การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย

มาลินี ศรีสุวรรณ

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น ซึ่งอากาศโดยทั่วไปจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี ทิศทางกระแสลมที่เข้าสู่อาคารมีส่วนสำคัญในการระบายอากาศ โดยเฉพาะสำหรับอาคารที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศจำเป็นต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิธีธรรมชาติโดยให้ลมพัดผ่านเข้ามาในอาคารได้มากสุด เพื่อช่วยลดความร้อนและความชื้นในอาคารเป็นการช่วยให้เกิดสภาวะสบายแก่ผู้อยู่อาศัย ฉะนั้นการศึกษาถึงทิศทางกระแสลมในการเจาะช่องเปิดที่ผนังจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งนอกจากจะช่วยให้เกิดสภาวะสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัยแล้วยังเป็นการช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารโดยการไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ หรือใช้น้อยที่สุด โดยอาศัยการระบายอากาศจากกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดที่ผนังอาคารในรูปแบบต่างๆให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษาทิศทางกระแสลมที่เข้าสู่อาคาร กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารที่มีขนาด จำนวน และตำแหน่งที่แตกต่างกัน
- เพื่อศึกษาเปรียบเทียบทิศทางกระแสลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆ ที่ผนังอาคารกับการกั้นห้องภายในอาคาร
- เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารที่สัมพันธ์กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆที่ผนังอาคาร กับการกั้นห้องภายในอาคาร

วิธีการวิจัย

ใช้กระบวนการการวิจัยโดยการทดลองด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ ผนวกกับการศึกษาจากเอกสารทุติยภูมิ เพื่อนำมาวิเคราะห์ สรุปผลตามขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- ศึกษารายละเอียดข้อมูลเอกสารอ้างอิง และการทดลองที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดกลุ่มข้อมูลต่างๆ และกำหนดแนวทางในการดำเนินการ
- ศึกษาวิเคราะห์รูปแบบการเจาะช่องเปิด กับผนังของอาคารในรูปแบบต่างๆกัน
- จัดทำแบบ และหุ่นจำลองที่ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงทิศทางลม และปริมาณกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิด ตามที่กำหนดไว้ตามผังและรูปตัดของอาคาร
- ดำเนินการทดลอง โดยใช้เครื่อง FLOW VISUALISATION APPARATUS
- ถ่ายรูปผลการทดลอง และนำมาวิเคราะห์ วิจัย เพื่อสรุปผลและเสนอแนะ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยครอบคลุมถึงการวิเคราะห์วิจัยจากผลการทดลองจากแบบและหุ่นถึงเรื่องต่างๆดังนี้

- ความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับช่องเปิดรูปแบบต่างๆ สำหรับห้องที่ไม่มีผนังกั้นภายใน
- ความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆ สำหรับอาคารที่มีการกั้นผนังภายในส่วนของผัง
- ความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆสำหรับอาคารที่มีการกั้นผนังภายในส่วนของรูปตัด
- เปรียบเทียบปริมาณของกระแสลม จากผลการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- โต๊ะน้ำ (FLOW VISUALISATION APPARATUS) รุ่น H14 MK II ของ Tec Equipment Ltd. , Nottingham , England
- เครื่องมือเครื่องใช้ในการทำหุ่นจำลองเพื่อใช้ในการทดลองกับโต๊ะน้ำ
- กล้องถ่ายภาพและกล้องวีดีโอ เพื่อบันทึกภาพผลการทดลอง นำมาใช้ในการวิเคราะห์ วิจัย
- เครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ TA5 Anemometer Thermometer ของ Airflow Developments Limited. ซึ่งมีลักษณะเป็น Hot Wire
- คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการทำกราฟฟิคและรายงาน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- เพิ่มพูนข้อมูลการศึกษาในเรื่องทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดต่างๆที่ผนังอาคาร รวมถึงความ

สัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม และปริมาณกระแสลมจากการกั้นผนังภายในอาคาร

- มีเอกสารทางวิชาการจากผลของการทดลอง และวิเคราะห์วิจัย

เพื่อใช้ในการเรียนการสอนสำหรับวิชา ที่เกี่ยวข้อง

- ได้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและขนาดของช่องเปิดต่างๆ ที่สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลม

ซึ่งสามารถนำไป ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมให้เหมาะสมกับภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น

- กระตุ้นให้นักศึกษา สถาปนิก ประชาชนผู้สนใจทั่วไป สำนึกถึงการออกแบบอาคาร

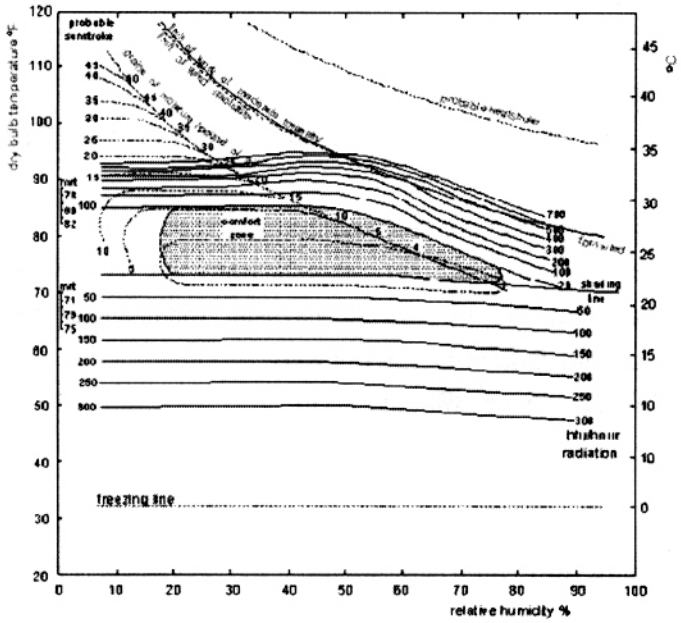
โดยการใช้การ ระบายอากาศตามธรรมชาติ เพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร

ผลที่ได้จากการศึกษาและทดลอง

จากการศึกษา วิเคราะห์ วิจัย และทดลอง เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทยในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ข้อสรุปดังนี้

- **การกำหนดขอบเขตของเขตสบาย** (Comfort Zone) **ของประเทศไทย**

จากสภาพภูมิศาสตร์และภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ใกล้เขตเส้นศูนย์สูตรโดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงเกือบตลอดปีนั้น เมื่อวิเคราะห์จากการศึกษาของ Victor Olgyay ผนวกกับการศึกษาอื่น ๆ ทำให้ได้ข้อสรุปซึ่งเป็นช่วงกว้างๆของเขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทยที่อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 20-75 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมค่อนข้างสงบ, อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบมีค่าเท่ากัน, การแต่งกายเป็นแบบลำลองและทำกิจกรรมเบาๆ และเมื่อสภาวะอากาศอยู่นอกขอบเขตสบายนี้โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สูงกว่าที่กำหนด ก็สามารถใช้กระแสลมที่มีความเร็วที่เหมาะสมมาช่วยให้อยู่ในเขตสบายได้



Bioclimatic Chart ของกรุงเทพฯ ที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ[1]

ที่มา:Research by The Center for Tropical and Near Eastern Architecture Pratt Institute,Brooklyn,New York.1967-1968

- **การใช้กระแสลมเพื่อช่วยให้ผู้อยู่ในอาคารพบกับสภาวะอากาศที่สบายหรืออยู่ในเขตสบายได้**

ควรที่จะต้องศึกษาถึงทิศทางการไหลของกระแสลมซึ่งกระแสลมนั้นเกิดจากการเคลื่อนไหวของอากาศ โดยอากาศจะเคลื่อนที่เมื่อเกิดความแตกต่างของความกดอากาศและความแตกต่างของอุณหภูมิ ฉะนั้น หากทำให้อากาศในอาคารเกิดการเคลื่อนไหว ก็จะสามารถทำให้เกิดการถ่ายเท หรือการระบายอากาศได้ โดยกระแสลมที่เข้าสู่อาคารจะพัดพาเอาอากาศเก่าออกไปและนำอากาสใหม่เข้ามาแทนที่เป็นการช่วยลดความร้อนและความชื้นในอาคาร และหากพัดผ่านตัวผู้อาศัยก็จะทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลงจากลมที่พัดผ่านได้โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริง 0.4 องศาเซนติเกรดเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร/ชั่วโมงหรือ 0.25 เมตร/วินาที โดยเฉพาะลมจะช่วยในการระเหยของเหงื่อทำให้เกิดความรู้สึกเย็นลง โดยอุณหภูมิมิได้ลดลง ฉะนั้นในการที่จะให้กระแสลมไหลเวียนได้มากจึงต้องศึกษาถึงทิศทางของกระแสลมที่จะเข้าสู่ช่องเปิดทางเข้าและทางออกของอาคารให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้กระแสลมไหลเวียนเกิดการระบายอากาศได้ดี

- **ในการศึกษาถึงทิศทางของกระแสลม และคุณลักษณะของลมเด่นเพื่อกำหนดทิศทางในการวางอาคารและช่องเปิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับกระแสลมมากสุดนั้น**

ได้ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทำการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการคำนวนทางสถิติ ทำให้ได้ข้อสรุปของทิศทางและคุณลักษณะของลมเด่นซึ่งเป็นข้อมูลในภาพรวมของภาคนั้นๆ ทำให้ทราบถึงทิศทางของกระแสลมและคุณลักษณะของลมเด่นของแต่ละภาคที่แบ่งเป็น 6 ภาคได้ ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลของ 9 จังหวัดที่เป็นตัวแทนภาคหากต้องการข้อมูลเฉพาะ และรายละเอียดยิ่งขึ้น สำหรับจังหวัดอื่นๆก็ต้องทำการศึกษาจากข้อมูล อากาศเฉพาะของจังหวัดนั้น ๆ เพิ่มเติม แต่สิ่งที่เหมือนกันสำหรับทุกจังหวัดที่เป็นตัวแทนของภาคจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอัตราความเร็วลมในช่วงกลางวันจะสูงและมีปริมาณมากกว่าเวลากลางคืน

เกณฑ์ในการพิจารณากำหนดจังหวัดที่ใช้เป็นตัวแทนของภาค มีหลักเกณฑ์ตามขั้นตอน ดังนี้

- ต้องเป็นจังหวัดที่มีการบันทึกข้อมูลครบถ้วนตั้งแต่ปี ค.ศ.1966
- ต้องเป็นจังหวัดที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ไม่ซ้ำกันในแต่ละภาค
- ต้องเป็นจังหวัดที่มีประชากรเป็นจำนวนมากเป็นอันดับต้นของภาค
- ต้องเป็นจังหวัดศูนย์กลางด้านเศรษฐกิจ สังคม การศึกษา และวัฒนธรรม

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวจังหวัดที่เป็นตัวแทนในการศึกษาของแต่ละภูมิภาคเป็นดังตารางด้านล่าง

ภาคเหนือ	จังหวัดเชียงใหม่
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	จังหวัดขอนแก่น
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	จังหวัดนครราชสีมา
ภาคกลางตอนบน	จังหวัดนครสวรรค์
ภาคกลาง	กรุงเทพมหานคร
ภาคตะวันออก	จังหวัดจันทบุรี
ภาคตะวันตก	จังหวัดกาญจนบุรี
ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	จังหวัดสงขลา
ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	จังหวัดภูเก็ต

ตารางแสดงจังหวัดที่เป็นตัวแทนข้อมูลในการศึกษา

จากการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศตามช่วงเวลาของจังหวัดที่เป็นตัวแทนภาค สรุปได้ ดังตารางด้านล่าง

จังหวัด	ช่วงอุณหภูมิอยู่ในเดือน			ช่วงความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเดือน			ความเร็วลม				ทิศทางลมเด่น
	< 22 °C	22-29 °C	> 29 °C	< 20%	20-75%	> 75%	เฉลี่ย (m/s)	%	กลางวัน (m/s)	กลางคืน (m/s)	
จังหวัดเชียงใหม่	ม.ค.,ธ.ค.	ก.พ.-ธ.ค.	เม.ย.-มิ.ย.	-	ม.ค.-มิ.ย. พ.ย.-ธ.ค.	มิ.ย.-พ.ย.	0.347	24.26	1.72	1.4	ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศใต้และทิศเหนือ
จังหวัดขอนแก่น	-	ม.ค.-ธ.ค.	มี.ค.-ก.ค.	-	ม.ค.-มิ.ย. ต.ค.-ธ.ค.	เม.ย.-ธ.ค.	0.14	23.27	0.97	0.22	ทิศตะวันตกเฉียงใต้
จังหวัดนครราชสีมา	-	ม.ค.-ธ.ค.	มี.ค.-ก.ค.	-	ม.ค.-ส.ค. ต.ค.-ธ.ค.	พ.ค.-พ.ย.	0.2	23.31	1.03	0.34	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้
จังหวัดนครสวรรค์	-	ม.ค.-ก.พ. พ.ค.-ธ.ค.	ก.พ.-ก.ค.	-	ม.ค.-ก.ค. พ.ย.-ธ.ค.	พ.ค.-พ.ย.	0.44	36.15	0.96	0.67	ทิศใต้
กรุงเทพมหานคร	-	ม.ค.-มี.ค. มิ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ส.ค. ต.ค.,ธ.ค.	-	ม.ค.-ส.ค. ต.ค.-ธ.ค.	ก.พ.-ต.ค. ธ.ค.	0.52-0.62	37.44	1-2	0-1	ทิศใต้
จังหวัดจันทบุรี	-	ม.ค.-ธ.ค.	มี.ค.-พ.ค.	-	ม.ค.-มี.ค. พ.ย.-ธ.ค.	ก.พ.-พ.ย.	0.1	33.82	0.8	0.29	ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
จังหวัดกาญจนบุรี	-	ม.ค.-ก.พ. พ.ค.-ธ.ค.	ก.พ.-ส.ค.	-	ม.ค.-ส.ค. พ.ย.-ธ.ค.	มิ.ย.-พ.ย.	0.08	16.68	0.88	0.27	ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกเฉียงใต้
จังหวัดสงขลา	-	ม.ค.-มี.ค. พ.ค.-ธ.ค.	ก.พ.-ก.ค.	-	ม.ค.-ก.ย.	ม.ค.-ธ.ค.	0.28	20.67	2.13	1.34	ทิศตะวันตก ทิศตะวันออก และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
จังหวัดภูเก็ต	-	ม.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-พ.ค.	-	ม.ค.-พ.ค. ธ.ค.	เม.ย.-ธ.ค.	0.29	26.47	1.75	0.45	ทิศตะวันตก

ตารางสรุปข้อมูลแต่ละจังหวัดที่ทำการศึกษา

*หมายเหตุ 1. ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)และเปอร์เซนต์ เป็นความเร็วลมเฉลี่ยของทุกทิศทางลมเด่นที่สุ
2.ทิศทางลมเด่นเรียงตามลำดับจากความเร็วลมเฉลี่ยมากไปน้อย
3.ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)กลางวันและกลางคืนเป็นความเร็วลมเฉลี่ยทุกทิศทาง

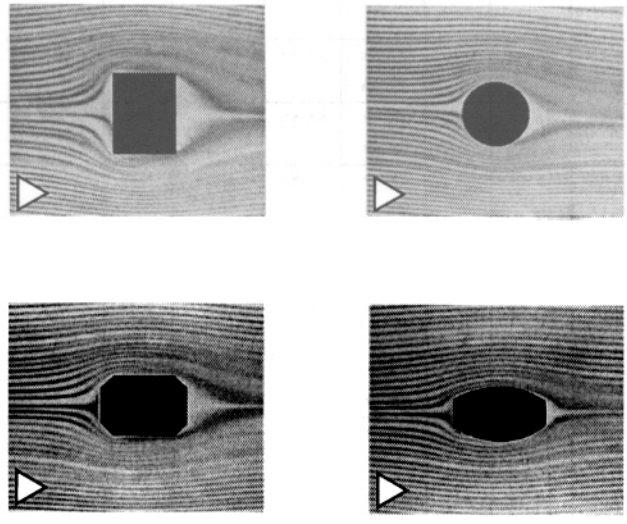
- **เมื่อทราบถึงทิศทางและคุณลักษณะของลมเด่นที่เข้าสู่ตัวอาคารแล้ว**

เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมเพื่อช่วยให้สภาวะอากาศอยู่ในเขตสบายมากขึ้น จึงได้ทำการศึกษาถึงวิธีการและปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดการเบี่ยงเบน และการพัดพาของกระแสลมจาก

- รูปทรงอาคาร
- ตำแหน่งช่องเปิด
- ขนาดและจำนวนช่องเปิด
- ความเร็วลมภายในห้องและทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิด
- แนวทิศทางการไหลเวียนของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกกระแสลม
- ชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมภายในห้อง
- การใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม
- ระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน
- ระยะห่างระหว่างอาคาร
- การระบายอากาศทางปล่อง

จากนั้นได้ทำหุ่นจำลองในส่วนของผังและรูปตัดตามรูปแบบที่กำหนดในแต่ละหัวข้อและนำมาทดลองกับโต๊ะน้ำ(Flow Visualisation Apparatus)ซึ่งมีความเร็วของน้ำประมาณ 0.1เมตร/วินาที และทำการถ่ายภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์ ถึงผลจากการทดลองที่เป็นลักษณะ2 มิตินี้ ซึ่งจะทำให้เห็นภาพความสัมพันธ์ของทิศทางของกระแสลมที่แทนด้วยเส้นน้ำด่างทับทิมเข้าสู่ช่องเปิดทางเข้าสู่ช่องเปิดทางออกของห้อง ที่มีรูปแบบต่างๆได้อย่างชัดเจนเมื่อนำข้อมูลจากการศึกษาในเบื้องต้นและจากผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาข้อสรุปและ เสนอแนะซึ่งบทสรุปที่ได้เป็นดังนี้

1.รูปทรงอาคาร



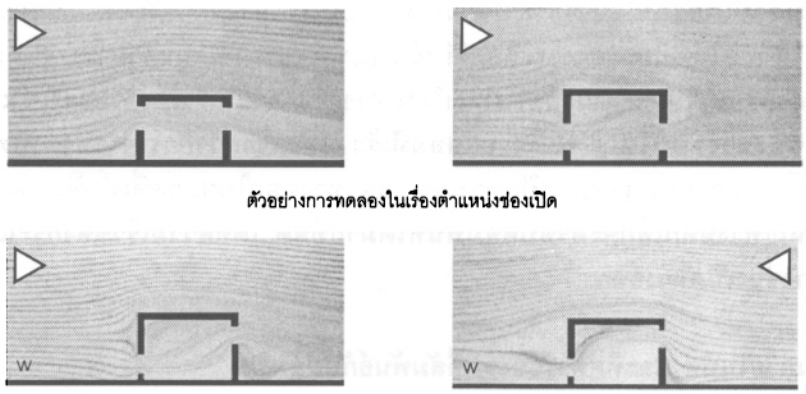
ในการเลือกรูปทรงอาคารให้สามารถรับกระแสลมได้ดีควรเลือกรูปทรงที่มีพื้นที่รับกระแสลมได้มากและถ่ายเทออกได้สะดวกซึ่งจากการวิเคราะห์สัดส่วนของรูปทรงอาคารเปรียบเทียบระหว่างรูปด้านสกัด

และรูปด้านตามยาวของ Victor Olgyay จะได้ว่า **รูปทรงของอาคารในเขตร้อนชื้นควรเป็น** 1: 3 นั้นคือ **ควรหันรูปด้านตามยาวเป็นด้านที่รับกระแสลมที่มามากที่สุดในแต่ละปี** ซึ่งในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นกระแสลมทางด้านทิศใต้ (ยกเว้นหน้าหนาวที่มาทางทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่)

ส่วนภายในอาคาร **การที่จะทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสลมได้ดีก็ควรจะให้มีช่องเปิดทางเข้าและทางออกของกระแสลมไม่น้อยเกินไป** และภายในไม่ควรให้มีเหลี่ยมมุมมากเกินไป เพราะจะทำให้การไหลเวียนของกระแสลมทำได้ไม่สะดวก

รูปทรงภายนอกจะทำให้กระแสลมที่มาปะทะเปลี่ยนทิศทางได้ ดังนั้นกรณีที่รูปทรงอาคารค่อนข้างจะเป็นลักษณะของกลุ่มอาคารจะต้องคำนึงถึง ลำดับก่อนหลังของมวลอาคาร ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากกระแสลมในทุกทิศทุกทางต่าง ๆ กัน และบางครั้งรูปทรงอาคารอาจทำให้เกิดการนำพาความร้อนจากภายนอกอาคารหรือผิวของอาคารเข้ามาภายในด้วย ในการออกแบบจึงควรคำนึงถึงการ ลำดับมวลและรูปทรงอาคารด้วย

2. **ตำแหน่งช่องเปิด**



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องตำแหน่งช่องเปิด

ควรให้ตำแหน่งช่องเปิดโดยเฉพาะช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่ กระแสลมพัดผ่านเป็นประจำ และควรคำนึงถึงแนวทิศทางกระแสลมที่จะนำเอากลิ่น และควันต่างๆเข้ามาภายในอาคารด้วย

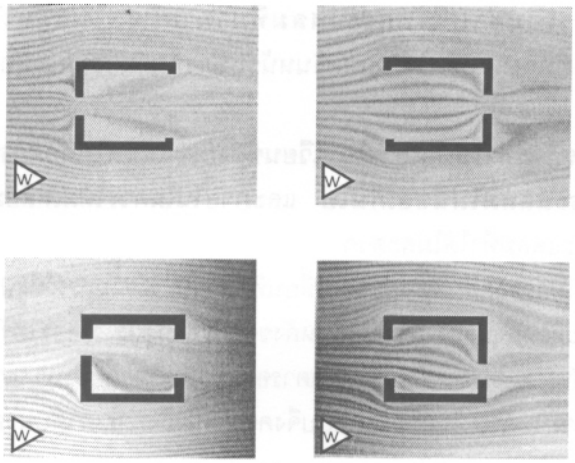
ควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกในผนังเพียงด้านเดียว เพราะการเจาะช่องเปิดเพียงด้านเดียวถึงแม้จะเป็นในทิศทางที่กระแสลมพัดมาเป็นประจำ กระแสลมก็จะไม่เข้าไปภายในอาคารหรือเข้าไปแค่เพียงบริเวณ ใกล้ช่องเปิดเท่านั้นสาเหตุก็เนื่องมาจากความกดอากาศสูงภายในห้องนั้นเอง

ควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาคารข้างเคียง เพราะกระแสลมจะไม่สามารถเข้าถึงภายในอาคารได้สะดวก หรือถ้าเข้ามาภายในอาคารก็จะเป็นปริมาณที่น้อย

ควรเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับระดับร่างกาย (Body Zone) ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุด คือเจาะช่องเปิดทางเข้าให้อยู่ในระดับร่างกายและช่องทางออกให้อยู่ระดับเหนือร่างกาย เพราะอากาศจะไหลเวียนได้ดีพร้อมกับดึงความร้อนบริเวณเหนือร่างกาย (ฝ้าเพดาน) ออกไปจากอาคาร การที่ความร้อนสะสมอยู่บริเวณฝ้าเพดานก็เนื่องจากอากาศร้อนลอยตัวขึ้นที่สูงและความร้อนจากหลังคาที่ลงสู่ฝ้าเพดาน

นอกจากนี้จะต้องพิจารณาตำแหน่งจากองค์ประกอบอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่นชนิดและขนาดของกันสาด การแบ่งกั้นผนังภายในอาคาร ตำแหน่งการวางเฟอร์นิเจอร์ ลักษณะและชนิดของช่องเปิด รวมถึงรูปทรงอาคารตามที่ได้กล่าวไปแล้ว

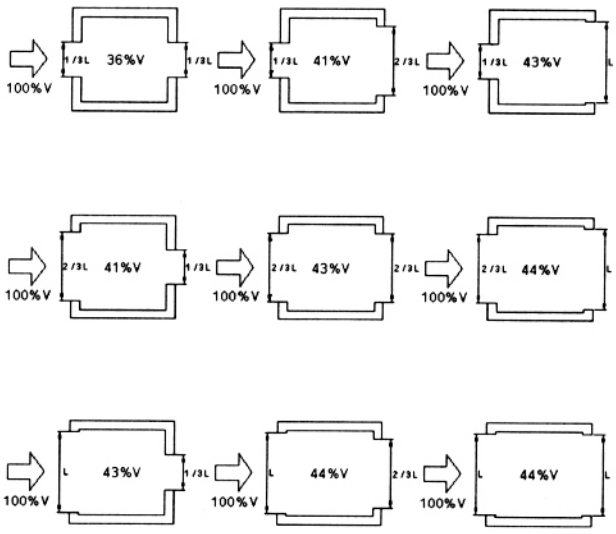
3.ขนาดและจำนวนช่องเปิด



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องขนาดและจำนวนช่องเปิด

ขนาดและจำนวนช่องเปิด จะไม่เกิดผลกับการไหลเวียนของกระแสลม ถ้าช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ในด้านเดียวกัน ไม่ว่าอาคารจะมีรูปทรงแบบใด ถ้าอาคารมีช่องเปิดทางเข้าและทางออกยิ่งมากก็ยิ่งทำให้ การไหลเวียนของกระแสลมดียิ่งขึ้น ขนาดของช่องเปิดนั้นสามารถควบคุมความเร็วและความแรงของกระแสลมได้ ซึ่งจะส่งผลถึงการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารด้วย**การเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็ก ช่องทางออกใหญ่ จะมีกระแสลมที่เร็ว และแรงกว่าการเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ช่องทางออกเล็ก และการเจาะช่องเปิดทางเข้า และทางออกในขนาดที่เท่ากัน แต่การเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ทางออกเล็กจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุด โดยความเร็วของกระแสลมจะลดลงบริเวณปากทางช่องเปิดทางออก**

4. ความเร็วลมภายในห้องและทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิด



ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องที่มี cross ventilation

ความเร็วของกระแสลมภายในห้องที่มีการเจาะช่องเปิดที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีความเร็วมากกว่าแบบช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกันความเร็วของกระแสลมที่ดีต้องไม่มาก และไม่น้อยจนเกินไป โดยที่ถ้ามากเกินไป จะทำให้สิ่งของภายในห้องปลิวกระจัดกระจายได้ หรือบางครั้งอาจนำฝุ่นเข้ามาภายใน

ห้องได้ง่ายส่วนถ้าน้อยเกินไปก็ทำให้การไหลเวียนของอากาศภายในห้องไม่ดี ต้องใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ช่วยเช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ

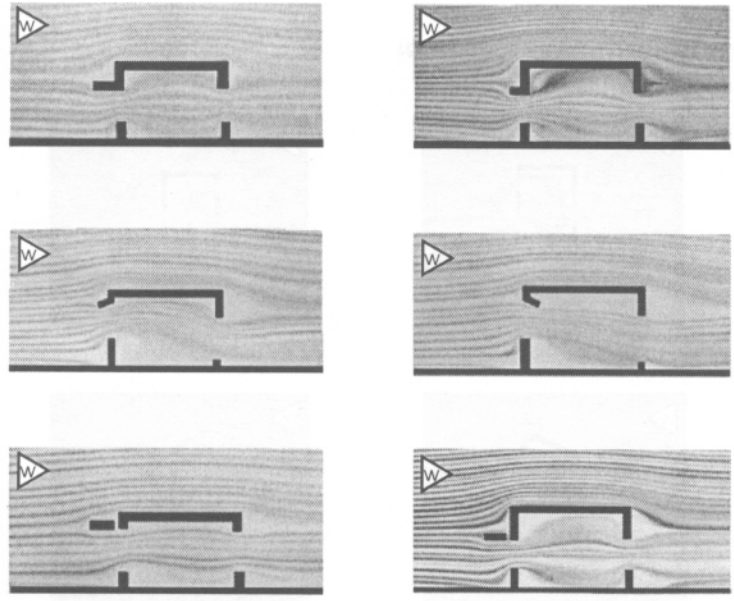
ความเร็วของกระแสลมในห้องที่มีขนาดช่องเปิดทางเข้าเล็ก และทางออกใหญ่ต่างกันมาก ๆ จะยิ่งทำให้กระแสลมมีความเร็วที่มากขึ้นจากกระแสลมที่วัดได้จากภายนอก แต่โดยส่วนใหญ่ค่าความเร็วของกระแสลมโดยเฉลี่ย (V) ภายในห้องจะต่ำกว่าภายนอกอาคารเสมอ

ทิศทางช่องเปิดควรตั้งฉากหรือทำมุมเพียงเล็กน้อยกับกระแสลมประจำปี เพื่อให้ได้รับกระแสลมได้อย่างเต็มที่

กระแสลมที่เข้ามาในช่องเปิดที่อยู่ติด ๆ กัน จะมีทิศทางเบี่ยงเบนไปจาก กรณีช่องเปิดที่อยู่ห่าง ๆ กัน อันเนื่องจากความกดอากาศที่กระทำต่อกันของกระแสลมในแต่ละช่องเปิดนั้นเอง

กระแสลมที่เข้ามาทางทิศที่ทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าจะมีความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยภายในห้องมากกว่ากระแสลมที่เข้ามาในทิศตั้งฉากกับช่องเปิด

5.แนวทิศทางการไหลเวียนของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกกระแสลม



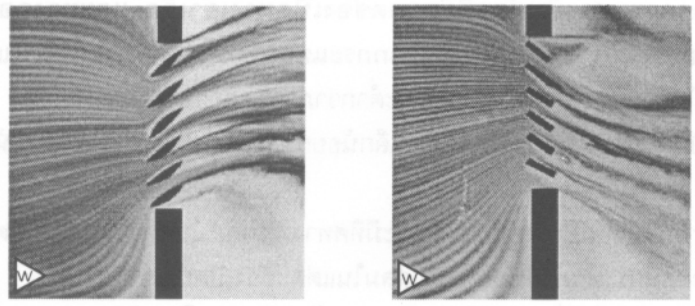
ตัวอย่างการทดลองในเรื่องแนวทิศทางการไหลเวียนของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกกระแสลม ▷

สิ่งประกอบ เช่น ต้นไม้ กันสาด สามารถช่วยเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของกระแสลมได้ เช่น กรณีเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ด้านข้างก็สามารถใช้สิ่งประกอบทางตั้งมาใช้ในทิศทางที่กระแสลมผ่านทำให้เกิดการเบี่ยงเบนเข้าไปในห้องได้ (กระแสลมที่ได้อาจมีความเร็วไม่มากนักแต่ก็นับว่าช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศดีขึ้นกว่าการไม่ใช้สิ่งประกอบเลย)

สิ่งประกอบทางตั้งและทางนอนให้ผลที่ต่างกัน โดยที่สิ่งประกอบทางตั้ง คือ ขึ้นหรือลงจากแนวเดิมของกระแสลม

สิ่งประกอบจะเกิดผลเป็นอย่างมากก็ต่อเมื่ออยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้าเป็นหลัก

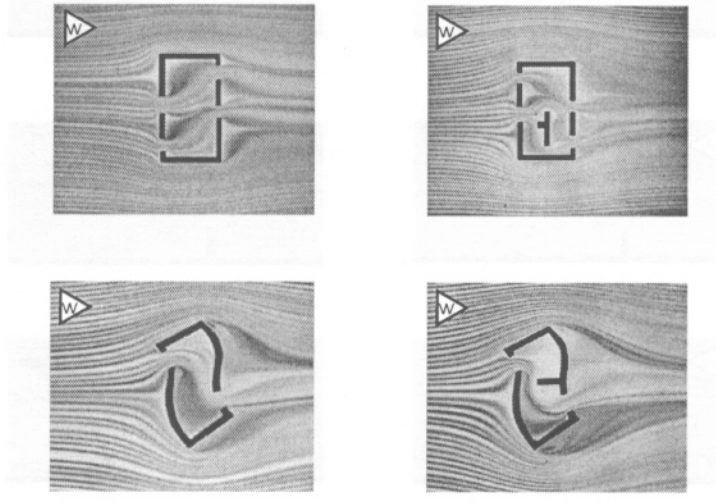
6. ชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมภายในห้อง



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมภายในห้อง

ชนิดของหน้าต่างที่เป็นบานเปิด หรือ บานเฟี้ยม จะมีผลในแง่การเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลมน้อยกว่าแบบหน้าต่างบานเกล็ดและบานกระทุ้ง ซึ่งมีผลกับทิศทางของกระแสลม ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมในแนวตั้ง (ขึ้น – ลง)

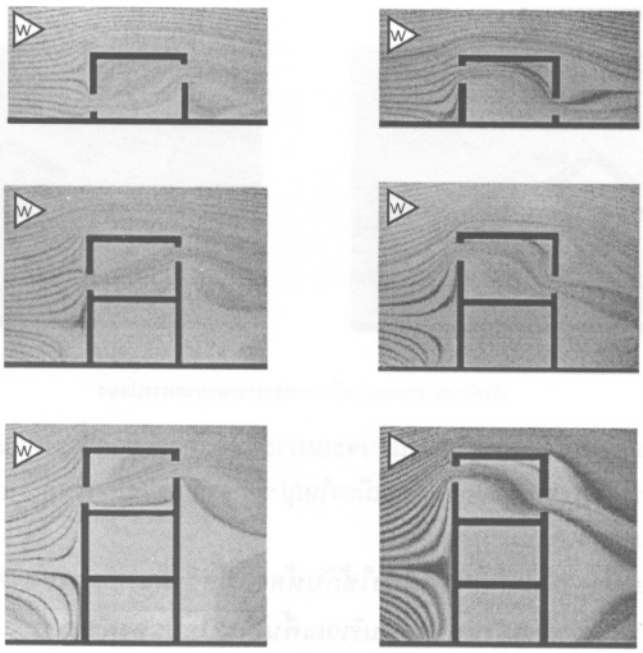
7. การใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม

ตำแหน่งผนังกั้นภายในห้องมีผลกระทบกับการไหลเวียนของกระแสลมภายในห้อง ซึ่งอาจทำให้เกิดประโยชน์ หรือเสียประโยชน์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนผนังกั้นที่ใช้ ยิ่ง**ผนังกั้นอยู่ใกล้ช่องเปิดทางเข้ามาก ก็จะเกิดผลกระทบจากการเบี่ยงเบนของกระแสลมมาก** และ กระแสลมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่จะมีความเร็วน้อยกว่ากระแสลมด้านนอกเสมอ ยิ่งถ้ามีการเบี่ยงเบนยิ่งจะมีความเร็วที่น้อยลงไปอีก ดังนั้นการกั้นผนังไม่ชนฝ้าเพดานแต่ให้เหลือพื้นที่ให้กระแสลมไหลผ่านได้ก็จะเป็นการดีในแง่การถ่ายเทอากาศมากกว่าแบบที่ผนังกั้นชนถึงเพดาน โดยเฉพาะบริเวณฝ้าเพดานมีอากาศที่ร้อนกว่าด้านล่าง การมีช่องเปิดนี้จะได้มีการถ่ายเทอากาศร้อนออกไปจากห้องได้ และ**ไม่ควรมีผนังกั้นในห้องมากจนเกินไป** เพราะจะทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้อง

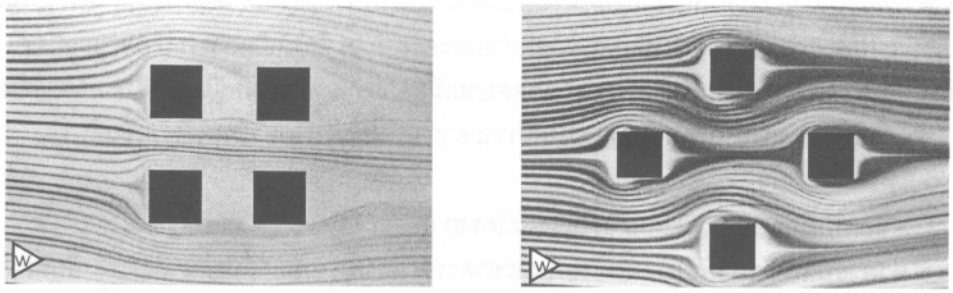
8. **ระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน**



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน

ยิ่งช่องเปิดอยู่สูงทิศทางกระแสลมก็จะเปลี่ยนไป เนื่องจากแนวผนังด้านหน้าที่กระแสลมมาปะทะเกิดแรงดันขึ้น และยิ่งสูง ความเร็วของกระแสลมด้านนอกก็จะยิ่งมากขึ้น อันจะส่งผลให้กระแสลมภายในห้องเร็วและแรงขึ้นด้วย

9. **ระยะห่างระหว่างอาคาร**



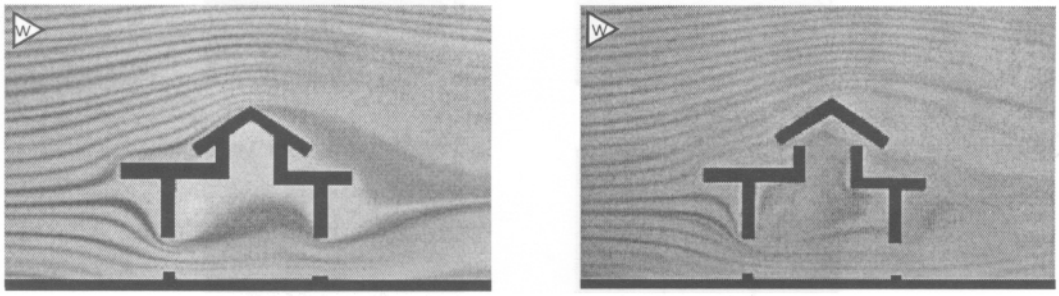
ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะห่างระหว่างอาคาร

ระยะระหว่างอาคารมีผลกับกระแสลมที่จะเข้าถึงในทุก ๆ อาคาร แตกต่างกันไปซึ่งการพิจารณาจะต้องดูปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น ตำแหน่งการวางอาคาร , ทิศทางอาคาร ,รูปทรงอาคาร, จำนวนอาคาร, ขนาดอาคาร, ความสูงของอาคารในกลุ่ม เป็นต้น

การที่ให้กระแสลมเข้าถึงในอาคารต่าง ๆ ได้ดีทุก ๆอาคาร ระยะระหว่างอาคารจะแตกต่างกันไป รวมไปถึงปัจจัยอื่นที่แตกต่างกันด้วย จะเป็นตัวกำหนดระยะระหว่างอาคาร ซึ่งในการออกแบบต้องพิจารณาควบคู่กันไป แต่ถ้าเรามีพื้นที่ให้วางอาคารค่อนข้างกว้าง

การใช้ระยะระหว่างอาคารยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้กระแสลมเข้าถึงตัวอาคารได้ดี ระยะอาคารยังส่งผลกับความแรงและความเร็วของกระแสลมของกลุ่มอาคารอีกด้วย

10. การระบายอากาศทางปล่อง



ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการระบายอากาศทางปล่อง

stack ventilation เมื่อใช้กับเขตร้อนชื้นจะเหมาะกับอาคารที่ขาดพื้นที่ด้านข้างเคียงที่จะเปิดช่องเปิดได้อย่างเพียงพอ เช่น ในเขตกรุงเทพฯ และเมืองใหญ่ ๆ ที่อาคารมักปลูกชิดกัน เนื่องจากที่ดินราคาแพง และเหตุผลด้านจำนวนประชากรที่มาก

stack ventilation **จะเกิดผลดีต้องใช้กับห้องที่มีความแตกต่างของความกดอากาศ หรืออุณหภูมิค่อนข้างมากระหว่างภายในห้องกับบริเวณพื้นที่เหนือปล่องด้านบน**

- **เพื่อให้เข้าใจถึงผลของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารกับการกั้นผนังภายในได้มากขึ้น**

จึงได้ทำการศึกษาและทดลองโดยใช้กรณีศึกษาจากโครงการขนาดเล็ก และขนาดกลาง 5 โครงการ ซึ่งแต่ละโครงการจะมีลักษณะอาคาร ตำแหน่ง ที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงการไหลเวียนของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารแต่ละทิศทาง ซึ่งจะส่งผลต่อการระบายอากาศที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งผลจากการทดลองนี้จะทำให้ได้ข้อมูล และแนวทางที่ชัดเจนขึ้นในการนำไปใช้ในการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิด และการกั้นผนังภายในเพื่อใช้ประโยชน์จากกระแสลมธรรมชาติให้เกิดการไหลถ่ายเทของอากาศ ทำให้เกิดการระบายอากาศได้ดี เป็นการช่วยให้สภาวะอากาศภายในอาคารอยู่ในเขตสบายเมื่อสภาวะอากาศไม่อยู่ในเขตสบายได้ อันจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับสภาวะอากาศในอาคารโดยวิธีกลได้มากขึ้น

ข้อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละโครงการ

1) **อาคารบ้านพักอาศัยสูง2ชั้น** ลักษณะอาคารจะมีผนังภายนอกกั้นลงมาถึงระดับพื้นที่ถม สูงขึ้นมาจากระดับถนน เป็นอาคารส่วนบุคคลโครงการจริง อาคารตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ ที่ตั้งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอาคารมาก ไม่มีปัญหาเรื่องการเจาะช่องเปิด สภาพโดยรอบเป็นที่โล่งและอาคารข้างเคียงสูง2-3ชั้น เป็นส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางเสียงและฝุ่นควัน
2) **อาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น** ลักษณะอาคารเป็นอาคารแบบ SPLIT LEVEL มีส่วนเปิดโล่ง ซึ่งมีSKY LIGHT ด้านบนในช่วงกลางอาคารเป็นอาคารส่วนบุคคลโครงการจริง อาคารตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ ที่ตั้งขนาดใหญ่กว่าตัวอาคารไม่มาก เนื่องจากอยู่ในเขตตัวเมืองทำให้ไม่สามารถเจาะช่องเปิดได้ครบทุกด้านสภาพโดยรอบมีอาคารสูง 1-3 ชั้นอยู่ข้างเคียง จำนวนอาคารข้างเคียงหนาแน่นกว่าโครงการที่ 1 มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางเสียงและฝุ่นควัน
3) **อาคารร้านค้า & พักอาศัยสูง 3 ชั้น** ลักษณะอาคารเป็นอาคารที่มีส่วนเปิดโล่งเชื่อมต่อระหว่างอาคาร 3 ชั้นและ 1 ชั้น โดยใช้หลังคาทรงจั่วเป็นอาคารส่วนบุคคลโครงการจริง อาคารตั้งอยู่ในจังหวัดเพชรบุรีที่ตั้งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอาคารพอสมควร โดยที่อาคารมีด้านหนึ่งอยู่ชิดเขตที่ดินจึงทำให้ไม่สามารถเจาะช่องเปิดในด้านนี้ได้ สภาพโดยรอบเป็นที่ โล่งและอาคารข้างเคียงสูง 1-2 ชั้นเป็นส่วนใหญ่

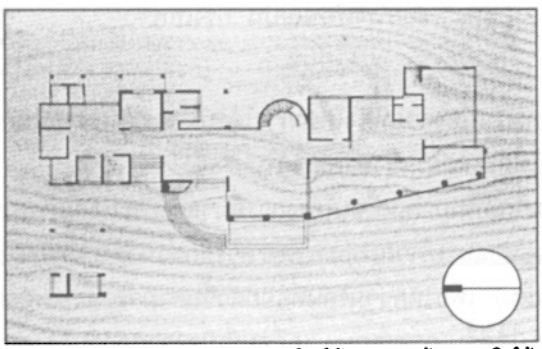
มีสภาพเป็นชนบท ไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางเสียงและฝุ่นควัน

4) **อาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น** ลักษณะอาคารจะมีใต้ถุนที่เปิดโล่งในชั้นล่างเป็นอาคารส่วนบุคคลโครงการจริงอาคารตั้งอยู่ที่ชายทะเลในจังหวัดเพชรบุรี ที่ตั้งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอาคารมากไม่มีปัญหาเรื่องการเจาะช่องเปิด (แต่ต้องคำนึงถึงอิทธิพลของลมบกลมทะเลที่มีผลกับการเจาะช่องเปิด) สภาพโดยรอบประกอบด้วยที่ว่างอาคารพักอาศัยขนาด1-2 ชั้นและด้านหน้าอยู่ใกล้ทะเลไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางเสียงและฝุ่นควัน

5) **อาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น** ลักษณะอาคารเป็นการประยุกต์ใช้รูปทรงเรขาคณิตต่างๆ เป็นอาคารสาธารณะที่ยังไม่ได้สร้าง อาคารตั้งอยู่ในจังหวัดนครปฐม ที่ตั้งมีขนาดใหญ่กว่าตัวอาคารมากไม่มีปัญหาเรื่องการเจาะช่องเปิด สภาพโดยรอบประกอบด้วยที่ว่างเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะทางเสียงและฝุ่นควัน

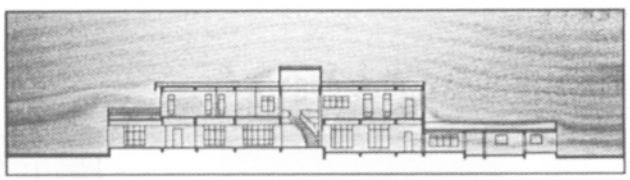
เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารจากกรณีศึกษาทั้ง 5โครงการและจากการวัดค่าความเร็วลมจากสถานที่จริง 4 โครงการแรกมีข้อสรุปและเสนอแนะดังนี้

1) **อาคารบ้านพักอาศัยสูง2ชั้น**



ตัวอย่างผลการทดลอง โดยให้กระแสลมเข้ามาทางทิศใต้

เจ้าของ : คุณอนุรีย์ ศีตะจิตต์
ที่ตั้ง : ซอยสุขุมวิท 101 กรุงเทพฯ

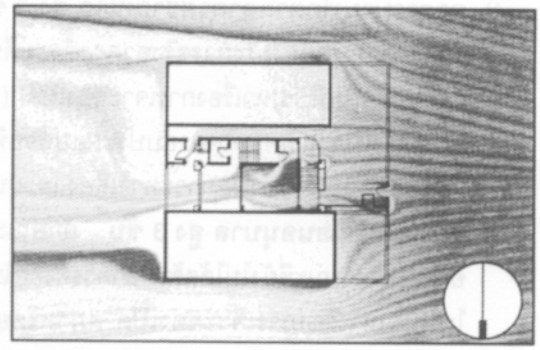


<u>ข้อสรุป</u>

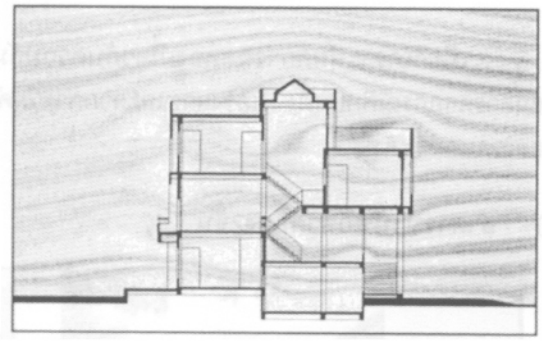
เนื่องจากบริเวณโดยรอบอาคารค่อนข้างโล่งและอาคารเปิดช่องเปิดตลอดแนวทำให้กระแสลมไหลผ่านค่อนข้างดีในเกือบทุกพื้นที่ ยกเว้นบริเวณส่วนห้องน้ำ และส่วนบริการ ซึ่งการออกแบบอาคารสำหรับที่ตั้งที่มีด้านยาวขนานกับทิศทางของลมเด่นเช่นกรณีศึกษานี้ การทำระเบียงยาวมีหลังคาคลุมทางด้านทิศตะวันตกรวมถึง CANOPY บริเวณทางเข้าและหลังคาส่วนจอดรถ เพื่อกันแดดและฝนในชั้นที่ 1 และให้หน้าต่างอยู่ลึกจากกำแพงภายนอกเพื่อใช้หลังคาช่วยบังแดดในชั้นที่ 2 ก็เป็นวิธีการแก้ปัญหาแนวทางหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีช่องเปิดได้มากขึ้น

<u>ข้อเสนอแนะ</u>ในส่วนพื้นที่ที่อับลมเช่นห้องน้ำอาจทำการเพิ่มช่องเปิด เพื่อให้กระแสลมบริเวณนี้ไหลดีขึ้น บริเวณโถงห้องนั่งเล่นพื้นที่ด้านบนควรมีช่องเปิดหรือใช้ปล่องอากาศเพิ่มเพื่อที่จะระบายความร้อนที่ลอยตัวขึ้นด้านบนได้เร็วขึ้น

2) **อาคารทาวเฮาส์สูง 3 ชั้น**



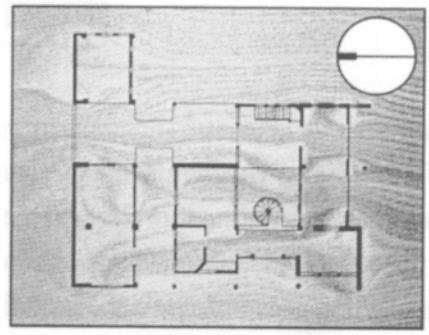
ตัวอย่างผลการทดลอง โดยให้กระแสลมเข้ามาทางทิศตะวันตก



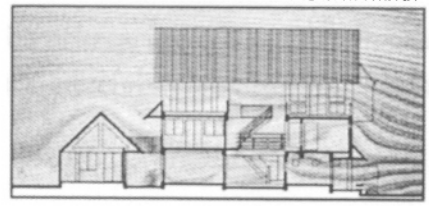
เจ้าของ : คุณมานิตย์ กมลเวชช
ที่ตั้ง : ซอยโรงเรียนญี่ปุ่น กรุงเทพฯ

ข้อสรุป เนื่องจากที่ตั้งโครงการได้รับผลกระทบจากมลภาวะและอาคารข้างเคียง
ทำให้กระแสลมเข้าอาคารได้ใน
ปริมาณที่ไม่มากเหมือนโครงการอื่นๆและกระแสลมภายในอาคารมีความเร็วค่อนข้างน้อย
ข้อเสนอแนะบริเวณ open well ควรยกส่วน SKYLIGHT ให้สูงขึ้น (นอกเหนือจากหน้าต่างบานเกร็ดด้านบนที่มีอยู่เดิม) เพื่อให้ความร้อนที่ลอยตัวขึ้นสามารถถ่ายเทออกสู่ด้านนอกได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสลมไหลเวียนได้ดีขึ้น(กระแสลมจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ และจากความแตกต่างของอุณหภูมิ)

3) **อาคารร้านค้า & พักอาศัยสูง 3 ชั้น**



ตัวอย่างผลการทดลอง โดยให้กระแสลมเข้ามาทางทิศใต้

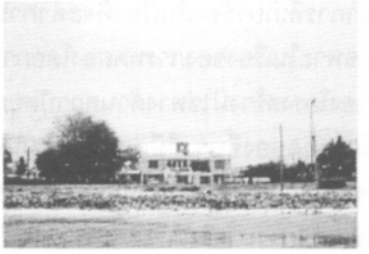


เจ้าของ : นายจรัส-นางสงวน อินพันทัง
ที่ตั้ง : ตำบลโพธิ์พระ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

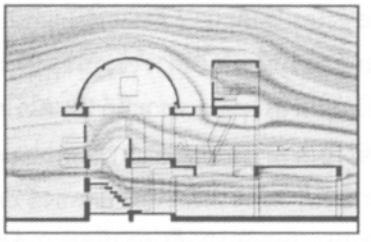
ข้อสรุป กระแสลมไหลผ่านอาคารค่อนข้างดีโดยเฉพาะชั้นล่างยกเว้นบริเวณส่วนบริการ ได้แก่ โรงทำขนมครัว เก็บของเป็นต้นการที่กระแสลมสามารถเข้าถึงอาคารได้ดีก็เนื่องจากอาคารค่อนข้างโปร่งและมีพื้นที่โล่งตรงกลางอาคาร อีกทั้งที่ตั้งอาคารยังไม่มีสิ่งกีดขวางกระแสลมที่จะเข้าสู่อาคารมากนัก

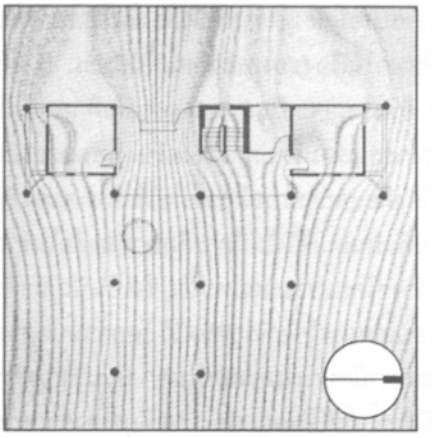
ข้อเสนอแนะ พื้นที่ส่วนบริการเช่นโรงทำขนมควรใช้กันสาดมาช่วยให้กระแสลมเข้าทางช่องเปิดมากขึ้น กรณีที่กระแสลมไม่ได้เข้าอาคารโดยตรง หลังคาของพื้นที่ส่วนบริการควรมีช่องให้ระบายอากาศเพิ่มเติม

4) อาคารบ้านพักตากอากาศชายทะเล สูง 2 ชั้น



ตัวอย่างผลการทดลอง โดยให้กระแสลมเข้ามาทางทิศตะวันออก



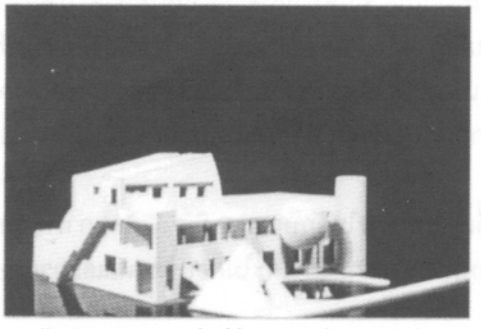


เจ้าของ : พล.ต.ต. ชูเกียรติ ภัยลี้
ที่ตั้ง : ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

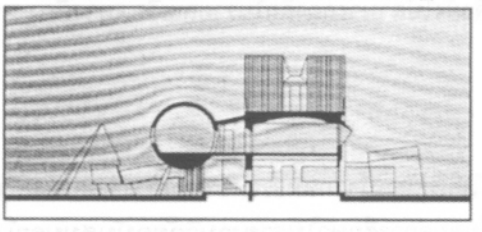
ข้อสรุป พื้นที่ชั้นล่างกระแสลมเข้าถึงได้ดี เนื่องจากเป็นใต้ถุนโล่งยกเว้นในส่วนห้องนอนและห้องเก็บของที่ค่อนข้างมีกระแสลมเข้าถึงภายในในปริมาณที่น้อยพื้นที่ชั้นบนในส่วนของห้องนอนค่อนข้างอับลมโดยเฉพาะห้องนอนทางทิศเหนือเนื่องจากช่องเปิดค่อนข้างน้อย

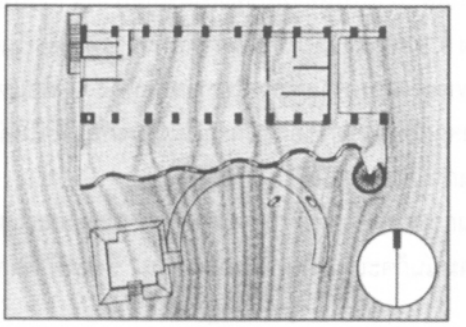
ข้อเสนอแนะ ห้องนอนและห้องเก็บของควรมีช่องเปิดเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของชั้นบนและชั้นล่าง และในส่วนรับแขกด้านบนที่เป็นหลังคาโค้งควรให้มีช่องเปิดระบายความร้อนใต้หลังคาออกไปซึ่งจะทำให้เกิดกระแสลมเพิ่มขึ้น

5) อาคารโรงเรียนอนุบาล สูง 3 ชั้น



ตัวอย่างผลการทดลอง โดยให้กระแสลมเข้ามาทางทิศใต้





เจ้าของ : คุณมัลลิกา วัฒนวงศ์
ที่ตั้ง : ถนนดอนหวาย-ไร่ขิง อำเภอสามพราน
จังหวัดนครปฐม

ข้อสรุป กระแสลมบริเวณชั้น1และชั้น2 ค่อนข้างดียกเว้นในส่วนของห้องน้ำและ ADMINISTRATION ที่กระแสลมเข้าถึงได้น้อยส่วนพื้นที่ชั้น 3 กระแสลมโดยรวมจะน้อยกว่าในส่วนของชั้น 1และชั้น 2 จากกรณีศึกษานี้จะเห็นได้ว่ารูปทรงอาคารมีผลต่อทิศทางของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารและการเจาะช่องเปิดต่างๆ
ข้อเสนอแนะ ในส่วนของห้องน้ำและห้องADMINISTRATION บริเวณชั้น 1 ควรจะเจาะช่องเปิดเพิ่ม และในส่วนของห้องที่อยู่ชั้น 3 ควรมีผนังกั้นภายในเพื่อให้กระแสลมเกิดการเลี้ยวเบนและเข้าถึงพื้นที่ภายในห้องได้มากขึ้น

- **ปัญหาและอุปสรรค**

ในการรวบรวมข้อมูลจากหนังสือและเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำการวิจัยนี้ พบว่าข้อมูลจากการศึกษาในเรื่องของกระแสลมนี้มีน้อยมาก โดยเฉพาะในเรื่องของการทดลองโดยการใช้อุโมงค์ลม (Wind Tunnel) ส่วนใหญ่จะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาในเรื่องของโครงสร้างมิใช่ทางด้านสถาปัตยกรรม สำหรับการทดลองเรื่องกระแสลมโดยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองอื่นๆ ก็มีค่อนข้างจำกัดและไม่มีรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมถึงวิธีการทดลองที่ชัดเจน เช่นเดียวกับการกำหนดขอบเขตของเขตสบายของประเทศไทยที่แน่นอนก็ยังไม่มีการศึกษาที่ลงลึกในรายละเอียดอย่างแท้จริง ฉะนั้นขอบเขตที่กำหนดได้จึงเป็นเพียงช่วงกว้างๆโดยประมาณเท่านั้น ซึ่งเป็นปัญหาที่พบในขั้นตอนการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

จากขอบเขตการวิจัยที่กำหนดไว้ โดยกำหนดการทดลองโดยใช้โต๊ะน้ำ (Flow Visualisation Apparatus) ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มศก.นั้นปรากฏว่าทางคณะฯไม่มีคู่มือในการใช้งานของโต๊ะน้ำจึงต้องหาวิธีการในการใช้โต๊ะน้ำให้ได้ผลถูกต้องมากที่สุดเองจากการใช้วัสดุหลาย ๆชนิดเพราะที่กำหนดไว้ในครั้งแรกโดยใช้แผ่น Acrylic ในการทำหุ่นจำลองนั้น เมื่อทำการทดลองจริงไม่สามารถใช้ผลจากการทดลองได้ เพราะเส้นด่างทับทิมจะแตกฟุ้งกระจายและไม่ชัดเจนพอที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ หลังจากที่ทำการทดลองด้วยวัสดุหลาย ๆ ชนิด ในที่สุดก็ได้ข้อสรุปโดยการใช้ปะเก็นยางที่มีขนาด 2 มม. เท่ากับปะเก็นยางที่อยู่ 2 ข้างของโต๊ะน้ำ และใช้กล่องกระจกของโต๊ะน้ำวางทับทำให้ได้เส้นด่างทับทิมที่เป็นเส้นที่ชัดเจน แต่ในการทดลองต้องใช้ความอดทน และความชำนาญ เพราะเมื่อวางกล่องกระจกทับหุ่นจำลองจะเกิดฟองอากาศง่ายมาก ทำให้ต้องไล่ฟองอากาศโดยการขยับกล่องกระจกหลายๆ ครั้งต่อการทดลอง 1 ครั้ง ทำให้ต้องเสียเวลาในการไล่ฟองอากาศมาก โดยเฉพาะสำหรับผังที่มีห้องซ้อนกันหลายห้อง และจากการถ่ายภาพผลการทดลองนั้นเนื่องจากไม่สามารถใช้กล้องเดียวตลอดการทดลอง จึงทำให้เกิดปัญหาในเรื่องสีของภาพที่ถ่ายจากการทดลองโดยสีของภาพจากกล้องที่ต่างกัน จะมีสีต่างกันไป ซึ่งเป็นปัญหาที่พบจากการทดลอง เนื่องจากการทดลองโดยโต๊ะน้ำ เป็นการทดลองในลักษณะ 2 มิติ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบอัตราความ เร็วลมเฉลี่ยจากกระแสลมภายนอกและภายในห้องที่มีช่องเปิดที่มีขนาดจำนวนที่แตกต่างกันได้ จึงได้ทำหุ่นจำลองห้องขนาด 0.60 x 0.60 เมตร สูง 0.30 เมตร โดยใช้ไม้อัด เพื่อทำการทดลองในอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) และใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม (Hot Wire) ตามตำแหน่งต่างๆ ของห้อง 9 ตำแหน่ง เพื่อหาค่าอัตราความเร็วเฉลี่ยของแรงลมดังกล่าว แต่เนื่องจากข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในอุโมงค์ลมทำให้ค่าความเร็วลมต่าง ๆ ที่วัดได้นั้นไม่ถูกต้องจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาต่อได้

ในการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารในลักษณะ 3 มิติ โดยการทดลองในอุโมงค์ลมนั้นก็จะเห็นเป็นเพียงกลุ่มควัน ซึ่งผลที่ได้จากภาพถ่ายหรือจากวีดีโอจะไม่ค่อยชัดเจนและยากต่อการศึกษา

จากปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้จึงยังไม่สามารถลงลึกในรายละเอียดบางเรื่อง ตามที่กำหนดได้ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าเสียดายยิ่ง

- **ข้อเสนอแนะ**

สำหรับนักศึกษาสถาปนิก หรือผู้ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องการใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติในการ ออกแบบอาคาร จากการวางอาคาร และการเจาะช่องเปิดต่าง ๆ นี้ รายละเอียดผลการศึกษา**ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์** เรื่อง

ทิศทาง และคุณลักษณะของลมเด่น และการทดลองด้วยโต๊ะน้ำที่ได้ทำการทดลองในรูปแบบต่างๆ นั้นสามารถเห็นเส้นการไหลเวียนจากเส้นน้ำด่างทับทิม ซึ่งใช้แทนกระแสลมได้ค่อนข้างชัดเจนทำให้ได้ข้อมูลและแนวทางซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบต่อไปได้ แต่หากต้องการข้อมูลที่ลงลึกในรายละเอียดเช่น อัตราความเร็วลมเฉลี่ยในห้องนั้น ถ้าเป็นลมที่มาตั้งฉากกับอาคารและแต่ละห้องไม่ได้วางซ้อนกัน ก็สามารถใช้วิธีการคำนวณโดยการแทนค่าสูตรได้

นอกเหนือจากการทดลองโดยโต๊ะน้ำหรืออุโมงค์ลมแล้ว ปัจจุบันได้มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาถึงทิศทางของกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิดต่างๆและสามารถคำนวณค่าแรงลมตามจุดต่างๆในห้องได้ แต่เนื่องจากขอบเขตการวิจัยครั้งนี้มิได้ครอบคลุมถึงการศึกษาโดยใช้โปรแกรมดังกล่าว จึงใคร่เสนอแนะว่าเพื่อให้การศึกษาลงลึกในรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องของการใช้ลมธรรมชาติให้ได้ประโยชน์สูงสุดในงานสถาปัตยกรรม และการอนุรักษ์พลังงานในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถคำนวณในเรื่องความเร็วและทิศทางของกระแสลม เช่น CFD ในโปรแกรม ANSYS เป็นทางเลือกหนึ่งที่ควรจะได้มีการศึกษาต่อไป และหากสามารถจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ โดยเฉพาะอุโมงค์ลมที่สามารถเห็นปรากฏการณ์ของกระแสลมได้อย่างชัดเจน และสามารถถ่ายภาพ หรือวีดีโอ เพื่อนำมาศึกษาต่อได้ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาในเรื่องนี้ ซึ่งจะทำให้การใช้กระแสลมในการระบายอากาศตามวิธีธรรมชาติมิใช่เรื่องยากที่จะนำไปใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุดต่อไป

บรรณานุกรม

1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. **ภูมิลักษณ์ประเทศไทย**(Illustrated Landforms of Thailand). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534.
2. ประยูร ดาศรี. **อุตุนิยมวิทยา**. กรุงเทพฯ : คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร , 2524.
3. ประเสริฐ วิทยารัฐ. **ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย**. กรุงเทพ : อักษรบัณฑิต , 2530.
4. ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพฯ : บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน) , 2539.
5. มาลินี ศรีสุวรรณ. Comfort Zone **ตัวแปรที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน**. เอกสารประกอบการสัมมนาโครงการวิจัยและสัมมนาทางวิชาการ"เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน"สำหรับคณาจารย์ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 9-13 ธันวาคม 2541.
6. สมสิทธิ์ นิตยะ. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2541.
7. สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.
8. สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค. **การวิเคราะห์สภาวะสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย**. รายงานผลการวิจัยจากทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช. กรุงเทพฯ : 2536.
9. สวาท เสนาณรงค์. **ภูมิศาสตร์ประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช , 2529.
10. Aronin, Jeffery Ellis. **Climate & Architecture**. New York : Reinhold Publishing Corporation, 1953.
11. Brown, G. Z. **Sun, Wind, and Light**. New York : John Willy & Sons , 1985.
12. Jitkajornwanich, K. **Expectation and Experience of Thermal Comfort in Transitional Spaces**. Doctor of Philosophy, A field study of thermal environments in Hot-Humid climate of Bangkok. The University of Sheffield, 1999.
13. Givoni, B. **Man, Climate and Architecture**. Amsterdam: Elsevier Publishing Co.,Ltd., 1969.
14. Givoni, B. **Man, Climate and Architecture**. London : Applied Science Publishers, 2 nd edn., 1976.
15. Givoni, B. **Energy and Building** "Comfort, climate analysis and building design guidelines". Amsterdam: Elsevier Sequoia. 1992.
16. Klaus Deniels. **The Technology of Ecological Building**. Germany : Chlorine – free pulp. TCF , 1997.
17. Melaragno, M. G. **Wind in architectural and Environmental Design**. New York : Van Nostrand Reinhold , 1982.
18. Olgyay, V. **Design With Climate**. Princeton , New Jersey : Princeton University Press, 1969.
19. Stein, R. G. **Architecture and Energy**. Doubleday, Garden City, New York : Anchor Press , 1977.
20. Szokolay, S. V. **Solar Energy and Building**. London : The Architectural Press , 1975.
21. The A.I.A. Researh Corporation. **ASHRAE Handbook of Fundamentals**. New York : American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers , 1985