

บทที่ 4

ผลการวิจัย

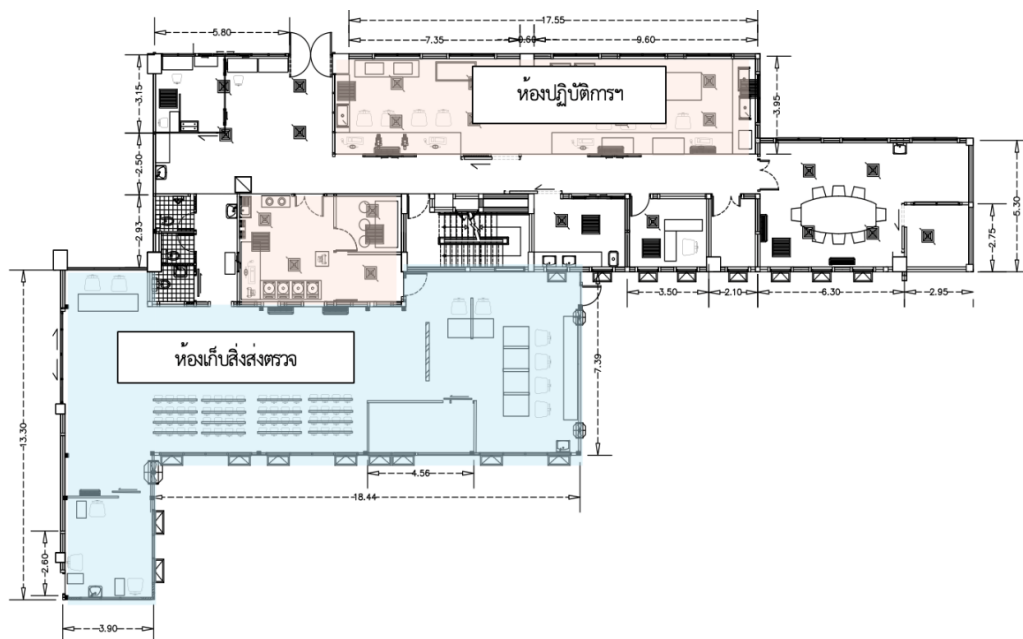
การศึกษาเรื่อง การประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาลขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง มีผลการศึกษา แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- 4.1 คุณลักษณะของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์และผู้ใช้บริการ
- 4.2 คุณภาพอากาศภายในอาคารบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์
- 4.3 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศในอาคาร
- 4.4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในอาคาร
- 4.5 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณจากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์
- 4.6 ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์

4.1 คุณลักษณะของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์และผู้ให้บริการ

4.1.1 คุณลักษณะของพื้นที่จุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ ภายในอาคาร A

ผลการสำรวจพบว่าลักษณะของบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์มีบริเวณจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณเดียวกัน โดยมีขนาดพื้นที่ใช้งานรวมเท่ากับ 360 m² แบ่งเป็นพื้นที่ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ ขนาด 290 m² และพื้นที่ห้องปฏิบัติการฯ ขนาด 70 m² โดยในอาคาร A มีการทำความสะอาด 1 ครั้งต่อวัน เวลา 10.00 น. - 11.00 น. โดยแผนผังอาคาร A แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังการจัดพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A ซึ่งมีจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณเดียวกัน

ภายในบริเวณดังกล่าว สามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 15 กิจกรรม ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจเป็นการระบายอากาศแบบทั่วไปและมีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ Split type แต่ห้องปฏิบัติการฯ ใช้ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบ HVAC โดยรายละเอียดของกิจกรรม ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณเดียวกัน (อาคาร A)

พื้นที่	ตำแหน่ง	กิจกรรมหลัก	การระบาย อากาศ	ระบบปรับ อากาศ
พื้นที่เก็บสิ่งส่งตรวจ				
1	ห้องเจาะเลือดพระสงฆ์ และรถเข็น	เจาะเลือดเฉพาะพระสงฆ์กับ ผู้ป่วยที่นั่งรถเข็นและผู้ป่วย ที่มาเจาะเลือดหลังเวลา 10.00 น.	GV	-
2	คัดกรองผู้ป่วย	รับเอกสารเพื่อจัดคิวผู้ป่วย และติดคิวอาร์โค้ดที่หลอดรับ เลือด โดยมีเครื่องพิมพ์ เอกสาร จำนวน 2 เครื่อง	GV	split type
3	บริเวณนั่งคอยรับบริการ 1	ผู้ป่วยนั่งรอเพื่อเข้าเจาะเลือด	GV	split type
4	บริเวณนั่งคอยรับบริการ 2	ผู้ป่วยนั่งรอเพื่อเข้าเจาะเลือด	GV	split type
5	ห้องน้ำ	ผู้ป่วยเก็บปัสสาวะ และยื่นส่ง สิ่งส่งตรวจให้กับห้องปั่นเลือด	GV	-
6	ห้องเจาะเลือดพิเศษ	เจาะเลือดแก่ผู้ป่วยพิเศษ	GV	-
7	สถานีเจาะเลือด	เจาะเลือดโดยแยกตามคิว	GV	split type
ห้องปฏิบัติการ				
8	ห้องปั่นเลือด	รับสิ่งส่งตรวจจากห้องน้ำ และ นำเลือดใส่เครื่อง centrifuge โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร จำนวน 1 เครื่อง	HVAC	
9	ห้องพักเจ้าหน้าที่ 1	บริเวณเก็บสัมภาระ และ บริเวณนั่งพักของเจ้าหน้าที่	HVAC	
10	ห้องธุรการ	จัดเก็บและจัดทำเอกสาร ภายในแผนกเทคนิค การแพทย์ โดยมีเครื่องพิมพ์ เอกสาร จำนวน 2 เครื่อง	HVAC	

หมายเหตุ : GV = General Ventilation; HVAC = Heating, Ventilation, and Air Conditioning; Split type = Split-type Air Conditioner

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณเดียวกัน (อาคาร A) (ต่อ)

พื้นที่	ตำแหน่ง	กิจกรรมหลัก	การระบายอากาศ	ระบบปรับอากาศ
11	ห้องปฏิบัติการ Hematology และ Immunology	วิเคราะห์สิ่งส่งตรวจประเภท Hematology และ Immunology โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร 1 เครื่อง		HVAC
12	ห้องปฏิบัติการ Chemistry	วิเคราะห์สิ่งส่งตรวจประเภท Chemistry โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร 1 เครื่อง		HVAC
13	ห้องล้างอุปกรณ์	ย้อมสไลด์โดยใช้สารเคมี		HVAC
14	ห้องหัวหน้าแผนกเทคนิคการแพทย์	จัดทำเอกสารภายในแผนกเทคนิคการแพทย์ โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร 1 เครื่อง		HVAC
15	ห้องรับประทานอาหาร	บริเวณเก็บสัมภาระ และบริเวณนั่งพักของเจ้าหน้าที่		HVAC

หมายเหตุ : GV = General Ventilation; HVAC = Heating, Ventilation, and Air Conditioning; Split type = Split-type Air Conditioner

จากการสำรวจพบว่าจำนวนเจ้าหน้าที่ภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 ± 0.7 คนต่อวัน เพื่อให้บริการเจาะเลือดและเก็บสิ่งส่งตรวจ จำนวนของผู้ใช้บริการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 123 ± 90.3 คนต่อวัน ส่วนของห้องปฏิบัติการฯ มีจำนวนคนเฉลี่ยเท่ากับ 10.0 ± 0.7 คนต่อวัน รายละเอียดของจำนวนเจ้าหน้าที่และผู้ใช้บริการ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณแยกกัน (อาคาร B)

พื้นที่	ตำแหน่ง	กิจกรรมหลัก	การระบายอากาศ	ระบบปรับอากาศ
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ				
1	จุดยื่นคอยรับบริการ	ผู้ป่วยคอยรับบริการ		HVAC
2	สถานีเจาะเลือด 1	เจาะเลือดโดยแยกตามคิว		HVAC
3	สถานีเจาะเลือด 2 และ 3	เจาะเลือดโดยแยกตามคิว		HVAC
4	คัดกรองผู้ป่วย	รับเอกสารเพื่อจัดคิวผู้ป่วย และส่งสิ่งส่งตรวจผ่านกระสวย โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร 1 เครื่อง		HVAC
5	ห้องเก็บอุปกรณ์	เก็บอุปกรณ์ในการเก็บสิ่งส่งตรวจ		HVAC
6	ห้องพักเจ้าหน้าที่	บริเวณเก็บสัมภาระ และบริเวณนั่งพักของเจ้าหน้าที่		HVAC
ห้องปฏิบัติการฯ				
7	พื้นที่รับกระสวย	รับกระสวยจากห้องเก็บสิ่งตรวจ และนำเลือดใส่เครื่อง centrifuge โดยมีเครื่องพิมพ์เอกสาร 2 เครื่อง		HVAC
8	พื้นที่วิเคราะห์ตัวอย่าง	นำเลือดใส่เครื่อง centrifuge และเข้าเครื่องวิเคราะห์		HVAC
9	พื้นที่เก็บสิ่งส่งตรวจ และอุปกรณ์วิเคราะห์	เก็บสิ่งส่งตรวจแช่ในตู้เย็น และเก็บเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่าง		HVAC
10	พื้นที่เตรียมตัวอย่าง 1	เตรียมตัวอย่างประเภทเลือด และสไลด์สำหรับการส่องกล้องจุลทรรศน์		HVAC

หมายเหตุ : GV = General Ventilation; HVAC = Heating, Ventilation, and Air Conditioning; Split type = Split-type Air Conditioner

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะของจุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณแยกกัน (อาคาร B) (ต่อ)

พื้นที่	ตำแหน่ง	กิจกรรมหลัก	การระบายอากาศ	ระบบปรับอากาศ
10	พื้นที่เตรียมตัวอย่าง 1	เตรียมตัวอย่างประเภทเลือดและสไลด์สำหรับการส่องกล้องจุลทรรศน์		HVAC
11	พื้นที่ส่องกล้องจุลทรรศน์	ส่องสไลด์โดยผ่านกล้องจุลทรรศน์		HVAC
12	พื้นที่เตรียมตัวอย่าง 2	ย้อมสไลด์โดยใช้สารเคมี		HVAC
13	พื้นที่จัดทำเอกสาร	จัดเก็บและจัดทำเอกสารภายในแผนกเทคนิคการแพทย์		HVAC
14	ห้องเก็บอุปกรณ์	เก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ		HVAC
15	ห้องพักเจ้าหน้าที่	บริเวณเก็บสัมภาระ และบริเวณนั่งพักของเจ้าหน้าที่		HVAC

หมายเหตุ : GV = General Ventilation; HVAC = Heating, Ventilation, and Air Conditioning; Split type = Split-type Air Conditioner

จากการสำรวจพบว่าจำนวนเจ้าหน้าที่ภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 ± 0.4 คนต่อวัน เพื่อให้บริการเจาะเลือดและเก็บสิ่งส่งตรวจ จำนวนของผู้ใช้บริการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112 ± 49.0 คนต่อวัน และห้องปฏิบัติการฯ มีจำนวนเจ้าหน้าที่เฉลี่ยเท่ากับ 10.0 ± 0.7 คนต่อวัน โดยรายละเอียดของจำนวนเจ้าหน้าที่และผู้ใช้บริการ แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนเจ้าหน้าที่จุดเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณแยกกัน (อาคาร B)

พื้นที่	จำนวนเจ้าหน้าที่ (คนต่อวัน)		จำนวนผู้ใช้บริการ (คนต่อวัน)	
	Mean $\pm$ SD	Min - Max	Mean $\pm$ SD	Min - Max
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ	4.2 ± 0.4	4.0 - 5.0	112 ± 49.0	56.0 - 178.0
ห้องปฏิบัติการฯ	10.0 ± 0.7	9.0 - 11.0	-	-

4.2 คุณภาพอากาศภายในอาคารบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์

4.2.1 ภาวะสบายเชิงความร้อน

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในอาคาร A และอาคาร B พบค่าเฉลี่ยของพื้นที่ของอาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $22.0 - 27.0^{\circ}\text{C}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $24.3 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $18.9 - 25.8^{\circ}\text{C}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $23.6 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ซึ่งผลการตรวจวัดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของอาคาร B ต่ำกว่าเกณฑ์คำแนะนำ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ พบว่าผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $22.3 - 25.9^{\circ}\text{C}$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $24.2 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $18.9 - 25.5^{\circ}\text{C}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $22.9 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ส่วนภายในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $22.0 - 27.0^{\circ}\text{C}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $24.4 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $22.5 - 25.8^{\circ}\text{C}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $24.1 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B ส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์คำแนะนำ ยกเว้นห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร B ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย

ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร A และอาคาร B พบค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $41.3 - 62.2\%$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $51.7 \pm 4.4\%$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $43.0 - 73.9\%$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $56.7 \pm 9.5\%$ ซึ่งผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยของอาคาร A ต่ำกว่าเกณฑ์คำแนะนำ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ พบว่าผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $46.1 - 62.2\%$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $55.6 \pm 3.9\%$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $44.2 - 73.9\%$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $65.1 \pm 7.8\%$ ส่วนภายในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $41.3 - 61.1\%$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $51.7 \pm 3.9\%$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $43.0 - 70.2\%$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $51.0 \pm 5.5\%$ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B ผ่านเกณฑ์คำแนะนำ

ผลการตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร A และอาคาร B พบค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $0.00 - 0.24\text{ m/s}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.08 \pm 0.06\text{ m/s}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $0.04 - 0.17\text{ m/s}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.04 \pm 0.04\text{ m/s}$ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ พบว่าผลการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $0.00 - 0.24\text{ m/s}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.08 \pm 0.07\text{ m/s}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $0.00 - 0.17\text{ m/s}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.04 \pm 0.04\text{ m/s}$ ส่วนภายในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง $0.00 - 0.23\text{ m/s}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.08 \pm 0.06\text{ m/s}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง $0.00 - 0.15\text{ m/s}$ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.05 \pm 0.04\text{ m/s}$ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B อยู่ในเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย

รายละเอียดของผลการตรวจวัดภาวะสบายเชิงความร้อน (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ) ดังที่กล่าวมาเบื้องต้น แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ภาวะสบายเชิงความร้อนพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

พื้นที่	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด)		
	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	การเคลื่อนที่ของอากาศ (m/s)
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ			
อาคาร A (n = 70)	24.2 $\pm$ 0.9 (22.3 - 25.9)	55.6 $\pm$ 3.9 (46.1 - 62.2)	0.08 $\pm$ 0.07 (0.00 - 0.24)
อาคาร B (n = 60)	22.9 $\pm$ 1.0 * (18.9 - 25.5)	65.1 $\pm$ 7.8 (44.2 - 73.9)	0.04 $\pm$ 0.04 (0.00 - 0.17)
ห้องปฏิบัติการฯ			
อาคาร A (n = 80)	24.4 $\pm$ 1.0 (22.0 - 27.0)	51.7 $\pm$ 3.9 (41.3 - 61.1)	0.08 $\pm$ 0.06 (0.00 - 0.23)
อาคาร B (n = 90)	24.1 $\pm$ 0.7 (22.5 - 25.8)	51.0 $\pm$ 5.5 (43.0 - 70.2)	0.05 $\pm$ 0.04 (0.00 - 0.15)
ข้อมูลรวม			
อาคาร A (n=150)	24.3 $\pm$ 1.0 (22.0 - 27.0)	51.7 $\pm$ 4.4 (41.3 - 62.2)	0.08 $\pm$ 0.06 (0.00 - 0.24)
อาคาร B (n=150)	23.6 $\pm$ 1.0 * (18.9 - 25.8)	56.7 $\pm$ 9.5 (43.0 - 73.9)	0.04 $\pm$ 0.04 (0.04 - 0.17)

หมายเหตุ : * เกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (อุณหภูมิ: 24 - 26 °C, ความชื้นสัมพัทธ์: 50 - 65% และการเคลื่อนที่ของอากาศ < 0.3 m/s)

4.2.2 ปริมาณอนุภาคในอากาศขนาดต่าง ๆ ในอากาศ

ผลการตรวจวัดปริมาณ PM_{2.5} ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่า อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 21.3 - 115.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.6 $\pm$ 20.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 6.0 - 49.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.4 $\pm$ 12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งผลการตรวจวัด PM_{2.5} โดยเฉลี่ยของทั้งสองอาคารเกินเกณฑ์คำแนะนำ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ผลการตรวจวัด PM_{2.5} แสดงให้เห็นว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 38.6 - 108.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.4 $\pm$ 18.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 15.0 - 49.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.8 $\pm$ 10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนภายในห้องปฏิบัติการฯ อาคาร A มีค่าระหว่าง 21.3 - 115.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.3 $\pm$ 20.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 6.0 - 44.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.8 $\pm$ 6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบว่าพื้นที่เทคนิคการแพทย์ของอาคาร A และห้องปฏิบัติการฯ ของอาคาร B มีค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย

ผลการตรวจวัดปริมาณ PM₁₀ ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 25.8 - 150.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.6 $\pm$ 22.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร

B มีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 - 55.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $23.0 \pm 13.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งผลการตรวจวัด PM_{10} โดยเฉลี่ยของทั้งสองอาคารเกินเกณฑ์คำแนะนำ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ผลการตรวจวัดปริมาณ PM_{10} แสดงให้เห็นว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 43.8 - 150.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $82.9 \pm 22.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 17.0 - 55.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $36.0 \pm 11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนห้องปฏิบัติการฯ อาคาร A มีค่าระหว่าง 25.8 - 127.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $76.8 \pm 22.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 7.0 - 46.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $14.3 \pm 6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าพื้นที่เทคนิคการแพทย์ของอาคาร A และห้องปฏิบัติการฯ ของอาคาร B มีค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย โดยรายละเอียดของผลการตรวจวัดอนุภาคในอากาศขนาดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณอนุภาคในอากาศในพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

พื้นที่	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด)	
	$\text{PM}_{2.5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$\text{PM}_{10} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ		
อาคาร A (n = 70)	$74.4 \pm 18.7^*$ (38.6 - 108.9)	$82.9 \pm 22.2^*$ (43.8 - 150.5)
อาคาร B (n = 60)	$31.8 \pm 10.5^*$ (15.0 - 49.0)	$36.0 \pm 11.0^*$ (17.0 - 55.0)
ห้องปฏิบัติการฯ		
อาคาร A (n = 80)	$67.3 \pm 20.8^*$ (21.3 - 115.2)	$76.8 \pm 22.4^*$ (25.8 - 127.2)
อาคาร B (n = 90)	12.8 ± 6.1 (6.0 - 44.0)	14.3 ± 6.6 (7.0 - 46.0)
ข้อมูลรวม		
อาคาร A (n=150)	$70.6 \pm 20.1^*$ (21.3 - 115.2)	$79.6 \pm 22.4^*$ (25.8 - 150.5)
อาคาร B (n=150)	$20.4 \pm 12.3^*$ (6.0 - 49.0)	$23.0 \pm 13.7^*$ (7.0 - 55.0)

หมายเหตุ : * เกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ($\text{PM}_{2.5} < 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{10} < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

4.2.3 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซและไอระเหยในอากาศ

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ CO_2 ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 495 - 1,189 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $695 \pm 131 \text{ ppm}$ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 461 - 976 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $718 \pm 90 \text{ ppm}$ ซึ่งผลการตรวจวัด CO_2 โดยเฉลี่ยของทั้งสองอาคารเกินเกณฑ์คำแนะนำโดยเมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ ผลการตรวจวัด CO_2 แสดงให้เห็น

ว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 495 - 1,189 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 667 ± 134 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 587 - 862 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 692 ± 70 ppm ส่วนภายในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าระหว่าง 514 - 1,036 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 719 ± 124 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 461 - 976 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 736 ± 98 ppm โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B อยู่ในเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ CO ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 3.12 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 ± 0.84 ppm และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 12.44 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.07 ± 2.73 โดยเมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ CO พบว่า ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 0 - 2.54 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 ± 0.76 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 0 - 11.05 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 ± 3.03 ppm ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าระหว่าง 0.11 - 3.12 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 ± 0.84 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 0.2 - 12.44 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 ± 2.54 ppm โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B อยู่ในเกณฑ์คำแนะนำ

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ HCHO ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.66 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 ± 0.17 ppm และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 0.81 ppm มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.4 ± 0.2 ppm เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ HCHO พบว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 0.02 - 0.58 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 ± 0.15 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 0 - 0.64 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 ± 0.17 ppm ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าระหว่าง 0.12 - 0.66 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 ± 0.1 ppm และอาคาร B มีค่าระหว่าง 0.5 - 0.81 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 ± 0.16 ppm ซึ่งค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B อยู่ในเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัย

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ TVOCs ภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 880 - 5,030 ppb มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2633 ± 626 ppb และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 1,500 - 5,390 ppb มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2,843 \pm 757$ ppb ซึ่งผลการตรวจวัด TVOCs โดยเฉลี่ยของทั้งสองอาคารเกินเกณฑ์คำแนะนำ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ TVOCs พบว่า ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 880 - 3,950 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2,300 \pm 520$ ppb และอาคาร B มีค่าระหว่าง 2,030 - 5,030 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2,924 \pm 565$ ppb ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าระหว่าง 1,500 - 3,170 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2,383 \pm 437$ ppb และอาคาร B มีค่าระหว่าง 1,720 - 5,390 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3,143 \pm 765$ ppb โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B อยู่เกินเกณฑ์คำแนะนำของกรมอนามัยทุกพื้นที่ รายละเอียดของผลการตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซและไอระเหยในอากาศดังที่กล่าวมาเบื้องต้น แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซและโอโรเซเหยในอากาศพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

พื้นที่	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด)			
	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	HCHO (ppm)	TVOCs (ppb)
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ				
อาคาร A (n = 70)	667 $\pm$ 134 (495 - 1,189)	0.98 $\pm$ 0.76 (0 - 2.54)	0.24 $\pm$ 0.15 (0.02 - 0.58)	2,300 $\pm$ 520* (880 - 3,950)
อาคาร B (n = 60)	692 $\pm$ 70 (587 - 862)	1.57 $\pm$ 3.03 (0 - 11.05)	0.27 $\pm$ 0.17 (0 - 0.64)	2,924 $\pm$ 565* (2,030 - 5,030)
ห้องปฏิบัติการฯ				
อาคาร A (n = 80)	719 $\pm$ 124 (514 - 1,036)	1.51 $\pm$ 0.84 (0.11 - 3.12)	0.47 $\pm$ 0.1 (0.12 - 0.66)	2,383 $\pm$ 437* (1,500 - 3,170)
อาคาร B (n = 90)	736 $\pm$ 98 (461 - 976)	2.5 $\pm$ 2.54 (0.2 - 12.44)	0.5 $\pm$ 0.16 (0 - 0.81)	3,143 $\pm$ 765* (1,720 - 5,390)
ข้อมูลรวม				
อาคาร A (n=150)	695 $\pm$ 131 (495 - 1,189)	1.26 $\pm$ 0.84 (0 - 3.12)	0.36 $\pm$ 0.17 (0.02 - 0.66)	2,633 $\pm$ 626* (880 - 5,030)
อาคาร B (n=150)	718 $\pm$ 90 (461 - 976)	2.07 $\pm$ 2.73 (0 - 12.44)	0.4 $\pm$ 0.2 (0 - 0.81)	2,843 $\pm$ 757* (1,500 - 5,390)

หมายเหตุ : * เกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (CO₂ < 1,000 ppm, CO < 9 ppm, HCHO < 0.8 ppm และ TVOCs < 1,000 ppb)

4.2.4 ปริมาณความเข้มข้นของจุลชีพในอากาศ

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแบคทีเรียภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ระหว่าง 42 - 1,170 CFU/m³ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 366 $\pm$ 207 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าอยู่ระหว่าง 7 - 966 CFU/m³ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 275 $\pm$ 169 CFU/m³ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแบคทีเรีย พบว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าระหว่าง 168 - 978 CFU/m³ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 484 $\pm$ 142 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 30 - 966 CFU/m³ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 386 $\pm$ 175 CFU/m³ ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าระหว่าง 42 - 1,170 CFU/m³ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 194 $\pm$ 179 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าระหว่าง 7 - 612 CFU/m³ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 138 $\pm$ 116 CFU/m³ ซึ่งค่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A และ B ทุกพื้นที่อยู่ในเกณฑ์แนะนำของกรมอนามัย

ผลการตรวจวัดเชื้อราภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าเฉลี่ยของพื้นที่อาคาร A มีค่าอยู่ในช่วง 30 - 1,128 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 301 ± 210 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าอยู่ในช่วง 42 - 1,104 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 307 ± 195 CFU/m³ เมื่อแยกตามแต่ละพื้นที่ พบว่าความเข้มข้นของเชื้อราของห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าอยู่ในช่วง 30 - 1,128 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 333 ± 240 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าอยู่ในช่วง 42 - 1,104 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 407 ± 239 CFU/m³ ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีค่าอยู่ในช่วง 36 - 519 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 197 ± 129 CFU/m³ และอาคาร B มีค่าอยู่ในช่วง 15 - 537 CFU/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159 ± 130 CFU/m³ ซึ่งค่าเฉลี่ยของทุกพื้นที่ในอาคาร A และ B อยู่ในเกณฑ์แนะนำของกรมอนามัย รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความเข้มข้นของจุลชีพในอากาศพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

พื้นที่	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด)	
	แบคทีเรีย (CFU/m ³)	เชื้อรา (CFU/m ³)
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ		
อาคาร A (n = 70)	484 ± 142	333 ± 240
	(168 - 978)	(30 - 1,128)
อาคาร B (n = 60)	386 ± 175	407 ± 239
	(30 - 966)	(42 - 1,104)
ห้องปฏิบัติการ		
อาคาร A (n = 80)	194 ± 179	197 ± 129
	(42 - 1,170)	(36 - 519)
อาคาร B (n = 90)	138 ± 116	159 ± 130
	(7 - 612)	(15 - 537)
ข้อมูลรวม		
อาคาร A (n=150)	366 ± 207	301 ± 210
	(42 - 1,170)	(30 - 1,128)
อาคาร B (n=150)	275 ± 169	307 ± 195
	(7 - 966)	(42 - 1,104)

หมายเหตุ : * เกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (แบคทีเรียและเชื้อรา < 500 CFU/m³)

4.2.5 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Ac/hr)

ผลการตรวจวัดอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศภายในอาคาร A และอาคาร B พบว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเท่ากับ 0.02 Ac/hr และอาคาร B มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเท่ากับ 6.10 Ac/hr ส่วนในห้องปฏิบัติการ อาคาร A มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเท่ากับ 12.34 Ac/hr และอาคาร B มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเท่ากับ 6.75

Ac/hr โดยพบว่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของพื้นที่ห้องสิ่งส่งตรวจอาคาร A มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์แนะนำของ ASHRAE 2014

ตารางที่ 4.9 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Ac/hr) ของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ของอาคาร A และอาคาร B

พื้นที่	พื้นที่ใช้สอย (m ²)	ระบบระบายและระบบปรับอากาศ	อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Ac/hr)
อาคาร A			
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ	290	GV+SP	0.02*
ห้องปฏิบัติการฯ	69	HVAC	6.10
อาคาร B			
ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ	46	HVAC	12.34
ห้องปฏิบัติการฯ	100	HVAC	6.75

หมายเหตุ : * อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่ำกว่าคำแนะนำของ ASHRAE (6 Ac/hr)

4.3 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศในอาคาร

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพอากาศแต่ละพารามิเตอร์ พบพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังนี้ พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ อุณหภูมิกับการเคลื่อนที่อากาศ ($r_s = 0.235$) อุณหภูมิกับ $PM_{2.5}$ ($r_s = 0.463$) อุณหภูมิกับ PM_{10} ($r_s = 0.465$) อุณหภูมิกับเชื้อรา ($r_s = 0.230$) การเคลื่อนที่อากาศกับ $PM_{2.5}$ ($r_s = 0.159$) การเคลื่อนที่อากาศกับ PM_{10} ($r_s = 0.143$) การเคลื่อนที่อากาศกับเชื้อรา ($r_s = 0.146$) $PM_{2.5}$ กับ PM_{10} ($r_s = 0.993$) CO กับ HCHO ($r_s = 0.720$) CO กับ TVOCs ($r_s = 0.176$) และ HCHO กับ TVOCs ($r_s = 0.168$) และพบความสัมพันธ์เชิงลบในพารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ ($r_s = -0.309$) อุณหภูมิกับ TVOCs ($r_s = -0.143$) ความชื้นสัมพัทธ์กับการเคลื่อนที่อากาศ ($r_s = -0.346$) ความชื้นสัมพัทธ์กับเชื้อรา ($r_s = -0.186$) ความชื้นสัมพัทธ์กับ CO ($r_s = -0.281$) การเคลื่อนที่อากาศกับ TVOCs ($r_s = -0.197$) $PM_{2.5}$ กับ CO_2 ($r_s = -0.242$) $PM_{2.5}$ กับ CO ($r_s = -0.140$) $PM_{2.5}$ กับ HCHO ($r_s = -0.285$) $PM_{2.5}$ กับ TVOCs ($r_s = -0.313$) PM_{10} กับ CO_2 ($r_s = -0.219$) CO_2 กับ CO ($r_s = -0.320$) และ CO_2 กับ TVOCs ($r_s = -0.32$)

ตารางที่ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของคุณภาพอากาศแต่ละพารามิเตอร์ (r_s)

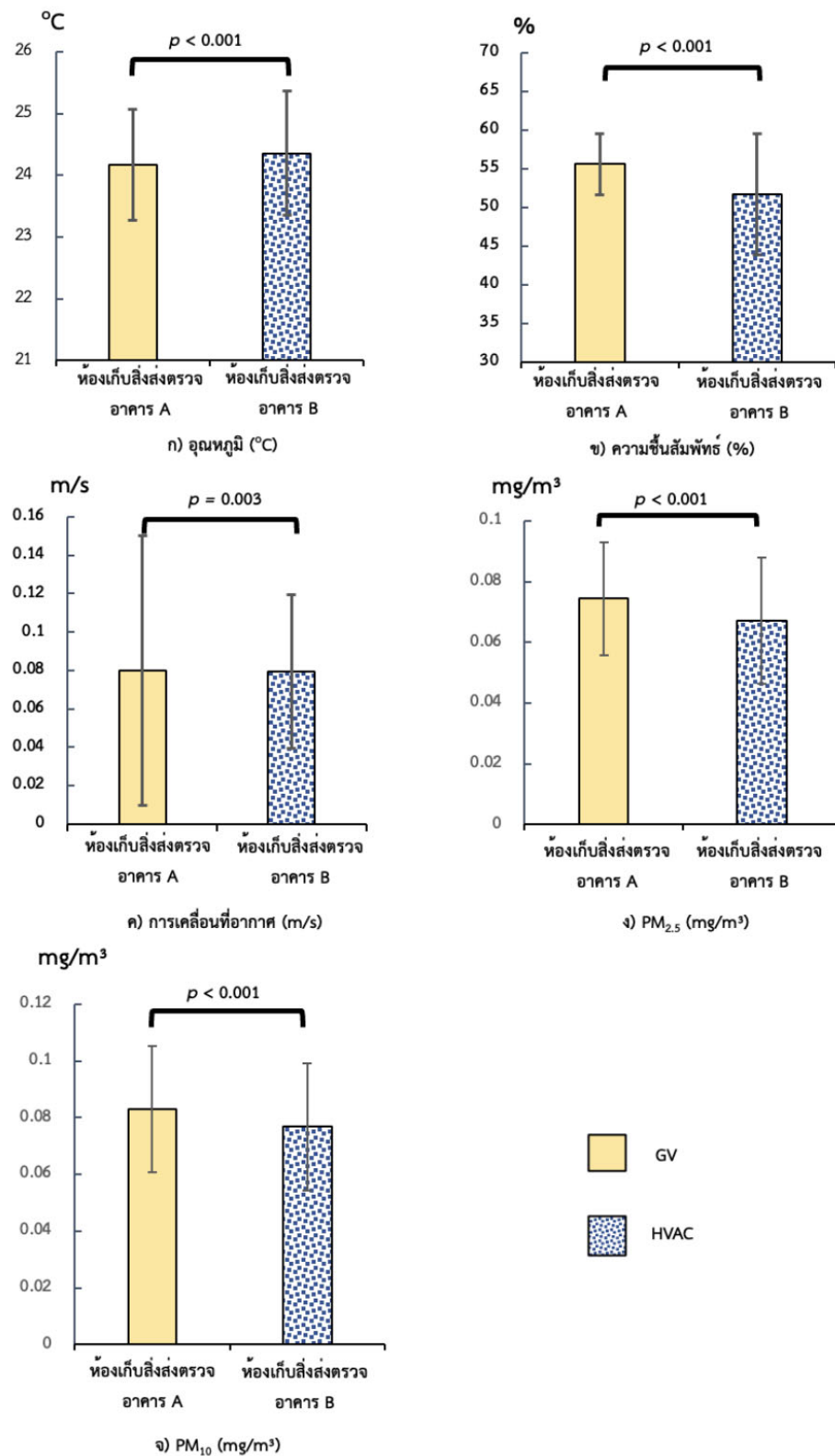
	TEMP	RH	AM	PM _{2.5}	PM ₁₀	BAC	FUN	CO ₂	CO	HCHO	TVOCs
TEMP	1.000	-0.309**	0.235**	0.463**	0.465**	-0.017	0.230**	0.107	0.038	0.006	-0.143*
RH		1.000	-0.346**	0.068	0.070	-0.033	-0.186**	-0.093	-0.281**	-0.060	0.008
AM			1.000	0.159*	0.143*	0.016	0.146*	-0.079	0.096	0.039	-0.197**
PM _{2.5}				1.000	0.993**	0.040	0.001	-0.242**	-0.140*	-0.285**	-0.313**
PM ₁₀					1.000	0.057	-0.017	-0.219**	-0.153	-0.279	-0.305
BAC						1.000	0.045	0.045	-0.107	-0.138	-0.236
FUN							1.000	-0.058	0.074*	0.123	-0.074
CO ₂								1.000	-0.320**	-0.110	-0.259**
CO									1.000	0.720**	0.176*
HCHO										1.000	0.168*
TVOCs											1.000

หมายเหตุ : * = p-value < 0.05, ** = p-value < 0.001, TEMP = อุณหภูมิ, RH = ความชื้นสัมพัทธ์, AM = การเคลื่อนที่อากาศ, BAC = แบคทีเรีย, FUN = เชื้อรา, HCHO = ฟORMALDEHYD, TVOCs = สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด

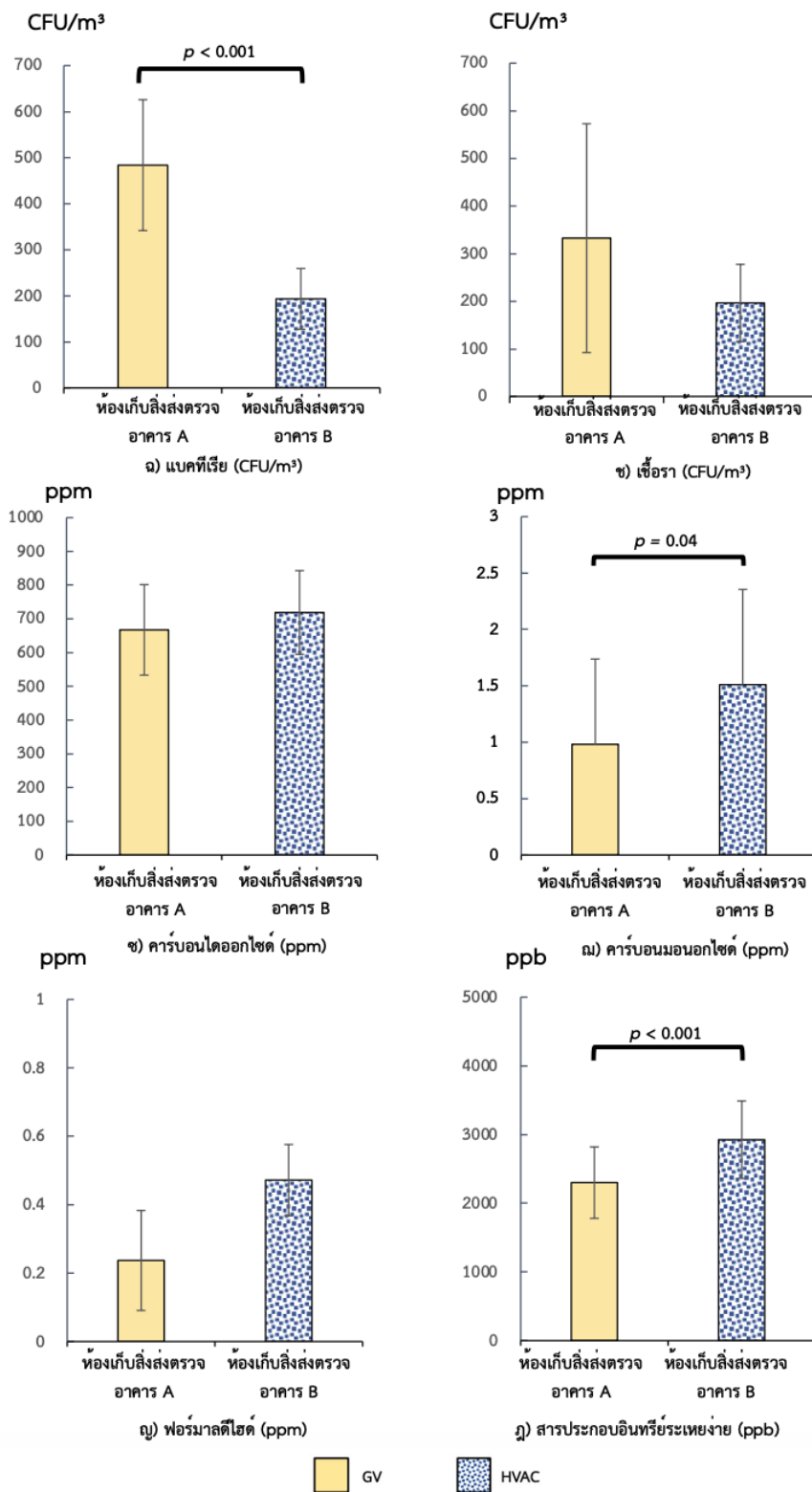
4.4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศในอาคาร

4.4.1 ระบบระบายอากาศ

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านระบบระบายอากาศของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคุณภาพอากาศในอาคาร โดยพบว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจมีค่าเฉลี่ยของอนุภาคนิวเมอโร ความชื้นสัมพัทธ์ การเคลื่อนที่อากาศ แบคทีเรีย $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO และ TVOCs มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอนุภาคนิวเมอโร การเคลื่อนที่อากาศ แบคทีเรีย $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO และ TVOCs ของห้องเก็บสิ่งส่งตรวจที่ใช้ระบบระบายอากาศแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์สูงกว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจที่ใช้ระบบ HVAC ยกเว้นความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.3



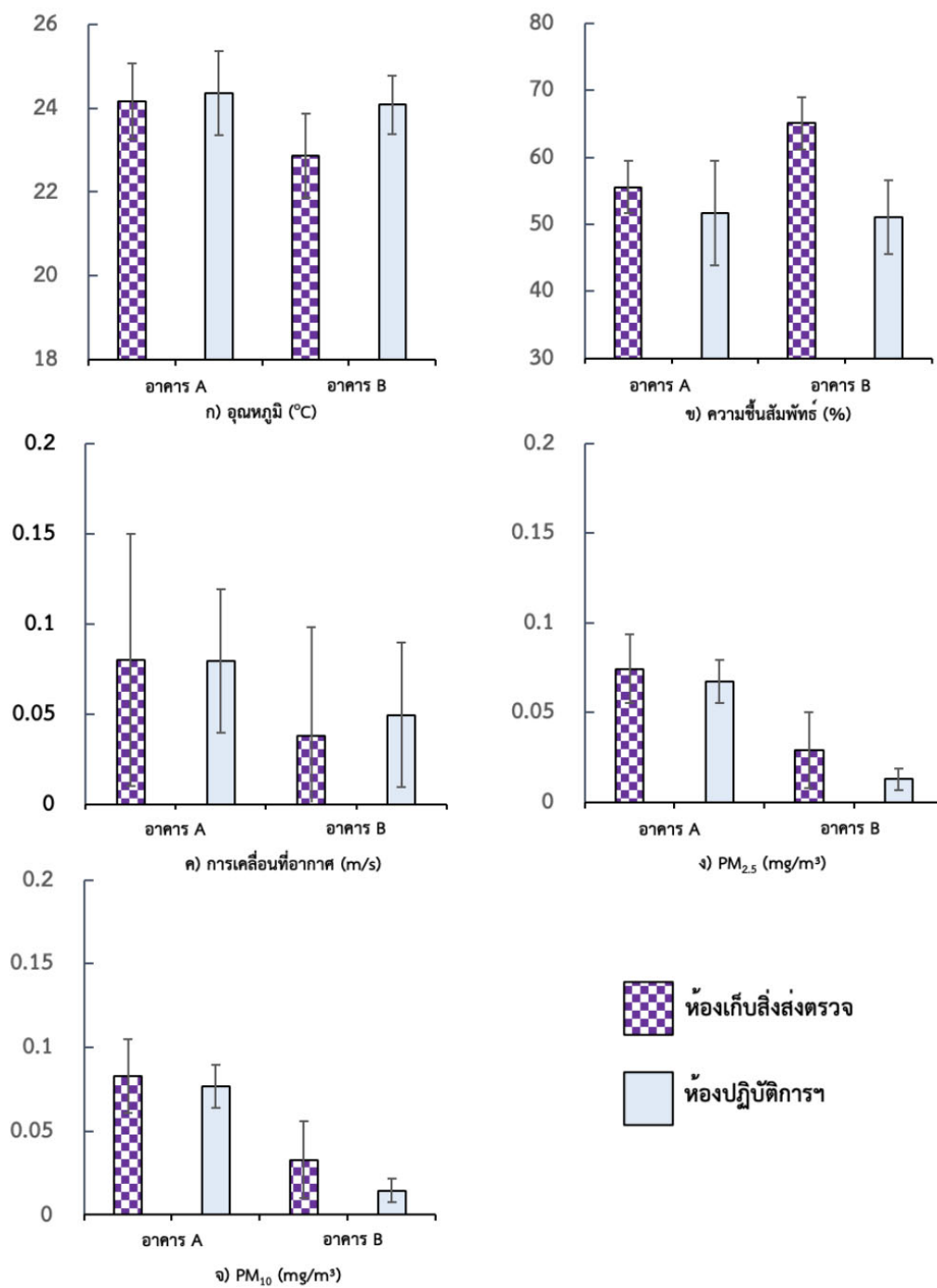
รูปที่ 4.3 คุณภาพอากาศในอากาศโดยจำแนกตามระบบระบายอากาศ



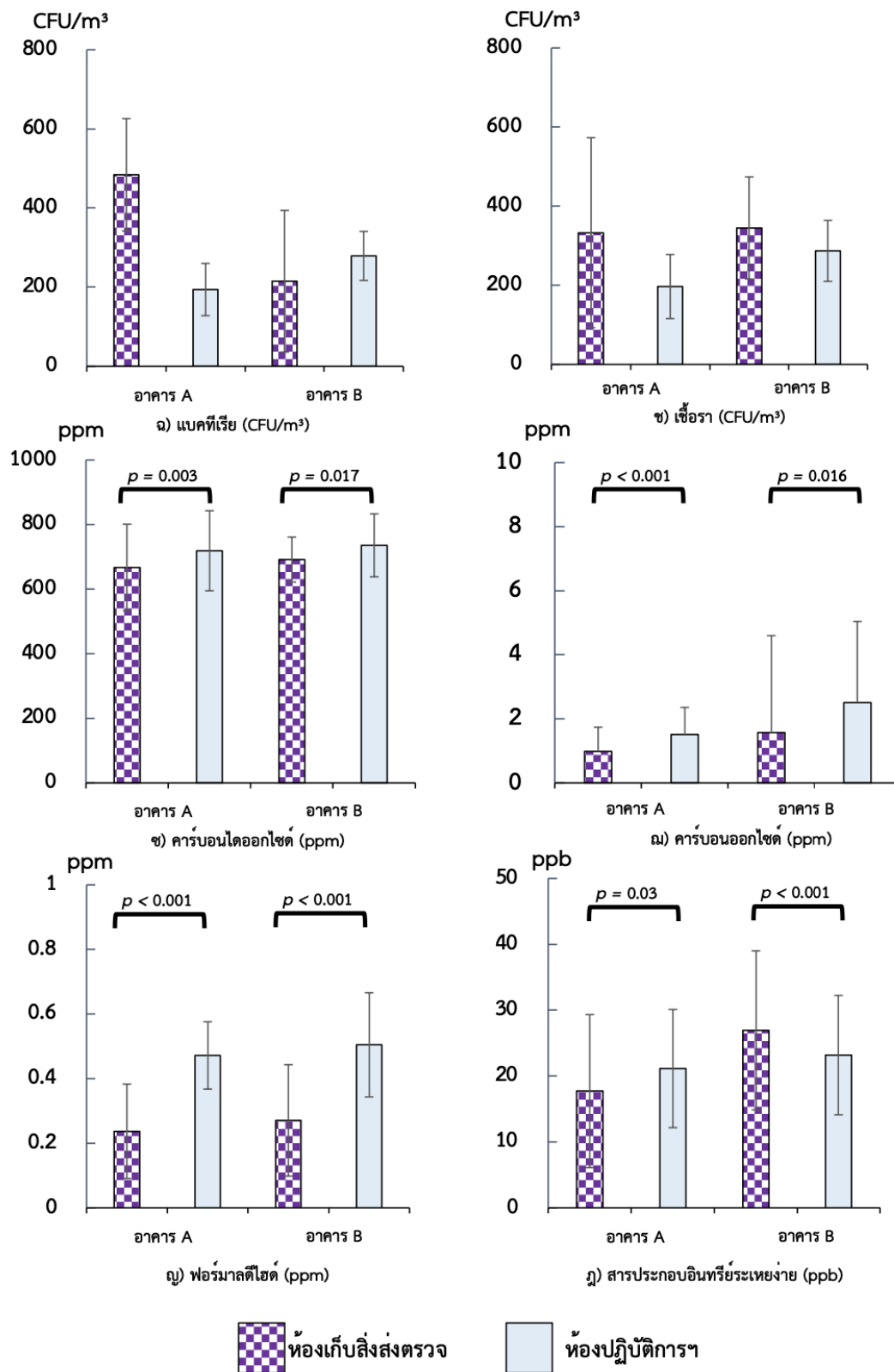
รูปที่ 4.3 คุณภาพอากาศในอาคารโดยจำแนกตามระบบระบายอากาศ (ต่อ)

4.4.2 ลักษณะการให้บริการ

จากการศึกษาคุณภาพอากาศโดยจำแนกตามระบบระบายอากาศที่ต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ คุณภาพอากาศในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจกับห้องปฏิบัติการฯ ของอาคาร A พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ $PM_{2.5}$, PM_{10} แบคทีเรีย เชื้อรา CO_2 , CO, HCHO และ TVOCs มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าความชื้นสัมพัทธ์, $PM_{2.5}$, PM_{10} แบคทีเรีย และเชื้อรา ในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจสูงกว่าห้องปฏิบัติการฯ ยกเว้นอุณหภูมิ CO_2 , CO, HCHO และ TVOCs ในห้องปฏิบัติการฯ สูงกว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ เมื่อเปรียบห้องเก็บสิ่งส่งตรวจกับห้องปฏิบัติการฯ ของอาคาร B พบว่าทุกพารามิเตอร์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของ อุณหภูมิ แบคทีเรีย $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO_2 และ TVOCs ภายในห้องเก็บสิ่งส่งตรวจสูงกว่าห้องปฏิบัติการฯ ยกเว้น ความชื้นสัมพัทธ์ เชื้อรา CO_2 และ HCHO ที่ห้องปฏิบัติการฯ สูงกว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 คุณภาพอากาศโดยจำแนกตามลักษณะการให้บริการ



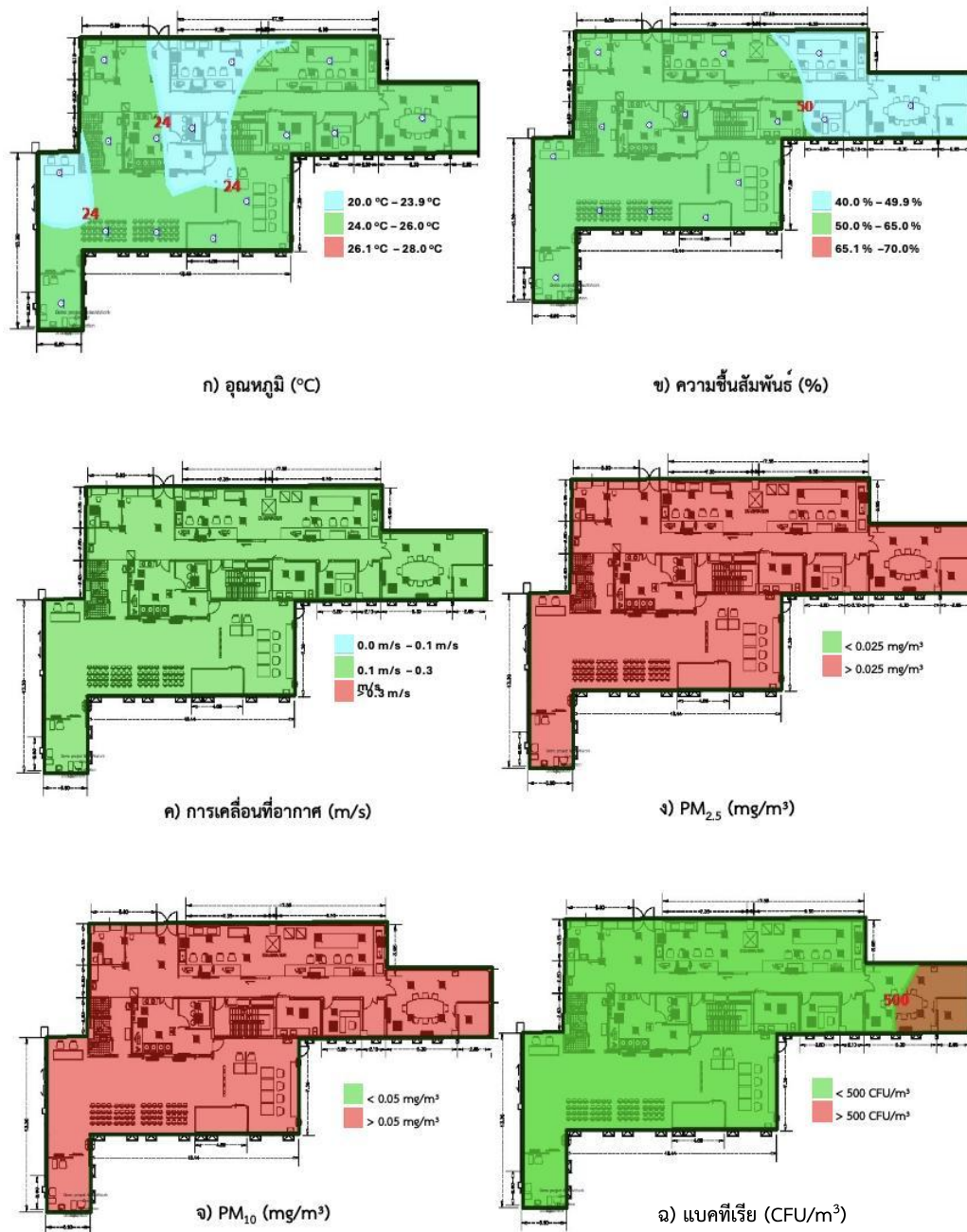
รูปที่ 4.4 คุณภาพอากาศโดยจำแนกตามลักษณะการให้บริการ (ต่อ)

4.4.3 การจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

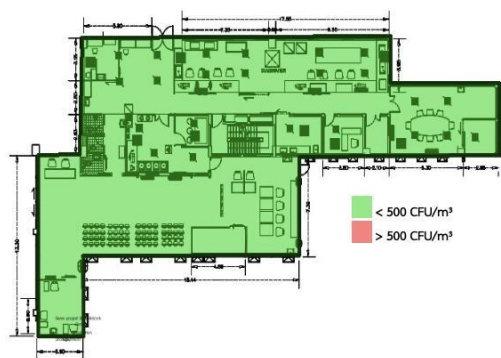
จากการศึกษาการจัดพื้นที่ของเทคนิคการแพทย์พื้นที่ห้องปฏิบัติการฯ ติดกับห้องเจาะเลือด (อาคาร A) พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำของกรมอนามัย ยกเว้นอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บางจุด เช่น บริเวณจุดคัดกรอง ห้องปั่นเลือด ห้องพักเจ้าหน้าที่ และห้องปฏิบัติการฯ ที่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ค่าแนะนำ รวมทั้งพบค่าเฉลี่ยของ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในทุกบริเวณ และบริเวณห้องพักเจ้าหน้าที่พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแบคทีเรียเกินเกณฑ์ค่าแนะนำของกรมอนามัย

จากการศึกษาการจัดพื้นที่ของเทคนิคการแพทย์พื้นที่ห้องปฏิบัติการฯ แยกกับห้องเจาะเลือด (อาคาร B) พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภายในห้องเจาะเลือดส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำของกรมอนามัย ยกเว้นอุณหภูมิที่ทุกพื้นที่ต่ำกว่าเกณฑ์ค่าแนะนำ และความชื้นสัมพัทธ์บางจุดที่เกินเกณฑ์ค่าแนะนำ เช่น บริเวณหน้าห้องเจาะเลือด บริเวณที่โต๊ะเจาะเลือด และโต๊ะทำงานเจ้าหน้าที่ ส่วนห้องปฏิบัติการฯ ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำ ยกเว้นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บางจุดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่าแนะนำ เช่น บริเวณย้อมสี ล้างสไลด์ ส่องกล้องจุลทรรศน์ และงานเอกสาร

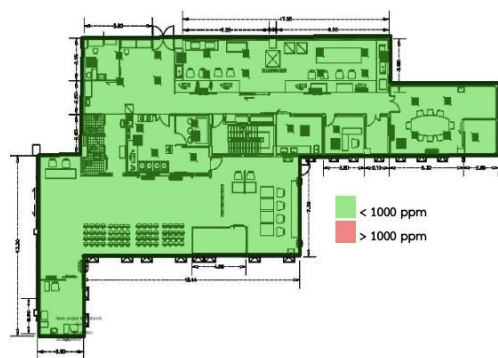
เมื่อเปรียบเทียบของทั้งสองพื้นที่ พบว่าแต่ละพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ได้แก่ เชื้อรา อุณหภูมิ CO_2 , CO และ HCHO ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำของกรมอนามัย แต่ TVOCs มีค่าเฉลี่ยเกินเกณฑ์ค่าแนะนำ โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิห้องเจาะเลือดอาคาร B ต่ำกว่าเกณฑ์ค่าแนะนำ และพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บสิ่งส่งตรวจอาคาร B มีค่าเกินเกณฑ์ค่าแนะนำเกือบทั้งพื้นที่ โดยเมื่อเปรียบกับอาคาร A พบว่าห้องเก็บสิ่งส่งตรวจผ่านเกณฑ์ค่าแนะนำทั้งหมด และอาคาร A บริเวณห้องพักเจ้าหน้าที่ มีค่า $PM_{2.5}$, PM_{10} และแบคทีเรียเกินเกณฑ์ค่าแนะนำ แต่อาคาร B อยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำ รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.5 - 4.7



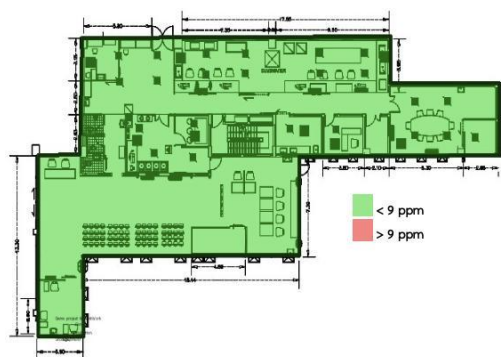
รูปที่ 4.5 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A



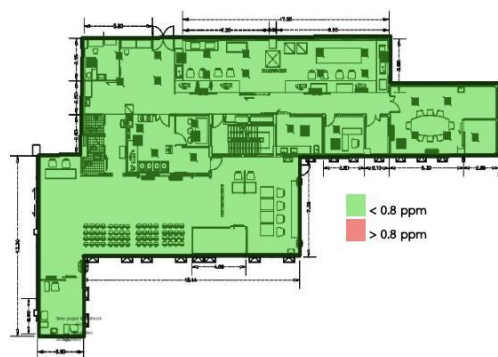
ข) เชื้อรา (CFU/m³)



ค) คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)



ณ) คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)

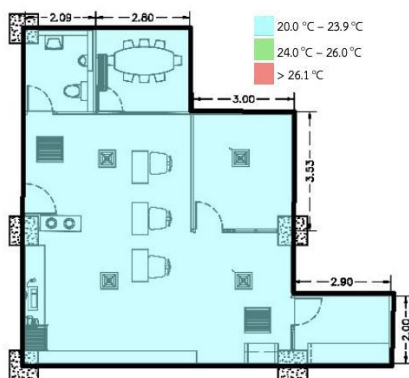


ญ) ฟอร์มัลดีไฮด์ (ppm)



ฎ) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (ppb)

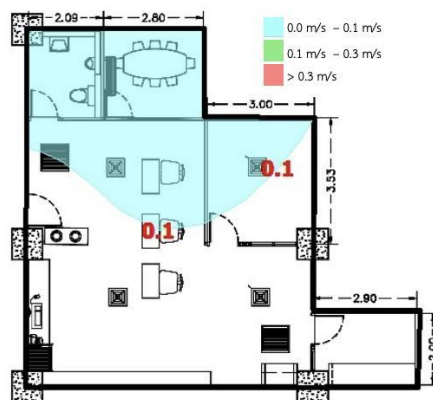
รูปที่ 4.5 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A (ต่อ)



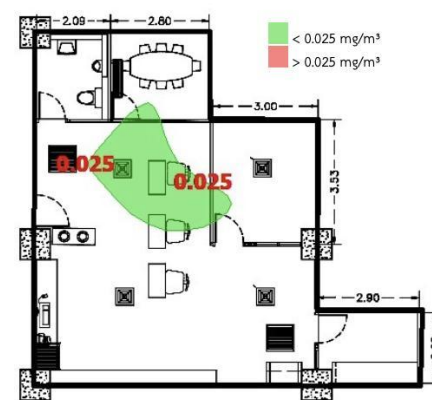
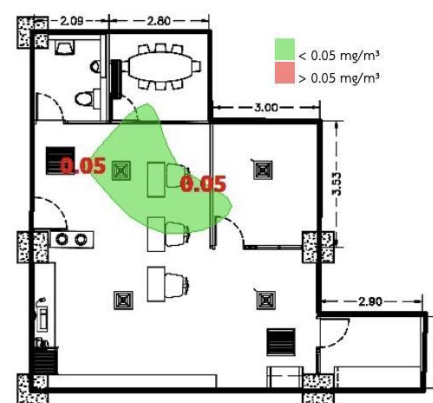
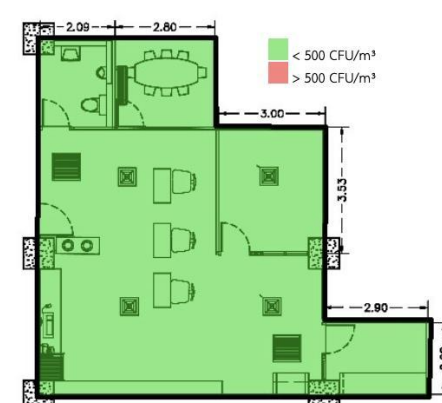
ก) อุณหภูมิ (°C)



ข) ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

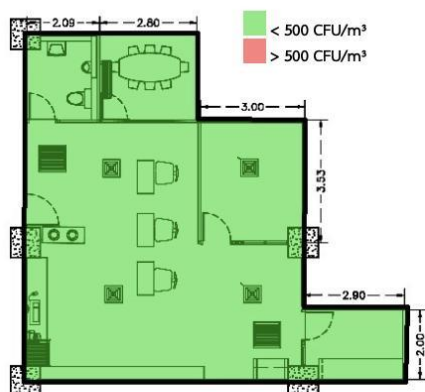


ค) การเคลื่อนที่อากาศ (m/s)

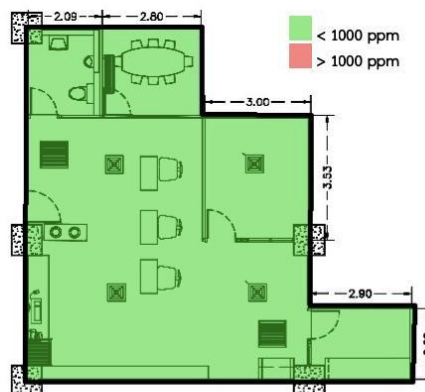
ง) PM_{2.5} (mg/m³)จ) PM₁₀ (mg/m³)

ฉ) แบคทีเรีย (CFU/m³)

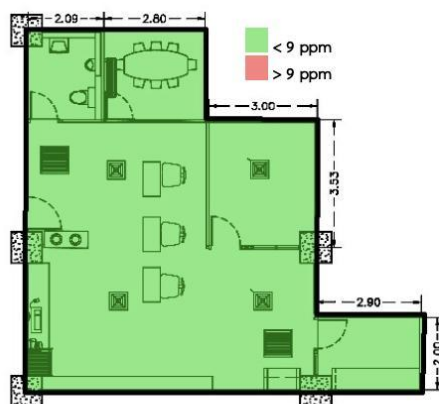
รูปที่ 4.6 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร B ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ



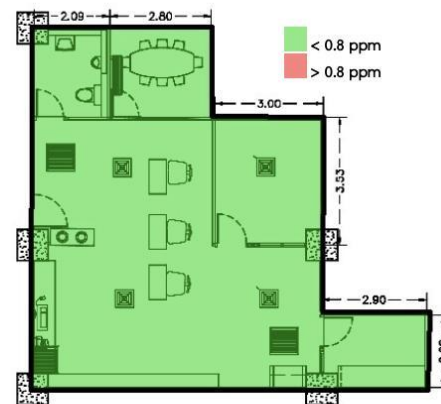
ข) เชื้อรา (CFU/m³)



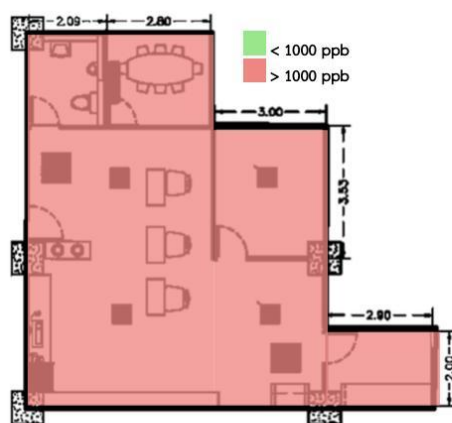
ค) คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm)



ณ) คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)



ญ) ฟอร์มัลดีไฮด์ (ppm)

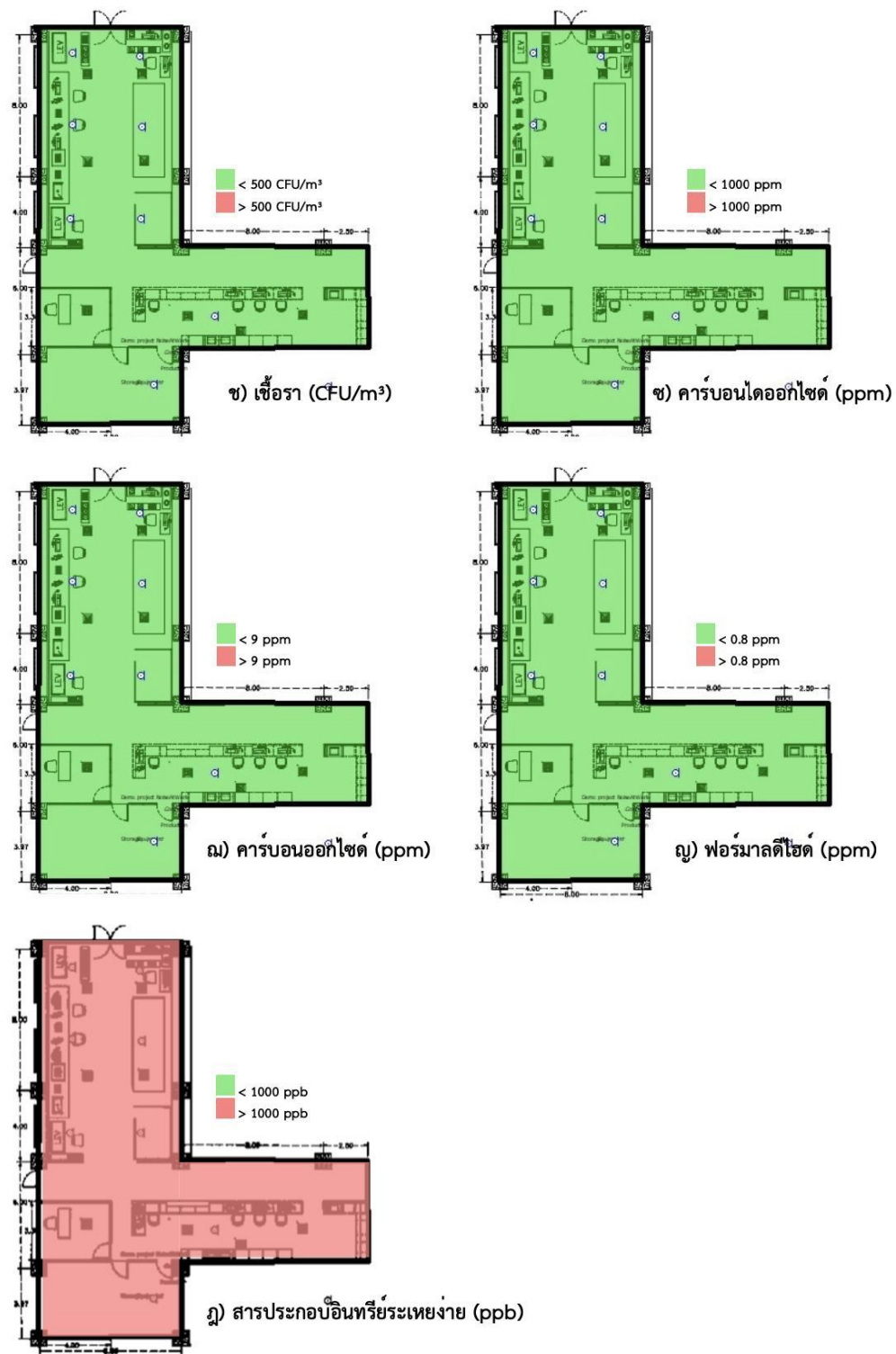


ฎ) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (ppb)

รูปที่ 4.6 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร B ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ (ต่อ)



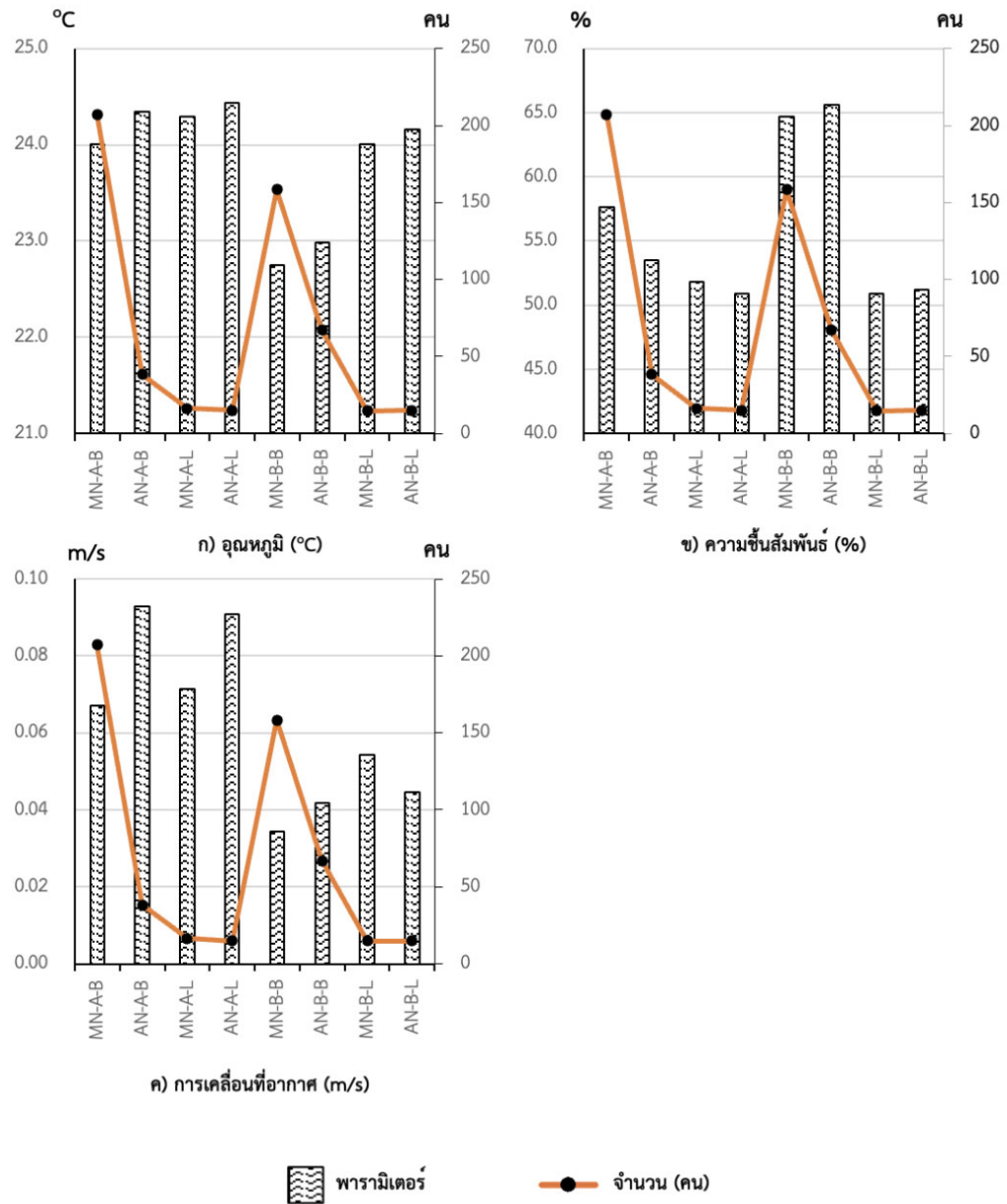
รูปที่ 4.7 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร B ห้องปฏิบัติการฯ



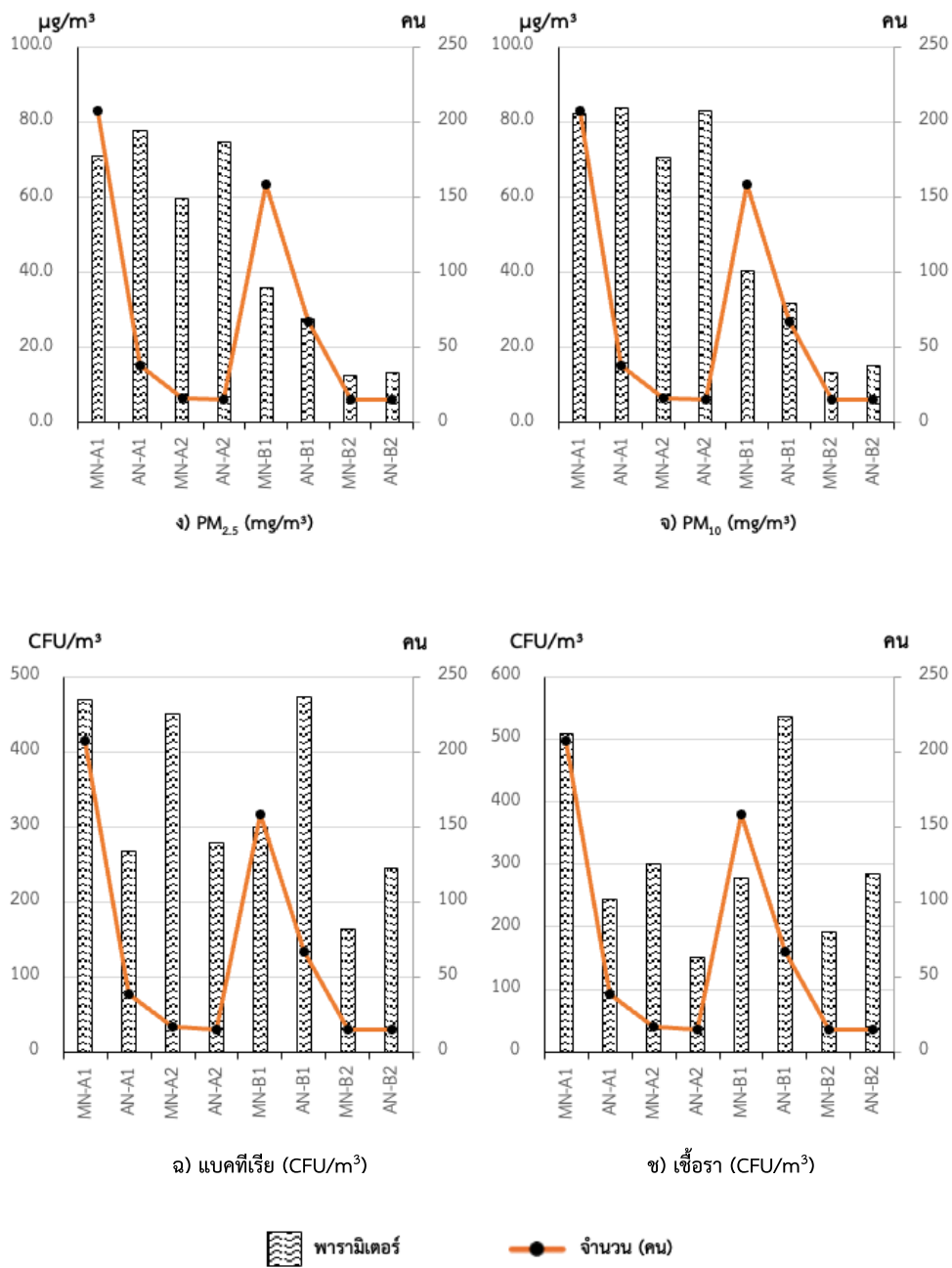
รูปที่ 4.7 คุณภาพอากาศในการจัดพื้นที่ของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร B ห้องปฏิบัติการฯ (ต่อ)

4.4.4 ช่วงเวลาในการบริการของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และ B

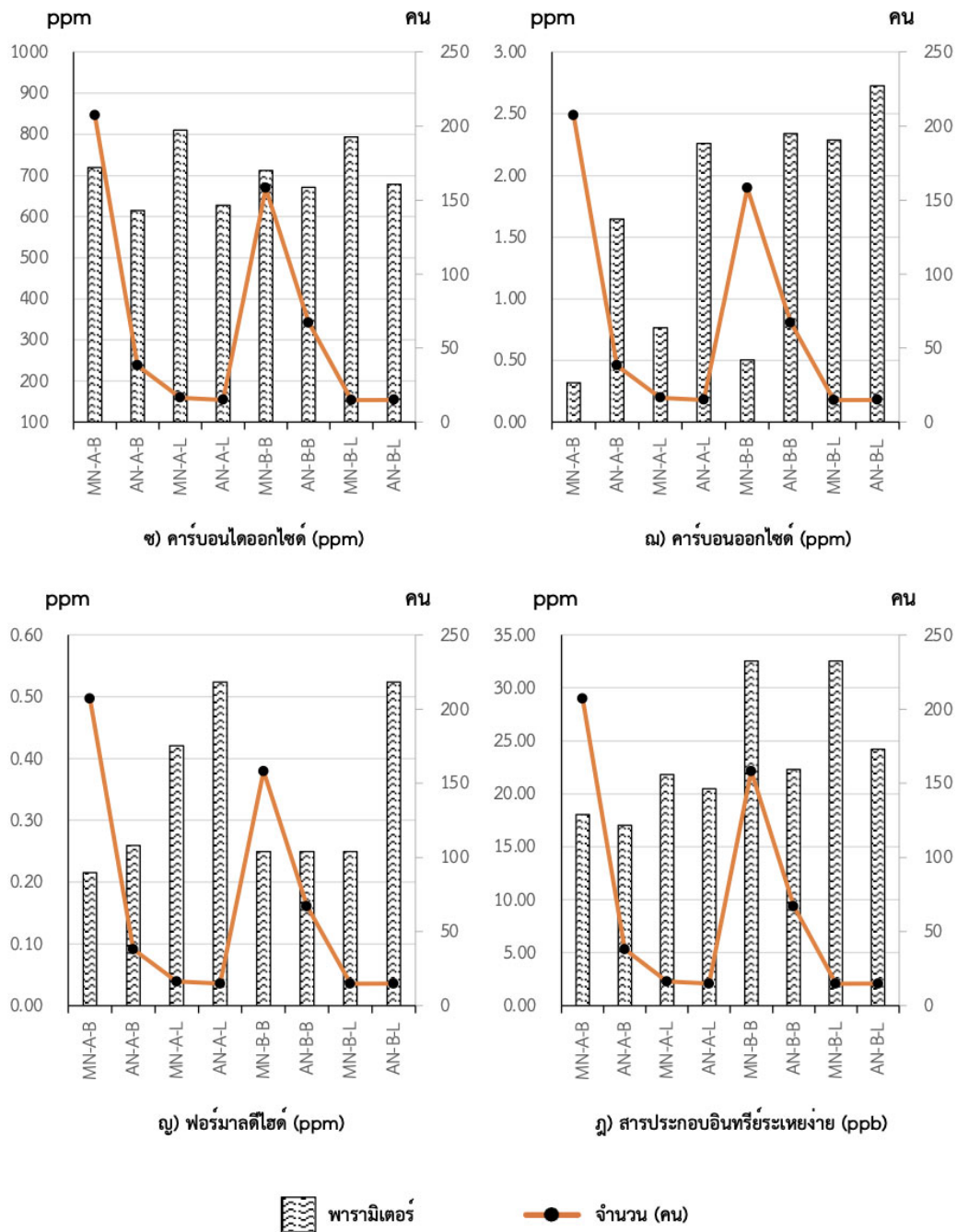
ผลการศึกษาจำนวนผู้ใช้บริการ ช่วงเวลาการให้บริการ กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิ การเคลื่อนที่อากาศ $PM_{2.5}$, PM_{10} , CO และ HCHO ในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าช่วงเช้า แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ CO_2 และ TVOCs ในช่วงเช้ามีค่าสูงกว่าช่วงบ่าย ส่วนปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราจะแตกต่างกันตามแต่ละอาคาร โดยพบว่าในอาคาร A ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในช่วงเช้ามีค่าสูงกว่าช่วงบ่าย แต่ในอาคาร B ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราในช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าช่วงเช้า เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผู้ใช้บริการ พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ไม่มีความสอดคล้องกับคุณภาพอากาศ ยกเว้น ค่า CO_2 และ TVOCs ที่พบแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่มีจำนวนผู้ใช้บริการจำนวนมาก และจะลดลงในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการลดลง ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 คุณภาพอากาศ และช่วงเวลาในการบริการของพื้นที่เทคนิคการแพทย์
ภายในอาคาร A และ B โดยเปรียบเทียบกับจำนวนคน



รูปที่ 4.8 คุณภาพอากาศ และช่วงเวลาในการบริการของพื้นที่เทคนิคการแพทย์
ภายในอาคาร A และ B โดยเปรียบเทียบกับจำนวนคน (ต่อ)



รูปที่ 4.8 คุณภาพอากาศ และช่วงเวลาในการบริการของพื้นที่เทคนิคการแพทย์
ภายในอาคาร A และ B โดยเปรียบเทียบกับจำนวนคน (ต่อ)

4.5 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศในอาคาร

ผลการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A และอาคาร B แสดงดังรูปที่ 4.9 - 4.11 โดยพบว่าภายในอาคาร A ที่มีการจัดพื้นที่ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ ติดกัน (รูปที่ 4.9) อากาศจากห้องเก็บสิ่งส่งตรวจสามารถไหลเข้าสู่ห้องปั่นเลือดและเข้าสู่บริเวณห้องปฏิบัติการฯ ผ่านช่องเปิด เช่น ช่องยื่นสิ่งส่งตรวจและช่องประตูที่เปิดค้างไว้ ทำให้อากาศจากห้องเก็บสิ่งส่งตรวจไหลเข้ามาในห้องปฏิบัติการฯ ได้ ซึ่งการกระจายตัวของอากาศเป็นแบบไม่เป็นระเบียบ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไหลอากาศของอาคาร B ที่ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ ที่แยกจากกัน โดยทั้งสองห้องใช้ระบบ HVAC ในการระบายอากาศและปรับอากาศ ซึ่งมีการกระจายตัวของอากาศอย่างเป็นระเบียบ โดยแสดงดังรูป 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

4.6 ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์

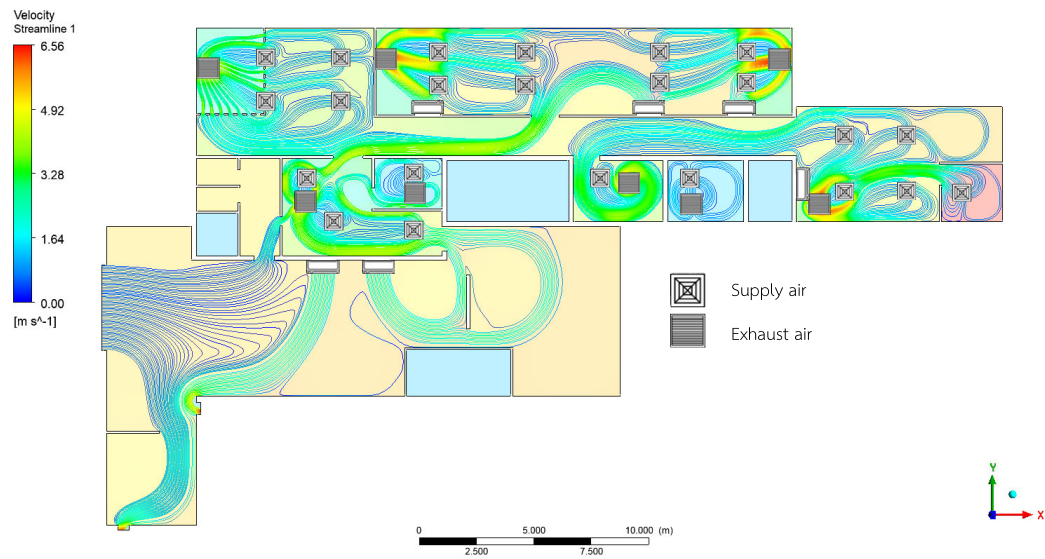
4.6.1 พื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์อาคาร A

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์อาคาร A ถูกเสนอแนะโดยใช้หลักการ 3 หลักการ ได้แก่ 1) การแยกพื้นที่ระหว่างพื้นที่สะอาด ได้แก่ บริเวณนั่งคอย บริเวณแผนกคัดกรอง กับพื้นที่สกปรก ได้แก่ บริเวณเจาะเลือด และห้องน้ำ โดยเสนอแนะให้ทำกำแพงกันแยกบริเวณดังกล่าว 2) การเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ (Supply air) เข้าสู่บริเวณห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ ที่อัตราการไหล $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ จึงทำให้อัตราการเปลี่ยนอากาศของห้องเก็บสิ่งส่งตรวจเป็นไปตามคำแนะนำของ ASHRAE 2014 ที่กำหนดให้อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศมีค่าไม่น้อยกว่า 6 Ac/hr และ 3) การปรับการกระจายตัวของอากาศภายในห้องให้มีการไหลและกระจายของอากาศอย่างเป็นระเบียบ โดยการเพิ่มและจัดวางตำแหน่งของ Supply air และ Exhaust air ให้เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จำลองสถานการณ์เพื่อให้ได้รูปแบบการกระจายตัวของอากาศที่เป็นระเบียบและกระจายไปทุกบริเวณภายในห้อง ส่วนการพบปัญหา $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} และ TVOCs ที่เกินเกณฑ์คำแนะนำ ได้ทำการเข้าสำรวจแหล่งกำเนิดของมลพิษ พบว่าแหล่งกำเนิดของ $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} และ TVOCs อาจเกิดจากความสะอาดของแต่ละพื้นที่ และระบบระบายอากาศไม่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนจากการระบายแบบทั่วไปเป็นการใช้ระบบ HVAC เพื่อลดปัญหามลพิษดังกล่าวได้ นอกจากนั้นการทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ห้องควรใช้การดูดฝุ่นแทนการกวาดเพื่อลดการฝุ่นกระจายของฝุ่นในอากาศ โดยรายละเอียดผลการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร A หลังการปรับปรุง แสดงดังรูปที่ 4.12 (b)

4.6.2 พื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์อาคาร B

คุณภาพอากาศภายในพื้นที่เทคนิคการแพทย์ภายในอาคาร B พบว่าอุณหภูมิต่ำกว่าเกณฑ์คำแนะนำ เนื่องจากเครื่องวิเคราะห์โลหิตวิทยาจำเป็นต้องอยู่ภายในห้องที่มีอุณหภูมิระหว่าง 20 - 25 °C จึงจำเป็นต้องปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับเครื่องวิเคราะห์ แต่เนื่องด้วยเจ้าหน้าที่มีการใส่เสื้อกาวน์ขณะปฏิบัติงาน จึงทำให้ไม่ได้รับผลกระทบจากความเย็นที่ต่ำกว่าเกณฑ์คำแนะนำเพียงเล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบปัญหา PM_{2.5}, PM₁₀ และ TVOCs เกินเกณฑ์คำแนะนำ จึงทำการเข้าสำรวจแหล่งกำเนิดของมลพิษ พบว่าแหล่งกำเนิดอนุภาค PM_{2.5}, PM₁₀ อาจเกิดจากความสะอาดภายในแต่ละพื้นที่ หรือการอุดตันของแผ่นกรองอากาศทำให้สกปรกหรือเสื่อมสภาพในระบบ HVAC จึงอาจเป็นแหล่งสะสมและปล่อยฝุ่นเข้ามาในห้อง

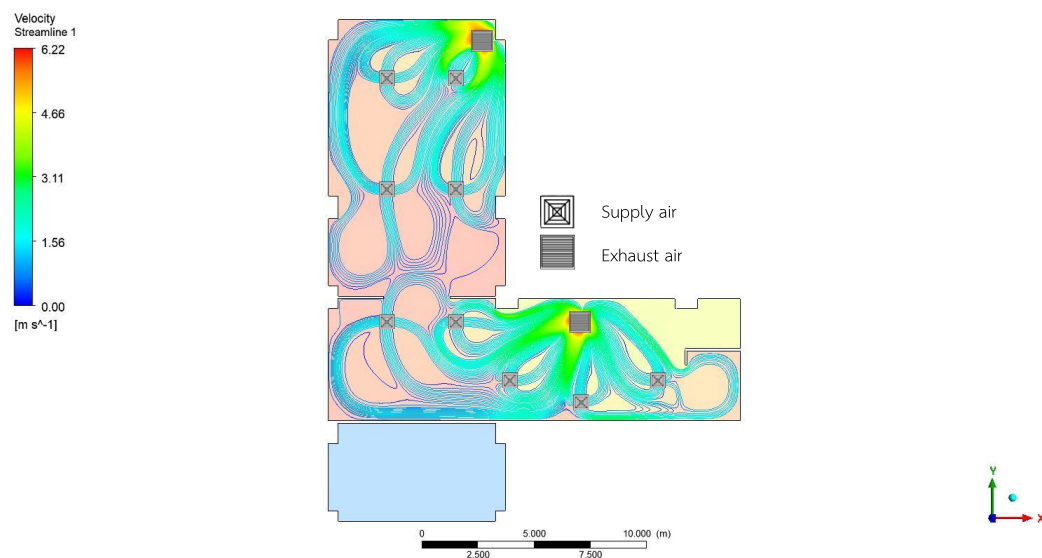
ดังนั้นจึงเสนอแนะให้ตรวจสอบระบบ HVAC โดยตรวจสอบการอุดตันหรือการชำรุดของแผ่นกรองอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอากาศ และไม่เป็นแหล่งสะสมฝุ่น นอกจากนั้นการทำความสะอาดบริเวณพื้นห้องควรใช้การดูดฝุ่นแทนการกวาดเพื่อลดการฝุ่นกระจายของฝุ่นในอากาศ ส่วน TVOCs ที่สูงกว่าเกณฑ์คำแนะนำ พบว่าอาจเกิดจากการใช้สารเคมีในบริเวณพื้นที่เทคนิคการแพทย์ เช่น สีย้อมสไลด์ แอลกอฮอล์ หรือสารเคมีอื่น ๆ โดยเฉพาะในจุดที่เป็นการเจาะเลือด จุดย้อมสไลด์ภายในห้องปฏิบัติการฯ โดยในบริเวณดังกล่าวบางพื้นที่มีการใช้ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เช่น ในห้องปฏิบัติการฯ จึงควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบายอากาศดังกล่าวเป็นประจำ และมีการเพิ่มเติมระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในบริเวณจุดย้อมสไลด์ เพื่อลดการปนเปื้อนของ TVOCs ในอากาศ ภายในห้องปฏิบัติการฯ ให้อยู่ในค่าเกณฑ์แนะนำ



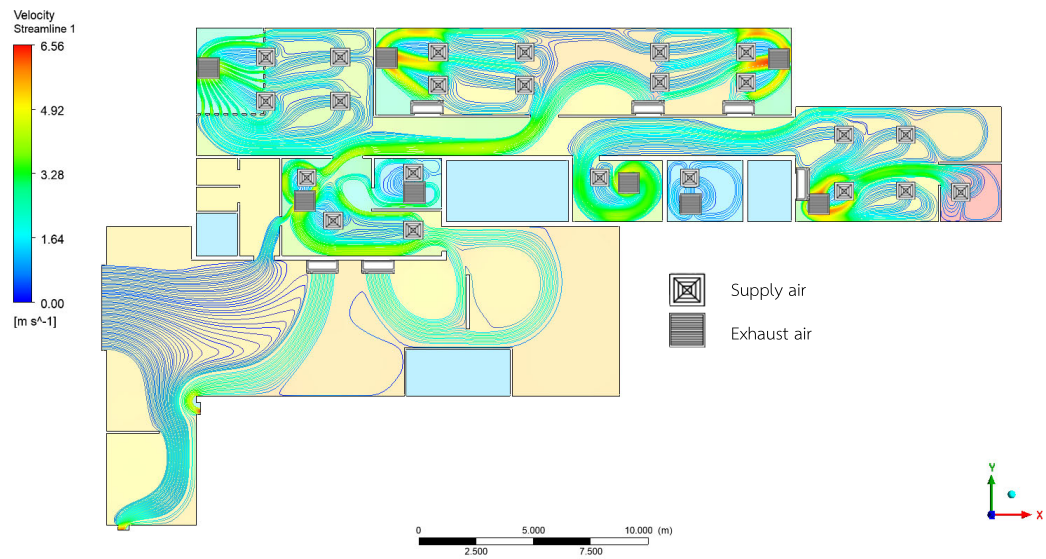
รูปที่ 4.9 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร A



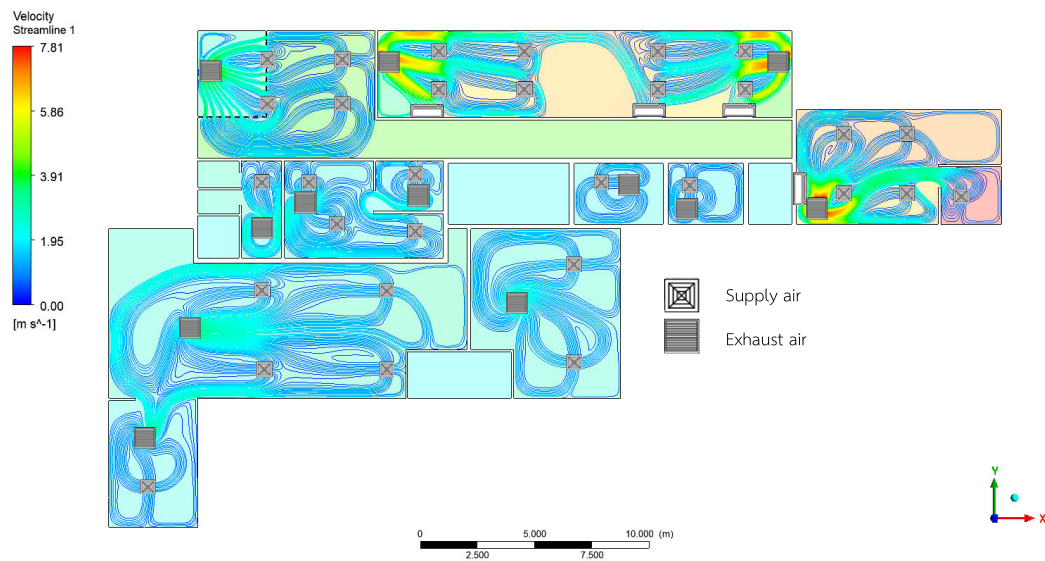
รูปที่ 4.10 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร B
(ห้องเก็บสิ่งส่งตรวจ)



รูปที่ 4.11 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร B



(a) แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร A ก่อนการปรับปรุง



(b) แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร A หลังการปรับปรุงตาม 3 หลักการ

รูปที่ 4.12 แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่เทคนิคการแพทย์อาคาร A เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง (a) และหลังการปรับปรุงตาม 3 หลักการ (b)