บทที่ 1

บทนำ

สาเหตุและที่มาของปัญหา

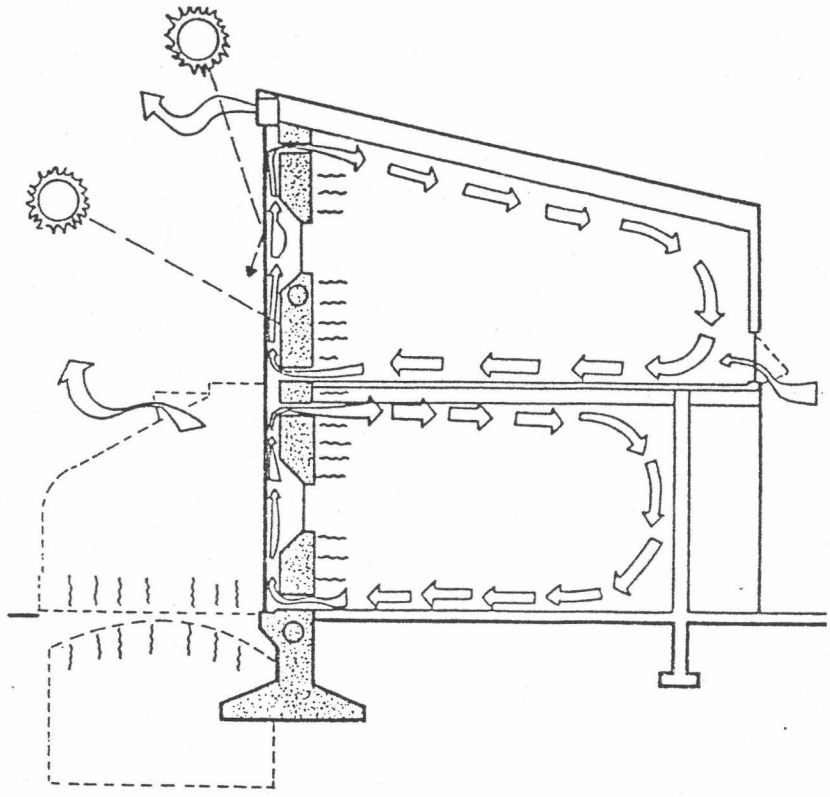
ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การดำรงอยู่ ณ สถานที่ใดในปัจจุบันนี้จึงนิยมใช้เครื่องปรับอากาศปรับให้อุณหภูมิ ณ. สถานที่นั้น เหมาะสมกับอุณหภูมิร่างกาย เพื่อก่อให้เกิดความรู้สึกสบาย มีการใช้เครื่องปรับอากาศมากขึ้นเท่าไหร่ก็ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นเท่านั้น แนวทางหนึ่งที่จะเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศคือการปรับให้สถานที่นั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (เมื่อมีพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานความร้อนตกลงมากระทบ) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การไล่ความร้อน (การถ่ายเทความร้อน) ออกไปให้เร็วที่สุด โดยการถ่ายเทความร้อนนี้จะไม่ใช้กลไกใดๆ ช่วย อาศัยหลักการแต่เพียงว่าเมื่ออากาศได้รับความร้อน อุณหภูมิจะสูงขึ้นความหนาแน่นอากาศจะน้อยลง ทำให้อากาศนั้นลอยตัวขึ้นด้านบน อากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่าก็จะเข้ามาแทนที่ ซึ่งวิธีการนี้เราเรียกว่าการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการพาความร้อนโดยธรรมชาติ (natural convection heat transfer)

ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ (solar chimney) เป็นปล่องที่ใช้ในการระบายอากาศ ซึ่งอาศัยหลักการเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (solar air heater) และปล่องอากาศแนวดิ่งที่หุ้มฉนวนโดยรอบ (hot air shaft) แสดงในรูปที่ 1.2 โดยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบไปด้วย กระจก แผ่นดูดรังสี ช่องอากาศ และฉนวนกันความร้อน จะทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานความร้อนและส่งถ่ายต่อไปยังอากาศภายในปล่อง ทำให้อากาศภายในปล่องมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดความแตกต่างความหนาแน่นของอากาศภายในและภายนอกปล่อง ปล่องอากาศแนวดิ่งที่หุ้มฉนวนโดยรอบ จะเป็นปล่องหรือท่อที่มีฉนวนหุ้มโดยรอบทั้งสี่ด้าน ปลายด้านหนึ่งจะยึดติดกับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเปิดสู่บรรยากาศ การติดตั้งปล่องอากาศแนวดิ่งเพิ่มเข้าไปก็เพื่อเพิ่มอัตราการไหลของมวลอากาศซึ่งเรียกว่า แรงขับการไหลทางทฤษฎี (theoretical draft) ความเป็นไปได้ของการใช้ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยในการระบายอากาศภายในอาคาร ยังมีการศึกษากันน้อย เนื่องจากว่า ปัจจัยจำกัดด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น การแปรผันของพลังงานแสงอาทิตย์, ความยากลำบากในการวัดความความเร็วของลมซึ่งมีค่าน้อยและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ปัจจุบันนี้การดำเนินการวิจัยทางด้านนี้มักจะนำไปใช้กับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร แต่การวิจัยก็จะเน้นแต่เพียงการทดลองยังไม่มีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาเปรียบเทียบ การวิจัยฉบับนี้จะเป็นการศึกษาปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในขั้นแรกจะเป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นจะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการทดลองกับค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการคำนวณ โดยในการทดลองจะใช้แสงอาทิตย์และแสงอาทิตย์เทียมที่ได้จากหลอดไฟเป็นแหล่งให้พลังงานกับปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

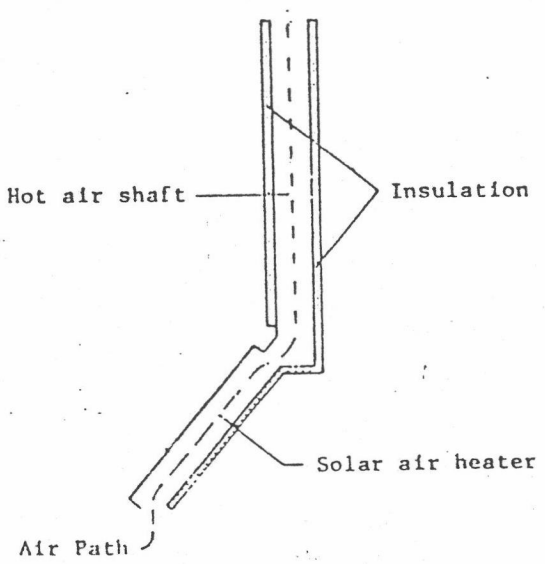
<u>การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

E.L. Marse (1880) ได้คิดค้นและเสนอให้ใช้ Trombe wall เพื่อช่วยในการทำความร้อนและระบายอากาศภายในอาคาร อาคารที่รู้จักกันดีในสหรัฐอเมริกาที่ใช้ Trombe wall ช่วยในการทำให้อากาศร้อนเพื่อให้ความอบอุ่น คือ Kelbaugh (1976)



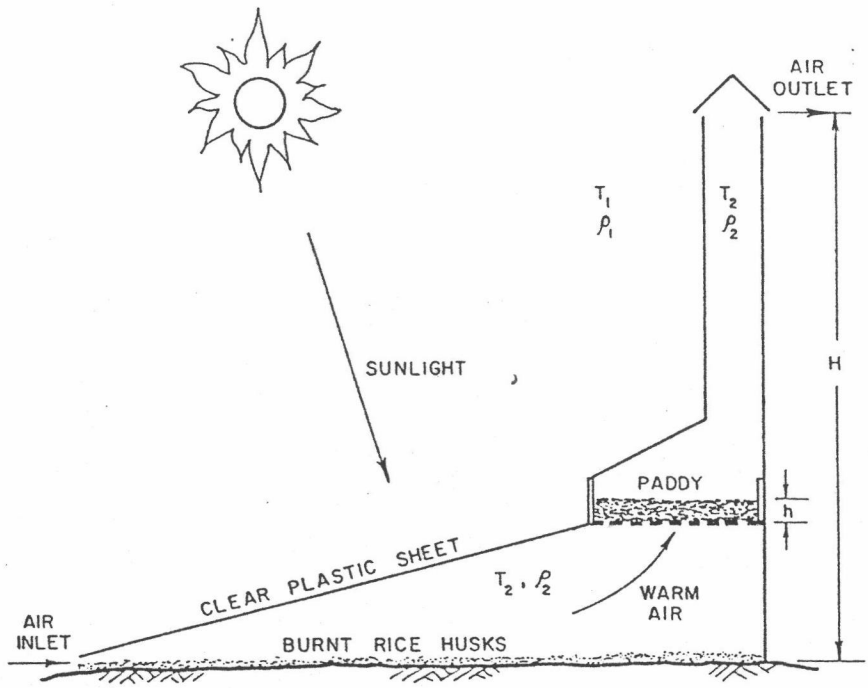
รูปที่ 1.1 แสดงรูปแบบการทำความร้อนโดยการไหลผ่านภายในอาคาร Kelbaugh

Haisley (1980) ได้เสนอความคิดและได้อธิบายหลักการเคลื่อนที่ของอากาศในปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ในการถ่ายเทความร้อนออกจากตัวอาคาร โดยปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้มีส่วนประกอบ 2 ส่วน (รูปที่ 1.2) คือ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (solar air heater) กับปล่องอากาศแนวดิ่งที่หุ้มฉนวนโดยรอบ (hot air shaft) การนำมาประกอบกันเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการไหลของมวลอากาศ



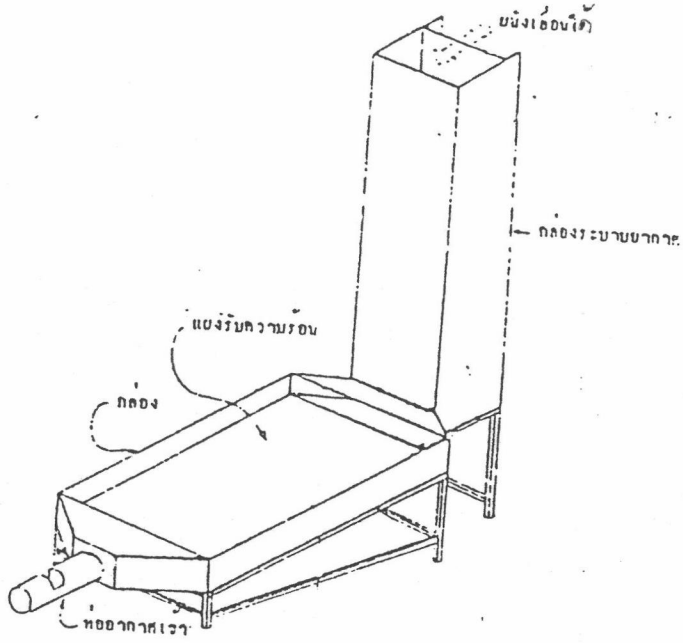
รูปที่ 1.2 แสดงภาพตัดของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ ที่เสนอโดย Haisley

Exell R.H.B (1980) ได้เสนอแนะให้นำปล่องอากาศแนวดิ่งที่หุ้มฉนวนโดยรอบ มาติดตั้งเพิ่มกับเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยย่นระยะเวลาในการอบข้าว



รูปที่ 1.3 แสดงภาพตัดของเครื่องอบข้าวพลังงานแสงอาทิตย์
ที่ติดตั้งปล่องแนวดิ่งเพิ่มเข้าไป (Exell 1980)

สุทธิรัตน์ (2523) ได้ทำการทดลองเรื่อง อิทธิพลของช่องลมต่ออากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์ โดยหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วและอุณหภูมิของอากาศ เมื่อแผงรับความร้อนมีขนาดช่องลมทางเข้าและพื้นที่หน้าตัดกับระดับความสูงของปล่องมีขนาดต่างกัน แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ มีลักษณะเช่นเดียวกับแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบวางทำมุม 10 องศากับแนวราบ ที่ช่องลมทางออกของแผงรับแสงต่อปล่องอากาศแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถปรับความสูงและพื้นที่หน้าตัดได้เป็นช่วงๆ (รูปที่ 1.4) และใช้ขดลวดไฟฟ้าให้ความร้อนแทนแสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่า ขณะที่แผ่นรับความร้อนมีอุณหภูมิคงที่การเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องลมทางเข้ามีผลทำให้อัตราการไหลของอากาศต่อหนึ่งหน่วยการเปลี่ยนระดับความสูงของปล่อง มีค่าสูงขึ้นด้วย ความเร็วของอากาศจะมีค่าสูงสุดที่พื้นที่ทางออกของปล่องเพียงค่าเดียวเท่านั้น ไม่ว่าความสูงของปล่องหรืออุณหภูมิของแผ่นรับความร้อนจะมีค่าคงที่อยู่ที่จุดใดก็ตาม และพื้นที่ทางออกที่ให้ความเร็วสูงสุดนี้ จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของช่องอากาศทางเข้า

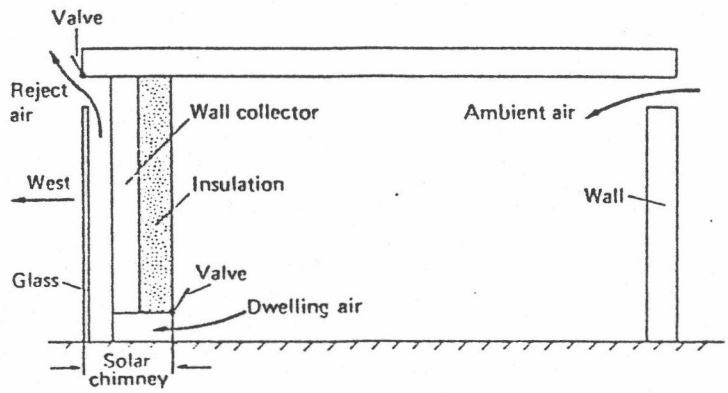


รูปที่ 1.4 แสดงแบบจำลองการระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของ
สุทธิรัตน์ สุวรรณจรัส

ไพวัลย์ และ จุลละพงศ์ (2523) ได้ทดลองเปรียบเทียบการแผ่กระจายของอุณหภูมิภายในกล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีฉนวนและไม่มีฉนวน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องมีฉนวนสูงกว่ากล่องที่ไม่มีฉนวนอยู่ร้อยละ 6.5 ถึง 20.1 ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับขนาดช่องลม โดยเมื่อช่องลมขนาดเล็ก อุณหภูมิภายในกล่องจะสูง และเมื่อช่องลมขนาดใหญ่ อุณหภูมิจะต่ำ หรืออธิบายโดยเชิงทฤษฎี การที่ช่องลมมีขนาดเล็ก ปริมาณการสูญเสียความร้อนโดยการพาจะลดน้อยลง ในขณะที่การสูญเสียโดยการนำมีปริมาณมากขึ้น (จากการที่อุณหภูมิภายในกล่องสูงขึ้น) ดังนั้น เมื่อลดปริมาณลมออก อุณหภูมิภายในกล่องย่อมมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเทียบระหว่างกล่องที่มีฉนวนกับไม่มีฉนวน กล่องที่มีฉนวนจะถ่ายเทความร้อนโดยการนำสู่บรรยากาศ ได้น้อยกว่ากล่องที่ไม่มีฉนวน ซึ่งเป็นผลให้มีอุณหภูมิสูงกว่า

Zrikem and Bilgen (1987) ได้ทำการศึกษาและทดลองการระบายอากาศภายในอาคารโดยติดตั้งปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ ไว้ทางด้านตะวันตกของตัวอาคาร (รูปที่ 1.5) ส่วนประกอบมีกระจก แผงสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ ฉนวน วาวล์ที่ทางเข้าและออก หลักการทำงานคือ ช่วงเย็นดวงอาทิตย์จะส่องอาคารทางด้านตะวันตก ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์นี้ก็จะรับพลังงานความร้อน

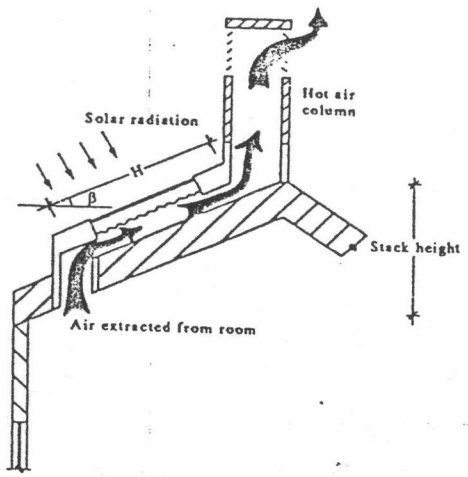
จากดวงอาทิตย์เก็บสะสมไว้ ปิดวาวล์ที่ทางเข้าและออก ช่วงกลางคืนเมื่ออุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคารเล็กน้อยก็จะเปิดวาวล์ อากาศภายในปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศแวดล้อม ก็จะลอยตัวออกนอกอาคาร ขณะเดียวกันก็จะดึงเอาอากาศภายในอาคารเข้าไปในปล่อง จากการทดลองพบว่าเมื่อติดตั้งปล่องพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารลงได้ 5°C Zrikem and Bilgen แนะนำว่า ควรใช้แผงสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 0.1 m และพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์เทียบกับปริมาตรอาคารควรจะเป็น 1/8 - 1/4 เท่า



รูปที่ 1.5 แสดงแบบจำลองอาคารที่ติดตั้งปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

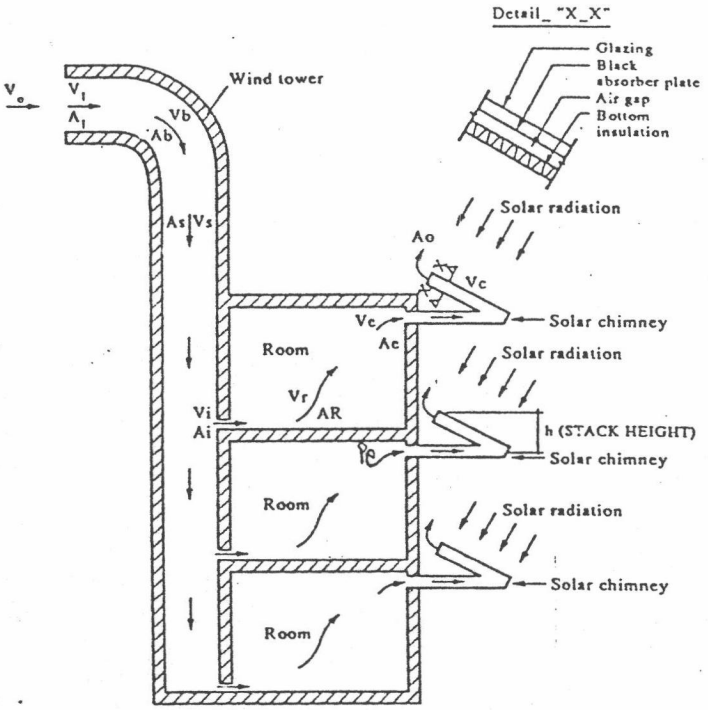
(Zrikem and Bilgen)

Bansal , Mathur and Bhandari (1993) ได้ศึกษาการนำปล่องพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการระบายอากาศภายในอาคาร (รูป 1.6) โดยมีพื้นที่รับแสงของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ 2.25 m^2 ขนาดช่องอากาศ 15 cm ระบายอากาศออกจากห้องขนาด 4x4x4 m^3 จากการคำนวณโดยการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิแวดล้อม 24-36°C ค่าความเข้มแสง 200-1000 w/m^2 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางเข้าและออกของปล่อง 0.5-0.8 พบว่าสามารถระบายอากาศภายในอาคารได้ 125-325 m^3/hr.



รูปที่ 1.6 แสดงภาพตัดของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการระบายอากาศภายในอาคาร (Bansal, Mathur and Bhandari)

Bansal, Mathur and Bhandari(1994) ได้ศึกษาการนำปล่องลม (wind tower) มาใช้ในการระบายอากาศภายในอาคารโดยติดตั้งปล่องพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศ (รูปที่ 1.7) จากการคำนวณโดยใช้พื้นที่ทางเข้าของปล่องลม(wind tower) 2 m^2 พื้นที่รับแสงของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ 2x1.5 m^2 ขนาดช่องอากาศของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ 0.15 m ระบายอากาศออกจากห้องขนาด 4x4x4 m^3 เปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง 100-400 w/m^2 อุณหภูมิแวดล้อม 24-33°C พบว่า สามารถระบายอากาศภายในอาคารได้ 0.3-1.63 kg/s



รูปที่ 1.7 แสดงแบบจำลองที่นำปล่องพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งเพิ่มกับปล่องลม (wind tower) เพื่อใช้ในการระบายอากาศภายในอาคาร (Bansal, Mathur and Bhandari)

<u>วัตถุประสงค์ของงานวิจัย</u>

1. เพื่อศึกษาอัตราการไหลของอากาศที่มีการถ่ายเทมวลอากาศโดยธรรมชาติผ่านท่อที่มีพลังงานความร้อนตกบนผิวนอก ที่ความเข้มแสงต่างๆกัน
2. เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของมวลอากาศที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่าที่ได้จากการทดลอง

<u>ขอบเขตของงานวิจัย</u>

1. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณค่าอัตราการไหลของมวลอากาศที่มีการถ่ายเทโดยธรรมชาติผ่านท่อที่มีพลังงานความร้อนตกบนผิวนอก
2. ช่วงความเข้มแสงที่ใช้ทดลอง 0-3,000 w/m^2 โดยการทดลองภายในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้แสงอาทิตย์เทียมที่ได้จากหลอดไฟ (ความเข้มแสงมากกว่า 1,000 w/m^2) และการทดลองภายนอกห้องปฏิบัติการซึ่งใช้แสงจากดวงอาทิตย์ ความเข้มแสงอยู่ในช่วง 0-1,000 w/m^2
3. สร้างและทดสอบแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์เทียมกับปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

4. สร้างโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ

5. ศึกษาอัตราการถ่ายเทมวลอากาศในปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งปล่องอากาศแนวดิ่ง โดยแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นปล่องสี่เหลี่ยมที่มีด้านหนึ่งรับแสงและอีกด้านหนึ่งหุ้มฉนวน ปล่องอากาศแนวดิ่งจะเป็นปล่องสี่เหลี่ยมที่หุ้มฉนวนโดยรอบ

<u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1. ได้ข้อมูลที่ทำให้ทราบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของอากาศภายในปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ได้

2. นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการออกแบบหาขนาดพื้นที่ของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ค่าอัตราการไหลต่าง ๆ

3. ได้ทราบปัญหาจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ทราบแนวทางสำหรับการปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไป

<u>ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย</u>

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

2. เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

3. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการหาค่าอัตราการถ่ายเทมวลอากาศโดยธรรมชาติ

4. สร้างอุปกรณ์ปล่องพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการทดลอง

5. ศึกษาและออกแบบแหล่งกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์เทียม

6. ทำการทดลองภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการโดยวัดค่าอุณหภูมิและความเร็วของอากาศภายในปล่องพลังงานแสงอาทิตย์

7. เปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ได้จากการทดลอง

8. สรุปผลการวิจัย

9. ตีพิมพ์และเผยแพร่