

# DAGS ATT REVIDERA DE SVENSKA VENTILATIONSREGLERNA!

SWESIAQS VÅRMÖTE 2023-04-18

---

**ANDERS LUNDIN**

INNEMILJÖORGANISATIONEN SWESIAQ

AL INNEMILJÖ

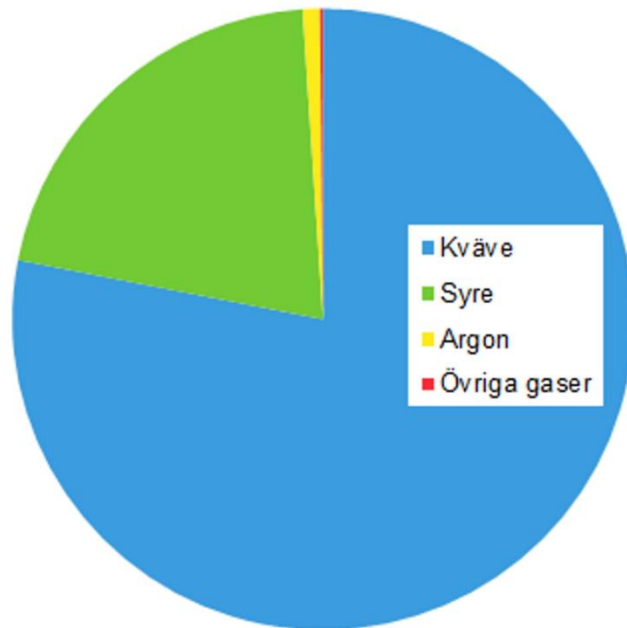
[ANDBLUN@GMAIL.COM](mailto:ANDBLUN@GMAIL.COM)

LADDA NER SWESIAQ-MODELLEN FRÅN [WWW.SWESIAQ.SE](http://WWW.SWESIAQ.SE)



# Vad är luft ? Vad är ventilation?

- **Ventilation:** Utbyte av **gamla** kväve-, syre- och argon-molekyler mot **nya, uppvärmda molekyler**
- **Bioeffluenter** (inkl. koldioxid) avges av människor, är alltid närvarande och måste vädras ut
- Då är det **ingen risk för syrebrist**



Gasinnehåll i torr luft

## Bioeffluenter:

*Koldioxid, aldehyder, alkoholer, merkaptaner, organiska syror, ammoniak, hudflagor, fukt...*

## Koldioxid:

- I uteluften 0,04 %
- Nivågränsvärde 0,5 %
- I lungorna 4 %

# Gällande riktvärden för utspädande ventilation

- > 0,5 oms/h i bostäder (*FoHM*)
- > 0,35 l/s/m<sup>2</sup> i bostäder (*FoHM*, *Boverket*)
- > 4 l/s per person i bostäder (*FoHM*)
  
- > 1000 ppm koldioxid **indikation** på dålig ventilation (*FoHM*)
- <1000 ppm koldioxid, börvärde för **tilluft** (*Arbetsmiljöverket*)
  
- > 7 l/s per person + 0,35 l/s/m<sup>2</sup> i skolor, arbetslokaler mm  
(*FoHM*, *Arbetsmiljöverket*)

## Luftkvalitet

Inomhusluftens **totala** förmåga att påverka en brukares hälsa och välbefinnande, främst genom sitt innehåll av luftföroreningar

## Luftkvalitet går inte att mäta

## Luftföroreningar

Alla typer av ämnen i luften – i partikel- eller gasform – som försämrar luftkvaliteten

## Syfte med utspädande ventilation

Att sänka koncentrationen av alla luftföroreningar till så låga värden att luftkvaliteten inte försämrar människors hälsa och välbefinnande



# Grundläggande ventilationsformel

$$C(t) = m/Q - (m/Q - C_0) * e^{-t/\tau}$$

$C(t)$  = Luftföroreningskoncentration som funktion av tiden  $t$ , [s] eller [h]

$C_0$  = Luftföroreningskoncentration när  $t = 0$

$m$  = emissionshastigheten av luftföroeningen, [ $\mu\text{g/s}$ ] eller [l/s]

$Q$  = Luftflödet, [l/s] eller [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\tau$  = Tidskonstanten, [h] eller [s]

$e$  = Basen för naturliga logaritmen,  $e \approx 2,7$

$$e^0 = 1$$

$$e^{-1} \approx 1/2,7 \approx 0,37$$

$$e^{-2} \approx 1/2,7 * 2,7 \approx 0,14$$

$$e^{-3} \approx 1/2,7 * 2,7 * 2,7 \approx 0,05$$

$$e^{-5} \approx 1/2,7 * 2,7 * 2,7 * 2,7 \approx 0,007$$

# Jämviktsvärdet och tidskonstanten

**Jämviktsvärdet  $C_j$** , koncentrationen efter lång tid

Beror bara av **emissions hastigheten** och **luftflödet**:

$$C_j = m/Q \quad \blacktriangleright \quad Q = m/C_j$$

Gäller **stabila** förhållanden när varken luftflöden och emissioner förändras:

*Byggemissioner, emissioner från inredning, bostäder när inte brukarantalet ändras*

**Tidskonstanten  $\tau$**  bestämmer hur snabbt koncentrationen når jämviktsvärdet:

$$\tau = V/Q \quad V \text{ är rumsvolymen [m}^3\text{] eller [l]}$$

Tidskonstanten är intressant när förhållandena **förändras**:

*Nattreducerad eller behovsstyrd ventilation*

*När personantalet ändras: Klassrum - elever kommer o går, sammanträdesrum, biografen*

# Exempel på emissionskälla: CO<sub>2</sub> i utandningsluften

*Folkhälsomyndighetens hemsida:*

En **stillasittande** människa avger 20 l/h koldioxid ►  $m = 0,0056$  l/s

En **liggande** människa avger ca 15 l/h koldioxid ►  $m = 0,0042$  l/s

$$C_j = m/Q$$

Uteluft

$Q = 9$  l/s/person (sitter) ►  $C_j = 0,0056 * 10^6 / 9 + 400 = 1022$  ppm

$Q = 7$  l/s/person (sitter) ►  $C_j = 0,0056 * 10^6 / 7 + 400 = 1200$  ppm

$Q = 7$  l/s/person (ligger) ►  $C_j = 0,0042 * 10^6 / 7 + 400 = 1000$  ppm

*Masoud har äntligen fått tag på en liten lägenhet, ett rum + kokvrå, 20 m<sup>2</sup>*

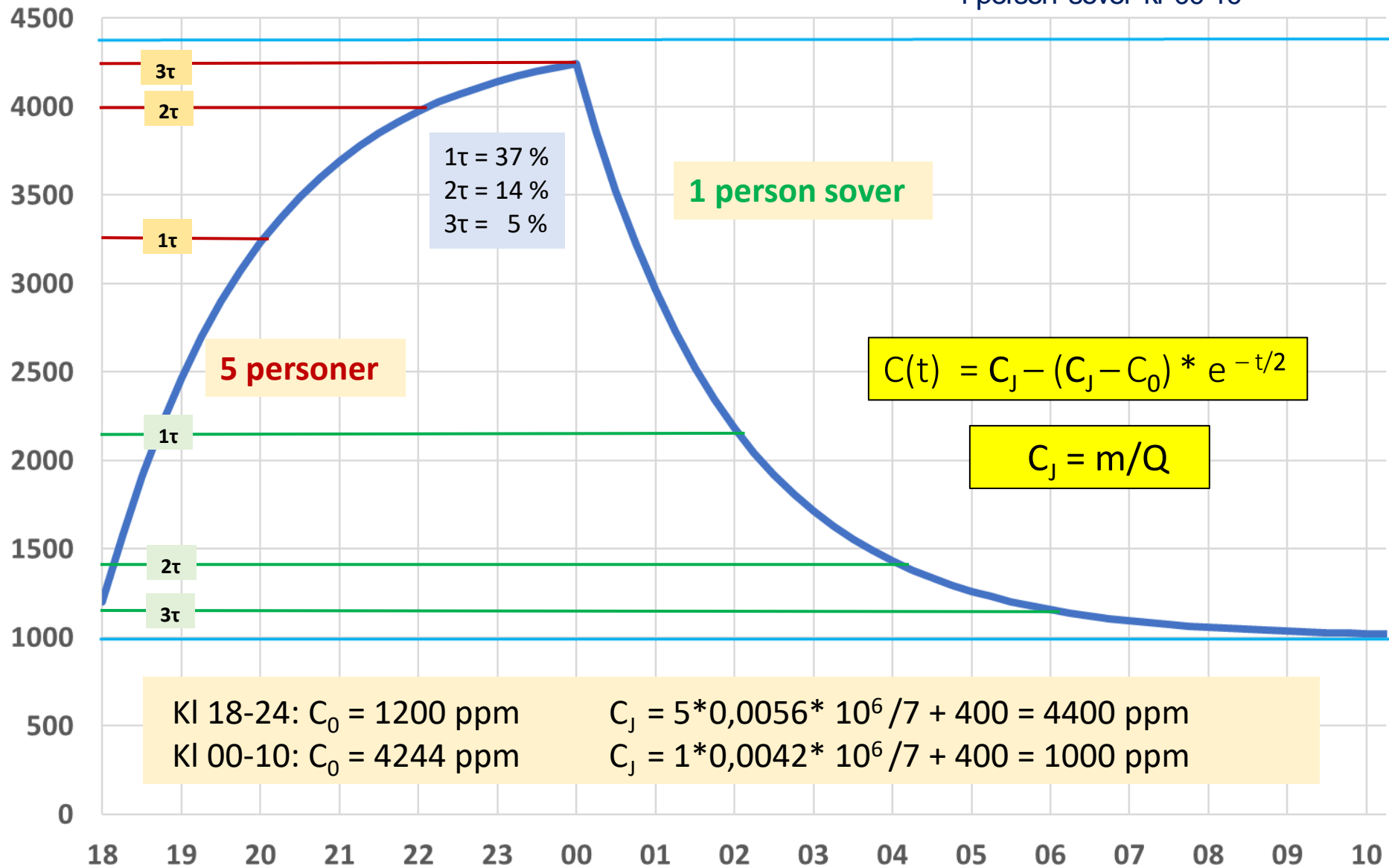
Normenlig ventilation 0,35 l/s/m<sup>2</sup> ►  $20 * 0,35 = 7$  l/s

Takhöjd 2,52 m. Tidskonstant  $\tau$ :  $20 * 2,52 * 1000 / 7 = 7200$  sekunder = 2 timmar

*Han bjuder hem 4 kompisar på inflyttningsfest kl 18-24. Vad händer med koldioxidhalten?*

# Koldioxidhalt under festen (ppm)

5 personer sitter kl 18-24  
1 person sover kl 00-10



Kl 18-24:  $C_0 = 1200$  ppm

$C_j = 5 * 0,0056 * 10^6 / 7 + 400 = 4400$  ppm

Kl 00-10:  $C_0 = 4244$  ppm

$C_j = 1 * 0,0042 * 10^6 / 7 + 400 = 1000$  ppm



# Några tankar efter festen

- Lång tid innan CO<sub>2</sub>-halten stabiliseras
- **Bostäder har lång tidskonstant – 2 timmar**

Om Massouds 20 m<sup>2</sup> varit ett **grupprum för 5 pers.:**

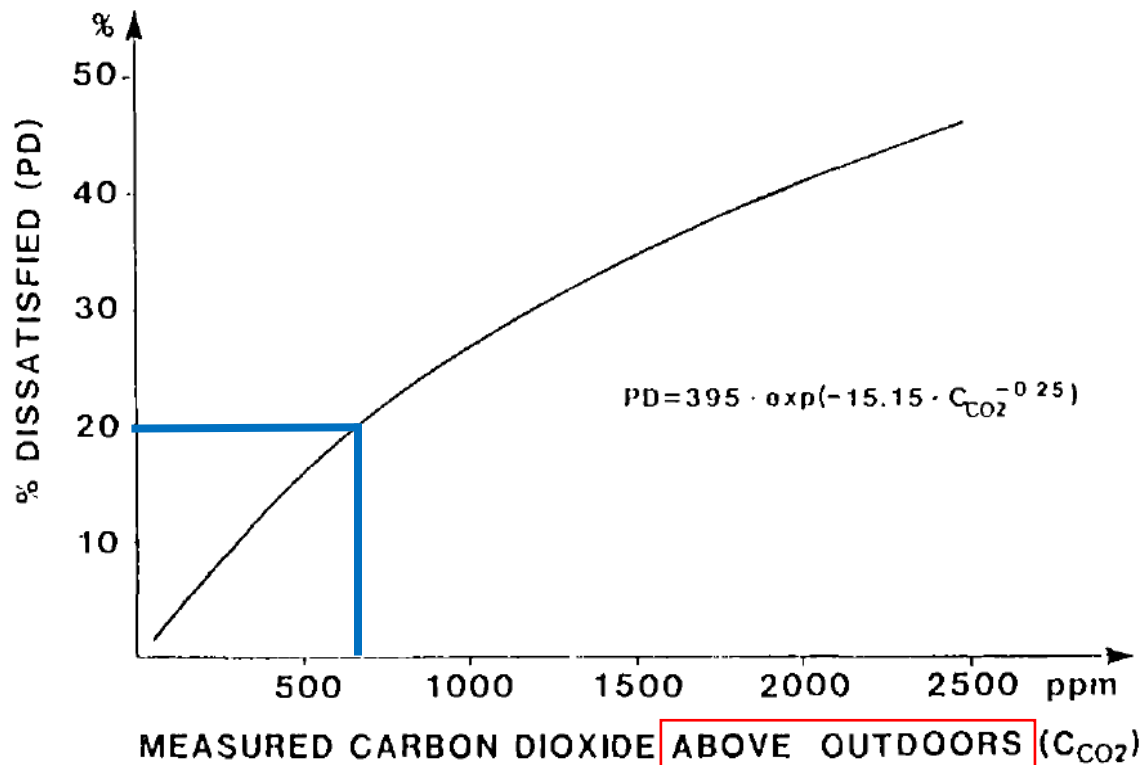
- Luftflöde:  $5 * 7 + 20 * 0,35 = 42 \text{ l/s}$
- Jämviktskoncentration:  $C_j = 5 * 0,0056 * 10^6 / 42 + 400 = 1066 \text{ ppm}$
- Tidskonstant:  $\tau = 20 * 2,52 * 1000 / 42 = 1200 \text{ sekunder} = 20 \text{ minuter}$



- **Skollokaler** med  $7 \text{ l/s/person} + 0,35 \text{ l/s/m}^2$  har mycket lägre tidskonstant än bostäder, **ca 15-20 minuter**
- Med sänkt nattventilation hinner de vädras ut om ventilationen startas **en dryg timme före skolstart**

# 1000 ppm CO<sub>2</sub> som riktvärde?

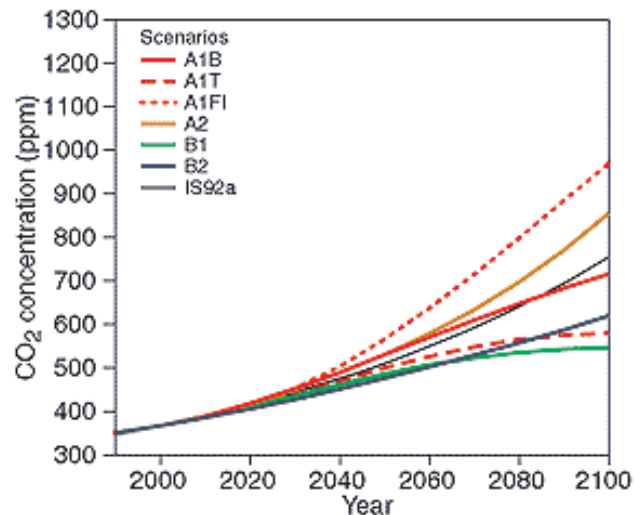
Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings; Europakommissionen; 1992



20 % missnöjda med luftkvaliteten om bioeffluent-emissionen från människor överstiger ca 650 ppm CO<sub>2</sub> (650 + 350 = 1000 ppm)

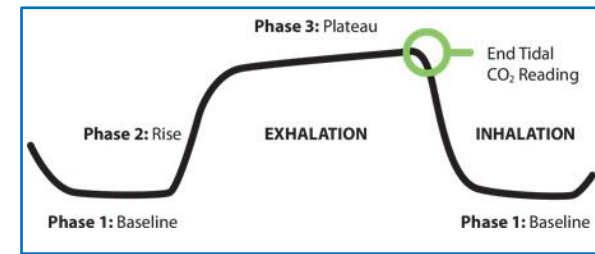
# 1000 ppm CO<sub>2</sub> som riktvärde?

- Forskning sedan 1800-talet visar på **komforteffekter** som ”instängd luft” (Pettenkoffer, Yaghlou, Fanger m.fl.) vid mer än ca 1000 ppm CO<sub>2</sub>
- WHO rekommenderar >10 l/s/person (standarden EN 16798-1 ► <1000 ppm CO<sub>2</sub>) för att motverka **virusspridning** ([nr 81](#))
- **Avancerade kognitiva tester**: Klart sämre resultat vid 2500 ppm än <1000 ppm ([nr 65](#))  
Ren CO<sub>2</sub>
- **Kognitiva tester i kontors- och studiemiljö** vid CO<sub>2</sub>-halter runt 1000 ppm. Testresultaten påverkades signifikant av CO<sub>2</sub>-halten ([nr 82](#), [nr 87](#))
- Amerikansk forskargrupp:  
[Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide; Nature Sustainability; 2019](#) ([nr 70](#))
  - Oro för hälsoeffekter av förhöjda halter av **ren CO<sub>2</sub>**
  - Tendenser till högre halter **utomhus** och inomhus
  - Delvis bekräftade hypoteser om hälsokonsekvenser
  - Känsliga grupper
  - **Retention av CO<sub>2</sub>**



# Effekter av ren CO<sub>2</sub>

(från Nature-artikeln)



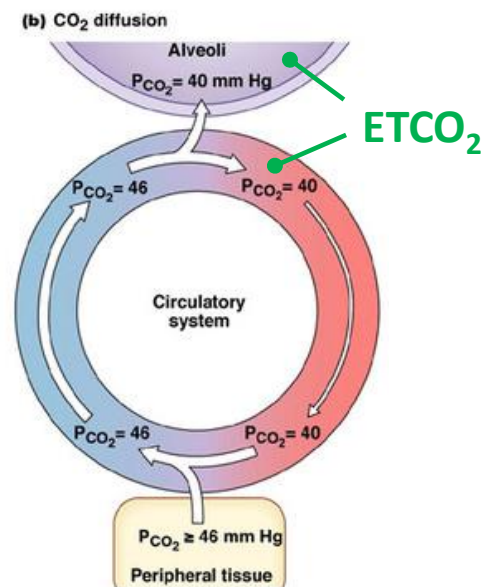
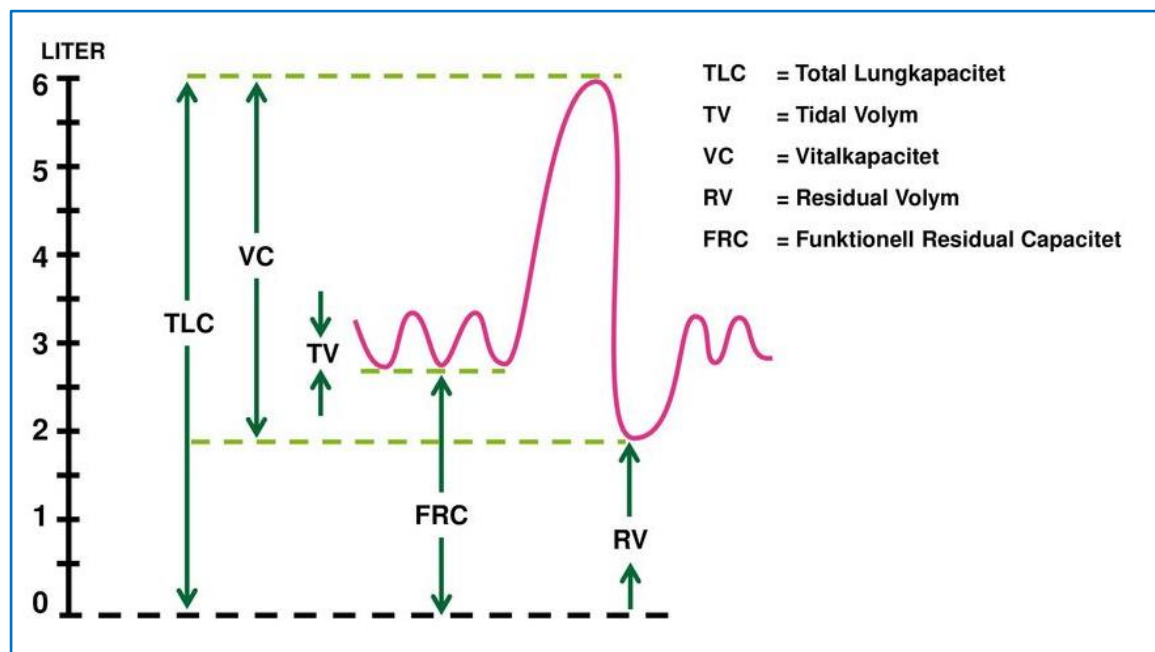
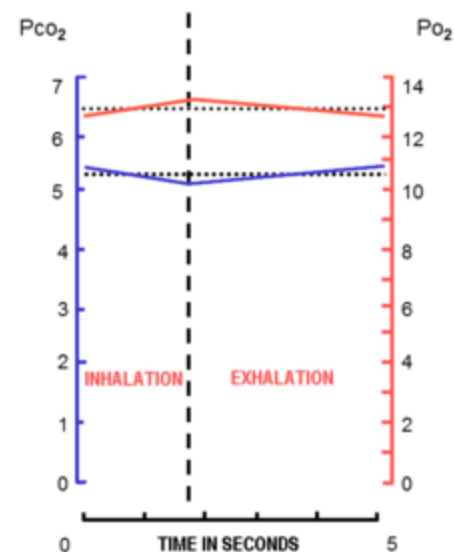
	Human CO <sub>2</sub> retention (mm Hg)	Measurement	Exposure magnitude (ppm)	Exposure duration	Key references
Environmental CO <sub>2</sub> exposure (pure)	~0.4-1.5	ETCO <sub>2</sub>	1,000-5,000	Less than 4 h	Zhang et al. <sup>73,75</sup>
Environmental CO <sub>2</sub> exposure with human bioeffluents	~1.3-4	ETCO <sub>2</sub> and transcutaneous	1,000-5,000	Less than 4 h	Shiraram et al. <sup>76</sup> Vehvilainen et al. <sup>77</sup> Zhang et al. <sup>73</sup>
Environmental CO <sub>2</sub> exposure with microgravity and months-long inspiration of elevated atmospheric CO <sub>2</sub>	~6.1	ETCO <sub>2</sub>	~5,000 (range: 3,000-7,000)	~6 months (spaceflight)	Hughson et al. <sup>78</sup>

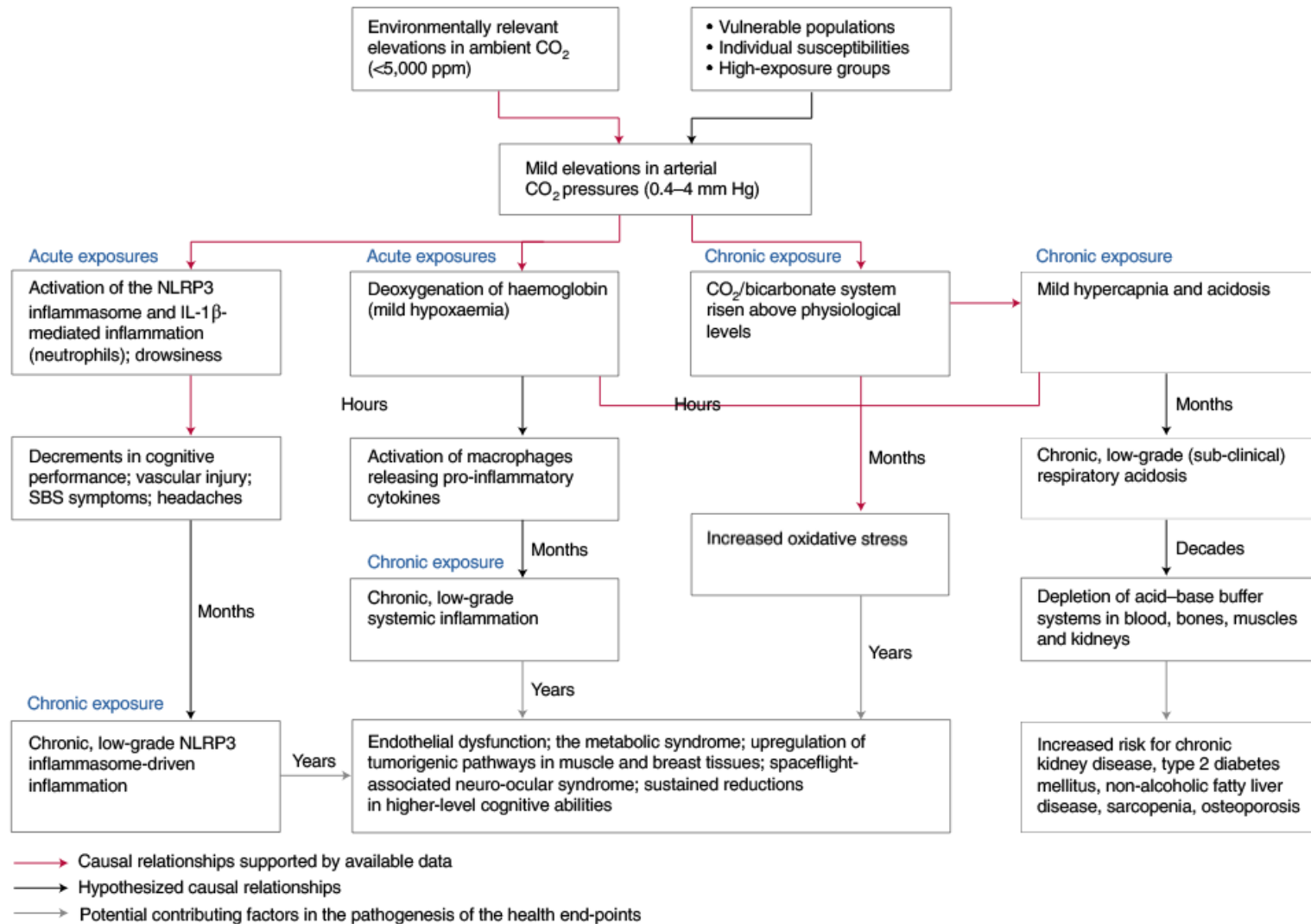
	CO <sub>2</sub> concentration (ppm)	Duration	Selected key references
Adverse health outcomes associated with acute CO <sub>2</sub> exposure			
CO <sub>2</sub> retention	1,000-5,000	<4 h	Zhang et al. <sup>75</sup> ; Zhang et al. <sup>73</sup> ; Vehvilainen et al. <sup>77</sup> ; Shiraram et al. <sup>76</sup>
Inflammation	2,000-4,000	2 h	Thom et al. <sup>80,81</sup> ; Schneberger et al. <sup>82</sup>
Cognitive effects	1,000-2,700	1-6 h	Kajtar and Herczeg <sup>85</sup> ; Satish et al. <sup>86</sup> ; Allen et al. <sup>87,88</sup> ; Zhang et al. <sup>75</sup> ; Zhang et al. <sup>73,74</sup> ; Rodeheffer et al. <sup>91</sup> ; Snow et al. <sup>90</sup>
Adverse health outcomes associated with chronic CO <sub>2</sub> exposure			
Chronic, low-grade systemic inflammation	~3,000	13 d	Zappulla <sup>2,69</sup> ; Beheshti et al. <sup>101</sup>
Bone demineralization and kidney calcification	~2,000-3,000	60-90 d	Schaefer et al. <sup>102,103</sup>
Chronic, low-grade (sub-clinical) respiratory acidosis	Unknown	Decades	Carnauba et al. <sup>109</sup> ; Robertson <sup>61,106</sup>
Behavioural changes and physiological stress	700-3,000	13-15 d	Beheshti et al. <sup>101</sup> ; Wade et al. <sup>104</sup> ; Martrette et al. <sup>111</sup> ; Kiray et al. <sup>112</sup>
Hedonic feeding behaviours	Unknown	Ecological	Hersoug et al. <sup>113</sup> ; Zheutlin et al. <sup>1</sup>
Oxidative stress and endothelial dysfunction	3,000-5,000	13 d to 6 months	Beheshti et al. <sup>101</sup> ; Thom et al. <sup>80,81</sup> ; Zwart et al. <sup>119</sup>

# Retention (kvarhållande) av CO<sub>2</sub>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Gas\\_exchange](https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_exchange)

- CO<sub>2</sub>-halt i alveolerna ≈ 40 000 ppm ≈ 40 mm Hg
- Varierar ca ± 5% när man andas in resp. ut
- Bara ca 15 % av alveolernas luft byts ut vid ett andetag
- Partialtryck i venöst blod ≈ 46 mm Hg
- Partialtryck i arteriellt blod ≈ 40 mm Hg
- Inandning av luft vid CO<sub>2</sub>-halt >1000 ppm → Retention, dvs. partialtrycket i alveoler/arteriellt blod ökar någon mm Hg
- pH-värdet i blodet sjunker. Måste ligga mellan pH 7,35-7,45





**Fig. 2 | Summary of potential mechanisms by which CO<sub>2</sub> might affect human health.** Vulnerable populations and susceptible individuals could experience greater CO<sub>2</sub> retention resulting from environmental CO<sub>2</sub> exposures, while high-exposure groups could experience greater CO<sub>2</sub> retention due to the greater magnitude and duration of exposures. Thom et al.<sup>80</sup> are currently investigating whether chronic exposure to 2,000–4,000 ppm CO<sub>2</sub> induces chronic, low-grade NLRP3 inflammasome-driven inflammatory responses in vivo.

# Koldioxid och sömnkvalitet

[ASHRAE Journal, april 2021, s. 56-60 \(Nr 92\)](#)



## Resultat av 6 studier + Wargockis seminarium :

- För ostörd sömn < ca 750 ppm CO<sub>2</sub> ► CO<sub>2</sub> [personalstrad] < ca 350 ppm
- Det motsvarar ett luftflöde på > 10 l/s/person i sovrum
- Troligen störd sömn vid ca 750-1150 ppm CO<sub>2</sub>
- Störd sömn vid > ca 1150 ppm CO<sub>2</sub>
- Det motsvarar ett luftflöde ca <5 l/s/person

**70 % av danska sovrum hade > 1000 ppm CO<sub>2</sub> i medelvärde**

# CO<sub>2</sub>: Riktvärde <1000 ppm > 1500 ppm oacceptabelt

*Low Level Carbon Dioxide Indoors—A Pollution Indicator or a Pollutant? A Health-Based Perspective; Environments; 2021*

## CO<sub>2</sub>uppmätt

< 1000 ppm

> 1500 ppm

HealthVent 1500 ppm

FoHM 1800 ppm

## CO<sub>2</sub>personalstrad

< 600 ppm

> 1100 ppm

CO <sub>2</sub> Guideline Concentration (ppm)	Country	Standard	Year	Description
750	Finland	Revised Finnish classification of indoor environment, Society of Indoor Air Quality and Climate (FISIAQ [18])	2018	Best quality, highest occupant satisfaction (S1 target value, <350 above outdoor level)
800	International	WELL Building Standard [19]	2016	(non-residential)
	Hong Kong	HKSAR-Indoor Air Quality Management Group [20]	2019	8 h average (excellent class) (non-residential)
950	Finland	Revised Finnish classification of indoor environment, Society of Indoor Air Quality and Climate (FISIAQ [18])	2018	Good indoor air quality (S2 target value, <550 above outdoor level)
950	International	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) [21]	2019	High indoor air quality (non-residential)
1000	UK	British Standard (BS EN 16798-1:2019) [10]	2019	Good indoor air quality (residential and non-residential)
	UK	BB101—Department for Education (DfE [9])	2018	Good IAQ (schools)
	US	US EPA Facilities Manual Vol 2: Architecture and Engineering Guidelines [22]	2020	8 h average
	China	GB/T 18883-2002, Indoor air quality standard. Standards Press of China [23]	2002	24 h average (0.1% CO <sub>2</sub> = 1000 ppm)
	Hong Kong	HKSAR-Indoor Air Quality Management Group [20]	2005	8 h average (good class)
	Germany	Federal Environment Agency (UBA) [24]	2008	Hygienically safe
	Singapore	Singapore Institute of Environmental Epidemiology (SAIQG) [25]	1996	8 h average
	Korea	Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), Guideline development for evaluation and management of office air quality (II) [26]	2005	8 h average (office)
	Malaysia	Industry COP on IAQ Malaysia (DOSHM) [27]	2010	8 h average

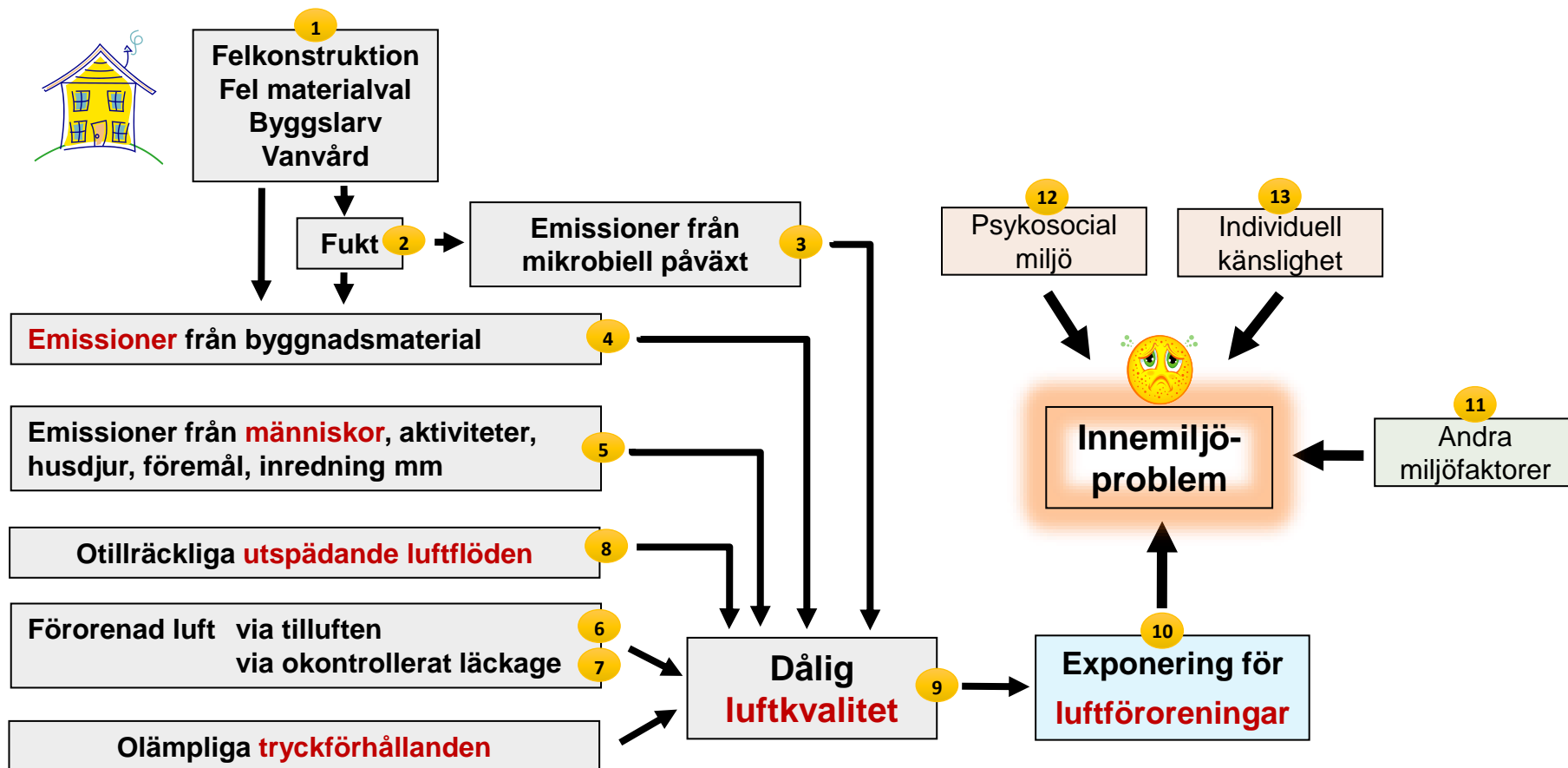


# Ventilationskrav för fukt

- Människor avger fukt genom transpiration och andning
- Emissionshastigheten ca 40 g/h = 0,011 g/s per person
- Luftflöde 10 l/s per person ► fukttillskott  $0,011/10 = 1,1 \text{ g/m}^3$
- Luftflöde 4 l/s per person ► fukttillskott  $0,011/4 = 2,8 \text{ g/m}^3$
- I en bostad finns andra fuktkällor än brukarna själva: matlagning (långkok), tvätt, dusch, växter, husdjur, ...
- Enligt FoHM: Risk för fuktskador vid fukttillskott  $> \text{ca } 3 \text{ g/m}^3$

**Luftflöden  $< 4 \text{ l/s}$  per person ökar risken för fuktskador**

# I SWESIAQ-modellen kopplas luftföroreningarna till ventilationen



# Samma tankar i HealthVent (nr 70)

*On the Development of Health-Based Ventilation Guidelines: Principles and Framework; 2018*

## 1. Utomhusluften

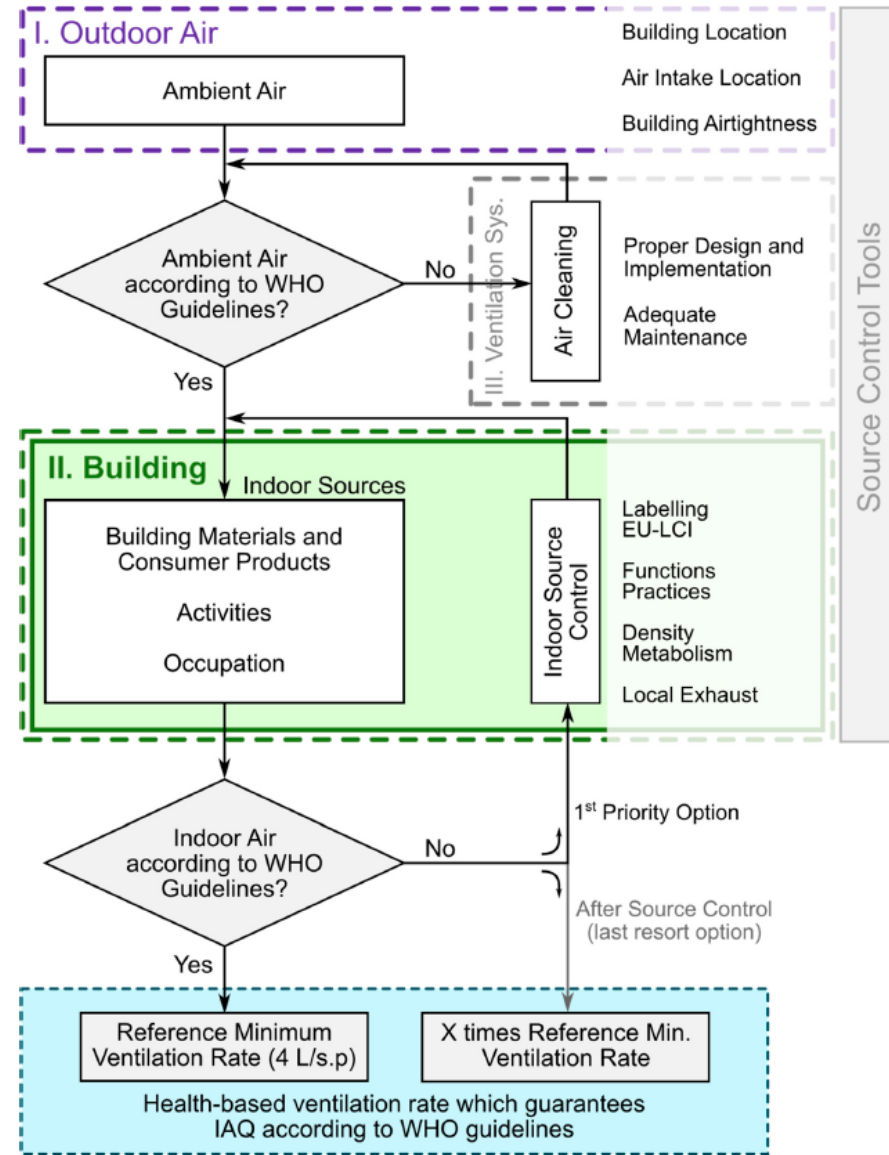
- Var ligger byggnaden?
- Var är luftintaget
- Byggnadens täthet
- Uppfylls WHO:s riktvärden
- **NEJ:** Luftrening/Filter

## 2. Byggnaden

- Byggnadsmaterial
- Konsumentprodukter
- Aktiviteter
- Yrkesmässig verksamhet
- Uppfylls WHO:s riktvärden?
- **NEJ:** Minska emissioner så långt möjligt (source control)

## 3. Slutligt minimikrav på luftflöde

- **Högst 1500 ppm CO<sub>2</sub> i genomsnitt**
- **Grundventilation 4 l/s/person**



# WHO:s och EU:s riktvärden

Pollutant	Air Quality Guidelines		Specific Indoor Air Quality Guidelines	
	AQ WHO (2000)	AQ WHO (2006)	EU-INDEX (2005)	IAQ WHO (2010)
CO (mg/m <sup>3</sup> )	100 (15 min)		100 (15 min)	100 (15 min)
	60 (30 min)		60 (30 min)	60 (30 min)
	30 (1 h)		30 (1 h)	30 (1 h)
	10 (8 h)		10 (8 h)	10 (8 h)
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	200 (1 h)	200 (1 h)	200 (1 h)	200 (1 h)
	40 (1 y)	40 (1 y)	40 (1 w)	40 (1 y)
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	500 (10 min)	500 (10 min)		
	125 (24 h)	20 (24 h)		
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		50 (24 h)		
		20 (1 y)		
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		25 (24 h)		
		10 (1 y)		
OZONE (µg/m <sup>3</sup> )		100 (8 h)		
RADON (Bq/m <sup>3</sup> )				No safe level Refer. level: 100
Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	UR $6 \times 10^{-6}$		No safe level-Not more than outdoor level	No safe level
Tetrachloroethylene (µg/m <sup>3</sup> )	250 (1 y)			250 (1 y)
	8000 (30 m)			
Toluene (µg/m <sup>3</sup> )	260 (1 w)		300 (long-term)	
	1000 (30 m)			
Styrene (µg/m <sup>3</sup> )	260 (1 w)		250 (long-term)	
	70 (30 m)			
Xylenes (µg/m <sup>3</sup> )			200 (long-term)	
Formaldehyde (µg/m <sup>3</sup> )	100 (30 min)		30 (30 min)	100 (30 min)
Naphthalene (µg/m <sup>3</sup> )				10 (1 y)

# Att beräkna lämpligt utspädande luftflöde

$$Q = m/C_j$$

1. Välj en av luftföroreningskällorna
2. Bestäm högsta tolererbara koncentration ►  $C_j$
3. Bestäm emissionshastigheten av luftföroreningen ►  $m$
4. Beräkna  $Q = m/C_j$
5. Upprepa för nästa luftföroreningskälla ...
6. **Lägsta acceptabla luftflöde** = Högsta Q-värdet för alla luftföroreningar
7. För föroreningar med **liknande egenskaper** kan total **hygienisk effekt** beräknas och styra luftflödesberäkningen
8. Ibland **förstärker** luftföroreningarna varandras skadlighet

# Ventilationskrav för annat än bioeffluenter och fukt?



- Ventilationskravet  $0,35 \text{ l/s/m}^2$  är ospecifikt och slår blint
- TVOC-sensorer är ospecifika och slår också blint

“The group also concluded that increasing outdoor air supply rates in non-industrial environments improves perceived air quality; that outdoor air supply rates **below 25 l/s per person increase the risk of SBS symptoms**, increase short-term sick leave, and decrease productivity among occupants of office buildings.....”

[Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting \(EUROVEN\); 2002](#)

**25 l/s/person ► 650 ppm CO<sub>2</sub> ► Annan förklaring än bioeffluenter!**

# Att addera äpplen och päron

## Norm för skolor, arbetsplatser mm

Personemissioner:  $> 7$  l/s/person

Byggemissioner mm:  $> 0,35$  l/s per  $m^2$

**Addera luftflödena!**

Klassrum, 30 pers., 80  $m^2$

$$30 * 7 = 210 \text{ l/s}$$

$$80 * 0,35 = 28 \text{ l/s}$$

$$\text{Totalt: } 238 \text{ l/s}$$

Kontor, 1 person, 20  $m^2$

$$1 * 7 = 7 \text{ l/s}$$

$$20 * 0,35 = 7 \text{ l/s}$$

$$\text{Totalt: } 14 \text{ l/s}$$

- Underförstått: **En person** motsvarar  $7/0,35 = 20 \text{ m}^2$  golvarea  
40  $m^2$  golvarea ger **dubbelt så stor** påverkan som en person
- För att kunna addera krävs att föroreningskällorna har **liknande hälsopåverkan**
- Underförstått: De hälsopåverkande egenskaperna utgörs av **lukter (instängd luft) ...**  
**... som går att addera**

## En skrivbordsprodukt!

- Varje rum är individuellt med sina individuella emissioner!
- Vad vet vi om hälsoeffekterna av alla emissioner?
- Vad vet vi om addition av lukter från olika kemiska föreningar?
- Koldioxid är en luktfri gas

# Bostadsventilation: Reglerna missar det viktiga!

## Nuvarande norm bostäder (FoHM):

Allmänt krav > 0,35 l/s per m<sup>2</sup>  
Dock minst: > 4 l/s/person

## Norm skolor, arbetsplatser mm:

7 l/s/person + 0,35 l/s per m<sup>2</sup>

## Betsi 2010, medianvärden:

ca 0,25 l/s/m<sup>2</sup> i enfamiljsbostäder  
ca 0,35 l/s/m<sup>2</sup> i flerfamiljsbostäder  
Antal brukare okänt

- Bättre luft för friska elever/arbetare i skolor/på arbetsplatser än för gamla, sjuka, barn som ofta är hemma i sina bostäder dygnet runt

## Det borde vara tvärtom!

- Eftersom bostadsstandarden – i allmänhet – är hög i Sverige får många bostäder ändå bra ventilation (vid 0,35 l/s/m<sup>2</sup>)
- För bra ventilation krävs då > 26 m<sup>2</sup> golvyta per person (26 \* 0,35 ≈ 9 l/s)



# Trångboddhet – det ojämlika Sverige

## Många svenskar har gott om plats hemma:

<https://forvaltarforum.se/2018/06/15/var-ar-trangboddheten-varst/>

- Kommun med rymligaste bostäder:  
Emmaboda - **53 m<sup>2</sup>/person (medelvärde)**
- Mest trångbodda kommuner:  
Sundbyberg - **32 m<sup>2</sup>/person**  
Botkyrka, Stockholm - 33 m<sup>2</sup>/person



## Men alla har inte gott om plats:

<https://spanaren.se/2021/10/01/svenskarna-mest-trangbodda-i-norden/>

- 1,5 miljoner svenskar har **<20 m<sup>2</sup> per person** i genomsnittlig bostadsyta
- Trångboddhet bland inrikesfödda: 9 %
- Trångboddhet bland födda utanför EU: 36 %
- Antalet med <4 l/s/person är okänt



# Luftomsättningstanken leder fel

”Luftomsättning”, ”Specifikt luftflöde” [oms/h, h<sup>-1</sup>]:  $n = Q/V = 1/\tau$

## Luftomsättningstanken:

- *Man bör regelbundet byta ut den gamla, förbrukade luften mot ny, fräsch luft*
- *Ju större rum, desto mer luft behöver bytas ut varje timme*

## MEN

- Orsaken till luftföroreningarna är inte ”luften”. Luftföroreningar avges från personer, föremål eller ytor i rummet.
- **Rum med stor volym behöver inte högre luftflöde än små rum.** Luftföroreningskällorna och deras emissionshastigheter avgör hur stort luftflöde som behövs!
- Det går inte att jämföra värdet på ”luftomsättningen” mellan rum med olika volym
- Den gamla luften byts aldrig ut helt. Efter ”en omsättning” finns fortfarande 37 % av den gamla luften kvar: **Luften blandas om så att ny luft byts mot ännu nyare!**

# Vilket rum behöver högst luftflöde för bra luftkvalitet?

Vid 2,52 m i takhöjd ger 0,5 oms/h samma luftflöde som 0,35 l/s/m<sup>2</sup>

Men vid dubbel takhöjd kräver normen 0,5 oms/h det dubbla flödet, dvs. 0,70 l/s/m<sup>2</sup>



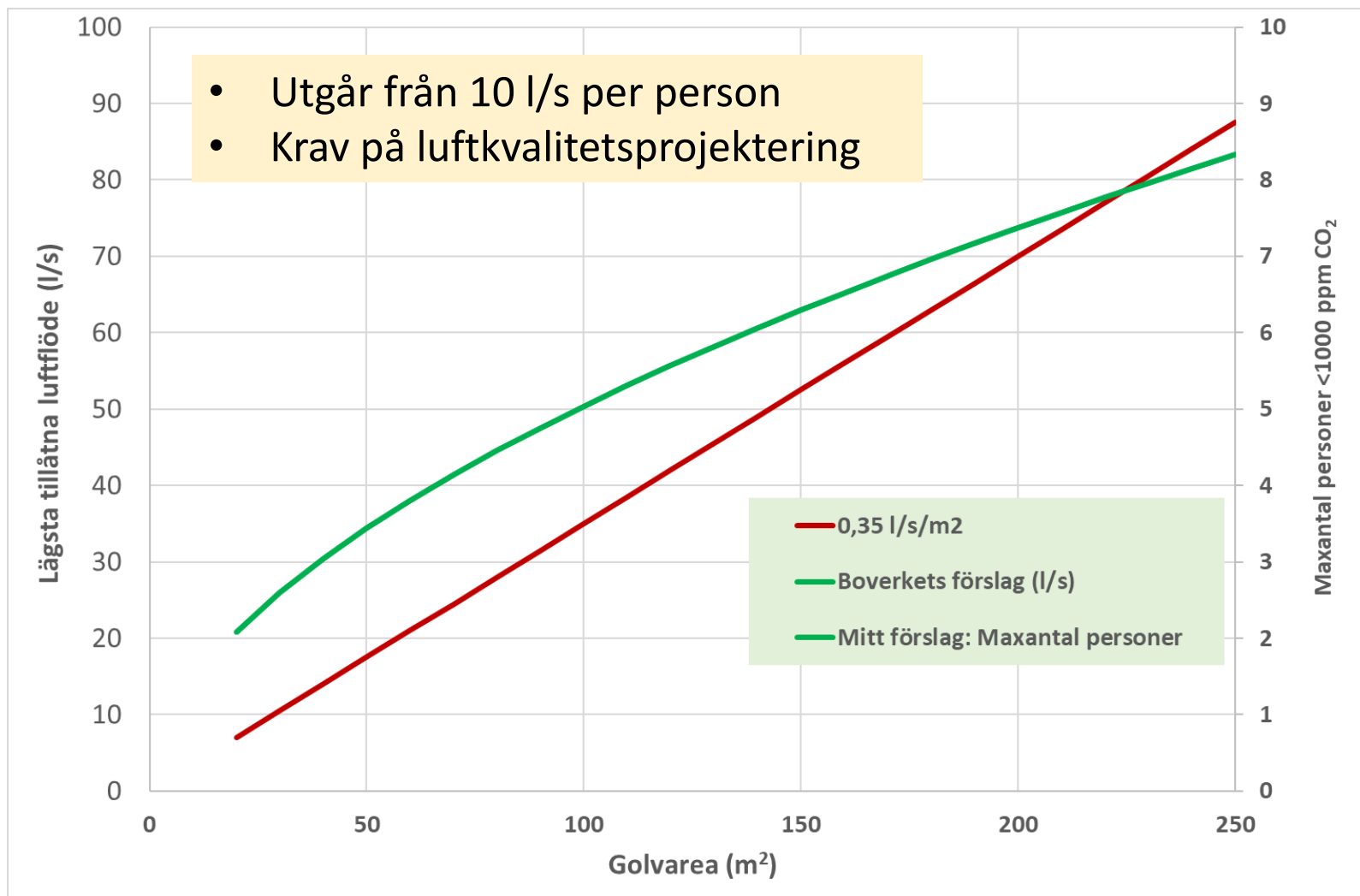
Två **historiska förklaringar** till 0,5 oms/h (och 0,35 l/s/m<sup>2</sup>): ([76](#) o [83](#))

- Medelvärde på luftomsättningen i svenska bostäder 1949
- Tanke från Jan Sundell (på 70-talet?) och krav från dåvarande Planverket med syftet att sänka halten av radon i blåbetonghus
- **Men blåbetong finns inte i alla hus!**



# Boverkets förslag till ny norm för luftflöde i bostäder

Föreslaget lägsta tilluftflöde:  $Q = 4 * A^{0,55}$



# Sammanfattning

## Allmänt

- Kunskaperna om långtidsexponering av låga halter av alla kemiska exponeringar vi utsätts för är alldeles för låga
- Ett krav på minimiluftflöde per m<sup>2</sup> skyddar inte - slår blint
- Kända luftföroreningskällor bör alltid elimineras om möjligt

## Bioeffluenter

- God luftkvalitet < 1000 ppm CO<sub>2</sub>
- För god sömn: < ca 750 ppm
- Hälsorisker vid CO<sub>2</sub>-halter > 1500-1800 ppm
- CO<sub>2</sub> är **dålig** indikator på ventilation/luftflöden
- CO<sub>2</sub> är **bra** indikator på bioeffluenter
- CO<sub>2</sub> är en **luftförorening** som bör hållas under kontroll
- **Ren CO<sub>2</sub>-gas** kan ha hälsoeffekter <5000 ppm
- CO<sub>2</sub>-kontroll underlättas av **billiga CO<sub>2</sub>-sensorer**



# Sammanfattning: Bioeffluenter

## Luftflödeskrav

God luftkvalitet (*ungefärliga värden*):

- $< 1000 \text{ ppm CO}_2$  (bostäder, skolor mm)
- Innebär  $> 9 \text{ l/s/person}$  vid stillasittande
- Vid  $0,35 \text{ l/s/m}^2$  innebär det  $(9/0,35) > 26 \text{ m}^2/\text{person}$
- $< 750 \text{ ppm CO}_2$  under sömn innebär  $> 10 \text{ l/s}$  i sovrum

Acceptabel luftkvalitet:

- $> 1500 \text{ ppm CO}_2$  (bostäder, skolor mm)
- Innebär  $< 5 \text{ l/s/person}$  vid stillasittande:  
( $0,0056 \cdot 10^6 / 5 + 400 = 1520 \text{ ppm}$ )
- Vid  $0,35 \text{ l/s/m}^2$  innebär det  $(5/0,35) < 14 \text{ m}^2/\text{person}$



# Förslag skolor/arbetslokaler mm

- Krav på **> 9 l/s/person** bör införas för **skolor/arbetslokaler mm**.  
Ersätter  $7 \text{ l/s/person} + 0,35 \text{ l/s/m}^2$
- Ökade luftflöden vid fysisk aktivitet (gym, dans mm)

Ventilationen i denna lokal är avsedd för högst: **8 personer**



- I **tätbefolkade lokaler (<6 m<sup>2</sup>/person)**, klassrum, sammanträdesrum, samlingslokaler, biografer mm, behövs inget tillägg för golvytebaserade emissioner (inte lägre luftflöden än tidigare)
- I mer glesbefolkade lokaler (> 6 m<sup>2</sup>/person), t.ex. **kontorsrum**, kan behövas tillägg för golvytebaserade emissioner
- Om personbelastningskravet (9 l/s/person) är otillräckligt bör i första hand luftföroreningskällorna elimineras

# Förslag för bostadsventilation



- Luftomsättningskravet **0,5 oms/h** i **bostäder** beror på feltänkande och **bör strykas helt**
- I bostäder med långa tidskonstanter och besvärande icke-personbundna emissioner är **närvarostyrda luftflöden olämpliga**.

**Nybyggda bostäder.** Boverkets formel  **$Q = 4 * A^{0,55}$**  kan användas men kompletteras:

- Varje rum avsett som sovrum bör ha tilluftflödet: **>10 l/s/person**
- Lämpligt maxantal brukare anges till: **Q/10 personer**
- Tilluftsdon utformas för enkel flödesmätning

**Befintliga** bostäder:

Inför försäljning/uthyrning bör **aktuella luftflöden** vara uppmätta

- med angivet maxantal personer för **god luftkvalitet**: **> 10 l/s/person**
- med angivet maxantal personer för **acceptabel luftkvalitet**: **> 5 l/s/person**



# Krafttag mot trångboddhet



- **Sveriges bostäder utnyttjas inte jämlikt:** Många bor onödigt rymligt  
Många andra trängs på alltför liten yta
- Trångboddhet får många konsekvenser: ökad risk för konflikter, dålig studiemiljö, ökat slitage, ökad risk för fuktskador, dålig sömn, ökad smittspridning, luftföroreningar påverkar hälsa och kognitiv förmåga
- Ett **hälsobaserat mått på trångboddhet:** CO<sub>2</sub>-halt regelmässigt > 1500-1800 ppm  
motsvarande uteluftflöde <4-5 l/s per person
- Jämlik hälsa kräver krafttag mot trångboddheten:
  - Bättre samhällsinformation om vikten av god luftkvalitet
  - Redovisning av luftflöden vid försäljning/maxantal brukare vid försäljning/uthyrning
  - Incitament för bättre utnyttjande av onödigt rymliga bostäder
  - Fler billiga bostäder
  - Kommunerna får i uppdrag att spåra upp trångbodda bostäder
  - Fastighetsägare föreläggs att uppfylla ventilationskrav enl. bygglov, **lägst 4 l/s/person**

# Bostadens ventilation är minst lika viktig att redovisa som bostadens energidata

## Luftflödesmätning inför försäljning/uthyrning

Byggår: 1987      Total bostadsyta: 160 m<sup>2</sup>      Totalt luftflöde enligt bygghandlingar: 51 l/s  
Vrum 13 l/s      Allrum 13 l/s      Matplats 7 l/s      Sov1: 10 l/s      Sov2: 4 l/s      Sov3: 4 l/s

Flödesmätning, datum 230518      Mätansvarig: nn      Uppmätt totalt luftflöde: 45 l/s

Bostaden kan med god luftkvalitet användas för högst: 4 personer ( $\geq 10$  l/s/person)

Antal sovplatser med god luftkvalitet: 2 (Tilluftsmätning ej möjlig, Vrum, Allrum har troligen  $\geq 10$  l/s)

Bostaden får ur hälsosynpunkt inte användas för fler än: 9 personer ( $\geq 5$  l/s per person)

Anmärkningar: Tilluftsflöden i Sov1 och Sov2 är ur hälsosynpunkt oacceptabelt låga, Överluftspringor vid sovrumsdörrar är otillräckliga ( $< 100$  cm<sup>2</sup>)