

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการศึกษาและตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องเรียนตัวอย่างขนาด โดยห้องเรียนดังกล่าวมีระบบปรับอากาศและบางห้องเรียนมีการติดตั้งระบบระบายอากาศ ซึ่งการทดลองได้แบ่งออกเป็น 4 ห้องเรียนขนาด คือ 80 คน, 100 คน, 120 คน และ 150 คน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.1 ข้อมูลของอาคารที่ทำการศึกษาทั่วไป

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้อาคารเรียนรวม 2 ของมหาวิทยาลัยซึ่งใช้เป็นห้องเรียนเป็นหลัก แต่ก็มีการใช้พื้นที่บางส่วนในลักษณะอื่นด้วยดังนี้

ชั้นที่ 1 งานพยาบาล สำนักคอมพิวเตอร์ และศูนย์วิทยบริการ

ชั้นที่ 2 สำนักคอมพิวเตอร์

ชั้นที่ 3 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

ชั้นที่ 4 ห้องเรียนส่วนกลาง

ชั้นที่ 5 ห้องเรียนส่วนกลาง

ชั้นที่ 6 ห้องเรียนส่วนกลาง

ชั้นที่ทำการเก็บข้อมูลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนจะเริ่มตั้งแต่ชั้นที่ 4 ถึง ชั้นที่ 6 ซึ่งเป็นห้องเรียนส่วนกลาง ถูกใช้เป็นห้องเรียนสำหรับการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานและวิชาเลือกของนักศึกษาทุกสาขาวิชา ภายในแต่ละชั้นจะมีห้องเรียนหลายขนาดความจุ เพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจำนวนนักศึกษาในวิชานั้นๆ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของห้องเรียนภายในของอาคารเรียนรวม 2

ห้องเรียน	ชั้น	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ความจุ (คน)	จำนวน (เครื่อง)	
				เครื่องปรับอากาศ	พัดลมระบาย อากาศ
CB2401	4	200	150	8	-
CB2402	4	120	80	4	-

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของห้องเรียนภายในของอาคารเรียนรวม 2 (ต่อ)

ห้องเรียน	ชั้น	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ความจุ (คน)	จำนวน (เครื่อง)	
				เครื่องปรับอากาศ	พัฒนาระบาย อากาศ
CB2403	4	120	80	4	-
CB2404	4	120	80	4	-
CB2405	4	130	100	4	1
CB2406	4	150	120	6	1
CB2407	4	120	80	4	-
CB2408	4	120	80	4	-
CB2501	5	200	150	8	-
CB2502	5	120	80	4	-
CB2503	5	120	80	4	-
CB2504	5	120	80	4	-
CB2505	5	130	100	4	1
CB2506	5	150	120	6	1
CB2507	5	200	150	8	-
CB2601	6	200	150	8	-
CB2602	6	120	80	4	-
CB2603	6	120	80	4	-
CB2604	6	120	80	4	-
CB2605	6	130	100	4	1
CB2606	6	150	120	6	1
CB2607	6	240	200	10	-

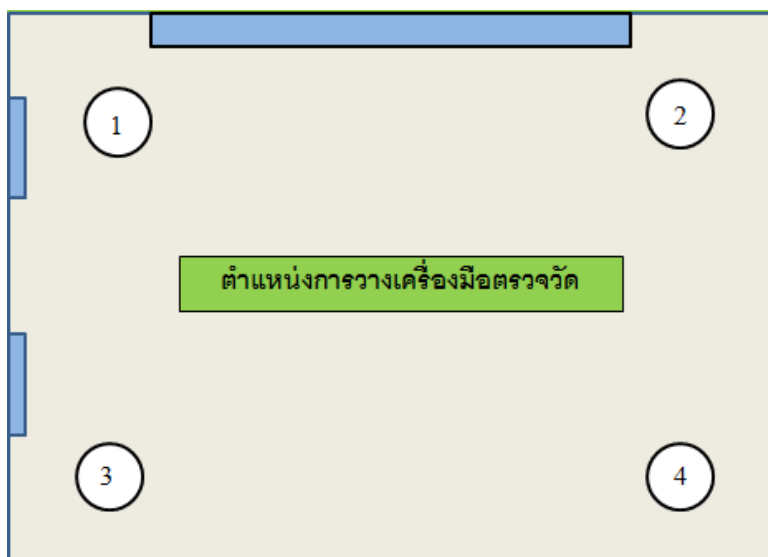
4.2 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียน

ทางผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน 4 เครื่อง ไว้ที่ตำแหน่งต่างๆของห้องเรียนแต่ละขนาด เพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ในแต่ละบริเวณของห้องเรียน โดยเริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่วันที่ก่อนเริ่มมีการเรียนการสอนต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นสุด

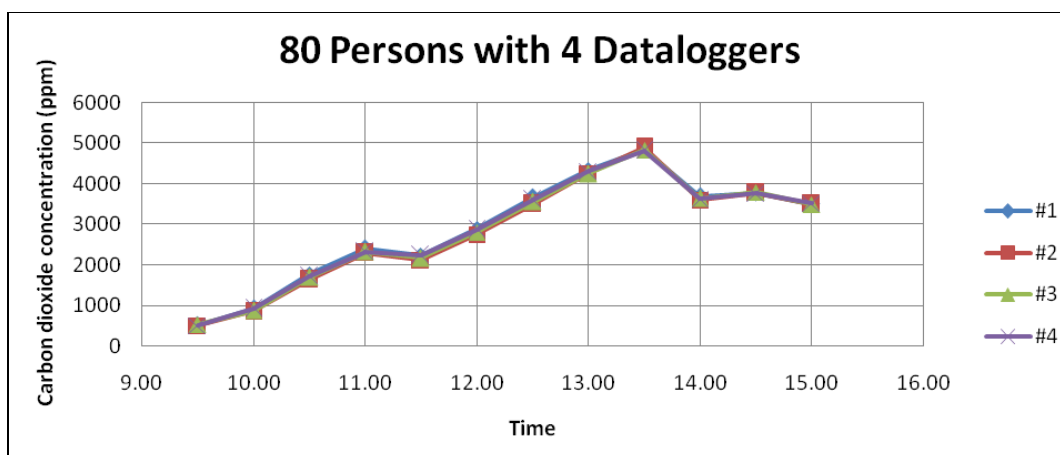
การเรียนการสอนประจำวัน สำหรับการติดตั้งเครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะติดตั้งไว้ให้อยู่ในระดับการหายใจปกติของผู้เรียน ซึ่งโดยประมาณจะอยู่ในช่วง 80 ถึง 100 เซนติเมตร จากตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถตรวจวัดได้ภายในห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 80 คน จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 4 เครื่อง

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาด 80 คน

วันที่	เวลา	ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)			
		ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4
17/09/2555	09.30	517	501	526	509
17/09/2555	10.00	929	853	869	928
17/09/2555	10.30	1767	1640	1692	1719
17/09/2555	11.00	2414	2299	2332	2320
17/09/2555	11.30	2228	2125	2169	2238
17/09/2555	12.00	2887	2749	2804	2869
17/09/2555	12.30	3672	3502	3565	3619
17/09/2555	13.00	4345	4260	4251	4310
17/09/2555	13.30	4846	4899	4837	4825
17/09/2555	14.00	3694	3606	3639	3625
17/09/2555	14.30	3782	3776	3792	3762
17/09/2555	15.00	3498	3505	3487	3513



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวางเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



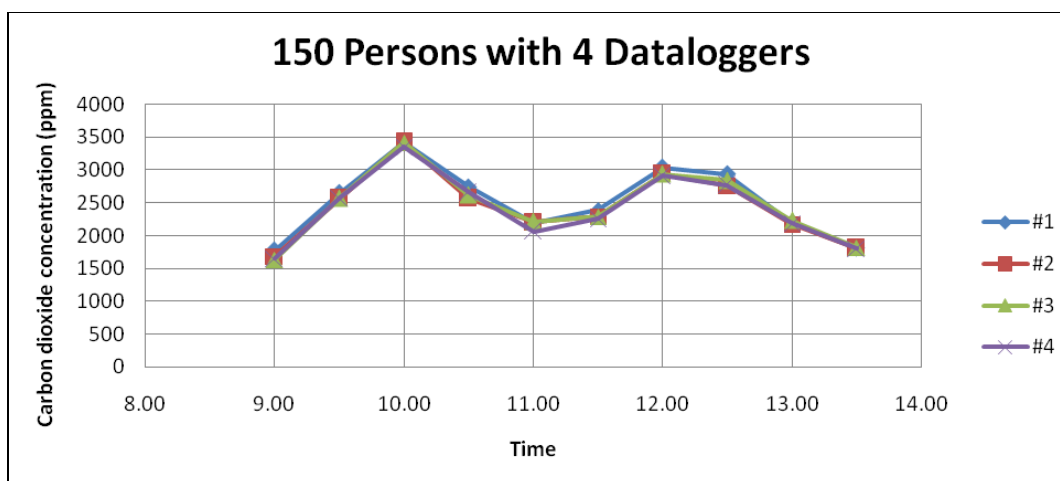
รูปที่ 4.2 ผลจากเครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาด 80 คน

ผลที่ได้จากการทดลองติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 80 คน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถกำหนดเป็นสมมติฐานได้ว่า การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ ตำแหน่งใดๆ ของห้องเรียนขนาด 80 คน จะมีค่าเท่ากัน

จากตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถตรวจวัดได้ภายในห้องเรียนขนาดใหญ่ที่สุดซึ่งมีขนาดความจุสูงสุด 150 คน จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 4 เครื่อง

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาด 150 คน

วันที่	เวลา	ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)			
		ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3	ตัวที่ 4
21/09/2555	09.00	1772	1682	1631	1652
21/09/2555	09.30	2655	2571	2572	2576
21/09/2555	10.00	3427	3427	3415	3349
21/09/2555	10.30	2741	2569	2620	2657
21/09/2555	11.00	2199	2202	2210	2060
21/09/2555	11.30	2389	2291	2287	2260
21/09/2555	12.00	3036	2935	2937	2909
21/09/2555	12.30	2942	2760	2841	2769
21/09/2555	13.00	2200	2172	2230	2190
21/09/2555	13.30	1812	1809	1820	1799



รูปที่ 4.3 ผลจากเครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาด 150 คน

ผลที่ได้จากการทดลองติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละตำแหน่งของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 150 คน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถกำหนดเป็นสมมติฐานได้ว่า การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ณ ตำแหน่งใดๆ ของห้องเรียนขนาด 150 คน จะมีค่าเท่ากัน

จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนทั้ง 2 ขนาดความจุเบื้องต้น ทำให้สามารถกำหนดสมมติฐานในการตรวจวัดได้ว่า ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนจะมีการกระจายตัวที่เท่ากันในทุกตำแหน่งของห้องเรียน

4.3 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากสมมติฐานในหัวข้อ 4.2 ที่ว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนจะปริมาณที่เท่ากันในทุกตำแหน่งของห้องเรียน ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องวัดเพียง 1 เครื่องต่อ 1 ห้อง ซึ่งจะทำให้สามารถวัดค่าได้คราวละหลายๆ ห้องพร้อมกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 80 คน

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)	
		CO ₂ สูงสุดภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอกอาคาร
CB2504	17/09/2555	4899	441
CB2402	25/09/2555	2271	441
CB2404	25/09/2555	5452	441
CB2602	25/09/2555	2429	441
CB2603	25/09/2555	1580	441
CB2403	29/10/2555	5592	441
CB2404	29/10/2555	3718	441
CB2407	29/10/2555	4436	441
CB2402	30/10/2555	2796	441
CB2404	30/10/2555	3714	441
CB2402	31/10/2555	4714	441
CB2403	31/10/2555	4438	441
CB2502	5/11/2555	1898	441

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 80 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)	
		CO ₂ สูงสุดภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอกอาคาร
CB2503	5/11/2555	5363	441
CB2502	6/11/2555	3262	441
CB2602	6/11/2555	2386	441
CB2603	6/11/2555	2044	441
CB2404	12/11/2555	3006	441
CB2402	13/11/2555	3796	441
CB2404	13/11/2555	4277	441
CB2402	14/11/2555	2588	441
CB2403	14/11/2555	2801	441
CB2404	20/11/2555	5206	441

จากตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีขนาดความจุสูงสุด 80 คน จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ 5592 ppm ซึ่งเกิดจากการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะการเรียนการสอนที่ติดต่อกันตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 100 คน

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)		สถานะ พัฒนาบะบายอากาศ
		CO ₂ สูงสุด ภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอก อาคาร	
CB2505	12/11/2555	2117	441	ปิด
CB2502	13/11/2555	664	441	เปิด
CB2405	16/11/2555	4001	441	เปิด
CB2505	20/11/2555	818	441	ปิด
CB2405	23/11/2555	4973	441	ปิด
CB2405	21/01/2556	2564	441	เปิด

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 100 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)		สถานะ พัดลมระบายอากาศ
		CO ₂ สูงสุด ภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอก อาคาร	
CB2505	21/01/2556	1779	441	เปิด
CB2505	22/01/2556	3171	441	ปิด
CB2505	23/01/2556	5141	441	ปิด
CB2505	25/01/2556	3074	441	ปิด
CB2405	28/01/2556	4568	441	ปิด
CB2505	29/01/2556	1494	441	เปิด
CB2505	30/01/2556	2342	441	เปิด

จากตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีขนาดความจุสูงสุด 100 คน จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ 5141 ppm ซึ่งเกิดจากการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะการเรียนการสอนที่ติดต่อกันตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 120 คน

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)		สถานะ พัดลมระบายอากาศ
		CO ₂ สูงสุด ภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอก อาคาร	
CB2506	12/11/2555	3516	441	ปิด
CB2506	13/11/2555	1546	441	เปิด
CB2406	16/11/2555	4001	441	เปิด
CB2506	20/11/2555	3363	441	ปิด
CB2406	23/11/2555	4228	441	ปิด
CB2506	21/01/2556	1981	441	เปิด
CB2506	23/01/2556	2192	441	เปิด
CB2506	25/01/2556	4593	441	ปิด

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 120 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)		สถานะ พัฒนาบทยอากาศ
		CO ₂ สูงสุด ภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอก อาคาร	
CB2506	12/11/2555	3516	441	ปิด
CB2506	13/11/2555	1546	441	เปิด

จากตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีขนาดความจุสูงสุด 120 คน จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ 4593 ppm ซึ่งเกิดจากการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะการเรียนการสอนที่ติดต่อกันตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนขนาด 150 คน

ห้องเรียน	วันที่	ความเข้มข้น (ppm)	
		CO ₂ สูงสุดภายในห้องเรียน	CO ₂ ภายนอกอาคาร
CB2501	21/09/2555	3746	441
CB2507	22/10/2555	1965	441
CB2507	29/10/2555	2411	441
CB2401	30/10/2555	3366	441
CB2507	30/10/2555	3162	441
CB2501	31/10/2555	3394	441
CB2501	5/11/2555	2974	441
CB2507	5/11/2555	3000	441
CB2507	12/11/2555	900	441
CB2501	14/11/2555	2802	441

จากตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีขนาดความจุสูงสุด 150 คน จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดอยู่ที่ 3746 ppm ซึ่ง

เกิดจากการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะการเรียนการสอนที่ติดต่อกันตลอดทั้งวัน

จากข้อมูลที่สามารถตรวจวัดได้จากห้องเรียนขนาดความจุต่างๆ สามารถสรุปค่าความเข้มข้นสูงสุดของห้องเรียนแต่ละขนาดความจุได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ

ห้องเรียนขนาดความจุ (คน)	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด (ppm)
80	5592
100	5141
120	4593
150	3746

4.4 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนที่เกิดขึ้นตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เริ่มมีการเรียนการสอนของวันหนึ่งจนถึงเวลาเริ่มมีการเรียนการสอนของอีกวันหนึ่ง ช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีการเรียนการสอน ไม่มีคนใช้ห้องเรียน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ควรจะลดลงจนกลับสู่สภาวะปกติ ซึ่งผลการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนที่มีความจุสูงสุด 80 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 80 คน

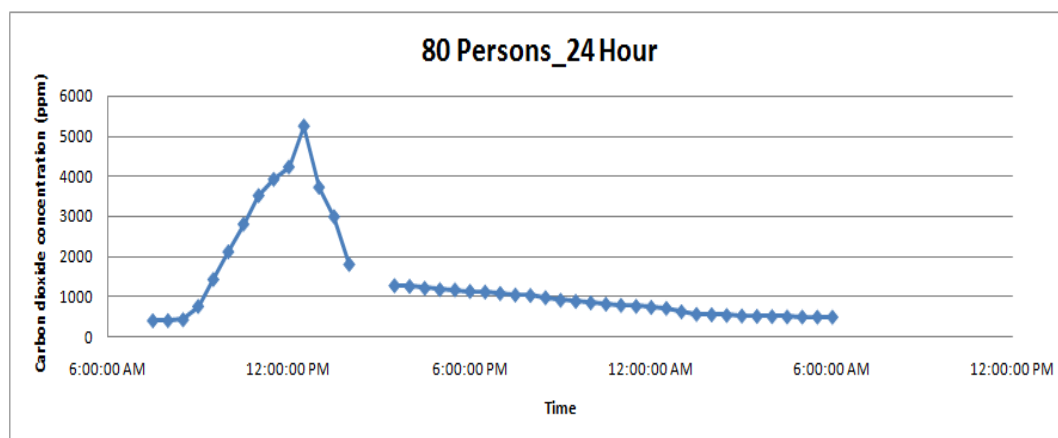
ห้องเรียน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้นของ CO ₂ (ppm)
CB2403	29/10/2555	07.30	401
CB2403	29/10/2555	08.00	406
CB2403	29/10/2555	08.30	426
CB2403	29/10/2555	09.00	758
CB2403	29/10/2555	09.30	1430
CB2403	29/10/2555	10.00	2119

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียนขนาด
ความจุสูงสุด 80 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้นของ CO ₂ (ppm)
CB2403	29/10/2555	10.30	2806
CB2403	29/10/2555	11.00	3520
CB2403	29/10/2555	11.30	3925
CB2403	29/10/2555	12.00	4234
CB2403	29/10/2555	12.30	5252
CB2403	29/10/2555	13.00	3726
CB2403	29/10/2555	13.30	2993
CB2403	29/10/2555	14.00	1805
CB2403	29/10/2555	14.30	-
CB2403	29/10/2555	15.00	-
CB2403	29/10/2555	15.30	1275
CB2403	29/10/2555	16.00	1256
CB2403	29/10/2555	16.30	1210
CB2403	29/10/2555	17.00	1176
CB2403	29/10/2555	17.30	1170
CB2403	29/10/2555	18.00	1133
CB2403	29/10/2555	18.30	1117
CB2403	29/10/2555	19.00	1081
CB2403	29/10/2555	19.30	1042
CB2403	29/10/2555	20.00	1030
CB2403	29/10/2555	20.30	976
CB2403	29/10/2555	21.00	912
CB2403	29/10/2555	21.30	884
CB2403	29/10/2555	22.00	848
CB2403	29/10/2555	22.30	813
CB2403	29/10/2555	23.00	785
CB2403	29/10/2555	23.30	761

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียนขนาด ความจุสูงสุด 80 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้นของ CO ₂ (ppm)
CB2403	29/10/2555	00.00	734
CB2403	29/10/2555	00.30	710
CB2403	29/10/2555	01.00	624
CB2403	29/10/2555	01.30	561
CB2403	29/10/2555	02.00	551
CB2403	29/10/2555	02.30	533
CB2403	29/10/2555	03.00	521
CB2403	29/10/2555	03.30	510
CB2403	29/10/2555	04.00	504
CB2403	29/10/2555	04.30	497
CB2403	29/10/2555	05.00	495
CB2403	29/10/2555	05.30	493
CB2403	29/10/2555	06.00	492



รูปที่ 4.4 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียนขนาด 80 คน

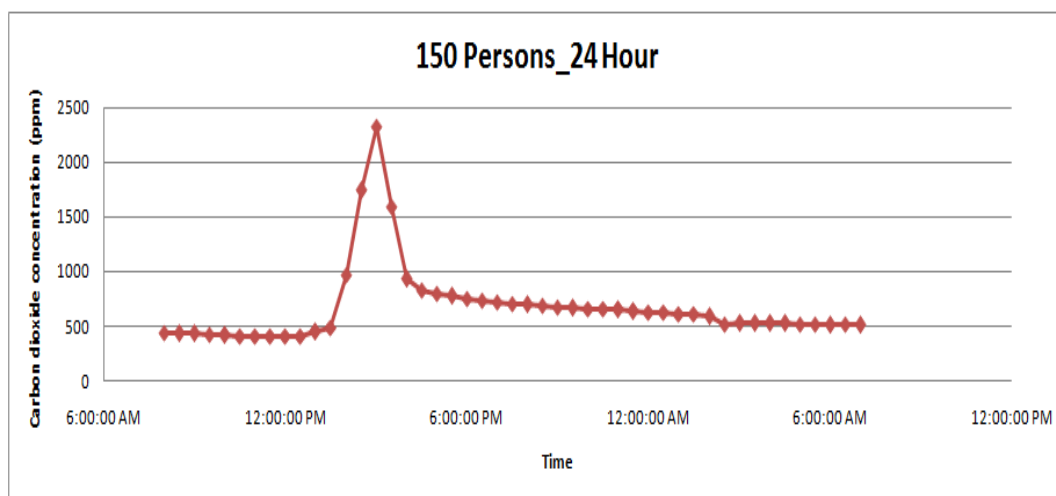
จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆลดลงหลังจากหมดการเรียนการสอนประจำวัน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะกลับเข้าสู่สภาวะปกติในช่วงเวลากลางคืน จนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร และต่อมาได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมงของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 150 คน ซึ่งผลการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนที่มีความจุสูงสุด 150 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียน
ขนาดความจุสูงสุด 150 คน

ห้องเรียน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้นของ CO ₂ (ppm)
CB2507	29/10/2555	08.00	439
CB2507	29/10/2555	08.30	432
CB2507	29/10/2555	09.00	428
CB2507	29/10/2555	09.30	420
CB2507	29/10/2555	10.00	417
CB2507	29/10/2555	10.30	411
CB2507	29/10/2555	11.00	409
CB2507	29/10/2555	11.30	407
CB2507	29/10/2555	12.00	404
CB2507	29/10/2555	12.30	409
CB2507	29/10/2555	13.00	446
CB2507	29/10/2555	13.30	485
CB2507	29/10/2555	14.00	966
CB2507	29/10/2555	14.30	1738
CB2507	29/10/2555	15.00	2325
CB2507	29/10/2555	15.30	1592
CB2507	29/10/2555	16.00	929
CB2507	29/10/2555	16.30	828
CB2507	29/10/2555	17.00	795
CB2507	29/10/2555	17.30	774

ตารางที่ 4.10 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียน
ขนาดความจุสูงสุด 150 คน (ต่อ)

ห้องเรียน	วันที่	เวลา	ความเข้มข้นของ CO ₂ (ppm)
CB2507	29/10/2555	18.00	750
CB2507	29/10/2555	18.30	738
CB2507	29/10/2555	19.00	718
CB2507	29/10/2555	19.30	704
CB2507	29/10/2555	20.00	697
CB2507	29/10/2555	20.30	688
CB2507	29/10/2555	21.00	677
CB2507	29/10/2555	21.30	665
CB2507	29/10/2555	22.00	661
CB2507	29/10/2555	22.30	653
CB2507	29/10/2555	23.00	650
CB2507	29/10/2555	23.30	632
CB2507	29/10/2555	00.00	630
CB2507	29/10/2555	00.30	625
CB2507	29/10/2555	01.00	613
CB2507	29/10/2555	01.30	611
CB2507	29/10/2555	02.00	584
CB2507	29/10/2555	02.30	519
CB2507	29/10/2555	03.00	522
CB2507	29/10/2555	03.30	526
CB2507	29/10/2555	04.00	523
CB2507	29/10/2555	04.30	524
CB2507	29/10/2555	05.00	520
CB2507	29/10/2555	05.30	514
CB2507	29/10/2555	06.00	508
CB2507	29/10/2555	06.30	511
CB2507	29/10/2555	07.00	507

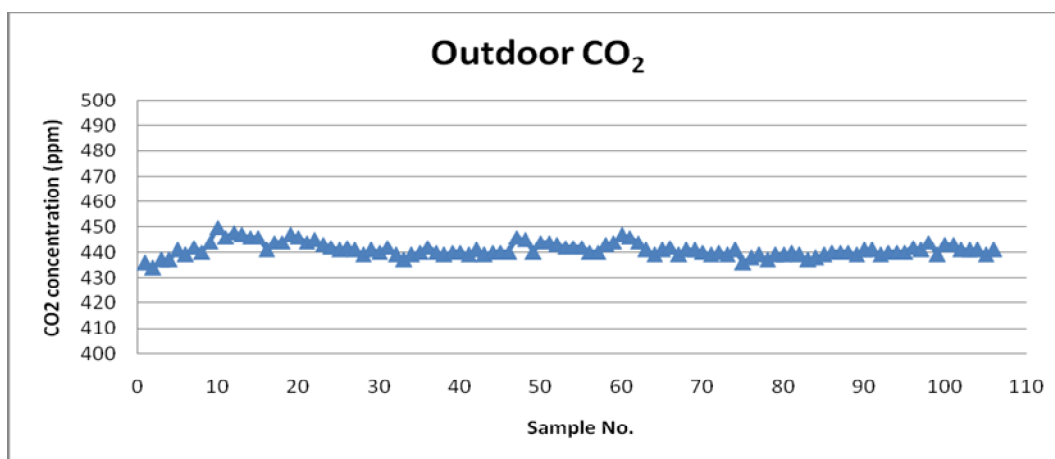


รูปที่ 4.5 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ของห้องเรียนขนาด 150 คน

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆ ลดลงหลังจากหมดการเรียนการสอนประจำวันเช่นเดียวกับห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 80 คน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะกลับเข้าสู่สภาวะปกติในช่วงเวลากลางคืนจนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร

4.5 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร

เพื่อศึกษาอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาดมีความจำเป็นต้องทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารของอาคารเรียนรวม 2 เพื่อให้สามารถนำมาคำนวณหาอัตราการระบายอากาศสำหรับห้องเรียนได้ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอากาศบริสุทธิ์ภายนอกอาคารโดยส่วนมากจะอยู่ในช่วงระหว่าง 350 ppm ถึง 500 ppm ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมบริเวณนั้นที่จะส่งผลถึงความบริสุทธิ์ของอากาศที่อยู่บริเวณดังกล่าว ผลที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 4.6

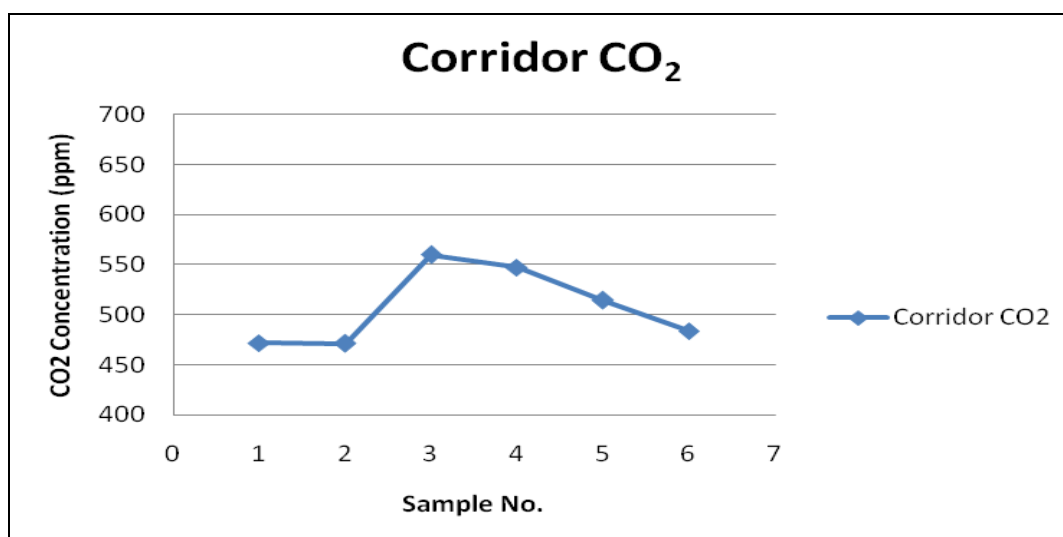


รูปที่ 4.6 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารเรียนรวม 2

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารเรียนรวม 2 โดยกำหนดให้ทำการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที (Sample rate = 5 นาที) ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 441 ppm ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงอากาศบริสุทธิ์

4.6 ผลการศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินภายในอาคาร

ภายในอาคารเรียนรวม 2 จะมีทางเดินระหว่างอาคารซึ่งเป็นทางเดินที่อยู่ระหว่างห้องเรียนทั้งสองฝั่งมีการสัญจรไปมาตลอดทั้งวันและเมื่อมีการเปิดประตูห้องเรียนจะเกิดการถ่ายเทอากาศที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่มากออกมาสู่บริเวณทางเดินระหว่างอาคารนี้ เพื่อให้ทราบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าว จึงได้ทำการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินในวันที่มีการเรียนการสอนตามปกติของอาคารเรียนรวม 2 ผลที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 4.7



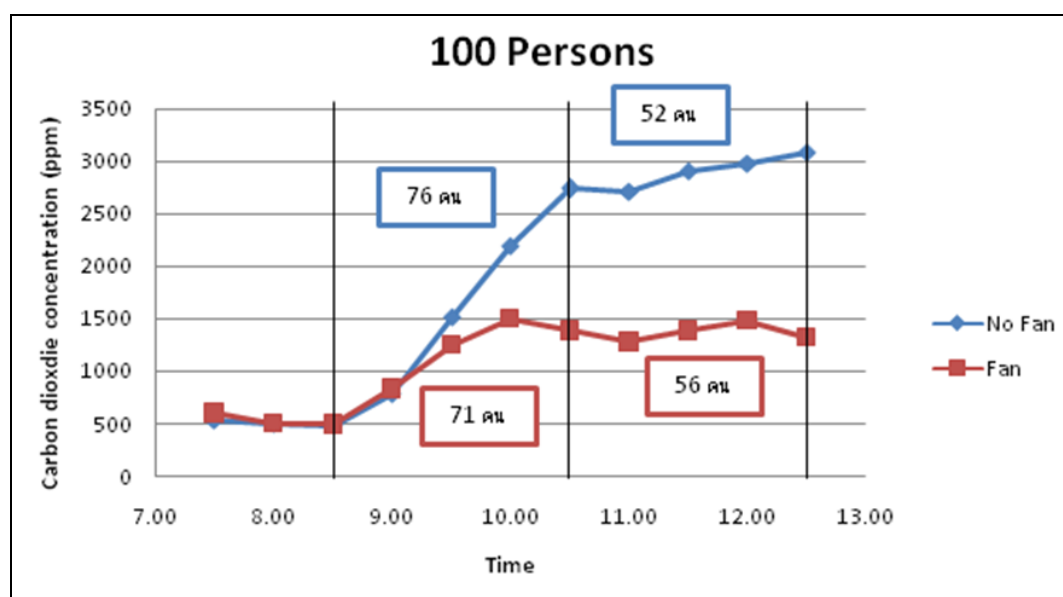
รูปที่ 4.7 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินภายในอาคารเรียนรวม 2

จากรูปที่ 4.7 แสดงผลของการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินภายในอาคารเรียนรวม 2 โดยกำหนดให้ทำการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที (Sample rate = 5 นาที) ผลการตรวจวัดได้ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินภายในอาคารเท่ากับ 508 ppm ซึ่งถือว่ามีความสูงกว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นอกอาคาร สาเหตุเนื่องจากในช่วงระหว่างเปลี่ยนคาบเรียนจะมีการเปิดประตูห้องเรียน ทำให้อากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงถ่ายเทออกมาสู่บริเวณทางเดินระหว่างอาคาร ทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณทางเดินสูงขึ้น แต่ค่าดังกล่าวยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีคือไม่เกินกว่า 1,000 ppm ตามมาตรฐานของ ASHRAE 62.1

4.7 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการปิดและเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้องเรียนที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

4.7.1 เปรียบเทียบผลของการเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาด 100 คน

ห้องเรียนขนาด 100 คนเป็นห้องเรียนที่สร้างขึ้นใหม่และได้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 8 นิ้ว เอาไว้ห้องละ 1 ตัว เพื่อช่วยในการถ่ายเทอากาศระหว่างมีการเรียนการสอน ซึ่งการตรวจวัดครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าพัดลมระบายอากาศดังกล่าวเพียงพอสำหรับควบคุมคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนขนาด 100 คนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้หรือไม่

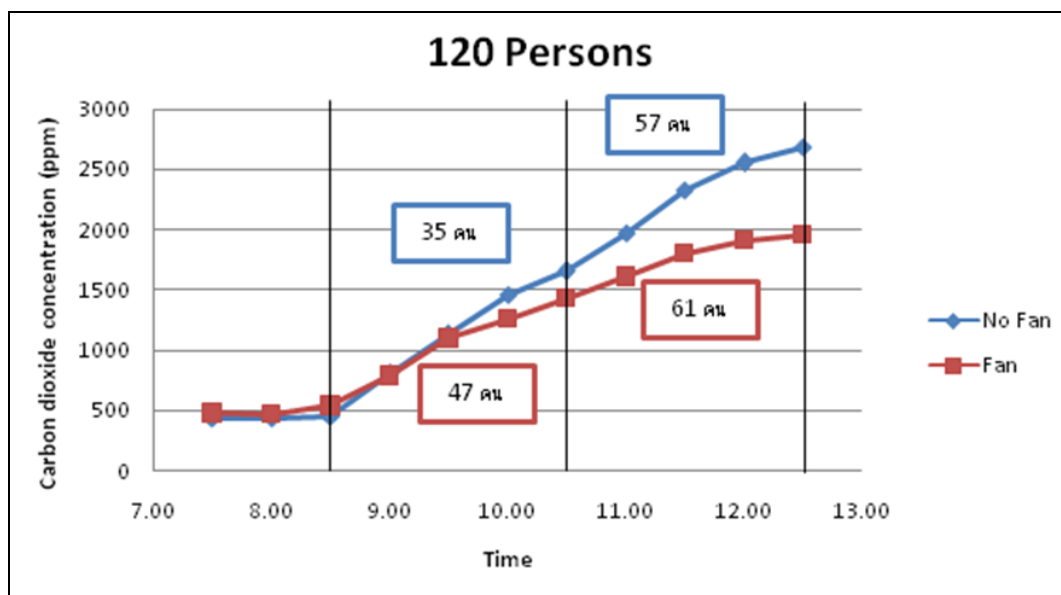


รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 100 คน

จากรูปที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องที่ปิดพัดลมระบายอากาศและห้องที่เปิดพัดลมระบายอากาศ ของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 100 คน

4.7.2 เปรียบเทียบผลของการเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้องเรียนขนาด 120 คน

ห้องเรียนขนาด 120 คนเป็นห้องเรียนที่สร้างขึ้นใหม่ มีขนาดห้องใหญ่กว่าห้องเรียนขนาด 100 คน และได้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 8 นิ้ว เอาไว้ห้องละ 1 ตัว เพื่อช่วยในการถ่ายเทอากาศระหว่างมีการเรียนการสอนเช่นเดียวกัน ซึ่งการตรวจวัดครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าพัดลมระบายอากาศดังกล่าวเพียงพอสำหรับควบคุมคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 120 คน

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องที่ปิดพัดลมระบายอากาศและห้องที่เปิดพัดลมระบายอากาศ ของห้องเรียนขนาดความจุสูงสุด 120 คน

4.8 อัตราระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนภายในอาคารเรียนรวม 2

จากการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างมีการเรียนสอน ทำให้สามารถนำมาคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาดได้ โดยใช้มาตรฐานของ ASHRAE 62.1 ซึ่งจะมีสมการสำหรับพิจารณาปริมาณอากาศจากภายนอกที่จำเป็นต้องเติมเข้ามาเพื่อเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนดังนี้

$$Q = \frac{N}{(C_s - C_o)} \quad (4.1)$$

- เมื่อ Q คือ อัตราระบายอากาศที่จำเป็นต่อคน ($L / \text{min.}$)
 N คือ อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคน ($L / \text{min.}$)
 C_s คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง (ppm)
 C_o คือ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร (ppm)

ตามมาตรฐานของ ASHRAE 62.1 ได้กำหนดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในอาคารไว้ไม่ให้เกิน 1,000 ppm จึงจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี และอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคนสำหรับกิจกรรมประเภทนั่งทำงาน (Seated/Office) กำหนดไว้ที่ 0.31 L/min. เมื่อนำมาคำนวณตามมาตรฐานดังกล่าวจะได้ผลตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 อัตราระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน

ห้องเรียนขนาด ความจุ (คน)	ความเข้มข้น CO ₂ (ppm)		อัตราระบายอากาศ (L/min.)		
	ตรวจวัด	เป้าหมาย	ตรวจวัด	เป้าหมาย	ต้องเพิ่มเติม
80	5,592	900	4,659	52,288	47,629
100	5,141	900	6,383	65,359	58,976
120	4,593	900	8,671	78,431	69,760
150	3,746	900	13,616	98,093	84,477

ตารางที่ 4.12 อัตราระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนในหน่วย m³/s

ห้องเรียนขนาด	80 คน	100 คน	120 คน	150 คน
อัตราระบายอากาศ (m ³ /s)	0.79	0.97	1.16	1.44

4.9 การทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการระบายอากาศ

4.9.1 การทำความเย็นจากการระบายอากาศ

การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกห้องเรียนเข้ามาเติมเพื่อให้เกิดการถ่ายเทอากาศในห้องเรียน จะทำให้เกิดการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นภายในห้องเรียน เพราะอากาศที่ถูกนำเข้ามาเติมในห้องเรียนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายในห้องเรียน ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นและใช้พลังงานมากขึ้น การทำความเย็นจากการระบายอากาศ ซึ่งในการคำนวณการทำความเย็นดังกล่าวจะประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ส่วนของ Latent heat และส่วนของ Sensible heat

สำหรับ Sensible heat หรือความร้อนสัมผัส คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารหนึ่งๆมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้สถานะของสารนั้นเปลี่ยนแปลง สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4.1

$$\dot{q}_{vent, sen, \theta} = \rho \dot{Q} c_p (T_{o, \theta} - T_i) \quad (4.2)$$

เมื่อ $\dot{q}_{vent, sen, \theta}$	คือ	ค่าความร้อนสัมผัส (kW)
ρ	คือ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
\dot{Q}	คือ	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
c_p	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ($kJ/kg \cdot K$)
$T_{o, \theta}$	คือ	อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเรียน (K)
T_i	คือ	อุณหภูมิของอากาศภายในห้องเรียน (K)

กำหนดให้ ค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.3 kg/m^3 , ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศมีค่าเท่ากับ $1.005 \text{ kJ/kg} \cdot K$, ค่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องเรียนมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส, ค่าอัตราการระบายอากาศมีค่าตามตารางที่ 4.12, และค่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเรียน ซึ่งจะสามารถนำอากาศเข้ามาได้จาก 2 แหล่ง ได้แก่ อากาศภายนอกอาคารที่มีอุณหภูมิ 29.6 องศาเซลเซียส และอากาศจากบริเวณทางเดินระหว่างชั้นเรียนที่มีอุณหภูมิ 27.4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.13 ค่าความร้อนสัมผัสที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากภายนอกอาคาร

ห้องเรียนขนาดความจุ	ค่าความร้อนสัมผัส (kW)
80 คน	4.75
100 คน	5.83
120 คน	6.97
150 คน	8.65

ตารางที่ 4.14 ค่าความร้อนสัมผัสที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากทางเดินระหว่างชั้นเรียน

ห้องเรียนขนาดความจุ	ค่าความร้อนสัมผัส (kW)
80 คน	2.48
100 คน	3.04
120 คน	3.64
150 คน	4.52

สำหรับ Latent heat หรือความร้อนแฝง คือปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆ (หรือดึงออกจากสาร) แล้วทำให้สารนั้นเปลี่ยนแปลงสถานะภายใต้อุณหภูมิคงที่ สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4.2

$$\dot{q}_{vent,lat,\theta} = \rho \dot{Q} h_{fg} (\omega_{o,\theta} - \omega_i) \quad (4.3)$$

เมื่อ $\dot{q}_{vent,lat,\theta}$	คือ	ค่าความร้อนแฝง (kW)
ρ	คือ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
\dot{Q}	คือ	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
h_{fg}	คือ	เอนทัลปีของน้ำอิมตัว (kJ/kg)
$\omega_{o,\theta}$	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกห้องเรียน (kg/kg)
ω_i	คือ	อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายในห้องเรียน (kg/kg)

กำหนดให้ ค่าความหนาแน่นของอากาศมีค่าเท่ากับ $1.3 kg/m^3$,, ค่าเอนทัลปีของน้ำอิมตัวมีค่าเท่ากับ $2.442 kJ/kg$, ค่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องเรียนมีค่าเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส, ค่าอัตราการระบายอากาศมีค่าตามตารางที่ 4.12, ค่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกและภายในห้องเรียนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้น และค่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเรียน ซึ่งจะสามารถนำอากาศเข้ามาได้จาก 2 แหล่ง ได้แก่ อากาศภายนอกอาคารที่มีอุณหภูมิ 29.6 องศาเซลเซียส และอากาศจากบริเวณทางเดินระหว่างชั้นเรียนที่มีอุณหภูมิ 27.4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.15 ค่าความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากภายนอกอาคาร

ห้องเรียนขนาดความจุ	ค่าความร้อนแฝง (kW)
80 คน	8.03
100 คน	9.85
120 คน	11.78
150 คน	14.63

ตารางที่ 4.16 ค่าความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากทางเดินระหว่างชั้นเรียน

ห้องเรียนขนาดความจุ	ค่าความร้อนแฝง (kW)
80 คน	3.01
100 คน	3.70
120 คน	4.42
150 คน	5.49

ภาระการทำความเย็นจากการระบายอากาศ เกิดจากการนำค่าความร้อนสัมผัสรวมกับค่าความร้อนแฝง อันเนื่องมาจากการระบายอากาศเข้ามาเพื่อเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.3

$$\dot{q}_{vent,\theta} = \rho \dot{Q} c_p (T_{o,\theta} - T_i) + \rho \dot{Q} h_{fg} (\omega_{o,\theta} - \omega_i) \quad (4.4)$$

อากาศที่ถูกนำเข้ามาเพื่อเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นสามารถนำเข้ามาได้จาก 2 แหล่งได้แก่ อากาศภายนอกอาคารที่มีอุณหภูมิ 29.6 องศาเซลเซียส และอากาศจากบริเวณทางเดินระหว่างชั้นเรียนที่มีอุณหภูมิ 27.4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.17 ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากภายนอกอาคาร

ห้องเรียนขนาดความจุ	ภาระการทำความเย็น (kW)
80 คน	12.77
100 คน	15.68
120 คน	18.76
150 คน	23.28

ตารางที่ 4.18 ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศจากทางเดินระหว่างชั้นเรียน

ห้องเรียนขนาดความจุ	ภาระการทำความเย็น (kW)
80 คน	5.49
100 คน	6.74
120 คน	8.06
150 คน	10.00

4.9.2 ค่าไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น

การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกห้องเรียนเข้ามาเพื่อช่วยในการถ่ายเทอากาศและเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน ส่งผลทำให้เครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนทำงานหนักขึ้น อันเนื่องมาจากอุณหภูมิของอากาศที่นำเข้ามาเดิมมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเย็นภายในห้องเรียนที่เครื่องปรับอากาศได้ทำความเย็นไว้

เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งภายในห้องเรียนจะเป็นเครื่องปรับอากาศขนาด 31,200 Btu ซึ่งจำนวนที่จะติดตั้งจะแตกต่างกันไปตามขนาดของห้องเรียน ทั้งนี้เครื่องปรับอากาศแต่ละตัวจะมีค่า EER อยู่ที่ 11.42 Btu/hr/Watt เมื่อทราบข้อมูลของภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นจากการระบายอากาศของห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ ทำให้สามารถคำนวณหาค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเพิ่มเติมในส่วนนี้ได้ โดยจำนวนชั่วโมงที่เปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนแต่ละห้องจะอยู่ที่ 10 ชั่วโมงต่อวัน และกำหนดให้อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.46 บาทต่อหน่วย เป็นการคิดอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าแบบ TOU ตามข้อมูลค่าไฟฟ้า มจร. จากศูนย์การจัดการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมความปลอดภัย (EESH)

ตารางที่ 4.19 อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ เมื่อใช้อากาศจากภายนอกอาคาร

ห้องเรียนขนาดความจุ	อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (บาท/วัน)
80 คน	569.5
100 คน	699.3
120 คน	836.7
150 คน	1,038.3

ตารางที่ 4.20 อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ เมื่อใช้อากาศจากบริเวณทางเดิน

ห้องเรียนขนาดความจุ	อัตราค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (บาท/วัน)
80 คน	244.9
100 คน	300.6
120 คน	359.5
150 คน	446.0

4.10 การปรับปรุงระบบระบายอากาศสำหรับห้องเรียนภายในอาคารเรียนรวม 2

4.10.1 พัฒนาระบายอากาศที่ติดตั้งในห้องเรียน

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับห้องเรียนของอาคารเรียนรวม 2 จะใช้อุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทอากาศ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการเปิดประตูหรือหน้าต่างของห้องเรียนเพื่อให้เกิดการไหลของอากาศบริสุทธิ์ภายนอกอาคารเข้ามาภายในห้องเรียน แต่เนื่องจากห้องเรียนที่อาคารเรียนรวม 2 เป็นห้องเรียนที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทำให้วิธีการเปิดประตูหรือหน้าต่างอาจจะไม่เหมาะสมเท่าที่ควร พัฒนาระบายอากาศจึงถูกเลือกมาใช้ติดตั้งในแต่ละห้องเรียนเพราะความสะดวกในการติดตั้งและความเหมาะสมในการติดตั้งสำหรับห้องเรียนที่มีเครื่องปรับอากาศ

ในการเลือกขนาดพัฒนาระบายอากาศนั้น เพื่อให้มีความเหมาะสมกับห้องเรียนแต่ละขนาดจำเป็นต้องรู้อัตราการระบายอากาศที่จำเป็นต้องเพิ่มการหมุนเวียนอากาศ ซึ่งอัตราการระบายอากาศที่ห้องเรียนแต่ละขนาดต้องการจะแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.21 อัตราระบายอากาศสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาด

ห้องเรียนขนาดความจุ	อัตราการระบายอากาศ (m^3/h)
80 คน	2,850
100 คน	3,456
120 คน	4,291
150 คน	5,443

ตัวอย่างพัดลมระบายอากาศที่ถูกนำมาคำนวณหาจำนวนพัดลมระบายอากาศที่จะต้องติดตั้งในห้องเรียนแต่ละขนาด คือพัดลมระบายอากาศของยี่ห้อ PANASONIC ซึ่งจะมีอยู่ 3 ขนาด ได้แก่ พัดลมระบายอากาศขนาด 8", 10", 12" ซึ่งมีความสามารถในการถ่ายเทอากาศต่อหนึ่งชั่วโมงไม่เท่ากัน และราคาก็ต่างกันไปตามขนาดของพัดลมระบายอากาศด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 รายละเอียดพัดลมระบายอากาศยี่ห้อ PANASONIC

ยี่ห้อ	ขนาด	กำลังไฟ (Watt)	ปริมาตรลม (m ³ /h)	ราคา (บาท)
PANASONIC	8"	20	1,152	1,280
PANASONIC	10"	27	835	1,165
PANASONIC	12"	31	546	970

เมื่อทราบรายละเอียดของพัดลมระบายอากาศแต่ละขนาดแล้ว ทำให้สามารถหาจำนวนพัดลมระบายอากาศที่จะต้องติดตั้งในห้องเรียนแต่ละขนาดได้ ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 จำนวนพัดลมระบายอากาศที่ต้องติดตั้งในห้องเรียนของอาคารเรียนรวม 2

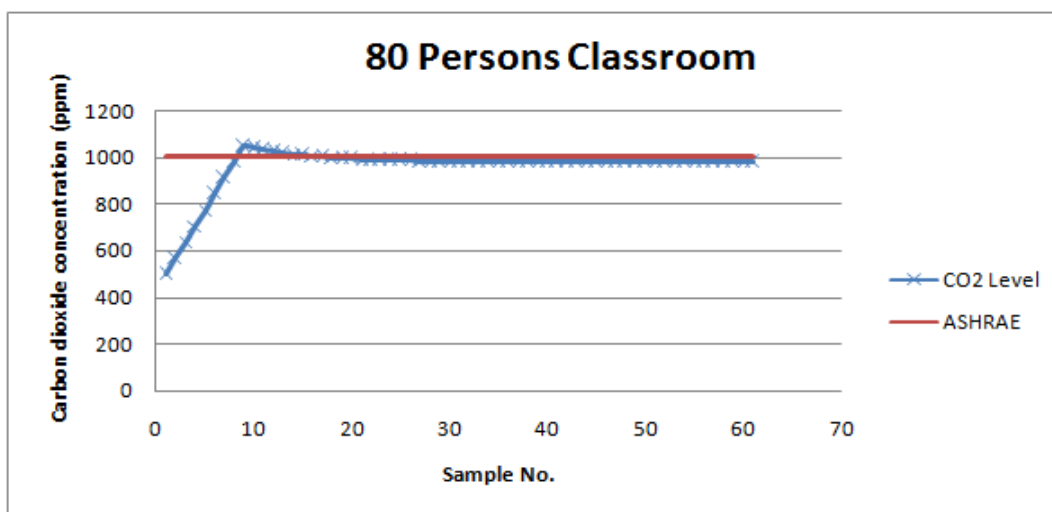
ห้องเรียนขนาดความจุ	จำนวนติดตั้ง	ราคา (บาท)
80 คน	พัดลมขนาด 12" จำนวน 2 ตัว	2,560
100 คน	พัดลมขนาด 12" จำนวน 2 ตัว และ 8" จำนวน 1 ตัว	3,530
120 คน	พัดลมขนาด 12" จำนวน 3 ตัว และ 10" จำนวน 1 ตัว	3,725
150 คน	พัดลมขนาด 12" จำนวน 4 ตัว	5,005

4.10.2 การจำลองทางคณิตศาสตร์ของการควบคุมคุณภาพอากาศในห้องเรียนด้วยพัดลมระบายอากาศ

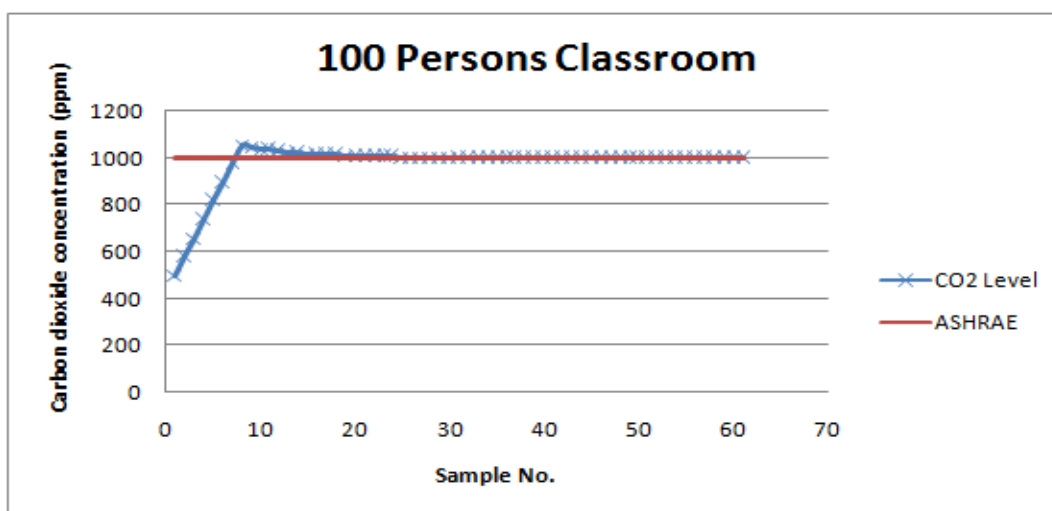
การทำนายระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ณ เวลาใดๆ สามารถนำสมการของ Meckler โดยเมื่อทราบค่าระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร, ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หมุนเวียนอยู่ภายในห้อง, อัตราการถ่ายเทอากาศ, ปริมาตรห้องเรียน, และอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของคนแล้วจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.5

$$C_{in}(t) = C_{out}(t) + (C_o - C_{out})e^{-(Q_v t/V)} + \frac{G}{Q_v} [1 - e^{-(Q_v t/V)}] \quad (4.5)$$

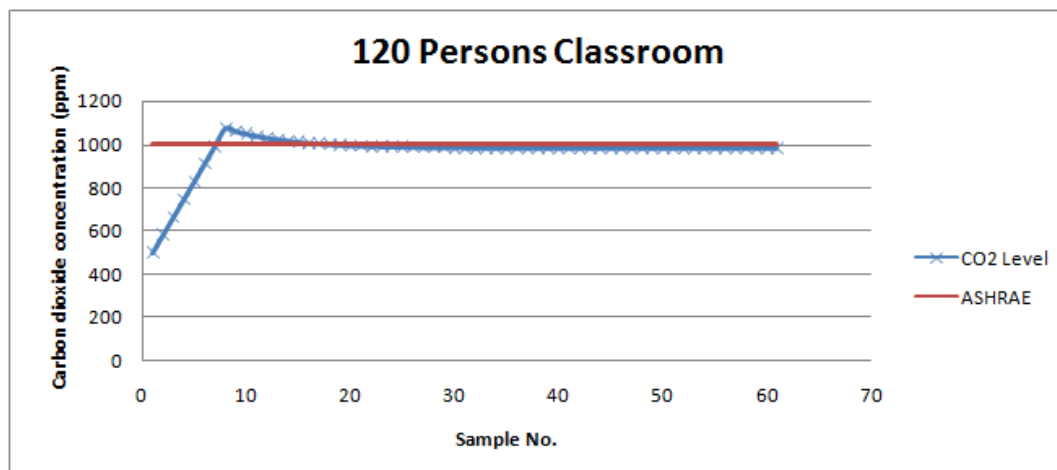
จากข้อมูลขั้นต้นที่ได้ทำการคำนวณอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ รวมถึงการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคารไว้ ทำให้ผู้ทดลองสามารถใช้สมการของ Meckler มาทำนายแนวโน้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องเรียนแต่ละขนาดความจุ เมื่อทำการเปิดพัดลมระบายอากาศได้ดังรูปที่ 4.9



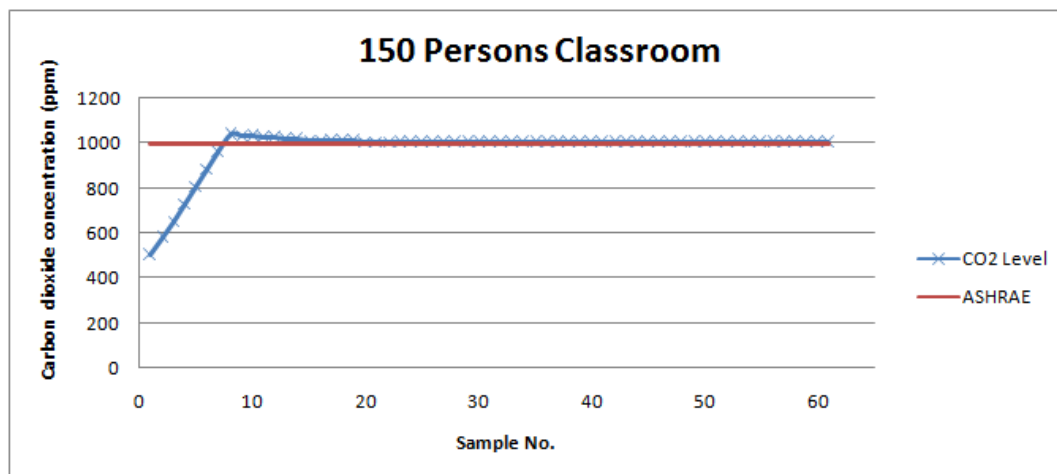
รูปที่ 4.10 ผลจากการเปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 80 คน



รูปที่ 4.11 ผลจากการเปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 100 คน



รูปที่ 4.12 ผลจากการเปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 120 คน

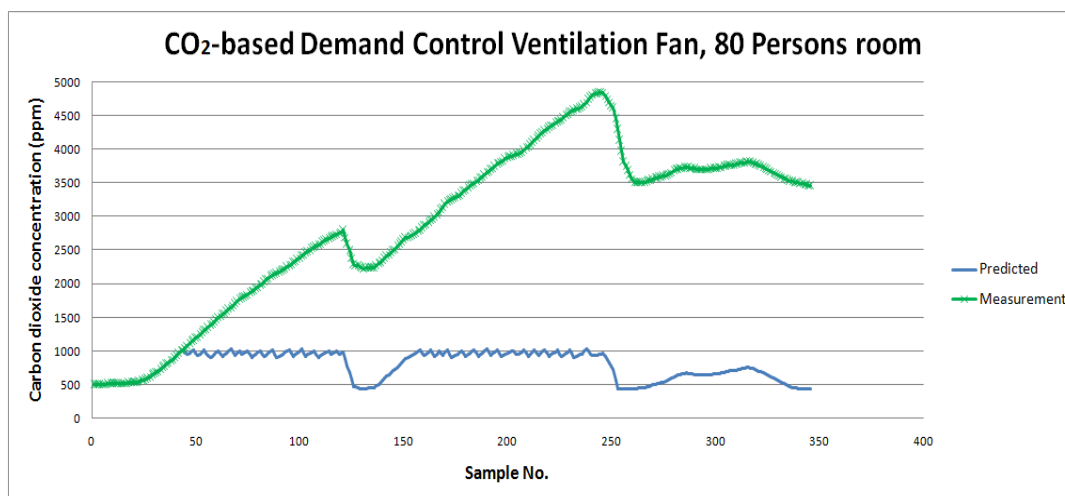


รูปที่ 4.13 ผลจากการเปิดพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 150 คน

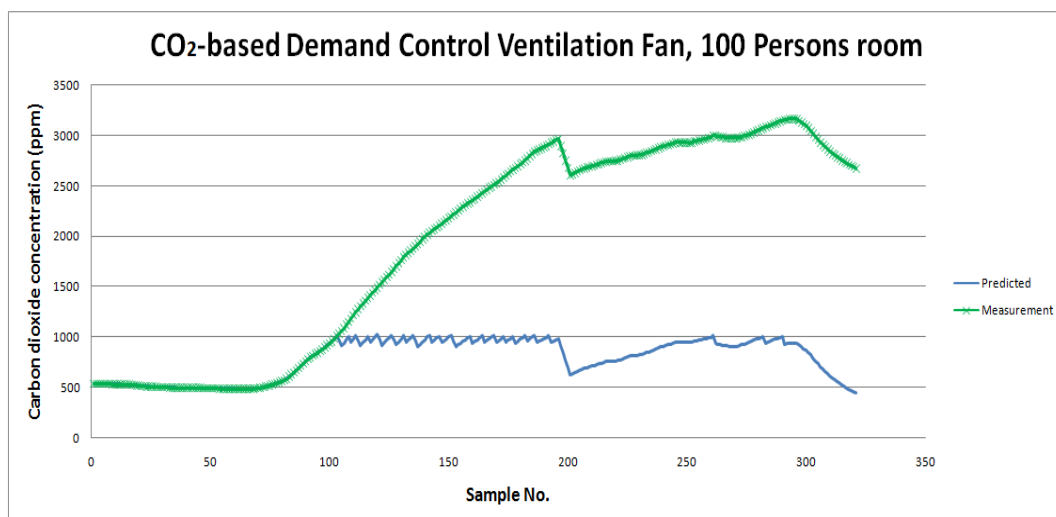
จากรูปที่ 4.10 ถึงรูปที่ 4.13 แสดงผลการควบคุมปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ ภายในห้องเรียนตั้งแต่ขนาดความจุ 80 คน, 100 คน, 120 คน, และ 150 คน ที่มีนักศึกษาเต็มความจุ ห้อง ด้วยการเปิดพัดลมระบายอากาศช่วยในการหมุนเวียนอากาศเมื่อระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงระดับ 1,000 ppm โดยจะสังเกตเห็นว่าการเปิดพัดลมระบายอากาศในอัตรา ระบายอากาศที่ได้ทำการคำนวณไว้แล้วสามารถควบคุมระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ต่ำกว่าระดับ 1,000 ppm ได้ตลอดเวลา

4.11 การประยุกต์ใช้ CO₂ เซนเซอร์เพื่อช่วยควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศ

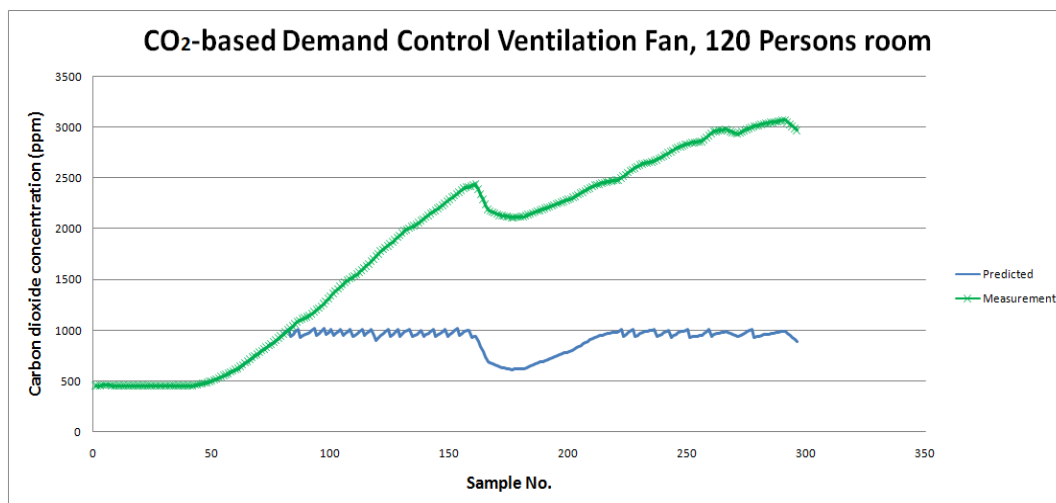
การนำ CO₂ เซนเซอร์มาช่วยในการทำระบบควบคุมการเปิด-ปิดของพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งไว้ในห้องเรียน มีส่วนช่วยทำให้ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาถ่ายเทภายในห้องเรียนลดลงได้ โดยการนำระบบดังกล่าวนี้มาใช้ช่วยให้ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นน้อยกว่าการเปิดใช้งานพัดลมระบายอากาศตลอดเวลา ซึ่งทำให้เครื่องปรับอากาศภายในห้องเรียนใช้พลังงานในการกำจัดภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการระบายอากาศน้อยลงเช่นเดียวกัน ในการทำนายผลที่เกิดจากการนำ CO₂ เซนเซอร์เข้ามาช่วยควบคุมพัดลมระบายอากาศ จะใช้สมการของ Meckler เข้ามาช่วยในการทำนายระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงจากการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งระบบดังกล่าว โดยกำหนดให้พัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเมื่อระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 1,000 ppm และจะหยุดทำงานเมื่อระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 950 ppm



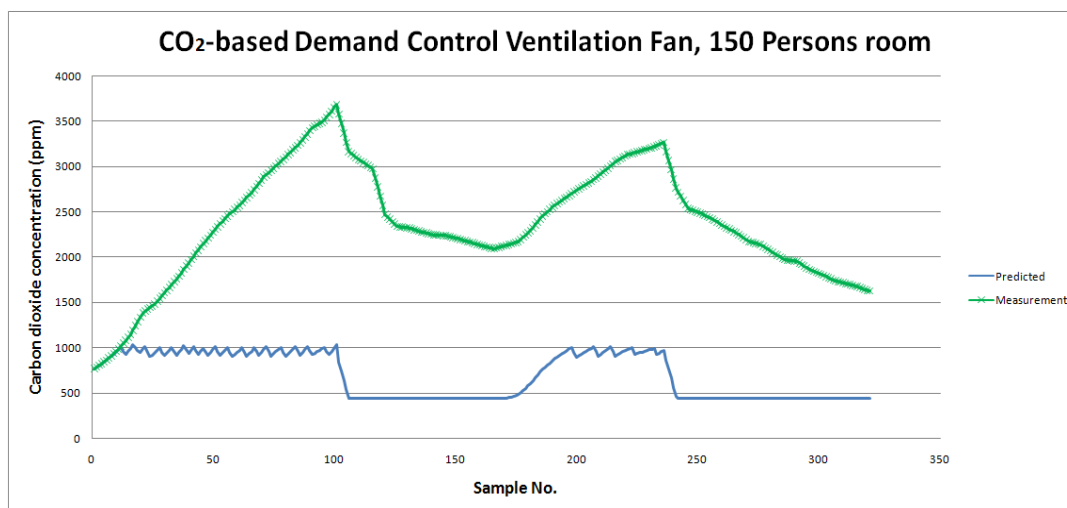
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างผลใช้ CO₂ เซนเซอร์ควบคุมพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 80 คน



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างผลใช้ CO₂ เซนเซอร์ควบคุมพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 100 คน



รูปที่ 4.16 ตัวอย่างผลใช้ CO₂ เซนเซอร์ควบคุมพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 120 คน



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างผลใช้ CO₂ เซนเซอร์ควบคุมพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนขนาด 150 คน

จากรูปที่ 4.14 ถึงรูปที่ 4.17 แสดงผลตัวอย่างการทำงานของพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องเรียนตั้งแต่ขนาดความจุ 80 คน, 100คน, 120คน, และ 150คน ซึ่งการทำงานของพัดลมที่ติดตั้งระบบเซนเซอร์ดังกล่าวสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นให้น้อยกว่าการเปิดใช้งานพัดลมระบายอากาศตลอดเวลาได้ประมาณ 80-90 % ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานไม่หนักเกินไปในการพยายามรักษาอุณหภูมิภายในห้องเรียนให้ได้ตามที่ตั้งไว้และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในการกำจัดภาระการทำความเย็นดังกล่าว

ทั้งนี้จะใช้ค่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามค่าที่ตรวจวัดได้จริงในการทำนายผลการใช้ CO₂ เซนเซอร์ควบคุมพัดลมระบายอากาศในห้องเรียนทุกขนาด ซึ่งจะสังเกตได้ว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบางช่วงจะลดลงจนมีค่าเท่ากับค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร ซึ่งอาจจะไม่ตรงตามความเป็นจริง ซึ่งตามความเป็นจริงในช่วงที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูง เมื่อถึงเวลาเลิกเรียนและมีการเปิดประตูห้องเรียน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ในปริมาณที่มากกว่าในช่วงที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำ เพราะเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมภายในห้องเรียนสูงขึ้นแรงผลักดันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อถ่ายเทออกสู่ภายนอกห้องเรียนจะสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้เมื่อเปิดประตูห้องเรียนในช่วงดังกล่าว ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้ามก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมภายในห้องเรียนอยู่ในระดับที่ต่ำ เมื่อเปิดประตูห้องเรียนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงในอัตราที่ต่ำกว่า