

การพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

A DEVELOPMENT OF CAR PARK VENTILATION SYSTEM IN
DEPARTMENT STORE



สารบัญฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

A DEVELOPMENT OF CAR PARK VENTILATION SYSTEM IN
DEPARTMENT STORE



สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A DEVELOPMENT OF CAR PARK VENTILATION SYSTEM IN
DEPARTMENT STORE



THANASUT PHUTKHAW

A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF
INDUSTRIAL EDUCATION IN TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึ๒๐16เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองสารนิพนธ์

หัวข้อสารนิพนธ์

การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
A DEVELOPMENT OF CAR PARK VENTILATION SYSTEM IN
DEPARTMENT STORE

นักศึกษา

ธนสุทธิ์ พุฒขาว

รหัสประจำตัว

54630826

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา	
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร	
รศ.ว่าที่ร้อยโท ดร. พิชัย สดภิบาล	

ค่าระดับคะแนนรวมที่เป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการสอบ GOOD

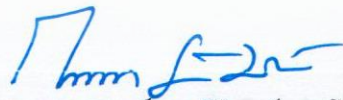
วัน / เดือน / ปี

ที่สอบ 18 พฤษภาคม 2559 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้อง ค 418 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติยงค์ มะโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วัน.....เดือน.....พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสารนิพนธ์	การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
นักศึกษา	นายธนสุทธิ์ พุฒขาว
รหัสประจำตัว	54630826
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบระบายอากาศ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและติดตั้งแล้ว และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

จากการลงพื้นที่สำรวจ พบว่า ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม นั้นมีการระบายอากาศที่ไม่มีประสิทธิภาพ อากาศจากช่องนำอากาศเข้าไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังบริเวณอื่นของลานจอดรถได้ ทำให้มีความร้อนและมลพิษสะสมอยู่เป็นปริมาณมาก ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบระบายอากาศโดยอาศัย หลักการการแทนที่ของอากาศ ซึ่งใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) ร่วมด้วย

ผลการวิจัย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาแล้วนั้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.33$, S.D. = 0.64) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้วอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.15$, S.D. = 0.73) และจากการตรวจสอบระบบระบายอากาศที่ติดตั้งแล้ว พบว่าผ่านเกณฑ์ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

คำสำคัญ : ระบบระบายอากาศ; ลานจอดรถ; ห้างสรรพสินค้า; พลศาสตร์ของไหล

Thematic Paper Title	A DEVELOPMENT OF CAR PARK VENTILATION SYSTEM IN DEPARTMENT STORE
Student	Mr. Thanasut Phutkhaw
Student ID.	54630826
Degree	Master of Industrial Education
Program	Technology of Industrial Product Design
Year	2016
Thematic Paper Advisor	Assoc. Prof. Udomsak Saributr

ABSTRACT

The objectives of this work were: (1) to develop the car park ventilation system in department store, (2) to evaluate the customer satisfaction on the developed ventilation system, and (3) to test the efficiency of the developed ventilation system in accordance with Bangkok Policy and Regulations, Car Park 1988 (No.8 The ventilation equipment in car park area have to completely ventilate or exchange air within 15 minutes)

From the observation of the traditional car park ventilation system and the study of customer's opinions and the requirements, we found that the traditional ventilation system was inefficient in supplying fresh air to the other area of the car park, resulted in no air circulation, heat and pollutants accumulated in large quantities in the car park. In this study, the development of car park ventilation system was designed by using air displacement principle. The computational fluid dynamics (CFD) was used to simulate the ventilation system.

The professional designers considered that the developed ventilation system had good efficiency in term of ventilation design ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.64). The result of customer satisfaction indicated that the developed ventilation system had a good criterion ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.73). Moreover, the developed ventilation system had high effectiveness in accordance with Bangkok Policy and Regulations, Car Park 1988 (No.8 The ventilation equipment in a car park area have to completely ventilate or exchange air within 15 minutes).

Keywords : Ventilation; Car park; Department store; Computational fluid dynamics

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ครั้งนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก รศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ วิธีคิด กระบวนการ และขั้นตอนของงานวิจัย ให้ความรู้ประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยในการทำสารนิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ผศ.ดร. ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา และ รศ.ว่าที่ร้อยโท พิชัย สดภิบาล ที่ให้ความกรุณาในการดำเนินการสอบสารนิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งยังให้ ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย และสารนิพนธ์ฉบับนี้จน สมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ.ดร. จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง ผศ.ดร. อภิสกข์ สิ้นธุภัก และ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมณ์การ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการทำวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่อง ของเครื่องมือวิจัย ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 ท่าน รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ คุณเนติพันธ์ จิระวรานันท์ และ คุณพงศ์ธนกิจ มาลา ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ ตรวจสอบและประเมิน การออกแบบระบบระบายอากาศ พร้อมทั้งเสนอแนะข้อคิดเห็น ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน วิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในกระบวนการขั้นตอนการทำสารนิพนธ์ ขอขอบคุณบริษัทวอลเตอร์ เวนดีเลชั่น จำกัด และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนการให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และกำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธนสุทธิ์ พุฒขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับห้างสรรพสินค้าและลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	9
2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	12
2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการระบายอากาศ.....	16
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบระบบระบายอากาศ.....	17
2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานการระบายอากาศสำหรับพื้นที่ลานจอดรถ ภายในอาคาร.....	28
2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพัดลมระบายอากาศ.....	29
2.7 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ.....	39
2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล.....	40
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย.....	42
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	42
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	43
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	48
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	52
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว.....	68
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดสอบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521.....	69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	77
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	77
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	79
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	85
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	94
ภาคผนวก ค ภาพการดำเนินงานวิจัย.....	113
ประวัติผู้วิจัย.....	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราการระบายอากาศมาตรฐานที่นิยมใช้ในการออกแบบ.....	18
3.1 ระยะเวลาในการวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	51
4.1 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าในเดือน มกราคม 2557.....	54
4.2 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าในเดือน เมษายน 2557.....	56
4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=50).....	57
4.4 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผู้บริโภคเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เคยประสบหรือรู้สึก ขณะใช้หรือภายหลังการใช้ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า (N=50).....	60
4.5 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบระบายอากาศที่พัฒนาแล้ว ในการประเมินรูปแบบจำลอง (N=3).....	65
4.6 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความคิดเห็นของความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว (N=50).....	68
4.7 ความเร็วลม และอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว.....	71

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา.....	10
2.2 การระบายอากาศแบบวิธีกล.....	19
2.3 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ.....	20
2.4 ตำแหน่งของช่องระบายอากาศและทางเข้าของอากาศที่ไม่เหมาะสม.....	23
2.5 ตำแหน่งของช่องระบายอากาศที่เหมาะสม.....	24
2.6 ตำแหน่งการระบายอากาศที่เหมาะสมในระดับดีมาก โดยการใช้ตัวส่งอากาศ.....	25
2.7 ท่อนำอากาศ.....	26
2.8 อุปกรณ์ทำความสะอาด.....	26
2.9 พัดลม.....	27
2.10 ตัวอย่างของระบบระบายอากาศเฉพาะที่.....	27
2.11 ส่วนประกอบของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง.....	30
2.12 Backward curved airfoil blades.....	31
2.13 Backward curved blades.....	31
2.14 Backward inclined blades.....	32
2.15 Radial blades.....	32
2.16 Radial Tipped blades.....	33
2.17 Forward curved blades.....	33
2.18 ส่วนประกอบของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน.....	34
2.19 Propeller fans.....	35
2.20 Tube axial fans.....	35
2.21 Inlet guide vanes.....	36
2.22 Outlet guide vanes.....	36
2.23 Mixed Flow Fans.....	37
2.24 Cross or Tangential Flow Fans.....	37
2.25 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด.....	39
2.26 แอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหมุน.....	40
2.27 แอนิโนมิเตอร์แบบขดลวดความร้อน.....	40
3.1 แบบจำลองปัญหาลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม.....	44
3.2 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	50
4.1 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา และตำแหน่งที่ทำการสำรวจอุณหภูมิและความเร็วลม.....	53
4.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan) ที่ใช้ในงานวิจัย.....	63
4.3 แผนผังการวางตำแหน่งพัดลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 ภาพจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD).....	64
4.5 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า.....	66
4.6 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิและความเร็วลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว.....	70
4.7 ความเร็วลมระหว่างพัดลมระบายอากาศ 2 เครื่อง ที่ติดตั้งบริเวณตรงกลางของลาน จอดรถห้างสรรพสินค้า.....	72
4.8 ปริมาตรของลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่ใช้ในการคำนวณ.....	73
4.9 พื้นที่และตำแหน่งที่วัดความเร็วลมที่ไหลเข้า และออกจากพื้นที่ลานจอดรถ.....	74
4.10 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A1.....	74
4.11 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A2.....	75
4.12 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A3.....	75
4.13 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A4.....	76
ค.1 การลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ณ วันที่ 30 มกราคม 2557.....	114
ค.2 การลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ณ วันที่ 3 เมษายน 2557.....	115
ค.3 การลงพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ณ วันที่ 30 มกราคม 2557.....	116
ค.4 การลงพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ณ วันที่ 3 เมษายน 2557.....	116
ค.5 การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ คุณเนติพันธ์ จิระวารินทร์.....	117
ค.6 การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และระบบเครื่องกล คุณพงศ์ชนก มาลา.....	117
ค.7 พัดลมระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ที่ทำการติดตั้งแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558.....	118
ค.8 การตรวจสอบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558.....	119
ค.9 การตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งระบบ ระบายอากาศแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558.....	120
ค.10 การตรวจวัดความเร็วลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งระบบ ระบายอากาศแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม 2558.....	121

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีร้านค้าปลีกมาตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2500 ต่อมาในปี พ.ศ. 2507 ได้เริ่มมีร้านค้าปลีกที่เป็นห้างสรรพสินค้าของญี่ปุ่นที่ทันสมัย (ฉัตรชัย ตวงรัตนพันธ์ . 2544: 150-151) แต่ในช่วงเวลานั้นธุรกิจห้างสรรพสินค้ายังคงจำกัดอยู่ในวงแคบ เนื่องจากความไม่เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมไทย โดยห้างสรรพสินค้าจะจำหน่ายสินค้านำเข้าที่มีราคาแพง ผู้บริโภคจึงมีเพียงแต่บุคคลที่มีฐานะเท่านั้น แต่ต่อมาเมื่อภาวะเศรษฐกิจมีความเจริญเติบโตมากขึ้น ประกอบกับรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนส่วนใหญ่ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีการดำเนินชีวิตอย่างเร่งรีบและซับซ้อนมากกว่าในอดีต ธุรกิจค้าปลีกขนาดใหญ่ในรูปแบบของห้างสรรพสินค้าจึงเริ่มทวีความสำคัญและมีการแข่งขันกันมากขึ้น ดังนั้นทางห้างสรรพสินค้าจึงต้องมีการบริหารจัดการที่ดี โดยให้มีบริการในด้านสินค้าหรือบริการต่าง ๆ อย่างครบถ้วน อาทิ ประกอบด้วย แหล่งรวมสินค้าอุปโภคบริโภค แหล่งรวมร้านอาหาร แหล่งรวมความบันเทิง (โรงภาพยนตร์ สระว่ายน้ำ เครื่องเล่นสำหรับเด็ก) แหล่งเรียนรู้ (ร้านหนังสือ โรงเรียนกวดวิชา โรงเรียนสอนดนตรี) แหล่งรวมนวัตกรรมการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ และแหล่งทำธุรกรรมทางการเงิน ฯลฯ เพื่อ ดึงดูดให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจเข้ามาจับจ่ายใช้สอยหาซื้อสิ่งของและความบันเทิงจาก ห้างสรรพสินค้านั้น ๆ ลานจอดรถในอาคารห้างสรรพสินค้า จึงนับเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคในการเลือกใช้บริการห้างสรรพสินค้า ด้วยเหตุนี้การจัดพื้นที่ลานจอดรถ ในอาคารห้างสรรพสินค้าให้มีรูปแบบที่เหมาะสมและเพียงพอต่อปริมาณรถของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น และต้องสามารถให้ความสะดวกสบายแก่ผู้บริโภคในการมาจับจ่ายใช้สอยในห้างสรรพสินค้านั้น ๆ และที่สำคัญที่สุด คือ ต้องให้ความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริโภค โดยกฎหมายตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 ได้กำหนดให้ อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลาสิบห้านาที อย่างไรก็ตามพื้นที่ลานจอดรถ ในอาคารห้างสรรพสินค้าส่วนใหญ่มักเป็นที่อับทึบ การระบายอากาศไม่เพียงพอ รวมทั้งการใช้รถของผู้บริโภคที่มักจะติดเครื่องยนต์เปิดแอร์ทิ้งไว้ หรือการวนหาที่จอดรถ พฤติกรรมเหล่านี้ทำให้มีมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์สะสมอยู่ในบริเวณลานจอดรถในอาคารห้างสรรพสินค้า และเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ หากไม่มีการระบายออก โดย ก๊าซที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วลานจอดรถ ในอาคารจะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดขึ้นในปริมาณมากที่สุด เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ (Chow, W. K. 1995: 247-255) ก๊าซที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ที่เติ้ลกล่าวมานั้นล้วนเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอันตราย โดยตรง ต่อสุขภาพของผู้บริโภค และ ผู้ที่ทำงาน เข้าออกบริเวณนั้น

จากที่กล่าวมานั้นวิธีการที่ดีที่สุดที่สามารถแก้ปัญหามลพิษลานจอดรถ ในอาคาร
ห้างสรรพสินค้าได้ คือ การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบายอากาศให้กับลานจอดรถ ในอาคาร
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสรรพสินค้าในตำแหน่งที่เหมาะสม (ASHRAE. 1999) ซึ่งนับเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยลดปริมาณก๊าซพิษที่ออกมาจากท่อไอเสียของรถยนต์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยระบายความร้อน และช่วยถ่ายเทอากาศในพื้นที่ ลานจอดรถ ในอาคาร ห้องสรรพสินค้าเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของระบบการระบายอากาศในลานจอดรถในอาคารห้องสรรพสินค้า ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 สำหรับอัตราการระบายอากาศในที่จอดรถภายใน อาคารได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้ให้มีค่าไม่น้อยกว่า 6 air changes ต่อชั่วโมง (ASHRAE. 1981) ซึ่งหมายถึง อากาศภายในห้องทั้งหมดจะถ่ายเทออกสู่ภายนอก จำนวน 6 ครั้ง ภายในเวลา 1 ชั่วโมง หรือใช้เวลา 10 นาที ขณะที่ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 และ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543) ได้กำหนดค่านี้ไว้ไม่น้อยกว่า 4 air changes ต่อชั่วโมง ซึ่งหมายถึง อากาศภายในห้องทั้งหมดจะถ่ายเทออกสู่ภายนอก จำนวน 4 ครั้ง ภายในเวลา 1 ชั่วโมง หรือใช้เวลา 15 นาที จึงเกิดการถ่ายเทได้หมด

อย่างไรก็ตาม ระบบระบายอากาศ ลานจอดรถ ในอาคาร ห้องสรรพสินค้า แบบเดิมนั้น มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ อาทิ มีการระบายอากาศในลักษณะที่ไม่เหมาะสม และไม่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ มีช่องนำอากาศเข้าอยู่ที่ฝั่งหนึ่ง ของลานจอดรถ และมีช่องนำอากาศออกอยู่ฝั่งตรงข้าม ทำให้ไม่มีการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกลานจอดรถ โดยพบว่าพื้นที่บริเวณตรงกลางของลานจอดรถ ในอาคาร ไม่มีอากาศไหลเวียน เนื่องจากอากาศจากช่องนำอากาศเข้าไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่ตรงกลาง จึงทำให้อากาศบริเวณพื้นที่ตรงกลางไม่สามารถถ่ายเทออกไปยังช่องนำอากาศออกได้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีความร้อน ฝุ่น คิว และมลพิษสะสมอยู่ในปริมาณมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถ ในอาคารห้องสรรพสินค้าให้มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มความปลอดภัยในชีวิตและสุขภาพแก่ผู้บริโภคมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้องสรรพสินค้า

1.2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้องสรรพ-สินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

1.2.3 เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้องสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาแล้ว สอดคล้องตามข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งศึกษาการพัฒนากระบวนการระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยมีกรอบแนวคิดดังนี้

1.4.1 กรอบแนวคิดในการออกแบบระบบระบายอากาศ

สุชาติ ศิริทวารจันท์ (สุชาติ ศิริทวารจันท์ . 2544: 44-61) ได้กล่าวว่า ในการออกแบบการระบายอากาศ นอกจากจะต้องมีความรู้ทางด้านวิศวกรรมแล้ว ผู้ออกแบบควรเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองด้วย เนื่องจากปัญหาที่เกิดจากการออกแบบการระบายอากาศที่ไม่ถูกต้อง มักจะมีสาเหตุมาจากสิ่งที่คาดคิดไม่ถึง หรือรายละเอียดบางอย่าง ที่ไม่ได้มีการเน้นย้ำในหนังสือ ตำราต่าง ๆ ซึ่งในการออกแบบนั้นจะมีตัวแปรต่างๆ มากมายเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิของอากาศ และความเร็วลมหรือการเคลื่อนไหวของอากาศ เป็นต้น

บริษัท เพียวริเทค เอ็นจิเนียริง จำกัด (<http://www.puritek.info/Klet%20Khwamru3.htm>. วันที่ค้นข้อมูล: 30 มีนาคม 2557) ได้เสนอหลักการในออกแบบระบบระบายอากาศที่ดี ซึ่งจะต้องมีลักษณะดังนี้

(1) สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ คือ ดูดมลพิษออกไป และทำให้คุณภาพอากาศภายในมีความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน

(2) การดูดมลพิษต้องมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ใช้ปริมาตรอากาศที่ดูดออกน้อยและตรงจุดที่ได้ผลที่สุด เช่น โถงหรือครอบคลุมแหล่งกำเนิด และมีการสูญเสียพลังงานในระบบดูดอากาศน้อยที่สุด เช่น ท่อดูดในระบบและปล่องต้องไม่มีช่องอากาศหรือใช้ความเร็วลมที่สูงหรือต่ำเกินไป

การออกแบบระบบระบายอากาศจะต้องควบคุมเสียงรบกวนและการสั่นสะเทือนที่เกี่ยวข้องกับระบบ นอกจากนั้นกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2548: 28-29) ได้กำหนดให้พื้นที่ที่อยู่ห่างจากช่องเปิดสู่ภายนอกลานเกิน 30 เมตร ต้องออกแบบให้มีการระบายอากาศโดยจัดให้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ ซึ่งต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยที่จอดรถนั้น เพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 7.5 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางเมตร ของพื้นที่ลานที่จอดรถ ในกรณีที่ต้องการปรับลดอัตราการระบายอากาศระหว่างการที่ใช้สอยที่จอดรถ สามารถปรับลดการระบายอากาศให้ต่ำกว่า 7.5 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางเมตร ได้ ถ้าสามารถควบคุมให้ภายในที่จอดรถมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ไม่เกิน 35 ส่วนในล้านส่วนของอากาศ และมีอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส โดยจัดให้มีอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และอุณหภูมิตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอตลอดยนต์ พ.ศ.

2521

จากการศึกษาข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอตลอดยนต์ พ.ศ. 2521 พบว่า มีข้อบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศลานจอตลอด คือ

(ข้อ 8) อาคารจอตลอดยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้นๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที

ซึ่งมีความสอดคล้องกับวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ได้กำหนดให้อัตราการระบายอากาศในที่จอตลอดภายในลานให้มีค่าไม่น้อยกว่า 4 air changes ต่อชั่วโมง ซึ่งหมายถึง อากาศภายในห้องทั้งหมดจะถ่ายเทออกสู่ภายนอก จำนวน 4 ครั้ง ภายในเวลา 1 ชั่วโมง หรือใช้เวลา 15 นาที จึงเกิดการถ่ายเทได้หมด

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอตลอดห้างสรรพสินค้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีแนวทางในการศึกษาของงานวิจัย ดังนี้

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1.1 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอตลอดห้างสรรพสินค้า

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 1

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา จำนวน 10 คน โดย

ใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 2

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ บริโคนที่มาใช้บริการลานจอตลอดห้างสรรพสินค้า

กรณีศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริโคนที่มาใช้บริการลานจอตลอดห้างสรรพสินค้า

กรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental

Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 3

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพระบบระบายอากาศลาน

จอตลอดห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 ท่าน โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

1.5.1.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโคนที่ต่อระบบระบาย

อากาศลานจอตลอดห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มที่ 1
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้ากรณีสึกษา
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า กรณีสึกษา จำนวน 10 คน
โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มที่ 2
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
กรณีสึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

1.5.1.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถ
ห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเรื่อง อาคาร จอดรถยนต์ พ.ศ. 2521
(ข้อ 8)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคาร จอดรถยนต์
พ.ศ. 2521

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคาร จอดรถยนต์
พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคาร จอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศ
ภายในชั้นนั้นๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

1.5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ในการวิจัยการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้กำหนด
ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1.5.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและ
ทำการติดตั้งแล้ว

1.5.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและทำการ
ติดตั้งแล้ว

- ความพึงพอใจด้านการใช้งานที่มีต่อ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่
พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

- ความสอดคล้องของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาแล้วกับ
มาตรฐานข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8)

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การพัฒนา หมายถึง การแก้ไขปรับปรุงระบบระบายอากาศลานจอดรถ
ห้างสรรพสินค้าที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น โดยการเลือกชนิดและขนาดของพัดลม ตลอดจนการติดตั้งพัดลมใน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้อากาศสามารถเคลื่อนย้ายมวลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.2 ระบบระบายอากาศ หมายถึง การนำอากาศที่ร้อนหรือที่มีสารปนเปื้อนออกจากบริเวณที่จอดรถ แล้วนำอากาศที่เย็นหรือสะอาดกว่าเข้ามาแทนที่

1.6.3 ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า หมายถึง พื้นที่หรือบริเวณที่ใช้สำหรับจอดรถ ภายในอาคารห้างสรรพสินค้า

1.6.4 ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม หมายถึง ระบบระบายอากาศที่มีตำแหน่งในการติดตั้งระบบระบายอากาศในลักษณะที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือ มีช่องนำอากาศเข้าอยู่ที่ฝั่งหนึ่ง และมีช่องนำอากาศออกอยู่ฝั่งตรงกันข้าม ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยพื้นที่บริเวณตรงกลางของลานจอดรถนั้นไม่มีอากาศไหลเวียน เนื่องจากอากาศจากช่องนำอากาศเข้าไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่ตรงกลาง จึงทำให้อากาศบริเวณพื้นที่ตรงกลางไม่สามารถถ่ายเทออกไปยังช่องนำอากาศออกได้

1.6.5 ห้างสรรพสินค้า หมายถึง ห้างที่มีลานจอดรถในอาคาร

1.6.6 พัดลมระบายอากาศ หมายถึง อุปกรณ์ที่สร้างความแตกต่างของแรงดัน (Pressure) ของอากาศให้สามารถเคลื่อนย้ายมวลอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้

1.6.7 อัตราการระบายอากาศ หมายถึง จำนวนเท่าของปริมาตรอากาศภายนอกที่นำเข้ามาแทนที่อากาศภายใน ในเวลา 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็น air change ต่อชั่วโมง

1.6.8 ประสิทธิภาพ หมายถึง การพัฒนาระบบระบายอากาศ ที่คำนึงถึงหลักการออกแบบการระบายอากาศ และด้านวิศวกรรม โดยมีการทดสอบระบบระบายอากาศให้มีมาตรฐานตามข้อบัญญัติที่กำหนดไว้

1.6.9 ผู้บริโภค หมายถึง ผู้ที่ใช้บริการพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ได้แก่ ลูกค้า และเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า

1.6.10 ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ หมายถึง ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและชำนาญในด้านระบบระบายอากาศ ไม่น้อยกว่า 5 ปี เช่น วิศวกร นักออกแบบ และผู้รับเหมา

1.6.11 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีตำแหน่งเป็นอาจารย์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิในเฉพาะด้านตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.6.12 ความพึงพอใจ หมายถึง ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 ทราบปัญหาคุณภาพอากาศ และระบบระบายอากาศลานจอดรถ ตลอดจนตำแหน่ง บริเวณพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ

1.7.2 ได้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพที่สามารถสร้างความพึงพอใจ แก่ผู้บริโภค

1.7.3 ช่วยลดมลพิษ ระบายความร้อน ถ่ายเทอากาศ และเพิ่มความปลอดภัยแก่ชีวิตของผู้บริโภคที่ใช้พื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับห้างสรรพสินค้าและลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
 - 2.1.1 ความหมายของห้างสรรพสินค้าและลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
 - 2.1.2 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา
 - 2.1.3 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521
- 2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
 - 2.2.1 ความหมายของคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
 - 2.2.2 ปัญหาคุณภาพอากาศจากสารปนเปื้อนในอากาศ
 - 2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
- 2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการระบายอากาศ
 - 2.3.1 ความหมายของการระบายอากาศ
 - 2.3.2 วัตถุประสงค์ของการระบายอากาศ
- 2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบระบบระบายอากาศ
 - 2.4.1 การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ
 - 2.4.2 ประเภทของการระบายอากาศ
- 2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานการระบายอากาศสำหรับพื้นที่ลานจอดรถภายในอาคาร
- 2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพัดลมระบายอากาศ
 - 2.6.1 ความหมายของพัดลมระบายอากาศ
 - 2.6.2 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ
 - 2.6.3 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ
 - 2.6.4 การเลือกใช้พัดลมระบายอากาศ
- 2.7 การทดสอบประสิทธิภาพระบบระบายอากาศ
- 2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับห้างสรรพสินค้าและลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

2.1.1 ความหมายของห้างสรรพสินค้าและลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

“ห้างสรรพสินค้า” คำว่า “สรรพ” แปลว่าสารพัดหรือทุกชนิด เช่น สรรพวิชา สรรพอาวุธ สรรพกำลัง จะแปลว่า “พร้อมหมด” ก็ได้

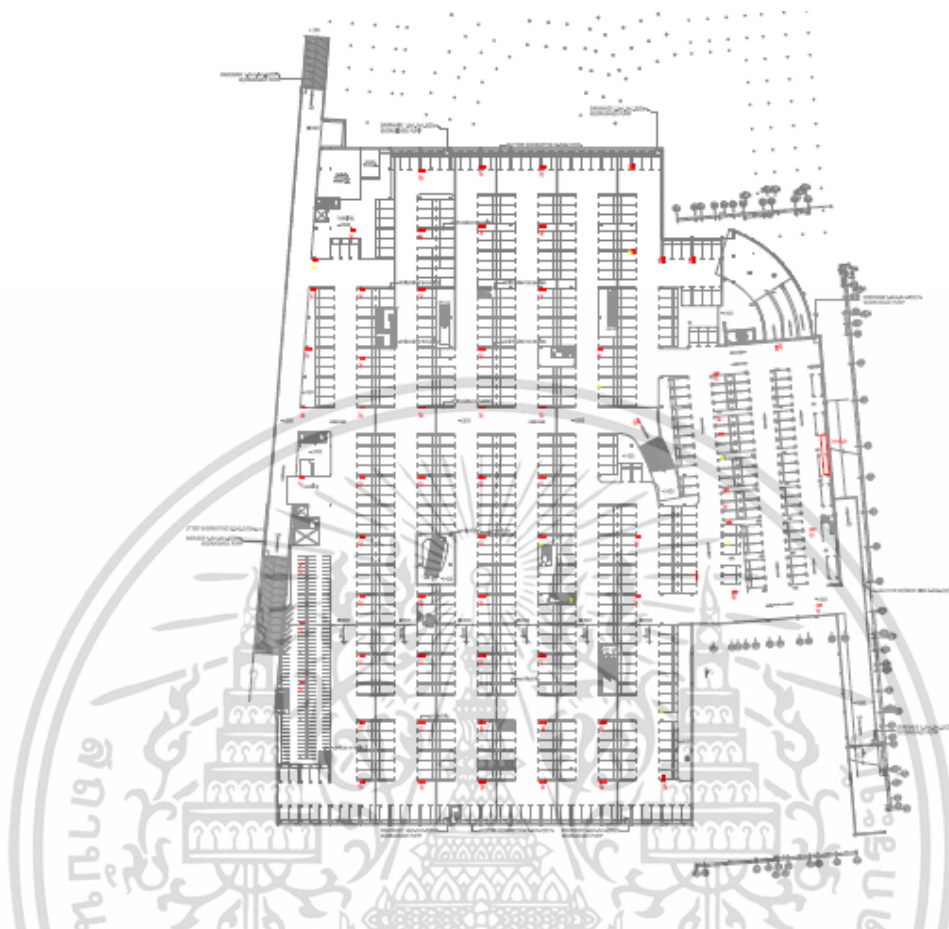
“ห้างสรรพสินค้า” หมายถึง ร้านจำหน่ายสินค้าบนพื้นที่ขายขนาดต่างๆซึ่งโดยทั่วไปเป็นการค้าปลีกสินค้าอุปโภคและบริโภคหลายหลายประเภทที่จัดกลุ่มตามเพศ อายุ การใช้งาน ในรูปแบบการบริการตัวเองหรือบริการด้วยพนักงานขายซึ่งโดยทั่วไปอยู่ภายใต้การบริหารงานหนึ่งเดียวของห้างสรรพสินค้าอาจรวมเอาซูเปอร์มาร์เก็ตที่มีพื้นที่ขายไม่เกิน 2,000 ตารางเมตรเข้าไว้ด้วยก็ได้

“ห้างสรรพสินค้า” หมายถึง กลุ่มของร้านค้าที่ตั้งขึ้นโดยมีการวางแผนการดำเนินการ และกิจการหน่วยหนึ่งเป็นเจ้าของ พร้อมทั้งมีสถานที่จอดรถที่ได้รับส่วนกับขนาดที่ตั้งและชนิดของร้านค้าที่ประกอบขึ้นอยู่ในห้างสรรพสินค้านั้น ตลอดจนมีการใช้สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ร่วมกันด้วย ในภาวะที่เศรษฐกิจกำลังเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับชีวิตประจำวันของคนส่วนใหญ่ที่ค่อนข้างจะเร่งรีบ ห้างสรรพสินค้าจึงทวีความสำคัญ และกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตของผู้คนในสังคม อาจเปรียบได้กับปัจจัยที่ห้านอกเหนือจากปัจจัยทั้งสี่ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นธุรกิจดังกล่าวนี้จึงมีแนวโน้มที่จะให้บริการอย่างครบวงจร ซึ่งลูกค้าสามารถใช้ห้างสรรพสินค้าเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ หาซื้อสินค้าและบริการด้านต่างๆ ได้อย่างครบถ้วนในคราวเดียวกัน อีกทั้งห้างสรรพสินค้าเป็นทั้งสถานที่สำหรับบริการสินค้าและการให้บริการต่างๆ เป็นสถานที่พบปะสังสรรค์ จุดนัดพบ เป็นแหล่งรวมสิ่งล้ำยุค มีกิจกรรมมากมาย และเป็นศูนย์รวมของผู้คนในสังคม (ธีรศักดิ์ เจ๊ะเล๊ะ. 2547 : 10-11) นอกจากนี้ยังเปิดให้บริการทั้งกลางวันและกลางคืนไม่มีวันหยุด และมีที่จอดรถกว้างขวาง ด้วยข้อจำกัดในเรื่องของเวลาการทำงานและวันหยุด หลายคนจึงเลือกที่จะมาพักผ่อนที่ห้างสรรพสินค้ามากกว่าที่จะต้องไปเที่ยวต่างจังหวัด (ณัฐชนก ดวงใจ. 2555 : 29-38)

“ลาน จอดรถห้างสรรพสินค้า ” หมายถึง พื้นที่หรือบริเวณที่ใช้สำหรับจอดรถของห้างสรรพสินค้า

พื้นที่จอดรถเป็นส่วนหนึ่งของระบบขนส่งที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางของผู้คน ด้วยเหตุนี้การจัดพื้นที่จอดรถที่มีรูปแบบเหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการ จึงเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ที่จอดรถสูง เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม เป็นต้น

2.1.2 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา



ภาพที่ 2.1 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา

2.1.3 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

ตามพระราชบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 นั้นได้กำหนดให้อาคารจอดรถมีลักษณะดังนี้

ข้อ 1 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้เรียกว่า "ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521"

ข้อ 2 ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาและกรุงเทพมหานครเป็นต้นไป

ข้อ 3 บรรดาเทศบัญญัติ ข้อบัญญัติ ระเบียบ คำสั่งอื่น ๆ ในส่วนที่ได้บัญญัติไว้แล้วในข้อบัญญัตินี้หรือซึ่งขัดหรือแย้งกับข้อบัญญัตินี้ให้ใช้ข้อบัญญัตินี้แทน นอกนั้นให้เป็นไปตามเทศบัญญัติหรือข้อบัญญัติเรื่องควบคุมการก่อสร้างอาคารและกฎหมาย

ข้อ 4 ในข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครนี้

"รถยนต์" หมายความว่า รถซึ่งเดินด้วยกำลังเครื่องจักร เครื่องกล เว้นแต่ที่เดินบนราง

"อาคารจอดรถยนต์" หมายความว่า อาคารหรือส่วนของอาคารที่ใช้สำหรับจอดรถยนต์

ข้อ 5 อาคารจอดรถยนต์ที่อยู่ในบังคับตามข้อบัญญัตินี้ เป็นอาคารที่มีที่จอดรถจำนวน

ตั้งแต่เจ็ดคันขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 6 อาคารจอตกรยนต์ต้องสร้างด้วยวัสดุทนไฟทั้งหมด

ข้อ 7 อาคารจอตกรยนต์ให้สร้างได้สูงไม่เกินสิบชั้น จากระดับพื้นดิน เว้นแต่จะเป็นอาคารที่มีระบบยกยนต์ด้วยเครื่องจักรเป็นส่วนประกอบอีกทางหนึ่งด้วย

อาคารจอตกรยนต์ที่สูงเกินหนึ่งชั้น เหนือระดับพื้นดินต้องเปิดโล่งอย่างน้อยสองด้าน ส่วนเปิดโล่งต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ผนังด้านนั้น และส่วนที่เปิดโล่งทั้งหมดรวมกันต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละสิบของพื้นที่อาคารชั้นนั้น ๆ เว้นแต่กรณีตามข้อ 8

ข้อ 8 อาคารจอตกรยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลาสิบห้านาที

ข้อ 9 ส่วนเปิดโล่งของอาคารจอตกรยนต์ต้องมีขอบหรือราวกันตกที่แข็งแรงให้ความปลอดภัยแก่รยนต์และบุคคลได้

ข้อ 10 ผนังของอาคารจอตกรยนต์ที่อยู่ห่างเขตที่ดินของผู้อื่นหรืออาคารอื่นน้อยกว่า 3.00 เมตร ต้องเป็นผนังกันไฟหนาไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร หรือคอนกรีตเสริมเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร และห้ามทำช่องเปิดใด ๆ ในผนังนั้น

ข้อ 11 ให้มีที่ว่างอันปราศจากหลังคาหรือสิ่งใดปกคลุม กว้างไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร ตลอดด้านของอาคารจอตกรยนต์อย่างน้อยสองด้าน และยาวรวมกันไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรอบอาคาร

ข้อ 12 อาคารจอตกรยนต์ที่มีการใช้ประเภทอื่นรวมอยู่ด้วย ส่วนกันแยกประเภทการใช้อาคารต้องเป็นผนังกันไฟหนาไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร หรือเป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร ให้มีช่องเปิดเฉพาะประตูทำด้วยวัสดุทนไฟกว้างไม่เกิน 2.00 เมตร ไม่เกินสองประตู

ข้อ 13 ระยะตั้งระหว่างพื้นถึงส่วนต่ำสุดของคานหรือเพดานหรือสิ่งอื่นที่ติดกับคานหรือเพดานต้องไม่น้อยกว่า 2.10 เมตร

ข้อ 14 น้ำหนักบรรทุกของอาคารจอตกรยนต์ เพื่อใช้คำนวณออกแบบต้องไม่ต่ำกว่า 400 กิโลกรัมต่อตารางเมตรสำหรับรยนต์ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม และไม่ต่ำกว่า 800 กิโลกรัมต่อตารางเมตรสำหรับรยนต์ที่มีน้ำหนักเกิน 2,000 กิโลกรัม

ข้อ 15 ทางลาดขึ้นลงสำหรับรยนต์ระหว่างชั้นต่าง ๆ ลาดชั้นได้ไม่เกินร้อยละสิบห้า ทางลาดช่วงหนึ่ง ๆ ต้องสูงไม่เกิน 5.00 เมตร ทางลาดที่สูงเกิน 5.00 เมตร ให้ทำที่พักมีขนาดยาวไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร เว้นแต่ทางลาดแบบเวียนที่ชั้นไม่เกินร้อยละสิบ จะไม่มีที่พักก็ได้ ปลายทางลาดต้องลาดมูยาวไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร

จุดที่ลาดขึ้นหรือลงที่ระดับพื้นดินต้องอยู่ห่างจากเขตทางสาธารณะไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร สำหรับทางลาดในอาคารจุดที่ลาดขึ้นหรือลงต้องอยู่ห่างจากปากทางออกของอาคารนั้นอย่างน้อย 6.00 เมตร

ให้มีบันไดกว้างไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร อย่างน้อยหนึ่งบันไดสำหรับพื้นที่ในชั้นนั้น ๆ ทุก 1,000 ตารางเมตร หากต้องมีเกินหนึ่งบันไดแต่ละบันไดต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 30.00 เมตร

ข้อ 16 อาคารจอตกรยนต์ที่จอตกรยนต์ได้เกินห้าสิบคน แต่ไม่เกินสองร้อยคนต้องมีห้องส้วม ที่ปัสสาวะ และอ่างล้างมือ ดังนี้

ก. ส้วมชายหนึ่งที่ ปัสสาวะสองที่ อ่างล้างมือหนึ่งที่

ข. ส้วมหญิงหนึ่งที่ อ่างล้างมือหนึ่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารที่จอดรถยนต์ได้ตั้งแต่สองร้อยคันขึ้นไป ต้องมีห้องส้วมที่ปัสสาวะ และอ่างล้างมือ ในอัตราดังกล่าวข้างต้นทุก ๆ สองร้อยคันที่เพิ่มขึ้น เศษของสองร้อยคันให้นับเป็นสองร้อยคัน

ห้องส้วมต้องกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร และมีเนื้อที่ไม่ต่ำกว่า 1.50 ตารางเมตร มีเครื่องระบายอากาศซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในห้องได้หมดในเวลาสามสิบนาที

ข้อ 17 ให้มีท่อประปาพร้อมทั้งอุปกรณ์ปิดเปิดน้ำ เพื่อใช้สำหรับล้างพื้นอาคารอยู่ในที่ เหมาะสมทุกชั้นที่ใช้จอดรถยนต์

ข้อ 18 ให้มีระบบระบาย + น้ำจากอาคารทุกชั้นอย่างเพียงพอและให้ต่อตรงกับระบบ ระบายน้ำที่ระดับพื้นดิน

ข้อ 19 ทุกส่วนของอาคารจอดรถยนต์ต้องให้มีแสงสว่างแลเห็นได้ชัดทั้งกลางวันและ กลางคืน

ข้อ 20 ให้มีเครื่องดับเพลิงเคมีหนึ่งเครื่องต่อจำนวนที่จอดรถยนต์ทุก ๆ ห้าสิบคัน และให้มี ไม้ทุกชั้นที่ใช้จอดรถยนต์อย่างน้อยชั้นละหนึ่งเครื่อง

ข้อ 21 ให้มีท่อต้นน้ำดับเพลิงตามมาตรฐานของกองตำรวจดับเพลิงในจำนวนที่เพียงพอเพื่อ ดับเพลิงได้ทุกส่วนของอาคาร

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

2.2.1 ความหมายของคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

“คุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” หมายถึง สภาพอากาศที่อากาศในพื้นที่ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่อาจไม่มี หรือมีสารปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่อาจจะไม่ทำหรือทำให้เกิด อันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ หากปริมาณ สารปนเปื้อนต่ำกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าว ก็จะได้ว่าคุณภาพอากาศภายในพื้นที่นั้นๆ อยู่ในระดับดี แต่ถ้าปริมาณสารปนเปื้อนเท่ากับหรือสูงกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดปัญหา ก็จะได้ว่าคุณ ภาพอากาศภายใน ลานจอดรถ นั้นไม่ดี ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม โดยผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับชีวิตและความแข็งแรงของร่างกาย อันตรายที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดความรำคาญ ระคายเคือง และเกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ จนกระทั่งอาการมีการแสดง ออกมาอย่างชัดเจน และถึงขั้นเสียชีวิตในที่สุด

2.2.2 ปัญหาคุณภาพอากาศจากสารปนเปื้อนในอากาศ

สารปนเปื้อนในอากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ชนิด ได้แก่

1. ฝุ่น (dust) หมายถึง อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่เข้ามาปะปนในอากาศ ขนาดของฝุ่นจะ อยู่ในช่วง 0.1-30 ไมครอน
2. ไอเสีย (fume) หมายถึง อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่เกิดจากการควบแน่นของสารจาก สถานะไอ ขนาดของไอเสียจะอยู่ในช่วง 0.001-0.1 ไมครอน เช่น ควันบุหรี
3. ละอองน้ำ (mist) หมายถึง อนุภาคของเหลวขนาดเล็กที่แขวนลอย หรือฟุ้งในอากาศที่ เกิดจากการควบแน่นของสารจากสถานะไอ ขนาดของละอองน้ำจะอยู่ในช่วง 0.1-10 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คว้น (smoke) หมายถึง ส่วนผสมของละอองไอ หรืออนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ ขนาดของคว้นจะอยู่ในช่วง 0.01-0.1 ไมครอน เช่น เชื้อเพลิงต่างๆ

5. ไอ (vapor) หมายถึง สารที่มีสถานะเป็นก๊าซ ซึ่งเป็นได้ทั้งของเหลว หรือของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น ไอน้ำ ไอระเหยที่เกิดจากสารทำความสะอาด โดยทั่วไปแล้วไอจะมีขนาดประมาณ 0.0005 ไมครอน

6. ก๊าซ (gas) หมายถึง ของไหลซึ่งไม่มีรูปแบบที่แน่นอนที่อุณหภูมิห้อง เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ แอมโมเนีย ภายใต้ความดันสูงหรือที่อุณหภูมิต่ำ ก๊าซสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวหรือของแข็งได้ โดยทั่วไปแล้วก๊าซจะมีขนาดประมาณ 0.0005 ไมครอน

สารปนเปื้อนต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศทั้งสิ้น การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนที่เป็นอนุภาคของแข็ง เช่น ฝุ่น จะขึ้นอยู่กับขนาดของสารปนเปื้อนนั่น กล่าวคือ สารปนเปื้อนที่มีขนาดใหญ่ จะสามารถแพร่กระจายได้เป็นบริเวณกว้าง แม้ไม่มีการไหลของอากาศมาช่วยก็ตาม เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่จะมีพลังงานจลน์มาก ในกรณีของสารปนเปื้อนขนาดเล็ก เช่น คว้น ไอ หรือก๊าซ ซึ่งมีระดับพลังงานจลน์ที่ต่ำมาก การแพร่กระจายจะอยู่ในรูปของการแขวนลอยในกระแสการไหลของอากาศ ด้วยเหตุนี้ การลดหรือจำกัดความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในลักษณะนี้จึงสามารถทำได้ด้วยการควบคุมทิศทางหรือการไหลของอากาศ (ฉัตรชัย นิยมผล และชวลิต แซ่ฮ้อ, 2546.)

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

พื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้ามักมีปัญหาในเรื่องของ ความร้อน และสารปนเปื้อนในอากาศ ปัจจัยที่จะก่อให้เกิดมลพิษของอากาศภายใน ลานจอดรถ มีทั้งปัจจัยจากภายใน ลานจอดรถเองและปัจจัยจากภายนอก ลานจอดรถ รวมทั้งลักษณะกิจกรรมของผู้ใช้ ลานจอดรถที่ทำให้ภาวะมลพิษรุนแรงขึ้นได้

2.2.3.1 มลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์

ยวดยานพาหนะต่าง ๆ ที่แล่นไปด้วยพลังงานการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์ รถสามล้อเครื่อง เรือ จะปล่อยสารพิษ ไอคว้น ก๊าซต่าง ๆ หลายชนิดออกมาทางท่อไอเสีย สู่อากาศในอัตราสูงเป็นอันดับหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รถยนต์ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดอากาศเสียอันสำคัญ และควบคุมแก้ไขได้ยากยิ่ง โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครมีรถยนต์เพิ่มขึ้นทุกปี แม้เก็บภาษีรถยนต์แพงเท่าใดก็ตาม เพราะการคมนาคมกลายเป็นปัจจัยอันสำคัญของมนุษย์ คว้นดำของรถที่ใช้้ำมันเบนซิน เกิดการปล่อยไอเสีย ก๊าซต่าง ๆ ตลอดจนเขม่า แยกออกได้ดังนี้

- คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่ถ้าสูดหายใจเข้าไป อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง การแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สู่ชั้นบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง และสารอินทรีย์อื่นๆ ระดับของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สูงขึ้น จะพบในบ้านเรือนที่มีอุปกรณ์ที่บรรจุก๊าซ ในชั้นใต้ดิน และที่จอดรถที่มีหลายๆ ชั้น ถนนในอุโมงค์ สนามกีฬา น้ำแข็งที่ปิดล้อมมิดชิด และสิ่งแวดล้อมภายในอาคารอื่นๆ ที่ซึ่งใช้เครื่องยนต์ทำการเผาไหม้ ภายใต้สภาวะที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่สูงในบริเวณที่อยู่อาศัย เกิดจากการใช้มวลสาร เพื่อการหุงต้มและทำความ

ร้อน เมื่อสูดเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปจะไปจับกับเม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะไปลด
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของเลือดในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกาย ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เป็นอันตราย จึงมักเกิดกับอวัยวะและเนื้อเยื่อที่ต้องการออกซิเจนในปริมาณที่สูงมาก เช่น สมอง หัวใจ กล้ามเนื้อ และเด็กอ่อนในครรภ์ที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้หัวใจต้องทำงานสูบน้ำเลือดมากขึ้น มีอาการมึนงง ตาพร่ามัว ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย เป็นลมหมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ในที่สุด

สถานะที่ก่อให้เกิดก๊าซชนิดนี้มากที่สุด ได้แก่

1. รถยนต์เครื่องดีเซล ช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือรถประจำทาง รถบรรทุก ที่บรรทุกน้ำหนักมากเกินไป
2. รถยนต์เครื่องเบนซินช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุดคือรถที่อยู่ระหว่างเบรเครื่องจอดติดเครื่องขณะรถติด
3. รถยนต์ใช้น้ำมันผสมช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือ สามล้อเครื่อง ขณะบรรทุกหนักและจอดรอสัญญาณไฟ

- คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซตามธรรมชาติที่รู้จักกันดี เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ประโยชน์ใช้ทำน้ำแข็งแห้ง และใช้ในการสังเคราะห์แสงของพืช ก๊าซนี้ถ้ามีมากจนถึงร้อยละ 25-30 ทำให้หายใจลำบาก ความดันโลหิตต่ำ ไม้รู้สึกตัว สลบ และอาจถึงตายได้

- ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon)

ไฮโดรคาร์บอน เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ จะปนออกมากับแก๊สไอเสีย ไฮโดรคาร์บอนบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้ระคายเคืองต่อจมูก ตา หลอดลม และปอด ทำให้เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจ

- ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ เป็นแก๊สที่เกิดจากจากการสั่นดาบที่อุณหภูมิสูงๆ โดยไนโตรเจนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ยิ่งการเผาไหม้ดีเท่าไร จะทำให้ไนโตรเจนในบรรยากาศรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีเท่านั้น อาจเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของหมอกที่ปกคลุมอยู่ตามเมืองทั่วไป ทำให้เกิดฝนกรด เกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดลมตีตัน หากสูดดมเข้าไปจะทำให้ปอดระคายเคืองและภูมิคุ้มกันต้านทานการติดเชื้อของระบบหายใจลดลง เช่น ไข้หวัดใหญ่ การสัมผัสสารในระยะสั้นๆ ยังปรากฏผลไม่แน่ชัด แต่หากสัมผัสบ่อยครั้งอาจเกิดผลเฉียบพลันได้

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) หรือก๊าซกำมะถัน

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เกิดจากการสั่นดาบหรือเผาไหม้ในสารที่มีกำมะถัน เช่น น้ำมัน เครื่องยนต์ดีเซลของเรือและรถยนต์ ดังนั้นโรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อมีการหายใจเข้าไปอาจทำให้ระบบทางเดินหายใจ เช่น จมูก ลำคออักเสบ ระคายเคือง ก๊าซนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่า ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เพราะเป็นตัวนำที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สัตว์เจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอ ๆ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำให้ลิ้นไก่สั้นเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจตายทันที สำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีอาการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาด 0.25 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร (ขนาดได้กลิ่นฉุน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มข้นของมลพิษใน ลานจอดรถขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ เวลาการทำงานของ เครื่องยนต์และปริมาณการจราจรของรถยนต์ (Ho, J. C. 2003 : 67-75) ความเร็วของอากาศใน ลาน จอดรถ (Chow, W. K. 1996 : 333-343) ปริมาณการจราจรของรถยนต์ในแต่ละตำแหน่ง และ ตำแหน่งของระบบระบายอากาศที่ติดตั้งในลานจอดรถ (Yaziz, M. I. 1989 : 375-385)

2.2.3.2 ควันบุหรี

ควันบุหรีจะทำให้เกิดทั้งกลิ่นไอระเหยและอนุภาคเล็กๆที่ทำให้เกิดการระคายเคืองออกมา เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปนออกมา ด้วย ส่วนกลิ่นบุหรีนั้นค่อนข้างจะคงอยู่ถาวรแต่ก็สามารถทำให้เจือจางได้ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ ภายนอกเข้ามาระบาย

2.2.3.3 อนุภาคขนาดเล็กที่หายใจเข้าไปได้ (Respirable particle)

อนุภาคของแข็งขนาดเล็กและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ บางชนิดมี ขนาดใหญ่ และมีสีดำจางมองเห็นเป็นเมฆและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่ เห็น ส่วนใหญ่เกิดจากควันบุหรี เมื่อหายใจเอาอนุภาคเหล่านี้เข้าไปทำให้ติดค้างอยู่ที่ปอด ซึ่งเป็น อันตรายต่อเยื่อหุ้มปอด และทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด โรคทางเดินหายใจได้

2.2.3.4 วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคาร

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคารที่มีส่วนประกอบของสารเคมีบางอย่างจะปล่อยสารเคมี ออกมา สารสำคัญที่มีการปล่อยออกมาได้แก่ ฟอรั่มัลดีไฮด์ ซึ่งมีกลิ่นฉุน ฟอรั่มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น ต่ำจะไม่เป็นอันตรายต่อคน หากเข้าสู่ร่างกายจะถูกขจัดออกจากโลหิตอย่างรวดเร็ว แต่ในความ เข้มข้นที่สูงกว่า 15 ppm จะทำให้เกิดความระคายเคืองต่อตา ทำให้มีอาการหอบหืด และโรคทางเดิน หายใจ

2.2.3.5 การออกแบบพื้นที่ลานจอดรถที่ไม่เหมาะสม

การออกแบบพื้นที่ ลานจอดรถที่ไม่เหมาะสม ทำให้มีสิ่งสกปรกสะสมปนกับอากาศภายใน พื้นที่ลานจอดรถ โดยเฉพาะการสะสมของมลพิษ ซึ่งอาจทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัย และผู้ใช้พื้นที่นั้นๆ

2.2.3.6 กิจกรรมการซ่อมบำรุง

กิจกรรมการซ่อมบำรุงที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศได้เช่นกัน เช่น ทำให้เกิด จุลชีพในละอองน้ำ การไม่ดูแลทำความสะอาดบริเวณพื้นที่อาคารซ่อมบำรุง ทำให้มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรก ที่ลอยอยู่ในอากาศสะสมมากขึ้น การใช้สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile organic compounds) เช่น การใช้สี วัสดุอุดรอยรั่ว กาว และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของ สารดังกล่าวได้ การใช้ยาฆ่าแมลงเพื่อควบคุมโรคติดต่อ และการจัดเก็บยาฆ่าแมลงในบริเวณที่ไม่ เหมาะสมทำให้เกิดมลพิษจากการใช้และแหล่งเก็บได้

โดยทั่วไปแล้วปัญหาคุณภาพอากาศภายใน ลานจอดรถสามารถควบคุมได้โดยใช้ระบบปรับ อากาศและระบายอากาศ (Heating, Ventilating, and Air Conditioning) ที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การตามหากระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ใช้ขาดประสิทธิภาพเนื่องจากการออกแบบ การใช้ และการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม ก็อาจกลายเป็นแหล่งกำเนิดและสะสมมลพิษได้เช่นกัน

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการระบายอากาศ (ventilation)

2.3.1 ความหมายของการระบายอากาศ

“การระบายอากาศ” คือ การจัดการถ่ายเทอากาศร้อนหรืออากาศเสียภายในออกสู่ภายนอก และให้มีอากาศที่บริสุทธิ์กว่าเข้าไปแทนที่ อากาศจะต้องมีการถ่ายเทตลอดเวลา ด้วยปริมาณและความเร็วที่กำหนด จนอุณหภูมิภายนอกและภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติ ดังนั้นการระบายอากาศนับว่าเป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศที่ได้ผลดียิ่งวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายอากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษออกไปจากพื้นที่

“การระบายอากาศ” คือ การนำอากาศที่ร้อนหรือที่มีสารปนเปื้อนออกจากอาคารหรือบริเวณที่มีการทำงานแล้วนำอากาศที่เย็นหรือสะอาดกว่าเข้ามาแทนที่ เพื่อความปลอดภัยจากโรคที่เกิดจากสารปนเปื้อนและความรู้สึกสบายของผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นๆ (คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543)

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศได้รับการพัฒนามาเพื่อเพิ่มคุณภาพของอากาศให้แก่ผู้อาศัยในบริเวณนั้น ๆ โดยการระบายอากาศมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ทำให้อากาศมีความสะอาด บริสุทธิ์ โดยทำให้สารปนเปื้อนหรือมลพิษเจือจางลงสามารถกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ หรือสิ่งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้อาศัยในบริเวณนั้น ๆ เช่น มลพิษ ความร้อน ความชื้น กลิ่นรบกวน ควัน และอื่นๆ ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศให้ออกไปได้
2. เพื่อป้องกันอันตรายจากการแพร่กระจายของสารระเหย วัสดุที่มีอันตราย หรือ สิ่งไม่พึงประสงค์ไปยังบริเวณอื่น
3. สร้างให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคาร เพื่อให้พื้นที่นั้น ๆ มีสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำกิจกรรมต่างๆ ได้ และด้วยความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ทำให้สามารถออกแบบและควบคุมการระบายอากาศให้เป็นไปตามความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศที่ได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดี จะช่วยลดปัญหาของสารปนเปื้อนในอากาศได้เป็นอย่างดี แต่การจะออกแบบระบบระบายอากาศให้บรรลุวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องมีความเข้าใจหลักการระบายอากาศเสียก่อน ทั้งนี้ยังต้องมีพื้นฐานความรู้ที่ดีอันจะนำไปสู่ความสำเร็จในการออกแบบระบบระบายอากาศได้ (ฉัตรชัย นิยมล และชวลิต แซ่ฮ้อ. 2546)

สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงในการออกแบบระบบระบายอากาศ คือ ความรู้สึกร้อน-หนาวของผู้ใช้อาคาร หรือสภาวะน่าสบายของมนุษย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับขอบเขตของสภาวะน่าสบาย ที่อาจแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะดินฟ้าอากาศ สภาพแวดล้อมและความเคยชินที่แตกต่างกัน โดยมีปัจจัยหลักที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และความเร็วของกระแสลมที่พัดผ่านผิวกาย ถ้าปริมาณการระบายอากาศสูง จะทำให้ผู้อยู่บริเวณนั้นรู้สึกสบาย นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังควรมีความเข้าใจสภาพภูมิอากาศของที่ตั้งอาคาร เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลาและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร คือ ความร้อน โดยมีแหล่งที่มาจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องเปิดอาคาร

2.4.1 การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ

การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ ทางวิศวกรรมเรียกว่า Air changes/hr หรือ ปริมาณการถ่ายเทอากาศคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในหนึ่งชั่วโมงเช่น 10 Airchange หมายถึง อากาศภายในห้องทั้งหมดจะถ่ายเทออกภายนอกจำนวน 10 ครั้ง ภายใน 1 ชั่วโมง หรือใช้เวลา 6 นาที จึงเกิดการถ่ายเทได้หมด โดยเทศบัญญัติได้ระบุให้อาคารจอดรถ ต้องมีการถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่า 4 เท่าของปริมาตรห้อง / ชั่วโมงก็คือ 4 Airchanges/hr (4A/C/hr) อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบมักจะออกแบบที่ประมาณ 6 A/C/hr เนื่องจากพฤติกรรมการใช้รถในบ้านเราจะมีรถที่ติดเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นการวนหาที่จอดรถ หรือติดเครื่องติดแอร์ทิ้งไว้เป็นจำนวนมากการกำหนดอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมในพื้นที่การใช้งาน ตามมาตรฐาน ASHRAE

ตารางที่ 2.1 อัตราการระบายอากาศมาตรฐานที่นิยมใช้ในการออกแบบ (ASHRAE. 1989 : 62-198)

พื้นที่	อัตราการระบายอากาศ (ลูกบาศก์ฟุตต่อคน)
อาคารจอดรถ	4
ห้างสรรพสินค้า	15
พื้นที่สูบบุหรี่	60
ร้านอาหารและภัตตาคาร	20
ผับ บาร์	30
ห้องพักในโรงแรม	30 (ต่อห้อง)
ห้องประชุม	15-20
ห้องทดลอง	20

2.4.2 ประเภทของการระบายอากาศ

ในการระบายอากาศสามารถออกจากพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งสามารถ แบ่งลักษณะของการระบายอากาศออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.4.2.1 การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation)

การระบายอากาศแบบทั่วไป หรืออาจเรียกว่า การระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) เป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอากาศใน พื้นที่นั้นๆ ให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ โดยการทำให้เจือจางลงด้วยอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก จนกระทั่งมลพิษดังกล่าวมีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ นอกจากอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากมลพิษทางอากาศแล้วการระบายอากาศแบบนี้ยังใช้ได้ดีในการป้องกันและควบคุมปัญหาเกี่ยวกับ ความร้อน ความชื้น และอันตรายจากการระเบิด เนื่องจากสารเคมีบางประเภทได้อีกด้วย

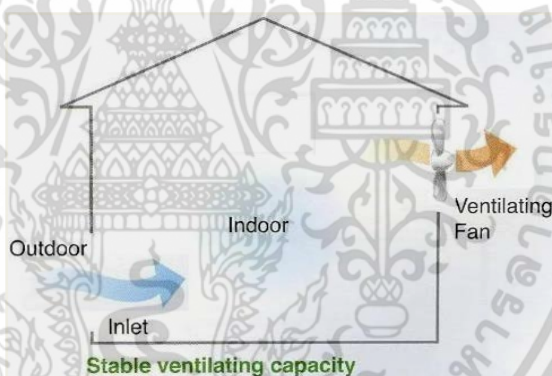
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของการออกแบบระบบระบายอากาศแบบทั่วไป

1. อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่พื้นที่ที่มีสารปนเปื้อนต้องสามารถเจือจางสารปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้
2. มีช่องระบายอากาศที่อยู่ใกล้สารปนเปื้อนมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
3. สารปนเปื้อนต้องไม่เป็นพิษ ติดไฟได้ง่าย และไม่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อน
4. ช่องอากาศเข้าและช่องระบายอากาศออกต้องอยู่ในตำแหน่งที่อากาศสามารถไหลผ่านพื้นที่ที่ถูกลบเปื้อน และผู้ที่อยู่อาศัยต้องอยู่ระหว่างช่องอากาศเข้าและแหล่งสารปนเปื้อน
5. อากาศที่เข้ามาเจือจางสารปนเปื้อนต้องมีปริมาณมากพอและไหลเข้าอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นควรใช้เครื่องกล เช่น พัดลมช่วยในการไหลเวียนของอากาศแทนการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติ
6. อากาศที่ระบายออกจากพื้นที่ทำงานแล้วต้องไม่ถูกนำกลับเข้ามาในอาคารอีก ดังนั้นตำแหน่งของช่องระบายอากาศออกจึงควรอยู่ห่างจากช่องทางเข้าสู่อาคาร หรืออยู่ในทิศทางที่อากาศไม่สามารถไหลกลับเข้าอาคาร

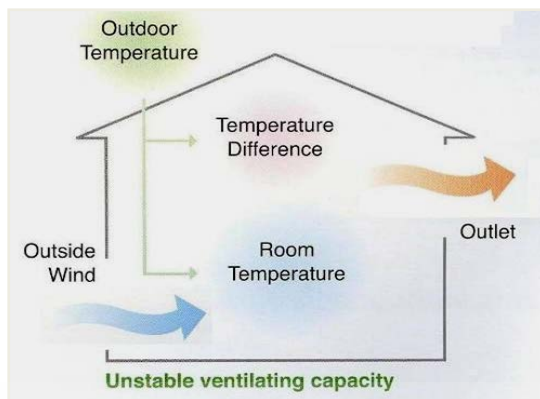
การระบาย แบบทั่วไป แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. การระบายอากาศแบบวิธีกล (Mechanical ventilation) เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหว หมุนเวียน



ภาพที่ 2.2 การระบายอากาศแบบวิธีกล ที่มา คณะกรรมการวิชาการ สาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2546

2. การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) เป็นวิธีการระบายอากาศที่อาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันในสองพื้นที่ อากาศจึงเคลื่อนที่จากที่ซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศต่ำ เช่น อากาศร้อนลอยตัวขึ้นทำให้เกิดความดันบรรยากาศในบริเวณนั้นลดลง และอากาศที่เย็นกว่า ซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงกว่าจึงเคลื่อนที่เข้ามาแทน โดยผ่านช่องเปิด เช่น ประตู หน้าต่าง หรือช่องระบายอากาศ



ภาพที่ 2.3 การระบายอากาศแบบธรรมชาติ ที่มา คณะกรรมการ
วิชาการสาขาเครื่องกลวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2546

ข้อจำกัดของการระบายอากาศแบบทั่วไป

เนื่องจากการระบายอากาศแบบทั่วไปนั้นมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การเจือจางสารปนเปื้อน และระบายความร้อน ในขณะที่อากาศเข้าผสมกับสารปนเปื้อนนั้น อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย และอาจพาความร้อนไปยังผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้นได้ ทำให้การระบายอากาศแบบนี้มีข้อจำกัด ดังนั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศ จึงควรใช้การระบายอากาศแบบทั่วไปในกรณีเหล่านี้ ได้แก่

- ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่อากาศจะต้องมีไม่มากนัก มิฉะนั้นจะต้องใช้ อากาศบริสุทธิ์ด้วยปริมาณที่มากเกินไปจนความเหมาะสม เพื่อให้มลพิษเจือจางจนมีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

- มลพิษที่ปล่อยออกนั้นควรมีความเป็นพิษต่ำ หรือค่อนข้างต่ำ และติดไฟยาก
- อัตราการเกิดและเข้าปนเปื้อนกับอากาศของมลพิษควรจะคงที่หรือมีความแปรเปลี่ยนไม่มากนัก

- สารปนเปื้อนนั้นไม่กัดกร่อน และไม่อยู่ในรูปของอนุภาค

ข้อดีของการระบายอากาศแบบทั่วไป ได้แก่

- ทำได้ง่าย และเป็นวิธีการที่ประหยัดค่าใช้จ่าย
- ใช้ได้ผลดีในการควบคุมมลพิษประเภทที่มีสถานะเป็นไอ และก๊าซ
- ไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ เพื่อลดระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศก่อนที่จะถูกถ่ายเทออกสู่บรรยากาศภายนอก

ข้อเสียของการระบายอากาศแบบทั่วไป ได้แก่

- การระบายอากาศแบบทั่วไปไม่ได้เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกไปจากพื้นที่ หากแต่เพียงลด ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษนั้น ให้อยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

- การระบายอากาศแบบทั่วไปมักจะใช้ไม่ค่อยได้ผลกับมลพิษประเภทฝุ่น ทั้งนี้ เพราะมลพิษเหล่านี้มักมี อัตราการเกิดและเข้าปนเปื้อนกับอากาศด้วยปริมาณที่ค่อนข้างสูงและมีความแปรเปลี่ยนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้วิธีการระบายอากาศที่ดีต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วย การระบายอากาศอาจใช้วิธีการธรรมชาติก่อน ถ้าไม่พอจริง ๆ จึงใช้การระบายอากาศแบบทางกล เช่น การใช้พัดลมไฟฟ้าซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เพราะต้องเปิดใช้ตลอดเวลาขณะใช้ห้อง แต่ก็สามารถควบคุมการใช้งานได้ง่าย มีขนาดพัดลมหลากหลายให้เลือกใช้ตามความต้องการของห้อง ตัวอย่างการระบายอากาศแบบธรรมชาติที่ได้ผลดีวิธีหนึ่งคือ การใช้หลักการลอยตัวขึ้นของอากาศร้อนกว่า และอากาศที่เย็นกว่าจะไหลมาแทนที่ ดังเช่น จะเห็นได้จากโบลต์บางแห่ง มีการเจาะช่องลมอยู่ด้านล่างของผนังโดยรอบ และมีช่องเปิดระบายอากาศออกด้านบน ซึ่งกว้างพออยู่ส่วนใต้หลังคาที่มีความสูงเกินกว่า 5 เมตร จะเกิดกระแสลมพอที่ระบายอากาศเสียออกไปทิ้งภายนอกอาคารได้ และหมุนเวียนอากาศที่ดีกลับเข้ามาใหม่ ระบบระบายอากาศที่ดีในห้องที่มีความสำคัญ จะต้องสร้างให้เกิดความดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอกด้วย จึงสามารถลดการแพร่ของฝุ่นละออง และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่จะแทรกตัวเข้ามาได้ แต่ห้องที่ควรมีความดันอากาศต่ำคือ ห้องที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น ห้องครัว ห้องน้ำ ห้องอาหาร ห้องเหล่านี้ต้องระบายอากาศทิ้งไปข้างเพื่อลดความดันให้ต่ำกว่าบริเวณอื่น โดยใช้พัดลมระบายอากาศช่วยในการควบคุม

2.4.2.2 การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation)

การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ เป็นการระบายอากาศโดยอาศัยหลักการดูดระบาย เพื่อดูดสารพิษ ไอเสียหรือควันออกจากพื้นที่เฉพาะที่ใดที่หนึ่ง เช่น การระบายอากาศบริเวณเหนือพื้นที่ปรุงอาหาร หรือการระบายอากาศในห้องปฏิบัติการทางเคมี เป็นต้น อากาศภายนอกจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ได้เมื่ออากาศภายในบริเวณนั้นเคลื่อนที่ออกไปก่อน ดังนั้น การระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ระบบระบายอากาศออก (Exhaust System) ทำหน้าที่ นำอากาศออกจากพื้นที่ เพื่อลดความเข้มข้น หรือกำจัดสารปนเปื้อนไม่ให้เข้าปะปนกับอากาศบริเวณทำงาน

2. ระบบส่งอากาศ (Supply System) ทำหน้าที่ ส่งอากาศที่ผ่านการปรับสภาพให้เหมาะสมเข้ามาแทนที่ ทำให้บรรยากาศดีขึ้น เช่น ลดความร้อน ลดกลิ่น ลดปริมาณก๊าซหรือสารปนเปื้อน

หากทั้งสองระบบ ความสมดุลกันจะทำให้ความดันบรรยากาศภายในและภายนอกเกิดความสมดุลกัน ในการระบายอากาศเฉพาะที่นั้น ระบบควรประกอบด้วย ท่อดูดอากาศ (hoods) ท่อลม (ducts) และพัดลมระบายอากาศ (exhaust fan) และ นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นนี้แล้ว ระบบระบายอากาศยังอาจมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ หรืออุปกรณ์ทำความสะอาด อากาศ (air cleaners) ติดตั้งอยู่ด้วยในกรณีที่เป็น เช่น เมื่อปริมาณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ มีระดับสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้

ข้อดีของการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ได้แก่

- ให้ผลในด้านการควบคุมได้ดี และปลอดภัย
- ใช้ได้ผลดีกับมลพิษในทุกสถานะไม่ว่า จะเป็นไอ ก๊าซ ฝุ่น และไม่วามลพิษนั้นจะมี อัตราการเกิด และ ระดับความเป็นพิษมากน้อยประการใด

ข้อเสียของการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ได้แก่

- ต้องการพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์สูงในการ ออกแบบระบบการระบายอากาศแบบนี้

- ต้องการบุคลากรที่ได้รับการศึกษาและ ฝึกอบรมมาดีพอสมควร ในการตรวจสอบและ

บำรุงรักษา ระบบระบายอากาศแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

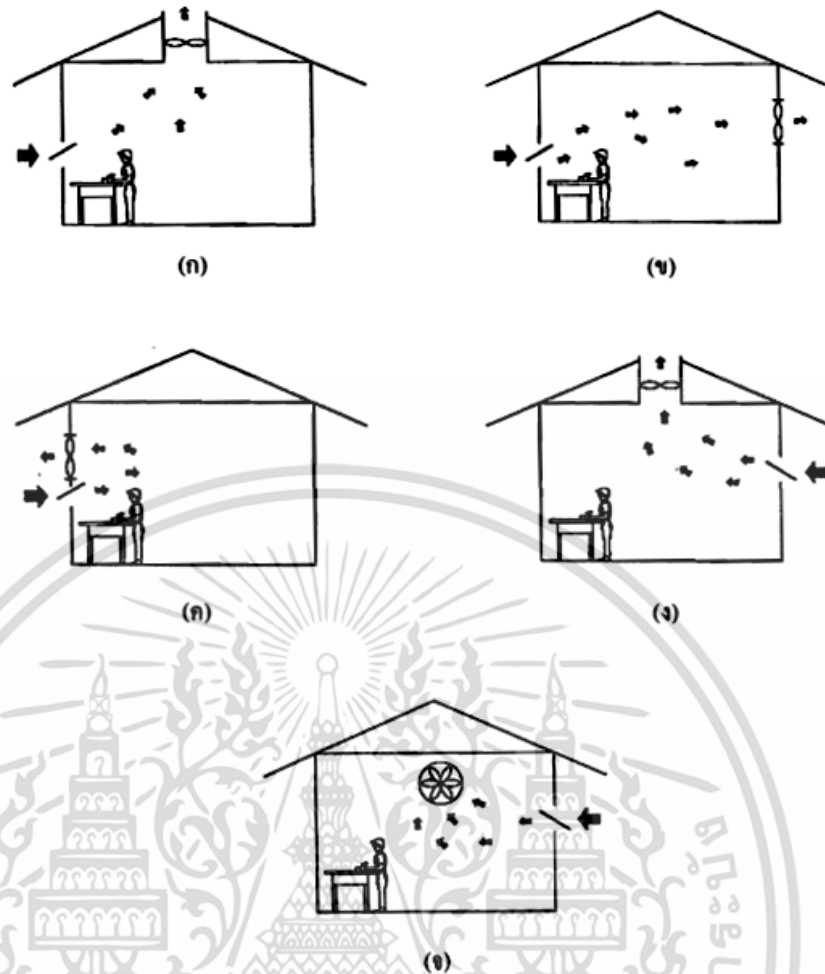
- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างและดำเนินการมากกว่าการระบายอากาศแบบทำให้
เจือจาง

การจัดการเพื่อให้อากาศซึ่งปนเปื้อนด้วยมลพิษถูกถ่ายเทจากภายในแล้วให้อากาศบริสุทธิ์
จากภายนอก ไหลเข้ามาทดแทน สามารถทำได้ 3 ลักษณะ คือ

1. โดยการติดตั้งพัดลมให้ทำงานดูดอากาศออกแต่เพียงชนิดเดียว เมื่อพัดลมทำงานอากาศที่
ปนเปื้อน ด้วยมลพิษจะถูกดูดออกไปด้วยอัตราที่กำหนด ผลที่ตามมาคือ ความดันอากาศภายในนั้น
จะลดลง ดังนั้น อากาศบริสุทธิ์จากภายนอกซึ่งมี ความดันสูงกว่า จะไหลเข้ามาแทนที่ด้วยปริมาณที่
เท่ากัน

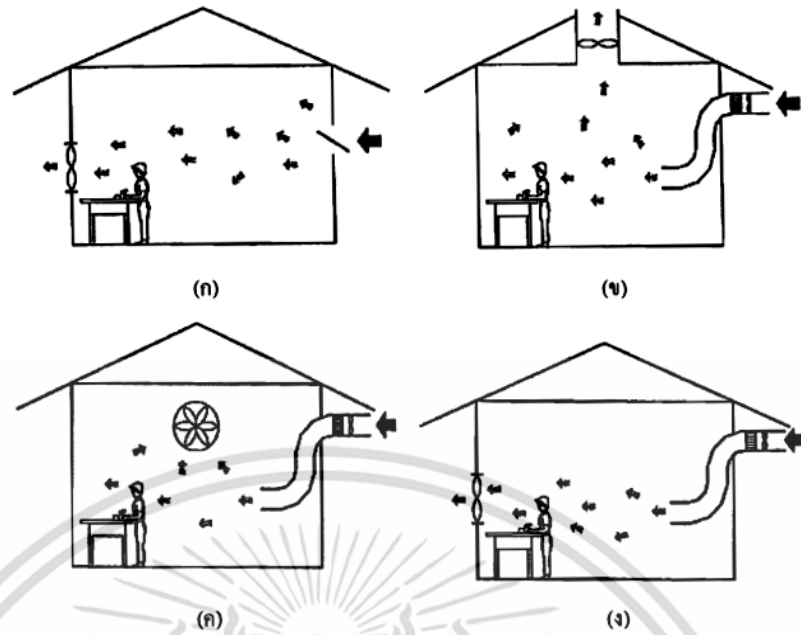
2. โดยการติดตั้งพัดลมให้ทำงานเป่าอากาศเข้าแต่ เพียงชนิดเดียว เมื่อพัดลมทำงานอากาศ
บริสุทธิ์จากภายนอก จะถูกเป่าเข้าไป ซึ่งจะทำให้ความดันอากาศภายในเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นอากาศซึ่ง
ปนเปื้อนด้วยมลพิษจะ ถูกไล่ออกไป

3. โดยการติดตั้งพัดลมให้ทำงานดูดอากาศออกและเป่าอากาศเข้าร่วมกันด้วย การจัดการ
แบบนี้ทั้ง อากาศที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษ และอากาศที่บริสุทธิ์ จะถูกเคลื่อนย้ายออก และเข้าโดยการ
ทำงานของพัดลม ด้วย อัตราที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้การไหลของอากาศภายใน เป็นไปตามความ
ประสงค์ คือเกิดการผสมผสานของ อากาศและมลพิษในห้องได้อย่างทั่วถึง อันจะมีผลให้ระดับความ
เข้มข้นของมลพิษเฉลี่ยเท่าเทียมกันทั่วทั้งบริเวณ ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดทางเข้า และทางออกของ
อากาศให้ถูกต้อง และเหมาะสม



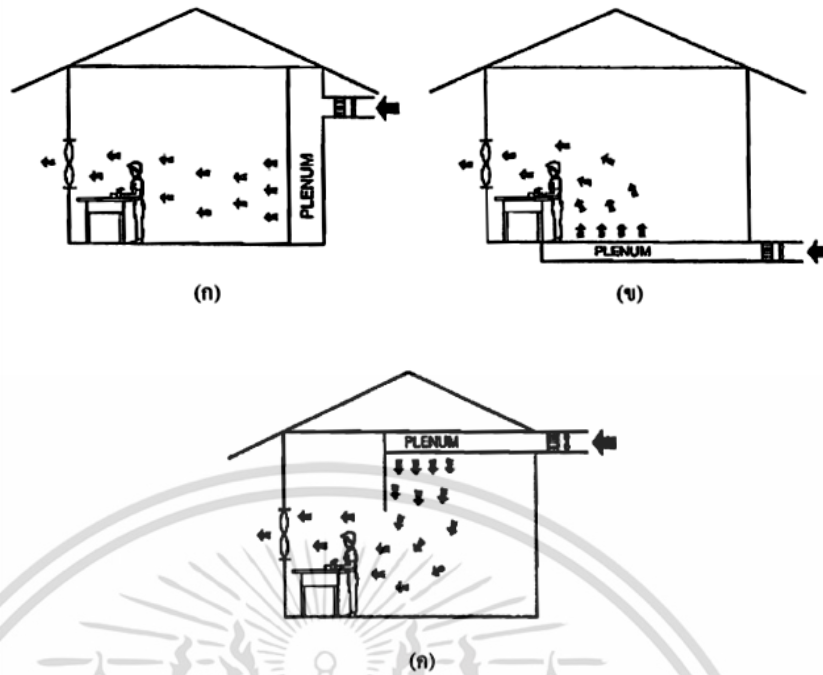
ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งช่องระบายอากาศและทางเข้าของอากาศที่ไม่เหมาะสม
ที่มา คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543

จากภาพที่ 2.4 (ก)-(ค) แสดงถึงการติดตั้งระบบระบายอากาศที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากอากาศที่เข้ามาในห้องแล้วพัดพาเอาก๊าซพิษหรือสารปนเปื้อนไปยังบริเวณที่มีคนทำงานก่อนที่จะเคลื่อนที่ไปยังช่องระบายอากาศออก มีการระบายอากาศที่ไม่เหมาะสมอีกแบบ คือ อากาศเคลื่อนที่เข้ามาในห้องแล้วออกทางช่องระบายอากาศก่อนที่จะเจือจางสารปนเปื้อนที่บริเวณคนทำงาน ดังภาพที่ 2.4 (ง)-(จ)



ภาพที่ 2.5 ตำแหน่งของช่องระบายอากาศที่เหมาะสม
ที่มา คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกลวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543

การระบายอากาศในภาพที่ 2.5 (ก)-(ง) มีการจัดวางตำแหน่งทางเข้าของอากาศที่เหมาะสมในระดับดี เนื่องจากอากาศจากระบบส่งอากาศเคลื่อนที่มาจากทางด้านหลังคนและเคลื่อนที่ผ่านแหล่งสารปนเปื้อน และพัดพาไปกับอากาศ แล้วออกไปทางช่องระบายอากาศ อย่างไรก็ตาม ความเร็วของอากาศจากระบบส่งอากาศต้องมีความเหมาะสม เพราะอาจทำให้เกิดการผันผวนของอากาศที่บริเวณด้านหน้าของคน ทำให้สารปนเปื้อนลอยอยู่บริเวณที่คนหายใจ หรือถ้าคนยืนอยู่ระหว่างแหล่งสารปนเปื้อนและช่องระบายอากาศ อาจได้รับสารซึ่งเป็นอันตรายได้



ภาพที่ 2.6 ตำแหน่งการระบายอากาศที่เหมาะสมในระดับดีมาก โดยการใช้ตัวส่งอากาศที่มาก คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543

การระบายอากาศในภาพที่ 2.6 (ก)-(ค) ทางเข้ามีความเหมาะสมในระดับดีมาก เนื่องจากอากาศจากระบบส่งผ่านเข้ามากล่องลม ทำให้ความเร็วลดลง และผ่านออกทางช่องกระจายอากาศ จึงลดโอกาสการผันผวนของอากาศบริเวณด้านหน้าคน ทำให้มีการพัดพาเอาสารปนเปื้อนออกไปได้

องค์ประกอบของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่

ในการระบายอากาศแบบเฉพาะที่นั้นจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆของระบบเพื่อให้การทำงานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเลือกนำไปใช้เพียงบางองค์ประกอบเพื่อความเหมาะสมของพื้นที่ โดยองค์ประกอบของระบบทั้งหมดประกอบด้วย

1. ปากท่อดูด (Hood) เป็นหัวใจสำคัญของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ทำหน้าที่รวบรวมหรือดักสารปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ทำการติดตั้งให้เข้าสู่ระบบท่อ เพื่อการรวบรวมสำหรับระบายออกไปภายนอกหรือเพื่อการบำบัด
2. ท่อนำอากาศ (Duct) ทำหน้าที่รับ และลำเลียงสารปนเปื้อนที่รวบรวมได้จากฮูดไปยังระบบบำบัดหรือเพื่อการระบายออกภายนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

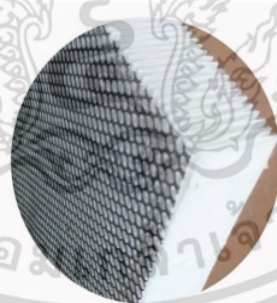


ภาพที่ 2.7 ท่อนำอากาศ (Duct)

ที่มา [Online] Available : <http://www.tosthailand.com>

สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

3. อุปกรณ์ทำความสะอาด (Air Cleaner) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำให้อากาศมีความสะอาดโดยคัดแยกสารปนเปื้อนในอากาศออกก่อนที่จะส่งอากาศที่สะอาดต่อไปยังพื้นที่ที่ต้องการ ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น เครื่องกรองฝุ่นแบบถ่วงกรอง ไส้โคลนดักฝุ่น หรือเครื่องดักฝุ่นแบบใช้ไฟฟ้าสถิตย์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.8 อุปกรณ์ทำความสะอาด (Air Cleaner)

ที่มา [Online] Available <http://www.chiangmaaircare.com>

สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

4. พัดลม (Fan) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดการไหล หรือเคลื่อนที่ของอากาศและสารปนเปื้อนในระบบท่อ โดยพัดลมต้องลำเลียงอากาศให้ได้ในอัตราที่ต้องการ ซึ่งต้องมากพอที่จะสามารถเอาชนะความต้านทานและการสูญเสียความดันต่างๆที่เกิดขึ้นในระบบได้ พัดลมมีให้เลือกใช้หลายลักษณะตามความเหมาะสมกับระบบ เช่น พัดลมตีดผนัง พัดลมกรงกระรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

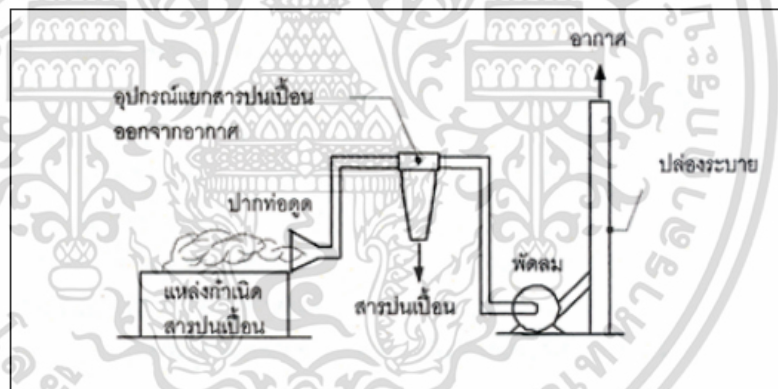


ภาพที่ 2.9 พัดลม (Fan)

ที่มา [Online] Available : <http://www.wolterventilation.com>

สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

ลักษณะของระบบระบายอากาศเฉพาะที่อย่างง่ายแสดงให้เห็น ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ที่มา ฉัตรชัย นิยมมล และชวลิต แซ่ฮ้อ. 2546

2.5 ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานการระบายอากาศสำหรับพื้นที่ลานจอดรถภายในอาคาร

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ได้กำหนดให้มีการระบายอากาศที่จอดรถภายในอาคารด้วยวิธีธรรมชาติหรือวิธีกลดังต่อไปนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2548 : 28-29)

2.5.1 การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

1. การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติให้ใช้เฉพาะกับที่จอดรถที่มีผนังด้านนอกมีช่องเปิดสู่ภายนอกซึ่งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนผนังอย่างน้อยสองด้าน พื้นที่ช่องเปิดสู่ภายนอกต้องไม่น้อยกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 20 ของพื้นที่ผนังด้านนั้นๆ และพื้นที่ช่องเปิดรวมทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ลานจอดรถ ความยาววัดตามแนวนอนของช่องเปิดที่ใช้เพื่อการระบายอากาศนี้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของความยาวผนังด้านนั้นๆ

2. พื้นที่ที่อยู่ห่างจากช่องเปิดสู่ภายนอกอาคารเกิน 30 เมตร ต้องจัดให้มีการระบายอากาศด้วยวิธีกล

2.5.2 การระบายอากาศด้วยวิธีกล

1. การระบายอากาศด้วยวิธีกลให้ใช้กับที่จอดรถลักษณะใดก็ได้ โดยจัดให้มีกลอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ ซึ่งต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยที่จอดรถนั้น เพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้ามาด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 7.5 ลิตรต่อวินาที ต่อตารางเมตร ของพื้นที่ลานจอดรถ

2. ภายในที่จอดรถต้องมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 35 ส่วนในล้านส่วนของอากาศ (ppm) นานต่อเนื่องเกินหนึ่งชั่วโมง และต้องไม่เกิน 120 ส่วนในล้านส่วนของอากาศ (ppm) ไม่ว่าเวลาใดๆ โดยตรวจวัดที่ระดับความสูงจากพื้น 0.90 ถึง 1.20 เมตร

3. ในกรณีที่ต้องการปรับลดอัตราการระบายอากาศระหว่างการใช้สอยที่จอดรถ สามารถปรับลดการระบายอากาศให้ต่ำกว่า 7.5 ลิตรต่อวินาที ต่อตารางเมตร ได้ ถ้าหากมีระบบควบคุมให้ภายในที่จอดรถมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 35 ส่วนในล้านส่วนของอากาศ และมีอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส โดยจัดให้มีอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และอุณหภูมิตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอ

4. ต้องออกแบบช่องทางลมเข้าให้นำอากาศเข้ามาจากบริเวณที่ไม่มีสารหรือก๊าซอันตราย

5. ไม่ควรใช้ทางเข้าหรือทางออกของรถเป็นช่องทางลมเข้าหลัก

2.6 ข้อมูลเกี่ยวกับพัดลมระบายอากาศ

2.6.1 ความหมายของพัดลมระบายอากาศ

“พัดลมระบายอากาศ” ในความหมายทางวิศวกรรม กล่าวได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่สร้างความแตกต่างของแรงดัน (Pressure) ของอากาศให้สามารถเคลื่อนย้ายมวลอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้

2.6.2 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ

2.6.2.1 พัดลมแบบแรงเหวี่ยงหรือแบบไหลตามแนวรัศมี (Centrifugal or Radial Flow Fans)

พัดลมแบบแรงเหวี่ยง เป็นพัดลมที่อาศัยกลไกของแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากการหมุนใบพัด (blade) อากาศเข้าสู่ใบพัดในแนวแกนเพลลาและปล่อยออกที่เส้นรอบวงในทิศตั้งฉากกับแนวแกนเพลลา โดยหลักการแล้ว การทำงานของพัดลมประเภทนี้เกิดจากการทำงานร่วมกันของแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) และการหักเหของอากาศโดยใบพัด ทำให้อากาศไหลออกในแนวรัศมี พัดลมแบบแรงเหวี่ยงสามารถลำเลียงอากาศได้ในปริมาณน้อย แต่สามารถสร้างความดันสถิตย์ (static pressure) ได้สูง จึงนิยมใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะที่ นอกจากนี้ยังเกิดเสียงดังขณะทำงานน้อยกว่า และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำ

โดยทั่วไปแล้วใบพัดของพัดลมประเภทนี้จะติดตั้งในตัวเสื้อ (housing) ที่มีลักษณะเป็นรูปวงก้นหอย (scroll shape) กรณีอากาศไหลเข้าทางเดียว เรียกว่า single inlet fans สำหรับกรณีอากาศไหลเข้าสองทาง เรียกว่า double inlet fans

ส่วนประกอบของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

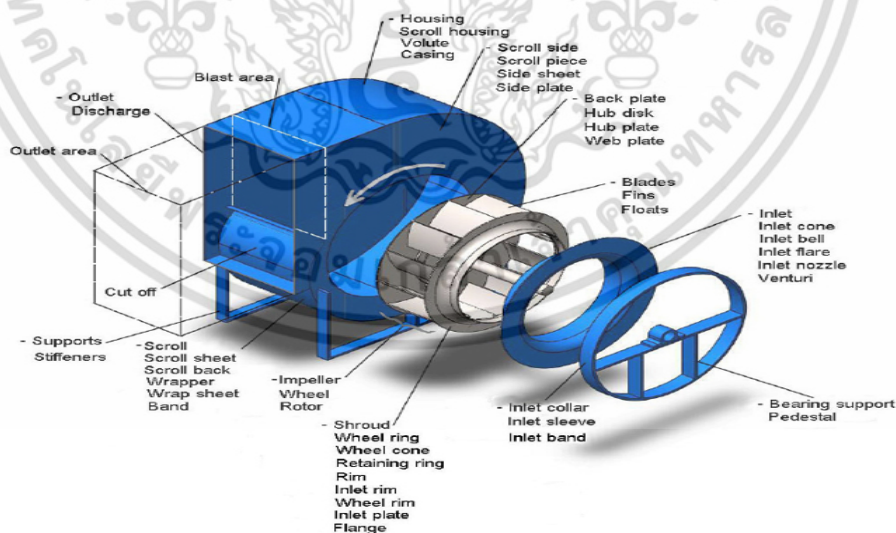
พัดลมประเภทนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ ใบพัด (impeller) และตัวเสื้อ (housing) รวมทั้งส่วนประกอบอื่นๆที่อาจมีความจำเป็นหรือเป็นประโยชน์ในการทำงานของพัดลม ดังรายละเอียดดังนี้

- **ใบพัด (impeller, wheel or rotor)** เป็นส่วนประกอบหลักที่หมุนเพื่อส่งผ่านพลังงานไปให้อากาศ โดยใบพัดประกอบไปด้วยใบ (blades, fins, floats or vanes) หลายใบซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการทำงานของใบพัด

- **แผ่นกั้นหน้า (shroud, cover, disk or inlet plate)** ทำหน้าที่ค้ำยันหรือพยุงใบตรงส่วนหน้าแล้ว ยังทำหน้าที่ปรับทิศทางลมให้อากาศเข้าสู่ใบพัดราบเรียบยิ่งขึ้น กรณีแบบอากาศเข้าทางเดียว (single inlet) แผ่นกั้นหลัง (back plate, hub plate or hub disk) จะอยู่ตรงข้ามกับแผ่นกั้นหน้าทำหน้าที่ค้ำยันหรือพยุงใบตรงส่วนหลัง ส่วนกรณีอากาศเข้าสองทาง (double inlet) จะเรียกว่าแผ่นกั้นกลาง (center plate) และมีแผ่นให้อากาศเข้า (inlet plate) สองแผ่นแทน

- **ดุมใบ (hub)** อาจทำหน้าที่ค้ำยันใบโดยตรงหรือผ่านแผ่นกั้นไปยังเพลลา

- **ตัวเสื้อ (housing, casing, stator, scroll, panel, ring or volute)** เป็นส่วนที่อยู่กับที่ทำหน้าที่นำทางอากาศก่อนที่จะเข้าสู่ใบพัดและหลังจากออกจากใบพัดแล้ว ตัวเสื้อของพัดลมแบบแรงเหวี่ยงประกอบด้วยแผ่นข้าง (side sheet) และแผ่นที่ม้วนเป็นก้นหอย (scroll sheet) โดยจุดที่วงก้นหอยใกล้ใบมากที่สุดเรียกว่า cut off หรือลิ้น (tongue) และพื้นที่เหนือ cut off ที่ทางด้านออกเรียกว่า blast area



ภาพที่ 2.11 ส่วนประกอบของพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

ที่มา [Online]Available:<http://centrifugalfanengineering.blogspot.com/2013/01/basicdesign-of-centrifugal-fan.html> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัดลมแบบแรงเหวี่ยง สามารถแบ่งตามขนาดของมุมทางออก (outlet angle) ของใบได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆได้ ดังนี้

1. **Backward blades** มีลักษณะของใบเอียงลู่ไปทางด้านหลัง เอียงตรงข้ามกับทิศทางการหมุน พัดลมชนิดนี้มีรอบการใช้งานค่อนข้างสูง มีประสิทธิภาพสูง มีเสียงเงียบ แต่มีราคาค่อนข้างสูง backward blades สามารถแบ่งตามลักษณะใบพัด ได้ 3 ชนิด คือ

- **Backward curved airfoil blades** มีลักษณะใบพัดเอียงไปทางด้านหลังเป็นเส้นโค้ง เป็นรูปปีกอากาศเป็นพัดลม centrifugal fans ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และมีเสียงดังรบกวนต่ำ โครงสร้างใบพัดมีความแข็งแรงสูงจึงสามารถหมุนที่ความเร็วรอบสูงโดยไม่กระเพื่อมหรือสั่น รูปร่างใบพัดที่คล้ายปีกเครื่องบินทำให้มีแรงยกตัว (lift force) ที่คอยต้านการหมุนวน ระหว่างใบ ช่องระหว่างใบจะค่อยๆแยกจากดุมใบ (hub) ถึงปลายใบ (tip) ทำให้ความปั่นป่วน (turbulence) ของอากาศน้อยที่สุด การไหลของอากาศจึงราบเรียบตลอดตัวใบ สามารถสร้างความดันสถิต (static pressure) ได้สูงราว 30 นิ้วน้ำหรือราว 7,600 ปาสคาล ใช้ในการระบายอากาศ (ventilation) ที่สะอาด ประสิทธิภาพโดยรวมราว 92%



ภาพที่ 2.12 Backward curved airfoil blades

ที่มา [Online] Available : <http://www.yilida.com/en/Products2.aspx?ProductsCatelID=89&CatelID=89&Curr CatelID=89> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

- **Backward curved blades** มีลักษณะใบพัดเอียงไปทางด้านหลังเป็นเส้นโค้ง เป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากราคาถูก ใช้กับอากาศที่ค่อนข้างสกปรกได้ เช่น ระบายอากาศในห้องครัว ใบทำด้วยโลหะแผ่น ทำให้การผลิตมีราคาถูกกว่าแบบแรก เนื่องจากใบมีลักษณะโค้งทำให้สามารถปรับมุมใบที่ทางเข้า (inlet angle) ให้ชันขึ้นตามทางออก (outlet angle) เป็นการช่วยลดความสูญเสียที่เกิดจากการกระตุกอย่างรุนแรง รวมทั้งทำให้ใบแข็งแรงขึ้น จึงสามารถหมุนที่ความเร็วรอบสูงได้ การหมุนของใบที่ทำให้ด้านบน อยู่ข้างบนและด้านเว้าอยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดความดันบวกด้านบน และความดันลบด้านล่าง เป็นผลให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกเข้าไปสะสมอยู่ที่ใบทำให้เสียสมดุล จึงสามารถใช้งานกับระบบที่มีฝุ่นไม่มากนัก กราฟเส้นโค้งของพัดลมชนิดนี้มีลักษณะค่อนข้างชัน ทำให้การเปลี่ยนแปลงความดันมากมีผลกับอัตราการไหลน้อย รวมทั้งถ้าเลือกมอเตอร์ไว้อย่าง

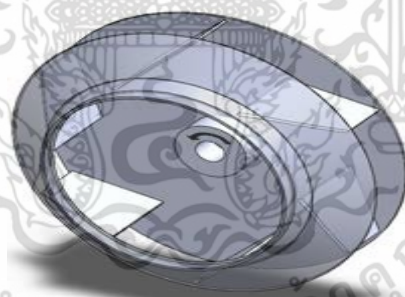
ถูกต้องจะไม่มีการใช้กำลังงานหรือกระแสไฟเกิน ด้วยไม่ว่าที่ปริมาตรการไหลใดๆ ประสิทธิภาพโดยรวมราว 85%



ภาพที่ 2.13 Backward curved blades

ที่มา [Online] Available : <http://www.yilida.com/en/Products2.aspx?ProductsCatelD=89&CatelD=89&CurrCatelD=89> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

- **Backward inclined blades** มีลักษณะใบพัดเอียงไปทางด้านหลังเป็นเส้นตรง สามารถสร้างได้ง่ายและมีราคาถูกกว่า backward curved ใบพัดชนิดนี้สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ ทำให้สามารถใช้กับระบบที่มีฝุ่นหรือของแข็งได้ การทำงานมีลักษณะโดยรวมคล้าย backward curved และประสิทธิภาพโดยรวมต่ำกว่าราว 78%



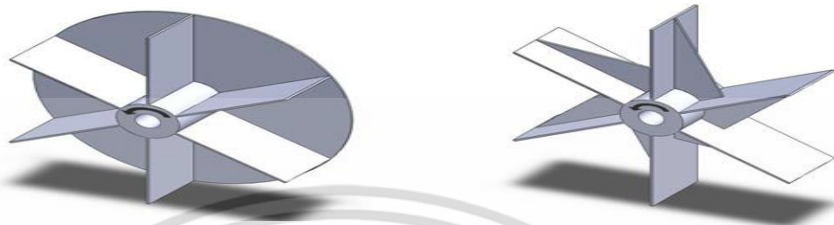
ภาพที่ 2.14 Backward inclined blades

ที่มา [Online] Available : <https://sites.google.com/site/kerdkhwamrubiphadthangwiswkrm/prapheth-khxng-biphad> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

2. **Radial blades** มีลักษณะที่ส่วนปลายของใบพัดอยู่ในแนวรัศมี (radial) หรือ 90° มีประสิทธิภาพต่ำ แต่ออกแบบมาเพื่อใช้งานลำเลียงวัสดุไปตามท่อลม เนื่องจากใบมีสมบัติต้านการกระแทกได้ดี และเศษวัสดุไม่ติดใบพัด แบ่งออกเป็น

- **Radial blades** ถ้าใบพัดทั้งหมดอยู่ในแนวรัศมีโดยปกติจะมีจำนวนใบ 6 ใบเชื่อมต่อกับคอกใบพร้อมกับตัวเสริมความแข็งแรง มักไม่มีแผ่นประกบหลัง หรือแผ่นประกบหน้า ทำให้ใบสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

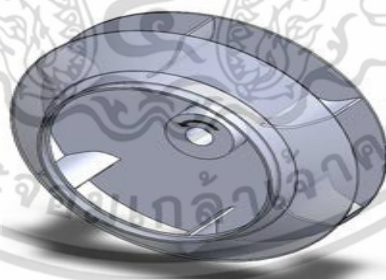
ขยายตัวได้อย่างอิสระ จึงเหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิสูงถึง 350°C รวมทั้งระบบที่มีปริมาณของแข็งหรือฝุ่นมาก จากการทำไม่มีแผ่นประกบหลังและแผ่นประกบหน้า ทำให้ประสิทธิภาพต่ำโดยรวมราว 60% จึงเหมาะสำหรับของแข็งที่เป็นพวกเส้นใย เช่น ขนสัตว์ กระดาษ ใยไม้ เส้นใยเหล่านี้อาจพันอย่างติดแน่นรอบเพลลา การมีแผ่นกั้นหลังจะช่วยขจัดปัญหาเหล่านี้ได้



ภาพที่ 2.15 Radial blades

ที่มา [Online] Available : <https://sites.google.com/site/kerd-khwamrubiphadthangwiswkrrm/prapheth-khxng-biphad>
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

- **Radial tipped blades** ถ้าเรานำ Backward inclined blades มาตัดโค้งที่โคนใบ (heel) ให้งอไปข้างหน้า ตามทิศทางการหมุนจนกระทั่งปลายใบ (tip) อยู่ในแนวรัศมี (radial) เราจะได้ Radial tipped blades ทำให้ลดการสูญเสียที่เกิดจากการ shock เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอัตราการไหลใบพัดในลักษณะนี้จะสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ จึงลดปริมาณสารตกค้างบนใบที่ทำให้เสียสมดุล และการสั่นลงได้ เหมาะสำหรับระบบที่มีฝุ่น ชี้เถ้า หรือของแข็งที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ ประสิทธิภาพโดยรวมราว 70%



ภาพที่ 2.16 Radial Tipped blades

ที่มา [Online] Available : <http://airprofan.com/centrifugal-fans-blowers/radial-tipped-fan/> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

3. Forward blades หรือใบพัดทรงกระบอก มีลักษณะของซี่ใบพัดเอียงลู่ไปทางด้านหน้า ตามทิศทางการหมุน เป็นพัดลมที่มีรอบการใช้งานต่ำ ให้เสียงเงียบ เหมาะสำหรับงานระบายอากาศ และงานปรับอากาศแบ่งออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Forward curved blades** ใบพัดชนิดนี้จะให้ปริมาณลมและความดันสถิต (static pressure) ที่มากกว่า backward blades เมื่อมีขนาดใบและความเร็วรอบเท่ากันแต่ประสิทธิภาพต่ำกว่า ในทางกลับกันที่ปริมาณลมและความดันที่เท่ากัน Forward curved blades สามารถใช้ใบพัดที่มีขนาดเท่ากันแต่ความเร็วรอบที่ต่ำกว่าได้ ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วต่ำเพื่อป้องกันการสั่น หรือใช้ใบพัดที่มีขนาดเล็กกว่าแต่ความเร็วรอบเท่ากัน จึงเหมาะสำหรับงานที่มีพื้นที่จำกัด ส่วนประสิทธิภาพที่ต่ำของ Forward curved blades เกิดจากลมที่ไหลผ่านช่องระหว่างใบต้องเปลี่ยนทิศทางเกือบ 180° ซึ่งมากกว่า centrifugal fans ชนิดอื่น ทำให้ทิศทางลมไม่สามารถไหลไปตามส่วนโค้งของใบ เป็นผลให้เกิดความปั่นป่วนมาก นอกจากนี้กำลังงานของ Forward curved blades ยังเพิ่มขึ้นสูงมากเมื่อปริมาณลมของระบบที่ต้องการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทำให้ต้องเผื่อส่วนเพิ่ม (margin) กำลังงานมากกว่าใบพัดชนิดอื่น ประสิทธิภาพโดยรวม รวบรวม 65%

อย่างไรก็ตาม Forward curved blades มีข้อจำกัดที่สามารถใช้กับอากาศที่ค่อนข้างสะอาด เนื่องจากใบที่มากและถี่ทำให้ฝุ่นหรือสิ่งสกปรกติดค้างตามใบได้ง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียดสมดุลงของพัดลม ทำให้เกิดการสั่น และอาจเกินกำลังของมอเตอร์



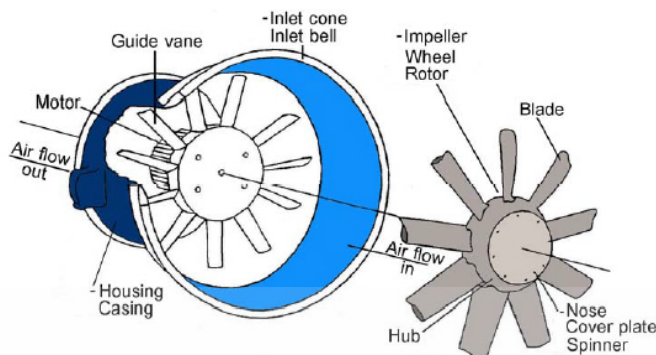
ภาพที่ 2.17 Forward curved blades

ที่มา [Online] Available : <http://airprofan.com/centrifugal-fans-blowers/radial-tipped-fan/> สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

2.6.2.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)

ใบพัดของพัดลมประเภทนี้จะซัดอากาศในแนวแกนเพลาจากทางเข้า (inlet) ถึงทางออก (outlet) โดยหลักการแล้ว การทำงานของพัดลมประเภทนี้เกิดจากการหักเหของอากาศโดยใบพัดในแนวแกนเป็นรูปเกลียว (helical pattern) ทำให้อัตราการไหลมากที่ความดันต่ำ โดยใบพัดอาจเป็นแบบมุมใบคงที่ และแบบปรับมุมใบได้ขณะใบพัดหยุดหมุน และแบบปรับมุมใบได้ขณะใบพัดกำลังทำงานหรือเคลื่อนที่

ส่วนประกอบของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน



ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน

ที่มา [Online] Available :<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/axial-flow-fan/>

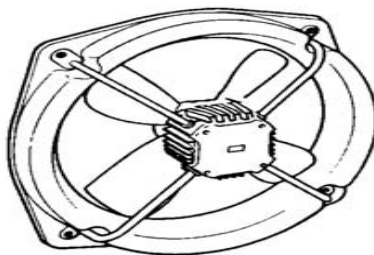
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

สำหรับพัดลมแบบนี้ ตัวเสื้อ (housing) จะมีลักษณะภายนอกเป็นท่อทรงกระบอก เรียกว่า outer cylinder ภายในจะประกอบด้วยใบพัด (Impeller, wheel or rotor) มอเตอร์ ทำให้มีลักษณะคล้ายทรงกระบอกภายในจึงเรียกว่า inner cylinder รวมทั้งแผ่นนำทาง (guide vanes) นอกจากนี้บางรุ่นอาจใช้สายพาน จึงต้องมีกล่องหุ้มสายพาน (belt guard) เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

อากาศจะไหลเข้ามาที่ใบพัดจากส่วนเปิดที่ทางเข้า (inlet, eye or suction) โดยมีลักษณะเป็นส่วนโค้ง (inlet cone, inlet bell, inlet nozzle or venturi) เพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าของอากาศ หรืออาจมีลักษณะเป็นกล่อง เรียกว่า inlet or suction box และ อากาศจะไหลออกที่ส่วนเปิดด้านออก (outlet or discharge) ท่อรูปกรวยบานออกที่ทางด้านออกจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ (kinetic energy) หรือความดันเนื่องจากความเร็ว (velocity pressure) เป็นพลังงานเนื่องจากความดัน (pressure energy) หรือความดันสถิต (static pressure) รวมทั้งอาจมีแผ่นนำทิศทางการไหลซึ่งถ้าแผ่นติดตั้งทางด้านเข้า เรียกว่า inlet guide or pre-rotation vanes ส่วนแผ่นที่ติดตั้งทางด้านออก เรียกว่า discharge guide or straightening vane

พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

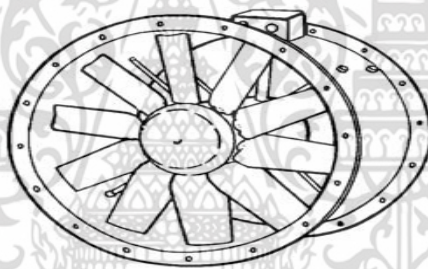
1. **Propeller fans หรือ panel fans** เป็นพัดลมที่ใช้กันโดยทั่วไป มีน้ำหนักเบา ราคาถูก ให้ปริมาณลมน้อยที่ความดันต่ำ ส่วนใหญ่มักเป็นแบบชนิดที่ติดผนัง ไม่มีท่อลม หรือถ้ามีก็เป็นท่อลมแบบสั้น



ภาพที่ 2.19 Propeller fans

ที่มา [Online] Available : http://www.wellfan.net/index.php?option=com_content&view=article&id=77:inletangle&catid=20:axial&Itemid=6
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

- **Tube axial fans** เป็นพัดลมที่ติดตั้งใบพัดอยู่ในท่อทรงกระบอก ซึ่งเป็นตัวบังคับให้ลมเข้าและลมออกอยู่ในทิศทางขนานกับแนวเพลลา ทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น ส่วนมากใช้กับท่อลมและสามารถสร้างความดันได้สูงขึ้น



ภาพที่ 2.20 Tube axial fans

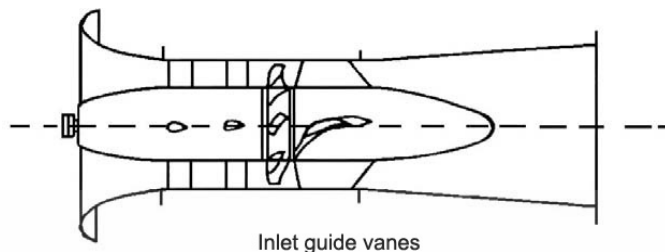
ที่มา [Online] Available : http://www.wellfan.net/index.php?option=com_content&view=article&id=77:inletangle&catid=20:axial&Itemid=6
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

- **Vane axial fans** เป็นพัดลมที่ติดตั้งใบพัดอยู่ในท่อทรงกระบอกเหมือน tube axial fan แต่มีแผ่นนำทิศทางลม (guide vanes) เพื่อกำจัดหรือลดการหมุนวนของอากาศที่ผ่านใบ ทำให้พัดลมชนิดนี้ให้ความดันสูงกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าสองแบบแรก สำหรับ guide vanes สามารถติดตั้งได้สองแห่ง ที่ทางเข้าเรียกว่า inlet guide vanes หรือที่ทางออกเรียกว่า outlet guide vanes

ในกรณีของ inlet guide vanes จะทำหน้าที่ปรับทิศทางลมที่เข้ามายังใบพัดให้หมุนวนในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของใบ ซึ่งมีผลทำให้ความเร็วลมสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น เหมือนกับว่า inlet guide vanes ทำให้ความเร็วของการหมุนเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ระดับเสียงเพิ่มขึ้น ส่วนปัญหาซึ่งมักเกิดขึ้นคือการหมุนวนของอากาศที่เข้ามายังใบพัดไม่เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ ทำให้การทำงานไม่ได้ผลเท่าที่ควร สำหรับการใช้งาน inlet guide vanes มักใช้ในกรณีที่มีมอเตอร์ตั้งอยู่ทางด้านลมเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

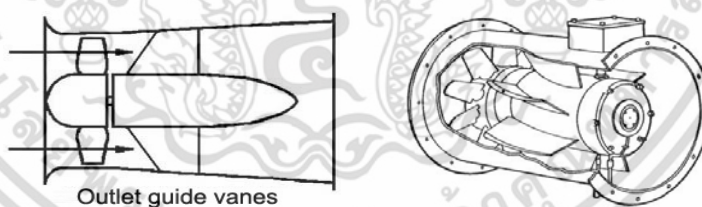
เพื่อให้ง่ายในการซ่อมบำรุงและแผ่นนำทิศทางลมต้องติดรอบมอเตอร์เพื่อประหยัดพื้นที่ หรือในกรณี ที่ลมเข้ามีความปั่นป่วน (turbulence) สูงมากจากตัวลดปริมาณลม (damper) ข้องอ (elbow) ในกรณีนี้ inlet guide vanes จะช่วยลดความปั่นป่วนของลมที่จะเข้าที่ใบพัดให้มีความราบเรียบยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.21 Inlet guide vanes

ที่มา [Online] Available : http://www.wellfan.net/index.php?option=com_content&view=article&id=77:inletangle&catid=20:axial&Itemid=66 สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

ส่วน outlet guide vanes มักทำหน้าที่ปรับลดความเร็วลมที่ออกจากใบพัด ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์ (kinetic energy) หรือความดันเนื่องจากความเร็ว (velocity pressure) ไปเป็นพลังงานศักย์ (potential energy) หรือความดันสถิต (static pressure) และความเร็วลมสัมพัทธ์ (relative air velocity) ลดลง เป็นผลทำให้ระดับเสียงลดลง โดยรวมแล้ว outlet guide vanes จึงเป็นที่นิยมในการใช้งานมากกว่า



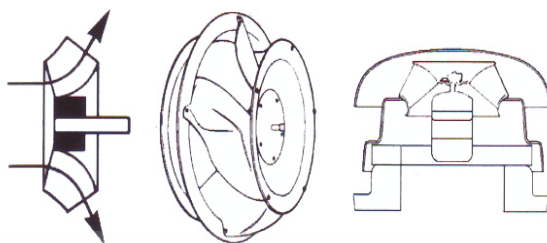
ภาพที่ 2.22 Outlet guide vanes

ที่มา [Online] Available : http://www.wellfan.net/index.php?option=com_content&view=article&id=77:inletangle&catid=20:axial&Itemid=66 สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

2.6.2.3 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวผสม (Mixed Flow Fans, Axial-Centrifugal Fans, Tubular Centrifugal Fans หรือ In-Line Centrifugal Fans)

โดยอากาศไหลเข้าในแนวแกนแต่ปล่อยออก (discharge) เป็นมุม 30° ถึง 80° จึงเป็นลูกผสมระหว่าง axial flow และ radial flow ใบพัดที่ใช้เป็นแบบ backward blades เนื่องจากพัดลมประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะอยู่ในท่อจึงติดตั้งกับระบบท่อได้ง่ายกว่า centrifugal fans และให้ความดันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า vane axial fans ที่ขนาดใบพัดและความเร็วรอบเท่ากัน แต่ให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า vane axial fans และ centrifugal fans

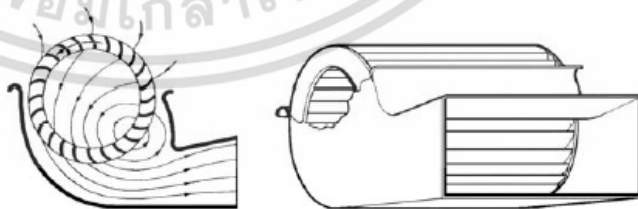


ภาพที่ 2.23 Mixed Flow Fans

ที่มา [Online] Available : http://wellfan.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=21&Itemid=78
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

2.6.2.4 พัดลมแบบอากาศไหลข้ามแนวแกนเพลลา (Cross Flow Fans)

เป็นลักษณะเฉพาะของ centrifugal fans ที่ใช้ใบ forward curved blades และทำให้ลมไหลผ่าน ใบสองครั้ง ครั้งแรกไหลเข้าและครั้งที่สองไหลออก โดยอากาศจะไหลเข้าในทิศทางตั้งฉากกับเพลลาและไหล ข้ามเพลลาออกมาอีกด้านหนึ่ง ข้อดีของพัดลมประเภทนี้คือ ให้ปริมาณลมมาก เนื่องจากสามารถทำหน้าที่ กว้างได้มากตามที่ต้องการ ใช้เป็นม่านอากาศ หรือใช้กับขดลวดร้อนหรือ เย็น พัดลมประเภทนี้มี ประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากลมต้องผ่านใบสองครั้ง และแต่ละครั้งก็มีการเปลี่ยน ทิศทางอย่างกะทันหันทำให้เกิดความปั่นป่วน โดยรวมประสิทธิภาพ 35-45%



ภาพที่ 2.24 Cross or Tangential Flow Fans

ที่มา [Online] Available : http://wellfan.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=22&Itemid=79
สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ

การที่อากาศจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้นั้น จำเป็นต้องมีความแตกต่างของความดันระหว่างจุดนั้น โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่า ในระบบระบายอากาศจุดที่มีความดันต่ำ ซึ่งมักเรียกว่า ความดันลบ (negative pressure) หรือ แรงดูด จะถูกสร้างขึ้นโดยพัดลม ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า การทำงานของพัดลมจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณปากท่อมายังพัดลม พลังงานที่ป้อนให้แก่พัดลม (พลังงานไฟฟ้า) จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (พลังงานจลน์)

เนื่องจากพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่ระบบผ่านทางพัดลม จะมีค่าเท่ากับพลังงานที่ต้องใช้ในการดึงอากาศในปริมาณที่ต้องการให้เข้าสู่ปากท่อดูด รวมกับพลังงานที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านการไหลในระบบท่อ ดังนั้น แนวคิดของการให้ความดันซึ่งแสดงถึงระดับพลังงานของระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ละเนื่องจากความดันเป็นสิ่งที่สามารถวัดค่าได้ง่าย จึงเป็นการสะดวกที่จะใช้ค่าความดันเป็นตัวอธิบายการทำงานของระบบระบายอากาศ หน่วยของความดันที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ psi (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โดยความดันที่อ่านได้จากมาตรวัดความดัน (pressure gauge) ซึ่งเป็นการวัดเทียบกับความดันบรรยากาศ จะเรียกว่าเป็น ความดันเกจ (gauge pressure)

2.6.4 การเลือกใช้พัดลมระบายอากาศ

การเลือกพัดลมเพื่อนำไปใช้งาน สิ่งที่เราควรคำนึงถึง ได้แก่ (ฉัตรชัย นิยมผล , ขวลิขิต แซ่ฮ้อ . 2546)

2.6.4.1 ปริมาณลม หรืออัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการ (Q) ซึ่งจะแสดงในหน่วย cfm

2.6.4.2 ค่าความดันที่ระบบต้องการ โดยอาจแทนด้วยความดันสถิตย หรือความดันรวมของพัดลม

2.6.4.3 ชนิดของสารปนเปื้อนที่ปะปนมากับกระแสการไหลของอากาศ ซึ่งอาจเป็นตัวกำหนดชนิดของพัดลมที่ใช้ หากสารปนเปื้อนเป็นควันหรือฝุ่นปริมาณเล็กน้อย สามารถใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงที่ใบพัดตรงเอียงกลับหลัง หรือพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกนได้ แต่ถ้าสารปนเปื้อนเป็นฝุ่นเบา หรือละออง ไอ ที่มีความชื้น พัดลมแบบแรงเหวี่ยงที่ใบพัดตรงเอียงกลับหลังหรือใบพัดวางตรงตามแนวรัศมีจะเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า และหากสารปนเปื้อนเป็นอนุภาคของแข็งที่มีปริมาณมาก ควรใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงที่ใบพัดวางตรงตามแนวรัศมี

2.6.4.4 คุณสมบัติของสารปนเปื้อน จะเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลม เช่น ถ้าสารปนเปื้อนมีความสามารถในการกัดกร่อน พัดลมที่เข้าอาจต้องทำจากเหล็กสแตนเลส หรือไฟเบอร์กลาส เป็นต้น

2.6.4.5 อุณหภูมิของอากาศในระบบ จะเป็นตัวกำหนดชนิดของวัสดุที่นำมาสร้างพัดลมเช่นกัน กล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูง จะส่งผลต่อความแข็งแรงของตัวพัดลมขณะทำงาน

2.6.4.6 พื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลม จะเป็นตัวกำหนดขนาด หรือมิติ (dimension) ของพัดลมที่ใช้ รวมถึงความยากง่ายในการซ่อมบำรุง หากไม่มีการพิจารณาพื้นที่สำหรับติดตั้งพัดลมแล้ว อาจทำให้พัดลมที่คิดว่ามีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สามารถติดตั้งในบริเวณที่ต้องการได้ เช่น ขนาดของพัดลมใหญ่เกินไป หรือตำแหน่งช่องทางเข้าและออกของอากาศไม่เหมาะสม

2.6.4.7 ลักษณะของกำลังที่ใช้ขับเคลื่อน โดยทั่วไปมักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า หากเป็นพัดลมขนาดเล็กผู้ผลิตมักจะติดมอเตอร์มาพร้อมกับพัดลม แต่หากเป็นพัดลมขนาดใหญ่มอเตอร์กับพัดลมจะแยกส่วนกัน

เมื่อได้ข้อมูลตามที่กล่าวมาแล้ว จะสามารถกำหนดชนิดของพัดลม วัสดุที่ใช้ทำพัดลม รวมถึงลักษณะของกำลังที่ใช้ขับเคลื่อน ส่วนที่เหลือ คือ ขนาดของพัดลม ซึ่งหมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อใบพัดของพัดลม รวมถึงขนาดของกำลังขับ สิ่งเหล่านี้สามารถหาได้จากพิกัดของพัดลม จากแคตตาล็อกสำหรับการเลือกพัดลมของผู้ผลิต โดยการเลือกพัดลมจะอาศัยข้อมูลที่สำคัญ คือ อัตราการไหลของอากาศ และความดันที่ระบบต้องการ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้พัดลมควรมีการปรึกษากับบริษัทผู้ผลิต เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างถูกต้องตามคุณลักษณะ และข้อจำกัดของการใช้งาน

2.7 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ

การทดสอบการทำงานของระบบระบายอากาศเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งการทดสอบครั้งแรก หลังจากการติดตั้งและการทดสอบเป็นระยะ ๆ ภายหลังจากใช้งานระบบมาได้ระยะหนึ่ง นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบระบบในครั้งแรกยังถูกใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพ และการทำงานของระบบ หรือใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติในการทำงานของระบบ รวมถึงใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในอนาคตอีกด้วย สำหรับการทดสอบระบบระบายอากาศเป็นระยะ ๆ ทำให้สามารถทราบว่าในขณะนั้นระบบมีความบกพร่องในการทำงานหรือไม่ จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์บางตัวหรือไม่ โดยสามารถตัดสินใจได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในครั้งแรกภายหลังจากติดตั้งระบบแล้วเสร็จ ในการทดสอบ ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศนั้น ข้อมูลที่เราต้องการทราบจากการทดสอบต้องเป็นสิ่งที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือประเมินประสิทธิภาพในการทำงานหรือข้อบกพร่องในการทำงานของระบบระบายอากาศได้ โดยข้อมูลที่กล่าวนี้ประกอบไปด้วยอัตราการไหลของอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ และเส้นทางหรือรูปแบบการไหลของอากาศ

โดยเบื้องต้นจะทำการวัดอุณหภูมิ และความเร็วลม ซึ่งทำได้โดยการใช้เครื่องมือวัด ได้แก่

- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (thermometer) จะใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด เนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดที่ไวต่อการตรวจวัด และแสดงผลในรูปตัวเลข



ภาพที่ 2.25 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด

ที่มา ฉัตรชัย นิยมมล. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องมือวัดความเร็วลม (anemometer) มีทั้งชนิดที่แสดงค่าความเร็ว ลมที่วัดได้อย่างเดียว และชนิดที่แสดงค่าความเร็ว ลมที่วัดได้ พร้อมทั้งสามารถคำนวณอัตราการไหลของอากาศและแสดงผลให้ทราบทันทีที่ทำการวัด ซึ่งเครื่องมือวัดความเร็ว ลมชนิดหลังนี้กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกในการใช้งาน สำหรับเครื่องมือวัดความเร็วลมที่ใช้กัน สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. แอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหมุน ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ใบพัด ซึ่งจะหันเข้าหากระแสการไหลของอากาศ การไหลของอากาศผ่านใบพัดนี้จะทำให้ใบพัดเกิดการหมุนรอบแกนใบพัด การหมุนรอบแกนดังกล่าวจะถูกแปรเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังชุดแสดงผลความเร็ว ข้อดีของแอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหมุนนี้ คือ สามารถวัดความเร็วลมที่มีค่าต่ำมาก ๆ ได้



ภาพที่ 2.26 แอนิโนมิเตอร์แบบใบพัดหมุน
ที่มา ฉัตรชัย นิยมล. 2547

2. แอนิโนมิเตอร์แบบขดลวดความร้อน แอนิโนมิเตอร์ ชนิดนี้วัดความเร็วลมโดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อน โดยการไหลของอากาศผ่านขดลวดจะแปรผันตามความเร็วลมที่ไหลผ่าน



ภาพที่ 2.27 แอนิโนมิเตอร์แบบขดลวดความร้อน
ที่มา ฉัตรชัย นิยมล. 2547

2.8 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD)

การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) เป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลข เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของของไหล เช่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งช่วยในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม รวมถึงการออกแบบงานที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม CFD ยังได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการออกแบบรถยนต์ เรือ เครื่องบิน ฯลฯ ในองค์กรวิจัยใหญ่ๆ มาเป็นระยะเวลาหลายทศวรรษแล้ว เพียงแต่ปัจจุบันได้เริ่มมีใช้กันแพร่หลายมากขึ้น ทางด้านระบบระบายอากาศก็ได้รับเอา CFD เข้ามาใช้มากขึ้น เพื่อช่วยในการจำลองการไหลเวียนของอากาศในห้องปรับอากาศรวมทั้งการคำนวณภาระการรับ แรงแลมในอาคาร

การคำนวณ CFD มีข้อได้เปรียบหลายอย่างเมื่อเทียบกับวิธีทางการทดลอง คือ สามารถพิจารณาปัญหาการไหลได้ในทุกสภาวะ สามารถศึกษากับรูปทรงที่มีความซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และไม่มีความเสี่ยงต่ออันตรายต่างๆ ประกอบกับปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณ และแสดงผลที่สูงขึ้น จึงสามารถจำลองพฤติกรรมการไหล (simulation) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่แสดงผลออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจน (Versteeg, H. K. 1995)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบระบายอากาศอาคารจอตลอดห้างสรรพสินค้า โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

นราวุฒิ ฉิมแสง (นราวุฒิ ฉิมแสง และคณะ . 2550) ได้กล่าวว่า การระบายอากาศที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับตำแหน่งการติดตั้งพัดลม ซึ่งจะส่งผลให้มีการกระจายอากาศภายในที่จอตลอดได้อย่างทั่วถึง และสามารถระบายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในที่จอตลอดออกสู่ภายนอกได้ดีด้วย ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานกำหนด

ธีระ พุ่มพฤกษ์ (ธีระ พุ่มพฤกษ์ . 2544) ได้ทำการพัฒนาระบบระบายอากาศในที่ทำงาน โดยจะเน้นการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยหลักการการทำงานของระบบคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าอากาศจะรวมตัวกันอยู่ตามด้านล่างของพื้นที่ห้อง จึงได้ออกแบบให้ตำแหน่งในการระบายอากาศอยู่ด้านล่าง โดยจากงานวิจัยพบว่า ระบบระบายอากาศแบบใหม่ที่ใช้วิธีการระบายอากาศทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศแบบแรงเหวี่ยง และต่อท่อลมไว้ที่ตำแหน่งด้านล่างของพื้นที่ห้อง มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิมที่ใช้วิธีระบายอากาศทางกลเช่นกัน แต่ไม่มีการต่อท่อลม และมีการติดตั้งพัดลมในตำแหน่งด้านบนของผนัง ซึ่งระบบระบายอากาศแบบใหม่นั้นสามารถกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่า โดยใช้ระยเวลาน้อยกว่า และสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบเดิมอีกด้วย

Chan และคณะ (Chan, M. Y. 1998 : 303-314) ได้พบว่าระบบระบายอากาศในอาคารจอตลอดที่มีระบบระบายอากาศรวมกันระหว่างการจ่ายอากาศจากภายนอกเข้าไปในอาคารจอตลอด และการดูดอากาศออกจากอาคารจอตลอด จะมีการระบายอากาศที่ดีกว่าระบบระบายอากาศที่มีการ

คู่อากาศออกจากอาคารจอตลอดเพียงอย่างเดียว สำหรับระบบระบายอากาศที่มีท่อดูดเพียงอย่างเดียวจะต้องติดตั้งให้อยู่ใกล้กับบริเวณที่เกิดการสะสมของก๊าซพิษมากที่สุด

Likar และคณะ (Likar, J. 2000 : 477-480) ได้ทำการศึกษาการแก้ปัญหาของระบบระบายอากาศในโครงสร้างที่อยู่ชั้นใต้ดินที่มีลักษณะเป็นแบบปิด โดยใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศและความเข้มข้นของก๊าซที่เป็นมลพิษ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแหล่งปล่อยก๊าซพิษ อัตราการกระจายตัวของก๊าซพิษ ตำแหน่งของอากาศเข้า และปริมาณอากาศที่ใช้ในการระบายอากาศ

Khan และคณะ (Khan, J.A. 2006 : 851-863) ได้รายงานว่ช่องอากาศเข้าที่ผนังด้านข้างจะเหมาะกับช่องอากาศออกที่ใกล้กับตำแหน่งเพดาน ช่องอากาศออกที่อยู่ด้านเดียวกันกับช่องอากาศเข้าจะระบายอากาศได้ดีกว่าช่องอากาศออกที่อยู่ตรงข้ามกับช่องอากาศเข้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาแนวทางใน การพัฒนาระบบระบายอากาศ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า เพื่อ บรรลุวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้การวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

3.1.1 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษา จำนวน 10 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 2 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มที่ 3 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า จำนวน 3 ท่าน โดยใช้การสุ่มแบบแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่

1. รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลศาสตร์ของไหล
2. คุณเนติพันธ์ จิระวรรณนท์ ผู้จัดการฝ่ายผลิตภัณฑ์ (Product Manager) บริษัทวอลเตอร์ เวนติเลชั่น จำกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คุณพงศ์ธนกิจ มาลา ผู้ช่วยผู้จัดการयरการ ส่วนวิศวกรรมงานระบบ (Assistant Project Manager) บริษัทเซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน) (CPN) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และระบบเครื่องกล

3.1.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มที่ 1
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษา จำนวน 10 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 กลุ่มที่ 2
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

3.1.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8)

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้นๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือตามวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.2.1 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

3.2.1.1 การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการลงพื้นที่ศึกษาระบบระบายอากาศตามลานจอดรถห้างสรรพสินค้า จากนั้นได้ดำเนินขั้นตอนในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยได้พิจารณาถึงปัญหาคุณภาพอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า และปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ดังนี้

(1) พื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า มีปัญหาในเรื่องของความร้อน และสารปนเปื้อนในอากาศ ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดมลพิษของอากาศภายในลานจอดรถ มีทั้งปัจจัยจากภายในลานจอดรถเองและปัจจัยจากภายนอกลานจอดรถ รวมทั้งลักษณะกิจกรรมของผู้ใช้ลานจอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม นั้นมีระบบระบายอากาศในลักษณะที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือ มีช่องนำอากาศเข้าอยู่ที่ฝั่งหนึ่ง และมีช่องนำอากาศออกอยู่ฝั่งตรงกันข้าม ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพ จากการลงพื้นที่พบว่าพื้นที่บริเวณตรงกลางของลานจอดรถนั้นไม่มีอากาศไหลเวียน เนื่องจากอากาศจากช่องนำอากาศเข้าไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังบริเวณพื้นที่ตรงกลาง จึงทำให้อากาศบริเวณพื้นที่ตรงกลางไม่สามารถถ่ายเทออกไปยังช่องนำอากาศออกได้ (ดังแสดงในภาพที่ 3.1) ดังนั้น ทำให้บริเวณดังกล่าวมีความร้อน ผุ่นควัน และมลพิษสะสมอยู่ในปริมาณมาก



ภาพที่ 3.1 แบบจำลองปัญหาของพื้นที่ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

ผู้วิจัยจึงได้นำปัญหาดังกล่าวข้างต้นมาพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าชิ้นใหม่ โดยใช้แบบร่างในการปรึกษา และขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.2 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- (1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- (2) ศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า และปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม แล้วสร้างแบบบันทึกจากการลงพื้นที่
- (3) สร้างแบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภครวม ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
- (4) สร้างแบบร่างเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยอยู่ภายใต้สถานการณ์จำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ซึ่งใช้โปรแกรม SolidWorks Flow Simulation
- (5) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบ
- (6) นำเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความตรงของเนื้อหา และการสื่อความหมาย เพื่อให้เกิดความชัดเจนและความสมบูรณ์ตรงกับเรื่องที่ต้องการศึกษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
- (7) นำเครื่องมือที่สร้างและปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) แบบบันทึกจากการสำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าแบบเดิม โดยแบบบันทึกนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ในแต่ละช่วงเวลา ณ บริเวณต่างๆของลานจอดรถที่ทำการสำรวจ

ตอนที่ 2 ปัญหาและข้อเสนอแนะอื่นๆ

(2) แบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้าและผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

ตอนที่ 3 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและความต้องการที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

(3) แบบประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการออกแบบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบระบบระบายอากาศ โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยมีลักษณะเป็นแบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน ระดับความคิดเห็น

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

3.2.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและทำการติดตั้งแล้ว

3.2.2.1 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว
3. นำแบบประเมินที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความตรงของเนื้อหา และการสื่อความหมาย เพื่อให้เกิดความชัดเจนและความสมบูรณ์ตรงกับ

เอกสารนี้ เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำแบบประเมินที่สร้างและปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย มีดังนี้

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น

ตอนที่ 2 สอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว โดยมีลักษณะเป็นแบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน ระดับความคิดเห็น

- | | |
|---|--|
| 5 | หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

3.2.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเรื่อง อาคาร จอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8)

3.2.3.1 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2) สร้างแบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคาร จอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

(3) นำแบบตรวจสอบประสิทธิภาพที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความตรงของเนื้อหา และการสื่อความหมาย เพื่อให้เกิดความชัดเจนและความสมบูรณ์ตรงกับเรื่องที่ต้องการศึกษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

(4) นำแบบตรวจสอบประสิทธิภาพที่สร้างและปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

เครื่องมือเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ที่พัฒนาแล้ว ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.2.4.1 หลังจากที่ถูกวิจัย สร้างเครื่องมือแล้ว ได้ เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความตรงของเนื้อหา และการสื่อความหมาย เพื่อให้เกิดความชัดเจนและความสมบูรณ์ตรงกับเรื่องที่ต้องการศึกษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.2.4.2 นำเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ทำการวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Item Objective Congruence) ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมณ์การ อาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ.ดร. จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง อาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ผศ.ดร. อภิสักดิ์ สีนธวัค อาจารย์สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จากนั้นนำผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิมาหาค่า IOC (Index of item – Objective Congruence) โดยมีสูตรดังต่อไปนี้

$$(3.1) \quad IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน คะแนนรายข้อตามดุลยพินิจของผู้ทรงคุณวุฒิ

\sum แทน ผลรวม

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เกณฑ์การให้คะแนน เป็นดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามที่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ในการวิจัย

0 หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ในการวิจัย

- 1 หมายถึง ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ในการวิจัย

3.2.4.3 นำเครื่องมือมาแก้ไขเพื่อความสมบูรณ์ถูกต้อง แล้วนำไปเก็บข้อมูล

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้า ดังนี้

3.3.1 เก็บจากการลงพื้นที่พิจารณาสภาพปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถ และปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม โดยการจดบันทึก

3.3.2 เก็บจากแบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริหารที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 เก็บจากแบบประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการออกแบบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่

1. รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลศาสตร์ของไหล
2. คุณเนติพันธ์ จิระวรานันท์ ผู้จัดการฝ่ายผลิตภัณฑ์ (Product Manager) บริษัทวอลเตอร์ เวนติเลชั่น จำกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
3. คุณพงศ์ธนกิจ มาลา ผู้ช่วยผู้จัดการयरการ ส่วนวิศวกรรมงานระบบ (Assistant Project Manager) บริษัทเซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน) (CPN) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และระบบเครื่องกล

3.3.4 เก็บจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

3.3.5 เก็บจากแบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอร์ดยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอร์ดยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายอากาศ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการพิจารณาสภาพปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถ และปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบใหม่

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยใช้ค่าสถิติความถี่ ร้อยละ

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการออกแบบระบบระบาย โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งใช้ค่าสถิติความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของระดับความเหมาะสม โดยแบ่งเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็น
4.51 – 5.00	หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

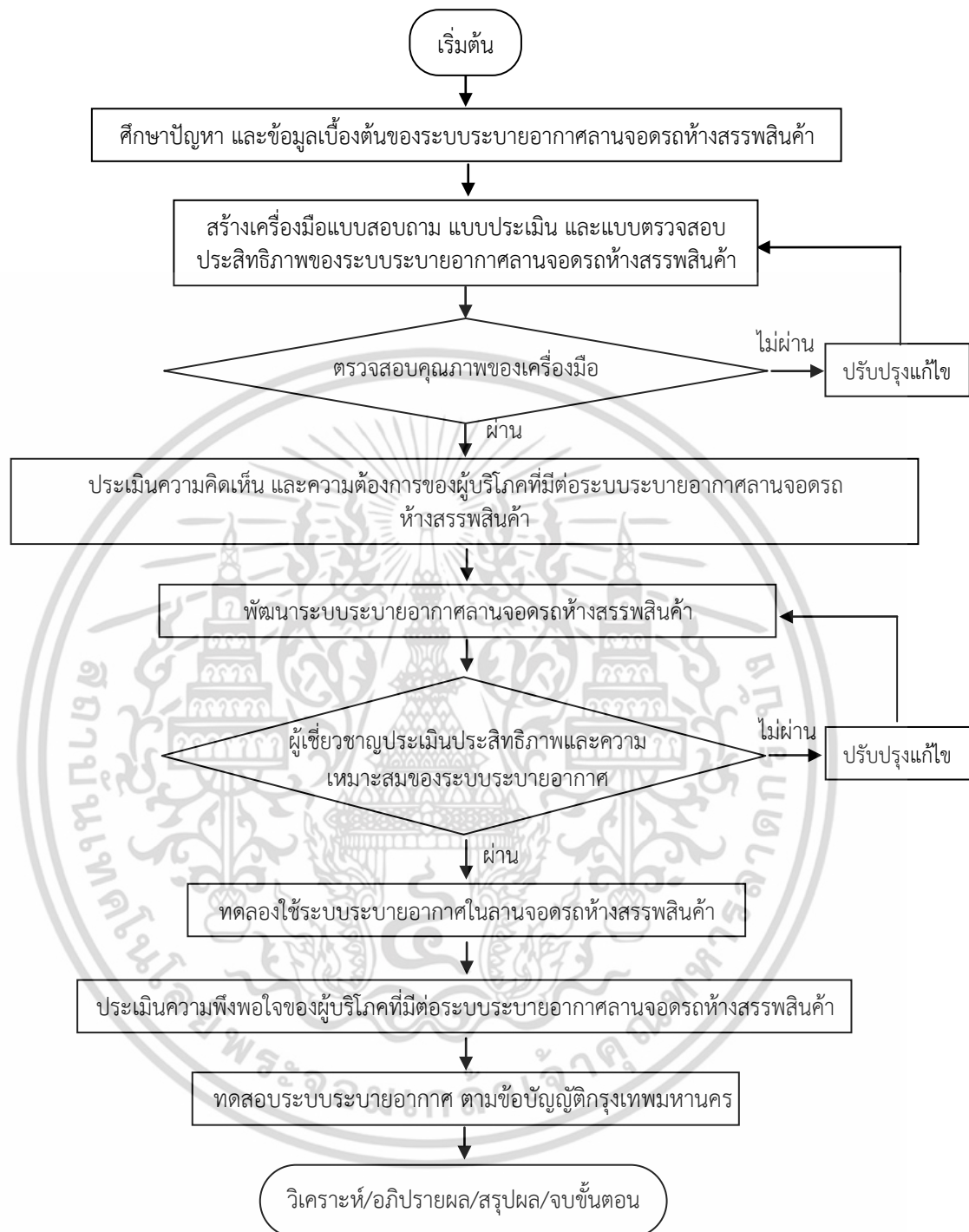
1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศสถานจอตรรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว โดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของระดับความพึงพอใจ โดยแบ่งเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็น
4.51 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศสถานจอตรรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอตรรถยนต์ พ.ศ. 2521

จากขั้นตอนการดำเนินงานและกรอบการวิจัย สามารถสรุปเป็นแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการพัฒนาาระบบระบายอากาศสถานจอตรรถห้างสรรพสินค้า ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงาน กรอบการวิจัยและแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัย สามารถกำหนดระยะเวลาในการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบระบายอากาศลานจอดรถทางสรรพสินค้า ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการวิจัยเรื่องการพัฒนาบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

ขั้นตอนการดำเนินการ	2556				2557				
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. ศึกษาปัญหาและตัวแปรต่างๆ	←→								
2. รวบรวมข้อมูลสรุปข้อมูล			←→						
3. สร้างเครื่องมือวิจัย				←→					
4. วิเคราะห์ข้อมูล/สรุป				←→					
4. พัฒนาระบบระบายอากาศ					←→				
5. ทดลองใช้ระบบ							←→		
6. ทดสอบระบบ								←→	
7. สรุปผลงาน/นำเสนอ							←→	←→	←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการวิจัยการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาการใช้งานของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม การสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า และการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบระบายอากาศที่ได้พัฒนาขึ้น

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

ในการออกแบบระบบระบายอากาศนั้น จะต้องทำการศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลานจอดรถนั้น ๆ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆต่อไปนี้

1. ปริมาณอากาศที่ต้องการเพื่อใช้ในการระบายอากาศ
2. ขนาดของลานจอดรถ
3. อุณหภูมิ และความเร็วลม
4. ความหนาแน่นของผู้คนที่อยู่ในพื้นที่ที่ทำการระบายอากาศ และกิจกรรมที่ผู้คนเหล่านั้น

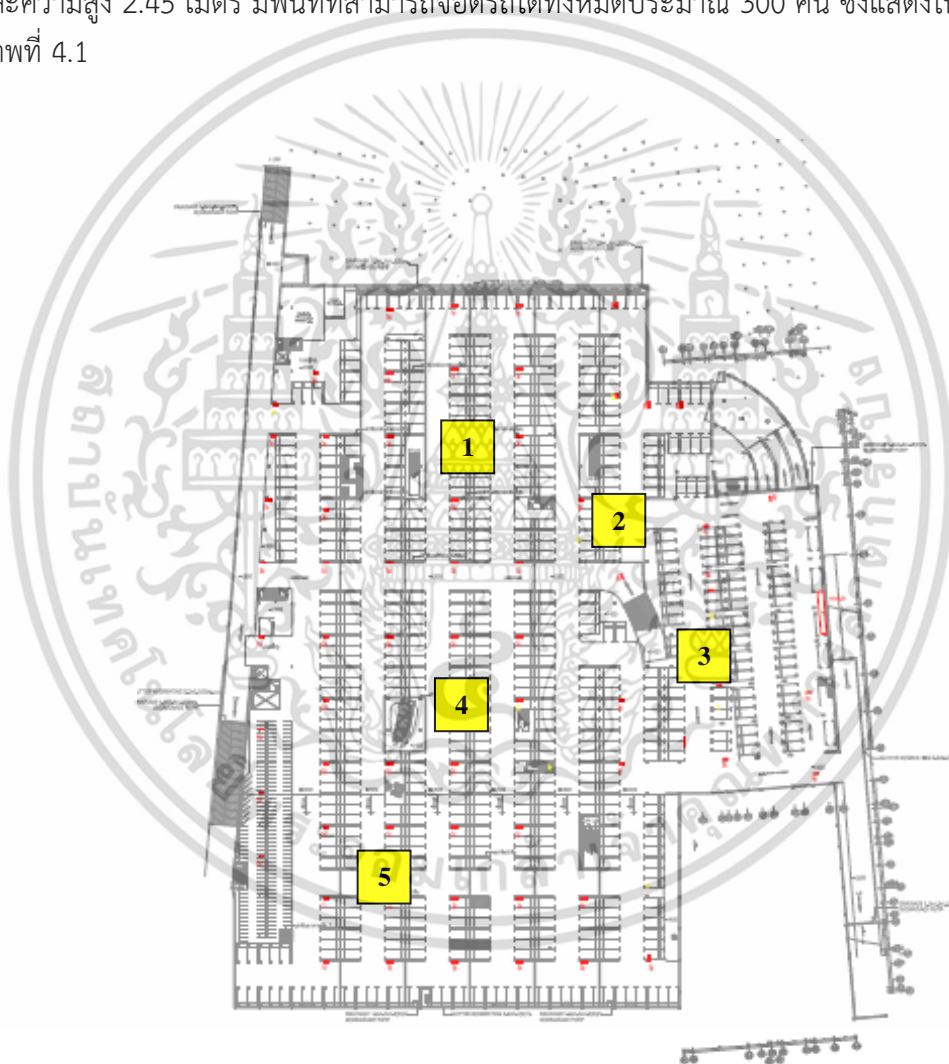
กระทำ

5. ชนิดและปริมาณของไอระเหยหรือฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการลงพื้นที่สำรวจลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม เพื่อศึกษา ลักษณะทางกายภาพของลานจอดรถ ปริมาณรถเคลื่อนที่เข้า-ออก พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลมภายในลานจอดรถ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ และ กำหนดเงื่อนไข ขอบเขตภายใต้สถานการณ์จำลอง การตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วลมภายในลาน จอดรถจะใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และเคลื่อนย้ายสะดวก กล่าวคือ ใช้ เทอร์โมมิเตอร์ แบบอินฟราเรด เป็นตัววัดอุณหภูมิ และใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัดหมุน สำหรับการตรวจวัดความเร็วลมบริเวณแหล่งกำเนิด และความเร็วลมที่ผ่านเข้ามาภายในลานจอดรถ โดยความเร็วลมปกติในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 1.5-3.2 เมตรต่อวินาที

ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่ทำการศึกษานั้น มีความกว้าง 115 เมตร ความยาว 220 เมตร และความสูง 2.45 เมตร มีพื้นที่ที่สามารถจอดรถได้ทั้งหมดประมาณ 300 คัน ซึ่งแสดงในแผนผัง ดัง ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนผังลานจอดรถห้างสรรพสินค้ากรณีศึกษาและตำแหน่งที่ทำการสำรวจ อุณหภูมิ และความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกปริมาณรถโดยเฉลี่ย พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำผลการวิเคราะห์จากสภาพพื้นที่จริงมาเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

บันทึกเมื่อ : เดือน มกราคม 2557 ช่วงเวลา 15.00-15.30 น.

อุณหภูมิภายนอกลานจอดรถ : 30 ± 2 °C

ความเร็วลมภายนอกลานจอดรถ : 1.0 ± 0.1 เมตรต่อวินาที

วัน	วันที่	ปริมาณรถจอดติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้โดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ปริมาณรถวนหาที่จอดโดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิภายในลานจอดรถ (°C)	ความเร็วลม (m/s)
พุธ	14	0	1	1	32 ± 1	0.08 ± 0.01
				2	31 ± 2	0.11 ± 0.02
				3	31 ± 2	0.09 ± 0.02
				4	34 ± 1	0.07 ± 0.01
				5	32 ± 2	0.10 ± 0.01
เสาร์	24	3	7	1	34 ± 2	0.08 ± 0.01
				2	33 ± 1	0.10 ± 0.02
				3	33 ± 2	0.08 ± 0.01
				4	36 ± 2	0.07 ± 0.01
				5	34 ± 1	0.09 ± 0.01
ศุกร์	30	1	3	1	34 ± 1	0.07 ± 0.01
				2	33 ± 2	0.11 ± 0.01
				3	33 ± 1	0.08 ± 0.02
				4	35 ± 1	0.07 ± 0.01
				5	33 ± 2	0.10 ± 0.01

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการสำรวจพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลมภายในลานจอดรถ เดือนมกราคม 2557 ในช่วงเวลาต่างๆ พบว่า พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภคมีความสอดคล้องกันกับอุณหภูมิภายในลานจอดรถ กล่าวคือ หากมีปริมาณรถโดยเฉลี่ย ปริมาณรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ และปริมาณรถวนหาที่จอดจำนวนมาก จะทำให้อุณหภูมิในลานจอดรถนั้นสูงขึ้นตามไม่ช้ากว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วย โดยพบว่า ช่วงที่อุณหภูมิในลานจอดรถสูงที่สุดจะเป็นวันหยุดสุดสัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้บริโภคมารใช้บริการลานจอดรถเป็นจำนวนมาก ทำให้มีปริมาณรถโดยเฉลี่ย และปริมาณรถวนหาที่จอดสูง นอกจากนั้นยังพบว่า อุณหภูมิทุกตำแหน่งในลานจอดรถมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก โดยอุณหภูมิในลานจอดรถที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณตำแหน่งที่ 4 (จากภาพที่ 4.1) ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศ คือ 35 องศาเซลเซียส เนื่องจากตำแหน่งนี้อยู่บริเวณตรงกลางของลานจอดรถ อากาศจากภายนอกไหลเข้ามาไม่ถึง การระบายอากาศจึงเป็นไปได้ยาก สำหรับความเร็วลมในแต่ละตำแหน่งนั้นมีความแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญ โดยอยู่ในช่วง 0.06-0.13 เมตรต่อวินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้า

บันทึกเมื่อ : เดือน เมษายน 2557 ช่วงเวลา 15.00-15.30 น.

อุณหภูมิภายนอกลานจอดรถ : 36 ± 2 °C

ความเร็วลมภายนอกลานจอดรถ : 1.2 ± 0.3 เมตรต่อวินาที

วัน	วันที่	ปริมาณรถ จอดติดเครื่องยนต์ ทิ้งไว้โดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ปริมาณรถวน หาที่จอดโดย เฉลี่ย (คัน/ชม.)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ ภายในลาน จอดรถ (°C)	ความเร็วลม (m/s)
ศุกร์	3	3	5	1	37 ± 1	0.07 ± 0.01
				2	36 ± 2	0.11 ± 0.02
				3	35 ± 1	0.09 ± 0.02
				4	37 ± 2	0.07 ± 0.01
				5	37 ± 1	0.10 ± 0.01
อังคาร	21	1	2	1	36 ± 2	0.07 ± 0.01
				2	34 ± 1	0.11 ± 0.01
				3	35 ± 2	0.08 ± 0.01
				4	36 ± 2	0.07 ± 0.01
				5	36 ± 1	0.09 ± 0.01
อาทิตย์	26	4	8	1	37 ± 1	0.07 ± 0.01
				2	37 ± 2	0.10 ± 0.01
				3	37 ± 1	0.08 ± 0.02
				4	38 ± 1	0.07 ± 0.00
				5	37 ± 1	0.09 ± 0.01

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการสำรวจพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลมภายในลานจอดรถ เดือนเมษายน 2557 ในช่วงเวลาต่างๆ พบว่า อุณหภูมิทุกตำแหน่งในลานจอดรถมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเช่นเดียวกับข้อมูลที่ได้จากเดือนมกราคม โดยอุณหภูมิในลานจอดรถที่สูงที่สุดอยู่ ณ บริเวณตำแหน่งที่ 4 (จากภาพที่ 4.1) ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศ คือ 38 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค และอุณหภูมิ ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ในเดือนมกราคมและเดือนเมษายนพบว่า มีความแตกต่างกัน คือ อุณหภูมิของทุกตำแหน่งในลานจอดรถในเดือนเมษายนมีค่าสูงกว่าเดือนมกราคม เนื่องจากเดือนเมษายนเป็นช่วงฤดูร้อน ซึ่งอุณหภูมิภายนอกลานจอดรถที่สูงส่งผลต่ออุณหภูมิภายในลานจอดรถสูงตามไปด้วย อีกทั้งในเดือนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมษายนยังเป็นช่วงปิดภาคการศึกษา มีผู้มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อพื้นที่จอดรถไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงพบพฤติกรรมที่ผู้บริโภคมีการติดเครื่องรอกจอด และวนหาที่จอดรถเป็นเวลานาน ทำให้อุณหภูมิลานจอดรถสูงขึ้นเช่นกัน

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า จำนวน 10 คน และผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า จำนวน 40 คน โดยการสุ่มผู้ให้ข้อมูล ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านเพศ อายุ อาชีพ และการใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=50)

ผู้ตอบแบบสอบถาม		ความถี่	ร้อยละ
สถานะภาพ	เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า	10	20
	ผู้บริโภค	40	80
	รวม	50	100
เพศ	ชาย	12	24
	หญิง	38	76
	รวม	50	100
อายุ	น้อยกว่า 20 ปี	6	12
	21-30 ปี	18	36
	31-40 ปี	15	30
	41-50 ปี	8	16
	มากกว่า 50 ปี	3	6
	รวม	50	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ผู้ตอบแบบสอบถาม		ความถี่	ร้อยละ
อาชีพ	ข้าราชการ	5	10
	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	10	20
	พนักงานบริษัทเอกชน	17	34
	เจ้าของกิจการ	4	8
	พ่อบ้าน/แม่บ้าน	8	16
	อื่นๆ ระบุ นักเรียน/นักศึกษา	6	12
	รวม	50	100
ความถี่ในการมาใช้บริการ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ใน 1 เดือน	น้อยกว่า 2 ครั้ง	12	24
	2-3 ครั้ง	17	34
	4-5 ครั้ง	13	26
	มากกว่า 5 ครั้ง	8	16
	รวม	50	100
วันที่ท่านมักมาใช้บริการลาน จอดรถห้างสรรพสินค้าเป็น ประจำ	วันหยุดเสาร์-อาทิตย์	18	36
	วันหยุดนักขัตฤกษ์	6	12
	วันจันทร์-ศุกร์	11	22
	วันเงินเดือนออก	15	30
	รวม	50	100
ช่วงเวลาที่ท่านมักมาใช้ บริการลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้าเป็นประจำ	10.01-12.00 น.	6	12
	12.01-14.00 น.	19	38
	14.01-16.00 น.	6	12
	16.01-18.00 น.	10	20
	18.01-20.00 น.	7	14
	20.01-22.00 น.	2	4
	22.01-24.00 น.	0	0
	รวม	50	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ผู้ตอบแบบสอบถาม		ความถี่	ร้อยละ
ระยะเวลาที่ใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าในแต่ละครั้ง	น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	6	12
	2-3 ชั่วโมง	19	38
	4-5 ชั่วโมง	15	30
	มากกว่า 5 ชั่วโมง	10	20
	รวม	50	100

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า จำนวน 10 คน และผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า จำนวน 40 คน เป็นเพศหญิงร้อยละ 76 และเพศชาย ร้อยละ 24 กลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 21 ถึง 30 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36 อันดับที่ 2 คือ อายุระหว่าง 31 ถึง 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 30 อันดับที่ 3 คือ อายุระหว่าง 41 ถึง 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 16 อันดับที่ 4 คือ อายุต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 12 และอันดับสุดท้าย คือ อายุ 50 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 6 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 34 รองลงมาคือ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พ่อบ้าน/แม่บ้าน นักเรียน/นักศึกษา ข้าราชการ และเจ้าของกิจการ คิดเป็นร้อยละ 20 16 12 10 และ 8 ตามลำดับ โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ประมาณ 2-3 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 34 รองลงมา คือ 4-5 ครั้งต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 26 วันที่ผู้บริโภคมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้ามากที่สุด ได้แก่ วันหยุดเสาร์-อาทิตย์ คิดเป็นร้อยละ 36 ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้มีความสอดคล้องกับแบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค และแบบบันทึกอุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

การวิเคราะห์ปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม จากเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า จะถูกใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ซึ่งข้อมูลที่ได้ประกอบด้วย พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค สภาพอากาศภายในลานจอดรถ คุณภาพอากาศในลานจอดรถ และความผิดปกติทางร่างกายภายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผู้บริโภคร่วมเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เคยประสบหรือรู้สึก ขณะใช้หรือภายหลังการใช้ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า (N=50)

ข้อ	เหตุการณ์ที่ประสบหรือรู้สึก	\bar{x}	SD	ระดับความคิดเห็น
1.	พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค			
1.1	ท่านจอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้เป็นเวลานาน	3.02	0.69	ปานกลาง
1.2	ท่านพบเห็นผู้จอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้	3.10	0.84	ปานกลาง
1.3	ท่านขับรถวนหาที่จอดรถเป็นเวลานาน	3.72	0.57	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.28	0.70	ปานกลาง
2.	สภาพอากาศภายในลานจอดรถ			
2.1	ไม่มีลมพัดกระทบลูกค้าตัว รู้สึกร้อน ไม่สบายตัว	4.68	0.51	มากที่สุด
2.2	รู้สึกว่าความเร็วของลมมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของลานจอดรถ	4.68	0.47	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	4.68	0.49	มากที่สุด
3.	คุณภาพอากาศในลานจอดรถ			
3.1	อากาศไม่สะอาด มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย	4.54	0.54	มากที่สุด
3.2	เหม็นกลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์	4.54	0.61	มากที่สุด
3.3	เหม็นกลิ่นควันบุหรี่	4.32	0.59	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	4.47	0.58	มาก
4.	สภาพทางร่างกายภายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ			
4.1	หน้ามืด วิงเวียน	2.20	0.26	น้อย
4.2	ปวดศีรษะ	2.38	0.43	น้อย
4.3	หายใจไม่สะดวก	2.44	0.31	น้อย
4.4	แสบตา แสบจมูก	4.32	0.39	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	2.84	0.35	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 สามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้า แบบเดิม ได้ดังนี้

1. พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการจอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง มีค่า ($\bar{X} = 3.02$, S.D. = 0.69) ผู้บริโภคพบเห็นผู้อื่นจอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง มีค่า ($\bar{X} = 3.10$, S.D. = 0.84) และ ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการการขับรบกวนที่จอดรถ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง มีค่า ($\bar{X} = 3.72$, S.D. = 0.57)

2. ลักษณะอากาศภายในลานจอดรถ

จากการวิเคราะห์ลักษณะอากาศภายในลานจอดรถ ผู้บริโภคมีความเห็นว่าไม่มีลมพัด กระทบถูกตัว ร้อน ใสบายตัว มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.51) ผู้บริโภครู้สึกว่าความเร็วของลมมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของลานจอดรถ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.47)

3. คุณภาพอากาศภายในลานจอดรถ

จากการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในลานจอดรถ ผู้บริโภคมีความเห็นว่าอากาศไม่สะอาด มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.54$, S.D. = 0.54) เหมือนกลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.54$, S.D. = 0.61) และเหมือนกลิ่นควันบุหรี่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.59)

4. ความผิดปกติทางร่างกายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ

จากการวิเคราะห์ความผิดปกติทางร่างกายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีอาการ แสบตา แสบจมูก อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่า ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.39) หายใจไม่สะดวกมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย มีค่า ($\bar{X} = 2.44$, S.D. = 0.31) หน้ามืด วิงเวียน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย มีค่า ($\bar{X} = 2.20$, S.D. = 0.26) และปวดศีรษะ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย มีค่า ($\bar{X} = 2.38$, S.D. = 0.43)

4.1.2.3 ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับความคิดเห็นและความต้องการที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นและความต้องการที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า พบว่า เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภค ร้อยละ 100 ต้องการให้มีลมเย็นพัด กระทบถูกตัว ต้องการให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นทำให้สบายตัว ไม่ร้อน ต้องการให้มีลมพัดทั่วถึงในทุกตำแหน่งของลานจอดรถ ต้องการให้อากาศในบริเวณนั้นมีความสะอาดไม่มีฝุ่นละออง กลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์ หรือกลิ่นควันบุหรี่ และต้องการให้เสียงของพัดลมไม่ดังจนทำให้รู้สึกรำคาญ

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า นั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยอาศัยหลักการการแทนที่โดยอากาศ ซึ่งมีพัดลมระบายอากาศเป็นตัวดึงอากาศบริสุทธิ์เข้ามาเจือจางอากาศเสีย อากาศจะถูกส่งจากพัดลมชุดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ด้วยขีดจำกัดของการทดลองผนวกกับความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการนำโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

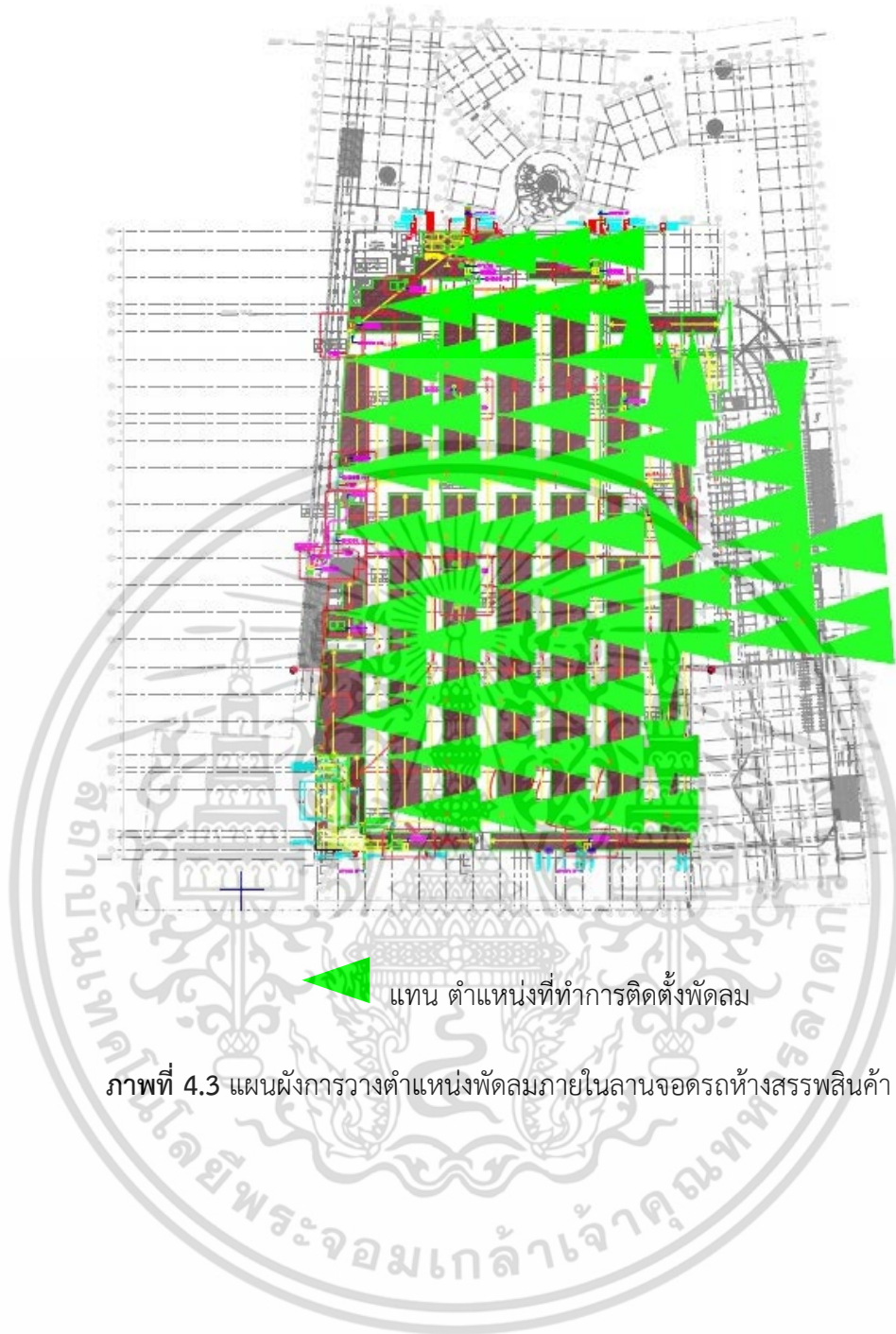
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นไปขอปรับแก้ไขงานด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามาช่วยในการออกแบบ คำนวณและวิเคราะห์ผลของของไหลภายใต้สถานการณ์จำลอง เพื่อพิจารณาทิศทาง และตำแหน่งในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ให้เหมาะสมกับสัดส่วนของลานลานจอดรถ ซึ่งจะส่งผลให้การระบายอากาศในบริเวณนั้น ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการออกแบบได้อาศัยทฤษฎีทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks Flow Simulation โปรแกรมดังกล่าวได้ถูกตรวจสอบกับลักษณะพื้นฐานที่มีผลการทดลองหรือผลการคำนวณซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในการศึกษาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ให้ผลรวดเร็ว ถูกต้อง และใช้งบประมาณต่ำกว่าการสร้างแบบจำลอง (model) ลานจอดรถจริง

ระบบระบายอากาศที่พัฒนาขึ้นนั้น ประกอบด้วยพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan) ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งหลักการทำงานของพัดลม คือ อากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด ชุดใบพัดจะถูกติดตั้งบนแกนเพลลาขับเคลื่อนมอเตอร์ต้นกำลัง ที่อยู่ภายในตัวพัดลม ทำให้อากาศสามารถระบายความร้อนออกไปกับอากาศที่ถูกขับเคลื่อน ความเร็วรอบของพัดลมที่ใช้ คือ 2650 รอบต่อนาที อัตราการไหล เท่ากับ 1900 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง กำลัง 0.35 กิโลวัตต์ และมีความเร็วลมที่วัดได้หน้าพัดลม 10 รอบต่อนาที ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่ทำการพัฒนาระบบระบายอากาศนั้น มีความกว้าง 115 เมตร ความยาว 220 เมตร และความสูง 2.45 เมตร โดยจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จำนวน 67 เครื่อง ระยะห่างระหว่างพัดลมแต่ละเครื่อง คือ 20 เมตร แผนผังตำแหน่งการติดตั้งพัดลม ได้แสดงดังภาพที่ 4.3



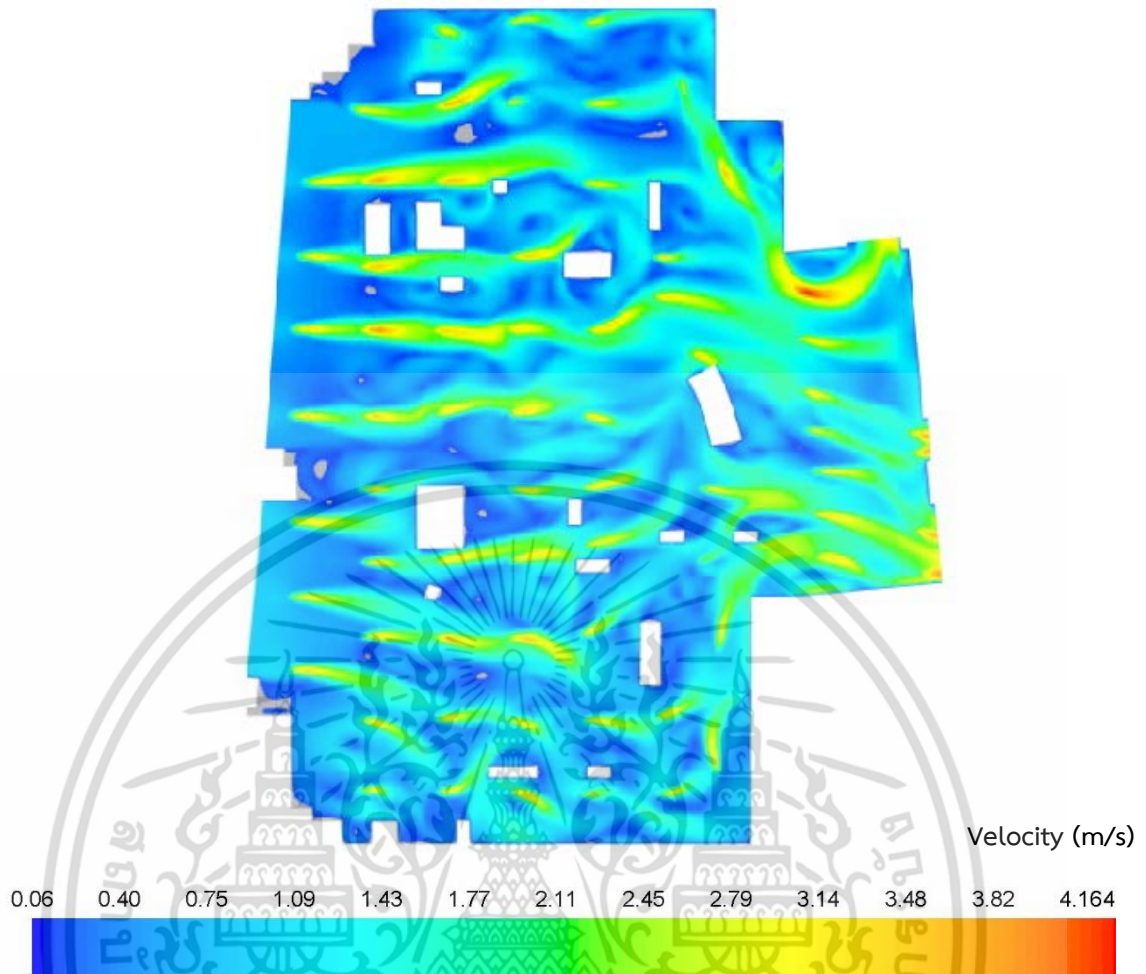
ภาพที่ 4.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan) ที่ใช้ในงานวิจัย



แทน ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งพัดลม

ภาพที่ 4.3 แผนผังการวางตำแหน่งพัดลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ภาพจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD)

ภาพที่ 4.4 แสดงภาพจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล ซึ่งออกแบบและคำนวณโดยใช้โปรแกรม SolidWorks Flow Simulation สามารถอธิบายได้ว่า สีที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งหมายถึง ความเร็วลมที่ต่างกันภายในลานจอดรถ โดยสีน้ำเงินเข้มจะแทนตำแหน่งที่มีความเร็วลมต่ำสุด และสีแดงจะแทนตำแหน่งที่มีความเร็วลมสูงสุด ดังแถบสีฟังก์ชันการไหลที่แสดงในภาพที่ 4.4 จากภาพจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล พบว่า แนวที่ทำการติดตั้งพัดลมจะปรากฏสีเขียว สีเหลือง และสีแดง ซึ่งแสดงถึงความเร็วลม ณ บริเวณดังกล่าวสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆที่อยู่ห่างจากพัดลมออกไปที่มีแถบสีฟังก์ชันการไหลเป็นสีฟ้า และสีน้ำเงิน

การประเมินความเหมาะสมของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาแล้วจากภาพจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบระบายอากาศที่พัฒนาแล้ว ในการประเมินรูปแบบจำลอง (N=3)

ข้อ	รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1.	ชนิดของพัดลมระบายอากาศ	4.67	0.58	มากที่สุด
2.	ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ	4.67	0.58	มากที่สุด
3.	จำนวนของพัดลมระบายอากาศ	4.00	1.00	มาก
4.	ระยะห่างระหว่างพัดลมระบายอากาศแต่ละตัว	4.33	0.58	มาก
5.	ทิศทางของลมเข้า และลมออก	4.67	0.58	มากที่สุด
6.	อัตราการระบายอากาศ	4.33	0.58	มาก
7.	การใช้พลังงานของระบบระบายอากาศ	3.67	0.58	มาก
	รวมค่าเฉลี่ย	4.33	0.64	มาก

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการประเมินระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าภายใต้สถานการณ์จำลองจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความเหมาะสมในการเลือกชนิดของพัดลมระบายอากาศอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$, S.D. = 0.58) ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$, S.D. = 0.58) จำนวนของพัดลมระบายอากาศ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.00$, S.D. = 1.00) ระยะห่างระหว่างพัดลมระบายอากาศแต่ละตัว มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.58) ทิศทางของลมเข้า และลมออก มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$, S.D. = 0.58) อัตราการระบายอากาศ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก รวมค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.58) และการใช้พลังงานของระบบระบายอากาศ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 3.67$, S.D. = 0.58) สำหรับความเหมาะสมโดยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.64)

การติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

ภายหลังการวางตำแหน่งพัดลมและการจำลองสถานการณ์ทางด้านพลศาสตร์ของไหลเพื่อดูแนวโน้มความเร็วลมและความเหมาะสมในการติดตั้งระบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่จะต้องดำเนินการ คือ การติดตั้งพัดลมระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า โดยขนาดของพัดลมนั้นมีความยาว 1.5 เมตร และความสูง 0.3 เมตร ในการติดตั้งระบบจะเริ่มจากการกำหนดจุดติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

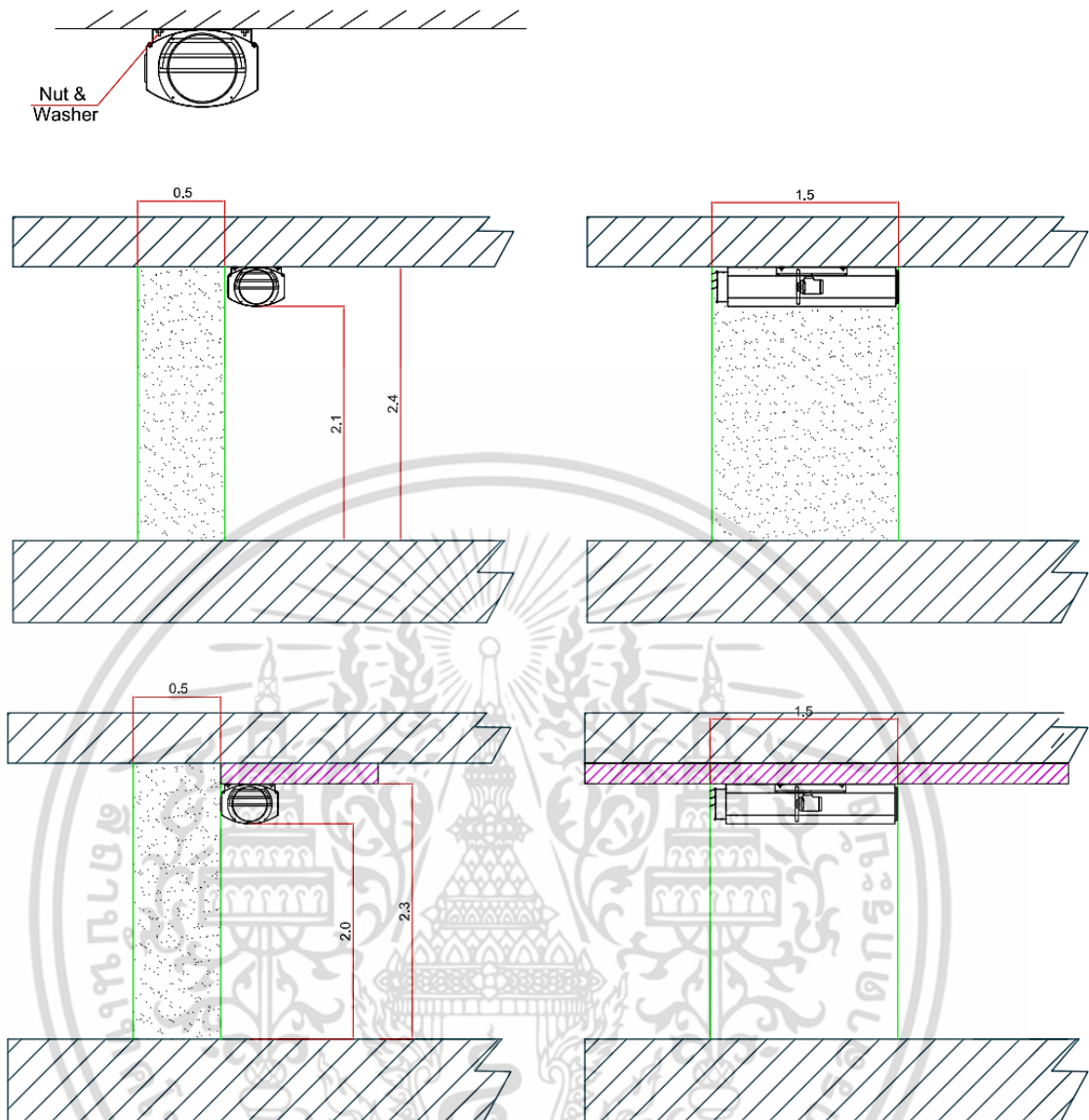
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลมนั้นจะกำหนดให้อยู่สูงจากระยะพื้นราบประมาณ 2.00 เมตร จากนั้นทำการยึดขาติดตั้งพัดลมเข้ากับเพดานลานจอดรถ จากนั้นทำการยึดติดตั้งพัดลมเข้ากับขาติดตั้งพัดลม ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 (ต่อ)

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความคิดเห็นของความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและทำการติดตั้งแล้ว (N=50)

ข้อ	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1.	การรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อสภาพอากาศในลานจอดรถ			
1.1	ลมจากพัดลมระบายอากาศกระทบถูกตัวในปริมาณที่เหมาะสม	4.16	0.59	มาก
1.2	อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นทำให้สบายตัว ไม่ร้อน	4.22	0.65	มาก
1.3	พัดลมระบายอากาศสามารถส่งลมไปยังบริเวณต่างๆได้ทุกตำแหน่ง	3.58	0.82	มาก
1.4	เสียงของพัดลมไม่ดังจนทำให้ท่านรู้สึกรำคาญ	4.14	0.57	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	4.03	0.66	มาก
2.	การรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อคุณภาพอากาศในลานจอดรถ			
2.1	อากาศในบริเวณนั้นมีความสะอาดไม่มีฝุ่นละออง	3.86	0.76	มาก
2.2	อากาศในบริเวณนั้นไม่มีกลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์ หรือ กลิ่นควันบุหรี่	3.97	0.87	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	3.92	0.82	มาก
3.	สภาพร่างกายภายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ			
3.1	ไม่มีอาการหน้ามืด วิงเวียน	4.46	0.95	มาก
3.2	ไม่มีอาการปวดศีรษะ	4.54	0.64	มากที่สุด
3.3	หายใจได้สะดวก	4.48	0.65	มาก
3.4	ไม่มีอาการแสบตา แสบจมูก	4.08	0.83	มาก
	ค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	4.39	0.77	มาก
	รวมค่าเฉลี่ย	4.15	0.73	มาก

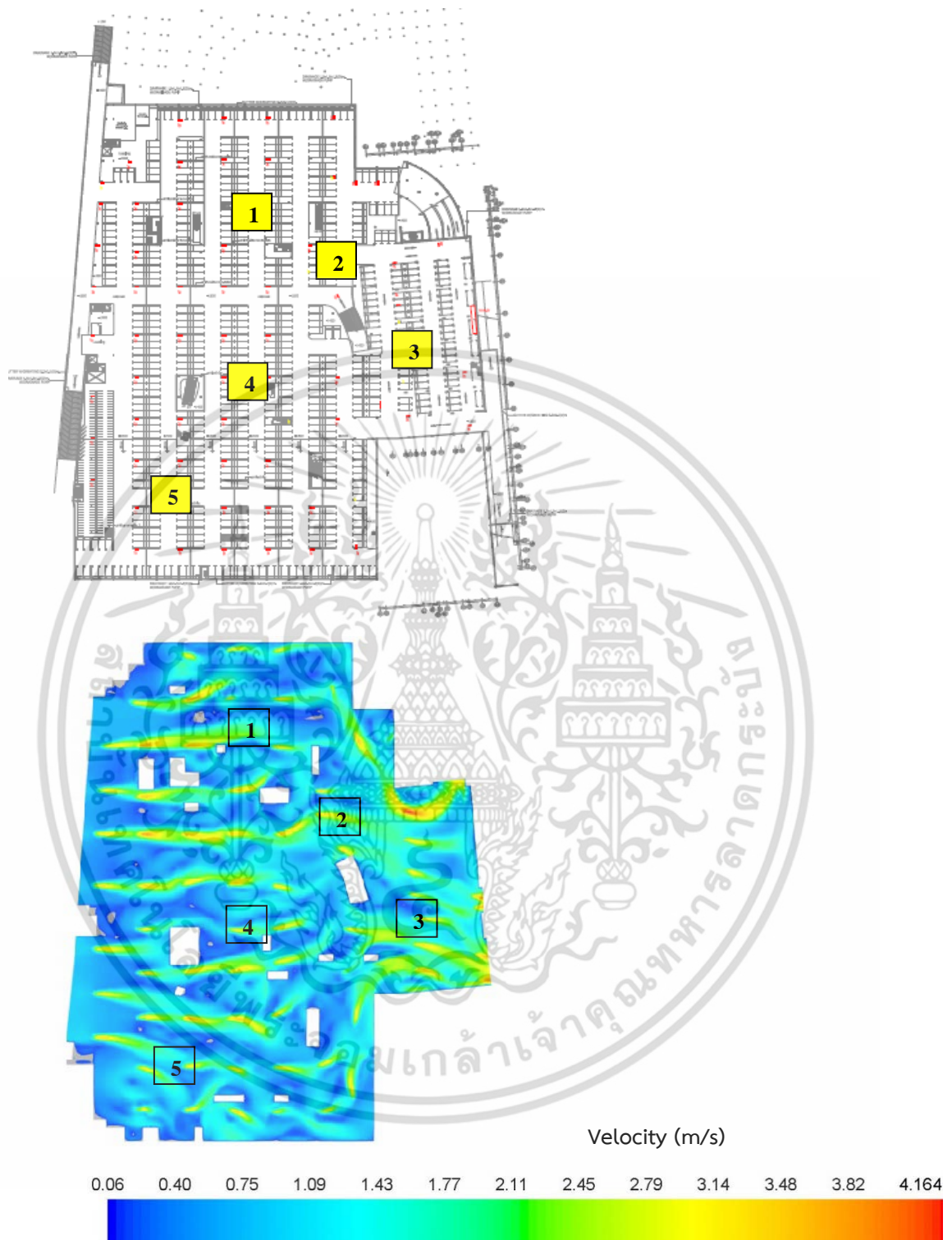
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว พบว่า ความพึงพอใจด้านการรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อสภาพอากาศในลานจอดรถ อยู่ในเกณฑ์มาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.66) ความพึงพอใจด้านการรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อคุณภาพอากาศในลานจอดรถ อยู่ในเกณฑ์มาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.92$, S.D. = 0.82) และความพึงพอใจด้านสภาพร่างกายภายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ อยู่ในเกณฑ์มาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.39$, S.D. = 0.77) สำหรับความเหมาะสมโดยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.73)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบแบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้วจะต้องมีการตรวจสอบประสิทธิผล (Effectiveness) ก่อนการใช้งาน กล่าวคือ การตรวจสอบว่าระบบมีความสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบหรือไม่ และมีการทดสอบประสิทธิภาพ (Efficiency) ของระบบ เพื่อตรวจสอบว่าระบบระบายอากาศสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถควบคุมความเร็วลม ความร้อน และมลพิษให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบเพื่อนำไปอ้างอิงตามกฎหมายอีกด้วย สำหรับการตรวจสอบประสิทธิผลและประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ที่พัฒนาแล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วลมภายในลานจอดรถ ร่วมกับการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล



ภาพที่ 4.6 ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิและความเร็วลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
ที่พัฒนาและทำการติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความเร็วลม และอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

บันทึกเมื่อ : วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

เวลา : 14.00-15.00 น.

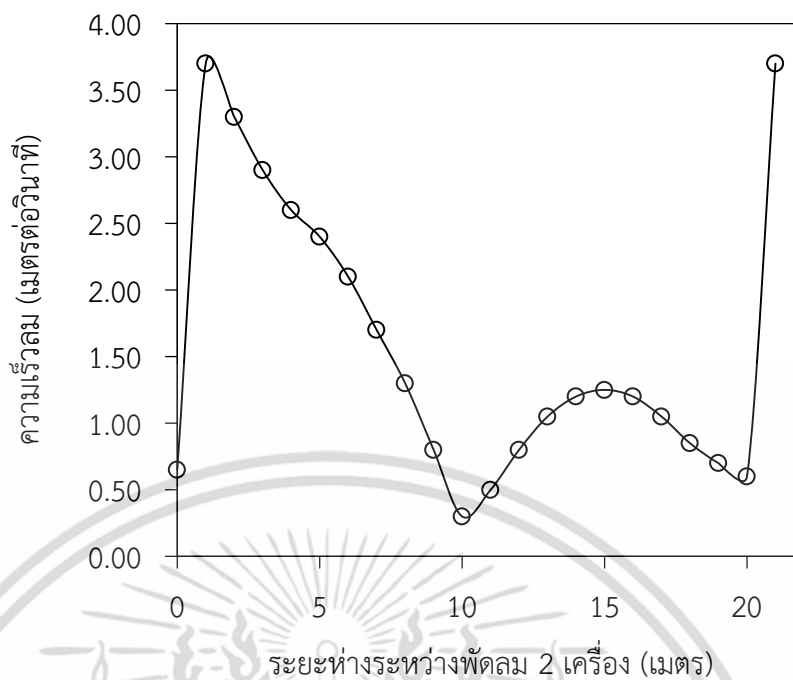
ความเร็วลมตำแหน่งหน้าพัดลม : 9.5 ± 0.1 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมภายนอกลานจอดรถ : 0.6 ± 0.2 เมตรต่อวินาที

อุณหภูมิภายนอกลานจอดรถ : 37 ± 0 °C

ปริมาณรถจอดติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้โดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ปริมาณรถวนหาที่จอดโดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิภายในลานจอดรถ (°C)	ความเร็วลม (m/s)
4	7	1	32 ± 1	2.3 ± 0.5
		2	32 ± 1	2.5 ± 0.3
		3	33 ± 1	2.1 ± 0.1
		4	34 ± 1	1.4 ± 0.2
		5	33 ± 1	1.6 ± 0.4

ภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าพบว่า อุณหภูมิ ณ ทุกตำแหน่งภายในลานจอดรถมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่า ความเร็วลมภายในลานจอดรถมีค่าสูงขึ้น โดยอยู่ในช่วง 1.5-2.5 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการติดตั้งระบบระบายอากาศที่พัฒนาขึ้น นั่นคือ พัดลมสามารถขับความร้อนภายในลานจอดรถออกไปยังภายนอกได้ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในลานจอดรถลดลง และเกิดภาวะความสบายมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของความเร็วลมที่ทำการวัดจริงภายหลังการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ และผลจากแบบจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD) พบว่า ความเร็วลมที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าลานจอดรถที่ทำการพัฒนาระบบระบายอากาศจะมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จำนวน 67 เครื่อง ระยะห่างระหว่างพัดลมระบายอากาศแต่ละเครื่อง คือ 20 เมตร ผู้วิจัยได้ทำการวัดความเร็วลมระหว่างพัดลมระบายอากาศ 2 เครื่อง ที่ติดตั้งบริเวณตรงกลางของลานจอดรถ (ตำแหน่งที่ 4 ในภาพที่ 4.6) เพื่อเปรียบเทียบความเร็วลมในแต่ละตำแหน่งของพื้นที่ลานจอดรถ พบว่า ความเร็วลมของอากาศในตำแหน่งที่ใกล้พัดลม มีค่ามากที่สุด คือ 3.7 เมตรต่อวินาที หลังจากอากาศเคลื่อนที่ออกจากพัดลมแล้วจะมีความเร็วลดลง และมีค่าต่ำสุดที่ 0.3 เมตรต่อวินาที ที่ระยะทางห่างจากพัดลมประมาณ 10 เมตร และความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออากาศถูกปล่อยออกจากพัดลมเครื่องที่อยู่ถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 4.7



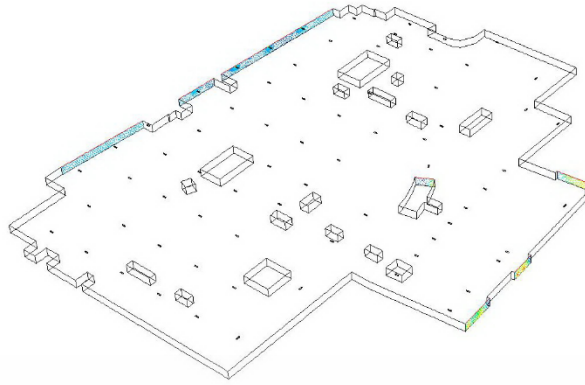
ภาพที่ 4.7 ความเร็วลมระหว่างพัดลมระบายอากาศ 2 เครื่อง ที่ติดตั้งบริเวณตรงกลางของลานจอดรถห้างสรรพสินค้า (ตำแหน่งที่ 4 ในภาพที่ 4.6)

4.3.2 ผลการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า เพื่อตรวจสอบให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

อัตราการระบายอากาศ (Air change rate) เป็นหน่วยที่วัดเทียบกับเวลา ถ้าหน่วยเวลาเป็นชั่วโมง จะเรียกว่า Air change per hour (ACH) ซึ่งก็คือ ปริมาณของอากาศที่นำมาแทนที่อากาศภายในลานจอดรถได้หมด ในเวลา 1 ชั่วโมง การคำนวณอัตราไหลของอากาศที่ผ่านเข้า-ออก ระบบในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามกำหนด จะใช้เกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดไว้ ค่าอัตราการระบายอากาศที่ยอมรับได้สำหรับลานจอดรถนี้ มีค่าเท่ากับ 4 ACH นั่นคือ ลานจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที

4.3.2.1 การคำนวณอัตราการระบายอากาศภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณของลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่ใช้ในการคำนวณ โดยได้จากแบบสองมิติ (2D) ซึ่งลานจอดรถมีปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 62,000 ตารางเมตร (กว้าง x ยาว x สูง)



ภาพที่ 4.8 ปริมาตรของลานจอดรถข้างสรรพสินค้าที่ใช้ในการคำนวณ

ในการคำนวณหาปริมาณอากาศที่ผ่านเข้ามาในระบบจะใช้สูตร ดังนี้

$$Q = AV$$

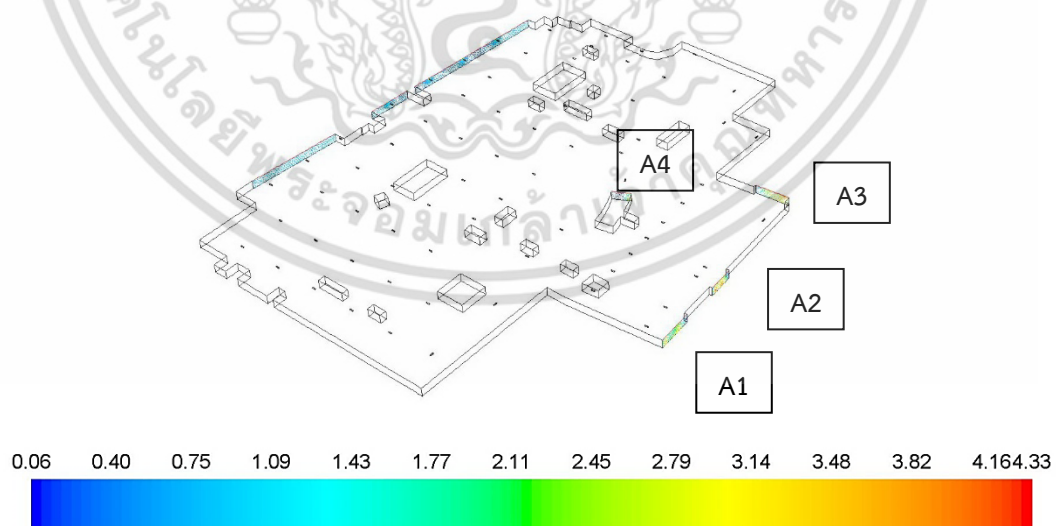
(4.1)

โดย ; Q = ปริมาณอากาศ

A = พื้นที่หน้าตัด

V = ความเร็วลมที่ผ่าน

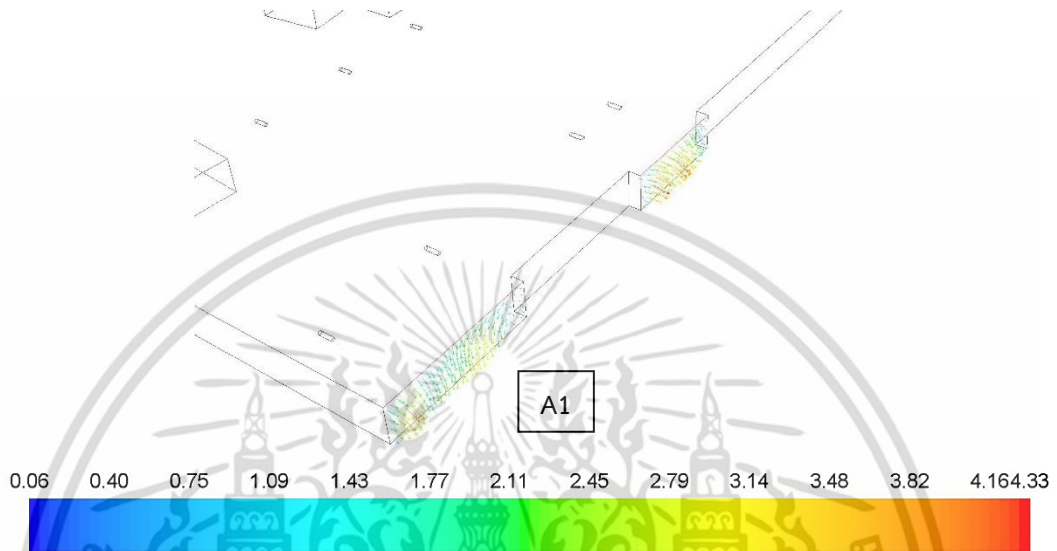
การทำคำนวณทางพลศาสตร์การไหล จะต้องแบ่งปริมาตรของพื้นที่จอดรถ เป็น ปริมาตรย่อย (Mesh) จำนวนมาก ดังนั้นผลที่ได้จากการคำนวณจึงขึ้นอยู่กับจำนวนของ ปริมาตรย่อย ในงานวิจัยนี้ปริมาตรย่อยได้ ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 พื้นที่และตำแหน่งที่วัดความเร็วลมที่ไหลเข้า และออกจากพื้นที่ลานจอดรถ

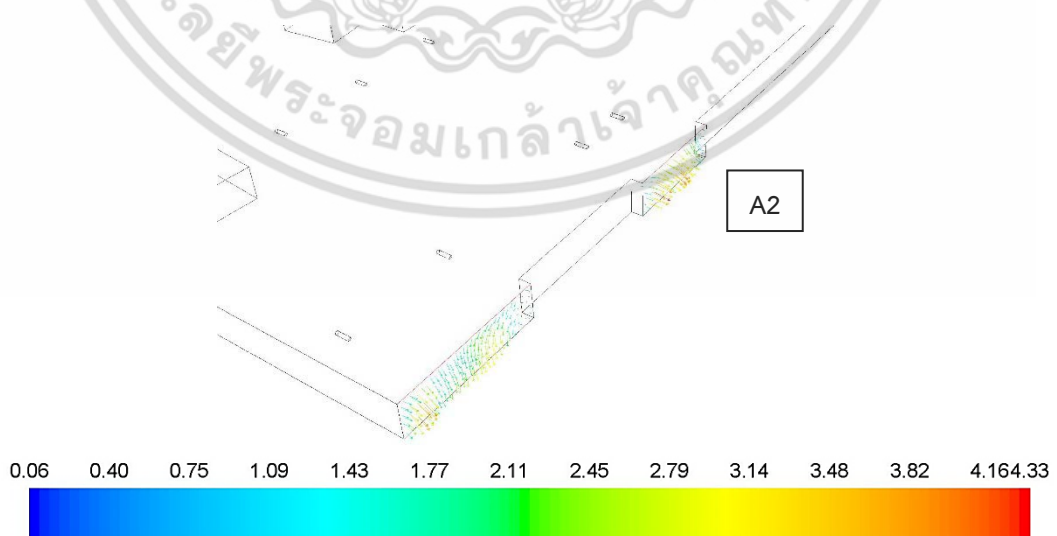
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาพื้นที่ A1 ดังภาพที่ 4.10 ความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดจริงได้ เท่ากับ 2.312 เมตรต่อวินาที และมีพื้นที่เท่ากับ 24 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณลมที่สามารถไหลออกได้มีค่าเท่ากับ $2.312 \times 24 = 55.48$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4.10 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A1

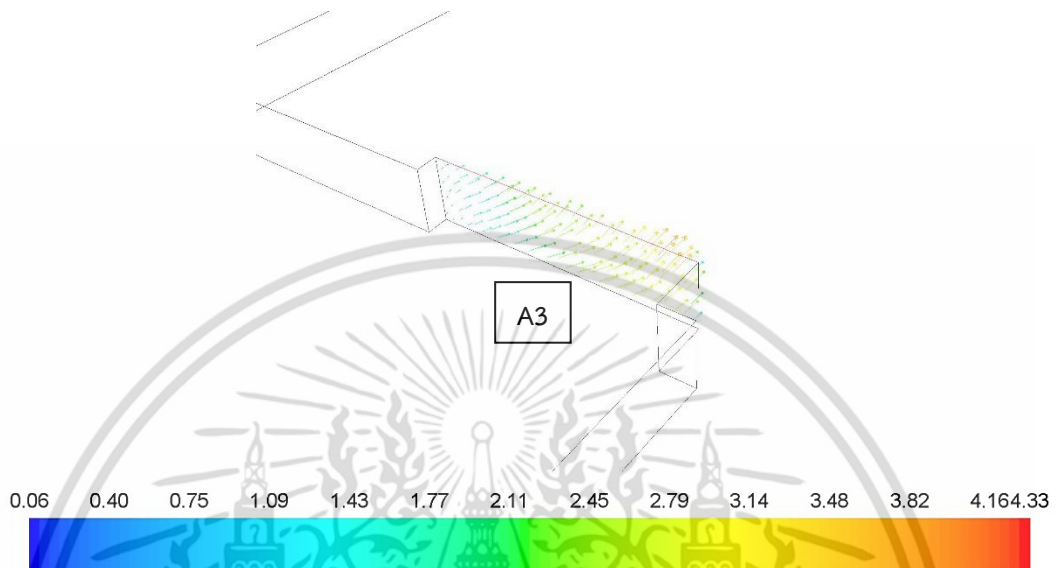
พื้นที่ A2 ดังภาพที่ 4.11 โดยที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 2.03 เมตรต่อวินาที และมีพื้นที่เท่ากับ 18 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณอากาศที่สามารถไหลออกได้มีค่าเท่ากับ $2.03 \times 18 = 36.54$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4.11 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A2

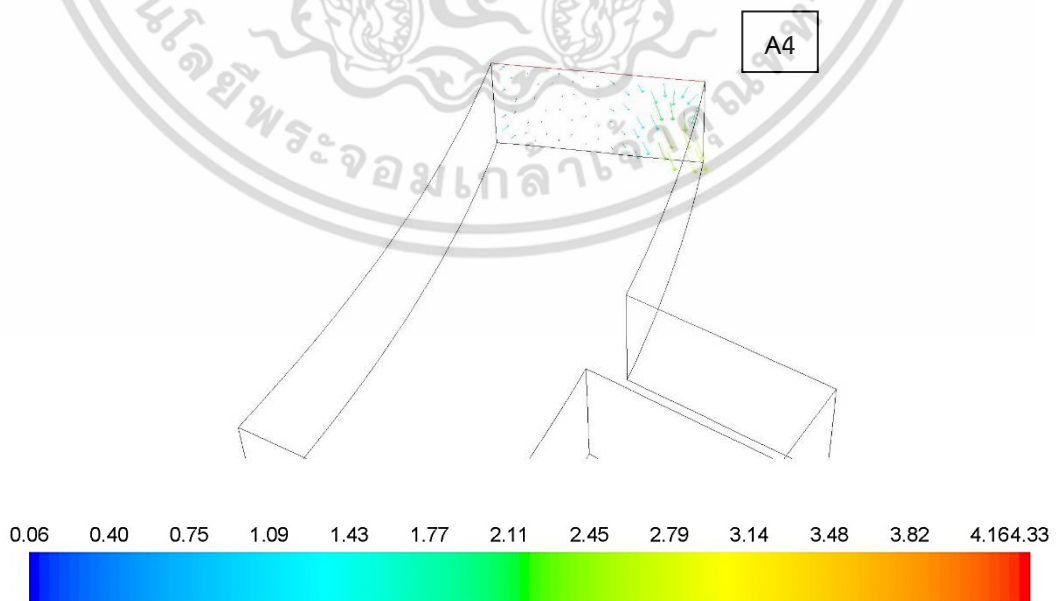
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ A3 ดังภาพที่ 4.12 ความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้จริงเท่ากับ 1.79 เมตรต่อวินาทีและพื้นที่เท่ากับ 42 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณอากาศที่สามารถไหลออกได้มีค่าเท่ากับ $1.79 \times 42 = 75.18$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4.12 พื้นที่และความเร็วลม ณ ตำแหน่ง A3

พื้นที่ A4 ดังภาพที่ 4.13 ความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้จริงเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาทีและพื้นที่เท่ากับ 19.2 ตารางเมตร ดังนั้นปริมาณอากาศที่สามารถไหลออกได้มีค่าเท่ากับ $0.5 \times 19.2 = 9.6$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4.13 แสดงพื้นที่และความเร็วลม ณ พื้นที่ A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่าอัตราการระบายอากาศที่ไหลออกจากพื้นที่ลานจอดรถเท่ากับ ปริมาณอากาศที่สามารถไหลออกได้จาก พื้นที่ $A1 + A2 + A3 + A4 = 55.48 + 36.54 + 75.18 + 9.6 = 176.8$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากหน่วยวินาทีแปลงเป็นหน่วยชั่วโมง จะได้ $3,600 \times 176.8$ เท่ากับ 636,480 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เนื่องจากการคำนวณทางพลศาสตร์ เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า ซึ่งมีมาตรฐานค่าความถูกต้องที่ 60% ดังนั้น Air change ที่ได้จะมีค่าไม่ต่ำกว่า $0.6 \times 636,480 = 381,888$ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่า safety of factor ที่ 0.8 จะได้ $0.8 \times 381,888 = 305,510$ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่า Air change สุดท้ายที่พิจารณา

พิจารณาปริมาตรของลานจอดรถนี้เท่ากับ 62,000 ลูกบาศก์เมตร เมื่อคำนวณที่ 4 ACH จะเท่ากับ $62,000 \times 4 = 248,000$ ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยนี้ ผลการคำนวณจากพลศาสตร์การไหลจะได้ 305,510 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่า Air change ที่มากกว่าค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปว่า การติดตั้งพัดลมระบายอากาศนี้สามารถระบายอากาศได้ที่ 4 ACH นั่นคือผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผล
- 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถสรุปผลตามขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

5.1.1 ผลสรุปจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้า

5.1.1.1 ผลสรุปจากการสำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

จากการลงพื้นที่สำรวจ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม พบปัญหา ในเรื่องของความร้อน และมลพิษสะสมอยู่ทั่วบริเวณของลานจอดรถ ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการที่มีรถจอด ติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้/มีรถวนหาที่จอดภายในลานจอดรถ ที่สำคัญที่สุด คือ การไม่มีระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ ทำให้อากาศจากภายนอกลานจอดรถไม่สามารถเคลื่อนที่เข้ามาเจือจางหรือแทนที่ อากาศเสียภายในลานจอดรถได้ ดังนั้นหากไม่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศที่ดี ก็จะส่งผลต่อ สุขภาพของผู้ที่ทำงาน หรือผ่านเข้า-ออกในบริเวณนั้นๆ

5.1.1.2 ผลสรุปจากแบบสอบถามความคิดเห็น และความต้องการของผู้บริโภค ที่มีต่อ ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

จากการสอบถามความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า จำนวน 10 คน และผู้บริโภค ที่มาใช้บริการห้างสรรพสินค้า จำนวน 40 คน ที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม พบว่า ระบบระบายอากาศภายในลานจอดรถไม่มีประสิทธิภาพ ผู้บริโภครู้สึกร้อน ไม่สบาย ตัว อีกทั้งมีฝุ่นละออง คิว้นจากท่อไอเสีย และควันบุหรี่ฟุ้งกระจายอยู่ทั่วบริเวณ ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะ ส่งผลให้เกิดอาการหน้ามืด วิงเวียน ปวดศีรษะ หายใจไม่สะดวก แสบตา และแสบจมูก ซึ่งปัจจัยหลัก ที่ส่งผลให้เกิดอาการเหล่านี้จะมาจากการได้รับมลพิษจากควันรถ /ควันบุหรี่ ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น ที่ปกคลุมอยู่ใน บริเวณลานจอดรถ

จากการสอบถามความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภค พบว่า กลุ่ม ตัวอย่างต้องการให้มีลมเย็นพัดกระทบลูกตัว ต้องการให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นทำให้สบายตัว ไม่ร้อน ต้องการให้มีลมพัดทั่วถึงในทุกตำแหน่งของลานจอดรถ ต้องการให้อากาศในบริเวณนั้นมีความ สะอาดไม่มีฝุ่นละออง กลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์ หรือกลิ่นควันบุหรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีโคโนมิคส์ จำกัด และผู้วิจัยเห็นสมควรให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.3 ผลสรุปจากแบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ผลสรุปจากแบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมโดยรวมในด้านต่างๆ ได้แก่ การเลือกชนิดของพัดลมระบายอากาศ ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จำนวนของพัดลมระบายอากาศ ระยะห่างระหว่างพัดลมระบายอากาศแต่ละตัว ทิศทางของลมเข้า และลมออก อัตราการระบายอากาศ และการใช้พลังงานของระบบระบายอากาศ มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.33$, S)

5.1.2 ผลสรุปจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว

5.1.2.1 ผลสรุปจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อระบบระบายอากาศ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว

ผลสรุปจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจ ต่อสภาพอากาศในลานจอดรถ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.66) ด้านการรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อคุณภาพอากาศในลานจอดรถในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 3.92$, S.D. = 0.82) ด้านสภาพร่างกายภาย หลังจากการใช้บริการลานจอดรถในระดับมาก ($\bar{X} = 4.39$, S.D. = 0.77) และมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.73)

5.1.3 ผลสรุปจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของ ระบบระบาย อากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้องตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอด รถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยน อากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที)

ผลสรุปจากแบบแบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถ ห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว ผลการ ทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ ผ่านเกณฑ์ตามข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่อง ระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที) นอกจากนั้นยัง พบว่าผลจากการจำลองและผลจากการวัดค่าจริงมีความใกล้เคียงกันมาก

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้แบ่งเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

5.2.1 การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการลงพื้นที่สำรวจลานจอดรถห้างสรรพสินค้า พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสภาพอากาศในพื้นที่ลานจอดรถ ได้แก่ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ นอกจากนั้นปริมาณรถที่ผ่านเข้า-ออก ในลานจอดรถ ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิภายในลานจอดรถและมลพิษสูงขึ้น หากไม่มีระบบระบายอากาศที่ดีจะทำให้ความร้อนและมลพิษในลานจอดรถสูงเกินไป ส่งผลให้ผู้บริโภครู้สึกไม่สบาย และอาจเกิดโรคร้ายต่างๆตามมาได้

ในการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าจะอาศัยหลักการการแทนที่โดยอากาศ ซึ่งมีพัดลมระบายอากาศเป็นตัวกำหนดทิศทางและความเร็วของอากาศ นอกจากนั้นยังเป็นตัวดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเจือจางอากาศเสียภายในลานจอดรถ ดังนั้นการเลือกชนิดและขนาดของพัดลม ตลอดจนการติดตั้งพัดลมในตำแหน่งที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญซึ่งจะทำให้อัตราการระบายอากาศเพียงพอ อากาศสามารถเคลื่อนย้ายมวลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ดี ส่งผลให้ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศุภชัย ปัญญาวิวัฒน์ (2546 : 129-138) ได้กล่าวไว้ว่า ปกติแล้วผู้ออกแบบจะทำการเลือกพัดลมมาใช้งานโดยเลือกที่อัตราการไหล และความดันใช้งานในจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งถือว่าเป็นการเลือกพัดลมที่ถูกต้องและเหมาะสมตามความต้องการขณะทำการออกแบบ แต่มีจำนวนมากที่ไม่ได้เลือกใช้งานพัดลมในจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นั้นจะทำให้เกิดการใช้พลังงานที่สูงขึ้น อย่งไรก็ตามแม้มีการเลือกชนิด และขนาดของพัดลมที่ถูกต้องตามการออกแบบแล้ว แต่ในการใช้งานจริงนั้น ประสิทธิภาพของระบบอาจต่ำกว่าที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะต่ำกว่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเผื่อหรือเรียกว่า Safety Factor ของผู้ออกแบบ

5.2.2 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว

ความพึงพอใจในภาพรวมของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว อยู่ในระดับมาก เนื่องจากการติดตั้งระบบระบายอากาศช่วยลดอุณหภูมิภายในลานจอดรถ นอกจากนั้นยังลดมลพิษ ฝุ่น ควันลงได้ ทำให้ผู้บริโภครู้สึกสบายตัวมากขึ้น อย่งไรก็ตามการสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคถึงความรู้สึกสบายตัวเมื่ออยู่ในลานจอดรถที่ทำการศึกษานั้น เป็นการสอบถามที่เกี่ยวกับสภาพทางจิตใจ และความเคยชินของแต่ละบุคคล จึงเป็นการยากที่จะทำให้เกิดความน่าสบายได้อย่างสมบูรณ์ (ธีรวัฒน์ เศรษฐ์กุลมณี . 2553) ดังนั้น ในการออกแบบระบบระบายอากาศต้องพิจารณาปัจจัยในการสร้างสภาวะสบายให้แก่ลานจอดรถด้วย เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อน การพัดของกระแสลม เสียง และมลพิษ เป็นต้น (กรธิชา อุ๋นไพโร. 2548)

ในการระบายอากาศจะมีพัดลมจะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอากาศด้วยอัตราคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นหากอัตราการเกิดมลพิษ และความร้อนในสถานที่นั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มากนัก มลพิษในอากาศ และอุณหภูมิภายในลานจอดรถก็จะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตลอดเวลา แต่หากอัตราการเกิดมลพิษและความร้อนเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมมากจนเกินขอบเขต ความสามารถในการระบายอากาศเสียออกไปก็ลดลงตามไปด้วย อย่งไรก็ตามการติดตั้งระบบระบายอากาศจะต้องมีการวิเคราะห์สภาพพื้นที่และมีการออกแบบที่ดี การศึกษาข้อมูลพฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภค ประกอบกับการศึกษาและสำรวจพื้นที่จริงทำให้สามารถออกแบบระบบระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และตรงความต้องการกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว

ภายหลังจากการติดตั้งระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปที่จะต้องทำคือ การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ ดังที่ ฉัตรชัย นิยมผล (2547 : 1-7) ได้กล่าวไว้ว่า

“...การทดสอบการทำงานของระบบถือเป็นสิ่งสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบครั้งแรกหลังการติดตั้งระบบแล้วเสร็จ หรือจะเป็นการทดสอบเป็นระยะๆ หลังจากใช้งานระบบมาได้ระยะหนึ่ง...”

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศจะเป็นการตรวจสอบว่าอัตราการไหลของอากาศเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่สำหรับการทดสอบครั้งแรกหลังจากการติดตั้งระบบแล้ว จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด และเครื่องวัดความเร็วลม เพื่อตรวจวัดหาความเร็วของอากาศบริเวณแหล่งกำเนิด ความเร็วอากาศที่ผ่านเข้ามาภายในระบบระบายอากาศ พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521 (ข้อ 8 อาคารจอดรถยนต์ ต้องจัดให้มีเครื่องระบายอากาศ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอากาศภายในชั้นนั้น ๆ ได้หมดในเวลา 15 นาที) การระบายอากาศที่ดีจะสามารถลดมลพิษ สิ่งปนเปื้อนในอากาศ และความร้อนที่สะสมภายในลานจอดรถได้ อย่างไรก็ตามแม้มีการออกแบบที่ดีแล้ว แต่ความเป็นจริงแล้วมักมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ เช่น สภาพอากาศภายนอกลานจอดรถ และพฤติกรรมการใช้พื้นที่หรือกิจกรรมของผู้บริโภคเป็นต้น นอกจากนี้ในการติดตั้งระบบยังต้องคำนึงถึงการซ่อมแซมและดูแลรักษา มีอะไหล่เพื่อสามารถเปลี่ยนใหม่ได้ เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะอื่นๆ ดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ในการพัฒนาระบบระบายอากาศควร มีความเข้าใจสภาพภูมิอากาศ และพฤติกรรมการใช้ลานจอดรถของผู้บริโภค ดังนั้นการ พัฒนาระบบระบายอากาศ ในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นกรณีศึกษาที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับลานจอดรถที่มีสภาพภูมิอากาศ และพฤติกรรมการใช้ลานจอดรถของผู้บริโภคที่แตกต่างกันได้

5.3.1.2 ในงานวิจัยนี้ นอกจากได้ทำการพัฒนาระบบระบายอากาศให้มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมแล้ว ยังคำนึงถึงการออกแบบเพื่อประหยัดพลังงานอีกด้วย

5.3.1.3 ทางห้างสรรพสินค้าควรมีนโยบายในการให้ผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการลดปริมาณมลพิษในลานจอดรถ เช่น เมื่อนำรถเข้าจอดเรียบร้อยแล้ว ไม่ควรติดเครื่องยนต์ไว้เป็นเวลานาน

5.3.1.4 ควรมีการตรวจสอบการทำงานของระบบระบายอากาศที่ติดตั้งแล้ว อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.1 การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาจากลานจอดรถกรณีศึกษาเพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่มีความหลากหลายของข้อมูล จึงควรมีการศึกษาเชิงเปรียบเทียบกับลานจอดรถอื่นที่มีขนาดพื้นที่แตกต่างกัน

5.3.2.2 ศึกษาเรื่องปริมาณก๊าซพิษหรือมลพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ เช่น ก๊าซคาร์บอน มอนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า และควรจัดให้มีการตรวจวัดก๊าซต่างๆ เหล่านี้ให้อยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

5.3.2.3 ศึกษาเรื่องการพัฒนากระบบระบายอากาศควบคู่ไปกับต้นทุนในการติดตั้ง และการลดภาระค่าไฟฟ้าจากการใช้งานระบบระบายอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรธิชา อุ๋นไพร. 2548. “การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง .” สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม . บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

คณะกรรมการวิชาการสาขาเครื่องกล วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2543.

มาตรฐานระบบปรับอากาศและ ระบายอากาศ. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส จำกัด.

ฉัตรชัย ดวงรัตนพันธ์ . 2544. “วิวัฒนาการค้าปลีก: ยุคบุกเบิกค้าปลีกสมัยใหม่ .” วารสาร MARKETEEER. 2(22) : 150-151.

ฉัตรชัย นิยมมล และชวลิต แซ่ฮ้อ. 2546. “แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในอุตสาหกรรม.” เทคนิค เครื่องกล-ไฟฟ้า-อุตสาหกรรม. 20(227) : 121-128.

ฉัตรชัย นิยมมล. 2547. “แนวทางการทดสอบการทำงานของระบบระบายอากาศ” เทคนิค เครื่องกล-ไฟฟ้า-อุตสาหกรรม. 21(236) : 1-7.

ณัฐชนก ดวงใจ. 2555. “การจัดการทรัพยากรวัฒนธรรมเชิงพาณิชย์: กรณีศึกษาการจัดการเทศกาลและ กิจกรรมทางวัฒนธรรมไทยในห้างสรรพสินค้า .” วารสารปาริชาติ. มหาวิทยาลัยทักษิณ ฉบับพิเศษ ผลงานวิจัยจากการประชุมวิชาการครั้งที่ 22 : 29-38.

ธีระ พุ่มพุกษ์. 2544. “การพัฒนาาระบบระบายอากาศในที่ทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง .” วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธีรต์ม์ เศรษฐ์กมลฉัตร. 2553. “ระยะห่างระหว่างอาคารชุดพักอาศัยที่เหมาะสมในการระบายอากาศ กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร นครปฐม.” สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธีรศักดิ์ เจ๊ะเล๊ะ . 2547. “การวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอยของศูนย์การค้า .” สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นภาพพร พานิช และคณะ. 2547. ตำราาระบบบำบัดมลพิษอากาศ . กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นราวุฒิ นิยมแสง และคณะ. 2550. “ระบบระบายอากาศในที่จอดรถชั้นใต้ดิน .” ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ระบบระบายอากาศในอุตสาหกรรม . จาก: <http://www.puritek.info/Klet%20Khwamru3.htm> (วันที่ค้นข้อมูล: 30 มีนาคม 2557).

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ . 2548. **มาตรฐานระบบปรับอากาศและ ระบายอากาศ** : 28-29.

ศุภชัย ปัญญาวีร์. 2546. “แนวทางการแก้ไขปัญหาาระบบระบายอากาศและระบบกำจัดฝุ่น.” เทคนิค: เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหกรรม. 20(227) : 129-138.

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง . 2542. การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ . กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง : 261-262.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โรงเรียนสุรนารีสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุชาติ ศิริทวารจันท์. 2544. “การออกแบบการกระจายลมเย็นในระบบปรับอากาศ .” หน้า 44-61.
 ใน **บทความวิชาการ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ.**
- อรุณรัตน์ ชินวรรณ. 2553. **สื่อประชาสัมพันธ์.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ASHRAE. 1989. “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.” pp. 62-198. in
ANSI/ASHRAE Standard.
- ASHRAE. 1999. **ASHRAE Handbook - HVAC Applications.** U.S.A.
- Chan, M. Y., Burnett, J., and Chow, W. K. 1998. “Energy Use for Ventilation Systems in
 Underground Car Parks.” **Building and environment.** 33 : 303-314.
- Chow, W. K. 1995. “Survey on the Indoor Environment of Enclosed Car Parks in Hong
 Kong.” **Tunneling and Underground Space Technology.** 10 : 247-255.
- Chow, W. K., Wong, L. T., and Fung, W. Y. 1996. “Field Study on the Indoor Thermal
 Environment and Carbon Monoxide Levels in a Large Underground Car
 Park.” **Tunnelling and Underground Space Technology.** 11 : 333-343.
- Ho, J. C., Xue, H., Tay, K. L. 2003. “A field study on determination of carbon
 monoxide level and thermal environment in an underground car park.”
Building and Environment. 39 : 67-75.
- Khan, J.A., Feigley, C.E., Ahmed, M.R., Tamanna, S. 2006. “Effect of inlet and exhaust:
 Locations and emitted gas density on indoor air contaminations.” **Building
 and Environment.** 41 : 851-863.
- Likar, J., Cadez, J. 2000. “Ventilation Design of Enclosed Underground Structures.”
Tunnelling and Underground Space Technology. 15 : 477-480.
- Versteeg, H. K., Malalasekera, W. 1995. **An Introduction to Computational Fluid
 Dynamics: The Finite Volume Method.** Prentice Hall, Malaysia.
- Yaziz, M. I., Yen, A. W. P. 1989. “Effects of ventilation and air temperature on
 pollution levels in underground car parks.” **Water Air and Soil Pollution.** 44 : 3

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ค ภาพการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๙๒

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / ๑๗๑๕

วันที่ ๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง

ด้วยนายธนสุทธิ์ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายธนสุทธิ์ พุฒขาว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรนภพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

๓๖๖๑๕๖

๑ พ.ค. ๕๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๙๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / ๑๗๑๕ วันที่ ๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.อภิสิทธิ์ สินธุภาค

ด้วยนายธนสุทธิ์ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนากระบวนการขยายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายธนสุทธิ์ พุฒขาว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรภณกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

๑๕/๕/๕๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๔๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / ๑๗๑๕ วันที่ ๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ

ด้วยนายธนสุทธิ์ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายธนสุทธิ์ พุฒขาว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1591

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณเนติพันธ์ จิระวรรณนท์

ด้วย นายธนสุทธิ์ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาในโครงการติดตั้งพัดลมลานจอดรถ ขอถ่ายภาพสถานที่การติดตั้งพัดลมลานจอดรถ และขออนุญาตอ้างอิงชื่อบริษัทและสถานที่ในการทำสารนิพนธ์ เพื่อประกอบการจัดเตรียมสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๕-๑๖๕-๗๕๐๐

นางเนติพันธ์ จิระวรรณนท์

Product MANAGER

holter ventilation co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/๑๗๑๘

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน CFD SIMULATION

เรียน คุณเนติพันธ์ จิระวารานนท์

ด้วยนายธนสุทธิ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน CFD SIMULATION ของ นายธนสุทธิ พุฒขาว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๕-๑๖๕-๗๕๐๐

นางเนติพันธ์ จิระวารานนท์
Product Manager
WOLTER VENTILATION CO., LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1591

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน คุณพงษ์ธนกิจ มาลา

ด้วย นายธนสุทธิ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาในโครงการติดตั้งพัดลมลานจอดรถ ขอถ่ายภาพสถานที่การติดตั้งพัดลมลานจอดรถ และขออนุญาตอ้างอิงชื่อบริษัทและสถานที่ในการทำสารนิพนธ์ เพื่อประกอบการจัดเตรียมสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๕-๑๖๕-๗๕๐๐

(พรศิวาทิษ ๗๗๖)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ ๑๗๑๘



คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเครื่องกล

เรียน คุณพงศ์ธนกิจ มาลา

ด้วยนายธนสุทธิ์ พุฒขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนากระบวนการขยายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สารินุตตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเครื่องกล ของ นายธนสุทธิ์ พุฒขาว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์สุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๕-๑๖๕-๗๕๐๐

(พงศ์ธนกิจ มาลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ ๑๗๑๘



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๕ พฤษภาคม ๒๕๕๗

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลศาสตร์ของไหล

เรียน รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทพย

ด้วยนายธนสุทธิ พุ่มขาว นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าว เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลศาสตร์ของไหล ของ นายธนสุทธิ พุ่มขาว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๕-๑๖๕-๗๕๐๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบบันทึกจากการสำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม



สารบัญนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกจากการสำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม

คำชี้แจง แบบบันทึกการสำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม นี้ใช้ในการสำรวจเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ แบบเดิม โดยแบบบันทึกนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภคในแต่ละช่วงเวลา ณ บริเวณต่างๆ ของลานจอดรถที่ทำการสำรวจ

ตอนที่ 2 ปัญหาและข้อเสนอแนะอื่นๆ

ตอนที่ 1 แบบบันทึกพฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค อุณหภูมิ และความเร็วลม ณ ลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

บันทึกเมื่อ เดือน

วัน	วันที่	ปริมาณรถจอดติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้โดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ปริมาณรถวนหาที่จอดโดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	อุณหภูมิภายในลานจอดรถ (°C)	ความเร็วลม (m/s)

ตอนที่ 2 ปัญหาและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบสอบถามความคิดเห็นและความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคที่มีต่อ
ระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า



โครงการวิจัยเรื่อง
การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

นายธนสุทธิ์ พุฒขาว

สารบัญชานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นและความต้องการของเจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภครที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ใครขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ และถูกต้องตามความเป็นจริง
2. ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภครที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
3. แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน
 - ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น
 - ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม
 - ตอนที่ 3 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและความต้องการที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

- ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามมา ณ ที่นี้ด้วย -

นายธนสุทธิ์ พุฒขาว
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน หน้าข้อความที่ท่านต้องการเลือก

1. สถานะภาพ

เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า ผู้บริโภค

2. เพศ

ชาย หญิง

3. อายุ

น้อยกว่า 20 ปี 20-30 ปี 31-40 ปี 41-50 ปี มากกว่า 50 ปี

4. อาชีพ

ข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัทเอกชน
 เจ้าของกิจการ พ่อบ้าน/แม่บ้าน อื่นๆ ระบุ.....

5. บริเวณที่ท่านจอดรถ ชั้น โซน**6. ความถี่ในการมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ใน 1 เดือน**

น้อยกว่า 2 ครั้ง 2-3 ครั้ง 4-5 ครั้ง มากกว่า 5 ครั้ง

7. วันที่ท่านมักมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าเป็นประจำ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

วันหยุดเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดนักขัตฤกษ์ วันจันทร์-ศุกร์ วันเงินเดือนออก

8. ช่วงเวลาที่ท่านมักมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าเป็นประจำ

10.01-12.00 น. 12.01-14.00 น. 14.01-16.00 น. 16.01-18.00 น.
 18.01-20.00 น. 20.01-22.00 น. 22.01-24.00 น.

9. ระยะเวลาที่ใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าในแต่ละครั้ง (โดยประมาณ)

น้อยกว่า 2 ชั่วโมง 3-4 ชั่วโมง 5-6 ชั่วโมง มากกว่า 6 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับปัญหาของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม
คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความถี่ว่าท่านเคยประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์
 นั้นๆ บ่อยแค่ไหน โดยผู้วิจัยกำหนดค่าไว้ 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน ระดับความคิดเห็น

5 หมายถึง ท่านประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์นั้นบ่อยที่สุด

4 หมายถึง ท่านประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์นั้นบ่อย

3 หมายถึง ท่านประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์นั้นเป็นบางครั้ง

2 หมายถึง ท่านเคยประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์นั้น น้อย

1 หมายถึง ท่านไม่เคยประสบหรือรู้สึกกับเหตุการณ์นั้น

ข้อ	เหตุการณ์ที่ประสบหรือรู้สึก	ความถี่				
		5	4	3	2	1
1.	พฤติกรรมการใช้รถของผู้บริโภค					
1.1	ท่านจอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้เป็นเวลานาน					
1.2	ท่านพบเห็นผู้จอดรถติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้					
1.3	ท่านขับรถวนหาที่จอดรถเป็นเวลานาน					
2.	สภาพอากาศภายในบริเวณลานจอดรถ					
2.1	ไม่มีลมพัดกระทบถูกตัว รู้สึกร้อน ไม่สบายตัว					
2.2	รู้สึกถึงความเร็วของลมมีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งของลานจอดรถ					
3.	คุณภาพอากาศในลานจอดรถ					
3.1	อากาศไม่สะอาด มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย					
3.2	เหม็นกลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์					
3.3	เหม็นกลิ่นควันบุหรี่					
4.	สภาพร่างกายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ					
4.1	หน้ามืด วิงเวียน					
4.2	ปวดศีรษะ					
4.3	หายใจไม่สะดวก					
4.4	แสบตา แสบจมูก					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและความต้องการที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถ
ห้างสรรพสินค้า

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน ข้อความที่ท่านต้องการเลือก

1. ต้องการให้มีลมเย็นพัดกระทบทุกตัว
2. ต้องการให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นทำให้สบายตัว ไม่ร้อน
3. ต้องการให้มีลมพัดทั่วถึงในทุกตำแหน่งของลานจอดรถ
4. ต้องการให้อากาศในบริเวณนั้นมีความสะอาดไม่มีฝุ่นละออง กลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์ หรือกลิ่นควันบุหรี่
5. ต้องการให้เสียงของพัดลมไม่ดังจนทำให้รู้สึกรำคาญ
6. อื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดทั้งสรรพสินค้า
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ



โครงการวิจัยเรื่อง
การพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดทั้งสรรพสินค้า

นายธนสุทธิ พุฒขาว

สารบัญชานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดห้างสรรพสินค้า
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดห้างสรรพสินค้า สำหรับผู้เชี่ยวชาญนี้ใช้ในการพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดห้างสรรพสินค้า ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ และถูกต้องตามความเป็นจริง
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
 - ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศสถานจอตลอดห้างสรรพสินค้า
 - ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามมา ณ ที่นี้ด้วย -

นายธนสุทธิ์ พุฒขาว
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลประเมินความเหมาะสมด้านการพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถ
ห้างสรรพสินค้า

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นว่ารูปแบบระบบระบายอากาศที่ทำการพัฒนานั้นมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผู้วิจัยกำหนดคะแนนไว้ 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ ดังนี้
คะแนน ระดับความคิดเห็น

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1.	ชนิดของพัดลมระบายอากาศ					
2.	ตำแหน่งที่ใช้ในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ					
3.	จำนวนของพัดลมระบายอากาศ					
4.	ระยะห่างระหว่างพัดลมระบายอากาศแต่ละตัว					
5.	ทิศทางของลมเข้า และลมออก					
6.	อัตราการระบายอากาศ					
7.	การใช้พลังงานของระบบระบายอากาศ					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน



แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
ที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว



โครงการวิจัยเรื่อง
การพัฒนาระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า

นายธนสุทธิ พุฒขาว

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่
พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ใครขอความอนุเคราะห์จากท่านตอบ
แบบสอบถามให้ครบทุกข้อ และถูกต้องตามความเป็นจริง
2. ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ ผู้บริโภคที่มาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
3. แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น
ตอนที่ 2 สอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถ
ห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และทำการติดตั้งแล้ว
ตอนที่ 3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

- ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามมา ณ ที่นี้ด้วย -

นายธนสุทธิ์ พุฒขาว
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลเบื้องต้น

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน หน้าข้อความที่ท่านต้องการเลือก

1. สถานะภาพ

เจ้าหน้าที่ห้างสรรพสินค้า ผู้บริโภค

2. เพศ

ชาย หญิง

3. อายุ

น้อยกว่า 20 ปี 20-30 ปี 31-40 ปี 41-50 ปี มากกว่า 50 ปี

4. อาชีพ

ข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัทเอกชน
 เจ้าของกิจการ พ่อบ้าน/แม่บ้าน อื่นๆ ระบุ.....

5. บริเวณที่ท่านจอดรถ ชั้น โซน**6. ความถี่ในการมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ใน 1 เดือน**

น้อยกว่า 2 ครั้ง 2-3 ครั้ง 4-5 ครั้ง มากกว่า 5 ครั้ง

7. วันที่ท่านมักมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าเป็นประจำ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

วันหยุดเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดนักขัตฤกษ์ วันจันทร์-ศุกร์ วันเงินเดือนออก

8. ช่วงเวลาที่ท่านมักมาใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าเป็นประจำ

10.01-12.00 น. 12.01-14.00 น. 14.01-16.00 น. 16.01-18.00 น.
 18.01-20.00 น. 20.01-22.00 น. 22.01-24.00 น.

9. ระยะเวลาที่ใช้บริการลานจอดรถห้างสรรพสินค้าในแต่ละครั้ง (โดยประมาณ)

น้อยกว่า 2 ชั่วโมง 3-4 ชั่วโมง 5-6 ชั่วโมง มากกว่า 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและทำการติดตั้งแล้ว

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อความในแบบสอบถามทีละข้อ แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจ โดยสามารถลงคะแนนความคิดเห็นเมื่อเห็นด้วยตามคุณลักษณะความคิดเห็นนั้น ใน 1 ข้อ ลงคะแนนได้เพียง 1 ระดับความคิดเห็น ซึ่งใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน ระดับความคิดเห็น

5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ข้อ	รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1.	การรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อสภาพอากาศในลานจอดรถ					
1.1	ลมจากพัดลมระบายอากาศกระทบถูกตัวในปริมาณที่เหมาะสม					
1.2	อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นทำให้สบายตัว ไม่ร้อน					
1.3	พัดลมระบายอากาศสามารถส่งลมไปยังบริเวณต่างๆได้ทุกตำแหน่ง					
1.4	เสียงของพัดลมไม่ดังจนทำให้ท่านรู้สึกรำคาญ					
2.	การรับรู้และความรู้สึกที่มีต่อคุณภาพอากาศในลานจอดรถ					
2.1	อากาศในบริเวณนั้นมีความสะอาดไม่มีฝุ่นละออง					
2.2	อากาศในบริเวณนั้นไม่มีกลิ่นควันรถจากท่อไอเสียรถยนต์หรือกลิ่นควันบุหรี่					
3.	สภาพร่างกายหลังจากการใช้บริการลานจอดรถ					
3.1	ไม่มีอาการหน้ามืด วิงเวียน					
3.2	ไม่มีอาการปวดศีรษะ					
3.3	หายใจได้สะดวก					
3.4	ไม่มีอาการแสบตา แสบจมูก					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้อง
ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521



สารบัญชานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

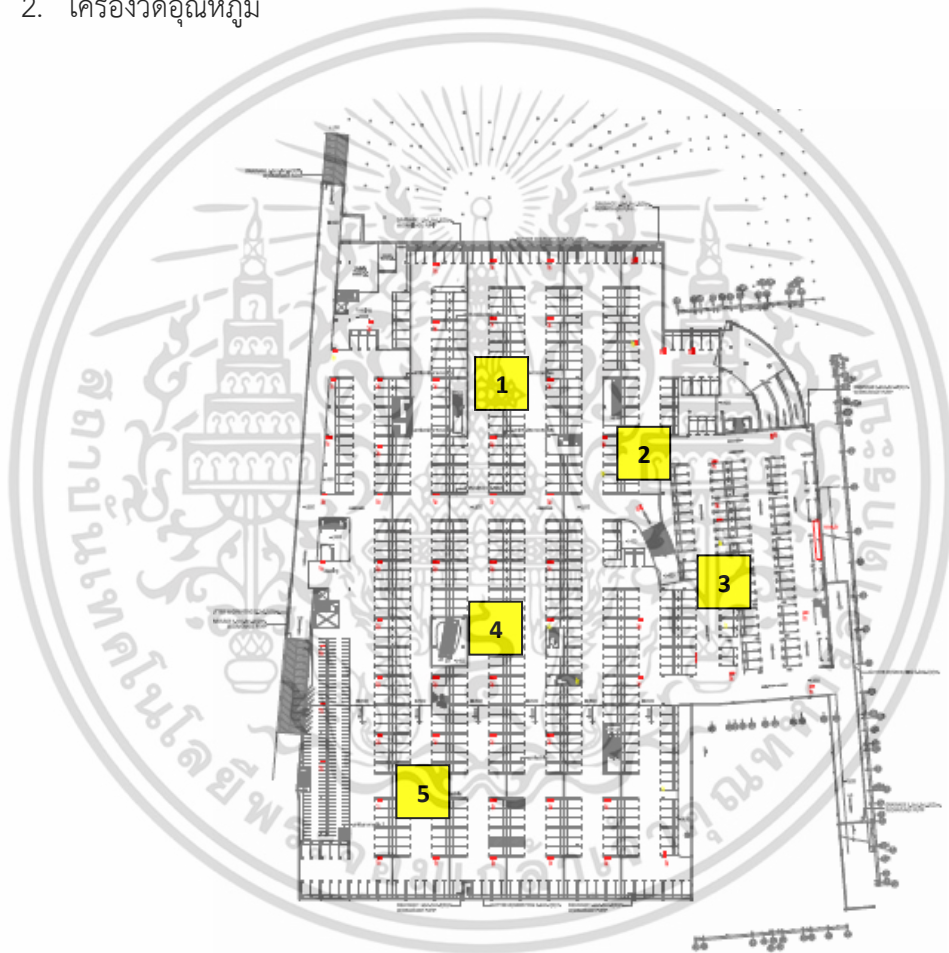
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ให้สอดคล้อง
ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง อาคารจอดรถยนต์ พ.ศ. 2521

คำชี้แจง แบบตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้านี้ใช้ในการ
ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่ได้พัฒนา และทำการ
ติดตั้งแล้ว โดยต้องตรวจสอบว่าระบบทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และมีประสิทธิภาพตามต้องการ
หรือไม่ การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า มีวิธีการ
ดังต่อไปนี้ (ตามเอกสารแนบ)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวัดความเร็วลม
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ



ตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่
พัฒนาและติดตั้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกความเร็วลม และอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบระบบระบายอากาศลาน
จอตกร้างสรรพสินค้าที่พัฒนาและติดตั้งแล้ว

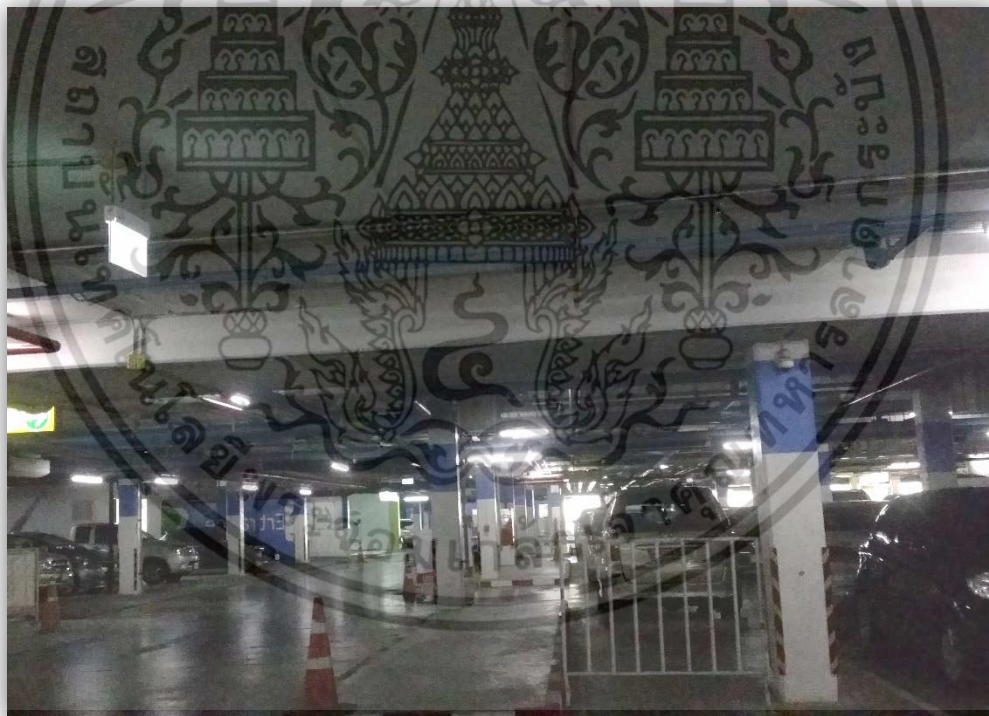
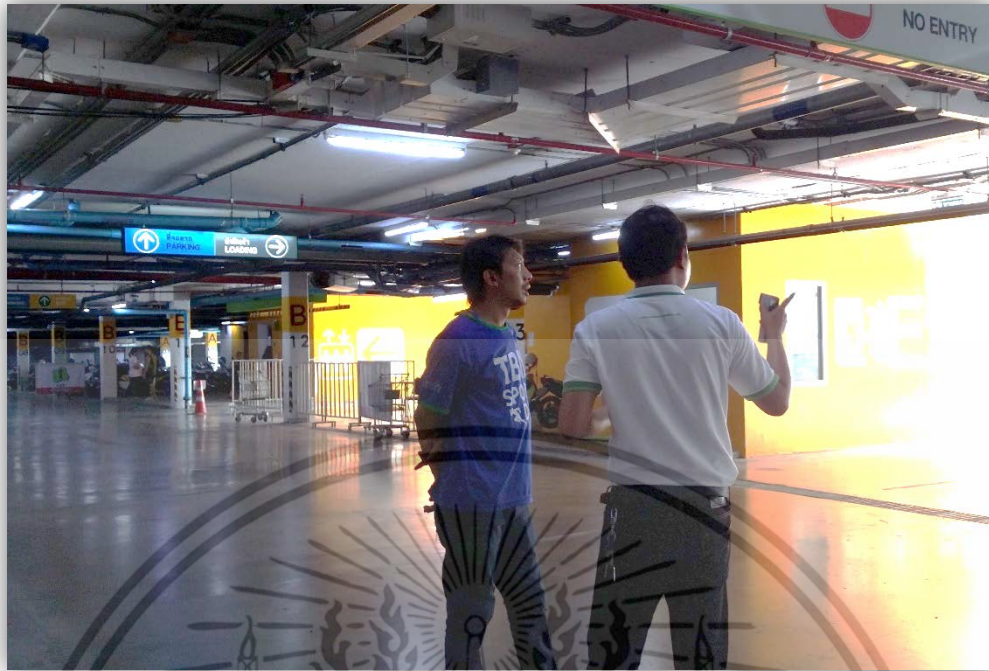
ปริมาณรถ จอดติดเครื่องยนต์ ทิ้งไว้โดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ปริมาณรถวนหา ที่จอดโดยเฉลี่ย (คัน/ชม.)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิภายในลาน จอตกร (°C)	ความเร็วลม (m/s)

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

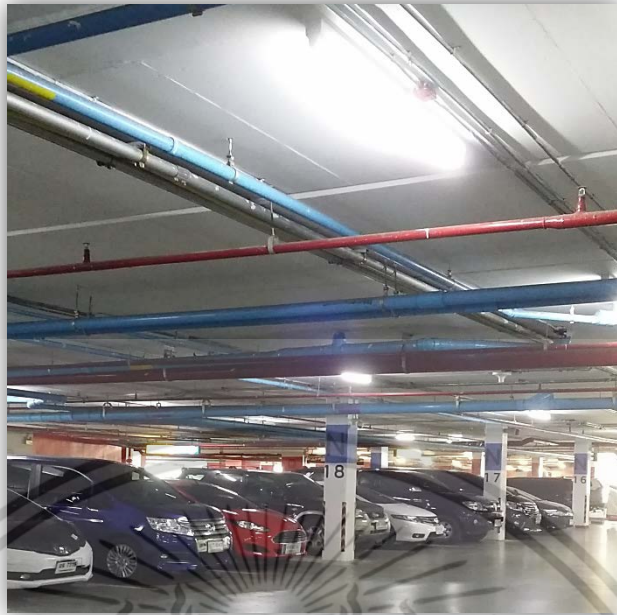


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.1 การลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม
ณ วันที่ 30 มกราคม 2557 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.2 การลงพื้นที่สำรวจระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า
แบบเดิม ณ วันที่ 3 เมษายน 2557
(ภาพถ่ายโดย ชนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.3 การลงพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม
ณ วันที่ 30 มกราคม 2557 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)



ภาพที่ ค.4 การลงพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้า แบบเดิม
ณ วันที่ 3 เมษายน 2557 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

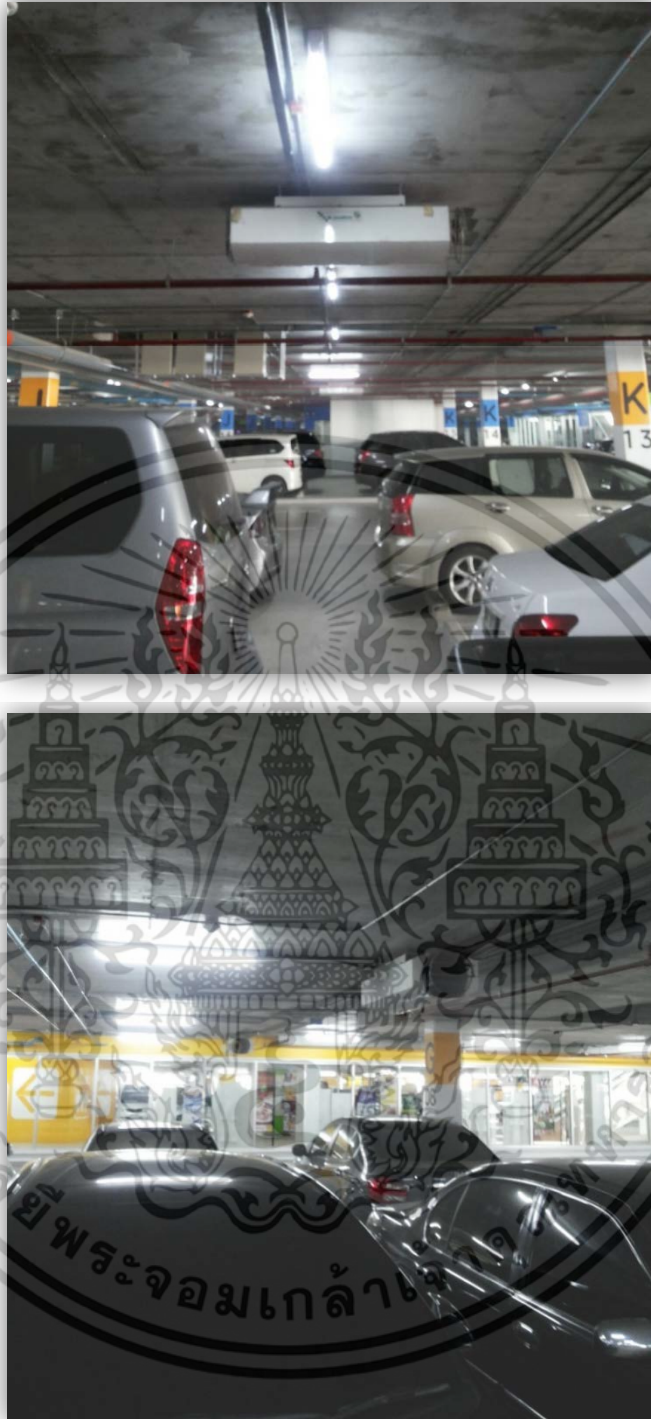


ภาพที่ ค.5 การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ คุณเนติพันธ์ จิระวรานันท์ (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)



ภาพที่ ค.6 การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านระบบระบายอากาศ และระบบเครื่องกล คุณพงศ์ธนกิจ มาลา (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.7 พัฒนาระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้า ที่ทำการติดตั้งแล้ว
ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.8 การตรวจสอบระบบระบายอากาศลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)



ภาพที่ ค.9 การตรวจวัดอุณหภูมิภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งระบบระบายอากาศแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.9 (ต่อ)



ภาพที่ ค.10 การตรวจวัดความเร็วลมภายในลานจอดรถห้างสรรพสินค้าที่พัฒนา และติดตั้งระบบระบายอากาศแล้ว ณ วันที่ 22 พฤษภาคม 2558 (ภาพถ่ายโดย ธนสุทธิ์ พุฒขาว. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.10 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นายธนสุทธิ์ พุฒขาว
วัน เดือน ปีเกิด	19 มี.ค. 2527
ที่อยู่	28/622 หมู่ 4 ต. กระทุ่มล้ม อ. สามพราน จ.นครปฐม 73220
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมต้น โรงเรียนสตรีพัทลุง จ.พัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย โรงเรียนพัทลุง จ.พัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรม ศาสตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมื่อและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	
2550-2551	ตำแหน่ง พนักงานออกแบบ บริษัท เอนโก ไทย จำกัด จ.สมุทรปราการ
2551-2553	ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายขาย บริษัท มาพาล (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพมหานคร
2553-2554	ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายขาย บริษัท เมกาแวลู จำกัด จ.นนทบุรี
2555-ปัจจุบัน	ตำแหน่ง วิศวกรฝ่ายขาย บริษัท วอลเตอร์ เวนดิเลชั่น จำกัด จ.สมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้