

# Behovsstyring af indendørs luftkvalitet

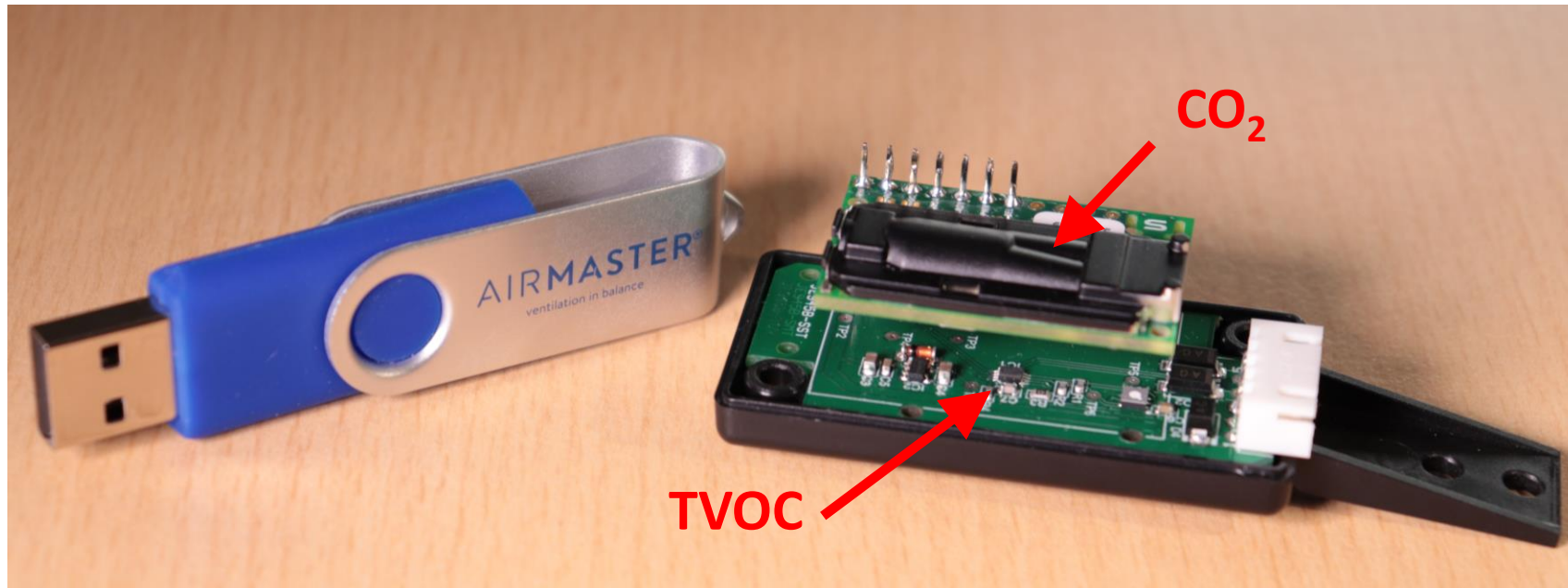
## Erik Bjørn, Airmaster

## Kort baggrund for projekt: Behovsstyring med VOC sensor

- **VOC (Volatile Organic Compounds)** dvs. flygtige organiske forbindelser har betydning for indeklimaet
- Projekt støttet af Realdania fondet under kampagnen ”Skolernes Indeklima”
  - Anvendelsesorienterede projekter, der kan forbedre indeklimaet
- Samarbejde med Teknologisk Institut
  - Kompetence, laboratorier, og måleudstyr indenfor emnerne luftkvalitet og sensorer
- Field test foretaget på skoler i Århus og Silkeborg

## TVOC sensorteknologi

- Sensorteknologi er baseret på en ny generation af digitale mikrosensorer
  - Reduceret pris, forbedret præcision, let kommunikation med "bus"
  - Vi skal ikke udvikle selve sensorteknologien, men "blot" systemer rundt om sensoren



## Hvor kom vi fra? Behovsstyring efter CO<sub>2</sub>-niveau

- Styling efter CO<sub>2</sub> –koncentration er en vidt udbredt metode til behovsstyring.
- Behovsstyring efter CO<sub>2</sub> -niveau er velegnet til brugssituationer, hvor ***mennesker er den fremherskende forureningskilde.***  
Klasselokaler er et skoleeksempel ;-)
- CO<sub>2</sub> -styring er så udbredt, at det har fundet vej ind i lovgivning og tekniske standarder som kriterium for luftkvalitet
- Ulemper:
  - Forskning indikerer, at CO<sub>2</sub> i normale koncentrationer ikke er det egentlige problem, men snarere en indikator
  - CO<sub>2</sub> –styring er ikke i stand til at ”opdage” forurening, som ikke stammer fra menneskers metabolisme
  - Målingen afhænger af baggrundskoncentration i udeluft, som ikke er konstant

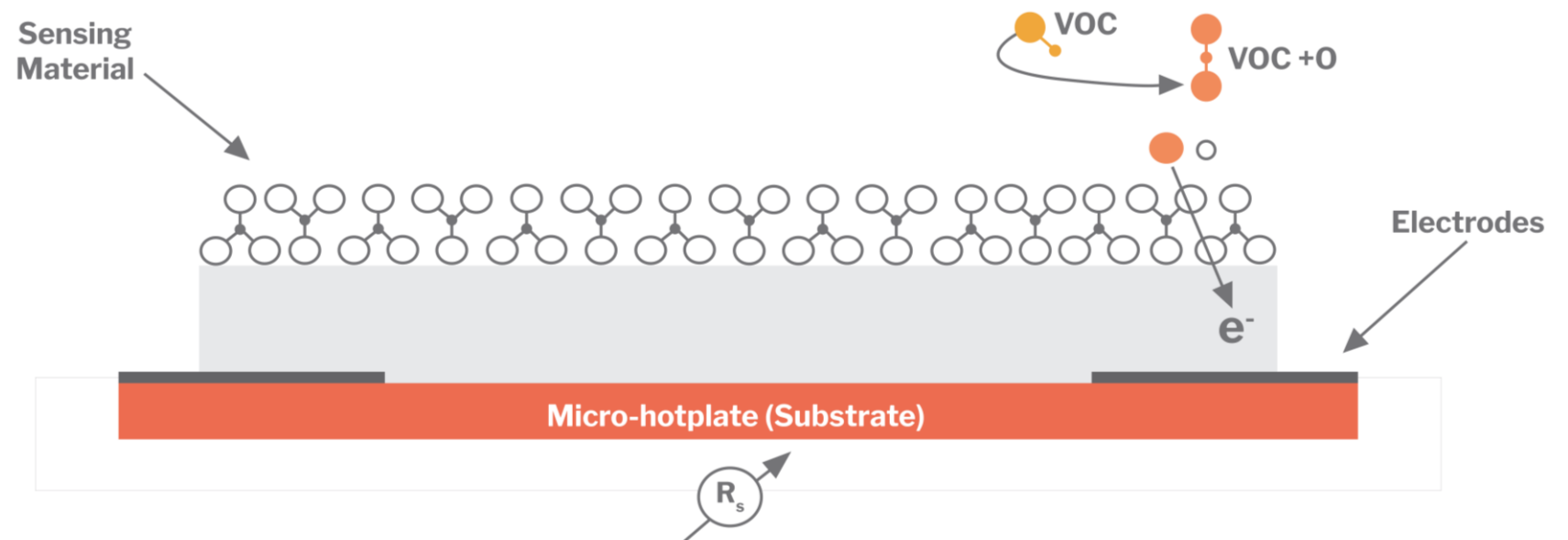
## Motivation for behovsstyring efter VOC

- Meget forskning peger på VOC som en væsentlig grund til oplevelse af dårligt indeklima
- Der kan afgives VOC fra andre kilder end mennesker, typisk byggematerialer, møbler, diverse processer eller aktiviteter
- Dvs. VOC er en mere direkte måde at styre efter selve problemet, fremfor at bruge en indikator som CO<sub>2</sub>
- Ulemper/problemer at løse
  - VOC er en samlebetegnelse for hundredevis af organiske forbindelser. **Kaldes i det følgende TVOC ("Total VOC")**
  - TVOC måles i meget små mængder, størrelsesorden 1000 gange mindre end CO<sub>2</sub>
  - Målingen er ret følsom og kan let blive upræcis
  - Forskellige TVOC sensorer måler ikke ens
  - Det er meget dyrt og svært at afgøre entydigt, hvad der er det korrekte indhold
  - Der er ikke en enighed om, hvad der er den "rigtige" grænse at styre efter, ingen lovgivning
  - Overholdelse af lovgivning er koblet til CO<sub>2</sub>-niveau, ikke "luftkvalitet"
  - Hvordan kommunikerer man dermed resultatet til en bruger?

## Hvad er TVOC, og hvordan måles det?

- Eksempler på TVOC: ethanol, acetone, edikkesyre, acetaldehyd, benzen, formaldehyd, mange duftstoffer.
- Meget varierende koncentrationer af forskellige stoffer. Hvert stof findes normalt kun i meget små mængder, f.eks. < 5 ppb (parts per billion)
- Ingen klar og fast definition på, hvilke stoffer der skal medregnes

- Målemetode:

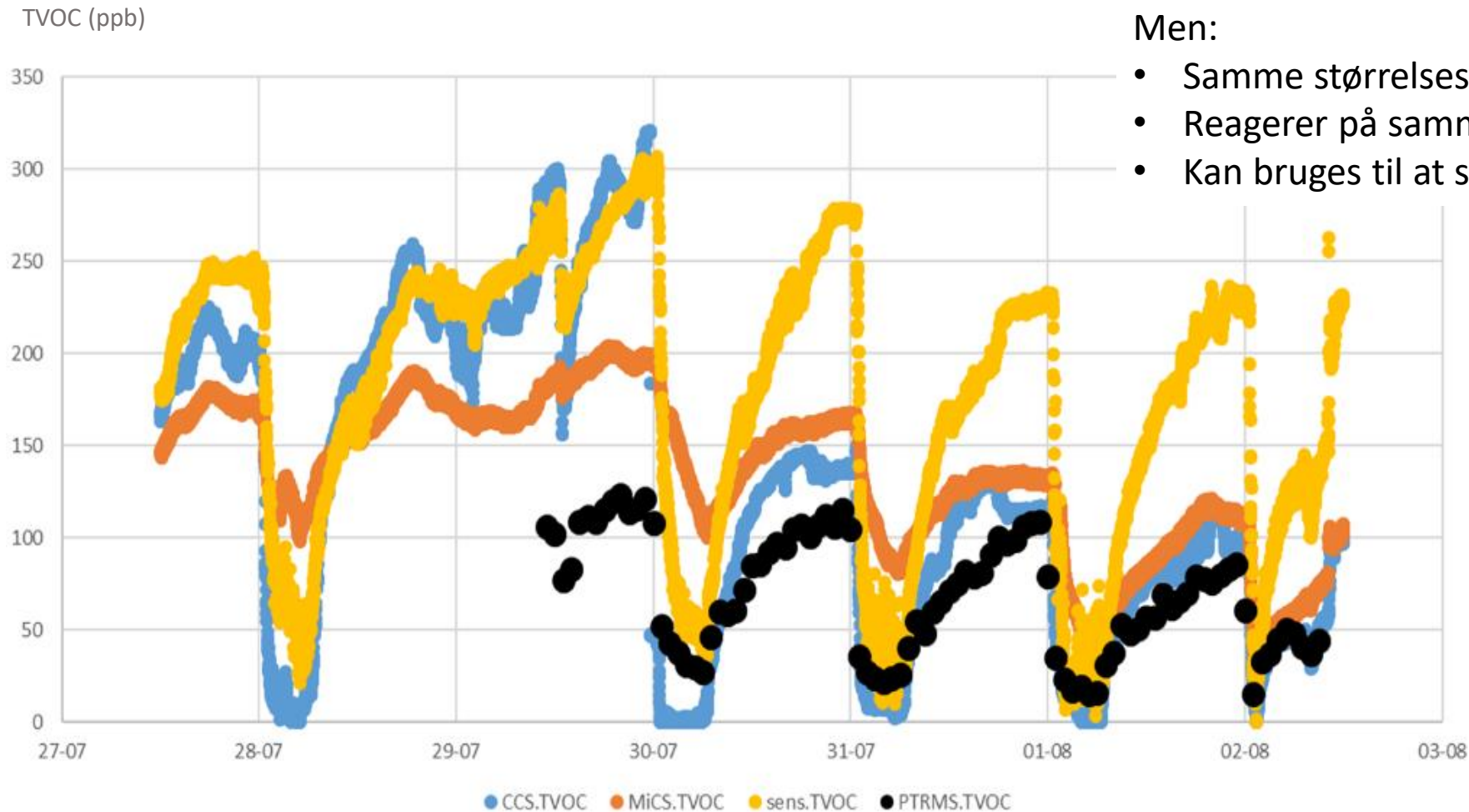


## Måling samme lokale med flere typer sensorer (Tranbjergskolen Århus)

Ingen kan sige præcist, hvad der er "rigtig værdi".

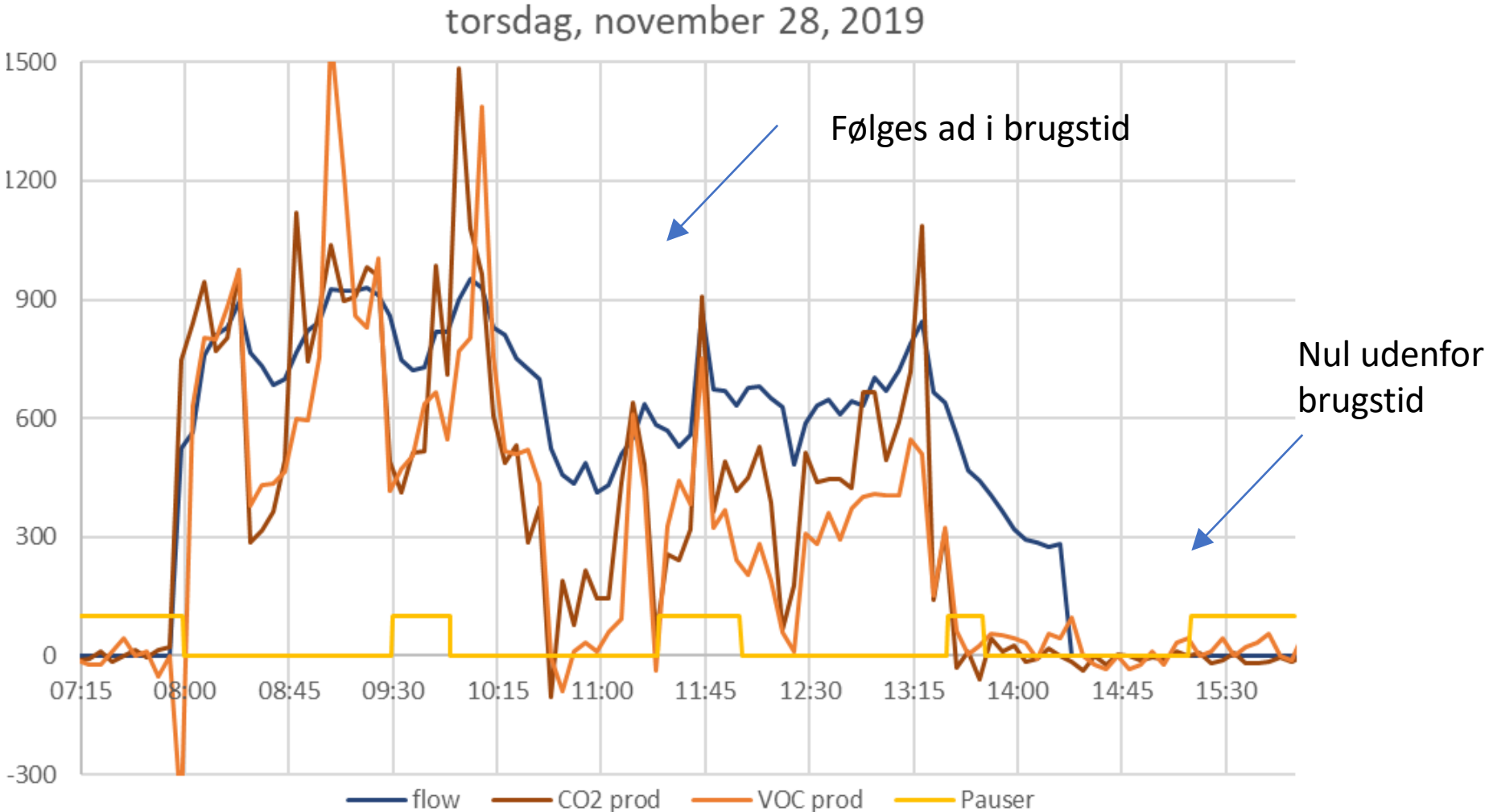
Men:

- Samme størrelsesorden
- Reagerer på samme måde
- Kan bruges til at styre efter



# Produktion af CO<sub>2</sub> og TVOC i et typisk klasselokale, Tranbjergskolen Århus

g/h CO<sub>2</sub>  
mg/h TVOC

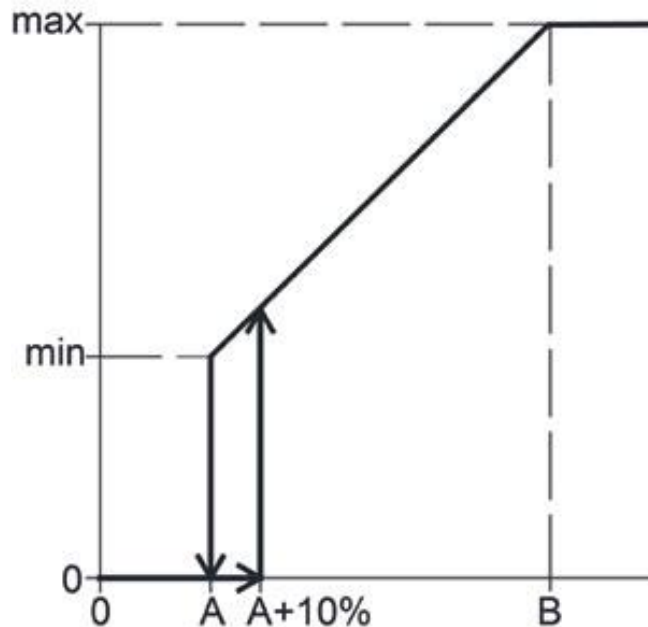




## Styring efter niveau kontra produktionsrate

Vi har indtil nu styret lineært efter koncentrationsniveau i vores CO2 styring

Der er eksperimenteret med en alternativ metode, styring efter produktionsrate



*Massebalance for forurening i rummet*

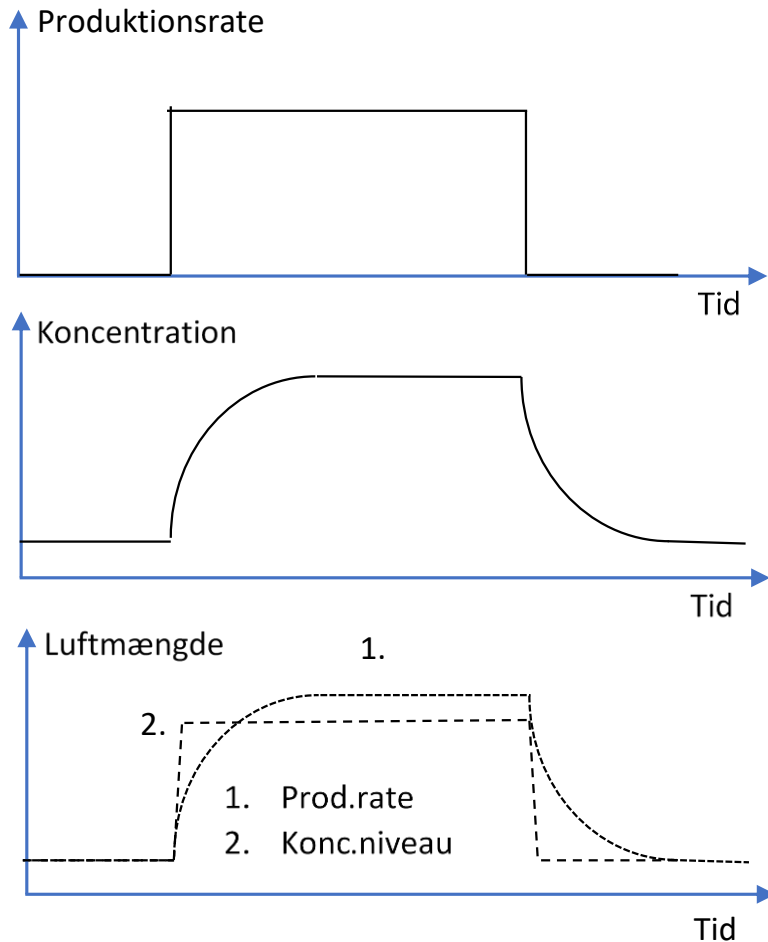
$$V \cdot \frac{dS}{dt} = P - S \cdot Ex$$

*Produktionen i lokalet*

$$P = S \cdot Ex + V \cdot \frac{dS}{dt}$$

- Leveret luftmængde skales proportionalt med den producerede forurening

## Ventilationens reaktion på ændring i koncentration








- Det har konsekvens for koncentrationens tidsmæssige udvikling i rummet, om vi gør det ene eller det andet
- Vores anbefalede valg: En kombination, hvor styringen vælger det, der giver den højeste luftmængde
- Dette giver hurtig respons, lavere maksimal koncentration, og et "efterløb" når personer forlader rummet
- Ikke intuitivt: Det ser ud til at give et lidt lavere energiforbrug pga. lavere maksimale luftmængder

## Hvad er meget, og hvad er lidt TVOC?

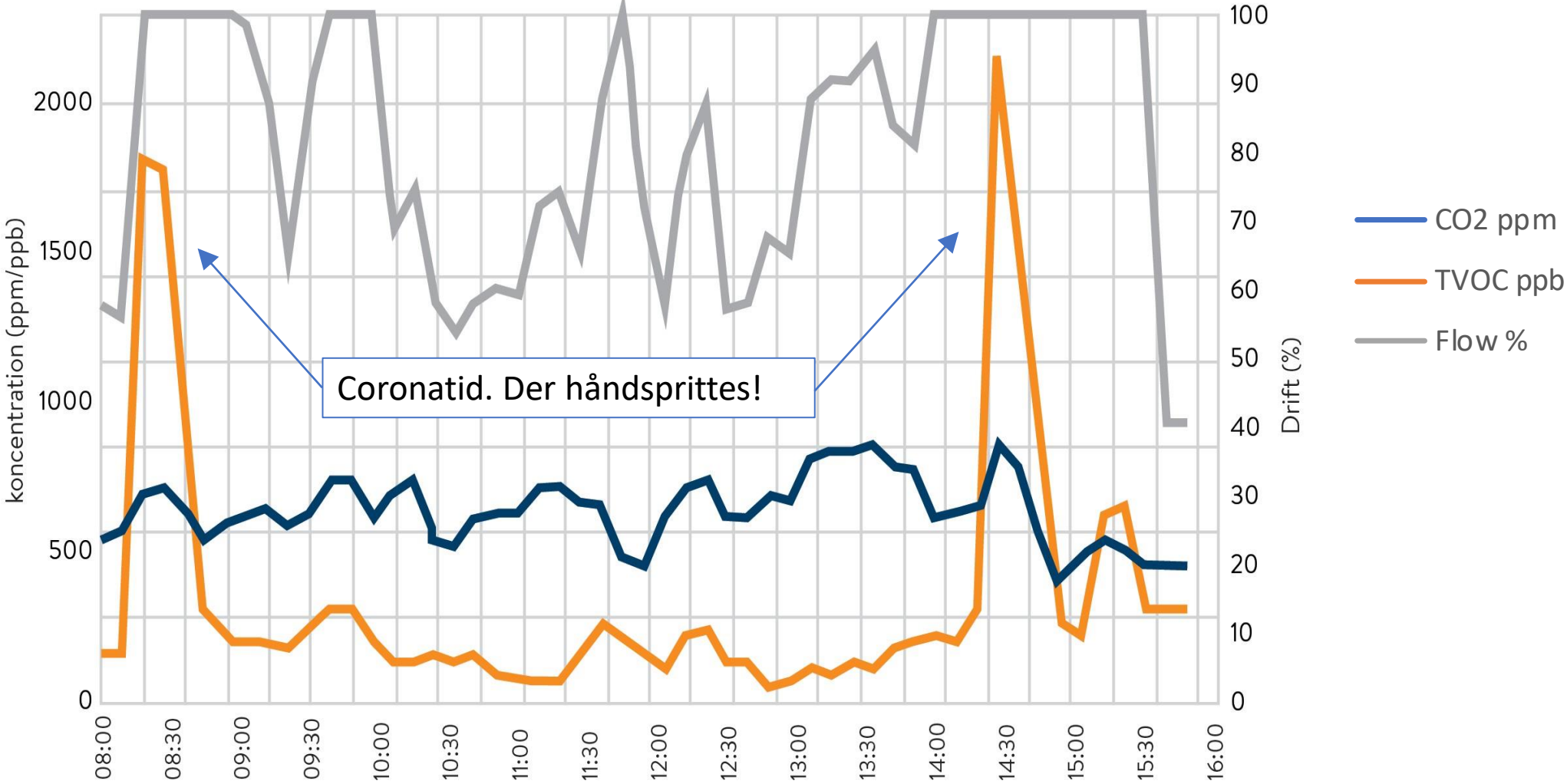
WHO  
anbefalinger

Level	Recommendation	TVOC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Outside quality classes	Greatly increased (not acceptable)	>3'000
4	Significantly increased (only temporary exposure)	1'000–3'000
3	Slightly increased (harmless)	500–1'000
2	Average (harmless)	250–500
1	Target value	<250

CO <sub>2</sub>		TVOC		Farver	Fortolkning
Grænser, ppm (parts per million)		Grænser, ppb (parts per billion)			
Fra	Til	Fra	Til		
400	900	0	65		"rigtig godt"
900	1200	65	220		"godt"
1200	2000	220	660		"nogenlunde"
2000	5000	660	2200		"dårligt"
5000		2200			"advarsel"

Airlinq  
omregning/sammenligning

# Eksempler fra klasselokale Vestre Skole, Silkeborg. TVOC styring TIL



# Eksempler fra klasselokale Vestre Skole, Silkeborg. VOC-styring FRA



## Coronakrisens indflydelse på projektet

- Umiddelbart var brugen af håndsprit meget forstyrrende for vores projekt
- Vi ville gerne have forfinet vores vurdering af, hvordan anlæg skal reagere på TVOC
- Omvendt var dette et særdeles godt eksempel på, hvad TVOC måling kan: Vise at der foregår forurening, som ikke er koblet til personer.
- Der blev i starten målt koncentrationer helt op imod 10.000 ppb altså langt ud over vores rammer
- Vi gjorde Silkeborg Kommune opmærksom på problemet, hvilket førte til ændringer i rengøringsrutiner
- Vi så også, at ventilationsanlægget gør en forskel, når den er forsynet med TVOC-sensor.

## Fremtidig udvikling

- Vi vil i fremtiden bruge opsamlet data fra Airlinq Online til at forbedre behovsstyringen yderlig
- Der er perspektiver i øget brug af forskellige slags sensorer. Disse bliver billigere og bedre, som tiden går.