

ห้องประชุม 302
ด้านเทคโนโลยีอาคาร

การออกแบบช่องระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติ
เหนือฝ้าทางเดินด้านเดียวในอาคารชุดพักอาศัยแนวสูง
Design of Natural Ventilation Duct above Single-Loaded Corridor
in High Rise Residential

ปนิพันธ์ สุนทรักษ์¹ ดนู กตัญญูตานันท์² และ รศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุตร³
Panipan Soonthornruk¹, Danu Katunyutanunt² and Assoc. Prof. Atch Sreshthaputra, Ph.D.³
บริษัท แอฟริคัส จำกัด
E-mail: panipan@africvs.com¹, danu@africvs.com², atch@africvs.com³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการทดลองเพื่อออกแบบระบบระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตตัวเมืองที่ออกแบบให้มีทางเดินด้านเดียว โดยใช้วิธีจำลองพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) ร่วมกับการจำลองพลังงาน (Energy Simulation) การออกแบบได้ใช้วิธีการติดตั้งบานเกล็ดระบายอากาศเหนือประตูระเบียงห้องพัก ให้ลมภายนอกไหลเข้าสู่ภายในห้องและต่อที่ระบายออกสู่อาคารผ่านพื้นที่เหนือฝ้าเพดานห้องและข้ามผ่านเหนือฝ้าเพดานทางเดินออกไปสู่ภายนอกอาคาร (Air Tube System) โดยการออกแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศลดความชื้นสะสมในห้องน้ำ และช่วยลดความร้อนสะสมในเวลากลางวันเพื่อประหยัดพลังงานการทำความเย็นให้แก่ห้องพัก โดยผลการทดลองพบว่า ห้องพักที่ติดตั้งระบบระบายอากาศนี้มีอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่ามาตรฐานการระบายอากาศ ว.ส.ท. อยู่ประมาณ 2.8 เท่า และสูงกว่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1, 2010 อยู่ 1.7 เท่า และจากการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1 พบว่า สามารถช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมทั้งปี ได้เฉลี่ย 8% โดยผลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งอื่นๆ เพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศ ลดปริมาณความชื้นสะสมและช่วยประหยัดพลังงานภายในห้องพักได้

คำสำคัญ: การระบายอากาศธรรมชาติ อาคารชุดพักอาศัยแนวสูง ช่องระบายอากาศ ทางเดินประเภทด้านเดียว อัตราการระบายอากาศ

Abstract

This article presents a design of natural ventilation duct in the upper part of the single-loaded corridor (i.e., Air Tube) of a high-rise residential building in an urban context. This research aims to enhance airflow during daytimes when occupants leave the unit. The outdoor air is introduced into the interior space thru the room's balcony and then exhausted to the ventilation duct located above corridor to the outside. Airflow study was performed by CFD

(Computational Fluid Dynamics and energy saving was estimated by energy simulation program (i.e., VisualDOE 4.1). The results showed that natural ventilation duct system or Air Tube system helps increases the room's ventilation rate by 2.8 time higher than that suggested by the Air Conditioning Engineering Association of Thailand and by 1.7 time higher than that suggested in ASHRAE Standard 62.1 2010 Energy saving calculated by VisualDOE4.1 is found to be 8%. The results of this research can be used as a guideline for enhancing airflow and energy saving by using Natural ventilation duct system (Air Tube) to high-rise residential building with single-loaded corridor.

Keywords: Natural Ventilation, High-rise Residential Building, Natural Ventilation Duct, Single-loaded Corridor, Ventilation Rate

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตเมืองมักถูกออกแบบวางผังโดยไม่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพในห้องพัก ทั้งที่อาคารชุดพักอาศัยส่วนหนึ่งมีการออกแบบทางเดินประเภททางเดินด้านเดียวซึ่งเป็นการเสียโอกาสในการถ่ายเทอากาศของห้องพักออกสู่ทางเดินภายนอก ส่งผลให้การระบายอากาศไม่เพียงพอ และยังมีความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางวันจากแสงแดดภายนอก เป็นเหตุให้สิ้นเปลืองพลังงานจากภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในห้องพัก นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาความชื้นสะสมจากการใช้ห้องน้ำในเวลาเช้าและปิดห้องสนิทตลอดทั้งวัน ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบระบบถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติโดยการจำลองพลศาสตร์ของไหล (คเนศ จิ่งสกุล & สุตาภรณ์ สุดประเสริฐ, 2557) จากบริเวณระเบียงห้องพัก เข้าสู่ภายในห้อง และระบายออกสู่นอกอาคารผ่านพื้นที่เหนือฝ้าเพดาน โดยไม่ผ่านทางเดิน เพื่อป้องกันกลิ่นเหม็นของ

อากาศที่ปล่อยออกจากห้องพักตกค้างอยู่ภายในทางเดินของอาคารชุด โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ระบายอากาศธรรมชาติเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศ และช่วยประหยัดพลังงานให้แก่ห้องพัก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การระบายอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศช่วยให้เกิดการระบายอากาศ ซึ่งการเคลื่อนที่ของอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเกิดจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ความแตกต่างของอุณหภูมิและความแตกต่างของความกดอากาศ เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวสูงขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นที่ต่ำส่งผลให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้ามาแทนที่

เมื่อมีความแตกต่างของความดันอากาศภายในพื้นที่ อากาศที่มีความดันสูง (+) จะเคลื่อนที่หาอากาศที่มีความดันต่ำ (-) เกิดเป็นกระแสลมขึ้นทำให้เกิดเป็นการระบายอากาศ (อรรถจัน เศรษฐสุนทร, 2557).

การระบายอากาศ (Ventilation) คือการถ่ายเทความร้อนหรือมวลอากาศเก่าภายในห้องออก เพื่อให้อากาศใหม่เข้ามาแทนที่ โดยการระบายอากาศในห้องพักของอาคารชุดจะเกิดขึ้นจากการเปิดช่องลมเข้าและออกจากห้องพัก โดยอัตราการระบายอากาศตามมาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ จากสมาคมวิศวกรปรับปรุงอากาศแห่งประเทศไทย มีค่าอยู่ที่ 0.35 ACH และมาตรฐาน ASHRAE 62.1, 2010 มีค่าอยู่ที่ 0.58 ACH

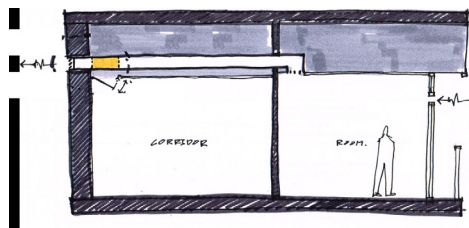
จากการศึกษาโดยสรินพิณิจ(2553)دنุสรณ์บัวขจร (2554) อภิญญา บุญมา (2555) และ มณีนาถ ลินวัฒนา & อรรถจักร์ เศรษฐสุนทร (2559) พบว่าอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตเมืองมักถูกออกแบบวางผังโดยไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติและการกันแดดที่ดี เนื่องจากขนาดที่ดินจำกัด ห้องชุดที่มีขนาดเล็ก มีหน้าต่างน้อย ไม่มีชายคากันแดดกันฝน ทำให้เกิดความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางวันจากแสงแดดภายนอกที่ทะลุผ่านกระจกหน้าต่าง เกิดเป็นปรากฏการณ์กระดิกน้ำร้อน (Thermal Flask Effect) ซึ่งหากสามารถเพิ่มอัตราการระบายอากาศห้องพักทิ้งไว้ในเวลากลางวันได้จะสามารถช่วยลดภาระการทำความร้อนลง (อรรถจักร์ เศรษฐสุนทร, 2557)

ในการพยายามพัฒนาระบบระบายอากาศธรรมชาติในห้องพักเวลากลางวันได้มีการพัฒนาระบบระบายอากาศของบ้านเลียนแบบรูปประตู (Air Post) ขึ้นโดยทำการทดสอบติดตั้งในอาคารจริง และทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์ Blower Door ตามมาตรฐาน ASTM ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization ผลการทดสอบ พบว่า การติดตั้ง Air Post สามารถช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้ 37% โดย

สามารถเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจาก 1.73 ACH เป็นที่ 2.38 ACH (อรรถจักร์ เศรษฐสุนทร, 2559) ด้วยเหตุนี้ จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศแบบต่างๆ สำหรับอาคารคอมโดมิเนียมในเขตตัวเมืองต่อไป

2.2 การระบายอากาศด้วยระบบ Air Tube

ระบบระบายอากาศ Air Tube นี้เป็นการติดตั้งช่องลมภายในห้องพัก จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ ช่องรับอากาศจากภายนอกเข้าที่ระเบียง และช่องระบายอากาศออกรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดพื้นที่หน้าตัด 4x8 นิ้ว บริเวณฝ้าเพดานห้องครัวเพื่อถ่ายเทอากาศเก่าภายในห้องออกสู่ภายนอกอาคาร แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การระบายอากาศด้วย Air Tube

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

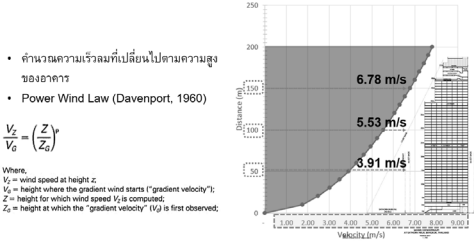
3.1 การเลือกอาคารชุดและห้องพัก

เลือกอาคารชุดที่มีความสูงเกิน 150 เมตร เนื่องจากระดับความสูงที่มากขึ้นจะมีความเร็วลมภายนอกที่แตกต่างกันเพื่อทำการจำลองความเร็วลมที่แตกต่างกันตามระดับความสูงจากพื้นดินได้อย่างถูกต้องด้วยสมการ

$$V_z / V_g = (Z / Z_g)^p \quad (1)$$

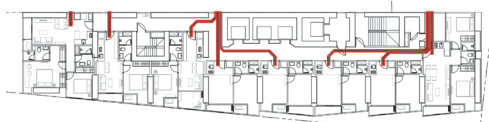
Power Wind Law (Davenport, 1960) ดังรูปที่ 2

การออกแบบช่องระบายอากาศด้วยลมธรรมชาติเหนือฝ้าทางเดินด้านเดียวในอาคารชุดพักอาศัยแนวสูง ปณิพันธ์ สุนทรรักษ์, ดนุ กตัญญูตานันท์ และ รศ. ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร



รูปที่ 2 ความเร็วลมที่เปลี่ยนตามระดับความสูง

และเป็นอาคารที่มีทางเดินประเภททางเดินด้านเดียวเพื่อจำลองการเดินแนวท่อระบายอากาศเหนือฝ้าเพดานทางเดินสำหรับการระบายอากาศออกทางด้านหลังของอาคาร แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังพื้นอาคารชุดที่มีทางเดินด้านเดียว

3.2 ขั้นตอนในการศึกษา

ทำการศึกษาโดยการจำลองพลศาสตร์ของไหลด้วยโปรแกรม CFD กับผังอาคารทั้งชั้น โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดตามระดับความสูงอาคารที่ 50 100 และ 150 เมตร จากพื้นดิน ที่ความเร็วลม 3.91 5.53 และ 6.78 เมตร/วินาทีตามลำดับ โดยจำลองการพัดของกระแสลมจากฝั่งระเบียงห้องพัก เพื่อหาค่าการระบายอากาศและค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยตลอดทั้งปีของอาคารชุด

3.2.1 การหาค่าอัตราการระบายอากาศ

หาค่าการระบายอากาศจากการวัดความเร็วลมที่ปลายท่ออากาศออกจากการจำลองพลศาสตร์ของไหล เพื่อมาคำนวณด้วยสมการการระบายอากาศ

$$Q = AV \quad (2)$$

โดย Q =อัตราการไหลของอากาศ(เมตร³/วินาที)
 A = พื้นที่หน้าตัดขนาดช่องทางเข้า (เมตร²)
 V = ความเร็วของกระแสลม (เมตร/วินาที)

3.2.2 การประเมินผลการประหยัดพลังงาน

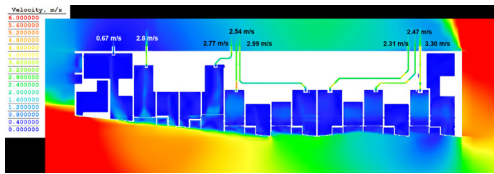
จำลองผลการประหยัดพลังงานของห้องพักด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 ภายใต้ 4 กรณี เพื่อเปรียบเทียบและค้นหารูปแบบการใช้งาน Air Tube ที่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริงมากที่สุด ได้แก่

- กรณีที่ 1 ปิดระบบ Air Tube ตลอดเวลา (เสมือนห้องพักทั่วไปที่ไม่มีการระบายอากาศระหว่างวัน)
- กรณีที่ 2 เปิดใช้งาน Air Tube ช่วงหลังตื่นนอนถึงก่อนเข้านอน (ช่วงเวลาที่ไม่มีใช้เครื่องปรับอากาศเวลา 06.00 – 22.00 น.)
- กรณีที่ 3 เปิดใช้งาน Air Tube ช่วงก่อนเข้านอนถึงหลังตื่นนอน (ช่วงเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศเวลา 22.00 – 06.00 น.)
- กรณีที่ 4 เปิดใช้งาน Air Tube ตลอดเวลา

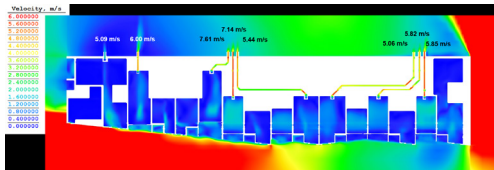
4. ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

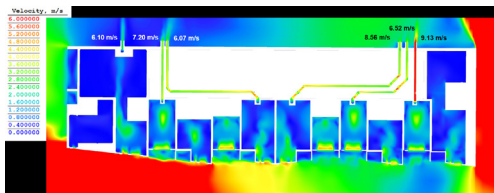
จากการจำลองการระบายอากาศของอาคารที่ระดับความสูง 50 100 และ 150 เมตรจากพื้นดิน ด้วย CFD พบว่า ความเร็วลมที่ปลายท่อระบายอากาศของระบบ Air Tube สูงขึ้นตามระดับความสูงของห้องพักโดยห้องพักที่เดินแนวท่อสั้นกว่าจะมีความเร็วลมที่ปลายท่อสูงกว่าห้องพักที่เดินแนวท่อยาวกว่า ซึ่งค่าความเร็วลมที่วัดจากปลายท่อ Air Tube ที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อค่าอัตราการระบายอากาศของห้องพัก ดังรูปที่ 4 – 6



รูปที่ 4 ผลการจำลองค่าการระบายอากาศของห้องพักที่มีความสูง 50 เมตร จากระดับพื้นดิน

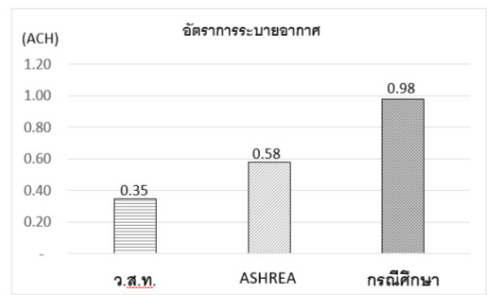


รูปที่ 5 ผลการจำลองค่าการระบายอากาศของห้องพักที่มีความสูง 100 เมตร จากระดับพื้นดิน



รูปที่ 6 ผลการจำลองค่าการระบายอากาศของห้องพักที่มีความสูง 150 เมตร จากระดับพื้นดิน

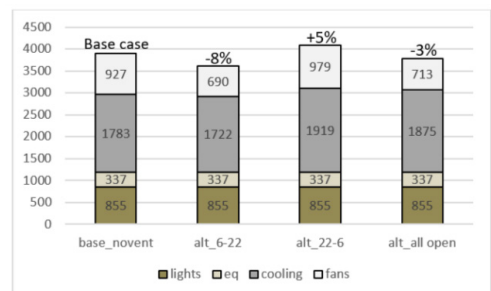
จากการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปี พบว่ามีอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ 0.98 ACH และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการระบายอากาศของสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย และมาตรฐาน ASHRAE 62.1, 2010 พบว่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ว.ส.ท. อยู่ 2.8 เท่า และสูงกว่ามาตรฐาน ASHRAE 62.1, 2010 อยู่ 1.7 เท่า แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของอาคารชุดที่จำลองกับมาตรฐาน ว.ส.ท. และมาตรฐาน ASHRAE

4.2 วิเคราะห์ค่าการประหยัดพลังงาน

จากรูปแบบการใช้งานระบบข้างต้น พบว่า การใช้งานระบบ Air Tube หลังตื่นนอนถึงก่อนเข้านอน (เวลา 06.00 – 22.00 น. ในกรณีนี้ที่ 2) จะช่วยประหยัดพลังงานของห้องพักได้มากที่สุด เนื่องจากระบบ Air Tube ช่วยระบายความร้อนสะสมของห้องพักในช่วงกลางวันที่เปิดห้องทิ้งไว้ แต่อาคารได้รับแดด ส่งผลให้ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศซึ่งเริ่มใช้งานหลังเวลา 22.00 น. ลดลง จึงสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Air Tube สามารถช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมของห้องพักลงได้เฉลี่ย 8% จากห้องพักทั่วไปที่ไม่มีการติดตั้งระบบระบายอากาศ



รูปที่ 8 อัตราการประหยัดพลังงานโดยรวมของห้องพักจำแนกตามกรณีต่าง ๆ

หมายเหตุ:

- base_novent: ปิดการใช้งาน Air Tube ตลอดเวลา
- alt_6-22: เปิดใช้งาน Air Tube ระหว่างเวลา 06.00 – 22.00 น.
- alt_22-6: เปิดใช้งาน Air Tube ระหว่างเวลา 22.00 – 06.00 น.
- alt_allopen: เปิดการใช้งาน Air Tube ตลอดเวลา

5. ข้อเสนอจากการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอจากการศึกษาวิจัย

การระบายอากาศภายในห้องพักด้วยระบบ Air Tube สามารถช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานทั่วไป และช่วยลดการใช้พลังงานของห้องพักลงได้จากการสร้างความแตกต่างของความดันอากาศที่ด้านหน้าและด้านหลังอาคาร ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยแนวสูงที่มีทางเดินด้านเดียวได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การใช้งานระบบ Air Tube ที่เหมาะสม ควรเปิดการใช้งานระหว่างช่วงเวลากลางคืนนอนถึงก่อนเข้านอน เวลา 06.00 – 22.00 น.) เพื่อช่วยให้ห้องพักได้ระบายความร้อนความชื้นที่สะสมตลอดทั้งวันที่ห้องปิดอยู่ และช่วยลดอัตราการใช้พลังงานโดยรวมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ ควรทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพการลดความชื้นจากห้องน้ำภายในห้องพักด้วย

รายการอ้างอิง

- คณิศร จีงสกุล & สุดาภรณ์ สุดประเสริฐ. (2557). การออกแบบช่องระบายอากาศบนทางเดินกลางเพื่อเพิ่มลมธรรมชาติในอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่. *Built Environment Research Associates Conference*, 5, 155-160. กรุงเทพฯ: จี.บี.พี.เซ็นเตอร์.
- ดนุสรณ์ บัวขจร. (2554). การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มณีนาถลินวัฒนาและอรรจน์ เศรษฐบุตร. (2559). แนวทางการออกแบบช่องเปิดประเภทเกล็ดระบายอากาศ เพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับอาคารชุดพักอาศัยแบบผังทางเดินร่วม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 วันที่ 8 - 10 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ณ โรงแรมวังจันทร์ ริเวอร์วิว จ.พิษณุโลก.
- สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2558). *มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- สรินพิณิจ. (2553). *การระบายอากาศโดยธรรมชาติ แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิญา บุญมา. (2555). ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถน์ เศรษฐบุตร. (2557). *นิเวศวิทยสถาปัตยกรรม* [Ecological Architecture]. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ปับริ่ง.

อรรถน์ เศรษฐบุตร. (2559). ประสิทธิภาพการระบายอากาศของบานเลื่อนขอบประตู (Air Post) ในอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้ง. *วารสารวิชาการสถาปัตยกรรม*, 65, 111-124.

ASHRAE. (2010). *ASHRAE Standard 62.1 ventilation for acceptable indoor air quality*. Atlanta, U.S.A.: Author.

Davenport, A. G. (1960). A rationale for the determination of design wind velocities. *Proceedings ASCE Structural Division*, 86, 39-66.

การประเมินสมรรถนะของการออกแบบหน่วยพักอาศัยที่มีขนาดกะทัดรัด

Efficiency Evaluation on the Performance of Compact Unit Design

ศศิชา วงศ์สุนนท์¹ และ รศ. อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรณ²

Sasicha Wongsununt¹ and Assoc. Prof. Awiroot Srisutapan²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: sasicha.sanuk@gmail.com¹, awiroot@ap.tu.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้คำนึงถึงการพัฒนาที่อยู่อาศัยให้มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในเชิงของการออกแบบทางสถาปัตยกรรมโดยจะเกี่ยวเนื่องกับหน่วยพักอาศัยขนาดเล็กหรือขนาดเล็พิเศษ ซึ่งในปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทกับการอยู่อาศัยของประชากรมากขึ้นทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ แต่เนื่องจากการกำหนดขนาดเล็ที่สุดของหน่วยพักอาศัยตามมาตรฐานของกฎหมายไทยยังไม่ได้รับการประเมินสมรรถนะในด้านประสิทธิภาพของเทคโนโลยีอาคาร ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทดสอบมาตรฐานของหน่วยพักอาศัยขนาดเล็กเพื่อที่จะนำมาประเมินประสิทธิภาพของลมที่ส่งผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร โดยทำการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamic, CFD) ซึ่งกำหนดตัวแปรหลัก คือ อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่อาคาร (WINDOW TO WALL RATIO: WWR) จำนวนและตำแหน่งของช่องเปิด โดยผลการทดสอบพบว่า WWR ร้อยละ 20, 50 และ 80 ตามลำดับ ส่งผลต่อความเร็วลมและมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ผู้วิจัยได้เลือกใช้ลมทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ (22.5 องศา) ในการเปรียบเทียบ พบว่า กรณีศึกษาห้องพักขนาดเล็กที่สุดตามมาตรฐานมีการระบายอากาศที่ดีกว่าหน่วยพักอาศัยอื่น และเมื่อลดขนาดความกว้างหรือความยาวโดยมีความสูงที่เท่ากันทุกกรณีศึกษาสำหรับช่องเปิดสองด้านตำแหน่งตรงกัน และอีกกรณีศึกษาเมื่อลดขนาดความกว้างแต่เพิ่มความลึกสำหรับช่องเปิดสองตำแหน่งเยื้องกันแบบ Cross Ventilation มีผลการระบายอากาศจะอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่า งานวิจัยนี้จึงเป็นการทดสอบให้เกิดแนวทางเลือกในการออกแบบหรือปรับเปลี่ยนกฎหมายในอนาคตได้อย่างเหมาะสมเพื่อส่งผลที่ดีต่อค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างและใช้พื้นที่ให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

คำสำคัญ: หน่วยพักอาศัยขนาดเล็ก อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่อาคาร กฎหมายพื้นที่อาคารขนาดเล็ก ช่องเปิด การประเมินสมรรถนะ

Abstract

Architectural design for small or micro-housing development units was evaluated. Thai law offers no guidelines on building technology performance for the smallest residential units. Small housing unit standards were examined to evaluate how wind conditions affect indoor ventilation. Computational fluid dynamic (CFD) was used to define the primary variable of window to wall

ratio (WWR) at 20, 50 and 80 percent, according to varying wind speed. Southwest winds (22.5 degrees) were chosen as a standard.

Results were that smallest residential housing units had better ventilation than others. Reducing room width and increasing length for two side openings improved cross ventilation. These findings may help architects and real estate entrepreneurs choose design approaches and advocate appropriate legal reforms in future, reducing construction costs and using available space more effectively.

Keywords: Compact Units, Window to Wall Ratio (WWR), Voids, Efficiency Evaluation, Window Size, Window Placement, Ventilation, Airflow

1. บทนำ

ปัจจุบันประชากรโลกเพิ่มสูงขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยผลที่ตามมา คือที่อยู่อาศัยไม่เพียงพอ และเกิดความแออัดต่อกรขยายตัวอย่างต่อเนื่องของโลกที่มีการพัฒนา และเมื่อกล่าวถึงประเทศไทยนั้นปัญหาด้านที่อยู่อาศัยก็ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ เพราะว่าประชากรส่วนใหญ่มิมีความต้องการที่อยู่อาศัยภายในเมืองและชานเมืองเป็นจำนวนมาก เพราะฉะนั้นสถาปนิกจึงมีส่วนในการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขปัญหเหล่านี้ให้ตอบสนองต่อประชากรและเกิดความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งในปัจจุบันนี้หน่วยพักอาศัยขนาดเล็กหรือเล็กพิเศษนั้นได้เข้ามามีบทบาทกับการอยู่อาศัยของประชากรมากขึ้น ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศนอกจากจะตอบสนองความต้องการในการใช้พื้นที่ของคนแล้ว ยังทำให้เกิดการใช้ที่ดินได้อย่างคุ้มค่าอีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะศึกษาและทดสอบสมรรถนะของหน่วยพักอาศัยขนาดเล็กจากกฎหมายกำหนด และกรณีศึกษาของหน่วยพักอาศัยขนาดเล็กพิเศษจากต่างประเทศ เนื่องจากการออกแบบในปัจจุบันได้นำกฎหมายมาเป็นหลักอ้างอิงในการออกแบบ และกำหนด

ขนาดที่เหมาะสมที่สุดตามกฎเกณฑ์เพื่อให้ นักออกแบบมีกรอบในการทำงาน แต่กฎเกณฑ์ที่ได้สร้างขึ้นมานั้นยังไม่ได้รับการประเมินการใช้งานทางด้านเทคโนโลยีอาคารอย่างแพร่หลาย นักวิจัยจึงได้ทำงานวิจัยขึ้นเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพด้านสมรรถนะในการออกแบบ เนื่องจากได้มีการพัฒนาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นทำให้สามารถนำมาทดสอบเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพของการระบายอากาศหน่วยพักอาศัยมาตรฐานและเล็กพิเศษ โดยนำผลทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อดีข้อเสียเพื่อนำมาเป็นข้อเสนอแนะ ในด้านการออกแบบและแก้ไขปัญหให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัย เรื่อง การประเมินสมรรถนะของการออกแบบหน่วยพักอาศัยที่มีขนาดเล็กและเล็กพิเศษ ผู้วิจัยได้แบ่งแนวทางในการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1 กฎหมายและมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบอาคาร

จากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

ห้องนอน ให้มีความกว้างด้านที่แคบที่สุดไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร และพื้นที่ไม่น้อยกว่า 8.00 ตร.ม.

ทาวร์เฮาส์ จะต้องมีความกว้างด้านที่แคบที่สุดไม่น้อยกว่า 4.00 x 6.00 เมตร และมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 24.00 ตร.ม.

ห้องแถวตึกแถว จะต้องมีความกว้างด้านที่แคบที่สุดไม่น้อยกว่า 4.00x7.50 เมตร และพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.

ระยะตั้งจากพื้นถึงฝ้าควมมีระยะ 2.60 เมตร ช่องเปิดหรือช่องกระจกให้แสงธรรมชาติผ่านได้ ขนาดเล็กที่สุดจะต้องมีพื้นที่รวมกันไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ห้องนั้น ๆ

2.2 ลักษณะทางเศรษฐศาสตร์ในปัจจุบัน

ราคาที่ดินเขตเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร (Central Business District – CBD) โดยราคาที่ดินที่ประเมินปี 2555-2558 อยู่ระหว่าง 180,000-850,000 บาทต่อตารางวา และราคาที่ดินใกล้เคียงเขตเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครราคาที่ดินที่ประเมินปี 2555-2558 อยู่ระหว่าง 170,000-350,000 บาทต่อตารางวา

จากการศึกษาข้อมูลในปัจจุบันพบว่าในเขตเศรษฐกิจนั้นมีการกระจายของที่อยู่อาศัยจำพวกอพาร์ทเมนท์เป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ละแวกรถไฟฟ้า โดยการเจริญเติบโตของรถไฟฟ้าทำให้ผู้อยู่อาศัยต้องการพักอาศัยในละแวกพื้นที่เศรษฐกิจมากขึ้น และราคาค่าเช่าขายก็เพิ่มขึ้น และในทางกลับกันเขตที่ไกลออกจาก

บริเวณเขตเศรษฐกิจนั้นจะมีราคาเช่าลดน้อยลง จึงทำให้คนส่วนใหญ่จะพักอาศัยอยู่ละแวกที่เดินทางสะดวกและใกล้ที่ทำงานมากที่สุด โดยสรุปได้ว่าสิ่งที่คนต้องการมากที่สุดคือที่พักอาศัยที่มีขนาดเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน และราคาไม่แพงจนเกินไป โดยการใช้พื้นที่ของผู้อยู่อาศัยนั้นต้องมีลักษณะที่ตอบสนองการใช้งานของคนอย่างเหมาะสม เนื่องจากลักษณะการใช้งานของคนค่อนข้างมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบหน่วยพักอาศัยและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดว่าขนาดเป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบหน่วยพักอาศัยให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อยู่อาศัยมากที่สุด

2.3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีทางด้านการระบายอากาศเป็นทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้เป็นหลักโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอุณหภูมิ

ความเร็วลม (m/s)	ช่วงอุณหภูมิในเขตสภาวะ น่าสบาย
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	29.5-32.5
3.0	31.0-33.8

ที่มา: Khedari et al., 2000

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับการรับรู้ของมนุษย์

ความเร็วลม (m/s)	การรับรู้ของมนุษย์
0.00-0.25	ไม่รับรู้ถึงการสัมผัสของลม
0.25-0.50	รู้สึกสบายแต่ไม่รับรู้ถึงลม
0.50-1.00	รู้สึกสบายแต่รับรู้ถึงลม
1.00-1.50	รู้สึกลมปะทะจนรบกวนเล็กน้อย
มากกว่า 1.50	รบกวนการทำงาน

ที่มา: Olgyay, 1963

โดยจากตารางที่ 1 และ 2 ใช้เพื่อศึกษาหาขอบเขตความน่าสบายจากค่าความเร็วลมเฉลี่ยและความเร็วลมภายในห้อง

ซึ่งค่าความเร็วลมที่ใช้ในการทดลองนั้นได้ศึกษาข้อมูลความเร็วลมรายชั่วโมงในกรุงเทพมหานคร เขตเมืองที่ระดับความสูง 10 เมตรโดยจะมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.79-1.50 เมตรต่อวินาที ซึ่งอ้างอิงจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2551)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนที่ของอากาศสามารถเกิดได้จากความกดอากาศที่แตกต่างกันทำให้อากาศเคลื่อนที่จากความกดอากาศที่สูงไปยังความกดอากาศที่ต่ำ และเมื่อมีความกดอากาศที่แตกต่างกันมาก ๆ จะทำให้อากาศมีการไหลเร็วขึ้น หรืออาจเกิดจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยที่อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นแล้วอากาศเย็นจะไหลเข้าไปแทนที่ (ซิปน์ เรียร์ซุติมา, 2553)

การเคลื่อนที่ของอากาศจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้น แบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ

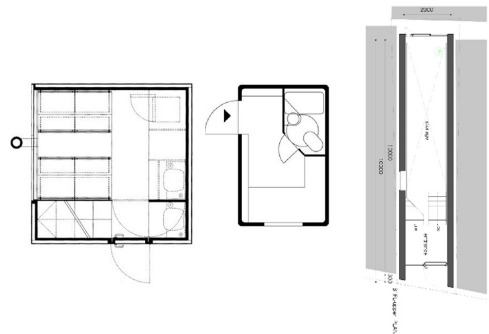
Laminar เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงสม่ำเสมอ

Separate การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงไม่สม่ำเสมอ

Turbulent การเคลื่อนที่แบบกระแสวน Eddy เป็นการเคลื่อนที่แบบกระแสวน โดยจากการศึกษาจากกรณีศึกษาต่างประเทศนั้นได้เลือกหน่วยพักอาศัยที่มีขนาดเล็กที่สุดมาใช้ในการทดลองโดยแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1. ขนาดเท่ากันทุกด้าน
2. ลดขนาดความกว้างและความยาวลง
3. ลดขนาดความกว้างแต่เพิ่มขนาดความยาวจากมาตรฐาน

ดังรูปผังอาคารต่อไปนี้



รูปที่ 1 หน่วยพักอาศัย

3. ผลการศึกษาเบื้องต้น

จากการทดสอบด้านการระบายอากาศด้วยโปรแกรม PHOENICS (CHAM, 2002) โดยอ้างอิงความเร็วลมจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2551) ซึ่งในขั้นตอนแรกนั้น ใช้กรณีศึกษาจากขนาดพื้นที่ที่เล็กที่สุดตามกฎหมายกำหนด 3 กรณีดังนี้

ตารางที่ 3 กรณีศึกษาในขั้นตอนที่หนึ่ง

ขนาด (m)	รูปแบบหน่วยพักอาศัย
BaseCase1 (2.50x3.20)	ห้องพักอาศัย
BaseCase2 (4.00x6.00)	ทาว์นเฮาส์
BaseCase3 (4.00x7.50)	ตึกแถว

ซึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้เพียงกรอบของอาคารโดยกำหนดความสูงให้มีขนาดเท่ากันทุกกรณีคือ 2.60 เมตร แบ่งการทดลองจากทิศทางลมได้ 2 กรณี คือ ด้านตะวันออกเฉียงเหนือที่ 45 องศา และตะวันตกเฉียงใต้ที่ 22.5 องศา มีการแบ่งอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่อาคาร (WWR) ออกเป็นร้อยละ 10, 20, 30, 50 และ 80 ตามลำดับ และได้มีการจำลองช่องเปิดออกเป็น 2 แบบดังนี้

ตารางที่ 4 ตำแหน่งและรูปแบบช่องเปิด

ช่องเปิดด้านเดียว	ช่องเปิดสองด้าน
ด้านทิศเหนือ	ด้านทิศเหนือ-ใต้
ด้านทิศใต้	ด้านทิศตะวันออก-ตะวันตก
ด้านทิศตะวันออก	ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก
ด้านทิศตะวันตก	ด้านทิศเหนือ-ตะวันตก
	ด้านทิศใต้-ตะวันออก
	ด้านทิศใต้-ตะวันตก

จากตารางที่ 4 มีการทดลองทั้งหมด 300 กรณีศึกษา แบ่งตามตารางโดยมีหน่วยพักอาศัยทาว์นเฮาส์และตึกแถว อย่างละ 100 กรณีศึกษา

การทดสอบในขั้นตอนที่สองได้ทำการศึกษากรณีศึกษาจากหน่วยพักอาศัยที่เล็กพิเศษและได้นำมาทดสอบโดยแบ่งเป็น 4 กรณีศึกษาดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 กรณีศึกษาในขั้นตอนที่สอง

ขนาด (m)	กรณีศึกษาที่อ้างอิง
Case1 (2.60x2.60)	Mini Box, Austria
Case2 (1.60x2.50)	Nakagin Capsule
Case3 (1.00x1.25)	Tower, Japan
Case4 (2.00x10.00)	Capsule Hotel Tokyo House, Japan

การทดสอบในตารางที่ 5 ใช้ความสูงเป็นตัวแปรควบคุมคือ 2.60 เมตรเท่ากับขั้นตอนแรกและเลือกทดสอบด้วยลมด้านตะวันตกเฉียงใต้ที่ 22.5 องศา เพียงทิศทางเดียวเนื่องจากเป็นทิศทางที่มีผลต่อการอยู่อาศัยของคนในระยะยาวมากที่สุด ซึ่งได้ทำการเลือกทดสอบอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่อาคาร (WWR) ที่ร้อยละ 20, 50 และ 80 ตามลำดับ เนื่องจากเป็น WWR สากลที่ใช้ส่วนมากในอาคารและเห็นความแตกต่างมากกว่า ส่วนตำแหน่งและจำนวนช่องเปิดใช้ทดสอบเหมือนตามตารางที่ ดังนั้นจะมีการมีการทดลองทั้งหมด 120 กรณีศึกษา ซึ่งแบ่งเป็นกรณีศึกษาละ 30 กรณี

4. ผลการทดสอบ**ตารางที่ 6** สรุปผลความเร็วลมเฉลี่ย (WWR 20%)

โดยกำหนดให้ B=มาตรฐาน และ C=กรณีศึกษา
ใช้หน่วยเมตรต่อวินาที (m/s)

	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
1 Void ด้านทิศตะวันตก	0.15	-	-	-	-	-	-
2 Void แบบช่องเปิดตรงกัน ด้านทิศตะวันตก-ตะวันออก	0.17	0.13	-	0.13	0.12	0.22	0.41
2 Void แบบช่องเปิดเอียงกัน ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก (NE)	0.25	-	-	-	-	-	-
ด้านทิศเหนือ-ตะวันตก (NW)	-	-	-	0.10	0.12	0.16	0.11
ด้านทิศใต้-ตะวันออก (SE)	0.14	0.13	-	-	-	-	-
ด้านทิศใต้-ตะวันตก (SW)	-	-	-	0.09	0.14	0.12	0.12

ตารางที่ 7 สรุปผลความเร็วลมเฉลี่ย (WWR 50%)

	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
1 Void ด้านทิศตะวันตก	0.15	0.11	-	-	-	-	0.10
2 Void แบบช่องเปิดตรงกัน ด้านทิศตะวันตก-ตะวันออก	0.18	0.13	0.13	0.13	0.12	0.22	0.41
2 Void แบบช่องเปิดตรงกัน ด้านทิศเหนือ-ใต้	-	0.11	-	-	-	-	-
2 Void แบบช่องเปิดเฉียงกัน ด้านทิศเหนือ-ตะวันออก (NE)	0.13	-	-	-	-	-	0.38
ด้านทิศเหนือ-ตะวันตก (NW)	0.28	-	-	0.12	0.12	0.19	0.27
ด้านทิศใต้-ตะวันออก (SE)	0.16	0.10	-	-	-	0.21	-
ด้านทิศใต้-ตะวันตก (SW)	-	-	0.12	0.12	0.10	0.12	0.14

ตารางที่ 8 สรุปผลความเร็วลมเฉลี่ย (WWR 80%)

	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4
1 Void ด้านทิศตะวันตก	0.22	0.11	-	-	-	0.24	-
1 Void ด้านทิศตะวันออก	0.13	-	-	-	-	-	-
2 Void แบบช่องเปิดตรงกัน ด้านทิศตะวันตก-ตะวันออก	0.32	-	0.20	0.22	0.20	0.45	0.24
ด้านทิศเหนือ-ใต้	0.28	-	0.13	0.11	0.10	-	0.22
2 Void แบบช่องเปิดเฉียงกัน ด้านทิศใต้-ตะวันออก (SE)	-	0.20	0.18	0.16	-	-	-

Ref: เครื่องหมาย "-" หมายความว่า มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยน้อยกว่า 0.10 เมตรต่อวินาที

จากตารางที่ 6 และ 8 สามารถสรุปในภาพรวมโดยเลือกที่เลือกจากการนักศึกษาที่มีความเร็วลมเฉลี่ยที่ดีที่สุดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สรุปผลความเร็วลมเฉลี่ยที่ดีที่สุด

ขนาด (m)	WWR (%)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
ช่องเปิดด้านเดียว		
(C3)1.00x1.25	80	(W) 0.24 m/s
ช่องเปิดสองด้านแบบตรงกัน		
(C3)1.00x1.25	80	(WE) 0.45 m/s
(C4)2.00x10.00	20	(WE) 0.41 m/s
(C3)1.00x1.25	50	(WE) 0.36 m/s
(B2)4.00x6.00	50	(NS) 0.11 m/s
(B1)2.50x3.20	82	(NS) 0.28 m/s
ช่องเปิดสองด้านแบบเฉียงกัน		
(B1)2.50x3.20	20	(NE) 0.25 m/s
(C2)1.60x2.50	20	(SW) 0.14 m/s
(B1)2.50x3.20	50	(NW) 0.28 m/s
(C4)2.00x10.00	50	(NE) 0.38 m/s
(B2)4.00x6.00	80	(SE) 0.20 m/s

ผลสรุปจากการทดลองพบว่า ช่องเปิดช่องเดียวนั้นมีผลเพียงเล็กน้อยโดยแทบจะไม่มีการไหลในแนวราบเกิดขึ้น (Evola & Popov, 2006) เพราะส่วนมากจะมีความเร็วลมที่สูงบริเวณใกล้ช่องเปิดแต่ความเร็วลมเฉลี่ยน้อยมากซึ่งมีค่าไม่ถึง 0.10 เมตรต่อวินาที อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำและมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ถึงลม และจากการทดลองพบว่า Base case1 ห้องขนาดมาตรฐาน (2.50 x 3.20 เมตร) มีความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างพอใช้เมื่อมองโดยภาพรวม แต่ถ้าเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาที่มีขนาดเล็กพิเศษโดยลดขนาดความกว้างและความยาวลงคือ Case 3 (1.00x 1.25 เมตร) มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยมากประมาณ 0.450 m/s ซึ่งประสิทธิภาพของลมอยู่ในเกณฑ์ที่ทำให้รู้สึกสบายและรับรู้ถึงกระแสลม โดยใช้ช่องเปิดแบบ Cross Ventilation ทั้งแบบตรงกันและเฉียงกัน ส่วนประสิทธิภาพของการไหลของ

ลมที่ตีรอลงมาคือ Case 4 (2.00x10.0เมตร) ซึ่งมีขนาดความกว้างเล็กลงแต่ความยาวมากขึ้นกว่าเดิมซึ่งจะมีอัตราการไหลของอากาศที่มากขึ้นตามขนาดความลึกของห้องนั้นๆ ดังนั้นสามารถสรุปผลการทดลองเบื้องต้นได้ว่า การลดขนาดให้เล็กลงนั้นไม่ได้ส่งผลเสียต่อการระบายอากาศ แต่กลับส่งผลที่ดีทำให้มีกระแสลมที่ไหลเข้าภายในห้องมากขึ้นสำหรับบางกรณีศึกษา และยังสามารถเสนอเป็นแนวทางเลือกในการออกแบบในอนาคตได้อีกด้วย

รายการอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา.(2551). *อุณหภูมิคุ้มแห่งความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง ต่อปี 2542-2551*. กรุงเทพมหานคร: ผู้แต่ง.
 ชัยปน์ เขียวชูดิมา. (2553). *การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติแบบช่องเปิดด้านเดียวสำหรับห้องพักอาคารสูง*. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2552). *กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522*. กรุงเทพมหานคร: ผู้แต่ง.
 Concentration, Heat & Momentum Limited [CHAM]. (2002). *PHOENICS version 3.5*. London: Author.
 Evola, G. & Popov, V. (2006). Computational analysis of wind driven natural ventilation in building. *Energy and Buildings*, 38(5), 491-501.

Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N. & Hirunlabh, J. (2000). Thailand ventilation comfort chart. *Energy and Building*, 32, 245-249.
 Olgay, V. (1963). *Design with climate: A bioclimatic approach to architectural regionalism*. USA: Princeton University Press.

การศึกษาความสามารถในการรับแรงของพื้นสำเร็จรูป ที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม

Study of Prefabricated Floor Using Reinforced Bamboo Culms in Architectural Applications

สุทธสุข จันทน์ถนอมสุข¹ และ ผศ. ดร. สุปรีย์ ฤทธิรงค์²

Sutthasuk Chantanomsuk¹ and Asst. Prof. Supreede Rittirong, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: sutthasuk@gmail.com¹, sdr@tu.ac.th²

บทคัดย่อ

ไผ่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ดี เนื่องจากไผ่เป็นพืชที่เติบโตได้อย่างรวดเร็ว ลำต้นไผ่สามารถนำมาใช้งานด้านสถาปัตยกรรมได้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาไผ่กลับมาประยุกต์ใช้งานโครงสร้าง เช่น เสาและคานเพิ่มมากขึ้น แต่องค์ความรู้ทางด้านโครงสร้างพื้นยังมีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของโครงสร้างพื้นที่ทำจากไผ่ นำมาพัฒนาเพื่อให้สามารถนำพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงไปใช้ในงานออกแบบ และก่อสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การทดสอบพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรง กำหนดให้ใช้ไผ่ช่วงหม่นที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด โดยทดสอบตามมาตรฐาน ISO-22157 ปรากฏว่า การเสริมแรงทำให้กำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยของพื้นสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น 154.58 เปอร์เซ็นต์ และการเสริมแรงโดยเหล็กเส้นกลม (Compression) ทำให้พื้นสำเร็จรูปสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดที่ 1084.35 กก./ตร.ซม.

คำสำคัญ: ไผ่ มอร์ตาร์ พื้นสำเร็จรูป ไผ่ไม่เสริมแรง

Abstract

Bamboo has become the alternative structural materials and grows quickly. Current, Bamboo can be used and applied in architectural both in columns and beams but the knowledge of structural floors made of bamboo has limited. This research would like to recognize the importance structural floors made of bamboo to apply its development for the design applications in architecture and construct more efficiently. The bamboo specie is selected to be Pai Sang Mon (*Dendrocalamus Munro*), the reinforcing methods are selected to be three types; mortar, rebars, and Threaded rod. The testing method is to find load carrying capacity of prefabricated floor make of reinforced bamboo followed the ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo. Test results Test results of the efficacy of loading capacity show that reinforced bamboo has the loading efficacy increase 154.58% and bamboo reinforced by using rebars has the highest efficacy to loading at 1084.35 kg/cm²

Keywords: Bamboo, Mortar, Composites, Prefabricated Floor, Reinforced Bamboo

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งไผ่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ดี เนื่องจากไผ่เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาใช้งานด้านสถาปัตยกรรมได้

การก่อสร้างสถาปัตยกรรมไผ่ในปัจจุบันถูกพัฒนาให้มีความแข็งแรงมากขึ้น นำเหล็กเส้นหรือมอร์ตาร์เสริมไปในลำไผ่ โดยใช้ไผ่เป็นแบบหล่อไปในตัว ปัจจุบันไผ่ได้ถูกพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีการก่อสร้างทางด้านโครงสร้างเสาและคานให้สามารถรับแรงได้ดีขึ้นแต่ในการออกแบบโครงสร้างอาคาร โครงสร้างของพื้นนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง เพราะพื้นเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของสิ่งต่างๆ ทุกชนิดที่อยู่ในอาคาร ในปัจจุบันองค์ความรู้ทางด้านโครงสร้างพื้นที่ทำจากไผ่ทั้งลำยังมีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงนำทฤษฎีในการออกแบบพื้นโครงสร้างมาใช้ในการทดสอบการรับน้ำหนัก

พื้นสำเร็จรูปจะเป็นทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างอาคาร และประชาชนทั่วไปต้องการความรู้สามารถนำไปสร้างที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำผลผลิตจากงานวิจัยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้ทันที

1.2 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของลำไผ่ขางหม่น

การทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ความหนาแน่น กำลังอัด กำลังดึง กำลังเฉือน กำลังดัด และโมดูลัสยืดหยุ่น ของลำไผ่ขางหม่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร ค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 263.62 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ค่ากำลังดึงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1521.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่ากำลังเฉือนสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 263.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่ากำลังดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 263.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ภทริฐิตา พงศ์ธนา, 2556)

1.3 ศึกษาพฤติกรรมแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไผ่กับคอนกรีต

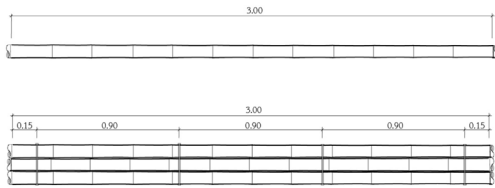
ไผ่มีค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงมาก ถึง 370 MPa ทำให้ไผ่มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างสถาปัตยกรรมสำหรับการรับแรงดึงในลักษณะเดียวกับเหล็ก ในการทดลองนำไผ่ไปประยุกต์ใช้เป็นคอนกรีตเสริมไผ่ไผ่ ปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อนำไผ่ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับคอนกรีต คือ เรื่องคุณสมบัติการยึดเกาะระหว่างคอนกรีต และไผ่เนื่องจากเมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดการระเหยของน้ำออกมา ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวคอนกรีตกับผิวไผ่ (Ghavami, 2004)

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การกำหนดตัวแปร

2.1.1 ตัวแปรต้น

1. จำนวนไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 1 ลำ, 3 ลำ



รูปที่ 1 จำนวนไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 1 ลำ และ 3 ลำ

2. รูปแบบการเสริมกำลังไม้

- 2.1 ไม้ลำเปล่า
- 2.2 ไม้ และมอร์ตาร์
- 2.3 ไม้ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม
- 2.4 ไม้ มอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด
- 2.5 ไม้ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
- 2.6 ไม้ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression)
- 2.7 ไม้ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอด



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าตัดไม้ลำที่เสริมกำลังด้วยการใช้เหล็กเส้นกลม (compression) วางชิดขอบบนด้านในลำไม้

3. รูปแบบการเสริมกำลังของแผ่นพื้นสำเร็จ 3 ลำ เททับด้วยมอร์ตาร์หนา 5 เซนติเมตร

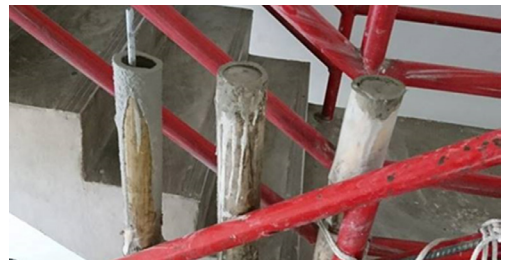
- 3.1 ไม้ 3 ลำ มอร์ตาร์ เหล็ก (compression) และเทมอร์ตาร์ทับ
- 3.2 ไม้ 3 ลำ มอร์ตาร์ เหล็ก (compression) เหล็กเกลียว และเทมอร์ตาร์ทับ

2.1.2 ตัวแปรตาม

1. พฤติกรรมของไม้ลำ
2. ความสามารถในการรับแรงของโครงสร้าง

2.1.3 ตัวแปรควบคุม

1. พันธุ์ไม้
 - 1.1 ไม้หางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro)
2. ขนาด
 - 2.1 ไม้ไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว อายุ 3-4 ปี ความยาวลำไม้ไฟ 3 เมตร



รูปที่ 3 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐาน ISO 22157 (Determination of physical and mechanical properties of bamboo)

3.1 การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของลำไม้เสริมแรง

ทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดที่ระยะ (1/3)L ของลำไม้ยาว 3 เมตร ทดสอบไม้ 1 ลำ, 3 ลำ และแผ่นพื้นสำเร็จ 3 ลำ ที่เททับด้วยมอร์ตาร์หนา 5 เซนติเมตร

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของล้าไฟเสริมแรง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 1 ล้า

วิธีการเสริมแรงไฟ	โมเมนต์เฉื่อยเฉลี่ย (I)(cm^4)	แรงดัดเฉลี่ย (kg)	กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm^2)
1.ไฟล้าเปล้า	102.77	383.33	702.38
2.ไฟ และมอร์ตาร์	104.92	500.00	887.36
3.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม	102.83	527.67	984.61
4.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด	102.77	493.33	890.86
5.ไฟ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด	102.25	528.00	959.72
6.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression)	102.27	589.00	1073.50

ตารางที่ 2 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้า

วิธีการเสริมแรงไฟ	โมเมนต์เฉื่อยเฉลี่ย (I)(cm^4)	แรงดัดเฉลี่ย (kg)	กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm^2)
1.ไฟล้าเปล้า	333.36	916.67	512.44
2.ไฟ และมอร์ตาร์	338.77	1166.67	667.94
3.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม	310.94	1233.33	745.70
4.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด	314.00	1150.00	712.79
5.ไฟ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด	324.95	1261.00	767.84
6.ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression)	315.04	1372.33	804.82
7.ไฟ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอด	318.75	1354.67	792.14

ตารางที่ 3 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จ 3 ล้า เทียบด้วยมอร์ตาร์

ไฟ มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม(compression) เทียบด้วยมอร์ตาร์	
1. โมเมนต์เฉื่อย (I)(cm^4)	310.42
2. แรงดัดเฉลี่ย (kg)	1605.67
3. กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm^2)	971.00
ไฟ มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด (compression) เทียบด้วยมอร์ตาร์	
1. โมเมนต์เฉื่อย (I)(cm^4)	310.05
2. แรงดัดเฉลี่ย (Kg)	1694.67
3. กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย (kg/cm^2)	1101.70

จากการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบล้าไฟมีการลักษณะการวิบัติของวัสดุมี 2 แบบ คือ การวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) และการวิบัติที่มีรอยแตกตามความยาว (splitting)

การเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ในล้าไฟ ทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของล้าไฟเพิ่มขึ้น 130.35% การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลมทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของล้าไฟเพิ่มขึ้น 145.52% การเสริมแรงด้วยเหล็กเกลียวตลอดทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของล้าไฟเพิ่มขึ้น

139.10% การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลม (compression) ทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มขึ้น 157.06% การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มขึ้น 149.84% การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอดทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มขึ้น 154.58%



รูปที่ 4 ทำการทดสอบที่ (1/3)L ของความยาวลำไผ่



รูปที่ 5 ลักษณะการวิบัติแบบ local crushing threaded rods and Failure splitting ที่เกิดขึ้นบริเวณระหว่างหัวน็อต (เหล็กเกลียวตลอด)

การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลม (compression) เททับด้วยมอร์ตาร์ ทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มขึ้น 189.50% การเสริมแรงด้วยเหล็กเส้นกลม (compression) เททับด้วยมอร์ตาร์ ทำให้ความสามารถในการรับกำลังแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มขึ้น 214.99%



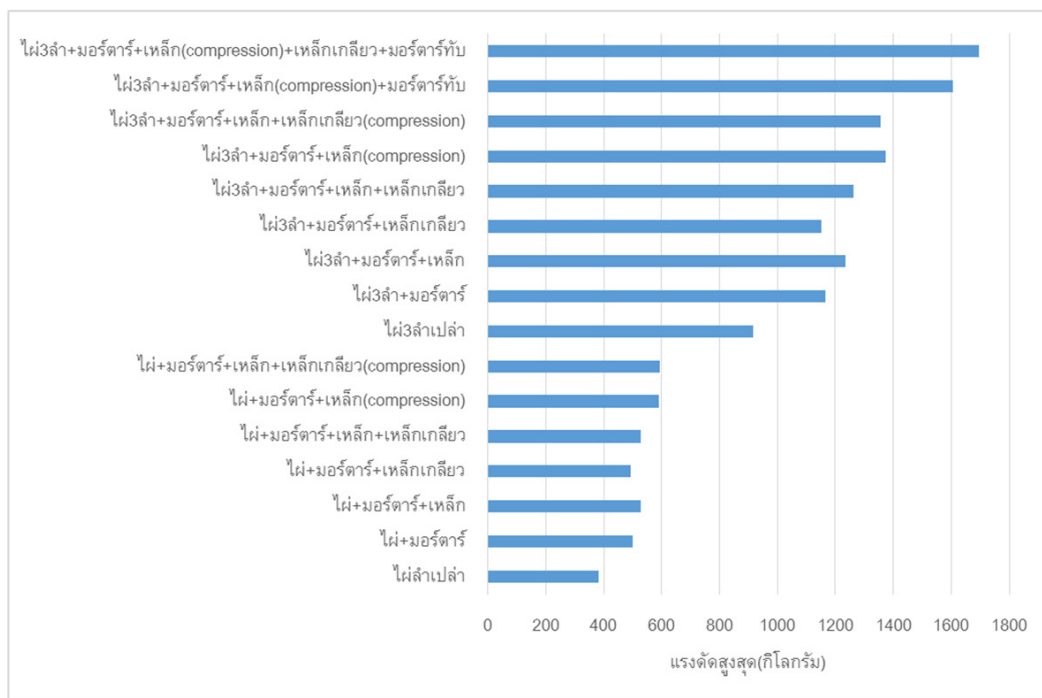
รูปที่ 6 การทดสอบแผ่นพื้นสำเร็จเททับด้วยมอร์ตาร์ที่ (1/3)L ของความยาวลำไผ่

5. สรุปผลการวิจัย

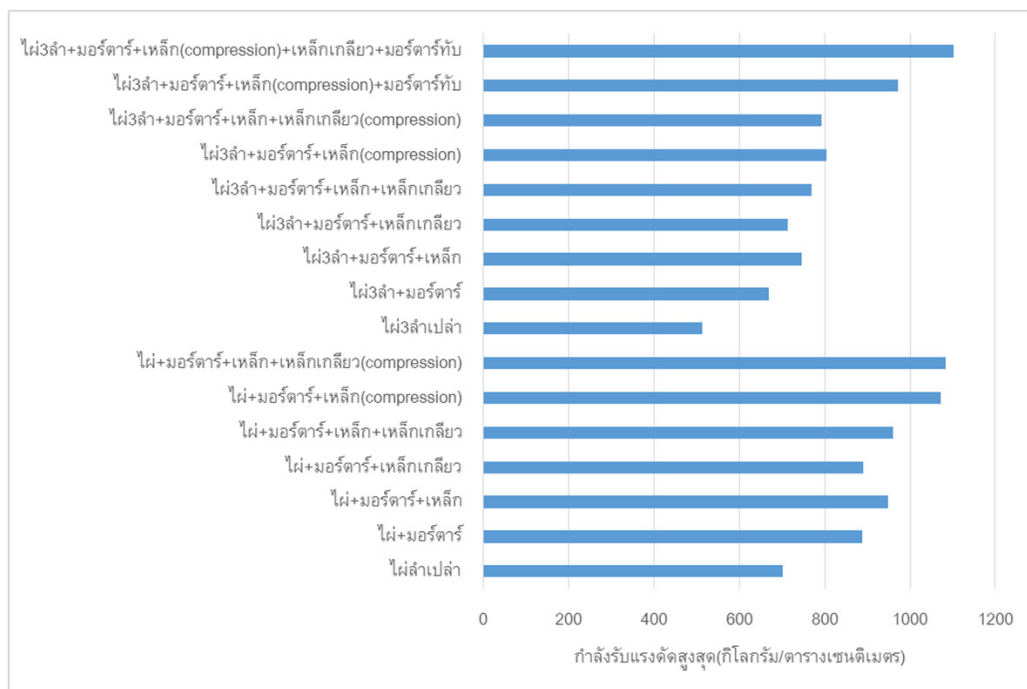
ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดแบบต่างๆ ในการเสริมแรงไผ่ 1 ลำ การเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอดให้ความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากที่สุดเท่ากับ 1084.35 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ไผ่ลำเปล่าให้ความสามารถในการรับน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 702.38 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ในการเสริมแรงไผ่ 3 ลำ การเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression) ให้ความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากที่สุดเท่ากับ 804.82 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 7

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดแบบต่างๆ ในการเสริมแรงไผ่ 3 ลำ ที่เททับด้วยมอร์ตาร์ การเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอดให้ความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากที่สุด เท่ากับ 1694.67 กิโลกรัม หรือ 1101.70 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 7-8

จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดในแบบต่างๆ ของการเสริมแรงไผ่ การเสริมแรงไผ่ 3 ลำ จะมีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดน้อยกว่าการเสริมแรงไผ่ลำเดี่ยว เนื่องจากไผ่ทั้ง 3 ลำ ไม่ผสานเป็นชิ้นเดียวกันโดยสมบูรณ์แบบ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการเสริมแรงไผ่



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการเสริมแรงไผ่

แต่กรณีไม้ที่มีการเสริมกำลังของแผ่นพื้นสำเร็จ 3 ลำ ที่เททับด้วยมอร์ตาร์หนา 5 เซนติเมตร จะผลานเป็นชั้นเดียวกัน มีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับไม้ลำเดี่ยวที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression) และเหล็กเกลียวตลอด ดังรูปที่ 7

รายการอ้างอิง

ชนิษฐ์ มาคุ้ม. (2549). *การศึกษาสมรรถนะในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, สาขาวิศวกรรมโยธา.

ทรงเกียรติ เทียอิทธิพรย์. (2544). *เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารด้วยไม้ไผ่*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

ภัทฐิตา พงศ์ธนา. (2556). *การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไม้โดยวิธีการรวบลำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

วินิต ช่อวิเชียร. (2545). *การออกแบบโครงสร้างไม้ (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กรุงเทพฯ: ป. สัมพันธ์พาณิชย์.

Ghavami, K. (2004). *Bamboo as reinforcement in structural concrete elements*.

Department of Civil Engineering, Pontificia Universidade Católica.

ISO. (2004). *Bamboo-determination of physical and mechanical properties, ISO221571 :2004(E)*. Switzerland: International Organization for Standardization.

การเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบจำลอง
ภูมิอากาศจุลภาคภายนอกอาคารใน ENVI-met V4 กับการตรวจวัด
ภาคสนาม: การศึกษาทดลองพื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว
Calibration and Validation of the ENVI-met V4 Model of Outdoor
Microclimate Against On-site Measurements: An Experimental Study
of the Detached House Neighborhood in Bangkok, Thailand

พิชามณูชู้ ลีทองอิน¹ ดร. ดารณี จารีมิตร² และ ดร. มานัส ศรีวานิช³

Pichamon Leetongin¹, Daranee Jareemit, Ph.D.² and Manat Srivanit, Ph.D.³

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: pichamon.lee@dome.tu.ac.th¹, jdaranee@gmail.com², s.manat@gmail.com³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ENVI-met V4 กับการตรวจวัดภาคสนามในพื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน (1) สํารวจภาคสนามในพื้นที่เขตพักอาศัยในโครงการหมู่บ้านจัดสรรในเขตชานเมืองกรุงเทพมหานคร เพื่อเก็บข้อมูลสร้างแบบจำลองใน ENVI-met V4 พร้อมตรวจวัดภูมิอากาศเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ (2) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ โดยพิจารณาจากความสอดคล้องทางสถิติของค่าสภาพอากาศจากการวัดภาคสนาม และการจำลองใน ENVI-met V4 ซึ่งใช้ coefficient of determination, root mean square error, index of agreement และ mean difference ในการคำนวณ รวมถึงเปรียบเทียบค่าเริ่มต้นของสภาพอากาศในโปรแกรมเพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ผลจากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ พบว่า คุณภูมิอากาศจากการวัดภาคสนามและการจำลองมีความสอดคล้องกันจากการปรับเทียบค่าอุณหภูมิอากาศ

คำสำคัญ: อุณหภูมิอากาศ การตรวจสอบความถูกต้อง การปรับเทียบ พื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว

Abstract

This research focused on the calibration and validation procedures of the microclimate simulation model, ENVI-met V4, for a detached house neighborhood in Bangkok, Thailand. The research consisted of two parts: (1) Site data collection and microclimate measurements, which were conducted in a suburban housing development area for model calibration; (2) Model validation, which was done by comparing measured field data and the simulated values. To acquire accurate results, ENVI-met V4 input data, particularly air temperature and

relative humidity, were calibrated. The predictive ability of the model was testified by the analysis of the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), index of agreement (d) and mean difference. As a result, the validation outcome showed a very good agreement between measured and simulated values of air temperature by adjusting air temperature.

Keywords: ENVI-met V4, Air Temperature, Validation, Calibration, Detached House Neighborhood

1. บทนำ

ปัจจุบันเมืองมีอัตราการขยายตัวมากขึ้น ทำให้ส่งผลทางลบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากพื้นที่ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ เช่น ดิน พืช ถูกแทนที่ด้วยอาคาร ถนน และโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นผิวที่แห้งและไม่ดูดซับความชื้น พื้นที่ชุมชนเมืองจึงมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ชนบทโดยรอบ ความแตกต่างของอุณหภูมินี้ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island, UHI) ขึ้น กรุงเทพฯ เป็นพื้นที่หนึ่งที่กำลังเผชิญกับปรากฏการณ์นี้ (รอยล จิตรดอน, 2556) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเมืองยังส่งผลให้เกิดความต้องการพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นสูงขึ้นเช่นกัน

การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในพื้นที่ชุมชนเมืองเป็นสิ่งต้องคำนึงมากขึ้น เพื่อให้ปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองบรรเทาลง ซึ่งส่งผลต่อเนื่องไปถึงการลดลงของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า การปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้อุณหภูมิอากาศต่ำลงมีหลากหลาย เช่น การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติเหมาะสม และการเพิ่มพื้นที่สีเขียว เป็นต้น โดยสามารถวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองสภาพอากาศเฉพาะแห่งพื้นที่ (Microclimate) ได้หนึ่งในเครื่องมือดังกล่าวที่มีความน่าเชื่อถือ คือ ENVI-met V4

ENVI-metV4เป็นโปรแกรมสำหรับคำนวณ

แบบจำลองภูมิอากาศสามมิติ ซึ่งมีพื้นฐานการพัฒนาจาก Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยโปรแกรมนี้จะจำลองความสัมพันธ์ของพื้นผิว พืชพันธุ์ และอากาศในระดับภูมิอากาศเฉพาะแห่งพื้นที่ (Bruse, 2013)

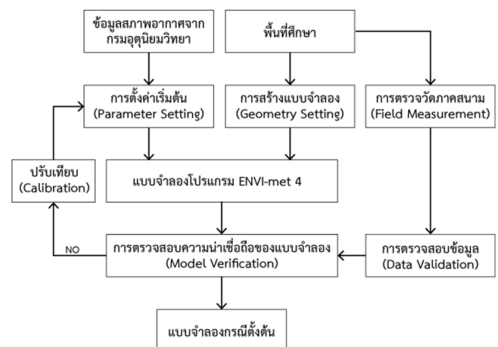
การจำลองแบบจำลองภูมิอากาศใน ENVI-met V4 จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความถูกต้อง เพื่อให้ค่าเริ่มต้นของโปรแกรมอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสภาพอากาศแบบเดียวกับพื้นที่ศึกษา หรือสามารถกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผลการจำลองและข้อมูลสภาพอากาศที่วัดได้ในพื้นที่จริงจะต้องมีความคล้ายคลึงกัน (Gusson, 2016) โดยพิจารณาจากความสอดคล้องทางสถิติ ได้แก่ the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE) และ index of agreement (d) ค่าความสอดคล้องทางสถิติที่ดีควรมีค่า R^2 และ d ใกล้ 1 ส่วน RMSE มีค่าใกล้ 0 จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Salata et al., 2016; Lee et al., 2016; Wang et al., 2016; Duarte et al., 2015; Taleghani et al., 2015; Jänicke et al., 2015; Ghaffarianhoseini et al., 2015; Qaid & Ossen, 2015; Middel et al., 2014; Elnabawi et al., 2014; Muller et al., 2014 และ Yang et al., 2012) ซึ่งศึกษาความสอดคล้องทางสถิติของอุณหภูมิอากาศระหว่างผลการจำลอง และพื้นที่จริง พบว่า R^2 มีค่าระหว่าง 0.69 – 0.97

การปรับเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบจำลองภูมิอากาศภาคภายนอกอาคารใน ENVI-met V4 กับการตรวจวัดภาคสนาม: การศึกษาทดลองพื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว พิชามณัฐ ลีทองอิน ดร. ดารณี จาริมิตร และ ดร. มานัส ศรีวิณิช

RMSE มีค่าระหว่าง 0.66 – 1.89 และ d มีค่าระหว่าง 0.60 – 0.98 นอกจากนี้ งานวิจัยข้างต้นใช้ค่าทางสถิติอื่นในการเปรียบเทียบเช่นงานวิจัยของ Srivanit & Hokao (2013) ใช้ค่า mean difference ที่คำนวณจากวิธีทางสถิติ PAIRED T-TEST โดยค่า SIG. (2-TAILED) ของอุณหภูมิอากาศมีค่า 0.545 ซึ่งมากกว่าค่า p value (0.05) นั้นหมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศระหว่างการจำลองและการวัดภาคสนาม

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับเทียบ (Calibration) ในแบบจำลอง ENVI-met V4 ให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่ศึกษา เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและความถูกต้อง โดยการปรับเปลี่ยนค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ (รูปที่ 1) จากนั้นจึงนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หือทธิพลของพื้นที่สีเขียวและวัสดุผิวภายนอกที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานภายในบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีการวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายสาขาประจำปี พ.ศ. 2557 พบว่า ที่อยู่อาศัยใช้ไฟฟ้าเป็นลำดับที่สอง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558) ที่อยู่อาศัยจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบ้านเดี่ยว ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยที่มีความต้องการซื้อสูงสุดในปี พ.ศ. 2558 (ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์, 2557)

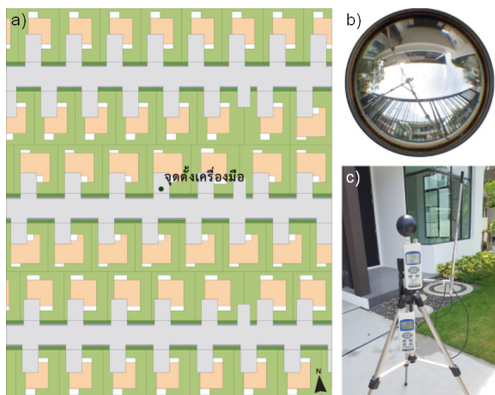
พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่เขตพักอาศัยที่มีบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยมีพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านไม่เกิน 200 ตารางเมตร มีราคาประมาณ 3-10 ล้านบาท และมีขนาดแปลงที่ดินไม่น้อยกว่า 50 ตารางวา แต่ไม่เกิน 60 ตารางวา เนื่องจากเป็นบ้านเดี่ยวที่มีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุด ดังรูปที่ 2a

พื้นที่เขตพักอาศัยที่ถูกเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตั้งอยู่ในเขตสายไหม ซึ่งเป็นพื้นที่ชานเมืองของกรุงเทพฯ ภูมิอากาศทั่วไปของกรุงเทพฯ ตามการจำแนกภูมิอากาศแบบเคิป์เป็น (Köppen Climate Classification) เป็นภูมิอากาศร้อนชื้นประเภททุ่งหญ้าสะวันนา (Tropical Savanna Climate) โดยมีลักษณะอากาศขึ้นกับแล้งสลับกัน

2.2 การตรวจวัดภาคสนาม

การตรวจวัดสภาพอากาศในพื้นที่ศึกษาใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ Lutron WBGT-2010SD ซึ่งเป็นเครื่องวัดแบบดิจิตอลที่ถูกตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุก 1 วินาที และเครื่องมือวัดความเร็วลม Lutron AM-4224SD ซึ่งเป็นเครื่องวัดความเร็วลมแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (Hot Wire Anemometer) ที่จะบันทึกข้อมูลทุก 10 วินาที (รูปที่ 2c)

ชุดเครื่องมือนี้ถูกติดตั้งในพื้นที่กลางแจ้ง และมีความสูงที่ระดับ 1.5 เมตรจากพื้นดินภายใต้ แปลงที่ดินที่อยู่บริเวณใจกลางของพื้นที่เขตพักอาศัย โดยลักษณะของสภาพแวดล้อมที่วางชุด เครื่องมือเป็นไปตามรูปที่ 2b การตรวจวัดเริ่ม ตั้งแต่เวลา 08.30-18.30 น. ในวันที่ 27 - 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 รวมเป็นเวลาทั้งหมด 3 วัน ซึ่งยังอยู่ในช่วงฤดูร้อนตามฤดูกาลของ ประเทศไทย



ที่มา: ผู้วิจัย

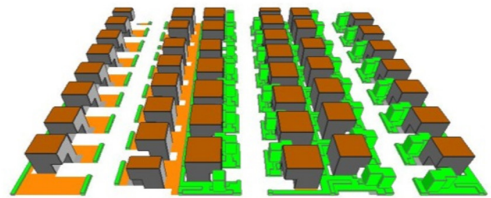
รูปที่ 2 (a) กลุ่มตัวอย่างของพื้นที่เขตพักอาศัย
(b) ภาพเลนส์ตาปลาตำแหน่งที่ตั้งชุดเครื่องมือ วัดสภาพอากาศ
(c) ชุดเครื่องมือวัดสภาพอากาศ

2.3 การจำลองใน ENVI-met V4

2.3.1 การสร้างแบบจำลอง

สภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา เช่น อาคาร ถนน ถูกจำลองขึ้นใน ENVI-met V4 (รูปที่ 3) โดยมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของแบบจำลอง (Domain) 100x122x30 ช่อง และเลือกใช้ช่องกริด (Resolution Grid) ขนาด 1x1x2 เมตร ดังนั้น พื้นที่จริงของพื้นที่ศึกษามี ขนาด 100x122x60 เมตร จากขนาดของแบบ จำลองเดิมได้เพิ่มจำนวนของช่องกริด (Nesting Grid) ทุกด้าน จำนวนด้านละ 25 ช่อง (25 เมตร)

เพื่อเผื่อระยะห่างแบบจำลองและทางลมเข้า (Inlet) ให้มีความเหมาะสม



ที่มา: ผู้วิจัย

รูปที่ 3 แบบจำลองใน ENVI-met V4

พื้นที่สีเขียวและพื้นผิวที่ใช้ในแบบจำลอง มีทั้งข้อมูลพื้นฐานจากโปรแกรม และข้อมูลที่สร้าง โดยผู้วิจัย พื้นที่สีเขียวประกอบด้วยไม้คลุมดิน ไม้พุ่ม และไม้ยืนต้น ขนาดทรงพุ่ม 3 เมตร และความสูง 6 เมตร ซึ่งมีค่าความหนาแน่นพุ่มใบ (Leaf Area Density; LAD) 0.3 และค่าสะท้อนรังสี (Albedo) 0.2 ขณะที่พื้นผิวที่อยู่ในแนวระนาบ (พื้น) มีวัสดุที่ใช้ 3 ประเภท คือ คอนกรีต กระเบื้อง แกรนิต และดิน สำหรับผนังและหลังคาถูกกำหนด ให้เป็นสีอ่อนตามแบบบ้านในพื้นที่ศึกษา

2.3.2 การตั้งค่าเริ่มต้น

การตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อจำลองใน ENVI-met V4 (ตารางที่ 1) ประกอบด้วย วันและเวลาที่ตรงกับวันตรวจวัดภาคสนาม และข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยาที่เป็นค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 6 ปีของเดือน พฤษภาคมและมีณายนจากสถานีตรวจวัด อากาศดอนเมือง ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ใกล้พื้นที่ ศึกษามากที่สุด ข้อมูลเชิงอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ คือ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ คำนวณ เฉลี่ยรายชั่วโมง ส่วนทิศทางและความเร็วลม คำนวณเฉลี่ยรายวัน

การเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบจำลองภูมิอากาศจุลภาคภายนอกอาคารใน ENVI-met V4 กับการตรวจวัดภาคสนาม: การศึกษาทดลองพื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว
พิชามณูญ์ ลีทองอิน ดร. ดารณี จาริมิตร และ ดร. มานัส ศรีวิณิช

ตารางที่ 1 ค่าเริ่มต้นสำหรับการจำลอง

ตัวแปร	
วันที่จำลอง	28 พฤษภาคม 2559
ระยะเวลาการจำลอง	11 ชั่วโมง
เวลาที่เริ่มต้นจำลอง	08.00 น.
อุณหภูมิอากาศเริ่มต้น*	303.65 K (30.55°C)
ความเร็วลมที่ระดับ 10 ม.	3.19 เมตรต่อวินาที
ทิศทางลม	192 องศา

หมายเหตุ *ค่าเฉลี่ยทั้งวัน

3. ผลวิจัย

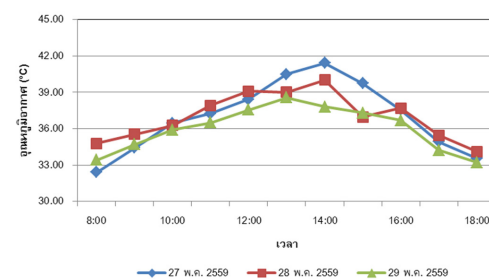
3.1 ผลการวัดภาคสนาม

ข้อมูลสภาพอากาศที่เก็บได้จากพื้นที่ศึกษา ทั้ง 3 วันประกอบด้วยค่าอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า วันที่ 27 มีแนวโน้มของอุณหภูมิอากาศโดยรวมสูงที่สุด ขณะที่วันที่ 29 มีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก จึงส่งผลให้รังสีดวงอาทิตย์น้อยลงกว่าปกติ (รูปที่ 4) ทั้งนี้ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้ง 3 วันตั้งแต่เวลา 08.30 - 18.30 น. มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 37.69°C 37.42°C และ 36.46°C ตามลำดับ ข้อมูลสภาพอากาศทั้ง 3 วัน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าสภาพอากาศที่ได้จากการจำลองในโปรแกรม ENVI-met V4

3.2 การเปรียบเทียบข้อมูลการวัดภาคสนาม และแบบจำลอง

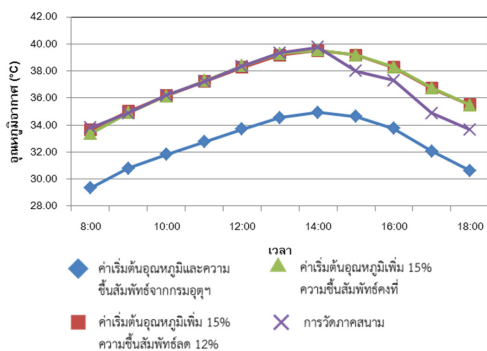
ข้อมูลสภาพอากาศที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างการวัดภาคสนามและแบบจำลองคืออุณหภูมิอากาศ ณ ระดับ 1.5 เมตร ซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลอย่างยิ่งต่อการรับรู้ของมนุษย์ จากการเปรียบเทียบค่าเริ่มต้นของแบบจำลอง (รูปที่ 5) พบว่า อุณหภูมิอากาศของแบบจำลองที่มีค่าเริ่มต้นจากกรมอุตุนิยมวิทยามีแนวโน้มต่ำ

กว่าจากการวัดภาคสนาม ขณะที่แบบจำลองที่มีค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศเพิ่มร้อยละ 15 มีความสอดคล้องกับการวัดภาคสนาม อย่างไรก็ตามการปรับค่าเริ่มต้นของความชื้นสัมพัทธ์ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการจำลอง



รูปที่ 4 ค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงของพื้นที่ศึกษา ในวันที่ 27-29 พฤษภาคม พ.ศ. 2559

ผลลัพธ์ของอุณหภูมิอากาศจากการวัดภาคสนามและแบบจำลองถูกนำมาเปรียบเทียบโดยใช้วิธีการทางสถิติ ได้แก่ R^2 , RMSE, d และ mean difference ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทดสอบ Paired T-Test โดยผลของค่า Sig. จะต้องมีค่ามากกว่า p value (0.05) เพื่อให้เกิดการยอมรับ H_0 หรือไม่มีความแตกต่างกัน แบบจำลองที่มีค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศคงที่มีค่าทางสถิติ R^2 (0.89), RMSE (4.10), d (-0.18) และ Sig. (0.00) ซึ่งไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนแบบจำลองที่มีค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศเพิ่มร้อยละ 15 มีค่าทางสถิติ R^2 (0.85), RMSE (0.93), d (0.94) และ Sig. (0.09) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าค่า RMSE ไม่ได้เข้าใกล้ 0 มากนัก หากแต่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเหมือนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ



รูปที่ 5 ค่าอุณหภูมิอากาศจากการวัดภาคสนามเปรียบเทียบกับค่าจำลองที่มีค่าเริ่มต้นแตกต่างกัน

4. สรุป และอภิปรายผล

แบบจำลองพื้นที่เขตพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวที่ปรับเทียบค่าเริ่มต้นของอุณหภูมิอากาศเพิ่มร้อยละ 15 แสดงให้เห็นถึงผลของค่าอุณหภูมิอากาศจากการจำลองมีความสอดคล้องกับการวัดภาคสนาม ค่าความสอดคล้องทางสถิติ R^2 (0.85), RMSE (0.93), d (0.94) และ Sig. จากการคำนวณ mean difference (0.09) มีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ดี การปรับค่าเริ่มต้นของความขึ้นสัมพัทธ์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการจำลอง

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เรื่อง อิทธิพลของพื้นที่สีเขียวและวัสดุผิวภายนอกที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานภายในบ้านพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยว ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่ให้ข้อเสนอแนะรวมถึงแนวทางในการทำวิจัย

รายการอ้างอิง

- รอยล จิตรดอน. (2556). *ไขปม! “เกาะความร้อน”*. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2560, จาก http://www.tei.or.th/w_cc/ACCCRN/2013-ACCCRN-newsletter-12.pdf.
- ศูนย์ข้อมูลสิ่งแวดล้อมทรัพยากร. (2557). วิเคราะห์ความต้องการซื้อที่อยู่อาศัยปี 2558. *วารสารศูนย์ข้อมูลสิ่งแวดล้อมทรัพยากร*, 9(33).
- สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ. (2556). *การสังเกตปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเขตเมืองด้วยดาวเทียม*. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2560, จาก <http://www.space.mict.go.th/knowledge.php?id=UrbanHeatIsland>.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). *รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2558*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2559, จาก <http://www.eppo.go.th/info/cd2015/Energy%20Statistics%20of%20Thailand%202015.pdf>.
- Bruse, M. (2013). *ENVI-met model homepage*. Retrieved February 24, 2016, from <http://www.envi-met.com>.
- Climate: Thailand*. (n.d.). *Climate data*. Retrieved April 24, 2017, from <https://en.climate-data.org/country/202/>.
- Duarte, D. H. S., Shinzato, P., Gusson, C. dos S. & Alves, C. A. (2015). The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate. *Urban Climate*, 14, 224–239. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.006>.

- Elnabawi, M. H., Hamza, N. & Dudek, S. (2015). Numerical modelling evaluation for the microclimate of an outdoor urban form in Cairo, Egypt. *HBRC Journal*, 11(2), 246–251. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.03.004>.
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U. & Ghaffarianhoseini, A. (2015). Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environment*, 87, 154–168. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.001>.
- Gusson, C. S. & Duarte, D. H. S. (2016). Effects of built density and urban morphology on urban microclimate - calibration of the model ENVI-met V4 for the subtropical Sao Paulo, Brazil. *Procedia Engineering*, 169, 2–10. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.001>.
- Jänicke, B., Meier, F., Hoelscher, M.-T. & Scherer, D. (2015). Evaluating the effects of façade greening on human bioclimate in a complex urban environment. *Advances in Meteorology*, 2015, 1–15. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2015/747259>.
- Lee, H., Mayer, H. & Chen, L. (2016). Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Urban Planning*, 148, 37–50. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.004>.
- Middel, A., Häb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A. & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning*, 122, 16–28. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004>.
- Müller, N., Kuttler, W. & Barlag, A.-B. (2014). Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1–2), 243–257. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00704013-0890-4>.
- Qaid, A. & Ossen, D. R. (2015). Effect of asymmetrical street aspect ratios on microclimates in hot, humid regions. *International Journal of Biometeorology*, 59(6), 657–677. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0878-5>.
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R. & de Lieto Vollaro, A. (2016). Urban microclimate and outdoor thermal comfort. A proper procedure to fit ENVI-met simulation outputs to experimental data. *Sustainable Cities and Society*, 26, 318–343. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.005>.

- Srivanit, M. & Hokao, K. (2013). Evaluating the cooling effects of greening for improving the outdoor thermal environment at an institutional campus in the summer. *Building and Environment*, 66, 158–172. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.012>.
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M. & van den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and Environment*, 83, 65–78. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.014>.
- Wang, Y., Berardi, U. & Akbari, H. (2016). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings*, 114, 2–19. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.046>.
- Yang, X., Zhao, L., Bruse, M. & Meng, Q. (2013). Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. *Building and Environment*, 60, 93–104. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.008>.

อิทธิพลของระยะเวลาของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย ต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

The Influence of Timing in Transitional Space on Thermal Perception in Space-conditioning

ณัฐกาญจน์ อุดมสังข์พันธุ์¹, ดร. ดารณี จารีมิตร² และ ดร. มานัส ศรีวินิช³

Nattakan Udomsajjaphan¹, Daranee Jareemit, Ph.D.² and Manat Srivanit, Ph.D.³

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: mmmild@hotmail.com¹, jdaranee@gmail.com², s.manat@gmail.com³

บทคัดย่อ

อาคารในเขตร้อนชื้นจะตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่ำเพื่อให้คนรู้สึกเย็นทันทีเมื่อเข้าใช้งาน เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวนาน ๆ จะรู้สึกหนาว จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ประสิทธิภาพทางความร้อนของคนส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิโดยพื้นที่เปลี่ยนถ่ายสามารถช่วยลดความต่างของอุณหภูมิภายนอกและห้องปรับอากาศได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษางานวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้ (1) อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศ (2) การรับรู้อุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศ (3) การตอบสนองของคนต่ออุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลง และ (4) อิทธิพลของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิของคนในห้องปรับอากาศ

คำสำคัญ: สภาวะน่าสบาย พื้นที่เปลี่ยนถ่าย พื้นที่ปรับอากาศ การรับรู้อุณหภูมิ

Abstract

Most of buildings in hot-humid region usually set air temperature lower than standard, which allow occupants immediately feel cool when get into the building. For long occupied period, setting lower air temperature could lead occupants feel overcooling. Previous studies provided that occupant's experience significantly affected thermal perception. Transitional space could significantly reduce the difference of occupant's thermal perception between living outdoor and conditioned space. Aim of this paper is to review the studies of influence of living in transitional spaces on occupant's thermal perception in conditioned space. The topic includes: 1) appropriate air temperature for conditioned space. 2) Occupant's thermal perceptions in conditioned space 3) Influence of transition space on occupant's thermal respondent in conditioned space and 4) Influence of transition space on occupant's thermal perception in conditioned space. This review

provides an understanding effect of transitional space on occupant's thermal perceptions and respondent living in conditioned space in hot-humid climate.

Keywords: Thermal Comfort, Transitional Space, Space-conditioning, Thermal Perception

1. บทนำ

การสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารที่อยู่
ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ได้มีการแก้ไข
ปัญหาสภาพอากาศที่ร้อนโดยการติดตั้งเครื่อง
ปรับอากาศ ทำให้ปัจจุบันมีผู้ใช้งานอาคารปรับ
อากาศสูงขึ้น ซึ่งผู้ใช้งานที่เจอกับสภาพอากาศ
ที่ร้อน มีความคาดหวังว่าจะได้รับความเย็นเมื่อ
เข้าสู่อาคาร จึงมีการตั้งค่าอุณหภูมิในอาคารต่ำ
เพื่อให้เกิดความรู้สึกสบายทันทีที่เข้าสู่อาคาร
ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานอาคารอยู่ในอาคารไประยะ
หนึ่งจนร่างกายมีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม
ผู้ใช้งานอาจจะรู้สึกหนาว หรือเกิดปรากฏการณ์
โอเวอร์คูล (overcooling) ส่งผลให้อุณหภูมิใน
อาคารนั้นอยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบาย

จากการตั้งค่าอุณหภูมิในอาคารให้มีค่าต่ำ
ส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่อง
ปรับอากาศสูงขึ้น เนื่องจากเครื่องปรับอากาศ
มีภาระการทำงานมากขึ้น โดยเฉพาะในสภาพ
อากาศเขตร้อนชื้นที่มีค่าความแตกต่างของ
อุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารค่อนข้างสูง
ดังนั้นการลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน
และภายนอกอาคารจะช่วยลดภาระการทำความ
เย็นของเครื่องปรับอากาศได้ ซึ่งทำได้โดยการ
ออกแบบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายให้กับอาคาร โดยพื้นที่
เปลี่ยนถ่าย (transition space) คือพื้นที่ที่อยู่
ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งเป็นปัจจัย
ที่ช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่
ที่ติดกับส่วนปรับอากาศ และพื้นที่ปรับอากาศ

ลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่
ปรับอากาศโดยตรง อีกทั้งยังช่วยในการปรับตัว
ของผู้ใช้งานทางกายภาพและทางความรู้สึก ซึ่ง
ในการเดินผ่านพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแม้เพียงระยะ
เวลาสั้นๆ ก็ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิของผู้ใช้งาน
โดยผู้ใช้งานจะยอมรับช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้นใน
พื้นที่เปลี่ยนถ่าย ทำให้ผู้ใช้งานมีประสบการณ์
ทางความร้อนเปลี่ยนไป และส่งผลต่อการรับรู้
อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยเมื่อผู้ใช้งานมี
การปรับตัวต่ออุณหภูมิในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายแล้ว
จึงไม่จำเป็นต้องตั้งค่าอุณหภูมิให้ต่ำเกินไปเพื่อ
ช่วยลดความรู้สึกร้อนของผู้ใช้งาน

จากความคาดหวังของผู้ใช้งานต่ออุณหภูมิ
ในพื้นที่ปรับอากาศว่าจะต้องมีอากาศที่เย็น
เนื่องจากความเคยชินในการอยู่ในพื้นที่ปรับอากาศ
และมีความพึงพอใจในอากาศเย็นมากกว่า ด้วย
สภาพอากาศในเขตร้อนชื้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานมี
ความต้องการอุณหภูมิที่เย็นมากกว่าช่วงสภาวะ
น่าสบาย ซึ่งการตอบสนองความต้องการความ
เย็น อาคารส่วนใหญ่จึงตั้งค่าอุณหภูมิต่ำ ซึ่งเมื่อ
ผู้ใช้งานอยู่ในพื้นที่นั้นเป็นเวลานาน ร่างกายจะ
ปรับตัวจนการรับรู้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่
(steady state) อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ในตอนแรก
อาจจะส่งผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกหนาว การนำพื้นที่
เปลี่ยนถ่ายเข้ามาช่วยอาจสามารถปรับเปลี่ยน
การรับรู้อุณหภูมิ และความต้องการอุณหภูมิใน
ห้องปรับอากาศ ให้มีความต้องการความเย็น
น้อยลง โดยที่ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่าย

ของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศด้วยเช่นกัน

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้และปรับตัวทางด้านอุณหภูมิของผู้ใช้อาคาร ซึ่งครอบคลุมประเด็นใน 4 หัวข้อต่อไปนี้ (1) อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศ (2) การรับรู้อุณหภูมิของผู้ใช้งานในห้องปรับอากาศ (3) การตอบสนองต่ออุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้งานและ (4) อิทธิพลของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ เพื่อให้เกิดความเข้าใจพฤติกรรมกรรมการปรับตัวของผู้ใช้อาคารปรับอากาศในเขตร้อนชื้น นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาต่อยอดในด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความสบาย รวมทั้งการบริหารจัดการการใช้งานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2. บทความที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมในห้องปรับอากาศ

อุณหภูมิที่เหมาะสม คืออุณหภูมิที่ผู้ใช้งานรู้สึกสบายเมื่ออยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมนั้น หรือเรียกว่าสภาวะน่าสบาย โดยที่สภาวะน่าสบายเป็นเรื่องของความพึงพอใจจึงไม่มีค่าตายตัวโดยแต่ละพื้นที่จะมีช่วงสภาวะน่าสบายแตกต่างกัน เนื่องจากความเคยชินต่อสภาพอากาศของคนในห้องที่จะทำให้อุณหภูมิในพื้นที่นั้นยอมรับสภาพอากาศและรู้สึกสบายกับอุณหภูมินั้นได้มากกว่าคนที่มาจากที่อื่น แต่ความต้องการอุณหภูมิในห้องปรับอากาศนั้น จะต้องการอุณหภูมิที่ตรงข้ามกับสภาพอากาศในพื้นที่ เช่น คนในเขตร้อน จะต้องติดเครื่องปรับอากาศทำความเย็น หรือคนในเขตนหนาวจะติดตั้งเครื่องทำความร้อน และ

เมื่อคนจะเข้าใช้งานห้องปรับอากาศ จากการศึกษางานวิจัยที่มีการทำการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในออฟฟิศที่ประเทศสิงคโปร์แนะนำว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 27 องศาเซลเซียส (Foo & Phoom, 1987) ซึ่งใกล้เคียงกับประเทศไทยที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 26.1 – 27.6 องศาเซลเซียส (Jitkhajornwanich & Pitts, 2001) รวมถึงในประเทศไทยได้หวั่นด้วย ซึ่งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 26.3 – 27.1 องศาเซลเซียส (Hwang, Yang, Chen & Wang, 2007) ซึ่งทั้ง 3 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในเขตที่มีสภาพอากาศใกล้เคียงกัน จึงมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วงเดียวกัน แต่อุณหภูมิดังกล่าวมีค่าสูงกว่าช่วงสภาวะน่าสบายของ ASHREA standard 55-2010 ที่มีช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ 23 – 26 องศาเซลเซียส

2.2 การรับรู้อุณหภูมิของผู้ใช้งานในห้องปรับอากาศ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย สามารถแบ่งออกเป็น 6 ปัจจัย ประกอบไปด้วยปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม 4 ปัจจัย และปัจจัยทางด้านตัวบุคคล 2 ปัจจัย (Fanger, 1967) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) และความเร็วลม (Wind Speed) ปัจจัยทางด้านบุคคล ได้แก่ เครื่องแต่งกาย (Clothing) และอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolism)

การทดลองของ Nur Dalilah Dahlan, Yakubu Yau Gital (2015) ที่ทำการศึกษาในห้องทดลองที่กำหนดอุณหภูมิในห้องปรับอากาศ 2 ห้อง โดยทั้งสองห้องมีอุณหภูมิที่ต่างกัน คือ 24 และ 35 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่าง

เข้าไปในห้องที่มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นย้ายเข้าสู่ห้องที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เมื่อถึงเวลาที่กำหนด จึงย้ายกลับไปยังห้องที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อีกครั้ง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้ทำแบบสอบถามด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิตลอดการทดลอง จากแบบสอบถาม พบว่า ความรู้สึกสบายของกลุ่มตัวอย่างในห้องที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกัน โดยที่ครั้งที่ 2 มีความรู้สึกไม่สบายมากกว่า และมีการยอมรับในอุณหภูมิลดลง เนื่องจากประสบการณ์ทางอุณหภูมิที่เจอมาก่อนหน้า (ห้องอุณหภูมิต่ำ) ทำให้การรับรู้เปลี่ยนไป

งานวิจัยด้านการตอบสนองต่ออุณหภูมิของคนต่อการเปลี่ยนผ่านอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของ Kitchai Jitkhajornwanich, Adrian C. Pitts, (2001) โดยผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองและผู้ทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เดินจากภายนอกเข้าสู่อาคารปรับอากาศและอาคารไม่ปรับอากาศ และกลุ่มที่เดินจากภายในอาคารปรับอากาศและไม่ปรับอากาศออกสู่ภายนอก โดยภายในอาคารปรับอากาศมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 - 28.8 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า ในพื้นที่เขตร้อนชื้นจะมีความพึงพอใจในอากาศที่เย็นมากกว่า ทำให้กลุ่มที่เดินเข้าสู่ภายในอาคารปรับอากาศมีความคาดหวังถึงอุณหภูมิภายในว่าจะต้องเย็นเมื่อเข้าสู่ในอาคารแล้วอุณหภูมิไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้จึงมีการโหวตความต้องการให้อุณหภูมิเย็นลงกว่าเดิม ในส่วนของกลุ่มที่ออกจากอาคารปรับอากาศ ผู้ใช้งานในอาคารจะเกิดความเคยชินกับสภาพอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้เมื่อจะต้องออกสู่ภายนอกจะมีการคาดการณ์ไว้ว่าอากาศจะร้อน ซึ่งส่งผลให้มีการโหวตค่าความรู้สึกที่ร้อนมากกว่าความเป็นจริง

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการออกจากอาคารไม่ปรับอากาศ และจากการศึกษาของ Adrian Pitts, Jasmi bin Saleh, Steve Sharples, (2008) พบว่า พื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะช่วยลดการคาดหวังของอุณหภูมิเมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่

2.3 การตอบสนองของผู้ใช้งานต่ออุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลง

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคนจะมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง โดยแบ่งเป็นการตอบสนองทางจิตใจและทางกายภาพ ซึ่งการตอบสนองทางจิตใจ คือ การที่คนรับรู้ถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง โดยการรับรู้อุณหภูมิจะมีการตอบสนองตั้งแต่นาทีแรกที่มีการสัมผัสอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ส่วนการตอบสนองต่ออุณหภูมิทางด้านกายภาพ คือ การที่สภาพร่างกายมีการปรับตัวให้อุณหภูมิร่างกายมีความสมดุลกับสภาพแวดล้อม โดยวัดค่าได้จากอุณหภูมิผิวหนังเมื่ออุณหภูมิที่คนสัมผัสมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิผิวหนังจะเปลี่ยนตาม โดยจะใช้ระยะเวลาในการปรับตัวมาน้อยแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเงื่อนไขที่อุณหภูมิลดลง

จากการทดลองของ Nagano Kazuo, Takaki Akira, Hirakawa Megumi, Tochihara Yutaka (2005) พบว่า กรณีที่อุณหภูมิลดลง 3-6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวหนังจะมีการเปลี่ยนแปลงทันที โดยใช้เวลา 20 นาที ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ ในขณะที่การทดลองของ Jing Xiong, Zhiwei Lian, Huibo Zhang (2016) ทำการลดอุณหภูมิลง 40 องศาเซลเซียส โดยการลดอุณหภูมิจาก 20 องศาเซลเซียส เป็นติดลบ 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวหนังจะใช้เวลา

มากกว่า 45 นาที ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที ที่ร่างกายจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ต่างกันมากอาจใช้เวลามากกว่า 45 นาที

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเงื่อนไขที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น

จากการทดลองของ Nagano Kazuo, Takaki Akira, Hirakawa Megumi, Tochiyama Yutaka, (2005) พบว่า อุณหภูมิผิวหนังจะค่อยเปลี่ยนแปลงและใช้เวลา 50 นาที จึงจะเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งมีระยะเวลาใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Yufeng Zhang, Jun Zhang, Huimei Chen, Xiaohan Du, Qinglin Meng, (2014) โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงขึ้น 6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวหนังจะเข้าสู่สภาวะคงที่ในระยะเวลาประมาณ 30 – 40 นาที แต่เมื่อทดลองโดยการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวหนังจะใช้เวลาในการปรับตัวเพียง 3 นาที

จากงานวิจัยของ Ailu Chen, Victor W.-C. Chang, (2012) พบว่า มนุษย์จะมีการตอบสนองทางการรับรู้และทางกายภาพต่ออากาศที่เย็นได้เร็วกว่าอากาศร้อน ซึ่งทำให้คนรู้สึกหนาวเมื่อเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอก และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โอเวอร์คูลลิ่ง (over cooling) หรือปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิในอาคารต่ำเกินไป จนทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกหนาว โดยปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นอย่างชัดเจน เมื่ออุณหภูมิภายในต่ำกว่าภายนอก 6.5 องศาเซลเซียสขึ้นไปและมักจะเกิดขึ้นบ่อยครั้งในอาคารที่อยู่ในเขตร้อนชื้น

2.4 อิทธิพลของการอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ

พื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สามารถกำหนดประสบการณ์ทางความร้อนของคนก่อนเข้าสู่พื้นที่ใช้งาน โดยเป็นพื้นที่ที่ลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิในพื้นที่ใช้งาน จากการศึกษาของ Gloria Angelica Vargas Palma, (2015) ที่มีการทดลองเพื่อศึกษาการรับรู้อุณหภูมิของคน ได้ทำการทดลองโดยกำหนดเส้นทางเดินของกลุ่มตัวอย่างจากภายนอกอาคารเข้าสู่ห้องปรับอากาศภายในอาคาร 2 เส้นทาง เส้นทางแรกสามารถเดินเข้าสู่ห้องปรับอากาศได้ทันทีและอีกเส้นทางจะต้องเดินผ่านพื้นที่เปลี่ยนถ่าย คือ จากภายนอกอาคารเข้าสู่ประตูทางเข้า (ประตูทางเข้า 2 ชั้น) ไปยังลิฟต์บีและจึงเข้าห้องปรับอากาศและกลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามเส้นทางเดิน ในแต่ละเส้นทางจะกำหนดตำแหน่งที่ให้ผู้ใช้ร่วมทำแบบสอบถามด้านความรู้สึกต่ออุณหภูมิ ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดสภาพอากาศ โดยกลุ่มตัวอย่างมีเครื่องแต่งกายและอัตราการเผาผลาญที่แตกต่างกันจึงต้องทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมาก และผลการทดลอง พบว่า การรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกัน โดยการเข้าสู่ห้องปรับอากาศทันทีส่งผลดีต่อการรับรู้อุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างคือผู้ที่เดินเข้าสู่ห้องปรับอากาศโดยตรงมีจำนวนคนที่รู้สึกสบายในห้องปรับอากาศมากกว่าคนที่เดินผ่านพื้นที่เปลี่ยนถ่ายในขณะที่การศึกษาของ Hui SCM, Jiang J, (2014) พบว่า พื้นที่เปลี่ยนถ่ายส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิของคน โดยผู้ที่ใช้งานในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะมีช่วงที่ยอมรับอุณหภูมิกว้างขึ้น และจากการศึกษาของ Ruey-Lung

Hwang, Kuan-Hsung Yang, Chen-Peng Chen, Sheng-Tzu Wang, (2007) พบว่า ระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะส่งผลต่อการรับรู้อุณหภูมิในห้องปรับอากาศ โดยการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบการรับรู้ของพนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้องในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่เป็นระบบปรับอากาศ โดยกลุ่มของพนักงานจะอยู่ในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายตลอดเวลา และกลุ่มผู้เกี่ยวข้องจะใช้เวลาอยู่ในพื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จากแบบสอบถามด้านการรับรู้อุณหภูมิของคนทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า การรับรู้ของคน 2 กลุ่มนี้ต่างกันเล็กน้อย โดยที่พนักงานจะมีความต้องการอุณหภูมิที่สูงกว่าผู้เกี่ยวข้องเนื่องจากพนักงานมีประสบการณ์ที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เปลี่ยนถ่ายมานาน ร่างกายจึงรู้หนาวเมื่ออยู่ในพื้นที่ปรับอากาศเป็นเวลานาน

3. สรุปและข้อเสนอแนะ

การรับรู้อุณหภูมิของคนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง พื้นที่เปลี่ยนถ่ายเป็นอีกหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้มีอิทธิพลต่อการรับรู้อุณหภูมิของคน โดยพื้นที่เปลี่ยนถ่ายจะสามารถช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารได้ อีกทั้งยังลดความคาดหวังต่ออุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปได้

ในแต่ละประเทศมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันส่งผลให้ความเคยชินต่อสภาพอากาศและการรับรู้อุณหภูมิของคนแต่ละพื้นที่ต่างกันด้วย ซึ่งในประเทศไทยยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ไม่มากนัก ประกอบกับอากาศในประเทศไทยที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ที่ทำให้ความเคยชินต่อสภาพอากาศและการรับรู้อุณหภูมิของคนไทยมีการเปลี่ยนแปลงไป จึงควรมีการศึกษาในด้านการรับรู้สภาพอากาศในประเทศไทยเพิ่มเติมและสามารถต่อยอดใน

ด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความสบาย รวมทั้งการบริหารจัดการการใช้งานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

รายการอ้างอิง

- Chen, A. & Chang, V. W. C. (2012). Human health and thermal comfort of office workers in Singapore. *Building and Environment*, 58, 172-178.
- Dahlan, N. D. & Gital, Y. Y. (2015). Thermal sensations and comfort investigations in transient conditions in tropical office. *Applied Ergonomics*, 54, 169-176.
- Hwanga, R.-L., Yangb, K.-H., Chena, C.-P. & Wang, S.-T. (2007). Subjective responses and comfort reception in transitional spaces for guests versus staff. *Energy and Buildings*, 43(12), 2013-2021.
- Jitkhajornwanicha, K. & Pitts, A. C. (2001). Interpretation of thermal responses of four subject groups in transitional spaces of buildings in Bangkok. *Building and Environment* 37, 1193-1204.
- Kazuo, N., Akira, T., Megumi, H. & Yutaka, T. (2005). Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements. Shimane University. *Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering*, 50(1), 33-39.

Pitts, A., Saleh, J. b. & Sharples, S. (2008).

Building transition spaces, somfort and energy use. *Paper Presented at the conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, on October 22nd to 24th, at Belfield, Ireland.*

Vargas, G. A. & Stevenson, F. (2014). Thermal

memory and transition in lobby spaces. *Energy Procedia, 62*, 502-511.

Xiong, J., Lian, Z. & Zhang, H. (2016).

Physiological response to typical temperature step-changes in winter of China. *Energy and Buildings, 138*, 687-694.

Zhang, Y., Zhang, J., Chen, H., Du, X., &

Meng, Q. (2014). Effects of step changes of temperature and humidity on human responses of people in hot-humid area of China. *Building and Environment, 80*, 174-183.

การศึกษาเชิงตัวเลขของการระบายอากาศด้วยปล่องรังสีอาทิตย์ สำหรับอาคารหลายชั้นในภูมิอากาศร้อนชื้น

Numerical Study of Natural Ventilation with Solar Chimneys in a Multi-Storey Building under Hot and Humid Climate

วิริญพล สุตันตือนันต์¹ และ รศ. ดร. สุดาภรณ์ สูดประเสริฐ²

Wilanpon Sutanthianan¹ and Assoc. Prof. Sudaporn Sudprasert, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: wilanpon.sut@gmail.com¹, sudaporn@ap.tu.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขในการทำนายผลของการไหลของอากาศและอัตราการระบายอากาศภายในปล่องรังสีอาทิตย์ที่ใช้งานกับอาคารหลายชั้น งานวิจัยนี้กำหนดให้ปล่องรังสีอาทิตย์มีความสูง 6 – 9 เมตร และติดตั้งบริเวณด้านทิศใต้ของอาคาร วิเคราะห์ผลโดยการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 ในการสร้างแบบจำลองรูปแบบสามมิติและการจำลองอากาศขึ้น จากการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลกับผลจากการทดลองจริงพบว่า ผลการจำลองด้วยแบบจำลองอากาศขึ้นให้ค่าอัตราการระบายอากาศที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าอากาศแห้ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบปล่องรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมโดยการศึกษาสัดส่วนความกว้างต่อความยาวของปล่องรังสีอาทิตย์ (Aspect Ratio) เพื่อให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมที่สุดและเพื่อนำเสนอการออกแบบและการประยุกต์ใช้งานปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับอาคารหลายชั้น จากผลการทดลองเบื้องต้น พบว่า เมื่อเพิ่มความสูงของปล่องรังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งร่วมกับอาคารที่มากกว่า 1 ชั้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของความเร็วที่ช่องทางออกอากาศและอัตราการระบายอากาศภายในปล่องรังสีอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ผนังปล่องรังสีอาทิตย์ การพาความร้อนแบบอิสระ แรงแลอยตัว การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

Abstract

This study numerically predicted the air velocity and air flow rate in the solar chimney integrated into the buildings. This research studied the solar chimney with height of 6-9 meters and installed on the south of the two-storey buildings. A Computational Fluid Dynamics (CFD) software ANSYS Fluent 16.0 was used to simulated the three-dimensional solar chimney model operated with moist air. The validation with previous experimental research showed that the results of air flow rate with moist air model agreed much more than that with the dry air. The

aim of this research is to determine the optimal proportion of width to length (aspect ratio) of solar chimney to achieve the high performance of air velocity and air flow rate and to present the design solar chimneys integrated in multi-storey buildings. The preliminary results found that increasing the height of solar chimney significantly increase the ventilation performance of the solar chimney.

Keywords: Solar Chimney, Free Convection, Buoyancy Force, Natural Ventilation

1. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยได้รับปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งปี ดังนั้น การออกแบบอาคารให้เกิดการระบายอากาศแบบธรรมชาติที่อาศัยความร้อนจึงมีความเป็นไปได้ หลักการความแตกต่างความหนาแน่นของอากาศ (buoyancy force) ที่มีผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (stack effect) สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปล่องรังสีอาทิตย์ (solar chimney) เพื่อทำให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคารและเป็นการระบายอากาศด้วยวิธีพาสซีฟ (passive ventilation) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของปล่องรังสีอาทิตย์จากการทดลองจริงและการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาการใช้งานปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีขนาดความสูง 2-3 เมตร หรือมีการจำลองปล่องรังสีอาทิตย์ให้ความสูงเทียบเท่าอาคารประเภทชั้นเดียว (ซัชวินท์ ชินสรนันท์, 2557) การศึกษางานวิจัยก่อนหน้า พบว่า ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน คือ ความสูงของปล่อง ความกว้างของปล่อง พื้นที่ช่องเปิดทางเข้าและทางออกของอากาศ ส่งผลต่อประสิทธิภาพของปล่องรังสีอาทิตย์ การศึกษานี้มีตัวแปรที่แยกต่อการควบคุมในการทดลองจริง ดังนั้น การใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลจึงมีศักยภาพ

ในการควบคุมตัวแปรและสามารถประเมินผลลัพธ์ออกมาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปล่องรังสีอาทิตย์ในอาคารสูง 3 ชั้นด้วยวิธีการจำลองและวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ANSYS Fluent 16.0 ในรูปแบบสามมิติ โดยจะศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพอัตราการระบายอากาศ และอุณหภูมิภายในปล่องรังสีอาทิตย์และในห้องเพื่อหาอัตราส่วนทางกายภาพ คือ ความสูงต่อความกว้างของผนังปล่องรังสีอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบและการใช้งานให้มีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

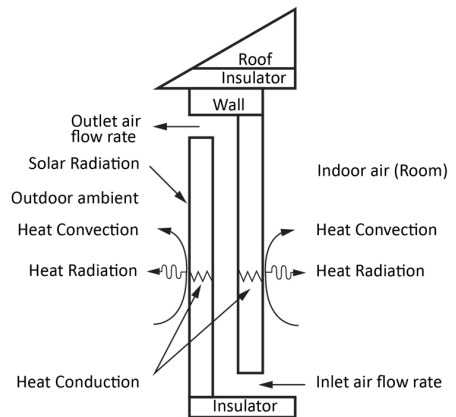
ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคารส่วนใหญ่มาจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากดวงอาทิตย์ที่สามารถถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้หลายรูปแบบ จากทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทพลังงานจะเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยอากาศจะมีลักษณะการเคลื่อนที่จากจุดที่อุณหภูมิสูงไปยังจุดที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคารสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือ การนำความร้อน

(conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) โดยในงานวิจัยนี้ จะใช้การพาความร้อนแบบอิสระในการวิเคราะห์ ผลการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของแข็งและของไหลโดยใช้กลไกทางธรรมชาติโดยที่ของไหลที่อยู่ใกล้กับผิวของของแข็งสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงลอยตัวที่เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนั้น จะเกิดแรงลอยตัวซึ่งส่งผลให้เกิดชั้นขอบเขตการพาความร้อนตามธรรมชาติ (free convection boundary layer) โดยที่ของไหลร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นและส่งผลไปยังของไหลรอบข้างซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและลอยตัวขึ้นด้วยการกระจายของความเร็

2.2 ผนังปล่องรังสีอาทิตย์

ผนังปล่องรังสีอาทิตย์คือผนังสองชั้นที่มีช่องเปิดให้อากาศเข้าบริเวณด้านล่างและออกบริเวณด้านบนโดยที่ผนังปล่องรังสีอาทิตย์จะได้รับความร้อนและรังสีอาทิตย์ทำให้ผนังชั้นนอกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและนำความร้อนเข้าสู่ช่องอากาศส่งผลให้อุณหภูมิภายในปล่องสูงขึ้นอากาศร้อนจึงลอยตัวสูงขึ้นด้วยหลักการพาความร้อนแบบอิสระ และไหลออกสู่ช่องเปิดด้านบนส่งผลให้อากาศภายในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลผ่านช่องเปิดด้านล่างและเข้ามาแทนที่ว่างในช่องอากาศ โดยประเภทของผนังปล่องรังสีอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ ผนังทროมบี (Trombe Wall) คือผนังที่ประกอบด้วยผนังสองชั้น ชั้นนอกเป็นกระจก ชั้นในเป็นผนังทึบช่องว่างอากาศระหว่างผนังชั้นนอกและผนังชั้นในจะระบายอากาศออกไปทางช่องเปิดด้านบนโดยอาศัยปรากฏการณ์ชั้นความร้อน ส่วนผนังทรมบีแบบปรับปรุง (Modified Trombe wall) ลักษณะ

และหลักการทำงานคล้ายผนังทรมบีแตกต่างกันตรงที่วัสดุภายนอกจะเป็นผนังทึบแทนวัสดุกระจก เพื่อป้องกันพลังงานความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ผนังทรมบีแบบปรับปรุงจึงประสิทธิภาพการทำงานและมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมากกว่าผนังทรมบีธรรมดา



รูปที่ 1 ลักษณะการทำงานของผนังปล่องรังสีอาทิตย์

2.3 ลักษณะทางกายภาพผนังปล่องรังสีอาทิตย์

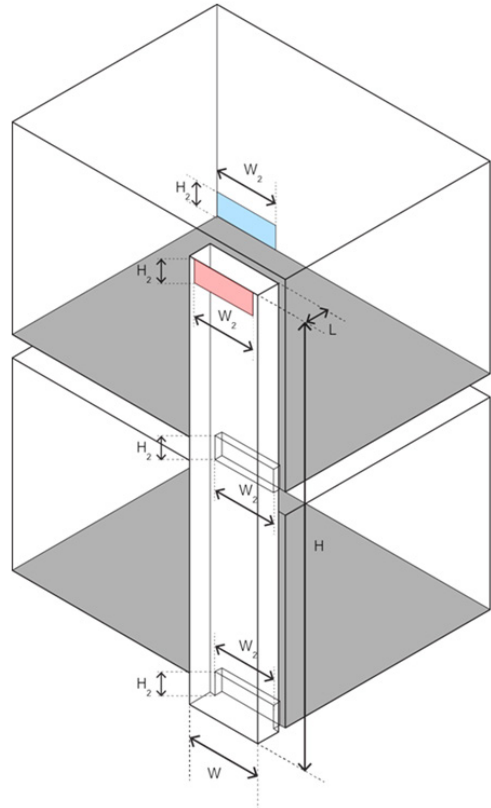
ลักษณะทางกายภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยจะพิจารณาจากอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของปล่องที่เหมาะสมโดยในงานวิจัยที่ศึกษาความสูงของปล่อง 3 เมตร จะเลือกใช้อัตราส่วนเท่ากับ 14:1 (ชัชวรินทร์ ชินสรนันท์, 2557) แต่จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำปล่องรังสีอาทิตย์มาใช้กับอาคารสูง (สมภพปัญญาสมุทรศรี, 2552) โดยการทำแบบจำลองของอาคาร 3 ชั้นที่ย่ออัตราส่วนลงเลือกใช้อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของช่องอากาศเท่ากับ 20:1 ผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิในห้องมีความแตกต่างจากด้านบนประมาณ 4 ถึง 5 องศาเซลเซียส ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้มีความแตกต่างจากการศึกษาของ (Du Wei

etal.,2010) ได้ศึกษาการจำลองปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีความสูง 6 เมตรที่นำมาประยุกต์ใช้ภายในอาคารที่พักอาศัย 2 ชั้นโดยทำการศึกษาด้านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของปล่องที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 12:1 ทำให้อัตราการระบายอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษามีความแตกต่างกับงานวิจัยก่อนหน้าของ (Gan, 2005) ที่ศึกษาการใช้ปล่องรังสีอาทิตย์ที่กำหนดขนาดความสูงของปล่อง 6 เมตร ผลการศึกษาพบว่า อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากอิทธิพลของแรงลอยตัวมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าความกว้างของปล่องที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดจุดหนึ่งอัตราการระบายอากาศจะมีค่าลดลงและคงที่ ซึ่งค่าความกว้างของช่องอากาศที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศสูงสุดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 เมตร หรือมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของช่องอากาศเท่ากับ 10:1 ความแตกต่างของงานวิจัยที่ศึกษาจะมีความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของปล่อง เช่น ความสูงของผนังปล่องรังสีอาทิตย์ ความกว้างของช่องอากาศ ขนาดของช่องเปิดทางเข้าออกอากาศ ตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าออกอากาศ และตำแหน่งที่ตั้งของปล่องที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของปล่อง โดยลักษณะทางกายภาพในส่วนของความกว้างของช่องอากาศในปล่องและความสูงที่ต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของปล่องรังสีอาทิตย์อย่างมีนัยยะสำคัญ เพื่อหาลักษณะทางกายภาพของปล่องที่เหมาะสมและการนำมาประยุกต์ใช้งานกับอาคารที่สูงมากกว่า 1 ชั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของความสูงของปล่องเพื่อหาอัตราส่วนลักษณะทางกายภาพที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง

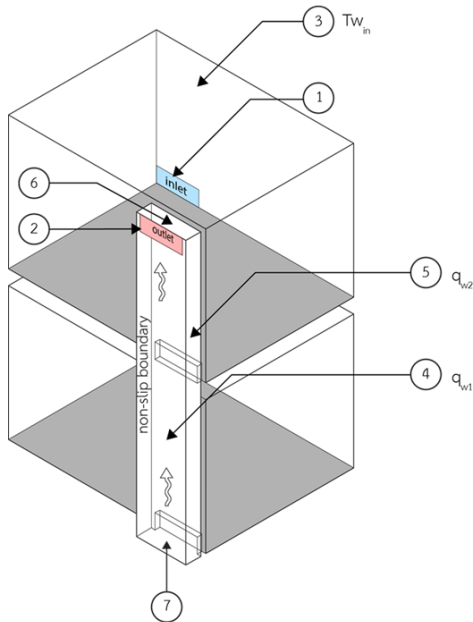
ในการสร้างแบบจำลองและทดสอบประสิทธิภาพของปล่องรังสีอาทิตย์ร่วมกับอาคารกำหนดให้อาคารมีขนาดพื้นที่ใช้สอย 12 ตารางเมตร และกำหนดให้ลักษณะทางกายภาพของปล่องรังสีอาทิตย์ในการทดลองมีขนาดความสูง 6 - 9 เมตร หรือเท่ากับอาคารสูง 2 - 3 ชั้น ความกว้างผนังปล่องรังสีอาทิตย์มีขนาด 1.00 เมตร ตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าอากาศอยู่ติดกับพื้นของแต่ละชั้น และตำแหน่งทางออกของอากาศอยู่ชั้นบนสุดของแบบจำลอง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอาคารที่ติดปล่องรังสีอาทิตย์ในกรณีศึกษา

3.2 ลักษณะคุณสมบัติของอากาศในระบบ

การกำหนดเงื่อนไขที่ขอบสำหรับการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือการวิเคราะห์การวิเคราะห์การไหลและการถ่ายเทความร้อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เงื่อนไขที่ขอบในการวิเคราะห์

เงื่อนไขที่ขอบในการวิเคราะห์การไหล

ตำแหน่งที่ 1 Pressure_{inlet} = P₀ = 0 Pa

ตำแหน่งที่ 2 Pressure_{outlet} = P₀ = 0 Pa

เงื่อนไขที่ขอบในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน

ตำแหน่งที่ 3 อุณหภูมิผนังภายใน (°C)

$$T = T_{w_{in}}$$

ตำแหน่งที่ 4 ความร้อนผนังภายนอก (heat flux)

$$q'' = q_{w1} \quad \text{w/m}^2$$

ตำแหน่งที่ 5, 6, 7

$$q'' = 0 \quad (\text{w/m}^2, \text{adiabatic})$$

การกำหนดค่าคุณสมบัติอากาศที่ใช้ในการจำลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือการจำลองอากาศเป็นอากาศแห้ง (dry air) โดยใช้คุณสมบัติก๊าซในอุดมคติ (ideal gas) และการจำลองอากาศเป็นอากาศชื้น (moist air) โดยใช้คุณสมบัติของผสมระหว่างอากาศกับไอน้ำ (air-water-vapor mixture) โดยค่าคุณสมบัติอากาศเป็นไปตามการทดลองจริงของ นินนาท ราชประดิษฐ์ (2543) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดค่าอุณหภูมิอากาศในแบบจำลอง (C)

Time	T _{amb}	T _{w1} (w/m ²)	T _{w2}	inlet	outlet
13.00	33.00	35.00	27.00	25.00	28.00

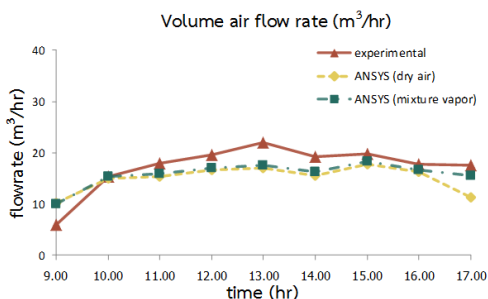
การกำหนดค่าความชื้นสำหรับวิเคราะห์ผลกำหนดให้ใช้ไอน้ำ (water vapor) ผสมกับอากาศ (air) แทนอากาศชื้นเกิดขึ้นในระบบ และกำหนดค่าอัตราส่วนของมวลไอน้ำต่ออากาศแห้ง (mass fraction) จากตาราง Psychrometric chart โดยในงานวิจัยนี้มีการกำหนดให้อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น อัตราส่วนของมวลไอน้ำต่ออากาศที่ทางเข้าอากาศจะคำนวณได้เท่ากับ 0.0135 kg moisture/kg dry air

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล ANSYS fluent 16.0 โดยทำการศึกษาการจำลองงานวิจัยเชิงทดลองจริงเกี่ยวกับสมรรถนะของปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ของ นินนาท ราชประดิษฐ์ (2543) การ

ทดสอบเครื่องมือจะกำหนดมิติการจำลองในรูปแบบ 3 มิติ ผลที่ได้พบว่า อัตราการระบายอากาศที่มีการวิเคราะห์อากาศแบบก๊าซอุดมคติ (ideal gas) และการวิเคราะห์อากาศแบบของผสม (air-vapor mixture) ให้ผลที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับการทดลองจริง ดังรูปที่ 4

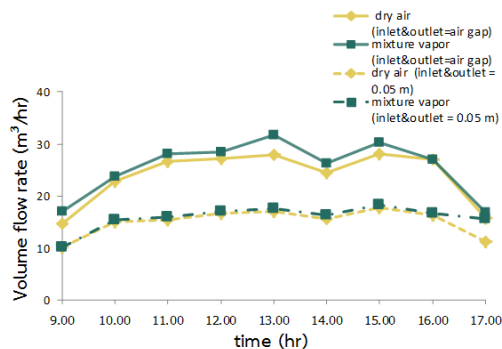


รูปที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศจากการทดลองจริงและแบบจำลองพลศาสตร์ของไหล

4.2 การศึกษาขนาดช่องทางเข้าออกอากาศที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศของอาคารที่ติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์

การศึกษขนาดช่องเปิดทางเข้าออกอากาศที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในแบบจำลองกรณีศึกษาพบว่าขนาดของช่องทางเข้าออกอากาศขนาด 0.14 เมตร หรือมีขนาดเท่ากับช่องอากาศระหว่างผนังจะให้ค่าอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าขนาดช่องทางเข้าออกอากาศ 0.05 เมตร และผลจากการวิเคราะห์อากาศแบบของผสมจะให้ค่าอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าการวิเคราะห์อากาศแบบก๊าซอุดมคติ โดยในช่วงเวลาที่ให้อัตราการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือช่วงเวลา 13.00 น. การจำลองแบบอากาศของผสมที่ขนาดช่องเปิด 0.14 เมตร จะให้อัตราการระบายอากาศ 31.81 m³/hr และการจำลองแบบอากาศของผสมที่ขนาดช่องเปิด 0.05 เมตร จะให้อัตราการระบายอากาศ

17.52 m³/hr ดังนั้น การกำหนดให้การจำลองแบบอากาศผสม ค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาดังกล่าว และกำหนดให้ขนาดช่องทางเข้าออกอากาศให้มีขนาดเท่ากับช่องอากาศระหว่างผนังปล่องรังสีอาทิตย์จะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรที่จะนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

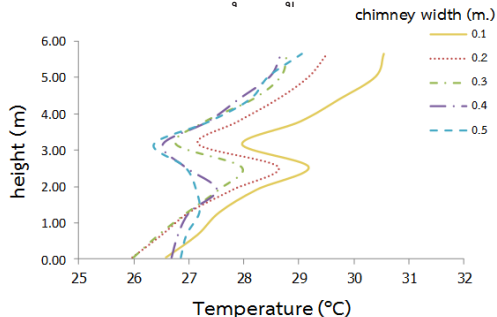


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศระหว่างขนาดช่องทางเข้าออกอากาศขนาด 0.05 เมตร และขนาดเท่าช่องว่างอากาศ

4.3 การศึกษาของความสูงและขนาดความกว้างของปล่องรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมพบว่า เมื่อเพิ่มความสูงเป็น 6 เมตรและขนาดความกว้างของปล่องรังสีอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 0.1-0.5 เมตร จะส่งผลต่ออุณหภูมิ ความเร็ว และอัตราการระบายอากาศ จากรูปที่ 6 อุณหภูมิภายในปล่องมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจากบริเวณทางเข้าอากาศ (inlet 1) จนถึงความสูงระดับหนึ่ง จากนั้นอุณหภูมิมิมีแนวโน้มที่ลดลงจนถึงความสูงบริเวณกลางปล่องเป็นผลมาจากความเร็วที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นบริเวณทางเข้าอากาศ ชั้นบน (inlet 2) ดังรูปที่ 7 ทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศด้านบนส่วนหนึ่งมีทิศทางการไหลวนมาผสมกับอากาศบริเวณด้านล่างที่

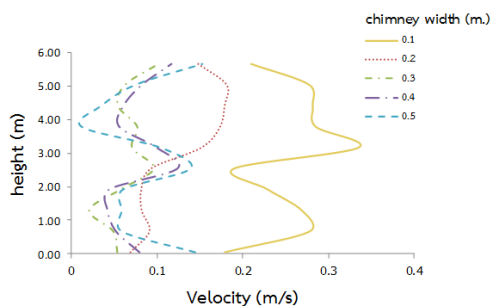
บริเวณความสูงของปล่องที่ 2.8 เมตร และอีกส่วนหนึ่งจะมีแนวโน้มที่ไหลไปบริเวณทางออกอากาศตามอุณหภูมิของผนังที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิบริเวณกลางปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีขนาดความกว้าง 0.1-0.5 เมตร

ตารางที่ 2 อัตราการระบายอากาศ

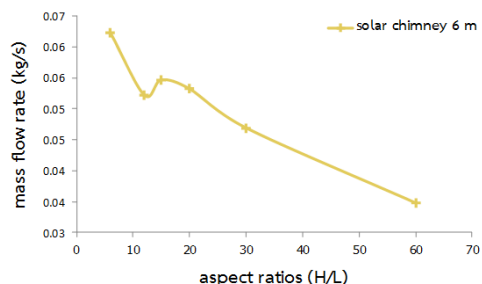
Width of air gap (m)	H/L (ratios)	Volume flow rate (m ³ /hr)		
		inlet1	inlet2	outlet
0.1	60	66.42	42.76	108.62
0.2	30	76.76	70.47	146.52
0.3	20	64.75	102.29	166.26
0.4	15	32.51	139.08	170.83
0.5	12	16.81	146.25	163.07



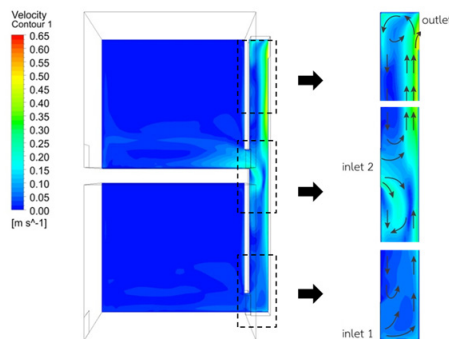
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความเร็วบริเวณกลางปล่องที่มีขนาดความกว้าง 0.1-0.5 เมตร

ลักษณะความกว้างของปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีขนาดแตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพต่ออัตราการระบายอากาศ ดังตารางที่ 2 โดยที่

อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของปล่องที่ใช้ในการวิเคราะห์จะอยู่ในช่วง 12 - 60 ดังรูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์พบว่าปล่องที่มีความสูง 6 เมตร ความกว้างของช่องอากาศ 0.4 เมตร หรือมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของปล่องเท่ากับ 15:1 จะส่งผลให้มีอัตราการระบายอากาศมากที่สุดคือ 170.83 m³/hr

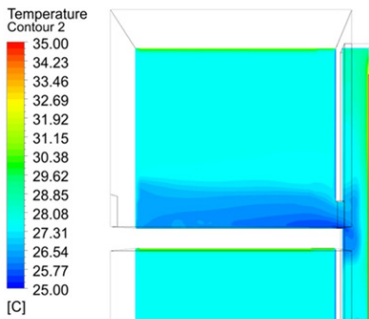


รูปที่ 8 อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างปล่องรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศ



รูปที่ 9 การไหลของอากาศภายในอาคารที่ติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์กว้าง 0.4 เมตร

การไหลของอากาศและอุณหภูมิภายในปล่อง ดังรูปที่ 9 และ 10 พบว่า บริเวณผนังที่ได้รับความร้อนจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศจากด้านล่างสู่ด้านบน โดยที่ของไหลร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นและส่งผลไปยังของไหลรอบข้างซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและลอยตัวขึ้นด้วยการกระจายของความเร็ว ส่วนบริเวณผนังที่ติดกับ



รูปที่ 10 อุณหภูมิภายในอาคารที่ติดตั้งปล่องรังสีอาทิตย์ กว้าง 0.4 เมตร

อาคารมีทิศการไหลของอากาศที่ย้อนลง มาด้านล่างเนื่องจากมีอากาศส่วนหนึ่งมีการไหลวนและมีการผสมของอากาศ บริเวณทางออกอากาศและบริเวณทางเข้าอากาศบริเวณชั้นบน

5. สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์พบว่า ปล่องรังสีอาทิตย์ที่มีความสูง 6 เมตร ติดตั้งร่วมกับอาคารที่มีพื้นที่ 12 ตารางเมตร ควรมีลักษณะทางกายภาพที่มีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างเท่ากับ 15:1 หรือความกว้างของช่องว่างอากาศภายในปล่อง มีขนาด 0.4 เมตร และช่องเปิดทางเข้าออกอากาศ มีขนาดที่เท่ากับช่องว่างอากาศ จะส่งผลให้มีอัตราการระบายอากาศมากที่สุด นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าลักษณะของอากาศซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงในการจำลองให้สอดคล้องกับสภาพอากาศจริง โดยอากาศที่มีความชื้นจะส่งผลต่อสมรรถนะของปล่องรังสีอาทิตย์ในการระบายอากาศที่มากกว่าอากาศแห้งสำหรับอาคารที่ใช้ผนังปล่องรังสีอาทิตย์ควรติดตั้งให้อยู่ในทิศทางที่ได้รับพลังงานความร้อน

จากดวงอาทิตย์มากที่สุดเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่บริเวณผนังชั้นบนจะช่วยเพิ่มความเร็วของอากาศในปล่องให้เพิ่มมากขึ้นและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศให้กับปล่องรังสีอาทิตย์รวมทั้งภายในพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

รายการอ้างอิง

- ชัชวินท์ ชินสรนันท์. (2557). *การศึกษาเชิงตัวเลข เพื่อทำนายอิทธิพลของความชื้นต่อสมรรถนะผนังปล่องรังสีดวงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นินนาท ราชประดิษฐ์. (2543). *สมรรถนะของปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ในการใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมภาพ ปัญญาสมพรรค. (2552). *สมรรถนะของปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ในการใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมดุสิตมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Gan, G. (2005). Simulation of buoyancy-driven natural ventilation of buildings-Impact of computational domain. *Energy and Buildings*, 42, 1290-1300.
- Gan, G. (2010). Simulation of buoyancydriven natural ventilation of buildings Impact of computational domain. *Energy and Buildings*, 42, 1290-1300.
- Wei, D., Qirong, Y. & Jincui, Z. (2011). A study of the ventilation performance of a series of connected solar chimneys integrated with building. *Renewable Energy*, 36, 265-271.

การศึกษาเชิงตัวเลขของฝนที่ถูกลมพัดเพื่อออกแบบเปลือกอาคาร

Numerical Study of Wind-driven Rain for Façade Design

จิรวัดน์ ศักดิ์ชลาธร¹ และ รศ. เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์²

Jirawat Sakchalathorn¹ and Assoc. Prof. Chalermwat Tantasavadi²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: darchz.ap@gmail.com¹, tchalerm@engr.tu.ac.th²

บทคัดย่อ

ฝนที่ถูกลมพัด เป็นหนึ่งในปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญในการออกแบบอาคารโดยเฉพาะในเขตอากาศร้อนชื้น งานศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาตัวแปรในการออกแบบเปลือกอาคารสองชั้นเพื่อป้องกันฝนและสามารถทำให้เกิดการระบายอากาศได้ในช่วงเวลาที่ฝนตกเพื่อประยุกต์ใช้กับอาคารสูงประเภทอาคารพักอาศัย ด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ผลจากการทำแบบจำลองพบว่า ในการใช้ตัวแปรด้านรูปแบบครีบนวนอน ครีบเอียง 30 องศา ทำให้สามารถลดฝนที่เข้ามาในอาคารได้ทั้งหมด และการใช้เปลือกอาคารรูปแบบแนวตั้ง ครีบเอียง 60 องศา เป็นตัวแปรที่ให้อัตราการระบายอากาศสูงที่สุดเมื่อมีการติดตั้งเปลือกอาคาร

คำสำคัญ: ฝนที่ถูกลมพัด เปลือกอาคารสองชั้น การระบายอากาศ พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Abstract

Wind-Driven Rain (WDR) is one the most problems that designer must concern, especially in tropical climate. The objective of this study is to examine efficiency of double skin façade design's parameters with rain protection, which allow high rate of ventilation during rain, in high-rise residential building. Numerical method, Computer Fluid Dynamic (CFD), is used as tool to investigate effect of each parameters to compare performance. The simulation results showed that the combination of horizontal pattern with 30 degree blades can decrease wet percentage on the floor of observing area highest level to 0% and vertical pattern with 60 degree blades give highest flow rate among all variables.

Keywords: Wind-Driven Rain [WDR], Double Skin Façade, Ventilation, CFD Simulation

1. ที่มาและความสำคัญ

ฝนที่ถูกลมพัด เป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่สร้างความเสียหายต่อตัวอาคารทั้งภายใน และภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นที่มีฝนตกชุกตลอดปี และมีแนวโน้มที่จะมีฝนตกที่รุนแรง และมากขึ้นเป็นผลอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศโลก อาคารในปัจจุบันนิยมออกแบบให้มีพื้นที่ที่สามารถใช้ระบบปรับอากาศแบบธรรมชาติได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความเสียหายที่ฝนจะสามารถเข้ามาสร้างความเสียหายภายในอาคาร แม้ว่าในปัจจุบันผู้ออกแบบจะมีการคำนึงถึงการป้องกันฝน แต่การออกแบบเหล่านั้นส่วนใหญ่มาจากการคาดคะเน และประสบการณ์ของผู้ออกแบบเป็นหลักทำอาจจะไม่สามารถป้องกันฝน และสามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติในพื้นที่ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมือนที่คาดการณ์ไว้

เปลือกอาคารเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่ออกแบบเพื่อตอบรับกับจุดประสงค์มากกว่า 1 อย่าง อาทิเช่น สร้างความงามแก่ตัวอาคารป้องกันแดด ความร้อน รวมไปถึงการป้องกันฝน ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการทำแบบจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคารในด้านต่าง ๆ แต่ยังคงขาดในเรื่องของฝน งานศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการศึกษาปัจจัยในการออกแบบเปลือกอาคารเพื่อให้สามารถป้องกันฝน

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1) ศึกษาพฤติกรรมของฝนที่ถูกลมพัด ที่กระทำกับตัวอาคารโดยใช้โปรแกรม CFD

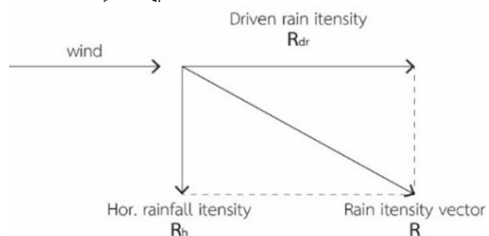
2) ประสิทธิภาพในการป้องกันฝน และการระบายอากาศของตัวแปรในการออกแบบเปลือกอาคาร

3) นำเสนอแนวทางการปรับการออกแบบที่เหมาะสมในการป้องกันฝน และเปิดรับลมธรรมชาติในระหว่างฝนตกได้มากที่สุด

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Hardy (1963) ได้จำกัดความให้หยดน้ำมีขนาดศูนย์กลางมากกว่า 0.2 มิลลิเมตร ที่ตกลงมาจากชั้นบรรยากาศเป็นน้ำฝน (raindrop) ซึ่งมีขนาดที่พบใหญ่ที่สุดคือ 6 มิลลิเมตร ลมในชั้นบรรยากาศ ได้มีการแบ่งออกโดยใช้มาตราวัด Beaufort scale โดยกำหนดจากความเร็วลมอ้างอิงที่ความสูง 10 เมตร แบ่งออกเป็น 12 ระดับ

ฝนที่ถูกลมพัด (Wind-Driven Rain, WDR) เป็นปรากฏการณ์ในธรรมชาติที่น้ำฝนเคลื่อนตัวลงมาในทิศทางแนวตั้ง ซึ่งกระทำกับระนาบพื้นในแนวราบ (horizontal rainfall intensity, R_h) สู่อากาศที่มีความเร็วลมซึ่งเป็นแรงในทิศทางแนวราบทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำฝนในทิศทางแนวราบขึ้น หรือถูกเรียกว่าความเข้มของฝนที่ถูกลมพัด (driven rain intensity, R_{dr}) ส่งผลให้ลักษณะของน้ำฝนนั้นเคลื่อนตัวเป็นแนวเฉียงหรือในการศึกษาถูกเรียกอีกชื่อว่า ทิศทางของความเข้มของฝน (rain intensity vector, R) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ฝนที่ถูกลมพัด (Wind-Driven Rain)

จากงานศึกษาก่อนหน้าได้มีการสรุปไว้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของฝนคือความเร็วและทิศทางของกระแสลมที่มีความเร็วสูงและหยดน้ำฝนขนาดเล็กจะส่งผลให้น้ำฝนเข้าสู่ตัวอาคารได้มากที่สุดด้วยความชันที่น้อย ในการศึกษาฝนที่ถูกลมพัดนั้น ค่าเชิงปริมาณที่มักใช้เพื่ออธิบาย ภาวะความชื้นบนอาคารได้แก่ อัตราการจับตัวเฉพาะ ที่คิดในแต่ละขนาดของหยดน้ำฝน (specific catch ratio, η_d) ซึ่งคิดด้วยขนาดของน้ำฝนที่แตกต่างกัน (d) และ เวลา (t) และ อัตราการจับตัว (catch ratio, η) ที่คิดเฉพาะเวลา (t) ดังสมการที่ 1 ซึ่งในการทำแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS FLUENT 16.0 นั้น สามารถคำนวณได้ด้วยสมการ volume fraction ซึ่งแสดงผลในเชิงกราฟฟิคเพื่อนำมาตรวจวัดพื้นที่เปียกที่เกิดขึ้น

$$\eta_d(d, t) = \frac{R_{ar}(d, t)}{R_h(d, t)}, \eta(t) = \frac{R_{ar}(t)}{R_h(t)} \quad (1)$$

ในการศึกษาด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลได้มีการพัฒนามาตั้งแต่งานศึกษาของ Sandbeurg (1974) โดยใช้อูโมงค์ลม และได้มีการทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เกี่ยวกับฝน ในงานของ Choi (1991) ได้มีการบุกเบิกใช้แบบจำลอง CFD ในการศึกษาฝนที่ถูกลมพัด ในการศึกษาเชิงคำนวณนั้นได้มีการศึกษาเปรียบเทียบและพัฒนามาวิธีการมาโดยตลอด วิธีการในงานศึกษานี้อ้างอิงหลักการมาจากงานของ Hoof, Blocken และ Harten (2011) โดยใช้หลักการ Eulerian multiphase ในการทำแบบจำลองแยกลม และฝนในสภาวะสมดุลคงตัว เพื่อตรวจวัดพื้นที่เปียก และใช้หลักการ Lagrangian ในการติดตามการเคลื่อนที่ของหยดน้ำฝนที่ปล่อยเข้าไปในกระแสลม แบบจำลองลมในการศึกษาใช้การจำลองลม แบบ neutral atmospheric

boundary layer, ABL ซึ่งเป็นการจำลองลมใกล้เคียงกับที่เกิดในธรรมชาติด้วย log-law wind profile เพื่อคำนวณความเร็วลม (v) ที่ระดับความสูง (z) ด้วยความเร็วลมอ้างอิง (v_{ref}) ที่ความสูงอ้างอิง (z_{ref}) ตามสมการที่ 2 กำหนด ให้ใช้ความเร็วลม 10 เมตรต่อวินาที ที่ระดับอ้างอิง 10 เมตร ร่วมกับการคำนวณด้วยสมการคำนวณความหนืดของความปั่นป่วน (turbulence viscosity) แบบ Realizable k-epsilon Model จากงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบการใช้สมการในแบบจำลอง ซึ่งทำให้ผลของลมบริเวณผนังของวัตถุเกิดแรงต้านส่งผลให้ลมบริเวณผิวแบบจำลองสมจริงมากขึ้น

$$v = v_{ref} \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_{ref}/z_0)} \quad (2)$$

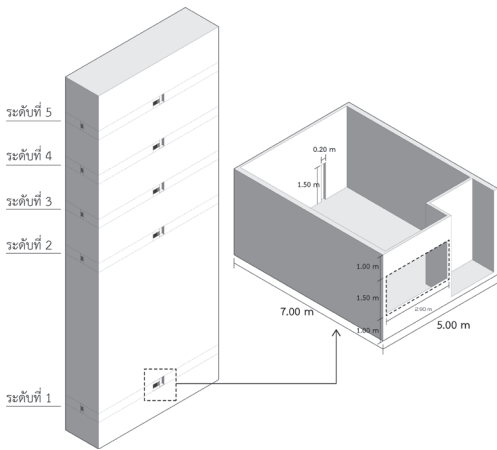
การคำนวณอัตราการไหลของลม (volumetric flow rate, Q) เพื่อวัดผลความสามารถที่อากาศจะไหลผ่านเปลือกอาคารเข้าสู่พื้นที่ตรวจวัด นั้นขึ้นกับตัวแปรหลัก ได้แก่ ขนาดพื้นที่ของช่องเปิด (A) และความเร็วลมเฉลี่ยที่เข้าสู่ช่องเปิด (v) โดยสามารถคำนวณได้โดยสมการที่ 3

$$Q = Av \quad (3)$$

4. ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษานี้แบ่งงานวิจัยออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนเปรียบเทียบกับงานศึกษาก่อนหน้าเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของอุปกรณ์และวิธีการ (validation) และการทำแบบจำลองเพื่อวัดผลตัวแปรที่สนใจด้วยโปรแกรม ANSYS Fluent นั้นใช้เมช หรือการแบ่งแบบจำลองออกในรูปแบบรูปทรงสามมิติอย่างง่ายเพื่อคำนวณของไหลในแต่ละส่วน แบบจำลองในการศึกษา

เพื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์และวิธีการนั้น ได้เลือก 1 กรณีศึกษาจากงานของ Hoof, Blocken และ Harten (2011) มาจำลองเพื่อดูผลเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีรูปแบบของเมฆที่แตกต่างกัน โดยใช้เมฆแบบ Tetrahedrons ในการศึกษาเปรียบเทียบกับรูปแบบ Multizone ที่ใช้ในงานศึกษาก่อนหน้า เนื่องจากใช้การประมวลผลของคอมพิวเตอร์น้อยกว่า เหมาะกับการนำไปศึกษากับแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ในตัวแปรที่สนใจ ศึกษาการกำหนดขนาดขอบเขตการศึกษา ขนาดอาคาร ขนาดหยดน้ำฝน และความเร็วลมโดยอ้างอิงจากงานศึกษาก่อนหน้าทั้งหมด















รูปที่ 2 รูปแบบอาคารและขนาดพื้นที่ตรวจวัดผล

ตัวแปรเปลือกอาคารที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาติดตั้งกับอาคารสูง 140 เมตร (40 ชั้น) รูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีการออกแบบผังแบบอาคารคอนโดมิเนียมทั่วไป และทำให้เกิดการระบายอากาศแบบ cross ventilation ใช้ห้องขนาด 7x5 เมตร ขนาดหน้าต่าง 2.90x1.50 เมตร ในตำแหน่งกึ่งกลางแต่ละระดับอาคารเป็นพื้นที่ตรวจวัดผลกระทบของฝน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ชั้น 4 (10.7 ม.) ชั้น 21 (70.2 ม.) ชั้น 26

(87.7 ม.) ชั้น 31 (105.2 ม.) และชั้น 36 (122.7 ม.) ตามลำดับดังรูปที่ 2 การศึกษาตัวแปรที่สนใจจะนำวิธีการที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบกับทำการศึกษาตัวแปรในการออกแบบเปลือกอาคารแบบสองชั้นทั้งสิ้น 4 ตัวแปร 12 กรณีศึกษา ได้แก่ ระยะการติดตั้ง (กรณีที่ 1-4) รูปแบบของครีป (กรณีที่ 5-6) องศาของครีป (กรณีที่ 7-10) และความยาวของครีป (กรณีที่ 11-12) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดเมฆในการทำการจำลองเปรียบเทียบ

กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
		
ไม่ติดตั้งเปลือกอาคาร	แนวตั้ง 90° ติดตั้งระยะ 1.00 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวตั้ง 90° ติดตั้งระยะ 0.50 ม. ครีปยาว 75 มม.
กรณีที่ 4	กรณีที่ 5	กรณีที่ 6
		
แนวตั้ง 90° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวตั้ง 90° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวอน 90° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.
กรณีที่ 7	กรณีที่ 8	กรณีที่ 9
		
แนวตั้ง 60° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวตั้ง 30° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวอน 60° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.
กรณีที่ 10	กรณีที่ 11	กรณีที่ 12
		
แนวตั้ง 30° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 75 มม.	แนวอน 90° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 150 มม.	แนวอน 90° ติดตั้งระยะ 0.30 ม. ครีปยาว 300 มม.

5. ผลเปรียบเทียบกับงานศึกษาก่อนหน้า (Verification)

งานศึกษาของ Hoof, Blocken และ Harten (2011) นั้นเป็นการจำลองรูปแบบผังของอิมจอร์รี่และรูปแบบหลังคา ทั้งหมด 12 กรณี ด้วยขนาดของน้ำฝนที่แตกต่างกัน ในงานศึกษาก่อนหน้าเลือกใช้เมฆรูปแบบ Multizone ที่มีความละเอียด

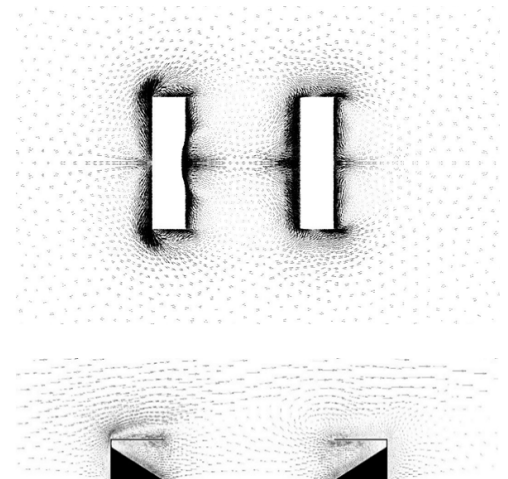
1,490,489 เมช ในการศึกษาเปรียบเทียบผล ทำ โดยเลือกรูปแบบอัมจรรย์ และหลังคา มา 1 กรณี จากงานศึกษาก่อนหน้าดังรูปที่3เพื่อดูผลกระทบ จากฝนที่ขนาด 1 มิลลิเมตร ด้วยรูปแบบเมช Tetrahedrons ที่จะนำไปใช้ศึกษาในการทำแบบ จำลอง โดยกำหนดขนาดของเมชที่มีความละเอียด แตกต่างกัน 4 กรณี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดเมชในการทำการจำลองเปรียบเทียบ

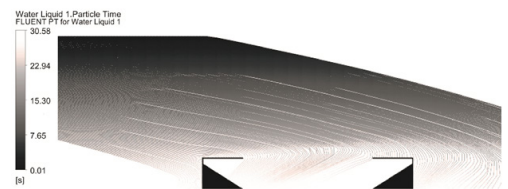
กรณี	โดเมน	อาคาร	หลังคา	รวมทั้งสิ้น
1	18.70	0.50	0.20	2,241,596 เมช
2	18.70	0.20	0.20	2,464,174 เมช
3	9.39	0.50	0.20	4,586,227 เมช
4	9.39	0.20	0.20	5,960,173 เมช

ผลจากการศึกษาพบว่า ทั้ง 4 รูปแบบเมช ให้ผลการไหลของลมใกล้เคียงกับงานศึกษาก่อน หน้าเปรียบเทียบจากทิศทางการไหลของลมและ การเกิดลมวน (recirculation) ดังรูปที่ 3 จึงเลือกรูปกรณีที่ 3 และ 4 เพื่อนำมาปล่อยอนุภาค หยดน้ำฝนในการเปรียบเทียบผลของพื้นที่เปียก จากงานศึกษาก่อนหน้าได้ทำการปล่อยน้ำฝน ประมาณ 10,000 อนุภาค ที่ความสูง 100 เมตร ใน การศึกษาจึงทำการปล่อยน้ำฝน 10,400 อนุภาค ที่ความสูงเดียวกันเข้าไปในกระแสนลมที่อยู่ใน ภาวะสมดุลคงตัวเพื่อตรวจวัดพื้นที่เปียกบน พื้นที่นั่งของอัมจรรย์ ในการติดตามอนุภาค หยดน้ำฝนที่ปล่อยเข้าไปดูผลเป็นระยะการ เคลื่อนที่ในแต่ละวินาทีดังรูปที่ 4 ในการศึกษา พบว่าจากความสูงที่ปล่อยอนุภาคใช้เวลาในช่วง ระหว่าง 22-25 วินาที ก่อนจะตกลงบนพื้นที นั่งของอัมจรรย์ และอนุภาคที่ตกสู่พื้นใช้เวลา มากสุดที่ 30.58 วินาที เมื่อหยดน้ำฝนตกลง บนพื้นที่อัมจรรย์แล้วจะทิ้งรอยของพื้นที่เปียก ไว้บนอัมจรรย์ดังรูปที่ 5 ซึ่งพื้นที่เปียกนี้จะนำ

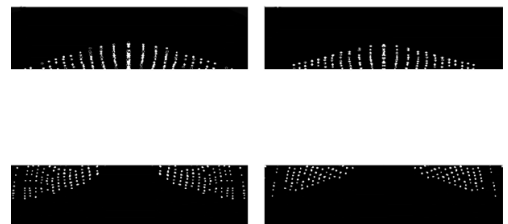
ไปคำนวณเป็นร้อยละของพื้นที่อาคารในการ เปรียบเทียบผลกับงานศึกษาก่อนหน้า



รูปที่ 3 ทิศทางการไหลของลม และจุดเกิดการไหลวน จากกรณีที่ 4 ที่ระดับความสูง 1 เมตร (บน) และกึ่งกลาง อัมจรรย์ (ล่าง)



รูปที่ 4 เวลาที่อนุภาคใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มปล่อย



รูปที่ 5 พื้นที่เปียกที่เกิดขึ้นบนอัมจรรย์ กรณีที่ 3 (ซ้าย) และกรณีที่ 4 (ขวา)

ผลที่ได้พบว่า ในกรณีที่ 3 ให้ผลของพื้นที่ เปียกเป็น 27.13% และกรณีที่ 4 เป็น 18.09% ใน ขณะที่ได้ผลจากงานศึกษาก่อนหน้าสรุปว่า มีพื้นที่

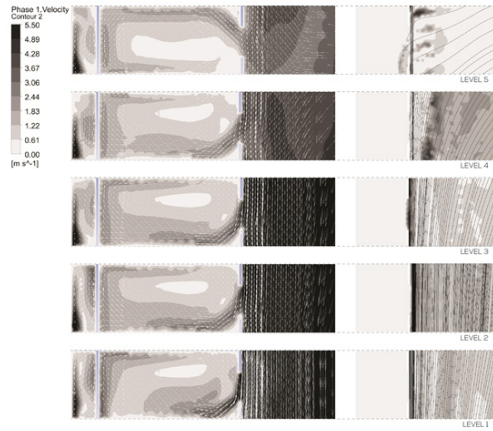
เปียกอยู่ 12.00% ผลจากแบบจำลองให้ค่าที่มากกว่า 15.13% และ 6.09% ตามลำดับ จากผลดังกล่าวสามารถให้ข้อสรุปได้ว่าหากมีการกำหนด ขนาดเมฆของตัวอาคารที่เล็กลงจาก 0.5 เป็น 0.2 จะทำให้ผลของพื้นที่เปียกที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับงานศึกษาที่ผ่านมามากขึ้น ทั้งนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำแบบจำลองไม่สามารถประมวลผลของเมฆที่ละเอียดลงไปได้กว่านี้ทำให้เครื่องมือที่ทำแบบจำลองให้ผลที่มากกว่างานศึกษาที่ผ่านมา 6.09%

6. ผลการจำลองตัวแปรที่ศึกษา (Simulation)

วิธีการที่ผ่านการศึกษาวัดผลเปรียบเทียบ ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาตัวแปรในการออกแบบเปลือกอาคารทั้ง 12 กรณี การสรุปผลนั้นจะเปรียบเทียบกับในแต่ละตัวแปรเพื่อวัดค่าพื้นที่เปียกในพื้นที่ที่ตรวจวัด และอัตราการไหลของลมผ่านเข้าเปลือกอาคาร ในการศึกษาเน้นไปที่การเปรียบเทียบในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นระดับที่ได้รับผลกระทบจากน้ำฝนมากที่สุด

6.1 กรณีศึกษาที่ 1 : กรณีศึกษาตั้งต้น

กรณีศึกษาที่ 1 เป็นกรณีศึกษาที่ไม่มีการติดตั้งเปลือกอาคารใดๆ เข้าไป เพื่อเป็นกรณีศึกษาตั้งต้น (base case) เมฆที่ใช้ในการจำลอง แบ่งความละเอียดตามส่วนต่างๆ ของแบบจำลอง ดังนี้ เมฆของโดเมนมีขนาดที่ 40.00 เมตร ตัวอาคาร 2.00 เมตร ผนังของพื้นที่ตรวจวัด 0.30 เมตร และ ผนังภายในอาคาร 0.10 เมตร ตามลำดับ จึงมีเมฆรวมในกรณีนี้ 1 ทั้งสิ้น 6,716,716 เมฆ ผลการไหลของลมและฝน ผ่านอาคารในกรณีนี้ 1 แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลจากระดับวัดที่ 1-5 จากกรณีศึกษาที่ 1 ความเร็วลมเข้าสู่อาคาร (ซ้าย) และการเคลื่อนที่ของน้ำฝน (ขวา)

ผลจากทิศทางของความเร็วลมที่เข้าสู่อาคาร ส่งผลให้ความชันของฝนที่เข้าสู่พื้นที่ตรวจวัดแตกต่างกัน โดยที่ระดับที่ 5 มีความชันน้อยจึงสามารถเห็นได้ว่ามีอนุภาคของหยดน้ำฝนเข้าสู่พื้นที่ตรวจวัดได้ชัดเจนกว่าชั้นอื่น และชั้น 1-4 จะเห็นพื้นที่เปียกอยู่บริเวณกรอบหน้าต่างเท่านั้น

เมื่อวิเคราะห์ความเร็วลมที่เข้าสู่พื้นที่วัดในแต่ละระดับ พบว่า ในระดับ 1-4 นั้น ลมเข้าในทิศทางลงไปยังพื้นของพื้นที่วัด ส่งผลให้มีความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับ 1 เมตร ซึ่งสูงกว่าในระดับที่ 5 ที่ลมเข้าสู่อาคารในทิศทางขึ้นไปยังเพดาน การศึกษาเพื่อตรวจวัดพื้นที่เปียกที่เข้าสู่ตัวอาคาร แบ่งออกเป็น 2 ระดับได้แก่ระดับพื้น โดยจะวัดสูงขึ้นมาจากพื้นห้อง 0.01 เมตร และระดับหน้าต่างที่ความสูง 1 เมตร จากพื้น ผลจากแบบจำลองเห็นได้ว่า ในระดับที่ 4 และ 5 ที่อนุภาคของหยดน้ำฝนเข้าสู่อาคารด้วยความชันที่น้อยส่งผลให้เกิดพื้นที่เปียกทั้งในระดับพื้นและหน้าต่าง ที่มากกว่าชั้นที่ 1-3 และการไม่ติดตั้งเปลือกอาคารมีอัตราการไหลของลมผ่านหน้าต่างอยู่ที่ $9.87 \text{ m}^3/\text{s}$ ผลของความเร็วลม

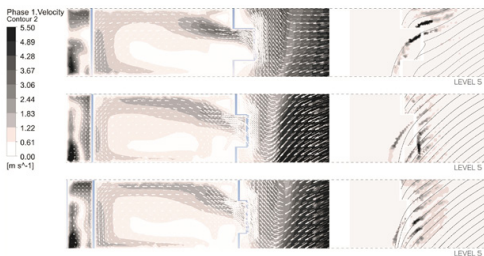
พื้นที่เปียกระดับพื้น และระดับหน้าต่าง ที่ได้จากแบบจำลองสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรการออกแบบเปลือกอาคารที่สนใจทางการศึกษา 9

พื้นที่ตรวจวัด	พื้นที่เปียกระดับพื้น	พื้นที่เปียกระดับหน้าต่าง	ความเร็วลมเฉลี่ยระดับ 1 ม.
ระดับที่ 1	0.00%	1.06 %	1.69 m/s
ระดับที่ 2	0.00 %	0.55 %	1.50 m/s
ระดับที่ 3	0.00 %	1.51 %	1.53 m/s
ระดับที่ 4	0.28 %	1.73 %	1.43 m/s
ระดับที่ 5	6.56 %	4.25 %	0.62 m/s

6.2 กรณีศึกษาที่ 2-4 : ระยะการติดตั้งเปลือกอาคาร

ระยะการติดตั้งเปลือกอาคาร ในรูปแบบคريبแนวตั้งห่างกันทุก 0.15 เมตร แบบจำลองกรณีศึกษาที่ 2-4 แบ่งออกเป็นระยะ 1.00, 0.50 และ 0.30 เมตร จากขอบหน้าต่าง ตามลำดับ ผลของลมในระดับชั้นที่ 1-4 ให้ผลคล้ายกรณีศึกษาตั้งต้นและพื้นที่เปียกของผลที่ได้จากแบบจำลองในระดับที่ 5 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 7 ผลจากแบบจำลองระดับที่ 5 ของกรณีศึกษาที่ 2-4 จากบนลงล่าง

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดร้อยละพื้นที่เปียก และ อัตราการไหลของอากาศเปรียบเทียบในกรณีศึกษาที่ 2-4

พื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5	พื้นที่เปียกระดับพื้น	พื้นที่เปียกระดับหน้าต่าง	อัตราการไหลของอากาศ
กรณีศึกษาที่ 1 : ไม่ติดตั้ง	6.56 %	4.25 %	9.87 m ³ /s
กรณีศึกษาที่ 2 : 1.00 ม.	2.22 %	1.46 %	4.16 m ³ /s
กรณีศึกษาที่ 3 : 0.50 ม.	4.42 %	1.11 %	3.47 m ³ /s
กรณีศึกษาที่ 4 : 0.30 ม.	5.11 %	1.23 %	2.86 m ³ /s

จากผลการศึกษาระดับที่ 1-4 พบว่าการเพิ่มระยะของเปลือกอาคารนั้นช่วยลดพื้นที่เปียกระดับพื้นในพื้นที่ตรวจวัดที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดได้ถึง 4.34% เมื่อติดตั้งที่ระยะ 1 เมตร ในการเลือกระยะติดตั้งเพื่อไปศึกษาตัวแปรอื่นๆ จึงได้ทำการเลือกระยะ 0.3 เมตร ซึ่งยังเห็นผลกระทบจากน้ำฝนค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับกรณีศึกษาตั้งต้นเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการป้องกันฝนในตัวแปรอื่นต่อไป

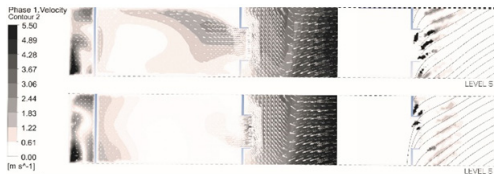
6.3 กรณีศึกษาที่ 5-6 : รูปแบบของคريبอาคาร

ในการศึกษารูปแบบของคريب ได้นำเอากรณีศึกษาที่ 4 ที่มีกรติดตั้งเปลือกอาคารในแนวตั้ง 90 องศา ที่ระยะ 0.3 เมตร มาเป็นกรณีศึกษาตั้งต้นในการศึกษา โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบของคريبอาคารเป็น แนวเฉียงและแนวนอนด้วยระยะการติดตั้งที่เท่ากัน ผลจากแบบจำลองพบว่าในกรณีศึกษาที่ 5 พฤติกรรมของลมที่ผ่านคريبแบบแนวเฉียงทำให้เกิดพฤติกรรมของลมคล้ายกับ 4 กรณีศึกษาก่อนหน้า แต่ในกรณีศึกษาที่ 6 พฤติกรรมของลมที่ผ่านคريبแบบแนวนอน มีลักษณะที่เข้ามาในแนวตรงไปยังช่องลมออก คล้ายกันทุกชั้น ดังรูปที่ 4 ในการติดตั้งเปลือกอาคารรูปแบบแนวนอนทำให้เกิดพื้นที่เปียกในระดับพื้นของชั้นที่ 2-4 ด้วยสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5 เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลของชั้นที่ 5 ในกรณีศึกษาที่ 4-6 สามารถสรุปได้ว่า การใช้รูปแบบแนวนอนทำให้

ผลกระทบในชั้นที่ 5 ลดลงได้มากที่สุด และให้อัตราการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดได้ดีที่สุด

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดร้อยละพื้นที่เป็ยก และอัตราการไหลของอากาศเปรียบเทียบในกรณี 5-6

พื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5	พื้นที่เป็ยกระดับพื้น	พื้นที่เป็ยกระดับหน้าต่าง	อัตราการไหลของอากาศ
กรณี 4 : แนวตั้ง	5.11%	1.23 %	2.86 m ³ /s
กรณี 5 : แนวเฉียง	4.53 %	1.03 %	1.61 m ³ /s
กรณี 6 : แนวนอน	4.41 %	1.46 %	2.75 m ³ /s



รูปที่ 8 ผลจากแบบจำลองระดับที่ 5 ของกรณี 5 (บน) และ 6 (ล่าง)

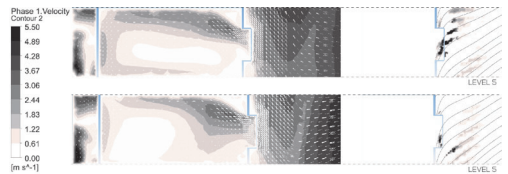
จากทั้งสามกรณี จึงได้เลือกกรณี 6 การติดในรูปแบบแนวนอน ที่ให้ผลของพื้นที่เป็ยกและการระบายอากาศที่ดีที่สุด แม้ว่าในชั้นที่ 2-4 จะมีพื้นที่เป็ยกเกิดขึ้นเล็กน้อย และเลือกกรณี 4 ไปทำการศึกษเพื่อเปรียบเทียบเพิ่มเติมตัวแปรองศาการเอียงของคกรับต่อไป

6.4 กรณีศึกษาที่ 7-10 : องศาการเอียงของเปลือกอาคาร

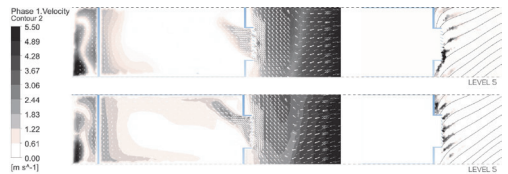
ในการศึกษาตัวแปรองศาการเอียงของเปลือกอาคารนั้น ได้ทำการเลือกกรณีตั้งต้นมา 2 กรณี จากกรณี 4-6 ได้แก่ กรณี 4 ซึ่งให้ผลแย่ที่สุด และกรณี 6 ปรับครีบเหลือ 60 และ 30 องศาตามลำดับ ลักษณะการเคลื่อนที่ของลมเข้าสู่ตัวห้องของกรณี 7 และ 8 นั้น ไม่แต่ต่างกับกรณีตั้งต้นที่ 4 ส่วนกรณี 9 และ 10 นั้นการปรับองศาของเปลือกอาคารทำให้ลมเข้าในทิศขึ้นสู่เพดานห้องทุกชั้น ส่งผลให้ความเร็วลมที่

ระดับ 1 เมตรค่อนข้างต่ำในทุกชั้น

พื้นที่เป็ยกในกรณี 7, 8 และ 9 นั้นยังเกิดพื้นที่เป็ยกในระดับตรวจวัดที่ 5 แต่ในกรณี 9 เมื่อมีการปรับครีบแนวนอนเป็น 60 องศาทำให้ผลของพื้นที่เป็ยกในระดับที่ 2-4 ลดลงจนเป็น 0.00% และกรณี 10 เมื่อมีการปรับครีบแนวนอนเป็น 30 องศา ส่งผลให้พื้นที่เป็ยกทั้งระดับหน้าต่าง และพื้นเป็น 0.00% ผลเปรียบเทียบจากพื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5 ที่ได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5



รูปที่ 9 ผลจากแบบจำลองระดับที่ 5 ของกรณี 7 (บน) และ 8 (ล่าง)



รูปที่ 10 ผลจากแบบจำลองระดับที่ 5 ของกรณี 9 (บน) และ 10 (ล่าง)

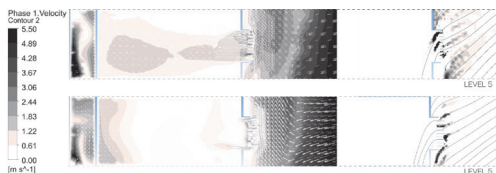
ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดร้อยละพื้นที่เป็ยก และ อัตราการไหลของอากาศเปรียบเทียบในกรณี 7-10

พื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5	พื้นที่เป็ยกระดับพื้น	พื้นที่เป็ยกระดับหน้าต่าง	อัตราการไหลของอากาศ
กรณี 4 : แนวตั้ง 90°	5.11%	1.23 %	2.86 m ³ /s
กรณี 7 : แนวตั้ง 60°	2.35 %	0.59 %	8.74 m ³ /s
กรณี 8 : แนวตั้ง 30°	1.22 %	0.80 %	6.91 m ³ /s
กรณี 6 : แนวนอน 90°	4.41 %	1.46 %	3.47 m ³ /s
กรณี 9 : แนวนอน 60°	0.91 %	0.24 %	2.89 m ³ /s
กรณี 10 : แนวนอน 30°	0.00 %	0.00 %	2.77 m ³ /s

6.5 กรณีศึกษาที่ 11-12 : รูปแบบของครีบบ

อาคาร

การศึกษาระยะยื่นของครีบนั้นใช้กรณีที่ 6 ที่มีการติดครีบนอนความยาว 75 มม. ที่ระยะ 0.30 เมตร มาเป็นกรณีตั้งต้น ในกรณีที่ 11 และ 12 นั้น จะเพิ่มระยะยื่นของครีบอกออกไปเป็น 150 และ 300 มม. ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มระยะของครีบนั้นยังให้ผลการเคลื่อนที่ของลมเข้าสู่ตัวอาคารคล้ายกรณีศึกษาตั้งต้นที่ 6 ในกรณีที่ 11 การเพิ่มความยาวของครีบบส่งผลให้พื้นที่เป็ยกในระดับที่ 5 ลดลงจากกรณีตั้งต้น แต่ในระดับที่ 2 และ 4 ยังเกิดพื้นที่เป็ยกที่ระดับพื้นที่ 0.32% และ 0.25% ตามลำดับ ในกรณีที่ 12 การเพิ่มความยาวไปถึง 300 มม. ส่งผลให้เกิดพื้นที่เป็ยกมากขึ้น และเข้าไปในพื้นที่เป็ยกลึกมากขึ้นในทุกระดับชั้น ผลเปรียบเทียบกับพื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5 ที่ได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6



รูปที่ 11 ผลจากแบบจำลองระดับที่ 5 ของกรณีที่ 11 (บน) และ 12 (ล่าง)

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดร้อยละพื้นที่เป็ยก และ อัตราการไหลของอากาศเปรียบเทียบในกรณีที่ 11-12

พื้นที่ตรวจวัดระดับที่ 5	พื้นที่เป็ยกระดับพื้นที่	พื้นที่เป็ยกระดับหน้าต่าง	อัตราการไหลของอากาศ
กรณีที่ 6 : 75 มม.	4.41 %	1.46 %	2.75 m ³ /s
กรณีที่ 11 : 150 มม.	2.50 %	1.32 %	4.77 m ³ /s
กรณีที่ 12 : 300 มม.	4.89 %	2.03 %	3.59 m ³ /s

7. อภิปรายและสรุปการวิจัย

1) ระยะการติดตั้งเปลือกอาคาร เมื่อเพิ่มระยะการติดตั้งไปถึง 1 เมตร สามารถทำให้พื้นที่เป็ยกในระดับพื้นที่ตรวจวัดที่ 5 ซึ่งได้รับผลกระทบมากที่สุดลดลงจากกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งได้ถึง 7.65% และการเพิ่มระยะการติดตั้งมากขึ้นทำให้อัตราการไหลของลมผ่านเปลือกอาคารเพิ่มมากขึ้นด้วย

2) การปรับรูปแบบของครีบบเปลือกอาคารที่ระยะการติดตั้ง 0.30 เมตร ครีบบรูปแบบแนวนอน สามารถลดพื้นที่เป็ยกในระดับที่ 5 เปรียบเทียบกับไม่ได้ติดตั้งลงได้ 5.46% และยังให้อัตราการไหลของอากาศที่ดีที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบเฉียงนั้นช่วยลดพื้นที่เป็ยกได้ใกล้เคียงกับแนวนอนแต่ให้อัตราการระบายอากาศที่ต่ำกว่าประมาณ 3 เท่า

3) องศาของเปลือกอาคารนั้น ส่งผลในการลดผลกระทบจากฝนได้มากที่สุดจากทั้งหมด โดยเฉพาะรูปแบบแนวนอนเมื่อเอียงลงเป็น 30 องศาสามารถลดพื้นที่เป็ยกลงได้ทั้งหมด แต่ส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศลดลงค่อนข้างมาก รูปแบบแนวตั้งที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบกับว่าสามารถลดพื้นที่เป็ยกได้อีกถึง 3.98% เมื่อเทียบกับรูปทรงแนวตั้ง 90 องศา และยังเพิ่มอัตราการไหลของอากาศได้ใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งมากที่สุด

4) การเพิ่มระยะยื่นของเปลือกอาคารเป็น 150 ส่งผลให้ร้อยละของพื้นที่เป็ยกในพื้นที่ตรวจวัดชั้นที่ 5 ลดลง 4.06% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ติดตั้ง แต่การเพิ่มไปถึง 300 ส่งผลให้พื้นที่เป็ยกเข้าสู่พื้นที่อาคารลึกขึ้น และส่งผลให้พื้นที่เป็ยกเพิ่มขึ้นมากกว่า 75 และ 150 มม. จากระยะครีบบของเปลือกอาคารติดตั้งทั้ง 3 ความยาวครีบบ 150 มม. ลดพื้นที่เป็ยก และให้อัตราการระบายอากาศที่ดีที่สุด

จากแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่า การเลือกรูปทรงผสมกับการรับองศาของเปลือกอาคารสามารถลดผลกระทบจากฝนได้มากที่สุด และช่วยลดระยะที่ใช้ในการติดตั้งและความยาวของครีบลมได้ รูปแบบที่ป้องกันฝนได้ดีที่สุด ได้แก่ แนวนอน ครีบลม 30 องศา และรูปแบบที่ลดปริมาณน้ำฝนได้ค่อนข้างมากแต่ยังให้อัตราการระบายอากาศที่สูง ได้แก่ แนวตั้ง ครีบลม 60 องศา เหมาะกับการใช้ในอาคารชั้นที่ได้รับผลกระทบน้อยเพื่อให้ให้อัตราการระบายอากาศที่สูงที่สุด

รายการอ้างอิง

- ANSYS, Inc. (2013). *ANSYS fluent theory guide*. Retrieved October 20, 2016, from <http://support.ansys.com>.
- Blocken, B. & Carmeliet, J. (2002). Spatial and temporal distribution of driving rain on a low-rise building. *Wind and Structures*, 5, 441.
- Blocken, B. & Carmeliet, J. (2004). A review of wind-driven rain research in building science. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic*, 92, 1079-1130.
- Blocken, B., Carmeliet, J. & Poesen, J. (2005). Numerical simulation of the wind-driven rainfall distribution over small-scale topography in space and time. *Journal of Hydrology* 315(1-4), 252-273.
- Blocken, B., Van Hooff, T. & Harten, M. (2011). 3D CFD simulations of wind flow and wind-driven rain shelter in sports stadia Influence of stadium geometry. *Building and Environmental*, 46, 22-37.
- Hardy, R. (1963). *A study of raindrop-size distributions and their variation with height (Scientific Report No.1)*. Bedford, Massachusetts: The University of Michigan.
- Koolhaas, R. (2014). *Elements of architecture: Facade*. Venezia, Italy: Marsilio.
- Lim, C. H., Alkhair, M., Mirrahimi, E. & Sopian, K. (2015). A case study of wind driven rain in tropical building. *Advances in Energy and Environmental Science and Engineering*, 193-205.
- Ozen, M. (2014). *Meshing workshop*. Retrieved October 13, 2016, from <http://www.ozeninc.com>.
- Prueksakorn, K., Xu-Piao, C., Ha, H. & Kim, T. (2015). Computational and experimental Investigation for an optimal design of industrial windows to allow natural ventilation during wind-driven rain. *Sustainability*, 7(8), 10499-10520.
- Sankaran, R. & Paterson, D. A. (1997). Computation of rain falling on a tall rectangular building. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic*, 72, 127-136.
- Stouter, P. (2008). *Shaping buildings for the humid tropics: Culture, climate and material*. Earth bag Building.

การศึกษามาตรฐานระดับเสียงรบกวนยามค่ำคืน กับการรับรู้ต่อสุขภาพของมนุษย์

The Study of Night Noise Standard and Perception on Human Health

ณพล เกียรติก้องมณี

Napol Kieatkongmanee

Research and Innovation, Magnolia Quality Development Corporation Limited

E-mail: napol_ki@dtgsiam.com

บทคัดย่อ

เสียง เป็นหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรความสุขของมนุษย์ เสียงรบกวนส่งผลต่อการรับรู้ การอยู่อาศัยและคุณภาพของการนอนหลับพักผ่อนในอาคารเป็นอย่างยิ่ง ทั้งยังมีความเสี่ยงในเรื่อง สุขภาพหลายด้านที่แฝงอยู่ภายใน จากการศึกษาพบว่า ระดับเสียงพื้นฐานในเขตเมืองมีความรุนแรง มากกว่าเขตชนบทอย่างเห็นได้ชัด โดยมาจากสภาพแวดล้อมภายนอก และภายในพื้นที่อาศัยเอง ซึ่ง ผลภาวะทางเสียงจากสภาพแวดล้อมภายนอกอย่างการจราจร สามารถใช้การออกแบบกรอบอาคาร ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อป้องกันได้ ส่วนเสียงจากสภาพแวดล้อมภายในที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรทำการทดสอบวัดเสียงจริงในพื้นที่เพื่อให้สามารถเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ การอยู่อาศัย การตรวจวัดอย่างถูกต้องและการศึกษามาตรฐานการป้องกันเสียงอย่างเหมาะสมกับ พื้นที่จะสามารถออกแบบอาคารได้อย่างยั่งยืน ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยมีความสุขและมีความเป็นอยู่ที่ดี

คำสำคัญ: เสียง เสียงรบกวนยามกลางคืน มาตรฐานเสียงรบกวน การรับรู้ของเสียง คุณภาพการ นอนหลับพักผ่อน

Abstract

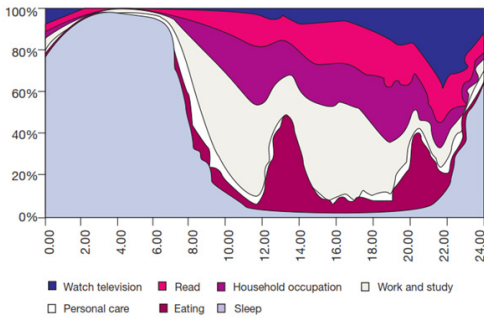
Sound takes a part in influencing human's happiness. Unpleasant sound at night or night noise significantly affects human's perception and quality of sleeping in a building. The noise also causes many risks to human's health. Reviewing literature on the noise reveals that night noise in the urban zones appears more harmful than in the rural areas. There are two different sources of the noise pollution, namely exterior and interior environments. The noise from exterior environments, such as the traffic, can be reduced by the high-performance envelop of a building. The noise caused by interior environments, such as electric appliances, should be measured and verified the ambient noise level in the actual site in order to set guidelines for appropriate appliances that do not disturb the quality of living and sleeping. Accurately measuring and verifying the noise level and applying the night noise standard in the design will definitely support sustainability of a building and enhance the users' quality of living and sleeping.

Keywords: Sound, Night Noise, Noise Level Standard, Noise Perception, Sleep Quality

1. บทนำ

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้นิยามตัวแปรของความสุข โดยแบ่งเป็นทางกาย (Physical), ทางใจ (Mental), ทางสังคม (Social) และทางจิตวิญญาณ (Spiritual well-being) ตลอดจนการไม่มีโรคภัยไข้เจ็บ ซึ่งปัจจัยทางด้านเสียง เป็นหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสุขของมนุษย์ ไม่ว่าจะทั้งเสียงสบบอารมณ์ และ ไม่สบบอารมณ์ จนเกิดเป็นมลภาวะทางเสียงก็ตาม

พักผ่อนของผู้อยู่อาศัยในชุมชนนั้น ๆ ด้วยมลภาวะที่เกิดขึ้นดังกล่าวได้ส่งผลต่อสุขภาพ และความเป็นอยู่ของคนในสังคมเป็นอย่างสูง หลายหน่วยงานได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการออกกฎหมายและมาตรฐานการควบคุมมลภาวะทางเสียงเพื่อให้คุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยในเมืองดีขึ้น องค์การอนามัยโลกเป็นหนึ่งหน่วยงานที่ทำการวิจัยโดยใช้ตัวแปรทางด้านความสุขของมนุษย์นำมาสร้างให้เกิดมาตรฐานของระดับเสียงที่เหมาะสม



ที่มา: Centre for Time Use Research, 2006

รูปที่ 1 Time use studies in the city, USA

ในปัจจุบัน ระดับเสียงพื้นฐาน (Background Noise) ของพื้นที่อยู่อาศัยในเขตเมืองถูกเพิ่มขึ้นจากอดีต และมีความแตกต่างจากพื้นที่ชานเมืองและชนบทอย่างเห็นได้ชัด(30-35เดซิเบล)อ้างอิงจากการเก็บข้อมูลระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของพื้นที่ประเภทต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1 โดยยังพบว่าในช่วงเวลากลางคืนก็มีระดับที่สูงขึ้นเช่นกัน อันเนื่องมาจากกิจกรรมของคนเมืองที่มีความแตกต่างจากคนในชนบท เมื่อระดับเสียงภายนอกสูง ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพการ

ตารางที่ 1 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของพื้นที่อยู่อาศัยในบริบทต่าง ๆ

Residential Environment	Representative 24-hr Average Noise Levels (dBA)
Undeveloped rural	35-40
Rural residential	40-45
Quiet suburban	45-50
Urban residential away from main street	50-55
Urban residential near arterial road	55-60
Urban residential on minor highway	60-65
Urban residential on major highway	65-75

ที่มา: Wakefield Acoustic Ltd., 2011

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงแนวคิดกระบวนการ และรูปแบบการกำหนดมาตรฐานระดับเสียงของประเทศไทยและระดับสากล จนสามารถใช้เป็นข้อมูลแสดงผลลัพธ์ทางด้านความสุขของผู้อยู่อาศัยในบ้านได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับเสียงกับการรับรู้ และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์
2. ศึกษาเกณฑ์มาตรฐานเพื่อการควบคุมมลภาวะทางเสียง และใช้ในประเทศไทย

2.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

นิยาม และความหมาย

(1) เสียง (Sound) คือ พลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศ เกิดเป็นคลื่นเสียง อาศัยอากาศเป็นตัวกลางเคลื่อนที่

(2) เสียงรบกวน (Noise) เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงในสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้ผู้ที่ได้รับเสียงเกิดความรำคาญ

ประเภทของมลภาวะทางเสียง

สภาวะเสียงที่ดังเกินไปจนก่อให้เกิดความรำคาญ หรือ ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

- 1) เสียงจากการคมนาคม
- 2) เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม
- 3) เสียงในชุมชนที่อยู่อาศัยหรือย่านธุรกิจการค้า
- 4) เสียงจากการก่อสร้าง
- 5) เสียงจากครัวเรือน
- 6) เสียงรบกวนที่เกิดจากสาเหตุอื่นทั้งที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ และธรรมชาติ

ตารางที่ 2 ระดับเสียงของสภาพแวดล้อม และผลกระทบต่อทางกายภาพ

Outdoor Environmental Noise	SPL
<i>Weakest sound heard</i>	0dB
Midtown Manhattan traffic noise	70-85dB
General city traffic	85dB
Train whistle at 500', Truck traffic	90dB
Jackhammer at 50'	95dB
Subway train at 200'	95dB
Power mower at 3'	107dB
Snowmobile, Motorcycle	100dB
Jack Hammer, Power saw at 3'	110dB
Sandblasting, Loud Rock Concert	115dB
Thunder	120dB
Pneumatic riveter at 4'	125dB
Jet engine at 100'	140dB
12 Gauge Shotgun Blast	165dB
<i>Loudest sound possible</i>	194dB

ตารางที่ 3: ระดับเสียงภายในอาคาร และผลกระทบต่อทางกายภาพ

Indoor Activity / Equipment Noise	SPL
<i>Weakest sound heard</i>	0dB
Normal Breathing	10dB
Whisper quiet library at 6'	30dB
Energy Recovery Ventilator (ERV) at 3**	40-60dB
Fan	45-55dB
People walking	45-55dB
Air condition	45-55dB
Washing Machine	50-75dB
Dishwasher	55-60dB
Normal conversation at 3'	60-65dB
Kitchen exhaust fan (hood) at 3**	65-70dB
Telephone dial tone	70-80dB
TV, music and video game	70-80dB
Flush Toilet	75-85dB
Alarm clock	80dB
Vacuum cleaner at 5'	80dB
Shouting at 3'	80dB

ตารางที่ 3: ระดับเสียงภายในอาคาร และผลกระทบทางกายภาพ (ต่อ)

Food processor / blender	80-90dB
People's party (Light)	85-90dB
Hand Drill (Electric Drill)	98dB
People's Party (Disco)	100dB
Baby Crying	110dB
Rock Music (Maximum at Source)	110dB
Hammer or Nail (Maximum)	120dB
Power Drill	130dB
Loudest sound possible	194dB

ที่มา:

* ข้อมูลจากการทดสอบจริง (ผู้วิจัย)

(1) NYC Environmental Protection, 2006

(2) World Health Organization, 1999

3. ความสัมพันธ์ของระดับเสียงและผลกระทบทางสุขภาพ

3.1 ความสัมพันธ์ของระดับเสียงกับการรับรู้ของมนุษย์

องค์การอนามัยโลก และหน่วยงาน European Commission ใช้หลักการประเมินการรบกวนการนอนหลับด้วยตนเอง (Self-report Sleep Disturbances) โดยเป็นลักษณะแบบสอบถามเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ที่รบกวนการนอนหลับพักผ่อน เพื่อศึกษาแนวโน้มที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม สิ่งที่เป็นคำตอบ คือ สมการความสัมพันธ์ของระดับเสียงของสภาพแวดล้อมยามค่ำคืน (L_{night}) กับการรบกวนการนอนหลับ โดยได้แบ่งเป็น 15 ชุดข้อมูลซึ่งได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 12,000 คน โดยกำหนดให้เสียงในสภาพแวดล้อมภายนอกยามค่ำคืน คือ เสียงจากการจราจรทางถนน เสียงจากเครื่องบิน และเสียงจากรถไฟ ซึ่งล้วนแต่เป็นเสียงที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับเสียงพื้นฐานในเมือง (Background Noise) เป็นหลัก โดยไม่รวมถึงเสียงจากปัจจัยย่อยอื่น ๆ แสดงสมการ ดังนี้

(1) การจราจรทางถนน (Road)

$$\%HSD = 20.8 - 1.05 * L_{night} + 0.01486 * (L_{night})^2 \text{ --(1)}$$

$$\%SD = 13.8 - 0.85 * L_{night} + 0.01670 * (L_{night})^2 \text{ --(2)}$$

$$\%LSD = -8.4 + 0.16 * L_{night} + 0.01081 * (L_{night})^2 \text{ --(3)}$$

(2) เครื่องบิน (Aircraft)

$$\%HSD = 18.147 - 0.956 * L_{night} + 0.01482 * (L_{night})^2 \text{ --(4)}$$

$$\%SD = 13.714 - 0.807 * L_{night} + 0.01555 * (L_{night})^2 \text{ --(5)}$$

$$\%LSD = 4.465 + 0.411 * L_{night} + 0.01395 * (L_{night})^2 \text{ --(6)}$$

(3) รางรถไฟ (Railways)

$$\%HSD = 11.3 - 0.55 * L_{night} + 0.00759 * (L_{night})^2 \text{ --(7)}$$

$$\%SD = 12.5 - 0.66 * L_{night} + 0.01121 * (L_{night})^2 \text{ --(8)}$$

$$\%LSD = 4.7 + 0.31 * L_{night} + 0.01125 * (L_{night})^2 \text{ --(9)}$$

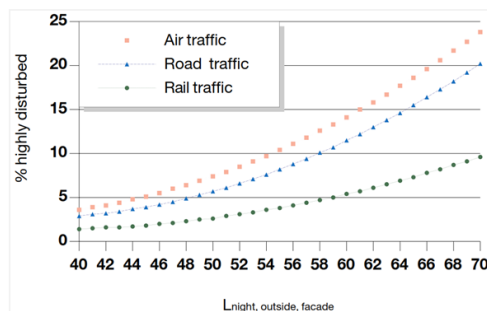
โดย

$\%HSD$ = Percentage of High Sleep Disturbance

$\%SD$ = Percentage of Normal Sleep Disturbance

$\%LSD$ = Percentage of Low Sleep Disturbance

L_{night} = ระดับเสียงในสภาพแวดล้อมยามค่ำคืน (หน่วย เดซิเบลเอ (dB(A)))



ที่มา: European Commission, 2004

รูปที่ 3 High sleep disturbance by noise at night.

รูปที่ 3 แสดงสัดส่วน HSD จากแหล่งกำเนิดเสียงและผลของการรับรู้ที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าเสียงจากเครื่องบินมีผลกระทบและรบกวนการนอนหลับพักผ่อนมากที่สุด รองลงมา คือเสียงจากการจราจรทางถนน และรถไฟ โดยพบว่าสถานที่ตั้งที่สงบไม่ควรอยู่ในเส้นทางของเครื่องบินซึ่งในประเทศไทยก็สอดคล้องกับผลสรุปดังกล่าว

สมการ HSD ถูกใช้ในการคำนวณเพื่อศึกษาถึงการรบกวนการนอนหลับยามค่ำคืน เนื่องจากว่าถูกกำหนดให้มีความสำคัญสูงเพื่อนำไปออกแบบมาตรฐานในการป้องกันเสียงรบกวนต่อไป สำหรับความสัมพันธ์ของเสียงจากอุตสาหกรรม, เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนเนื่องจากมีปัจจัยควบคุมที่หลากหลายกว่า แต่ถือว่าเป็นเสียงที่มีผลกระทบในตอนกลางคืนมากขึ้น ทางองค์การอนามัยโลก (WHO, Europe) จึงได้ทำการสรุปความสัมพันธ์ของระดับเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนกับการรับรู้ของมนุษย์ไว้ก่อนที่จะนำมากำหนดเป็นมาตรฐานตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 แสดงถึงข้อสรุปความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนกับการรับรู้ของมนุษย์ ในลักษณะที่มีข้อมูลการวิจัยอย่างเพียงพอและน่าเชื่อถือ (Sufficient Evidence) จนสามารถนำมาใช้เป็นมาตรฐานได้ในระดับสากล แม้ว่าในหลายประเด็นจะยังระดับเสียงที่มีผลอย่างชัดเจนก็ตาม ส่วนในกรณีความสัมพันธ์ที่ข้อมูลยังไม่สามารถพิสูจน์ผลได้อย่างชัดเจน หรือ จำกัดการใช้งานเฉพาะในพื้นที่วิจัย (Limited Evidence) ซึ่งต้องอาศัยผลการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต แต่สามารถนำไปคาดการณ์ และศึกษาถึงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้จากระดับเสียงดังกล่าว แสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนกับการรับรู้ของมนุษย์ (where sufficient evidence is available)

EFFECT	DETAIL	THRESHOLD OF NOISE
Biological Effect	Change in cardiovascular activity	N/A
	Electroencephalography EEG awakening	35dB L _{max} , inside
	Motility, onset of motility	32dB L _{max} , inside
	Changes in duration of various stages of sleep	35dB L _{max} , inside
Sleep Quality	Waking up in the night and/or too early in the morning	42 dB L _{max} , inside
	Prolongation of the sleep inception period, difficulty getting to sleep	N/A
	Sleep fragmentation, reduced sleeping time	N/A
	Increased average motility when sleeping	42dB L _{night} , outside
Well-being	Self-reported sleep disturbance	42dB L _{night} , outside
	Use of somnifacient drugs and sedatives	40dB L _{night} , outside
Medical condition	Environmental Insomnia*	42dB L _{night} , outside

ที่มา: World Health Organization, 2009

L_{max} คือ ระดับเสียงสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่นั้น ๆ

L_{night} คือ ระดับเสียงเฉลี่ย (ช่วงเวลา 23:00 – 07:00)

หมายเหตุ: *ผลสรุปความสัมพันธ์ของระดับเสียงสามารถแตกต่างกันได้ตามสถานที่, บริบททางสังคม และจำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมถึงจำนวนคำถามที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนกับการรับรู้ของมนุษย์ (where limited evidence is available)

EFFECT	DETAIL	THRESHOLD OF NOISE
Biological effects	Changes in (stress) hormone levels	N/A
Well-being	Drowsiness/tiredness during the day and evening	N/A
	Increased daytime irritability	N/A
	Impaired social contacts	N/A
	Complaints	35dB L_{night} , outside
	Impaired cognitive performance	N/A

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนกับการรับรู้ของมนุษย์ (where limited evidence is available) (ต่อ)

ETC.	Insomnia	N/A
	Hypertension	50dB L_{night} , outside
	Obesity	N/A
	Depression (in women)	N/A
	Myocardial infarction	50dB L_{night} , outside
	Reduction in life expectancy (premature mortality)	N/A
	(Occupational) accidents	N/A

ที่มา: World Health Organization, 2009

L_{max} คือ ระดับเสียงสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่นั้น ๆ

L_{night} คือ ระดับเสียงเฉลี่ย (ช่วงเวลา 23:00 - 07:00)

3.2 ผลกระทบทางด้านหัวใจและหลอดเลือดจากเสียงรบกวน (Cardiovascular Effect Of Noise)

การนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นทางชีวภาพของมนุษย์ ซึ่งหากถูกรบกวนอยู่บ่อยครั้งหรือเป็นประจำ โดยจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ หนึ่งในข้อสรุปสำคัญจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี 2000 คือ เสียงอันไม่พึงประสงค์ใด ๆ ล้วนมีผลต่อคุณภาพชีวิตจนถูกนำมาพิสูจน์ต่อในงานวิจัยด้านวิทยาการระบาด (Epidemiological Research) ซึ่งเป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพและความเจ็บป่วยของประชากรมนุษย์โดยตรง โดยในปี 2002 ได้สรุปความสัมพันธ์เรื่องโรคทางด้านหัวใจและหลอดเลือดจากเสียงรบกวน โดยแบ่งผลกระทบเริ่มต้นจากเสียงรบกวนออกเป็น 2 ทาง คือ ผลกระทบทางตรง (Direct Pathway) และผลกระทบทางอ้อม (Indirect Pathway) แสดงได้ในรูปที่ 3 ดังนี้

1. ผลกระทบทางตรงเป็นลักษณะการได้รับเสียงรบกวนที่มีระดับเสียงมากเกินไปซึ่งส่งผลกระทบต่อประสาทการรับรู้โดยตรง มีความเสี่ยงทำให้สูญเสียการได้ยินได้ ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายทางด้านกายภาพโดยตรง หลายหน่วยงานของแต่ละประเทศจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดระดับเสียงของเครื่องจักรต่าง ๆ ไม่ให้เกิดมาตรฐานที่กำหนด หรือ ให้อยู่ในสถานที่ที่เหมาะสม

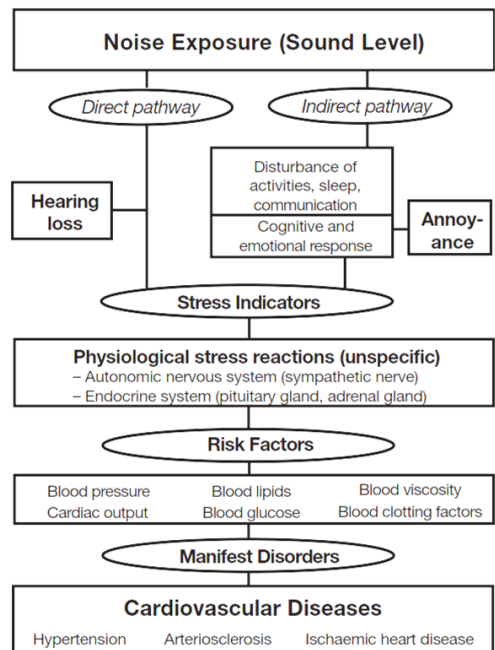
2. ผลกระทบทางอ้อมเสียงอันไม่พึงประสงค์ที่รบกวนการทำกิจกรรมของมนุษย์ อาทิ การนอนหลับ, ทำงาน และการสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งเกิดการรับรู้และตอบสนองทางอารมณ์ด้วยความรู้สึกรำคาญ (Annoyance) ต่อแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดขึ้น

ตัวชี้วัดทางด้านความเครียดของมนุษย์ จะส่งผลออกมทางด้านกายภาพ หรือสรีระวิทยา (Physiological stress reactions) ตามมา โดยมีระบบประสาทอัตโนมัติและระบบต่อมไร้ท่อ (ต่อมใต้สมองต่อมหมวกไต) เป็นองค์ประกอบหลักที่จะตอบสนองหรือได้รับผลกระทบจากคลื่นเสียงทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงให้กับระบบในร่างกายตามมา ดังต่อไปนี้

- 1) ความดันโลหิต (Blood Pressure)
- 2) ปริมาณไขมันในเลือด (Blood Lipids)
- 3) ปริมาตรเลือดส่งออกจากหัวใจ (Cardiac output)
- 4) ระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose)
- 5) ความหนืดของเลือด (Blood viscosity)
- 6) ปัจจัยการแข็งตัวของเลือด (Blood clotting factors)

ความผิดปกติของระบบเหล่านี้เป็นสาเหตุในการเกิดโรคทางหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Diseases) ที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ความดันโลหิตสูง (Hypertension)
- 2) เส้นเลือดอุดตัน (Arteriosclerosis)
- 3) โรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease)



ที่มา: Babisch, 2014

รูปที่ 2 Noise effects reaction scheme

สมมติฐานจากงานวิจัยระบุถึงความเสี่ยงในการเกิดโรคอันมีสาเหตุมาจากความเครียดและเสียงรบกวนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความเครียด ทำให้ร่างกายไม่สามารถฟื้นฟูได้อย่างเต็มที่

3.3 ผลกระทบด้านอื่น ๆ จากเสียงรบกวน (Effect on Performance)

หลายงานวิจัยได้แตกประเด็นถึงความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบด้านอื่น ๆ ตามมา โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากเสียงรบกวนและการพักผ่อนที่ไม่เพียงพอ ทั้งความสามารถในการจดจำและการรับรู้ จากผลของการนอนในระยะหลับลึกที่น้อยเกินไป (Slow Wave Sleep: SWS) ซึ่งเป็น

ระยะที่มีความสำคัญมาก โดยที่มันักวิจัย (Jan Born and co-workers at the University of Lubeck, 2001-2005) เป็นผู้ทำการวิจัยในผลกระทบดังกล่าวจากเสียงรบกวนทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งพบว่า เสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมในเมืองที่มีผลกระทบมากที่สุด คือ เสียงจากการจราจร ไม่ว่าจะเป็นทางถนน ทางเครื่องบิน และทางรถไฟ ซึ่งหากเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในเมืองเป็นอย่างมาก

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เกณฑ์มาตรฐานเพื่อการควบคุมมลภาวะทางเสียงของที่อยู่อาศัยและการนำไปใช้สำหรับประเทศไทย

หลายประเทศได้อ้างอิงมาตรฐานของระดับเสียงเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดมลภาวะทางเสียงให้กับชุมชน จากการศึกษาข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปอ้างอิงกับค่าที่ตรวจวัด สามารถทำการแบ่งมาตรฐานของระดับเสียงออกให้กับที่อยู่อาศัยโดยเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1: เสียงรบกวนมาจากสภาพแวดล้อมภายนอกเพียงอย่างเดียวหรือไม่มีแหล่งกำเนิดเสียงจากภายในห้องเอง ซึ่งใช้ตารางที่ 6 เป็นฐานข้อมูลเพื่อกำหนดถึงระดับเสียงที่เหมาะสมของบ้านอยู่อาศัย อ้างอิงมาตรฐานของ Canada Mortgage and Housing Corporation: CMHC กำหนดมาตรฐานระดับเสียงที่ยอมรับได้และสามารถเป็นหลักในการตรวจวัดระดับเสียงในอาคารเบื้องต้น ดังนี้

ตารางที่ 6 Sound Acceptable in housing.

Function	Sound Level
Outdoor Recreation	<55 dB(A)

Kitchen / Bathroom	<45 dB(A)
Living / Dinning	<40 dB(A)
Bedroom	<35 dB(A)

ที่มา: Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), 2010

การตีความอีกทางหนึ่งของมาตรฐานระดับเสียงที่ยอมรับได้ คือ การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคารที่สามารถป้องกันเสียงจากบริบททางชุมชน โดยองค์กร U.S. Federal Housing Administration (FHA) ได้กำหนดมาตรฐานค่า Sound Transmission Class (STC Rating) ที่เหมาะสมสำหรับผนังกั้นระหว่างห้องในอาคารอยู่อาศัย ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 มาตรฐาน STC สำหรับอาคารอยู่อาศัย

STC Rating Standard		Receiver					
Function	Bedroom	Living room	Kitchen	W.C	Family room	Corridor	
							Source
	Living room	55	50	50	50	50	45
	Kitchen	55	50	45	45	45	40
	W.C	55	55	50	50	40	40
	Family room	55	50	45	45	40	40
	Corridor	50	45	40	45	35	

ที่มา: Federal Housing Administration (FHA), 1999

กรณีที่ 2: เสียงเกิดขึ้นจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องนอน อาทิ เครื่องปรับอากาศพัดลมระบายความร้อน (Exhaust) และเครื่องเติมอากาศบริสุทธิ์ (Energy Recovery Ventilator: ERV) เป็นต้น ซึ่งอ้างอิงความสัมพันธ์ของระดับเสียงที่เหมาะสมกับการรับรู้และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มาใช้เป็นมาตร-

ฐานในการตรวจวัด ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 มาตรฐาน STC สำหรับอาคารอยู่อาศัย

Condition	Sound Level
ระดับเสียงสูงสุดที่ปลอดภัยต่อการได้ยิน (Maximum)	85dB
ระดับเสียงในระยะสั้น (ไม่อ้างอิงสุขภาพ) (Interim Target: IT)	55dB
ระดับเสียงที่ไม่รบกวนการนอนหลับพักผ่อน (Maximum)	45dB
ระดับเสียงที่เหมาะสมต่อสุขภาพของมนุษย์ (Night Noise Guideline: NNG)	40dB

ที่มา: WHO, 2009

ตารางที่ 9 ค่ามาตรฐานระดับเสียงทั่วไป

ช่วงเวลา	ค่าระดับเสียง (dB)
กลางวัน	<60 dB(A)
กลางคืน	<55 dB(A)

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2002

ประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดค่าระดับเสียงในย่านที่อยู่อาศัย โดยแบ่งตามช่วงเวลา พบว่า ระดับเสียงที่กำหนดแม้ว่าจะปลอดภัยต่อการอยู่อาศัย แต่ไม่ได้พิจารณาถึงทางด้านความรู้ทางอารมณ์และสุขภาพร่วมด้วย

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ความสัมพันธ์ระหว่างเสียงรบกวนส่งผลต่อการรับรู้และคุณภาพของการพักผ่อนเป็นอย่างดี อีกทั้งมีความเสี่ยงในเรื่องสุขภาพหลายด้านที่แฝงอยู่ภายใน ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลบ่งชี้ชัดเจน แต่ควรตระหนักถึงและป้องกันอย่างถูกวิธี ซึ่งวิธีการตรวจวัดอย่างถูกต้องและการใช้

มาตรฐานให้เหมาะสมกับพื้นที่จะช่วยให้อาคารที่สร้างมีคุณภาพชีวิตที่ดีและยั่งยืนได้

ในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงตัวแปรของระดับเสียงเพียงอย่างเดียว ไม่ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์อื่น ๆ เช่น ในเรื่องความถี่ของเสียง (Sound Frequency) ต่อการรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งสามารถนำไปศึกษาต่อในเรื่องเสียงเพื่อสุขภาพได้ต่อไปในอนาคต จนนำไปสู่การออกแบบที่สามารถป้องกันเสียงในความถี่ที่เราต้องการหรือไม่ต้องการได้

รายการอ้างอิง

- Babisch W. (2014). *Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis*. Department of Environmental Hygiene, Germany.
- Canada Mortgage and Housing Corporation. (2000). *Road and rail noise effect on housing*. Canada: Author.
- Canada Mortgage and Housing Corporation. (2010). *Sound acceptable in housing*. Canada: Author.
- Department for Environment Food and Rural Affairs. (2014). *Environmental noise valuing impacts on: Sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet*. UK: Author.
- Egan, M. D. (1988). *Architectural acoustics*. New York: McGraw Hill.
- Federal Housing Administration. (1999). *Sound transmissions class standard*. New York: McGraw Hill.

- Jone, K., Weston, E. & Rhodes, D. P.. (2013). *Proposed methodology for estimating the cost of sleep disturbance from aircraft noise*. UK: Environmental Research and Consultancy Department.
- National Research Council Canada: (2012). *Physical properties of sound*. Canada: Author.
- NYC Department of Environmental Protection. (2006). *Sound pressure level of environment*. New York, USA: Author.
- Sapienza, V. (2011). *A guide to New York city's noise code*. New York, USA: NYC Department of Environmental Protection.
- Wakefield Acoustic Ltd. (2011). *City of Vancouver noise control manual*. UK: Author.
- World Health Organization. (1999). *Guidelines for community noise*. London, UK: Author.
- World Health Organization. (2008). *Children and noise*. London, UK: Author.
- World Health Organization. (2009). *Night noise guideline for Europe*. London, UK: Author.