

ACAT สัมมนาวิชาการกลางปี 2562

เรื่อง

จะป้องกันตนเองอย่างไร?
จาก PM2.5



โดย

ผศ.ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 081-836-9582 E-mail: tul.m@chula.ac.th

ประวัติวิทยากร



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตูลย์ มณีวัฒนา เป็นวุฒิวิศวกรในสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่มีประสบการณ์ในการออกแบบระบบปรับอากาศ ระบายอากาศ และระบบเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ในอาคารและโรงงานต่างๆ มากกว่า 30 ปี ท่านเป็นอาจารย์ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 รายวิชาที่ท่านสอนอยู่ส่วนมากคือรายวิชาการทำความเย็นและการปรับอากาศสำหรับนักศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลชั้นปีที่ 4 และรายวิชาการทำความเย็นและการปรับอากาศขั้นสูงสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาโท/เอก ตำแหน่งต่างๆที่ท่านเคยดำรงมาในอดีตที่สำคัญก็มี อาทิเช่น หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นายกสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย (ACAT) กรรมการบริหาร ASHRAE Thailand Chapter และ ที่ปรึกษาของสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย (TRA) นอกจากนั้นแล้ว ในปีที่ผ่านมา ท่านก็ยังได้รับเลือกจากสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย ให้เป็น วิศวกรปรับอากาศดีเด่น ประจำปี 2560 อีกด้วย

ความสำคัญ

พื้นฐาน

โรงเรียน

บ้าน

อื่นๆ

อดีต



Made with
VivaVideo

ປ້າຈຸບັນ



๔
อดีตมากมาย



เปิด



อดีต



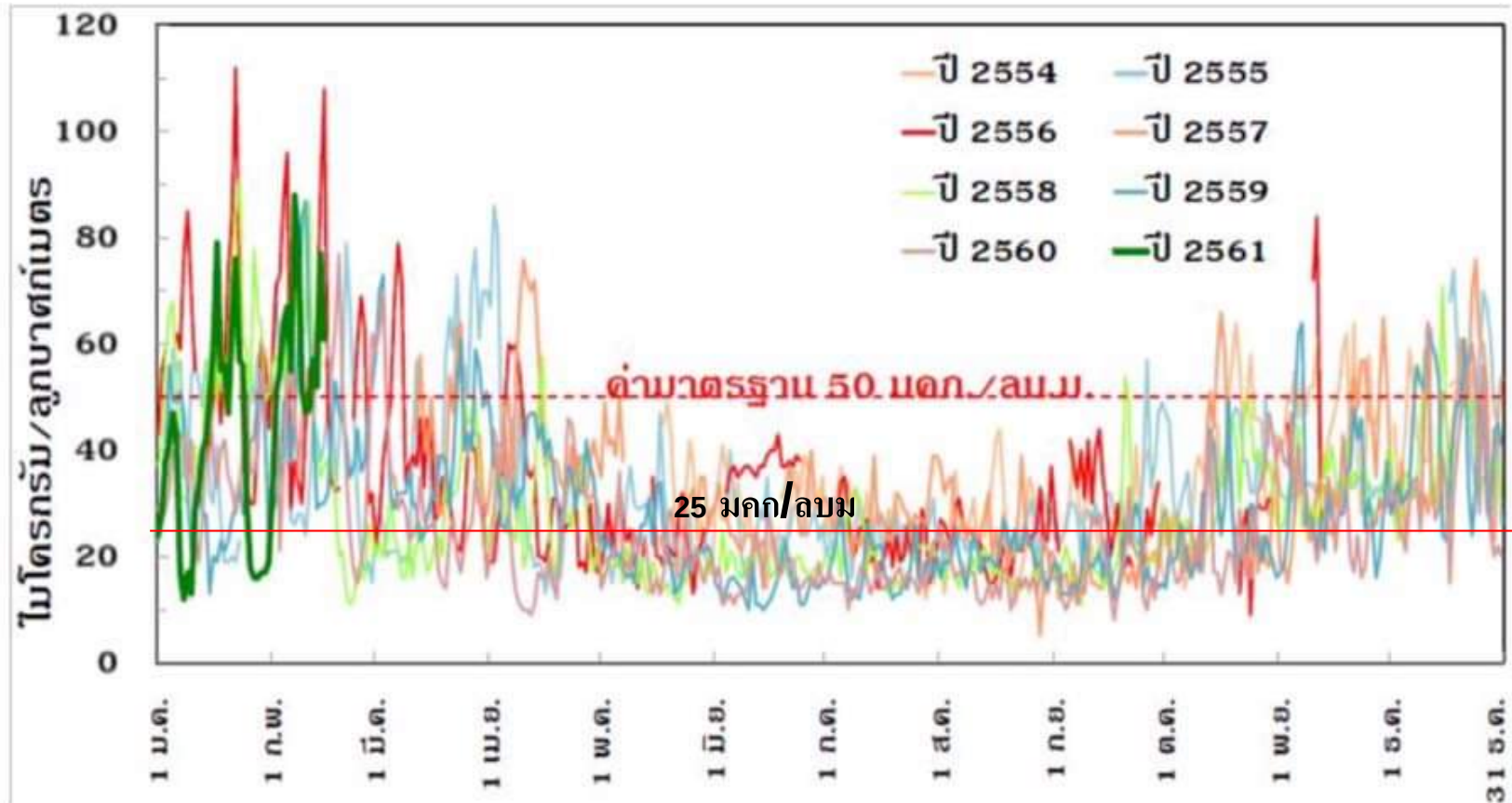
ปัจจุบัน



ปัจจุบัณ



PM2.5 Season



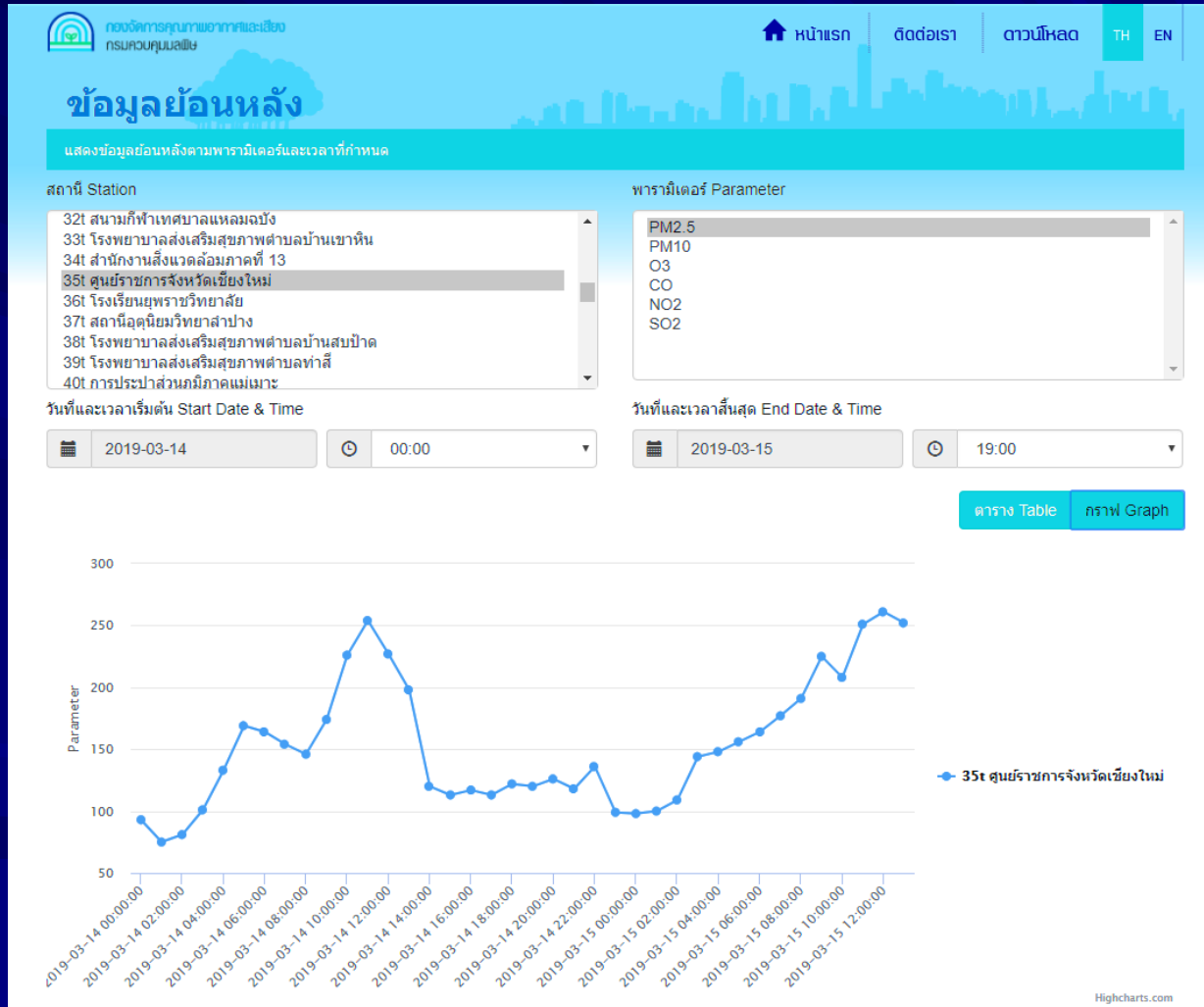
ภาพที่ 11 ความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{2.5} รายวัน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี 2554-2561
ที่มา: สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (2561)

คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร

ตารางที่ 1: National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา
(ที่มา: ASHRAE Standard 62.1-2013)

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐานหลัก	เวลาที่ใช้ในการเฉลี่ยค่า
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	9 ppm (10 mg/m ³)	8 ชั่วโมง ⁿ
	35 ppm (40 mg/m ³)	1 ชั่วโมง ⁿ
ตะกั่ว (Pb)	0.15 µg/m ³	3 เดือน (Rolling)
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	100 ppb	1 ชั่วโมง ⁿ
	0.053 ppm (100 µg/m ³)	1 ปี (arithmetic mean)
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)	150 µg/m ³	24 ชั่วโมง ⁿ
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5})	12 µg/m ³	1 ปี (arithmetic mean)
	35 µg/m ³	24 ชั่วโมง ⁿ
ก๊าซโอโซน (O ₃)	0.075 ppm	8 ชั่วโมง ⁿ
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	75 ppb	1-ชั่วโมง ⁿ
	—	3 ชั่วโมง

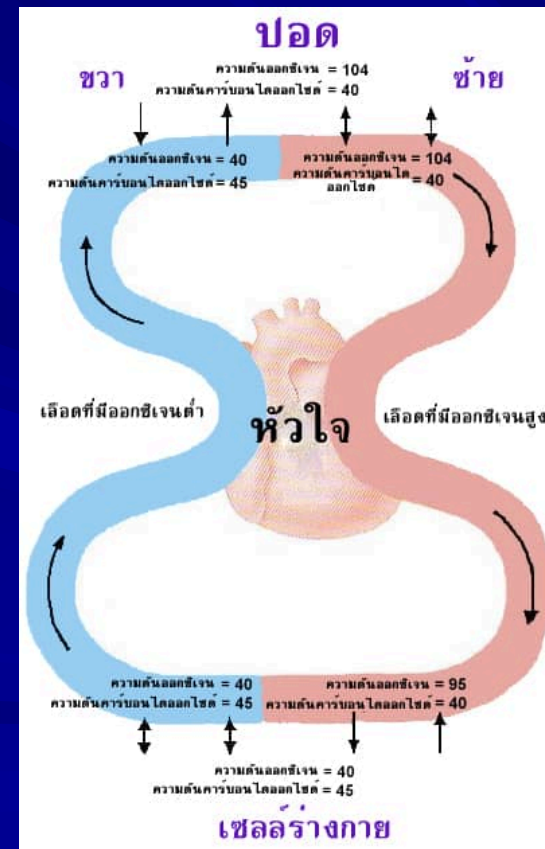
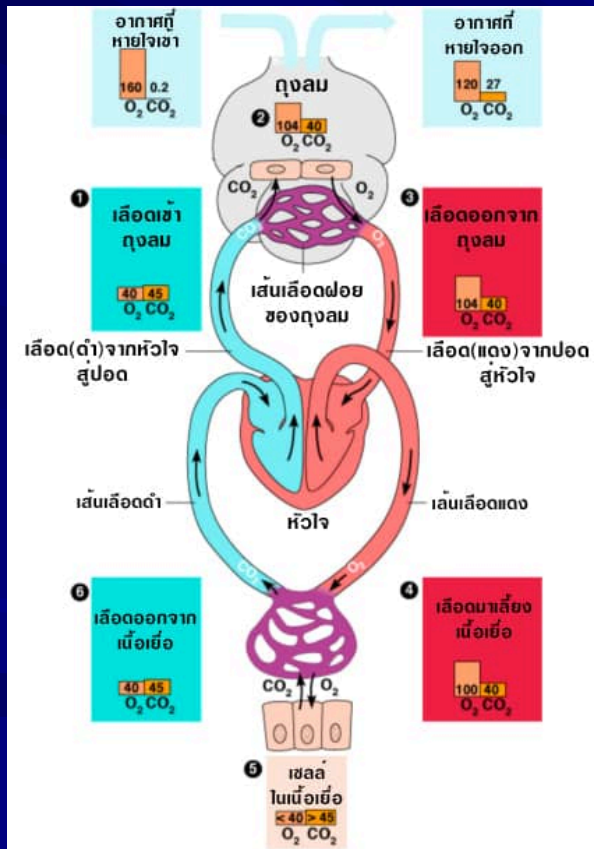
ค่า PM2.5 ที่เชียงใหม่ขึ้นสูงมากๆ



ข้อมูลจากจังหวัดเชียงใหม่ ย้อนหลัง 3 ปี

		PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
67	6-มี.ค.	72.72	99.55	41	53.74	89.4	23
68	7-มี.ค.	70.2	78.4	50	54.18	67.62	31
69	8-มี.ค.	80.96	108.65	65	60.96	99.83	42
70	9-มี.ค.	55.26	83.95	57	42.29	72.14	35
71	10-มี.ค.	49.46	48.23	70	35.81	38.49	52
72	11-มี.ค.	49.19	71.25	98	34.05	59.16	80
73	12-มี.ค.	47.01	64.43	141	32.88	54.1	122
74	13-มี.ค.	51.91	98.77	137	35.62	48.09	119
75	14-มี.ค.	68.93	70.79	142	44.79	61.15	126
76	15-มี.ค.	76.54	82.38	167	45.08	74.26	146
77	16-มี.ค.	58.79	93.75	146	37.63	83.46	161
78	17-มี.ค.	68.58	101.78	101	43.29	87.44	87
79	18-มี.ค.	54.47	105.04	103	47.18	94.6	88
80	19-มี.ค.	60.75	82.87	71	39.72	73.39	56
81	20-มี.ค.	104.53	70.79	60	84.31	58.83	47
82	21-มี.ค.	90.01	92.39	68	72.86	83.25	51
83	22-มี.ค.	85.7	87.24	127	63.52	74.31	103
84	23-มี.ค.	116.33	79.85	230	97.53	68.82	210
85	24-มี.ค.	113.61	84.02	188	95.89	63.6	139
86	25-มี.ค.	74.41	83.79	125	56.79	72.95	101
87	26-มี.ค.	83.23	80.19	90	64.12	71.09	75
88	27-มี.ค.	65.57	74.69	88	45.34	60.14	60
89	28-มี.ค.	65.06	89.07	75	48.81	73.68	63
90	29-มี.ค.	74.72	123.03	134	54.15	108.2	110
91	30-มี.ค.	75.28	118.83	263	51.5	106.56	235
92	31-มี.ค.	82.68	91.34		55.92	72.28	

PM2.5 จากปอด ส่งตรง ไปยังเซลล์ทุก เซลล์ในร่างกาย (และ ***สะสม)



ความสำคัญ

พื้นฐาน

โรงเรียน

บ้าน

อื่นๆ

จะป้องกันตนเองอย่างไร?

จาก **PM2.5**

เวลาที่ค่า **PM2.5** ขึ้นสูง

ต้องพยายามอยู่แต่ในอาคาร

และต้องเป็นอาคารที่

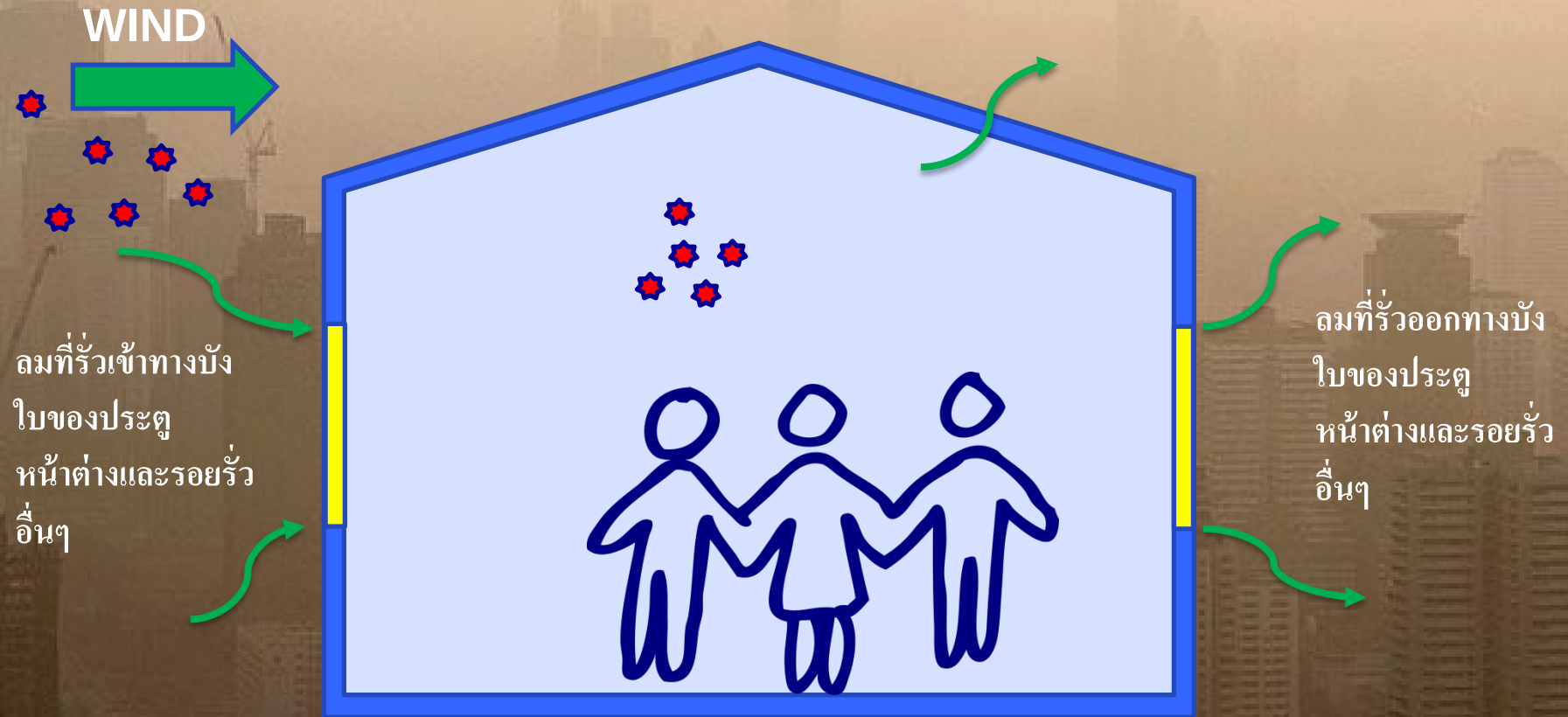
ปลอดภัยจาก **PM2.5**

เท่านั้น

อย่าไปนึกว่าถ้าเดินเข้าไปใน
ห้างสรรพสินค้าแล้วจะ
ปลอดภัย หรือว่าอยู่ในห้องแอร์
ที่บ้านแล้วจะปลอดภัย

อาคารที่ปลอดภัยจาก
PM2.5 จะต้องเป็นอาคาร
ปิด เวลานั้นมีรูให้ลมรั่วเข้ามา
PM2.5 มันก็จะเข้ามาพร้อมกับ
กับลม

Infiltration



เทปกระดาษ



บังใบขอบหน้าต่าง

ช่องลมรั่ว

ช่องลมรั่ว

ช่องลมรั่ว

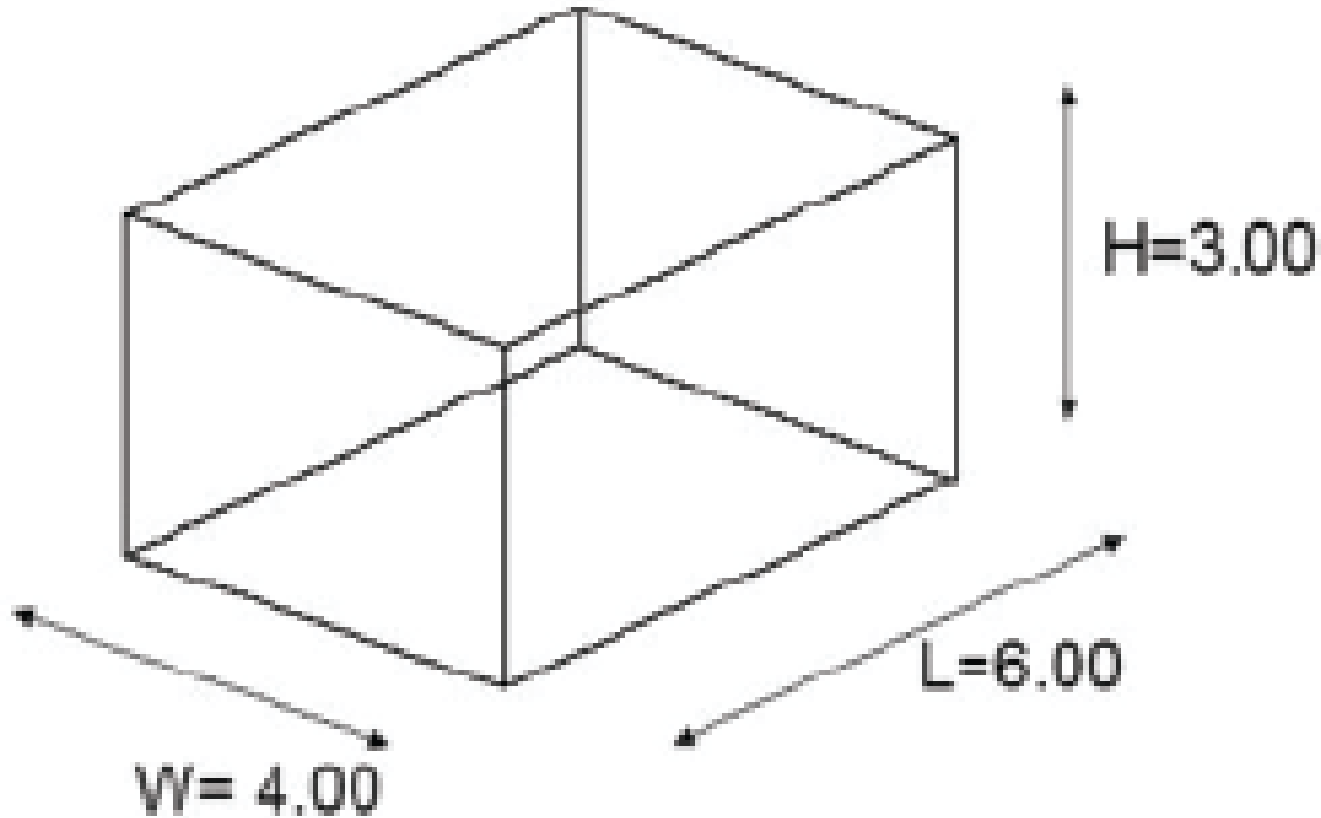
ช่องลมรั่ว

ช่องลมรั่ว

ช่องลมรั่ว



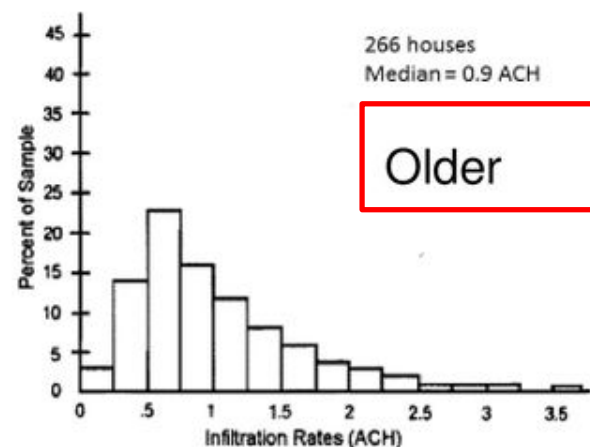
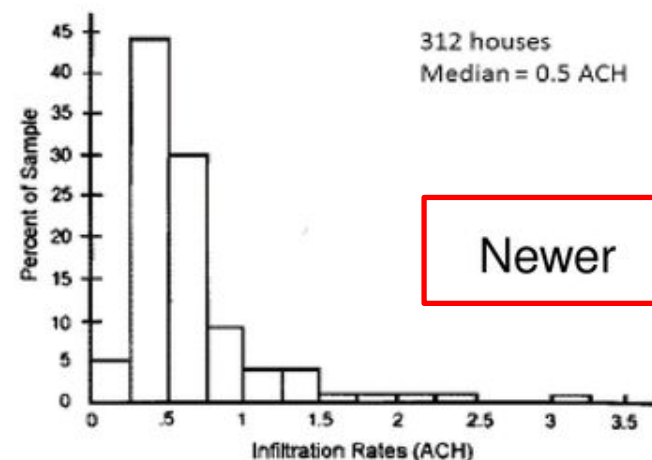
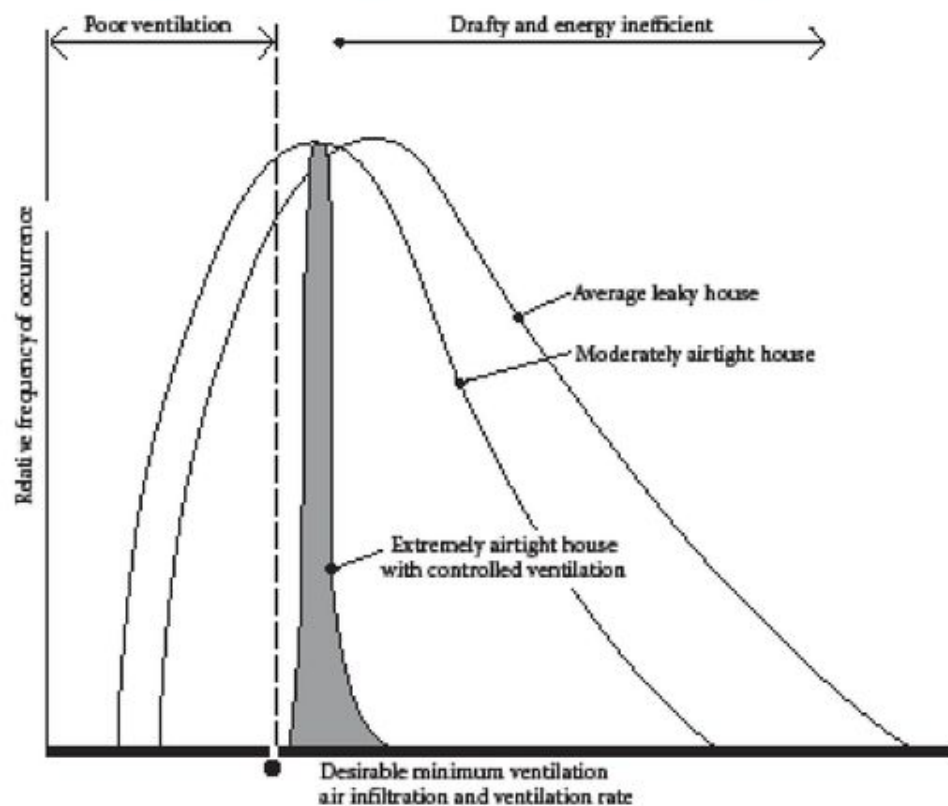
Air Change Per Hour (ACH)



$$1 \text{ ACH} = 4 \times 6 \times 3 = 72 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.59 \times 72 = 42.5 \text{ CFM}$$

Infiltration Rates across Building Stock

Number of air changes per hour (ACH): 1 ACH is equal to a flow rate equal to one volume of the house per hour



Older typical US homes: 0.5 – 2 ACH

(seasonal averages)

Newer homes: 0.3 – 0.7 ACH

อาคารปิด ต้องปิดแบบ

ระบายอากาศได้ด้วย

ไม่ใช่ปิดเฉยๆ

มีฉนวน???

ถ้าขาดการเติมอากาศบริสุทธิ์

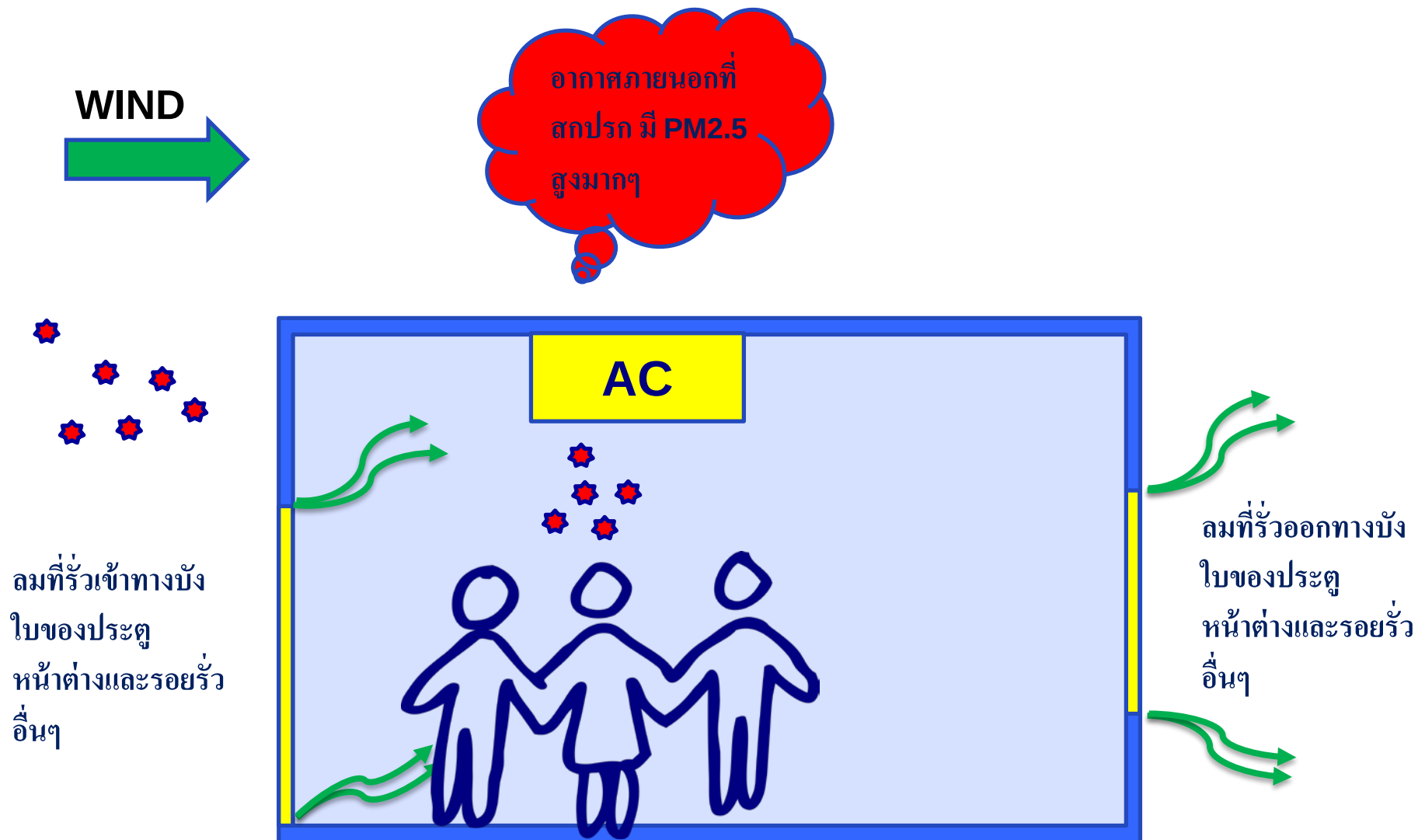
ระดับ CO_2 จะสูง
เกินไป ถ้าสูงมากๆ คนจะ
เกิดอาการดังในรูป



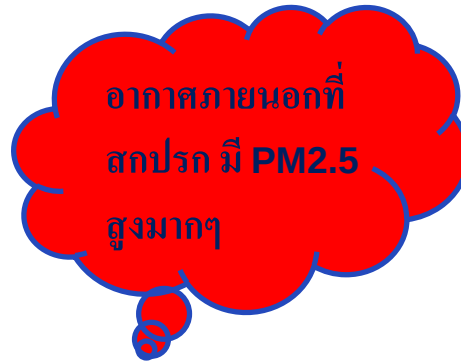
ระดับ CO_2 ไม่ควรจะ
สูงเกิน 1000 ppm



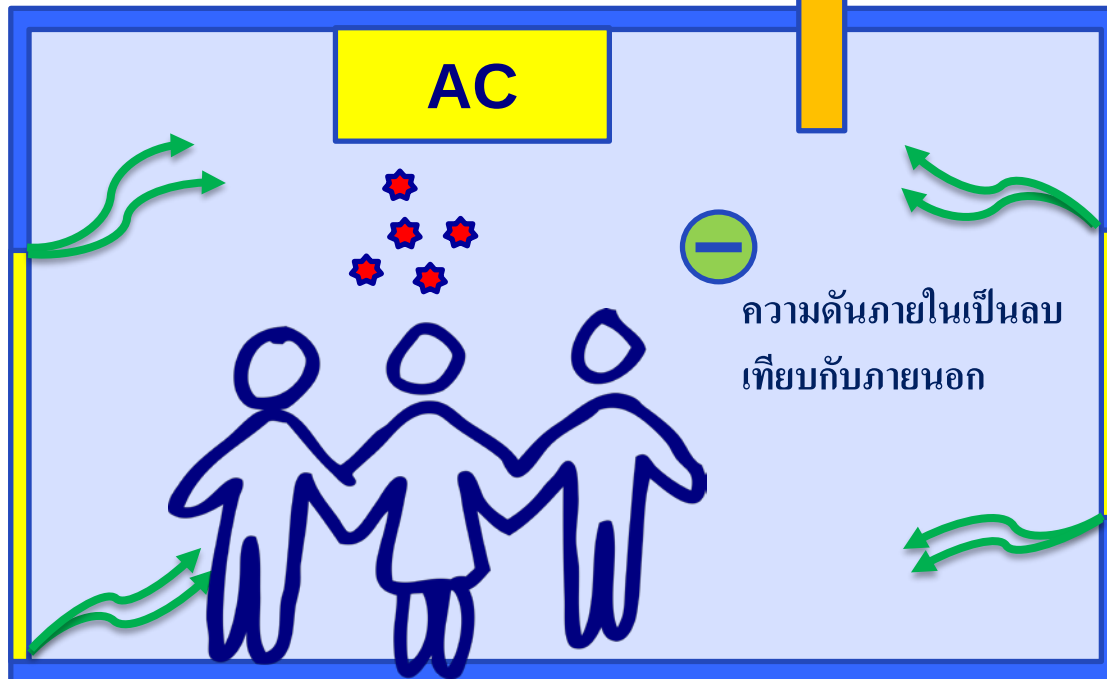
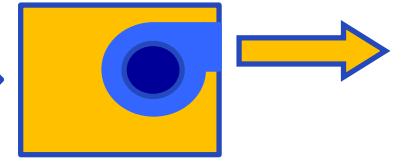
ไม่มีอะไรเลย



ระบบดูดออกอย่างเดียว



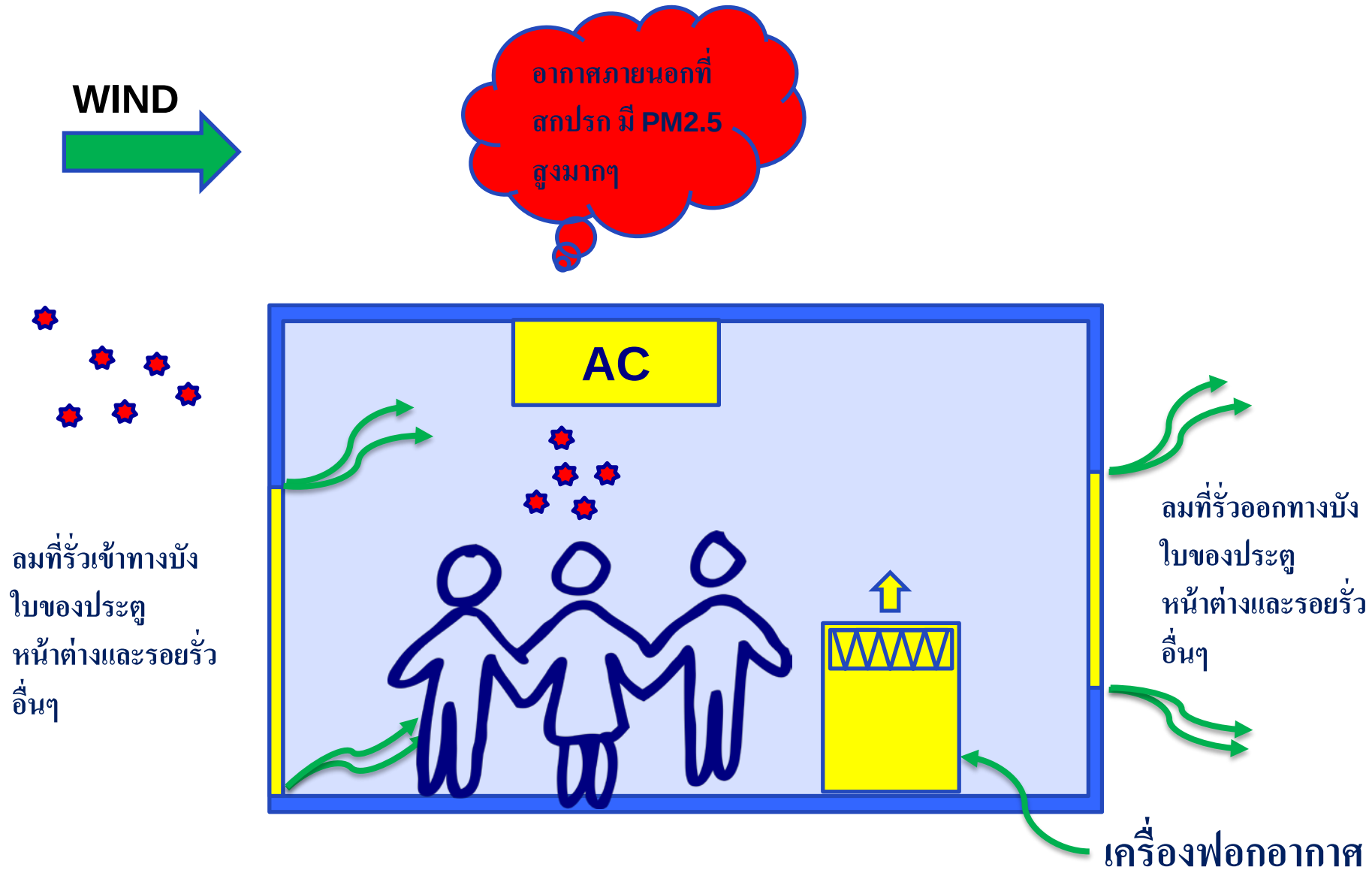
ชุดพัดลมดูดอากาศ
(Exhaust Fan)



ลมรั่วเข้าทางบังใบ
ของประตูหน้าต่าง
และรอยรั่วอื่นๆ

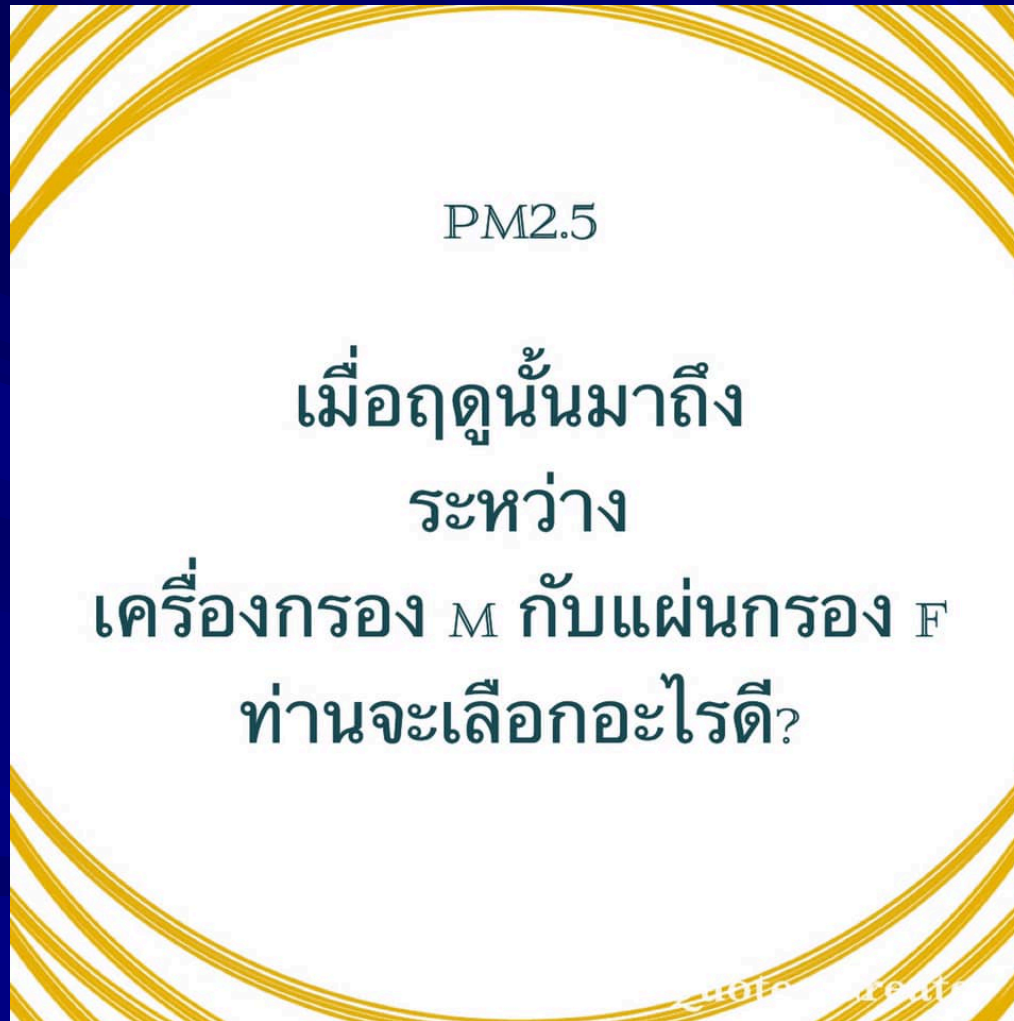
ลมรั่วเข้าทางบังใบ
ของประตูหน้าต่าง
และรอยรั่วอื่นๆ

ระบบฟอกอย่างเดียว

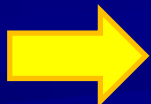


ถ้าค่า **PM2.5** ภายนอก มีค่าสูงเกิน
กว่า **100** เป็นอย่างมาก อาทิเช่น
300 มคก/ลบม (เช่นในกรณี
ภาคเหนือในหลายจังหวัดในปีนี้)
เครื่องฟอกอากาศแต่เพียงอย่างเดียวจะ
เอาไม่อยู่

เรื่องของเครื่องกรอง M กับแผ่นกรอง F

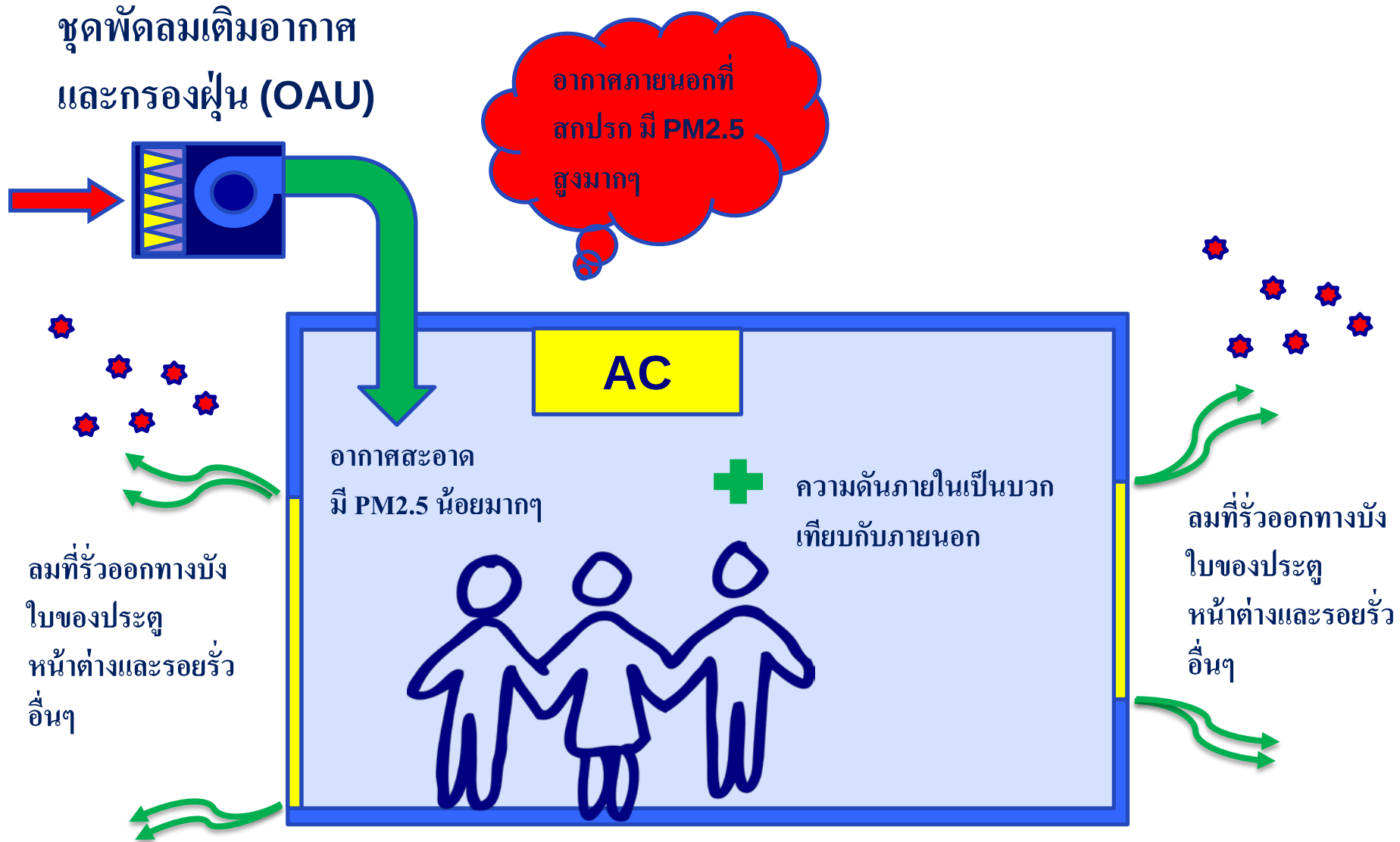


Link



www.facebook.com/276640406560776/posts/335837973974352?s=763992691&sfns=xmwa

ระบบอัดลมเข้าอย่างเดียว



ในกรณีที่ PM2.5 มีค่าสูงมากๆ ระบบ
ป้องกัน PM2.5 ที่ถูกต้องจะต้องเป็น
ห้องปิดที่มี ระบบระบายอากาศแบบ

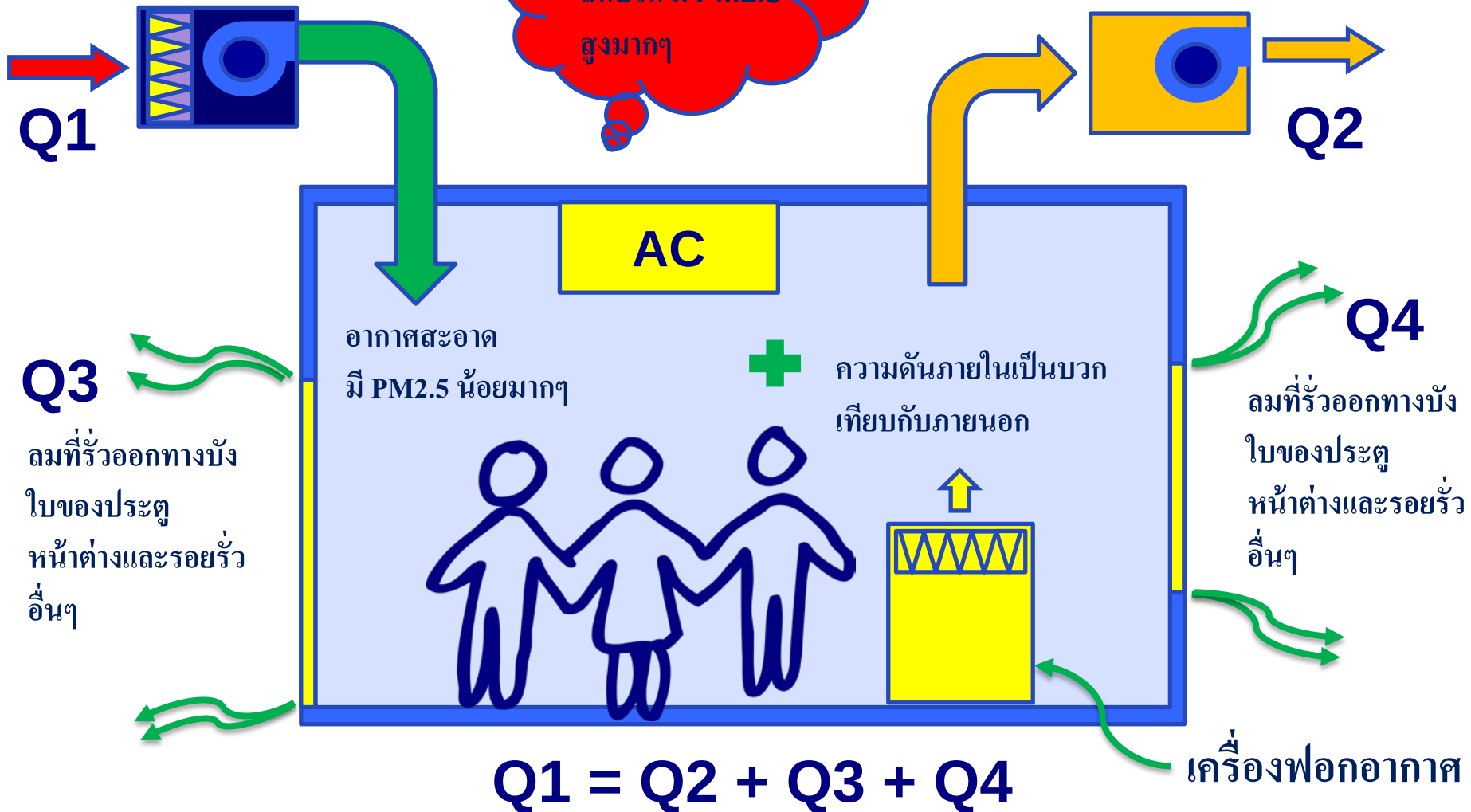
**“Positive Pressure Clean Fresh Air
System”** เท่านั้น

ระบบ Positive Pressure Clean
Fresh Air System หรือ OAU นี้
กล่าวได้ว่าเป็น “ทางเลือกเดียว ถ้า
ค่า PM2.5 ภายนอกสูงมากๆ”

ระบบป้องกันที่สมบูรณ์

(มี HRV ด้วยถ้ำคัมทูน)

ชุดพัดลมเติมอากาศ
และกรองฝุ่น (OAU)

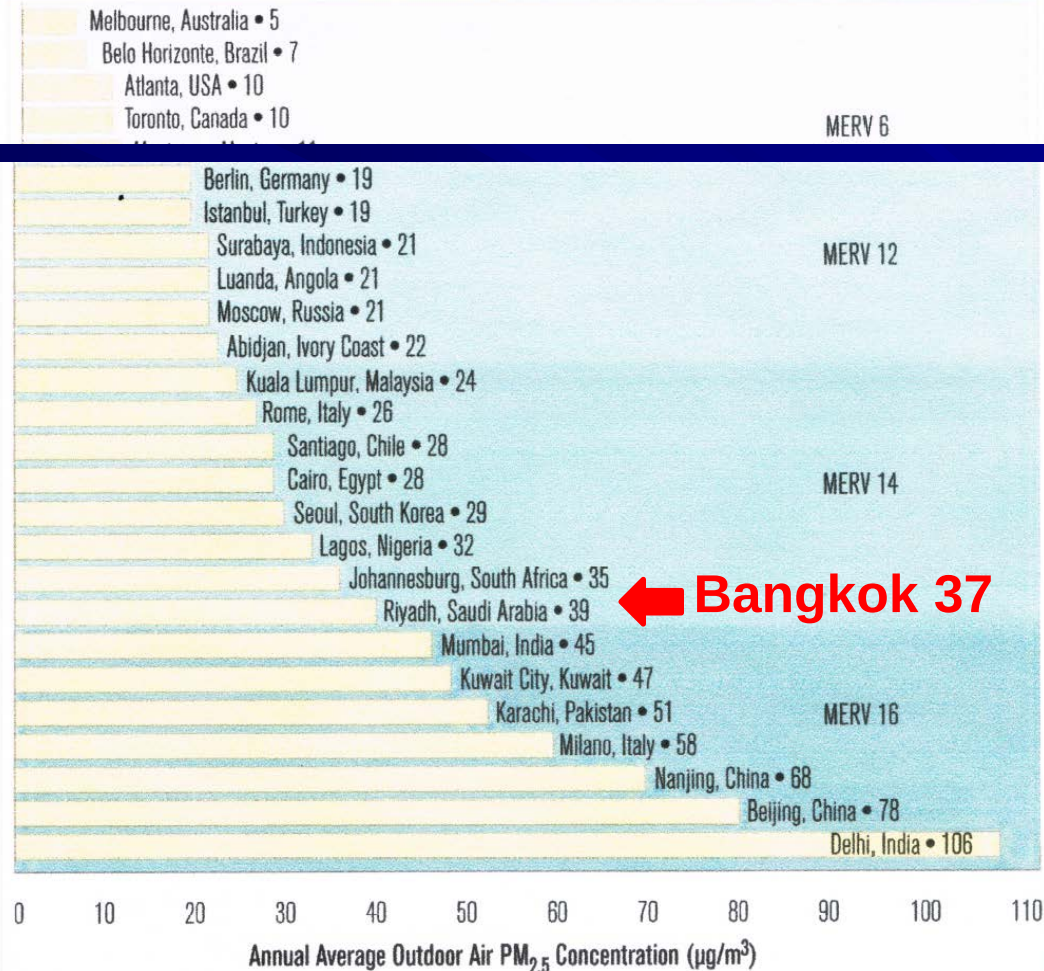


ประสิทธิภาพการกรองฝุ่น PM2.5

MERV	PM2.5 Removal Efficiency %	การใช้งาน
1 to 4	น้อยมาก	ฟิลเตอร์แอร์ Split Type
5	1.3	ฟิลเตอร์แอร์ใหญ่
6	6.9	ฟิลเตอร์แอร์ใหญ่
8	26.4	ฟิลเตอร์แอร์ใหญ่
10	30.5	ฟิลเตอร์แอร์ใหญ่
12	65.6	OAU, โรงพยาบาล
14	71	OAU, โรงพยาบาล
16	96.3	OAU, โรงพยาบาล
HEPA	99.7	ห้องสะอาด
MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2		

PM2.5 Filter For Bangkok

FIGURE 3 Ventilation air filtration levels (MERV) needed to reduce entering outdoor PM_{2.5} concentrations to U.S. NAAQS maximum level of 12 µg/m³.



รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

พื้นที่ส่วนสำนักงาน (Office space)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	30
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	100.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	5.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	150
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	65
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	215
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	159
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	-
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	215
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	55
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	11%
23		

การคำนวณหาปริมาณการระบายอากาศที่ต้องการ

People Component



Building Component



$$V = R_p \times P + R_a \times A$$

ปริมาณที่ต้องการ

อัตราต่อคน

อัตราต่อพื้นที่

อัตราการระบายอากาศตามมาตรฐาน

ประเภทการใช้งาน	People Outdoor Air Rate R_p	Area Outdoor Air Rate R_a
	cfm/p	cfm/ft ²
ศูนย์รับบาลเด็กเล็ก (ถึง 4 ขวบ) (Daycare (through age 4))	10	0.18
ห้องเด็กป่วยในศูนย์รับบาลเด็กเล็ก (Daycare sickroom)	10	0.18
ห้องเรียน (อายุ 5-8 ปี) (Classrooms (ages 5-8))	10	0.12
ห้องเรียน (อายุตั้งแต่ 9 ขึ้นไป) (Classrooms (age 9 plus))	10	0.12
ห้องเรียนแบบบรรยาย (Lecture classroom)	7.5	0.06
หอประชุมบรรยายขนาดใหญ่ (Lecture hall (fixed seats))	7.5	0.06
ห้องเรียนศิลปะ (Art classroom)	10	0.18
ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (Science laboratories)	10	0.18
ห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัย (University/college laboratories)	10	0.18
ห้องปฏิบัติการงานไม้/งานโลหะ (Wood/metal shop)	10	0.18
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ (Computer lab)	10	0.12
ศูนย์สื่อสาร (Media center)	10	0.12
ห้องดนตรี/ละคร/เต้นรำ (Music/theater/dance)	10	0.06
ห้องประชุมเอนกประสงค์ (Multiuse assembly)	7.5	0.06

Blower Door Test



ENTHALPY - KJ PER KILOGRAM OF DRY AIR

OAU ที่มีขายอยู่แล้ว







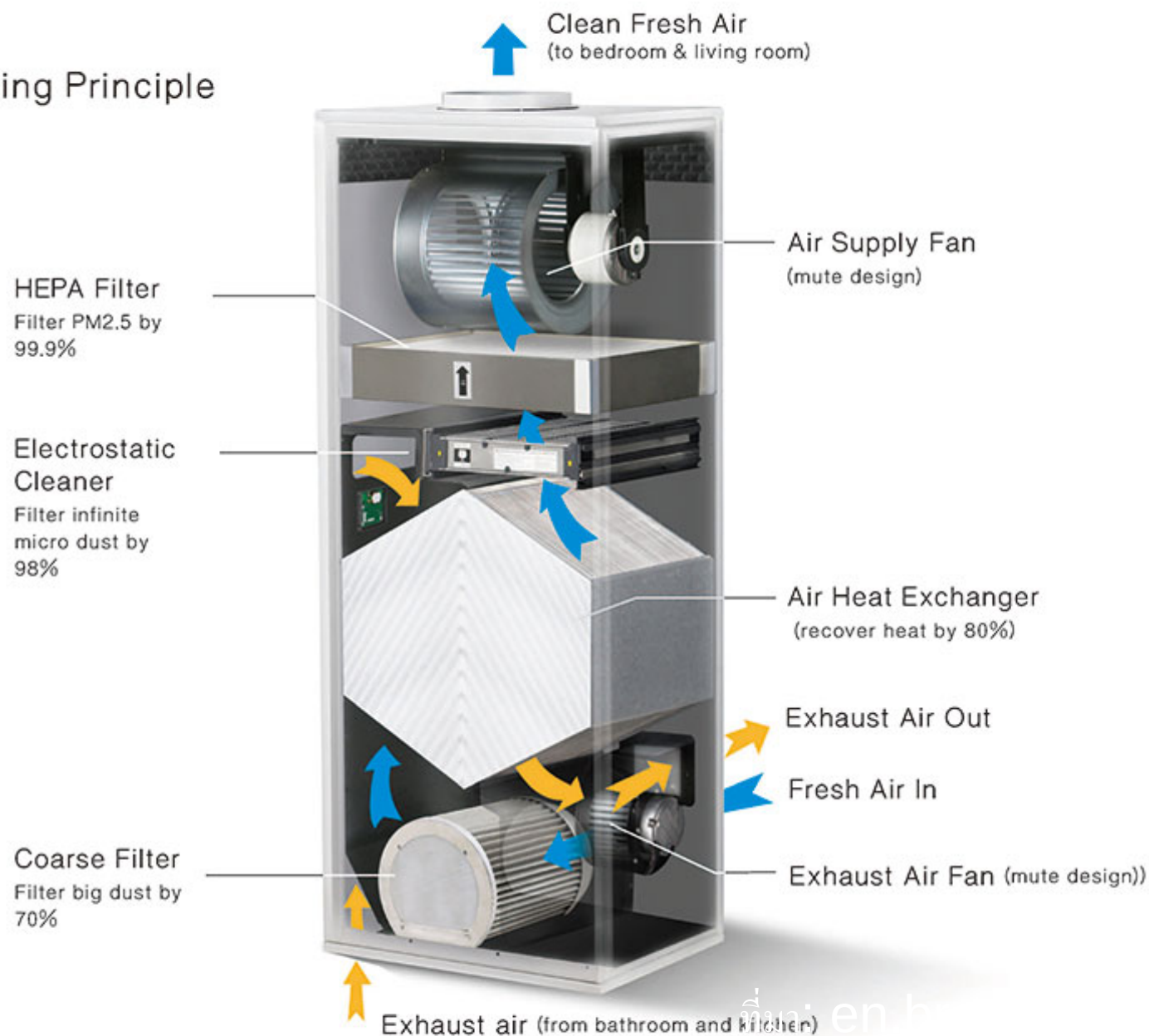








Working Principle





Small type SC125 SC250 SC500

medium type SD1000

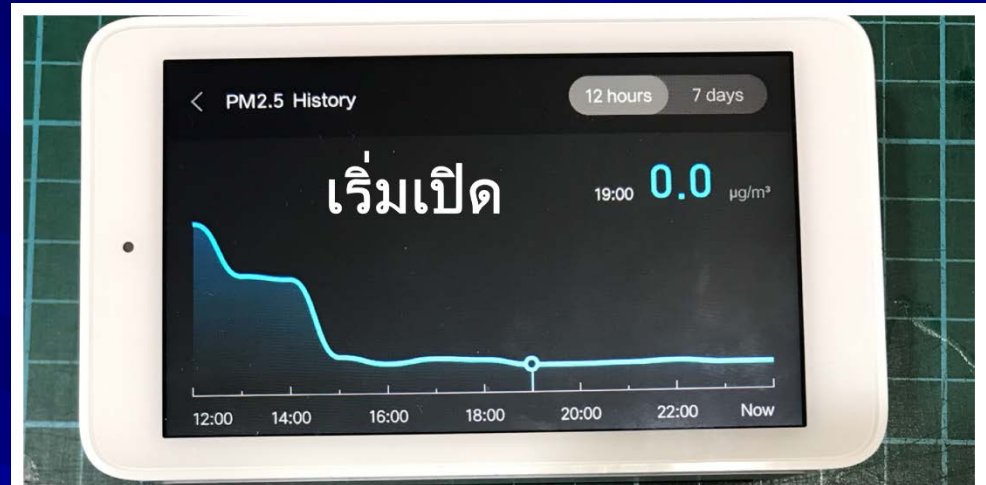
SD1500

SD3000

DIY-OAU บ้านคุณนัท



DIY-OAU ที่บ้าน อจ ตุลย์



ค่า PM2.5 เป็นศูนย์ตลอดเวลาที่เปิดเครื่องไว้

“เป็นสงกรานต์ที่เย็นสบายไร้ฝุ่นที่สุด” @บ้านคุณนัทพล&คุณยอง ที่เชียงใหม่

หลังทำเสร็จ ค่า
PM2.5 เป็นศูนย์ทั้ง
หลัง



CO₂ เดิม
2000-3000 ppm



ความสำคัญ

พื้นฐาน

โรงเรียน

บ้าน

อื่นๆ

โรงเรียน



```
graph TD; A[โรงเรียน] --> B[ห้องเรียน]; A --> C[ห้องพัก]; A --> D[โรงยิม];
```

ห้องเรียน

ห้องพัก

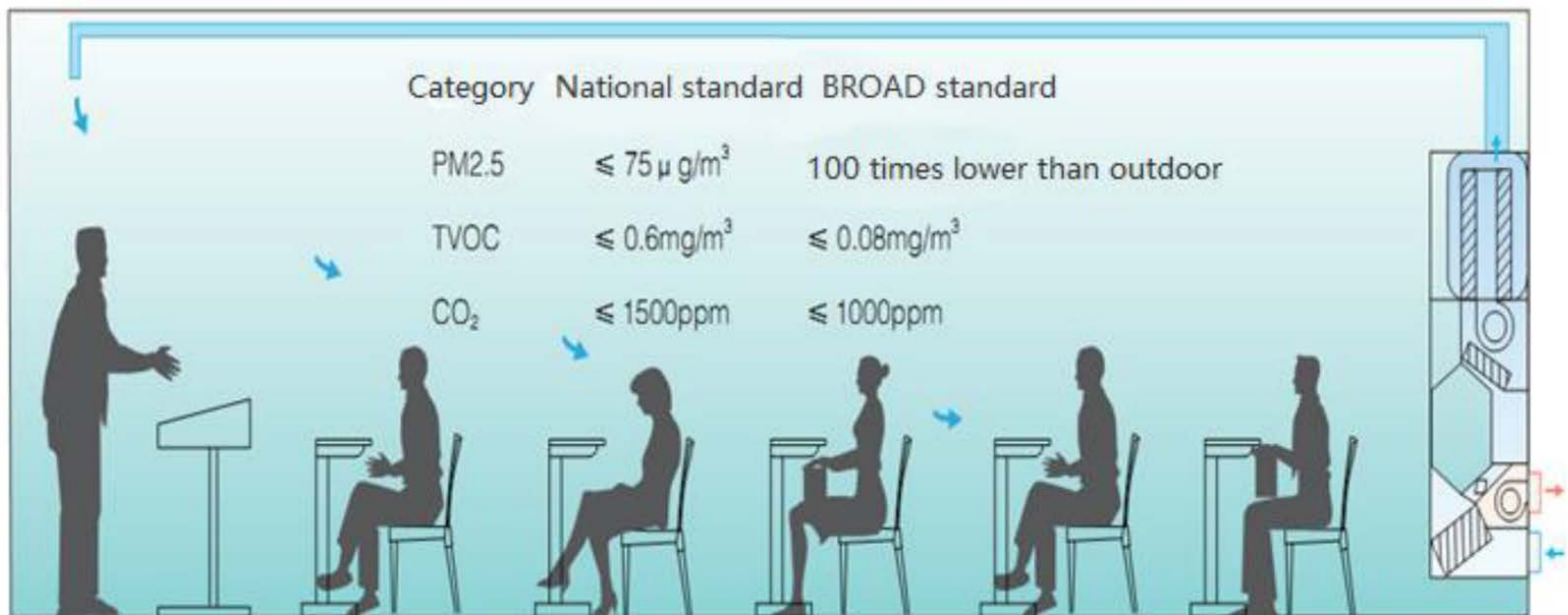
โรงยิม

การป้องกัน PM2.5 ในโรงเรียนที่ประเทศจีน

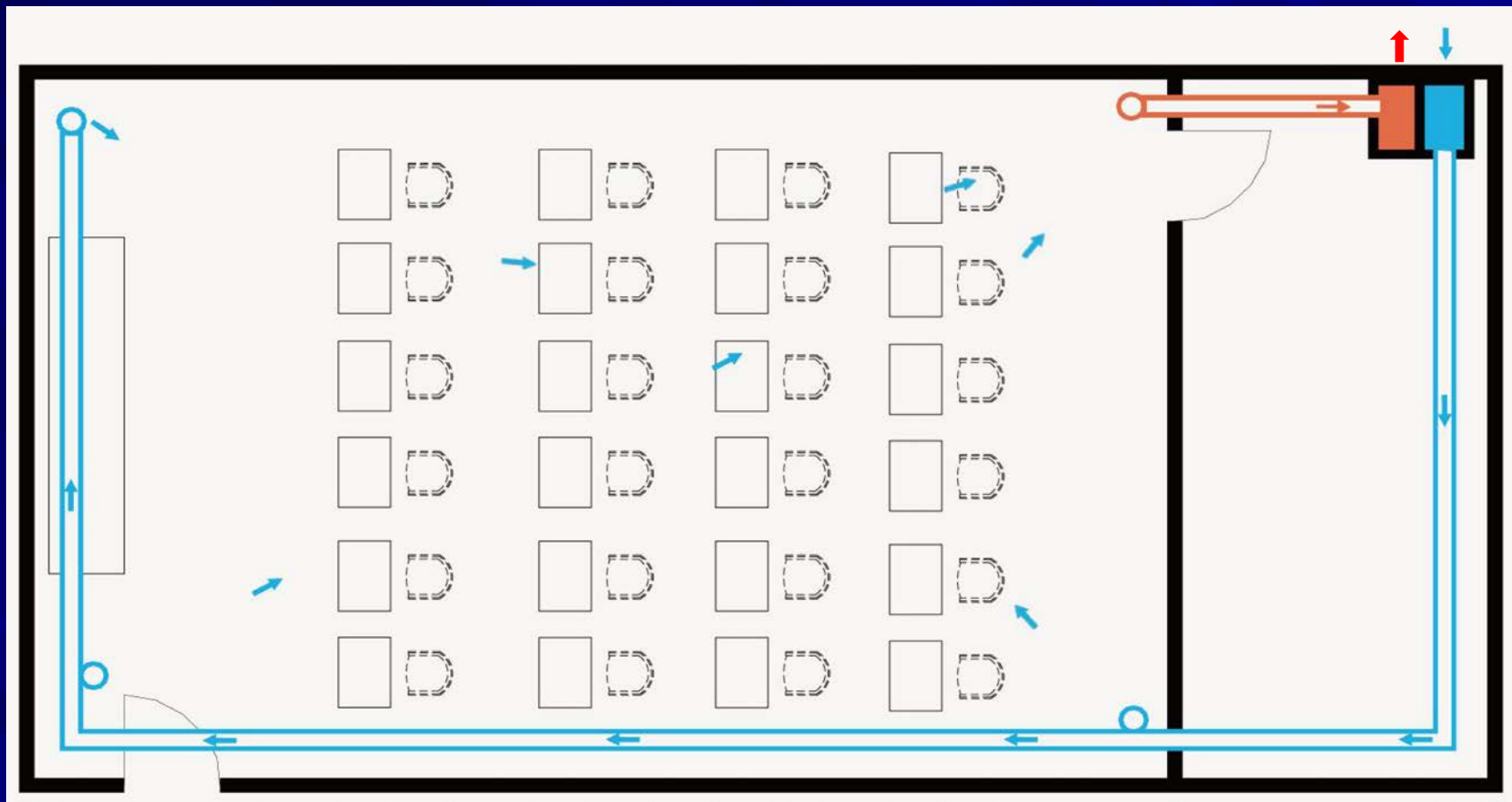


ลักษณะการติดตั้ง

BROAD Fresh Air Unit proposal



ลักษณะการติดตั้ง



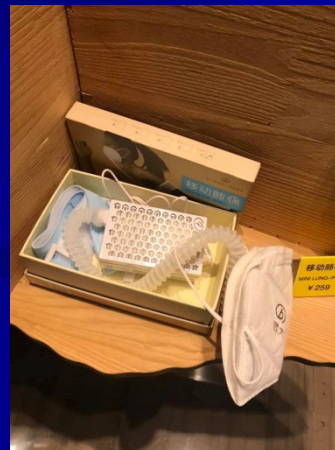
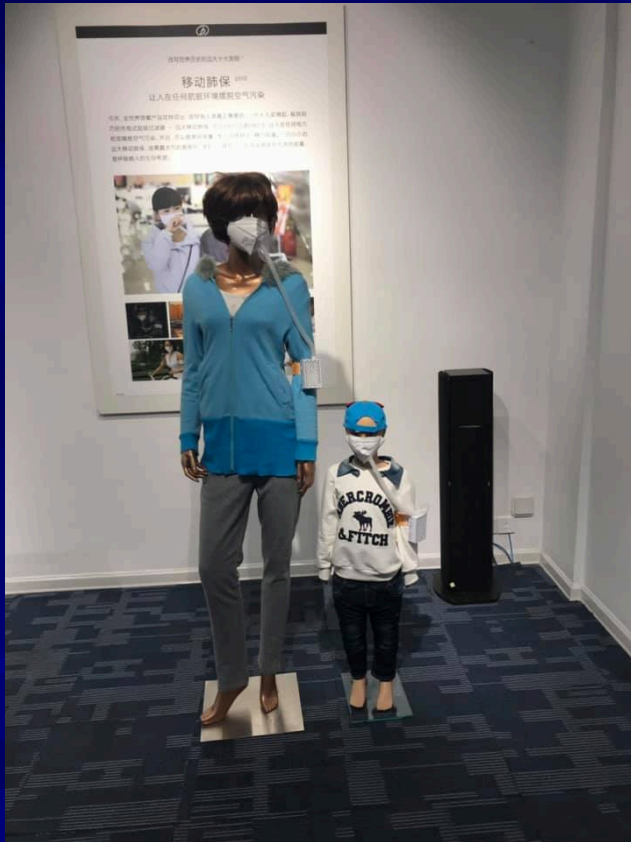
รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

สถานศึกษา (Educational Facilities)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	40
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	100.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณรอยรั่วของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	10.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.12
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	400
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	129
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	529
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยรอยรั่ว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยรอยรั่ว (CFM)	159
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	50
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	529
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	320
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	22%
23		

ทำไมห้องเรียนในโรงเรียน
จึงใช้แต่เครื่องฟอกอากาศ
เพียงอย่างเดียวสู้กับ
PM2.5 ไม่ได้?

หน้ากากป้องกัน PM2.5 สำหรับนักเรียน



แต่ในกรณีของห้องเรียนตามโรงเรียน
หรือสำนักงานที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่น
หรือในห้างสรรพสินค้าระบบป้องกัน

PM2.5 จะใช้แต่เฉพาะเครื่อง

ฟอกอากาศไม่ได้ ต้องใช้ระบบอัด

อากาศบริสุทธิ์เท่านั้น

ความสำคัญ

พื้นฐาน

โรงเรียน

บ้าน

อื่นๆ

บ้าน



```
graph TD; A[บ้าน] --> B[กรอง]; A --> C[OAU];
```

กรอง

OAU

ในกรณีของห้องนอนหรือห้องใน
บ้านที่อยู่อาศัย วิธีที่ง่ายที่สุดคือ
ทำให้ห้องเป็นห้องปิดให้มากที่สุด
และใช้เครื่องฟอกอากาศ

HEPA ช่วย

แต่??

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ห้องนอน/ห้องนั่งเล่น (Bedroom/living room)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	2
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	30.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.60
5	ปริมาณรอยรั่วของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	0.50
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	7.5
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	15
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	19
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	34
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยรอยรั่ว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยรอยรั่ว (CFM)	23
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	30
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	53
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	-
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	0%
23		

ค่า PM2.5 ภายนอกบ้านสูงสุดที่รับได้สำหรับห้องในบ้าน
ถ้าต้องการให้ค่าภายในปลอดภัยอยู่ที่ 25 µg/m³

กรณี	ลักษณะตัวห้องในบ้านว่าปิดมิดชิดเพียงไร	การฟอกอากาศเพิ่มเติมถ้ามี	ค่า PM2.5 ภายนอกบ้านสูงสุดที่รับได้ (µg/m ³) โดยประมาณ
1	ปิดบ้านให้มิดชิด อุดรอยรั่วให้เหลือน้อยมากๆ (ประมาณ 0.25ACH) แต่พอมีอากาศหายใจ	1) ไม่มีการฟอกอากาศใดๆ	53
		2) มีเครื่องฟอกอากาศ DIY	173
		3) ติด Filter เพิ่มที่ FCU (ชั่วคราว)	288
		4) มีเครื่องฟอกอากาศ HEPA	311
		5) มี OAU (MERV14/16)	806
2	บ้านมีรอยรั่วน้อยอยู่แล้ว (ประมาณไม่เกิน 1.0ACH)	1) ไม่มีการฟอกอากาศใดๆ	36
		2) มีเครื่องฟอกอากาศ DIY	60
		3) ติด Filter เพิ่มที่ FCU (ชั่วคราว)	95
		4) มีเครื่องฟอกอากาศ HEPA	100
		5) มี OAU (MERV14/16)	538
3	บ้านมีรอยรั่วมาก (เกิน 1.0ACH ไปมาก เช่นประมาณ 2.0ACH)	1) ไม่มีการฟอกอากาศใดๆ	33
		2) มีเครื่องฟอกอากาศ DIY	45
		3) ติด Filter เพิ่มที่ FCU (ชั่วคราว)	62
		4) มีเครื่องฟอกอากาศ HEPA	65
		5) มี OAU (MERV14/16)	493

หมายเหตุ: ค่าสูงสุดดังกล่าว อ้างอิงค่าของกรมควบคุมมลพิษ (ค่าจากเครื่องวัดแบบ"มือถือ"จะผิดมาก อาจสูงกว่าค่าของกรมฯเป็นเท่าๆ ขอให้ช่วยกันทำความเข้าใจและระมัดระวังการตีความให้ถูกต้องด้วย)

สรุปการป้องกัน PM2.5 ภายในห้องนอน

1. ปิดห้องให้มิดชิด และ อุดรอยลมรั่วให้หมด เหลือ
ไวนิดเดียว แต่ต้องมีอากาศพอหายใจ (CO_2 ต้อง
ไม่เกิน 1000 ppm, IAQ ต้อง OK)
2. ฟอกอากาศเพิ่มเติมด้วยวิธีอย่างใดอย่างหนึ่งเช่น
 - a) ใช้เครื่องฟอกอากาศ DIY
 - b) ติด Filter เพิ่มที่ FCU (ชั่วคราว)
 - c) ซื้อเครื่องฟอกอากาศ HEPA
 - d) ใช้ OAU ช่วยด้วย (เมื่อ PM2.5
ภายนอกสูงมากๆ)

ความสำคัญ

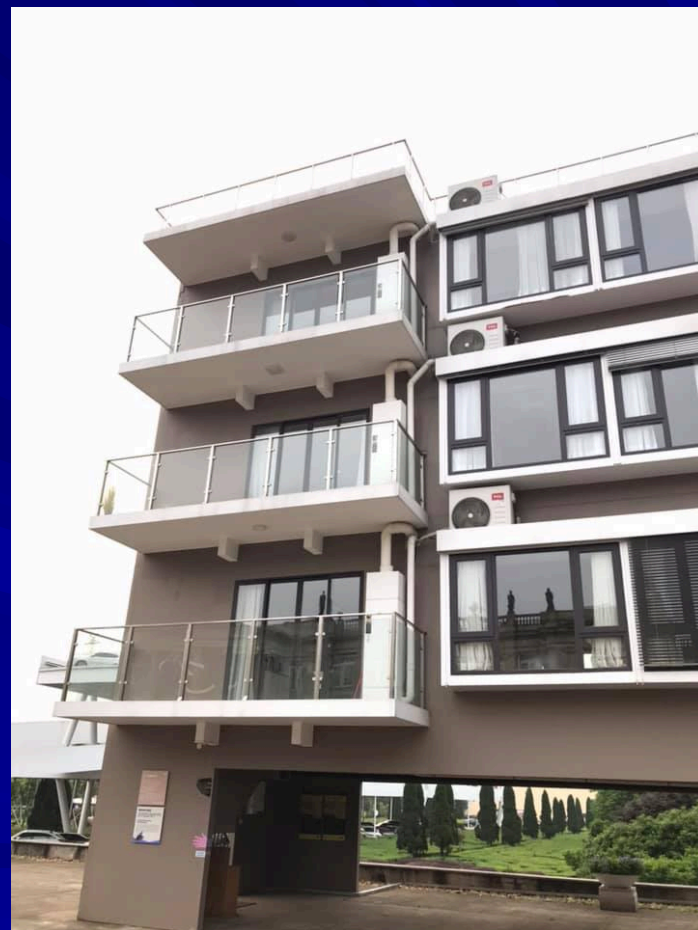
พื้นฐาน

โรงเรียน

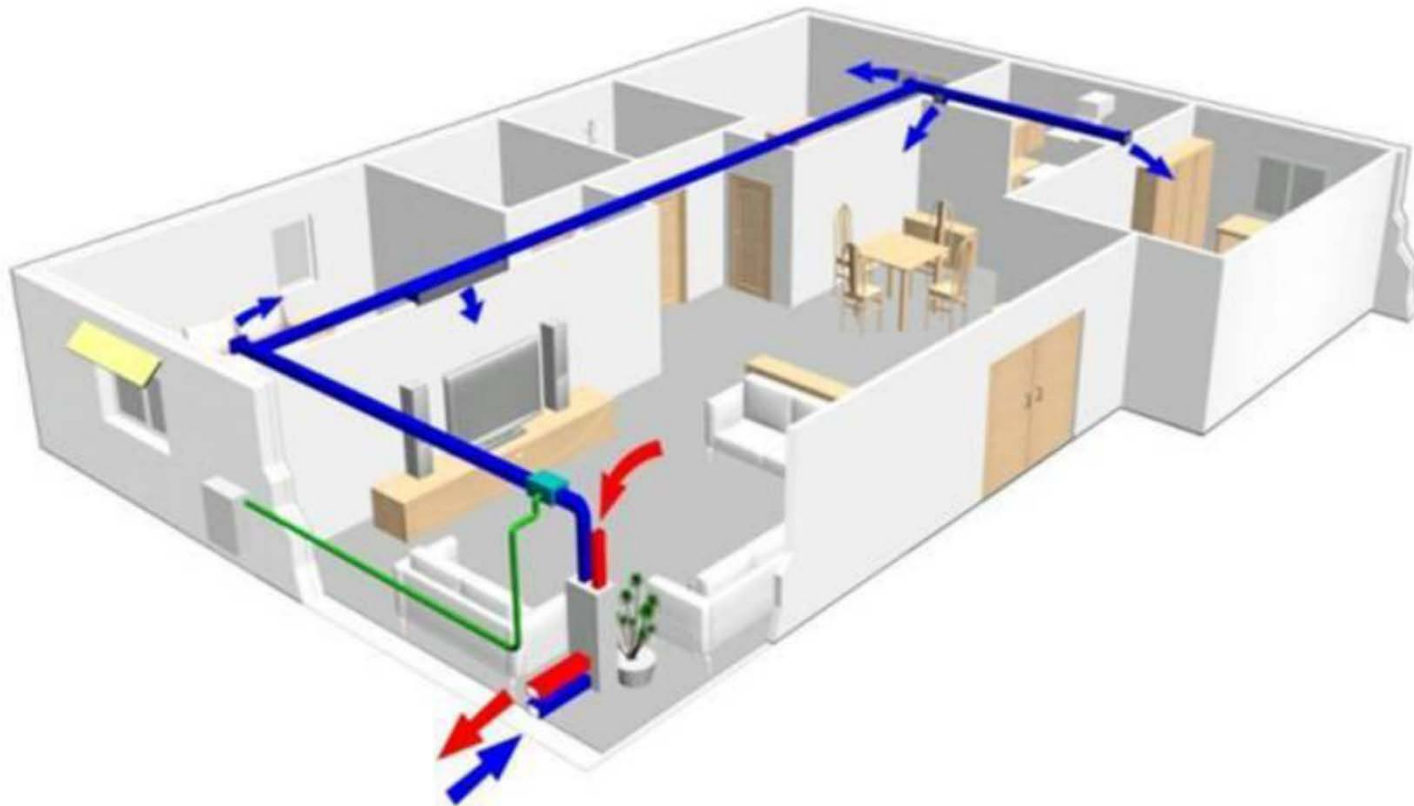
บ้าน

อื่นๆ

การติดตั้ง OAU สำหรับ Condo



ลักษณะการติดตั้ง



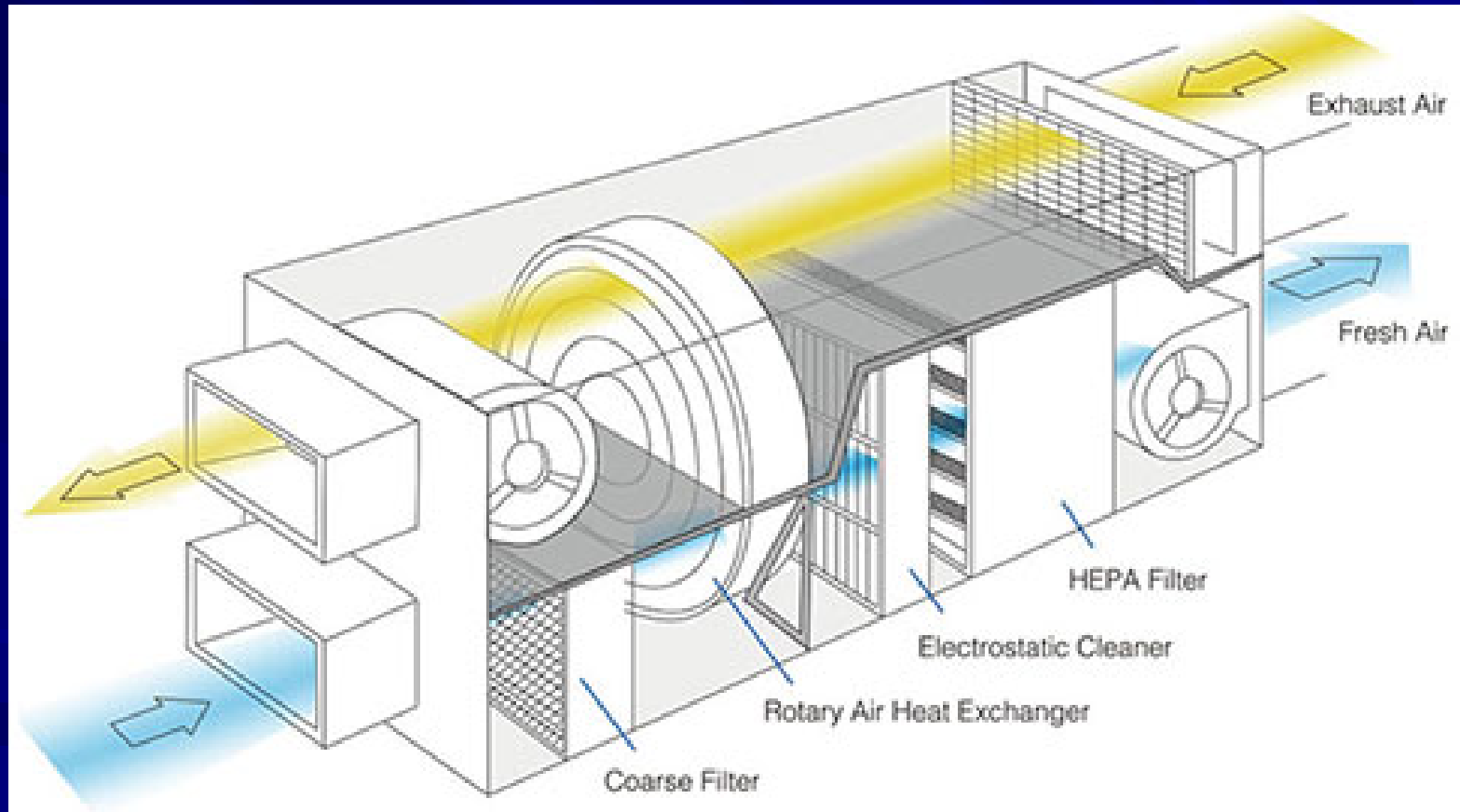
อาคารใหญ่

```
graph TD; A[อาคารใหญ่] --> B[กรรณ]; A --> C[OAU+กรรณ];
```

~~กรรณ~~

OAU+กรรณ

OAU สำหรับอาคารใหญ่



การวัดค่า PM2.5



เครื่องมือวัดระดับ PM2.5 แบบ มือถือขนาดเล็ก มักจะให้ค่าที่ไม่ค่อย ถูกต้อง และมักจะให้ค่าที่สูงเกินกว่า ความเป็นจริง



- ค่าจากเครื่องมือถือเป็นค่า **Real Time** ส่วนค่าของกรมฯเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทำให้ค่าของกรมฯมักจะดูต่ำกว่าอยู่เสมอ
- ค่าจากเครื่องมือได้มาจากการยิงแสงแล้วเอารูปภาพของแสงสะท้อนไปประมาณจำนวนอนุภาคจากสมมุติฐานที่อนุมานไว้แล้วจึงเอาจำนวนที่อาจไม่ถูกต้องนี้ ไปคูณอีกทีหนึ่ง กับน้ำหนักของอนุภาคที่ได้อนุมานไว้ อีกเช่นกัน เลยผิดไปกันใหญ่
- ความชื้นในอากาศมีผลสูง สามารถทำให้ค่าผิดพลาดได้มาก
- ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องขอให้ช่วยกันตรวจสอบว่าเครื่องมือวัดของท่านให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของกรมควบคุมมลพิษหรือไม่ เพราะมิฉะนั้นจะทำให้เกิดความแตกตื่นตกใจกับค่าที่สูงเกินเหตุและนำไปสู่ความเข้าใจผิดต่างๆได้

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ร้านอาหารแบบภัตตาคาร (Restaurant dining rooms)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	60
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	90.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	2.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	7.5
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.18
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	450
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	174
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	624
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	287
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	400
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	687
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	-
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	0%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ห้องสัมมนา/ห้องประชุม (Conference/meeting)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	30
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	50.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	5.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	150
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	32
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	182
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	80
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	-
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	182
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	103
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	21%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

พื้นที่สาธารณะ (ที่คนมารวมตัวกัน) (Public Assembly Spaces)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	200
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	200.0
4	ความสูงห้อง (ม)	3.50
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	5.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	1,000
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	129
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	1,129
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	413
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	-
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	1,129
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	716
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	23%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

เฮลท์คลับ ห้องแอโรบิก (Health club/aerobics room)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	50
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	125.0
4	ความสูงห้อง (ม)	3.00
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	20.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	1,000
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	81
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	1,081
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	221
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องนำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	100
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	1,081
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	759
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	25%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ห้องเด็กป่วยในศูนย์รับบาลเด็กเล็ก (Daycare sickroom)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	20
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	80.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	10.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.18
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	200
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	155
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	355
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	127
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	300
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	427
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	-
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	0%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	60
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	600.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	2.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	7.5
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.06
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	450
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	387
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	837
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	1,912
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องนำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	400
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	2,312
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	-
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	0%
23		

รายการคำนวณปริมาณ Fresh Air และ Exhaust สำหรับห้อง

ร้านเสริมสวยและทำเล็บ (Beauty and nail salons)

1	ข้อมูลห้อง	
2	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	15
3	ขนาดพื้นที่ห้อง (ตรม)	60.0
4	ความสูงห้อง (ม)	2.70
5	ปริมาณเรอรัวของห้อง (ACH) (น้อยมาก=0.25, น้อย=0.50, ปานกลาง=1.0, มาก=1.5)	1.00
6	มาตรฐานการระบายอากาศ	
7	ปริมาณการระบายอากาศต่อคน (CFM/คน)	20.0
8	ปริมาณการระบายอากาศต่อพื้นที่ (CFM/ตรฟ)	0.12
9	รายการคำนวณปริมาณการระบายอากาศตามมาตรฐาน	
10	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากจำนวนคน (CFM)	300
11	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ - จากขนาดพื้นที่ห้อง (CFM)	77
12	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการ "รวม" ตามมาตรฐาน (CFM)	377
13	รายการคำนวณปริมาณอากาศเพื่อชดเชยเรอรัว	
14	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชยเรอรัว (CFM)	96
15	ปริมาณอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไปเพิ่มเติม (ถ้ามี) เช่น พัดลมดูดอากาศตรงห้องน้ำ/ครัว	
16	ปริมาณ Clean Fresh Air ที่ต้องการเพื่อชดเชย = ปริมาณที่ดูดออกในส่วนนี้ (CFM)	-
17	ผลลัพธ์ 1	
18	ขนาดเครื่อง Clean Fresh Air Machine ที่ต้องการ (CFM)	377
19	ผลลัพธ์ 2	
20	ปริมาณการระบายอากาศที่ต้องดูดออกทิ้งไป (Exhaust) (CFM)	282
21	ผลลัพธ์ 3	
22	% OA Total Energy ที่สามารถ Recovery ได้จาก PHE (ถ้ามี)	26%
23		

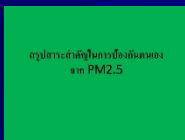
ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นๆสามารถหาได้จาก FB-Page “ตุลย์ มณีวัฒนา/Tul Manewattana”



<https://www.facebook.com/276640406560776/posts/276675389890611?s=763992691&sfns=xmwa>



<https://www.facebook.com/276640406560776/posts/281247089433441?s=763992691&sfns=xmwa>



<https://www.facebook.com/276640406560776/posts/282803505944466?s=763992691&sfns=xmwa>



<https://www.facebook.com/276640406560776/posts/297269857831164?s=763992691&sfns=xmwa>



<https://www.facebook.com/276640406560776/posts/310556023169214?s=763992691&sfns=xmwa>

Thank You for Your Attention!



Any Question?