

การออกแบบระบบระบายอากาศ “ในยุควิกฤติ PM2.5”



โดย

ผศ.ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 081-836-9582

E-mail: tul.m@chula.ac.th

ประวัติวิทยากร



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ 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

อดีต



Made with
VivaVideo

ປ້າຈຸບັນ



อนาคต

๔ อดีตมากมาย



เปิด



อดีต



ปัจจุบัน



ປັດຈຸບັນ



อนาคต

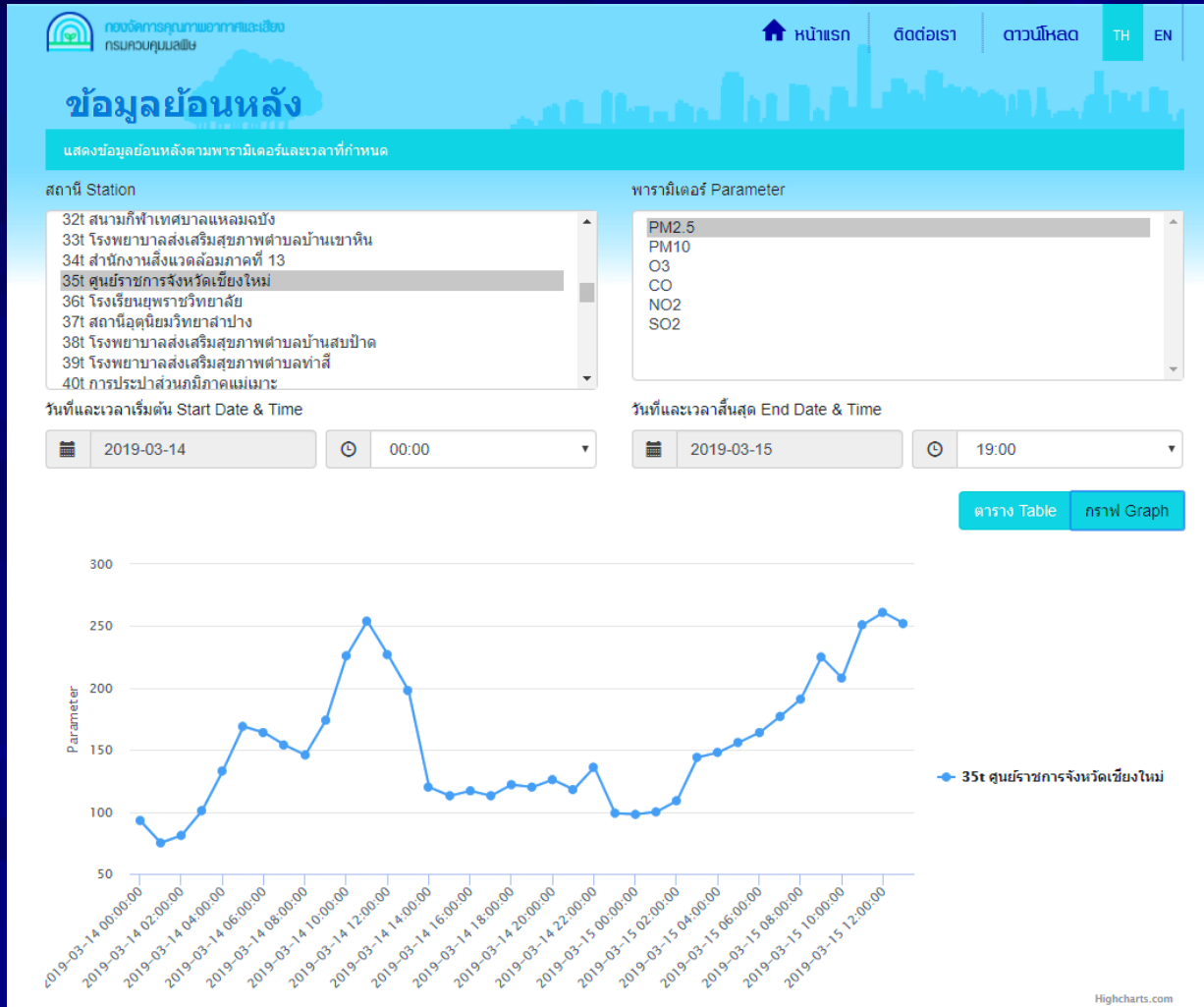


คุณภาพอากาศภายนอกอาคาร

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

ค่า PM2.5 ที่เชียงใหม่ขึ้นสูงมากๆ

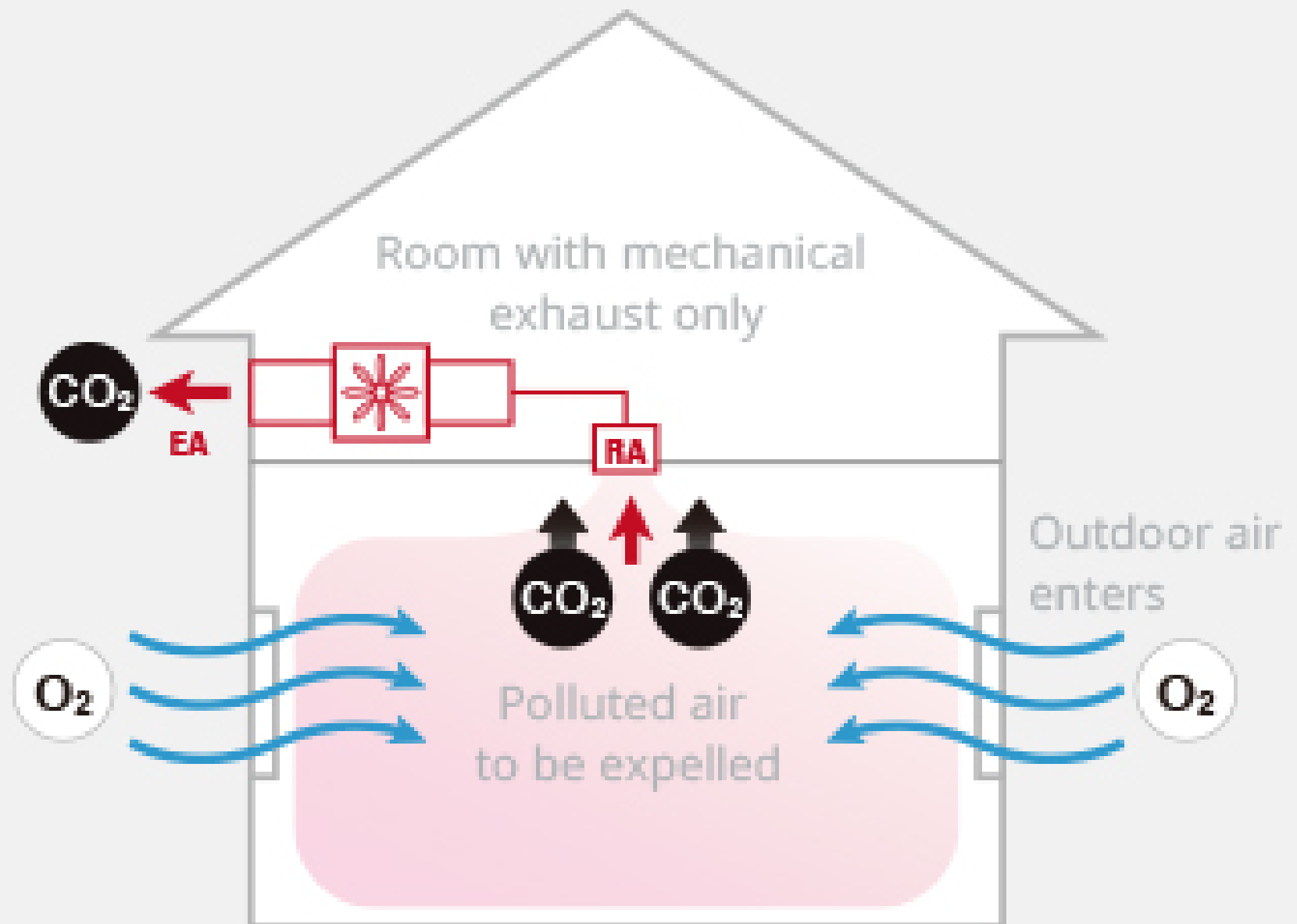


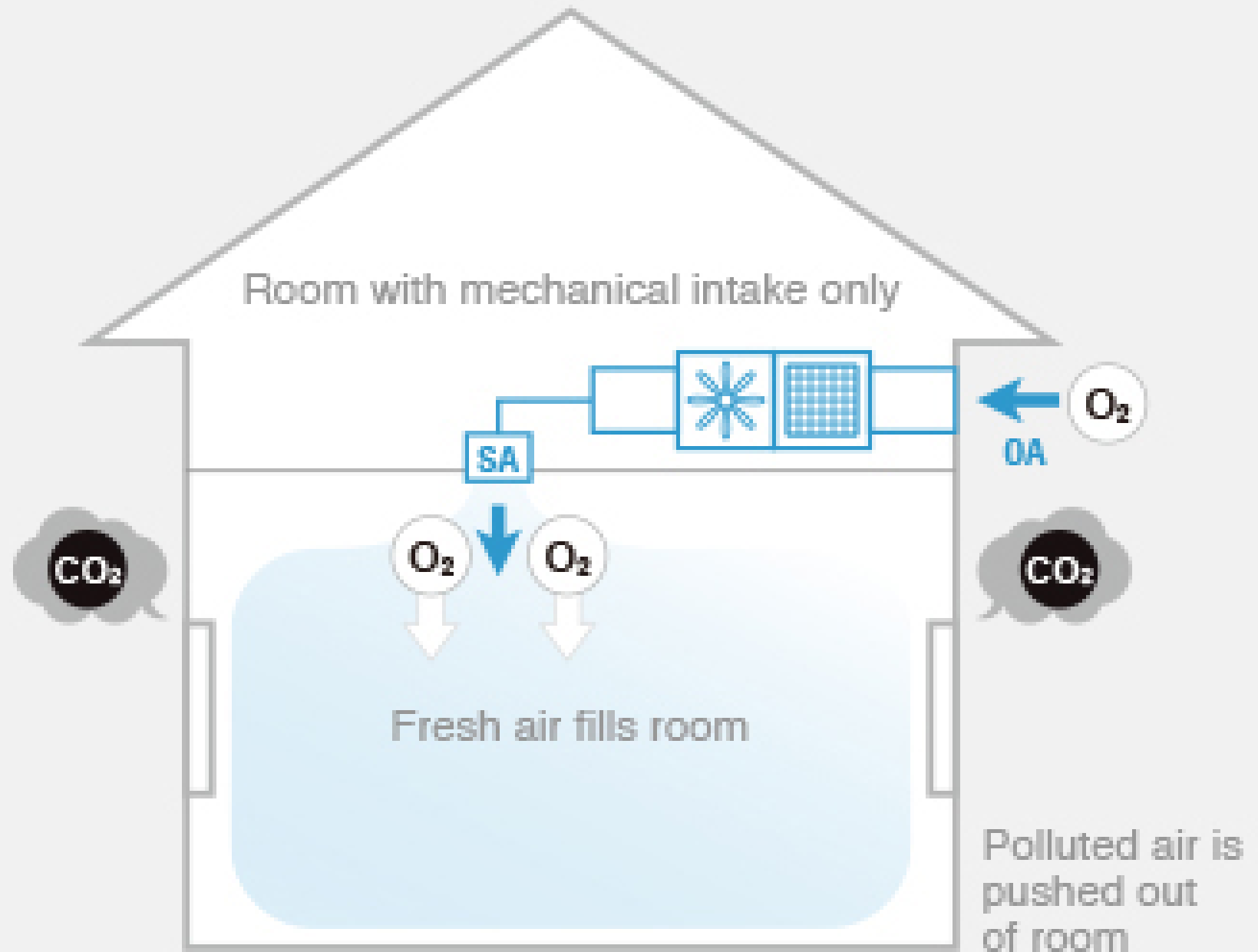
ข้อมูลจากจังหวัดเชียงใหม่ ย้อนหลัง 3 ปี

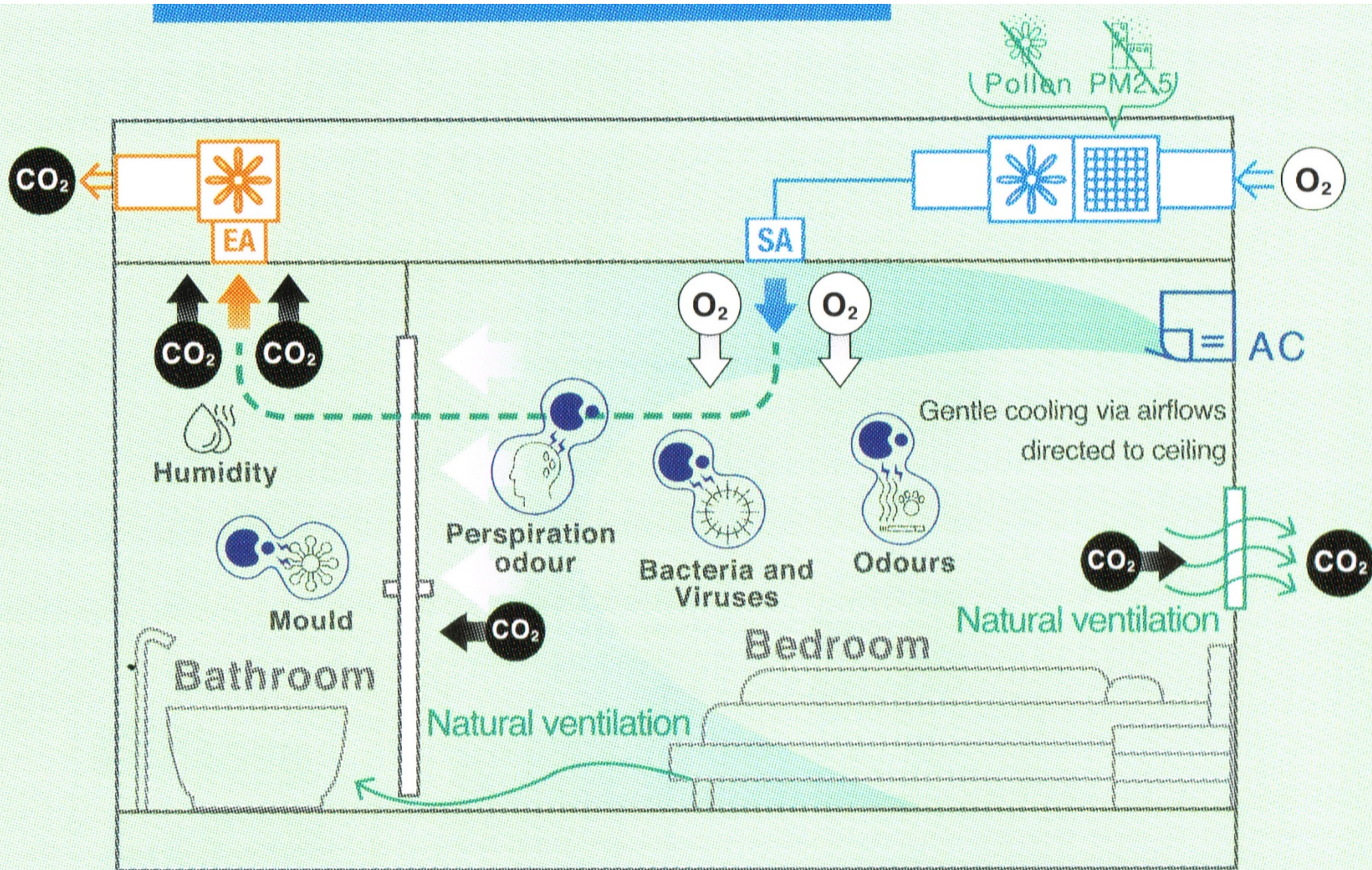
		PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
67	6-มี.ค.	72.72	99.55	41	53.74	89.4	23
68	7-มี.ค.	70.2	78.4	50	54.18	67.62	31
69	8-มี.ค.	80.96	108.65	65	60.96	99.83	42
70	9-มี.ค.	55.26	83.95	57	42.29	72.14	35
71	10-มี.ค.	49.46	48.23	70	35.81	38.49	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	

จะระบายอากาศกันยังไง?

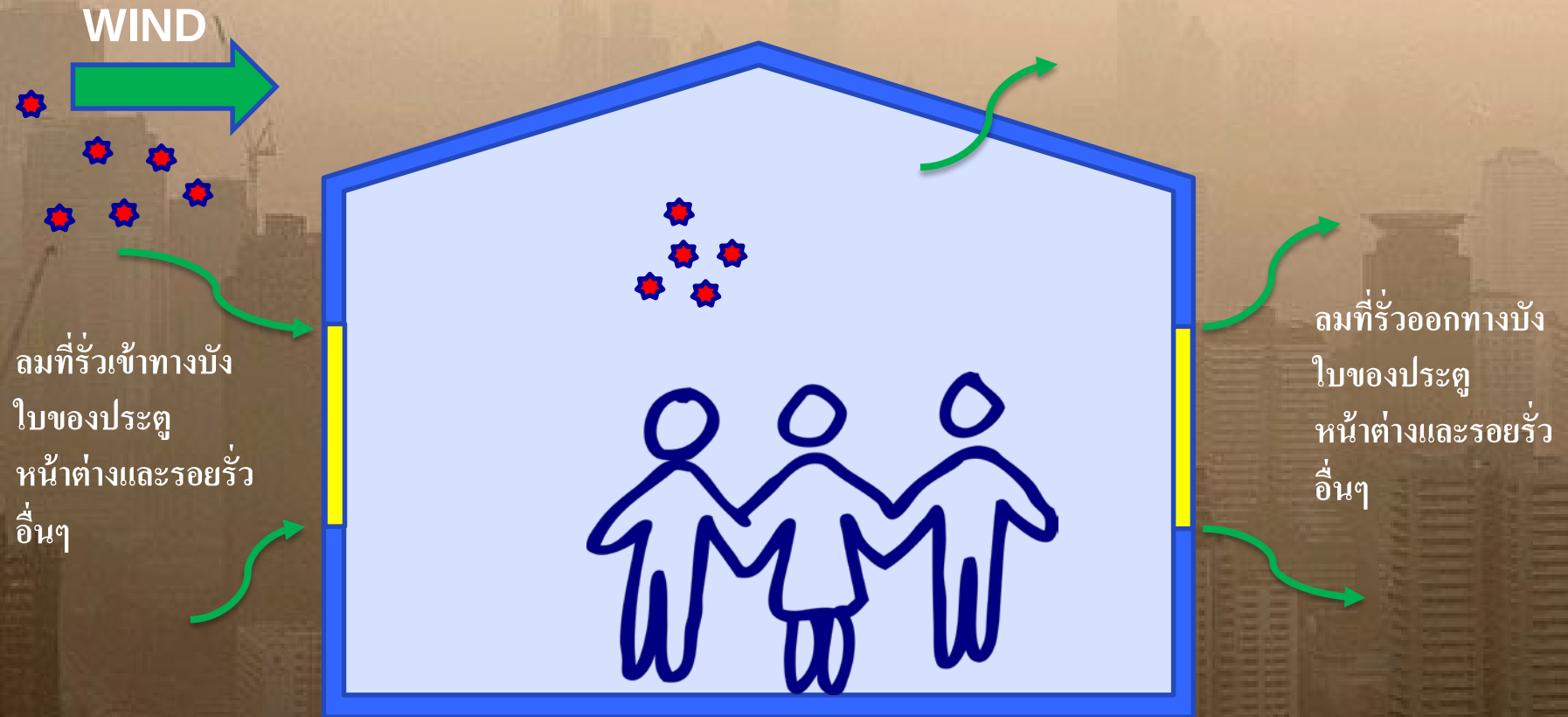
เมื่อมี PM2.5



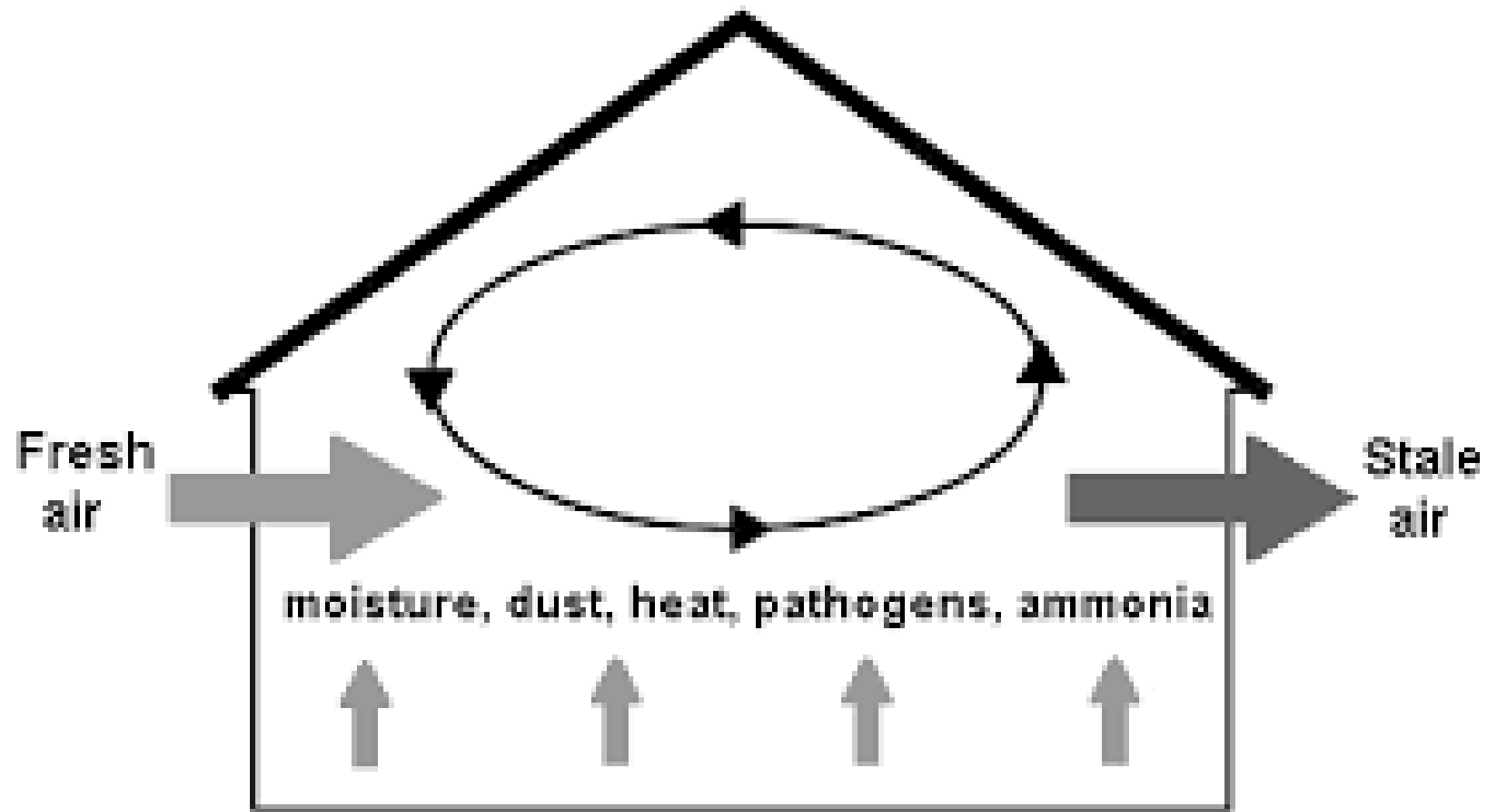




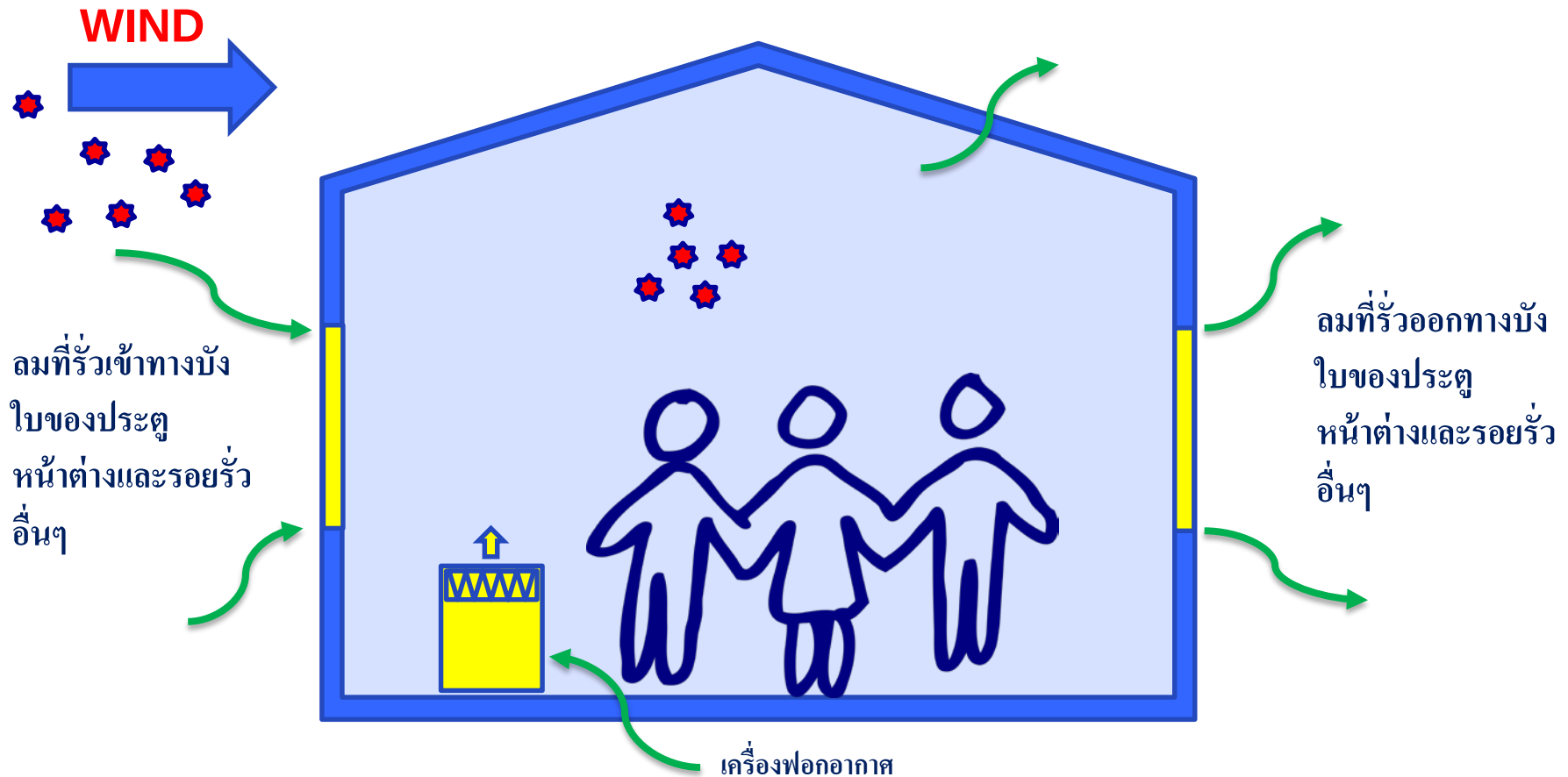
Infiltration



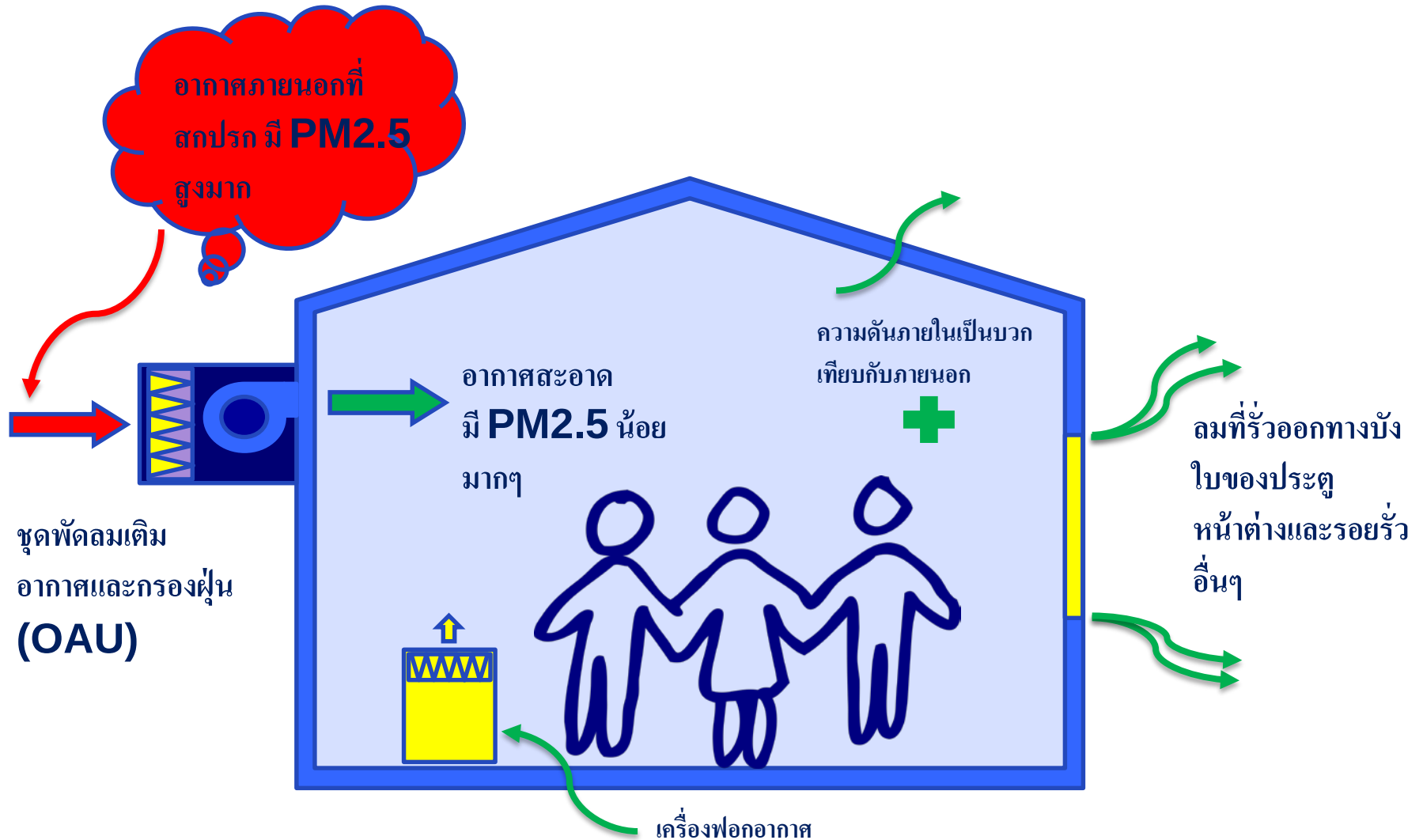
Air Change



1) ลด PM2.5 โดยการใช้เครื่องฟอกอากาศ

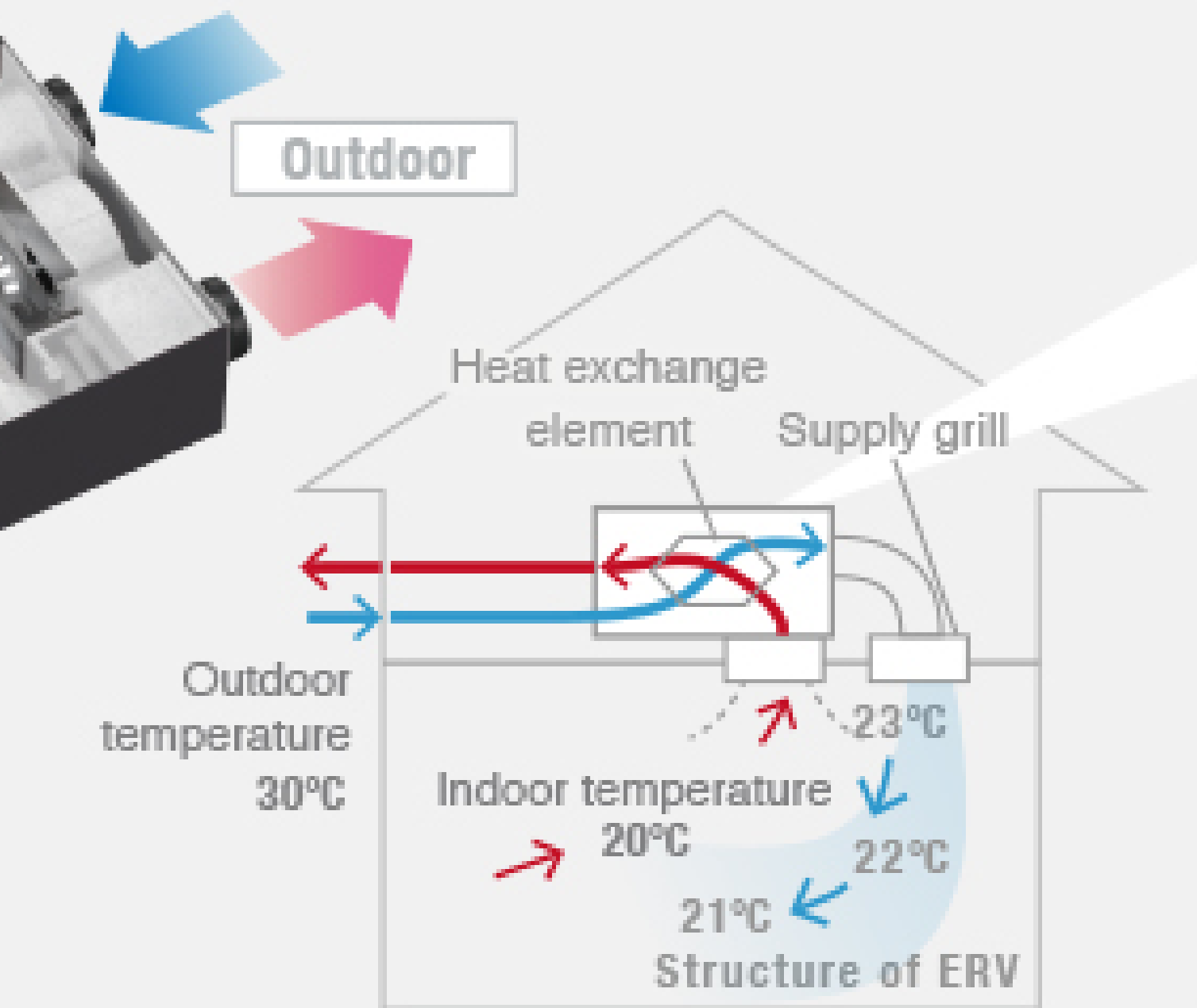


2) การใช้ OAU ร่วมกับเครื่องฟอกอากาศ



ประสิทธิภาพการกรองฝุ่น PM2.5

MERV	PM2.5 Removal Efficiency %	การใช้งาน
1 to 4	น้อยมากๆ	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		



*Counter-flow
exchange e*

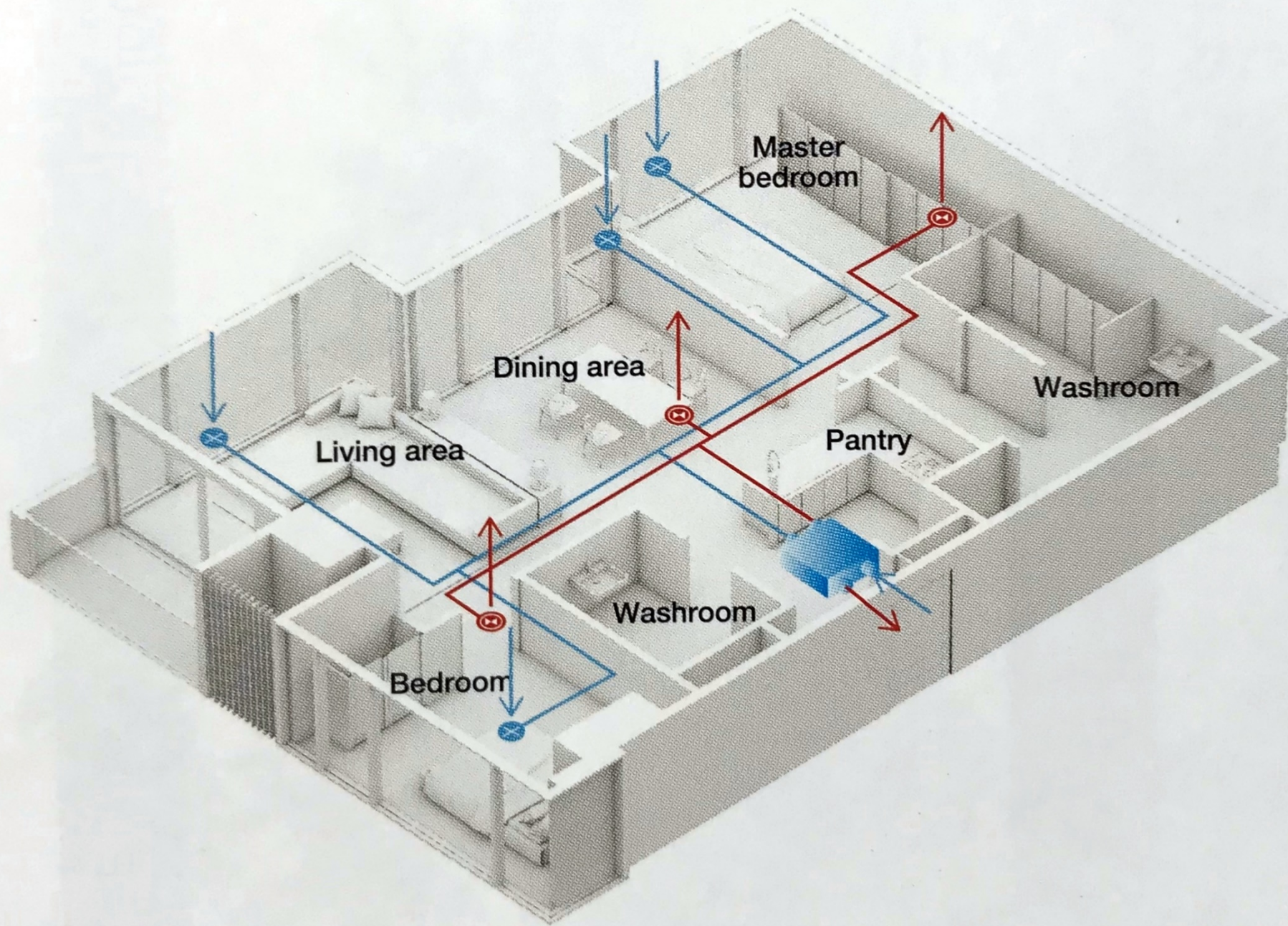
Su



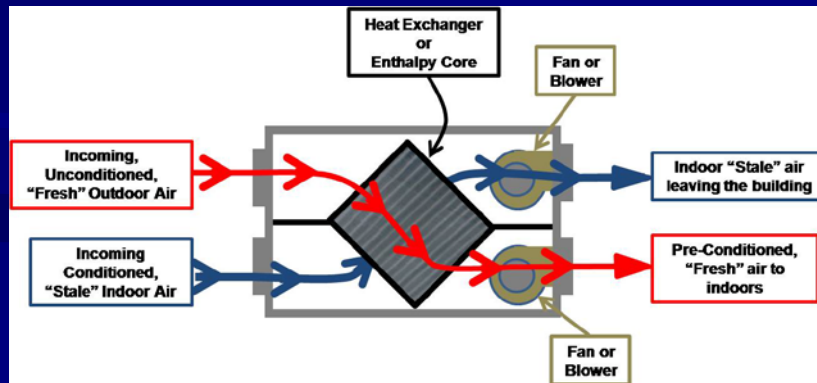
Outdoor air

Exhaust air





Energy Recovery Ventilator



“เป็นสงกรานต์ที่เย็นสบายไร้ฝุ่นที่สุด” @บ้านคุณนัทพล&คุณยอง ที่เชียงใหม่

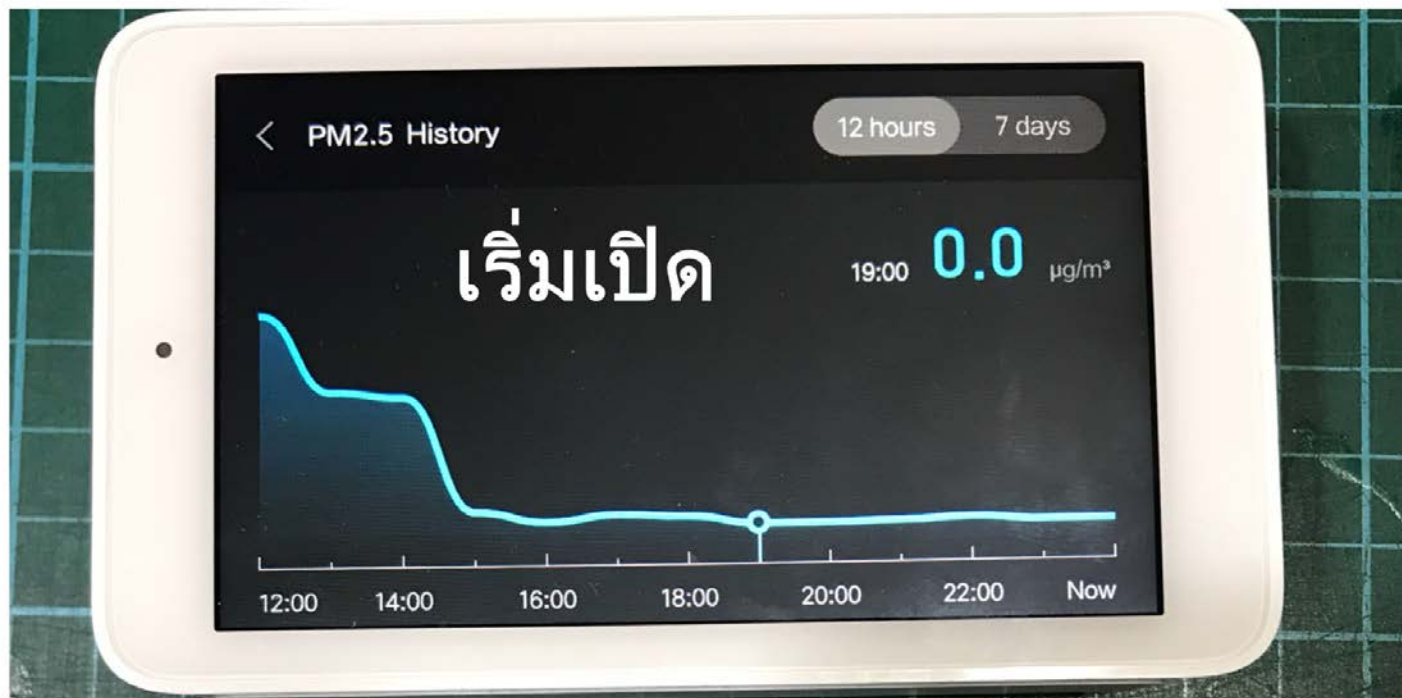
หลังทำเสร็จ ค่า
PM2.5 เป็นศูนย์ทั้ง
หลัง



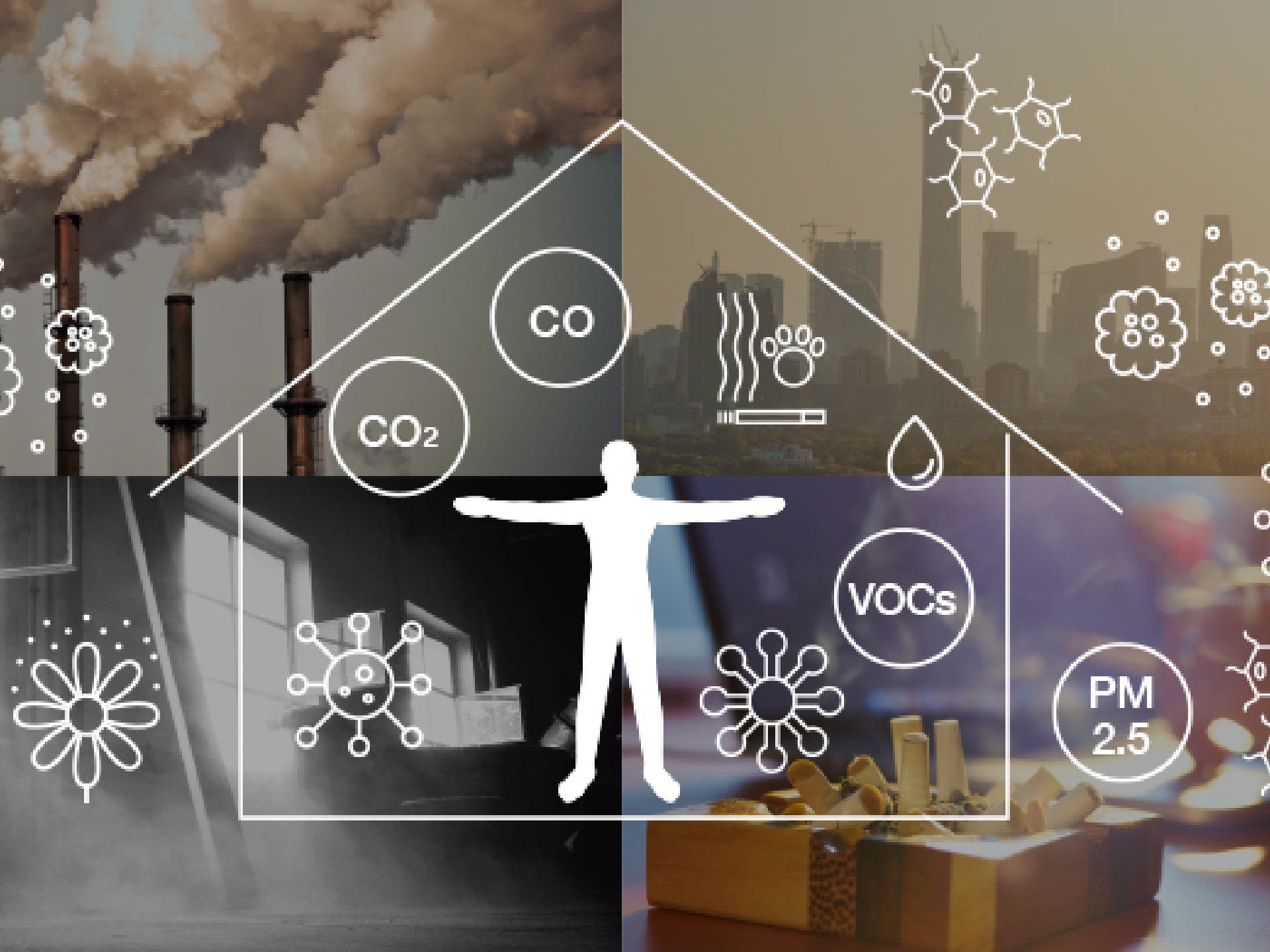
CO₂ เดิม
2000-3000 ppm







ค่า PM2.5 เป็นศูนย์ตลอดเวลาที่เปิดเครื่องไว้



CO

CO₂

VOCs

PM
2.5

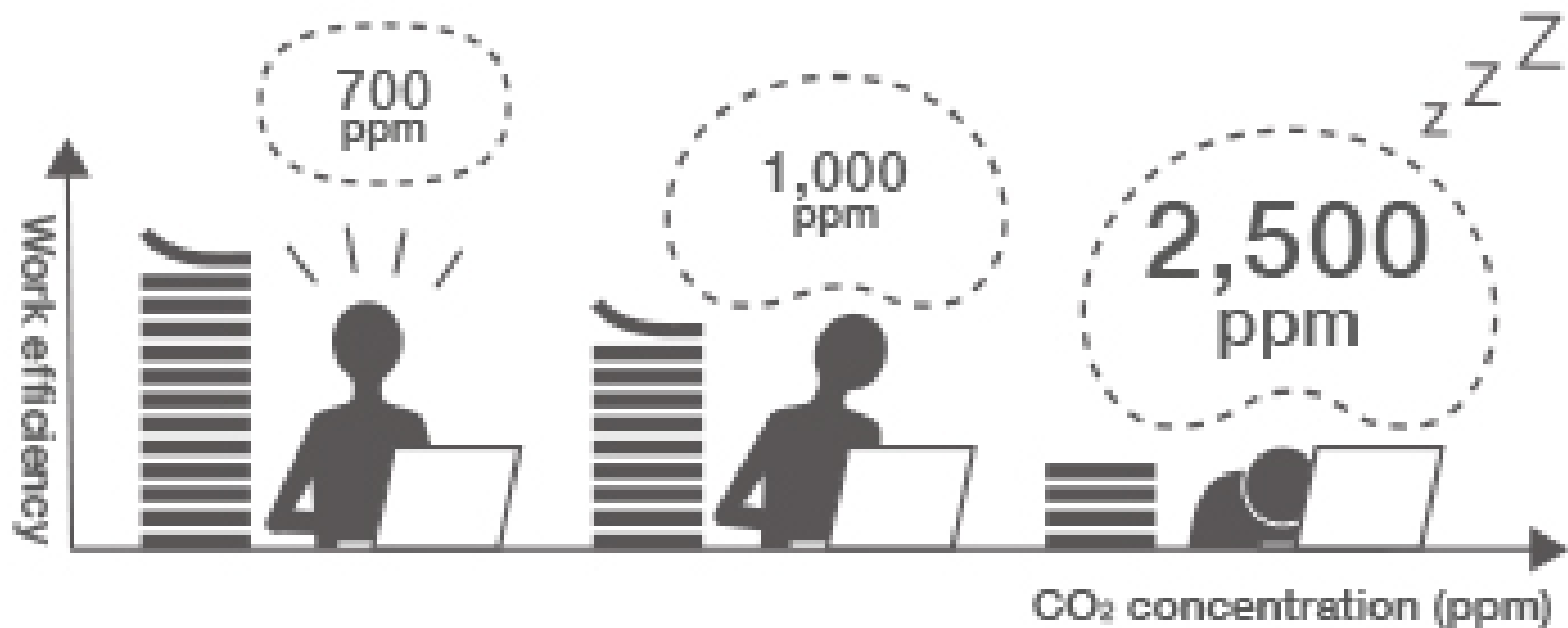
เมื่อ CO₂ ขึ้นสูงหลายพัน PPM

แปลว่าอากาศบริสุทธิ์ไม่
พอเพียงพอต่อการหายใจ



ต้องเพิ่ม **Fresh Air**

ing trouble with **PRODUCTIVITY** in the
place?



ing the CO₂ concentration increases focus.

ASHRAE findings <https://www.ashrae.org/>

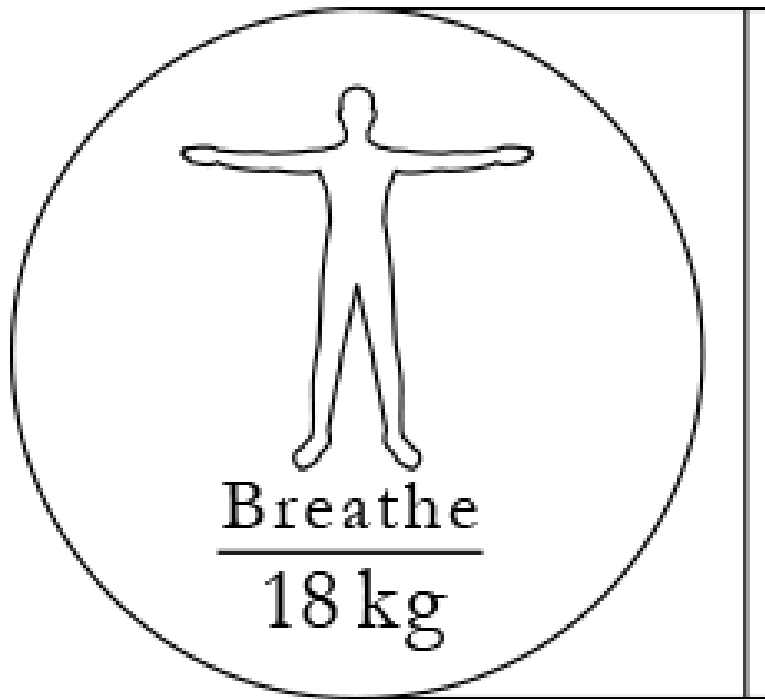
atish, op. cit.: <https://ehp.niehs.nih.gov/1104789/>

COMFORT-PRODUCTIVITY

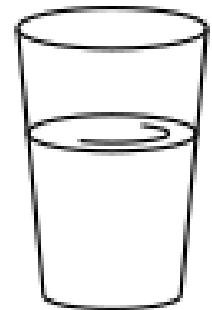
Building costs

People	100
Maintenance	10
Financing	10
Energy	1

**This clearly show that buildings are for
people
not for saving energy**



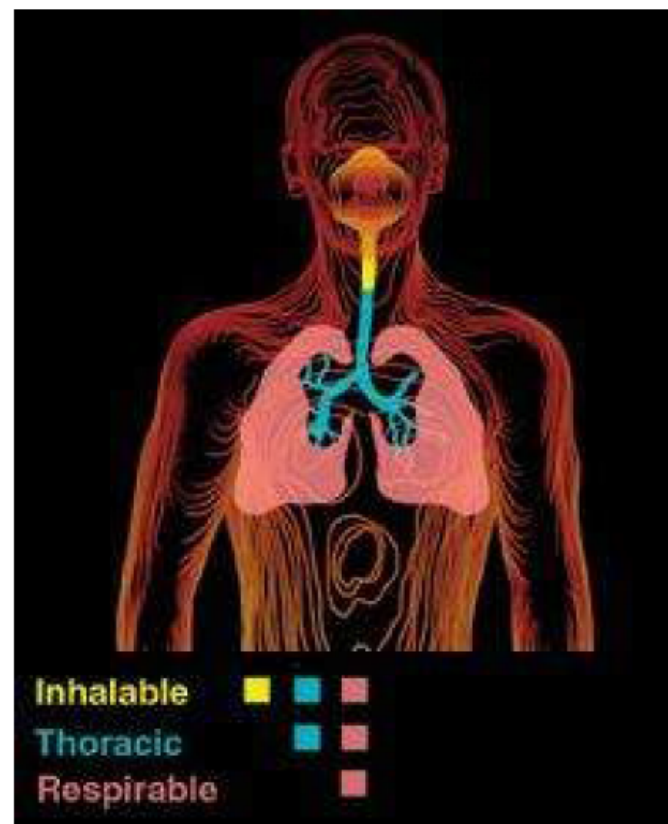
Food
1.3 kg



Water
1.2 kg

Breathes of Air

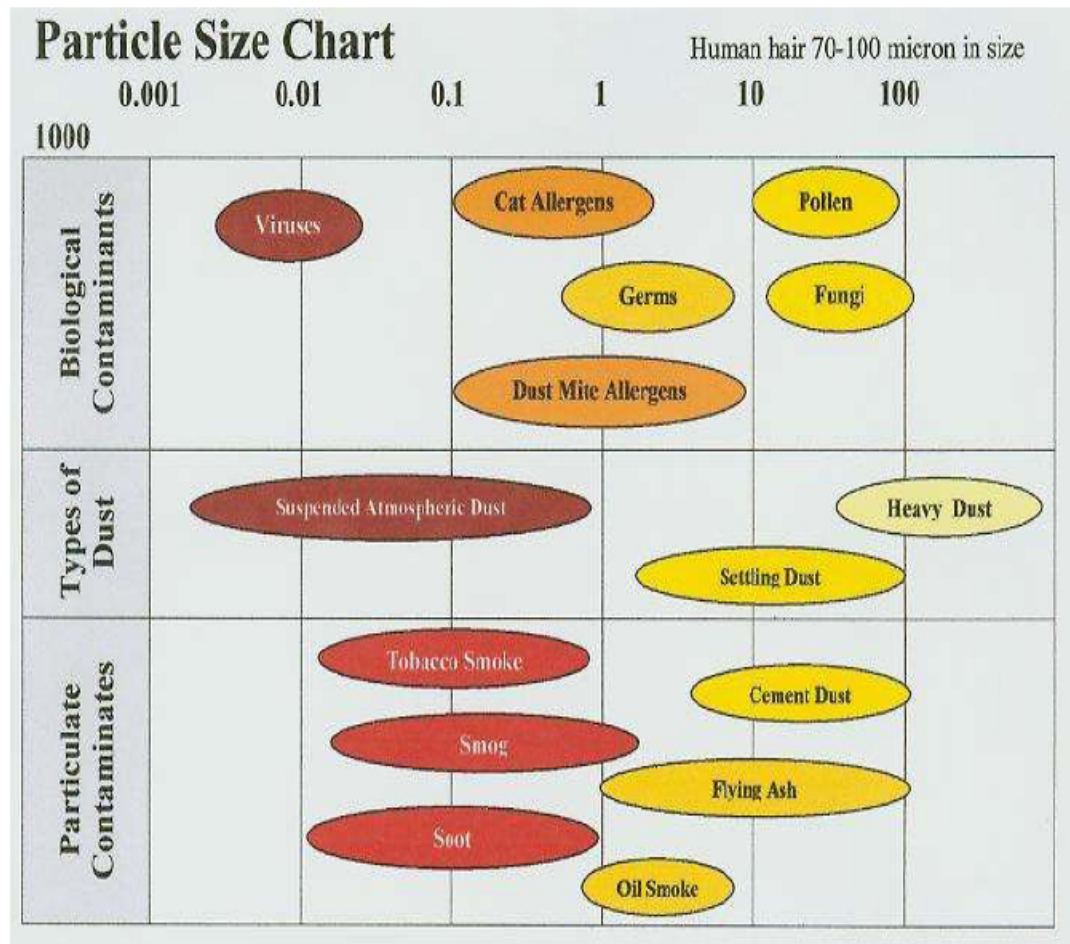
- The average adult at rest inhales and exhales about one-fourth of a cubic foot of air per minute. That totals something like 388 cubic feet of air in a day.
- Along with it comes about 20 billion particles of dirt and other foreign matter (dust).
- The nose traps and filters up to 70 percent of these particles that we inhale each day.





Invisible Particles

- Tobacco Smoke
- Animal dander
- Household dust
- Insect parts
- Pollen
- Molds
- Combustion by-products
- Common Reservoirs:
 - Carpets, pillows, couches, stuffed animals



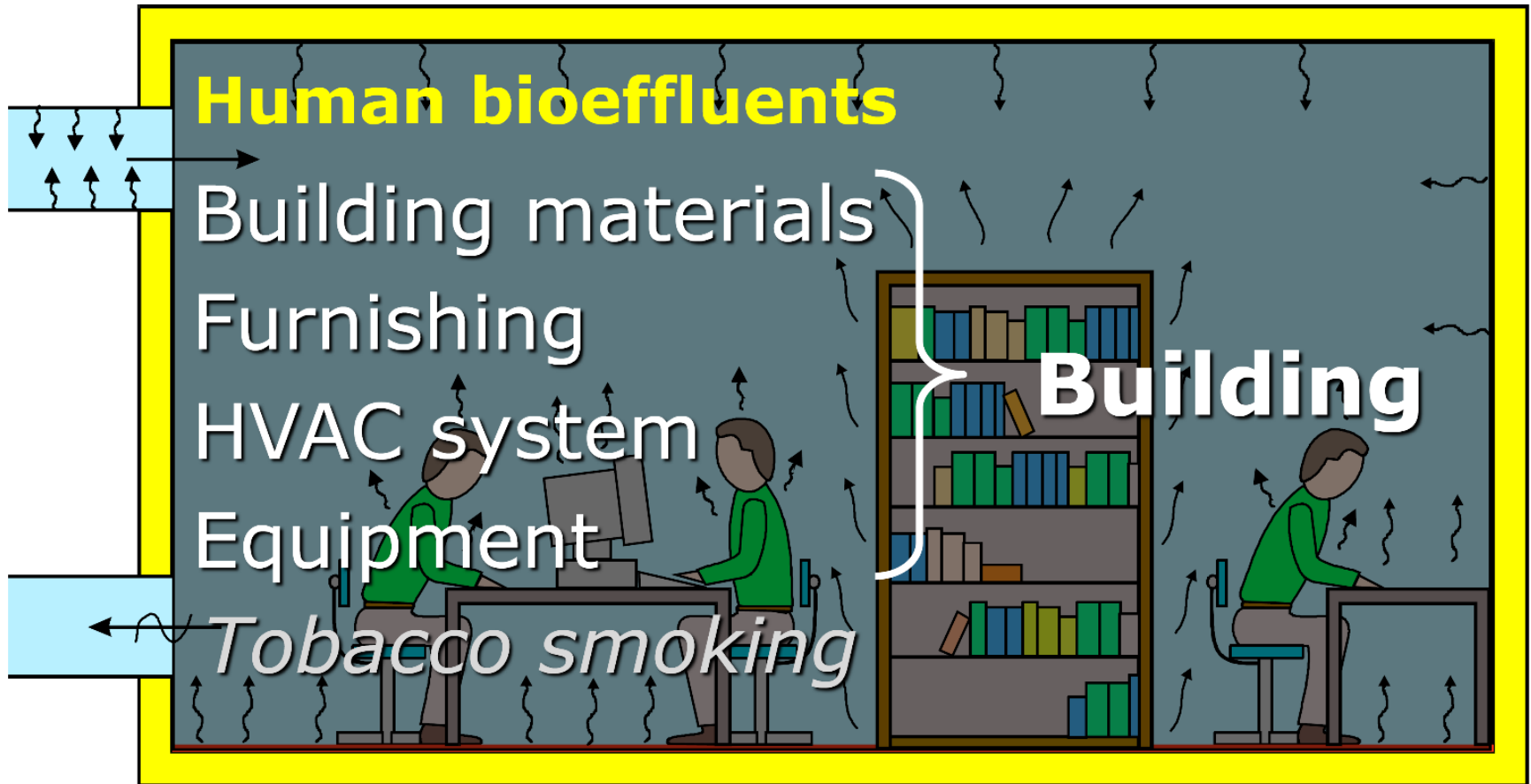
Health

Global impact on people

- In developing regions
5000 persons die per day
due to poor IAQ
- In developed countries
increase in asthma and
allergy



Indoor pollution sources





INDOOR AIR QUALITY

(IAQ)

Ventilation System

ระบบระบายอากาศ คือ ระบบที่ต้องมีการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก เข้ามาเติม ในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัย ในปริมาณที่พอเพียง และมีการระบายอากาศเสีย (**Exhaust**) ออกไปทิ้ง เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในอาคาร (**IAQ**) ไว้ในระดับที่ยอมรับได้ (แต่ในอนาคตจะมีเรื่อง **Air Cleaning Devices** เข้ามาช่วย มากขึ้นเรื่อยๆ)

**** Assuming that outside air is fresh and clean??**

STANDARD



ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016

(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013)

Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix K

Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality













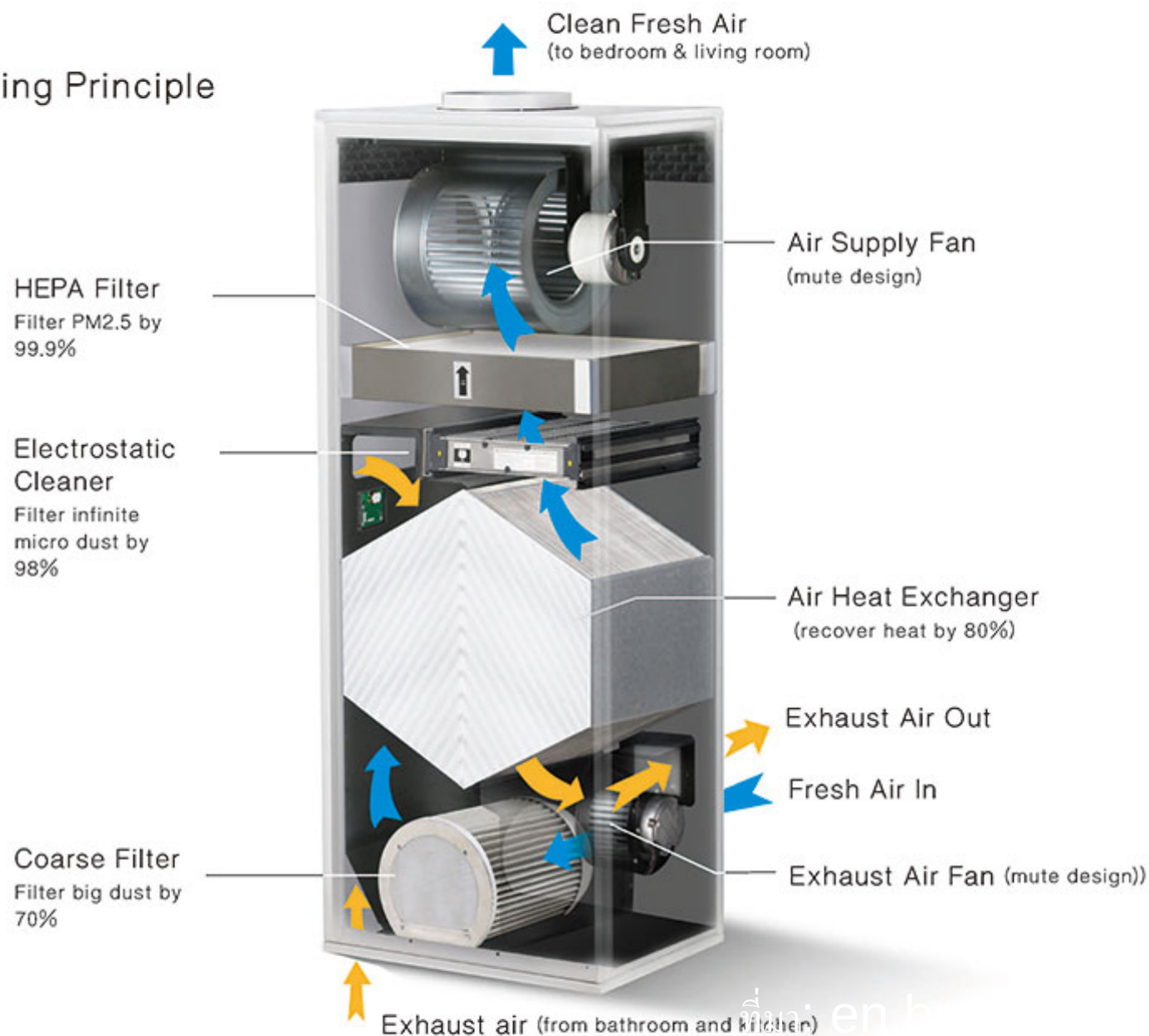








Working Principle



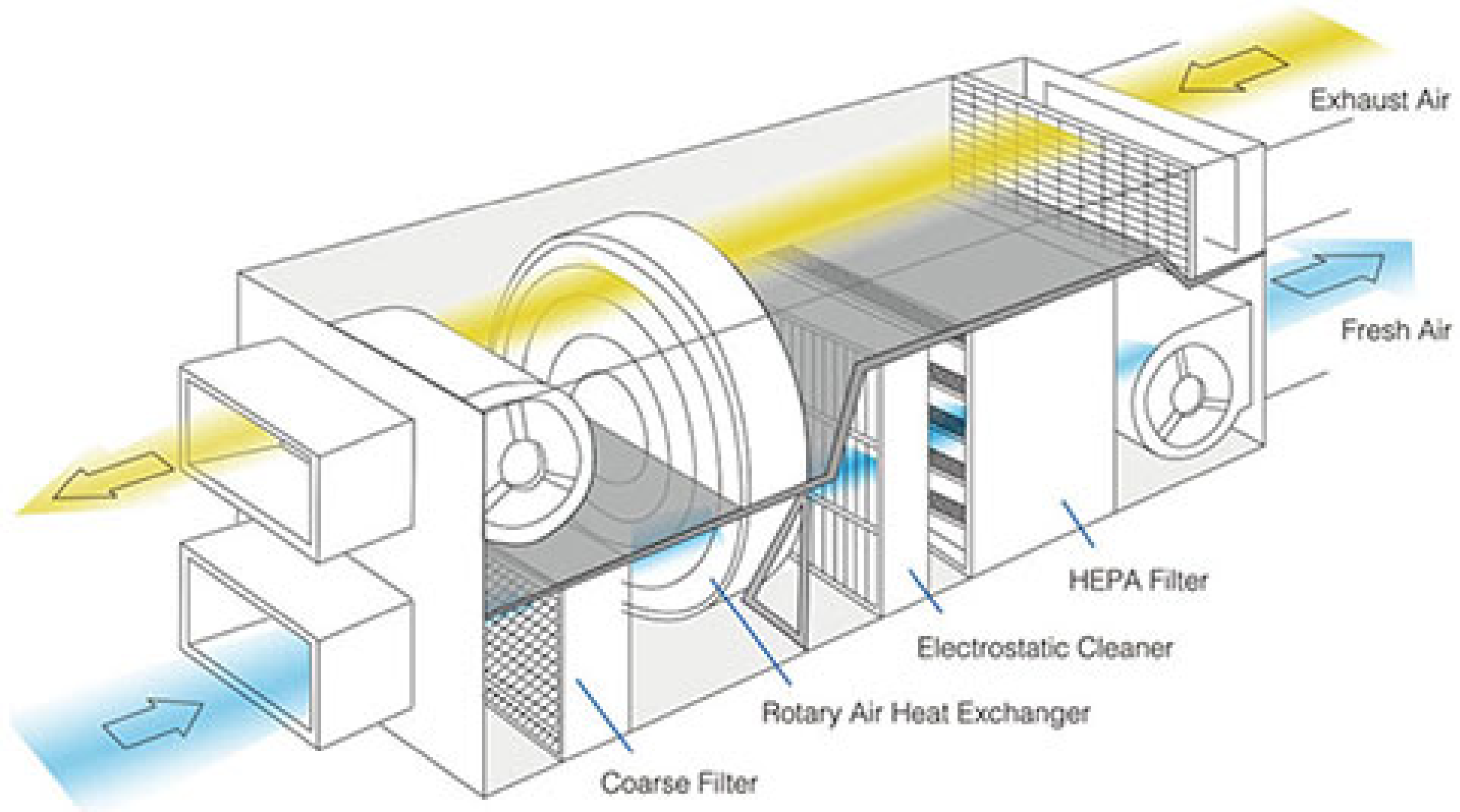


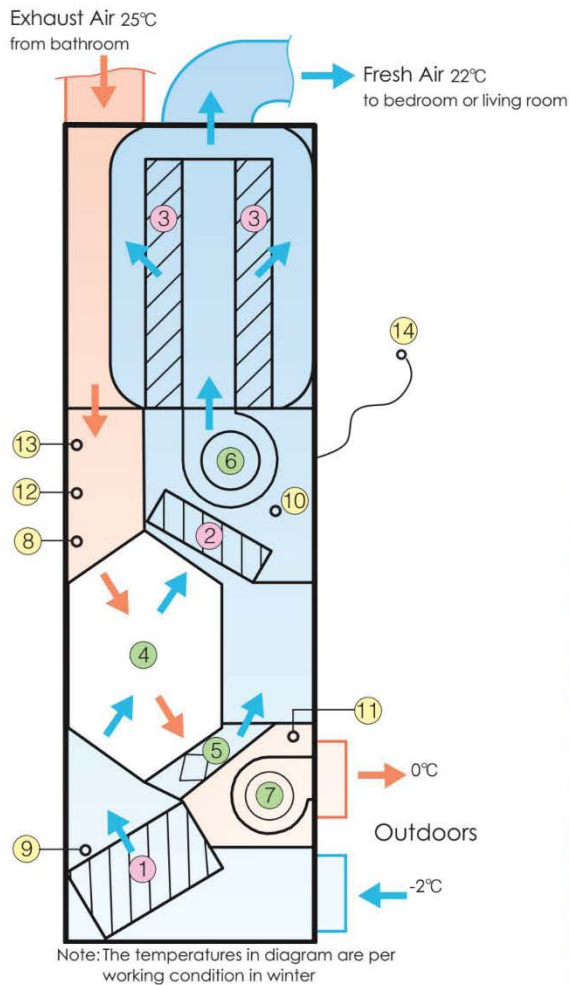
Small type SC125 SC250 SC500

medium type SD1000

SD1500

SD3000





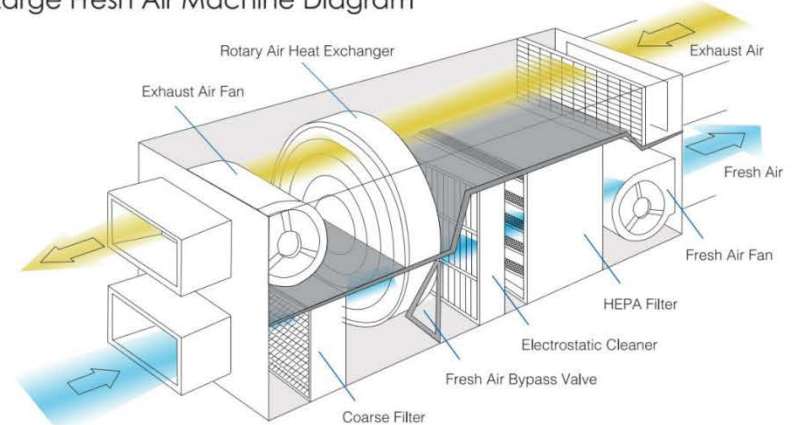
Small Fresh Air Machine



Legends

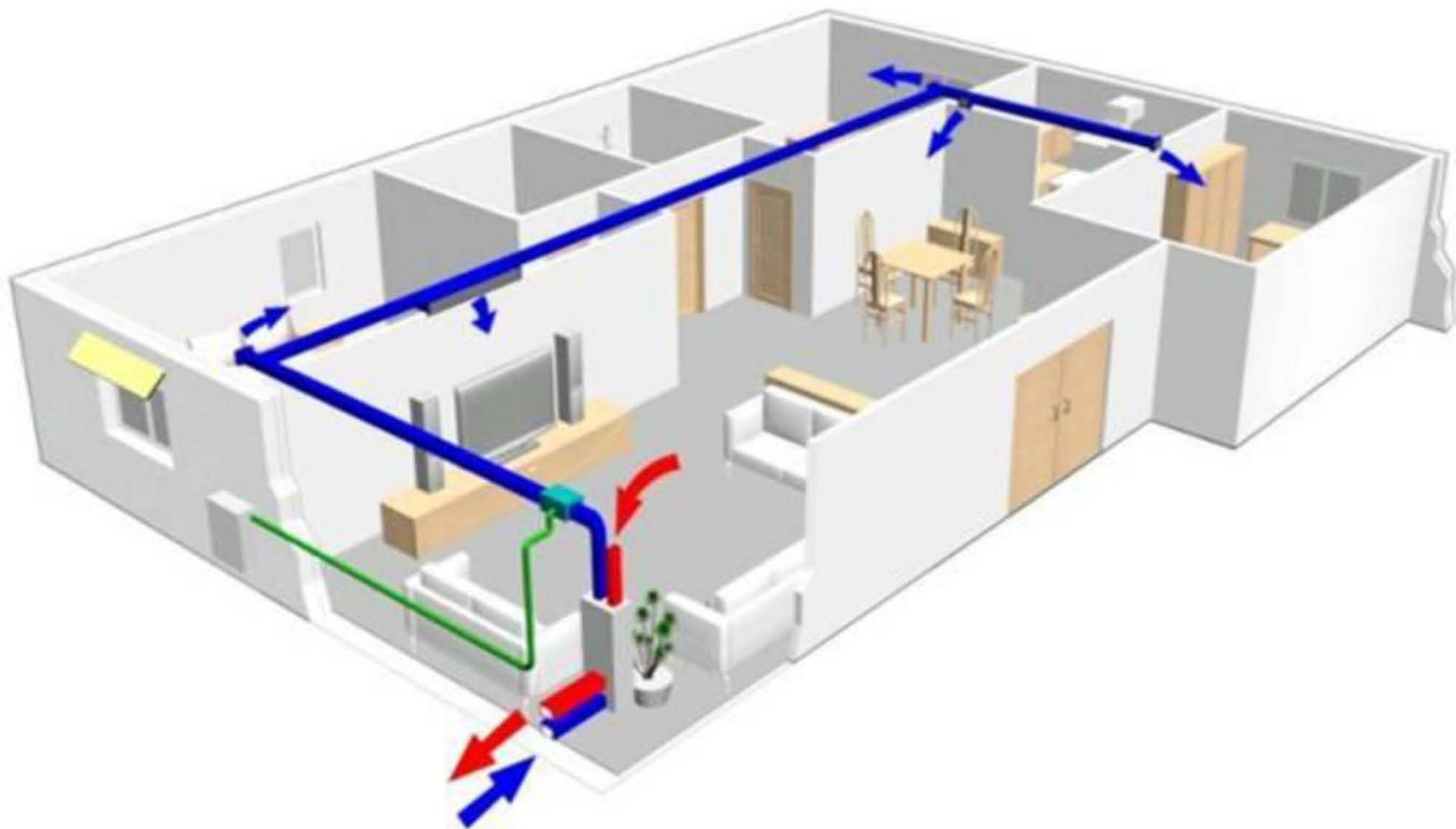
- ① Coarse Filter(non-woven fabric net with metal frame)
- ② Electrostatic Cleaner (aluminum alloy plate and tungsten filament)
- ③ HEPA Filter(synthetic material)
- ④ Plate Air Heat Exchanger (aluminum alloy)
- ⑤ Fresh Air Bypass Valve (auto open in transitional period)
- ⑥ Fresh Air Fan (saves more than 40% electricity)
- ⑦ Exhaust Air Fan (saves more than 40% electricity)
- ⑧ Indoor Temperature Sensor
- ⑨ Outdoor Temperature Sensor
- ⑩ Fresh Air Temperature Sensor
- ⑪ Exhaust Air Temperature Sensor
- ⑫ Indoor CO₂ Sensor
- ⑬ Indoor Humidity Sensor
- ⑭ Body Sensor/ Infrared Sensor

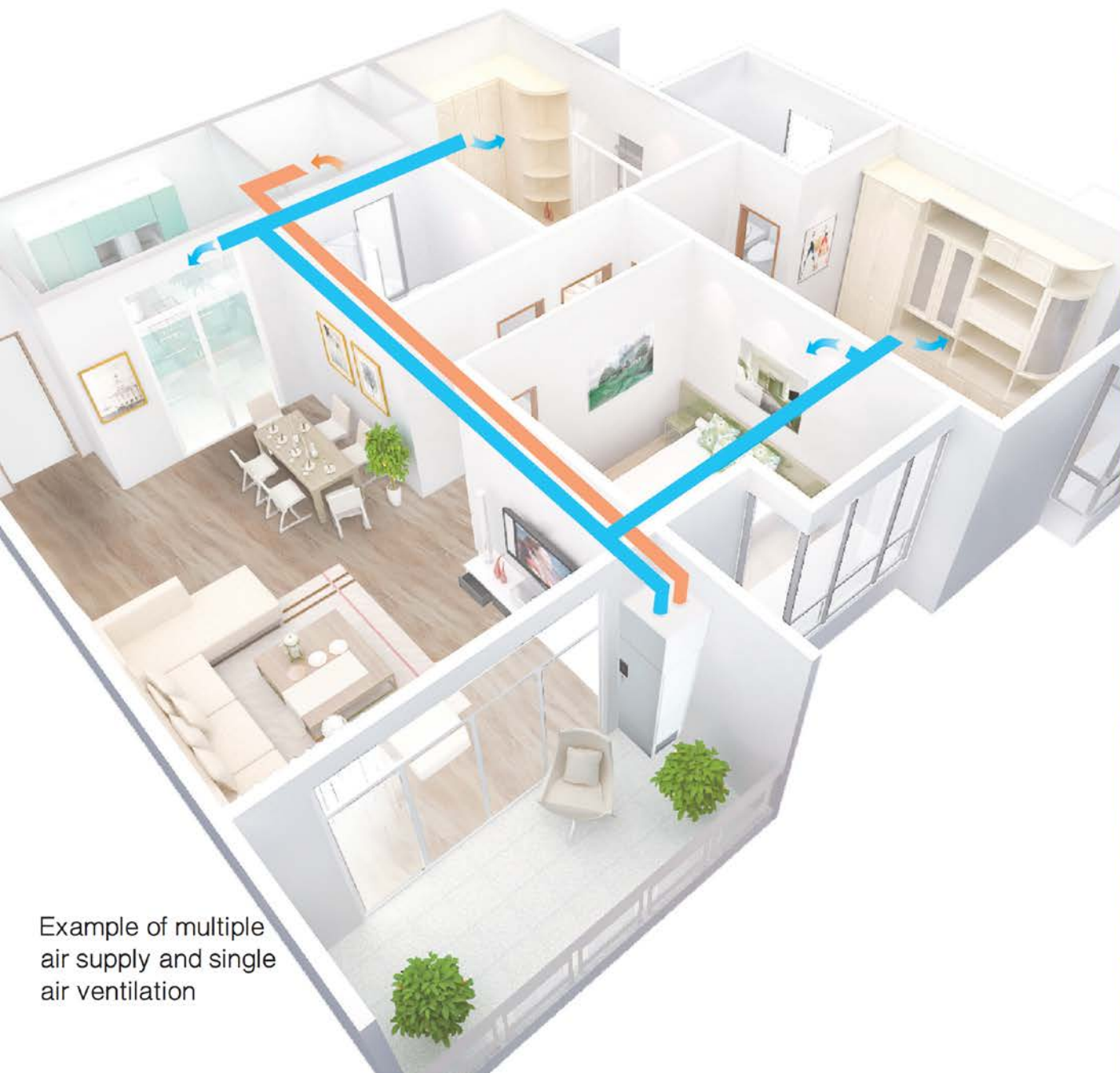
Large Fresh Air Machine Diagram



Difference for Large Machine:

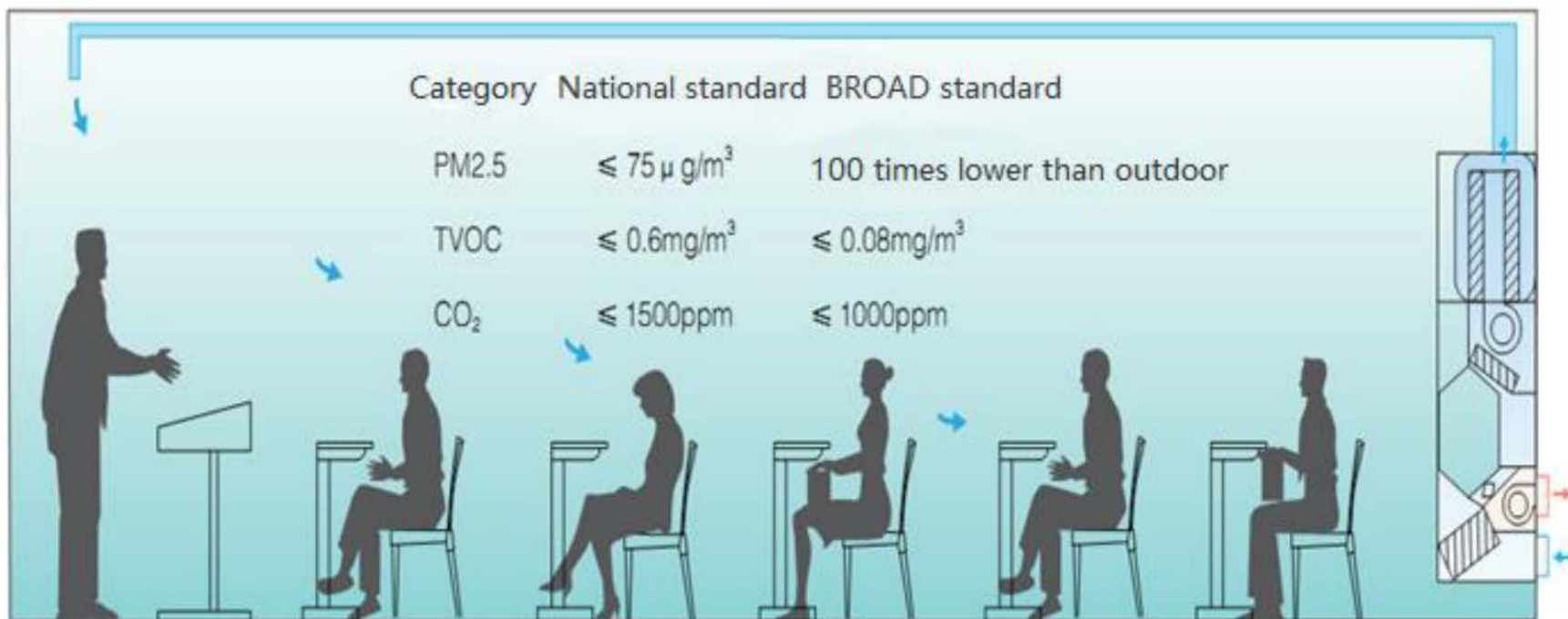
- 1.Horizontal type
- 2.Bag type filter before electrostatic cleaner
- 3.Coarse filter at exhaust air side
- 4.Rotary type heat exchanger
- 5. AI controller, supply 485 communication interface
- 6. With pressure difference sensor

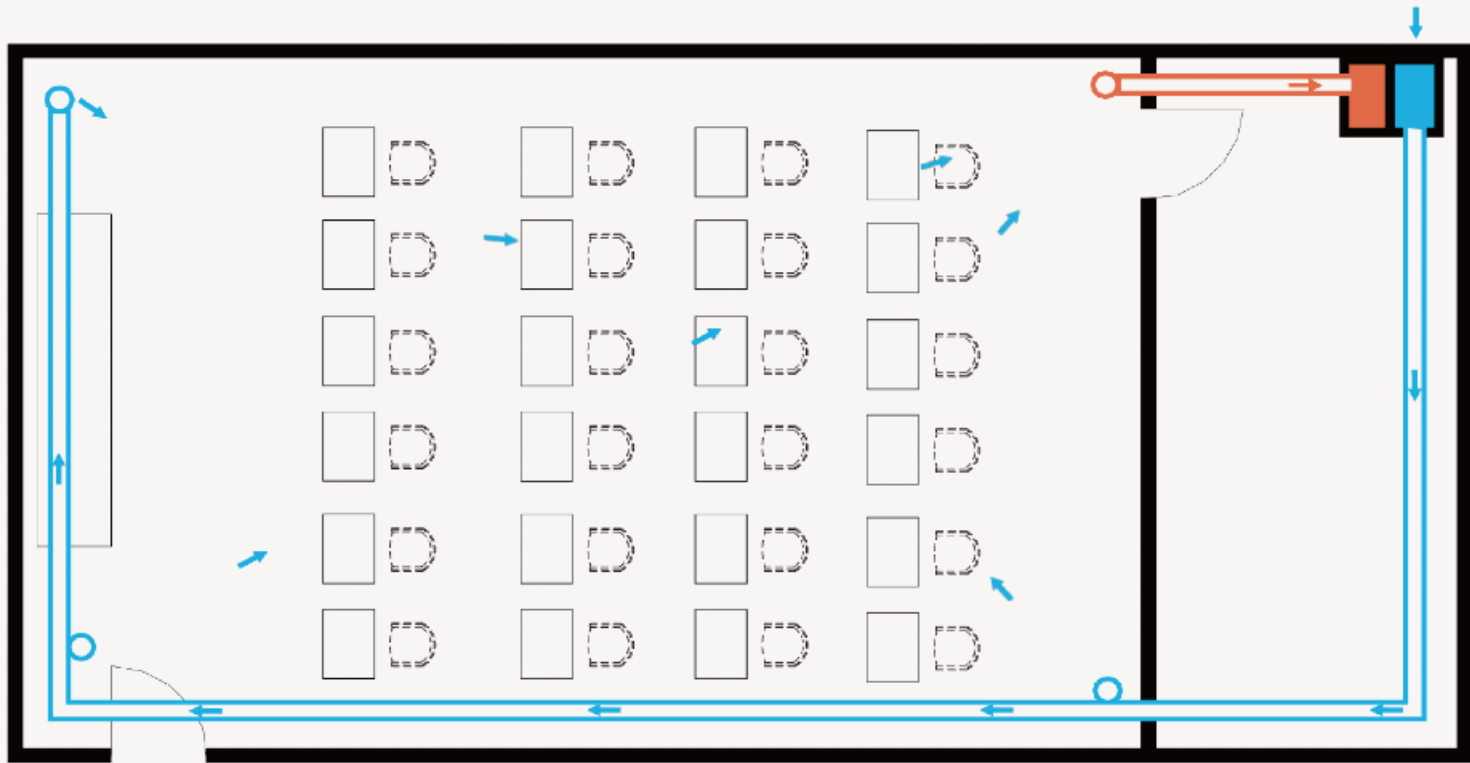




Example of multiple
air supply and single
air ventilation



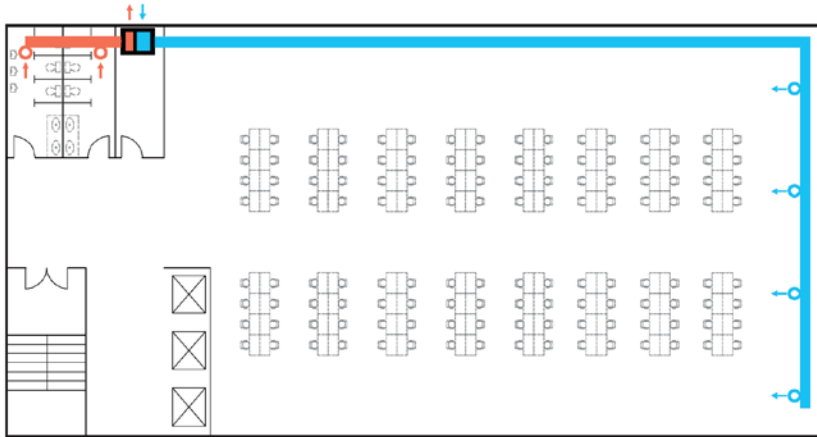




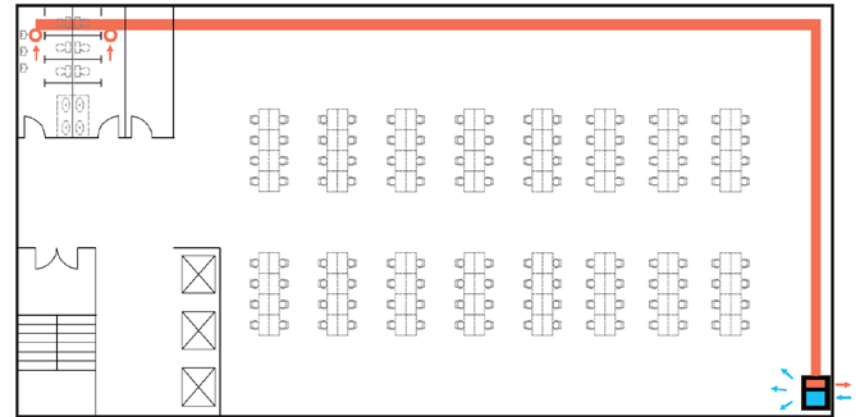
***** ต้องมีการทำ Engineering การ Pressurization ให้ถูกต้องด้วย *****
มิฉะนั้นระบบก็จะไม่ Work ดี/ถูกต้อง

Diagram of Air Pipe

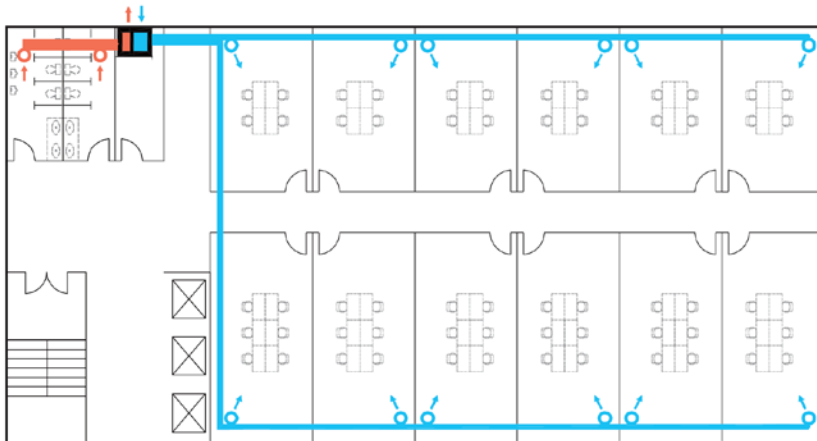
Long Air Supply



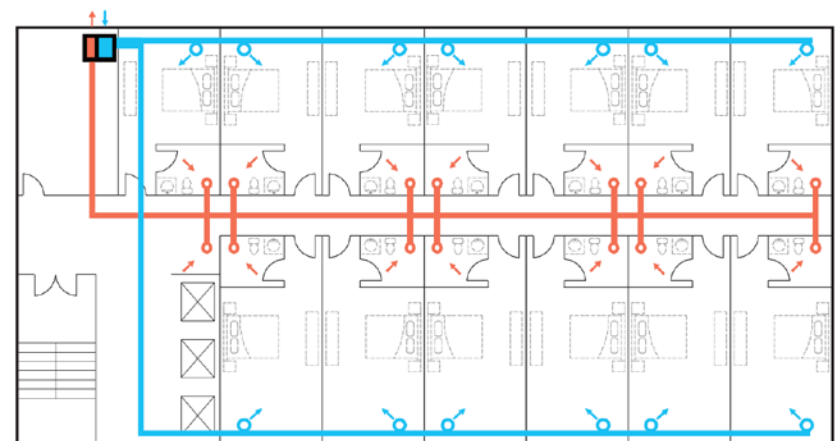
Long Ventilation



Multiple Air Supply and Single Air Ventilation (Office)

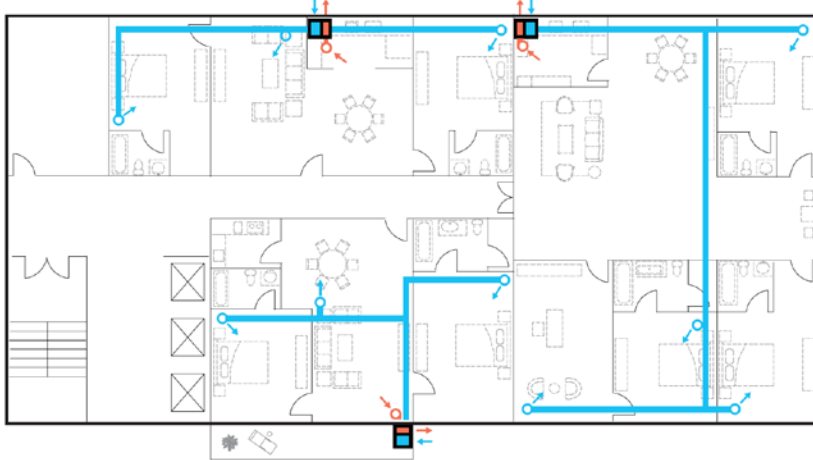


Paralleled Supply and Ventilation

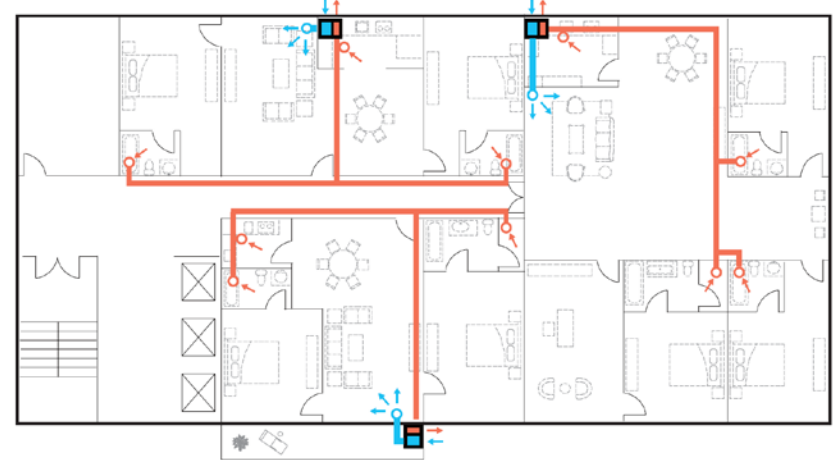


Note: — Air Supply Pipe — Ventilation Pipe + Fresh Air Machine or Shaft

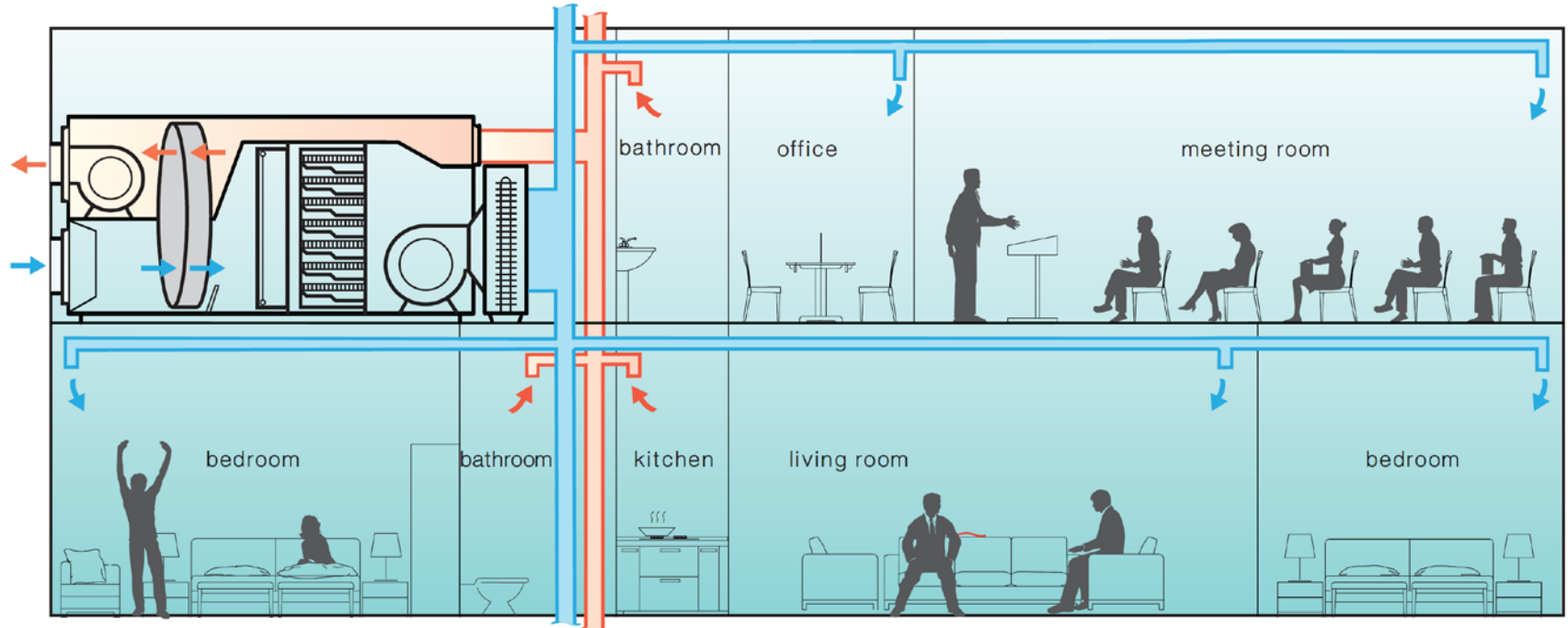
Multiple Air Supply and Single Air Ventilation (residence)



Single Air Supply and Multiple Air Ventilation



Mixed Mode (large fresh air system)



ต้องมีการออกแบบระบบระบายอากาศเป็นเรื่องเป็นราว ไม่ใช่ไม่มีเลยหรือมีแบบผิดๆ

Condominium



Premium Home



SOHO



Clinic



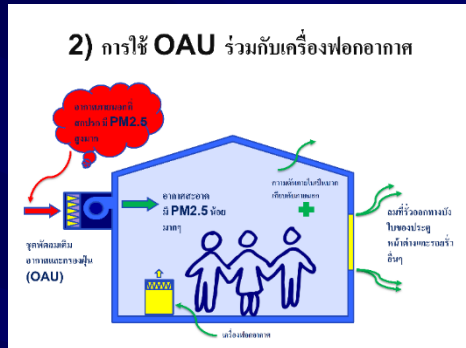
Boutique Hotel

สรุป:การออกแบบระบบระบายอากาศ “ในยุควิกฤติ PM2.5”

(เฉพาะในช่วงฤดูกาลที่ PM2.5 มีค่าสูงเท่านั้น)

	อดีต	ปัจจุบัน/อนาคต
1	อากาศภายนอกสะอาด	อากาศภายนอกสกปรก (ชัดเจน)
2	อาคารเปิดโปร่งได้	อาคารต้องปิดสนิท ไม่มีรูลมรั่ว
3	มีแต่ห้อง AHU	มีห้อง OAU เพิ่มขึ้นมา
4	Exhaust Only ใช้ได้	Exhaust Only ไม่มีอีกต่อไป
5	FA ไม่ต้องมีฟิลเตอร์พิเศษ	FA ต้องมีฟิลเตอร์พิเศษ MERV สูงมาก/HEPA
6	Building Pressurization มีแต่ในอาคาร พิเศษ บางประเภทเช่นพวก Clean Room เท่านั้น	Building Pressurization ต้องมีในอาคารทุกประเภท ถ้าค่า PM2.5 มีค่าสูงเกินกว่าประมาณ 160 มคก/ลบม
7	คนส่วนมากคิดว่าเครื่องฟอกช่วยได้ 100%	คนจำนวนมากจะเริ่มเข้าใจว่าเครื่องฟอกช่วยได้ เฉพาะเมื่อค่า PM ไม่สูงมากเท่านั้น
8	OAU ขนาดเล็กไม่เป็นที่รู้จัก	OAU ขนาดเล็กเป็นที่รู้จักแพร่หลาย
9	สมัยก่อนเครื่องฟอกเป็นพระเอก	สมัยนี้เครื่องฟอกจะเป็นผู้ช่วยพระเอก พระเอก ตัวจริงคือ OAU
10	อาคารที่อยู่อาศัยโดยทั่วไปไม่เคยมี OAU	อาคารที่อยู่อาศัยสมัยใหม่แทบจะต้องการติดตั้ง OAU คู่กันมาเลยกับเครื่องปรับอากาศ
11	ประชาชนไม่ค่อยเข้าใจเรื่องเกี่ยวกับการระบายอากาศและ IAQ	ประชาชนจะเริ่มสนใจเรื่องเกี่ยวกับการระบายอากาศและ IAQ มากขึ้น
12	เทคโนโลยีการฟอกอากาศยังคงอาศัย HEPA Filter เป็นหลัก ฟังก์ชันเริ่มต้นเข้าสู่ระดับโมเลกุล	เทคโนโลยีการฟอกอากาศจะก้าวไปสู่ระดับโมเลกุลเต็มรูปแบบ

Further Informations



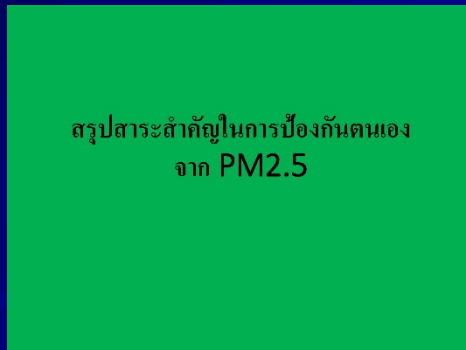
ค่า PM2.5 ภายในบ้านสูงสุดที่ได้รับได้สำหรับห้องในบ้าน
ถ้าค่าภายในอยู่ที่ 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

กรณี	ลักษณะบ้าน/ห้องนอน/เปิด/ปิด/มีเครื่องฟอกอากาศ	ค่า PM2.5 ภายในบ้านสูงสุดที่ได้รับได้ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 0.25 ACH) แต่ไม่มีเครื่องฟอกอากาศ	53
2	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 0.25 ACH) แต่ไม่มีเครื่องฟอกอากาศ	121-177
3	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 0.25 ACH) แต่ไม่มีเครื่องฟอกอากาศ	150-426
4	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 0.25 ACH) แต่ไม่มีเครื่องฟอกอากาศ	311
5	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 0.25 ACH) แต่ไม่มีเครื่องฟอกอากาศ	182-1429
2	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 1.0 ACH)	36
3	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 1.0 ACH)	53-67
4	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 1.0 ACH)	60-129
5	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 1.0 ACH)	100
6	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 1.0 ACH)	122-953
3	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 2.0 ACH) ไม่เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ	33
4	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 2.0 ACH) ไม่เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ	41-48
5	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 2.0 ACH) ไม่เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ	45-79
6	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 2.0 ACH) ไม่เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ	65
7	เปิดบ้าน/เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ (ประมาณ 2.0 ACH) ไม่เปิดหน้าต่าง/เปิดประตู/เปิดเครื่องฟอกอากาศ	112-874

หมายเหตุ: ค่าสูงสุดดังกล่าว อ้างอิงจากข้อมูลการคำนวณเบื้องต้น (ค่าจากเครื่องวัดแบบ) มีข้อควรระวังว่าค่าดังกล่าว อาจสูงกว่าค่าจริงตามความเป็นจริง ขอให้ผู้ใช้งานพิจารณาให้ดีและจะวัดระดับการวัดค่าความไม่ถูกต้องตาม)

<https://youtu.be/XS9oOIJgRBQ>

<https://youtu.be/841W0b4wsTQ>



Page ตุลย์ มณีวัฒนา

ACAT News/Page ตุลย์ มณีวัฒนา

Thank You for Your Attention!



Any Question?