การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

PERCEPTION OF INTERIOR AIR QUALITY IN PUBLIC BUILDINGS

การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

PERCEPTION OF INTERIOR AIR QUALITY IN PUBLIC BUILDINGS

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการออกแบบภายใน
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2557

©2558
ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล
สงวนลิขสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการออกแบบภายใน

เรื่อง การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

ผู้วิจัย ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา [redacted]

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพร มูรพันธุ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม [redacted]

(ดร.นุชนภางค์ แก้วนิล)

ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย [redacted]

(ดร.ฤทธิรงค์ จุฑาพฤฒิกร)

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก [redacted]

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล)

[redacted]

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรยา สิงห์สงบ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการออกแบบภายใน, พฤษภาคม 2558, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (141 หน้า)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพร มูรพันธุ์

บทคัดย่อ

คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้พื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบปิด ในกรณีที่ระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ผู้ใช้ไม่สามารถรับรู้และยังคงใช้สอยพื้นที่ตามปกติ อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทำให้เกิดอาการเจ็บป่วย การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารในฐานะตัวชี้วัดแบบภาวะวิสัย กับการรับรู้ของผู้ใช้ในฐานะตัวชี้วัดแบบอัตวิสัย โดยนำรูปแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศมาเป็นปัจจัยหลักในการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับระดับการรับรู้ของผู้ใช้อาคาร

โดยทำการประเมินคุณภาพอากาศด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์พร้อมกันกับ การตอบแบบสอบถาม ในสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งด้านกิจกรรมและ ปริมาณความหนาแน่น แบ่งตามกิจกรรมที่ก่อให้เกิดกระบวนการเผาผลาญและการเผาไหม้ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกพื้นที่ต่างๆ เช่น ห้องเรียน ศูนย์อาหารและร้านอาหารปิ้งย่าง รวมทั้งสิ้น 11 แห่ง

จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน โดยที่ห้องเรียนทั้งขนาด 50 300 และ 1500 ที่นั่ง นั้นมีระดับคุณภาพอากาศที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เป็นที่น่าสนใจว่า ผลการเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้ กลับไม่สามารถรับรู้ถึงคุณภาพอากาศ ที่อาจส่งผลต่อสุขภาพข้างต้น โดยการรับรู้นี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยว่า “หากคุณภาพอากาศไม่ดี แต่คนไม่รับรู้จะเกิดผลทาง ด้านลบต่อปัญหาสุขภาพของผู้ใช้งาน” ดังนั้นการเสนอแนะถึงแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมกายภาพ ที่ส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคาร จึงเป็นผลการศึกษาที่สถาปนิก วิศวกร และนักออกแบบควรคำนึงถึง ให้ความสำคัญ และนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นที่ภายใน อาคารสาธารณะ เพื่อสร้างสุขภาพที่ดีให้มวลชน

อนุมัติ: [redacted]
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Sawatmongkhonkul, N. M.A. (Interior Design Management), May 2015,
Graduate School, Bangkok University.
Perception of Interior Air Quality in Public Buildings (141 pp.)
Thesis Advisor: Asst. Prof. Chumporn Moorapun, Ph.D.

ABSTRACT

Indoor air quality has been the important factor affecting health of occupancy particularly the building using closed air conditioning system. Users cannot perceive and have still utilize functional areas as usual, it may result in health and cause illness both in short-term and long-term. This research then aims to find on the relationship between indoor air quality as an objective indicator and perception of users as subjective indicator. Physical environmental design affecting air quality level has been consider of an important factor in this study, consisting of temperature, humidity, level of carbon dioxide, type of activity and density level of the building users compared with the perception of the building users. When the internal environment is properly designed, it can support indoor air quality to be improved.

Air quality was evaluated through scientific measuring instrument and questionnaire response from occupancies in the places of case studies. Criteria for choosing case studies were based on both activities and density of occupancies, classifying according to the activities causing flaming and combustion process. Eleven places were selected as case studies which include classroom, food centers and grilled restaurants in public buildings.

The study finds that elements of physical environment factors can cause different average of temperature, humidity and carbon dioxide content. According to the study, the classrooms whether with sizes of 50, 300 and 1500 seats had air quality level below standard. Furthermore, user was not able to perceive air quality and air pollution. It was interesting that the comparison result with the user's perception returned to be the inability to perceive air quality possibly affecting

above mentioned health. This perception was indifferent at statistical significance. It was consistent with research hypothesis that "if air quality is poor, people nevertheless do not perceive it. It will result in negative impact on the user's health problem." Therefore, the suggestion on physical environmental design method promoting indoor air quality has been the studying result that the architect, engineer and designer should concern, emphasize, and apply in design of interior area for building healthy public.

BANGKOK UNIVERSITY
FOUNDED 1962

Approved: _____

Thesis Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามเงื่อนไขของหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการออกแบบภายใน ซึ่งได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพร มูรพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ชัดเจนขึ้น ทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล ที่รับเป็นกรรมการสอบผู้ทรงคุณวุฒิ และ ดร.ฤทธิรงค์ จุฑาพฤฒิกร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ช่วยตรวจทานแก้ไขในจุดบกพร่อง อันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.นุชนภางค์ แก้วนิล ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ คำปรึกษา กำลังใจตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขในจุดบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ที่สละเวลาให้ความร่วมมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดีตลอดช่วงเวลาของการศึกษา และขอขอบคุณเป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.นพดล สหชัยเสรี ที่มีส่วนช่วยให้เกิดการศึกษาวิจัยฉบับนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลที่สำคัญอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา รวมถึงบุคคลที่มีส่วนให้การช่วยเหลือซึ่งอาจมิได้กล่าวถึงในที่นี้

ขอบคุณความช่วยเหลือ ความเอื้อเฟื้อ กำลังใจอย่างดียิ่งจากเพื่อน ๆ พี่ ๆ ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือต่าง ๆ เสมอมา

ท้ายที่สุด ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนด้านการศึกษา ทั้งยังเป็นกำลังใจสำคัญ และขอบคุณเพื่อนสนิทมิตรสหายทุก ๆ คนที่คอยให้กำลังใจเสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยเป็นอย่างสูงในความผิดพลาดหรือบกพร่องนั้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยสำหรับผู้ที่สนใจจะศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป และเนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้เป็นที่ยอมรับตามข้อตกลงอย่างเป็นทางการในหลักสูตรการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแบบฝึกหัดทางด้านการศึกษาเท่านั้น ดังนั้น ผู้เขียน อาจารย์ที่ปรึกษา และมหาวิทยาลัย จะไม่รับผิดชอบใด ๆ ทั้งสิ้น ถ้าหากส่วนหนึ่งส่วนใดของงานวิจัยนี้ถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น

คุณงามความดีและประโยชน์จากการศึกษา ผู้ศึกษาขอมอบแด่ผู้ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และมีส่วนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์งานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 คำถามของงานวิจัย	4
1.5 สมมติฐานของงานวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	4
1.8 กรอบแนวคิดในการวิจัยและวรรณกรรมสนับสนุนกรอบแนวคิด	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวความคิดที่เกี่ยวกับลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ	7
2.2 แนวความคิดที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร	19
2.3 แนวความคิดที่เกี่ยวกับองค์ประกอบสถาปัตยกรรมภายใน	38
2.4 แนวความคิดที่เกี่ยวกับพฤติกรรมและกิจกรรม	56
2.5 แนวความคิดที่เกี่ยวกับการรับรู้สภาพแวดล้อม	59
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย	66
3.1 ประเภทของงานวิจัย	66
3.2 กลุ่มประชากร และการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	67
3.3 วิธีการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	68
3.4 ประเภทของตัวแปร	69
3.5 ขั้นตอนการวิจัย	71
3.6 วิธีการทางสถิติ	76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล 78
4.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพ 78
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ 80
4.3 การรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารพิจารณาเปรียบเทียบในด้านคุณลักษณะของบุคคล 86
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 91
5.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร 91
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร กับการรับรู้ของผู้ใช้งาน 92
5.3 ข้อจำกัดที่พบจากการวิจัย 93
5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป 93
บรรณานุกรม 95
ภาคผนวก 99
ประวัติผู้เขียน 141

ข้อตกลงว่าด้วยการอนุญาตให้ใช้สิทธิ์ในวิทยานิพนธ์

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1:	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย	9
ตารางที่ 2.2:	ความกว้างขวางของอากาศภายนอกที่นำเข้ามา	21
ตารางที่ 2.3:	แสดงการระบายอากาศเพื่อควบคุมปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร-เจือจางสารปนเปื้อนด้วยอากาศจากภายนอก	22
ตารางที่ 2.4:	ชนิดและแหล่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของอากาศภายในอาคาร	27
ตารางที่ 2.5:	แสดงช่วงกว้างของระดับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	33
ตารางที่ 2.6:	มาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดโดยหน่วยงานต่าง ๆ	34
ตารางที่ 2.7:	ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ	35
ตารางที่ 2.8:	ประเภทของศูนย์การค้าและคุณลักษณะ	50
ตารางที่ 2.9:	ระดับความหนักเบาในกิจกรรมต่าง ๆ	53
ตารางที่ 2.10:	อัตราการเผาผลาญพลังงานของมนุษย์ในกิจกรรมลักษณะต่าง ๆ	55
ตารางที่ 2.11:	ประสิทธิภาพของการรับรู้ต่อคุณภาพอากาศ	62
ตารางที่ 3.1:	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	69
ตารางที่ 3.2:	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวชี้วัด	70
ตารางที่ 4.1:	ค่าอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซ CO_2 ในขณะที่ปริมาณผู้เข้าใช้งานเบาบางและหนาแน่น	78
ตารางที่ 4.2:	แสดงการเปรียบเทียบการรับรู้ของคนกับค่าที่ได้จากการวัดขณะปริมาณผู้ใช้เบาบาง	81
ตารางที่ 4.3:	แสดงการเปรียบเทียบการรับรู้ของคนกับค่าที่ได้จากการวัดขณะปริมาณผู้ใช้หนาแน่น	83
ตารางที่ 4.4:	แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านเพศ	86
ตารางที่ 4.5:	แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ	87
ตารางที่ 4.6:	แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศในข้อรู้สึกอึดอัดหายใจไม่ออก จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ	89

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1:	กรอบแนวคิดในงานวิจัย	6
ภาพที่ 2.1:	The Bioclimatic Chart	11
ภาพที่ 2.2:	Psychometric Chart	12
ภาพที่ 2.3:	The Comfort Chart	13
ภาพที่ 2.4:	แสดงความเป็นพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	30
ภาพที่ 2.5:	โครงสร้างและองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม	43
ภาพที่ 2.6:	ระบบการปรับตัวตามทฤษฎีของรอย	65
ภาพที่ 3.1:	แสดงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงตัวแปร	71
ภาพที่ 3.2:	แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง	73
ภาพที่ 3.3:	แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับห้องเรียน	74
ภาพที่ 3.4:	แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับศูนย์อาหาร	74
ภาพที่ 3.5:	แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับร้านอาหารปิ้งย่าง	75
ภาพที่ 3.6:	ขั้นตอนกระบวนการทำวิจัย	76

BANGKOK UNIVERSITY FOUNDED 1962

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเราใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารที่มีการนำระบบปรับอากาศมาใช้สร้างสภาวะความน่าสบาย เพื่อก่อให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากการสรรสร้างภาวะความน่าสบายทางอุณหภูมิด้วยระบบปรับอากาศสำหรับอาคารที่มีระบบปิดนี้เอง อากาศภายในอาคารจึงถูกหมุนเวียนนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสะสมความชื้นและความร้อนภายในวัสดุตกแต่ง รวมถึงการสะสมฝุ่นละออง เชื้อโรคและสิ่งสกปรกต่าง ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ เป็นอาการป่วยที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (วิกรม เสงคิสิริ และสสิธร เทพตระการพร, 2548)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสาธารณะที่มีอายุการใช้งานยาวนานและมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก มีกิจกรรมที่มีความหลากหลาย หากการบริหารจัดการการออกแบบสภาพแวดล้อมภายใน เช่น กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการเผาผลาญ ความหนาแน่นของผู้ใช้พื้นที่และการเลือกใช้วัสดุตกแต่งที่อาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อปัญหาข้างต้น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าหากมีการจัดการหรือการออกแบบสภาพแวดล้อมภายในที่เหมาะสม จะสามารถส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคารให้ดีขึ้นได้

นอกจากนี้อาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศเป็นตัวสร้างสภาวะความน่าสบายหลายแห่ง มักพบว่าในช่วงเวลาที่ระบบปรับอากาศทำงานจนถึงระดับที่ปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) ของอาคารมีระดับอุณหภูมิอากาศเป็นไปตามค่าสภาวะแวดล้อมตามที่กำหนดแล้ว ระบบปรับอากาศก็จะลดระดับการจ่ายปริมาณลมเย็นลงเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ตามค่าที่กำหนดไว้ จนทำให้ปริมาณการถ่ายเทอากาศและการระบายอากาศที่จะหมุนเวียนภายในอาคารมีปริมาณน้อยลงและไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ส่งผลให้ผู้ใช้งานในอาคารรู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวกและเกิดการสะสม ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้น เชื้อจุลินทรีย์ สารเคมีและฝุ่นละออง จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคาร ซึ่งเรียกว่า Sick Building Syndrome ได้

ฉะนั้นหากสภาวะแวดล้อมของอาคารและระบบปรับอากาศไม่มีความเหมาะสมหรือไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริง ภายในอาคารนั้นก็จะมีคุณภาพอากาศที่ไม่ดี เป็นผลกระทบต่อการใช้งานและสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคาร แม้ว่าจะมีทฤษฎีการปรับตัวของรอย (Roy & Andrews, 1999) ที่กล่าวถึงระดับการปรับตัวที่อยู่ในภาวะอันตรายไว้ว่าเมื่อสิ่งเร้าที่มากระทบนั้นอยู่ในขอบเขตความสามารถในการปรับตัวของบุคคล บุคคลจะสามารถปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าสิ่งเร้านั้นอยู่เหนือความสามารถของบุคคลจะเกิดการปรับตัวที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งระดับความสามารถในการปรับตัวของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะเฉพาะตัวและมีขอบเขตจำกัด

จากที่ผ่านมามีผู้ใช้งานอาคารที่มีอาการเจ็บป่วยรวมถึงการเสียชีวิตที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการใช้งานในอาคาร ทั้งที่ทราบและไม่ทราบถึงสาเหตุการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการใช้งานในอาคารที่มีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่ดี ทำให้มีผู้สนใจศึกษาค้นคว้าในประเด็นเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีหลายประเด็นที่น่าสนใจ ยกตัวอย่างเช่น การสะสมของสารที่ก่อให้เกิดอันตราย การนำอากาศเข้าและการกระจายอากาศ โรคระบบทางเดินหายใจความเสี่ยงร้ายแรง จากการออกแบบและจัดการอาคารสำนักงานที่ไม่เหมาะสม (ดารณี จารีมิตร, อรรจน์ เศรษฐบุตร, ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, เฉลิมวัตน์ ตันตสวัสดิ์, 2549) เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้น การวิจัยในอดีตส่วนใหญ่เป็นการประเมินทางวิทยาศาสตร์โดยพิจารณาเฉพาะภววิสัย (Objective) ยกตัวอย่างเช่น การตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคารด้วยเครื่องมือภาคสนามด้านเคมี ชีวภาพและกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณฝุ่นละอองและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งยังไม่ค่อยมีคนนำการประเมินทางวิทยาศาสตร์มาพิจารณาร่วมกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร (Subjective) ซึ่งการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการใช้งานในอาคารที่มีคุณภาพอากาศที่ไม่ดีนั้นจะยิ่งเป็นอันตรายมากขึ้น หากสภาพแวดล้อมก่อให้เกิดคุณภาพอากาศภายในที่เป็นอันตรายแต่ผู้ใช้งานในอาคารนั้นกลับไม่รับรู้ถึงคุณภาพอากาศที่เป็นอันตรายนั้น

ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ระดับของคุณภาพอากาศภายในอาคารในฐานะตัวชี้วัดแบบภววิสัยเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในพื้นที่ในฐานะตัวชี้วัดแบบอัตวิสัย โดยการศึกษาสภาพแวดล้อมจะใช้วิธีการในการทดสอบเกี่ยวกับความเข้าใจสภาพการณ์ของผู้ใช้งานในอาคาร กับสภาพการณ์จริงที่เกิดขึ้น ซึ่งจะประกอบไปด้วย การรับรู้ในด้านความหนาแน่นของผู้ใช้ ชนิดของวัสดุ ความหลากหลายของกิจกรรมและพฤติกรรมผู้ใช้งาน โดยที่หากพิจารณาจากองค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในสภาพแวดล้อมแล้ว เห็นชัดว่าผลผลิตจากการเผาไหม้ (Combustion Products) เช่น กระบวนการปรุงอาหารนั้นทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเป็นโรคหัวใจ และโรคมะเร็งปอด

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงใช้ระดับการเผาผลาญอาหารในร่างกายด้วยกระบวนการเมแทบอลิซึมและผลผลิตจากการเผาไหม้ข้างต้นเป็นหลักในการแบ่งประเภทของกิจกรรมที่ทำในสภาพแวดล้อม ส่วนข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบ เพื่อก่อให้เกิดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี และเกิดการตระหนักรับรู้ความสำคัญของการออกแบบที่อยู่อาศัยหรืออาคารสาธารณะที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมในอนาคต งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาลักษณะของสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร และการรับรู้ของผู้ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งนำมาสู่วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1.2 จุดประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อมทางกายภาพ อุณหภูมิและความชื้น กิจกรรมที่ทำและความหนาแน่นผู้ใช้อาคารที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารในฐานะตัวชี้วัดแบบภววิสัย (Objective) กับการรับรู้ของผู้ใช้ในฐานะตัวชี้วัดแบบอัตวิสัย (Subjective)

1.2.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบที่ส่งเสริมให้เกิดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสรรพสินค้า และอาคารสาธารณะที่ใช้เพื่อกิจกรรมทางการศึกษา โดยพิจารณาแยกตามความจำเป็นในการใช้งานและกิจกรรมที่ทำ และเป็นอาคารประเภทอาคารถาวร ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี

2) ศึกษาพฤติกรรมส่วนบุคคลในด้านการรับรู้ต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร

3) กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาวิจัย คือ ผู้ใช้งานในอาคาร

4) ตัวแปรที่ศึกษา

4.1) ตัวแปรต้น (Independent Variable) แบ่งออกเป็น

4.1.1) ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ

4.1.2) ปัจจัยด้านการรับรู้ ได้แก่ ระดับการรับรู้ ประสบการณ์ ความคุ้นชิน

4.2) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) แบ่งออกเป็น

4.2.1) ปัจจัยทางด้านกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.2.2) การรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ช่วงเดือนธันวาคม 2552

6) ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัดควบคู่กับการทำแบบสอบถามในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้และความรู้สึกของผู้ใช้งานในอาคาร

1.4 คำถามของงานวิจัย

1.4.1 ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณความหนาแน่นของผู้ที่เข้ามาใช้อาคารก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอย่างไร

1.4.2 ลักษณะของกิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งานในอาคารส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างไร

1.4.3 คุณภาพอากาศภายในอาคารมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารอย่างไร

1.4.4 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ ที่แตกต่างกัน มีผลต่อการรับรู้ในเรื่องที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารแตกต่างกันอย่างไร

1.5 สมมติฐานของงานวิจัย

1.5.1 ปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งานในอาคาร มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร หากมีการบริหารจัดการอาคารที่ดีจะมีผลทำให้มีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีด้วย

1.5.2 ลักษณะกิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งานส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร

1.5.3 การรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารมีความแตกต่างกันตามสภาพเศรษฐกิจและคุณลักษณะของบุคคลนั้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อให้ทราบถึงลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร

1.6.2 ช่วยลดปัญหาช่องว่างระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร ก่อให้เกิดภาวะน่าสบายควบคู่ไปกับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี ลดภาวะความเสี่ยงเหตุแห่งโรคที่นำไปสู่ความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยสร้างความตระหนักรู้ถึงบริบทของแนวทางคุณภาพชีวิต ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น

1.6.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางในการออกแบบปรับปรุงลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ส่งเสริมให้เกิดคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะที่ดีต่อไปในอนาคต

1.7 คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1) ลักษณะสภาพแวดล้อมภายในอาคารสาธารณะ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2) คุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร หมายถึง สภาวะการที่อากาศภายในอาคารอาจมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณที่ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ หรือสิ่งแวดล้อมภายในอาคารนั้น ๆ (วรวิชญ์ สิงหนาท, 2552)

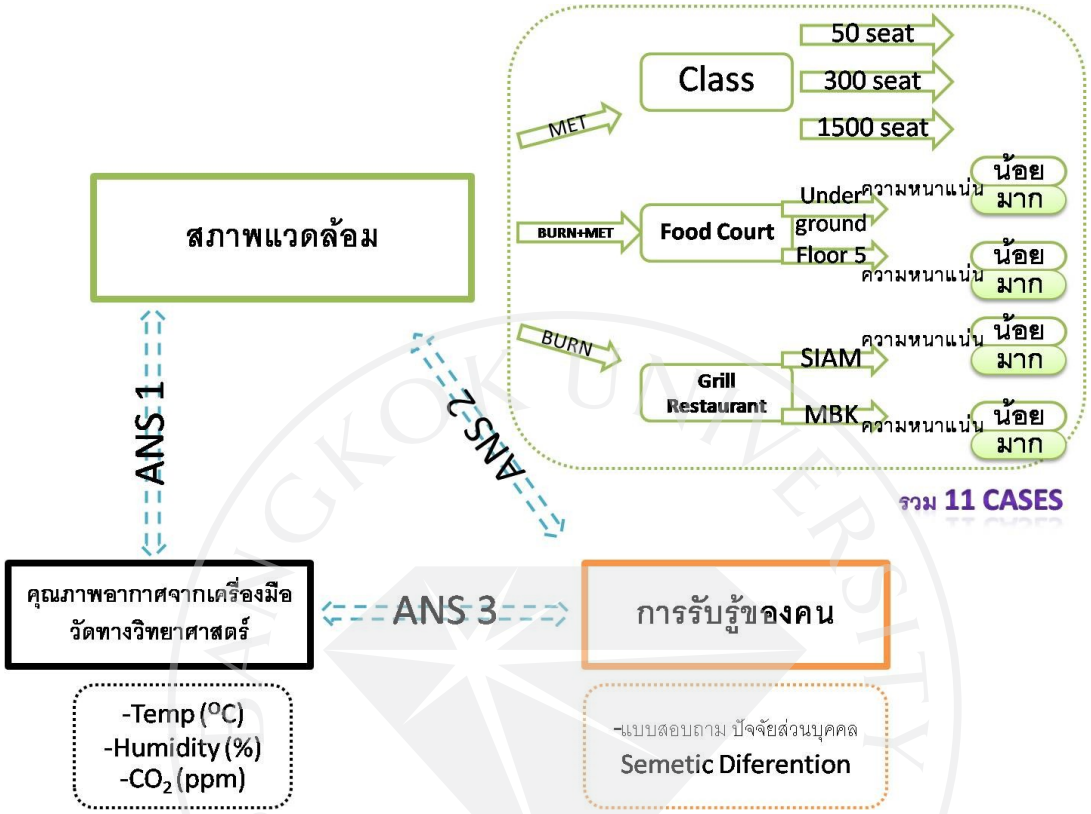
3) ภววิสัย (Objective) หรือวัตถุวิสัย คือ สิ่งที่ดำรงอยู่อย่างเป็นอิสระไม่ขึ้นกับการรับรู้ไม่ขึ้นกับความรู้สึกทางใจของเรา เป็นสิ่งที่ถูกเห็น ถูกได้ยิน ถูกสัมผัส

4) อัตวิสัย (Subjective) หรือจิตวิสัย คือ ภาวะที่เกี่ยวเนื่องกับความรู้สึก ความนึกคิดของคน อาจเป็นความเห็น ความชอบ ความงาม ซึ่งแต่ละคนอาจรู้สึกคิดเห็นแตกต่างกัน เป็นมุมมองความคิดเห็นส่วนตัวของบุคคล ขึ้นกับความรู้สึกทางใจตามที่รับรู้

1.8 กรอบแนวคิดในการวิจัยและวรรณกรรมสนับสนุนกรอบแนวคิด

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษา ใน 2 ประเด็นหลัก คือ ประเด็นสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ และประเด็นการรับรู้สภาพแวดล้อม โดยในประเด็นสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่นั้นมุ่งศึกษาถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพของอาคารสาธารณะ คือศึกษากลุ่มพื้นที่ การจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอย ปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งาน กิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งาน โดยทำการแบ่งกลุ่มกิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งานจากระดับความหนักเบาของกิจกรรมซึ่งได้บอกเป็นค่าระดับพลังงานการเผาผลาญในร่างกาย (MET) กิจกรรมที่นำมาศึกษาทั้งหมดเป็น กิจกรรมระดับเบา ค่าระดับพลังงานการเผาผลาญน้อยกว่า 3 METs อาทิเช่น นั่งเรียนหนังสือ จดบทเรียน เดินห้าง ทำอาหารที่มีการยืนเป็นส่วนมาก ทำอาหารที่มีการเดินร่วมด้วย เป็นต้น ซึ่งสามารถจำแนกย่อยได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ห้องเรียน ศูนย์อาหาร และร้านอาหารปิ้งย่าง เมื่อได้สภาพแวดล้อมดังกล่าวแล้วจึงทำการวัดระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอ้างอิงทฤษฎีและแนวความคิดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ การจัดองค์ประกอบเชิงพื้นที่ หน้าที่และประโยชน์ใช้สอยและแนวความคิดเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับประเด็นการรับรู้สภาพแวดล้อมของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้วัดระดับการรับรู้ของผู้ใช้งานจากการทำแบบสอบถาม เพื่อทราบถึงความสามารถในการรับรู้ระดับคุณภาพอากาศของบุคคลต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพ โดยอ้างอิงถึงทฤษฎีและแนวความคิดทางด้านจิตวิทยาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมและการรับรู้

ภาพที่ 1.1: แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย



บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาข้อมูลในภาคเอกสารจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งหนังสือ สิ่งพิมพ์ และบทความทางวิชาการ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้เชื่อมโยงแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหลายประเด็นด้วยกัน โดยมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพกับการรับรู้ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร การนำเสนอข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัย จึงมีแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับ การจัดการพื้นที่ใช้สอย การจัดองค์ประกอบเชิงพื้นที่ทั้งในด้านการวางผังและขนาด สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร แนวความคิดด้านจิตวิทยา พฤติกรรมและการรับรู้ในสภาพแวดล้อม โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอโดยสามารถสรุปรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 แนวความคิดที่เกี่ยวกับลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

2.1.1 สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) คือ ขอบเขตของสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความเร็วลมที่พอเหมาะกับการทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศมากหรือน้อยเกินไป และมีความเร็วลมที่ไม่รบกวนจนรู้สึกได้ โดย สไตน์ (Stein, 1982) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า การที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราสูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิหรือระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม และจีโวนี (Givoni, 1981) ได้ให้คำจำกัดความสภาวะน่าสบายว่าเป็นช่วงเวลาของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาว่า น่าสบายและยอมรับได้ โดยปราศจากความรู้สึกร้อนและเปียกชื้นที่ผิวหนัง ซึ่งความเปียกชื้นที่ผิวหนังก็คือ เหงื่อที่ตกค้างไม่อาจระเหยจากผิวหนังได้โดยเร็ว การระเหยของเหงื่อ ถือเป็นกลไกของร่างกายในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ในสภาวะปกติร่างกายจะรักษาสมดุลให้มีอุณหภูมิภายในที่ 37°C ±0.5°C ด้วยการรักษาอัตราการผลิตความร้อนให้เท่ากับอัตราการระบายความร้อนออก ซึ่งปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรู้สึกสบายในอาคาร เป็นปัจจัยร่วมกันที่กำหนดการแลกเปลี่ยนความร้อนของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมด้วย โดยธรรมชาติหากมนุษย์ต้องอยู่ภายในห้องที่ถูกปิดมิดชิดโดยไม่มีการไหลเวียนของอากาศในช่วงเวลาหนึ่ง มนุษย์จะมีความรู้สึกไม่สบายและอึดอัด เกี่ยวกับข้อสังเกตนี้ ลาวัวซิเออร์ (Lavoisier) นักเคมีได้อธิบายไว้เมื่อปี ค.ศ. 1777 ว่าการเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในห้องจากการหายใจของคน ทำให้คนรู้สึกอึดอัด ในขณะที่ แมกซ์ ฟรอน แพทเทนโคเฟอร์ (Max Von Pattenkofer) นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นแตกต่างออกไป โดยได้เสนอ

ทฤษฎีในปี ค.ศ. 1858 ว่าคนหายใจเอาสารที่เป็นพิษออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อมาในปี ค.ศ. 1905 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ ฟรักซ์ (Frugge) ได้เสนอทฤษฎีที่ยังคงใช้อยู่ถึงปัจจุบันว่า ร่างกายของคนอาจเปรียบได้กับเครื่องยนต์สันดาป ภายในต้องมีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการทำงาน ถ้าความร้อนนี้ไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบสูง จะมีผลทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายและอึดอัด ตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์มีดังนี้

2.1.1.1 อุณหภูมิ (Air Temperature) ควรมีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ 24 องศาเซลเซียส หรือในช่วง 23-26 องศาเซลเซียส โดยให้เป็นที่ยอมรับของร้อยละ 80 ของผู้ที่อยู่ในอาคารเดียวกัน (กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์, 2548)

2.1.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไป ทำให้เหงื่อระเหยยาก รู้สึกร้อน และอึดอัด ในขณะที่ความชื้นสัมพันธ์ที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง จมูก จนบางครั้งอาจทำให้เข้าใจผิดได้ว่า เกิดจากการระคายเคืองของสารเคมีในอาคาร ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 30-60%RH (ASHRAE 55-1992) สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศแถบร้อนชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ปกติอยู่ในช่วง 50-60%RH (Yamtraipat, Khedari & Hirunlabh, 2005)

2.1.1.3 ความเร็วลม (Air Velocity) เกิดจากการพาความร้อน (Convection) เมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์จะเกิดความรู้สึกเย็นลงได้มากกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง เนื่องจากอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกายสูงขึ้น โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.4°C เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ ชม. (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) ความเร็วลมที่สูงเกินไป ทำให้รู้สึกหนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากอุณหภูมิต่ำด้วย ในทางตรงกันข้าม หากอากาศร้อน และความเร็วลมต่ำ ลมก็จะพาความร้อนออกจากร่างกายไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้เกิดความรู้สึกร้อนอบอ้าว อึดอัด โดย โอลิเกีย (Olgyay, 1992) ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย

ความเร็วลม	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0 – 50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50 – 100 fpm	ต่ำลง 2 – 3 ^{O}F	สบาย
100 – 200 fpm	ต่ำลง 4 – 5 ^{O}F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รู้สึกได้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300 fpm	ต่ำลง 5 – 7 ^{O}F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 ^{O}F	ควรแก้ไขให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

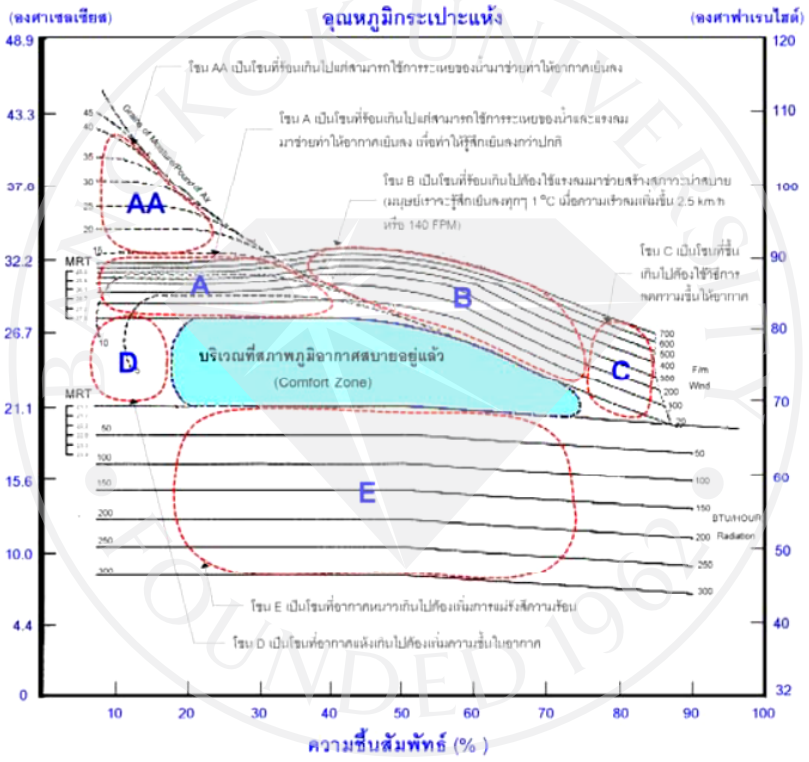
2.1.1.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT) เนื่องจากร่างกายมนุษย์ต้องสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบ ๆ โดยเป็นไปในลักษณะของการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หรือ เรียกว่า การถ่ายโอนพลังงานความร้อน (Heat Transfer) แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน การแผ่รังสีความร้อนเกิดจากการที่วัสดุมีอุณหภูมิพื้นผิวสูง หรือต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง อุณหภูมิการแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับ ค่าการแผ่รังสีของวัสดุ (Emissivity) เช่น ฝ้าเพดานที่เย็นจัด เนื่องจากเป็นทางลมกลับของเครื่องปรับอากาศ ร่างกายมนุษย์ก็จะแผ่รังสีความร้อนไปยังฝ้าเพดานทำให้รู้สึกเย็น ในทางตรงกันข้าม กระจกด้านที่ถูกแสงแดดส่อง ก็จะแผ่รังสีความร้อน มายังผู้อยู่อาศัย จึงทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกร้อนกว่าปกติ แม้อุณหภูมิในห้องจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ (วิกรม แสงคิสิริ และสสิธร เทพตระการพร, 2548) วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -270 ^{O}C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่อุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้นในขณะที่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีคลื่นยาว เช่น การตากผ้ากลางแจ้ง การตากปลาแห้ง การรับความร้อนจากการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์โดยที่วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับ สีของวัตถุ หากเป็นวัตถุสีดำหรือสีเข้มจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน ผิววัตถุ หากวัตถุมีผิวขรุขระจะสามารถดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบและขัดมัน เช่น คนที่อาศัยในประเทศเขตหนาวควรใช้เครื่องนุ่งห่มสีเข้มเพราะดูดกลืนความร้อนและให้ความอบอุ่นมากกว่าสีอ่อน ๆ แต่คนในประเทศเขตร้อนควรแต่งกายด้วยเครื่องนุ่งห่มสีอ่อนเพราะให้ความรู้สึกเย็นสบายกว่าสีเข้ม สีของอาคารก็มีส่วนช่วยทำให้อาคารร้อน

หรือเย็นได้ด้วย การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายโอนความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส โดยที่ของเหลวหรือแก๊สส่วนที่ได้รับความร้อนจะเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย โดยหลักการแล้วกล่าวได้ว่า การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากสารใดสารหนึ่งได้รับความร้อนแล้ว ความหนาแน่นของอนุภาคน้อยลงขยายตัวลอยตัวสูงขึ้น พร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย ขณะเดียวกันส่วนอื่นที่ยังไม่ได้รับความร้อนยังมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่าจะเคลื่อนมาแทนที่เป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนทั่วถึงกัน เช่น การหายใจแลกเปลี่ยนความร้อนในอากาศ การระเหย (Evaporation) เช่น เหงื่อระเหยทางผิวหนัง และการนำความร้อน (Heat Conduction) เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ เช่น การถ่ายเทความร้อนกับพื้นดินหรือวัตถุต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทมายังมือ ทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้นโดยอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ต่อความรู้สึกร้อนหนาวของมนุษย์ประมาณ 1.4 เท่า เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 ^{O}C จะรู้สึกว่าอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น 0.4 ^{O}C (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) การถ่ายเทความร้อนนั้นมีความสำคัญในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ไม่ว่าจะเป็น การใช้ความร้อนในการหุงต้มอาหาร กระบวนการแปรรูปที่เกี่ยวข้องกับความร้อนและความเย็นในการแปรรูปอาหาร กระบวนการเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวกลางให้ความร้อน หรือความเย็น สำหรับการถ่ายเทความร้อนในร่างกายมนุษย์นั้น สามารถนำหลักการของการถ่ายเทความร้อนในระบบวิศวกรรมมาใช้เพื่อกำหนดวิธีการที่ร่างกายถ่ายโอนความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายโดยการเผาผลาญอย่างต่อเนื่องของสารอาหารที่ให้พลังงานสำหรับระบบของร่างกาย ร่างกายมนุษย์จะต้องรักษาอุณหภูมิภายในที่สอดคล้องกันในการที่จะรักษาการทำงานของร่างกายให้มีสุขภาพดี ดังนั้นความร้อนส่วนเกินจะต้องกระจายออกจากร่างกายเพื่อให้อุณหภูมิภายในร่างกายมีความสมดุล เมื่อมีการออกกำลังกายจะยิ่งทำให้อัตราการเผาผลาญและอัตราการผลิตความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้น ร่างกายก็จะมีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายเพื่อปรับสมดุล จึงทำให้ร่างกายมีสุขภาพดี

จากการพยายามกำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบายให้ง่ายขึ้นในแบบวิธีต่าง ๆ เพื่อบอกสภาพอากาศหรือทำให้สามารถปรับปรุงสภาพอากาศให้อยู่ในขอบเขตสภาวะสบายขึ้น โอลิเกีย (Olgyay, 1992) จึงได้สร้างแผนภาพ The Bioclimatic Chart ขึ้นเป็นมาตรฐาน เพื่อแสดงให้เห็นความต้องการตัวแปรเพิ่มเติม เมื่ออยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย โดยมีแนวความคิดว่า เนื่องจากตัวแปรของปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมแต่ละตัวนั้น ถูกควบคุมได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน อ้างอิงถึงแผนภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นสัญลักษณ์ รูปภาพคนนั่งในที่ร่มในขอบเขตสภาวะสบาย อยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 21-27

องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 18-77% ไม่มีลมพัดผ่านและไม่ได้รับรังสีความร้อนใดๆ ระดับกิจกรรม (เป็นระดับกิจกรรมของมนุษย์ที่ใช้พลังงานเมื่อเทียบกับขณะนั่งพัก มีหน่วยเป็น Metabolic Equivalent: METs) ที่ 1.2 met-value ซึ่งจัดเป็นกิจกรรมระดับเบา และค่าฉนวนของเสื้อผ้า 1.0 clo-value แผนภาพนี้ใช้อุณหภูมิ (Dry Bulb Temperature: DBT) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: Rh) เป็นหลัก ดังแสดงในภาพที่ 2.1

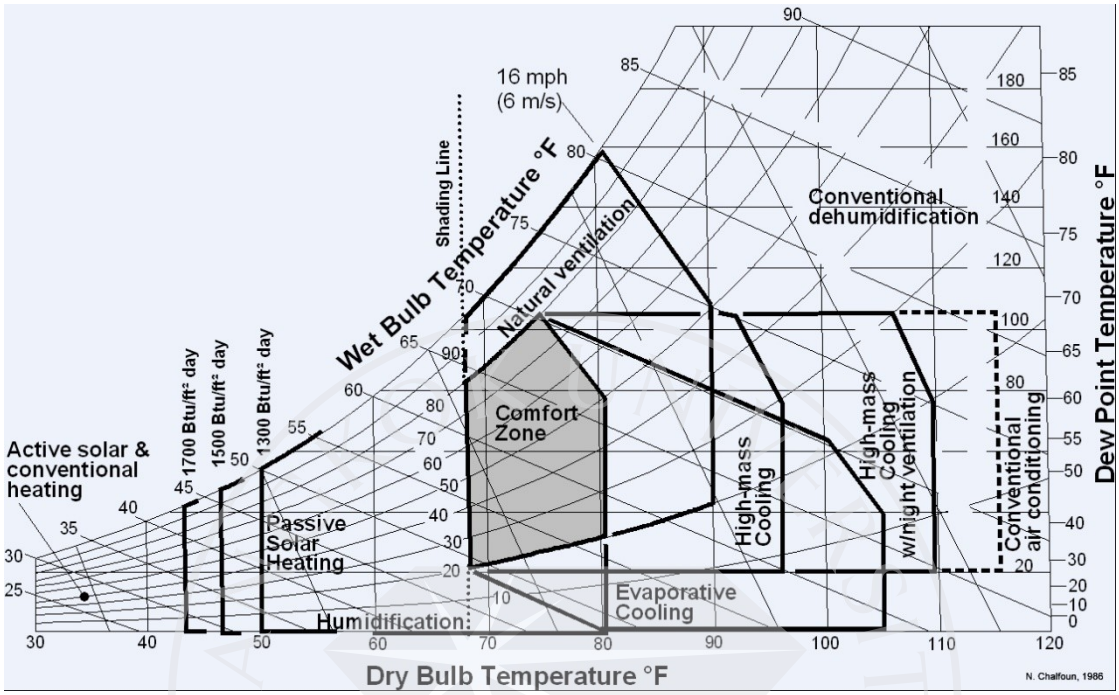
ภาพที่ 2.1: The Bioclimatic Chart



ที่มา: สุมาวลี จินดาพล. (2012). *เทคนิคการปรับอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ* [เอกสารประกอบการสอน]. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

รวมทั้งใช้แผนภาพไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) ซึ่งเป็นแผนภาพที่แสดงกลไกการออกแบบที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม ช่วยทำให้เราเข้าใจถึงธรรมชาติและกระบวนการการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอากาศ และสามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งแสดงในภาพที่ 2.2

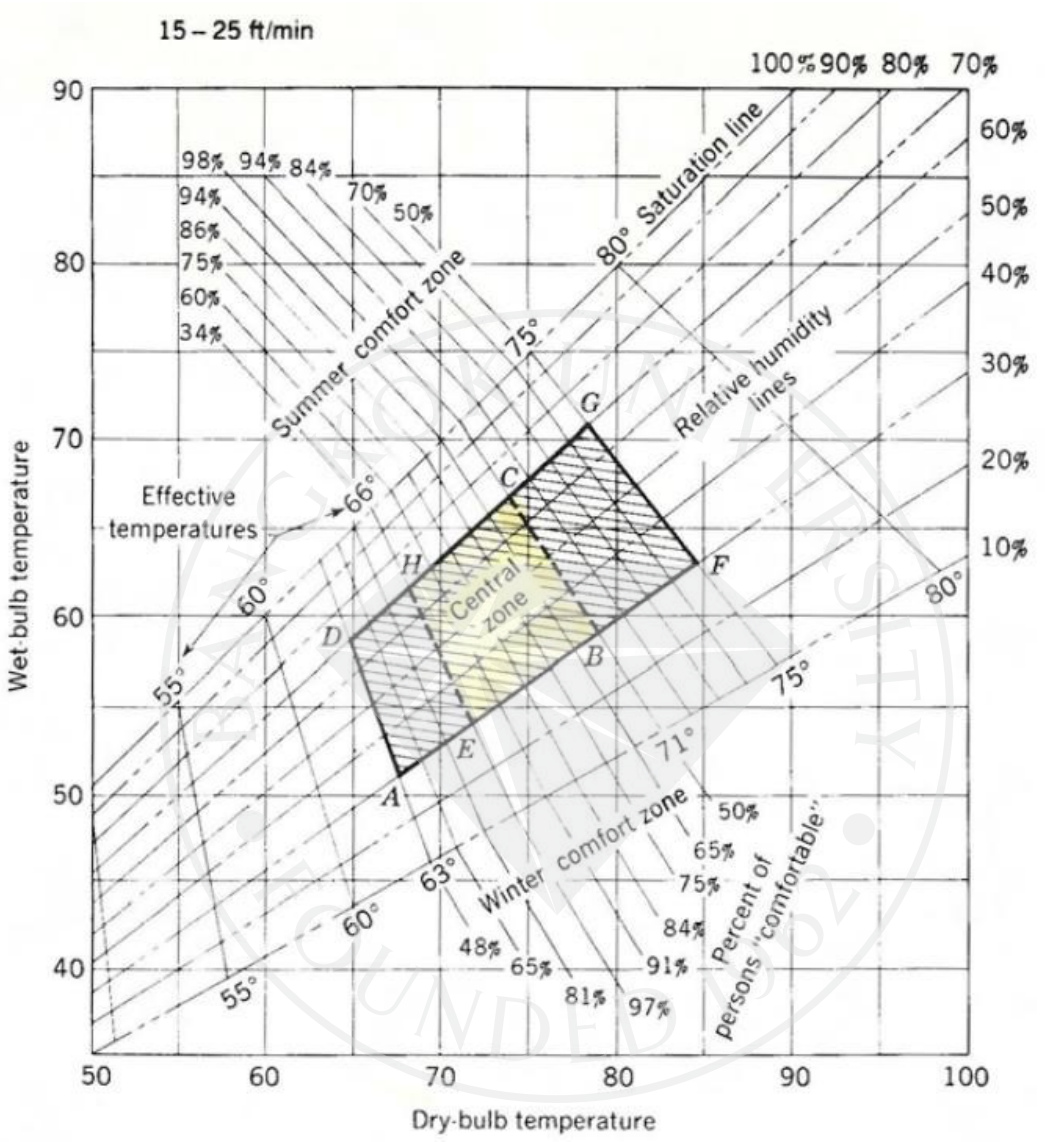
ภาพที่ 2.2: Psychometric Chart



ที่มา: Chalfoun, N. (1986). *Psychometric Chart*. Retrieved from https://arizona.openrepository.com.

ในปี ค.ศ. 1923 ยักหลู (Yaglou) และผู้ช่วยได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิและความชื้นต่อความรู้สึกสบาย โดยสร้างห้องที่สามารถควบคุมสภาวะอากาศได้ 2 ห้อง ในห้องแรกอากาศจะนิ่งและมีความชื้น 100% ยักหลู (Yaglou) ปรับหาค่าอุณหภูมิความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศในห้องที่สองตามที่คนเข้ามาจากห้องแรก พบว่าภาวะบรรยากาศทั้งสองห้องนั้นให้ความรู้สึกอบอุ่นเท่าเทียมกัน ค่านี้เรียกว่า อุณหภูมิประสงค์ (Effective Temperature: E.T.) ตามจริงแล้ว การเคลื่อนไหวของอากาศภายในห้องมีน้อยมาก จนกระทั่งสามารถกำหนดจุด E.T. โดยใช้เฉพาะค่าอุณหภูมิและความชื้น สามารถดูได้จากภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3: The Comfort Chart



ที่มา: *The concept of effective temperature*. (n.d.). Retrieved from http://www.hvacairconditioningdesign.com.

ต่อมาภายหลังจากการทดลองของยักหลู (Yaglou) ดังกล่าว ค๊อคช (Koch) และผู้ช่วยได้ทำการศึกษาถึงความรู้สึกของคนที่ทำงานในสำนักงานที่มีระบบปรับอากาศเป็นเวลานาน พบว่าความชื้นไม่มีผลต่อความรู้สึกด้านอุณหภูมิดังที่รายงานโดย ยักหลู (Yaglou) ในปัจจุบัน เส้นกลางในแผนภาพความสบายของยักหลู (Yaglou) นั้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่คนกำลังมีเหงื่อไหลแล้วเข้าไปใน

ห้องปรับอากาศรู้สึก แม้ว่าอุณหภูมิจะสูงแต่คนก็อาจรู้สึกว่าเย็นได้เช่นกัน เพราะการระเหยของเหงื่อจากผิวกายและเสื้อผ้าที่สวมใส่ในขณะนั้น ส่วนเส้นของค๊อคช (Koch) นั้นจะเป็นเส้นที่แสดงลักษณะของความรู้สึกต่ออุณหภูมิของคนที่มีในขณะอยู่ในห้องปรับอากาศเป็นเวลานาน ในกรณีนี้บุคคลจะไม่รู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น

สภาวะน่าสบายเป็นสิ่งที่เป็นความพึงพอใจส่วนบุคคลที่แตกต่างกันแล้วแต่ความชอบ ช่วงสภาวะน่าสบายของแต่ละบุคคลอาจไม่เท่ากันซึ่งอาจเป็นเพราะ เสื้อผ้า เชื้อชาติ วัฒนธรรม ลักษณะทางกายภาพและจิตใจ ลักษณะการกินอาหาร อายุ เพศ ลักษณะของกิจกรรมที่ทำอยู่ ความเคยชินต่อสภาพแวดล้อม สุขภาพ โดยขีดความสบายที่ขึ้นกับความเคยชินในแต่ละภูมิประเทศจะแตกต่างกัน เช่น อังกฤษ อุณหภูมิที่อยู่ในเกณฑ์สบายคือ 15-20 ^{O}C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70% เยอรมนี อุณหภูมิที่อยู่ในเกณฑ์สบายคือ 16-24 ^{O}C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70% ส่วนที่สหรัฐอเมริกา อุณหภูมิที่อยู่ในเกณฑ์สบายของเขตหนาวคือ 21-27 ^{O}C เขตร้อนคือ 23-29 ^{O}C ความชื้นสัมพัทธ์ 37-70% สำหรับประเทศไทยอากาศที่กำลังสบายในบางวันของเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 23-28^{O}C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 50-70%RH อาจกล่าวได้ว่าสภาวะสบายในร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ในการรักษาสภาวะร่างกายให้ปกติจะสอดคล้องตามสภาพอากาศและสภาพบุคคล ซึ่งจะสัมพันธ์กันในรูปแบบการเกิดสภาวะน่าสบายขึ้น โดยหากแบ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) ปัจจัยด้านบุคคล เช่น เชื้อชาติ ลักษณะอาหารที่กิน กิจกรรมที่เกิดขึ้นในเวลาต่าง ๆ อัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) เพื่อผลิตพลังงานในการดำรงชีวิต ซึ่งอาหารที่เรารับประทานเข้าไปจะใช้พลังงานในการเผาผลาญที่แตกต่างกัน การเผาผลาญของกล้ามเนื้อ จะเกิดขึ้นเมื่อเราทำกิจกรรมต่าง ๆ การเผาผลาญนี้ทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากร่างกายมนุษย์เหมือนเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในร่างกายตลอดเวลา โดยอัตราการเผาผลาญพลังงานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับกิจกรรม การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ดังนั้นกิจกรรมที่แตกต่างกันของมนุษย์ มีผลทำให้ค่าของสภาวะสบายที่ต้องการแตกต่างกันด้วย มีหน่วยเป็น Met เครื่องแต่งกาย หรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าที่สวมใส่ มีหน่วยเป็น (Clo-Value) เนื่องจากเสื้อผ้าที่สวมใส่เป็นส่วนกั้นระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม ทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อมต้องส่งความร้อนผ่านเสื้อผ้าด้วยการนำความร้อน กระบวนการนำความร้อนผ่านเสื้อผ้าประกอบด้วยสองส่วน คือ การส่งผ่านความร้อนผ่านอากาศเข้าไปตามรูพรุนของเนื้อผ้า แลการนำความร้อนผ่านเนื้อผ้า ความสามารถในการส่งผ่านความร้อนของทั้งสองส่วนขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่น ความเร็วลม ความเปียกของเสื้อผ้า อัตราส่วนของรูพรุนและความสามารถในการส่งผ่านอากาศของเนื้อผ้า สำหรับมนุษย์ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่มีความต้านทานความร้อน 0.6 clo และมีการทำงานแบบ

สำนักงาน (100-200 kcal/hr) จะรู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ $1^{\circ}F$ เมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย 0.1 clo (1 clo = 0.155 m^2 K/W) ดังรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

2) ปัจจัยด้านจิตวิทยา เช่น สี พื้นผิว แสง ความรู้สึกส่วนตัว ซึ่งยากแก่การตรวจสอบ

3) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น สภาพร่มเงา การไม่โดนแสงแดดโดยตรง ภูมิสถาปัตยกรรมและต้นไม้รอบอาคาร อุณหภูมิอากาศ (อุณหภูมิแห้ง) ความชื้นในอากาศ ความเร็วลม การแผ่รังสี รวมถึงวัสดุที่นำมาใช้ในสถาปัตยกรรม เป็นต้น

หากปัจจัยดังกล่าวมีความเหมาะสมจะทำให้เกิดภาวะสบาย (Thermal Comfort) ได้ โดยปกติจะมีลักษณะเป็นช่วง (ทั้งนี้เพราะกลไกที่ซับซ้อนของร่างกายมีการปรับตัวได้ในระดับหนึ่ง) ซึ่งเรียกว่า เขตความสบาย (Comfort Zone) การบ่งบอกเขตความสบายทางอุณหภูมินี้สามารถพิจารณาได้จาก “มาตรฐานวัดความสบายทางอุณหภูมิ” (Thermal Comfort Scales) หรือดัชนีวัดอุณหภูมิ (Thermal Indices) คือ ทฤษฎีหรือสมมติฐานทางด้านสภาวะความสบายทางอุณหภูมิที่นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามรวบรวมตัวแปรต่าง ๆ มาเขียนเป็นเส้นกราฟ หรือสมการ เพื่อให้ผู้นำไปใช้สามารถตรวจสอบได้ว่า สภาวะนั้น ๆ อยู่ในเกณฑ์น่าสบายหรือไม่ หากมนุษย์อยู่ภายในอาคาร ตัวอาคารจะทำหน้าที่คล้ายกับชั้นผิวหนังอีกชั้น ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิที่จะมากระทบผิวหนังเปลี่ยนไปจากอุณหภูมิภายนอก หากเข้าใจและออกแบบให้ถูกวิธีจะสามารถทำให้ผู้อยู่ภายในอาคารได้รับความสบายทางอุณหภูมิตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องปรับอากาศมาใช้เพื่อปรับสภาพอากาศ ก่อให้เกิดเขตความสบายยิ่งขึ้น

2.1.2 ระบบอาคาร HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) หรือการจัดการการหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร โดยสามารถเป็นได้ทั้งแบบธรรมชาติ และแบบใช้เครื่องกลเข้าช่วย หมายรวมตั้งแต่การใช้พัดลมธรรมดา ไปจนถึงระบบที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ การควบคุมคุณภาพอากาศที่อยู่ภายในอาคารมีหลายด้าน เช่น การปรับอุณหภูมิและความชื้น การทำให้อากาศสะอาด การควบคุมกลิ่น และทำให้ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เพื่อความสบายและเพื่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในอาคาร HVAC มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการรักษาสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ระบบเหล่านี้จะเป็นตัวควบคุมอัตราการถ่ายเทอากาศ และระดับความสบายภายใต้ความต้องการของมนุษย์ อย่างไรก็ตามหากการออกแบบและการจัดการกับระบบ HVAC ไม่ดีพอ จะเกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารและสุขภาพของผู้ใช้อาคารได้ โดยมีการวิจัยยืนยันว่ากว่า 60% ของปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารมักเกิดเนื่องจากระบบ HVAC และในขณะเดียวกัน ระบบ HVAC ก็สามารถแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ถึง 80%

เลยทีเดียว ดังนั้น การออกแบบการบำรุงรักษาและการใช้งานระบบ HVAC จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งและเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคาร ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น หากต้องการบรรลุผลในเรื่องของระดับคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคารแล้วนั้น จำเป็นต้องมีการให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการบำรุงรักษา สภาพแวดล้อมที่ดีภายในอาคารและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยกำหนดโครงร่างของระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารไว้ด้วย ถึงแม้ว่าระดับความต้องการที่จะได้รับอากาศบริสุทธิ์ในแต่ละอาคารนั้นจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานในอาคาร เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลย่อมมีความแตกต่างกันอย่างมากกับมาตรฐานคุณภาพอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม แต่หากมีการบริหารจัดการอาคารที่ดี และบำรุงรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารแล้วนั้นย่อมส่งผลต่อสภาพแวดล้อมภายในที่ดีต่อสุขภาพเช่นกัน ในเรื่องของกฎระเบียบที่แตกต่างกันระหว่างแต่ละองค์กร ย่อมบอกให้รู้ว่าบุคคลที่มาจากหลากหลายสาขา เมื่อมาทำงานร่วมกัน แนวทางการออกแบบ ก่อสร้างของอาคารใด ๆ ย่อมแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ดังนั้น การทำงานร่วมกันจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการบรรลุถึงคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร ทำให้เกิดความสมดุลกันระหว่างสุนทรียภาพในเชิงพื้นที่กับงานระบบ รวมไปถึงทำให้แน่ใจว่ามีอากาศหมุนเวียน และมีการระบายอากาศที่ดีพอภายในพื้นที่ ในเรื่องของการตกแต่งภายในไม่ว่าจะมากหรือน้อย ย่อมต้องให้แน่ใจว่ามีการวางผัง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ ตำแหน่งที่ตั้ง จะไม่กีดขวางระบบระบายอากาศหรือกีดขวางทางลมเข้าออกภายในพื้นที่นั้น ๆ เพื่อประสิทธิภาพที่ดีของระบบ HVAC ที่จะต้องขับเอาอากาศเสียออกและแทนที่ด้วยอากาศจากภายนอกที่บริสุทธิ์และสะอาด ระบบปรับอากาศ เป็นกระบวนการของการปรับสภาพอากาศในพื้นที่หนึ่ง ๆ เพื่อให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการ เป็นอุปกรณ์ช่วยปรับสภาพตัวแปรทั้งหมดของสภาวะอากาศ โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความสะอาด และการกระจายตัวของอากาศ เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ส่วนใหญ่เราจึงใช้ระบบปรับอากาศเพื่อให้เกิดความสบายต่อผู้ใช้อาคาร ปัจจุบันสามารถแบ่งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารสาธารณะ ตามรูปแบบการระบายความร้อนได้ดังนี้

2.1.2.1 ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็น และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) เป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 วงจร คือ วงจรน้ำเย็น และวงจรระบายความร้อน วงจรน้ำเย็น เริ่มจากสูบน้ำธรรมดาเข้าไปปรับความเย็นจากสารทำความเย็นที่ Evaporator ให้ได้น้ำที่มีความเย็นตามต้องการ แล้วจึงถูกส่งไปยังอุปกรณ์จ่ายลมเย็น (AHU, FCU) โดยอุปกรณ์จ่ายลมเย็นแต่ละชุดจะสามารถควบคุมปริมาณน้ำเย็นในขดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้อิสระ ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ หลังจากน้ำได้รับความร้อนจากอากาศแล้วจะกลับไปถ่ายเทความร้อนให้แก่สารทำความเย็นที่

Evaporator อีกครั้ง โดยการดูดและส่งของเครื่องสูบน้ำเย็น วงจรระบายความร้อนด้วยน้ำ จะเริ่มที่เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งน้ำเข้าไปรับความร้อนจากสารทำความเย็น และส่งต่อน้ำร้อนที่ได้ไประบายความร้อนที่หอระบายความร้อน ซึ่งน้ำจะถูกระบายความร้อนด้วยสภาพอากาศแวดล้อมภายนอก หลังจากอุณหภูมิของน้ำได้ลดลงตามต้องการจะถูกเครื่องสูบน้ำ สูบกลับมาหล่อเย็นให้กับสารทำความเย็นอีกครั้ง ด้วยระบบที่มีขนาดใหญ่เช่นนี้ เมื่อมีการออกแบบอาคารจึงต้องคำนึงถึงพื้นที่สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในสถานที่ที่เหมาะสม และเพียงพอ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ทำลายทัศนียภาพของตัวอาคารด้วยเช่นกัน

2.1.2.2 ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็น และระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) เป็นระบบปรับอากาศที่มีขนาดเล็กรองลงมาจากระบบแรก และมีความแตกต่างกันในเรื่องการระบายความร้อน ซึ่งระบบนี้จะไม่มีวงจรของน้ำในการระบายความร้อน แต่ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นในเครื่องทำน้ำเย็น โดยใช้พัดลมจำนวนหลายชุดต่อเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด เพราะฉะนั้นเครื่องทำน้ำเย็นนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ และอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วยเช่นการที่เครื่องทำน้ำเย็นจะต้องตั้งอยู่ภายนอกอาคารตลอดเวลา ถูกแดด ถูกฝน หรือพัดลมมีปัญหา ก็จะเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพลดลงได้อีกด้วย

2.1.2.3 ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) ระบบปรับอากาศนี้จะมีขนาดเล็ก เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก อาจมีจำนวนห้องที่มีการปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนภายในอาคารในแต่ละส่วนพื้นที่ ลักษณะเป็นเครื่องปรับอากาศประกอบด้วย แผงคอยล์เย็น คอยล์ร้อน เครื่องอัดสารทำความเย็น รวมอยู่ในชุดแพ็กเกจเดียวกัน โดยมีท่อส่งน้ำเย็นและท่อส่งน้ำกลับต่อผ่านทะลุออกมาตามผนัง ด้านนอกอาคาร แล้วต่อเชื่อมเข้ากับหอระบายความร้อน ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นท่อส่งลมเย็นและท่อส่งลมร้อนได้กรณีมีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง แต่ประสิทธิภาพของระบบจะด้อยกว่าระบบน้ำ

2.1.2.4 ระบบเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน (Split Type Air Conditioner) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่สุด สะดวกในการใช้งานและการดูแลรักษา แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบใหญ่โดยทั้งระบบจะเป็นลักษณะการระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled) ส่วนประกอบของระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องเป่าลมเย็น (Fan-Coil Unit) ติดตั้งภายในอาคาร ประกอบด้วยท่อลมเย็นและพัดลม ส่วนเครื่องระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Condensing Unit) ประกอบด้วยขดท่อความร้อน พัดลม และคอมเพรสเซอร์ จะวางด้านนอก เพื่อให้มีการพ่นลมร้อนทิ้งสู่อากาศได้สะดวก อีกทั้งเครื่องระบายความร้อนนั้นมีเสียงดัง จึงนิยมติดตั้งห่างออกไปเพื่อป้องกัน

เสียงเล็ดลอดเข้ามา เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้มีหลายขนาด สำหรับขนาด 1-3 ตัน มักจะใช้กับเครื่องเป่าลมเย็นขนาดเล็กติดตั้งภายในห้อง ส่วนเครื่องขนาด 3-50 ตันจะใช้การเดินท่อลมในการช่วยส่งจ่ายลมเย็น โดยเครื่องปรับอากาศชนิดนี้มีรูปแบบของ FCU ที่หลากลาย สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น แบบฝังฝ้าเพดาน (Ceiling Mounted Cassette) แบบซ่อนในฝ้าเพดาน (Ceiling Mounted Duct Type และ Ceiling Mounted Built-in Type) แบบแขวนใต้ฝ้า (Ceiling Suspended Type) แบบติดผนัง (Wall Mounted Type) แบบตั้งพื้นภายนอก (Floor Stand Type) แบบตั้งพื้นชนิดซ่อน (Concealed Floor Stand Type)

ระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้ ได้เริ่มมีการนำเข้ามาในเมืองไทยคือระบบ VRV (Variable Refrigerant Volume) คือระบบปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นเป็นสื่อความเย็น โดยสามารถปรับปริมาณสารทำความเย็นที่ส่งออกจากคอมเพรสเซอร์เข้าสู่ FCU ได้ตามความต้องการ โดยระบบนี้จะใช้พลังงานน้อยกว่าแบบแยกส่วนทั่วไปที่จะมีปริมาณสารทำความเย็นคงที่ตลอดเวลา ซึ่งจะส่งผลให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศได้ดี และสามารถติดตั้ง FCU หลายชุดกับ CDU เพียงชุดเดียวได้ จึงช่วยลดการใช้ท่อน้ำยาลงไปได้มาก เพิ่มระยะห่างระหว่าง CDU กับ FCU ได้สูงสุด 100 เมตร และระบบที่มีความคล้ายคลึงกันคือระบบ VAV (Variable Air Volume) คือสามารถปรับอุณหภูมิตามระดับความต้องการแต่ละพื้นที่ได้อย่างอิสระเช่นกัน แต่แตกต่างที่เป็นการปรับปริมาณอากาศที่จะส่งเข้ามาในพื้นที่ ซึ่งจะเห็นว่าระบบ VRV และ VAV มีข้อดีหลายประการ แต่ระบบนี้ก็มีข้อจำกัดและข้อระวังในการนำระบบเหล่านี้มาใช้งานเช่นกัน กรณีเมื่ออากาศภายในพื้นที่มีความเย็นอยู่แล้ว ปริมาณลมเย็นที่จ่ายออกจากหัวจ่ายอาจมีน้อยเกินไป ทำให้การหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่เพียงพอ จนกระทั่งทำให้รู้สึกอึดอัดได้ และอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาอาจไม่เพียงพอแก่ความต้องการและเป็นสาเหตุหนึ่งของการเจ็บป่วยของคนในอาคาร (Sick Building Syndrome) (กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์, 2548)

การวางตำแหน่งหัวจ่ายอากาศและหัวอากาศกลับให้เหมาะสม นอกจากเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของการปรับอากาศแล้ว หากยังช่วยเรื่องการอนุรักษ์พลังงานได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่นระบบ Radiant Floor Cooling ที่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีลักษณะงานระบบแผ่ความเย็นจากพื้น โดยการเดินท่อน้ำเย็นพร้อมระบบควบคุมการจ่ายน้ำเย็น และหัวจ่ายลมแบบตั้งพื้นเพื่อควบคุมการจ่ายลมเย็นอย่างสม่ำเสมอ ในระดับอุณหภูมิที่ 24 องศา และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60% หากเป็นระบบปรับอากาศทั่วไปจะเป่าลมเย็นที่อุณหภูมิ 12-15 องศาเซลเซียส ออกมาในอากาศจนกว่าจะได้ความเย็นตามอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้งานในห้องที่มีระดับเพดานต่ำ แต่เมื่อนำมาใช้กับอาคารที่มีความสูงและพื้นที่กว้างมาก จะสิ้นเปลืองพลังงานมาก ระบบ Radiant Floor Cooling การปรับอากาศจะอยู่ที่ความสูง 2-3 เมตร จากพื้น ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องปรับ

อากาศในส่วนที่อยู่สูงจากพื้นเกินระดับ 2.5 เมตร เพราะเป็นการคิดจากเรื่องของระดับอุณหภูมิจากจำนวนคนที่อยู่ในบริเวณการใช้งานเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบปรับอากาศเต็มพื้นที่ของตัวอาคารทั้งหมดเพราะจะสิ้นเปลืองพลังงาน(“งานระบบ Radiant Floor Cooling”, 2549) และจากการวางตำแหน่งหัวจ่ายอากาศและหัวอากาศกลับให้เหมาะสมแล้วยังควรมีการรักษาความสะอาดภายในระบบท่อด้วยเช่นกัน เพราะอนุภาคสารปนเปื้อนในอากาศหลายชนิดมักจะสะสมอยู่ภายในท่อ รวมไปถึงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพต่าง ๆ การทำความสะอาดท่อเป็นประจำจะสามารถช่วยลดการสะสมและการจ่ายอากาศเสียเข้าสู่พื้นที่ได้

2.2 แนวความคิดที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

2.2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

ปัจจัยเรื่อง คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม เนื่องจากสภาพอากาศภายในอาคารอาจมีการสะสมของสารที่ก่อให้เกิดมลภาวะมากกว่าภายนอกอาคารถึง 10 เท่า และผู้ใช้อาคารจะใช้เวลาส่วนใหญ่อาศัยอยู่ภายในอาคารถึงร้อยละ 90 (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2547) ไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัยในรูปแบบต่าง ๆ สำนักงาน โรงเรียน ศูนย์การค้า ฯลฯ แต่สถาปนิกส่วนใหญ่กลับไม่ได้ให้ความสนใจนำปัจจัยดังกล่าวมาใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมทั้ง ๆ ที่ไม่ใช่เรื่องใหม่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด การควบคุมต้นทุนค่าก่อสร้าง สถาปนิกไม่มีความรู้ในเรื่องนี้อย่างถ่องแท้ ไม่มีการเรียนการสอนอย่างจริงจัง การไม่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือแม้แต่ค่าตอบแทนในวิชาชีพที่ต่ำจึงอาจเกิดการละเลย ดังนั้นหากมีการศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารและกระตุ้นการตระหนักรู้ จะสามารถช่วยยกระดับมาตรฐานคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร พร้อมทั้งการสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมที่เหมาะสมได้ในอดีตตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1960 ได้เกิดวิกฤตการณ์ด้านพลังงานทำให้การออกแบบอาคารในช่วงยุคนั้นมุ่งเน้นไปที่การออกแบบเปลือกอาคารให้มีความหนาแน่นมากขึ้น เพื่อลดการรั่วซึมของอากาศสู่ภายในอาคาร และช่วยในเรื่องการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศเป็นสำคัญ การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยลง โดยไม่สัมพันธ์กับการใช้งาน กิจกรรมและปริมาณผู้ใช้อาคาร ทำให้การระบายอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดการสะสมของก๊าซพิษ สารพิษที่เกิดจากคน กิจกรรม อุปกรณ์ในอาคาร เชื้อโรคและมลภาวะต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคารต่อมา อีกทั้งมีการเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้นจากการเข้าใช้งานในอาคารนับตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 ทำให้มีผู้สนใจศึกษาค้นคว้าในประเด็นเรื่องเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นจำนวนมาก โดยได้มีการให้นิยามของคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีไว้หลายประเด็น หากพิจารณาตาม U.S. Environmental

Protection Agency และ National Institute of Occupational Safety and Health นั้นได้กำหนดนิยามของคุณภาพอากาศที่ดีไว้ดังนี้ คือ การนำอากาศเข้าและการกระจายอากาศที่เพียงพอ ไม่มีการสะสมของสารที่ไม่ทราบชนิด ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ หรืออากาศที่ความเข้มข้นของสารมลพิษนั้นไม่ถึงระดับที่เป็นอันตรายตามมาตรฐานและผู้ใช้พื้นที่จำนวนร้อยละ 80 ขึ้นไปไม่รู้สึกถึงความไม่สบายต่าง ๆ หรือไม่เกิดความรู้สึกไม่พึงพอใจ รวมถึงการบำรุงรักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยในบริเวณหายใจของผู้ใช้พื้นที่ (Breathing Zone) ซึ่งเป็นพื้นที่สูดอากาศหรือหายใจเข้าไป มีความสูงในช่วง 0.90-1.80 เมตรจากระดับพื้น และระยะ 0.60 เมตรจากผนังหรือเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่กับที่ (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2556) มีลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางเคมีของอากาศภายในอาคารก่อให้เกิดความสมบูรณ์ทางจิตใจ กายภาพ ความเป็นอยู่ทางสังคมที่ดีและไม่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ (World Health Organization: WHO) และหากพิจารณาถึงมาตรฐานของ ASHRAE ที่ใช้ในการออกแบบเพื่อให้เกิดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีแล้วนั้นจะต้องคำนึงถึงปริมาณการระบายอากาศอย่างต่ำ 15 cfm/ Person (ประมาณ 3 Air Changes per Hour) ในพื้นที่ทั่วไป เช่น สำนักงาน โรงเรียนและห้องโถง สำหรับพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ปิด เช่น สำนักงานที่มีพื้นที่ปิด ห้องทดลอง ร้านอาหาร นั้นจะต้องมีปริมาณการระบายอากาศอย่างต่ำ 20 cfm/ Person โดย ทวี เวชพฤติ (2542) ได้จัดทำตารางเพื่อแสดงความกว้างขวางของอากาศภายนอกที่นำเข้ามาภายในอาคารจำแนกตามสถานที่ใช้งานต่าง ๆ และวันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ (2543) ได้จัดทำตารางแสดงการระบายอากาศเพื่อควบคุมปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร – เจือจางสารปนเปื้อนด้วยอากาศจากภายนอก ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2: ความกว้างขวางของอากาศภายนอกที่นำเข้ามา (OUTDOOR AIR REQUIREMENTS)

สถานที่ใช้งาน (Functional area)	การสูบบุหรี่ (Smoking)	CFM per Person (Note B)		Air Changes per hour	CFM per SQ.ft. of floor Minimum (Note C)	Remarks
		Recommended	Minimum (Note C)			
Auditoriums		10		10-20		
Classrooms	None	40		10-30		Note D
Department	None	7.50	5		0.05	
Stores	None	10	7.50		0.10	Notes
Factories						D&F
Hospitals	None	-		10-15	2.00	Notes
Operating	None	30	25		0.33	D&F
Rooms	Heavy	30	25		0.33	Notes
Privates		-	-	10-30	4.00	F&G
Rooms	Very	50	30		1.25	
Hotel Rooms	heavy	15	10	6-20	0.25	
Restaurant	Some	25	15		0.25	
Kitchens	None	30	25		0.25	
Meeting Rooms	Considera	10	12	6-20		
Offices General	ble	10	7.50	18-22		
Private	Considera	7.50	5			
Private	ble					Note E
Restaurant	None					Note D
Dining Rooms	None					
Retail Stores						
Theaters						

ที่มา: ทวี เวชพฤติ. (2542). การออกแบบระบบปรับอากาศ และระบายอากาศกับคุณภาพของอากาศในอาคาร. *สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ, 2*(2).

ตารางที่ 2.3: ตารางแสดงการระบายอากาศเพื่อควบคุมปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร – เจือจางสารปนเปื้อนด้วยอากาศจากภายนอก

ลักษณะพื้นที่		จำนวนคนต่อ 1000 ตารางฟุต	Cfm / คน	Cfm / ft^2
สำนักงาน	ห้องสำนักงาน	7	20	
	แผนกต้อนรับ	60	15	
พื้นที่สาธารณะ	พื้นที่สูบบุหรี่	70	60	
	บันไดเลื่อน			1
ร้านขายของชำ	ชั้นใต้ดินและบนถนน	30		0.3
บริเวณขายของ	ชั้นบน	20		0.2
บริเวณ	สรรพสินค้า	20	60	0.2
ห้างสรรพสินค้า	พื้นที่สูบบุหรี่	70		
ขายอาหาร	Dining Room	70	20	
	โรงอาหาร อาหารจานด่วน	100	20	
	บาร์ เลาจน์	100	30	

ที่มา: วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2543). *คู่มือปฏิบัติการมลพิษอากาศภายในอาคาร.* กรุงเทพฯ: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย: การศาสนา.

โดยคุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือไม่อาจเป็นทั้งในระยะเวลาสั้นและยาว ขึ้นกับองค์ประกอบดังนี้

2.2.1.1. องค์ประกอบภายนอกอาคาร เป็นองค์ประกอบที่ทำการควบคุมได้ยาก สามารถเข้ามาภายในอาคารได้โดยการพัดพาของลมประจำฤดูกาล การระบายอากาศหรือจากการรั่วซึมของอากาศผ่านช่องประตู หน้าต่าง รอยต่อหรือรอยรั่วของผนังอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนต์ (Hydrogen Cyanide) ฝุ่นละอองที่ลอยปะปนอยู่ในอากาศ สารชีวภาพ เช่น ไวรัส ไรฝุ่น เชื้อรา แบคทีเรีย ละอองเกสรต่าง ๆ เป็นต้น และองค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์หรือจากกระบวนการทำงาน เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfine) ก๊าซแอมโมเนียจากโรงงานอุตสาหกรรม สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์(Carbonmonoxide: CO) เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและกลิ่น เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลงเครื่องยนต์ แก๊สนี้ทำให้เม็ด

โลหิตแดงไม่สามารถรับออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายได้ ทำให้เกิดอาการปวดหัว วิงเวียน อาเจียน อ่อนเพลีย หมดแรง ความรู้สึกสับสน ถ้าได้รับในปริมาณมากจะทำให้หมดสติและเสียชีวิตได้ ก๊าซคลอรีนจากกระบวนการผลิตน้ำประปา ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogendioxide: NO_2) ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เยื่อบุนัยน์ตา จมูกและคอ เกิดอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจขัด ทำให้ภูมิต้านทานโรคทางเดินหายใจลดลง เกิดการเจ็บป่วยได้ง่าย เช่น โรคหลอดลมอักเสบ หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง เป็นต้น สารตะกั่วจากแบตเตอรี่ที่ทิ้งอยู่ในกองขยะ กลิ่นจากระบบสุขาภิบาลที่ไหลย้อนเข้าสู่อาคาร มักเกิดจากการที่รูระบายอากาศ (Vent) หรือ Exhaust Outlet ของระบบสุขาภิบาลอยู่ใกล้กับช่องระบายอากาศบริสุทธิ์มากเกินไปหรือเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางลมภายนอกอาคารในบางฤดูกาล เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคอยล์ทำความเย็น และ/ หรือ ในหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) บริเวณที่ชื้นแฉะและสกปรกในระบบปรับอากาศ เช่น ที่แผงกรองอากาศ (Air Filter) คอยล์ทำความเย็น ท่อส่งลมเย็น น้ำที่ขังนิ่ง ๆ ในถาดน้ำทิ้ง (Humidifier) น้ำที่รั่วซึมเข้ามาตามรอยร้าวของอาคาร น้ำที่รั่วจากหลังคาและหยดลงบนแผ่นฝ้า พรมปูพื้น หรือไอน้ำที่กลั่นตัวภายในอาคาร เช่น บนเพดานห้องส่วนที่เย็นจัด บริเวณใต้ห้องคอมพิวเตอร์ ทำให้ฝ้าเพดานตลอดจนวัสดุที่ใช้ตกแต่งอาคารชื้นแฉะตลอดเวลา มักเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ รา โดยเฉพาะเชื้อ Legionnaires'Disease และ Pontiac Fever เชื้อเหล่านี้จะถูกระบบปรับอากาศแพร่กระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของอาคาร จำทำให้เกิดการเจ็บป่วยแก่คนเป็นจำนวนมากได้ง่าย ซึ่งความรุนแรงของมลภาวะอาจขึ้นกับระยะทางระหว่างพื้นที่ที่ใช้งานกับแหล่งของมลภาวะนั้น ๆ

2.2.1.2 องค์ประกอบภายในอาคาร เนื่องจากมลภาวะภายในอาคารที่เกิดขึ้นนั้นบางแหล่ง ผู้ใช้อาคารอาจไม่คาดคิดว่าเป็นแหล่งมลภาวะได้ ซึ่งการที่จะทำให้สารเคมีเหล่านี้นั้นสลายตัวได้ต้องใช้ระยะเวลาและการระบายอากาศอย่างเพียงพอ แหล่งกำเนิดมลภาวะดังกล่าว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) องค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากสารเคมีจากวัสดุที่ใช้ก่อสร้างหรือตกแต่งอาคาร อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น

ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ซึ่งมีกลิ่นฉุน มักพบจากไม้อัดและผลิตภัณฑ์ไม้อัด สารที่ใช้ทำกาวยึดสิ่งต่างๆ เช่น กาวยึดเศษไม้ของแผ่นไม้อัด กาวที่ใช้ติดกระดาษอ่อน กระดาษแข็ง กาวยึดพรมหรือวัสดุปูพื้นต่าง ๆ โฟม ฉนวนกันความร้อน ผลิตภัณฑ์กระดาษ แผ่นไวนิลปิดผนัง ไฟเบอร์กลาส ผ้าม่าน เฟอร์นิเจอร์ในสำนักงาน น้ำยากันซึม สารกันไฟลาม เสื่อ ดังนั้น อาคารที่เพิ่งสร้างเสร็จหรือตกแต่งภายในใหม่ จึงมีไอของสารชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ในอากาศในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งหากมีความเข้มข้นที่สูงกว่า 15 ppm (Part per Million) จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อด้วงตาและเนื้อเยื่อทางเดินหายใจส่วนบน ภูมิแพ้ หอบหืด มะเร็งในลำคอ แต่ถ้าเข้าสู่ร่างกายในปริมาณเล็กน้อย

จะไม่เป็นอันตรายต่อคน เนื่องจากร่างกายสามารถขจัดออกจากโลหิตได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีช่วง Half Life 1-2 นาทีเท่านั้น

ก๊าซโอโซน (Ozone และสารระเหยอินทรีย์สาร (Volatile Organic Compounds: VOCs)) เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด High Voltage เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องฟอกอากาศ ซึ่งในการทำงานจะเกิด Corona Effect ทำให้ได้ยินเสียงการอาร์คเป็นครั้งคราว ก่อให้เกิดความรำคาญ และอาจได้กลิ่นคาวของแก๊สชนิดนี้ด้วย เครื่องทำความสะอาดที่ใช้หลักการไฟฟ้าสถิต โอโซน ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุจมูก ตา คอ และปอด รวมถึงระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้

ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เกิดจากเครื่องถ่ายเอกสาร กระดาษอัดสำเนา เป็นต้น

น้ำมันก๊าด แก๊สและสารเคมีอื่น ๆ อีกหลายชนิด จากผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทั้งชนิดฉีดพ่นและชนิดเหลว

สารเคมีประเภทไพรีทรอยด์จากยาจุดกันยุงเป็นเหตุให้เกิดอาการแพ้ผิวหนังอักเสบ เยื่อจมูกอักเสบ จาม น้ำมูกไหล หายใจติดขัด เป็นต้น

โลหะหนักประเภทตะกั่ว ปรอท โครเมียม แคดเมียม สารหนูและตัวทำละลายที่เป็นสารระเหยจากสีทาอาคาร อาจส่งผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา หากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

ก๊าซเรดอน (Radon) เข้าสู่อาคารผ่านทางพื้นชั้นล่าง หรือฐานราก เกิดจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในดิน หิน แกรนิต อิฐ คอนกรีต ยิปซั่มบอร์ด เช่น Uranium และ Thorium มีลักษณะเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับวัตถุอื่น แต่จะลอยขึ้นมาจากดินหรือปนกับน้ำที่ซึมเข้าสู่ตัวอาคารแล้วฟุ้งกระจายไปในอากาศในระดับต่ำ ไม่เกิด 2 ชั้นจากฐานรากของตัวอาคาร

Trichloroethylene (TCE) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยสารชนิดนี้เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หมึกสำหรับเครื่องพิมพ์เลเซอร์ สี แลคเกอร์ วัสดุเคลือบเงาและสารเกาะยึดต่าง ๆ การได้รับสารประเภทนี้ในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

เบนซิน (Benzene) เป็นสารทำละลายที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหมึก น้ำมัน สี พลาสติก ยาง ผงซักฟอก สารย้อมสี เป็นต้น

สารกัมมันตภาพรังสีจากเครื่องตรวจสอบควันไฟ และหลอดฟลูออเรสเซนต์

แร่ไยหิน (Fiber) หรือใยแก้ว (Asbestos) จากผลิตภัณฑ์ประเภทฉนวนป้องกันความร้อนและกันไฟ วัสดุบางอย่าง เช่น กระเบื้องยาง เนื่องจากพวกใยหิน ใยแก้วนั้นเมื่อยังอยู่ในสภาพใหม่และดี มักไม่เป็นอันตรายต่อคน แต่หากผิวหน้าที่มีวัสดุอื่นปกคลุม เช่น แผ่น Aluminum Foil ฉีกขาดจนเส้นใยภายในหลุดลุ่ยออกมาแล้ว จะทำให้เกิดความระคายเคืองแก่ตา จมูก คอ และผิวหนังได้

ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องสุขภัณฑ์ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสารซักฟอกและกรดเข้มข้น หากสูดดมควันสีขาวที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการสำลัก ไอ เคืองตา และอาจทำให้เกิดเป็นแผลเปื่อยในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น อาคารที่มีการทำความสะอาดในเวลาเย็น หรือวันหยุด ขณะที่ปิดระบบระบายอากาศ หรือไม่มีหน้าต่างที่สามารถเปิดออกสู่ภายนอกได้ จะมีสารเหล่านี้หลงเหลือปะปนอยู่ภายในอาคารในปริมาณสูง และทำความระคายเคืองแก่ผู้ใช้งานเมื่อเข้ามาใช้งานในวันถัดไป

สารเคมีชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในระหว่างการก่อสร้าง เช่น น้ำยากันซึม น้ำยากันปลวก เป็นต้น

2) องค์ประกอบที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร

การออกกำลังกาย จะมีการปล่อยสารเคมีบางชนิดออกมาโดยผ่านกระบวนการเผาผลาญของร่างกาย การหายใจของคนก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide: CO_2) ก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส น้ำหนักเบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เป็นดัชนีวัดบ่งบอกถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารว่า อาคารนั้นมีการระบายอากาศที่เพียงพอหรือไม่ ถ้าความเข้มข้นของก๊าซเพิ่มสูงกว่าปกติ แสดงว่าการระบายอากาศออกสู่ภายนอกและการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารไม่เพียงพอ ซึ่งเหตุนี้จะทำให้ความเข้มข้นของสารอื่น ๆ ในอากาศเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 1000 ppm (Parts per Million) ผู้ที่อยู่ในอาคารมักมีอาการที่เกี่ยวเนื่องกับสารปนเปื้อนในอากาศ (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2543) ก๊าซ CO_2 ถูกจัดเป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อมนุษย์ สามารถทำให้มนุษย์หมดสติได้ หากผู้ใช้อาคารหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปมากกว่า 1,500 ppm จะเกิดอาการปวดหัวรุนแรง อ่อนเพลีย และไม่มีสมาธิ เป็นต้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้อาคาร โดยเมื่อหายใจเข้าไป CO_2 จะสามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบิล (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิล (COHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ สำหรับอาการตอบสนองของมนุษย์ขึ้นอยู่กับปริมาณเปอร์เซนต์ของคาร์บอกซีฮีโมโกลบิลและความไวในการรับของแต่ละบุคคล (Individual Susceptibility) เป็นสำคัญ ทั้งนี้ความต้องการอากาศสำหรับการหายใจของมนุษย์ในด้านปริมาณในแต่ละบุคคลนั้นมีความต้องการไม่เท่ากัน เนื่องจากองค์ประกอบ

ต่าง ๆ เช่น อายุ เพศ น้ำหนักตัว หรือ ชนิดของกิจกรรมที่มนุษย์กำลังกระทำอยู่ โดยปกติในบรรยากาศจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 0.03% ของบรรยากาศ คอยทำหน้าที่ดูดซับพลังงานจากดวงอาทิตย์และทำให้เกิดความรู้สึกอบอุ่น

ผลผลิตจากการเผาไหม้ (Combustion Products) เช่น กระบวนการปรุงอาหาร การจุดธูปเทียน การสูบบุหรี่ เนื่องจากควันบุหรี่จะให้ทั้งกลิ่น ไอระเหยและอนุภาคเล็ก ๆ ที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูกเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมี CO และ NO_2 ปนออกมาด้วย อนุภาคเล็ก ๆ สามารถขจัดออกได้โดยใช้แผ่นกรองเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนกลิ่นนั้นค่อยข้างอยู่ถาวร แต่ทำให้เจือจางได้ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาณ 15-30 cfm/ Person หรือ โดยการใช้ Activated Charcoal Filter ประสาทขั้นรู้กลิ่นของมนุษย์สามารถปรับตัวได้ค่อยข้างเร็วมาก เช่น เมื่อเข้าไปในห้องที่มีการสูบบุหรี่ เราจะได้กลิ่นทันที แต่หลังจากนั้นอีกประมาณ 6 นาที เราจะเริ่มชินกับกลิ่นนั้น และรู้สึกว่าระดับความแรงของกลิ่นลดลง 2-3 เท่า นอกจากอาการระคายเคืองดังกล่าวแล้วยังสามารถก่อให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเป็นโรคหัวใจ โรคมะเร็งปอด ได้อีกด้วย

การที่ผู้ใช้อาคารเลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ เช่น สุนัข แมว หนู แล้วไม่เก็บกวาดสิ่งสกปรก หรือทำความสะอาดพื้นที่นั้นๆอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อรา แบคทีเรีย แมลงสาบ ก่อให้เกิดชีวสาร (Biological Agents) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคภูมิแพ้และโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

กลิ่นอันเนื่องมาจากตัวคน จากเครื่องสำอาง โดยการลดความเข้มข้นของกลิ่น อาจใช้วิธีการนำอากาศภายนอกที่บริสุทธิ์เข้ามาระบาย โดยที่ความรุนแรงของกลิ่นมักขึ้นอยู่กับจำนวนคน อัตราการระบายอากาศ จึงมักกำหนดเป็น cfm/ Person ซึ่งหากเราต้องการควบคุมกลิ่นจากตัวคนเพียงคนเดียว จะต้องใช้อากาศบริสุทธิ์ประมาณ 6-9 cfm/ Person

2.2.1.3 องค์ประกอบที่มาจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น อาคารตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดในด้านสาเหตุที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของมลพิษอากาศภายในอาคารและชนิดของสารปนเปื้อนนั้น สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4: แสดงชนิดและแหล่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของอากาศภายในอาคาร

Indoor Air		Typical Substances		Cure
Contamination Source	Emission Source	VOCs	Others	
Human Being	Breath	Acetone, Ethanol Isoprene		Demand controlled ventilation
		CO_2		
		Humidity		
	Skin Respiration & Transpiration	Nonanal, Decanal, α-Pinene		
		Humidity		
	Flatus	Methane, Hydrogen		
	Cosmetics	Limonene, Eucalyptol		
	Household Supplies	Alcohols, Esters, Limonene		
	Combustion (Engines, Appliances, Tobacco Smoke)	Unburnt Hydrocarbons		
		CO		
		CO_2		
		Humidity		
Building Material Furniture Office Equipment Consumer Products	Paints, Adhesives, Solvents, Carpets	Formaldehyde, Alkanes, Alcohols, Aldehydes, Ketones, Siloxanes		Permanent 5 - 10% ventilation
	PVC	Toluene, Xylene, Decane		
	Printers, Copiers, Computers	Benzene, Styrene, Phenole		

ที่มา: *Intelligent air quality.* (2015). Retrieved from http://www.vcp.se.

คุณภาพอากาศภายในอาคารนั้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ หลายตัว รวมทั้ง คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร การออกแบบห้อง การออกแบบระบบระบายอากาศ การใช้งาน กิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้ การบำรุงรักษา ลักษณะการควบคุมสภาพแวดล้อมในอาคาร แหล่งกำเนิดของมลพิษและความเข้มข้นโดยการเกิดภาวะปัญหามลภาวะทางอากาศขึ้นกับปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ ชนิดหรือลักษณะของสสาร ปริมาณสารชนิดนั้น ๆ และระยะเวลาที่สารชนิดนั้น ๆ อยู่ในอากาศ หรือระยะเวลาที่หายใจเอาอากาศเข้าไปในร่างกาย หากสสารนั้นมีความเข้มข้นมากอาจมีผลก่อให้เกิดความไม่สบายจนถึงระดับที่ทำให้เกิดอันตรายได้ โดยมีเงื่อนไขการพิจารณา ดังนี้

1) ความสุขสบายของคนที่มีต่ออุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพันธ์ และความเร็วของลมของอากาศบริเวณนั้น ๆ ที่ยอมรับได้

2) การหายใจของคนเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ณ บริเวณนั้น ๆ

3) ความเข้มข้นของก๊าซ ไอ อนุภาคของสิ่งสกปรก และสารกัมมันตภาพรังสีที่มีปริมาณไม่มากพอจะก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพและร่างกายของคน

องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้มลพิษทางอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรโลกเป็นอันดับที่ 8 โดยเป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยต่าง ๆ โดยได้แบ่งคุณภาพอากาศออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับที่ 1 มวลสารในอากาศมีน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า ๆ หนึ่งที่ระบุไว้) จนไม่มีผลกระทบโดยตรงหรือทางอ้อม ระดับที่ 2 มวลสารที่มีในอากาศกระตุ้นอวัยวะการรู้สึก (Sensory Organs) มีอิทธิพลในแง่เป็นพิษภัยต่อพืช ลดทัศนะวิสัย และมีผลร้ายอื่น ๆ ต่อสิ่งแวดล้อม ระดับที่ 3 มวลสารที่มีในอากาศ ก่อให้เกิดโรคเรื้อรัง หรือทำให้ช่วงชีวิต (Life Span) สั้นลง และระดับที่ 4 มวลสารที่มีในอากาศ ก่อให้เกิดโรคเฉียบพลัน และอาจทำให้ผู้ที่แพ้สารชนิดนั้นเสียชีวิตได้

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ

คุณภาพอากาศภายในอาคาร จะมีผลต่อสุขภาพของคนมากน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.2.2.1 จำนวนคนที่อยู่ในอาคาร ในอาคารหรือพื้นที่ทำงาน จำนวนคนที่อยู่ในอาคารต้องมีจำนวนที่ไม่มากเกินกว่าความสามารถของระบบระบายอากาศ และขนาดพื้นที่ในอาคารหรือห้องทำงาน เนื่องจากการเผาผลาญสารอาหาร เพื่อสร้างพลังงานในร่างกายคน ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถูกปล่อยออกมากับลมหายใจออกของคน นอกจากนี้ยังพบว่าในลมหายใจออกนั้นยังมีการปล่อยไอน้ำและจุลชีพบางชนิดออกมาสู่บรรยากาศด้วย

2.2.2.2 กิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคาร เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง ในแต่ละอาคารจะมีกิจกรรมที่แตกต่างกันไป โดยกิจกรรมที่เกี่ยวกับการบำรุงรักษาอาคารและระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร หากไม่มีการบำรุงรักษาที่ดี ก็จะมีโอกาสทำให้มลพิษหรือสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกเล็ดลอดเข้า

สู่อาคาร หากระบบปรับอากาศขาดการบำรุงรักษาหรือทำความสะอาด อาจมีโอกาสเกิดการสะสมสิ่งปนเปื้อนต่างๆและแพร่กระจายสู่คนที่อยู่ในอาคารได้ ความถี่ในการทำความสะอาดหรือการใช้น้ำยาทำความสะอาดที่มีส่วนผสมของสารเคมีก็เป็นเรื่องสำคัญ กิจกรรมอื่น ๆ เช่น การปรุงอาหาร การสูบบุหรี่ การใช้สารเคมีกำจัดมด ปลวก แมลงสาบ ยุงและแมลงวัน กิจกรรมเหล่านี้ล้วนทำให้ระดับของสารเคมีในอาคารสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารทั้งสิ้น

2.2.2.3 เทคโนโลยี เนื่องจากปัจจุบันมักมีการใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่มีความทันสมัย และรวดเร็ว ตามการพัฒนาเทคโนโลยี เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ และอื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้อาคารมีโอกาสปนเปื้อนสารที่เกิดจากกระบวนการทำงานของวัสดุหรืออุปกรณ์ดังกล่าวได้

2.2.2.4 การตกแต่งอาคาร ส่วนประกอบของตัวอาคาร และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตกแต่ง พบว่า มีการปล่อยสารระเหยอินทรีย์ออกมาจากวัสดุดังกล่าว วัสดุที่สามารถปล่อยสารเคมีออกมาได้แก่ สี กาว พรมปูพื้น เฟอร์นิเจอร์ โดยจะพบได้ในบ้านเรือน อาคารที่เพิ่งสร้างเสร็จหรือตกแต่งเสร็จใหม่ ๆ ซึ่งจะมีการระเหยของสารเคมีปนเปื้อนอยู่ในอากาศค่อนข้างสูง ทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารสามารถได้กลิ่นสารเคมีดังกล่าว เมื่อเวลาผ่านไปการปล่อยสารเคมีจะน้อยลงเรื่อย ๆ เราจึงไม่ได้กลิ่นเหมือนตอนที่สร้างหรือตกแต่งเสร็จใหม่ ๆ

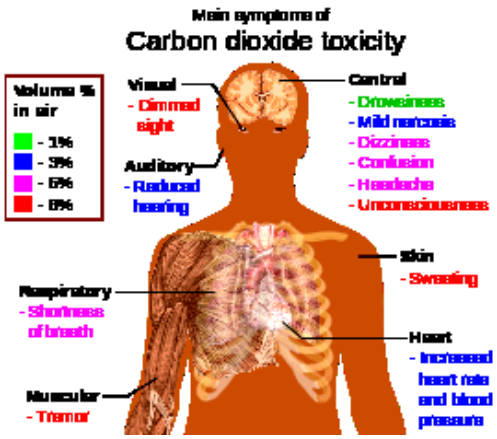
2.2.2.5 คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร การไหลเวียนของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารที่เกิดจากระบบการจัดการอากาศ โดยการดึงอากาศสะอาดจากภายนอกผ่านช่องทางนำอากาศเข้าสู่ภายในอาคาร (Fresh Air Intake) หรือตามช่องรอยแตกของอาคาร ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนจากอากาศภายนอกได้ เช่น ไอเสียรถยนต์ ละอองเกสรดอกไม้ ฝุ่น สปอร์เชื้อรา หรือสารเคมีที่ใช้กำจัดแมลง ดังนั้น อาคารแต่ละอาคารที่มีสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบแตกต่างกัน ความเสี่ยงที่มลพิษจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารจะไม่เท่ากัน โดยอาคารที่อยู่ในย่านการจราจรหนาแน่น หรืออยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม มีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสารปนเปื้อนหรือมลพิษจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้มากกว่า

2.2.2.6 ระบบการจัดการอากาศภายในอาคาร ระบบระบายอากาศอาจเป็นได้ทั้งแหล่งของปัญหา และเป็นช่องทางในการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร หากได้รับการออกแบบและการบำรุงรักษาที่เหมาะสม จะสามารถควบคุมคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากระบบระบายอากาศไม่ได้รับการบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่ควรจะเป็น ระบบระบายอากาศอาจเป็นแหล่งของเชื้อชีวภาพ ฝุ่น และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้

2.2.3 ความเจ็บป่วยที่เกิดจากปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ผู้ใช้อาคารจำนวนมากกว่า 20% มักมีอาการเจ็บป่วย โดยหากผู้ป่วยมีลักษณะอาการ เช่น การระคายเคืองตา คอ อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล อาการคล้ายกับเป็นหวัด ปวดมึนศีรษะ ไม่มีสมาธิในการทำงาน ซึ่งความรุนแรงจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละคน และอาการดังกล่าวจะลดลงหรือหายไปในเวลาอันสั้น อาการเหล่านี้ไม่สามารถหาแหล่งหรือสารปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุได้ แต่จะเกิดกับผู้ใช้ขณะที่อยู่ในอาคาร ลักษณะดังกล่าวนี้ เรียกว่า Sick Building Syndrome: SBS สำหรับ Building Related Illness: BRI จะเป็นอาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นในขณะที่อยู่ในอาคาร แต่อาการจะไม่หายหรือบรรเทาลงง่าย ๆ ด้วยการออกจากอาคารเหมือนกับอาการ SBS ต้องใช้ระยะเวลาในการรักษาพอสมควร นอกจากนี้อาการ BRI ยังเป็นอาการที่แพทย์สามารถทำการตรวจรักษาและวินิจฉัยโรค หาแหล่งหรือสารปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุได้ โดยอาการเจ็บป่วยที่แสดงออกมาก็คือ การไอ แน่นทรวงอก เป็นไข้ หนาวสั่นและปวดกล้ามเนื้อ หรือมีลักษณะอาการ เช่น อาการภูมิแพ้ ซึ่งอาการภูมิแพ้ทางจมูกพบในเด็กไทยประมาณ 40% ส่วนในผู้ใหญ่พบประมาณ 20% ในปัจจุบันมีการประมาณการว่ามีคนไทยกว่า 10 ล้านคนที่เป็นโรคภูมิแพ้ โรคติดต่อบางประเภท อาการแพ้สารฟอร์มัลดีไฮด์ ความเสี่ยงในระยะยาวจะก่อให้เกิดมะเร็งจากการได้รับสารบางอย่าง เช่น เรดอน การติดเชื้อลีจิโอเนลลา (Legionnaire's Diseases) ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง พบครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกา โดยแหล่งที่อยู่ที่สำคัญคือ ในหอผึ่งเย็น Cooling Tower ฝักบัว น้ำพุ และแหล่งพักน้ำ เนื่องจากมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต เป็นโรคที่รุนแรงมีอันตรายถึงเสียชีวิตได้ โดยมีอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ 1-2 วัน จากนั้นมีอาการคล้ายปอดบวมที่รุนแรง การติดเชื้อเกิดจากการแพร่กระจายทางอากาศ อาจแพร่กระจายจากระบบระบายอากาศได้

ภาพที่ 2.4: แสดงความเป็นพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



ที่มา: Langford, N. (2005). *Carbon dioxide poisoning*. Birmingham: PubMed.

2.2.4 การประเมินและมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ในการที่จะรู้ว่าอาคารใดมีปัญหาเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารหรือไม่นั้น จะต้องใช้วิธีสำรวจภาคสนามเพื่อพิจารณา ตรวจสอบและประเมินผลในด้านคุณภาพอากาศ เนื่องจากในการศึกษาฉบับนี้ ผู้วิจัยเน้นศึกษาในประเด็นด้านคุณภาพอากาศ โดยวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากตัวชี้วัดทั้ง 3 ชนิดนั้น มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับกิจกรรมหลักในสภาพแวดล้อมดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณโดยรอบร่างกายจะสร้างผลกระทบต่ออุณหภูมิร่างกาย ทั้งภายใน (Core Body Temperature) และภายนอกร่างกาย หรือที่เรียกว่า อุณหภูมิที่ผิวกาย (Skin Temperature) โดยปกติอุณหภูมิภายในร่างกายจะมีค่าค่อนข้างคงที่ และแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละบุคคล แต่สำหรับอุณหภูมิที่ผิวกายจะขึ้นกับสภาวะแวดล้อมและกิจกรรมที่กำลังกระทำ โดยทั่วไปกระบวนการภายในร่างกายจะมีการปรับสมดุลของอุณหภูมิภายในร่างกาย เพื่อตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เช่น ในบางครั้งร่างกายต้องลดอัตราการหมุนเวียนของโลหิตเพื่อลดการสูญเสียความร้อนในร่างกาย และเพิ่มกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายในกรณีที่ต้องต่อสู้กับอากาศที่หนาวเย็น กระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัย โดยจะพบว่าผู้สูงอายุที่มีวัยเกิน 80 ปี จะมีการเผาผลาญพลังงานต่ำกว่าหนุ่มสาววัย 20 ปี กว่า 20% ดังนั้นในสภาวะอากาศเดียวกันผู้สูงอายุจะมีอุณหภูมิในร่างกายและอุณหภูมิที่ผิวหนังต่ำกว่าคนหนุ่มสาว ดังนั้นผู้สูงอายุจึงต้องการสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิอุ่นกว่าที่คนหนุ่มสาวต้องการประมาณ 1-1.5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับกิจกรรมที่ทำ ดังตารางที่ 2.4 แสดงถึงอัตราการเผาผลาญพลังงานของมนุษย์วัยกลางคนที่ดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากตารางจะเห็นว่า ร่างกายมนุษย์จะปลดปล่อยพลังงานตามกิจกรรมที่ทำ โดยมีช่วงของพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ 40 วัตต์ สำหรับการนอนพักผ่อน และมากถึง 440 วัตต์ สำหรับการเล่นบาสเกตบอล แต่เนื่องจากร่างกายต้องพยายามปรับสมดุลเพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกาย ดังนั้น กลไกในร่างกายมนุษย์จะต้องหาวิธีส่งผ่านความร้อนออกจากร่างกาย เช่น ทางการหายใจ ทางเหงื่อ และทางผิวหนัง เป็นต้น

ความชื้นสัมพัทธ์ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกสบาย เช่น ถ้าเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีอุณหภูมิเท่ากัน ผู้ที่อาศัยอยู่ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าจะรู้สึกสบายกว่าผู้ที่อยู่ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า เนื่องจากสภาวะอากาศที่มีความชื้นต่ำกว่าจะทำให้เหงื่อที่ผิวกายระเหยออกสู่อากาศง่ายขึ้น การระเหยของเหงื่อดังกล่าวจะช่วยลดความร้อนภายในร่างกายและทำให้ร่างกายรู้สึก

เย็นสบายมากขึ้น มีการกำหนดดัชนีเพื่อบ่งชี้ถึงสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์อันเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งค่าดัชนีดังกล่าวเป็นการรวมค่าอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในค่าดัชนีเดียวกัน เรียกว่าอุณหภูมิสบาย หรืออุณหภูมิประสิทธิผล (Effective Temperature: ET) สำหรับการอยู่อาศัยของมนุษย์ที่ตั้งข้อจำกัดไว้ ต่อระดับความชื้นสมบูรณ์ (อัตราส่วนความชื้น 0.012 หรือ 0.012 x 7000 = 84 Grains Moisture/LB ที่อากาศแห้ง และเท่ากับ Dew Point ที่ 62°F) ซึ่งสูงกว่าระดับที่ทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบาย มาตรฐานนี้มีปัจจัยหลัก 6 ประการ ที่มีผลในด้านความรู้สึกสบายต่อความร้อน ได้แก่ อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย ความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า อุณหภูมิอากาศ การกระจายอุณหภูมิ ความเร็วอากาศ และความชื้นและมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-2004 ในเรื่องคุณภาพอากาศภายใน เป็นมาตรฐานการระบายอากาศซึ่งได้ระบุว่า “ความชื้นสัมพันธ์ในพื้นที่พักอาศัยนั้น ควรรักษาให้อยู่ระหว่าง 30%-60% เพื่อก่อให้สารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ หรือสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรคนั้นสามารถเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด” ส่วนมาตรฐาน 62.1-2004 ที่ปรับปรุงใหม่นั้น มีการระบุความชื้นสัมพันธ์ไว้สูงกว่าพื้นฐานค่าสูงสุด “ความชื้นสัมพันธ์ในพื้นที่อยู่อาศัยจะถูกออกแบบเพื่อจำกัดที่ 65% หรือน้อยกว่า ตามเงื่อนไขการออกแบบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขการออกแบบ Dew Point ภายนอกสูงสุดและที่การออกแบบภายในสูงสุดที่มีโหลดแฝงอยู่

2) อัตราส่วนช่วงความร้อนที่เห็นชัดต่ำสุดที่คาดว่ามีอยู่ และเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันที่เงื่อนไขภายนอก”

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซที่มีตามธรรมชาติในอากาศทั่วไป มีประมาณ 300 - 350 ppm เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกาย เพื่อสร้างพลังงานทั้งในมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยปกติจะถูกขับออกมากับลมหายใจออก ในลักษณะงานที่มีกิจกรรมระดับเบา เช่น ในห้องเรียน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกขับออกมาในแต่ละคนมีประมาณ 200 มิลลิลิตร/ นาที นอกจากเกิดจากการหายใจแล้ว ยังเกิดได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการประกอบอาหาร การหมักดองต่าง ๆ โดยระดับของก๊าซ CO_2 นั้นมีความสำคัญสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากสามารถใช้บ่งชี้ถึงสภาพอากาศภายในอาคารว่า มีการระบายอากาศที่เพียงพอหรือไม่ หากค่าความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 สูงกว่าปกติ แสดงว่าการระบายอากาศในอาคารออกสู่ภายนอกอาคาร และการนำอากาศสะอาดจากภายนอกอาคารเข้าภายในอาคารไม่เพียงพอ ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องถึงระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนอื่น ๆ ในอากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานที่หรือพื้นที่ ช่วงเวลา และจำนวนคนที่อยู่ในอาคาร โดย ASHRAE Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable

Indoor Air Quality ได้แนะนำว่าอาคารสำนักงานที่มั่นใจได้ว่ามีคุณภาพอากาศดี อัตราการระบายอากาศอย่างน้อยที่สุดควรเป็น 10 ลิตรต่อคน ระดับของคาร์บอนไดออกไซด์สามารถใช้เป็นดัชนีของคุณภาพอากาศอย่างง่าย โดยตั้งสมมุติฐานว่า หากระบบปรับอากาศไม่สามารถกำจัดก๊าซ CO_2 ได้ นั่นหมายถึงสารปนเปื้อนอื่น ๆ ก็ไม่สามารถกำจัดหรือทำให้เจือจางลงได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ระดับสารปนเปื้อนที่สูงขึ้น อาจเกิดขึ้นได้แม้ในขณะที่ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ โดยปกติในสำนักงานจะมีระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1000 ppm. ยกเว้นในห้องประชุมที่มีผู้ใช้งานอาศัยรวมตัวอยู่ด้วยกันเป็นระยะเวลายาวนาน

ตารางที่ 2.5: แสดงช่วงกว้างของระดับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

CO_2 [ppm]	Air Quality
2100	BAD Heavily contaminated indoor air Ventilation required
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	
1500	MEDIOCRE Contaminated indoor air Ventilation recommended
1400	
1300	
1200	
1100	
1000	FAIR
900	
800	GOOD
700	
600	EXCELLENT
500	
400	

ที่มา: *Intelligent air quality.* (2015). Retrieved from http://www.vcp.se.

หน่วยงาน National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการศึกษาและทำการรวบรวมข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระดับของก๊าซ CO_2 ในอาคารกับอาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับผู้คนที่อยู่ในอาคาร ดังนี้ ระดับก๊าซ CO_2 600 ppm เริ่มจะมีผู้ร้องเรียนเกี่ยวกับ ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เมื่อระดับ ก๊าซ CO_2 600 - 1000 ppm มีการร้องเรียนเกี่ยวกับ ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร แต่มักไม่สามารถหาสาเหตุได้ แต่หากระดับ CO_2 มากกว่า 1000 ppm บ่งชี้ถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ และมักมีการร้องเรียนว่าผู้ที่อยู่ในอาคารมีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า และมีปัญหาทางระบบทางเดินหายใจส่วนบน

ตารางที่ 2.6: มาตรฐานระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดโดยหน่วยงานต่าง ๆ

Regulation, guideline	CO_2 limit value
ASHRAE 62-1989 (USA)	1000 ppm
AFS 1993:5 (Sweden)	1000 ppm
IAQ Regulations (Japan)	1000 ppm
DIN 1946 Teil 2 (Germany)	1500 ppm

ที่มา: *International air quality and Air Velocity/Flow Measurement.* (2012). Retrieved from http://www.testo.com.tr.

2.2.5 ขอบเขตการประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร แบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก คือ

2.2.5.1 ด้านกายภาพ มีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การไหลเวียนของอากาศ

2.2.5.2 ด้านเคมี มีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่สามารถสะสมในทางเดินหายใจตอนล่าง เช่น ถุงลมปอดได้

2.2.5.3 ด้านชีวภาพ มีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ได้แก่ จุลชีพในอากาศประเภทแบคทีเรียและเชื้อรา การตรวจหาเชื้อลิจิโอเนลลา (Legionella spp.) ในระบบเครื่องปรับอากาศและหอผึ่งเย็น และการตรวจหาไรฝุ่น (Dust Mite) ในห้องที่ใช้พรมปูพื้น

ตารางที่ 2.7: ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	ระยะเวลา	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	23-26 ^{O}C		ASHRAE 55-1992
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60/%		ASHRAE 55-1992
CO	900 ppm	8 hours	NAAQS
CO_2	1000 ppm	Continuous	ASHARE 62.1-2007
CO_2	800 ppm	Continuous	OSHA
Formaldehyde	0.1 ppm	Continuous	ASHARE
NO_2	0.05 ppm	1 year	NAAQS
Ozone	0.05 ppm	Continuous	ASHARE
Radon	4 pCi/L	1 year	EPA
Lead	1.5 µg/m^3	1 year	NAAQS
Asbestos	0.1 fb/cc	Action level	OSHA
Particles (<10 µm)	50 µg/m^3	1 year	NAAQS
Particles (<10 µm)	150 µg/m^3	24 hours	NAAQS
การแลกเปลี่ยนอากาศ	>2 ACH		วสท. 2547

*หน่วย ppm (Parts per Million) หมายถึง ปริมาตรของสารปนเปื้อนหนึ่งหน่วยต่อปริมาตรอากาศล้านหน่วย ในที่นี้ใช้เป็นหน่วยวัดระดับความเข้มข้น

หน่วย ACH (Air Change per Hour) ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง คือ ค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ คิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าอัตราการระบายอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) ดังนี้คือ อัตราการระบายอากาศเท่ากับ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (ต่อชั่วโมง) คูณด้วย ปริมาตรของห้อง (ลูกบาศก์เมตร)

NAAQS: National Ambient Air Quality Standards

ASHARE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

OSHA: Occupational Safety and Health

EPA: United States Environmental Protection Agency

ที่มา: วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2543). *คู่มือปฏิบัติการมลพิษอากาศภายในอาคาร*. กรุงเทพฯ: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย: การศาสนา.

2.2.6 ที่มาของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร

สาเหตุหลักของปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารปัจจุบัน คือ การระบายอากาศที่ไม่ดี เพราะอาศัยอากาศที่มาจากเครื่องปรับอากาศแต่เพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดการสะสมสารสังเคราะห์ เชื้อโรคและก๊าซพิษที่เกิดจากมนุษย์ ผลิตภัณฑ์และวัสดุที่ใช้ในการตกแต่งก่อสร้าง ซึ่งปัจจุบันนี้วัสดุส่วนใหญ่เป็นวัสดุสังเคราะห์ เช่น พรมสังเคราะห์ พลาสติก กาวที่ใช้ทำไม้อัด กระดานไฟเบอร์ เครื่องไฟฟ้า เครื่องถ่ายเอกสาร ฝ้าเพดาน วัสดุเหล่านี้ล้วนเป็นที่มาของสารสะสม ในอากาศ นอกจากนั้น มนุษย์เองก็เป็นแหล่งปล่อยอากาศเสีย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น อีกทั้งยังมีเชื้อโรคและ ไวรัสชนิดต่าง ๆ ที่ติดต่อได้ทางลมหายใจ วนเวียนอยู่ในอากาศของตึกสูงอีกด้วย อาคารหรือตึกที่สร้างขึ้นใหม่มักจะมีปัญหาเรื่องคุณภาพของอากาศเพราะการหมุนเวียนอากาศภายในกับภายนอกไม่เพียงพอ (Reduced Ventilation) โดยเฉพาะอาคารที่ออกแบบมาเพื่อการประหยัดพลังงานจะมีสารสะสมในอากาศสูงกว่าอาคารทั่วไป ถึง 100 เท่า เนื่องจากการพยายามใช้ระบบต่าง ๆ ที่เป็นระบบปิดไม่มีการระบายสู่ภายนอกนั่นเอง ซึ่งหากแบ่งที่มาของการปนเปื้อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.6.1 การปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถเข้ามาสะสมภายในอาคารและทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ เช่น สภาพภูมิศาสตร์และภูมิอากาศท้องถิ่น สภาพแวดล้อมรอบ ๆ ตัวอาคาร ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ ฝุ่นจากการจราจร ควันจากโรงงาน ละอองเกสรดอกไม้หรือดอกหญ้า อาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ การแลกเปลี่ยนอากาศโดยการเปิดประตูหน้าต่างที่อยู่ใกล้กับแหล่งมลพิษต่าง ๆ พวก เชื้อโรคจากถังขยะและครัว อาคารที่อยู่ใจกลางเมืองและมีความหนาแน่นสูงอาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการสะสมสิ่งสกปรกจากที่สูง เกิดการหมุนเวียนนำอากาศเสียทั้งจากตนเองและอาคารใกล้เคียง อยู่ใกล้สถานที่ที่มีการก่อสร้าง เช่น มีการเปลี่ยนหลังคาอาคารโดยใช้ Bitumen (สารธรรมชาติที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่) สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากผู้ใช้อาคารเป็นหลัก เชื้อโรคจากภายนอกอาคารอาจปนเปื้อนมาในรูปของฝุ่นที่ติดมากับเสื้อผ้า เซลล์ผิวหนังและรองเท้า นอกจากปนเปื้อนมาในรูปฝุ่นแล้ว เชื้อโรคในร่างกายของคนที่ป่วยจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกโดยการพูดคุย จามหรือไอ ซึ่งการจามสามารถปล่อยเชื้อโรคที่มีระยะทางไกล 3 ฟุต แต่มีระยะการแพร่เชื้อน้อยกว่าที่ปนเปื้อนมากับฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศ จากข้อมูลของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน การทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers: ASHRAE) พบว่า เชื้อโรคเกือบทุกประเภทจะมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดอยู่ในช่วงความชื้นร้อยละ 40-60

2.2.6.2 การปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ซึ่งหมายถึง การออกแบบและการจัดการอาคาร ระบบความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ (HVAC) ซึ่งเป็นตัวควบคุมอัตรา ลักษณะการถ่ายเทอากาศและระดับความสบายภายใต้ความต้องการของมนุษย์ โดยการปนเปื้อนอาจเกิดจาก ระบบการกรองอากาศไม่ดีพอ ขาดการบำรุงรักษาระบบ HVAC มีความแตกต่างของความดันอากาศที่ไม่เหมาะสม ซึ่งหากความดันอากาศต่ำจะทำให้เกิดการดึงเอาสิ่งสกปรกไปสู่พื้นที่อื่นได้ กิจกรรมต่าง ๆ ของคน กลิ่นเครื่องสำอาง เช่น น้ำหอม โลชั่น ผลิตภัณฑ์ตกแต่งทรงผม เสื้อผ้าอาจเป็นตัวเก็บและนำเอามลพิษจากแหล่งอื่น เช่น กลิ่นบุหรี่ น้ำยาซักผ้าแห้ง การเลือกใช้วัสดุเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น การใช้สารเคมีที่ทำให้มีการยึดติดในเวลาอันรวดเร็ว การใช้พวกใยหิน หรือใยแก้ว สารเคลือบผิวกันความชื้นวัสดุที่ใช้ทำพื้น ทั้งพื้นไม้เนื้อแข็งและพื้นคอนกรีต การใช้น้ำมันทาเคลือบผิวงานคอนกรีต การใช้วัสดุตกแต่งอาคารที่ส่วนประกอบเต็มไปด้วยสารเคมี เช่น Particle Board ไม้ที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อถนอมเนื้อไม้ การใช้วัสดุสังเคราะห์ เช่น พลาสติก ยาง Fiber Glass การใช้สี แลกเกอร์ น้ำยาขัดเงา สีรองพื้นที่ใช้ในอาคารเก่า เพื่อเตรียมพื้นผิวสำหรับการทาสีใหม่ การทาสีน้ำมันอาจทำให้มีการระเหยของสารเคมีต่างๆเป็นเวลานาน เฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากผ้า และโฟม อาจเป็นที่กักเก็บสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น เก้าอี้ โซฟา ผ้าที่เคลือบผิวสำหรับกันน้ำและสารเคมีต่าง ๆ ผ้าทนไฟ ผ้าที่ใช้ตกแต่ง เช่น ผ้าม่าน ไวนิล วอลล์เปเปอร์ ผนังดูดซับเสียงที่ทำจากผ้าและโฟม พรมและแผ่นรอง การทำความสะอาดพรมและพรมขนสัตว์โดยใช้สารเคมี การเข้าใช้อาคารก่อนที่การก่อสร้างจะเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงปัจจัยทางสภาพอากาศ โดยเฉพาะความชื้นภายในอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการระเหยของสารเคมีของวัสดุ ความชื้นภายในห้องมากอัตราการระเหยของ VOC จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

2.2.7 ปัจจัยความเสี่ยงที่มีต่ออาการป่วยเหตุอาคาร

การพบกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารประกอบด้วยปัจจัยบุคคล ลักษณะงาน สภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงาน และลักษณะอาคาร ซึ่งความชุกและอาการในแต่ละกลุ่มอาการของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารมีความแตกต่างกันตามอาคาร เนื่องจาก ปัจจัยบุคคลหลายปัจจัยทำให้มีความไวต่อการเกิดโรค (Susceptibility) เพิ่มขึ้น การสัมผัสมลพิษในอาคารขึ้นอยู่กับลักษณะงานของแต่ละบุคคล ไม่พบปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งที่เป็นผลให้มีอาการชัดเจนแม้จะได้รับมลพิษชนิดเดียวกัน โดยแต่ละคนอาจมีระดับการตอบสนองและการแสดงออกที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือมลภาวะของอากาศภายนอก ก็มีผลต่อสภาพแวดล้อมภายในอาคารรวมทั้งกิจกรรมของผู้อยู่ภายในอาคาร หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ในสำนักงานล้วนทำให้เกิดความแตกต่างกันใน Microenvironment ของสถานที่ต่าง ๆ ในอาคารเดียวกัน ในปัจจุบันมีการสำรวจและสืบค้นสาเหตุการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกันอย่างกว้างขวาง พบหลายสาเหตุ เช่น

2.2.7.1 พิษของสารเคมีภายในอาคาร เช่น โอโซน สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds) ซึ่งระเหยออกมาในระดับต่ำจากเฟอร์นิเจอร์ วัสดุตกแต่งในอาคาร น้ำยาทำความสะอาด สี และอุปกรณ์เครื่องใช้ในสำนักงาน เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร ร่วมกับปฏิกิริยาการก่อภูมิไวต่อสารเคมี

2.2.7.2 การปนเปื้อนของจุลชีพ ในบริเวณที่ปูพรม มีน้ำรั่วหรือซึม และในระบบปรับอากาศและระบายอากาศแบบรวมตามหอผึ่งเย็น ตัวกรอง ตัวปรับความชื้น

2.2.7.3 ฝุ่นตามพื้นผิว และสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง เสียง

2.2.7.4 การระบายอากาศในอาคารไม่เพียงพอเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการดังกล่าวได้ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางด้านจิต สังคมและปัจจัยส่วนบุคคลเป็นตัวปรับเปลี่ยนการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงได้ ทั้งนี้เพราะไม่พบว่ามีสาเหตุทางสิ่งแวดล้อมเพียงสาเหตุเดียวหรือกลุ่มเดียวที่สามารถ อธิบายการเกิดโรคได้ชัดเจน และมักตรวจพบว่าระดับมลพิษชนิดต่าง ๆ ภายในอาคารมีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุของโรค (ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล, 2548)

2.3. แนวความคิดที่เกี่ยวกับองค์ประกอบสถาปัตยกรรมภายใน

2.3.1 แนวความคิดทางด้านหน้าที่ใช้สอย

เป็นแนวความคิดที่ครอบคลุมการใช้สอย การจัดองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ต่อกันขององค์ประกอบ พฤติกรรม การดำเนินกิจกรรม การป้องกันอันตรายหรือมลพิษ เป็นต้นในการออกแบบอาคารทุกประเภทต้องมีการตั้งวัตถุประสงค์ในการออกแบบก่อนเสมอ เช่น จะออกแบบเพื่อตอบสนองอะไรเป็นเป้าหมายหลัก ซึ่งจะทำให้เราสามารถที่จะทราบถึงกลุ่มผู้ใช้ที่จะมาใช้อาคารได้ และที่สำคัญจะต้องทราบถึงกลุ่มผู้ใช้หลักและกลุ่มผู้ใช้รองโดยลำดับความสำคัญของกลุ่มผู้ใช้ ต่อไปคือต้องทราบพฤติกรรมของผู้ใช้ว่าเป็นอย่างไร จะทำให้ทราบว่าผู้ใช้ต้องการใช้อาคารทำอะไรซึ่งจะมีผลให้สามารถตัดสินใจได้ว่าจะเลือกประโยชน์ใช้สอยอะไรให้เหมาะกับผู้ใช้อาคารและสามารถตอบสนองต่อผู้ใช้อาคารได้สูงสุด เมื่อทราบถึงประโยชน์ของอาคารแล้วก็สามารถรู้ถึงปริมาณ/ ขนาดพื้นที่ของแต่ละองค์ประกอบว่าจะใช้ปริมาณเท่าใด โดยได้จากจำนวนผู้ใช้ในแต่ละองค์ประกอบนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความต้องการของอาคารโดยขึ้นกับกิจกรรมที่มาจากผู้ใช้งานภายในอาคารเป็นหลัก ซึ่งต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของความต้องการประโยชน์ใช้สอยของอาคารอย่างแท้จริง โดยพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ ขึ้นกับพฤติกรรมและกิจกรรมของผู้ใช้อาคารในการเอื้ออำนวยประโยชน์และส่งเสริมให้มีความ

สมบูรณ์ครบถ้วนยิ่งขึ้น ในด้านขนาดพื้นที่ใช้สอยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของผู้ใช้และความสมดุลของกิจกรรมที่มี โดยอาจกำหนดเป็นรูปแบบทางกายภาพได้ 2 ลักษณะ คือ

2.3.1.1 ขนาดของพื้นที่ใช้สอยต้องสอดคล้องและรองรับกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้และจำนวนของผู้ใช้ได้อย่างพอดีและเหมาะสม รวมถึงความต้องการทางด้านคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้สอยที่อาจแตกต่างกันได้

2.3.1.2 รูปร่างของพื้นที่ใช้สอยขึ้นกับลักษณะของกิจกรรมที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะที่ส่งผลต่อรูปทรงของอาคาร

ในการออกแบบสิ่งที่ต้องกำหนดให้ชัดเจนซึ่งสัมพันธ์กับพฤติกรรม และกิจกรรมของผู้ใช้คือทางสัญจรโดยรูปแบบ ขนาดและทิศทางของการสัญจรจะเป็นตัวเชื่อมโยงกลุ่มของประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ ให้เกิดการติดต่อหรือตัดความสัมพันธ์ ควบคุมไม่ให้เกิดความสับสนและก่อให้เกิดความปลอดภัย ลดความแออัดลงได้

2.3.2 การจัดองค์ประกอบเชิงพื้นที่

การศึกษาองค์ประกอบเชิงพื้นที่เริ่มจากแนวความคิดริเริ่ม หลักการและเทคนิควิธีการ ที่พัฒนามาจากที่ว่างในเชิงสังคมตรรกศาสตร์ ในการพัฒนาคุณลักษณะของที่ว่างและหน้าที่ของอาคารและเมือง พื้นที่ทางกายภาพแต่ละพื้นที่มีกิจกรรมที่คนในสังคมมีปฏิสัมพันธ์กันตามประเภทของพื้นที่นั้นๆ และมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกับพื้นที่ใด ๆ เกิดเป็นองค์ประกอบเชิงพื้นที่ การเชื่อมโยงและการจัดวาง เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดงานในการออกแบบและเพื่อวิเคราะห์ทางสถาปัตยกรรม กล่าวคือเป็นการจัดการเชิงพื้นที่ของกิจกรรมทางสังคม โดยในการออกแบบอาคารต้องการข้อมูลที่เกี่ยวกับผู้ใช้อาคาร จุดประสงค์อาคาร ความคาดหวังที่จะได้รับจากอาคาร กิจกรรมและโครงการขององค์กร ขนาดของพื้นที่ที่แตกต่างกันควรสอดคล้องกับความต้องการใช้สอยของพื้นที่นั้น ๆ การจัดวางผังพื้นที่จำเป็น ต้องวิเคราะห์ภาพรวม เชื่อมโยงระหว่างพื้นที่ กำหนดพื้นที่ตามพฤติกรรมและกฎตามที่สังคมยอมรับ ผ่านการศึกษาสภาพแวดล้อมที่สอดคล้องกับการสร้างบรรยากาศให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ได้ถึงประสิทธิภาพการใช้งาน โดยมีเกณฑ์มาตรฐานในการวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอย เช่น หากพิจารณาขนาดความจุของคนในพื้นที่จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ด้วย ซึ่งโดยปกติขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมมักหมายถึงขนาดของพื้นที่ที่น้อยที่สุดที่จัดไว้ให้สำหรับผู้ใช้งาน 1 คน การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานส่วนใหญ่จะพิจารณาจากขนาดรูปร่างของผู้ใช้พื้นที่ หลักสูตรการเรียนการสอน กิจกรรมและพฤติกรรมที่ทำ ดังนั้นแต่ละพื้นที่จึงมีเกณฑ์มาตรฐานที่แตกต่างกันออกไป เช่น เกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (ทบวงมหาวิทยาลัย) สำหรับแผนพัฒนาการศึกษา ระยะที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ที่สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (ทบวงฯ เดิม) ได้กำหนดไว้สำหรับ ห้องบรรยายขนาดความจุ 300 คน คือ 0.9 ตารางเมตร: คน 1.2 สำหรับห้องบรรยายขนาดความจุ 50 คน

คือ 1.1 ตารางเมตร: คน 1.5 ส่วนเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (2543) ระบุให้สภาพแวดล้อมทางกายภาพเชิงพื้นที่ของห้องเรียนต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 35 ตารางฟุตต่อ 1 คน พื้นที่ห้องสำหรับบรรยายในระดับอุดมศึกษาของไทยไว้เท่ากับ 2 ตารางเมตรต่อคนโดยค่ามาตรฐานที่กรมประชาสงเคราะห์ (2546) กำหนดไว้คือ ขนาดห้องเรียนต้องไม่น้อยกว่า 35 ตารางเมตร ความสูงต่ำสุดไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร ในขณะที่พระราชบัญญัติกรุงเทพมหานคร (2544) กำหนดให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 2.60 เมตร หลักเกณฑ์และระเบียบวิธีปฏิบัติโครงการจัดตั้งมหาวิทยาลัยเอกชนตามกฎทบวงมหาวิทยาลัย (2522) กำหนดขึ้นโดยอาศัยอำนาจตามความในมาตราต่าง ๆ เรื่องการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับพื้นที่ห้องเรียนดังนี้ ห้องเรียนแบบสำหรับนักศึกษาจำนวน 300 คน จะต้องมีพื้นที่อย่างต่ำ 300 ตารางเมตรต่อคนละ 1 ตารางเมตร ห้องเรียนแบบสำหรับนักศึกษา 25 คน จะต้องมีพื้นที่อย่างน้อย 38 ตารางเมตร (1.5 ตารางเมตรต่อคน) ห้องสัมมนาหรือห้องประชุมสำหรับ 30 คน ต้องมีพื้นที่ 54 ตารางเมตร (1.8 ตารางเมตรต่อคน) ทั้งนี้ขนาดของห้องเรียนนั้นมีผลกระทบบางประการ ต่อการกำหนดลักษณะการเรียน โดยผลการทดลองของ วิสิทธิ์ สอิ้งทอง (2552) ในเรื่องเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบและเกณฑ์การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมทางกายภาพของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน (ระดับประถมศึกษา) ที่สอดคล้องกับการพัฒนาระดับไอคิว อีคิว และเอ็มคิวของนักเรียน สามารถสรุปได้ว่า โรงเรียนขนาดใหญ่ ส่งผลโดยตรงกับการเสริมสร้างประสบการณ์ในขณะที่โรงเรียนขนาดเล็ก ส่งผลต่อความรู้สึกการมีส่วนร่วมของเด็กนักเรียนโดยเชื่อว่ามีส่วนในการช่วยเพิ่มความสามารถทางการเรียน พฤติกรรมทางสังคมได้ การวางผังอาคาร ส่งผลต่อการเสริมสร้างสมาธิ เนื่องจากสมาธิและการพัฒนาการเรียนรู้สามารถแย่ลง ความหนาแน่นของห้องเรียนส่งผลต่อสมาธิ และความรู้สึกทางพฤติกรรมทางสังคม

2.3.3 การประเมินผลหลังการเข้าอยู่ (Post Occupancy Evaluation: POE)

เป็นการประเมินหลังการเข้าครอบครองพื้นที่และได้มีการใช้งานจริงแล้ว เป็นการประเมินถึงผลกระทบสำหรับผู้ใช้อาคารหลังจากได้มีการออกแบบและก่อสร้าง พร้อมทั้งใช้อาคารจริงในระยะเวลาหนึ่งแล้ว เพื่อค้นหาว่ามีสมรรถนะในแต่ละด้านสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้เพียงใด สภาพแวดล้อมทางกายภาพมีความสอดคล้องกับความต้องการต่าง ๆ ของกลุ่มผู้ใช้งานอย่างไร ซึ่งมักประเมินเป็นระดับความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ รวมทั้งสาเหตุของความพึงพอใจที่ต่อการใช้งานพฤติกรรมภายในและภายนอกของผู้ใช้ในด้านเกี่ยวกับทัศนคติ ความรู้สึก ความพึงพอใจ ความคิดเห็น ความสะดวกในการใช้สอย ทั้งในด้านเชิงพื้นที่ ตำแหน่งและการจัดวาง ความพอเพียงต่อการใช้สอยทั้งขนาดและจำนวน ความเหมาะสมทางสภาวะแวดล้อมทางกายภาพในด้านต่าง ๆ เช่น แสงสว่าง การระบายอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ การพัฒนาทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม การประเมินหลังการเข้าอยู่อาศัยนั้นเป็นหนึ่งขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ ซึ่งทำ

หน้าที่ประเมินเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดจากการออกแบบ ให้เหมาะสมกับการใช้งานและพฤติกรรมมากขึ้น พร้อมทั้งนำความรู้ที่ได้จากการออกแบบไปปรับปรุงใช้สำหรับการออกแบบอาคารประเภทเดียวกันในอนาคต (นพดล สหชัยเสรี, 2550) ในการประเมินหลังการเข้าอยู่จะทำเมื่อมีเป้าหมายที่ชัดเจน เช่น การประเมินการรับรู้ของผู้ใช้อาคาร เชิงพื้นที่ พฤติกรรมการใช้พื้นที่ ซึ่งเป็นการใช้สภาพแวดล้อมของสถานที่หรืออาคารที่สร้างเสร็จแล้วและมีการใช้งานแล้วเป็นกรณีศึกษา (Stimuli) เพื่อใช้ในการเรียนรู้สิ่งที่เกิดขึ้นหลังการออกแบบว่ามีประสิทธิภาพหรือประสบความสำเร็จตามเป้าหมายหรือไม่อย่างไร หากมีสิ่งบกพร่องหรือผิดพลาดจะได้นำมาปรับปรุงและพัฒนาในการออกแบบครั้งต่อไป ขั้นตอนการประเมินผลหลังการเข้าอยู่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบการจัดการด้านอาคาร 3 องค์ประกอบ ดังนี้

2.3.3.1 องค์ประกอบด้านเทคนิค (Technical Elements) จะเกี่ยวกับการดำรงอยู่ เช่น เกณฑ์ด้านสุขภาพ ความมั่นคงในการครอบครองอาคาร รวมถึงกรณีพื้นฐาน 2-3 ประการ เช่น การป้องกันไฟฟ้า ความปลอดภัยในโครงสร้างอาคารและสุขาภิบาล รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น แสงสว่าง การป้องกันการสั่นสะเทือน ความทนทาน

2.3.3.2 องค์ประกอบด้านการใช้สอย (Functional Elements) เกี่ยวกับความพอดีระหว่างกิจกรรมการใช้อาคารและตัวอาคาร

2.3.3.3 องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral Elements) เกี่ยวกับการรับรู้และความจำเป็นทางด้านจิตวิทยาของผู้ใช้อาคาร โดยเกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของการใช้อาคารและคุณภาพชีวิตที่ดี เช่น ความเป็นส่วนตัว การรับรู้ ความแออัดและอาณาเขตครอบครองส่วนบุคคลและสาธารณะ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและสังคม

การรับรู้ของมนุษย์นั้นมีความสัมพันธ์ต่อบริบทสภาพแวดล้อม (วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, 2549) ซึ่งไม่เหมือนกับการรับรู้ต่อวัตถุ เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีขนาดใหญ่กว่า ทำให้มนุษย์สามารถมีส่วนร่วมและมีการสังเกตมากกว่า สภาพแวดล้อมเป็นระบบและมีความซับซ้อนอีกทั้งมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของสภาพแวดล้อม และการรับรู้สภาพแวดล้อมนั้นส่งผลต่อการตอบสนองกลับทางพฤติกรรม (Interact Effect) เช่น การมีส่วนร่วมของบุคคล การมีประสบการณ์เดิมของบุคคลย่อมส่งผลต่อการรับรู้สภาพแวดล้อม และการรับรู้สภาพแวดล้อมก่อให้เกิดโอกาสต่อ การกระทำที่ต่างกัน คือ มีการกระทำเกิดขึ้นเสมอในการรับรู้สภาพแวดล้อม และเป็นไปตามเป้าหมายของบุคคลนั้น โดยสภาพแวดล้อมให้ความหมายทางสัญลักษณ์ที่ซับซ้อน รวมถึงความหมายที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการกระทำ เช่น ความหมายด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านสังคม ด้านสุนทรียภาพรวมถึงสื่อถึงบรรยากาศของสภาพแวดล้อมด้วย นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการรับรู้ของคนที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะแตกต่างกันไปตามปัจเจกบุคคลตามประสบการณ์ของคนแต่ละคน นักวิจัยหลาย

ท่านได้ให้คำนิยาม “การรับรู้” (Perception) ไว้มากมาย ในหมู่นักจิตวิทยาที่เน้นการศึกษาทางสรีรวิทยาได้อธิบายความหมายของการรับรู้ว่าเป็นการรับรู้สิ่งเร้าภายนอกผ่านการรู้สึก (Sensation) โดยเข้ามาทางประสาทสัมผัส ในขณะที่นักสังคมวิทยาและนักภูมิศาสตร์ทางสังคมจะใช้ “การรับรู้” ในความหมายที่มากมาย คือ รวมการรับรู้ การจำ การเกิดจินตภาพ ความพึงพอใจ ทัศนคติ ฯลฯ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการรวมกระบวนการทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม โดยในสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะที่แตกต่างกันย่อมก่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป วิมลสิทธิ์ได้มีการแบ่งประเภทความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมไว้ 7 ประการ ได้แก่

1) ความสัมพันธ์ทางสภาพแวดล้อม คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความชื้น ระดับอุณหภูมิ ความสว่าง ระดับเสียง เป็นต้น

2) ความสัมพันธ์ทางความรู้สึก โดยการรับรู้สภาพแวดล้อมผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์เกิดเป็นความรู้สึก เช่น ความแออัดหรือความสบาย

3) ความสัมพันธ์ทางมิติ เช่น ขนาดของสิ่งของ ระยะห่างระหว่างสิ่งของ และมนุษย์หรือระยะห่างระหว่างบุคคล

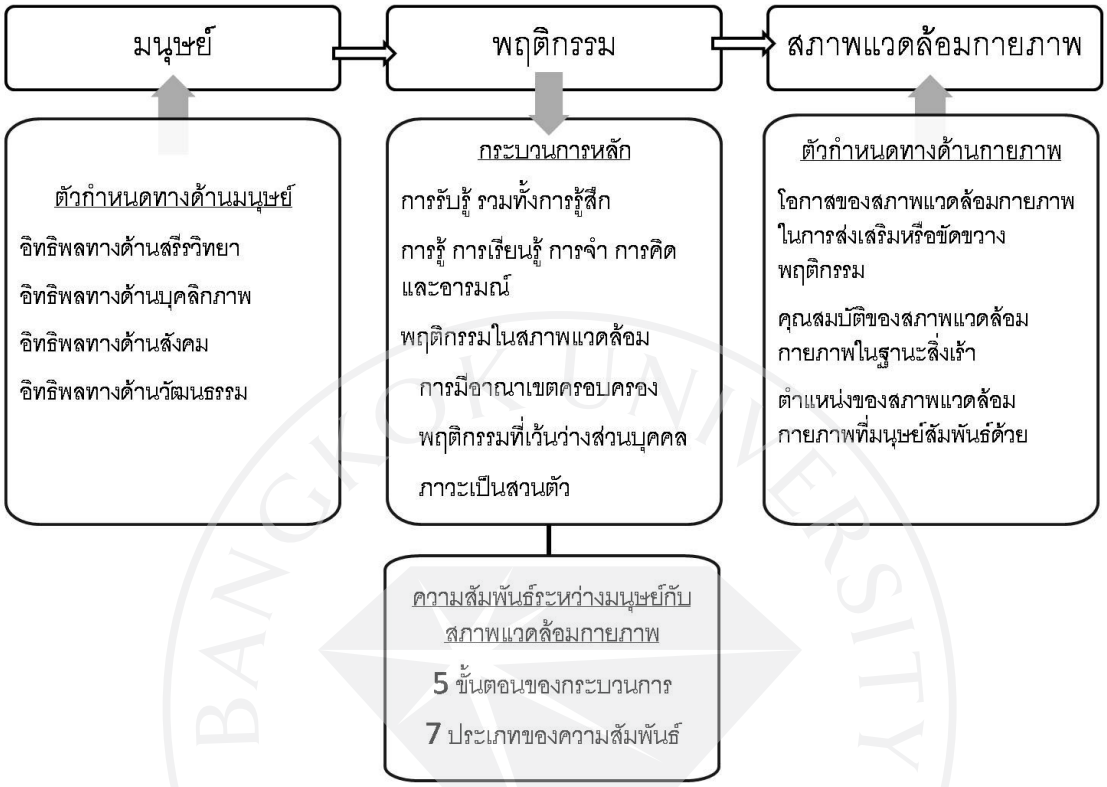
4) ความสัมพันธ์ด้านทิศทาง สภาพแวดล้อมสามารถกำหนดตำแหน่งและทิศทางการเดินหรือการเคลื่อนไหวของคนที่มีความสัมพันธ์ต่อสิ่งต่าง ๆ

5) ความสัมพันธ์ทางสัญลักษณ์ เช่น ป้าย หรือสัญลักษณ์ อาจใช้สภาพแวดล้อมเป็นสัญลักษณ์หรือภาษาที่สื่อความให้คนเข้าใจได้ เช่น การจัดองค์ประกอบทางกายภาพเพื่อแสดงให้ทราบว่าสภาพแวดล้อมนั้นเป็นห้องเรียนหรือห้องอาหาร

6) ความสัมพันธ์ทางการกระทำระหว่างกันทางสังคม สภาพแวดล้อมมีคุณสมบัติในการส่งเสริมหรือขัดขวางการมีความสัมพันธ์หรือการกระทำระหว่างมนุษย์ด้วยกัน เช่น การแบ่งขอบเขตพื้นที่ส่วนตัว การกั้นรั้วบ้าน โดยพื้นที่ที่มีขนาดแตกต่างกันย่อมมีสภาพแวดล้อมด้านการกระทำที่แตกต่างกันด้วย

7) ความสัมพันธ์ในการผสานรวมกันทางวัฒนธรรม สภาพแวดล้อมสามารถก่อให้เกิดความเป็นหนึ่งเดียวกันของสังคม โดยการสะท้อนระบบคุณค่าและวัฒนธรรม ส่งเสริมให้มนุษย์มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทางกายมากหรือน้อยก็ได้

ภาพที่ 2.5: โครงสร้างและองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม



ที่มา: วิมลสิทธ์ หรยางกูร. (2549). *พฤติกรรมมนุษย์ กับ สภาพแวดล้อม มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการออกแบบและวางแผน*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สภาพแวดล้อมทางกายภาพอาจไม่ได้เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของมนุษย์ แต่สภาพแวดล้อมทางกายภาพเป็นองค์ประกอบหลักในการขัดขวางหรือส่งเสริมพฤติกรรมมนุษย์ ดังนั้นการออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพมีผลต่อลักษณะและความถี่ของพฤติกรรมที่มีต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ในแต่ละบุคคล จะมีความรู้สึกต่อสภาพอากาศแตกต่างกัน ถึงแม้จะมีความพยายามจัดให้พื้นที่มีอุณหภูมิที่ทำให้ผู้ใช้รู้สึกสบาย แต่เป็นไปไม่ได้เลย ที่จะเกิดความพึงพอใจกับทุกคนในพื้นที่เดียวกัน เนื่องจากมีปัจจัยหลายๆประการที่ทำให้เกิดความพึงพอใจกับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) วิธีการที่ร่างกายของแต่ละคนปรับตัวให้เข้ากับความต้องการของตนเอง เช่น สภาพภูมิอากาศเดียวกัน บางคนเหงื่อออก ในขณะที่บางคนไม่รู้สึกว่าร้อนหรือมีเหงื่อออก

2) กิจกรรมหรือประเภทของงานที่ทำ อัตราการเผาผลาญในร่างกายเกิดขึ้นเป็นประจำ ซึ่งผลที่ได้คือพลังงานความร้อน โดยมีอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญที่มีผลคือกิจกรรมที่ผู้นั้นทำ หรือลักษณะงานที่ปฏิบัติ

3) อายุ เพศ สภาวะสุขภาพ และสมรรถภาพของร่างกาย ในคนสูงอายุ อัตราการเผาผลาญในร่างกายลดลง อาจทำให้ คนสูงอายุมีความทนทานต่ออากาศเย็นได้น้อยกว่าคนในวัยหนุ่มสาว นอกจากนี้ผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำ การเผาผลาญในร่างกายจะดีกว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย ทำให้ความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน สำหรับในเรื่องของเพศ ยังพบว่าความแตกต่างในเรื่องความทนทานต่อสภาพอากาศนั้นยังไม่ชัดเจน

4) ระยะเวลาที่ร่างกายสัมผัสต่ออากาศที่ร้อนหรือหนาว

5) คนกลุ่มพิเศษ เช่น คนทำงานที่อายุน้อย ๆ หรือคนที่กำลังตั้งครรภ์

6) จำนวนและประเภทของเสื้อผ้าที่สวมใส่ รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ผู้ทำงานสวมใส่ในขณะทำงาน (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2549)

2.3.4 ผู้ใช้อาคาร (Occupants)

ผู้ใช้อาคารเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารได้เช่นกัน โดยเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในประเด็น กิจกรรม ปริมาณคน ลักษณะพฤติกรรม และการจัดวางผังอาคาร เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดเนื่องจาก กิจกรรมส่วนบุคคล เช่น การสูบบุหรี่ การประกอบอาหาร กลิ่นตัว กลิ่นเครื่องสำอาง กิจกรรมทำความสะอาด เช่น การใช้สารทำความสะอาดที่ไม่เหมาะสมหรือขั้นตอนการปฏิบัติไม่เหมาะสมทำให้เกิดการสะสมของสารทำความสะอาด กิจกรรมซ่อมบำรุงที่ผู้ใช้อาคารปฏิบัติไม่เหมาะสม เช่น การไม่ดูแลทำความสะอาดบริเวณพื้นที่อาคารซ่อมบำรุงทำให้มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกลอยสะสมอยู่ในอากาศมากขึ้น ลักษณะงานของแต่ละบุคคล การสัมผัสมลพิษในอาคารขึ้นอยู่กับลักษณะงานโดยแต่ละคนที่มีลักษณะงานต่างกันอาจมีระดับการตอบสนองและการแสดงออกของการเจ็บป่วยแตกต่างกันด้วย ถึงแม้ไม่พบว่าลักษณะงานเป็นปัจจัยที่ชัดเจนที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากมลพิษภายในอาคาร แต่ก็พบว่างานบางอย่างเป็นลักษณะงานที่มีความเสี่ยงสูง เช่น งานสารบรรณ งานเลขานุการ การต้องใช้งานหรือนั่งใกล้เครื่องใช้สำนักงานบางชนิดต่อเนื่องเป็นเวลานาน ปัจจัยส่วนบุคคลที่ทำให้แต่ละคนมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ เพิ่มขึ้นได้ คือ การมีความไวต่อการเกิดโรค (Susceptibility) เช่น ผู้หญิงที่มีอายุน้อยกว่า 40 ปีเคยมีประวัติเป็นโรคภูมิแพ้ มีปัญหาทางจิตสังคมในงานอันได้แก่ ความเครียด ไม่พึงพอใจในงาน ผู้ที่ได้รับการปลูกถ่ายอวัยวะ เช่น ไต หัวใจ เป็นต้น ผู้สูงอายุ (ประมาณ 50 ปีขึ้นไป) ผู้ที่สูบบุหรี่จัด ผู้ที่ได้รับการรักษาโรคระบบทางเดินหายใจ เบาหวาน มะเร็ง ผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยยาบางชนิด ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันอ่อนแอจากการเป็นมะเร็งหรือติดเชื้อเอชไอวี เป็นต้น ซึ่งการตอบสนองของแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันออกไป แม้ว่าจะ

สัมผัสมลพิษชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้นใกล้เคียงกันก็ตาม เช่น ในคนที่เป็นโรคหอบหืด หรือมีปัญหาระบบทางเดินหายใจ เมื่อสัมผัสสารระคายเคือง เช่น ควัน แก๊ส หรืออนุภาคที่มาจากแหล่งกำเนิดภายในอาคาร ก็อาจแสดงอาการที่รุนแรงกว่าคนอื่น ๆ ที่อาศัยหรือใช้พื้นที่เดียวกันได้ ความแออัดของอาคาร โดยทั่วไปการออกแบบอาคารแต่ละอาคารจะออกแบบมาเพื่อรองรับคนจำนวนจำกัดจำนวนหนึ่ง แต่เมื่อจำนวนคนภายในอาคารมีมากเกิดกว่าที่ถูกออกแบบไว้ก็จะเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้ เนื่องจากด้วยระบบเผาผลาญของคนนั้นมีการหายใจเอาก๊าซออกซิเจนเข้าไปและหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเมื่อจำนวนคนเพิ่มมากขึ้น การหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาย่อมมากขึ้นด้วย ทำให้ระบบระบายอากาศที่ถูกออกแบบไว้ไม่สามารถจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนำเข้าก๊าซออกซิเจนได้ทัน จึงทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดอาการอึดอัดอ่อนเพลีย เวียนศีรษะได้ เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้อาคารมีกิจกรรมที่แตกต่างกัน มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ใช้สอยที่แตกต่างกันพร้อมทั้งมีความต้องการปัจจัยในพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกันด้วย ซึ่งหมายถึงกลุ่มผู้ใช้ต่าง ๆ ย่อมแสดงถึงความแตกต่างในประเด็นต่างที่เกี่ยวกับกิจกรรมเช่นกัน ดังนั้นในความต่อเนื่องของการใช้หรือการประกอบกิจกรรมอาจแยกผู้ใช้ออกเป็นกลุ่มผู้ใช้ประจำและกลุ่มผู้ใช้ชั่วคราวตามบทบาทหรือหน้าที่ของบุคคลหรือลักษณะของกิจกรรมที่ทำ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านสถานภาพสังคมและเศรษฐกิจร่วมด้วย เช่น อายุ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ เป็นต้น โดยกลุ่มผู้ใช้ประจำ เป็นกลุ่มผู้ใช้อาคารตามบทบาทหน้าที่ในชีวิตประจำวัน เป็นกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานและค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งมักมีอาณาเขตครอบครองเนื่องจากมีพื้นที่ใช้สอยเป็นประจำ กลุ่มผู้ใช้ชั่วคราว เป็นกลุ่มผู้ใช้อาคารในช่วงระยะเวลาอันสั้นตามความจำเป็นในการใช้อาคารในขณะนั้น ไม่ได้มีพื้นที่ใช้สอยประจำแต่มีการใช้สอยเป็นการชั่วคราว จึงมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในลักษณะชั่วคราวด้วย ซึ่งจะกระจายอยู่ในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่กำหนดไว้เพียงบางส่วนของอาคาร โดยมักเป็นส่วนสาธารณะหรือกึ่งสาธารณะ

ด้านสุขภาพและความสบายของผู้ใช้งาน สามารถใช้อธิบายเรื่องประสาทสัมผัสทางกาย เช่น เมื่ออากาศในพื้นที่ร้อนเกินไปอาจทำให้บุคคลนั้นรู้สึกไม่สบาย และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความรู้สึกไม่สบายก็เพิ่มขึ้นตาม จนทำให้เกิดอาการเหนื่อยล้า ซึ่งอาจเกิดจากมลภาวะอากาศที่มากกว่าอากาศที่ร้อนเกินไป แต่ด้วยผลกระทบส่วนใหญ่เป็นอากาศโดยทั่วไปมากกว่าที่จะเป็นอากาศแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับคนเพียงคนเดียวหรือ เกิดขึ้นได้กับคนทั้งกลุ่ม ซึ่งในบางครั้งปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารอาจจะเกิดขึ้นได้จากสิ่งกระตุ้นอย่างอื่น เช่น เสียง แสง การสั่นสะเทือนที่ไม่เหมาะสม ความเครียด ซึ่งมักจะเกิดเป็นอาการปวดหัว เหนื่อยล้า การระคายเคืองหรือวิงเวียนศีรษะได้ นอกจากนี้ด้วยลักษณะอาการที่เกิดขึ้น เราสามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการค้นหาบ่งชี้ระยะเวลาในการเกิดโรคต่าง ๆ ภายใต้ลักษณะปัญหาอย่างไร อะไรที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิด

อาการของโรคขึ้น สำหรับในกลุ่มบุคคลที่มีความรู้สึกไวเป็นพิเศษต่อผลกระทบของสิ่งปนเปื้อนในอากาศ สามารถแบ่งเป็นประเภทได้ 4 ประเภทดังนี้ (โดยไม่จำเป็นที่จะจำกัดเฉพาะกับกลุ่มบุคคลกลุ่มดังกล่าวเพียงอย่างเดียว)

1) ผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ หอบหืด
2) ผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ
3) ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันลดลงเนื่องจากผ่านการเข้ารับการรักษาบำบัด เช่น การทำเคมีบำบัด
4) ผู้ที่เป็นโรคหัวใจ

2.3.5 ลักษณะอาคารโดยแบ่งตามกฎกระทรวงฉบับที่ 4 พ.ศ.2526 ออกตามความใน พรบ. ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522

อาคารชุมนุมคน คืออาคารที่มีผู้ใช้งานในอาคารมากกว่า 500 คนขึ้นไป หรือ มีขนาดของพื้นที่เกิน 1,000 ตรม. ไม่เกิน 10,000 ตรม. เช่น Canteen โรงอาหาร อาคารสำนักงาน ห้องประชุม ห้องละ 20 คน จำนวน 25 ห้อง ร้านสะดวกซื้อขนาดใหญ่ที่ไม่ตั้งอยู่ภายในห้างสรรพสินค้า สนามกีฬาอัฒจันทร์ เป็นต้น

อาคารสาธารณะ คือ อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคน เพื่อกิจกรรมทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ การพาณิชยกรรม เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา หอสมุด สนามกีฬา ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานบริการ ท่าอากาศยาน อุโมงค์ อาคารจอดรถ เป็นต้น

2.3.6 ลักษณะอาคารศูนย์การค้า คือ อาคารหรือกลุ่มอาคารที่มีการขายสินค้าและบริการแบบขายปลีก อาจอยู่ภายใต้อาคารเดียวกันหรืออยู่กลางแจ้งแบบเปิดโล่งก็ได้ ศูนย์การค้ามีความแตกต่างจากห้างสรรพสินค้า คือ ศูนย์การค้าไม่ต้องไปหาผลิตภัณฑ์มาวางขาย แต่เปิดให้เช่าพื้นที่กับตัวแทนจำหน่ายจากธุรกิจอื่น ๆ มีการทำสัญญาเก็บค่าเช่าตามระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่ห้างสรรพสินค้าจะเป็นผู้ไปติดต่อผู้ผลิตหรือพ่อค้าคนกลางเพื่อนำสินค้ามาจำหน่ายเองโดยที่องค์ประกอบของศูนย์การค้านั้นมีหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนอาจจะมีหรือไม่มีองค์ประกอบเหล่านั้นในแต่ละศูนย์การค้าก็ได้ เช่น ร้านค้าย่อยหรือร้านค้า คือผู้เช่าหลักของศูนย์การค้า เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของศูนย์การค้า ซึ่งมีทั้งผู้ค้าอิสระหรือผู้ค้าจากกลุ่มธุรกิจ ร้านค้านั้นมีหลายรูปแบบ ตั้งแต่ร้านอาหาร ภัตตาคาร ร้านขายยา ร้านขายสินค้าเฉพาะทาง รวมไปถึงธนาคาร เป็นต้น ห้างค้าปลีกของชำ เป็นอีกองค์ประกอบของศูนย์การค้า โดยมากจะอยู่ที่ชั้นล่าง มีหน้าที่ดึงลูกค้าให้เข้ามาใช้บริการอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสินค้าชำ เป็นสินค้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ศูนย์การค้าส่วนมากจึงมีห้างค้าปลีกของชำเป็นส่วนประกอบ โดยบางแห่งอาจมีขนาดใหญ่กว่าตัวพื้นที่ให้เช่า ซึ่งเป็นเพราะเน้นห้างค้าปลีกของชำและผสมผสานพื้นที่ให้เช่า ศูนย์อาหาร เป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบของศูนย์การค้า แต่บาง

แห่งก็เป็นองค์ประกอบของห้างค้าปลีกของชำด้วย ศูนย์อาหารโดยทั่วไปจะมีร้านค้าที่มีอาหารหลากหลายระดับหนึ่ง มีการจัดพื้นที่ให้สามารถนั่งรับประทานอาหารได้ ข้อแตกต่างระหว่างศูนย์อาหารและร้านอาหาร คือ ศูนย์อาหารจะเป็นหลาย ๆ ร้าน ขายอยู่ในพื้นที่เดียวกัน โดยใช้ภาชนะและพื้นที่รับประทานอาหารร่วมกันกับร้านอื่นๆที่ทางศูนย์การค้าได้จัดเตรียมไว้ให้ และในกรณีของกลุ่มร้านอาหารอาจมีการจัดพื้นที่ในลักษณะที่คล้ายกัน แต่การใช้ภาชนะและพื้นที่จะเป็นของแต่ละร้าน ไม่ได้ใช้พื้นที่ร่วมกัน ทั้งนี้ราคาค่าอาหารในศูนย์อาหารโดยมากจะมีราคาเฉลี่ยเท่ากับหรือมากกว่าท้องตลาดเล็กน้อย ห้างสรรพสินค้าเปรียบเสมือนร้านค้าขนาดใหญ่ โดยมากหากอยู่ในศูนย์การค้าจะอยู่บริเวณโซนใดโซนหนึ่ง โดยสินค้าที่ขายอาจมีเหมือนหรือแตกต่างกับบริเวณร้านค้าให้เช่าได้ บ่อยครั้งที่ห้างสรรพสินค้าซึ่งเป็นองค์ประกอบของศูนย์การค้า มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักมากกว่าตัวศูนย์การค้า จึงมักเกิดการสับสนในการเรียกชื่อได้ เช่น กรณีห้างสรรพสินค้าเซนทรัล ภายในอุทยานการค้ากาดสวนแก้ว เชียงใหม่ ห้างสรรพสินค้าโรบินสันภายในศูนย์การค้าเซนทรัลพลาซ่าเชียงใหม่แอร์พอร์ต และห้างสรรพสินค้าเซนทรัลภายในศูนย์การค้าสีลมคอมเพล็ก ซึ่งมักจะถูกเรียกชื่อของห้างสรรพสินค้าแทนชื่อของศูนย์การค้า โรงมหรสพและพื้นที่กิจกรรมพิเศษ ในบางครั้งศูนย์การค้าขนาดใหญ่ๆมักจะมีการสร้างโรงภาพยนตร์ โรงละคร ตลอดจนพื้นที่กิจกรรมพิเศษ เช่น ลานกิจกรรมกลางแจ้ง ห้องประชุม ลานโบว์ลิ่ง ลานสเกตน้ำแข็ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการตอบสนองต่อรูปแบบการดำเนินชีวิตของกลุ่มลูกค้าเป็นหลัก และบางกรณีศูนย์การค้านั้นอาจมีโรงมหรสพเป็นองค์ประกอบหลัก อาคารสำนักงานและอาคารพักอาศัย ศูนย์การค้าขนาดใหญ่และขนาดใหญ่พิเศษ มักจะมีการสร้างอาคารสำนักงานและ/ หรืออาคารพักอาศัย เช่น โรงแรม เป็นส่วนประกอบด้วย แต่โดยทั่วไปแล้วอาคารเหล่านี้มักจะมีการบริหารแยกต่างหากจากพื้นที่ศูนย์การค้า หรือในทางกลับกัน ศูนย์การค้าด้านล่างอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งของโครงการบริหารพื้นที่ของอาคารเหล่านั้น ศูนย์การค้าได้มีการแบ่งประเภทโดยสภาศูนย์การค้าระหว่างประเทศ (International Council of Shopping Centers: ICSC) ตามขนาดพื้นที่ศูนย์การค้าเป็นหลัก ไว้ 8 ดังนี้ ศูนย์การค้าใกล้บ้าน (Neighborhood Mall) เป็นศูนย์การค้าขนาดเล็ก มีขนาดพื้นที่ใช้สอยรวมไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร โดยทั่วไปจะมีซุปเปอร์มาร์เก็ต และร้านขายยาเป็นร้านค้าหลัก อาจจะประกอบด้วยร้านค้าประเภทอื่นบ้าง ในประเทศไทยจะพบว่าอาจจะมีสาขาย่อยของธนาคารรวมอยู่ด้วย โดยศูนย์การค้าประเภทนี้ สร้างสำหรับรองรับลูกค้าในระยะรัศมี 5 กิโลเมตร ตัวอย่างเช่น แอทการ์เด้น แอทโอเอซิส และเมโทรมอลล์ เป็นต้น ศูนย์การค้าชุมชน (Community Mall) เป็นศูนย์การค้าขนาดกลาง มีขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 10,000-50,000 ตารางเมตร มีร้านค้าหลักเป็นซุปเปอร์มาร์เก็ต และร้านอาหารเป็นหลัก โดยทั่วไปจะมีร้านอาหารที่หลากหลาย และมักจะมีธนาคารและร้านขายสินค้าเฉพาะทางร่วมด้วย โดยศูนย์การค้าประเภทนี้จะรองรับลูกค้าในรัศมี 10 กิโลเมตร ตัวอย่างเช่น เมเจอร์อเวนิว รัชโยธิน เป็นต้น

ศูนย์การค้าภูมิภาค (Regional Mall) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ มีขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 50,000-150,000 ตารางเมตร มีร้านค้าหลักประกอบด้วยซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร ธนาคาร ร้านขายสินค้าเฉพาะทาง พื้นที่กิจกรรม ศูนย์อาหาร อาคารสำนักงาน เป็นต้น โดยศูนย์การค้าประเภทนี้จะรองรับลูกค้าในรัศมี 30-40 กิโลเมตร ซึ่งศูนย์การค้าเซนทรัลพลาซ่า เดอะมอลล์ช็อปปิ้งเซ็นเตอร์ และคลังพลาซ่านครราชสีมาอยู่ในข่ายนี้ ศูนย์การค้าพหุภูมิภาค (Superregional Mall) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่พิเศษ มีขนาดพื้นที่ใช้สอยมากกว่า 150,000 ตารางเมตร มีร้านค้าหลักประกอบด้วยซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร ธนาคาร ร้านขายสินค้าเฉพาะทาง พื้นที่กิจกรรม ศูนย์อาหาร อาคารสำนักงาน เป็นต้น โดยศูนย์การค้าประเภทนี้ จะรองรับลูกค้าในรัศมีมากกว่า 40 กิโลเมตร ซึ่งศูนย์การค้า เซนทรัลเวิลด์ เซนทรัลเวสท์เกต สยามพารากอน บางกอกมอลล์ และเมกาบางนาอยู่ในเกณฑ์นี้ ศูนย์การค้าเฉพาะทาง (Specialty Mall) เป็นศูนย์การค้าที่จำหน่ายสินค้าเฉพาะบางประเภทเป็นหลัก ไม่มีการแบ่งขนาด ร้านค้าหลักจะเป็นร้านค้าในหมวดหมู่เดียวกัน หรือหมวดหมู่ใกล้เคียงกัน แต่สามารถมีร้านหนังสือ ร้านขายยา ร้านอาหาร และศูนย์อาหารรวมอยู่ด้วยได้ ศูนย์การค้าประเภทนี้มักเป็นที่รู้จักของลูกค้าที่ต้องการสินค้าเฉพาะทาง เช่น ศูนย์การค้าพันธุ์ทิพย์พลาซ่า ซึ่งจำหน่ายสินค้าประเภทคอมพิวเตอร์ ศูนย์การค้าแพลตินั่มแฟชั่นมอลล์ ซึ่งจำหน่ายสินค้าประเภทเครื่องแต่งกาย เป็นต้น พาวเวอร์เซ็นเตอร์ (Power Center) เป็นศูนย์การค้ารูปแบบพิเศษ อาจมีความทับซ้อนในแง่ของขนาดกับศูนย์การค้าแบบปกติ แต่พาวเวอร์เซ็นเตอร์มีลักษณะพิเศษ คือ มีองค์ประกอบสำคัญที่เป็นร้านค้าขนาดใหญ่ เช่น ค้าปลีกของชำ ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าเฉพาะทาง รวมถึงโรงมหรสพ รวมกันสามรายขึ้นไปและมีร้านค้าย่อยๆเป็นส่วนประกอบ เช่น ศูนย์การค้าแฟชั่นไอส์แลนด์ เป็นต้น ธีมมอลล์ (Theme Mall) เป็นศูนย์การค้ารูปแบบพิเศษ มีลักษณะพิเศษ คือ มีการตกแต่งภายในให้เป็นรูปแบบพิเศษจากปกติ อาจจะอ้างอิงถึงสถาปัตยกรรมในแหล่งท่องเที่ยว หรือจัดให้มีลักษณะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ศูนย์การค้าประเภทนี้โดยมากมักสร้างเพื่อรองรับกิจกรรมการท่องเที่ยวมากกว่าลูกค้าที่จับจ่ายสินค้าในชีวิตประจำวัน ดังนั้นจึงอาจจะไม่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบครบถ้วนในแง่ของขนาดต่อองค์ประกอบต่างๆเมื่อเทียบกับศูนย์การค้าปกติ เช่น ศูนย์การค้าเทอร์มินอล 21 เป็นต้น เอาท์เล็ทมอลล์ (Outlet Mall) เป็นศูนย์การค้ารูปแบบพิเศษคล้ายพาวเวอร์เซ็นเตอร์ แต่ร้านค้าหลักจะเป็นร้านค้าที่จัดจำหน่ายสินค้าจากผู้ผลิต หรือสินค้าที่มีตำหนิเล็กน้อย โดยจัดจำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าท้องตลาด อย่างไรก็ตาม อาจจะมีองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ศูนย์อาหารหรือร้านอาหารร่วมด้วย เช่น พรีเมี่ยมเอาท์เล็ท (Premium Outlet Thailand) เป็นต้น สำหรับทฤษฎีของอเมริกาได้มีการแบ่งประเภทของศูนย์การค้าสำหรับชุมชนขนาดต่าง ๆ โดยแบ่งตามขนาดและการขยายตัวของชุมชน ได้ดังนี้

Neighberhood Center เป็นศูนย์การค้าตามชานเมืองระดับหมู่บ้าน สำหรับชุมชนขนาด 800 – 12,000 ครอบครัว ศูนย์การค้าประเภทนี้จะประกอบไปด้วยร้านค้า ตั้งขนานไปกับทางหลวง มีที่จอดรถคั่นกลาง มีการบริการส่งของทางด้านหลัง ขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 – 10,000 ตารางเมตร ประกอบด้วยซูเปอร์มาร์เกต ร้านขายยา ร้านค้าย่อย สินค้ามีให้เลือกไม่มากนัก

Intermediate or Community-size Center มีลักษณะเช่นเดียวกันกับ Neighberhood Center แต่มีขนาดใหญ่กว่า ขนาดพื้นที่ 10,000 – 20,000 ตารางเมตร

Regional Center ศูนย์การค้าประเภทนี้จะประกอบไปด้วยร้านสรรพสินค้าตั้งแต่ 1 ร้าน ถึง 4 ร้าน โดยมีร้านย่อย 50 – 100 ร้าน ทั้งหมดเชื่อมกันด้วยทางเดินภายใน เป็นลักษณะ Mall ที่จอดรถจะอยู่รอบๆอาคาร

Downtown Shopping Center เป็นศูนย์การค้าในเมือง ประกอบไปด้วยห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ร้านอาหาร มีแนวโน้มใช้ทางติดต่อที่เชื่อมกับกิจกรรมอื่น ๆ เช่น โรงแรม สำนักงาน โรงภาพยนตร์ เพื่อช่วยลดปัญหาเรื่องที่จอดรถ อาคารต้องขึ้นทางสูง โดยการซ้อนชั้นกัน ทั้งนี้สำหรับรายงานสถานการณ์อสังหาริมทรัพย์ของ CB Richard Ellis นั้นได้จำแนกประเภทของธุรกิจค้าปลีกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) Shopping Mall หรือศูนย์การค้า ประกอบด้วยพื้นที่ขายสินค้าที่แบ่งเป็นห้องสำหรับผู้เช่า รายได้หลักมาจากการให้เช่าพื้นที่ขายสินค้าซึ่งอาจเป็นค่าเช่าที่คงที่หรือคิดตามสัดส่วนของรายได้ของผู้เช่า ในระยะหลังนี้ ศูนย์การค้าขนาดเล็กในเขตชานเมืองประเภท Community Mall หรือ Neighborhood Center เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้น

2) Department Store หรือห้างสรรพสินค้า เป็นทั้งผู้ค้าปลีกและเจ้าของที่ดินเพื่อให้ผู้อื่นเช่า

3) ห้างขายปลีกขนาดใหญ่ (Superstore) หรืออีกชื่อหนึ่งว่า Hypermarket เป็นผู้ค้าปลีกที่มีรายได้หลักจากการขายสินค้าและมีการแบ่งพื้นที่ให้เช่าสำหรับขายผลิตภัณฑ์และบริการพื้นฐาน เช่น อาหาร เครื่องดื่ม หรือสาขาย่อยของธนาคารต่าง ๆ

ตารางที่ 2.8: ประเภทของศูนย์การค้าและคุณลักษณะ

				TYPICAL ANCHOR(S)			
TYPE	CONCEPT	SQ. FT. (Inc. Anchors)	ACREAGE	NUMBER	TYPE	ANCHOR RATIO*	PRIMARY TRADE AREA**
NEIGHBORHOOD CENTER	Convenience	30,000 - 150,000	3 - 15	1 or more	Supermarket	30 - 50%	3 miles
COMMUNITY CENTER	General Merchandise; Convenience	100,000 - 350,000	10 - 40	2 or more	Discount dept. store; super-market; drug; home improvement; large specialty/discount apparel	40 - 60%	3 - 6 miles
REGIONAL CENTER	General Merchandise; Fashion (Mall, typically enclosed)	400,000 - 800,000	40 - 100	2 or more	Full-line dept. store; jr. dept. store; mass merchant; disc. dept. store; fashion apparel	50 - 70%	5 - 15 miles
SUPERREGIONAL CENTER	Similar to Regional Center but has more variety and assortment	800,000+	60 - 120	3 or more	Full-line dept. store; jr. dept. store; mass merchant; fashion apparel	50 - 70%	5 - 25 miles
FASHION/SPECIALTY CENTER	Higher end, fashion oriented	80,000 - 250,000	5 - 25	N/A	Fashion	N/A	5 - 15 miles
POWER CENTER	Category-dominant anchors; few small tenants	250,000 - 600,000	25 - 80	3 or more	Category killer; home improvement; disc. dept. store; warehouse club; off-price	75 - 90%	5 - 10 miles
THEME/FESTIVAL CENTER	Leisure; tourist-oriented; retail and service	80,000 - 250,000	5 - 20	N/A	Restaurants; entertainment	N/A	N/A
OUTLET CENTER	Manufacturers' outlet stores	50,000 - 400,000	10 - 50	N/A	Manufacturers' outlet stores	N/A	25 - 75 miles

* The share of a center's total square footage that is attributable to its anchors
**The area from which 60 - 80% of the center's sales originate

ICSC Shopping Center Definitions is published by
International Council of Shopping Centers
1221 Avenue of the Americas
New York, New York 10020-1099
Phone: 646-728-3671
Fax: 212-589-5555
http://www.icsc.org

ที่มา : International Council of Shopping Centers (ICSC). (1994). *ICSC research quarterly*. New York: International Council of Shopping Centers.

2.3.7 การจัดผังศูนย์การค้าในลักษณะต่าง ๆ

ในการกำหนดตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ ในการวางผังนั้นต้องคำนึงถึง การป้องกันรอบ ๆ ที่ตั้งที่จะนำความเสื่อมมาสู่โครงการ ร้านค้าย่อยและกิจกรรมต่าง ๆ ต้องเปิดทางเดินหรือทางเท้าให้สามารถเข้าถึงได้มากที่สุด มีการจัดวางแยกทางรถชนิดต่าง ๆ ออกจากกันและแยกจากทางคนเดิน สร้างบรรยากาศที่สะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานให้มากที่สุด พร้อมทั้งรักษาความเป็นระเบียบ ความกลมกลืนและสวยงาม โดยมีการจัดแบ่งตามลักษณะดังนี้

1) Strip Centre with Curb Parking จะประกอบไปด้วยแถวของร้านค้ายาวประมาณ 200 เมตรไปตามแนวทางหลวง ลูกค้าจะจอดรถหน้าร้านเลือกซื้อของในร้านแล้วกลับขึ้นรถเลยไม่เดินเล่นดูของจากร้านอื่น ๆ

2) Strip Centre with Off-Street Parking คล้ายกับ Strip Centre with Curb Parking แต่จะมีพื้นที่ระหว่างร้านค้าและทางหลวงซึ่งทำให้สามารถจอดรถได้ ทางเดินหน้าร้านอาจจัดให้กว้างขึ้นเพื่อเดินได้สะดวก

3) Double-Strip Centre with Off-Street Parking ประกอบด้วยแถวของร้านค้า 2 แถวหันหน้าเข้าหากันทางด้าน Mall โดยมีที่จอดรถอยู่รอบนอก 4 ด้าน มีร้านสรรพสินค้า หรือ Magnet อื่น ๆ อยู่ปลายสุดของร้านค้าย่อยทั้ง 2 ร้าน ลูกค้าสามารถเดินซื้อสินค้าระหว่างร้านได้ไกลขึ้น และไม่ต้องกังวลถึงทางรถหรือปัญหามลภาวะต่าง ๆ จากถนน ทำให้การซื้อของสะดวกขึ้น

4) Mall Centre with Only One Magnet การจัดโดยใช้ Magnet อยู่ปลายสุดของแถวร้านค้า จะทำให้ทางเดินของลูกค้าส่วนใหญ่ไปไม่ทั่วถึงศูนย์การค้า โดยลูกค้าส่วนใหญ่จะเดินแถบร้านค้าที่อยู่ใกล้ Magnet เท่านั้น

5) Mall Centre with Magnet Centrally Placed คล้ายกับ Mall Centre with Only One Magnet แต่ Magnet จะย้ายมาอยู่ตรงส่วนกลางด้านใดด้านหนึ่ง

6) Cluster Type Centre ศูนย์การค้าลักษณะนี้ Magnet จะตั้งอยู่ในตำแหน่งที่เป็นศูนย์กลางของศูนย์การค้า โดยมีทางเดินรอบ ๆ และมีร้านค้าย่อยอยู่รอบนอก

7) Introverted Centre ด้านหน้าของร้านค้าทั้งหมดจะหันเข้าสู่ด้านในของ Mall ทางเข้าหลักจะเข้าจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยจะไม่ให้เข้าจากร้านค้าย่อย ซึ่งทำให้สามารถควบคุมทิศทาง และทำให้คนเดินชมสินค้าและซื้อของในร้านต่าง ๆ มากขึ้น (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2542)

2.3.8 ประเภทของกิจกรรมภายในพื้นที่

การวางผังบริเวณเพื่อกำหนดพื้นที่ส่วนให้เช่าทั้งหมด ประเภทของสินค้า การกำหนดเขตการใช้พื้นที่ การจราจร ทางเข้าต่าง ๆ สภาพทางกายภาพ การวางตำแหน่งของการใช้ที่ดินสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.3.8.1 ส่วนที่เป็นโครงสร้าง ประกอบด้วย ส่วนร้านค้า ส่วนบริการต่าง ๆ เช่น ส่วนห้องเครื่องปรับอากาศ ไฟฟ้า ส่วนบำรุงรักษา ส่วนรับส่งสินค้า ทางรถบริการ ส่วนพาณิชยกรรมอื่น ๆ เช่น ส่วนสำนักงาน ส่วนบันเทิง ส่วนสำหรับให้บริการชุมชน เช่น ศูนย์ชุมชน บริเวณเด็กเล่น

2.3.8.2 ส่วนที่จอดรถ ทั้งระดับดิน และซ้อนกันเป็นชั้น

2.3.8.3 ส่วนทางคนเดิน ทั้งทางเชื่อมต่อระหว่างร้านค้าต่าง ๆ พลาซ่า คอร์ท ที่ไม่มีหลังคาคลุม และทางเชื่อมระหว่างร้านค้าต่าง ๆ ระเบียง Mall คอร์ท ที่มีหลังคาคลุม

2.3.8.4 ส่วนทางรถวิ่ง โดยแจกจ่ายระบบทางรถต่าง ๆ ในบริเวณโครงการ

2.3.8.5 ส่วนการขนส่งสาธารณะ รถโดยสาร ที่จอดรถโดยสาร ที่จอดรถแท็กซี่

2.3.8.6 ส่วนภูมิสถาปัตยกรรม ใช้เป็นส่วนแบ่งส่วนรถบริการ หรือที่จอดรถจากระบบถนนสาธารณะ หรือส่วนรถบริการจากรถผู้ใช้บริการ หรือใช้เป็นส่วนแยกรถออกเป็นส่วน ๆ

2.3.8.7 ส่วนที่เหลือไว้ เพื่อการขยายโครงการต่อไปในอนาคต

2.3.9 งานและกิจกรรม

งานในที่นี้หมายถึง ตำแหน่งหน้าที่ในการทำงาน เช่น พนักงานพิมพ์ดีด เลขานุการ พนักงานส่งของ ส่วนกิจกรรม หมายถึงงานย่อยที่ทำในหน้าที่ใดหน้าที่หนึ่ง เช่น พนักงานส่งของจะมีกิจกรรมหลักคือ การยกของขึ้นและลงรถ ขับรถ และเนื่องจากกิจกรรมเป็นตัวกำหนดค่าพลังงานที่ร่างกายใช้ ถ้ากิจกรรมที่ทำตลอดวันเป็นกิจกรรมเบาแสดงว่าร่างกายใช้พลังงานน้อยมากและไม่เพียงพอที่จะทำให้มีสุขภาพดีจากผลของการทำงานได้ และอาจก่อให้เกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ กิจกรรมนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามพลังงานที่ใช้หรืออัตราการเต้นของหัวใจในการทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้แก่ กิจกรรมเบา ปานกลาง หนัก โดยกิจกรรมเบาใช้พลังงานน้อยกว่า 3 กิโลแคลอรีต่อนาที หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย 90 ครั้งต่อนาที เช่น กิจกรรมที่ต้องนั่งหรือยืนนาน เคลื่อนไหวเฉพาะมือหรือนิ้ว กิจกรรมในสำนักงาน งานบ้าน เช่น การกวาดบ้านถูบ้าน การนั่งเรียนหนังสือในห้องเรียน เป็นต้น กิจกรรมปานกลาง ได้แก่ กิจกรรมที่ต้องออกแรงแขน ขา และมีการเคลื่อนไหวทั้งร่างกายเป็นครั้งคราว เช่น การถือหรือแบกและยกวัตถุที่หนักน้อยกว่า 23 กิโลกรัม ส่วนกิจกรรมหนัก ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว มีการเคลื่อนไหวทั้งตัวและต้องใช้แรงมาก เช่น การเดินขึ้นบันไดอย่างรวดเร็วและการวิ่ง การถือหรือแบกและยกวัตถุที่หนักมากกว่า 23 กิโลกรัม งานของพนักงานดับเพลง เป็นต้น

ตารางที่ 2.9: ระดับความหนักเบาในกิจกรรมต่าง ๆ

เบา < 3.0 METs*	ปานกลาง 3.0 - 6.0 METs	หนัก > 6.0 METs
นอนหลับ = 0.9	ทำความสะอาดบ้าน = 3.0 - 3.5	เดินเร็วมาก = 6.3
นั่งอ่านหนังสือ = 1.0	เล่นโบว์ลิ่ง = 3.0	เต้นแอราบิก = 6.5
นั่งพูดโทรศัพท์ = 1.3	งานช่างไม้ทั่วไป = 3.6	เล่นฟุตบอล (ซ้อม) = 7.0
นั่งพิมพ์งานด้วยคอมพิวเตอร์ = 1.5	เต้นรำจังหวะช้า = 3.0	วิ่งเหยาะ = 8.0
นั่งเรียนหนังสือ จดบทเรียน = 1.8	ไทชี = 4.0	ขี่จักรยานเร็ว = 8.0
เดินห้างหรือสำนักงาน = 2.0	เต้นรำจังหวะเร็ว = 4.5	เล่นเทนนิสคนเดียว = 8.0
ทำอาหาร (ยืนเป็นส่วนมาก) = 2.0	เดินเร็ว = 5.0	ว่ายน้ำแข่งขัน = 8.0
ทำอาหาร (มีการเดินร่วม) = 2.5	เล่นปิงปอง = 4.0	เดินขึ้นบันได = 8.0
นั่งตกปลา = 2.5	เล่นปิงปองคู่ = 5.0	เดินแบกของขึ้นบันได = 9.5
นั่งเล่นดนตรีส่วนใหญ่ เช่น กีตาร์ ไวโอลีน = 2.0 - 2.5	เล่นเทนนิสคู่ = 6.0	กระโดดเชือก = 10.0
		แข่งขันฟุตบอล = 10.0

*Met คือ จำนวนเท่าของพลังงานที่ใช้ในขณะพัก

ที่มา: วรรธนะ ชลายนเดชะ. (2558). *พลังงานกับกิจกรรมทางกาย.* สืบค้นจาก http://www.doctor.or.th/node/2085.

กิจกรรมทั้งหลายที่ทำอยู่ทุกวันนี้ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น โดยมีวิธีการวัดพลังงานจากกิจกรรมต่าง ๆ แบ่งได้ 2 วิธี

2.3.9.1 การวัดโดยตรง วิธีการนี้ต้องให้คนเข้าอยู่ในห้องที่ปิดสนิท แต่ให้มีอากาศไหลเข้าออกในปริมาณที่เท่ากัน ทำกิจกรรมที่ต้องการรู้ค่าพลังงานแล้ววัดอุณหภูมิของห้องที่ร้อนขึ้น อุณหภูมิที่ร้อนขึ้นของห้องคือ พลังงานที่ร่างกายใช้ในการทำกิจกรรมนั้น วิธีนี้จะยุ่งยากและใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงแต่ได้ค่าที่เที่ยงตรง หน่วยของการวัดที่ได้จะเป็นพลังงาน นิยมใช้หน่วยแคลอรี (Calorie, c)

2.3.9.2 การวัดโดยอ้อม เป็นวิธีที่สะดวกกว่าการวัดโดยตรง ด้วยการวัดปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้ไป ออกซิเจนที่เข้าสู่กระแสเลือดจะถูกใช้ไปเผาผลาญอาหารในร่างกายด้วยกระบวนการ เมแทบอลิซึม (Metabolism) ได้มาเป็นพลังงานให้ร่างกายนำไปใช้วิธีการนี้ใช้กันทั่วไปและเป็นที่ยอมรับว่าสามารถทดแทนการวัดโดยตรงได้ หน่วยของการวัดจะเป็นปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปคือ จำนวนออกซิเจนที่มีหน่วยเป็นลิตร 1 ลิตรของออกซิเจนที่ใช้ไปจะมีค่าเท่ากับ 5 กิโลแคลอรี

นอกจากนี้ ยังมีหน่วยแสดงค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่เรียกว่า Metabolic Equivalent ย่อว่า MET เป็นหน่วยบอกจำนวนเท่าของการ ใช้พลังงานในกิจกรรมใด ๆ เทียบกับขณะนั่งพัก ซึ่งเท่ากับ 1 MET ยกตัวอย่างเช่น การเดินขึ้นบันไดจะใช้พลังงาน 8 เท่าของขณะพักหรือ 8 MRTs ซึ่ง 1 MET จะมีค่าเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตรของออกซิเจน/ น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)/ นาที ความแตกต่างของแต่ละบุคคล เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมัน โครงสร้างของร่างกาย ความคุ้นเคยและสภาวะแวดล้อมขณะทำกิจกรรมนั้น อาจทำให้ค่าที่ได้ผิดจากความจริงไปได้บ้าง แต่โดยรวมแล้วค่าความหนักและปริมาณแคลอรีที่ได้สามารถนำไปใช้กำหนดกิจกรรม ของแต่ละบุคคลได้ ข้อมูลต่อไปนี้ จะแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมที่ต่างกัน มีผลทำให้ร่างกายผลิตพลังงานในระดับที่แตกต่างกัน

BANGKOK UNIVERSITY FOUNDED 1962

ตารางที่ 2.10: แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายมนุษย์ที่ดำเนินกิจกรรมลักษณะต่าง ๆ

Table 4 Typical Metabolic Heat Generation for Various Activities

	Btu/h·ft²	met*
Resting		
Sleeping	13	0.7
Reclining	15	0.8
Seated, quiet	18	1.0
Standing, relaxed	22	1.2
Walking (on level surface)		
2.9 fps (2 mph)	37	2.0
4.4 fps (3 mph)	48	2.6
5.9 fps (4 mph)	70	3.8
Office Activities		
Reading, seated	18	1.0
Writing	18	1.0
Typing	20	1.1
Filing, seated	22	1.2
Filing, standing	26	1.4
Walking about	31	1.7
Lifting/packing	39	2.1
Driving/Flying		
Car	18 to 37	1.0 to 2.0
Aircraft, routine	22	1.2
Aircraft, instrument landing	33	1.8
Aircraft, combat	44	2.4
Heavy vehicle	59	3.2
Miscellaneous Occupational Activities		
Cooking	29 to 37	1.6 to 2.0
Housecleaning	37 to 63	2.0 to 3.4
Seated, heavy limb movement	41	2.2
Machine work		
sawing (table saw)	33	1.8
light (electrical industry)	37 to 44	2.0 to 2.4
heavy	74	4.0
Handling 110 lb bags	74	4.0
Pick and shovel work	74 to 88	4.0 to 4.8
Miscellaneous Leisure Activities		
Dancing, social	44 to 81	2.4 to 4.4
Calisthenics/exercise	55 to 74	3.0 to 4.0
Tennis, singles	66 to 74	3.6 to 4.0
Basketball	90 to 140	5.0 to 7.6
Wrestling, competitive	130 to 160	7.0 to 8.7

Sources: Compiled from various sources. For additional information, see Buskirk (1960), Passmore and Durnin (1967), and Webb (1964).
* 1 met = 18.4 Btu/h·ft²

2.4 แนวความคิดที่เกี่ยวกับพฤติกรรมและกิจกรรม

มนุษย์เป็นสัตว์สังคม เนื่องจากมนุษย์มีการปรับตัวให้เข้ากับมนุษย์ด้วยกัน และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ จนเกิดเป็นสภาพการอยู่อาศัยแบบสังคม ซึ่งสามารถแบ่งสิ่งที่มนุษย์มีความสัมพันธ์เป็น 2 ประการ ดังนี้

2.4.1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ ตลอดจนแสงสว่าง ระดับเสียงที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เป็นต้น และสิ่งที่ปรากฏตามธรรมชาติ เช่น ภูเขา ต้นไม้ แม่น้ำลำธาร ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนอยู่รอบ ๆ ตัวมนุษย์ ก่อให้เกิดการอยู่รวมกันอย่างแยกไม่ออก เพราะมนุษย์ไม่สามารถอยู่อย่างโดดเดี่ยวได้ จึงมีความสัมพันธ์กับมนุษย์ด้วยกันอย่างไม่อาจเลี่ยง

2.4.2 สิ่งที่เป็นนามธรรม ได้แก่ ค่านิยมและความเชื่อ เป็นสิ่งที่สืบทอดกันมาทางวัฒนธรรมและศาสนาที่มีความแตกต่างกันของกลุ่มสังคม ตลอดจนแนวความคิด ความรู้และทัศนคติต่าง ๆ สิ่งที่เป็นนามธรรมนี้ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมกายภาพและความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ด้วยกันเป็นไปได้ โดยเป็นไปตามบรรทัดฐานที่สังคมกำหนดไว้ โดยความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมกายภาพในเชิงพฤติกรรมนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ทั้งหลาย โดยเป็นไปตามปัจจัยด้านมนุษย์ เช่น ความจำเป็น ความต้องการ หรือเป้าหมายของบุคคลในขณะนั้น หรือตามความคาดการณ์ในอนาคตและเป็นไปตามประสบการณ์ในอดีตของแต่ละบุคคล ซึ่งย่อมไม่เหมือนกัน และขึ้นอยู่กับสภาวะของสภาพแวดล้อมกายภาพในปัจจุบัน หรือการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต (วิมลสิทธ์ หรยางกูร, บุษกร เสรฐวรกิจ และศิวาพร กลิ่นมาลัย, 2554)

1. จากความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมและมนุษย์ทำให้องค์ประกอบทางสภาพแวดล้อมเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของมนุษย์ อาจกล่าวได้ว่า พฤติกรรมของมนุษย์ในสังคมนั้นขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ทำให้มนุษย์มีพฤติกรรมที่มีความแตกต่างในสังคม หรือพฤติกรรมมนุษย์เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลภายในตัวบุคคลกับอิทธิพลภายนอกแต่ละบุคคล รับรู้ด้วยตัวกำหนดทางพฤติกรรม (Lewin, 1951 อ้างใน นพดล สหชัยเสรี, 2550)

มนุษย์มีส่วนสำคัญในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อม พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจึงได้รับอิทธิพลโดยตรง โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรม ดังนี้

2.4.2.1 ปัจจัยทางด้านสรีรวิทยา (Physiological Factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพื้นฐานทางชีวภาพของมนุษย์ เช่น ความรู้สึกหิว ความรู้สึกง่วงนอน ระบบทางสรีระของมนุษย์เกี่ยวกับระบบประสาทสัมผัสต่าง ๆ และระบบประสาทส่วนกลาง เช่น สมอง ที่มีผลต่อพฤติกรรมภายในหรือพฤติกรรมปกปิด (Covert Behavior) เป็นพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกแล้วแต่

ผู้อื่นไม่สามารถมองเห็นหรือสังเกตได้โดยตรงจนกว่าบุคคลนั้นจะเป็นผู้บอกหรือแสดงบางอย่างเพื่อให้ผู้อื่นรับรู้ได้ เช่น การรู้สึก การเรียนรู้ การรับรู้ การจำ อารมณ์และความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ส่วนที่มีผลต่อพฤติกรรมภายนอก (Overt Behavior) หรือพฤติกรรมเปิดเผย เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาให้สังเกตเห็นได้ รับรู้ได้ หรือใช้เครื่องมือตรวจสอบได้ เช่น การนั่ง การพูด การหัวเราะ การทำงานของชีพจร

2.4.2.2 ปัจจัยด้านบุคลิกภาพ (Personality Factors) บุคลิกภาพเป็นลักษณะเฉพาะของบุคคล ซึ่งมีความซับซ้อน นอกจากนี้บุคคลยังมีความโน้มเอียงทางจิตใจต่อสภาพแวดล้อม (Environmental Disposition) ที่แตกต่างกันด้วย

2.4.2.3 ปัจจัยด้านสังคม (Social Factors) เป็นปัจจัยที่สอดคล้องกับโครงสร้างทางสังคม และบทบาทหน้าที่ตามสถานภาพทางสังคม

2.4.2.4 ปัจจัยด้านวัฒนธรรม (Cultural Factors) เป็นบรรทัดฐานทางสังคมที่มีความเฉพาะในแต่ละบุคคล โดยยึดเป็นแบบอย่างจากรุ่นสู่รุ่น เช่น ความเชื่อและศาสนา ซึ่งจะสะท้อนถึงลักษณะพฤติกรรมการเป็นอยู่ตามสภาพแวดล้อมกายภาพที่อาศัยอยู่

นักจิตวิทยา ยอมรับว่า ทุกคนย่อมมีความแตกต่างกันแม้แต่ฝาแฝดก็ไม่เหมือนกัน สิ่งสำคัญที่ทำให้บุคคลแตกต่างกัน คือ พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยความแตกต่างที่ทำให้บุคคลมีลักษณะเฉพาะของตนเองเรียกว่า เป็นความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences) อาจแบ่งได้เป็น ความแตกต่างทางอารมณ์ (Emotion) ความแตกต่างทางความถนัด (Aptitude) ความแตกต่างของพฤติกรรม (Behavior) ความแตกต่างของความสามารถ (Ability) ความแตกต่างของทัศนคติ (Attitude) ความแตกต่างของความต้องการ (Needs) ความแตกต่างของรสนิยม (Tests) ความแตกต่างทางสังคม (Social) ความแตกต่างของลักษณะนิสัย (Habit) โดยในความหมายทางจิตวิทยาสังคม พฤติกรรมย่อมหมายรวมทั้งพฤติกรรมภายใน (Covert Behavior) และพฤติกรรมภายนอก (Overt Behavior) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นให้มนุษย์กระทำพฤติกรรมต่าง ๆ หรือแม้แต่ตัวมนุษย์เองก็เป็นตัวกระตุ้นทางสังคมได้ทั้งสิ้น ซึ่งการศึกษาพฤติกรรมมนุษย์นั้น นักจิตวิทยาสังคมมองสังคมมนุษย์ทั่วไปประกอบขึ้นด้วยตัวบุคคล จึงใช้ตัวบุคคลเป็นหน่วยวิเคราะห์หลักในการศึกษาถึงลักษณะพฤติกรรมของบุคคลในรูปของกลุ่ม ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า หัวใจสำคัญของการศึกษาทางจิตวิทยาสังคม มี 2 ประการ คือ ตัวบุคคลและภาวะจิตของบุคคลที่นำมาในสถานการณ์ที่จะเกิดมีพฤติกรรมขึ้น และ กระบวนการอิทธิพลทางสังคม ซึ่งมาจากสิ่งแวดล้อมที่จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสังคมของบุคคล มนุษย์จึงมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมเพื่อทำกิจกรรมในสังคม และเมื่อมนุษย์อาศัยอยู่รวมกันมากขึ้น จึงเกิดความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ด้วยกันเอง จากระหว่างบุคคลมีความสัมพันธ์ด้วยกิจกรรม กลายเป็นกลุ่มบุคคลมีความสัมพันธ์กัน เมื่ออยู่กันเป็นจำนวนมากและมี

ความหนาแน่นมากขึ้น ย่อมก่อให้เกิดสภาวะปัญหาของการอยู่ร่วมกัน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม นักสังคมวิทยา เชื่อว่าพฤติกรรมมนุษย์ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมหรือสภาวะภายนอกทั้งปวง (Eternal Conditions) ที่อยู่รอบตัวของมนุษย์ ทั้งสิ่งที่มีรูปร่างและไม่มีรูปร่าง ตลอดจนพลังงานต่าง ๆ ที่จับต้องได้ รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ อากาศ ความร้อน ความเย็น แสงแดด แร่ธาตุ กระแสไฟฟ้า เครื่องมือสื่อสาร เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถือว่าเป็นสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลเหนือมนุษย์ทั้งในแง่ที่อำนวยให้เกิดผลดีและผลร้าย โดยที่มนุษย์ไม่มีทางหลีกหนี ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น ความร้อนอบอ้าวหรืออุณหภูมิสูง ๆ สภาวะเสียงดัง กลิ่นเหม็น สิ่งเหล่านี้เป็นสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเชิงลบ ปัจจัยด้านการงานที่ต้องแบกรับและอาจมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น เวลา หรือความคาดหวังของบุคคล บีบคั้นทำให้เกิดสภาวะแออัดและก่อให้เกิดความเครียด ปัจจัยด้านความหนาแน่น ข้อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นที่เกิดจากการรับรู้กับความหนาแน่นตามสภาพจริง บุคคลมักมีความรู้สึกในด้านความหนาแน่นที่เกิดจากการรับรู้มากกว่าความหนาแน่นตามสภาพจริง จึงทำให้เกิดสภาวะแออัดที่มากน้อยต่างกัน ปัจจัยทางกายภาพหรือสถาปัตยกรรมที่ก่อให้เกิดความแออัด (Physical/ Architectural Factor Influencing Crowding)

ด้านการออกแบบอาคาร (Building Design) การออกแบบอาคารสูงย่อมทำให้มีความรู้สึกแออัดมากกว่าการออกแบบอาคารต่ำ เนื่องจากการรักษาความปลอดภัยอาคารสูงเป็นไปได้ยาก และระดับชั้นก็ยังมีผลต่อการรับรู้ความแออัดด้วย

ด้านการออกแบบพื้นที่ใช้สอย (Spatial Design) การจัดพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ ให้เพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการ การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ ตำแหน่งของที่นั่ง ช่วยลดปัญหาด้านความแออัดลงได้

ด้านการออกแบบองค์ประกอบ (Component Design) การออกแบบและปรับเปลี่ยนองค์ประกอบอาคาร เช่น การปรับระดับฝ้าเพดานให้สูง สำหรับรูปทรงของห้อง ถ้าเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะทำให้รู้สึกอึดอัดน้อยกว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผนังห้องที่เป็นระนาบตรงทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัดน้อยกว่าผนังโค้ง การใช้ผนังกั้นก่อให้เกิดความแออัดน้อยกว่าผนังตายตัว

ด้านการออกแบบทัศนาการ (Visual Design) การจัดให้มีสภาพแวดล้อมที่โปร่งและมีช่องรับแสงบนหลังคา ช่วยลดสภาวะความแออัดที่มีต่อสภาพแวดล้อมได้ การเจาะช่องแสงที่ผนังก็สามารถลดสภาวะความแออัดได้มากกว่าผนังทึบ เช่นเดียวกับการเลือกใช้สี ในห้องที่ใช้สีสว่างสามารถลดสภาวะความแออัดลงได้มากกว่าห้องที่ใช้สีมืด

สรุปการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและกิจกรรม พบว่า พฤติกรรมการอยู่อาศัยของมนุษย์ในสภาพแวดล้อมจะถูกกลไกด้านพฤติกรรมควบคุมที่ประกอบด้วย ภาวะเป็นส่วนตัว

ความหนาแน่นและความแออัด ในสภาพแวดล้อมและกลไกเหล่านั้นจะมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมและกิจกรรมของบุคคลที่แตกต่างกันออกไป ปัจจัยเหล่านั้น เช่น ปัจจัยด้านบุคคล เช่น เพศ อายุ ศาสนา การศึกษา รายได้ และบุคลิกภาพ ปัจจัยด้านสังคม เช่น สภาพทางสังคม หน้าที่และฐานะทางสังคม ปัจจัยด้านวัฒนธรรม เช่น วิถีชีวิตความเป็นอยู่ของแต่ละบุคคล และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น การจัดองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร

2.5 แนวความคิดที่เกี่ยวกับการรับรู้สภาพแวดล้อม

เป็นการสังเกตพฤติกรรมมนุษย์ในสภาพแวดล้อม โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับสภาพแวดล้อม การดำเนินงาน การใช้สอยพื้นที่ กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามความสัมพันธ์กับสถานที่และเวลา ความถี่ของการเกิดกิจกรรมและผู้ทำกิจกรรม

พฤติกรรม (Behavior) หมายถึง กิริยาของสิ่งมีชีวิตที่แสดงออกมาเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นทั้งสิ่งเร้าภายในและภายนอกร่างกาย

สิ่งเร้า (Stimulus) คือ สัญญาณหรือการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไป จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ สิ่งเร้าภายในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมน เอมไซม์ ความเครียด ความหิว เป็นต้น และ สิ่งเร้าภายนอกร่างกาย ได้แก่ อุณหภูมิ อากาศ น้ำ การสัมผัส สารเคมี แสง เสียง เป็นต้น สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ล้วนไวต่อการรับความรู้สึกและการตอบโต้ต่อสิ่งที่เกิดขึ้นรอบ ตัว โดยมีอาการที่อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งแสดงออกหรือปรากฏให้เห็นเมื่อถูกสิ่งเร้ามากระตุ้น ณ ชั่วขณะหนึ่ง เรียกว่า การตอบสนอง พฤติกรรมของคนและสัตว์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น คนจะมีเหงื่อออกมากเป็นการระเหยความร้อน เมื่อสัมผัสโดนวัตถุที่ร้อนจัด จะเกิดอาการสะดุ้ง และดึงอวัยวะที่สัมผัสออกทันที เมื่ออากาศเย็นหรืออุณหภูมิต่ำ คนจะขนลุก หนาวสั่น เป็นการป้องกันการสูญเสียความร้อน และเพิ่มความร้อนแก่ร่างกาย พฤติกรรมที่แสดงออกมานั้น ล้วนแต่เกิดเพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตให้อยู่รอด และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้ แบบแผนการเกิดพฤติกรรมอาจเป็นแบบง่ายหรือซับซ้อนก็ได้ การรับรู้เป็นกระบวนการทางจิตวิทยาพื้นฐานของบุคคล โดยการแปลความหมายของสิ่งเร้าและการตอบสนองทางร่างกายของคนจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมและทำให้บุคคลมีพฤติกรรมแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละบุคคลจะเลือกรับรู้เฉพาะข้อมูลที่ตรงกับความต้องการและความพึงพอใจ และยังขึ้นกับพื้นฐานของกระบวนการที่เกี่ยวกับความต้องการ ค่านิยม การคาดหวัง วัฒนธรรม การศึกษาและปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเป็นกระบวนการทางความคิด และจิตใจที่แสดงออกถึง ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึกนึกคิด ที่มีผลจากกระบวนการรับและตีความสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่มาสัมผัส ด้วยความแตกต่างกันทางด้านปัจจัยส่วนบุคคล และประสบการณ์ที่ผ่านมา บุคคลแต่ละคนจึงมีการรับรู้ที่แตกต่างกัน ซึ่งการรับรู้จะส่งผลต่อพฤติกรรมและประสิทธิผลของการสื่อความเข้าใจ

ถ้าการรับรู้ของบุคคลสองคนต่อสิ่งแวดล้อมเดียวกันใกล้เคียงกัน โอกาสที่จะเข้าใจกันและลงรอยกันจะเกิดได้มาก ในขณะเดียวกัน ถ้าการรับรู้ของบุคคลสองคนต่อสิ่งแวดล้อมเดียวกันเป็นไปคนละทิศทางก็อาจก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบ การรับรู้นั้นมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยการรับรู้ทำให้เกิดการเรียนรู้ ถ้าไม่มีการรับรู้จะเกิดการเรียนรู้ไม่ได้ ในทำนองเดียวกัน การเรียนรู้มีผลต่อการรับรู้ครั้งใหม่ เนื่องจากความรู้ประสบการณ์เดิม จะแปลความหมายให้ทราบว่าคืออะไร และการรับรู้นั้นมีความสำคัญต่อเจตคติ อารมณ์ แนวโน้มพฤติกรรม เมื่อรับรู้แล้วย่อมเกิดความรู้สึกและมีอารมณ์พัฒนาเป็นเจตคติแล้วเกิดพฤติกรรมตามมา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้มี 2 ประเภท คือ

2.5.1 ลักษณะของผู้รับรู้ พิจารณาจากการที่บุคคลเลือกรับรู้สิ่งใดก่อนหรือหลัง มากหรือน้อยอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผู้รับรู้ด้วย โดยแบ่งได้เป็น ด้านกายภาพ เป็นสมรรถภาพของอวัยวะสัมผัส เช่น หู ตา จมูก และอวัยวะสัมผัสอื่น ๆ ซึ่งหากลักษณะของผู้รับรู้ผิดปกติหรือหย่อนสมรรถภาพย่อมทำให้การรับสัมผัสผิดเพี้ยนไป นอกจากนี้ขอบเขตความสามารถในการรับรู้ของบุคคลยังขึ้นกับความสามารถในการรับสัมผัสและความสามารถในการแปลความหมายของสิ่งเร้า เนื่องจากความสามารถของอวัยวะสัมผัสมีขอบเขตจำกัด ไม่สามารถรับสัมผัสสิ่งเร้าได้ทุกชนิด เช่น รังสีคลื่นวิทยุ ความเข้มของแสงที่น้อยเกินไป วัตถุขนาดเล็กมากจนเราไม่สามารถมองเห็นได้ รวมถึงเรื่องเพศ อายุ อาชีพ และระดับการศึกษา ก็มีผลต่อการรับรู้ด้วย

2.5.2 ด้านจิตวิทยา ปัจจัยทางด้านจิตวิทยาที่มีผลต่อการรับรู้นั้นมีหลายประการ เช่น ความจำ อารมณ์ ความพร้อม สติปัญญา การสังเกต พิจารณา ความสนใจ ความตั้งใจ เจตคติ ค่านิยม วัฒนธรรม ประสบการณ์เดิม เป็นต้น โดยนักจิตวิทยาถือว่า การรับรู้นั้นเป็นสิ่งที่บุคคลเลือกสรรอย่างยิ่ง เริ่มตั้งแต่รับสัมผัส เลือกเฉพาะที่ต้องการและแปลความให้เข้ากับความต้องการ สภาวะของจิตหรืออารมณ์ เจตคติ อิทธิพลของสังคม ความตั้งใจ ความสนุกสนานเพลิดเพลินที่มีผลต่อการรับรู้ แรงจูงใจ คุณค่าและความสนใจที่มีผลต่อการรับรู้ ความดึงดูดในทางสังคม สติปัญญา การพิจารณาสังเกต ความพร้อมหรือการเตรียมพร้อมที่จะรับรู้ ความคาดหวัง เป็นต้น

2.5.2.1 การรับรู้สภาพแวดล้อมเชิงบุคคล

ตามที่ วิมลสิทธ์ หรยางกูร (2549, หน้า 62-63) ได้แบ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้สภาพแวดล้อมทางกายภาพไว้ 3 ประการ ประการแรก คือ สภาวะแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ สิ่งเร้าที่เป็นจุดสนใจที่บุคคลรับรู้ เช่น การรับรู้สภาพแวดล้อมที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน การรับรู้สภาพแวดล้อมทางกายภาพ คือ เรารับรู้สิ่งแวดล้อมตามที่สิ่งแวดล้อมนั้นเป็น ประการที่สอง คือ การรับรู้ที่ขึ้นกับประสบการณ์ในอดีตของบุคคลโดยอาศัยประสบการณ์และการเรียนรู้ มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการรับรู้ที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดการประเมินค่า ส่งผลให้เกิดการรับรู้ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับสถานการณ์และสภาวะทางอารมณ์ของบุคคล ณ เวลานั้น ประการที่สาม คือ ความต้องการตามความ

จำเป็นหรือเป้าหมายในปัจจุบันหรืออนาคตก่อให้เกิดความใส่ใจและให้คุณค่าต่อสิ่งที่เกิด อิทเทลซัน (Ittelson, 1973) ได้อธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ตามที่มันเป็น ซึ่งเป็นวิธีคิดแนวจิตวิทยาการรับรู้ (Cognitive Psychology) กับการรับรู้สิ่งนั้น ๆ ภายใต้บริบทของสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวิธีคิดแนวจิตวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental Psychology) วิธีคิดของ อิทเทลซัน (Ittelson, 1973) ทำให้เราเข้าใจได้ว่า การรับรู้สิ่งแวดล้อมนั้นไม่สามารถจะเลือกรับรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งทีละอย่างเหมือนกับที่ทำในห้องปฏิบัติการได้ เนื่องจากสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีบริบทของกาลเวลา สถานที่และเงื่อนไขทางจิตวิทยาต่าง ๆ มาเกี่ยวข้อง โดยในเรื่องเกี่ยวกับการรับรู้สิ่งแวดล้อม กิฟฟอร์ด (Gifford, 2007) ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า บางครั้งเราไม่ได้ให้ความสนใจต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่อยู่รอบตัวเรา แม้ว่ามันอาจทำให้เราไม่สบายก็ตาม ภาวะอย่างนี้เรียกได้ว่าเป็นภาวะชาชินต่อสิ่งแวดล้อม และมักจะเกิดขึ้นเสมอในบรรยากาศที่เต็มไปด้วยมลพิษและสิ่งเร้าที่ก่อให้เกิดความเครียด โดย ลีฟ (Leff, 1978) กล่าวว่านอกจากการปรับตัวให้ชาชินต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายแล้วนั้น เรายังมีวิธีคิดที่ทำให้รู้สึกดี ๆ ต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราอีกด้วย ในปี ค.ศ. 1993 ทิชชี่ และเชอร์แมน (Tichy & Sherman, 1993) ได้เสนอแนวคิดทฤษฎีโดยการทดลองนำกบมาต้มในอ่างน้ำ 2 อ่าง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปฏิกิริยาตอบสนองของกบ โดยอ่างใบแรกใส่น้ำเดือดจัด อ่างใบที่สองใส่น้ำอุ่นและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเดือด ผลปรากฏว่า กบที่ใส่ในอ่างน้ำเดือดใบแรกนั้น รอดชีวิต แต่กบที่ใส่ในอ่างน้ำอุ่นที่ค่อย ๆ ร้อนขึ้นกลับตาย เนื่องจาก กบในอ่างน้ำเดือดรู้ว่าน้ำร้อน จึงรีบกระโดดออกมาหลังสัมผัสน้ำเดือดทันที ด้วยสัญชาตญาณการเอาชีวิตรอด แต่กบที่อยู่ในน้ำอุ่น จะรู้สึกสบายแม้ว่าน้ำจะค่อย ๆ อุ่นขึ้นก็ไม่ยอมกระโดดออกมา ยังคงอยู่ในอ่างน้ำต่อไปจนกระทั่งน้ำเดือดตาย จากการทดลองนี้บอกให้เรารู้จักปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยเร็ว

ตารางที่ 2.11: ประสิทธิภาพของการรับรู้ต่อคุณภาพอากาศ

Application	Predominant Event(s)	Humidity Sensor	Co_2 Sensor	IAQ Sensor
Office	Breath, odours	Poor	Good	Excellent
Conference Room	Breath, odours	Poor	Good	Excellent
Restaurant	Breath, odours, humidity	Fair	Good	Excellent
Gym	Breath, odours	Poor	Fair	Excellent
Restroom Toilet	Odours	Poor	Poor	Excellent
Kitchen	Breath, humidity	Fair	Poor	Excellent
Living room	Breath, odours	Poor	Good	Excellent
Bedroom	Breath, odours	Fair	Good	Excellent
Bathroom Shower/Bath	humidity	Excellent	Poor	Fair

ที่มา: *Intelligent air quality.* (2015). Retrieved from http://www.vcp.se.

2.5.2 แนวความคิดทางด้านจิตวิทยา

เป็นแนวความคิดที่เน้นผลกระทบต่อพฤติกรรมทางจิต ความรู้สึก เช่น การก่อให้เกิดความรู้สึกทางอารมณ์ต่าง ๆ เช่น ความรู้สึกเย็นสบาย ความรู้สึกกว้างขวางไม่อึดอัด ความรู้สึกผูกพันกับสถานที่ โดยก่อให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของสถานที่ด้วยการกำหนดขอบเขตอาณาเขตที่ชัดเจนหรือการเกิดความรู้สึกเป็นส่วนร่วม ประทับใจในสถานที่ การจดจำ การรู้ทิศทางของสถานที่ที่จะไม่ทำให้หลงทาง ด้วยการจัดให้มีสถานที่หรือองค์ประกอบที่อ้างอิงได้จากส่วนอื่น ๆ เช่น โถงกลาง ชุมทาง ทัศนคติที่มีต่อสภาพแวดล้อม เช่น ความอยากที่จะเข้ามาใช้สภาพแวดล้อม ความพึงพอใจ การรับรู้ก่อให้เกิดการมองเห็นที่ชัดเจนด้วยการจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือด้วยลักษณะทางกายภาพ เช่น ความสูง รูปทรง สีสัน การเข้าใจ การตอบสนองต่อความต้องการมูลฐานของบุคคล ซึ่งคนแต่ละคนจะตอบสนองต่อสิ่งเร้า หรือสารต่าง ๆ แตกต่างกัน

สำหรับแนวคิดทางด้านจิตวิทยาพฤติกรรมและการออกแบบนั้น แรพพอพอร์ท (Rapoport, 1982) ได้กล่าวไว้ว่า พฤติกรรมต่อสภาพแวดล้อมนั้นเป็นการหาเหตุผลเชิงประจักษ์จากพฤติกรรมการ

ใช้สอยและความรู้สึกของมนุษย์ในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม โดยศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ด้วยกันเองในบริบทของสภาพแวดล้อมนั้น ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับสภาพแวดล้อมสรรค์สร้าง (Built Environment) ให้เป็นไปตามความต้องการ หรือเพื่อใช้สภาพแวดล้อมในการจัดการกับพฤติกรรมมนุษย์ (Manipulate) โดยสภาพแวดล้อมที่ดีนั้นจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยเป็นสำคัญ อยู่บนพื้นฐานของการใช้ทรัพยากรที่มีจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการแสดงถึงวิธีการกระบวนการและขั้นตอนของกิจกรรมที่เหมาะสมภายในพื้นที่ มีความต่อเนื่องสอดคล้องเชื่อมโยงกันของกิจกรรม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนที่มาทำกิจกรรม คนกับสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมด้วยกันเอง ซึ่งจะนำไปสู่รูปแบบการออกแบบที่แตกต่างกันของสภาพแวดล้อมที่สื่อได้ถึงกิจกรรม ก่อให้เกิดกระบวนการทำกิจกรรมต่าง ๆ และส่งผลต่อการรับรู้และความพึงพอใจของผู้มาใช้งานในพื้นที่

จิตวิทยาสิ่งแวดล้อมคือ การศึกษาความสัมพันธ์อย่างผสมผสานระหว่างพฤติกรรมและประสบการณ์ของบุคคลกับสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ โดยในระดับแรกเกี่ยวพันในระดับอารมณ์และพฤติกรรม เราทำสิ่งต่าง ๆ เป็นไปตามบริบทของสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ สิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการรับรู้ ตีความหมาย และการตอบสนอง ระดับที่สองเกี่ยวพันกับผลที่ตามมาจากการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ เช่น มลภาวะ โดยประเด็นที่ต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ คือ สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อคน และคนมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อม

2.5.3 แนวความคิดการปรับตัว

การปรับตัว เป็นลักษณะที่สิ่งมีชีวิตมีการปรับ หรือเปลี่ยนแปลงบางสิ่งบางอย่างเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ช่วยให้เกิดการอยู่รอดอย่างเหมาะสม เช่น การคัดเลือกโดยธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะทางสรีรวิทยา พฤติกรรมหรือสัณฐาน ซึ่งอาจควบคุมโดยพันธุกรรม โดยในหลักการของการปรับตัวเพื่อสร้างสภาวะความน่าสบาย การตระหนักรับรู้ถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ก็สามารถใช้เป็นกระบวนการหนึ่งได้ เพราะความคิดที่เกิดขึ้นในจิตใจสามารถก่อให้เกิดความรู้สึกที่เกี่ยวกับสภาวะอากาศ มนุษย์มีความต้องการและพยายามทำให้ตัวเองรู้สึกสบาย ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาวจนเกินไปโดยการปรับตัว เช่น การสวมใส่เสื้อผ้าที่เหมาะสมตามฤดูกาล การปรับเปลี่ยนกิจกรรมท่าทาง อิริยาบถ เช่น การกอดอกเมื่อรู้สึกหนาว การปรับเปลี่ยนสถานที่ที่สบายกว่า ร่มกว่าหรืออุ่นกว่า อากาศถ่ายเทสะดวกกว่า การปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ เช่น การปลูกต้นไม้เพื่อให้ร่มเงา การใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อปรับสภาพแวดล้อม การควบคุมความชื้น เนื่องจากความชื้นมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาวะความน่าสบาย ในทำนองเดียวกันการเลือกสีในการตกแต่งภายใน หรือเฟอร์นิเจอร์สำนักงานก็ส่งผลต่อระดับความน่าสบายของผู้ใช้งานเช่นกัน (Adaptive thermal comfort, 2012) โดยการรับรู้สภาพแวดล้อมของผู้ใช้งานนั้นย่อมขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในอดีต การ

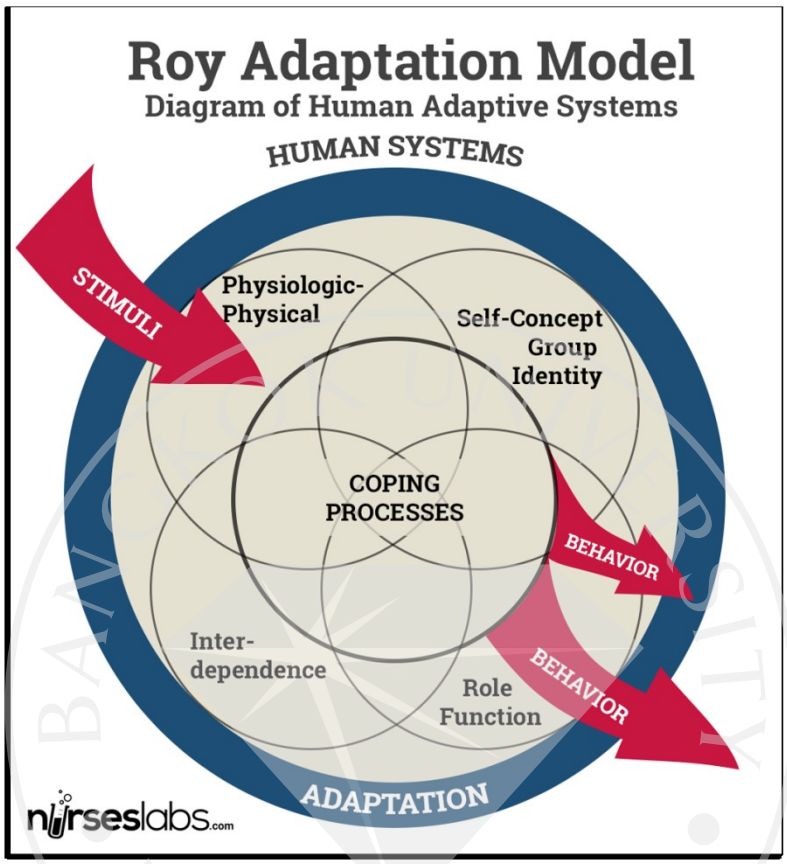
สัมผัสกับสภาพอากาศในขณะนั้น และการคาดหมายล่วงหน้า ความคาดหวังตามฤดูกาล ฉะนั้นการตระหนักรับรู้และสร้างความเข้าใจจึงเปรียบเสมือนเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดกระปรับตัว เป็นการเพิ่มศักยภาพของการยอมรับสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติรวมทั้งยังสามารถขยายขอบเขตของสภาวะความน่าสบายได้ รอยและแอนดริว (Roy & Andrews, 1999) ได้ให้คำจำกัดความของสภาพแวดล้อมโดยยึดตามทฤษฎีของเฮลสันที่กล่าวว่า “การปรับตัวเป็นการทำงานของระดับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและระบบการปรับตัวของมนุษย์” รอยและแอนดริว (Roy & Andrews, 1999) มองว่าสภาพแวดล้อมเป็นทุกสิ่งทุกอย่าง ทุกสภาพการณ์ ที่ล้อมรอบตัวบุคคลทั้งภายในและภายนอกบุคคลมีผลกระทบต่อพัฒนาการและพฤติกรรมของบุคคล สภาพแวดล้อมถือเป็นปัจจัยนำเข้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเกิดขึ้น จะกลายเป็นสิ่งเร้าที่มากระตุ้นให้บุคคลเกิดการปรับตัว โดยจำแนกสิ่งเร้าออกเป็น 3 ประการ ได้แก่

2.5.3.1 สิ่งเร้าตรง (Focal Stimuli) คือ สิ่งเร้าทั้งจากภายนอกและภายในที่บุคคลกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการปรับตัวมากที่สุด ทำให้มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้น สิ่งเร้าเปรียบเสมือนตัวกระตุ้นทำให้เกิดพฤติกรรม เช่น การเจ็บป่วยขณะนั้นๆ

2.5.3.2 สิ่งเร้าร่วม (Contextual Stimuli) คือ สิ่งเร้าอื่น ๆ ที่มีอยู่ในขณะนั้นนอกเหนือจากสิ่งเร้าที่มีผลกระทบต่อบุคคล เป็นไปได้ทั้งในทางบวกและทางลบ ซึ่งถ้ามีผลในทางบวกจะช่วยลดอิทธิพลของสิ่งเร้าตรงหรือช่วยลดความรุนแรงได้ แต่ถ้ามีผลในทางลบจะส่งผลทำให้อิทธิพลของสิ่งเร้าตรงมีอิทธิพลมากยิ่งขึ้น ทำให้บุคคลปรับตัวได้ยากขึ้น โดยอาจมีผลเป็นตัวเสริมต่อสิ่งเร้าตรง สิ่งเร้าร่วมเหล่านี้ เช่น เพศ การศึกษา สัมพันธภาพ รายได้ของครอบครัว เป็นต้น

2.5.3.3 สิ่งเร้าแฝง (Residual Stimuli) คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในระบบบุคคล ถือเป็นลักษณะเฉพาะตัวของมนุษย์ หรืออาจเกิดจากประสบการณ์ในอดีต เช่น นิสัย ทัศนคติ ความเชื่อ ค่านิยม บุคลิกภาพ เป็นต้น

ภาพที่ 2.6: ระบบการปรับตัวตามทฤษฎีของรอย



ที่มา: Vera, M. (2014). *Sister Callista Roy's adaptation model of nursing.* Retrieved from http://www.nurseslabs.com.

ตามที่ได้ทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดนั้น ด้วยแนวความคิดและทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาข้อมูลในภาคเอกสารเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารในด้านคุณภาพอากาศดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวกับ การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะของผู้ใช้งานในอาคารได้ แต่ด้วยเนื้อหาสาระมีหลายประเด็นด้วยกัน ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่สามารถตรวจวัดได้โดยง่าย เปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ ซึ่งมีระเบียบวิธีการวิจัย ผลการวิจัยรวมถึงการอภิปรายผล ดังจะกล่าวต่อไป

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการศึกษา สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ โดยพยายามค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพภายในอาคารที่แตกต่างกัน ได้แก่ ปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งาน กิจกรรม และพฤติกรรมของผู้ใช้งานในอาคารสาธารณะต่อการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศภายในอาคารสาธารณะ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ของผู้ใช้งานในพื้นที่กับความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อปัจจัยดังกล่าว เพื่อนำไปสู่แนวทางในการออกแบบที่ส่งผลให้เกิดคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษา ใน 2 ประเด็นหลัก คือ ประเด็นเชิงพื้นที่ เพื่อทราบถึง กลุ่มพื้นที่ การจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอย ปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งาน กิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งานในอาคารสาธารณะ เปรียบเทียบกับประเด็นการรับรู้สภาพแวดล้อมของผู้ใช้งานในอาคารสาธารณะ เพื่อทราบถึงความสามารถในการรับรู้ระดับคุณภาพอากาศและความพึงพอใจของบุคคลต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งระเบียบวิธีการวิจัยในบทนี้ประกอบด้วย ประเภทของงานวิจัย กลุ่มประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง วิธีการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประเภทของตัวแปร ขั้นตอนการวิจัยและสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังรายละเอียดที่แสดงต่อไปนี้

3.1 ประเภทของงานวิจัย

การแบ่งจากลักษณะของข้อมูล การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มุ่งหาข้อเท็จจริงและข้อสรุปเชิงปริมาณ มีการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การสอบถาม การสังเกต เป็นต้น มีพื้นฐานแบบปรัชญาแบบปฏิฐานนิยม (Positivism) อาศัยกระบวนการหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่บนรากฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์และขั้นตอนที่มีระเบียบแบบแผนในการค้นหาความจริง วิเคราะห์โดยการแทนค่าความรู้สึกต่าง ๆ พร้อมทั้งนำเสนอในเชิงตัวเลขทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหาความสัมพันธ์ของการรับรู้และความพึงพอใจ

การแบ่งประเภทของการวิจัยนั้นสามารถแบ่งได้เป็นหลายมิติ ดังนี้

การแบ่งตามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยนี้เป็นการวิจัยจากการสังเกตการณ์เพื่อเก็บข้อมูลประเภทพฤติกรรมภายนอก (Observatory Research)

การแบ่งตามจุดมุ่งหมาย การวิจัยนี้เป็นการวิจัย เพื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปรในเชิงของเหตุและผล (Explanatory Research)

การแบ่งตามระเบียบวิธีการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) เพื่อหาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร กับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารสาธารณะ

3.2 กลุ่มประชากร และการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างและการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งเลือกตัวอย่างที่ดีในการวิจัยได้อย่างเหมาะสม โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะกับการรับรู้และความพึงพอใจของบุคคลต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะนั้น โดยพิจารณาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มประเด็น คือ ประเด็นเชิงพื้นที่และประเด็นการรับรู้สภาพแวดล้อม ดังต่อไปนี้

3.2.1 ประเด็นเชิงพื้นที่ คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ ได้แก่ ลักษณะอาคาร ระบบอาคาร ปริมาณผู้ใช้และกิจกรรมที่ทำ โดยลักษณะอาคารที่ทำการศึกษาจะเป็นกลุ่มอาคารสาธารณะ ที่มีการออกแบบเพื่อช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน มีการแบ่งกลุ่มพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ชัดเจน อายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ขนาดพื้นที่มากกว่า 200 ตารางเมตร จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อประยุกต์สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเลือกสถานที่โดยการสำรวจอาคารสาธารณะที่มีที่ตั้งอยู่ในตัวเมือง ศึกษาการจัดกลุ่มกิจกรรมที่มีความแตกต่างกัน เพื่อใช้ในการกำหนดการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการเลือกสถานที่ที่ประกอบไปด้วยปัจจัยทางด้านกิจกรรมที่แตกต่างกัน มุ่งเน้นกิจกรรมที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญของร่างกายและการเผาไหม้เป็นหลัก ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก ภาคผนวก. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมอาคารโดยผู้วิจัยเลือกสถานที่ที่เป็นตัวแทนของกิจกรรมทั้งหมด จำนวน 7 แห่ง ดังนี้ ห้องเรียนจำนวน 50 ที่นั่ง 300 ที่นั่งและ 1,500 ที่นั่ง ศูนย์อาหารชั้นใต้ดิน ศูนย์อาหารชั้น 5 ร้านอาหารปิ้งย่างในศูนย์อาหารที่สยาม และร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครอง ตามลำดับ

3.2.2 ประเด็นการรับรู้สภาพแวดล้อม ได้แก่ ผู้ใช้งานในอาคาร โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรับรู้และความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของผู้มาใช้งานทั้งสิ้น จำนวน 678 คน สำหรับวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อเลือกตัวแทนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะมีลำดับขั้นตอนในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบมีระบบอย่างง่าย (Systematic Random) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกต่อการนำไปใช้และให้ผลที่น่าเชื่อถือ เป็นการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นสัดส่วนต่อกลุ่มประชากร ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละสถานที่ โดยเลือกวันในการทำแบบสอบถามในช่วงเวลาที่มีปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่มีผู้ใช้งานหนาแน่นและช่วงเวลาที่มีผู้ใช้งานเบา

บาง เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารกับการการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร เนื่องจากความหนาแน่นของผู้ใช้งานที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อการรับรู้และความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบสภาพแวดล้อมเช่นกัน

โดยการวิเคราะห์กลุ่มผู้ใช้ต้องมีรายละเอียดเชิงสังคมเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะทางกายภาพ เศรษฐกิจ สภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมของผู้ใช้ เพราะเป็นองค์ประกอบที่จะส่งผลต่อบทบาทในการทำกิจกรรม หรือเป็นผลต่อพฤติกรรมในการใช้พื้นที่ โดยพฤติกรรมดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับจิตวิทยาของผู้ใช้ที่สามารถบ่งบอกให้ทราบถึงวัฒนธรรม ขนมธรรมเนียม ประเพณีความเชื่อต่าง ๆ ในวิธีปฏิบัติต่อพื้นที่ใช้สอย ซึ่งมีผลต่อการสร้างแนวความคิดในการออกแบบที่เหมาะสมต่อไป

3.3 วิธีการเก็บข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูล 3 ประเภท คือ

3.3.1 ลักษณะพื้นฐานของบุคคล เช่น เพศ อายุ อาชีพ รายได้ จำนวนครั้งในการเข้าใช้งาน โดยการใช้แบบสอบถาม ถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานในอาคาร

3.3.2 ลักษณะสภาพแวดล้อม เช่น การแบ่งพื้นที่ใช้สอย กิจกรรม พฤติกรรมผู้ใช้งานในอาคาร อุณหภูมิ ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และวัสดุตกแต่งภายในพื้นที่ โดยการใช้การสังเกตการใช้เครื่องบันทึก การถ่ายภาพและการทดสอบด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ทำควบคู่กันกับการให้ผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามในสภาพแวดล้อมจริง โดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพนั้น เป็นเครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศขนาดเล็กยี่ห้อ Graywolf Solving Solution ที่มีขนาดเล็ก สะดวกในการพกพา ซึ่งกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากมีความหลากหลายมากขึ้นอยู่กับโรงงานที่ผลิต และรุ่นที่ใช้ เป็นต้น สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ทำการตรวจวัดประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากในการศึกษาเน้นเฉพาะเจาะจงที่คุณภาพอากาศภายใน ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่สำคัญ ดังนั้น ปัจจัยอื่น ๆ ที่โดยทั่วไปแล้วจะทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความสบาย เช่น หลอดไฟ วัสดุดูดซับเสียง จะไม่นำมาพิจารณาทั้ง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ภายใต้สภาพแวดล้อมของผู้ใช้อาคาร

3.3.3 การรับรู้สภาพแวดล้อม ทำการสอบถามในสภาพแวดล้อมจริง เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าชี้วัดในการวัดการรับรู้และความพึงพอใจของคนได้ จึงมีการกำหนดค่าระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวแทนเป้าหมาย โดยกำหนดประเด็นการรับรู้ด้วยการประเมินความรู้สึกด้านความสะดวกสบาย ความรู้สึกอึดอัด หายใจติดขัด ปริมาณคนมาก จากการใช้แบบสอบถาม โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนความรู้สึกที่มี ออกเป็น 7 ระดับ เพื่อประเมินการรับรู้ในด้านความรู้สึกและลักษณะอาการของผู้ใช้งานหรือผู้ตอบแบบสอบถามนั้น โดยกำหนดค่าในแต่ละระดับดังต่อไปนี้

7	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับดีมากที่สุด
6	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับดีมาก
5	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับดี
4	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับปกติ
3	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับไม่ดี
2	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับไม่ดีมาก
1	หมายถึง	มีลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระดับไม่ดีมากที่สุด

ตารางที่ 3.1: วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	ประเด็นที่ศึกษา	รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้
การทดสอบ (ตรวจวัดคุณภาพอากาศ)	สภาพแวดล้อมทางกายภาพ	โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ Graywolf Solving Solution
การสำรวจ	สภาพแวดล้อมทางกายภาพ	แบบใช้เครื่องบันทึก เช่น ตลับเมตร ผังพื้น กล้องถ่ายภาพ
การสังเกตทางอ้อม	การรับรู้	แบบใช้เครื่องบันทึก เช่น กล้องถ่ายภาพ
การใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง	การรับรู้	แบบสอบถามปลายปิดแบบเลือกตอบ

3.4 ประเภทของตัวแปร

ตัวแปรในการวิจัยฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรอิสระ ตัวแปรควบคุม และตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรอิสระ: ลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งาน กิจกรรม

ตัวแปรควบคุม: ช่วงเวลาในการทดลอง สภาพอากาศเบื้องต้น วิธีการและเครื่องตรวจวัด

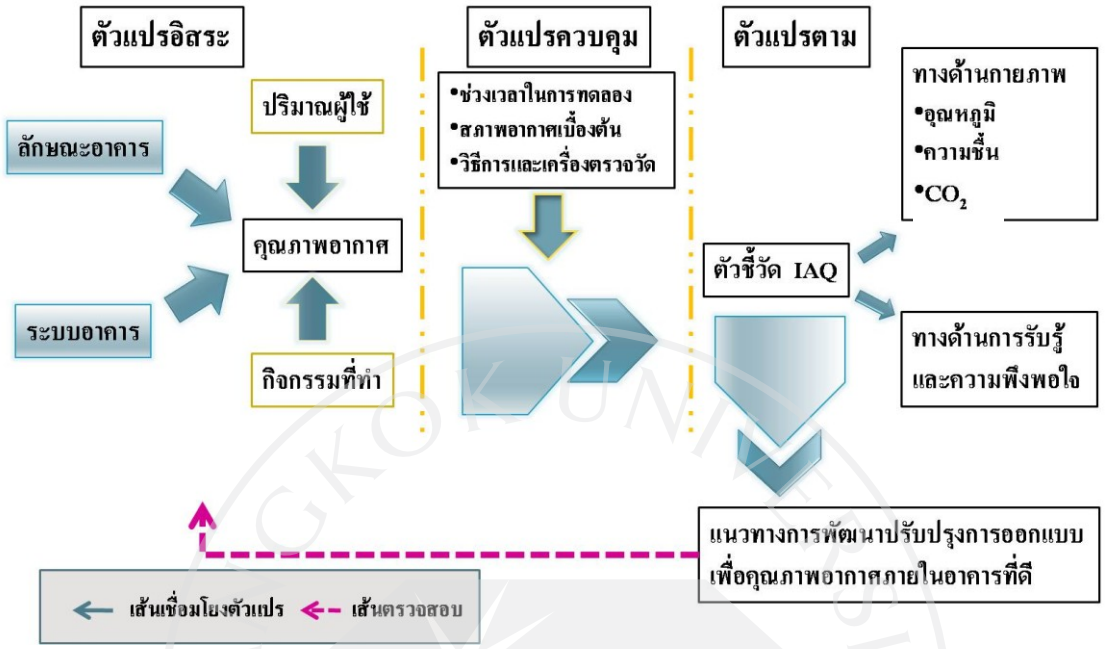
ตัวแปรตาม: การจัดการกับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร

จากตัวแปรทั้ง 3 กลุ่ม ผู้วิจัยได้ระบุตัวชี้วัดเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงการรับรู้ด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร ในตารางที่ 3.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2: ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับตัวชี้วัด

Construct	Variable	Indicator	Level of Measurament	Data Collection Instruments	Data Analysis		
ปัจจัยทางด้านสถาปัตยกรรม (ตัวแปรอิสระ)	•ลักษณะอาคาร •ระบบอาคาร •การแบ่งพื้นที่ใช้สอย	การจัดการกับคุณภาพอากาศ	การดูแลรักษาระบบอาคาร	แบบใช้เครื่องบันทึก เช่น กล้อง การสอบถาม			
ผู้ใช้อาคาร (ตัวแปรอิสระ)	•ปริมาณความหนาแน่น •กิจกรรมพฤติกรรม	ระดับกระบวนการเผาผลาญ และเผาไหม้		การสังเกต			
คุณภาพอากาศ (ตัวแปรตาม)	•อุณหภูมิ •ความชื้น •CO_2	**•23-26°C*** **•30-60%*** **•1000 ppm***		เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	หาค่าเฉลี่ย **(Mean)** วิเคราะห์ระดับคุณภาพอากาศ	**Recode Scale** ระดับคุณภาพอากาศ = การรับรู้ของผู้ใช้ โดยใช้ **SPSS**	**T-test** เปรียบเทียบการรับรู้ของผู้ใช้กับระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารที่วัดได้
การรับรู้คุณภาพอากาศ (ตัวแปรตาม)	ลักษณะบุคคล ลักษณะอาการ ความรู้สึก อาการป่วย	ระดับความสบาย ความรู้สึกอึดอัด หายใจติดขัด กลิ่น	กำหนดค่าตัวเลขโดยมีช่วงห่างระหว่างตัวเลขเท่าๆกัน ใช้มาตรวัดแบบ **Semantic Differential Scale**	แบบสอบถาม	หาค่าเฉลี่ย **(Mean)** วิเคราะห์ระดับการรับรู้		

ภาพที่ 3.1: แสดงความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงตัวแปร



3.5 ขั้นตอนการวิจัย

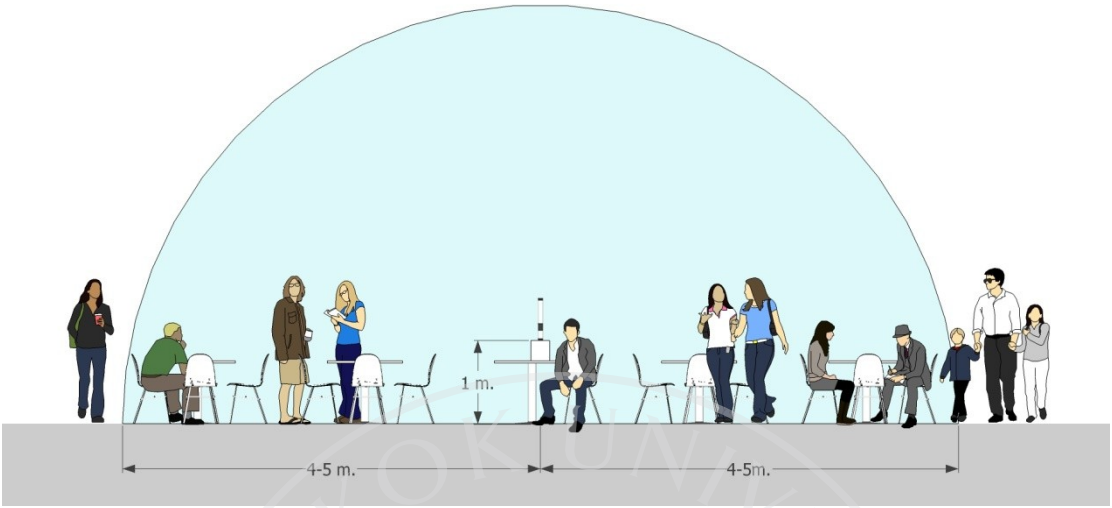
ขั้นที่ 1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นมา และองค์ประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงผลกระทบอันเนื่องจากคุณภาพอากาศกับคุณภาพชีวิตและสุขภาพ ค้นคว้าทบทวนแนวความคิด ด้านพฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร สภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารในเชิงพื้นที่ และการรับรู้ของบุคคลที่มีต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ

ขั้นที่ 2 กำหนดขนาดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา เนื่องจากการพิจารณาลักษณะผู้ใช้ขึ้นกับกิจกรรมและพื้นที่ใช้สอย ซึ่งมีความแตกต่างทางอายุ เพศ การศึกษา อาชีพ สถานภาพทางครอบครัว ความรู้สึกนึกคิดและพฤติกรรม โดยอาจมีลักษณะการกระทำที่สอดคล้องที่สามารถสรุปเป็นพฤติกรรมร่วมหรือพฤติกรรมตัวกลาง สามารถเอารูปแบบพฤติกรรมมาคาดการณ์หรือชี้ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ และได้มาซึ่งรูปแบบพฤติกรรมเฉพาะอื่น ๆ เช่น ภายในโถงศูนย์การค้ามีกิจกรรมพักคอย กลุ่มครอบครัวที่ประกอบด้วยเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ ผู้ใหญ่อาจต้องมีพื้นที่พักคอยที่สบาย ๆ ควบคู่กับร้านซุ้มเครื่องดื่มอย่างเป็นกิจจะลักษณะ โดยคัดเลือกกลุ่มพื้นที่ตัวอย่างที่ตั้งอยู่ในย่านชุมชน ตัวพื้นที่อาคารมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี ซึ่งมีขนาดพื้นที่สำหรับการเข้าใช้งานไม่เกิน 200 ตารางเมตร และมีระบบปรับอากาศร่วมกับพื้นที่ทั่วไป โดยที่การวิจัยนี้ใช้ระดับการเผาผลาญเป็นประเด็นหลักในการแบ่งประเภทของกิจกรรมที่ทำในสภาพแวดล้อม โดยแบ่งตามลักษณะกิจกรรม

ที่มีความหนักระดับเบา ซึ่งแบ่งโดยการวัดพลังงานที่ใช้ไปของร่างกายเป็นตัวกำหนด จากการแบ่งพื้นที่โดยลักษณะกิจกรรมดังกล่าว ทำให้สามารถคัดเลือกพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 3 แห่งด้วยกัน คือ ห้องเรียน ศูนย์อาหารที่มีการประกอบอาหารที่หลากหลาย(Food Court) ของห้างสรรพสินค้า และร้านอาหารที่มีกิจกรรมการปิ้งย่างโดยใช้เตาถ่านประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร มีระบบดูดอากาศแบบ Capture Hood เพื่อดึงอากาศให้ระบายออกร่วมกับ Exhaust Air ของพื้นที่บริการ การเติมถ่านจะใช้ถ่านที่ติดไฟแล้วจากห้องเตรียมถ่านที่อยู่หลังห้องครัว ซึ่งบริเวณเตรียมถ่านจะเป็นระบบระบายอากาศเฉพาะที่แยกออกจากระบบ AHU ที่ใช้กับพื้นที่บริการ อากาศจะถูกระบายออกสู่ภายนอกอาคาร ถ่านที่ใช้เป็นถ่านผสมระหว่างถ่านหุงข้าวกับถ่านสังเคราะห์ในอัตราส่วนใกล้เคียงกัน โดยเชื่อว่าจะช่วยทำให้ความร้อนสม่ำเสมอและให้การเผาไหม้ที่ยาวนานกว่าถ่านธรรมดาและประหยัดกว่า สำหรับพื้นที่ห้องเรียนทำการเก็บตัวอย่างในวันธรรมดาที่มีการเรียนการสอน ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง คือ ช่วงเวลา 13.00-16.00 น. ส่วนพื้นที่ที่เป็นศูนย์อาหารและร้านอาหารที่มีกิจกรรมการปิ้งย่างนั้นผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างในวันเสาร์-อาทิตย์ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีปริมาณผู้ใช้งานในพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยเก็บตัวอย่างในช่วงที่มีปริมาณผู้ใช้งานในพื้นที่จำนวนมาก และปริมาณผู้ใช้งานในพื้นที่จำนวนน้อย จากการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้ดังกล่าว ทำให้สามารถสรุปรูปแบบที่เป็นตัวแทนของกลุ่มอาคารที่ทำการศึกษาได้ทั้งหมด 11 สถานการณ์ คือ ห้องเรียน 50 ที่นั่ง 300 ที่นั่ง และ 1500 ที่นั่ง ศูนย์อาหารชั้นใต้ดินจำนวนคนมาก ศูนย์อาหารชั้นใต้ดินจำนวนคนน้อย ศูนย์อาหารชั้น 5 จำนวนคนมาก ศูนย์อาหารชั้น 5 จำนวนคนน้อย ร้านอาหารปิ้งย่างที่สยามจำนวนคนมาก ร้านอาหารปิ้งย่างที่สยามจำนวนคนน้อย ร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครองจำนวนคนมาก และร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครองจำนวนคนน้อย ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 ทำการตรวจสอบและประเมินสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการตรวจสอบจากการใช้ประสาทสัมผัสการรับรู้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น อาการระคายเคือง หรือลักษณะอาการป่วยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ ทำได้โดยใช้แบบสอบถามที่จัดทำขึ้น พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ ตำแหน่งจุดตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ผู้วิจัยได้กำหนดจุดพื้นที่ตรวจวัดที่จะดำเนินการเก็บกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน โดยให้จุดตรวจวัดอยู่ในพื้นที่บริเวณกลางห้องของพื้นที่บริการทั้งหมด ระยะความสูงจากพื้นในการวางตำแหน่งหัว Probe กำหนดให้อยู่ในระดับความสูง 1.00-1.50 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ผู้ใช้ นั่ง เดิน หรือทำกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับสภาวะอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3.2

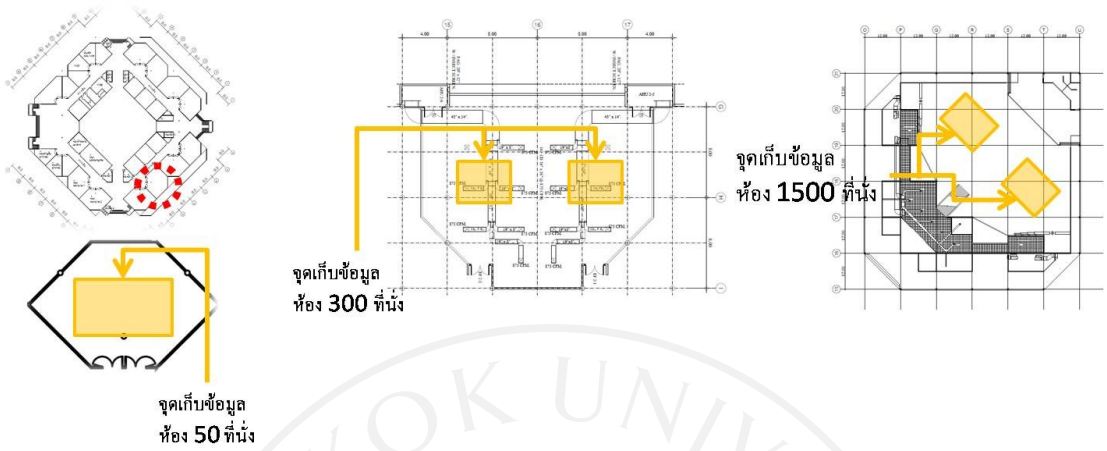
ภาพที่ 3.2: แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง



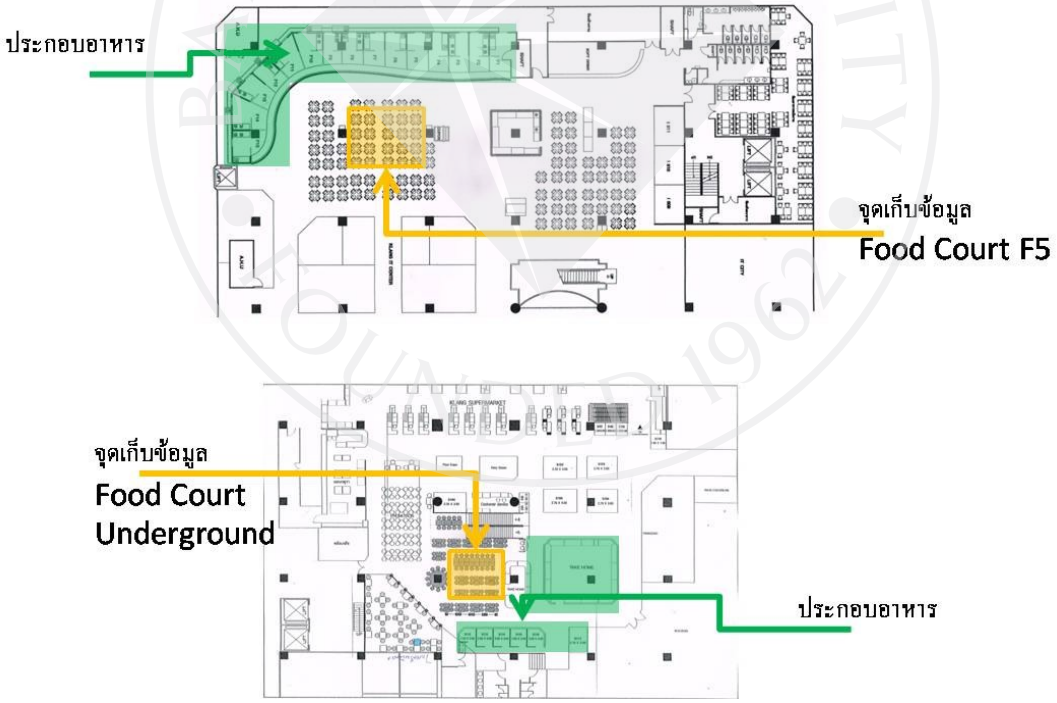
ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกับการแจกแบบสอบถามเพื่อให้ข้อมูลที่ได้อยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน โดยขณะที่ผู้ใช้งานทำแบบสอบถามจะทำการตรวจวัดค่า อุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมด้วย ซึ่งวันและเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ผู้ดูแลระบบปรับอากาศของอาคารเพิ่งปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิภายในใหม่ให้อยู่ในสภาพเหมาะสม (สภาวะสบาย) เนื่องจาก การรับรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสนั้นอาจไม่สามารถรับรู้ได้โดยละเอียด อีกทั้งสารบางชนิดอาจไม่มีทั้งสีและกลิ่นทำให้ไม่สามารถรับรู้ได้

ขั้นที่ 4 ทำการเก็บข้อมูลโดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในลักษณะสุ่มโดยสะดวกและการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้วิธีการแจกแบบสอบถาม ในด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนประชากร เพื่อเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมของผู้ใช้งาน กับการรับรู้ของผู้ใช้งานต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ กำหนดกลุ่มทดลองที่สวมใส่เสื้อผ้าปกติ (ค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า =0.6 clo) ทำกิจกรรมที่สม่ำเสมอ ระดับกระบวนการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolic Rate) น้อยกว่า 3 Met เพื่อจำกัดปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ในภายหลัง ทำการเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปดำเนินการสอบถามกับกลุ่มเป้าหมายที่เข้าใช้งานในบริเวณพื้นที่ที่กำหนด วัดและประมวลผลโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้ทำการ Calibrate พร้อมทั้งตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้วและวิศวกรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนำไปใช้ตรวจวัดก่อนแล้ว ค่าที่วัดได้จึงมีความเที่ยงตรง แม่นยำและเชื่อถือได้ ทำการจดบันทึกและการอ่านค่าที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุด ผู้วิจัยได้กำหนดจุดเก็บข้อมูลในแต่ละสถานที่ดังรูปที่ 3.3, 3.4 และ 3.5

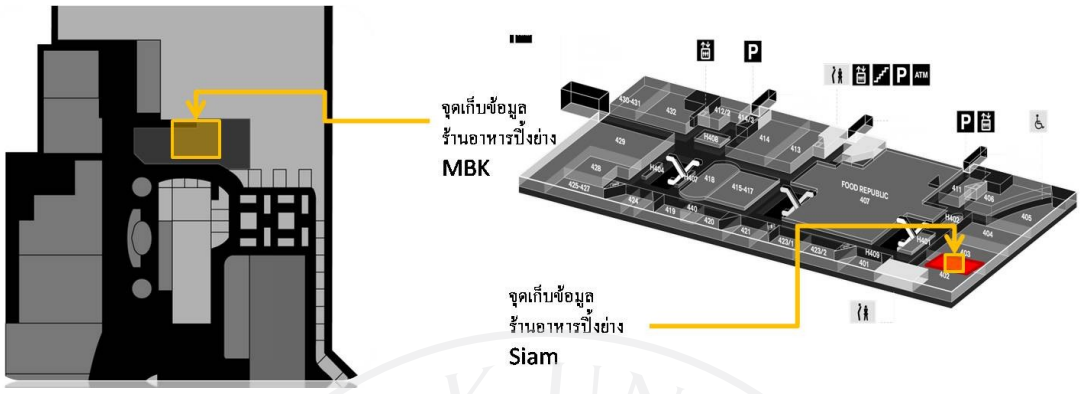
ภาพที่ 3.3: แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับห้องเรียน



ภาพที่ 3.4: แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับศูนย์อาหาร



ภาพที่ 3.5: แสดงจุดเก็บข้อมูลสำหรับร้านอาหารปิ้งย่าง

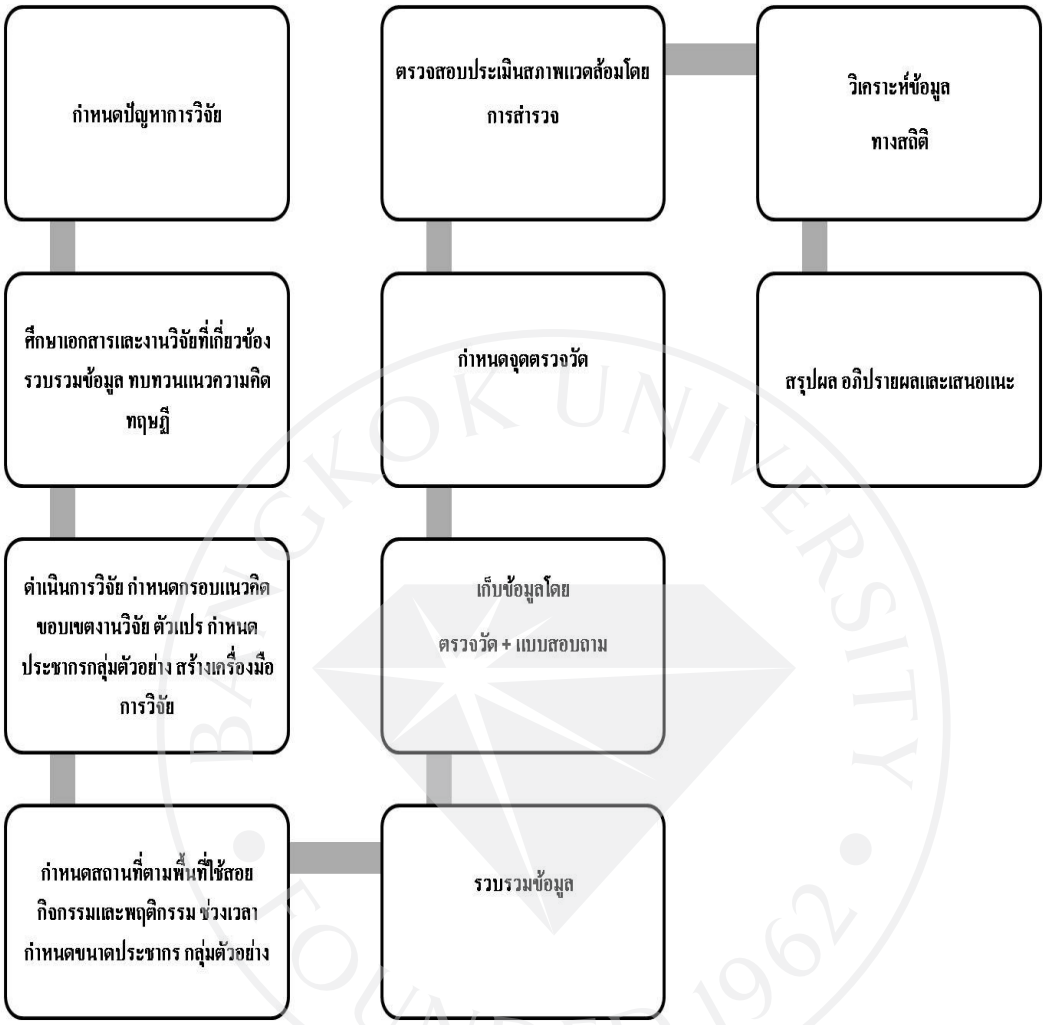


ขั้นที่ 5 รวบรวมข้อมูล นำแบบสอบถามที่ได้มาทำการลงรหัส เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป

ขั้นที่ 6 ประมวลผลจากข้อมูลที่ได้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ข้อมูลที่เป็นปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลเป็นข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับผู้ใช้งานในอาคาร โดยใช้ตารางการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) และการกระจายแบบร้อยละ (Percentage Distribution) ได้แก่ ลักษณะทางสังคมและประชากร เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระยะเวลาในการเข้ามาใช้งานในพื้นที่ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงหรือโรคประจำตัวที่อาจเกี่ยวข้องกับลักษณะความไวต่อปัญหาด้านคุณภาพอากาศ อาการป่วยที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับสาเหตุจากคุณภาพอากาศภายในอาคาร ข้อมูลสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มข้อมูล นำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เนื่องจากหากเกินกว่าข้อเสนอแนะหรือมาตรฐานความเข้มข้นอาจทำให้เกิดปัญหาได้ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance: ANOVAs และข้อมูลการรับรู้สภาพแวดล้อม ใช้สถิติในการหาค่าเฉลี่ยของระดับการรับรู้และความพึงพอใจสภาพแวดล้อม ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปร เพื่อหาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการรับรู้สภาพแวดล้อมที่สอดคล้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

ขั้นที่ 7 สรุปผล แนวโน้มที่อาจเกิดขึ้น และเสนอแนะแนวทางการจัดการกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ภาพที่ 3.6: ขั้นตอนกระบวนการทำวิจัย



3.6 วิธีการทางสถิติ

สถิติที่ใช้เป็นสถิติเชิงอ้างอิง หรือสถิติเชิงอุปนัย (Inductive Statistics) เพื่ออธิบายกลุ่มตัวอย่างแล้วอ้างอิงผลสรุปที่ได้ถึงกลุ่มประชากร เพราะไม่อาจศึกษาได้จากประชากรทั้งหมด พร้อมทั้งใช้ Cronbach Alpha เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม ในขั้นตอนประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS (Statistic Package for the Social Science) เพื่อหาค่าเฉลี่ยในประเด็นความแตกต่างในเรื่องลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพ วิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละปัจจัยและวัดผลด้วยประเด็นการรับรู้ด้านความรู้สึกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVAs) ซึ่งในงานวิจัยจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารกับการรับรู้ในเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารของผู้ใช้งาน จึงเลือกใช้การทดสอบ

สมมติฐาน และตรวจสอบว่าค่าสถิติที่คำนวณได้นั้น มีค่ามากพอที่จะสรุปได้ว่าตัวแปรต่างๆที่ได้กำหนดไว้นั้น มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์หรือแตกต่างกันจริง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ อาการเจ็บป่วย เป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบการแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2) สถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) เป็นการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ค่าวิเคราะห์สถิติแบบการทดสอบค่าที (T-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (F-test) และเมื่อพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มจึงเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของ Scheffe ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2 และใช้สถิติ Chi-Square สถิติ Pearson Correlation เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

จากระเบียบวิธีการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารได้ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอธิบายในบทต่อไป

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ จากวิธีดำเนินการวิจัยที่ได้ใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัด พร้อมกับเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในพื้นที่จำนวน 11 แห่ง คือ ห้องเรียน (3 แห่ง) ศูนย์อาหาร (4 แห่ง) และร้านอาหารปิ้งย่างภายในอาคารสรรพสินค้า (4 แห่ง) จากนั้น นำค่าที่ได้มาทดสอบทางสถิติแบบง่ายโดยการหาค่าเฉลี่ย เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อม หาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และระดับการรับรู้ของแต่ละสถานที่ พร้อมทั้ง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้พื้นที่ พิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างกันของแต่ละสถานที่ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการคำนวณทางสถิติ T-test และ Anova โดยจัดเรียงลำดับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เป็นดังต่อไปนี้

4.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

จากจุดประสงค์การวิจัยเรื่องการศึกษาถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อมทางกายภาพ อุณหภูมิและความชื้น กิจกรรมที่ทำ และความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ภายในอาคารที่มีกิจกรรมและพฤติกรรมของผู้ใช้งานตามค่าระดับพลังงานการเผาผลาญภายในร่างกายและการเผาไหม้ ทั้งหมด 3 ประเภท คือห้องเรียน ศูนย์อาหาร และร้านอาหารปิ้งย่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง เวลา คือช่วงเวลาที่มีปริมาณผู้เข้าใช้งานหนาแน่น และช่วงเวลาที่มีปริมาณผู้เข้าใช้งานเบาบาง โดยตรวจสอบค่าอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1: แสดงค่าอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในขณะที่ปริมาณผู้เข้าใช้งานเบาบาง (ซ้าย) และปริมาณผู้เข้าใช้งานหนาแน่น (ขวา)

	(Measurement)		
	Temp °C	Humidity %	CO_2 ppm
	Standard 23-26 °C	Standard 50-60 %	Standard <1000 ppm
Classroom			
50			
300			
1500			
Food Court			
Floor 5	27.06 ↑	56.61	793.88
Under G	26.43 ↑	55.14	784.78
Grill Restaurant			
Siam	23.13	59.22	634.50 ↓
MBK	22.42 ↓	57.66	883.20

	(Measurement)		
	Temp °C	Humidity %	CO_2 ppm
	Standard 23-26 °C	Standard 50-60 %	Standard <1000 ppm
Classroom			
50	25.60	40.64 ↓	2,595.00 ↑
300	26.74 ↑	44.60 ↓	1,578.52 ↑
1500	25.47	47.32 ↓	927.59
Food Court			
Floor 5	26.26 ↑	49.87 ↓	795.60
Under G	26.45 ↑	56.37	786.26
Grill Restaurant			
Siam	23.44	58.18	657.72 ↓
MBK	22.46 ↓	53.46	976.32

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจากการทบทวนวรรณกรรม (กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์, 2548) กำหนดให้ในสภาวะน่าสบายมีค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมของอุณหภูมิเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 23-26 องศา (Yamtraipat et al., 2005) แนะนำว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ควรจะอยู่ระหว่าง 50-60% Rh (“International air quality”, 2012) รวมถึงกำหนดให้ค่ามาตรฐานของระดับปริมาณก๊าซ CO_2 ควรจะน้อยกว่า 1000 ppm จากตารางจึงมีการกำหนดสัญลักษณ์ลูกศรสีแดง (ชี้ขึ้น) แสดงถึง ค่าเฉลี่ยที่อยู่สูงกว่าระดับค่ามาตรฐาน และลูกศรสีน้ำเงิน (ชี้ลง) แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าระดับค่ามาตรฐาน โดยพบว่า พื้นที่ห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง อุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณก๊าซ CO_2 มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน พื้นที่ห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง อุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณก๊าซ CO_2 มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนพื้นที่ห้องเรียนขนาด 1,500 ที่นั่ง อุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณก๊าซ CO_2 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ห้องเรียนทั้งสามห้องมีสภาพแวดล้อมที่มีปัญหาทั้งระดับก๊าซ CO_2 ที่สูงและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น การถ่ายเทอากาศ การดูแลรักษา การตรวจสอบความพร้อมและเตรียมระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ จำนวนการเข้าใช้งานในพื้นที่ ลักษณะพื้นที่ที่เป็นแบบปิดและยังเป็นห้องที่ไม่ได้เปิดใช้งานจนกว่าจะมีการเรียนการสอน และ จากการสำรวจระบบปรับอากาศพบว่าห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง ภายในห้อง AHU และเครื่องทำความเย็นมีความชำรุดและทรุดโทรมซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบปรับอากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พื้นที่ศูนย์อาหารชั้น 5 มีอุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อมีปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้พื้นที่มากขึ้น พบว่ายังคงมีอุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และมีความชื้นน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานร่วมด้วย ส่วนพื้นที่ศูนย์อาหารชั้นใต้ดิน พบว่ามีอุณหภูมิมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งในช่วงที่มีปริมาณของผู้ใช้งานเบาบางและหนาแน่น ซึ่งอธิบายได้ว่าศูนย์อาหารเป็นพื้นที่แบบเปิด และมีพื้นที่กว้าง อากาศภายในพื้นที่สามารถกระจายออกไปยังพื้นที่โดยรอบได้ การรักษาระดับอุณหภูมิจึงเป็นไปได้ยาก และเมื่อมีปริมาณผู้เข้าใช้งานหนาแน่น ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความชื้นในอากาศลดลง

พื้นที่ร้านอาหารปิ้งย่างที่สยาม อุณหภูมิ ความชื้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยเกณฑ์มาตรฐาน อาจเนื่องมาจากส่วนของหน้าร้านมีลักษณะเป็นช่องเปิดโล่งอากาศสามารถถ่ายเทออกสู่ทางเดินภายนอกร้านอาหารได้ และภายในร้านมีเครื่องดูดควันซึ่งมีส่วนช่วยในการกำจัดก๊าซที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครอง อุณหภูมิน้อย

กว่าเกณฑ์มาตรฐาน ความชื้นและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อผู้เข้าใช้งานอยู่ใกล้เตาไฟซึ่งให้ความร้อน จึงต้องตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเพื่อให้ผู้เข้าใช้งานเกิดความรู้สึกสบาย

ในรายละเอียดที่กล่าวถึงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างปัจจัยทางสภาพแวดล้อมทางกายภาพอันได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้งานโดยจำแนกตามลักษณะของกิจกรรมนั้นสามารถดูได้จากภาคผนวก ก. ค่าสถิติเปรียบเทียบปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพจำแนกตามลักษณะของกิจกรรม

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารในฐานะตัวชี้วัดแบบภววิสัย (Objective) กับการรับรู้ของผู้ใช้ในฐานะตัวชี้วัดแบบอัตวิสัย (Subjective) โดยใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวัดพร้อมกับการเก็บแบบสอบถาม พิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละสถานที่ สำหรับตารางที่ 4.2 และ 4.3 นั้นแสดงให้เห็นสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร อันได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจากการทบทวนวรรณกรรม (กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์, 2548) กำหนดให้ในสภาวะน่าสบาย ค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมของอุณหภูมิ เป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 23-26 องศา RH (Yamtraipat et al., 2005) แนะนำว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ควรจะอยู่ระหว่าง 50-60% Rh (“International air quality”, 2012) รวมถึงกำหนดให้ค่ามาตรฐานของระดับปริมาณก๊าซ CO_2 ควรจะน้อยกว่า 1000 ppm จากตารางจึงมีการกำหนดสัญลักษณ์ลูกศรสีแดง (ชี้ขึ้น) แสดงถึง ค่าเฉลี่ยที่อยู่สูงกว่าระดับค่ามาตรฐาน และลูกศรสีน้ำเงิน (ชี้ลง) แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าระดับค่ามาตรฐานนั้น และค่าเฉลี่ยการรับรู้ของผู้ใช้งาน จากการกำหนดค่าในแต่ละระดับในแบบสอบถามโดยได้แบ่งเกณฑ์การให้คะแนนการรับรู้ออกเป็น 7 ระดับ กำหนดค่าในแต่ละระดับการรับรู้ในด้านอุณหภูมิระดับความรู้สึก 1คือความรู้สึกหนาวเย็นมากที่สุด เรียงลำดับไปจนถึง 7 คือความรู้สึกร้อนมากที่สุด ดังนั้นความรู้สึกที่เป็นปกติคือช่วง 3.5-4.5 และส่วนของการวัดการรับรู้ด้านความชื้นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 4 ถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ดีและมีอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยระดับที่ 1 เป็นระดับที่ผู้ใช้งานรู้สึกไม่ดีมากที่สุด แต่หากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 4 หมายความว่าผู้ใช้งานรับรู้ถึงคุณภาพอากาศที่ดีและสบายตัว โดยระดับที่ 7 เป็นระดับที่ผู้ใช้งานรับรู้ถึงคุณภาพอากาศที่ดีมากที่สุด

ตารางที่ 4.2: แสดงการเปรียบเทียบการรับรู้ของคนกับค่าที่ได้จากการวัดขณะปริมาณผู้ใช้เบาบาง

	Few Density												
	(Measurement)			Perception (Questionnaire)									
	Temp °C	Humidity %	CO_2 ppm										
	Standard 23-26 °C	Standard 50-60 %	Standard <1000 ppm	หนาว/ร้อน	มึนหัว เหนื่อยตัว	อึดอัด หายใจไม่ออก	ระคายเคืองผิว ผื่นแดง คัน	ระคายเคืองตา จมูก	หายใจถี่ หอบ	ปวดหัว วิงเวียน	หน้ามืด ตาลาย	เซื่องซึม ง่วงนอน	สับสน มึนงง
Classroom													
50													
300													
1500													
Food Court													
Floor 5	27.06 ↑	56.61	793.88	3.31 ↓	5.08	5.02	5.31	5.14	5.25	4.93	5.28	5.00	4.67
Under G	26.43 ↑	55.14	784.78	3.22 ↓	5.18	4.65	5.21	4.61	4.77	4.37	4.72	4.38	4.41
Grill Restaurant													
Siam	23.13	59.22	634.50 ↓	3.00 ↓	5.25	4.25	4.50	4.00	4.25	4.50	3.63	3.88	3.50
MBK	22.42 ↓	57.66	883.20	4.25	4.25	6.00	4.58	4.42	5.67	4.42	3.83	3.08	4.75

จากตารางที่ 4.2 เมื่อทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในด้าน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ในช่วงที่มีผู้ใช้งานเบาบาง พบว่า ศูนย์อาหาร ชั้น 5 และ ศูนย์อาหาร ชั้นใต้ดิน ทั้ง 2 แห่ง มีอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกถึงอากาศหนาว เนื่องจากเฟอร์นิเจอร์ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้งาน ใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและเหล็ก เมื่อผู้ที่มาใช้งานสัมผัสจะรับรู้ถึงความรู้สึกว่าเย็น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก

ร้านอาหารปิ้งย่างที่สยาม มีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกถึงอากาศหนาว ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก ส่วนร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครอง มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานยังคงรู้สึกสบายเนื่องจากนั่งใกล้เตาปิ้งย่าง ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก

ตารางที่ 4.3: แสดงการเปรียบเทียบการรับรู้ของคนกับค่าที่ได้จากการวัดขณะปริมาณผู้ใช้หนาแน่น

	Many Density													
	(Measurement)			Perception (Questionnaire)										
	Temp °C	Humidity %	CO_2 ppm											
	Standard 23-26 °C	Standard 50-60 %	Standard <1000 ppm	หนาว/ร้อน	มีเหงื่อเหนียวตัว	อึดอัดหายใจไม่ออก	ระคายเคืองผิวผื่นแดง คัน	ระคายเคืองจมูก	หายใจถี่ หอบ	ปวดหัววิงเวียน	หน้ามืดตาลาย	เซื่องซึมง่วงนอน	สับสน มึนงง
Classroom														
50	25.60	40.64 ↓	2,595.00 ↑	3.88	4.13	4.14	4.53	4.54	4.45	4.04	4.50	4.15	4.16
300	26.74 ↑	44.60 ↓	1,578.52 ↑	2.95 ↓	5.35	5.32	5.55	5.45	5.41	5.25	5.44	5.40	5.11
1500	25.47	47.32 ↓	927.59	4.05	4.39	4.43	5.17	4.83	4.88	4.40	4.86	4.46	4.35
Food Court														
Floor 5	26.26 ↑	49.87 ↓	795.60	3.14 ↓	4.86	4.67	5.09	4.92	5.24	4.38	4.93	4.73	4.61
Under G	26.45 ↑	56.37	786.26	3.21 ↓	5.27	5.08	5.37	5.14	5.32	4.84	5.22	5.05	4.83
Grill Restaurant														
Siam	23.44	58.18	657.72 ↓	3.68	4.89	5.11	5.74	5.30	5.56	5.36	5.43	5.09	4.98
MBK	22.46 ↓	53.46	976.32	3.96	5.56	5.06	5.50	4.85	5.38	4.79	5.08	4.89	5.23

จากตารางที่ 4.3 เมื่อทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกของผู้ใช้งาน เกี่ยวกับ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ในช่วงที่มีผู้ใช้งานหนาแน่น พบว่า ห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง มีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน จึงทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบาย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง เนื่องจากอุณหภูมิยังอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่อาจไม่มีความรู้สึก หรือรับรู้ได้น้อยถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศ จึงทำให้ผู้ใช้งานยังรู้สึกสบาย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อมีการทำความเย็น ความชื้นของอากาศจะลดลง และประกอบกับการเป็นห้องปิด จึงมีการรั่วซึมของอากาศได้น้อย ปริมาณความชื้นและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงรั่วซึมออกได้น้อยเช่นกัน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก เนื่องจากผู้ใช้งานไม่รับรู้ถึงปริมาณก๊าซบอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศ การที่ได้เข้ามาใช้งานเป็นประจำ จึงเกิดความเคยชินกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงยังรู้สึกหายใจเป็นปกติ (Gifford, 2007) ห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง มีอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกถึงอากาศหนาว เนื่องจากกระแสลมจากหัวจ่ายลมเย็นที่ฝ้าเพดานจ่ายลงมาสัมผัสกับผู้ใช้งานโดยตรง และเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้งาน ใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและเหล็ก เมื่อผู้ที่มาใช้งานสัมผัสจะรับรู้ถึงความรู้สึกว่าเย็น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง เนื่องจาก สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ผู้คนส่วนใหญ่อาจไม่มีความรู้สึก หรือรับรู้ได้น้อยถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศ จึงทำให้ผู้ใช้งานยังรู้สึกสบาย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก เนื่องจาก ผู้ใช้งานไม่รับรู้ถึงปริมาณก๊าซบอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศ การที่ได้เข้ามาใช้งานเป็นประจำ จึงเกิดความเคยชินกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นผู้ใช้งานจึงยังรู้สึกหายใจเป็นปกติ (Gifford, 2007) ห้องเรียนขนาด 1500 ที่นั่ง มีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ค่าจึงทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบาย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง เนื่องจาก สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ผู้คนส่วนใหญ่อาจไม่มีความรู้สึก หรือรับรู้ได้น้อยถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศ จึงทำให้ผู้ใช้งานยังรู้สึกสบาย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก

ศูนย์อาหารชั้น 5 มีอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกถึงอากาศหนาว เนื่องจาก เฟอร์นิเจอร์ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้งาน ใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและเหล็ก เมื่อผู้ที่มาใช้งานสัมผัสจะรับรู้ถึงความรู้สึกว่าเย็น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง เนื่องจาก สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ผู้คนส่วนใหญ่อาจไม่มีความรู้สึก หรือรับรู้ได้น้อยถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศ จึงทำให้ผู้ใช้งานยังคง

รู้สึกสบาย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก ศูนย์อาหารชั้นใต้ดิน มีอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกถึงอากาศหนาว เนื่องจาก เฟอร์นิเจอร์ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้มาใช้งาน ใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและเหล็ก เมื่อผู้ที่มาใช้งานสัมผัสจะรับรู้ถึงความรู้สึกว่าเย็น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก

ร้านอาหารปิ้งย่างที่สยาม มีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน จึงทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบาย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่าร้านอื่น ๆ ซึ่งบ่งบอกได้ว่ายิ่งมีคุณภาพอากาศที่ดีเยี่ยม อาจเนื่องมากจากทางร้านได้มีการติดตั้งเครื่องดูดอากาศอย่างดี จึงทำให้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยกว่าปกติ จึงทำให้ผู้ที่มาใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก
ร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครอง มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ในขณะที่ผู้ใช้งานรู้สึกสบาย เนื่องจาก ผู้ใช้งานอาจอยู่ที่หน้าเตาปิ้ง ย่าง จึงทำให้ผู้ที่มาใช้งานรู้สึกถึงความอบอุ่นและรู้สึกสบาย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบายตัวดีมาก และไม่รู้สึกถึงการระคายเคือง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหายใจสบายดีมาก

4.3 การรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารพิจารณาเปรียบเทียบในด้านคุณลักษณะของบุคคล

ตารางที่ 4.4: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านเพศ

	ชาย		หญิง		t-test	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	3.45	1.68	3.51	1.70	-0.43	0.67
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.78	1.67	4.42	1.77	2.70	0.01*
ระคายเคืองผิวหนัง: ผื่นคัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	5.40	1.60	5.04	1.84	2.66	0.01*
มีเหงื่อ เหนียวตัว- รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.95	1.67	4.79	1.71	1.25	0.21
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวกสบาย	5.01	1.59	4.55	1.77	3.53	0.00*
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	5.26	1.45	4.94	1.71	2.62	0.01*
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	5.17	1.68	4.79	1.80	2.85	0.00*
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	4.98	1.64	4.68	1.82	2.29	0.02*
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ-สมองตื่นตัว	4.90	1.55	4.41	1.81	3.80	0.00*
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งโล่งสบาย	5.15	1.56	4.92	1.68	1.91	0.06
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่น กระฉับกระเฉง	4.93	1.59	4.61	1.70	2.57	0.01*
ความรู้สึกสับสนมึนงง-ตื่นตัว กระตือรือร้น	4.75	1.68	4.54	1.69	1.60	0.11
ภาพรวม	5.02	1.24	4.69	1.33	3.29	0.00*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านเพศ พบว่า การรับรู้ในภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับรายข้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 8 ข้อ

ตารางที่ 4.5: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	ระหว่างกลุ่ม	29.91	5	5.98		
					2.11	0.06
	ภายในกลุ่ม	1,929.38	680	2.84		
	รวม	1,959.29	685			
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	4.26	5	0.85		
					0.28	0.92
	ภายในกลุ่ม	2,040.78	673	3.03		
	รวม	2,045.05	678			
ระคายเคืองผิวหนัง: ผื่นแดง,คัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	ระหว่างกลุ่ม	25.18	5	5.04		
					1.66	0.14
	ภายในกลุ่ม	2,017.70	667	3.03		
	รวม	2,042.88	672			
มีเหงื่อ เหนียวตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	18.13	5	3.63		
					1.27	0.28
	ภายในกลุ่ม	1,922.84	672	2.86		
	รวม	1,940.97	677			
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวกสบาย	ระหว่างกลุ่ม	34.02	5	6.80		
					2.37	0.04*
	ภายในกลุ่ม	1,921.47	668	2.88		
	รวม	1,955.49	673			
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	22.70	5	4.54		
					1.77	0.12
	ภายในกลุ่ม	1,720.82	672	2.56		
	รวม	1,743.51	677			

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ): แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	ระหว่างกลุ่ม	17.37	5	3.47		
					1.12	0.35
	ภายในกลุ่ม	2,062.85	668	3.09		
	รวม	2,080.22	673			
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	11.22	5	2.24		
					0.74	0.60
	ภายในกลุ่ม	2,050.14	673	3.05		
	รวม	2,061.35	678			
ปวดหัว วิงเวียน ศีรษะ-สมองตื่นตัว	ระหว่างกลุ่ม	11.84	5	2.37		
					0.81	0.55
	ภายในกลุ่ม	1,975.04	673	2.93		
	รวม	1,986.87	678			
หน้ามืด ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งสบาย	ระหว่างกลุ่ม	17.27	5	3.45		
					1.31	0.26
	ภายในกลุ่ม	1,771.31	672	2.64		
	รวม	1,788.57	677			
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่น กระฉับกระเฉง	ระหว่างกลุ่ม	20.58	5	4.12		
					1.50	0.19
	ภายในกลุ่ม	1,841.75	672	2.74		
	รวม	1,862.33	677			

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ): แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความรู้สึกสับสน มึนงง-ตื่นตัว กระตือรือร้น	ระหว่างกลุ่ม	13.10	5	2.62		
					0.92	0.47
	ภายในกลุ่ม	1,837.05	647	2.84		
	รวม	1,850.15	652			
ภาพรวม	ระหว่างกลุ่ม	5.23	5	1.05		
					0.62	0.69
	ภายในกลุ่ม	1,152.90	680	1.70		
	รวม	1,158.14	685			

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ พบว่า กลุ่มอายุต่าง ๆ มีการรับรู้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับรายข้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 ข้อ ได้แก่ รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6: แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ สำหรับความรู้สึกในการหายใจ ด้วยวิธีของ Scheffe จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	ค่าเฉลี่ย	น้อยกว่า 20 ปี	20 - 29 ปี	30 - 39 ปี	40 - 49 ปี	มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	ไม่ระบุ
		4.64	4.88	4.95	4.90	5.13	3.42
น้อยกว่า 20 ปี	4.64	-	-0.23	-0.30	-0.26	-0.48	1.23
อายุ 20 - 29 ปี	4.88		-	-0.07	-0.03	-0.25	1.46

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 4.6 (ต่อ): แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศ ในข้อรู้สึกอึดอัดหายใจไม่ออก จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ

รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	ค่าเฉลี่ย	น้อยกว่า 20 ปี	20 - 29 ปี	30 - 39 ปี	40 - 49 ปี	มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	ไม่ระบุ
		4.64	4.88	4.95	4.90	5.13	3.42
อายุ 30 - 39 ปี	4.95			-	0.04	-0.18	1.53
อายุ 40 - 49 ปี	4.90				-	-0.22	1.49
มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	5.13					-	1.71
ไม่ระบุ	3.42						-

จากตารางที่ 4.6 เมื่อทดสอบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในข้อรู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวกสบาย จำแนกตามสถานภาพด้านอายุ ด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า กลุ่มอายุต่าง ๆ มีการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สำหรับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคารโดยจำแนกตามสภาพเศรษฐกิจและคุณลักษณะของบุคคลในด้านอาชีพ รายได้ สถานภาพ สถานการณ์การเข้าใช้พื้นที่นั้นไม่ได้กล่าวไว้ในบทนี้ แต่จะแสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก. ค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้สภาพแวดล้อมทางกายภาพ จำแนกคุณลักษณะของบุคคล เนื่องจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ พบว่า การรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในภาพรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารสาธารณะ กับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร โดยการเปรียบเทียบ สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ทำการตรวจวัดได้จากเครื่องมือวัดกับค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ยังศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพดังกล่าวกับการรับรู้ของผู้ใช้งาน จำนวน 11 สถานการณ์ เพื่อหาแนวทางและข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการในด้านที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร

สภาพแวดล้อมทางกายภาพมีปัจจัยและองค์ประกอบต่าง ๆ หลายหลายชนิดและรูปแบบอย่างมาก การวิจัยนี้ได้ศึกษา ด้านอุณหภูมิความชื้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงลักษณะของกิจกรรมและปริมาณความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร โดยศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือตรวจวัดอากาศในสถานที่ต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างกันในด้านกิจกรรม และปริมาณความหนาแน่น โดยใช้กิจกรรมที่ก่อให้เกิดกระบวนการเผาผลาญและการเผาไหม้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกพื้นที่ต่าง ๆ เช่น ห้องเรียน ศูนย์อาหารและร้านอาหารปิ้งย่างในอาคารสรรพสินค้า รวมทั้งสิ้น 11 แห่ง พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ดังนี้

ห้องเรียน 50 และ 300 ที่นั่งมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าค่ามาตรฐานและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เมื่อมีการทำความเย็น ทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลง และประกอบกับการเป็นห้องปิด จึงมีการรั่วซึมของอากาศได้น้อย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีภายในห้องจึงระบายออกได้น้อยเช่นกัน และห้องเรียน 300 ที่นั่ง ยังพบว่ามีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน จากการสำรวจระบบปรับอากาศพบว่าห้อง AHU และเครื่องทำความเย็นมีความชำรุดและทรุดโทรมซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบปรับอากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนห้องเรียน 1,500 ที่นั่ง มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ในค่ามาตรฐานแต่มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เมื่อมีการทำความเย็น ทำให้ความชื้นของอากาศลดลงดังที่กล่าวไว้ข้างต้น และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงอยู่ในค่ามาตรฐานเนื่องจากลักษณะของห้องมีขนาดพื้นที่ว่างในแนวตั้งมากทำให้มีปริมาตรของอากาศเมื่อเทียบกับสัดส่วนของผู้ใช้งานในพื้นที่มาก

ศูนย์อาหารมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐานทั้งช่วงเวลาที่คนหนาแน่นและเบาบาง เนื่องจากศูนย์อาหารมีพื้นที่กว้างและมีลักษณะเป็นพื้นที่แบบเปิดโล่ง มีการถ่ายเทอากาศจากพื้นที่ศูนย์อาหารไปยังส่วนอื่นได้ง่ายทำให้การรักษาระดับอุณหภูมิเป็นไปได้ยาก

ร้านอาหารปิ้งย่างมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในค่ามาตรฐาน เนื่องจากส่วนของหน้าร้านมีลักษณะเป็นช่องเปิดโล่งอากาศสามารถถ่ายเทออกสู่ทางเดินภายนอกร้านอาหารได้ และภายในร้านมีปล่องดูดควันอยู่ประจำเหนือโต๊ะอาหาร จึงมีการถ่ายเทอากาศอยู่เสมอ และการที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐานคาดว่าน่าจะเกิดจากการตั้งค่าระบบปรับอากาศให้ระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานปกติค่อนข้างมาก เพื่อช่วยในการปรับสภาวะของอากาศให้ผู้ใช้งานรู้สึกสบายเมื่อนั่งใกล้เตาปิ้งย่าง ซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน เนื่องจากเมื่ออากาศในพื้นที่ร้อนเกินไปสำหรับกิจกรรมของมนุษย์ อาจทำให้บุคคลนั้นไม่สบาย และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความไม่สบายก็จะเพิ่มขึ้นตาม จนทำให้มีอาการเหนื่อยล้า ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับคนเพียงคนเดียวหรือทั้งกลุ่ม

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งาน

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 นั้นได้มีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวพบว่าภายในห้องเรียนแต่ละห้อง ผู้ใช้งานไม่รับรู้ถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และไม่รับรู้ถึงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนพื้นที่ภายในศูนย์อาหารพบว่า ผู้ใช้งานไม่รับรู้ถึงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่สูงกว่าค่ามาตรฐานทั้งในขณะที่มีผู้ใช้งานหนาแน่นและเบาบาง และร้านอาหารปิ้งย่างที่มาบุญครองผู้ใช้งานไม่รับรู้ถึงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งในขณะที่มีผู้ใช้งานหนาแน่นและเบาบาง

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของบุคคลในด้านต่าง ๆ อันได้แก่ คุณลักษณะทางด้านเพศ โดยรวมพบว่าเพศชายมีความสามารถในการรับรู้ต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารได้ดีกว่าเพศหญิงเล็กน้อย แต่ในด้านที่เกี่ยวข้องกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการศึกษาที่ได้จากแบบสอบถามในเรื่องอาการปวดหัววิงเวียนศีรษะพบว่าเพศชายมีการรับรู้ที่ดีกว่ามากที่สุด โดยความแปรปรวนของทั้งเพศชายและเพศหญิงนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้ สอดคล้องจากสิ่งที่พบในการทบทวนวรรณกรรม ซึ่ง สร้อยสุดา เกสรทอง (2549) ได้กล่าวว่า อายุ เพศ สภาวะสุขภาพ และสมรรถภาพของร่างกาย มีผลกับอัตราการเผาผลาญ ในคนสูงอายุ อัตราการเผาผลาญในร่างกายลดลง อาจทำให้มีความทนทานต่ออากาศหนาวเย็นน้อยกว่า คนในวัยหนุ่มสาว แม้ว่าจะยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องของเพศที่มีต่อสภาพอากาศ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของบุคคลทางด้านช่วงอายุ บุคคลที่มีช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี มีการรับรู้ต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารได้ดีกว่าช่วงอายุอื่น ๆ โดยมีการรับรู้ที่ดีกว่ามากที่สุดในด้านอาการอึดอัดหายใจไม่ออก

เนื่องจากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูง และยังพบว่า หากบุคคลมีอายุเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการรับรู้ต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารจะลดลงด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม สิ่งที่พบในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงการศึกษาเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งมีปัจจัยทางกายภาพอื่นอีกหลากหลายมิติที่ยังไม่ได้ทำการศึกษา ที่อาจก่อให้เกิดการรับรู้ที่มากกว่า โดยพบว่า พื้นที่ว่างในแนวตั้ง อาจมีส่วนทำให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกโล่ง โปร่งสบายได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดในด้านการออกแบบและการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบอาคารเพื่อลดสภาวะความแออัดในสภาพแวดล้อม เนื่องจากความแออัดมีความเชื่อมโยงกับความรู้สึกของมนุษย์ อีกทั้งเราอาจไม่ได้ความสนใจต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่อยู่รอบตัวเรา แม้ว่ามันอาจทำให้เราไม่สบายก็ตามโดยการรับรู้นั้น เราไม่อาจจะเลือกรับรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งทีละอย่าง เหมือนในห้องทดลอง เนื่องจากสิ่งต่างๆ เหล่านั้น อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีบริบทของกาลเวลา สถานที่ และเงื่อนไขทางจิตวิทยาต่าง ๆ โดยภาวะอย่างนี้เรียกได้ว่า เป็นภาวะชาชินต่อสิ่งแวดล้อมและมักจะเกิดขึ้นเสมอในบรรยากาศที่เต็มไปด้วยมลพิษและสิ่งเร้าที่ก่อให้เกิดความเครียด ดังความเห็นของ กิฟฟอร์ด (Gifford, 2007) ที่กล่าวถึงเรื่องเกี่ยวกับการรับรู้สภาพแวดล้อม

5.3 ข้อจำกัดที่พบจากการวิจัย

ในด้านการกำหนดสถานที่ ซึ่งบางสถานที่มีลักษณะของการใช้งานและความต้องการในการเข้าใช้พื้นที่ตามกำหนดระยะเวลา มีช่วงของเวลาเปิดปิดตัวอาคาร ทำให้ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมีจำกัด ในส่วนของร้านอาหารปิ้งย่างนั้น มีการจำกัดจุดที่เหมาะสมในการตั้งเครื่องมือเพื่อทำการตรวจวัด จึงอาจทำให้ระดับอุณหภูมิที่เครื่องวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ในขณะที่ผู้ใช้งานอยู่หน้าเตาปิ้งย่าง ซึ่งมีพลังงานความอบอุ่นทำให้รู้สึกสบาย อีกทั้งยังไม่ค่อยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาในเรื่องที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งานในอาคาร จึงทำให้บางปัจจัยอาจไม่ครอบคลุม ไม่ได้ทำการวิเคราะห์และไม่ได้นำมาใช้ในการพิจารณาร่วม เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานในการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เป็นข้อบังคับหรือกำหนดอย่างแน่นอนชัดเจน

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป

ในการศึกษาถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารนั้น อาจทำการศึกษาในตัวแปรอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ในด้านของกลิ่น แสงสว่าง ระดับการมองเห็น ด้านสุนทรียภาพที่สื่อถึงบรรยากาศของสภาพแวดล้อม ความสูงของฝ้าที่มีผลต่อการรับรู้ของบุคคล เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันส่งผลต่อการรับรู้ของบุคคลที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะแตกต่างกันไปตามปัจเจกบุคคล ตามประสบการณ์ของคนแต่ละคน และควรศึกษาจากประเภทอาคารที่มีความหลากหลายมาก

ยิ่งขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมกับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่มีความหลากหลาย เพื่อหาค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเสนอแนะแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาร หากสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคารนั้นมีค่าตัวชี้วัดต่ำกว่าค่ามาตรฐาน อาจมีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เน้นเรื่องระบบการระบายอากาศให้มีปริมาณเพียงพอ เพิ่มการระบายอากาศในห้องที่มีคนมากหรือสารมลพิษมาก ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศสำหรับอากาศเสีย และใช้เครื่องดูดควันที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องเรียนขนาดเล็กควรมีการดูแลรักษาและตรวจสอบระบบระบายอากาศอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การระบายอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีการบำรุงรักษา การทำความสะอาดส่วนต่าง ๆ ของระบบระบายอากาศอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งควรมีการวางแผนเผยแพร่ข้อมูลและให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคารแก่ผู้ใช้งานในอาคาร และผู้บริหารงานอาคาร ซึ่งอาจมีการจัดทำคู่มือในการใช้งาน การดูแลรักษาอาคาร การประเมินตรวจวัดความผิดปกติจากเหตุร้องเรียนอาคาร จัดให้มีการอบรมให้ความรู้ความเข้าใจเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง เป็นต้น อาจมีการติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณเตือนเมื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารมีค่าเกินจากค่ามาตรฐานเพื่อแจ้งให้ผู้ควบคุมดูแลรับทราบและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในขั้นตอนต่อ ๆ ไปร่วมด้วย พร้อมทั้งมีการบันทึกข้อมูลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบได้ในอนาคต ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถช่วยให้สถาปนิก นักออกแบบหรือผู้เกี่ยวข้องนำมาตรวจสอบว่าแนวคิดในการออกแบบอาคารนั้น ๆ สามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้มากน้อยเพียงใด อีกทั้งยังสามารถเสนอแนะเป็นแนวทางในการออกแบบที่ส่งเสริมต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารพร้อมทั้งพัฒนากระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กิตติพงศ์ เตมียะประดิษฐ์. (2548). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร*. สืบค้นจาก http://www.thaihvac.com/articles/index.php?id=22.

งานระบบ Radiant Floor Cooling. (2549). สืบค้นจาก http://www.th.jec.com/th/project-details.aspx?projectId=35.

ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล. (2548). กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร: บทฟื้นฟูวิชาการ. *Chula Med J*, *49*(2).

ดารณี จารีมิตร, อรรจน์ เศรษฐบุตร, ชนิกานต์ ยิ้มประยูร และเฉลิมวัตน์ ตันตสวัสดิ์. (2549). โรคระบบทางเดินหายใจ: ความเสี่ยงร้ายแรงจากการออกแบบและจัดการอาคารสำนักงานที่ไม่เหมาะสม. *วารสาวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 4*(2), 1-19.

ทวี เวชพฤติ. (2542). การออกแบบระบบปรับอากาศ และระบายอากาศกับคุณภาพของอากาศในอาคาร. *สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ, 2*(2).

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2550). *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: วี.อินเตอร์ พริ้นท์.

นพดล สหชัยเสรี. (2550). *Environment and behavior* [เอกสารประกอบการสอน]. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

นรุตตม์ สหนาวิน. (2555). บทความวิจัย. *วารสารคณะพลศึกษา, 15*(12).

มาลินี ศรีสุวรรณ. (2542). *ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบอาคารสาธารณะประเภทต่าง ๆ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรรธนะ ชลายนเดชะ. (2558). *พลังงานกับกิจกรรมทางกาย.* สืบค้นจาก http://www.doctor.or.th/node/2085.

วรวิชญ์ สิงหนาท. (2552). *การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารพักอาศัย.* สืบค้นจาก http://www.airbornefilter.com.

วิกรม เสงคิสิริ และสสิธร เทพตระการพร. (2548). กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด. *วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 28*(1), 28-34.

วิมลสิทธ์ หรยางกูร. (2549). *พฤติกรรมมนุษย์ กับ สภาพแวดล้อม มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการออกแบบและวางแผน*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลสิทธ์ หรยางกูร, บุษกร เสรฐวรกิจ และศิวาพร กลิ่นมาลัย. (2554). *จิตวิทยาสภาพแวดล้อม: มูลฐานการสร้างสรรค์และจัดการสภาพแวดล้อมน่าอยู่* กรุงเทพฯ: จี.บี.พี.เซ็นเตอร์.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท). (2551). *มาตรฐานระบบปรับและระบายอากาศ.* กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

วิสิทธิ์ สอิ้งทอง. (2552). *เกณฑ์มาตรฐานการออกแบบและเกณฑ์การบริหารจัดการสภาพแวดล้อมทางกายภาพของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน (ระดับประถมศึกษา) ที่สอดคล้องกับการพัฒนาระดับไอคิว อีคิว และเอ็มคิวของนักเรียน.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วิเชียร สุวรรณรัตน์. (2537). *ภูมิอากาศวิทยา และการออกแบบสถาปัตยกรรม.* กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2543). *คู่มือปฏิบัติการมลพิษอากาศภายในอาคาร.* กรุงเทพฯ: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย: การศาสนา.

สถาบันอาคารเขียวไทย. (2556). *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมสำหรับการเตรียมความพร้อมการก่อสร้างและอาคารปรับปรุงใหม่* กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

สร้อยสุดา เกสรทอง. (2549). *SBS โรคจากการทำงานในตึก.* กรุงเทพฯ: ใกล้หมอ.

สุนทร บุญญาธิการ. (2542). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาวลี จินดาพล. (2012). *เทคนิคการปรับอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ* [เอกสารประกอบการสอน]. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2547). สถาปัตยกรรมสุขภาพดี: สัญลักษณ์สำคัญแห่งโลกใหม่. *วิจัยและสาระสถาปัตยกรรม*, 2.

อินจิรา นิยมสุข, สุนันทา จิตประพันธ์ และไพฑูรย์ งามมุข. (2546). บทวิทยาการคุณภาพอากาศในร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะและการจัดการ กรณีศึกษา: ร้านอาหารประเภทปิ้งย่างในห้างสรรพสินค้า. [รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์]. *วารสารการส่งเสริมสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อม, สำนักที่ปรึกษา กรมอนามัย, 26*(4).

Adaptive thermal comfort. (2012). *Lennox news room.* Retrieved from http://www.lennoxcommercial.com.

Rapoport, A. (1982). *The meaning of the built environment: A nonverbal communication approach.* Beverly Hills: Sage.

ASHRAE Handbook Society of heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. (ASHRAE). (2000). *HVAC Systems and Equipment*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Givoni, B. (1981). *Man, climate & architecture* (2nd ed.). New York: Van Nostrand Reinhold.

Yaglou, C. (1947). A method For improving the effective temperature index. *ASHVE Transactions, 53,* 307-309.

Chalfoun, N. (1986). *Psychometric chart*. Retrieved from https://arizona.openrepository.com.

Gifford, R. (2007). *Environmental psychology*: *Principles and practice* (4th ed.). Victoria: Optimal Books.

Langford, N. (2005). *Carbon dioxide poisoning.* Birmingham: PubMed.

Leff, H. (1978). *Experience: Environment and human potentials*. New York: Oxford University Press.

Hitchins, J., Morawska, L., & Wolff, R., & Gilbert, D. (2000). Concentration of submicrometre particles from vehicle emissions near a major road. *Atmospheric Environment*, *34*(1), 51-59.

Intelligent air quality. (2015). Retrieved from http://www.vcp.se.

International air quality and Air Velocity/Flow Measurement. (2012). Retrieved from http://www.testo.com.tr.

International Council of Shopping Centers (ICSC). (1994). *ICSC research quarterly*. New York: International Council of Shopping Centers.

Ittelson, W. (1973). *Environment and cognition.* New York: Seminar Press.

Langford, N. (2005). *Carbon dioxide poisoning*. Birmingham: PubMed.

Olgyay, V., & Olgyay, A. (1992). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Roy, C., & Andrews, H. (1999). *The Roy adaptation model.* Stamford, Conn: Appleton & Lange.

Tromp, S. (1962). *Biometeorology: Proceedings of the second international bioclimatological congress held at the royal society of medicine, London, 4-10 september 1960*. London: Pergamon Press.

The concept of effective temperature. (n.d.). Retrieved from http://www.hvacairconditioningdesign.com.

Vera, M. (2014). *Sister Callista Roy's adaptation model of nursing.* Retrieved from http://www.nurseslabs.com.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลประกอบการศึกษา

ตาราง 1: แสดงค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

รายการเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Garment description)		Clothing Level (Clo.)	Thermal Resistance :R (m^2K/W)
Underwear, pants	Pantyhose	0.02	0.003
	Panties	0.03	0.005
	Briefs	0.04	0.006
	Pants 1/2long legs, wool	0.06	0.009
	Pant long legs	0.1	0.016
Underwear, shirts	Bra	0.01	0.002
	Shirt sleeveless	0.06	0.009
	T-shirt	0.09	0.014
	Shirt with long sleeves	0.12	0.019
	Half-slip, nylon	0.14	0.022
Shirts	Tube top	0.06	0.009
	Short sleeve	0.09	0.029
	Light blouse, long sleeves	0.15	0.023
	Light shirt, long sleeves	0.20	0.031
	Normal, long sleeves	0.25	0.039
	Flannel shirt, long sleeves	0.30	0.047
	Long sleeves, turtleneck blouse	0.34	0.053

ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ. (2542). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ค่าสถิติเปรียบเทียบปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพจำแนกตามลักษณะของกิจกรรม

ตารางที่ 2: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิ	ระหว่างกลุ่ม	534.45	2	267.23		
					639.78	0.00*
	ภายในกลุ่ม	211.77	507	0.42		
	รวม	746.22	509			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ จำแนกตามลักษณะกิจกรรม จากตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่างๆ ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		25.97	26.36	22.96
ห้องเรียน	25.97	-	-.39*	3.02*
Food Court	26.36		-	3.40*
ร้านอาหาร	22.96			-

จากตารางที่ 3 เมื่อทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิ จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสรุปว่า ลักษณะกิจกรรมศูนย์อาหาร มีอุณหภูมิสูงกว่าลักษณะกิจกรรมห้องเรียนและร้านอาหารปิ้งย่าง

ตารางที่ 4: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้น ในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความชื้น	ระหว่างกลุ่ม	7,923.34	2	3,961.67		
					76.53	0.00*
	ภายในกลุ่ม	26,245.71	507	51.77		
	รวม	34,169.05	509			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้น จำแนกตามลักษณะกิจกรรม จากตารางที่ 4 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้นในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		46.24	53.52	55.86
ห้องเรียน	46.24	-	-7.27*	-9.62*
Food Court	53.52		-	-2.34*
ร้านอาหาร	55.86			-

จากตารางที่ 5 เมื่อทดสอบความแตกต่างของความชื้น จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสรุปว่า ลักษณะกิจกรรมร้านอาหารปิ้งย่าง มีอุณหภูมิสูงกว่าลักษณะกิจกรรมห้องเรียนและศูนย์อาหาร

ตารางที่ 6: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
CO_2	ระหว่างกลุ่ม	19,237,343.85	2	9,618,671.93		
					185.45	0.00*
	ภายในกลุ่ม	26,295,784.12	507	51,865.45		
	รวม	45,533,127.97	509			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 จำแนกตามลักษณะกิจกรรมจากตารางที่ 6 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ CO_2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนมาก จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		1184.18	790.36	814.23
ห้องเรียน	1184.18	-	393.82*	369.95*
Food Court	790.36		-	-23.87
ร้านอาหาร	814.23			-

จากตารางที่ 7 เมื่อทดสอบความแตกต่างของ CO_2 จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ CO_2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีจำนวน 2 คู่ ได้แก่ ลักษณะกิจกรรมห้องเรียน มี CO_2 มากกว่าลักษณะกิจกรรมศูนย์อาหารและร้านอาหารปิ้งย่าง

ตารางที่ 8: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิ	ระหว่างกลุ่ม	184.46	2	92.23		
					242.45	0.00*
	ภายในกลุ่ม	75.32	198	0.38		
	รวม	259.78	200			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรม จากตารางที่ 8 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		25.60	26.74	22.81
ห้องเรียน	25.60	-	-1.14*	2.79*
Food Court	26.74		-	3.93*
ร้านอาหาร	22.81			-

จากตารางที่ 9 เมื่อทดสอบความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีจำนวน 3 คู่ ได้แก่ ลักษณะกิจกรรมศูนย์อาหาร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิมากกว่าลักษณะกิจกรรมห้องเรียนและลักษณะกิจกรรมร้านอาหารปิ้งย่าง ส่วนลักษณะกิจกรรมศูนย์อาหารมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิมากกว่าลักษณะกิจกรรมห้องเรียน

ตารางที่ 10: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้น ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ความชื้น	ระหว่างกลุ่ม	8,872.42	2	4,436.21		
					1,149.32	0.00*
	ภายในกลุ่ม	764.25	198	3.86		
	รวม	9,636.67	200			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้นในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรม จากตารางที่ 10 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้นในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		40.64	55.86	58.51
ห้องเรียน	40.64	-	-15.22*	-17.87*
Food Court	55.86		-	-2.65*
ร้านอาหาร	58.51			-

จากตารางที่ 11 เมื่อทดสอบความแตกต่างของความชื้นในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 12: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
CO_2	ระหว่างกลุ่ม	121,249,517.58	2	60,624,758.79		
					9,263.96	0.00
	ภายในกลุ่ม	1,295,742.00	198	6,544.15		
	รวม	122,545,259.58	200			

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนน้อยจำแนกตามลักษณะกิจกรรม จากตารางที่ 12 พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ CO_2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนน้อย จำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่

ลักษณะกิจกรรม	ค่าเฉลี่ย	ห้องเรียน	Food Court	ร้านอาหาร
		2,595.00	789.23	747.55
ห้องเรียน	2,595.00	-	1,805.77*	1,847.46*
Food Court	789.23		-	41.69
ร้านอาหาร	747.55			-

จากตารางที่ 13 เมื่อทดสอบความแตกต่างของ CO_2 ในปริมาณคนน้อยจำแนกตามลักษณะกิจกรรมเป็นรายคู่ พบว่า ลักษณะกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ CO_2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีจำนวน 2 คู่ ได้แก่ลักษณะกิจกรรมห้องเรียน มี CO_2 มากกว่าลักษณะกิจกรรมศูนย์อาหารและร้านอาหารปิ้งย่าง

ตารางที่ 14: ตารางสรุป แสดงค่าการเปรียบเทียบทางสถิติ

		น้อย		มาก		t	Sig.
		Mean	SD	Mean	SD		
ห้องเรียน	อุณหภูมิ	25.60	0.62	25.97	0.76	-3.25	.001*
	ความชื้น	40.64	2.35	46.24	1.76	-3.72	.000*
	CO2	2,595.00	149.64	1,184.18	320.66	-19.09	.000*
Food Court	อุณหภูมิ	26.74	0.62	26.36	0.48	6.38	.000*
	ความชื้น	55.86	1.83	53.52	10.89	6.07	.012*
	CO2	789.23	17.67	790.36	23.77	2.53	.631
ร้านอาหาร	อุณหภูมิ	22.81	0.61	22.96	0.67	-.69	0.49
	ความชื้น	58.51	1.75	55.86	2.92	4.04	0.00*
	CO2	747.55	133.10	814.23	163.60	-1.46	0.16

ค่าสถิติเปรียบเทียบการรับรู้สภาพแวดล้อมทางกายภาพ จำแนกตามคุณลักษณะของบุคคล

ตารางที่ 15: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	ระหว่างกลุ่ม	44.08	6	7.35		
					2.60	0.02*
	ภายในกลุ่ม	1,915.21	679	2.82		
	รวม	1,959.29	685			
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	18.59	6	3.10		
					1.03	0.41
	ภายในกลุ่ม	2,026.45	672	3.02		
	รวม	2,045.05	678			
ระคายเคืองผิวหนัง:ผื่นแดง,คัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	ระหว่างกลุ่ม	19.53	6	3.26		
					1.07	0.38
	ภายในกลุ่ม	2,023.34	666	3.04		
	รวม	2,042.88	672			
มีเหงื่อ เหนียวตัว- รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	17.26	6	2.88		
					1.00	0.42
	ภายในกลุ่ม	1,923.71	671	2.87		
	รวม	1,940.97	677			
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวกสบาย	ระหว่างกลุ่ม	40.40	6	6.73		
					2.35	0.03*
	ภายในกลุ่ม	1,915.09	667	2.87		
	รวม	1,955.49	673			
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	17.90	6	2.98		
					1.16	0.33
	ภายในกลุ่ม	1,725.61	671	2.57		
	รวม	1,743.51	677			

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 15 (ต่อ): แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามอาชีพ

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	ระหว่างกลุ่ม	9.58	6	1.60		
					0.51	0.80
	ภายในกลุ่ม	2,070.64	667	3.10		
	รวม	2,080.22	673			
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	15.04	6	2.51		
					0.82	0.55
	ภายในกลุ่ม	2,046.31	672	3.05		
	รวม	2,061.35	678			
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ-สมองตื่นตัว	ระหว่างกลุ่ม	9.26	6	1.54		
					0.52	0.79
	ภายในกลุ่ม	1,977.62	672	2.94		
	รวม	1,986.87	678			
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งโล่งสบาย	ระหว่างกลุ่ม	4.60	6	0.77		
					0.29	0.94
	ภายในกลุ่ม	1,783.98	671	2.66		
	รวม	1,788.57	677			
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่นกระฉับกระเฉง	ระหว่างกลุ่ม	14.83	6	2.47		
					0.90	0.50
	ภายในกลุ่ม	1,847.50	671	2.75		
	รวม	1,862.33	677			
ความรู้สึกสับสนมึนงง-ตื่นตัว กระตือรือร้น	ระหว่างกลุ่ม	18.67	6	3.11		
					1.10	0.36
	ภายในกลุ่ม	1,831.48	646	2.84		
	รวม	1,850.15	652			
ภาพรวม	ระหว่างกลุ่ม	6.58	6	1.10		
					0.65	0.69
	ภายในกลุ่ม	1,151.55	679	1.70		
	รวม	1,158.14	685			

จากตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ พบว่า กลุ่มอาชีพต่าง ๆ มีการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับรายข้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ อากาศหนาวเย็น - อากาศร้อน และรู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก - หายใจสะดวกสบาย จึงได้ทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe ปรากฏผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ

อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	ค่าเฉลี่ย	นักเรียนหรือนักศึกษา	พนักงานของรัฐ	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	พนักงานเอกชน	ประกอบธุรกิจส่วนตัว	อื่นๆ	ไม่ระบุ
		3.60	3.28	2.54	3.35	3.60	2.91	2.22
นักเรียนหรือนักศึกษา	3.60	-	0.32	1.07	0.26	0.00	0.69	1.38
พนักงานของรัฐ	3.28		-	0.74	-0.07	-0.32	0.37	1.06
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	2.54			-	-0.81	-1.07	-0.37	0.32
พนักงานเอกชน	3.35				-	-0.26	0.44	1.13
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	3.60					-	0.70	0.70
อื่นๆ	2.91						-	0.69
ไม่ระบุ	2.22							-

จากตารางที่ 16 เมื่อทดสอบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในข้ออากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ พบว่า กลุ่มอาชีพต่าง ๆ มีการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17: แสดงค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ

รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	ค่าเฉลี่ย	นักเรียนหรือนักศึกษา	พนักงานของรัฐ	พนักงานรัฐวิสาหกิจ	พนักงานเอกชน	ประกอบธุรกิจส่วนตัว	อื่นๆ	ไม่ระบุ
		4.69	5.16	4.15	5.14	4.80	4.57	3.67
นักเรียนหรือนักศึกษา	4.69	-	-0.47	0.53	-0.45	-0.11	0.12	1.02
พนักงานของรัฐ	5.16		-	1.01	0.02	0.36	0.59	1.49
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	4.15			-	-0.98	-0.64	-0.41	0.49
พนักงานเอกชน	5.14				-	0.34	0.57	1.47
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	4.80					-	0.23	1.13
อื่นๆ	4.57						-	0.90
ไม่ระบุ	3.67							-

จากตารางที่ 17 เมื่อทดสอบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในข้อรู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย จำแนกตามสถานภาพด้านอาชีพ พบว่า กลุ่มอาชีพต่าง ๆ มีการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 18: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามรายได้

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	ระหว่างกลุ่ม	20.62	5	4.12		
					1.45	0.21
	ภายในกลุ่ม	1,938.67	680	2.85		
	รวม	1,959.29	685			
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	7.37	5	1.47		
					0.49	0.79
	ภายในกลุ่ม	2,037.68	673	3.03		
	รวม	2,045.05	678			
ระคายเคืองผิวหนัง:ผื่นแดง,คัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	ระหว่างกลุ่ม	22.98	5	4.60		
					1.52	0.18
	ภายในกลุ่ม	2,019.89	667	3.03		
	รวม	2,042.88	672			
มีเหงื่อ เหนียวตัว- รู้สึกสบายตัวดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	14.79	5	2.96		
					1.03	0.40
	ภายในกลุ่ม	1,926.18	672	2.87		
	รวม	1,940.97	677			
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	ระหว่างกลุ่ม	28.92	5	5.78		
					2.01	0.08
	ภายในกลุ่ม	1,926.57	668	2.88		
	รวม	1,955.49	673			
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	4.27	5	0.85		
					0.33	0.90
	ภายในกลุ่ม	1,739.24	672	2.59		
	รวม	1,743.51	677			

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 18 (ต่อ): แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามรายได้

	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	ระหว่างกลุ่ม	8.25	5	1.65		
					0.53	0.75
	ภายในกลุ่ม	2,071.97	668	3.10		
	รวม	2,080.22	673			
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	ระหว่างกลุ่ม	20.45	5	4.09		
					1.35	0.24
	ภายในกลุ่ม	2,040.90	673	3.03		
	รวม	2,061.35	678			
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ-สมองตื่นตัว	ระหว่างกลุ่ม	21.02	5	4.20		
					1.44	0.21
	ภายในกลุ่ม	1,965.86	673	2.92		
	รวม	1,986.87	678			
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งโล่งสบาย	ระหว่างกลุ่ม	2.87	5	0.57		
					0.22	0.96
	ภายในกลุ่ม	1,785.70	672	2.66		
	รวม	1,788.57	677			
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่นกระฉับกระเฉง	ระหว่างกลุ่ม	13.37	5	2.67		
					0.97	0.43
	ภายในกลุ่ม	1,848.96	672	2.75		
	รวม	1,862.33	677			
ความรู้สึกสับสนมึนงง-ตื่นตัว กระตือรือร้น	ระหว่างกลุ่ม	13.48	5	2.70		
					0.95	0.45
	ภายในกลุ่ม	1,836.67	647	2.84		
	รวม	1,850.15	652			
ภาพรวม	ระหว่างกลุ่ม	4.72	5	0.94		
					0.56	0.73
	ภายในกลุ่ม	1,153.42	680	1.70		
	รวม	1,158.14	685			

จากตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามสถานภาพด้านรายได้ พบว่า กลุ่มรายได้ต่าง ๆ มีการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 19: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับ จำแนกตามด้านสถานภาพ

	โสด		สมรส		t-test	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	3.54	1.72	3.01	1.41	3.31	0.00*
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.56	1.74	4.56	1.75	-0.02	0.99
ระคายเคืองผิวหนัง:ผื่นแดง,คัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	5.28	1.70	4.84	2.00	2.00	0.05
มีเหงื่อ เหนียวตัว- รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.82	1.71	4.99	1.64	-0.90	0.37
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	4.78	1.69	4.63	1.80	0.79	0.43
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	5.09	1.60	5.08	1.66	0.09	0.93
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	4.99	1.74	4.83	1.91	0.74	0.46
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	4.79	1.74	4.82	1.89	-0.16	0.87
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ-สมองตื่นตัว	4.64	1.67	4.59	1.92	0.26	0.80
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งโล่งสบาย	5.06	1.58	4.94	1.76	0.68	0.50
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่นกระฉับกระเฉง	4.72	1.66	5.00	1.63	-1.54	0.12
ความรู้สึกสับสนมึนงง-ตื่นตัวกระตือรือร้น	4.62	1.69	4.67	1.69	-0.31	0.76
ภาพรวม	4.85	1.27	4.77	1.51	0.47	0.64

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามด้านสถานภาพ พบว่า การรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในภาพรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับรายข้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 ข้อ

ตารางที่ 20: แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ จำแนกตามด้านสถานการณ์ใช้พื้นที่

	กลุ่มผู้ใช้ประจำ		กลุ่มผู้ใช้ชั่วคราว		t-test	Sig.
	Mean	SD	Mean	SD		
อากาศหนาวเย็น-อากาศร้อน	3.52	1.70	3.44	1.66	0.57	0.57
รู้สึกไม่สบายตัว-รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.54	1.70	4.63	1.73	-0.59	0.55
ระคายเคืองผิวหนัง:ผื่นแดง,คัน-ไม่รู้สึกระคายเคือง	4.95	1.76	5.33	1.70	-2.48	0.01*
มีเหงื่อ เหนียวตัว- รู้สึกสบายตัวดีมาก	4.70	1.63	4.96	1.69	-1.72	0.09
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก-หายใจสะดวก สบาย	4.68	1.59	4.86	1.72	-1.22	0.22
หายใจถี่,หอบ-หายใจสบายดีมาก	5.02	1.53	5.16	1.62	-1.03	0.30
ระคายเคืองจมูก-ไม่ระคายเคืองจมูก	4.85	1.72	5.05	1.73	-1.31	0.19
มีอาการเหมือนเป็นหวัด-รู้สึกสบายดีมาก	4.70	1.66	4.91	1.75	-1.40	0.16
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ-สมองตื่นตัว	4.54	1.64	4.70	1.71	-1.06	0.29
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้-รู้สึกโปร่งโล่งสบาย	4.79	1.63	5.13	1.59	-2.38	0.02*
เซื่องซึมอ่อนเพลีย ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม-สดชื่นกระฉับกระเฉง	4.64	1.61	4.82	1.66	-1.29	0.20
ความรู้สึกสับสนมึนงง-ตื่นตัวกระตือรือร้น	4.53	1.53	4.70	1.71	-1.10	0.27
ภาพรวม	4.71	1.24	4.92	1.31	-1.79	0.07

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคาร จำแนกตามด้านสถานการณ์ใช้พื้นที่ พบว่า การรับรู้คุณภาพอากาศของผู้ใช้งานในอาคารในภาพรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับรายข้อ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 ข้อ

BANGKOK UNIVERSITY FOUNDED 1962

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลประกอบการศึกษาสภาพแวดล้อมอาคาร

ภาพที่ 1: แสดงตำแหน่งที่ตั้งและบริเวณโดยรอบของอาคารเรียนรวม 1

ภาพที่ 2: อาคารเรียนรวม และสภาพแวดล้อมรอบข้าง

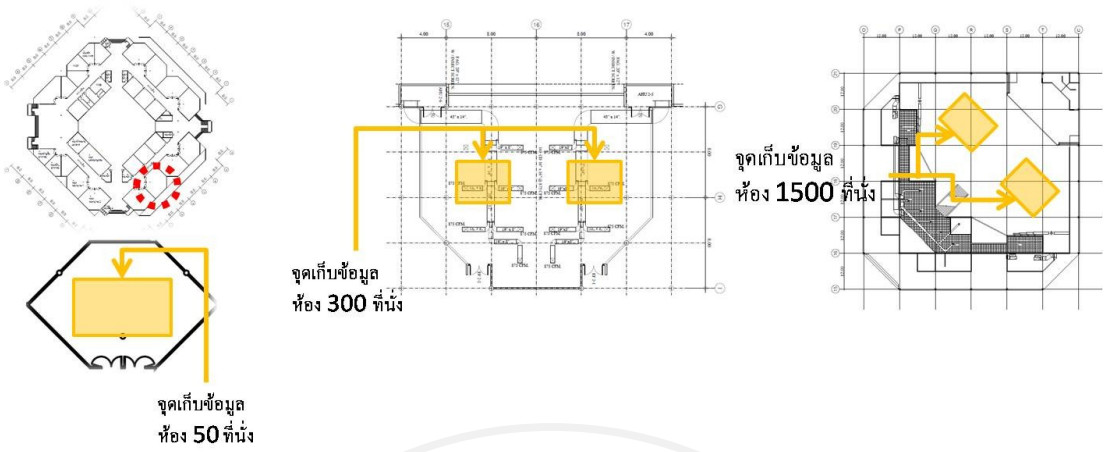
ลักษณะการออกแบบสภาพแวดล้อม กลุ่มอาคารเรียนรวมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สร้างขึ้นและเปิดใช้งานประมาณปีพ.ศ. 2532 ลักษณะเป็นกลุ่มอาคารที่มีความใกล้ชิดกัน ประกอบด้วยอาคารสูง 2 ชั้น จำนวน 4 อาคาร โดยมีหลังคาและทางเดินเชื่อมถึงกันจนเป็นกลุ่มก้อนได้ทั้งหมด เป็นศูนย์การเรียนการสอน การบรรยายและการสัมมนาของทุกสาขาวิชา มีการติดตั้งโสตทัศนูปกรณ์สมบูรณ์แบบ ประกอบด้วยห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง 300 และ 1,500 ที่นั่ง

ทิศเหนือ (ด้านหลัง) เป็นส่วนลานจอดรถและพื้นที่ว่างเปล่า

ทิศใต้ (ด้านหน้า) ติดถนน ด้านข้างเป็นโรงอาหาร และอาคารบรรณาสาร

ทิศตะวันออก พื้นที่โล่ง และสัญลักษณ์สถาน

ทิศตะวันตก อาคารเรียนรวม2 (อาคารสร้างใหม่)



จุดเก็บข้อมูล สำหรับห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง อยู่ในพื้นที่ของอาคารที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ด้านหน้า ใกล้กับ สัญลักษณ์สถาน พื้นที่ทางเดินภายในอาคารไม่มีระบบปรับอากาศ

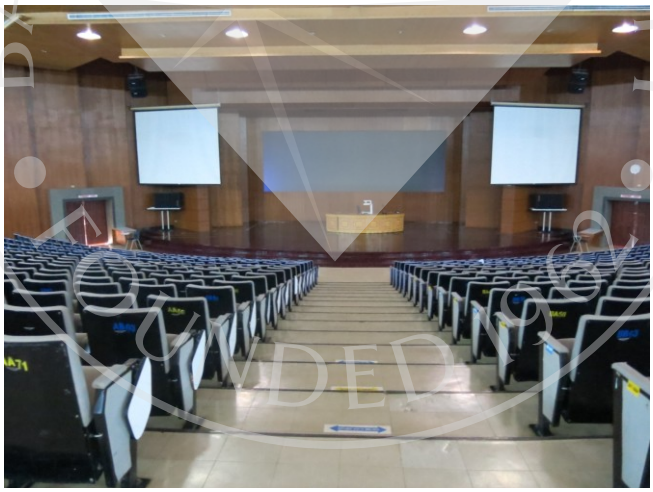
จุดเก็บข้อมูล ห้องเรียน 300 ที่นั่ง เป็นอาคารที่มีขนาดรองลงมา โดยแต่ละอาคารประกอบด้วยห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง จำนวน 4 ห้อง จัดวางโดยหันทางเข้าของแต่ละห้องเข้าหากันเพื่อใช้พื้นที่ส่วนกลางร่วมกัน

จุดเก็บข้อมูล ห้องเรียนขนาด 1,500 ที่นั่ง อยู่ในพื้นที่ของอาคารที่มีหลังคารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นอาคารหลังสุด อยู่ติดกับลานจอดรถ การเข้าถึงห้องเรียนจากทางเข้าหลักจะต้องเดินผ่านประตูกระจก 2 ชั้น

ภาพที่ 3: ห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง

ภาพที่ 4: ห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง

ภาพที่ 5: ห้องเรียนขนาด 1500 ที่นั่ง



ระบบปรับอากาศภายในพื้นที่ ทั้ง 3 ห้องเรียนมีลักษณะแบบเดียวกัน คือ เป็นระบบปรับอากาศแบบ split type แต่แตกต่างกันที่ กำลังของเครื่อง และลักษณะการจ่ายลมเย็นที่ต่างกัน เช่น ห้องเรียน 50 ที่นั่ง ใช้รูปแบบเครื่องปรับอากาศเป็นชนิดแขวนติดเพดานจ่ายลมเย็นโดยตรง ห้องละ 1 เครื่อง ห้องเรียน 300 ที่นั่ง ใช้รูปแบบห้อง AHU จำนวน 2 ห้อง และปล่อยลมเย็นออกมาทางช่องจ่ายลมที่ฝ้าเพดาน ทิศทางตั้งฉากกับพื้นลงมายังผู้ใช้อาคารโดยตรง ห้องเรียน 1,500 ที่นั่ง ใช้รูปแบบห้อง AHU จำนวน 2 ห้องเช่นกัน แต่มีเครื่องส่งลมเย็นติดตั้งอยู่ห้องละ 4 เครื่อง และปล่อยลมเย็นทางช่องจ่ายลมที่ฝ้าเพดานแบบขนานกับพื้นห้อง ให้ผู้ใช้อาคารได้รับทิศทางลมเข้าจากทางด้านหน้า

ด้านการตกแต่ง ห้องเรียนทั้ง 3 ห้องมีการตกแต่ง และขนาดห้องที่แตกต่างกัน โดยห้องเรียน 50 ที่นั่ง พื้นเป็นกระเบื้องยาง ผนังก่ออิฐทาสีขาว ฝ้ายิปซัมทีบาร์ เฟอร์นิเจอร์เป็นเก้าอี้เลคเชอร์เหล็ก หุ้มเบาะแบบพับเก็บได้ ห้องเรียน 300 ที่นั่ง พื้นกระเบื้องยาง ผนังบุผ้าเพื่อลดเสียงสะท้อน ฝ้าเพดานยิปซัม บอร์ดฉาบเรียบ แบ่งช่วงไล่ระดับลาดเอียงตามการสะท้อนของเสียง เฟอร์นิเจอร์เป็นเก้าอี้พลาสติก ขาเหล็กยึดติดกับที่ ห้องเรียน 1,500 ที่นั่ง พื้นกระเบื้องยาง ผนังส่วนใหญ่กรุไม้โดยผสมกับผนังอะคูสติกบางส่วน ฝ้าเพดานกรุไม้ยกระดับเป็นแบบขั้นบันได จึงทำให้ลดการสะท้อนของเสียงได้น้อยกว่าห้อง 300 ที่นั่ง

ภาพที่ 6: แสดงตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์การค้าต่างๆบริเวณสี่แยกปทุมวัน

ภาพที่ 7: อาคารศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ (Siam Center)

ลักษณะการออกแบบสภาพแวดล้อมอาคารศูนย์การค้า สยามเซ็นเตอร์ (Siam Center) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ เปิดตัวเมื่อเมษายน 2516 ปรับปรุงครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2534 และมีการปรับปรุงอีกหลายครั้งทุก ๆ 7-8ปี ตั้งอยู่บริเวณสี่แยกปทุมวัน เป็นอาคาร 4 ชั้น โดยในแต่ละชั้นมีพื้นที่ประมาณ 200-400 ตารางเมตร

ทิศเหนือ (ด้านหลังของอาคาร) พื้นที่ติดกับวังสระปทุม เป็นพื้นที่เขตพระราชวังขนาดประมาณ 400 ตารางเมตร ส่วนใหญ่เป็นต้นไม้ และวังเก่า

ทิศใต้ (ด้านหน้าของอาคาร) ติดถนนพระราม1 มีทางเดิน Sky walk และมีรางรถไฟฟ้า BTS พาดผ่านหน้าอาคาร สามารถเดินเข้าอาคารทาง Sky walk ได้ที่ชั้น 2 และชั้น 3

ทิศตะวันออก เป็นลานกิจกรรมขนาดใหญ่ของศูนย์ค้าพารากอน และมีทางเดินเชื่อมกับอาคาร ได้ที่ชั้น 2 และชั้น 3 เช่นกัน

ทิศตะวันตก เป็นลานกิจกรรมระหว่างตึกสยามเซ็นเตอร์กับสยามดิสคัฟเวอรี่ และมีทางเดินเชื่อมที่ชั้น 4 ของอาคารทั้งสอง

ภาพที่ 8: อาคารศูนย์การค้า มาบุญครอง (MBK Center)

ลักษณะการออกแบบสภาพแวดล้อมอาคารศูนย์การค้า มาบุญครอง (MBK Center) เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ เป็นอาคาร 8 ชั้น พื้นที่ใช้สอยประมาณ 89,000 ตารางเมตร เป็นพื้นที่เช่าขายประมาณ 2,500 ร้านค้า

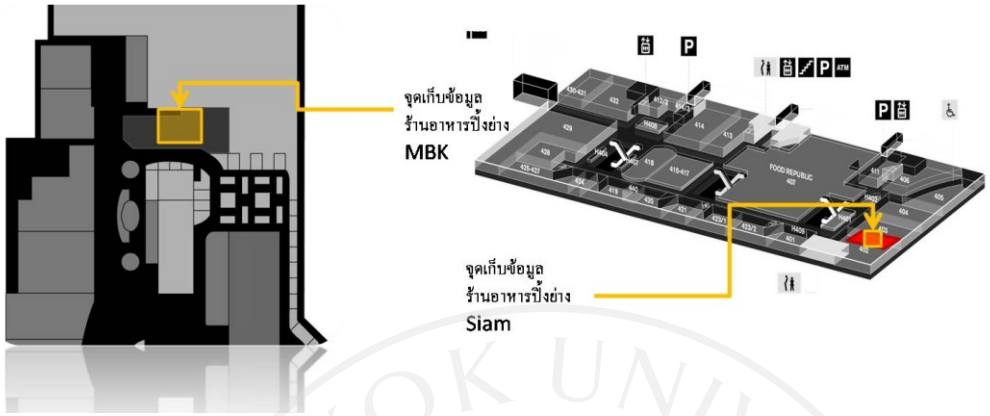
ทิศเหนือ ติดถนนพระราม1, สถานี BTS สนามกีฬาแห่งชาติ และฝั่งตรงข้าม คืออาคารหอศิลปวัฒนธรรมแห่งกรุงเทพมหานคร

ทิศใต้ ติดโรงแรมปทุมวัน ปริ๊นเซส

ทิศตะวันออก ติดถนนพญาไท ฝั่งตรงข้ามคือโรงภาพยนตร์สกาล่า อาคารโอสถศาลาของคณะเภสัชศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสยามสแควร์

ทิศตะวันตก ติดอาคารนิมิตบุตร สนามกีฬาแห่งชาติ

ภาพที่ 9: แสดงตำแหน่งร้านอาหารปิ้งย่างทั้งสองสาขา



จุดเก็บข้อมูล ร้านอาหารปิ้งย่าง อาคารศูนย์การค้า มาบุญครอง ที่ตั้งของร้านอยู่ที่ชั้นที่ 7 ส่วนกลางของศูนย์การค้า

จุดเก็บข้อมูล ร้านอาหารปิ้งย่าง อาคารศูนย์การค้าสยามเซนเตอร์ ที่ตั้งของร้านชั้นที่ 4 ริมอาคารด้านทิศตะวันออก สามารถมองเห็นลานกิจกรรมของศูนย์การค้าพารากอนได้

การจัดวางพื้นที่กับการปรับอากาศภายในพื้นที่ร้านอาหารปิ้งย่าง ทั้งสองสาขาใช้ระบบปรับอากาศแบบเดียวกัน คือใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบซ่อนเหนือเพดาน โดยมีการต่อท่อลมเย็นไปยังจุดต่าง ๆ โดยเน้นให้มีการจ่ายลมเย็นที่ทางสัญจรของร้าน และดูดลมกลับที่ตำแหน่งใต้เครื่องปรับอากาศ และมีระบบท่อดูดควันประจำอยู่กลางโต๊ะอาหารทุกโต๊ะ เมื่อมีการปิ้งย่างที่โต๊ะอาหาร ปล่องดูดควันก็จะถูกดึงลงมาเพื่อให้สามารถดูดควันจากเตาไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตกแต่งภายในเป็นรูปแบบเดียวกันคือเก้าอี้และโต๊ะส่วนใหญ่เป็นแบบติดตั้งกับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ หุ้มเบาะที่นั่งด้วยหนังเทียม พนักพิงเป็นกระจก หรือสแตนเลส

ภาพที่ 10: แสดงตำแหน่งหัวจ่ายลมเย็นและเครื่องดูดควันภายในร้านอาหาร

ภาพที่ 11: แสดงลักษณะอาคาร ห้างสรรพสินค้าคลังพลาซ่า สาขาจอมสุรางค์

ลักษณะการออกแบบสภาพแวดล้อมอาคารห้างสรรพสินค้า คลังพลาซ่า จอมสุรางค์ เป็นอาคารศูนย์การค้า เปิดเมื่อ 24 ธันวาคม 2534 ตั้งอยู่ใจกลางเมืองโคราช ห่างจากอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารีไม่ถึง 100 เมตร มีพื้นที่จอดรถ 500 คัน ภายในจะแบ่งเป็นแผนกต่าง ๆ คือ ชั้นใต้ดินเป็นคลังซุปเปอร์มาร์เก็ต ชั้น 1-3 แบ่งเป็นแผนกต่างๆ ชั้น 4-5 เป็นสินค้าประเภทอิเล็กทรอนิคส์ ต่างๆ และมีส่วนพื้นที่สวนสนุก สวนอาหาร และลานกิจกรรมด้วย

ทิศเหนือ (ด้านหลัง) หันหลังชนกับกลุ่มอาคารพานิช และโรงแรมฟ้าไทย

ทิศใต้ (ด้านหน้าอาคาร) ติดถนนจอมสุรางค์ ด้านตรงข้ามคืออาคารไทฟ้าลักษณะเป็นอาคารสูง 3 ชั้น ลานจอดรถ และร้านค้า อาคารพาณิชย์ต่าง ๆ

ทิศตะวันออกติดกับอาคารพานิช 3 ชั้น ถนนราชดำเนิน และคูเมืองโคราช

ทิศตะวันตก เป็นอาคารสำนักงานบริการลูกค้า CAT Telecom สูง 5 ชั้น

ภาพที่ 12: แสดงตำแหน่งจุดเก็บข้อมูล และแสดงพื้นที่ส่วนที่มีการประกอบอาหาร

จุดเก็บข้อมูลสวนอาหารชั้น 5 อาคารคลังพลาซ่า โดยอยู่ทางด้านขวาของตัวอาคารใกล้กับร้านค้าโซนIT บรรยากาศตกแต่งด้วยโทนสีขาวแดง พื้นปูกระเบื้องแกรนิตโต้สีครีม แถบเหนือร้านอาหารมีแนวกราฟฟิคสีเขียว และมีโซนคอมพิวเตอร์หยอดเหรียญให้บริการด้วย

จุดเก็บข้อมูลสวนอาหารชั้นใต้ดิน อาคารคลังพลาซ่า โดยอยู่ทางด้านซ้ายของตัวอาคารใกล้กับโซนซุปเปอร์มาร์เก็ต บรรยากาศตกแต่งด้วยกระเบื้องโมเสกสีเหลืองน้ำตาล พื้นหินขัดสีครีม เฟอร์นิเจอร์เหล็ก และไม้ บางส่วนมีการหุ้มเบาะที่เก้าอี้นั่ง

ภาพที่ 13: แสดงบรรยากาศโดยรวม ศูนย์อาหารคลังพลาซ่า ชั้น 5

ภาพที่ 14: แสดงบรรยากาศโดยรวม ศูนย์อาหารคลังพลาซ่า ชั้นใต้ดิน

การจัดวางพื้นที่กับการปรับอากาศภายในพื้นที่ศูนย์อาหารทั้งสองมีความคล้ายคลึงกัน คือใช้ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Sprit Type) ชนิดที่มีห้อง AHU และต่อท่อลมเย็นออกมายังบริเวณที่ต้องการให้ความเย็น โดยการจัดวางหัวจ่ายลมเย็นแบบกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ มีช่องดูดลมกลับบริเวณหน้าร้านที่มีการปรุงอาหาร และวางตำแหน่งห้อง AHU ไว้ที่ด้านหลังของร้านที่มีการประกอบอาหาร เพื่อดูดอากาศและกลิ่นต่าง ๆ จากร้านค้าไว้ ไม่ให้กระจายออกมายังพื้นที่นั่งรับประทานอาหาร แต่ทั้งสองแห่งมีการจัดวางกลุ่มเก้าอี้รับประทานอาหารที่แตกต่างกัน คือ ศูนย์อาหารที่ชั้น 5 จะมีการวางโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 4 ที่นั่ง ให้เป็นแนวเฉียง กระจายอย่างสม่ำเสมอไปตลอดทั้งพื้นที่ แต่ศูนย์อาหารที่ชั้นใต้ดิน จะเป็นโต๊ะรับประทานอาหารแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 ที่นั่ง วางชิดกัน ผสมกับแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยวางเป็นแนวเส้นตรง ทำให้พื้นที่ระหว่างเก้าอี้และทางเดินค่อนข้างแคบกว่า

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องมือที่สำคัญสำหรับการวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพภายในอาคาสำหรับงานวิจัยนี้คือ เครื่องตรวจวัดสภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality Instrument) ของยี่ห้อ Gray Wolf solving solution ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องมือที่มีขนาดเล็กสามารถพกพาไปยังสถานที่ที่ต้องการตรวจวัดสภาพอากาศได้โดยง่าย สามารถตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) และอุณหภูมิได้

ภาพที่ 15: แสดงลักษณะเครื่องมือ

รายละเอียดเครื่องมือ Power : ใช้ถ่าน 3D (ถ่านไฟฉาย) จำนวน 2 ก้อน

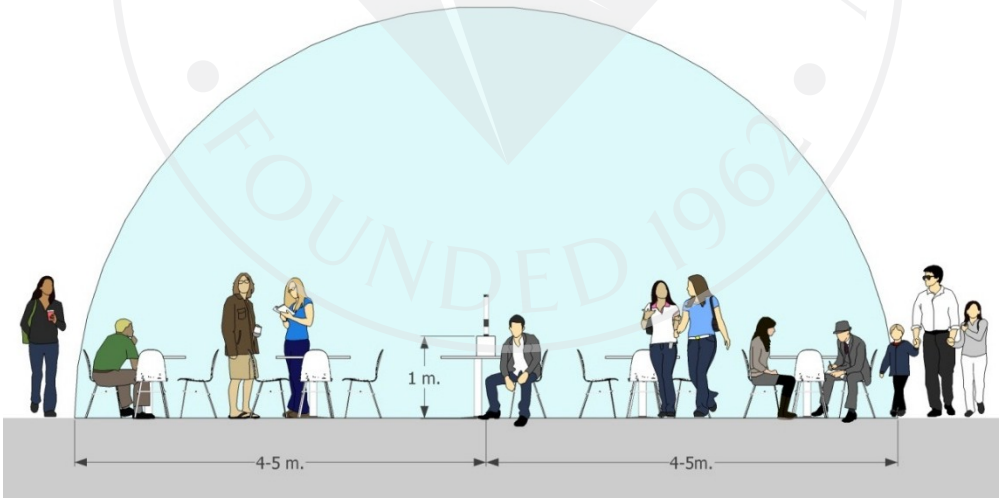
Software : Wolfsense ppc version 1.09

Palm : Compaq iPAQ 81 (500/1G)

Memory : SD Memory Card 253478-B21 , 253479-B21

ภาพที่ 16: ขณะใช้เครื่องตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ศูนย์อาหาร

ภาพที่ 17: แสดงการวางขณะวัด และขอบเขตการวัดสภาพอากาศของเครื่องวัด



ภาคผนวก ง.

ข้อมูลประกอบการศึกษาการรับรู้สภาพแวดล้อม : แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

งานวิจัย เรื่อง "วัสดุอาคาร ปริมาณความหนาแน่น มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ"

Place : …… Date : …… Time : ……

Temp : …… ^{0}C, Humidity : …… %RH, CO^{2} : …… ppm

แบบสอบถามเรื่อง"ข้อมูลการรับรู้ และความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร"

นักศึกษา คณะการจัดการออกแบบภายใน มหาวิทยาลัยกรุงเทพ กำลังทำการศึกษาเรื่อง "วัสดุอาคาร ปริมาณความหนาแน่น มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ" และได้จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการอาคาร จึงขอความกรุณาจากท่านได้ตอบแบบสอบถามนี้อย่างสมบูรณ์ และขอรับรองว่าข้อมูลของท่านจะนำไปใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

ความร่วมมือของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย ซึ่งจักขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือของท่านมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 5 ส่วน คือ สถานภาพส่วนตัว ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้ตอบ ลักษณะการใช้พื้นที่ การรับรู้และความพึงพอใจ การแสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไข

โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ○ ที่ตรงกับข้อมูลจริงหรือตรงกับความคิดเห็นของท่านและเติมรายละเอียดในช่องว่างตามที่ท่านต้องการ

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลประชากร

1. เพศ ○ ชาย ○ หญิง
2. อายุ .....ปี
3. อาชีพ ○ นักเรียนหรือนักศึกษา ○ พนักงานของรัฐ ○ พนักงานรัฐวิสาหกิจ
   ○ พนักงานเอกชน ○ ประกอบธุรกิจส่วนตัว ○ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
4. รายได้ ○ < 5,000 บาท ○ 5,000 – 10,000 บาท ○ 10,000 – 15,000 บาท
   ○ 15,000 – 20,000บาท ○ > 20,000 บาท บาท
5. สถานภาพ ○ โสด ○ สมรส
6. สถานะ การใช้พื้นที่ ○ กลุ่มผู้ใช้ประจำ ผู้ให้บริการ : เจ้าของร้าน พนักงาน
   ○ กลุ่มผู้ใช้ชั่วคราว ผู้รับบริการ : ลูกค้า

<u>ส่วนที่ 2.1</u> ข้อมูลด้านสุขภาพทั่วไป

7. ท่านเคยมีอาการที่ทำให้ท่านรู้สึกไม่สบายหรือไม่
   ○ ไม่เคย ○ เคย (โปรดระบุ).....
8. ท่านจะให้คะแนนกับสุขภาพของท่านเท่าไร (กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ในช่องคะแนน)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
แย่											ดีเลิศ

แบบสอบถาม 2

งานวิจัย เรื่อง "วัสดุอาคาร ปริมาณความหนาแน่น มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ" .....

Place : ..... Date : ..... Time : .....

Temp : ..... ^{0}C, Humidity : ..... %RH, CO^{2} : ..... ppm

9. ท่านมีสภาพร่างกายใดๆที่อาจทำให้ไวต่อปัญหาสภาพแวดล้อม เช่น

- O โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน และระบบทางเดินหายใจ
- O โรคเกี่ยวกับหัวใจ และหลอดเลือดหัวใจ
- O โรคผิวหนัง
- O โรคเกี่ยวกับระบบประสาท ไมเกรน
- O อยู่ระหว่างการรักษา การฉายรังสี หรือทำเคมีบำบัด
- O ตั้งครรภ์
- O ไม่มีสภาพร่างกายที่ทำให้ไวต่อสภาพแวดล้อม

<u>ส่วนที่ 2.2</u> ข้อมูลด้านสุขภาพใน **ช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา**

10. อาการใดบ้างที่ท่านเคยเกิดขึ้นใน **ช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา**

O ปวดศีรษะ จำนวนครั้งที่ท่านมีอาการ O ทุกวัน O 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ O น้อย
ช่วงเวลาใดบ้าง O ตอนเช้า O ตอนบ่าย O ตอนค่ำ O ตลอดทั้งวัน

O คลื่นไส้ อาเจียน จำนวนครั้งที่ท่านมีอาการ O ทุกวัน O 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ O น้อย
ช่วงเวลาใดบ้าง O ตอนเช้า O ตอนบ่าย O ตอนค่ำ O ตลอดทั้งวัน

O เฉื่อยชา เซื่องซึม อ่อนเพลีย จำนวนครั้งที่ท่านมีอาการ O ทุกวัน O 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ O น้อย
ช่วงเวลาใดบ้าง O ตอนเช้า O ตอนบ่าย O ตอนค่ำ O ตลอดทั้งวัน

O หายใจไม่สะดวก คัดจมูก จำนวนครั้งที่ท่านมีอาการ O ทุกวัน O 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ O น้อย
ช่วงเวลาใดบ้าง O ตอนเช้า O ตอนบ่าย O ตอนค่ำ O ตลอดทั้งวัน

O ระคายเคืองจมูกและผิวหนัง จำนวนครั้งที่ท่านมีอาการ O ทุกวัน O 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ O น้อย
ช่วงเวลาใดบ้าง O ตอนเช้า O ตอนบ่าย O ตอนค่ำ O ตลอดทั้งวัน

O ไม่เคยเกิดอาการดังกล่าว

11. ในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านต้องหยุดงานเนื่องจากอาการที่เกิดขึ้นข้างต้นเป็นจำนวนกี่วัน .....

<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลการใช้พื้นที่

12. วันที่มาใช้พื้นที่ O วันจันทร์ – วันศุกร์ O วันเสาร์ – วันอาทิตย์

13. ช่วงเวลาในการใช้พื้นที่ O 10.00-14.00 น. O 14.00-18.00 น. O 18.00-22.00 น. O อื่นๆ .....

14. ระยะเวลาในการใช้พื้นที่ ..... ชั่วโมง / ครั้ง

15. ความถี่ในการมาใช้พื้นที่ ..... ครั้ง / เดือน

16. บริเวณใดที่ท่านมักใช้เวลาอยู่ตรงนั้นมากหรือนานที่สุด .....

17. บริเวณใดที่ทำให้ท่านมีอาการรู้สึกแย่หรือรู้สึกว่าไม่สบาย .....

18. ท่านทราบหรือไม่ว่า มีผู้อื่นที่มีอาการไม่สบายเหมือนกันเมื่อใช้งานในพื้นที่นี้ O ทราบ O ไม่ทราบ

แบบสอบถาม 3

งานวิจัย เรื่อง "วัสดุอาคาร ปริมาณความหนาแน่น มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ" .....

Place : ..... Date : ..... Time : .....

Temp : ..... ^{0}C, Humidity : ..... %RH, CO^{2} : ..... ppm

<u>ส่วนที่ 4</u> ข้อมูลการรับรู้ และความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร

โปรดพิจารณาเทียบข้อความที่เป็นคู่ต่อไปนี้ว่าท่านมีความรู้สึกอย่างไร โดยกาเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านต้องการ

ตัวอย่าง ความรู้สึกต่อการเข้าใช้พื้นที่

ดี							ไม่ดี
	✓						

ถ้าท่านรู้สึกว่า ดี ให้ กา ✓ ช่องซ้ายสุด ส่วนช่องถัดไปขวามือ คือ ความรู้สึกดีลดลงตามลำดับ ช่องตรงกลาง คือ ยังตัดสินใจไม่ได้ และช่องขวาสุด คือ ไม่ดี

ต่อไปนี้ขอให้ท่านพิจารณาโดยกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ต้องการเพียงช่องเดียว

ลักษณะอาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้น

อากาศหนาวเย็น							อากาศร้อน
รู้สึกไม่สบายตัว อบอ้าว							รู้สึกสบายตัวดีมาก
ระคายเคืองผิวหนัง : ผื่นแดง,คัน							ไม่รู้สึกระคายเคือง
มีเหงื่อ เหนียวตัว							รู้สึกสบายตัวดีมาก
รู้สึกอึดอัด หายใจไม่ออก							หายใจสะดวกสบาย
หายใจถี่, หอบ							หายใจสบายดีมาก
ระคายเคืองจมูก							ไม่ระคายเคืองจมูก
มีอาการเหมือนเป็นหวัด							รู้สึกสบายดีมาก
ปวดหัว วิงเวียนศีรษะ							สมองตื่นตัว
หน้ามืด เป็นลม ตาลาย คลื่นไส้							รู้สึกโปร่งโล่งสบาย
เซื่องซึม อ่อนเพลีย - ง่วงนอนอันเนื่องจากสภาวะแวดล้อม							สดชื่น กระฉับกระเฉง
ความรู้สึกสับสน มึนงง							ตื่นตัว กระตือรือร้น

19. อาการและความรู้สึกดังกล่าวเริ่มเกิดขึ้นเมื่อท่านอยู่ในพื้นที่ .....ชม.....นาที

และแย่ที่สุดเมื่อเวลาผ่านไปอีก .....ชม.....นาที

20. อาการนั้นหายไปหรือไม่ ○ หาย (กรุณาระบุด้วยว่าเมื่อไร.....)

○ ไม่หาย หลังจากนั้นท่านได้ทำการรักษาหรือไม่ ○ ทำการรักษา ○ ยังไม่เคย

<u>ส่วนที่ 5</u> ความคิดเห็นเพิ่มเติม ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

ขอขอบคุณคะ

ภาคผนวก จ.
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบที่มีผลต่อระบบการปรับอากาศภายในอาคาร เช่น งานวิจัยของ นัฐพล จิรัฐติกาลกิจ เรื่อง เทคนิคการออกแบบเชิงบูรณาการเพื่อลดภาระการทำความเย็น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยความร้อนจากอาคาร: กรณีศึกษา โครงการศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 ในโครงการจัดประชุมวิชาการ ประจำปี 2554 Built Environment Research Associates Conference, BERAC II, 2011 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่กล่าวถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการใช้พลังงานในอาคาร การใช้พลังงานรวมตลอดอายุการใช้งานสูงกว่าค่าก่อสร้างประมาณ 5 ถึง 10 เท่าในภูมิอากาศร้อนชื้น ภาระการทำความเย็นมีการใช้พลังงานประมาณ 65-75% ของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร จากการวิเคราะห์และการคำนวณทำให้อาคารที่ออกแบบและก่อสร้างแล้วเสร็จมีภาระการทำความเย็นเพียง 120 ตันต่อตารางเมตร และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 23.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี ลดภาระการลงทุนในระบบปรับอากาศประมาณ 1,500 ล้านบาท และลดค่าไฟฟ้าลงประมาณ 275 ล้านบาทต่อปี โดยผู้วิจัยทำการศึกษาไว้หลายประเด็น เช่น ประเด็นการกำหนดพื้นที่กิจกรรมให้เหมาะสมกับการใช้งาน พบว่า กิจกรรมแต่ละประเภท ต้องการการควบคุมสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน กิจกรรมที่ต้องการใช้สมาธิสูง เช่น การทำงาน การประชุม การเรียน จำเป็นที่ต้องได้รับการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม หากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเพียงน้อยนิด ผู้ใช้งานอาคารอาจสูญเสียสมาธิต่อ การประกอบกิจกรรมนั้นได้ ลักษณะต่อมาคือพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้สมาธิมากนัก มีความผ่อนคลายในระดับหนึ่ง เช่น การเดิน นั่งคุยเล่น รับประทานอาหาร เป็นต้น กิจกรรมลักษณะดังกล่าวไม่จำเป็นต้องมีการควบคุม สภาพแวดล้อมสูงมาก และสามารถเกิดความแปรปรวนได้ในระดับหนึ่ง ลักษณะสุดท้ายคือกิจกรรมที่ไม่ต้องการ การควบคุมสภาพแวดล้อมมากนัก สามารถปล่อยให้ เกิดความแปรปรวนตามธรรมชาติก็สามารถทำกิจกรรม นั้น ๆ ได้ เสริมการควบคุมสภาพแวดล้อมเมื่อธรรมชาติ ไม่เหมาะสมเท่านั้น เช่น ถ้ามืดเกินไปก็เปิดไฟฟ้า แสงสว่าง หรือถ้าร้อนเกินไปก็เปิดพัดลมระบายอากาศ เป็นต้น อีกทั้งนอกจากการลดการใช้พลังงานโดยการสะสม ความเย็นไว้ในมวลสารแล้ว ยังได้มีการประยุกต์ใช้ ความเย็นที่สะสม โดยการอาศัยอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) โดยการเลือกใช้วัสดุ ผิวพื้น ผนัง และฝ้าเพดานที่เหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิด อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ และ ความรู้สึกร้อนเย็นเนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสี ในการออกแบบจึงเลือกใช้วัสดุที่มีมวลสารมาก และสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี เป็นวัสดุ

พื้นผิว เช่น พื้นสำนักงานเลือกใช้เป็นพื้นหินขัดสำเร็จรูป ฝ้า เพดานเลือกใช้เป็น ฝ้าเปลือยท้องพื้น ประมาณร้อยละ 60 เพื่อให้อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ส่งผลต่อผู้ใช้งานอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าเมื่อปรับอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ 25 องศาเซลเซียส จะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวและเพดาน เปลือย มีค่าประมาณ 25 องศาเซลเซียส บริเวณหน้าต่าง ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส ผนังด้านอื่น ๆ ที่ เช่น ผนังยิปซั่ม บอร์ดมีค่าประมาณ 28 องศาเซลเซียส กรณีการออกแบบอาคารแบบทั่วไปทำให้ อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีค่า ประมาณ 28.8 องศาเซลเซียส และเกิดความรู้สึกร้อน เย็นเนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีประมาณ 5.32 องศาเซลเซียส หมายความว่ากรณีที่มีการปรับอุณหภูมิ ห้องไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ผู้ใช้งานอาคารจะมีความ รู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 30.32 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสภาวะน่าสบาย เป็นเหตุให้ต้องมีการปรับ อุณหภูมิของระบบปรับอากาศให้ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส จึงจะรู้สึกว่าอยู่ในขอบเขตสบาย ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศมากเกินความจำเป็น กรณีของอาคารศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติฯ อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ มีค่าประมาณ 25.34 องศาเซลเซียส และเกิดความรู้สึกร้อนเย็นเนื่องจาก อิทธิพลของการแผ่รังสีประมาณ 0.42 องศาเซลเซียส ผู้ใช้งานอาคารจะรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 25.42 องศาเซลเซียส ซึ่งยังอยู่ในขอบเขตสบาย

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของวัสดุตกแต่งภายในต่อการสะสมความร้อน และความชื้นภายในอาคาร งานวิจัยของนายวีรศักดิ์ ศลศิลป์ชัย ได้กล่าวถึงการใช้พลังงานภายในอาคารส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการทำงานของระบบปรับอากาศ เพื่อปรับสภาวะภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบาย ปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภายในอาคารเกิดจากปริมาณความร้อน และความชื้นที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของอาคาร วัสดุตกแต่งภายในทุกชนิดมีคุณสมบัติในการสะสมความร้อนและความชื้น ด้วยเหตุนี้การเลือกใช้วัสดุตกแต่งภายในจึงมีผลต่อการเพิ่ม หรือลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ปริมาณความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในวัสดุต่าง ๆ ภายในห้องจึงกลายเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะในช่วงที่เริ่มเปิดระบบปรับอากาศ กระบวนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาและรวบรวมข้อมูลของวัสดุตกแต่งภายในอาคารที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยรวบรวมตัวอย่างของวัสดุตกแต่งภายในมาทดสอบจำนวน 32 ชนิด โดยแยกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ วัสดุประเภทพรม วัสดุประเภทผ้า วัสดุบุเฟอร์นิเจอร์ วัสดุประเภทกระดาษปิดฝาผนัง วัสดุโครงสร้างภายใน และหนังสือ ขั้นตอนต่อมา คือ การวิเคราะห์ความสามารถในการสะสมความร้อน และความชื้นของวัสดุแต่ละชนิด โดยการทำให้วัสดุดูดซับความร้อน และความชื้นอย่างเต็มที่ด้วยการนำไปไว้ภายนอกห้องปรับอากาศ ในขณะเดียวกันทำการตรวจสอบน้ำหนักของวัสดุตัวอย่างแต่ละชนิด เพื่อประเมินค่าน้ำหนักของวัสดุภายใต้สภาวะภายนอกที่มีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

ค่อนข้างสูง ขั้นตอนต่อมา คือ นำวัสดุเข้ามาไว้ภายในห้องปรับอากาศแล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นที่ลดลงเนื่องจากการสูญเสียความชื้นภายในห้องปรับอากาศ ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักที่อยู่ภายนอกเปรียบเทียบกับภายในห้องปรับอากาศ ก็คือ ความชื้นที่สะสมอยู่ในวัสดุ ซึ่งจะกลายเป็นภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่เกิดจากการสะสมความชื้นของวัสดุนั้น และผลการวิจัยแสดงว่าการสะสมความร้อนและความชื้นของวัสดุตกแต่งภายในมีอิทธิพลอย่างรุนแรงต่อการทำงานของระบบปรับอากาศ ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุตกแต่งภายในจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติในการสะสมความร้อนของวัสดุเพื่อลดภาระการปรับอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเริ่มต้นเปิดระบบปรับอากาศ

เมื่อมีการปรับอากาศในพื้นที่แล้วหากยังต้องมีการระบายอากาศภายนอกเข้าสู่ระบบอีกด้วยดังเช่น การศึกษาผลกระทบของรูปแบบการระบายอากาศที่มีต่อระกับความชื้นสัมพัทธ์ ภายในสำนักงานที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน งานวิจัยของ นินนาท ราชประดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ และนฤพล สร้อยวัน กล่าวถึงแนวความคิดที่จะปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ได้รับการปรับอากาศจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนแล้ว ด้วยการทำชุดเติมอากาศเพื่อให้ห้องมีปริมาณการระบายอากาศที่สะอาดและเพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐาน จากการทดลองพบว่าอากาศภายนอกที่ใช้ระบายอากาศมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ภายในสำนักงาน โดยความชื้นจะต่ำในช่วงกลางวันและมีค่าสูงขึ้นในช่วงเช้าและเย็น ตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก และจากการทดลองใช้ชุดเติมอากาศพบว่าการนำอากาศผ่านเข้าทางคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศก่อนที่จะจ่ายลมเข้าสู่ห้องจะทำให้ความชื้นในห้องมีค่าน้อยกว่าการส่งอากาศเข้าห้องโดยตรง ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้

ซึ่งสามารถศึกษาต่อได้จาก งานวิจัยการประมาณค่าร้อยละของอากาศ จากภายนอก ที่ไหลเข้าสู่ห้อง หรืออาคาร (%OA) งานวิจัยของ ผศ.ดร.วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ กล่าวถึงการตรวจวัดอัตราการระบายอากาศในระบบระบายอากาศว่าเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นจึงทดลองใช้การประมาณค่าโดยตรวจวัดจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ หรืออุณหภูมิ เปรียบเทียบผลจากการวัดอัตราการไหลของอากาศโดยตรง พบว่าค่าเฉลี่ยของ %OA จากวิธีคำนวณโดยใช้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับค่าที่ได้จากเครื่องวัด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของ %OA จากการประมาณโดยอุณหภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างมันนัยสำคัญทางสถิติ จึงเสนอให้ใช้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่อาคารหรือห้องใดๆ แล้วจึงศึกษาในด้านการรับรู้ของผู้ใช้อาคารต่อสภาพอากาศภายในอาคาร ดังเช่น งานวิจัยเรื่อง ความไม่สบายเชิงอุณหภาพในอาคารโดยสารสาธารณะ งานวิจัยของ สุภารัตน์ รัตนวิจิตร กูสกานา กูบาฮา และพัฒนะ รักความสุข ความไม่สบายเชิงอุณหภาพในอาคารโดยสาร

สาธารณะ การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธาช ครั้งที่ 2 ทำการศึกษาตัวแปรที่ส่งผลให้เกิดสภาวะความไม่สบายเชิงอุณหภาพในอาคารโดยสารสาธารณะ โดยทำการสำรวจสภาวะแวดล้อมภายในอาคารและการตอบแบบสอบถามของบุคคลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 481 กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรกทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโหวตความรู้สึกเชิงอุณหภาพจากการตรวจวัดจริงและค่าการทำนายการโหวตเฉลี่ยกับตัวแปรที่มีผลต่อความไม่สบายเชิงอุณหภาพในสภาวะแวดล้อมของอาคาร พบว่า กลุ่มตัวอย่างเกิดความรู้สึกไม่สบายทางด้านเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย และอุณหภูมิโอเปอร์เรทีฟมีค่าต่ำกว่า 23.0, 23.5 และ 23 ^{O}C ในทางกลับกันกลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกไม่สบายทางด้านร้อนเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 24.5, 27.0 และ 25.0 ^{O}C ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันสำหรับค่าการทำนายการโหวตเฉลี่ย พบว่า กลุ่มตัวอย่างเกิดความรู้สึกไม่สบายทางด้านเย็นเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 23.5, 24.0 และ 23.5 ^{O}C กลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกไม่สบายทางด้านร้อนเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 25.0, 28.0 และ 26.0 ^{O}C ส่วนที่สองเป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความไม่สบายเชิงอุณหภาพจากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ใส่เสื้อผ้าน้อยกว่า 1 clo (เสื้อผ้าแบบสบายๆ เช่น เสื้อโปโลและกางเกงยีนส์ขายาวสวมชุดชั้นในและรองเท้าทั่วไป) และมากกว่า 1 clo ขึ้นไป (สวมใส่เสื้อผ้าที่มีความต้านทานความร้อน เช่น ใส่เสื้อคลุมเพิ่มจากการใส่เสื้อผ้าปกติ การใส่เสื้อสูท เสื้อแจคเกต) ซึ่งสมการถดถอยที่ได้แสดงในรูปแบบ Exponential และผลการวิเคราะห์ความไม่สบาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีการสวมใส่เสื้อผ้าต่ำกว่า 1 clo จะเกิดความรู้สึกไม่สบายทางด้านเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 23.9 ^{O}C และทางด้านร้อนสูงกว่า 25.0 ^{O}C แต่อีกกลุ่มหนึ่งที่มีการสวมใส่เสื้อผ้า 1 clo ขึ้นไป กลุ่มตัวอย่างเกิดความรู้สึกไม่สบายทางด้านเย็นเมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 21.9 ^{O}C และทางด้านร้อนสูงกว่า 23.0 ^{O}C โดยทั้งสองกลุ่มมีค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยเท่ากัน คือ เมื่ออุณหภูมิทางด้านเย็นต่ำกว่า 24.9 ^{O}C และทางด้านร้อนสูงกว่า 26.0 ^{O}C จากผลการพัฒนาแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการประเมินสภาวะเชิงอุณหภาพของบุคคลที่รู้สึกไม่สบายในกรณีปรับอากาศในพื้นที่ต่างๆได้

นำความรู้ที่ได้มาศึกษาด้านการตรวจสอบการรับรู้และการตอบสนอง ต่อสภาพอากาศที่เป็นภัยต่อผู้ใช้งานอย่างไร ตัวอย่างเช่นงานวิจัยเรื่องการรับรู้ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและพฤติกรรมการป้องกันของผู้ขายเนื้อสัตว์ปิ้งย่าง งานวิจัยของ เพ็ญระวี มีฤทธิ์, กิติพงษ์ หาญเจริญ, มยุนา ศรีสุภนันต์ และอรวรรณ แก้วบุญชู ทำการศึกษาผู้ขายเนื้อสัตว์ปิ้งย่างที่มีโอกาสสัมผัสสารโพลีไซคลิก อะโรมาติค ไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในคนที่มาจากควันของการปิ้งย่างเนื้อสัตว์อย่างต่อเนื่อง การรู้ถึงความเสี่ยงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการป้องกันของแต่ละคน มีการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างในย่านต่างๆ เช่น อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ประทุมวัน ประตูน้ำ บางลำพู และจักรวรรดิ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยที่ออกมา 79.5 มีการ

รับรู้ความเสี่ยงในระดับสูง ร้อยละ 86.1 มีพฤติกรรมการป้องกันการป้องกันในระดับดี คือการเลือกใช้ถ่านที่มีคุณภาพ การเปิดพัดลมระบายอากาศ และการสวมเสื้อแขนยาว มีส่วนน้อยเท่านั้นที่ใส่ถุงมือขณะปิ้งย่าง จากผลการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติค พบว่า ระดับการศึกษาและการรับรู้ความเสี่ยง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันของผู้ขายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นการอบรมให้ความรู้ เพื่อเพิ่มการรับรู้ความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งที่ถูกต้อง

เมื่อพบว่าสภาพอากาศเป็นภัยต่อสุขภาพร่างกาย เราจะมีวิธีป้องกันและแก้ไขอย่างไร กรณีการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศในร้านอาหาร ที่มีการประกอบปรุง บนโต๊ะ และการจัดการ กรณีศึกษา: ร้านอาหารประเภทปิ้งย่างในห้างสรรพสินค้า งานวิจัยของ อินจิรา นิยมสุข, สุนันทา จิตประพันธ์ และไพฑูรย์ งามมุข ทำการศึกษามลพิษอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งประกอบด้วย Carbon monoxide (CO) Carbon dioxide (CO_2) Particulate Matter (PM10) และ Nitrogen dioxide (NO_2) ที่เกิดขึ้นในร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะอาหารประเภทปิ้งย่าง ในห้างสรรพสินค้า และเสนอแนะแนวทางจัดการมลพิษที่เกิดขึ้น โดยการตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์มลพิษดังกล่าว และตรวจวัดการระบายอากาศในร้านอาหาร พบว่า เตาทุกชนิดเป็นแหล่งก่อมลพิษอากาศ คือ CO PM10 และNO_2 สำหรับค่าสูตรของมลพิษที่เกิดขึ้น คือ เตาไฟฟ้า 3.99 ppm, 0.236 mg/ m^3 และ 0.174 ppm ตามลำดับ เตาก๊าซ 4.54 ppm, 0.076 mg/ m^3 และ 0.734 ppm ตามลำดับ และเตาถ่าน 12.54 ppm, 0.467 mg/ m^3 และ 0.573 ppm ตามลำดับ เตาไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่เหมาะที่สุด ในการใช้งานร้านอาหารประเภทนี้ และพบว่าอัตราการระบายอากาศในร้าน ทั้ง 3 แห่ง คือ เตาไฟฟ้า 16.25 เท่า เตาก๊าซ 19.05 เท่า และเตาถ่าน 9.53 เท่าของปริมาณห้องใน 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามที่ พรบ.ควบคุมอาคาร (พ.ศ.2522) กำหนดคือมากกว่า 7 เท่า ดังนั้น ร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะ จำเป็นต้องมีมาตรการในการจัดการมลพิษเพิ่มขึ้น เช่นติดตั้งเครื่องเตือนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เพิ่มอัตราการดึงอากาศ จากภายนอกเข้าเจือจางมลพิษ การบริหารจัดการภายในร้าน และควรกำหนดความหนาแน่นของจำนวนคน อัตราการระบายอากาศ และอัตราการดึงอากาศเข้ามาเจือจางมลพิษ ที่เหมาะสมในกฎ หรือระเบียบต่างๆ ในการควบคุมร้านอาหารประเภทนี้ เพื่อเป็นการคุ้มครองป้องกันสุขภาพ ของประชาชน การประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร ไม่ว่าจะใช้เตาประเภทใด มีโอกาสก่อให้เกิด CO NO^2 และPM10 ได้ทุกประเภท เนื่องจากการประกอบปรุงเป็นกิจกรรม ที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศได้โดยตรงอยู่แล้วCalifornia Air Resources Board พบว่า กิจกรรมประกอบปรุงอาหาร ในบ้านพักอาศัยของชาวอเมริกัน โดยใช้เตาก๊าซ และเตาไฟฟ้า ในสภาวะที่มีการประกอบปรุงตามปกติ PM10 อยู่ระหว่าง 0.136 mg/ m^3 จนถึง 3,660 mg/ m^3 และในการใช้เตาก๊าซประกอบปรุงอาหาร พบว่า ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ คือ CO น้อยกว่า 4 ppm และNO_2 มากกว่า 0.05 ppm โดยเฉพาะในขณะทอดไก่ NO_2 สูงถึง 0.40 ppm

(California Air Resources Board, 2001) ถ้ามีการบริหารจัดการที่ไม่ดีแล้ว โอกาสที่จะเกิดมลพิษอากาศ ในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ จากการศึกษา เตาไฟฟ้าก่อมลพิษสูงสุด CO PM10 และNO_2 คือ 3.99 ppm, 0.236 mg/ m^3 และ 0.734 ppm ตามลำดับ และเตาถ่าน 12.54 ppm, 0.467 mg/ m^3 และ 0.573 ppm ตามลำดับ เตาไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ดีที่สุด สำหรับร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร เนื่องจากเตาก๊าซ และเตาถ่าน ไม่เหมาะที่จะมาใช้ประกอบปรุง ในบริเวณภายในอาคาร เพราะจะก่อให้เกิดมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ ในระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (California Air Resources Board, 1994) การระบายอากาศเป็นส่วนสำคัญในการลดมลพิษลงได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในกรณีที่มีคนใช้บริการเป็นจำนวนมาก ถึงแม้ผลการสำรวจ CO_2 24 ชั่วโมง จะบ่งบอกว่า การระบายอากาศอยู่ในขั้นที่ลดปริมาณ CO_2 อยู่ในภาวะปกติได้ และอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดก็ตาม คือ อัตราการระบายอากาศในร้านที่ใช้เตาไฟฟ้า 16.25 เท่า เตาก๊าซ 19.05 เท่า และเตาถ่าน 9.53 เท่าของปริมาณห้องใน 1 ชั่วโมง แต่ในช่วงที่มีมลพิษเกิดขึ้น จำเป็นต้องมีการเตรียมการป้องกันปัญหา ที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย เนื่องจากผู้ใช้บริการมีทั้งเด็ก ผู้สูงอายุ ทั้งที่แข็งแรง และไม่แข็งแรง ซึ่งเป็นกลุ่มที่รับผลกระทบได้เร็ว และรุนแรงกว่าผู้ใหญ่ เด็กมีปริมาณอากาศที่หายใจ มากกว่าผู้ใหญ่ เมื่อเทียบกับขนาดของร่างกาย ความถี่ในการหายใจ และการเต้นของหัวใจ ในขณะที่นั่งอยู่เฉยๆ พบว่า เด็กหายใจอากาศเข้าไปในร่างกาย 7.1 ลิตรต่อนาที ผู้หญิง 7.25 ลิตรต่อนาที และผู้ชาย 9.25 ลิตรต่อนาที (Adom, 1994) พนักงานผู้ให้บริการเป็นกลุ่มเสี่ยง โดยตรงที่จะได้รับมลพิษอากาศ ในอาคารตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน ควรจะได้รับการคุมครองดูแลทางด้านสุขภาพ ดังนั้น จะได้รับการคุ้มครองดูแลทางด้านสุขภาพ ดังนั้น การจัดการทางด้านมลพิษอากาศ ในร้านอาหารที่มีการประกอบปรุง บนโต๊ะอาหารได้ พิจารณาดำเนินการดังนี้

1) ควรติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ที่มีท่อดูดติดตั้งด้านข้าง หรือด้านล่างของเตาให้มีความเร็วดูดจับหน้าที่ดูด ประมาณ 100-200 ฟุตต่อนาที ซึ่งจะช่วยลดมลพิษอากาศบริเวณ พื้นที่บริการได้ (ACGHI, 1992)

2) ควรจัดให้มีระบบเตือนก๊าซพิษ เพื่อเฝ้าระวัง โดยเฉพาะก๊าซ CO ซึ่งพบว่า ในบางช่วงเวลามีปริมาณที่สูงมากถึง 12.54 ppm แม้จะไม่สูงเท่าคำแนะนำของ Consumer Product Safety Commissioner คือ 15 ppm (Environmental Protection Agency, 1995) และจัดเตรียมมาตรการแก้ไขปัญหา ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น การลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดอย่างทันที

3) ทำความสะอาดระบบระบายอากาศ โดยเฉพาะแผ่นกรองอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ ถ้าพบว่า การระบายอาการยังคงไม่พอเพียง ควรพิจารณาดึงอากาศภายนอก เข้ามาเพิ่ม และควรทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศเป็นประจำทุกเดือน เพื่อให้การระบายอากาศ ที่มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ และทำความสะอาดระบบท่อแผงระบายอากาศ อย่างน้อยปีละครั้ง

4) ตรวจสอบอาหารบนเตาไม่ให้ลูกค้าทิ้งค้างไว้บนเตา จนไหม้เกรียม และเปลี่ยนตะแกรงปิ้งเมื่อพบว่า มีเศษอาหารติดค้าง จนไหม้เกรียม

5) ถ่านที่เติมลงในเตา ต้องไม่มีควัน เพราะการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิด CO ได้มาก

6) พนักงานในร้านควรได้รับการตรวจสุขภาพเป็นประจำทุกปี เนื่องจากเป็นกลุ่มเสี่ยงที่สัมผัสมลพิษอากาศ ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน และควรได้รับการอบรมความรู้ ในการจัดการมลพิษอากาศ ในอาคารพร้อมรับทราบแผนปฏิบัติการฉุกเฉิน ในการช่วยชีวิตผู้สัมผัสมลพิษ

7) ควรพิจารณาออกกฎระเบียบ กำหนดความหนาแน่นของจำนวนคน อัตราการระบายอากาศ อัตราการดึงอากาศเข้าที่เหมาะสม สำหรับร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร โดยเฉพาะ ในขั้นต้นอาจพิจารณาอัตราการระบายอากาศ 24 เท่าของปริมาตรห้อง ที่ใช้กับห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหาร

8) ควรทำการศึกษาสำรวจ และวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพอากาศ ในอาคารของสถานประกอบการ ที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะอาหาร เพื่อค้นหาปัญหาและแนวทางการแก้ไขในแต่ละกรณี

สภาพอากาศภายในอาคารส่งผลเสียต่อร่างกายได้อย่างไรบ้าง ดารณี จารีมิตร ได้วิจัยถึงเรื่อง โรคระบบทางเดินหายใจ: ความเสี่ยงร้ายแรงจากการออกแบบและจัดการอาคารสำนักงานที่ไม่เหมาะสม 2549 ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 หน้าที่ 1-19 วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง บทความวิจัยนี้เสนอการศึกษาภัยของโรคระบบทางเดินหายใจ และแนวทางในการออกแบบและจัดการสภาพแวดล้อมในอาคารสำนักงานเพื่อสร้างความปลอดภัยแก่ผู้ใช้อาคาร การศึกษาประกอบด้วย การศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นของโรคระบบทางเดินหายใจ และการเก็บข้อมูลในพื้นที่โดยการสัมภาษณ์และสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคาร เนื้อหาที่นำเสนอแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจ โดยศึกษาภัยอันตรายและลักษณะการแพร่กระจายทางอากาศ

2) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคในอาคารที่เกิดจากแหล่งกำเนิดภายนอกอาคารและปัจจัยต่าง ๆ ภายในอาคาร

3) การสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคารสำนักงานจำนวน 8 หลัง เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการสะสมของเชื้อโรคในอาคาร ทั้งด้านการออกแบบการจัดสภาพแวดล้อมภายใน และการบริหารอาคารในปัจจุบันจากการศึกษาและสำรวจในอาคารสำนักงาน สามารถสรุปปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารได้ 7 ปัจจัย ได้แก่ 1) วัสดุและเครื่องใช้สำนักงานที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้น 2) สภาพแวดล้อมภายในที่เป็นซอกมุม 3) อากาศที่มีความชื้นสูง 4) การเตรียมพื้นที่ในการทำความสะอาดที่ไม่เพียงพอ 5) ปัญหาจากงานระบบปรับอากาศ 6) แนวทางการประหยัดพลังงาน และ 7) การทำความสะอาดและการติดตั้งอุปกรณ์ที่ผิดวิธี นอกจากนี้ยังพบว่า พฤติกรรม

ของผู้ใช้อาคารเป็นสาเหตุสำคัญต่อการสะสมของเชื้อโรคภายในอาคารได้อีกด้วย ผลจากการศึกษานำไปสู่การเสนอแนวทางสำหรับนักออกแบบผู้บริหาร และผู้ใช้อาคารให้มีการระวังภัยเบื้องต้น และสร้างความปลอดภัยจากโรคระบบทางเดินหายใจได้

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังเช่นการศึกษาหัวข้อเรื่อง การประเมินผลกระทบที่ส่งผลต่อการตัดสินใจโดยตรง เมื่อสภาพอากาศภายในอาคารมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นและอยู่ในระดับมีความเข้มข้น ของกลุ่ม Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshifumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert, and William J. Fisk โดยจัดกลุ่มตัวอย่างให้อยู่ในสภาวะความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 600 ppm 1,000 ppm และ 2,500 ppm ในห้องสำนักงานโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยทุกกลุ่มจะได้รับความเข้มข้นของก๊าซ ในช่วง 2.5-3 ชั่วโมงในระดับที่คงที่ ห้องความเข้มข้น 600 ppm ได้มาจากอากาศภายนอกและการหายใจ ส่วนที่เข้มข้นกว่าสามารถสร้างขึ้นได้โดยฉีกก๊าซคาร์บอนไดออกไซบริสุทธิ์เข้าไปในพื้นที่ โดยรักษาอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิคงที่ ทุกคนที่อยู่ภายในห้องควบคุมอากาศจะได้รับแบบสอบถามที่ใช้ระดับการตัดสินใจเท่ากับการตอบปัญหาสุขภาพและความรู้สึกต่อคุณภาพอากาศภายในห้อง แล้วจึงนำแบบสอบถามเหล่านี้มาวิเคราะห์ โดยผลของการศึกษา เทียบห้อง 600 ppm กับห้อง 1,000 ppm มีการตัดสินใจที่ลดลงระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และห้อง 2,500 ppm มีการตัดสินใจที่ลดลงอย่างมาก สรุปคือปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลกระทบอย่างมากต่อการทำงานของมนุษย์ ซึ่งอาจมีผลสำคัญต่อเศรษฐกิจ

Haghighat and Donnini (1999) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบจากปัจจัยด้านสังคมจิตวิทยาต่อการรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคาร 12 แห่ง เพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อสภาพแวดล้อมและการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจที่มีต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารและปัจจัยทางกายภาพและสังคม โดยทำการศึกษาในอาคารที่ก่อสร้างมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1945 – 1992 ที่ทำการเลือกใช้ระบบการทำความร้อน ปรับอากาศและระบายอากาศ (HVAC) ชนิด Free Cooling, CAV และชนิด Double Duct VAV ทำการกำหนดจุดที่ใช้สำรวจทั้งหมด 40 จุด ตามประเภทของแต่ละสำนักงาน เช่น สำนักงานประเภทที่ห้ามผู้อื่นเข้าร้อยละ 50 และสำนักงานประเภทที่เปิดให้บุคคลทั่วไปเข้าไปร้อยละ 50 โดยเป็นการสำรวจในสำนักงานที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณศูนย์กลางอาคารร้อยละ 50 และสำนักงานที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณโดยรอบอาคารร้อยละ 50 ในการศึกษาผู้วิจัยได้สำรวจและเก็บข้อมูลของสภาพแวดล้อม จากการวัดผลในแบบเคลื่อนที่และประจำที่ ได้แก่การวัดผลทางด้านเคมี ประกอบด้วย ความเข้มข้นของระดับสารระเหยอินทรีย์ทั้งหมด ฟอร์มัลดีไฮด์ คาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความดันของอากาศ

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย โดยใช้ Globe Temperature ความเร็วลม ความปั่นป่วนของกระแสลม ณ บริเวณช่องจ่ายลมและช่องดูดลมกลับ ความส่องสว่าง เป็นต้น ซึ่งในขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลผู้ใช้อาคาร โดยจากการศึกษา พบว่า ระดับของฟอร์มัลดีไฮด์และระดับของสารระเหยอินทรีย์ทั้งหมด เป็นระดับที่มีค่าสูงกว่าระดับสภาวะสบายที่กำหนด โดยในช่วงฤดูหนาว พบว่าผู้ใช้ยอมรับเพียงร้อยละ 27 ขณะที่ฤดูร้อนผู้ใช้ยอมรับร้อยละ 63 และจากผลการยอมรับที่มีต่อคุณภาพอากาศโดยรวมมีเพียงร้อยละ 56 เท่านั้น ซึ่งอยู่ในระดับของการยอมรับได้ต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำกว่ามาตรฐานของ ANSI และ ASHRAE Standard 55-1992 ในด้านสภาวะสบายทั้ง 2 ฤดู นอกจากนี้ในด้านการรับรู้ของผู้ใช้ ผู้ใช้มักจะมีอาการป่วยที่เกิดขึ้นและไม่มีความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร แต่ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจต่องานและความพึงพอใจต่อสภาพอากาศในสำนักงาน การระบายอากาศ อุณหภูมิในส่วนพื้นที่ทำงานและการประเมินค่าของสภาพแวดล้อมในเขตพื้นที่ทำงาน พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก ดังนั้น ลักษณะของงานที่ไม่พึงพอใจจะไม่มีความสัมพันธ์กับอาการป่วยที่เกิดขึ้น และจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าผู้ใช้ชอบที่จะให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศมากกว่า แต่ไม่สนใจว่าจะมีการเคลื่อนที่มากเพียงใด หากแต่การเคลื่อนที่ของอากาศยิ่งมากก็สามารถส่งผลให้เกิดความพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศมากขึ้นเท่านั้น

มีงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของศูนย์การค้าต่อความพึงพอใจในการจับจ่ายซื้อสินค้าที่น่าสนใจ 2 งานวิจัยคือ งานวิจัยของ Karen A. Machleit, Sevgin A. Eroglu และ Susan Powel Mantel (Perceived Retail Crowding and Shopping Satisfaction: What modifles This Relationship, 2000) ซึ่งทำการวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา และงานวิจัยของ Couchen Wu และ Chi-Cheng Luan (Exploring Crowding Effects on Collectivists' Emotions and Purchase Intention of Durable and Non-durable Goods in East Asian Night Markets, 2007) ซึ่งทำการศึกษาวิจัยในตลาดนัดกลางคืนในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออก ทั้งนี้งานวิจัยของ Karen, Sevgin และ Susan ได้แบ่งความหนาแน่นของศูนย์การค้าออกเป็น 2 ส่วน คือ ความหนาแน่นของพื้นที่ (Spatial Crowding) และความหนาแน่นของคน (Human Crowding) ซึ่งพบว่า ความหนาแน่นของศูนย์การค้าไม่ได้ส่งผลให้เกิดความรู้สึกไม่พึงพอใจของกลุ่มลูกค้าโดยตรง แต่จะเกิดจากความคาดหวังของระดับความหนาแน่นและระดับความสามารถในการทนรับความหนาแน่นของลูกค้าแต่ละราย นั่นคือ หากลูกค้าคาดว่าศูนย์การค้าจะหนาแน่นในช่วงเวลาหลังเลิกงาน ความหนาแน่นนั้นจะไม่ก่อให้เกิดความไม่ถึงพอใจมากเท่ากับศูนย์การค้าหนาแน่นในช่วงเวลาทำงานที่ไม่ควรหนาแน่น เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบอีกว่า ความหนาแน่นที่เกิดจากพื้นที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจมากกว่าความหนาแน่นที่เกิดจากคน เนื่องจากศูนย์การค้าที่จัดพื้นที่ร้านค้าอย่างแออัดทำให้

ลูกค้าคิดว่าถูกเอาเปรียบและศูนย์การค้าก็ไม่สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น ขณะที่ความหนาแน่นที่เกิดจากคน อาจแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนวันหรือเวลาในการเข้าไปใช้ศูนย์การค้า ซึ่งได้ผลที่ตรงกันกับงานวิจัยของ Couchen Wu และ Chi-Cheng Luan แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวพบว่าความหนาแน่นของพื้นและความหนาแน่นของคนก่อให้เกิดความรู้สึกที่ดีในกลุ่มชาวเอเชีย ซึ่งตรงกันข้ามกับผลวิจัยในกลุ่มประเทศตะวันตก อย่างไรก็ตาม ความพึงพอใจที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลให้เกิดความต้องการใช้จ่ายในสินค้าที่แตกต่างกัน นั้นคือ ความหนาแน่นของตลาดกลางคืนส่งผลให้เกิดความต้องการจับจ่ายซื้อสินค้าไม่ถาวรมากขึ้นตามบรรยากาศที่วุ่นวายในตลาดกลางคืน แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อความต้องการซื้อสินค้าถาวร เนื่องจากกลุ่มสินค้าที่ต้องการการเปรียบเทียบและใช้เหตุผลในการเลือกซื้อมากกว่า ทั้งนี้งานวิจัยทั้ง 2 สรุปว่า ผลกระทบของความหนาแน่นของศูนย์การค้าต่อความพึงพอใจในการจับจ่ายซื้อสินค้านั้นขึ้นอยู่กับประเภทของศูนย์การค้าเช่นกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้นสรุปว่า การที่จะได้มาซึ่งคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีและมีประสิทธิภาพได้นั้นมีองค์ประกอบหลายประการ ตั้งแต่การวางผังตำแหน่งที่ตั้งสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร การออกแบบอาคารที่เหมาะสม การออกแบบภายในอาคารที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อระบบปรับอากาศ การใช้พื้นที่ของผู้ใช้อาคาร และการมีจัดระบบปรับอากาศภายในอาคารที่ดีมีการหมุนเวียนอากาศจากภายนอกเข้ามาเพื่อให้มีอากาศที่ใหม่และบริสุทธิ์ เข้ามาในอาคาร อีกทั้งยังต้องมีการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศให้สะอาด ไม่เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคและการแพร่เชื้อโรคต่างๆ เพราะเมื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่ดีแล้ว จะส่งผลต่อสุขภาพของผู้เข้าใช้งานภายในอาคารโดยตรง ทั้งที่รับรู้ และไม่รับรู้ ป้องกัน หรือไม่ป้องกัน เราจึงควรมีความตื่นตัวที่จะแก้ไขคุณภาพอากาศให้กลับมามีคุณภาพที่ดี เพื่อตัวของเราเองและคนรอบข้าง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล
อีเมล	natjareekorns@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
ระดับประถมศึกษา	โรงเรียนมารีย์วิทยา
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนสุรนารีวิทยา
ระดับอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยรังสิต คณะเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาเทคโนโลยีอาหาร

BANGKOK UNIVERSITY FOUNDED 1962

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ข้อตกลงว่าด้วยการอนุญาตให้ใช้สิทธิในวิทยานิพนธ์/สารนิพนธ์

วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) นัชชาวีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล อยู่บ้านเลขที่ 914/1-3

ซอย - ถนน สุขุมวิท ตำบล/แขวง ในเมือง

อำเภอ/เขต เมือง จังหวัด นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยกรุงเทพ รหัสประจำตัว 7506200133

ระดับปริญญา ☐ ตรี ☑ โท ☐ เอก

หลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา การจัดการออกแบบภายใน คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์

ซึ่งต่อไปนี้เรียกว่า **"ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิ"** ฝ่ายหนึ่ง และ

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ตั้งอยู่เลขที่ 119 ถนนพระราม 4 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10110 ซึ่งต่อไปนี้เรียกว่า **"ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิ"** อีกฝ่ายหนึ่ง

ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิ และ ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิ ตกลงทำสัญญากันโดยมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิขอรับรองว่าเป็นผู้สร้างสรรค์และเป็นผู้มีสิทธิแต่เพียงผู้เดียวในงานสารนิพนธ์/วิทยานิพนธ์หัวข้อ การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยกรุงเทพ (ต่อไปนี้เรียกว่า **"สารนิพนธ์/วิทยานิพนธ์"**)

ข้อ 2. ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิตกลงยินยอมให้ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิโดยปราศจากค่าตอบแทนและไม่มีกำหนดระยะเวลาในการนำสารนิพนธ์/วิทยานิพนธ์ ซึ่งรวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียงการทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ต่อสาธารณชน ให้เช่าต้นฉบับหรือสำเนางาน ให้ประโยชน์อันเกิดจากลิขสิทธิ์แก่ผู้อื่น อนุญาตให้ผู้อื่นใช้สิทธิโดยจะกำหนดเงื่อนไขอย่างหนึ่งอย่างใดด้วยหรือไม่ก็ได้ ไม่ว่าทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน หรือการกระทำอื่นใดในลักษณะทำนองเดียวกัน

ข้อ 3. หากกรณีมีข้อขัดแย้งในปัญหาลิขสิทธิ์ในสารนิพนธ์/วิทยานิพนธ์ระหว่างผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิกับบุคคลภายนอกก็ดี หรือระหว่างผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิกับบุคคลภายนอกก็ดี หรือมีเหตุขัดข้องอื่นๆ เกี่ยวกับลิขสิทธิ์ อันเป็นเหตุให้ผู้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิไม่สามารถนำงานนั้นออกทำซ้ำ เผยแพร่ หรือโฆษณาได้ ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิยินยอมรับผิดและชดใช้ค่าเสียหายแก่ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิในความเสียหายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแก่ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิทั้งสิ้น

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับ มีข้อความเป็นอย่างเดียวกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยละเอียดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อให้ไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และเก็บรักษาไว้ฝ่ายละฉบับ

ลงชื่อ.....ผู้อนุญาตให้ใช้สิทธิ

ลงชื่อ.....ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้สิทธิ

(ดร.ชนันนา รอดสุทธิ)

ผู้อำนวยการสำนักหอสมุดและศูนย์การเรียนรู้

ลงชื่อ.....พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤติกา ลิ้มลาวัลย์)

รองคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ลงชื่อ.....พยาน

(ดร.ฤทธิรงค์ จุฑาพฤฒิกร)

ผู้อำนวยการหลักสูตร/ ผู้รับผิดชอบหลักสูตร