บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการระบายอากาศซึ่งมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. สภาวะน่าสบาย
   1) ทฤษฎีและปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย
   2) ขอบเขตสภาวะน่าสบาย
2. ทฤษฎีพื้นฐานของการระบายอากาศ
   1) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ
   2) ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของลมที่ปะทะอาคารสูง
   3) ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศในช่องเปิดแบบด้านเดียว
3. ปรากฏการณ์เรือนกระจก
   1) ทฤษฎีและปัจจัยที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก
   2) ทฤษฎีและการประเมินสภาวะโลกร้อน

2.1 สภาวะน่าสบาย

2.1.1 ทฤษฎีและปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย

สภาวะความรู้สึกทางจิตวิทยา และกายภาพของมนุษย์ที่รู้สึกถึงความสบายกับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัว โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายอยู่ 6 ประการคือ

1. อุณหภูมิ (air temperature)
2. ความชื้น (relative humidity)
3. ความเร็วลม (air velocity)
4. เครื่องนุ่งห่ม (cloth)
5. อัตราการเผาผลาญของร่างกาย (metabolism rate)
6. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (mean radiant temperature)

ในงานวิจัยฉบับนี้จะสนใจที่อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมที่เกิดขึ้น เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่สามารถนำการออกแบบงานสถาปัตยกรรมเป็นตัวส่งเสริมได้ ส่วนปัจจัยอื่นนั้นเกิดจากกิจกรรมและวิถีชีวิตของผู้ใช้อาคารเป็นตัวกำหนด

2.1.2 ขอบเขตสภาวะน่าสบาย

สภาวะน่าสบายในแต่ละชุดข้อมูลจะมีค่าแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะทำการสำรวจในภูมิภาคเดียวกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากข้อมูลที่เก็บได้นั้นมีความเกี่ยวข้องกับความรู้สึกของแต่ละบุคคล โดยมีการพบว่า ขอบเขตสภาวะน่าสบายอยู่ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-90 ความเร็วลมที่ 0.1-1.68 เมตรต่อวินาที (ASHRAE, 2001) นอกจากนี้ได้มีงานวิจัยที่กำหนดขอบเขตสภาวะน่าสบายของภูมิภาคเขตร้อนชื้นไว้ที่อุณหภูมิ 28-31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25-80 โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นทุก 1 เมตรต่อวินาที จะทำให้รู้สึกว่าอุณหภูมิลดลง 3 องศาเซลเซียส (Lechner, 2001) ขณะที่งานวิจัยที่มีการเก็บข้อมูลในประเทศไทย พบว่า ขอบเขตสภาวะน่าสบายอยู่ที่อุณหภูมิ 25-31.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 62.5-90 ความเร็วลมที่ 0.8 เมตรต่อวินาที (กิจชัย จิตขจรวานิช, 2550) แต่ก็มีการทดลองหาสภาวะน่าสบายกับคนไทย พบว่า ขอบเขตสภาวะน่าสบายของคนไทยอยู่ที่อุณหภูมิ 27-36.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50-80 เมื่อเพิ่มความเร็วลมขึ้น 0.2-3 เมตรต่อวินาที (Khedari, Yamtraipat, Pratintong & Hirunlabh, 2000) (ดังตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอุณหภูมิ

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ช่วงอุณหภูมิในขอบเขตสภาวะน่าสบาย
0.2	27.0 - 29.5
0.5	28.5 - 30.8
1.0	29.5 - 32.5
1.5	31.0 - 33.8
2.0	31.2 - 26.0
3.0	31.6 - 36.3

ที่มา: Khedari et al., 2000.

นอกจากนี้ได้มีการหาสภาวะน่าสบายจากการคำนวณ โดยมีการพัฒนาค่า T_n ต่อจาก Humphreys และ Auliciems เพื่อหาขอบเขตสภาวะน่าสบายโดยการนำอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนของสถานที่ที่จะศึกษามาแทนลงสมการที่พัฒนาบนปัจจัยด้านความคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศ (Szokolay, 2004) (ดังสมการที่ 2.1-2.3)

$$T_n = 17.6 + 0.31T_{o.av} \quad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

$$T_l = T_n - 2.5 \quad \text{(สมการที่ 2.2)}$$

$$T_u = T_n + 2.5 \quad \text{(สมการที่ 2.3)}$$

เมื่อ T_n = ค่าอุณหภูมิกลาง (Neutrality Temperature, องศาเซลเซียส) ซึ่งมาจากอุณหภูมิที่คนรู้สึกถึง

$T_{o.av}$ = ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน (Mean Temperature, องศาเซลเซียส)

T_l = ขอบล่างของอุณหภูมิ (Lower Limits Temperature, องศาเซลเซียส)

T_u = ขอบบนของอุณหภูมิ (Upper Limits Temperature, องศาเซลเซียส)

การเพิ่มความเร็วลมจะช่วยให้คนรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง (ดังสมการที่ 2.4) แต่สมการมีข้อจำกัดว่าความเร็วลมต้องไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที (Szokolay, 2004)

$$dT = 6V_e - 1.6V_e^2 \quad \text{(สมการที่ 2.4)}$$

เมื่อ dT = ค่าอุณหภูมิที่รู้สึกลดลง (Neutrality Temperature, องศาเซลเซียส)

V_e = ความเร็วลมที่คนรู้สึก (Effective Air Velocity, เมตรต่อวินาที) มีค่าเท่ากับ V - 0.2

V = ความเร็วลม (Velocity, เมตรต่อวินาที)

แต่ความเร็วลมที่อยู่ในช่วง 0.25-1.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงาน (Olgyay, 1963) (ดังตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับการรับรู้ของมนุษย์

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

ที่มา: Olgyay, 1963.

สรุปได้ว่างานวิจัยฉบับนี้จะอ้างอิงถึงขอบเขตของสภาวะน่าสบายโดยการใช้สมการในการคำนวณของ Szokolay (2004) เนื่องจากขอบเขตสภาวะน่าสบายดังกล่าวคิดบนพื้นฐานของปัจจัยด้านความคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศ ประกอบกับขอบเขตด้านความชื้นสัมพัทธ์ของ Khedari (2000) เพื่อให้ขอบเขตสภาวะสบายของคนไทยครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

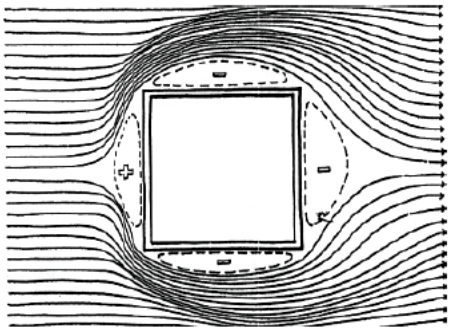
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของการระบายอากาศ

2.2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศเกิดสามารถเกิดได้จากความกดอากาศที่แตกต่างกัน โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศที่สูงไปยังความกดอากาศที่ต่ำ เมื่อมีความกดอากาศแตกต่างกันมากก็จะทำให้ความเร็วในการไหลของอากาศเพิ่มมากขึ้นไปด้วย หรืออาจจะเกิดจากอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยที่อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นแล้วอากาศเย็นจะไหลเข้ามาแทนที่ (ดังภาพที่ 2.1)

ภาพที่ 2.1

ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ



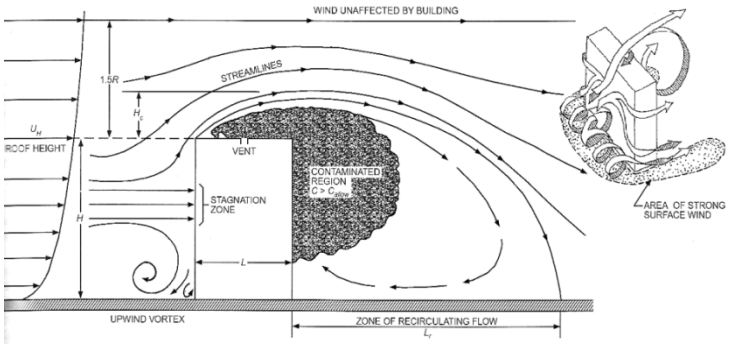
ที่มา: Moore, 1993.

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของลมที่ปะทะอาคาร

เมื่อมีลมไหลปะทะอาคารในทิศทางตั้งฉากกับอาคาร ระดับลมช่วง 2 ใน 3 ของอาคารจะมีทิศทางไหลลง และ 1 ใน 3 บริเวณพื้นที่ช่วงบนจะมีทิศทางไหลขึ้น โดยที่เมื่อความสูงมีอัตราส่วนเป็น 3 เท่าหรือมากกว่า ต่อความกว้าง ช่วงรอยต่อของลมที่ไหลขึ้นและลงบริเวณผิวอาคารจะเกิดการปะทะในแนวตั้งฉากกับอาคารขึ้นหรือเรียกว่าเป็นจุดศูนย์กลางของการกระจายตัวของลมที่ปะทะ (ASHRAE, 2005) (ดังภาพที่ 2.2)

ภาพที่ 2.2

ลักษณะพฤติกรรมของลมที่ปะทะอาคาร



ที่มา: ASHRAE, 2005.

บริเวณจุดศูนย์กลางของการกระจายตัวของลมที่ปะทะในอาคารทรงสี่เหลี่ยมนั้นจะเป็นบริเวณที่เกิดความกดอากาศมากที่สุดและจะค่อยๆลดลงในระยะห่างที่เพิ่มขึ้น โดยที่แต่เมื่อทิศทางของลมตั้งต้นเปลี่ยนไปในทิศทางต่าง ๆ จุดที่เกิดความกดอากาศมากที่สุดก็จะเคลื่อนตำแหน่งไป (ดังภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.3

สัมประสิทธิ์ความกดอากาศบนผิวอาคารสูงทรงสี่เหลี่ยมในทิศทางลมต่าง ๆ

ที่มา: ASHRAE, 2005, quoting Davenport & Hui, 1982. (ดัดแปลง)

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศในช่องเปิดแบบด้านเดียว

การไหลของอากาศแบบช่องเปิดแบบด้านเดียว โดยในกรณีที่มีช่องเปิดเพียงช่องเดียวแทบจะไม่มีการไหลในแนวราบเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษา (Evola & Popov, 2006) โดยการไหลของอากาศภายในห้องที่มีช่องเปิดด้านเดียวจะมีความเร็วลมที่สูงบริเวณพื้นที่ใกล้กับช่องเปิดและจะมีความเร็วลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น (Gan, 2000) ขณะที่การทดลองการระบายอากาศแบบด้านเดียวในห้องพักอาคารชุดขนาด 62 ตารางเมตร โดยมีช่องเปิดทางด้านบนและล่างของผนังและมีแหล่งความร้อนในห้องเป็นโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ และคน พบว่าเมื่อมีความเร็วลมภายนอกน้อยกว่า 3 เมตรต่อวินาที การลอยขึ้นของอากาศร้อนจะมีแรงมากกว่าความกดอากาศบริเวณช่องเปิดทำให้อากาศไหลเข้าทางช่องเปิดด้านบนและออกทางด้านล่าง แต่เมื่อมีความเร็วลมมากกว่า

3 เมตรต่อวินาที ความกดอากาศบริเวณช่องเปิดจะมีแรงมากกว่าการลอยของอากาศร้อนภายในห้อง (Chen, Allocca & Glicksman, 2003) นอกจากนี้ได้ศึกษาถึงการระบายอากาศแบบด้านเดียวโดยที่มีช่องเปิด 2 ช่องบริเวณทางด้านซ้ายและขวาของกรอบอาคาร พบว่าการมีหน้าต่างแบบบานกระทุ้งข้าง (Side Hung) จะทำให้เกิดการดักลมและช่วยเพิ่มความเร็วลมที่เกิดขึ้นในห้องได้ในกรณีที่การไหลของอากาศภายนอกทำมุมกับอาคาร 45 องศา (Munir & Wonorahardjo, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ผนังยื่น (Wing Walls) ระหว่างช่องเปิดทั้ง 2 ช่อง พบว่า การยื่นผนังสามารถทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความกดอากาศของช่องเปิดทั้ง 2 ช่อง ได้ในกรณีที่ทิศทางลมภายนอกไม่ทำมุมตั้งฉากกับพื้นที่ศึกษา โดยระยะการยื่นของผนังและขนาดของช่องเปิดมีผลต่อความเร็วลมไม่ต่างกันมาก (Givoni, 1994) และการปั่นป่วนของอากาศภายนอก (Turbulence Intensity) ไม่มีผลต่อความเร็วลมที่จะเกิดขึ้นในห้องพัก (Mak, Niu, Lee & Chan, 2007)

ในส่วนขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ พบว่า การมีระเบียงทึบบริเวณด้านหน้าช่องเปิดแบบด้านเดียวในอาคารชุดมีผลต่อความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป (Chand, Bhargava & Krishak, 1998)

จากปัจจัยต่างๆพบว่าการระบายอากาศในช่องเปิดแบบด้านเดียว การใช้ของผนังยื่นเพื่อสร้างความแตกต่างของความกดอากาศทั้ง 2 ช่อง และการใช้ระเบียงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศเพื่อทำให้เกิดการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้

2.3 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

2.3.1 ทฤษฎีและปัจจัยที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากการที่ก๊าซในชั้นบรรยากาศดูดกลืนและแผ่รังสีอินฟราเรดทำให้ผิวโลกร้อนขึ้น ซึ่งเมื่อปริมาณก๊าซที่ปกคลุมในชั้นบรรยากาศมีปริมาณมากขึ้น ทำให้โลกไม่สามารถแผ่รังสีความร้อนผ่านชั้นบรรยากาศออกไปได้ ซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น โดยก๊าซต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เรียกว่า ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

2.3.2 ทฤษฎีและการประเมินสภาวะโลกร้อน

การประเมินการเกิดสภาวะโลกร้อน ได้กำหนดการวัดปริมาณก๊าซแต่ละชนิดหรือแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) โดยสามารถบอกถึงความสามารถที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนโดยเทียบในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าได้มีค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเท่ากับ 0.561 kg CO_2 e/kWh (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย, 2552)