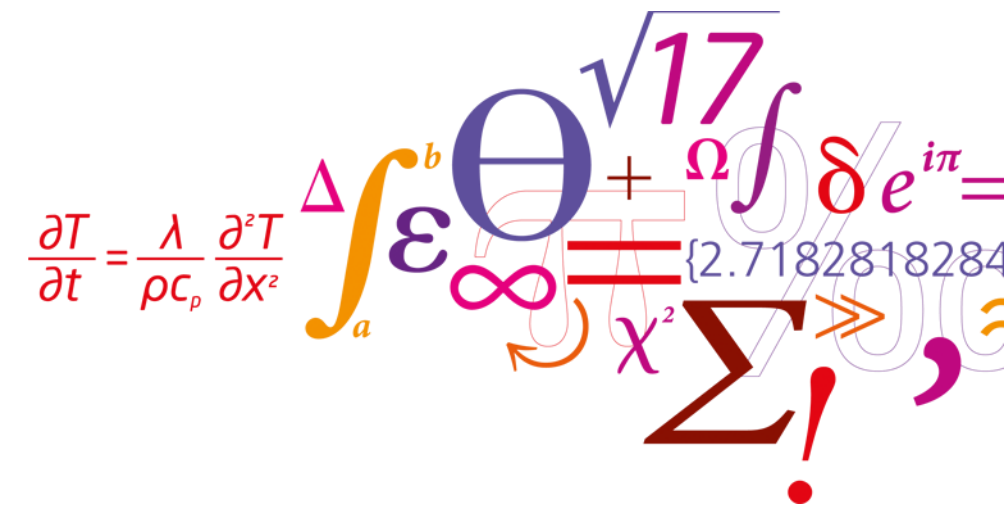


VALG AF VENTILATION TIL SKOLER – HVAD VIRKER BEDST?

Jørn Toftum

Center for Indeklima og Energi
 Institut for Byggeri og Anlæg
 Danmarks Tekniske Universitet





Chokerende luftmåling fra nordsjællandsk skole: Måleudstyr gav op

»Vi kan simpelthen ikke være det bekendt,« siger forsker i indeklima.



GRUNDSKOLER I DANMARK

1.276 folkeskoler

551 friskoler og private grundskoler

548.616 elever i folkeskoler

118.856 elever i

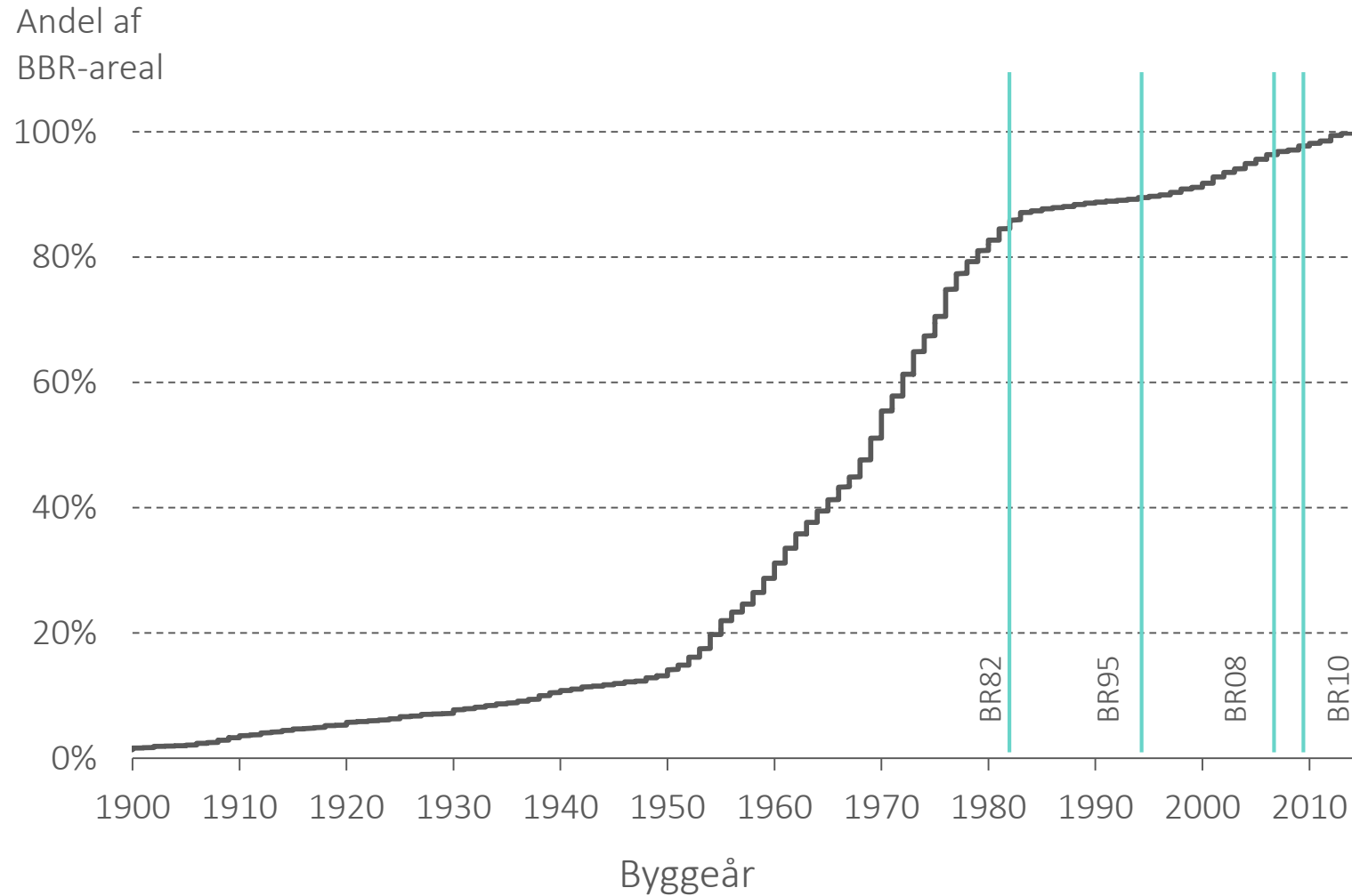
*Mellem 40% og 50% af danske klasseværelser
har utilstrækkelig ventilation!*

lærere, pædagoger, etc. i folkeskoler

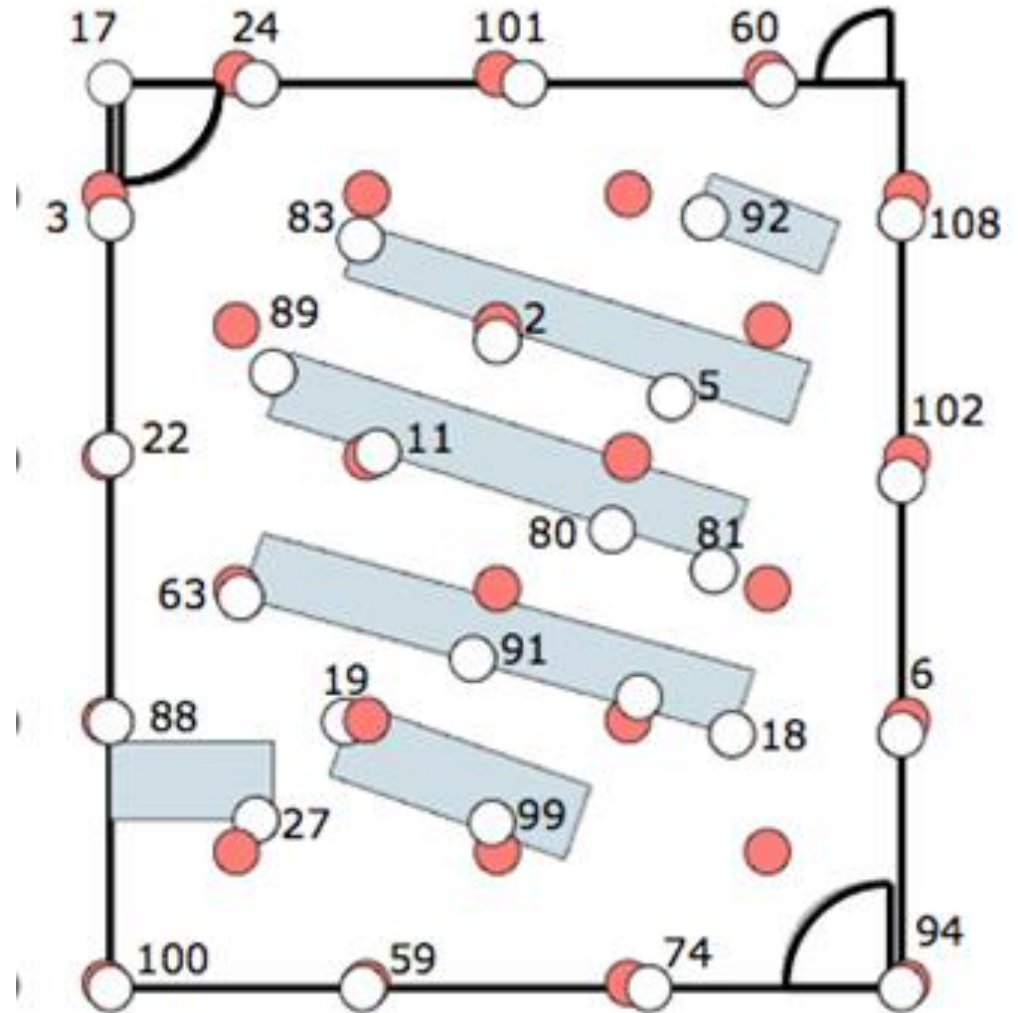
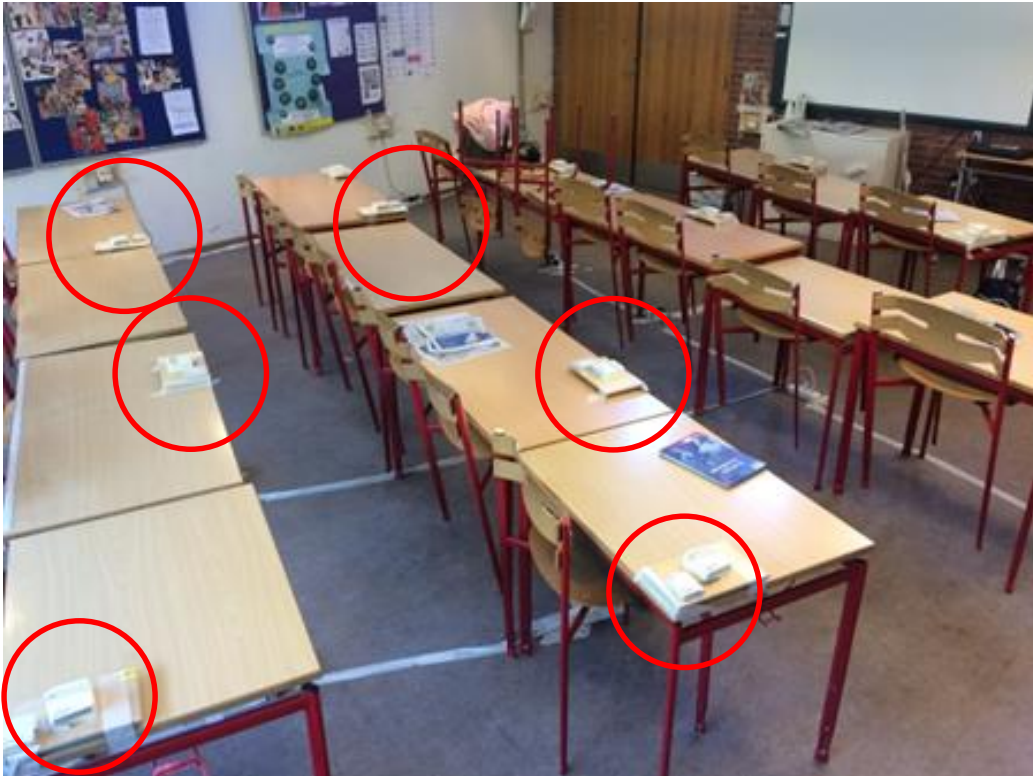
lærere, pædagoger, etc. i friskoler og private grundskoler

Grundskolernes samlede BBR areal: 8.210.000 m²

SKOLEBYGNINGERNES ALDER



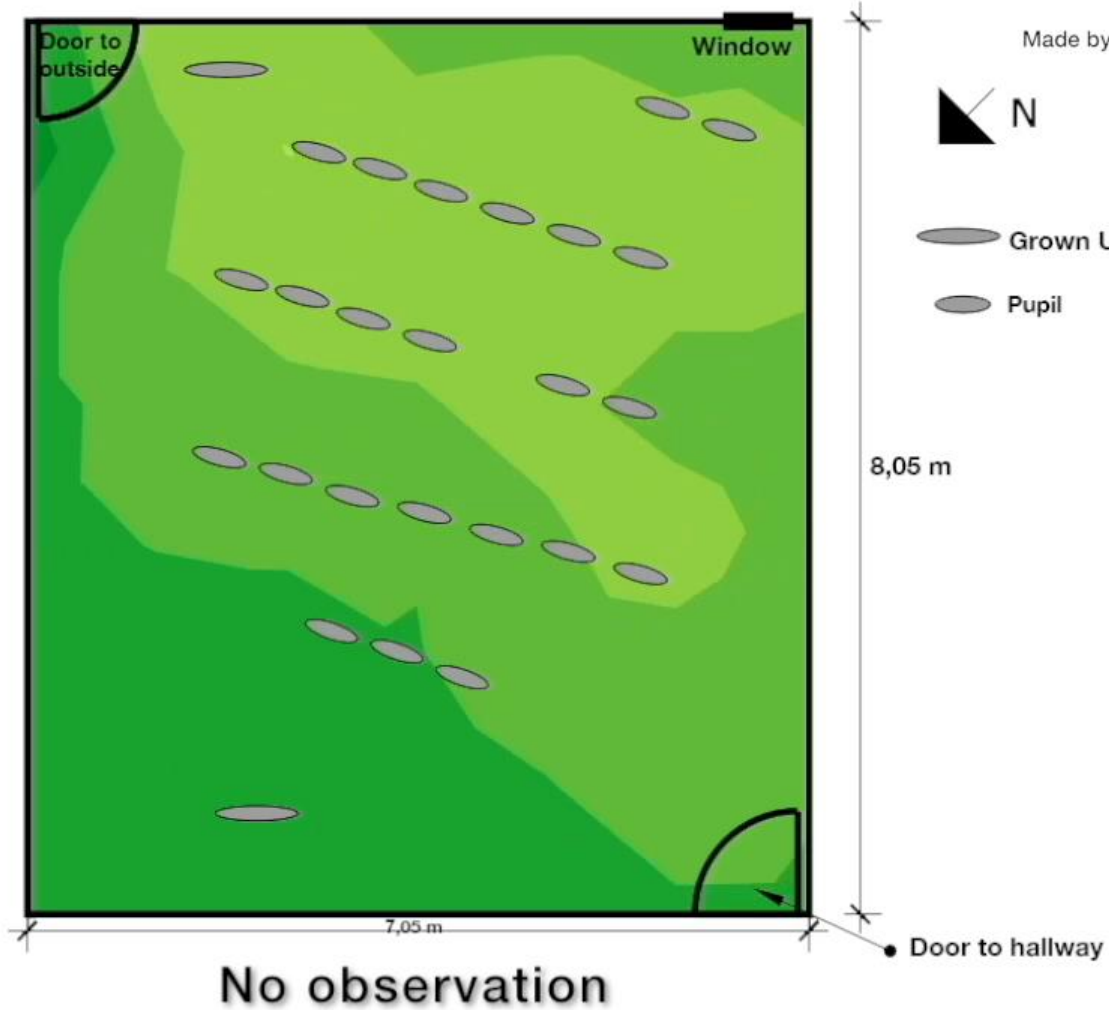
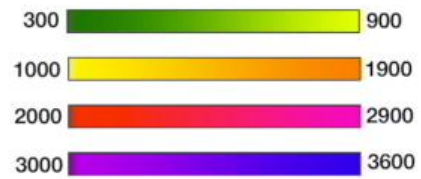
DE KAN JO BARE ÅBNE VINDUERNE.....



09.59.50 AM

Scenario 1:
5 min ventilation
per hour

CO₂ concentration [ppm]



ASHRAE RP1624 ENERGIEFFEKTIV SKOLEVENTILATION

(American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

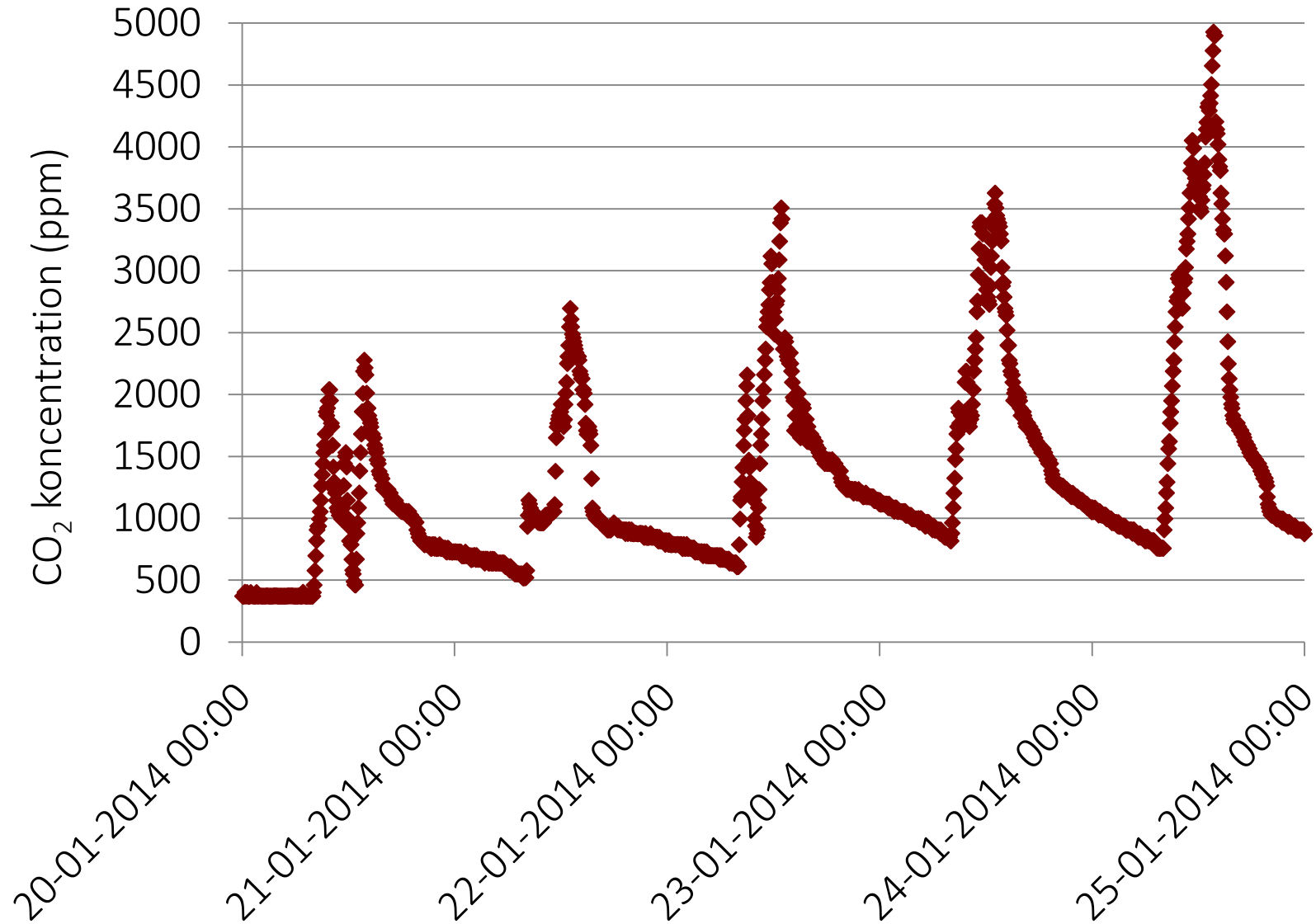
Undersøgelse af, hvordan forskellige ventilationsløsninger i klasseværelser påvirker:

- Indeklima
- Brugeradfærd
- Oplevelse af Indeklima
- Symptomer
- Skolearbejde
- Energiforbrug

Ravnsholtskolens 3-5 klasser (Krathus skole)



MÅLINGER FØR OMBYGNING

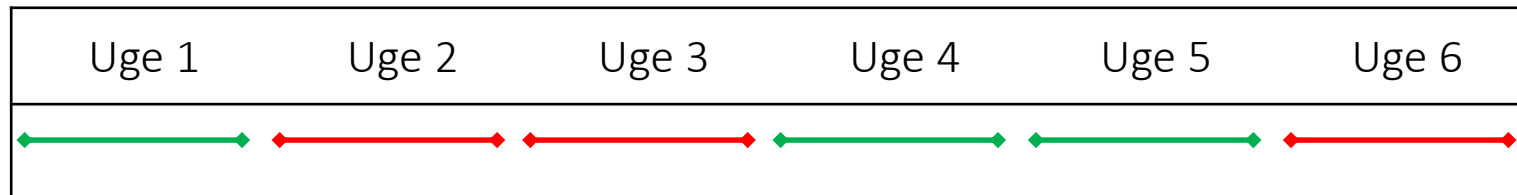


INTERVENTIONS-STUDIUM

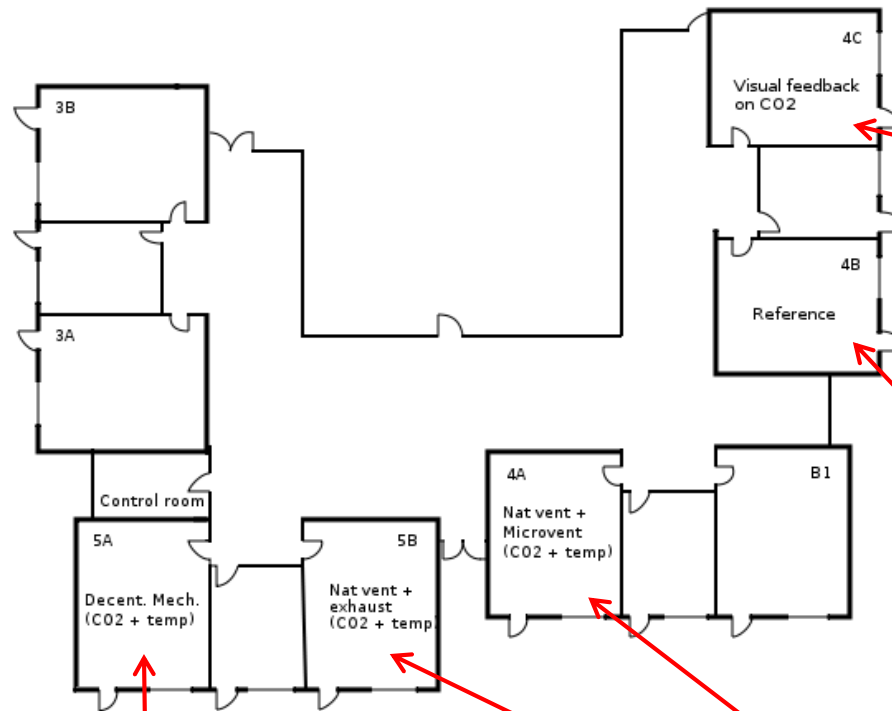
Ventilationstyper

- 1) Decentralt ventilationssystem
- 2) CO₂/temperatur styret åbning af vinduer + udsugning
- 3) CO₂/temperatur styret åbning af vinduer
- 4) CO₂/temperatur styret åbning af vinduer + Microvent
- 5) Manuel åbning af vinduer med visuelt CO₂ feedback (Exhausto Learn-O-Meter)
- 6) Reference med manuel åbning af vinduer

Forsøgsdesign



KLASSEVÆRELSER OG SYSTEMER



SKOLEARBEJDE - MULTIPLIKATION

238 · 52	234 · 23	942 · 83	125 · 62
972 · 61	621 · 30	796 · 43	145 · 64
867 · 86	455 · 25	725 · 52	128 · 46
328 · 40	321 · 42	372 · 37	721 · 43
741 · 47	432 · 32	640 · 45	794 · 79
617 · 67	219 · 29	218 · 28	215 · 25
902 · 47	453 · 45	453 · 45	364 · 34

820 · 3	974 · 4	431 · 5	256 · 3
502 · 5	180 · 7	654 · 7	522 · 9
996 · 9	364 · 7	804 · 6	842 · 8
364 · 6	518 · 7	958 · 7	480 · 5
944 · 8	727 · 8	383 · 4	989 · 9
206 · 3	713 · 6	534 · 5	220 · 8
565 · 8	667 · 5	175 · 4	106 · 4

SKALAER TIL AT MÅLE OPLEVET INDEKLIMA

Klasse _____ Navn _____

Er du dreng eller pige?

DRENG

PIGE

Svar på spørgsmålene ved at sætte kryds over smiley.

Har du haft en god uge i skolen?

Fantastisk						Elendigt
------------	--	--	--	--	--	----------

Har du haft en god uge uden for skolen? (Når du havde fri)

Fantastisk						Elendigt
------------	--	--	--	--	--	----------

Hvordan var klasseværelset i denne uge?

Klassen var <u>ikke</u> for varm						Klassen var for varm
----------------------------------	--	--	--	--	--	----------------------

Klassen var <u>ikke</u> for kold						Klassen var for kold
----------------------------------	--	--	--	--	--	----------------------

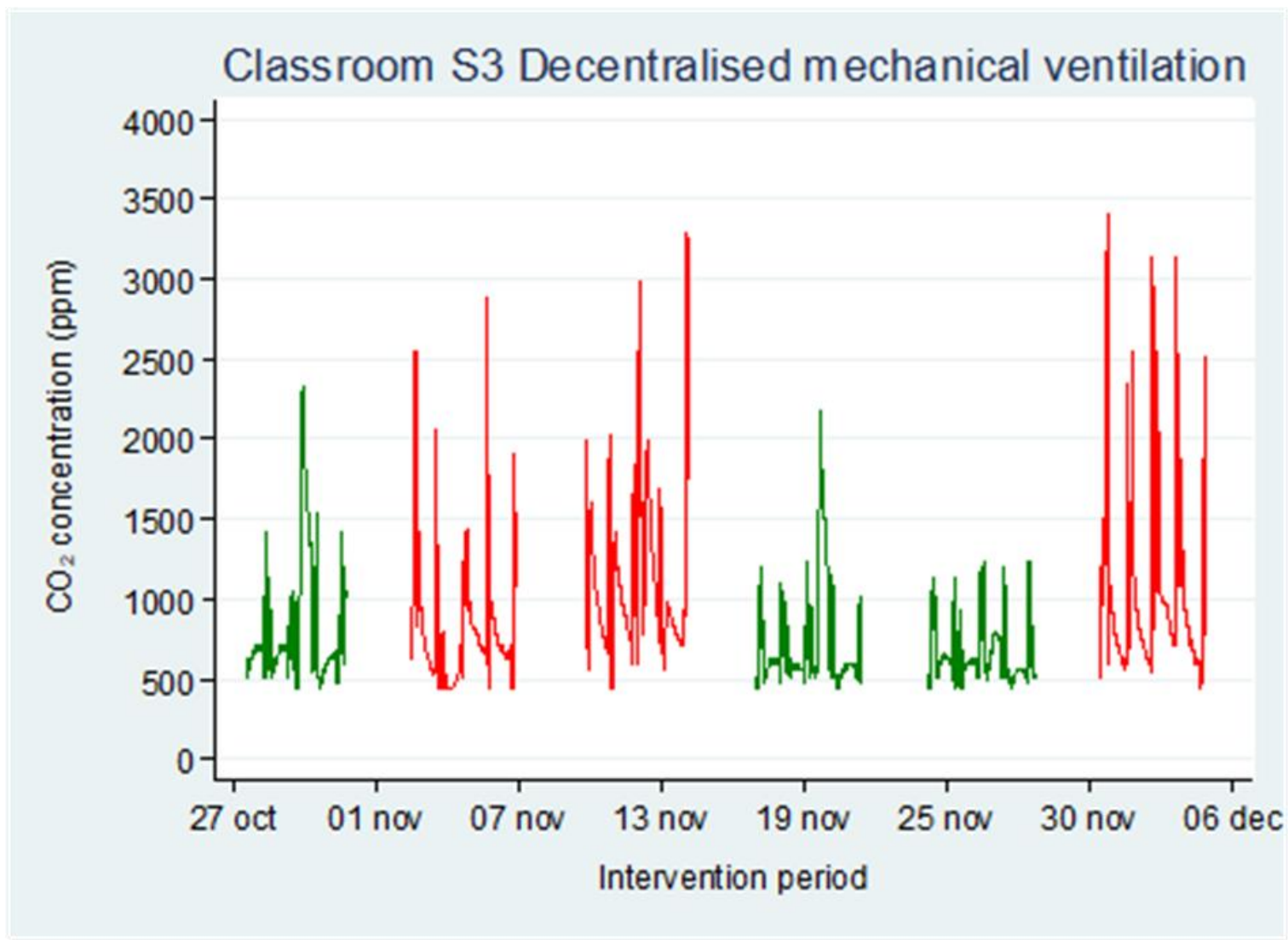
Jeg følte <u>ikke</u> træk						Jeg følte træk
----------------------------	--	--	--	--	--	----------------

Luften var frisk						Luften var dårlig
------------------	--	--	--	--	--	-------------------

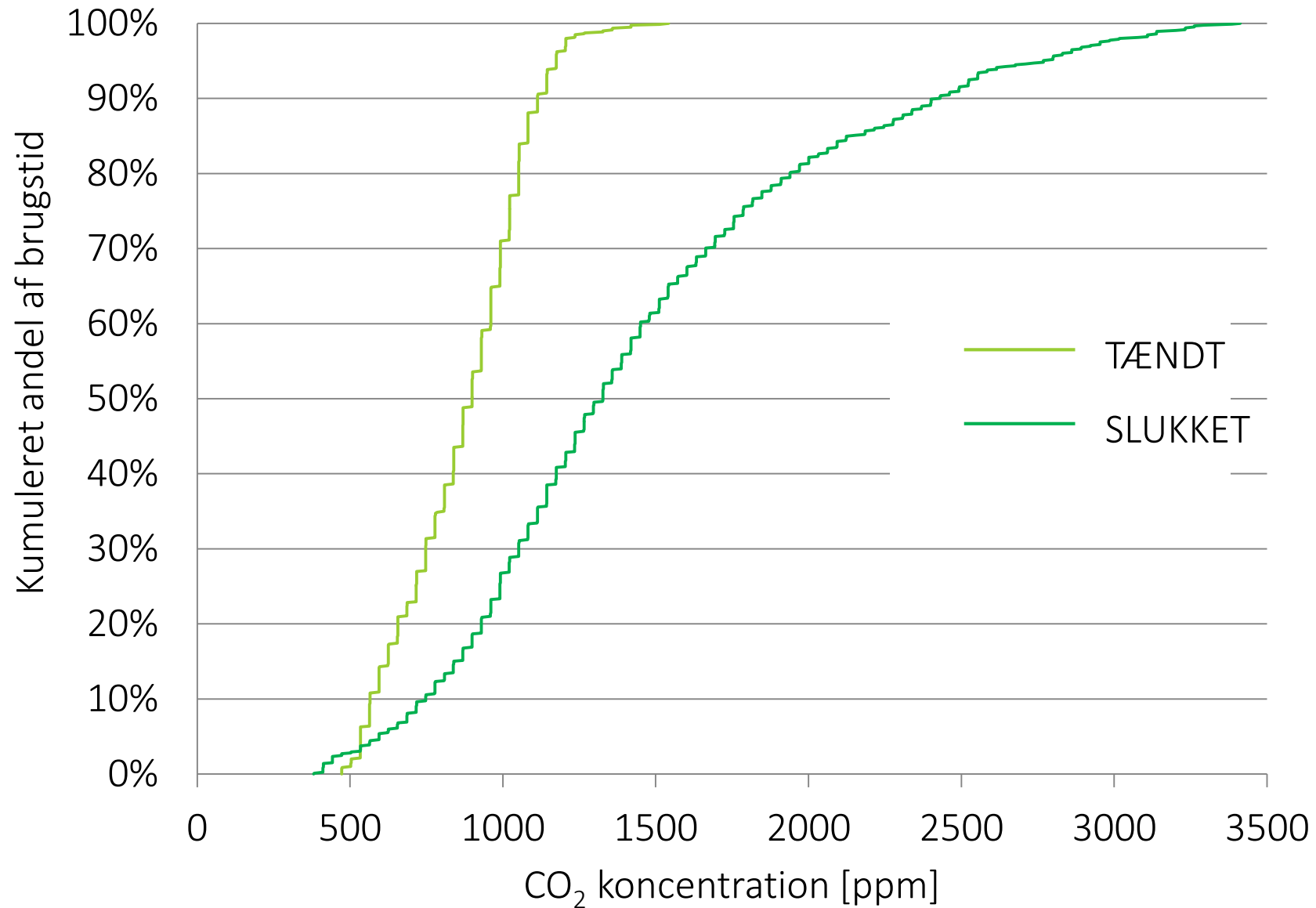
Der var <u>ikke</u> for meget larm i klassen						Der var alt for meget larm i klassen
--	--	--	--	--	--	--------------------------------------

Der var <u>ikke</u> for meget lys i klassen						Der var alt for meget lys i klassen
---	--	--	--	--	--	-------------------------------------

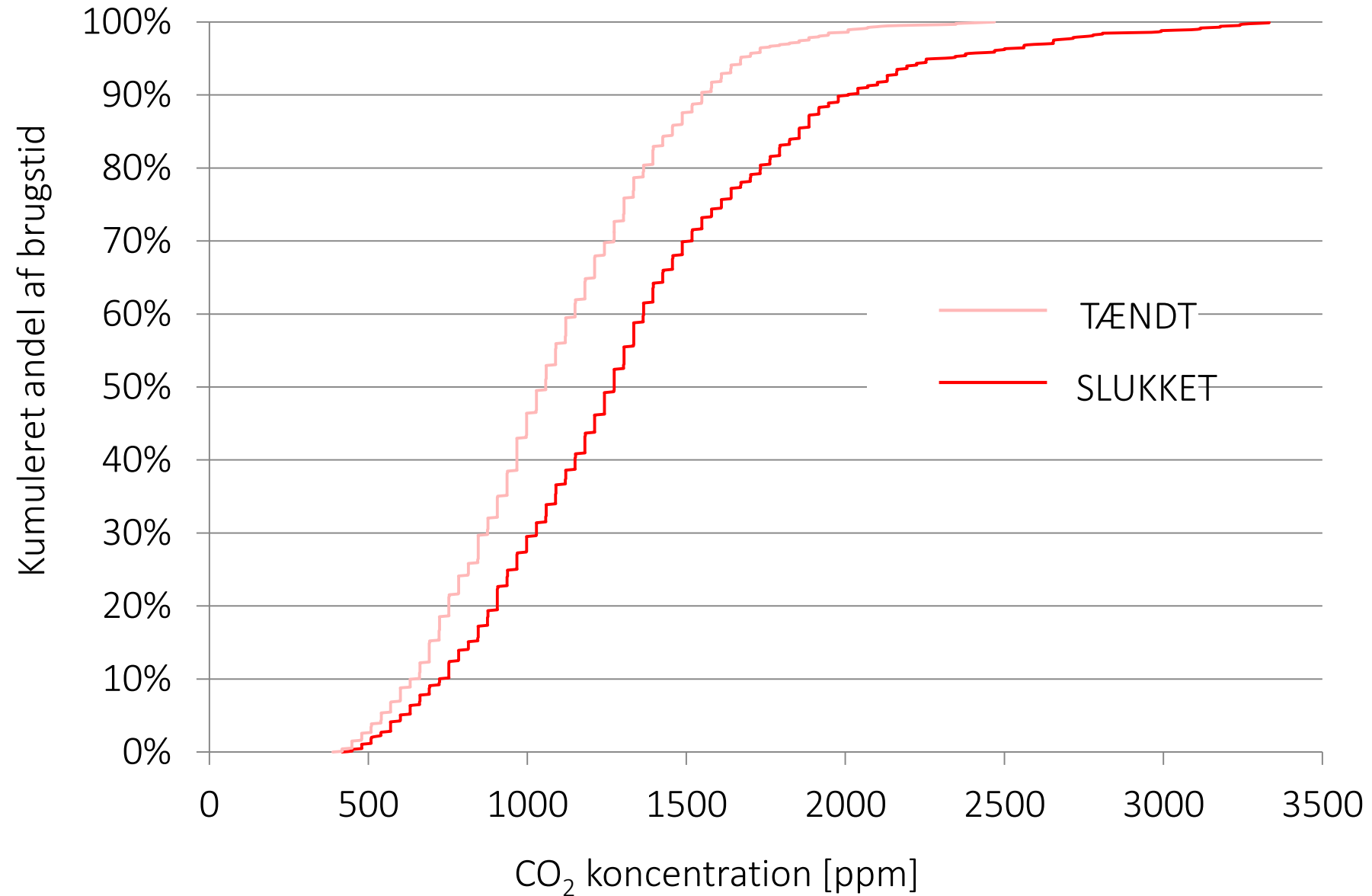
CO₂ KONCENTRATION MED DECENTRAL MEKANISK VENT.



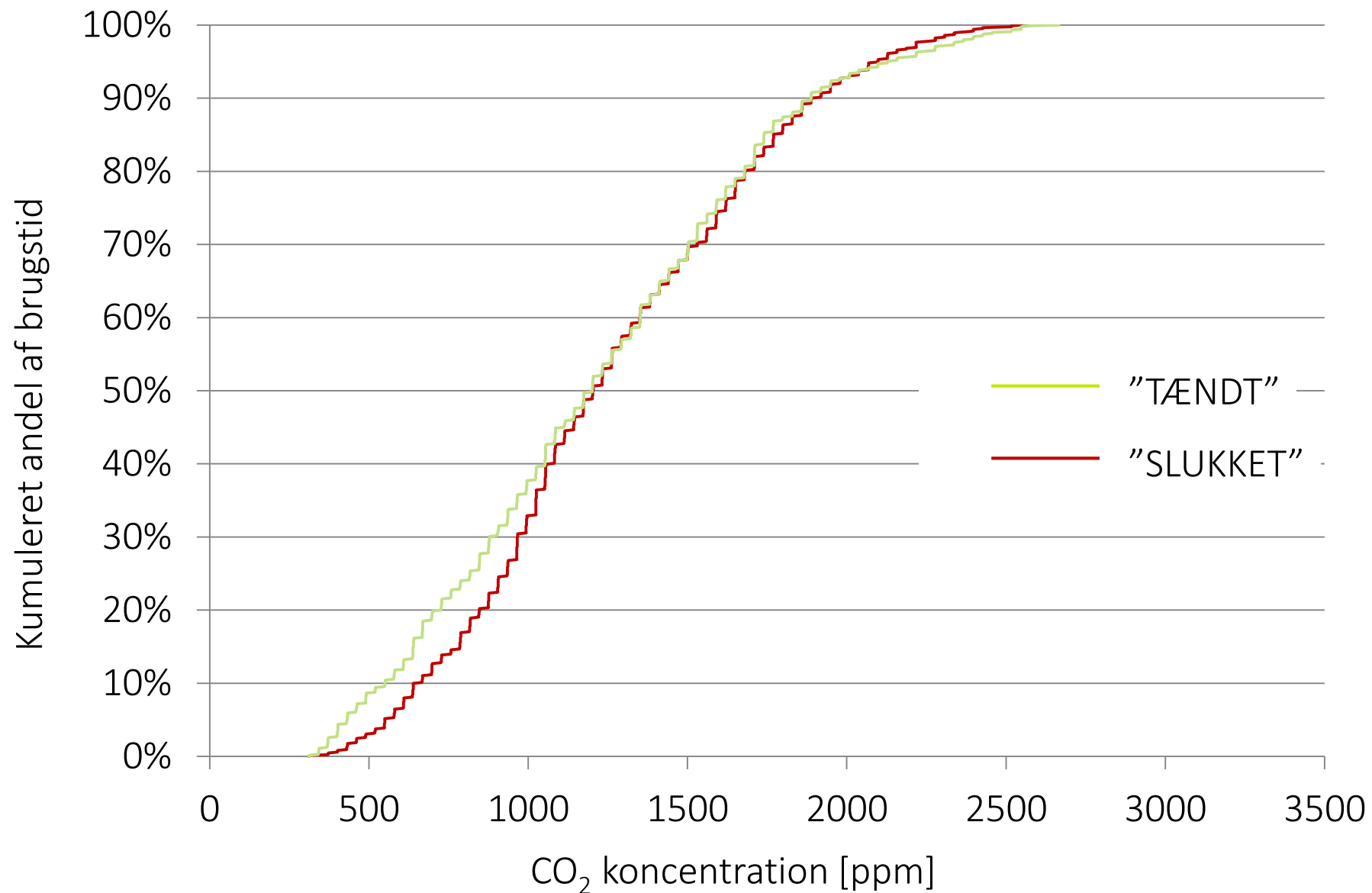
DECENTRAL MEKANISK VENTILATION



CO₂ STYRET ÅBNING AF VINDUER



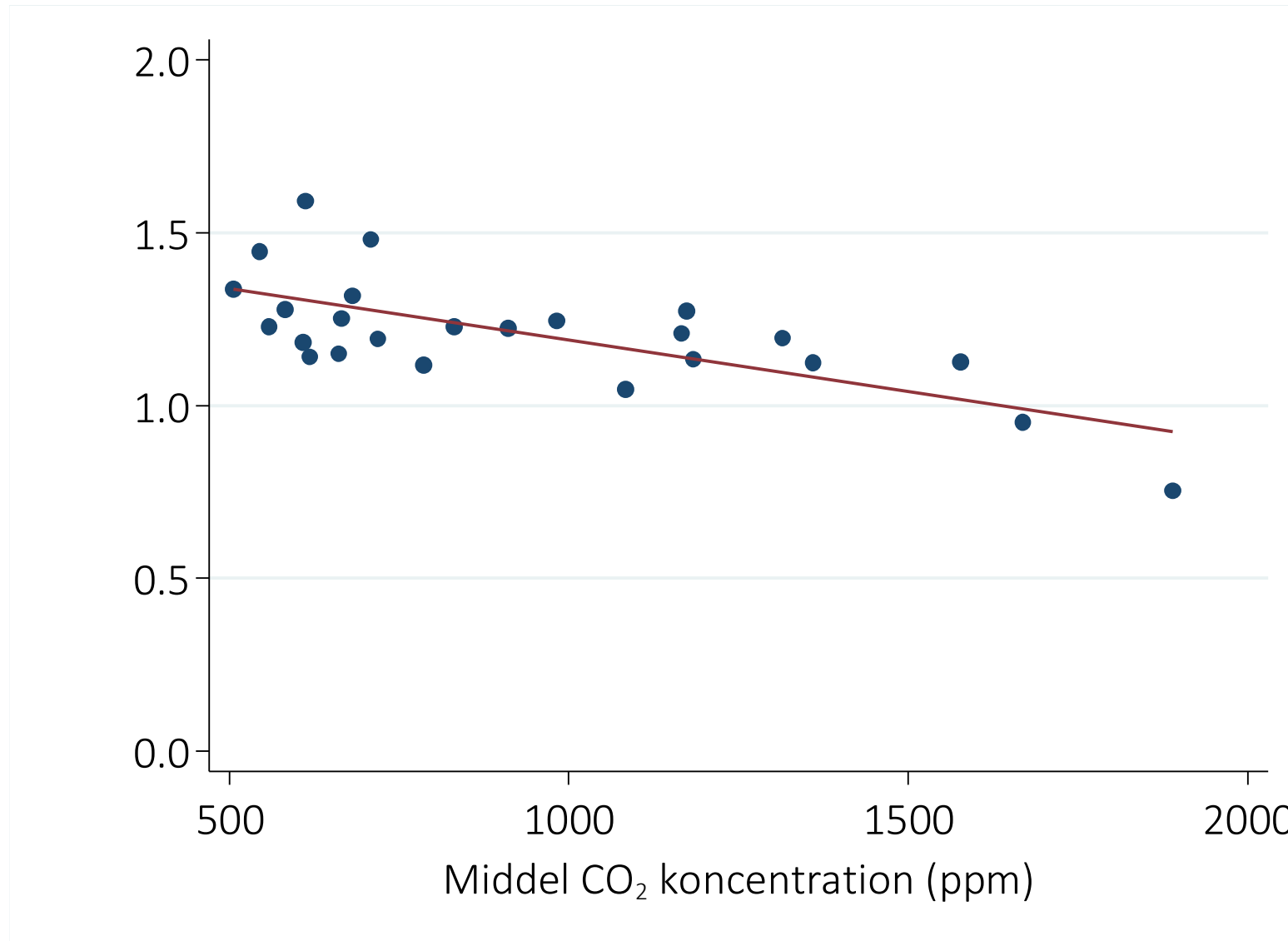
REFERENCELOKALE

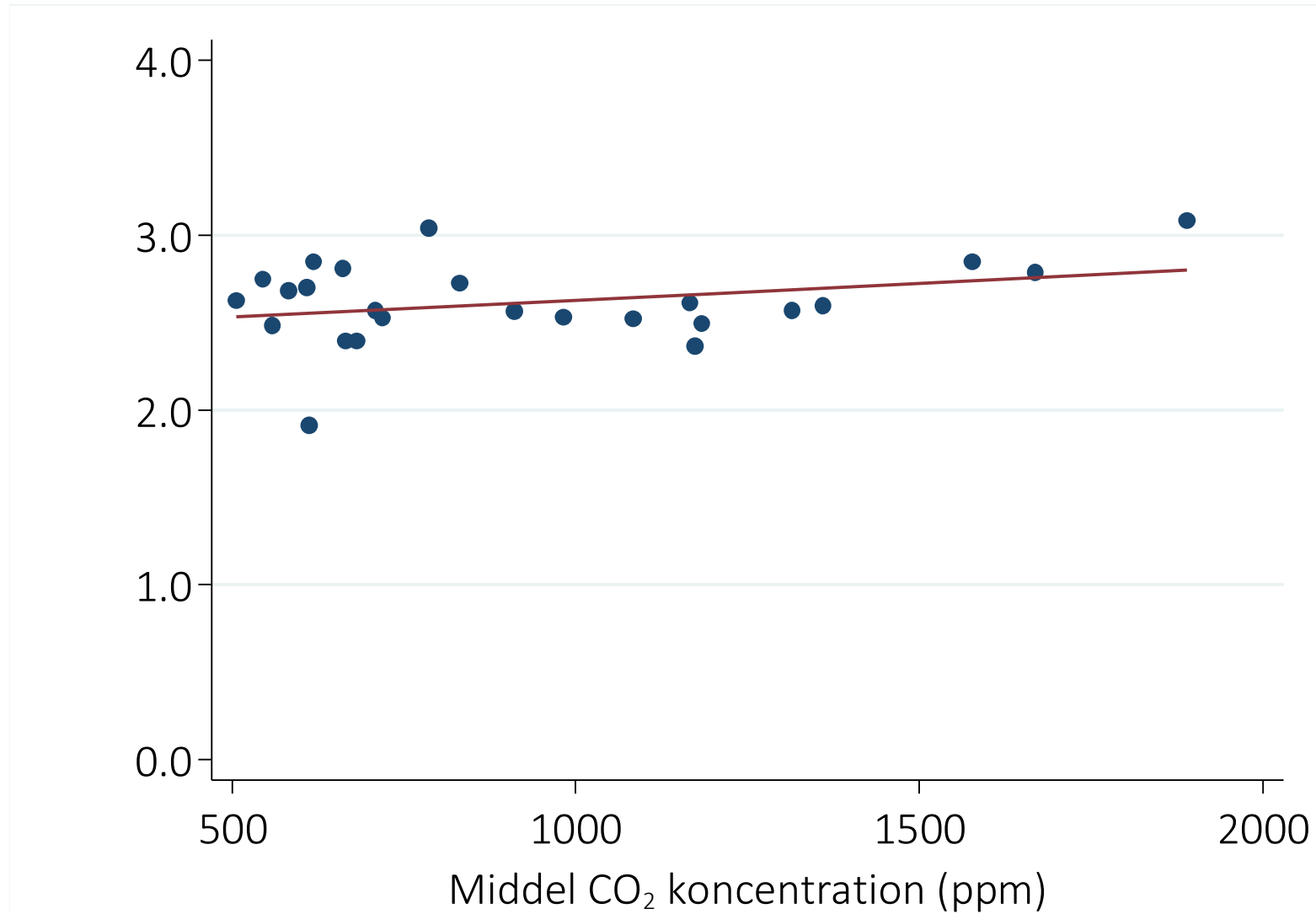


SAMMENLIGNING SPØRGESKEMAER TÆNDT VS. SLUKKET

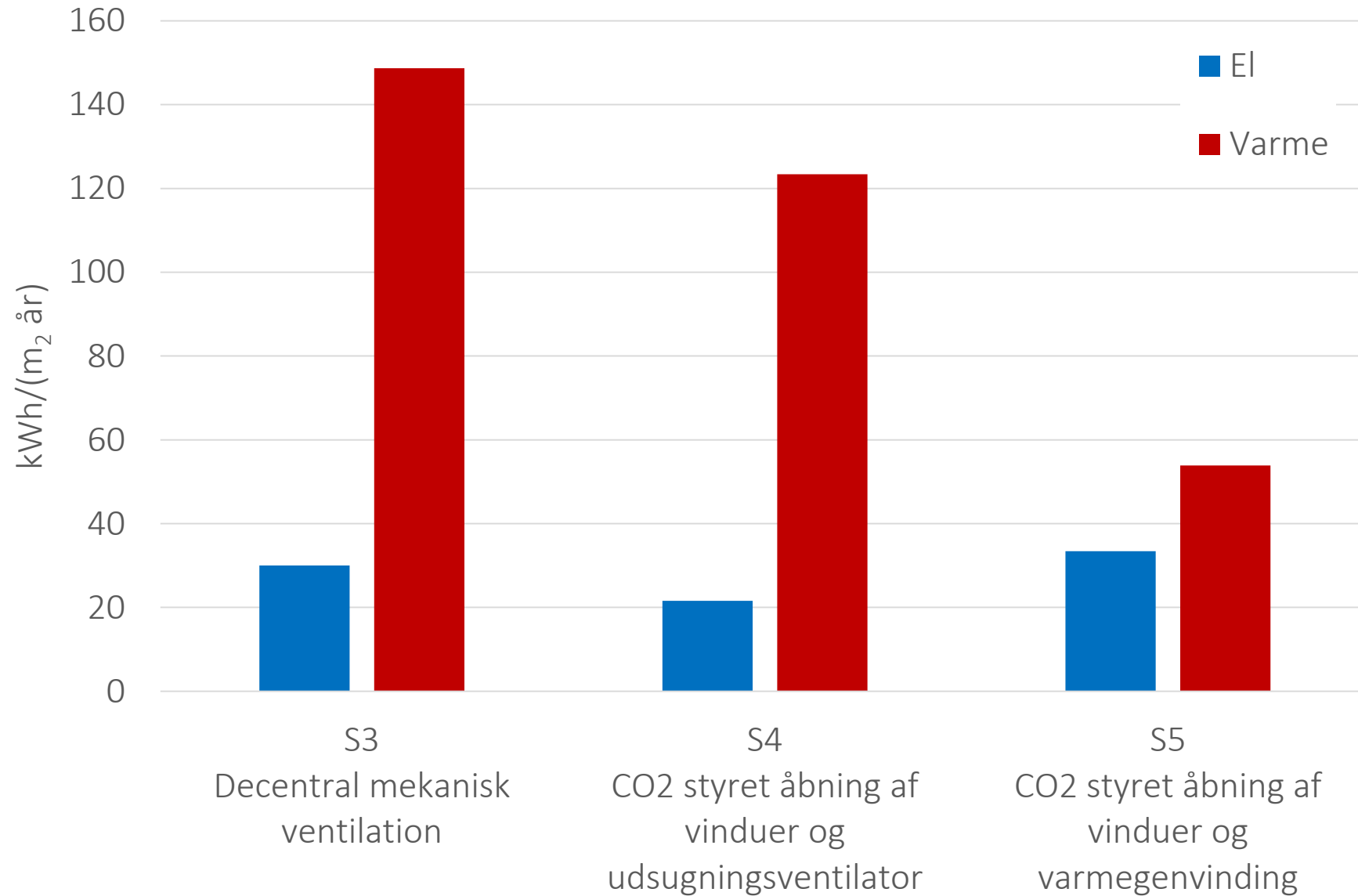
Klasse	1	2	3	4	5
Luften opleves frisk/indelukket	Red	Green	Red	Red	Yellow
Luften opleves fugtig/tør	Red	Green	Red	Red	Red
Det trækker	Red	Red	Red	Red	Red
Hovedpine	Red	Red	Red	Red	Yellow
Motivation	Red	Green	Green	Red	Red
Koncentrationsbesvær	Red	Red	Red	Red	Yellow
Forstyrret af øvrige elever	Red	Red	Red	Red	Red
For lidt/meget lys	Red	Red	Red	Red	Red

CO₂ KONCENTRATION OG MATEMATIK TEST SCORE



CO₂ KONCENTRATION OG MATEMATIK FEJLRATE

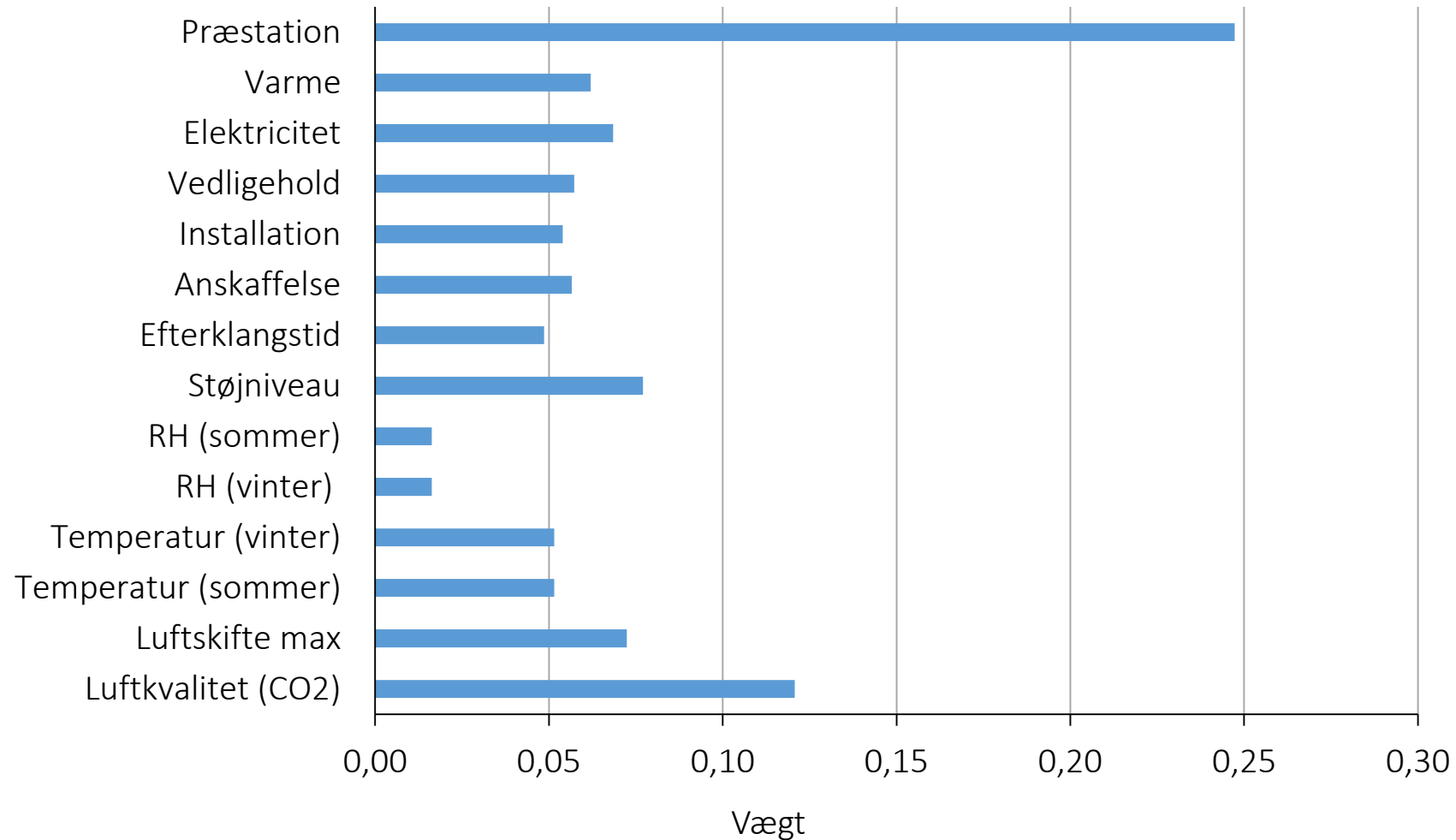
ENERGIFORBRUG (2015 + 2016)



BESLUTNINGSSTØTTE

Alternativ	CO ₂	Temp	Støj	Oplevet	Sympt	Præstation	Energi	Σ
System 1	1	-	-	-	-	1	5	7
System 2	2	-	-	-	-	2	4	8
System 3	3	-	-	-	-	3	3	9
System 4	4	-	-	-	-	5	1.5	10.5
System 5	5	-	-	-	-	4	1.5	10.5

VÆGTNING MULTI-KRITERIE BESLUTNINGSSTØTTE



MULTI-KRITERIE BESLUTNINGSTØTTE

Technique for order of preference by similarity to ideal solution, TOPSIS

Alternativ	Relativ nærhed til ideal	Rang	Rang (simpel)
Ideal	1.00		
System 1	0.44	2	1
System 2	0.47	1	2
System 3	0.21	5	3
System 4	0.17	6	5
System 5	0.38	3	5
Reference	0.37	4	

AFRUNDING

- Svært at rangere systemerne ud fra samtlige parametre på én gang
- Ventilatorunderstøttede løsninger forbedrede luftkvaliteten mere end de øvrige og betydningen for elevernes præstationer virkede mere robust
- Ingen markant effekt af interventionerne på elevernes oplevelse af indeklimaet
- Den målte luftkvalitet snarere end driftstilstanden påvirkede elevernes præstationer

DANMARK 2. MAR. 2016 KL. 19.47

4 ud af 10 drenge, der dumpede i matematik, er endt med at få en dom

Kriminaliteten blandt unge stiger i takt med, at deres karakterer i grundskolens afgangsprøve i skriftlig matematik og dansk falder.

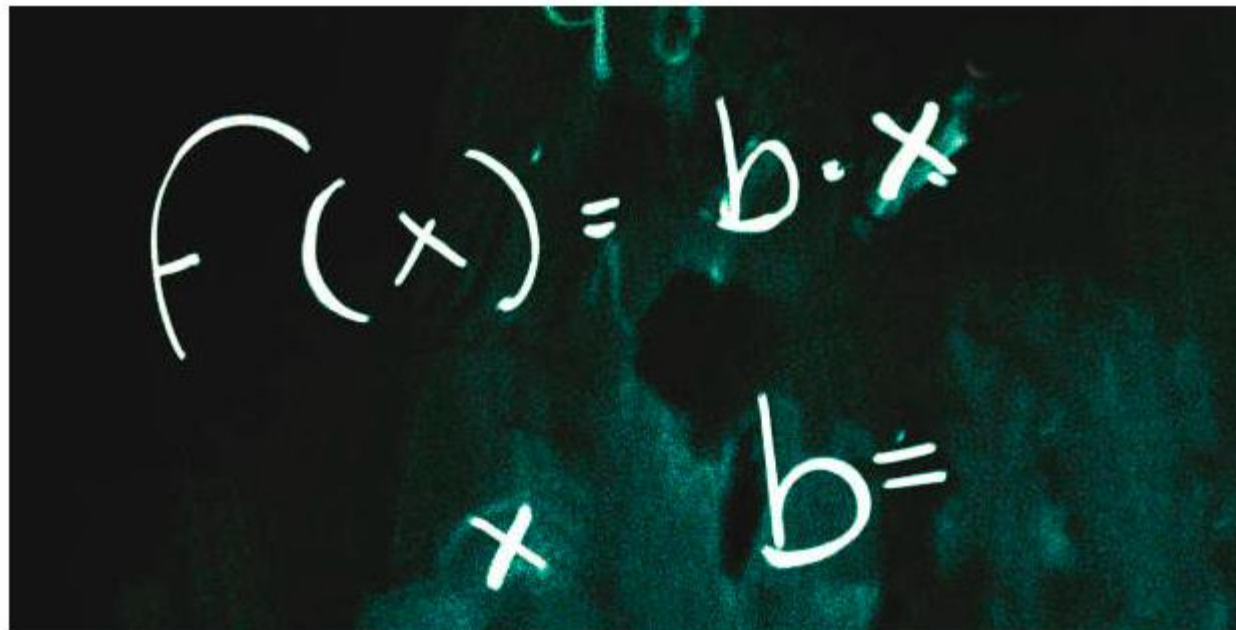


FOTO: CHRISTENSEN MATHIAS