	4685	1.16E-16	3.13E-04
0.7-1	1227	3037	2482	2251	2249.25	2.71E-16	7.30E-04
1-2	2391	1445	1816	1663	1828.75	2.26E-15	6.10E-03
2-5	551	673	934	890	762	1.43E-14	3.86E-02
TOTAL							4.58E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	208463	211243	203059	187917	202670.5	3.13E-18	8.45E-06
0.3-0.5	36606	46756	25076	19272	31927.5	3.74E-16	1.01E-03
0.5-0.7	11445	19444	6233	5794	10729	7.99E-16	2.16E-03
0.7-1	8470	16616	4137	1739	7740.5	2.04E-15	5.50E-03
1-2	4423	5732	4615	4896	4916.5	7.72E-15	2.08E-02
2-5	696	600	718	848	715.5	1.32E-14	3.57E-02
TOTAL							6.53E-02

EXPERIMENTAL DATA OF 1-3

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

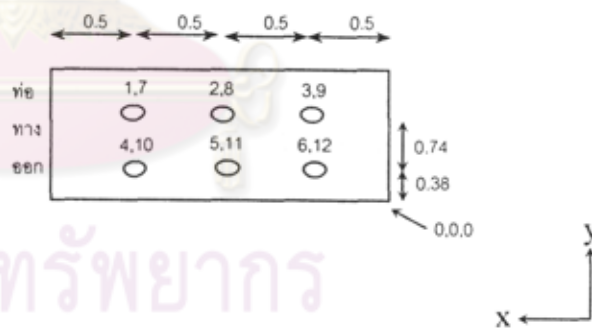
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.09	0.09	0.11	0.10	0.11
	2	0.07	0.07	0.10	0.08	
	3	0.07	0.09	0.10	0.09	
	4	0.14	0.11	0.13	0.13	
	5	0.11	0.13	0.15	0.13	
	6	0.15	0.10	0.12	0.12	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.12	0.12	0.11	0.12	0.13
	8	0.11	0.11	0.11	0.11	
	9	0.09	0.09	0.11	0.10	
	10	0.15	0.18	0.13	0.15	
	11	0.14	0.11	0.13	0.13	
	12	0.17	0.18	0.19	0.18	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.11 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5





## EXPERIMENTAL DATA OF 4-6

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.36 m/sec

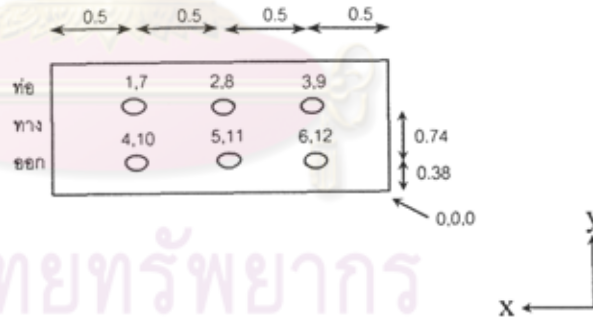
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.35	0.38	0.35	0.36	0.36
	2	0.33	0.36	0.38	0.36	
	3	0.32	0.35	0.37	0.35	
	4	0.37	0.36	0.38	0.37	
	5	0.38	0.4	0.38	0.39	
	6	0.31	0.39	0.35	0.35	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.40	0.4	0.42	0.41	0.38
	8	0.39	0.38	0.35	0.37	
	9	0.37	0.38	0.35	0.37	
	10	0.38	0.35	0.33	0.35	
	11	0.36	0.37	0.39	0.37	
	12	0.38	0.42	0.36	0.39	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งหมด(0.5 m) 0.36 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 7-9

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

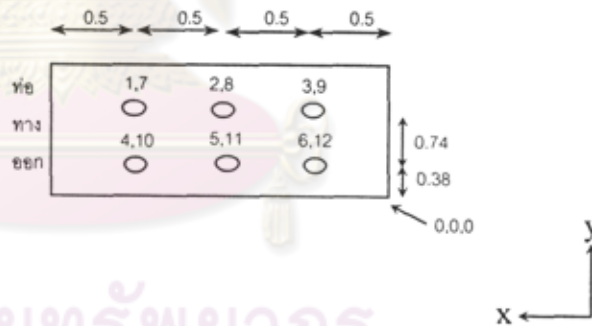
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF , FAN HIGH , FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.40	0.39	0.47	0.42	0.47
	2	0.38	0.36	0.38	0.37	
	3	0.32	0.35	0.37	0.35	
	4	0.53	0.55	0.57	0.55	
	5	0.56	0.59	0.53	0.56	
	6	0.55	0.59	0.54	0.56	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.40	0.4	0.42	0.41	0.46
	8	0.39	0.41	0.31	0.37	
	9	0.37	0.38	0.35	0.37	
	10	0.52	0.54	0.52	0.53	
	11	0.51	0.53	0.59	0.54	
	12	0.54	0.52	0.58	0.55	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.47 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 1-9

VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER

AIR FLOW RATE	0.3	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.9	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	1.5	m <sup>3</sup> /sec
ΔP	88	mmH <sub>2</sub> O	ΔP	788	mmH <sub>2</sub> O	ΔP	2189	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	7.0	LPM	ROTAMETER SAMPLING	21	LPM	ROTAMETER SAMPLING	35	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.36 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec			
PARTICLE SIZE(μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE(μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE(μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW
	CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE		CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE		CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE	CONC. AVERAGE
<0.3	1.21E-04	8.52E-04	2.18E-04	<0.3	8.81E-06	4.46E-04	3.46E-05	<0.3	3.09E-05	6.86E-06	8.91E-06
0.3-0.5	4.91E-04	2.39E-03	7.27E-04	0.3-0.5	1.35E-06	1.03E-03	3.00E-05	0.3-0.5	3.50E-05	4.09E-04	1.19E-03
0.5-0.7	5.38E-04	2.94E-03	1.66E-03	0.5-0.7	7.30E-05	9.11E-04	2.91E-04	0.5-0.7	3.23E-05	8.55E-04	2.51E-03
0.7-1	1.06E-03	1.17E-02	6.56E-03	0.7-1	1.18E-04	2.24E-03	4.40E-04	0.7-1	6.42E-05	2.63E-03	2.52E-03
1-2	4.43E-03	5.99E-02	3.87E-02	1-2	5.28E-04	1.23E-02	5.48E-03	1-2	1.12E-03	1.06E-02	9.00E-03
2-5	2.65E-02	4.93E-01	3.83E-01	2-5	1.88E-02	1.12E-01	5.69E-02	2-5	1.63E-03	3.69E-02	8.72E-03
SUM	0.033	0.570	0.431	SUM	0.019	0.129	0.063	SUM	0.003	0.051	0.024

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## EXPERIMENTAL DATA 10

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.09 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN OFF

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	210682	190418	189918	193200	196054.5	3.46E-16	9.35E-04
0.3-0.5	18402	21079	16213	17278	18243	6.11E-16	1.65E-03
0.5-0.7	4781	6844	4674	4625	5231	5.92E-16	1.60E-03
0.7-1	3044	6237	3482	3382	4036.25	1.30E-15	3.50E-03
1-2	1609	5269	2754	2323	2988.75	5.28E-15	1.43E-02
2-5	367	1560	743	552	805.5	1.81E-14	4.88E-02
TOTAL							7.08E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	191588	194663	202260	201470	197495.3	2.55E-18	6.87E-06
0.3-0.5	22501	20411	22292	19616	21205	9.93E-17	2.68E-04
0.5-0.7	7795	7269	10322	6935	8080.25	3.22E-16	8.70E-04
0.7-1	7155	7011	13197	6887	8562.5	1.46E-15	3.93E-03
1-2	6030	5983	5348	6422	5945.75	5.23E-15	1.41E-02
2-5	2667	2120	2109	2585	2370.25	3.51E-14	9.48E-02
TOTAL							1.14E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	205749	202132	191712	192973	198141.5	3.69E-18	9.96E-06
0.3-0.5	19284	18374	16895	18651	18301	1.94E-18	5.25E-06
0.5-0.7	3831	3886	6537	10316	6142.5	1.03E-16	2.78E-04
0.7-1	2540	2751	7617	4774	4420.5	1.24E-16	3.34E-04
1-2	1779	1708	3189	4642	2829.5	-2.81E-16	-7.60E-04
2-5	2708	3652	2921	3466	3186.75	5.35E-14	1.44E-01
TOTAL							1.44E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	201861	202610	182019	188237	193681.8	-4.19E-18	-1.13E-05
0.3-0.5	18824	18673	19058	18548	18775.75	1.79E-17	4.82E-05
0.5-0.7	5651	3718	13027	5210	6901.5	1.89E-16	5.10E-04
0.7-1	7153	3050	3223	5909	4833.75	2.56E-16	6.92E-04
1-2	2046	2461	2768	6673	3487	8.80E-16	2.38E-03
2-5	2998	1048	3195	2230	2367.75	3.51E-14	9.47E-02
TOTAL							9.83E-02



## EXPERIMENTAL DATA 11

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.09 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	178433	178435	178267	195787	182730.5	3.23E-16	8.72E-04
0.3-0.5	13699	13997	14327	15644	14416.75	4.83E-16	1.30E-03
0.5-0.7	3312	3403	3639	3789	3535.75	4.00E-16	1.08E-03
0.7-1	1962	2040	2343	2270	2153.75	6.93E-16	1.87E-03
1-2	963	959	1129	1025	1019	1.80E-15	4.86E-03
2-5	458	577	647	757	609.75	1.37E-14	3.70E-02
TOTAL							4.69E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	180223	193740	181300	183883	184786.5	3.63E-18	9.81E-06
0.3-0.5	26569	21659	18958	18911	21524.25	2.38E-16	6.43E-04
0.5-0.7	13693	9111	7410	9366	9895	7.19E-16	1.94E-03
0.7-1	17437	10436	8486	12909	12317	3.27E-15	8.82E-03
1-2	16342	10680	8258	12334	11903.5	1.92E-14	5.19E-02
2-5	7783	4510	3557	9542	6348	1.29E-13	3.48E-01
TOTAL							4.11E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	195656	199168	189388	184793	192251.3	1.68E-17	4.54E-05
0.3-0.5	29038	32195	29990	28505	29932	5.20E-16	1.40E-03
0.5-0.7	14496	17096	16766	17078	16359	1.45E-15	3.92E-03
0.7-1	19103	23203	23597	25522	22856.25	6.66E-15	1.80E-02
1-2	18157	20538	21919	24213	21206.75	3.57E-14	9.63E-02
2-5	10231	11270	13899	17587	13246.75	2.84E-13	7.66E-01
TOTAL							8.86E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	184305	190166	184730	193015	188054	9.41E-18	2.54E-05
0.3-0.5	25448	24728	21180	28340	24924	3.52E-16	9.51E-04
0.5-0.7	13614	12285	10247	17408	13388.5	1.11E-15	3.01E-03
0.7-1	18141	16849	13925	26549	18866	5.37E-15	1.45E-02
1-2	17715	15531	13397	24328	17742.75	2.96E-14	7.98E-02
2-5	11665	10140	12348	19735	13472	2.89E-13	7.80E-01
TOTAL							8.78E-01

## EXPERIMENTAL DATA 12

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.09 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	97939	110848	91205	99020	99753	1.76E-16	4.76E-04
0.3-0.5	7003	8213	5930	6670	6954	2.33E-16	6.29E-04
0.5-0.7	1750	2171	1417	1602	1735	1.96E-16	5.30E-04
0.7-1	1312	1729	1087	1022	1287.5	4.14E-16	1.12E-03
1-2	941	1355	828	567	922.75	1.63E-15	4.40E-03
2-5	628	491	646	439	551	1.24E-14	3.34E-02
TOTAL							4.06E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	99524	98214	99943	97024	98676.25	-1.90E-18	-5.14E-06
0.3-0.5	22623	20382	17227	18750	19745.5	4.29E-16	1.16E-03
0.5-0.7	14051	11757	9442	11897	11786.75	1.14E-15	3.07E-03
0.7-1	20818	16403	12446	18268	16983.75	5.05E-15	1.36E-02
1-2	21235	16813	13235	18169	17363	2.91E-14	7.84E-02
2-5	13028	8834	17139	16330	13832.75	2.98E-13	8.05E-01
TOTAL							9.01E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	98355	98264	99468	99316	98850.75	-1.59E-18	-4.30E-06
0.3-0.5	22779	19643	13314	26037	20443.25	4.52E-16	1.22E-03
0.5-0.7	14113	10812	5976	18385	12321.5	1.20E-15	3.23E-03
0.7-1	20149	14961	7045	30277	18108	5.41E-15	1.46E-02
1-2	20359	15844	7620	26873	17674	2.96E-14	7.99E-02
2-5	12353	8906	14205	27110	15643.5	3.39E-13	9.15E-01
TOTAL							1.01E+00
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	100004	99161	99382	110121	102167	4.27E-18	1.15E-05
0.3-0.5	17399	21344	20056	28038	21709.25	4.94E-16	1.34E-03
0.5-0.7	9432	12222	12322	18875	13212.75	1.30E-15	3.50E-03
0.7-1	13154	17264	18136	28915	19367.25	5.81E-15	1.57E-02
1-2	14027	17785	17543	26281	18909	3.18E-14	8.58E-02
2-5	8459	10386	16571	17313	13182.25	2.84E-13	7.66E-01
TOTAL							8.72E-01

## EXPERIMENTAL DATA 13

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER . FAN OFF

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	123113	111023	120862	121763	119190.3	2.11E-16	5.69E-04
0.3-0.5	7700	6793	7216	7694	7350.75	2.46E-16	6.65E-04
0.5-0.7	1817	1647	1781	1756	1750.25	1.98E-16	5.34E-04
0.7-1	1230	1003	1054	1108	1098.75	3.53E-16	9.54E-04
1-2	743	577	537	626	620.75	1.10E-15	2.96E-03
2-5	213	127	137	168	161.25	3.62E-15	9.77E-03
TOTAL							1.55E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	128803	127665	122750	129408	127156.5	1.41E-17	3.80E-05
0.3-0.5	8739	8757	8315	8884	8673.75	4.43E-17	1.20E-04
0.5-0.7	2083	2043	1955	2137	2054.5	3.44E-17	9.29E-05
0.7-1	1434	1289	1059	1529	1327.75	7.36E-17	1.99E-04
1-2	1269	681	553	1082	896.25	4.87E-16	1.31E-03
2-5	534	152	118	329	283.25	2.74E-15	7.39E-03
TOTAL							9.16E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	135124	137729	139760	138287	137725	3.28E-17	8.84E-05
0.3-0.5	9349	9600	9743	9675	9591.75	7.51E-17	2.03E-04
0.5-0.7	2132	2347	2348	2219	2261.5	5.78E-17	1.56E-04
0.7-1	1396	1517	1649	1403	1491.25	1.26E-16	3.41E-04
1-2	894	1065	1407	874	1060	7.76E-16	2.10E-03
2-5	300	431	648	236	403.75	5.44E-15	1.47E-02
TOTAL							1.76E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	126009	123443	126748	123298	124874.5	1.00E-17	2.71E-05
0.3-0.5	8348	8287	8985	8271	8472.75	3.76E-17	1.02E-04
0.5-0.7	1828	2031	2233	2043	2033.75	3.21E-17	8.66E-05
0.7-1	1204	1308	1658	1262	1358	8.34E-17	2.25E-04
1-2	700	799	1427	802	932	5.50E-16	1.49E-03
2-5	150	265	609	228	313	3.41E-15	9.20E-03
TOTAL							1.11E-02



## EXPERIMENTAL DATA 14

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	133486	139349	134067	120280	135634	2.40E-16	6.47E-04
0.3-0.5	9127	9406	9606	8462	9150.25	3.07E-16	8.28E-04
0.5-0.7	2263	2307	2510	2119	2299.75	2.60E-16	7.02E-04
0.7-1	1499	1525	1858	1429	1577.75	5.07E-16	1.37E-03
1-2	923	945	1146	821	958.75	1.69E-15	4.57E-03
2-5	439	431	637	468	493.75	1.11E-14	2.99E-02
TOTAL							3.80E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	149781	156717	133907	146630	146758.8	1.97E-17	5.31E-05
0.3-0.5	11227	11194	12363	12467	11812.75	8.92E-17	2.41E-04
0.5-0.7	2756	2791	4148	3514	3302.25	1.13E-16	3.06E-04
0.7-1	3929	4720	5017	8925	5647.75	1.31E-15	3.53E-03
1-2	3565	3931	5734	8369	5399.75	7.85E-15	2.12E-02
2-5	704	261	4860	1271	1774	2.87E-14	7.76E-02
TOTAL							1.03E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	164248	175276	163513	166628	167416.3	5.62E-17	1.52E-04
0.3-0.5	11485	12153	12201	12708	12136.75	1.00E-16	2.70E-04
0.5-0.7	2849	2900	3101	3292	3035.5	8.32E-17	2.25E-04
0.7-1	4734	4733	8420	10546	7108.25	1.78E-15	4.80E-03
1-2	1064	5955	2113	2339	2867.75	3.37E-15	9.11E-03
2-5	313	185	912	1177	646.75	3.43E-15	9.27E-03
TOTAL							2.38E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	192068	190877	184317	191011	189568.3	9.53E-17	2.57E-04
0.3-0.5	13557	14834	14317	17197	14976.25	1.95E-16	5.27E-04
0.5-0.7	2921	3750	3659	4991	3830.25	1.73E-16	4.67E-04
0.7-1	4699	5656	7077	8393	6456.25	1.57E-15	4.24E-03
1-2	3990	2268	2794	3975	3256.75	4.06E-15	1.10E-02
2-5	215	927	1793	2416	1337.75	1.89E-14	5.12E-02
TOTAL							6.76E-02



## EXPERIMENTAL DATA 15

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH=5.36 m/s

DP=443 mmH<sub>2</sub>O Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	84368	73188	73863	78155	77393.5	1.37E-16	3.69E-04
0.3-0.5	5270	4270	4984	4721	4811.25	1.61E-16	4.35E-04
0.5-0.7	1655	1255	1476	1248	1408.5	1.59E-16	4.30E-04
0.7-1	1277	881	1046	994	1049.5	3.37E-16	9.11E-04
1-2	732	772	608	567	669.75	1.18E-15	3.20E-03
2-5	377	282	428	360	361.75	8.12E-15	2.19E-02
TOTAL							2.73E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	76436	80226	76304	77310	77569	3.10E-19	8.37E-07
0.3-0.5	5023	5167	4947	4726	4965.75	5.18E-18	1.40E-05
0.5-0.7	1525	1522	1404	4259	2177.5	8.70E-17	2.35E-04
0.7-1	3412	8314	6064	9056	6711.5	1.82E-15	4.92E-03
1-2	5634	5006	3233	8963	5709	8.91E-15	2.40E-02
2-5	1142	1410	1417	1498	1366.75	2.26E-14	6.09E-02
TOTAL							9.01E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	83021	81400	81871	79881	81543.25	7.33E-18	1.98E-05
0.3-0.5	7047	6834	5539	8407	6956.75	7.19E-17	1.94E-04
0.5-0.7	2683	2665	2566	4000	2978.5	1.78E-16	4.79E-04
0.7-1	4451	8097	8405	9127	7520	2.08E-15	5.62E-03
1-2	4321	3611	3327	7585	4711	7.14E-15	1.93E-02
2-5	1573	1573	1591	1547	1571	2.71E-14	7.33E-02
TOTAL							9.89E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	87563	84110	76678	82180	82632.75	9.26E-18	2.50E-05
0.3-0.5	5538	5734	6574	6175	6005.25	4.00E-17	1.08E-04
0.5-0.7	1505	1792	2327	3995	2404.75	1.13E-16	3.04E-04
0.7-1	4172	4722	8704	6199	5949.25	1.58E-15	4.25E-03
1-2	5032	5858	4112	8530	5883	9.21E-15	2.49E-02
2-5	2016	1997	1945	2052	2002.5	3.68E-14	9.95E-02
TOTAL							1.29E-01

## EXPERIMENTAL DATA 16

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.5 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	88751	87193	86413	79793	85537.5	1.51E-16	4.08E-04
0.3-0.5	7285	7544	7212	6786	7206.75	2.42E-16	6.52E-04
0.5-0.7	2062	2271	2142	2079	2138.5	2.42E-16	6.53E-04
0.7-1	1324	1515	1411	1361	1402.75	4.51E-16	1.22E-03
1-2	656	943	925	780	826	1.46E-15	3.94E-03
2-5	128	243	220	227	204.5	4.59E-15	1.24E-02
TOTAL							1.93E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	216168	202170	266142	189568	218512	2.35E-16	6.34E-04
0.3-0.5	11225	9616	16878	18426	14036.25	2.29E-16	6.18E-04
0.5-0.7	2212	2033	3046	3511	2700.5	6.36E-17	1.72E-04
0.7-1	1293	1124	1573	1937	1481.75	2.54E-17	6.86E-05
1-2	805	556	838	1592	947.75	2.15E-16	5.81E-04
2-5	307	291	220	533	337.75	2.99E-15	8.08E-03
TOTAL							1.02E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	62554	57103	55371	58546	58393.5	-4.80E-17	-1.30E-04
0.3-0.5	14087	13634	13352	1308	10595.25	1.14E-16	3.07E-04
0.5-0.7	2153	2179	2137	2183	2163	2.77E-18	7.48E-06
0.7-1	1842	1021	1720	1779	1590.5	6.04E-17	1.63E-04
1-2	784	855	919	920	869.5	7.69E-17	2.08E-04
2-5	203	281	279	215	244.5	8.98E-16	2.42E-03
TOTAL							2.98E-03
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	63079	62000	60808	62742	62157.25	-4.13E-17	-1.12E-04
0.3-0.5	7967	7498	7899	7925	7822.25	2.06E-17	5.57E-05
0.5-0.7	2143	2498	2130	2032	2200.75	7.04E-18	1.90E-05
0.7-1	1889	1265	1889	816	1464.75	1.99E-17	5.38E-05
1-2	670	1169	710	861	852.5	4.68E-17	1.26E-04
2-5	288	442	137	200	266.75	1.40E-15	3.77E-03
TOTAL							3.92E-03

## EXPERIMENTAL DATA 17

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.5 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW=3.91 m/s

DP=1232 mmH<sub>2</sub>O Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	127679	135287	129295	132879	131285	2.32E-16	6.26E-04
0.3-0.5	9283	9862	10469	10608	10055.5	3.37E-16	9.10E-04
0.5-0.7	2559	2664	3331	3214	2942	3.33E-16	8.98E-04
0.7-1	1734	2037	3310	2844	2481.25	7.98E-16	2.15E-03
1-2	1080	1338	3150	2755	2080.75	3.68E-15	9.93E-03
2-5	225	336	1092	897	637.5	1.43E-14	3.86E-02
TOTAL							5.32E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	212517	208974	198775	185156	201355.5	1.24E-16	3.34E-04
0.3-0.5	13891	14840	14145	17854	15182.5	1.72E-16	4.64E-04
0.5-0.7	5220	3133	4120	5056	4382.25	1.63E-16	4.40E-04
0.7-1	8058	7336	8932	5307	7408.25	1.58E-15	4.28E-03
1-2	5652	4492	4562	2001	4176.75	3.70E-15	1.00E-02
2-5	520	781	909	868	769.5	2.96E-15	8.00E-03
TOTAL							2.35E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	213260	218738	216999	210268	214816.3	1.48E-16	3.99E-04
0.3-0.5	15706	16966	11923	16543	15284.5	1.75E-16	4.73E-04
0.5-0.7	4205	4946	5886	6043	5270	2.63E-16	7.11E-04
0.7-1	5813	5261	8731	8626	7107.75	1.49E-15	4.02E-03
1-2	4617	6272	7269	4293	5612.75	6.24E-15	1.69E-02
2-5	585	618	1002	622	706.75	1.55E-15	4.20E-03
TOTAL							2.66E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	212003	194159	203175	197476	201703.3	1.24E-16	3.36E-04
0.3-0.5	15234	13317	14008	14168	14181.75	1.38E-16	3.73E-04
0.5-0.7	5221	5340	4588	5463	5153	2.50E-16	6.75E-04
0.7-1	8374	6509	11229	6635	8186.75	1.83E-15	4.95E-03
1-2	7024	3093	4501	2761	4344.75	4.00E-15	1.08E-02
2-5	461	633	1685	1351	1032.5	8.87E-15	2.39E-02
TOTAL							4.11E-02

## EXPERIMENTAL DATA 18

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.5 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH=5.36 m/s

DP=1232 mmH<sub>2</sub>O Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	127603	134139	125317	135435	130623.5	2.31E-16	6.23E-04
0.3-0.5	10994	10374	11669	11741	11194.5	3.75E-16	1.01E-03
0.5-0.7	3712	2907	4131	3752	3625.5	4.10E-16	1.11E-03
0.7-1	3320	2256	3837	3313	3181.5	1.02E-15	2.76E-03
1-2	2635	1585	3200	2616	2509	4.43E-15	1.20E-02
2-5	712	410	947	702	692.75	1.56E-14	4.20E-02
TOTAL							5.95E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	159547	144153	152224	141954	149469.5	3.3E-17	9.0E-05
0.3-0.5	30171	15276	23804	17402	21663.25	3.5E-16	9.5E-04
0.5-0.7	13359	5144	9620	6396	8629.75	5.7E-16	1.5E-03
0.7-1	11704	12179	14671	11703	12564.25	3.0E-15	8.1E-03
1-2	5062	5172	5888	8631	6188.25	6.5E-15	1.8E-02
2-5	1634	1318	1398	1087	1359.25	1.5E-14	4.0E-02
TOTAL							6.87E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	135712	149544	137450	134808	139378.5	1.55E-17	4.18E-05
0.3-0.5	11992	18832	13393	14371	14647	1.16E-16	3.12E-04
0.5-0.7	3688	6989	4232	5022	4982.75	1.54E-16	4.14E-04
0.7-1	12713	12699	13484	12528	12856	3.11E-15	8.40E-03
1-2	5396	5614	6583	8235	6457	6.98E-15	1.88E-02
2-5	1257	1382	1191	952	1195.5	1.13E-14	3.05E-02
TOTAL							5.85E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	148088	163913	160108	145316	154356.3	4.19E-17	1.13E-04
0.3-0.5	17487	22895	20964	15219	19141.25	2.66E-16	7.19E-04
0.5-0.7	6538	9349	8385	5311	7395.75	4.26E-16	1.15E-03
0.7-1	9213	12045	12326	14372	11989	2.83E-15	7.65E-03
1-2	5175	6266	6130	7313	6221	6.56E-15	1.77E-02
2-5	1261	1633	2820	2486	2050	3.05E-14	8.23E-02
TOTAL							1.10E-01



## EXPERIMENTAL DATA OF 10-12

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.09 m/sec

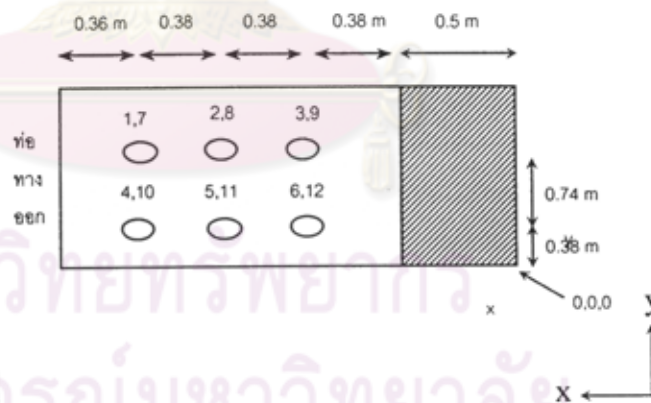
VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09
	2	0.09	0.07	0.08	0.08	
	3	0.07	0.05	0.09	0.07	
	4	0.12	0.09	0.12	0.11	
	5	0.09	0.08	0.1	0.09	
	6	0.1	0.07	0.09	0.09	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11
	8	0.08	0.05	0.07	0.07	
	9	0.14	0.2	0.2	0.18	
	10	0.09	0.08	0.12	0.10	
	11	0.12	0.06	0.09	0.09	
	12	0.09	0.15	0.12	0.12	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.09 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## EXPERIMENTAL DATA OF 13-15

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

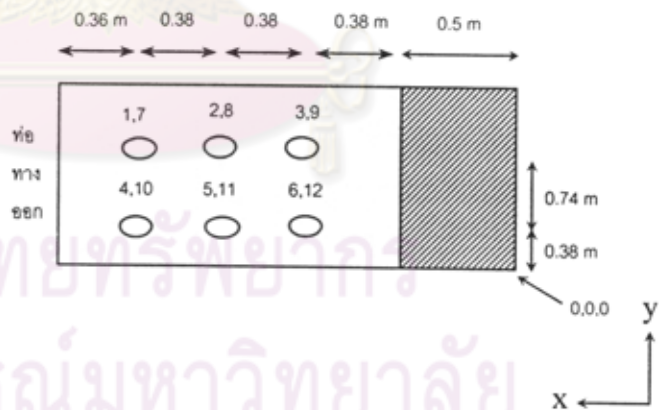
VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.35	0.3	0.40	0.35	0.31
	2	0.28	0.3	0.32	0.30	
	3	0.25	0.21	0.26	0.24	
	4	0.32	0.25	0.33	0.30	
	5	0.4	0.35	0.33	0.36	
	6	0.34	0.29	0.34	0.32	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.42	0.37	0.39	0.39	0.35
	8	0.35	0.33	0.39	0.36	
	9	0.3	0.28	0.31	0.30	
	10	0.4	0.43	0.44	0.42	
	11	0.37	0.3	0.28	0.32	
	12	0.35	0.3	0.31	0.32	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.31 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## EXPERIMENTAL DATA OF 16-18

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.50 m/sec

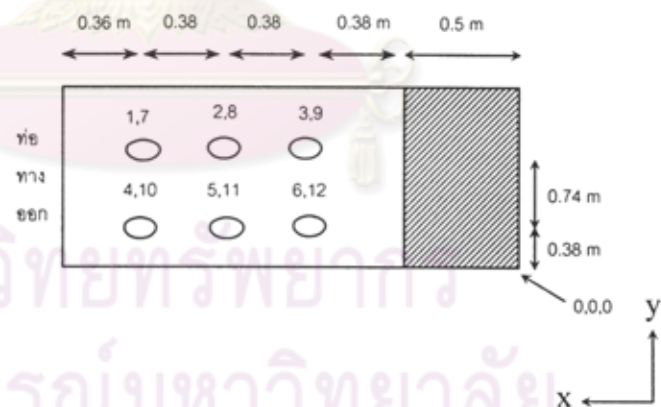
VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.50	0.42	0.65	0.52	0.50
	2	0.46	0.62	0.57	0.55	
	3	0.57	0.6	0.49	0.55	
	4	0.35	0.4	0.4	0.38	
	5	0.39	0.41	0.49	0.43	
	6	0.59	0.55	0.5	0.55	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.32	0.33	0.31	0.32	0.40
	8	0.45	0.35	0.32	0.37	
	9	0.35	0.41	0.43	0.40	
	10	0.40	0.56	0.51	0.49	
	11	0.41	0.40	0.50	0.44	
	12	0.43	0.43	0.31	0.39	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.50 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 10-18

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER

AIR FLOW RATE	0.3	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.9	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	1.5	m <sup>3</sup> /sec
$\Delta P$	49	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	443	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	1232	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	5.0	LPM	ROTAMETER SAMPLING	16	LPM	ROTAMETER SAMPLING	25	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.09 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.50 m/sec			
PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW
	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE
<0.3	1.84E-06	6.92E-07	2.69E-05	<0.3	5.12E-05	1.52E-05	1.54E-04	<0.3	1.31E-04	8.16E-05	3.56E-04
0.3-0.5	1.07E-04	1.24E-03	9.99E-04	0.3-0.5	1.41E-04	1.05E-04	3.46E-04	0.3-0.5	4.16E-04	6.60E-04	4.37E-04
0.5-0.7	5.53E-04	3.27E-03	2.96E-03	0.5-0.7	1.12E-04	3.39E-04	3.33E-04	0.5-0.7	6.60E-05	1.03E-03	6.09E-04
0.7-1	1.65E-03	1.46E-02	1.38E-02	0.7-1	2.55E-04	4.93E-03	4.19E-03	0.7-1	9.51E-05	8.06E-03	4.42E-03
1-2	5.24E-03	8.14E-02	7.60E-02	1-2	1.63E-03	2.27E-02	1.38E-02	1-2	3.05E-04	1.80E-02	1.26E-02
2-5	1.11E-01	8.28E-01	6.31E-01	2-5	1.04E-02	7.79E-02	4.60E-02	2-5	4.76E-03	5.10E-02	1.20E-02
SUM	0.119	0.929	0.725	SUM	0.012	0.106	0.064	SUM	0.005	0.079	0.030

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## EXPERIMENTAL DATA 19

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=49 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	134266	130029	122636	111645	124644	2.20E-16	5.95E-04
0.3-0.5	11689	11214	10111	9233	10561.75	3.54E-16	9.56E-04
0.5-0.7	2501	2437	2217	1983	2284.5	2.58E-16	6.98E-04
0.7-1	1534	1391	1109	1151	1296.25	4.17E-16	1.13E-03
1-2	894	879	618	658	762.25	1.35E-15	3.64E-03
2-5	273	238	162	161	208.5	4.68E-15	1.26E-02
TOTAL							1.96E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	127325	126755	128231	121141	125863	2.15E-18	5.82E-06
0.3-0.5	11586	11122	12713	11534	11738.75	3.94E-17	1.06E-04
0.5-0.7	2837	2785	4126	2926	3168.5	1.00E-16	2.70E-04
0.7-1	2475	2168	4508	2252	2850.75	5.00E-16	1.35E-03
1-2	2606	2270	5030	2270	3044	4.03E-15	1.09E-02
2-5	1533	1333	2826	1270	1740.5	3.44E-14	9.29E-02
TOTAL							1.05E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	129278	108150	124895	137660	124995.8	6.22E-19	1.68E-06
0.3-0.5	17957	10751	9403	14057	13042	8.31E-17	2.24E-04
0.5-0.7	6441	3162	1991	4674	4067	2.02E-16	5.44E-04
0.7-1	5363	2807	1090	3790	3262.5	6.32E-16	1.71E-03
1-2	2543	2617	647	2132	1984.75	2.16E-15	5.83E-03
2-5	666	1256	233	809	741	1.20E-14	3.23E-02
TOTAL							4.06E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	105996	105503	147312	158991	129450.5	8.49E-18	2.29E-05
0.3-0.5	11781	10275	8934	9739	10182.25	-1.27E-17	-3.43E-05
0.5-0.7	4032	3016	1967	2383	2849.5	6.39E-17	1.73E-04
0.7-1	4352	3012	1316	1842	2630.5	4.29E-16	1.16E-03
1-2	4997	3279	1046	1844	2791.5	3.59E-15	9.68E-03
2-5	2787	1788	437	942	1488.5	2.87E-14	7.76E-02
TOTAL							8.86E-02

## EXPERIMENTAL DATA 20

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	150837	147896	143932	147431	147524	2.61E-16	7.04E-04
0.3-0.5	15458	13748	13928	13855	14247.25	4.77E-16	1.29E-03
0.5-0.7	3837	2906	3393	3095	3307.75	3.74E-16	1.01E-03
0.7-1	3035	1868	2417	2011	2332.75	7.50E-16	2.03E-03
1-2	2566	1095	1874	1436	1742.75	3.08E-15	8.32E-03
2-5	819	258	570	393	510	1.14E-14	3.09E-02
TOTAL							4.43E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	134742	149762	148476	161578	148639.5	1.97E-18	5.32E-06
0.3-0.5	19158	25613	18302	16771	19961	1.91E-16	5.17E-04
0.5-0.7	7434	5616	6575	5889	6378.5	3.47E-16	9.38E-04
0.7-1	8474	16502	7055	6866	9724.25	2.38E-15	6.42E-03
1-2	8630	16409	7230	7586	9963.75	1.45E-14	3.92E-02
2-5	4063	7029	3326	4867	4821.25	9.68E-14	2.61E-01
TOTAL							3.08E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	147523	153059	156448	147750	151195	6.49E-18	1.75E-05
0.3-0.5	17553	17053	13895	22138	17659.75	1.14E-16	3.09E-04
0.5-0.7	6386	6634	4118	9099	6559.25	3.68E-16	9.93E-04
0.7-1	7371	8534	3844	12686	8108.75	1.86E-15	5.01E-03
1-2	8009	9484	3826	12979	8574.5	1.21E-14	3.26E-02
2-5	4758	5699	1937	8178	5143	1.04E-13	2.81E-01
TOTAL							3.20E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	132093	143706	153204	152242	145311.3	-3.91E-18	-1.06E-05
0.3-0.5	15257	13680	12985	15850	14443	6.56E-18	1.77E-05
0.5-0.7	5501	3883	3995	5616	4748.75	1.63E-16	4.40E-04
0.7-1	6421	3146	3665	6392	4906	8.27E-16	2.23E-03
1-2	6502	3094	3930	6872	5099.5	5.93E-15	1.60E-02
2-5	5025	1320	1927	3790	3015.5	5.62E-14	1.52E-01
TOTAL							1.71E-01

## EXPERIMENTAL DATA 21

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=49 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	226089	255574	215940	226809	231103	4.08E-16	1.10E-03
0.3-0.5	25185	29627	23548	25948	26077	8.74E-16	2.36E-03
0.5-0.7	6223	7149	5922	6564	6464.5	7.31E-16	1.97E-03
0.7-1	3642	4104	3844	4003	3898.25	1.25E-15	3.38E-03
1-2	1981	1902	1968	2199	2012.5	3.56E-15	9.60E-03
2-5	344	371	441	456	403	9.05E-15	2.44E-02
TOTAL							4.28E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	258024	268837	351333	117163	248839.3	3.13E-17	8.46E-05
0.3-0.5	37040	36045	31754	32988	34456.75	2.81E-16	7.58E-04
0.5-0.7	9098	16450	24483	22983	18253.5	1.33E-15	3.60E-03
0.7-1	21774	19787	17782	28079	21855.5	5.77E-15	1.56E-02
1-2	21313	19398	17638	25109	20864.5	3.33E-14	8.99E-02
2-5	9319	8320	5209	12676	8881	1.90E-13	5.14E-01
TOTAL							6.24E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	255565	278476	257161	229259	255115.3	4.24E-17	1.15E-04
0.3-0.5	36102	32869	35242	34243	34614	2.86E-16	7.72E-04
0.5-0.7	10752	9047	19666	28248	16928.25	1.18E-15	3.20E-03
0.7-1	20725	14347	18329	25612	19753.25	5.10E-15	1.38E-02
1-2	19917	14243	17677	23775	18903	2.98E-14	8.06E-02
2-5	9086	6635	8245	18006	10493	2.27E-13	6.12E-01
TOTAL							7.10E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	236347	247003	211774	243995	234779.8	6.50E-18	1.75E-05
0.3-0.5	33851	36390	36586	33589	35104	3.02E-16	8.17E-04
0.5-0.7	7518	18282	22546	22645	17747.75	1.28E-15	3.45E-03
0.7-1	23247	23836	33954	36943	29495	8.23E-15	2.22E-02
1-2	21625	22402	30575	30625	26306.75	4.29E-14	1.16E-01
2-5	7347	9538	15345	15560	11947.5	2.59E-13	7.00E-01
TOTAL							8.42E-01



## EXPERIMENTAL DATA 22

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.33 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	226294	193655	215958	208130	211009.3	3.73E-16	1.01E-03
0.3-0.5	26353	18507	22901	23195	22739	7.62E-16	2.06E-03
0.5-0.7	7650	3984	5840	6544	6004.5	6.79E-16	1.83E-03
0.7-1	5525	2294	4077	5058	4238.5	1.36E-15	3.68E-03
1-2	2700	1459	2218	2936	2328.25	4.11E-15	1.11E-02
2-5	511	447	504	712	543.5	1.22E-14	3.29E-02
TOTAL							5.26E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	209909	214083	205646	222237	212968.8	3.46E-18	9.35E-06
0.3-0.5	20897	22643	23429	24374	22835.75	3.24E-18	8.75E-06
0.5-0.7	5549	5019	6662	7453	6170.75	1.88E-17	5.08E-05
0.7-1	2435	3080	5986	6615	4529	9.34E-17	2.52E-04
1-2	1358	2297	5737	5045	3609.25	2.26E-15	6.11E-03
2-5	280	761	830	911	695.5	3.41E-15	9.21E-03
TOTAL							1.56E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	205591	206606	200920	231384	211125.3	2.05E-19	5.53E-07
0.3-0.5	33449	31044	29998	39192	33420.75	3.58E-16	9.66E-04
0.5-0.7	11965	10671	10277	15346	12064.75	6.85E-16	1.85E-03
0.7-1	8109	9010	8127	9925	8792.75	1.46E-15	3.95E-03
1-2	7911	5758	8776	9424	7967.25	9.96E-15	2.69E-02
2-5	355	459	1606	1193	903.25	8.08E-15	2.18E-02
TOTAL							5.55E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	195426	201062	203128	250295	212477.8	2.60E-18	7.01E-06
0.3-0.5	22404	23111	22922	22780	22804.25	2.19E-18	5.90E-06
0.5-0.7	6356	6194	6083	5512	6036.25	3.59E-18	9.70E-06
0.7-1	3768	4328	4470	4798	4341	3.30E-17	8.90E-05
1-2	2978	1913	1305	4347	2635.75	5.43E-16	1.47E-03
2-5	687	467	373	824	587.75	9.93E-16	2.68E-03
TOTAL							4.26E-03



## EXPERIMENTAL DATA 23

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.33 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	140153	143771	168093	204919	164234	2.90E-16	7.84E-04
0.3-0.5	13499	15107	18158	25602	18091.5	6.06E-16	1.64E-03
0.5-0.7	3052	3664	3587	4875	3794.5	4.29E-16	1.16E-03
0.7-1	1790	2430	2066	2062	2087	6.71E-16	1.81E-03
1-2	1158	1568	1153	1185	1266	2.24E-15	6.04E-03
2-5	320	365	385	426	374	8.40E-15	2.27E-02
TOTAL							3.41E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	159530	169553	168319	168349	166437.8	3.89E-18	1.05E-05
0.3-0.5	14132	23213	23242	23127	20928.5	9.51E-17	2.57E-04
0.5-0.7	3921	2982	5031	9859	5448.25	1.87E-16	5.05E-04
0.7-1	3710	3560	7943	5549	5190.5	9.98E-16	2.69E-03
1-2	4313	4693	3698	3848	4138	5.08E-15	1.37E-02
2-5	521	560	783	723	646.75	6.12E-15	1.65E-02
TOTAL							3.37E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	167034	152856	159437	178042	164342.3	1.91E-19	5.16E-07
0.3-0.5	15102	25986	25742	22826	22414	1.45E-16	3.91E-04
0.5-0.7	3299	2821	7502	8850	5618	2.06E-16	5.57E-04
0.7-1	5934	3540	4239	4180	4473.25	7.67E-16	2.07E-03
1-2	2363	2827	4317	3595	3275.5	3.55E-15	9.59E-03
2-5	889	1838	1986	1669	1595.5	2.74E-14	7.40E-02
TOTAL							8.66E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	188568	191169	152217	163415	173842.3	1.70E-17	4.58E-05
0.3-0.5	13104	22863	24373	26595	21733.75	1.22E-16	3.30E-04
0.5-0.7	3337	2859	5561	8889	5161.5	1.55E-16	4.17E-04
0.7-1	2395	1716	7540	3682	3833.25	5.62E-16	1.52E-03
1-2	2065	1219	5348	4156	3197	3.41E-15	9.21E-03
2-5	1049	1030	1700	1526	1326.25	2.14E-14	5.77E-02
TOTAL							6.92E-02

## EXPERIMENTAL DATA 24

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.33 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	241444	230474	240128	226768	234703.5	4.15E-16	1.12E-03
0.3-0.5	28618	26269	29416	24909	27303	9.15E-16	2.47E-03
0.5-0.7	6886	6064	6956	5671	6394.25	7.23E-16	1.95E-03
0.7-1	4463	3533	4652	3392	4010	1.29E-15	3.48E-03
1-2	3013	2405	3727	2367	2878	5.09E-15	1.37E-02
2-5	813	681	1286	776	889	2.00E-14	5.39E-02
TOTAL							7.66E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	231905	228005	268809	219316	237008.8	4.07E-18	1.10E-05
0.3-0.5	38092	34949	32422	35249	35178	2.64E-16	7.13E-04
0.5-0.7	11878	11840	18068	15339	14281.25	8.92E-16	2.41E-03
0.7-1	14650	13917	13469	18188	15056	3.55E-15	9.59E-03
1-2	8150	8457	12571	10353	9882.75	1.24E-14	3.34E-02
2-5	1995	2166	2835	3792	2697	4.06E-14	1.10E-01
TOTAL							1.56E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	241627	234919	228404	239806	236189	2.63E-18	7.09E-06
0.3-0.5	32893	35092	30707	31687	32594.75	1.77E-16	4.79E-04
0.5-0.7	9512	10625	18756	15684	13644.25	8.20E-16	2.21E-03
0.7-1	13568	14568	15765	19462	15840.75	3.80E-15	1.03E-02
1-2	6024	7130	7266	4891	6327.75	6.10E-15	1.65E-02
2-5	2044	2801	2723	1561	2282.25	3.13E-14	8.44E-02
TOTAL							1.14E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	221899	241129	260296	257216	245135	1.84E-17	4.98E-05
0.3-0.5	49113	38535	32287	43043	40744.5	4.50E-16	1.22E-03
0.5-0.7	12189	12740	14577	13646	13288	7.80E-16	2.11E-03
0.7-1	19945	11209	8597	16454	14051.25	3.23E-15	8.72E-03
1-2	14240	7646	7535	12899	10580	1.36E-14	3.67E-02
2-5	1582	1785	3235	2865	2366.75	3.32E-14	8.96E-02
TOTAL							1.38E-01

## EXPERIMENTAL DATA 25

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	69917	70763	63985	63349	67003.5	1.18E-16	3.20E-04
0.3-0.5	6374	5585	5116	5467	5635.5	1.89E-16	5.10E-04
0.5-0.7	2379	1942	1704	1866	1972.75	2.23E-16	6.02E-04
0.7-1	2296	1764	1486	1760	1826.5	5.87E-16	1.59E-03
1-2	2185	1440	1194	1614	1608.25	2.84E-15	7.67E-03
2-5	796	441	365	526	532	1.19E-14	3.22E-02
TOTAL							4.29E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	92313	96156	97361	99336	96291.5	5.18E-17	1.40E-04
0.3-0.5	6915	8118	9206	7888	8031.75	8.03E-17	2.17E-04
0.5-0.7	1984	1706	2337	2450	2119.25	1.66E-17	4.47E-05
0.7-1	1523	2543	3215	1967	2312	1.56E-16	4.22E-04
1-2	958	1931	2501	1258	1662	9.50E-17	2.56E-04
2-5	234	621	700	574	532.25	5.61E-18	1.52E-05
TOTAL							1.09E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	114331	106369	108572	108471	109435.8	7.50E-17	2.02E-04
0.3-0.5	9224	8314	8968	8852	8839.5	1.07E-16	2.90E-04
0.5-0.7	2397	2496	2219	2183	2323.75	3.97E-17	1.07E-04
0.7-1	2404	1975	2140	2521	2260	1.39E-16	3.76E-04
1-2	1407	1323	1868	2015	1653.25	7.95E-17	2.15E-04
2-5	255	356	502	1939	763	5.19E-15	1.40E-02
TOTAL							1.52E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	117362	116774	124314	118521	119242.8	9.23E-17	2.49E-04
0.3-0.5	10244	8981	13613	9657	10623.75	1.67E-16	4.51E-04
0.5-0.7	2374	2680	2198	2831	2520.75	6.20E-17	1.67E-04
0.7-1	2682	2064	4883	2342	2992.75	3.75E-16	1.01E-03
1-2	1392	1218	3367	1382	1839.75	4.09E-16	1.10E-03
2-5	564	319	855	432	542.5	2.36E-16	6.36E-04
TOTAL							3.62E-03

## EXPERIMENTAL DATA 26

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW=3.91 m/s

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	161605	172009	178324	168249	170046.8	3.00E-16	8.11E-04
0.3-0.5	12877	14600	14754	14325	14139	4.74E-16	1.28E-03
0.5-0.7	5626	5304	5225	5231	5346.5	6.05E-16	1.63E-03
0.7-1	2958	3579	3362	3672	3392.75	1.09E-15	2.95E-03
1-2	1944	2768	2425	2769	2476.5	4.38E-15	1.18E-02
2-5	470	824	603	744	660.25	1.48E-14	4.00E-02
TOTAL							5.85E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	201273	205241	212945	218590	209512.3	6.97E-17	1.88E-04
0.3-0.5	23927	13293	14711	11568	15874.75	5.82E-17	1.57E-04
0.5-0.7	8498	6664	5052	7856	7017.5	1.89E-16	5.10E-04
0.7-1	3010	5582	8241	9544	6594.25	1.03E-15	2.78E-03
1-2	3667	6552	5594	8272	6021.25	6.26E-15	1.69E-02
2-5	581	1139	836	1144	925	5.94E-15	1.60E-02
TOTAL							3.66E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	192042	194272	212496	206686	201374	5.54E-17	1.49E-04
0.3-0.5	16776	13164	13325	25655	17230	1.04E-16	2.80E-04
0.5-0.7	6391	3424	10587	10387	7697.25	2.66E-16	7.18E-04
0.7-1	4513	3266	4512	12639	6232.5	9.13E-16	2.47E-03
1-2	5431	6216	6605	5761	6003.25	6.23E-15	1.68E-02
2-5	1059	1053	800	1016	982	7.22E-15	1.95E-02
TOTAL							3.99E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	200888	215179	210557	203107	207432.8	6.61E-17	1.78E-04
0.3-0.5	15536	11973	14101	23752	16340.5	7.38E-17	1.99E-04
0.5-0.7	5073	5542	8599	8733	6986.75	1.86E-16	5.01E-04
0.7-1	5805	4621	8004	8341	6692.75	1.06E-15	2.87E-03
1-2	6785	4839	5231	5750	5651.25	5.61E-15	1.51E-02
2-5	1441	1750	1315	1214	1430	1.73E-14	4.67E-02
TOTAL							6.55E-02



## EXPERIMENTAL DATA 27

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH=5.36 m/s

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	146810	150248	146500	160767	151081.3	2.67E-16	7.21E-04
0.3-0.5	11854	12061	11512	12631	12014.5	4.03E-16	1.09E-03
0.5-0.7	4191	4207	4046	4308	4188	4.74E-16	1.28E-03
0.7-1	2012	2219	2042	3276	2387.25	7.68E-16	2.07E-03
1-2	1889	1689	2548	2025	2037.75	3.60E-15	9.72E-03
2-5	304	344	457	583	422	9.47E-15	2.56E-02
TOTAL							4.05E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	215515	197384	184212	201377	199622	8.6E-17	2.3E-04
0.3-0.5	24492	17288	27430	56447	31414.25	6.5E-16	1.8E-03
0.5-0.7	8523	4758	10547	6829	7664.25	3.9E-16	1.1E-03
0.7-1	7141	3170	6513	8886	6427.5	1.3E-15	3.5E-03
1-2	7318	1687	6383	7398	5696.5	6.5E-15	1.7E-02
2-5	470	282	825	918	623.75	4.5E-15	1.2E-02
TOTAL							3.62E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	202619	212727	204202	205289	206209.3	9.74E-17	2.63E-04
0.3-0.5	32789	42922	32600	34051	35590.5	7.90E-16	2.13E-03
0.5-0.7	8654	6860	8321	9965	8450	4.82E-16	1.30E-03
0.7-1	9682	9912	7119	9700	9103.25	2.16E-15	5.83E-03
1-2	3522	7912	4997	6908	5834.75	6.71E-15	1.81E-02
2-5	1315	1274	1164	1199	1238	1.83E-14	4.95E-02
TOTAL							7.71E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	191547	188657	184909	190368	188870.3	6.68E-17	1.80E-04
0.3-0.5	27252	20399	27744	22252	24411.75	4.15E-16	1.12E-03
0.5-0.7	7006	5251	9670	8282	7552.25	3.80E-16	1.03E-03
0.7-1	5692	7513	11903	15794	10225.5	2.52E-15	6.81E-03
1-2	5945	5909	4228	5626	5427	5.99E-15	1.62E-02
2-5	996	840	1195	1435	1116.5	1.56E-14	4.21E-02
TOTAL							6.74E-02

EXPERIMENTAL DATA OF 19-21

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec

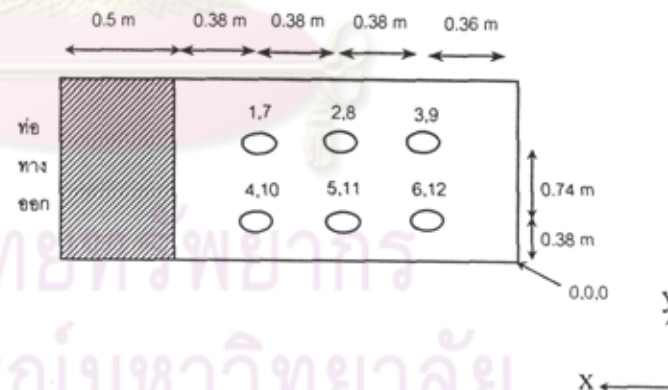
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.12	0.08	0.13	0.11	0.11
	2	0.12	0.08	0.09	0.10	
	3	0.08	0.07	0.07	0.07	
	4	0.18	0.15	0.17	0.17	
	5	0.11	0.11	0.08	0.10	
	6	0.11	0.07	0.08	0.09	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.09	0.12	0.11	0.11	0.10
	8	0.05	0.06	0.09	0.07	
	9	0.06	0.1	0.12	0.09	
	10	0.09	0.12	0.15	0.12	
	11	0.12	0.16	0.09	0.12	
	12	0.08	0.1	0.09	0.09	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.11 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5



## EXPERIMENTAL DATA OF 22-24

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.33 m/sec

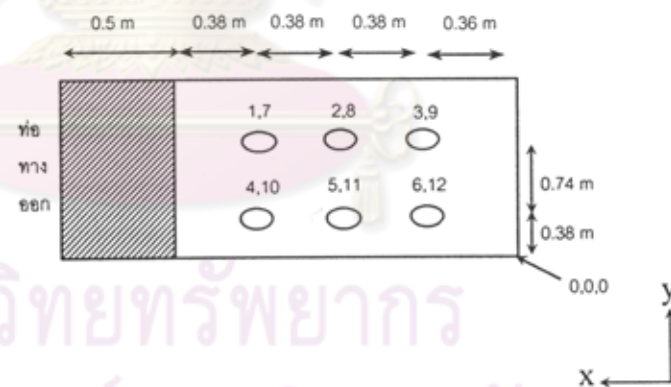
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.33	0.35	0.29	0.32	0.33
	2	0.28	0.25	0.30	0.28	
	3	0.27	0.22	0.25	0.25	
	4	0.41	0.38	0.35	0.38	
	5	0.40	0.35	0.41	0.39	
	6	0.33	0.37	0.40	0.37	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.41	0.38	0.42	0.40	0.36
	8	0.38	0.31	0.41	0.37	
	9	0.33	0.36	0.29	0.33	
	10	0.37	0	0.36	0.37	
	11	0.38	0.29	0.32	0.33	
	12	0.41	0.33	0.30	0.35	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.33 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 25-27

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec

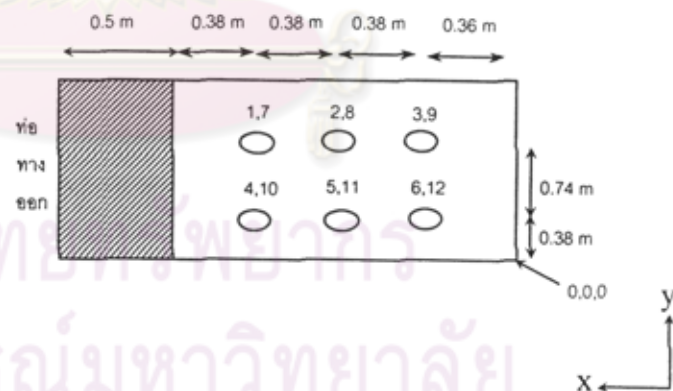
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.31	0.42	0.46	0.40	0.47
	2	0.39	0.52	0.49	0.47	
	3	0.44	0.4	0.42	0.42	
	4	0.56	0.57	0.41	0.51	
	5	0.61	0.62	0.52	0.58	
	6	0.48	0.5	0.4	0.46	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.49	0.47	0.4	0.45	0.43
	8	0.48	0.47	0.33	0.43	
	9	0.35	0.3	0.43	0.36	
	10	0.48	0.41	0.5	0.46	
	11	0.51	0.42	0.35	0.43	
	12	0.52	0.43	0.33	0.43	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m) 0.47 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5





SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 19-27

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER

AIR FLOW RATE	0.225	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.675	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	1.125	m <sup>3</sup> /sec
$\Delta P$	49	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	443	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	1232	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	5	LPM	ROTAMETER SAMPLING	16	LPM	ROTAMETER SAMPLING	25	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.11 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.33 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.47 m/sec				
PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FNA OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FNA OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FNA OFF	FAN HIGH	FAN LOW	
	DIFF. CONC.	DIFF. CONC.	DIFF. CONC.		DIFF. CONC.	DIFF. CONC.	DIFF. CONC.		DIFF. CONC.	DIFF. CONC.	DIFF. CONC.	DIFF. CONC.
	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE
<0.3	1.01E-05	7.22E-05	4.09E-06	<0.3	5.64E-06	2.26E-05	1.90E-05	<0.3	1.97E-04	2.25E-04	1.72E-04	
0.3-0.5	9.89E-05	7.82E-04	2.81E-04	0.3-0.5	3.27E-04	8.02E-04	3.26E-04	0.3-0.5	3.19E-04	1.67E-03	2.12E-04	
0.5-0.7	3.29E-04	3.41E-03	7.90E-04	0.5-0.7	6.37E-04	2.24E-03	4.93E-04	0.5-0.7	1.06E-04	1.13E-03	5.76E-04	
0.7-1	1.41E-03	1.72E-02	4.56E-03	0.7-1	1.43E-03	9.53E-03	2.09E-03	0.7-1	6.03E-04	5.38E-03	2.70E-03	
1-2	8.80E-03	9.55E-02	2.93E-02	1-2	1.15E-02	2.89E-02	1.08E-02	1-2	5.25E-04	1.72E-02	1.63E-02	
2-5	6.76E-02	6.08E-01	2.31E-01	2-5	1.12E-02	9.45E-02	4.94E-02	2-5	4.88E-03	3.46E-02	2.74E-02	
SUM	0.078	0.725	0.266	SUM	0.024	0.136	0.063	SUM	0.006	0.060	0.047	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## EXPERIMENTAL DATA 28

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=22$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	189784	193116	189255	187944	190024.8	3.36E-16	9.07E-04
0.3-0.5	19510	18964	20053	20113	19660	6.59E-16	1.78E-03
0.5-0.7	4771	4628	5082	5275	4939	5.59E-16	1.51E-03
0.7-1	3563	3089	3508	3516	3419	1.10E-15	2.97E-03
1-2	2711	2129	2185	2473	2374.5	4.20E-15	1.13E-02
2-5	728	641	533	660	640.5	1.44E-14	3.88E-02
TOTAL							5.73E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	152351	202032	195895	192015	185573.3	-7.87E-18	-2.12E-05
0.3-0.5	18533	21438	24199	20791	21240.25	5.30E-17	1.43E-04
0.5-0.7	5870	8499	11122	10531	9005.5	4.60E-16	1.24E-03
0.7-1	5715	10020	14097	14386	11054.5	2.46E-15	6.63E-03
1-2	5933	4514	5373	5122	5235.5	5.06E-15	1.37E-02
2-5	2576	1895	481	500	1363	1.62E-14	4.38E-02
TOTAL							6.54E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	180075	202119	202158	190085	193609.3	6.33E-18	1.71E-05
0.3-0.5	25075	29974	27065	22761	26218.75	2.20E-16	5.93E-04
0.5-0.7	8367	11923	12441	10380	10777.75	6.60E-16	1.78E-03
0.7-1	7852	12686	16339	14329	12801.5	3.02E-15	8.15E-03
1-2	7224	7800	8718	8076	7954.5	9.86E-15	2.66E-02
2-5	2738	2859	3101	3182	2970	5.23E-14	1.41E-01
TOTAL							1.78E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	174548	202189	197692	197337	192941.5	5.15E-18	1.39E-05
0.3-0.5	25066	27003	26068	23918	25513.75	1.96E-16	5.30E-04
0.5-0.7	7979	11537	11115	9266	9974.25	5.69E-16	1.54E-03
0.7-1	7746	13738	16826	13058	12842	3.03E-15	8.18E-03
1-2	5753	6105	5849	5408	5778.75	6.02E-15	1.62E-02
2-5	2743	2236	4564	4572	3528.75	6.48E-14	1.75E-01
TOTAL							2.02E-01

## EXPERIMENTAL DATA 29

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

 $\Delta P=22 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	219129	215675	226043	218501	219837	3.88E-16	1.05E-03
0.3-0.5	28710	25134	25844	31563	27812.75	9.32E-16	2.52E-03
0.5-0.7	8161	6677	6387	10010	7808.75	8.83E-16	2.38E-03
0.7-1	6105	4705	4256	7926	5748	1.85E-15	4.99E-03
1-2	3564	2736	2356	5392	3512	6.21E-15	1.68E-02
2-5	787	557	488	1298	782.5	1.76E-14	4.74E-02
TOTAL							7.51E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	239127	219519	238221	242345	234803	2.64E-17	7.14E-05
0.3-0.5	37910	44438	40572	28629	37887.25	3.38E-16	9.12E-04
0.5-0.7	20957	25740	21858	19632	22046.75	1.61E-15	4.35E-03
0.7-1	28740	35911	28135	33159	31486.25	8.28E-15	2.23E-02
1-2	25065	21831	24243	26591	24432.5	3.7E-14	9.98E-02
2-5	11549	10229	15133	17577	13622	2.88E-13	7.78E-01
TOTAL							9.06E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	216006	229288	235953	223198	226111.3	1.11E-17	2.99E-05
0.3-0.5	36229	39302	37249	25885	34666.25	2.30E-16	6.20E-04
0.5-0.7	22481	20443	18764	8292	17495	1.10E-15	2.96E-03
0.7-1	33555	26703	23426	7761	22861.25	5.50E-15	1.49E-02
1-2	27928	24490	8406	7620	17111	2.40E-14	6.49E-02
2-5	16647	9924	9952	3801	10081	2.09E-13	5.64E-01
TOTAL							6.47E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	214501	278534	229168	238647	240212.5	3.60E-17	9.72E-05
0.3-0.5	36732	31606	35073	17393	30201	8.00E-17	2.16E-04
0.5-0.7	21701	12394	18129	11855	16019.75	9.29E-16	2.51E-03
0.7-1	31282	13070	24234	21342	22482	5.38E-15	1.45E-02
1-2	7119	12443	21989	18347	14974.5	2.03E-14	5.47E-02
2-5	8439	5959	14773	13970	10785.25	2.25E-13	6.06E-01
TOTAL							6.78E-01

## EXPERIMENTAL DATA 30

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=22 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	243350	222140	242774	236937	236300.3	4.18E-16	1.13E-03
0.3-0.5	29650	28726	32168	33247	30947.75	1.04E-15	2.80E-03
0.5-0.7	7843	8261	8968	9946	8754.5	9.90E-16	2.67E-03
0.7-1	5291	6273	6499	8198	6565.25	2.11E-15	5.70E-03
1-2	3245	4173	4276	5955	4412.25	7.80E-15	2.11E-02
2-5	856	1239	1250	1609	1238.5	2.78E-14	7.51E-02
TOTAL							1.08E-01
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	240652	223555	229445	252762	236603.5	5.36E-19	1.45E-06
0.3-0.5	45398	49756	47253	31008	43353.75	4.16E-16	1.12E-03
0.5-0.7	29274	31220	28975	24421	28472.5	2.23E-15	6.02E-03
0.7-1	35152	35202	30988	33526	33717	8.73E-15	2.36E-02
1-2	36913	37132	34400	33013	35364.5	5.47E-14	1.48E-01
2-5	23491	22859	23013	20554	22479.25	4.77E-13	1.29E+00
TOTAL							1.47E+00
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	226158	213974	251922	260498	238138	3.25E-18	8.77E-06
0.3-0.5	47150	51602	37800	29355	41476.75	3.53E-16	9.53E-04
0.5-0.7	34085	34716	24586	23814	29300.25	2.32E-15	6.27E-03
0.7-1	34277	32824	38873	33454	34857	9.10E-15	2.46E-02
1-2	42963	43776	30774	33268	37695.25	5.88E-14	1.59E-01
2-5	22693	22223	20081	23770	22191.75	4.70E-13	1.27E+00
TOTAL							1.46E+00
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	224447	226138	248515	248659	236939.8	1.13E-18	3.05E-06
0.3-0.5	47535	50311	44371	42018	46058.75	5.06E-16	1.37E-03
0.5-0.7	30787	31861	23603	25377	27907	2.17E-15	5.85E-03
0.7-1	34952	37243	31636	36230	35015.25	9.15E-15	2.47E-02
1-2	36783	38892	27043	30686	33351	5.11E-14	1.38E-01
2-5	21197	23319	17439	21761	20929	4.42E-13	1.19E+00
TOTAL							1.36E+00



## EXPERIMENTAL DATA 31

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50% , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=197 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	222105	255288	239427	235900	238180	4.21E-16	1.14E-03
0.3-0.5	23528	30073	27126	32970	28424.25	9.53E-16	2.57E-03
0.5-0.7	4501	5816	5384	6450	5537.75	6.26E-16	1.69E-03
0.7-1	1776	2304	2280	2452	2203	7.08E-16	1.91E-03
1-2	559	797	907	668	732.75	1.29E-15	3.50E-03
2-5	101	158	196	89	136	3.05E-15	8.24E-03
TOTAL							1.91E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	198178	201468	266466	283369	237370.3	-1.43E-18	-3.86E-06
0.3-0.5	24785	28602	30063	29583	28258.25	-5.56E-18	-1.50E-05
0.5-0.7	5589	5590	5946	5206	5582.75	5.09E-18	1.37E-05
0.7-1	5547	3771	6463	3716	4874.25	8.59E-16	2.32E-03
1-2	2578	2327	2754	1479	2284.5	2.74E-15	7.40E-03
2-5	851	620	314	350	533.75	8.93E-15	2.41E-02
TOTAL							3.38E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	193185	252462	299029	291425	259025.3	3.68E-17	9.95E-05
0.3-0.5	29547	28559	28470	28578	28888.5	1.56E-17	4.20E-05
0.5-0.7	4643	5622	6097	6661	5755.75	2.47E-17	6.66E-05
0.7-1	2245	3527	3925	4130	3456.75	4.03E-16	1.09E-03
1-2	1002	2463	2524	1813	1950.5	2.15E-15	5.81E-03
2-5	310	792	374	350	456.5	7.19E-15	1.94E-02
TOTAL							2.65E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	274852	274054	271021	270422	272587.3	6.08E-17	1.64E-04
0.3-0.5	25146	27127	30506	32656	28858.75	1.46E-17	3.93E-05
0.5-0.7	5140	5114	5971	5895	5530	-8.77E-19	-2.37E-06
0.7-1	769	676	432	518	598.75	-5.16E-16	-1.39E-03
1-2	346	437	210	272	316.25	-7.36E-16	-1.99E-03
2-5	199	122	40	70	107.75	-6.34E-16	-1.71E-03
TOTAL							-4.89E-03

## EXPERIMENTAL DATA 32

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

DP=197 mmH<sub>2</sub>O Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	232244	222612	225711	222690	225814.3	3.99E-16	1.08E-03
0.3-0.5	25567	22667	24300	24235	24192.25	8.11E-16	2.19E-03
0.5-0.7	5265	4316	4967	5015	4890.75	5.53E-16	1.49E-03
0.7-1	2655	1831	2615	2885	2496.5	8.03E-16	2.17E-03
1-2	1348	856	1465	1694	1340.75	2.37E-15	6.40E-03
2-5	386	228	389	443	361.5	8.12E-15	2.19E-02
TOTAL							3.52E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	220948	277917	253253	252492	251152.5	4.48E-17	1.21E-04
0.3-0.5	41448	38172	33380	28451	35362.75	3.74E-16	1.01E-03
0.5-0.7	16041	11844	9688	5179	10688	6.56E-16	1.77E-03
0.7-1	14453	9288	7269	21309	13079.75	3.40E-15	9.19E-03
1-2	9084	4705	4469	1164	4855.5	6.21E-15	1.68E-02
2-5	2051	852	1058	432	1098.25	1.65E-14	4.47E-02
TOTAL							7.35E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	236135	239484	207901	216152	224918	-1.58E-18	-4.28E-06
0.3-0.5	25274	24655	26470	26504	25725.75	5.14E-17	1.39E-04
0.5-0.7	4930	4539	6707	6295	5617.75	8.22E-17	2.22E-04
0.7-1	2430	1914	5643	4852	3709.75	3.90E-16	1.05E-03
1-2	1098	547	6019	4515	3044.75	3.01E-15	8.13E-03
2-5	373	111	4224	3434	2035.5	3.76E-14	1.01E-01
TOTAL							1.11E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	213068	231295	227724	232965	226263	7.93E-19	2.14E-06
0.3-0.5	33612	29240	28850	27914	29904	1.91E-16	5.17E-04
0.5-0.7	11195	8015	7593	6497	8325	3.88E-16	1.05E-03
0.7-1	10291	5918	5678	4251	6534.5	1.30E-15	3.51E-03
1-2	8552	3473	4290	3208	4880.75	6.26E-15	1.69E-02
2-5	3280	683	1119	1066	1537	2.64E-14	7.13E-02
TOTAL							9.32E-02

## EXPERIMENTAL DATA 33

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=197 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	188723	192615	185150	185852	188085	3.32E-16	8.97E-04
0.3-0.5	21485	22796	24736	23017	23008.5	7.71E-16	2.08E-03
0.5-0.7	4293	4412	5792	5745	5060.5	5.72E-16	1.55E-03
0.7-1	2043	1923	3515	4241	2930.5	9.42E-16	2.54E-03
1-2	1170	923	2291	2304	1672	2.95E-15	7.98E-03
2-5	269	219	670	890	512	1.15E-14	3.10E-02
TOTAL							4.61E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	190645	194228	214339	195288	198625	1.86E-17	5.03E-05
0.3-0.5	25880	27091	30377	36730	30019.5	2.35E-16	6.34E-04
0.5-0.7	6245	6887	11120	13959	9552.75	5.08E-16	1.37E-03
0.7-1	3758	4773	1147+9	12916	7149	1.36E-15	3.66E-03
1-2	1856	2862	10557	8854	6032.25	7.71E-15	2.08E-02
2-5	486	663	6198	3590	2734.25	4.99E-14	1.35E-01
TOTAL							1.61E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	180740	189866	218459	209180	199561.3	2.03E-17	5.48E-05
0.3-0.5	28768	28198	29418	27290	28418.5	1.81E-16	4.89E-04
0.5-0.7	9811	10352	10398	9241	9950.5	5.53E-16	1.49E-03
0.7-1	6262	2965	10236	6054	6379.25	1.11E-15	2.99E-03
1-2	5089	1659	8886	5665	5324.75	6.45E-15	1.74E-02
2-5	2372	370	5088	3303	2783.25	5.10E-14	1.38E-01
TOTAL							1.60E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	188768	176517	201824	195506	190653.8	4.54E-18	1.23E-05
0.3-0.5	23936	29072	31563	30526	28774.25	1.93E-16	5.22E-04
0.5-0.7	7886	6725	11114	9931	8914	4.36E-16	1.18E-03
0.7-1	2223	5034	10325	59933	19378.75	5.29E-15	1.43E-02
1-2	1293	4079	7550	5966	4722	5.39E-15	1.46E-02
2-5	491	2124	4498	3880	2748.25	5.02E-14	1.36E-01
TOTAL							1.66E-01



## EXPERIMENTAL DATA 34

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN OFF

 $\Delta P=547 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	276723	272428	265334	275708	272548.3	4.82E-16	1.30E-03
0.3-0.5	37827	40322	39959	38216	39081	1.31E-15	3.54E-03
0.5-0.7	8770	10279	10950	9248	9811.75	1.11E-15	3.00E-03
0.7-1	4781	6270	7552	5008	5902.75	1.90E-15	5.12E-03
1-2	2178	3604	4230	2410	3105.5	5.49E-15	1.48E-02
2-5	454	727	855	482	629.5	1.41E-14	3.82E-02
TOTAL							6.59E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	299553	286085	264308	275426	281343	1.55E-17	4.20E-05
0.3-0.5	42988	40657	40956	44963	42391	1.11E-16	2.99E-04
0.5-0.7	9220	9339	9765	11114	9859.5	5.40E-18	1.46E-05
0.7-1	5904	5621	6038	6405	5992	2.87E-17	7.75E-05
1-2	2426	2537	4603	3317	3220.75	2.04E-16	5.50E-04
2-5	461	816	585	661	630.75	2.81E-17	7.58E-05
TOTAL							1.06E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	278053	269319	298775	259942	276522.3	7.02E-18	1.90E-05
0.3-0.5	41058	38897	39900	37844	39424.75	1.15E-17	3.11E-05
0.5-0.7	11092	10467	9679	9504	10185.5	4.23E-17	1.14E-04
0.7-1	6975	6780	7082	6033	6717.5	2.62E-16	7.07E-04
1-2	2822	3417	5952	3720	3977.75	1.54E-15	4.16E-03
2-5	505	892	703	939	759.75	2.92E-15	7.89E-03
TOTAL							1.29E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	294708	277078	267025	264726	275884.3	5.90E-18	1.59E-05
0.3-0.5	38628	39505	39063	39880	39269	6.30E-18	1.70E-05
0.5-0.7	9912	9906	9907	9939	9916	1.18E-17	3.18E-05
0.7-1	6019	5965	5978	6293	6063.75	5.18E-17	1.40E-04
1-2	2791	2986	3760	3426	3240.75	2.39E-16	6.45E-04
2-5	459	1006	752	1637	963.5	7.50E-15	2.02E-02
TOTAL							2.11E-02



## EXPERIMENTAL DATA 35

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN LOW

 $\Delta P=547 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	339541	312932	336981	335188	331160.5	5.85E-16	1.58E-03
0.3-0.5	68692	62610	71754	67500	67639	2.27E-15	6.12E-03
0.5-0.7	17637	17572	18455	17742	17851.5	2.02E-15	5.45E-03
0.7-1	9363	11473	9638	9539	10003.25	3.22E-15	8.68E-03
1-2	3537	7311	3762	3733	4585.75	8.10E-15	2.19E-02
2-5	1562	2360	687	599	1302	2.92E-14	7.89E-02
TOTAL							1.23E-01
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	302066	329986	355179	380541	341943	1.91E-17	5.14E-05
0.3-0.5	70331	69279	69273	68421	69326	5.65E-17	1.53E-04
0.5-0.7	17733	16818	19013	19817	18345.25	5.58E-17	1.51E-04
0.7-1	12170	10342	15500	12965	12744.25	8.81E-16	2.38E-03
1-2	6725	4902	6717	5061	5851.25	2.24E-15	6.04E-03
2-5	3179	1004	1755	2427	2091.25	1.77E-14	4.78E-02
TOTAL							5.66E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	307182	325251	377522	382350	348076.3	2.99E-17	8.07E-05
0.3-0.5	70348	71388	68858	69277	69967.75	7.80E-17	2.11E-04
0.5-0.7	19904	16537	18414	18724	18394.75	6.14E-17	1.66E-04
0.7-1	11234	10207	13492	12213	11786.5	5.73E-16	1.55E-03
1-2	4892	5209	4501	4695	4824.25	4.21E-16	1.14E-03
2-5	2480	629	1630	2463	1800.5	1.12E-14	3.02E-02
TOTAL							3.34E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	302257	387221	338990	389408	354469	4.12E-17	1.11E-04
0.3-0.5	67557	68930	68902	66573	67990.5	1.18E-17	3.18E-05
0.5-0.7	21025	22663	21823	21242	21688.25	4.34E-16	1.17E-03
0.7-1	15340	18011	15638	16093	16270.5	2.02E-15	5.44E-03
1-2	5070	6130	8876	8036	7028	4.32E-15	1.17E-02
2-5	2861	3808	2931	3436	3259	4.39E-14	1.19E-01
TOTAL							1.37E-01

## EXPERIMENTAL DATA 36

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=547 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	331769	314953	325048	325308	324269.5	5.73E-16	1.55E-03
0.3-0.5	63704	52566	61055	58991	59079	1.98E-15	5.35E-03
0.5-0.7	15317	12444	14777	14316	14213.5	1.61E-15	4.34E-03
0.7-1	7272	6432	7430	6964	7024.5	2.26E-15	6.10E-03
1-2	2841	2746	3323	2847	2939.25	5.19E-15	1.40E-02
2-5	543	573	699	612	606.75	1.36E-14	3.68E-02
TOTAL							6.81E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	263074	330080	313172	387766	328523.5	7.5E-18	2.0E-05
0.3-0.5	73762	69997	69041	64448	69312	3.4E-16	9.3E-04
0.5-0.7	24428	21781	18179	17589	20494.25	7.1E-16	1.9E-03
0.7-1	17740	15697	10149	11259	13711.25	2.2E-15	5.8E-03
1-2	9657	8259	5209	7149	7568.5	8.2E-15	2.2E-02
2-5	2242	2280	2001	3524	2511.75	4.3E-14	1.2E-01
TOTAL							1.46E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	389578	317653	337359	343936	347131.5	4.04E-17	1.09E-04
0.3-0.5	65833	62297	60594	61950	62668.5	1.20E-16	3.25E-04
0.5-0.7	21618	17178	21693	21654	20535.75	7.15E-16	1.93E-03
0.7-1	15871	10991	18879	18518	16064.75	2.91E-15	7.85E-03
1-2	8548	5239	8462	10039	8072	9.07E-15	2.45E-02
2-5	2690	1164	2853	2807	2378.5	3.98E-14	1.07E-01
TOTAL							1.42E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	307608	316039	355156	367355	336539.5	2.17E-17	5.85E-05
0.3-0.5	63599	64621	62817	60386	62855.75	1.27E-16	3.42E-04
0.5-0.7	17936	18004	17833	18877	18162.5	4.47E-16	1.21E-03
0.7-1	11672	11685	11706	14403	12366.5	1.72E-15	4.64E-03
1-2	6096	5756	6161	7260	6318.25	5.97E-15	1.61E-02
2-5	2107	1451	2011	2796	2091.25	3.33E-14	9.00E-02
TOTAL							1.12E-01

EXPERIMENTAL DATA OF 28-30

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

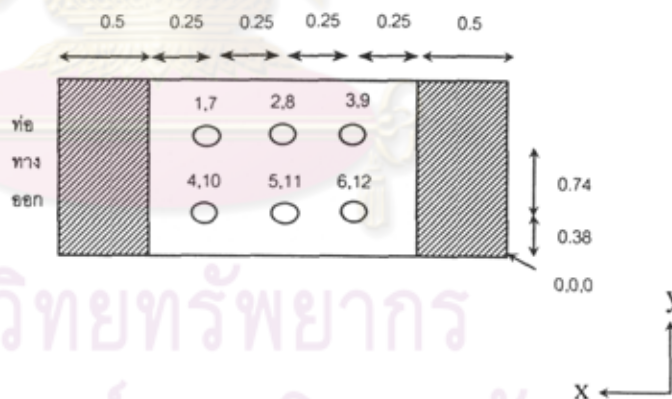
VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.06	0.07	0.07	0.07	0.10
	2	0.08	0.08	0.07	0.08	
	3	0.07	0.07	0.06	0.07	
	4	0.12	0.11	0.10	0.11	
	5	0.13	0.13	0.12	0.13	
	6	0.13	0.12	0.13	0.13	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09
	8	0.06	0.08	0.08	0.07	
	9	0.05	0.07	0.07	0.06	
	10	0.13	0.1	0.11	0.11	
	11	0.1	0.12	0.12	0.11	
	12	0.13	0.11	0.11	0.12	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.10 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.75	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 31-33

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

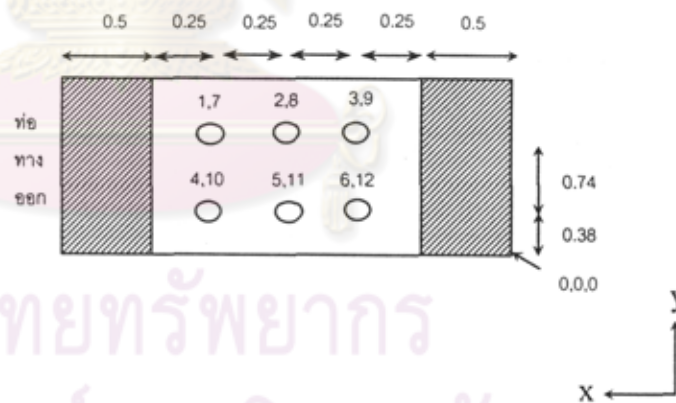
VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.30	0.29	0.22	0.27	0.31
	2	0.23	0.22	0.21	0.22	
	3	0.24	0.20	0.25	0.23	
	4	0.39	0.39	0.35	0.38	
	5	0.41	0.43	0.39	0.41	
	6	0.35	0.32	0.33	0.33	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.40	0.38	0.42	0.40	0.35
	8	0.37	0.35	0.33	0.35	
	9	0.35	0.36	0.32	0.34	
	10	0.34	0.35	0.33	0.34	
	11	0.38	0.37	0.32	0.36	
	12	0.35	0.31	0.30	0.32	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.31 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5





## EXPERIMENTAL DATA OF 34-36

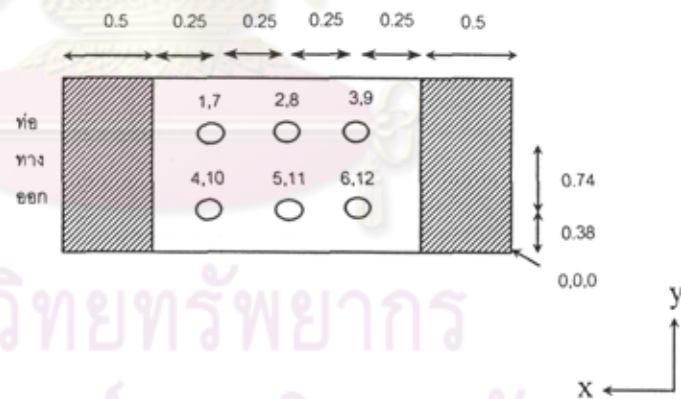
DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER (FAN OFF,FAN HIGH,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.40	0.46	0.35	0.40	0.49
	2	0.55	0.39	0.24	0.39	
	3	0.35	0.25	0.41	0.34	
	4	0.61	0.63	0.54	0.59	
	5	0.56	0.63	0.65	0.61	
	6	0.61	0.48	0.63	0.57	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.32	0.33	0.31	0.32	0.40
	8	0.45	0.35	0.32	0.37	
	9	0.35	0.41	0.43	0.40	
	10	0.40	0.56	0.51	0.49	
	11	0.41	0.40	0.50	0.44	
	12	0.43	0.43	0.31	0.39	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.49 m/s

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 28-36

VENTILATE FLOOR AREA 50 %

HEIGHT OF THE ROOM WALL 2 METER

AIR FLOW RATE 0.15 m<sup>3</sup>/secAIR FLOW RATE 0.45 m<sup>3</sup>/secAIR FLOW RATE 0.75 m<sup>3</sup>/sec $\Delta P$  22 mmH<sub>2</sub>O $\Delta P$  197 mmH<sub>2</sub>O $\Delta P$  547 mmH<sub>2</sub>O

ROTAMETER SAMPLING 4 LPM

ROTAMETER SAMPLING 11 LPM

ROTAMETER SAMPLING 17 LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec				
PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	
	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.		DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.		DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.
	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE
<0.3	3.26E-06	4.42E-06	6.62E-05	<0.3	8.66E-05	3.91E-05	3.96E-05	<0.3	2.56E-05	6.26E-05	8.11E-05	
0.3-0.5	4.22E-04	1.15E-03	5.83E-04	0.3-0.5	2.21E-05	5.48E-04	5.55E-04	0.3-0.5	1.16E-04	5.31E-04	1.32E-04	
0.5-0.7	1.52E-03	6.05E-03	3.27E-03	0.5-0.7	2.60E-05	1.35E-03	1.01E-03	0.5-0.7	5.35E-05	1.68E-03	4.96E-04	
0.7-1	7.65E-03	2.43E-02	1.72E-02	0.7-1	6.72E-04	6.98E-03	4.58E-03	0.7-1	3.08E-04	6.10E-03	3.12E-03	
1-2	1.88E-02	1.48E-01	7.31E-02	1-2	3.74E-03	1.76E-02	1.39E-02	1-2	1.79E-03	2.09E-02	6.28E-03	
2-5	1.20E-01	1.25E+00	6.49E-01	2-5	1.39E-02	1.36E-01	7.25E-02	2-5	9.41E-03	1.04E-01	6.56E-02	
SUM	0.148	1.430	0.744	SUM	0.018	0.162	0.093	SUM	0.011	0.132	0.075	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## EXPERIMENTAL DATA 37

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.12 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % . HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	269183	266679	269691	270645	269049.5	4.75E-16	1.28E-03
0.3-0.5	29652	28601	30297	30843	29848.25	1.00E-15	2.70E-03
0.5-0.7	5475	5404	5973	5698	5637.5	6.38E-16	1.72E-03
0.7-1	2392	2343	2532	2605	2468	7.94E-16	2.14E-03
1-2	841	765	832	912	837.5	1.48E-15	4.00E-03
2-5	162	116	130	162	142.5	3.20E-15	8.64E-03
TOTAL							2.05E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	257209	278365	288579	280922	276268.8	1.28E-17	3.44E-05
0.3-0.5	32587	32434	34824	32327	33043	1.07E-16	2.89E-04
0.5-0.7	6655	6505	6882	6275	6579.25	1.07E-16	2.88E-04
0.7-1	3779	2997	3094	2704	3143.5	2.17E-16	5.86E-04
1-2	3113	1487	1473	997	1767.5	1.64E-15	4.44E-03
2-5	1879	426	316	1181	950.5	1.81E-14	4.90E-02
TOTAL							5.46E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	319244	310300	320053	205428	288756.3	3.48E-17	9.40E-05
0.3-0.5	32374	30019	31160	32403	31489	5.50E-17	1.48E-04
0.5-0.7	5831	4362	5863	7339	5848.75	2.39E-17	6.45E-05
0.7-1	3887	2617	2834	5479	3704.25	3.98E-16	1.07E-03
1-2	3397	1689	2048	4837	2992.75	3.81E-15	1.03E-02
2-5	1376	506	928	1645	1113.75	2.18E-14	5.89E-02
TOTAL							7.05E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	321595	332841	230586	224475	277374.3	1.47E-17	3.97E-05
0.3-0.5	30421	32644	31203	31351	31404.75	5.22E-17	1.41E-04
0.5-0.7	3988	5066	4335	13313	6675.5	1.17E-16	3.17E-04
0.7-1	2111	3312	2296	15741	5865	1.09E-15	2.95E-03
1-2	1502	2480	1123	16063	5292	7.87E-15	2.13E-02
2-5	696	905	228	1910	934.75	1.78E-14	4.80E-02
TOTAL							7.27E-02

## EXPERIMENTAL DATA 38

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.12 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100% , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	190638	192517	214225	207461	201210.3	3.56E-16	9.60E-04
0.3-0.5	17060	16726	18807	18183	17694	5.93E-16	1.60E-03
0.5-0.7	4557	4352	4494	4337	4435	5.02E-16	1.35E-03
0.7-1	3485	3176	2999	2985	3161.25	1.02E-15	2.74E-03
1-2	2371	2037	1752	1796	1989	3.51E-15	9.49E-03
2-5	217	285	214	226	235.5	5.29E-15	1.43E-02
TOTAL							3.04E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	197638	212379	197951	136429	186099.3	-2.67E-17	-7.21E-05
0.3-0.5	22797	25761	22356	28104	24754.5	2.37E-16	6.39E-04
0.5-0.7	7042	8208	6961	13229	8860	5.00E-16	1.35E-03
0.7-1	6703	7172	9502	17653	10257.5	2.28E-15	6.16E-03
1-2	6598	6871	9137	16011	9654.25	1.35E-14	3.66E-02
2-5	2896	1279	2305	13986	5116.5	1.10E-13	2.96E-01
TOTAL							3.41E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	217388	216211	197322	153975	196224	-8.81E-18	-2.38E-05
0.3-0.5	22094	22547	19090	22185	21479	1.27E-16	3.42E-04
0.5-0.7	6071	6215	5414	8403	6525.75	2.36E-16	6.38E-04
0.7-1	7397	7425	9212	10476	8627.5	1.76E-15	4.75E-03
1-2	5174	5054	8447	11136	7452.75	9.66E-15	2.61E-02
2-5	2804	3957	3150	8387	4574.5	9.74E-14	2.63E-01
TOTAL							2.95E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	218403	233985	207437	241650	225368.8	4.27E-17	1.15E-04
0.3-0.5	21172	22617	19630	17547	20241.5	8.54E-17	2.30E-04
0.5-0.7	5120	5743	4814	6246	5480.75	1.18E-16	3.19E-04
0.7-1	6873	5171	9411	8943	7599.5	1.43E-15	3.85E-03
1-2	3790	3347	2587	10123	4961.75	5.25E-15	1.42E-02
2-5	1622	1070	2914	13572	4794.5	1.02E-13	2.76E-01
TOTAL							2.95E-01



## EXPERIMENTAL DATA 39

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.12 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=88 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 7 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176332	171032	175177	176261	174700.5	3.09E-16	8.34E-04
0.3-0.5	12740	12735	12822	12513	12702.5	4.26E-16	1.15E-03
0.5-0.7	2824	2295	2247	2253	2404.75	2.72E-16	7.34E-04
0.7-1	1679	1913	1810	1696	1774.5	5.71E-16	1.54E-03
1-2	1089	1106	924	809	982	1.74E-15	4.69E-03
2-5	147	196	193	161	174.25	3.91E-15	1.06E-02
TOTAL							1.95E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	376165	301553	370946	370420	354771	3.18E-16	8.59E-04
0.3-0.5	39008	30607	30064	31632	32827.75	6.74E-16	1.82E-03
0.5-0.7	11770	5628	9784	11956	9784.5	8.35E-16	2.25E-03
0.7-1	12339	4412	7397	18802	10737.5	2.88E-15	7.78E-03
1-2	10067	3058	7490	18725	9835	1.56E-14	4.22E-02
2-5	5350	5822	5522	7057	5937.75	1.29E-13	3.49E-01
TOTAL							4.04E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	362872	354856	370424	399980	372033	3.49E-16	9.42E-04
0.3-0.5	35569	32181	40427	39869	37011.5	8.15E-16	2.20E-03
0.5-0.7	9906	6389	7791	12492	9144.5	7.62E-16	2.06E-03
0.7-1	10650	5063	8238	13651	9400.5	2.45E-15	6.62E-03
1-2	9944	5143	7268	15497	9463	1.50E-14	4.05E-02
2-5	7503	5775	5949	7047	6568.5	1.44E-13	3.88E-01
TOTAL							4.40E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	363824	307116	364992	384137	355017.3	3.19E-16	8.60E-04
0.3-0.5	32661	30828	30855	30905	31317.25	6.24E-16	1.68E-03
0.5-0.7	8264	4949	6652	11395	7815	6.12E-16	1.65E-03
0.7-1	9625	3770	7562	12217	8293.5	2.10E-15	5.66E-03
1-2	10270	5867	7837	15749	9930.75	1.58E-14	4.27E-02
2-5	7930	5943	5026	7823	6680.5	1.46E-13	3.94E-01
TOTAL							4.47E-01

## EXPERIMENTAL DATA 40

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.35 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	272677	274880	270477	253287	267830.3	4.73E-16	1.28E-03
0.3-0.5	32437	33446	30850	27714	31111.75	1.04E-15	2.81E-03
0.5-0.7	6229	6342	5776	5085	5858	6.63E-16	1.79E-03
0.7-1	2748	2909	2546	2253	2614	8.41E-16	2.27E-03
1-2	1073	1264	958	929	1056	1.87E-15	5.04E-03
2-5	181	211	145	155	173	3.88E-15	1.05E-02
TOTAL							2.37E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	252762	269313	280707	253650	264108	-6.58E-18	-1.78E-05
0.3-0.5	32830	31840	34259	33709	33159.5	6.86E-17	1.85E-04
0.5-0.7	6727	6476	6836	6862	6725.25	9.81E-17	2.65E-04
0.7-1	4265	3104	3492	4566	3856.75	4.00E-16	1.08E-03
1-2	3614	1523	1443	3744	2581	2.69E-15	7.28E-03
2-5	1902	350	215	2709	1294	2.52E-14	6.79E-02
TOTAL							7.67E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	273679	278358	262453	274395	272221.3	7.76E-18	2.10E-05
0.3-0.5	33727	31867	29842	32428	31966	2.86E-17	7.73E-05
0.5-0.7	6674	6123	5611	6089	6124.25	3.01E-17	8.13E-05
0.7-1	3495	2635	2370	2775	2818.75	6.58E-17	1.78E-04
1-2	2027	1099	846	1278	1312.5	4.53E-16	1.22E-03
2-5	674	251	116	325	341.5	3.78E-15	1.02E-02
TOTAL							1.18E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	269891	271851	266876	272104	270180.5	4.15E-18	1.12E-05
0.3-0.5	33137	31949	30491	31392	31742.25	2.11E-17	5.70E-05
0.5-0.7	6564	5983	5823	5906	6069	2.39E-17	6.44E-05
0.7-1	3606	2810	2520	2507	2860.75	7.93E-17	2.14E-04
1-2	2334	1229	919	934	1354	5.27E-16	1.42E-03
2-5	857	300	135	160	363	4.27E-15	1.15E-02
TOTAL							1.33E-02

## EXPERIMENTAL DATA 41

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.35 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=788$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	312757	291297	307066	289593	300178.3	5.30E-16	1.43E-03
0.3-0.5	43711	36397	41798	35703	39402.25	1.32E-15	3.57E-03
0.5-0.7	7866	6521	7712	6334	7108.25	8.04E-16	2.17E-03
0.7-1	3239	2632	3158	2460	2872.25	9.24E-16	2.49E-03
1-2	1083	1084	1065	964	1049	1.85E-15	5.01E-03
2-5	179	233	176	157	186.25	4.18E-15	1.13E-02
TOTAL							2.60E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	302380	304743	276318	315149	299647.5	-9.38E-19	-2.53E-06
0.3-0.5	48286	51333	54955	52763	51834.25	4.17E-16	1.12E-03
0.5-0.7	10375	11590	16084	13902	12987.75	6.65E-16	1.80E-03
0.7-1	5554	6561	5315	7904	6333.5	1.11E-15	3.01E-03
1-2	3012	3565	4724	3644	3736.25	4.75E-15	1.28E-02
2-5	589	741	1621	2095	1261.5	2.41E-14	6.52E-02
TOTAL							8.39E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	307841	303912	292183	304676	302153	3.49E-18	9.42E-06
0.3-0.5	66142	63949	52424	51969	58621	6.44E-16	1.74E-03
0.5-0.7	21983	20045	13103	11763	16723.5	1.09E-15	2.94E-03
0.7-1	6327	5229	3194	6501	5312.75	7.85E-16	2.12E-03
1-2	3399	4093	2253	3463	3302	3.98E-15	1.07E-02
2-5	354	1622	890	787	913.25	1.63E-14	4.41E-02
TOTAL							6.16E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	303337	308600	306892	299601	304607.5	7.83E-18	2.11E-05
0.3-0.5	58478	58240	53956	65110	58946	6.55E-16	1.77E-03
0.5-0.7	18114	17341	14588	21499	17885.5	1.22E-15	3.29E-03
0.7-1	6527	3505	6469	4173	5168.5	7.38E-16	1.99E-03
1-2	3243	4426	2148	3163	3245	3.88E-15	1.05E-02
2-5	1438	610	658	1345	1012.75	1.86E-14	5.01E-02
TOTAL							6.76E-02

## EXPERIMENTAL DATA 42

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.35 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=788 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 21 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	195094	199112	202818	194852	197969	3.50E-16	9.45E-04
0.3-0.5	16316	16524	17361	16566	16691.75	5.59E-16	1.51E-03
0.5-0.7	2884	2874	3018	2933	2927.25	3.31E-16	8.94E-04
0.7-1	1374	1339	1296	1283	1323	4.25E-16	1.15E-03
1-2	708	627	484	496	578.75	1.02E-15	2.76E-03
2-5	139	135	73	62	102.25	2.30E-15	6.20E-03
TOTAL							1.35E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	201304	210209	195299	192866	199919.5	3.45E-18	9.31E-06
0.3-0.5	17486	18317	16243	16401	17111.75	1.41E-17	3.80E-05
0.5-0.7	3063	3373	2858	3021	3078.75	1.71E-17	4.63E-05
0.7-1	1471	1730	1397	1556	1538.5	6.93E-17	1.87E-04
1-2	2639	2856	3641	3850	3246.5	4.71E-15	1.27E-02
2-5	2538	1566	2510	2566	2295	4.92E-14	1.33E-01
TOTAL							1.46E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	314487	319016	276051	323130	308171	1.95E-16	5.26E-04
0.3-0.5	56820	50630	48944	48779	51293.25	1.16E-15	3.13E-03
0.5-0.7	14611	11254	12349	9936	12037.5	1.03E-15	2.78E-03
0.7-1	6220	8709	7098	4236	6565.75	1.69E-15	4.55E-03
1-2	2416	2331	7758	1240	3436.25	5.05E-15	1.36E-02
2-5	1531	1407	4570	2527	2508.75	5.40E-14	1.46E-01
TOTAL							1.70E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	303786	302093	275442	333524	303711.3	1.87E-16	5.05E-04
0.3-0.5	41122	43156	46203	44407	43722	9.06E-16	2.45E-03
0.5-0.7	8197	8832	11411	9197	9409.25	7.33E-16	1.98E-03
0.7-1	3486	7234	8406	4648	5943.5	1.49E-15	4.01E-03
1-2	2193	2188	7194	2528	3525.75	5.21E-15	1.41E-02
2-5	1660	1787	3759	1849	2263.75	4.85E-14	1.31E-01
TOTAL							1.54E-01



## EXPERIMENTAL DATA 43

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.48 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=2189 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	262979	259820	247830	240014	252660.8	4.46E-16	1.21E-03
0.3-0.5	36316	35393	32808	32138	34163.75	1.14E-15	3.09E-03
0.5-0.7	7653	7373	6816	7023	7216.25	8.16E-16	2.20E-03
0.7-1	4474	3798	3584	3829	3921.25	1.26E-15	3.40E-03
1-2	2657	1969	1751	1500	1969.25	3.48E-15	9.40E-03
2-5	760	466	363	284	468.25	1.05E-14	2.84E-02
	TOTAL						4.77E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	259160	257385	265871	261186	260900.5	1.46E-17	3.93E-05
0.3-0.5	46006	34199	35613	37009	38206.75	1.35E-16	3.66E-04
0.5-0.7	14174	7128	7352	6785	8859.75	1.86E-16	5.02E-04
0.7-1	10149	3641	3630	3392	5203	4.12E-16	1.11E-03
1-2	3539	1572	1972	2055	2284.5	5.57E-16	1.50E-03
2-5	466	476	430	660	508	8.92E-16	2.41E-03
	TOTAL						5.93E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	267505	269880	271057	263758	268050	2.72E-17	7.34E-05
0.3-0.5	34301	34285	35274	36768	35157	3.33E-17	8.99E-05
0.5-0.7	6289	6670	6705	6468	6533	-7.73E-17	-2.09E-04
0.7-1	5803	3564	3193	3289	3962.25	1.32E-17	3.56E-05
1-2	2273	2258	2504	2555	2397.5	7.57E-16	2.04E-03
2-5	473	644	520	696	583.25	2.58E-15	6.97E-03
	TOTAL						9.00E-03
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	271267	262192	268700	264000	266539.8	2.45E-17	6.62E-05
0.3-0.5	34790	33456	33831	36737	34703.5	1.81E-17	4.88E-05
0.5-0.7	6266	6439	6446	6647	6449.5	-8.67E-17	-2.34E-04
0.7-1	2833	3369	2955	3299	3114	-2.60E-16	-7.01E-04
1-2	2298	2174	2208	2705	2346.25	6.66E-16	1.80E-03
2-5	533	607	710	877	681.75	4.79E-15	1.29E-02
	TOTAL						1.39E-02

## EXPERIMENTAL DATA 44

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.48 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % . HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=2189$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	195068	203179	206832	198518	200899.3	3.55E-16	9.59E-04
0.3-0.5	20279	21248	21465	20057	20762.25	6.96E-16	1.88E-03
0.5-0.7	3443	3744	3832	3623	3660.5	4.14E-16	1.12E-03
0.7-1	1338	1322	1503	1469	1408	4.53E-16	1.22E-03
1-2	622	424	490	665	550.25	9.72E-16	2.63E-03
2-5	157	61	109	176	125.75	2.82E-15	7.62E-03
TOTAL							1.54E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	208916	209842	198376	195278	203103	3.89E-18	1.05E-05
0.3-0.5	19472	19409	20290	21108	20069.75	-2.32E-17	-6.27E-05
0.5-0.7	3681	3439	3620	4128	3717	6.39E-18	1.73E-05
0.7-1	1499	1416	1551	2027	1623.25	6.92E-17	1.87E-04
1-2	625	445	633	1340	760.75	3.72E-16	1.00E-03
2-5	424	372	379	531	426.5	6.75E-15	1.82E-02
TOTAL							1.94E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	202863	208372	207088	206621	206236	9.43E-18	2.55E-05
0.3-0.5	17849	21564	20663	20347	20105.75	-2.20E-17	-5.94E-05
0.5-0.7	3295	5112	4341	3992	4185	5.93E-17	1.60E-04
0.7-1	1227	3037	2482	2251	2249.25	2.71E-16	7.30E-04
1-2	591	1445	1816	1663	1378.75	1.46E-15	3.95E-03
2-5	351	343	534	890	529.5	9.06E-15	2.45E-02
TOTAL							2.93E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	208463	211243	203059	187917	202670.5	3.13E-18	8.45E-06
0.3-0.5	36606	26756	25076	19272	26927.5	2.07E-16	5.58E-04
0.5-0.7	8695	7513	6233	3794	6558.75	3.28E-16	8.85E-04
0.7-1	5470	3586	4137	1739	3733	7.48E-16	2.02E-03
1-2	956	1732	1615	996	1324.75	1.37E-15	3.70E-03
2-5	356	498	318	348	380	5.71E-15	1.54E-02
TOTAL							2.26E-02

## EXPERIMENTAL DATA 45

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.48 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 100 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

DP=2189 mmH<sub>2</sub>O Q sampling 35 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	207853	289783	309644	295673	275738.3	4.87E-16	1.32E-03
0.3-0.5	48300	44813	48361	44448	46480.5	1.56E-15	4.21E-03
0.5-0.7	9711	9394	10037	9242	9596	1.09E-15	2.93E-03
0.7-1	4407	4042	4399	4107	4238.75	1.36E-15	3.68E-03
1-2	1546	1708	1988	1878	1780	3.15E-15	8.49E-03
2-5	294	322	224	211	262.75	5.90E-15	1.59E-02
TOTAL							3.66E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	299317	305025	302205	312321	304717	5.1E-17	1.4E-04
0.3-0.5	53479	49410	47780	50430	50274.75	1.3E-16	3.4E-04
0.5-0.7	13091	10717	9803	10405	11004	1.6E-16	4.3E-04
0.7-1	7385	5121	4493	4534	5383.25	3.7E-16	9.9E-04
1-2	2819	2061	2559	2682	2530.25	1.3E-15	3.6E-03
2-5	422	349	412	850	508.25	5.5E-15	1.5E-02
TOTAL							2.04E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	301787	298933	305270	309057	303761.8	4.95E-17	1.34E-04
0.3-0.5	54265	56065	52906	63762	56749.5	3.44E-16	9.29E-04
0.5-0.7	13183	14897	14087	22072	16059.75	7.31E-16	1.97E-03
0.7-1	7484	9152	9709	17949	11073.5	2.20E-15	5.93E-03
1-2	3096	3202	5123	8317	4934.5	5.57E-15	1.51E-02
2-5	412	739	1212	1052	853.75	1.33E-14	3.58E-02
TOTAL							5.98E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	306121	305610	303231	292996	301989.5	4.64E-17	1.25E-04
0.3-0.5	61483	54343	57404	56503	57433.25	3.67E-16	9.91E-04
0.5-0.7	18753	13777	16580	15752	16215.5	7.49E-16	2.02E-03
0.7-1	13195	8581	12148	10391	11078.75	2.20E-15	5.94E-03
1-2	5022	4284	7342	4088	5184	6.02E-15	1.62E-02
2-5	524	780	1300	796	850	1.32E-14	3.56E-02
TOTAL							6.09E-02

EXPERIMENTAL DATA OF 37-39

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.12 m/sec

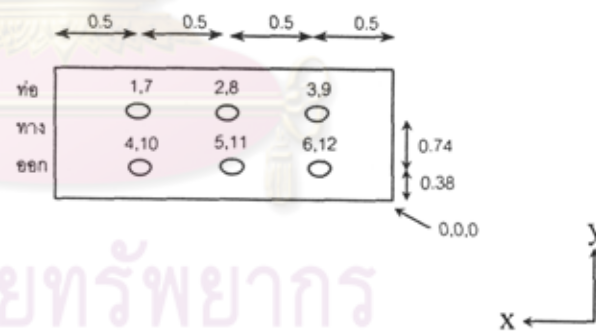
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF , FAN HIGH ,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.14	0.12	0.11	0.12	0.12
	2	0.08	0.08	0.08	0.08	
	3	0.1	0.15	0.11	0.12	
	4	0.12	0.21	0.17	0.17	
	5	0.15	0.11	0.13	0.13	
	6	0.13	0.14	0.08	0.12	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.18	0.13	0.15	0.15	0.14
	8	0.12	0.15	0.08	0.12	
	9	0.13	0.14	0.12	0.13	
	10	0.23	0.18	0.2	0.20	
	11	0.08	0.12	0.14	0.11	
	12	0.07	0.12	0.11	0.10	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m) 0.12 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5





## EXPERIMENTAL DATA OF 40-42

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.35 m/sec

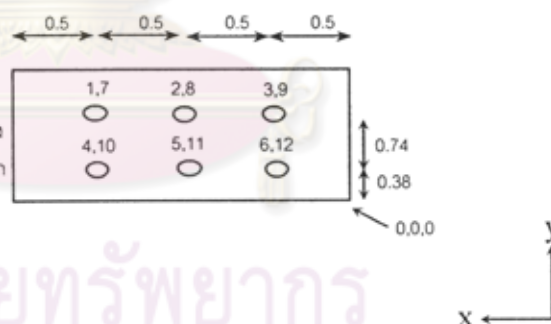
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF , FAN HIGH ,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.37	0.31	0.40	0.36	0.35
	2	0.4	0.42	0.37	0.40	
	3	0.33	0.36	0.32	0.34	
	4	0.4	0.34	0.36	0.37	
	5	0.31	0.3	0.28	0.30	
	6	0.31	0.32	0.32	0.32	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.35	0.32	0.33	0.33	0.35
	8	0.31	0.35	0.37	0.34	
	9	0.32	0.33	0.37	0.34	
	10	0.33	0.32	0.34	0.33	
	11	0.35	0.36	0.37	0.36	
	12	0.38	0.35	0.37	0.37	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง(0.5 m) 0.35 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 43-45

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.48 m/sec

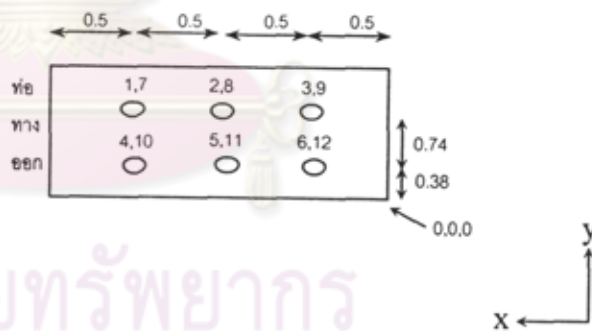
VENTILATE FLOOR AREA 100 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF , FAN HIGH ,FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.38	0.39	0.47	0.41	0.48
	2	0.41	0.42	0.47	0.43	
	3	0.42	0.48	0.41	0.44	
	4	0.52	0.54	0.55	0.54	
	5	0.54	0.57	0.50	0.54	
	6	0.52	0.48	0.51	0.50	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.43	0.42	0.48	0.44	0.50
	8	0.51	0.52	0.49	0.51	
	9	0.43	0.45	0.48	0.45	
	10	0.51	0.54	0.52	0.52	
	11	0.51	0.53	0.59	0.54	
	12	0.52	0.54	0.58	0.55	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.48 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 37-45

VENTILATE FLOOR AREA 100 %

HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER

AIR FLOW RATE 0.3 m<sup>3</sup>/sec

AIR FLOW RATE 0.9 m<sup>3</sup>/sec

AIR FLOW RATE 1.5 m<sup>3</sup>/sec

$\Delta P$  88 mmH<sub>2</sub>O

$\Delta P$  788 mmH<sub>2</sub>O

$\Delta P$  2189 mmH<sub>2</sub>O

ROTAMETER SAMPLING 7.0 LPM

ROTAMETER SAMPLING 21 LPM

ROTAMETER SAMPLING 35 LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.12 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.35 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.48 m/sec			
PARTICLE SIZE (μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE (μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE (μm)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW
	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE
<0.3	5.61E-05	8.87E-04	6.46E-06	<0.3	4.80E-06	3.47E-04	9.34E-06	<0.3	5.97E-05	1.32E-04	1.48E-05
0.3-0.5	1.93E-04	1.90E-03	4.04E-04	0.3-0.5	1.07E-04	1.87E-03	1.54E-03	0.3-0.5	1.68E-04	7.54E-04	1.45E-04
0.5-0.7	2.23E-04	1.99E-03	7.70E-04	0.5-0.7	1.37E-04	1.60E-03	2.67E-03	0.5-0.7	1.97E-05	1.48E-03	3.54E-04
0.7-1	1.54E-03	6.69E-03	4.92E-03	0.7-1	4.90E-04	2.92E-03	2.37E-03	0.7-1	1.49E-04	4.29E-03	9.79E-04
1-2	1.20E-02	4.18E-02	2.56E-02	1-2	3.31E-03	1.35E-02	1.13E-02	1-2	1.78E-03	1.16E-02	2.88E-03
2-5	5.20E-02	3.77E-01	2.78E-01	2-5	2.99E-02	1.37E-01	5.31E-02	2-5	7.44E-03	2.88E-02	1.94E-02
SUM	0.066	0.430	0.310	SUM	0.034	0.157	0.071	SUM	0.010	0.047	0.024

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## EXPERIMENTAL DATA 46

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.13 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	311918	289081	316901	286005	300976.3	5.32E-16	1.44E-03
0.3-0.5	27127	22658	27953	21760	24874.5	8.34E-16	2.25E-03
0.5-0.7	4941	4136	5034	3893	4501	5.09E-16	1.37E-03
0.7-1	2175	1825	2403	1871	2068.5	6.65E-16	1.80E-03
1-2	990	830	988	768	894	1.58E-15	4.27E-03
2-5	145	107	145	106	125.75	2.82E-15	7.62E-03
TOTAL							1.87E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	317842	307008	312922	295722	308373.5	1.31E-17	3.53E-05
0.3-0.5	26042	57805	34454	31749	37512.5	4.24E-16	1.14E-03
0.5-0.7	4960	24042	11656	10002	12665	9.23E-16	2.49E-03
0.7-1	2813	21030	11950	9880	11418.25	3.01E-15	8.12E-03
1-2	2030	10145	10240	8968	7845.75	1.23E-14	3.32E-02
2-5	773	4448	6728	5438	4346.75	9.48E-14	2.56E-01
TOTAL							3.01E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	296177	308303	300661	308212	303338.3	4.17E-18	1.13E-05
0.3-0.5	25790	25468	46870	27310	31359.5	2.17E-16	5.87E-04
0.5-0.7	5181	4167	17271	6951	8392.5	4.40E-16	1.19E-03
0.7-1	2930	1930	13236	7651	6436.75	1.40E-15	3.79E-03
1-2	1354	928	4696	0.7985	1744.7	1.50E-15	4.06E-03
2-5	417	270	882	3000	1142.25	2.28E-14	6.16E-02
TOTAL							7.13E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	303879	318307	315577	327743	316376.5	2.72E-17	7.35E-05
0.3-0.5	25298	30005	24608	29351	27315.5	8.18E-17	2.21E-04
0.5-0.7	4579	7610	7453	7586	6807	2.61E-16	7.04E-04
0.7-1	2321	5471	9556	7268	6154	1.31E-15	3.55E-03
1-2	1323	3373	10447	7221	5591	8.30E-15	2.24E-02
2-5	538	1542	3322	2036	1859.5	3.89E-14	1.05E-01
TOTAL							1.32E-01



## EXPERIMENTAL DATA 47

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.13 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=49 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	311097	282292	313805	313051	305061.3	5.39E-16	1.46E-03
0.3-0.5	25614	21803	28208	29260	26221.25	8.79E-16	2.37E-03
0.5-0.7	4721	3857	5455	5758	4947.75	5.60E-16	1.51E-03
0.7-1	2533	2250	3273	3593	2912.25	9.36E-16	2.53E-03
1-2	1492	1451	2091	2073	1776.75	3.14E-15	8.48E-03
2-5	322	278	427	391	354.5	7.96E-15	2.15E-02
TOTAL							3.78E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	359648	394832	287030	238377	319971.8	2.63E-17	7.11E-05
0.3-0.5	32246	29038	31788	24668	29435	1.08E-16	2.91E-04
0.5-0.7	8857	6380	11930	13708	10218.75	5.96E-16	1.61E-03
0.7-1	9057	4776	15462	22320	12903.75	3.21E-15	8.67E-03
1-2	9578	4490	16167	20349	12646	1.92E-14	5.19E-02
2-5	4975	1901	4267	4113	3814	7.77E-14	2.10E-01
TOTAL							2.72E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	351357	323316	319496	342671	334210	5.15E-17	1.39E-04
0.3-0.5	32771	31507	29515	27197	30247.5	1.35E-16	3.64E-04
0.5-0.7	9157	5656	8928	14147	9472	5.12E-16	1.38E-03
0.7-1	9557	2960	10250	22374	11285.25	2.69E-15	7.27E-03
1-2	10068	2128	11348	20714	11064.5	1.64E-14	4.43E-02
2-5	5349	764	7612	5776	4875.25	1.01E-13	2.74E-01
TOTAL							3.27E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	335216	337597	396686	376142	361410.3	9.96E-17	2.69E-04
0.3-0.5	40085	40241	37630	36474	38607.5	4.15E-16	1.12E-03
0.5-0.7	12511	7346	13246	13550	11663.25	7.60E-16	2.05E-03
0.7-1	13912	3640	16340	17940	12958	3.23E-15	8.72E-03
1-2	14180	1999	16389	17599	12541.75	1.90E-14	5.14E-02
2-5	8563	590	3317	5746	4554	9.43E-14	2.55E-01
TOTAL							3.18E-01

## EXPERIMENTAL DATA 48

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.13 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=49 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	349832	354485	356202	347597	352029	6.22E-16	1.68E-03
0.3-0.5	53334	54130	54112	48072	52412	1.76E-15	4.74E-03
0.5-0.7	10822	10667	10426	9226	10285.25	1.16E-15	3.14E-03
0.7-1	4710	4448	4483	4047	4422	1.42E-15	3.84E-03
1-2	1497	1397	1438	1328	1415	2.50E-15	6.75E-03
2-5	137	141	181	169	157	3.52E-15	9.52E-03
TOTAL							2.97E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	495314	390529	384982	393520	416086.3	1.13E-16	3.06E-04
0.3-0.5	67636	60432	66465	59669	63550.5	3.73E-16	1.01E-03
0.5-0.7	18619	16217	13495	16718	16262.25	6.76E-16	1.83E-03
0.7-1	10481	11334	12721	24711	14811.75	3.34E-15	9.02E-03
1-2	7360	6652	11936	22085	12008.25	1.87E-14	5.05E-02
2-5	3726	2916	8551	9634	6206.75	1.36E-13	3.67E-01
TOTAL							4.29E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	459468	469770	443371	465504	459528.3	1.90E-16	5.13E-04
0.3-0.5	66395	67642	73186	59573	66699	4.79E-16	1.29E-03
0.5-0.7	18658	19124	20007	19414	19300.75	1.02E-15	2.75E-03
0.7-1	12708	8924	14191	20166	13997.25	3.08E-15	8.31E-03
1-2	12163	7429	13559	18522	12918.25	2.03E-14	5.49E-02
2-5	6175	2728	7239	17697	8459.75	1.86E-13	5.03E-01
TOTAL							5.71E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	413428	440166	499389	390352	435833.8	1.48E-16	4.00E-04
0.3-0.5	69993	67610	75095	67600	70074.5	5.92E-16	1.60E-03
0.5-0.7	22032	18125	18657	19359	19543.25	1.05E-15	2.83E-03
0.7-1	17840	6912	14569	21633	15238.5	3.48E-15	9.39E-03
1-2	16631	6169	14633	20737	14542.5	2.32E-14	6.26E-02
2-5	10268	2467	9592	15467	9448.5	2.09E-13	5.63E-01
TOTAL							6.40E-01

## EXPERIMENTAL DATA 49

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	145062	145521	139221	133279	140770.8	2.49E-16	6.72E-04
0.3-0.5	7574	7550	7268	6802	7298.5	2.45E-16	6.60E-04
0.5-0.7	1765	1742	1613	1522	1660.5	1.88E-16	5.07E-04
0.7-1	1098	1043	962	981	1021	3.28E-16	8.86E-04
1-2	695	548	543	539	581.25	1.03E-15	2.77E-03
2-5	219	139	134	116	152	3.41E-15	9.21E-03
TOTAL							1.47E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	150711	154767	165531	178264	162318.3	3.81E-17	1.03E-04
0.3-0.5	9876	9201	9606	8183	9216.5	6.43E-17	1.74E-04
0.5-0.7	3553	2843	2830	2230	2864	1.36E-16	3.68E-04
0.7-1	2537	2848	2327	1964	2419	4.50E-16	1.21E-03
1-2	5682	3112	1691	1832	3079.25	4.41E-15	1.19E-02
2-5	3572	1958	408	1004	1735.5	3.55E-14	9.60E-02
TOTAL							1.10E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	179353	165260	188304	194017	181733.5	7.24E-17	1.95E-04
0.3-0.5	7234	6940	7699	8069	7485.5	6.27E-18	1.69E-05
0.5-0.7	1790	1645	2129	2111	1918.75	2.92E-17	7.89E-05
0.7-1	1390	1007	2040	1973	1602.5	1.87E-16	5.05E-04
1-2	1147	515	1982	2294	1484.5	1.60E-15	4.31E-03
2-5	604	133	1231	975	735.75	1.31E-14	3.54E-02
TOTAL							4.05E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	120211	135463	156170	153158	141250.5	8.48E-19	2.29E-06
0.3-0.5	12084	12192	9383	9680	10834.75	1.19E-16	3.20E-04
0.5-0.7	5293	4643	2332	2667	3733.75	2.34E-16	6.33E-04
0.7-1	4805	3080	1674	2661	3055	6.54E-16	1.77E-03
1-2	9257	7059	1141	2645	5025.5	7.85E-15	2.12E-02
2-5	3393	2825	1515	1776	2377.25	5.00E-14	1.35E-01
TOTAL							1.59E-01

## EXPERIMENTAL DATA 50

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176157	168478	158357	165358	167087.5	2.95E-16	7.97E-04
0.3-0.5	10221	9526	8456	8861	9266	3.11E-16	8.38E-04
0.5-0.7	2316	2150	1811	2015	2073	2.34E-16	6.33E-04
0.7-1	1603	1382	1082	1092	1289.75	4.15E-16	1.12E-03
1-2	1069	812	459	530	717.5	1.27E-15	3.42E-03
2-5	308	184	123	117	183	4.11E-15	1.11E-02
TOTAL							1.79E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	223830	225765	218764	226927	223821.5	1.00E-16	2.71E-04
0.3-0.5	25663	24742	24713	38921	28509.75	6.45E-16	1.74E-03
0.5-0.7	7192	6451	6760	5359	6440.5	4.94E-16	1.33E-03
0.7-1	4815	3336	4192	12240	6145.75	1.56E-15	4.22E-03
1-2	3003	1232	3063	7478	3694	5.26E-15	1.42E-02
2-5	951	280	1515	6067	2203.25	4.54E-14	1.22E-01
TOTAL							1.44E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	264948	211732	185848	213214	218935.5	9.16E-17	2.47E-04
0.3-0.5	40176	16507	22520	29538	27206	6.01E-16	1.62E-03
0.5-0.7	8262	4613	8274	7026	7043.75	5.62E-16	1.52E-03
0.7-1	11305	3088	9036	10678	8526.75	2.33E-15	6.28E-03
1-2	4900	1966	7726	8072	5666	8.74E-15	2.36E-02
2-5	1109	464	7389	5015	3494.25	7.43E-14	2.01E-01
TOTAL							2.34E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	231944	227155	203536	185510	212036.3	7.94E-17	2.14E-04
0.3-0.5	22825	19315	18077	20548	20191.25	3.66E-16	9.88E-04
0.5-0.7	6692	5603	5303	7300	6224.5	4.70E-16	1.27E-03
0.7-1	4289	4568	4843	8413	5528.25	1.36E-15	3.68E-03
1-2	1756	3448	4571	3458	3308.25	4.58E-15	1.24E-02
2-5	351	983	3607	7138	3019.75	6.37E-14	1.72E-01
TOTAL							1.90E-01



## EXPERIMENTAL DATA 51

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR . HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	141871	135714	132756	143101	138360.5	2.45E-16	6.60E-04
0.3-0.5	7088	7068	6746	7306	7052	2.36E-16	6.38E-04
0.5-0.7	1656	1560	1623	1613	1613	1.82E-16	4.93E-04
0.7-1	1094	1022	1125	1000	1060.25	3.41E-16	9.21E-04
1-2	770	565	657	519	627.75	1.11E-15	3.00E-03
2-5	116	148	148	110	130.5	2.93E-15	7.91E-03
TOTAL							1.36E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	146097	164500	150192	164770	156389.8	3.19E-17	8.60E-05
0.3-0.5	9007	9338	9877	9710	9483	8.15E-17	2.20E-04
0.5-0.7	2325	2108	2544	2204	2295.25	7.72E-17	2.08E-04
0.7-1	8212	9280	12492	11304	10322	2.98E-15	8.04E-03
1-2	2832	2817	6769	5928	4586.5	7.00E-15	1.89E-02
2-5	1836	3305	4622	5488	3812.75	8.27E-14	2.23E-01
TOTAL							2.51E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	165180	169504	153049	165565	163324.5	4.41E-17	1.19E-04
0.3-0.5	10589	10519	9023	9718	9962.25	9.75E-17	2.63E-04
0.5-0.7	2470	2497	2002	2159	2282	7.57E-17	2.04E-04
0.7-1	11814	11749	11222	11294	11519.75	3.36E-15	9.08E-03
1-2	3703	4330	7619	8964	6154	9.77E-15	2.64E-02
2-5	2055	1617	4221	5410	3325.75	7.17E-14	1.94E-01
TOTAL							2.30E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	140913	142151	133799	134844	137926.8	-7.66E-19	-2.07E-06
0.3-0.5	7497	7557	7482	6892	7357	1.02E-17	2.76E-05
0.5-0.7	1972	1971	2056	1514	1878.25	3.00E-17	8.10E-05
0.7-1	11474	11548	11796	11033	11462.75	3.34E-15	9.03E-03
1-2	4320	3386	8962	9645	6578.25	1.05E-14	2.84E-02
2-5	2597	2619	3180	4233	3157.25	6.79E-14	1.83E-01
TOTAL							2.21E-01

## EXPERIMENTAL DATA 52

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	141858	144172	136030	130073	138033.3	2.44E-16	6.59E-04
0.3-0.5	9417	9906	8887	8770	9245	3.10E-16	8.36E-04
0.5-0.7	2235	2313	2003	1914	2116.25	2.39E-16	6.46E-04
0.7-1	1519	1455	1176	1116	1316.5	4.23E-16	1.14E-03
1-2	1025	839	699	589	788	1.39E-15	3.76E-03
2-5	285	231	154	123	198.25	4.45E-15	1.20E-02
TOTAL							1.91E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	173464	185316	179508	179026	179328.5	7.30E-17	1.97E-04
0.3-0.5	16453	16716	12849	12935	14738.25	1.84E-16	4.97E-04
0.5-0.7	4714	4522	2903	2868	3751.75	1.85E-16	4.99E-04
0.7-1	4525	3567	1803	1717	2903	5.10E-16	1.38E-03
1-2	1970	1065	1057	1033	1281.25	8.72E-16	2.35E-03
2-5	817	544	305	284	487.5	6.49E-15	1.75E-02
TOTAL							2.25E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	184750	182283	177833	174445	179827.8	7.39E-17	1.99E-04
0.3-0.5	13995	13080	12358	11838	12817.75	1.20E-16	3.23E-04
0.5-0.7	3070	2815	2689	2605	2794.75	7.67E-17	2.07E-04
0.7-1	2004	1679	1611	1696	1747.5	1.39E-16	3.74E-04
1-2	1373	868	893	878	1003	3.80E-16	1.03E-03
2-5	485	311	241	215	313	2.58E-15	6.96E-03
TOTAL							9.09E-03
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	174323	179048	165999	167496	171716.5	5.95E-17	1.61E-04
0.3-0.5	11385	11482	10509	10865	11060.25	6.08E-17	1.64E-04
0.5-0.7	2614	2528	2419	2494	2513.75	4.50E-17	1.21E-04
0.7-1	1585	1682	1442	1618	1581.75	8.53E-17	2.30E-04
1-2	792	914	663	728	774.25	-2.43E-17	-6.56E-05
2-5	172	213	149	307	210.25	2.69E-16	7.27E-04
TOTAL							1.34E-03

## EXPERIMENTAL DATA 53

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

before							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	209115	238314	246012	210326	225941.8	3.99E-16	1.08E-03
0.3-0.5	15510	18775	19825	15709	17454.75	5.85E-16	1.58E-03
0.5-0.7	3678	4206	4587	3525	3999	4.52E-16	1.22E-03
0.7-1	2283	2640	2860	1989	2443	7.86E-16	2.12E-03
1-2	1374	1469	1657	990	1372.5	2.43E-15	6.55E-03
2-5	348	310	350	214	305.5	6.86E-15	1.85E-02
TOTAL							3.11E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	244719	246844	246378	251899	247460	3.80E-17	1.03E-04
0.3-0.5	31921	29747	35466	61328	39615.5	7.43E-16	2.01E-03
0.5-0.7	10800	9218	8513	8254	9196.25	5.88E-16	1.59E-03
0.7-1	4741	4056	4266	4850	4478.25	6.54E-16	1.77E-03
1-2	1114	1469	2170	3487	2060	1.21E-15	3.28E-03
2-5	583	606	720	828	684.25	8.50E-15	2.30E-02
TOTAL							3.17E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	261616	261855	255590	257520	259145.3	5.87E-17	1.58E-04
0.3-0.5	56917	47698	55349	51872	52959	1.19E-15	3.21E-03
0.5-0.7	8577	11903	12225	9966	10667.75	7.54E-16	2.04E-03
0.7-1	5441	5204	4914	4382	4985.25	8.17E-16	2.21E-03
1-2	2066	1037	2397	1833	1833.25	8.14E-16	2.20E-03
2-5	731	588	364	286	492.25	4.19E-15	1.13E-02
TOTAL							2.11E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	262430	261433	261026	246357	257811.5	5.63E-17	1.52E-04
0.3-0.5	45062	39832	40664	75648	50301.5	1.10E-15	2.97E-03
0.5-0.7	16887	13917	13960	14495	14814.75	1.22E-15	3.30E-03
0.7-1	4394	5905	5348	4377	5006	8.24E-16	2.23E-03
1-2	1827	1078	1357	2049	1577.75	3.63E-16	9.79E-04
2-5	559	364	362	304	397.25	2.06E-15	5.56E-03
TOTAL							1.52E-02

## EXPERIMENTAL DATA 54

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	182612	169235	170805	160270	170730.5	3.02E-16	8.15E-04
0.3-0.5	12318	10850	10598	9986	10938	3.67E-16	9.90E-04
0.5-0.7	3097	2717	2377	2283	2618.5	2.96E-16	8.00E-04
0.7-1	2265	1675	1485	1362	1696.75	5.46E-16	1.47E-03
1-2	1461	1048	812	788	1027.25	1.82E-15	4.90E-03
2-5	344	254	192	210	250	5.61E-15	1.52E-02
TOTAL							2.41E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	186859	192907	179407	202220	190348.3	3.5E-17	9.4E-05
0.3-0.5	12947	13122	12104	14089	13065.5	7.1E-17	1.9E-04
0.5-0.7	13096	4976	14789	13242	11525.75	1.0E-15	2.7E-03
0.7-1	4176	7881	6711	8017	6696.25	1.6E-15	4.3E-03
1-2	2504	2217	2027	2331	2269.75	2.2E-15	5.9E-03
2-5	429	3361	268	406	1116	1.9E-14	5.2E-02
TOTAL							6.58E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	199493	202646	185930	203994	198015.8	4.82E-17	1.30E-04
0.3-0.5	13053	13781	12334	13570	13184.5	7.53E-17	2.03E-04
0.5-0.7	15050	14021	15799	16122	15248	1.43E-15	3.86E-03
0.7-1	4813	6925	9638	8940	7579	1.89E-15	5.11E-03
1-2	2014	2159	1927	2227	2081.75	1.86E-15	5.03E-03
2-5	1302	2329	1206	350	1296.75	2.35E-14	6.34E-02
TOTAL							7.78E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	199024	201367	200264	202196	200712.8	5.30E-17	1.43E-04
0.3-0.5	14043	14168	14183	14579	14243.25	1.11E-16	2.99E-04
0.5-0.7	8301	8293	11317	12524	10108.75	8.47E-16	2.29E-03
0.7-1	5143	6143	6109	9305	6675	1.60E-15	4.32E-03
1-2	2185	2285	2290	2483	2310.75	2.27E-15	6.12E-03
2-5	1283	1313	1394	1432	1355.5	2.48E-14	6.70E-02
TOTAL							8.02E-02



EXPERIMENTAL DATA OF 46-48

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.13 m/sec

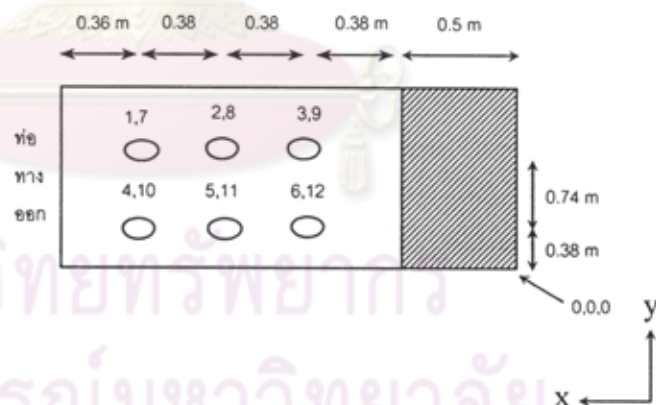
VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF , FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.08	0.13	0.21	0.14	0.13
	2	0.15	0.13	0.09	0.12	
	3	0.12	0.15	0.18	0.15	
	4	0.15	0.16	0.10	0.14	
	5	0.15	0.17	0.11	0.14	
	6	0.15	0.08	0.09	0.11	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.10	0.18	0.11	0.13	0.12
	8	0.08	0.09	0.07	0.08	
	9	0.14	0.18	0.2	0.17	
	10	0.09	0.11	0.12	0.11	
	11	0.12	0.06	0.09	0.09	
	12	0.09	0.15	0.12	0.12	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.13 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 49-51

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

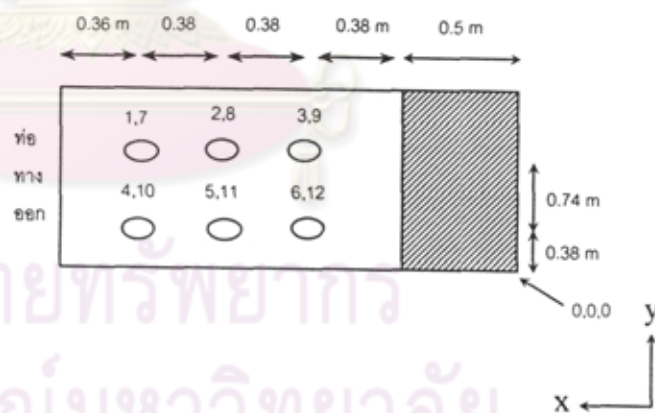
	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.40	0.38	0.35	0.38	0.31
	2	0.31	0.23	0.30	0.28	
	3	0.33	0.41	0.38	0.37	
	4	0.3	0.28	0.26	0.28	
	5	0.23	0.18	0.25	0.22	
	6	0.29	0.37	0.25	0.30	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.43	0.45	0.38	0.42	0.35
	8	0.326	0.3	0.28	0.30	
	9	0.32	0.37	0.35	0.35	
	10	0.38	0.3	0.41	0.36	
	11	0.35	0.25	0.4	0.33	
	12	0.37	0.42	0.28	0.36	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m)

0.31 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## EXPERIMENTAL DATA OF 52-54

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF . FAN HIGH, FAN LOW)

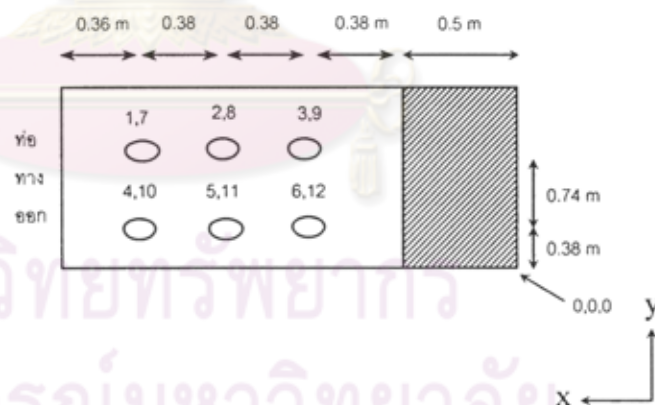
	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.56	0.6	0.63	0.60	0.52
	2	0.59	0.62	0.65	0.62	
	3	0.52	0.55	0.60	0.56	
	4	0.54	0.45	0.43	0.47	
	5	0.54	0.39	0.48	0.47	
	6	0.35	0.4	0.37	0.37	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.50	0.69	0.72	0.64	0.52
	8	0.8	0.76	0.55	0.70	
	9	0.59	0.66	0.51	0.59	
	10	0.40	0.52	0.37	0.43	
	11	0.50	0.40	0.39	0.43	
	12	0.37	0.35	0.29	0.34	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m)

0.52 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.5	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.5	1.12	0.5
4	1.5	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.5	0.38	0.5
7	1.5	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.5	1.12	1.5
10	1.5	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 46-54

VENTILATE FLOOR AREA 75 % NEAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER

AIR FLOW RATE	0.3	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.9	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	1.5	m <sup>3</sup> /sec
$\Delta P$	49	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	443	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	1232	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	5.0	LPM	ROTAMETER SAMPLING	16	LPM	ROTAMETER SAMPLING	25	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.13 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec			
PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW
	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE
<0.3	4.00E-05	4.06E-04	1.60E-04	<0.3	1.00E-04	6.77E-05	2.44E-04	<0.3	1.86E-04	1.22E-04	1.38E-04
0.3-0.5	6.50E-04	1.30E-03	5.92E-04	0.3-0.5	1.70E-04	1.70E-04	1.45E-03	0.3-0.5	3.28E-04	2.32E-04	2.73E-03
0.5-0.7	1.46E-03	2.47E-03	1.68E-03	0.5-0.7	3.60E-04	1.65E-04	1.37E-03	0.5-0.7	2.76E-04	2.95E-03	2.31E-03
0.7-1	5.15E-03	8.91E-03	8.22E-03	0.7-1	1.16E-03	8.72E-03	4.73E-03	0.7-1	6.61E-04	4.59E-03	2.07E-03
1-2	1.99E-02	5.60E-02	4.92E-02	1-2	1.25E-02	2.45E-02	1.67E-02	1-2	1.10E-03	5.69E-03	2.15E-03
2-5	1.41E-01	4.78E-01	2.46E-01	2-5	8.87E-02	2.00E-01	1.65E-01	2-5	8.41E-03	6.10E-02	1.33E-02
SUM	0.168	0.547	0.306	SUM	0.103	0.234	0.190	SUM	0.011	0.075	0.023

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## EXPERIMENTAL DATA 55

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.14 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	272849	260314	286051	279584	274699.5	4.85E-16	1.31E-03
0.3-0.5	21580	20732	22453	22185	21737.5	7.28E-16	1.97E-03
0.5-0.7	4255	4629	4657	4703	4561	5.16E-16	1.39E-03
0.7-1	2409	2689	2657	2734	2622.25	8.43E-16	2.28E-03
1-2	1326	1317	1533	1628	1451	2.56E-15	6.92E-03
2-5	258	252	288	315	278.25	6.25E-15	1.69E-02
TOTAL							3.07E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	298183	288694	284789	297388	292263.5	3.10E-17	8.38E-05
0.3-0.5	20357	19984	23521	20611	21118.25	-2.08E-17	-5.60E-05
0.5-0.7	4051	4303	6461	7951	5691.5	1.28E-16	3.45E-04
0.7-1	2347	2760	4627	11489	5305.75	8.63E-16	2.33E-03
1-2	1391	1976	2521	12272	4540	5.46E-15	1.47E-02
2-5	311	628	768	4783	1622.5	3.02E-14	8.15E-02
TOTAL							9.89E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	263067	268515	306642	298156	284095	1.66E-17	4.48E-05
0.3-0.5	20320	23976	21241	23200	22184.25	1.50E-17	4.04E-05
0.5-0.7	4085	6062	5767	8761	6168.75	1.82E-16	4.91E-04
0.7-1	2335	4607	5909	11707	6139.5	1.13E-15	3.05E-03
1-2	1289	2993	6865	12408	5888.75	7.84E-15	2.12E-02
2-5	223	489	1035	4115	1465.5	2.67E-14	7.20E-02
TOTAL							9.68E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	277590	275017	292203	307423	288058.3	2.36E-17	6.37E-05
0.3-0.5	21514	21884	31626	14620	22411	2.26E-17	6.09E-05
0.5-0.7	4184	4309	14280	8127	7725	3.58E-16	9.66E-04
0.7-1	2357	2337	19252	15413	9839.75	2.32E-15	6.27E-03
1-2	1487	1278	19852	15118	9433.75	1.41E-14	3.81E-02
2-5	422	266	2368	3123	1544.75	2.84E-14	7.68E-02
TOTAL							1.22E-01

## EXPERIMENTAL DATA 56

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.14 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=49$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	239984	239835	218115	213846	227945	4.03E-16	1.09E-03
0.3-0.5	19472	19076	16186	16532	17816.5	5.97E-16	1.61E-03
0.5-0.7	4244	3925	3240	3375	3696	4.18E-16	1.13E-03
0.7-1	2710	2124	1649	1948	2107.75	6.78E-16	1.83E-03
1-2	1731	1102	661	875	1092.25	1.93E-15	5.21E-03
2-5	279	172	95	149	173.75	3.90E-15	1.05E-02
TOTAL							2.14E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	232268	238013	237522	290496	249574.8	3.82E-17	1.03E-04
0.3-0.5	18983	18361	19979	17188	18627.75	2.72E-17	7.34E-05
0.5-0.7	6807	5439	3506	6146	5474.5	2.01E-16	5.43E-04
0.7-1	10905	5541	2373	8057	6719	1.48E-15	4.00E-03
1-2	12401	6027	1759	9330	7379.25	1.11E-14	3.00E-02
2-5	13299	2691	648	7304	5985.5	1.30E-13	3.52E-01
TOTAL							3.87E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	234790	262588	247295	241613	246571.5	3.29E-17	8.89E-05
0.3-0.5	19503	20509	18099	14632	18185.75	1.24E-17	3.34E-05
0.5-0.7	6788	3650	5860	6088	5596.5	2.15E-16	5.80E-04
0.7-1	9801	2929	7473	9438	7410.25	1.71E-15	4.60E-03
1-2	11052	2837	8233	10822	8236	1.26E-14	3.41E-02
2-5	9288	1275	6479	8661	6425.75	1.40E-13	3.79E-01
TOTAL							4.18E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	226339	278271	259314	223890	246953.5	3.36E-17	9.07E-05
0.3-0.5	18791	20564	18995	19420	19442.5	5.45E-17	1.47E-04
0.5-0.7	9010	4897	3775	7437	6279.75	2.92E-16	7.89E-04
0.7-1	13195	5553	3332	15726	9451.5	2.36E-15	6.38E-03
1-2	14933	6319	2917	15620	9947.25	1.56E-14	4.22E-02
2-5	9715	3023	1464	8527	5682.25	1.24E-13	3.34E-01
TOTAL							3.84E-01

## EXPERIMENTAL DATA 57

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.14 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=49 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 5 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	253082	259024	249816	218811	245183.3	4.33E-16	1.17E-03
0.3-0.5	21252	23507	20672	17213	20661	6.92E-16	1.87E-03
0.5-0.7	4176	4818	4047	3305	4086.5	4.62E-16	1.25E-03
0.7-1	2143	2774	2117	1656	2172.5	6.99E-16	1.89E-03
1-2	944	1492	1037	713	1046.5	1.85E-15	4.99E-03
2-5	145	310	151	80	171.5	3.85E-15	1.04E-02
	TOTAL						2.16E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	251205	258729	252773	269762	258117.3	2.29E-17	6.17E-05
0.3-0.5	23084	24586	18328	19842	21460	2.68E-17	7.23E-05
0.5-0.7	7454	7629	4149	8071	6825.75	3.10E-16	8.36E-04
0.7-1	8632	8336	2913	13000	8220.25	1.94E-15	5.25E-03
1-2	9056	8925	2467	13680	8532	1.32E-14	3.57E-02
2-5	5596	4391	1037	15204	6557	1.43E-13	3.87E-01
	TOTAL						4.29E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	287228	265103	270675	267271	272569.3	4.84E-17	1.31E-04
0.3-0.5	21819	27431	20445	19068	22190.75	5.13E-17	1.38E-04
0.5-0.7	6954	12286	5071	6980	7822.75	4.23E-16	1.14E-03
0.7-1	8060	16825	3999	10152	9759	2.44E-15	6.59E-03
1-2	8931	17312	4008	10605	10214	1.62E-14	4.37E-02
2-5	5568	8127	5788	14246	8432.25	1.85E-13	5.01E-01
	TOTAL						5.52E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	249130	243267	239660	222361	238604.5	-1.16E-17	-3.14E-05
0.3-0.5	22371	27662	23059	25938	24757.5	1.37E-16	3.71E-04
0.5-0.7	7700	10358	9326	16298	10920.5	7.73E-16	2.09E-03
0.7-1	10078	11548	12844	26741	15302.75	4.22E-15	1.14E-02
1-2	10878	12380	13801	24747	15451.5	2.55E-14	6.87E-02
2-5	7803	5463	9611	27821	12674.5	2.81E-13	7.58E-01
	TOTAL						8.40E-01

## EXPERIMENTAL DATA 58

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	168197	167933	158245	151070	161361.3	2.85E-16	7.70E-04
0.3-0.5	11048	11299	10445	9762	10638.5	3.56E-16	9.63E-04
0.5-0.7	2444	2472	2297	2114	2331.75	2.64E-16	7.12E-04
0.7-1	1493	1568	1375	1366	1450.5	4.66E-16	1.26E-03
1-2	748	719	613	714	698.5	1.23E-15	3.33E-03
2-5	163	114	79	119	118.75	2.67E-15	7.20E-03
TOTAL							1.42E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	142050	140841	142659	156914	145616	-2.78E-17	-7.51E-05
0.3-0.5	9173	8748	8205	9608	8933.5	-5.71E-17	-1.54E-04
0.5-0.7	2355	2092	1831	2035	2078.25	-2.87E-17	-7.74E-05
0.7-1	2184	1553	1034	1268	1509.75	1.91E-17	5.14E-05
1-2	2488	1351	492	608	1234.75	9.48E-16	2.56E-03
2-5	1398	579	105	134	554	9.77E-15	2.64E-02
TOTAL							2.87E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	164710	165011	160509	189743	169993.3	1.53E-17	4.12E-05
0.3-0.5	11259	10923	10321	13272	11443.75	2.70E-17	7.29E-05
0.5-0.7	2896	2447	2387	3140	2717.5	4.36E-17	1.18E-04
0.7-1	2629	1689	1507	2082	1976.75	1.69E-16	4.57E-04
1-2	2812	1234	766	1534	1586.5	1.57E-15	4.24E-03
2-5	1200	571	133	742	661.5	1.22E-14	3.29E-02
TOTAL							3.78E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	105452	178851	209300	296526	197532.3	6.39E-17	1.73E-04
0.3-0.5	24610	30836	36126	19576	27787	5.75E-16	1.55E-03
0.5-0.7	11934	15012	15425	6791	12290.5	1.13E-15	3.04E-03
0.7-1	14414	17470	16527	6673	13771	3.96E-15	1.07E-02
1-2	12136	15159	13086	5090	11367.75	1.89E-14	5.09E-02
2-5	1435	3002	4284	1362	2520.75	5.39E-14	1.46E-01
TOTAL							2.12E-01



## EXPERIMENTAL DATA 59

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	163865	180725	181877	179403	176467.5	3.12E-16	8.42E-04
0.3-0.5	9274	10848	10749	11307	10544.5	3.53E-16	9.54E-04
0.5-0.7	1993	2390	2407	2766	2389	2.70E-16	7.30E-04
0.7-1	1283	1675	1491	2100	1637.25	5.26E-16	1.42E-03
1-2	652	1258	918	1381	1052.25	1.86E-15	5.02E-03
2-5	140	428	214	342	281	6.31E-15	1.70E-02
TOTAL							2.60E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	184923	186127	154793	186160	178000.8	2.71E-18	7.32E-06
0.3-0.5	10674	11609	14122	23266	14917.75	1.47E-16	3.96E-04
0.5-0.7	2449	2746	6860	7543	4899.5	2.84E-16	7.67E-04
0.7-1	1542	2056	10506	7835	5484.75	1.24E-15	3.34E-03
1-2	1162	1631	11797	7819	5602.25	8.04E-15	2.17E-02
2-5	473	609	13733	4434	4812.25	1.02E-13	2.75E-01
TOTAL							3.01E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176471	223169	150669	164294	178650.8	3.86E-18	1.04E-05
0.3-0.5	11795	22168	13330	19725	16754.5	2.08E-16	5.62E-04
0.5-0.7	3160	7144	6007	8339	6162.5	4.27E-16	1.15E-03
0.7-1	2388	4812	9135	10238	6643.25	1.61E-15	4.35E-03
1-2	1588	1873	9807	10006	5818.5	8.42E-15	2.27E-02
2-5	582	382	11604	8209	5194.25	1.10E-13	2.98E-01
TOTAL							3.27E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	201182	207527	167039	184973	190180.3	2.42E-17	6.54E-05
0.3-0.5	17358	22003	20081	22180	20405.5	3.30E-16	8.92E-04
0.5-0.7	5155	7521	7978	8471	7281.25	5.53E-16	1.49E-03
0.7-1	3607	6511	8433	8639	6797.5	1.66E-15	4.48E-03
1-2	1968	4335	8092	8004	5599.75	8.04E-15	2.17E-02
2-5	502	1138	4852	4226	2679.5	5.38E-14	1.45E-01
TOTAL							1.74E-01

## EXPERIMENTAL DATA 60

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=443 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 16 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	179680	173876	179079	172647	176320.5	3.12E-16	8.41E-04
0.3-0.5	10890	10757	10938	10273	10714.5	3.59E-16	9.69E-04
0.5-0.7	2359	2263	2463	2204	2322.25	2.63E-16	7.09E-04
0.7-1	1488	1433	1516	1454	1472.75	4.74E-16	1.28E-03
1-2	865	712	801	805	795.75	1.41E-15	3.80E-03
2-5	200	147	183	170	175	3.93E-15	1.06E-02
TOTAL							1.82E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	179999	180295	175185	194354	182458.3	1.08E-17	2.93E-05
0.3-0.5	21782	14071	23120	22790	20440.75	3.26E-16	8.80E-04
0.5-0.7	9388	4246	10792	11353	8944.75	7.49E-16	2.02E-03
0.7-1	10944	3728	13464	15596	10933	3.04E-15	8.21E-03
1-2	10020	2833	13466	15401	10430	1.70E-14	4.60E-02
2-5	4331	908	7841	12969	6512.25	1.42E-13	3.84E-01
TOTAL							4.41E-01

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	200165	204746	198212	213016	204034.8	4.90E-17	1.32E-04
0.3-0.5	14295	16608	11308	24164	16593.75	1.97E-16	5.32E-04
0.5-0.7	4564	2640	2869	9765	4959.5	2.98E-16	8.05E-04
0.7-1	5240	1577	1960	11947	5181	1.19E-15	3.22E-03
1-2	6390	758	1028	11302	4869.5	7.20E-15	1.94E-02
2-5	5044	153	222	12705	4531	9.78E-14	2.64E-01
TOTAL							2.88E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	199530	237645	179929	188104	201302	4.41E-17	1.19E-04
0.3-0.5	14099	29516	16991	12888	18373.5	2.57E-16	6.93E-04
0.5-0.7	4631	9880	7343	4548	6600.5	4.84E-16	1.31E-03
0.7-1	4436	7084	9742	5776	6759.5	1.70E-15	4.59E-03
1-2	4338	2151	10271	6809	5892.25	9.01E-15	2.43E-02
2-5	2359	202	7306	4777	3661	7.83E-14	2.11E-01
TOTAL							2.42E-01

## EXPERIMENTAL DATA 61

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	153345	150048	162090	145640	152780.8	2.70E-16	7.29E-04
0.3-0.5	7624	7282	8071	7381	7589.5	2.54E-16	6.87E-04
0.5-0.7	1542	1381	1633	1403	1489.75	1.68E-16	4.55E-04
0.7-1	897	859	1009	948	928.25	2.98E-16	8.06E-04
1-2	441	482	626	578	531.75	9.40E-16	2.54E-03
2-5	278	282	211	208	244.75	5.49E-15	1.48E-02
TOTAL							2.00E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	160910	185385	164232	170980	170376.8	3.11E-17	8.40E-05
0.3-0.5	6809	8345	7935	8919	8002	1.38E-17	3.73E-05
0.5-0.7	1360	2629	1909	2942	2210	8.15E-17	2.20E-04
0.7-1	843	3557	1513	1654	1891.75	3.10E-16	8.37E-04
1-2	328	886	882	1045	785.25	4.48E-16	1.21E-03
2-5	41	511	240	208	250	1.18E-16	3.18E-04
TOTAL							2.71E-03
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	186210	177578	165359	189477	179656	4.75E-17	1.28E-04
0.3-0.5	10448	14108	19177	7615	12837	1.76E-16	4.75E-04
0.5-0.7	3111	5117	8569	1835	4658	3.58E-16	9.67E-04
0.7-1	2476	4294	4575	1706	3262.75	7.51E-16	2.03E-03
1-2	1009	907	1200	1550	1166.5	1.12E-15	3.03E-03
2-5	127	334	613	521	398.75	3.46E-15	9.33E-03
TOTAL							1.60E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	158260	186890	203309	174457	180729	4.94E-17	1.33E-04
0.3-0.5	16938	21837	9505	21057	17334.25	3.27E-16	8.82E-04
0.5-0.7	7470	9671	4313	7689	7285.75	6.56E-16	1.77E-03
0.7-1	7974	5205	7666	6116	6740.25	1.87E-15	5.05E-03
1-2	2031	2177	2573	2381	2290.5	3.11E-15	8.39E-03
2-5	305	489	667	388	462.25	4.88E-15	1.32E-02
TOTAL							2.94E-02

## EXPERIMENTAL DATA 62

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=1232 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	134767	139267	155992	137651	141919.3	2.51E-16	6.77E-04
0.3-0.5	8135	8336	9341	8177	8497.25	2.85E-16	7.69E-04
0.5-0.7	1744	1820	1969	1795	1832	2.07E-16	5.59E-04
0.7-1	1182	1233	1305	1168	1222	3.93E-16	1.06E-03
1-2	610	709	701	614	658.5	1.16E-15	3.14E-03
2-5	259	388	495	375	379.25	8.51E-15	2.30E-02
TOTAL							2.92E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	184387	165627	166568	174707	172822.3	5.46E-17	1.47E-04
0.3-0.5	33613	21306	21915	42416	29812.5	7.14E-16	1.93E-03
0.5-0.7	14063	8406	8544	20677	12922.5	1.25E-15	3.39E-03
0.7-1	8078	7953	8053	8796	8220	2.25E-15	6.08E-03
1-2	4457	4765	4948	2531	4175.25	6.21E-15	1.68E-02
2-5	442	889	356	855	635.5	5.75E-15	1.55E-02
TOTAL							4.38E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	151533	163858	168739	172948	164269.5	3.95E-17	1.07E-04
0.3-0.5	19099	15425	22712	25593	20707.25	1.09E-16	1.10E-03
0.5-0.7	8144	5140	8825	10115	8056	7.04E-16	1.90E-03
0.7-1	6746	4403	7421	7842	6603	1.73E-15	4.67E-03
1-2	2732	2667	5387	4183	3742.25	5.45E-15	1.47E-02
2-5	469	451	523	356	449.75	1.58E-15	4.27E-03
TOTAL							2.68E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	200226	173932	161903	156680	173185.3	5.53E-17	1.49E-04
0.3-0.5	44544	23099	17225	14892	24940	5.51E-16	1.49E-03
0.5-0.7	19701	9179	6366	4805	10012.75	9.25E-16	2.50E-03
0.7-1	3598	6693	5782	4754	5206.75	1.28E-15	3.46E-03
1-2	4205	5803	3992	4456	4614	6.99E-15	1.89E-02
2-5	434	514	421	487	464	1.90E-15	5.14E-03
TOTAL							3.16E-02



## EXPERIMENTAL DATA 63

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR . HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FA IGH

 $\Delta P=1232$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 25 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	155478	163059	176718	170701	166489	2.94E-16	7.94E-04
0.3-0.5	8051	8816	9786	9656	9077.25	3.04E-16	8.21E-04
0.5-0.7	1558	1687	1921	1944	1777.5	2.01E-16	5.43E-04
0.7-1	941	1063	1166	1220	1097.5	3.53E-16	9.53E-04
1-2	420	494	579	612	526.25	9.30E-16	2.51E-03
2-5	56	77	77	86	74	1.66E-15	4.49E-03
TOTAL							1.01E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	186567	163175	178171	178571	176621	1.8E-17	4.8E-05
0.3-0.5	40733	19297	13621	10975	21156.5	4.0E-16	1.1E-03
0.5-0.7	18334	7234	4819	3358	8436.25	7.5E-16	2.0E-03
0.7-1	6341	6004	4402	2655	4850.5	1.2E-15	3.3E-03
1-2	6717	2484	2586	1564	3337.75	5.0E-15	1.3E-02
2-5	819	275	496	290	470	8.9E-15	2.4E-02
TOTAL							4.39E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	171043	179524	184143	179519	178557.3	2.13E-17	5.76E-05
0.3-0.5	12344	20528	27834	18407	19778.25	3.59E-16	9.68E-04
0.5-0.7	3320	8546	11253	7070	7547.25	6.53E-16	1.76E-03
0.7-1	4662	5313	5809	7408	5798	1.51E-15	4.08E-03
1-2	1816	5086	4670	6132	4426	6.89E-15	1.86E-02
2-5	347	855	711	317	557.5	1.09E-14	2.93E-02
TOTAL							5.48E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	176308	152945	183592	152070	166228.8	-4.60E-19	-1.24E-06
0.3-0.5	64848	26486	36349	12975	35164.5	8.74E-16	2.36E-03
0.5-0.7	33911	12759	16152	4453	16818.75	1.70E-15	4.59E-03
0.7-1	4837	13906	15113	6206	10015.5	2.87E-15	7.74E-03
1-2	18996	9912	7728	7265	10975.25	1.85E-14	4.99E-02
2-5	930	976	812	959	919.25	1.90E-14	5.12E-02
TOTAL							1.16E-01

EXPERIMENTAL DATA OF 55-57

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.14 m/sec

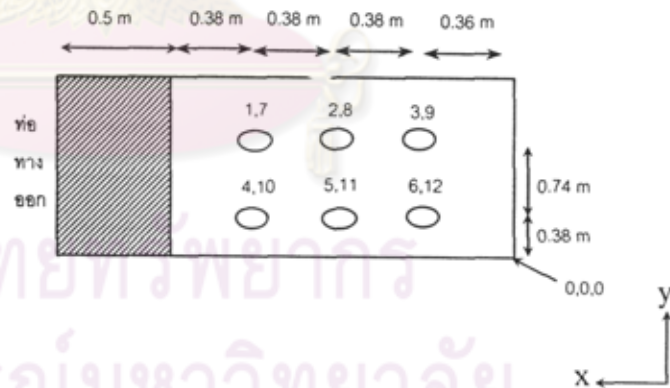
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m	1	0.18	0.17	0.18	0.18	0.14
	2	0.15	0.09	0.10	0.11	
	3	0.12	0.19	0.18	0.16	
	4	0.16	0.18	0.17	0.17	
	5	0.09	0.15	0.18	0.14	
	6	0.07	0.09	0.1	0.09	
1.5 m	7	0.08	0.11	0.09	0.09	0.10
	8	0.04	0.05	0.08	0.06	
	9	0.07	0.09	0.13	0.10	
	10	0.1	0.15	0.13	0.13	
	11	0.09	0.12	0.16	0.12	
	12	0.1	0.08	0.09	0.09	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.14 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 58-60

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

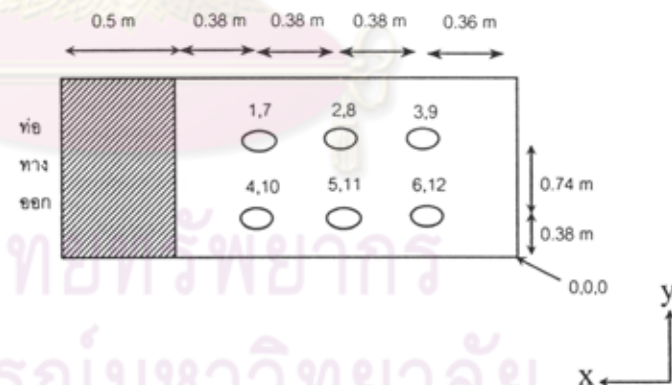
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.41	0.39	0.35	0.38	0.31
	2	0.35	0.42	0.40	0.39	
	3	0.21	0.29	0.30	0.27	
	4	0.37	0.23	0.3	0.30	
	5	0.29	0.2	0.31	0.27	
	6	0.28	0.33	0.22	0.28	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.40	0.45	0.43	0.43	0.29
	8	0.37	0.3	0.4	0.36	
	9	0.28	0.25	0.29	0.27	
	10	0.25	0	0.22	0.22	
	11	0.21	0.28	0.28	0.26	
	12	0.23	0.17	0.20	0.20	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m) 0.31 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 61-63

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec

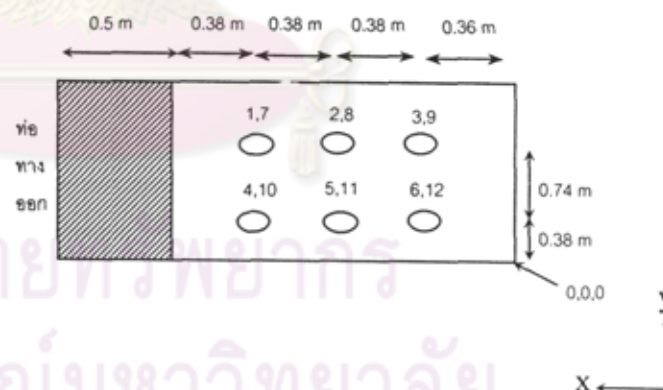
VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.41	0.46	0.42	0.43	0.49
	2	0.38	0.45	0.50	0.44	
	3	0.51	0.56	0.53	0.53	
	4	0.41	0.56	0.57	0.51	
	5	0.52	0.61	0.55	0.56	
	6	0.43	0.48	0.53	0.48	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.40	0.47	0.51	0.46	0.47
	8	0.43	0.49	0.52	0.48	
	9	0.43	0.59	0.55	0.52	
	10	0.51	0.53	0.58	0.54	
	11	0.42	0.35	0.39	0.39	
	12	0.34	0.43	0.53	0.43	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m) 0.49 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.12	1.12	0.5
2	0.7	1.12	0.5
3	0.36	1.12	0.5
4	1.12	0.38	0.5
5	0.7	0.38	0.5
6	0.36	0.38	0.5
7	1.12	1.12	1.5
8	0.7	1.12	1.5
9	0.36	1.12	1.5
10	1.12	0.38	1.5
11	0.7	0.38	1.5
12	0.36	0.38	1.5





SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 55-63

VENTILATE FLOOR AREA 75 % FAR HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER

AIR FLOW RATE	0.225	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.675	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	1.125	m <sup>3</sup> /sec
$\Delta P$	49	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	443	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	1232	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	5	LPM	ROTAMETER SAMPLING	16	LPM	ROTAMETER SAMPLING	25	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.14 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.49 m/sec			
PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu$ m)	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW
	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE		DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE	DIFF.CONC. AVERAGE
<0.3	6.41E-05	5.37E-05	9.43E-05	<0.3	4.62E-05	9.36E-05	2.77E-05	<0.3	1.15E-04	3.49E-05	1.34E-04
0.3-0.5	1.51E-05	1.94E-04	8.46E-05	0.3-0.5	4.90E-04	7.02E-04	6.17E-04	0.3-0.5	4.65E-04	1.47E-03	1.51E-03
0.5-0.7	6.01E-04	1.35E-03	6.37E-04	0.5-0.7	1.03E-03	1.38E-03	1.14E-03	0.5-0.7	9.86E-04	2.80E-03	2.60E-03
0.7-1	3.88E-03	7.75E-03	4.99E-03	0.7-1	3.73E-03	5.34E-03	4.06E-03	0.7-1	2.64E-03	5.03E-03	4.74E-03
1-2	2.47E-02	4.94E-02	3.54E-02	1-2	1.92E-02	2.99E-02	2.20E-02	1-2	4.21E-03	2.73E-02	1.68E-02
2-5	7.67E-02	5.49E-01	3.55E-01	2-5	6.83E-02	2.86E-01	2.39E-01	2-5	7.61E-03	3.48E-02	8.31E-03
SUM	0.106	0.607	0.396	SUM	0.093	0.324	0.267	SUM	0.016	0.071	0.034

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## EXPERIMENTAL DATA 64

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=22$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	213836	198819	209505	206787	207236.8	3.66E-16	9.89E-04
0.3-0.5	14319	13088	13979	13405	13709	4.59E-16	1.24E-03
0.5-0.7	2663	2480	2659	2515	2579.25	2.92E-16	7.88E-04
0.7-1	1321	1262	1369	1289	1310.25	4.21E-16	1.14E-03
1-2	502	503	511	582	524.5	9.27E-16	2.50E-03
2-5	114	87	105	110	104	2.33E-15	6.30E-03
TOTAL							1.30E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	342895	377153	309976	329474	339874.5	2.34E-16	6.33E-04
0.3-0.5	26764	14719	24264	17576	20830.75	2.39E-16	6.44E-04
0.5-0.7	13375	4286	14896	11452	11002.25	9.53E-16	2.57E-03
0.7-1	17245	3803	22837	19552	15859.25	4.68E-15	1.26E-02
1-2	15479	3687	22021	18759	14986.5	2.56E-14	6.90E-02
2-5	2167	1936	2894	2370	2341.75	5.02E-14	1.36E-01
TOTAL							2.21E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	370254	389785	339332	320679	355012.5	2.61E-16	7.05E-04
0.3-0.5	16744	16891	24689	17553	18969.25	1.76E-16	4.76E-04
0.5-0.7	5497	4718	11775	10247	8059.25	6.20E-16	1.67E-03
0.7-1	5176	3919	15090	17365	10387.5	2.92E-15	7.88E-03
1-2	4479	3218	15873	16472	10010.5	1.68E-14	4.53E-02
2-5	1266	1358	2256	2735	1903.75	4.04E-14	1.09E-01
TOTAL							1.65E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	376604	374960	329047	317849	349615	2.52E-16	6.79E-04
0.3-0.5	17591	17149	22572	21043	19588.75	1.97E-16	5.32E-04
0.5-0.7	5608	5602	11060	12354	8656	6.87E-16	1.86E-03
0.7-1	4824	5132	15684	20019	11414.75	3.25E-15	8.77E-03
1-2	4222	4820	16103	19159	11076	1.86E-14	5.03E-02
2-5	2266	1945	1804	1796	1952.75	4.15E-14	1.12E-01
TOTAL							1.74E-01

## EXPERIMENTAL DATA 65

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=22 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	314513	281828	287185	294682	294552	5.21E-16	1.41E-03
0.3-0.5	31481	24934	25645	26909	27242.25	9.13E-16	2.46E-03
0.5-0.7	6611	5575	5386	5527	5774.75	6.53E-16	1.76E-03
0.7-1	3645	3121	3172	2928	3216.5	1.03E-15	2.79E-03
1-2	1830	1699	1775	1514	1704.5	3.01E-15	8.13E-03
2-5	339	353	350	294	334	7.50E-15	2.02E-02
TOTAL							3.68E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	304071	285999	301143	309954	300291.8	1.01E-17	2.74E-05
0.3-0.5	39224	42495	40739	41673	41032.75	4.62E-16	1.25E-03
0.5-0.7	20087	12331	15982	19373	16943.25	1.26E-15	3.41E-03
0.7-1	28825	11036	18601	25243	20926.25	5.69E-15	1.54E-02
1-2	25824	9602	16888	21746	18515	2.97E-14	8.02E-02
2-5	17880	3365	8978	16958	11795.25	2.57E-13	6.95E-01
TOTAL							7.95E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	318456	326036	300612	301002	311526.5	3.00E-17	8.10E-05
0.3-0.5	41503	41001	40620	31329	38613.25	3.81E-16	1.03E-03
0.5-0.7	13426	12451	17220	15764	14715.25	1.01E-15	2.73E-03
0.7-1	13182	11374	21188	23176	17230	4.51E-15	1.22E-02
1-2	11899	10403	20350	21129	15945.25	2.52E-14	6.79E-02
2-5	4782	4038	11045	23328	10798.25	2.35E-13	6.34E-01
TOTAL							7.18E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	374898	351427	369699	327035	355764.8	1.08E-16	2.92E-04
0.3-0.5	37633	34567	38395	31978	35643.25	2.82E-16	7.60E-04
0.5-0.7	16743	13912	17609	20842	17276.5	1.30E-15	3.51E-03
0.7-1	21434	16507	22943	34044	23732	6.60E-15	1.78E-02
1-2	21005	16989	21563	28348	21976.25	3.58E-14	9.67E-02
2-5	10475	8040	11622	33590	15931.75	3.50E-13	9.45E-01
TOTAL							1.06E+00

## EXPERIMENTAL DATA 66

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=22 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 4 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	198782	222067	235971	241340	224540	3.97E-16	1.07E-03
0.3-0.5	13261	16069	17262	17650	16060.5	5.38E-16	1.45E-03
0.5-0.7	2425	3279	3315	3241	3065	3.47E-16	9.36E-04
0.7-1	1363	1844	1864	1658	1682.25	5.41E-16	1.46E-03
1-2	792	941	1037	864	908.5	1.61E-15	4.33E-03
2-5	164	179	198	171	178	4.00E-15	1.08E-02
TOTAL							2.00E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	317075	355903	329403	321664	331011.3	1.88E-16	5.08E-04
0.3-0.5	41107	34653	33441	29768	34742.25	6.26E-16	1.69E-03
0.5-0.7	26881	16861	19992	21031	21191.25	2.05E-15	5.54E-03
0.7-1	41184	22240	30055	35385	32216	9.82E-15	2.65E-02
1-2	34066	21091	26632	29323	27778	4.75E-14	1.28E-01
2-5	27160	10485	21291	35790	23681.5	5.28E-13	1.42E+00
TOTAL							1.59E+00

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	385234	319091	358357	334027	349177.3	2.20E-16	5.95E-04
0.3-0.5	36583	31847	35555	31547	33633	5.97E-16	1.61E-03
0.5-0.7	15792	11611	18054	17550	15751.75	1.43E-15	3.87E-03
0.7-1	18904	12876	24549	25610	20484.75	6.05E-15	1.63E-02
1-2	18455	12869	23037	23661	19505.5	3.29E-14	8.87E-02
2-5	8269	5891	14922	21458	12635	2.80E-13	7.55E-01
TOTAL							8.66E-01

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	368970	396571	341676	325287	358126	2.36E-16	6.37E-04
0.3-0.5	41704	38670	41700	33213	38821.75	7.63E-16	2.06E-03
0.5-0.7	19839	16551	22350	22152	20223	1.94E-15	5.24E-03
0.7-1	24947	19079	31392	35641	27764.75	8.39E-15	2.26E-02
1-2	21966	18060	28646	29794	24616.5	4.19E-14	1.13E-01
2-5	11577	8422	16302	33752	17513.25	3.89E-13	1.05E+00
TOTAL							1.19E+00



## EXPERIMENTAL DATA 67

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=197 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	117109	110274	119374	104890	112911.8	2.00E-16	5.39E-04
0.3-0.5	5984	6070	6385	6174	6153.25	2.06E-16	5.57E-04
0.5-0.7	1199	1453	1380	1452	1371	1.55E-16	4.19E-04
0.7-1	819	1030	827	1120	949	3.05E-16	8.24E-04
1-2	554	630	568	778	632.5	1.12E-15	3.02E-03
2-5	159	155	119	190	155.75	3.50E-15	9.44E-03
TOTAL							1.48E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	158197	155585	176091	120362	152558.8	7.01E-17	1.89E-04
0.3-0.5	8157	7161	6740	6174	7170	3.41E-17	9.20E-05
0.5-0.7	2415	1866	1451	1338	1767.5	4.48E-17	1.21E-04
0.7-1	2528	1768	1024	808	1532	1.87E-16	5.06E-04
1-2	2744	2042	799	479	1516	1.56E-15	4.22E-03
2-5	892	860	285	148	546.25	8.77E-15	2.37E-02
TOTAL							2.88E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	120254	175096	170005	164349	157426	7.87E-17	2.12E-04
0.3-0.5	8148	8641	7079	6833	7675.25	5.10E-17	1.38E-04
0.5-0.7	2300	2842	1788	1385	2078.75	8.00E-17	2.16E-04
0.7-1	2197	3002	1265	877	1835.25	2.85E-16	7.69E-04
1-2	2577	1298	789	526	1297.5	1.18E-15	3.17E-03
2-5	698	994	201	156	512.25	8.00E-15	2.16E-02
TOTAL							2.61E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	182392	188899	177534	181305	182532.5	1.23E-16	3.32E-04
0.3-0.5	6668	7878	6859	6551	6989	2.80E-17	7.56E-05
0.5-0.7	2032	2602	1800	1434	1967	6.74E-17	1.82E-04
0.7-1	2292	2894	1239	922	1836.75	2.85E-16	7.71E-04
1-2	2934	2191	618	717	1615	1.74E-15	4.69E-03
2-5	848	966	156	257	556.75	9.00E-15	2.43E-02
TOTAL							3.04E-02

## EXPERIMENTAL DATA 68

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=197 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	254958	268669	276160	245735	261380.5	4.62E-16	1.25E-03
0.3-0.5	26142	25700	26262	21627	24932.75	8.36E-16	2.26E-03
0.5-0.7	6868	5662	5812	4607	5737.25	6.49E-16	1.75E-03
0.7-1	4069	2997	3052	2479	3149.25	1.01E-15	2.73E-03
1-2	1624	1353	1556	1213	1436.5	2.54E-15	6.85E-03
2-5	280	263	330	265	284.5	6.39E-15	1.72E-02
TOTAL							3.21E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	302561	372347	348051	362952	346477.8	1.50E-16	4.06E-04
0.3-0.5	40567	27413	24350	22601	28732.75	1.27E-16	3.44E-04
0.5-0.7	15760	6802	6338	7511	9102.75	3.81E-16	1.03E-03
0.7-1	9520	4838	4817	9368	7135.75	1.28E-15	3.46E-03
1-2	4439	3437	3497	7710	4770.75	5.89E-15	1.59E-02
2-5	2848	1105	1379	2070	1850.5	3.52E-14	9.49E-02
TOTAL							1.16E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	328617	365624	347316	382970	356131.8	1.67E-16	4.52E-04
0.3-0.5	25269	26199	27683	25261	26103	3.92E-17	1.06E-04
0.5-0.7	6688	5719	5011	6163	5895.25	1.79E-17	4.82E-05
0.7-1	7068	3511	3140	7491	5302.5	6.92E-16	1.87E-03
1-2	4407	2040	1752	6035	3558.5	3.75E-15	1.01E-02
2-5	4501	657	545	4575	2569.5	5.13E-14	1.39E-01
TOTAL							1.51E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	274111	266484	329164	354360	306029.8	7.89E-17	2.13E-04
0.3-0.5	23281	22944	21587	19244	21764	-1.06E-16	-2.87E-04
0.5-0.7	5402	5277	6009	7020	5927	2.15E-17	5.79E-05
0.7-1	3431	3650	4894	7516	4872.75	5.54E-16	1.50E-03
1-2	1904	2586	2174	4186	2712.5	2.25E-15	6.09E-03
2-5	575	1038	2264	3379	1814	3.43E-14	9.27E-02
TOTAL							1.00E-01

## EXPERIMENTAL DATA 69

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=197 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 11 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	148853	144017	165052	161802	154931	2.74E-16	7.39E-04
0.3-0.5	8875	8558	10440	10844	9679.25	3.24E-16	8.76E-04
0.5-0.7	1919	1880	2276	2524	2149.75	2.43E-16	6.56E-04
0.7-1	1228	1204	1642	1629	1425.75	4.58E-16	1.24E-03
1-2	793	852	958	939	885.5	1.56E-15	4.22E-03
2-5	220	210	214	217	215.25	4.83E-15	1.30E-02
TOTAL							2.08E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	169331	150005	120254	107583	136793.3	-3.21E-17	-8.65E-05
0.3-0.5	13120	11949	16992	17358	14854.75	1.73E-16	4.68E-04
0.5-0.7	3917	3836	8361	10641	6688.75	5.13E-16	1.39E-03
0.7-1	3734	3700	11730	18010	9293.5	2.53E-15	6.83E-03
1-2	3734	3784	2968	7712	4549.5	6.47E-15	1.75E-02
2-5	2014	1979	4983	4425	3350.25	7.04E-14	1.90E-01
TOTAL							2.16E-01
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	153926	136972	121368	113392	131414.5	-4.16E-17	-1.12E-04
0.3-0.5	24781	8936	11238	13313	14567	1.64E-16	4.42E-04
0.5-0.7	10326	2335	4347	8513	6380.25	4.78E-16	1.29E-03
0.7-1	9246	1899	5469	15585	8049.75	2.13E-15	5.75E-03
1-2	5038	1843	6359	5127	4591.75	6.55E-15	1.77E-02
2-5	1740	1006	4516	4009	2817.75	5.84E-14	1.58E-01
TOTAL							1.83E-01
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	212648	236335	1339470	157184	486409.3	5.86E-16	1.58E-03
0.3-0.5	21533	24034	30000	32628	27048.75	5.82E-16	1.57E-03
0.5-0.7	5743	5607	14157	13605	9778	8.63E-16	2.33E-03
0.7-1	4189	3052	19188	17037	10866.5	3.04E-15	8.20E-03
1-2	3605	1636	8606	6690	5134.25	7.51E-15	2.03E-02
2-5	2038	572	2929	4987	2631.5	5.42E-14	1.46E-01
TOTAL							1.80E-01

## EXPERIMENTAL DATA 70

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN OFF

 $\Delta P=547$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	159846	162503	150531	159079	157989.8	2.79E-16	7.54E-04
0.3-0.5	8887	9167	8653	9404	9027.75	3.03E-16	8.17E-04
0.5-0.7	1698	1684	1630	1779	1697.75	1.92E-16	5.18E-04
0.7-1	860	921	843	933	889.25	2.86E-16	7.72E-04
1-2	366	424	354	512	414	7.32E-16	1.98E-03
2-5	85	108	86	125	101	2.27E-15	6.12E-03
TOTAL							1.10E-02
15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	223857	216633	209719	267883	229523	1.26E-16	3.41E-04
0.3-0.5	8309	6749	6451	27866	12343.75	1.11E-16	3.00E-04
0.5-0.7	2409	1671	1569	11377	4256.5	2.89E-16	7.81E-04
0.7-1	1993	1403	1059	2064	1629.75	2.38E-16	6.43E-04
1-2	1680	1147	527	1616	1242.5	1.46E-15	3.95E-03
2-5	361	509	117	527	378.5	6.23E-15	1.68E-02
TOTAL							2.28E-02
30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	254505	260652	297075	251865	266024.3	1.91E-16	5.15E-04
0.3-0.5	11987	11530	11781	11910	11802	9.30E-17	2.51E-04
0.5-0.7	3084	2452	2694	2676	2726.5	1.16E-16	3.14E-04
0.7-1	1153	1403	1860	1101	1379.25	1.58E-16	4.25E-04
1-2	1396	691	1489	1575	1287.75	1.54E-15	4.17E-03
2-5	413	236	477	505	407.75	6.89E-15	1.86E-02
TOTAL							2.43E-02
45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	246585	235586	234486	242725	239845.5	1.45E-16	3.91E-04
0.3-0.5	9726	9655	8873	8824	9269.5	8.10E-18	2.19E-05
0.5-0.7	2140	2373	2050	1893	2114	4.71E-17	1.27E-04
0.7-1	1362	1827	1118	1033	1335	1.43E-16	3.87E-04
1-2	947	699	629	639	728.5	5.56E-16	1.50E-03
2-5	458	431	136	207	308	4.65E-15	1.25E-02
TOTAL							1.50E-02



## EXPERIMENTAL DATA 71

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN LOW

 $\Delta P=547$  mmH<sub>2</sub>O Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	194614	205667	220059	181572	200478	3.54E-16	9.57E-04
0.3-0.5	16349	16884	19264	17579	17519	5.87E-16	1.59E-03
0.5-0.7	3997	3959	4374	5337	4416.75	5.00E-16	1.35E-03
0.7-1	2299	2311	2790	4549	2987.25	9.61E-16	2.59E-03
1-2	1105	1216	1542	3147	1752.5	3.10E-15	8.36E-03
2-5	189	219	307	589	326	7.32E-15	1.98E-02
TOTAL							3.46E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	260513	250622	210303	223203	236180.3	6.31E-17	1.70E-04
0.3-0.5	27012	20856	22691	27536	24523.75	2.35E-16	6.34E-04
0.5-0.7	7614	4782	6568	8858	6955.5	2.87E-16	7.75E-04
0.7-1	5117	2676	5578	4305	4419	4.60E-16	1.24E-03
1-2	1984	1048	4248	4886	3041.5	2.28E-15	6.15E-03
2-5	351	206	2794	1764	1278.75	2.14E-14	5.77E-02
TOTAL							6.67E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	237317	260548	228053	221461	236844.8	6.43E-17	1.74E-04
0.3-0.5	20157	22783	22558	22895	22090.25	1.53E-16	4.14E-04
0.5-0.7	4704	5208	5870	6275	5514.25	1.24E-16	3.35E-04
0.7-1	2603	2785	4412	5369	3792.25	2.59E-16	6.99E-04
1-2	937	1216	4053	5188	2848.5	1.94E-15	5.23E-03
2-5	127	239	2179	3241	1446.5	2.52E-14	6.79E-02
TOTAL							7.48E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	265388	268391	231153	156080	230253	5.26E-17	1.42E-04
0.3-0.5	48846	32537	25325	37868	36144	6.24E-16	1.69E-03
0.5-0.7	18702	9698	7021	17171	13148	9.87E-16	2.67E-03
0.7-1	4809	6842	5784	8725	6540	1.14E-15	3.08E-03
1-2	4966	2753	5538	3615	4218	4.36E-15	1.18E-02
2-5	542	380	2702	4667	2072.75	3.92E-14	1.06E-01
TOTAL							1.25E-01

## EXPERIMENTAL DATA 72

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % , HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER , FAN HIGH

 $\Delta P=547 \text{ mmH}_2\text{O}$  Q sampling 17 LPM

BEFORE							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	135226	148753	140588	133471	139509.5	2.47E-16	6.66E-04
0.3-0.5	14633	9021	10870	9057	10895.25	3.65E-16	9.86E-04
0.5-0.7	4956	2117	3201	2330	3151	3.56E-16	9.62E-04
0.7-1	3602	1266	2302	1522	2173	6.99E-16	1.89E-03
1-2	1019	658	941	831	862.25	1.52E-15	4.11E-03
2-5	107	126	117	148	124.5	2.79E-15	7.55E-03
TOTAL							1.62E-02

15 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	239443	255656	233741	205843	233720.8	1.7E-16	4.5E-04
0.3-0.5	10419	18276	8926	12032	12413.25	5.1E-17	1.4E-04
0.5-0.7	2677	6579	2266	5237	4189.75	1.2E-16	3.2E-04
0.7-1	1731	5629	1652	8686	4424.5	7.2E-16	2.0E-03
1-2	657	2635	1367	10056	3678.75	5.0E-15	1.3E-02
2-5	195	707	729	3810	1360.25	2.8E-14	7.5E-02
TOTAL							9.12E-02

30 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	DIFF.VOLUME (m <sup>3</sup> )	DIFF CONC. (mg/m <sup>3</sup> )
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	229857	238593	216816	227160	228106.5	1.57E-16	4.23E-04
0.3-0.5	8934	8375	9282	9195	8946.5	-6.53E-17	-1.76E-04
0.5-0.7	2558	1982	2805	2905	2562.5	-6.66E-17	-1.80E-04
0.7-1	2522	1252	2145	2887	2201.5	9.16E-18	2.47E-05
1-2	2761	808	1230	2877	1919	1.87E-15	5.04E-03
2-5	1787	239	578	2737	1335.25	2.72E-14	7.34E-02
TOTAL							7.85E-02

45 min							
	1	2	3	4	AVERAGE	VOLUME (m <sup>3</sup> )	CONC. (g/L)
	(PARTICLE /LITER)						
<0.3	257411	244521	237877	215602	238852.8	1.76E-16	4.74E-04
0.3-0.5	21839	11441	15786	12300	15341.5	1.49E-16	4.02E-04
0.5-0.7	8734	3684	6595	5586	6149.75	3.39E-16	9.16E-04
0.7-1	7674	3482	7115	8199	6617.5	1.43E-15	3.86E-03
1-2	3750	2667	5747	9749	5478.25	8.16E-15	2.20E-02
2-5	728	691	1880	9776	3268.75	7.06E-14	1.91E-01
TOTAL							2.18E-01

EXPERIMENTAL DATA OF 64-66

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.10 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

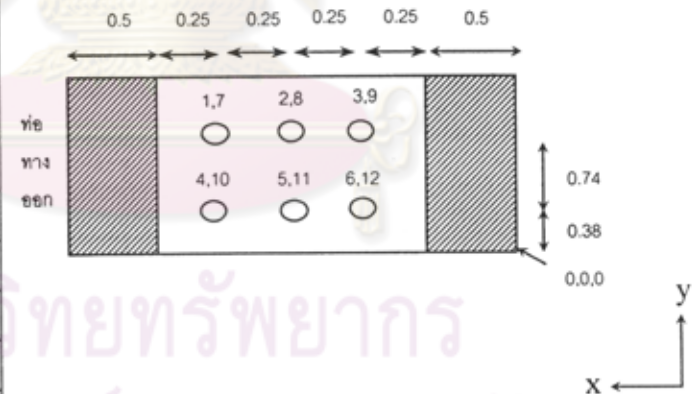
	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.07	0.09	0.13	0.10	0.10
	2	0.12	0.11	0.10	0.11	
	3	0.08	0.08	0.10	0.09	
	4	0.08	0.06	0.07	0.07	
	5	0.12	0.12	0.12	0.12	
	6	0.13	0.12	0.13	0.13	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09
	8	0.07	0.09	0.09	0.08	
	9	0.07	0.07	0.05	0.06	
	10	0.12	0.09	0.09	0.10	
	11	0.11	0.12	0.12	0.12	
	12	0.13	0.12	0.12	0.12	

ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งห้อง (0.5 m)

0.10 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.75	0.38	1.5



EXPERIMENTAL DATA OF 67-69

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec

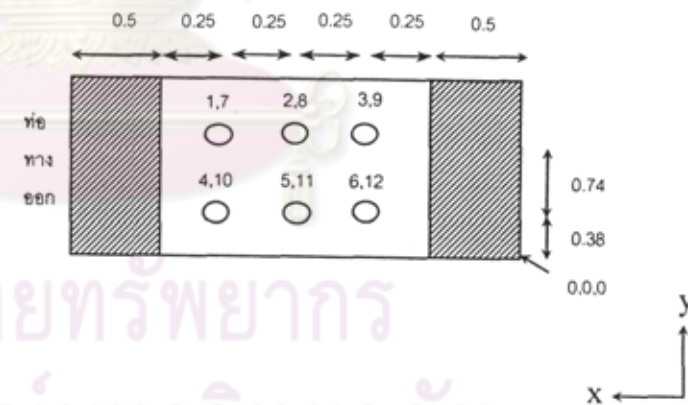
VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.29	0.29	0.32	0.30	0.31
	2	0.25	0.24	0.23	0.24	
	3	0.24	0.25	0.20	0.23	
	4	0.34	0.39	0.35	0.36	
	5	0.41	0.37	0.39	0.39	
	6	0.33	0.32	0.35	0.33	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.38	0.38	0.42	0.39	0.36
	8	0.41	0.36	0.33	0.37	
	9	0.42	0.36	0.36	0.38	
	10	0.34	0.35	0.33	0.34	
	11	0.38	0.37	0.35	0.37	
	12	0.3	0.31	0.32	0.31	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m) 0.31 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5





EXPERIMENTAL DATA OF 70-72

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec

VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER (FAN OFF, FAN HIGH, FAN LOW)

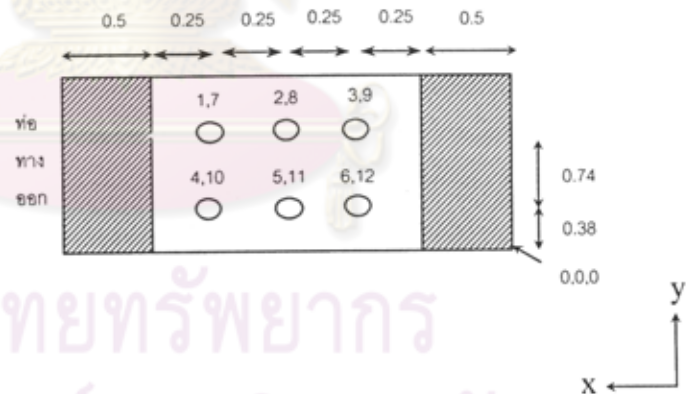
	จุดที่	ครั้งที่1(m/s)	ครั้งที่2(m/s)	ครั้งที่3(m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุด (m/s)	ความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละระดับ (m/s)
0.5 m จากพื้น ตะแกรง	1	0.50	0.65	0.60	0.58	0.52
	2	0.55	0.42	0.46	0.48	
	3	0.43	0.55	0.50	0.49	
	4	0.42	0.37	0.5	0.43	
	5	0.52	0.53	0.61	0.55	
	6	0.61	0.63	0.5	0.58	
1.5 m จากพื้น ตะแกรง	7	0.42	0.43	0.41	0.42	0.46
	8	0.47	0.45	0.42	0.45	
	9	0.42	0.41	0.43	0.42	
	10	0.50	0.56	0.51	0.52	
	11	0.51	0.40	0.50	0.47	
	12	0.53	0.43	0.48	0.48	

ความเร็วลมเฉลี่ยห้อง (0.5 m)

0.52 m/s

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่	x	y	z
1	1.25	1.12	0.5
2	1.0	1.12	0.5
3	0.75	1.12	0.5
4	1.25	0.38	0.5
5	1.0	0.38	0.5
6	0.75	0.38	0.5
7	1.25	1.12	1.5
8	1.0	1.12	1.5
9	0.75	1.12	1.5
10	1.25	0.38	1.5
11	1.0	0.38	1.5
12	0.5	0.38	1.5



## SUMMARY OF EXPERIMENTAL DATA 64-72

VENTILATE FLOOR AREA 50 % HEIGHT OF THE ROOM WALL 1.5 METER

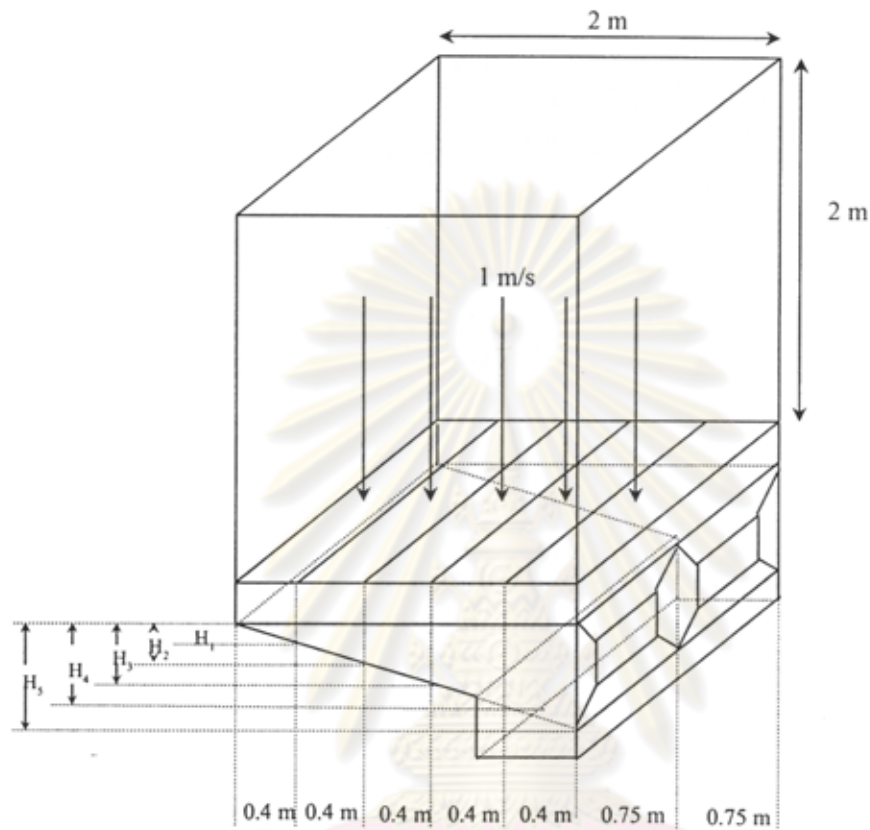
AIR FLOW RATE	0.15	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.45	m <sup>3</sup> /sec	AIR FLOW RATE	0.75	m <sup>3</sup> /sec
$\Delta P$	22	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	197	mmH <sub>2</sub> O	$\Delta P$	547	mmH <sub>2</sub> O
ROTAMETER SAMPLING	4	LPM	ROTAMETER SAMPLING	11	LPM	ROTAMETER SAMPLING	17	LPM

DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.1 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.31 m/sec				DOWNWARD VELOCITY OF AIR 0.52 m/sec				
PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	PARTICLE SIZE ( $\mu\text{m}$ )	FAN OFF	FAN HIGH	FAN LOW	
	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.		DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.		DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.	DIFF.CONC.
	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE		AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE	AVERAGE
<0.3	6.72E-04	5.80E-04	1.33E-04	<0.3	2.45E-04	4.61E-04	3.57E-04	<0.3	4.16E-04	4.49E-04	1.62E-04	
0.3-0.5	5.51E-04	1.79E-03	1.01E-03	0.3-0.5	1.02E-04	8.27E-04	5.43E-05	0.3-0.5	1.91E-04	1.21E-04	9.11E-04	
0.5-0.7	2.03E-03	4.88E-03	3.22E-03	0.5-0.7	1.73E-04	1.67E-03	3.78E-04	0.5-0.7	4.08E-04	3.51E-04	1.26E-03	
0.7-1	9.76E-03	2.18E-02	1.51E-02	0.7-1	6.82E-04	6.93E-03	2.28E-03	0.7-1	4.85E-04	1.95E-03	1.68E-03	
1-2	5.49E-02	1.10E-01	8.16E-02	1-2	4.03E-03	1.85E-02	1.07E-02	1-2	3.21E-03	1.35E-02	7.71E-03	
2-5	1.19E-01	1.08E+00	7.58E-01	2-5	2.32E-02	1.65E-01	1.09E-01	2-5	1.60E-02	1.13E-01	7.72E-02	
SUM	0.185	1.215	0.859	SUM	0.028	0.193	0.122	SUM	0.019	0.128	0.087	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

การออกแบบระบบระบายอากาศในแนวตั้งและระบบกำจัดฝุ่น



รูปที่ ง.1 โครงสร้างและสัดส่วนของห้องทำงานที่ติดตั้งระบบดูดฝุ่น

แบ่งเป็น 5 ส่วน ซึ่งแต่ละช่วงกว้าง 1 เมตร

Basis ความเร็วที่ผ่านตะแกรง 1 m/s

continuity equation

$$U_1 A_1 = U_2 A_2$$

$$U_1 W X = U_2 W H$$

$$H = \frac{U_1 X}{U_2}$$

$$H_1 = \frac{1 \times 0.4}{10} = 0.04 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{1 \times 0.8}{10} = 0.08 \text{ m}$$

$$H_3 = \frac{1 \times 1.2}{10} = 0.12 \text{ m}$$

$$H_4 = \frac{1 \times 1.6}{10} = 0.16 \text{ m}$$

$$H_5 = \frac{1 \times 2}{10} = 0.2 \text{ m}$$

กำหนดให้ความเร็วขาออกจาก hood เท่ากับ 20 m/s และท่อเป็นสี่เหลี่ยม

$$U_2 A_2 = U_3 A_3$$

$$10 \times 0.75 \times 0.2 = 20 A_3$$

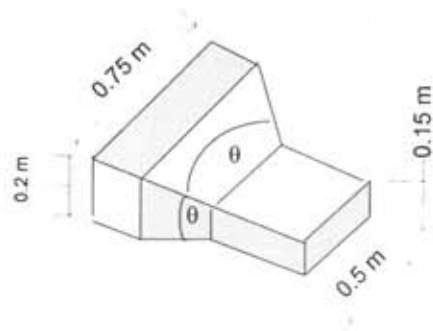
$$A_3 = 0.075 \text{ m}^2$$

กว้าง 0.5 m สูง 0.15 m

สมการจาก HVAC System Duct Design หน้า 14.27 กำหนดให้  $\theta = 60^\circ$

ศูนย์วิทยพักรพากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ ง.2 สัดส่วนท่อทางเข้าของลม

หา velocity pressure (VP) of downstream ของ hood , $\rho$  อากาศที่  $25^{\circ}\text{C}$  เท่ากับ  $1.1665 \text{ kg/m}^3$

$$VP = \frac{1}{2} \rho U^2$$

$$VP = \frac{1}{2} \times 1.1665 \times 20^2 = 233.3 \text{ Pa} \times \frac{4.015 \times 10^{-3} \text{ inH}_2\text{O}}{1 \text{ Pa}} = 0.937 \text{ inH}_2\text{O}$$

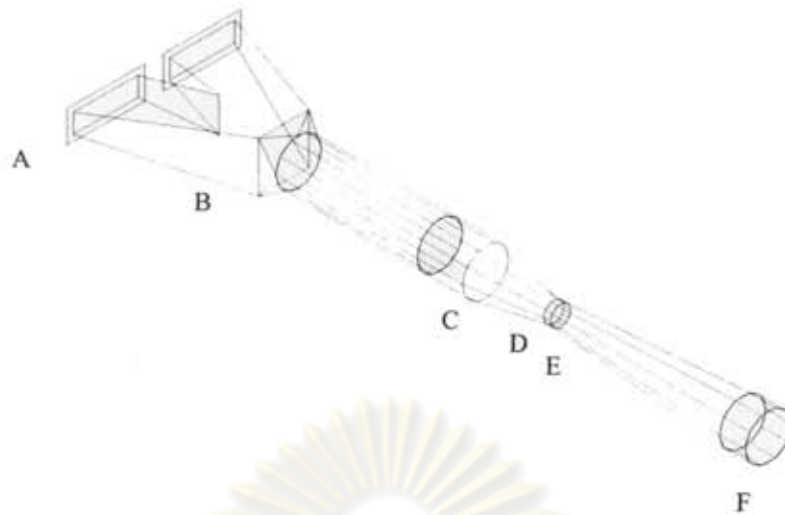
$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{0.15}{0.075} = 2$$

จากตารางได้ค่า  $C=0.06$

แฟกเตอร์ความสูญเสียที่ปากทางเข้า  $0.06VP=0.0562 \text{ inH}_2\text{O}$

แฟกเตอร์ความเร่งลมของแต่ละตัวใช้  $1.0 VP=0.937 \text{ inH}_2\text{O}$

ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.3 ระบบท่อลมก่อนเข้าเครื่องเป่าลม( Blower)

ช่วง A-B

สมการจาก HVAC System Duct Design หน้า14.32



รูปที่ ง.4 ระบบท่อในช่วง A-B

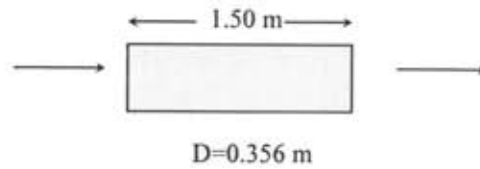
VP of downstream ที่ 20 m/s ได้  $VP=0.937 \text{ inH}_2\text{O}$

$Q1b/Qc=1.5/3=0.5$  กำหนด  $\theta=15^\circ$  ได้  $C=0.10$

$$VP = 0.10 \times 0.937 = 0.0937 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้น VP ช่วง A-B เท่ากับ  $0.0937 \text{ in.H}_2\text{O}$

ช่วง B-C



รูปที่ ๓.5 ระบบท่อในช่วง B-C

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.356}{1.86 \times 10^{-5}} = 4.5 \times 10^5$$

$\epsilon$  เหล็ก = 0.010 in = 0.0002 m

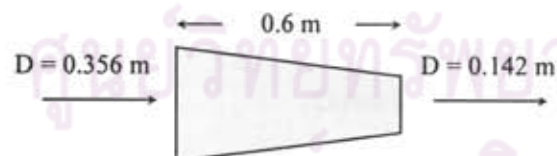
$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.356} = 0.0006$$

จาก moody diagram ได้ค่า  $f = 0.016$

$$h_L = \frac{0.016 \times 1.5 \times 20^2}{0.356 \times 2 \times 9.8} = 1.3758 \text{ m Air} \times \frac{ft}{0.3048 \text{ m}} \times \frac{in.H_2O}{69.2 ft \text{ Air}} = 0.0652 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น  $h_L$  ช่วง B-C เท่ากับ 0.0652 in.H<sub>2</sub>O

ช่วง C-D



รูปที่ ๓.6 ระบบท่อในช่วง C-D

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

$$V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2$$

$$20 \times 0.356^2 = V_2 \times 0.142^2$$

$$V_2 = 125.7052 \text{ m / s}$$

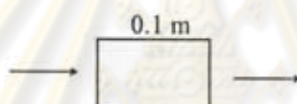
$$h_L = K_L \frac{V_2^2}{2g}$$

จากหนังสือ Fluid Mechanics , ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์ หน้า 127  $K_L=0.04$

$$h_L = \frac{0.04 \times 125.7052^2}{2 \times 9.8} = 32.2486 \text{ m Air} = 1.5289 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น  $h_L$  ช่วง C-D เท่ากับ 1.5289 in.H<sub>2</sub>O

ช่วง D-E



รูปที่ ง.7 ระบบท่อในช่วง D-E

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.142}{1.86 \times 10^{-5}} = 1.8 \times 10^5$$

$\varepsilon$  เหล็ก = 0.010 in = 0.0002 m

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.142} = 0.0014$$

จาก Moody diagram ได้ค่า  $f = 0.017$



$$h_L = \frac{0.017 \times 0.1 \times 125.7052^2}{0.142 \times 2 \times 9.8} = 9.6519 \text{ m Air} = 0.4576 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น  $h_L$  ช่วง D-E เท่ากับ 0.4576 in.H<sub>2</sub>O

ช่วง E-F



รูปที่ ง.8 ระบบท่อในช่วง E-F

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{D_2^2}{D_1^2} = \frac{0.356^2}{0.142^2} = 6.28$$

$K_L=0.04$

$$h_L = \frac{K_L (V_1 - V_2)^2}{2 \times 9.8}$$

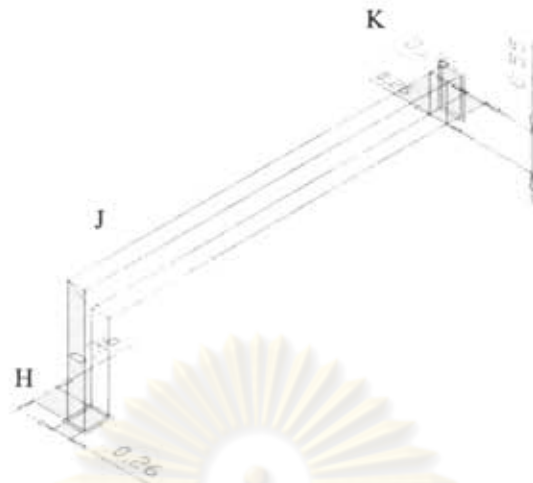
$$h_L = \frac{0.04 \times (125.7052 - 20)^2}{2 \times 9.8} = 22.8032 \text{ m Air} = 1.0811 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้น  $h_L$  ช่วง D-E เท่ากับ 1.0811 in.H<sub>2</sub>O

ดังนั้น  $SP_{in}=0.0562+0.937+0.0937+0.0652+1.5289+0.4576 = 3.1386 \text{ inH}_2\text{O}$

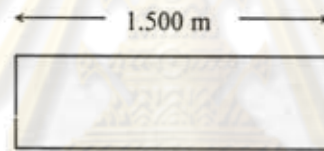
ความดันสูญเสียเนื่องจากความเร็วลมที่เข้าเครื่องเป่าลม (Blower) ( $VP_{in}$ )

$$vp = \left[ \frac{3937}{4005} \right]^2 = 0.9663 \text{ inH}_2\text{O}$$



รูปที่ ง.9 ระบบท่อลมก่อนเข้าเครื่องเป่าลม (Blower)

ช่วง H-I



รูปที่ ง.10 ระบบท่อในช่วง F-G

พื้นที่หน้าตัด 0.26X0.36 m

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$R = \frac{0.26 \times 0.36}{2 \times (0.26 + 0.36)} = 0.0755 \text{ m}$$

$$D = 4R = 4 \times 0.0755 = 0.3020 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.3020}{1.86 \times 10^{-5}} = 3.8 \times 10^5$$

$\varepsilon$  เหล็ก = 0.010 in = 0.0002 m

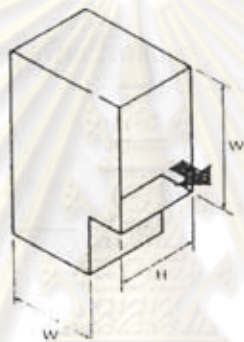
$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.3020} = 0.0007$$

จาก Moody diagram ได้ค่า  $f = 0.017$

$$h_L = \frac{0.017 \times 1.5 \times 20^2}{0.3020 \times 2 \times 9.8} = 1.7232 \text{ m Air} = 0.0817 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น  $h_L$  ช่วง H-I เท่ากับ 0.0817 in.H<sub>2</sub>O

ช่วง I-J



รูปที่ ง.11 ระบบท่อในช่วง I-J

จากหนังสือ HVAC System Duct design หน้า14.32

$W = 0.36 \text{ m}$  ,  $H = 0.26 \text{ m}$  ,  $W_1 = 0.55 \text{ m}$

$$\frac{H}{W} = 0.72 \quad , \quad \frac{W_1}{W} = 1.52$$

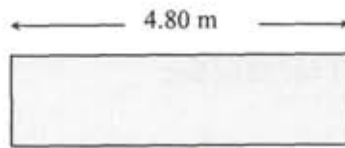
จากตาราง ได้ค่า  $C = 0.9$

VP of downstreamที่ 20 m/s ได้ VP=0.937

$$VP = 0.9 \times 0.937 = 0.8433 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น VP ช่วง I-J เท่ากับ 0.8433 in.H<sub>2</sub>O

ช่วง J-K



รูปที่ ง.12 ระบบท่อในช่วง J-K

พื้นที่หน้าตัด 0.26\*0.55 m

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$R = \frac{0.26 \times 0.55}{2 \times (0.26 + 0.55)} = 0.0883 \text{ m}$$

$$D = 4R = 4 \times 0.0883 = 0.3532 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.3532}{1.86 \times 10^{-5}} = 4.4 \times 10^5$$

$$\varepsilon \text{ เหล็ก} = 0.010 \text{ in} = 0.0002 \text{ m}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.3532} = 0.0007$$

จาก moody diagram ได้ค่า  $f = 0.017$

$$h_L = \frac{0.017 \times 4.80 \times 20^2}{0.3532 \times 2 \times 9.8} = 4.7149 \text{ m Air} = 0.2235 \text{ in.H}_2\text{O}$$



ดังนั้น  $h_f$  ช่วง H-I เท่ากับ 0.2235 in.H<sub>2</sub>O

### การออกแบบไซโคลนสครับเบอร์

ท่อต่อขนานกันดังนั้นอัตราการไหลจะเท่ากับผลรวมของอัตราการไหลในท่อแต่ละสายและกำหนดความเร็วเท่ากับ 20m/sec

$$Q = 1.5 \times 2 = 3 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q = U_4 A_4$$

$$3 = 20 A_4$$

$$A_4 = 0.15 \text{ m}^2$$

กำหนดความเร็วของก๊าซสกปรกที่ทางเข้าไซโคลนสครับเบอร์เท่ากับ 20 m/sec และท่อทางเข้ามาตรฐาน ความสูงเท่ากับ 1.0d และความกว้างเท่ากับ 0.5d เพราะฉะนั้น

$$3 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \times \frac{1}{20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}} = 1.0d \times 0.5d$$

$$d = 0.548 \text{ m}$$

บริเวณปากทางออกของก๊าซสะอาด กำหนดให้ความเร็วของก๊าซสะอาดไม่เกิน 10 m/s ปรับ d ให้เหมาะสม

$$Q = 3 = \frac{\pi d^*{}^2}{4} \times 10$$

$$d^* = 0.618 \text{ m}$$

ความกว้างเท่ากับ  $0.5d = 0.274 \text{ m}$  ความสูงเท่ากับ  $1.0d = 0.548 \text{ m}$

กำหนดให้  $D=2d$

เส้นผ่านศูนย์กลางของไซโคลน  $D = 1.1 \text{ m}$

เส้นผ่านศูนย์กลางท่อทางออก  $d = 0.618 \text{ m}$

ความยาวของกระบอกลูกไซโคลน  $L = 5 \times 0.548 = 2.74 \text{ m}$

ความยาวของกรวยด้านบน  $H = 0.6 \times 0.548 = 0.33 \text{ m}$

ความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์

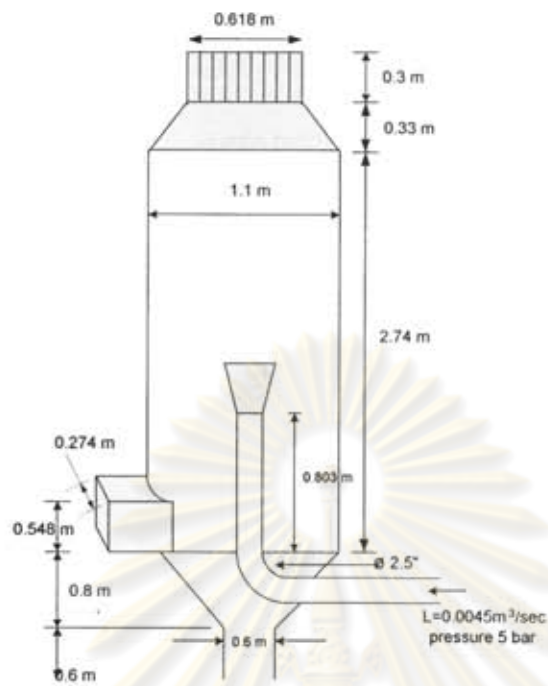
$\Delta P'$  ของไซโคลนสกรับเบอร์ในกรณีที่ไม่ได้ฉีดน้ำ

$$\Delta P' = \frac{30a\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \left( \frac{1}{2} \rho \frac{U^2}{g_c} \right)$$

$$\Delta P' = \frac{30 \times 0.274 \times 0.548 \times \sqrt{1.1}}{0.618^2 \sqrt{2.74 + 0.33}} \left( \frac{1}{2} \times 1.1665 \times \frac{20^2}{9.8} \right) = 168.1 \text{ mmH}_2\text{O}$$

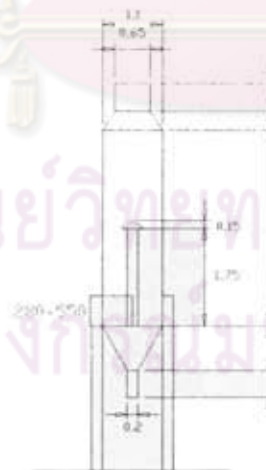
กรณีที่ฉีดน้ำให้  $\Delta P = 2\Delta P' = 2 \times 168.1 = 336.2 \text{ mmH}_2\text{O} = 13.24 \text{ inH}_2\text{O}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.13 โครงสร้างและสัดส่วนของโซโคลอนสครับเบอร์

ซึ่งทำการจัดสร้างโซโคลอนสครับเบอร์ขนาดที่แท้จริงดังรูปที่ 14



รูปที่ ง.14 โครงสร้างและสัดส่วนของโซโคลอนสครับเบอร์ที่ทำการจัดสร้าง

ดังนั้นความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์ที่แท้จริง

$\Delta P'$  ของไซโคลนสกรับเบอร์ในกรณีที่ไม่ได้ฉีดน้ำ

$$\Delta P' = \frac{30\alpha\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \left( \frac{1}{2} \rho \frac{U^2}{g_c} \right)$$

$$\Delta P' = \frac{30 \times 0.28 \times 0.55 \times \sqrt{1.1}}{0.65^2 \sqrt{3.5 + 0.35}} \left( \frac{1}{2} \times 1.1665 \times \frac{20^2}{9.8} \right) = 139.1457 \text{ mmH}_2\text{O}$$

กรณีที่ฉีดน้ำให้

$$\Delta P = 2\Delta P' = 2 \times 139.1457 = 278.2914 \text{ mmH}_2\text{O} = 10.9564 \text{ inH}_2\text{O}$$

ความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์ 10.9564 in.H<sub>2</sub>O

$$SP_{\text{OUT}} = 0.0817 + 0.8433 + 0.2235 + 10.9564 = 12.1049 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้น

$$FSP = SP_{\text{out}} - SP_{\text{in}} - VP_{\text{in}}$$

$$FSP = 12.1049 - (-3.1386) - 0.9663 = 14.2772 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้นคุณสมบัติของพัดลมคือ 3 m<sup>3</sup>/s(6400 CFM) , 15 inH<sub>2</sub>O

การออกแบบเสดเดอร์

$$Q = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{60\text{s}}{\text{min}} = 180 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

อัตราการฉีดละอองน้ำ(L/Q)ประมาณ 1-2 ลิตรน้ำต่อลบ.ม อากาศสกปรก

$$\frac{L}{Q} = 1$$



$$L = 1 \times 180 = 180 \frac{l}{\text{min}}$$

$q$  คืออัตราการฉีดน้ำต่อหัวฉีด  $q(l/\text{min})$  ที่ติดตั้งข้างของท่อ header

$$q = \frac{L}{N}$$

จากคุณสมบัติของหัวฉีด อัตราการฉีดน้ำต่อหัว เท่ากับ  $10 l/\text{min}$

$$10 = \frac{180}{N}$$

$$N = 18$$

$$N \approx 20$$

ทำการคำนวณซ้ำ

$$L = qN = 10 \times 20 = 200 l / \text{min}$$

$$\frac{L}{Q} = \frac{200}{180} = 1.11$$

$$L = 200 \frac{l}{\text{min}} \times \frac{\text{min}}{60 \text{ sec}} \times \frac{10^{-3} m^3}{l} = 3.33 \times 10^{-3} \frac{m^3}{\text{sec}}$$

กำหนดให้ความเร็วของน้ำในท่อ header เท่ากับ 2 เมตรต่อวินาที

$$A = \frac{3.33 \times 10^{-3}}{2} = 1.67 \times 10^{-3} m^2$$

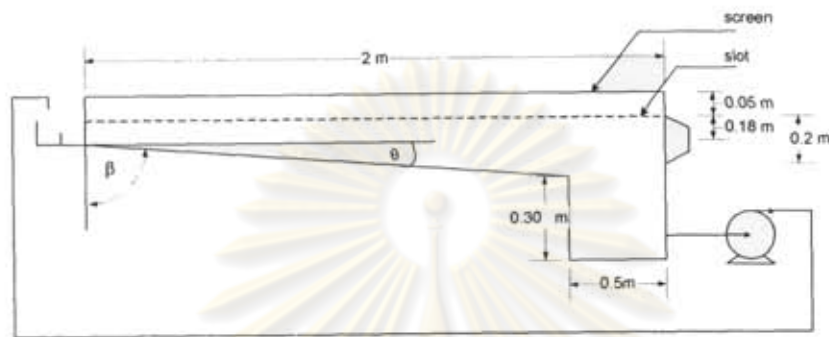
$$D_h = 0.0461 m$$

$$\text{ความสูงของท่อ header}(H_h) = \frac{L}{2} = \frac{3.50}{2} = 1.75 m$$

กำหนดให้มีหัวฉีด 5 แถวและ 1 แถวมี 4 หัวฉีด โดยใช้หัวฉีดชนิด Full-cone ที่มุมฉีด(โคน)กว้างเท่ากับ 90 องศา

คำนวณขนาด pump สำหรับห้องทดลอง

กำหนดระยะห่างระหว่างตะแกรงกับบานเกล็ดประมาณ 5 cm



รูปที่ ง.15 โครงสร้างและสัดส่วนของพื้นเอียง

$$\tan \theta = \frac{0.2 - 0.18}{2}$$

$$\theta = 0.57^\circ$$

transport phenomena หน้า 40

$$V_z = \frac{\rho g \delta^2 \cos \beta}{3\mu}$$

กำหนด พิล์มของน้ำหนา 4 mm

$$V_z = \frac{1000 \times 9.8 \times (4 \times 10^{-3})^2 \cos(90 - 0.57)}{3 \times 10^{-3}}$$

$$V_z = 0.52 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{4\delta V_z \rho}{\mu} = \frac{4 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.52 \times 1000}{10^{-3}} = 8320$$

$$Q = 1.5 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.52 = 3.12 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

กำหนดความเร็วในท่อ 2 m/s

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของท่อ} = \frac{3.12 \times 10^{-3}}{2} = 1.56 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$d = 0.0446 \text{ m} = 1.75 \text{ in}$  เพราะฉะนั้นเลือกท่อขนาด 1.75 in

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \times 2 \times 0.0446}{10^{-3}} = 8.92 \times 10^4$$

จากหนังสืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี หน้า 19 จะได้  $f = 0.0047$

กำหนดให้  $\sum L = 3 \text{ m}$

$$\Delta P = 4f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{\rho U^2}{2g_c} \right)$$

$$\Delta P = 4 \times 0.0047 \times \frac{3}{0.0446} \times \frac{1000 \times 2^2}{2 \times 9.8} = 258 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 258 \text{ mmH}_2\text{O}$$

velocity pressure (VP) กรณีมุมทางเข้าแหลม  $C = 0.5$

$$VP = \frac{1}{2} C \rho U^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1000 \times 2^2 = 1000 \text{ Pa} \times \frac{0.102 \text{ mmH}_2\text{O}}{\text{Pa}} = 102 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$\Delta P_f = 258 + 102 + 1000 = 1360 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$HP = \frac{1360 \times 3.12 \times 10^{-3}}{102 \times 0.6} = 0.0693 \text{ KW} \times 1.2 = 0.0832 \text{ KW} \times \frac{HP}{0.7457 \text{ KW}} = 0.112 \text{ HP}$$

### การออกแบบบ่อพักน้ำ

กำหนดให้มีน้ำพอใช้เป็นเวลา 60 วินาที

$$A = 3.12 \times 10^{-3} \frac{m^3}{\text{sec}} \times \frac{60 \text{ sec}}{\text{length } 1.5 \text{ m}} = 0.125 \text{ m}^2$$

บ่อตกตะกอน กว้าง 0.5 เมตร ลึก 0.25 เมตร ดังรูปที่ 5

กำหนดให้ระยะความสูงเหนือผิวน้ำ 5 cm

ดังนั้นบ่อตกตะกอน กว้าง 0.5 เมตร ลึก 0.30 เมตร ดังรูปที่ 5.15



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก จ

### การแก้สมการพีชคณิตด้วยวิธี TDMA (TriDiagonal-Matrix Algorithm)

วิธี TDMA เป็นวิธีที่ใช้แก้สมการพีชคณิตในรูปแบบ 1 มิติ เมื่อพิจารณาระบบสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าจำนวน  $N$  ตัว คือ  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$  จัดเรียงกันในรูปแบบดังนี้

$$M_1 x_1 + U_1 x_2 = C_1 \quad (จ1)$$

$$L_1 x_1 + M_2 x_2 + U_2 x_3 = C_2 \quad (จ2)$$

$$L_2 x_2 + M_3 x_3 + U_3 x_4 = C_3 \quad (จ3)$$

$$\dots \dots \dots$$
$$L_{N-1} x_{N-2} + M_{N-1} x_{N-1} + U_{N-1} x_N = C_{N-1} \quad (จ4)$$

$$L_N x_{N-1} + M_N x_N = C_N \quad (จ5)$$

ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ไม่เท่ากับศูนย์จะเรียงตัวกันเป็นแนวเฉียง โดยที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรจะมีค่าเฉพาะแนวกลาง ( $M_i$ ) แถวบน ( $U_i$ ) และ แถวล่าง ( $L_i$ ) เมื่อ  $i = 1, 2, 3, \dots, N$

ในการแก้ระบบสมการข้างต้นจะเริ่มต้นจากการตัดพจน์ที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในแถวล่าง ( $L_i$ ) ออกในทุกสมการ จากนั้นจึงทำการแทนที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในแนวกลางด้วยสมการ

$$M'_i = M_i - \frac{L_i U_{i-1}}{M'_{i-1}} \quad (จ6)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

และแทนที่พจน์ทางขวามือด้วยสมการ

$$c'_i = c_i - \frac{c'_{i-1} L_i}{M'_{i-1}} \quad (จ7)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, N$

ดังนั้นเราจะได้ระบบสมการอยู่ในรูปแบบใหม่ดังนี้

$$M_1x_1 + U_1x_2 = C_1 \quad (๑๘)$$

$$M_2'x_2 + U_2x_3 = C_2' \quad (๑๙)$$

$$M_3'x_3 + U_3x_4 = C_3' \quad (๑๑๐)$$

$$M_{N-1}'x_{N-1} + U_{N-1}x_N = C_{n-1}' \quad (๑๑๑)$$

$$M_N'x_N = C_N' \quad (๑๑๒)$$

จากสมการที่ (๑๑๒) พบว่าสามารถคำนวณหาค่าตัวแปรตัวสุดท้ายได้ทันทีคือ

$$X_N = \frac{c_N'}{M_N'} \quad (๑๑๓)$$

ดังนั้นถ้าทำการคำนวณสมการย้อนกลับขึ้นไปเมื่อทราบค่า  $x_n$  ก็จะสามารถหาค่าของตัวแปรที่เหลือได้  
ตั้งสมการ

$$X_i = \frac{c_i' - U_i X_{i-1}}{M_i'} \quad (๑๑๔)$$

โดยเริ่มต้นการคำนวณที่  $X_i = X_{N-1}$  ไปสิ้นสุดที่  $X_i = X_1$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

## ข้อมูลการทดลองสำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

ตารางที่ จ.1 ผลการสอบเทียบเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder) สำหรับเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 2 นาที

[-]	1 st	2 nd	3 rd	Average
	Dust (g)	Dust (g)	Dust (g)	(g/sec)
2	25.7872	25.7528	25.8994	0.2151
3	54.3584	55.9456	50.9889	0.4480
4	75.2002	80.5713	73.629	0.6372
5	96.2194	98.8945	96.2837	0.8094
6	118.0908	122.4979	110.2111	0.9744
7	141.8496	144.4129	122.7221	1.1361
8	146.4476	155.7844	124.9564	1.1866
9	145.0897	149.3689	127.6391	1.1725
10	142.9607	148.9047	126.5609	1.1901

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๓.2 ผลการสอบเทียบความเร็วลมโดยใช้มาโนมิเตอร์เอียงและเครื่องวัดผลต่างความดัน

1400 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	14.1	14.3	14.3	62.6	61.9	62.8
2	16.4	16.7	16.5			
3	13.4	13.1	13.8			
4	16.5	16.5	16.7			
average	15.2			62.4		

1600 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	15.4	15.3	15.3	81.4	82.2	82.1
2	18.6	18.5	18.2			
3	15.4	15.3	15.7			
4	17.4	18.2	18.4			
average	16.8			81.9		

1800 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	20.6	18.4	18.3	104.2	102	104.6
2	22.8	22.0	22.1			
3	17.8	18.2	18.3			
4	23.9	22.9	22.8			
average	3.19			103.6		

2000 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	24.2	22.0	24.3	128.5	126.5	127.4
2	24.2	24.7	23.8			
3	22.7	20.6	21.6			
4	27.6	26.2	24.1			

2200 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	25.3	23.7	25.0	153.3	152	153
2	27.3	28.5	27.5			
3	22.9	23.8	23.7			
4	27.6	23.8	25.1			
average	11.99			152.8		

2400 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	25.2	27.6	26.5	175	174	174
2	30.8	34.3	34.0			
3	26.5	29.0	29.5			
4	33.4	38.7	39.5			
average	31.3			174.3		

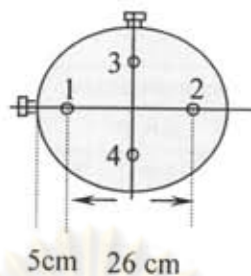
2600 RPM						
position	Air Velocity in Duct V(m/s)			Manometer Height (in.H <sub>2</sub> O)		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	28.9	30.8	31.2	180	180	180
2	38.2	38.1	38.3			
3	31.0	30.1	31.1			
4	30.4	30.3	28.8			
average	32.3			180		



average	23.8	127.5
---------	------	-------

หมายเหตุ

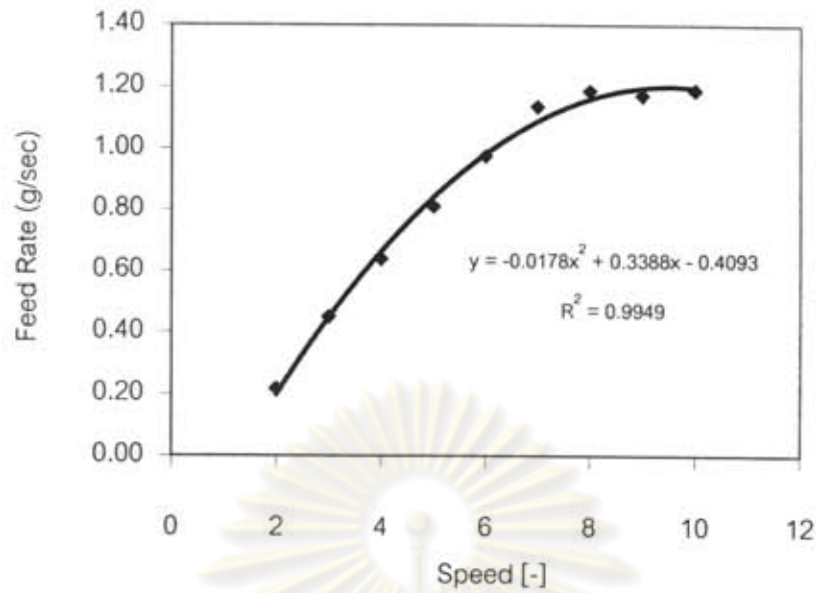
ท่อทางออกจากห้องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.356 เมตร โดยทำการวัด 4 จุด



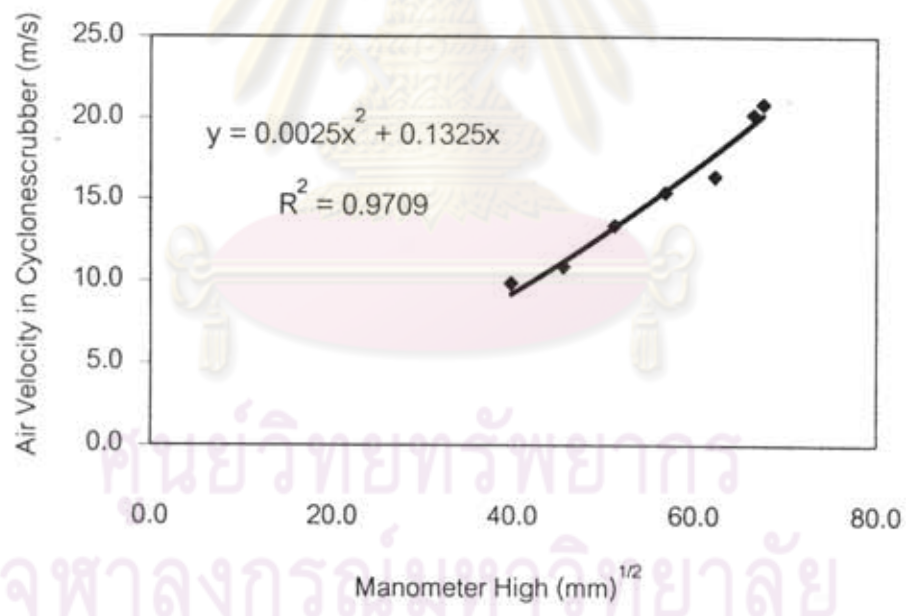
รูปที่ ๑.1 ตำแหน่งของจุดวัดของท่อทางออกจากห้อง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑.2 ผลการสอบเทียบเครื่องบ่อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ



รูปที่ ๑ ผลการสอบเทียบความเร็วลมในระบบท่อโดยใช้มาโนมิเตอร์

## ผลการทดลองของเครื่องไซโคลนสกรับเบอร์

c (g/m <sup>3</sup> )	v (m/s)	L/G (kg/m <sup>3</sup> )	$\eta_{real}$
0.2909	10	0	91.82
0.2909	10	0.9	89.32
0.2909	10	1.35	91.72
0.2909	13	0	94.76
0.2909	13	0.9	95.7
0.2909	13	1.35	95.83
0.2909	16	0	95.42
0.2909	16	0.9	92.35
0.2909	16	1.35	94.54
0.2909	20	0	91.68
0.2909	20	0.9	93.1
0.2909	20	1.35	96.59
0.5256	10	0	91.35
0.5256	10	0.9	91.35
0.5256	10	1.35	92.36
0.5256	13	0	93.61
0.5256	13	0.9	94
0.5256	13	1.35	94.68
0.5256	16	0	95.11
0.5256	16	0.9	95.47
0.5256	16	1.35	95.78
0.5256	20	0	94.62
0.5256	20	0.9	96.06
0.5256	20	1.35	96.35
0.7547	10	0	93.05

$c$ (g/m <sup>3</sup> )	$v$ (m/s)	$L/G$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\eta_{real}$
0.7547	10	0.9	93.66
0.7547	10	1.35	92.95
0.7547	13	0	94.31
0.7547	13	0.9	95.02
0.7547	13	1.35	95.09
0.7547	16	0	95.92
0.7547	16	0.9	96.15
0.7547	16	1.35	96.82
0.7547	20	0	95.31
0.7547	20	0.9	96.4
0.7547	20	1.35	96.92

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย