

INDEKLIMA I SKOLER - FRA UDFORDRING TIL LØSNINGER

Teknologisk Institut konference
14. November 2017

Geo Clausen
Center for Indeklima og Energi
Danmarks Tekniske Universitet



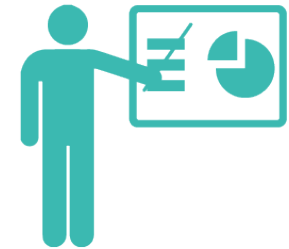
FOLKESKOLEN



**1.289
SKOLER**

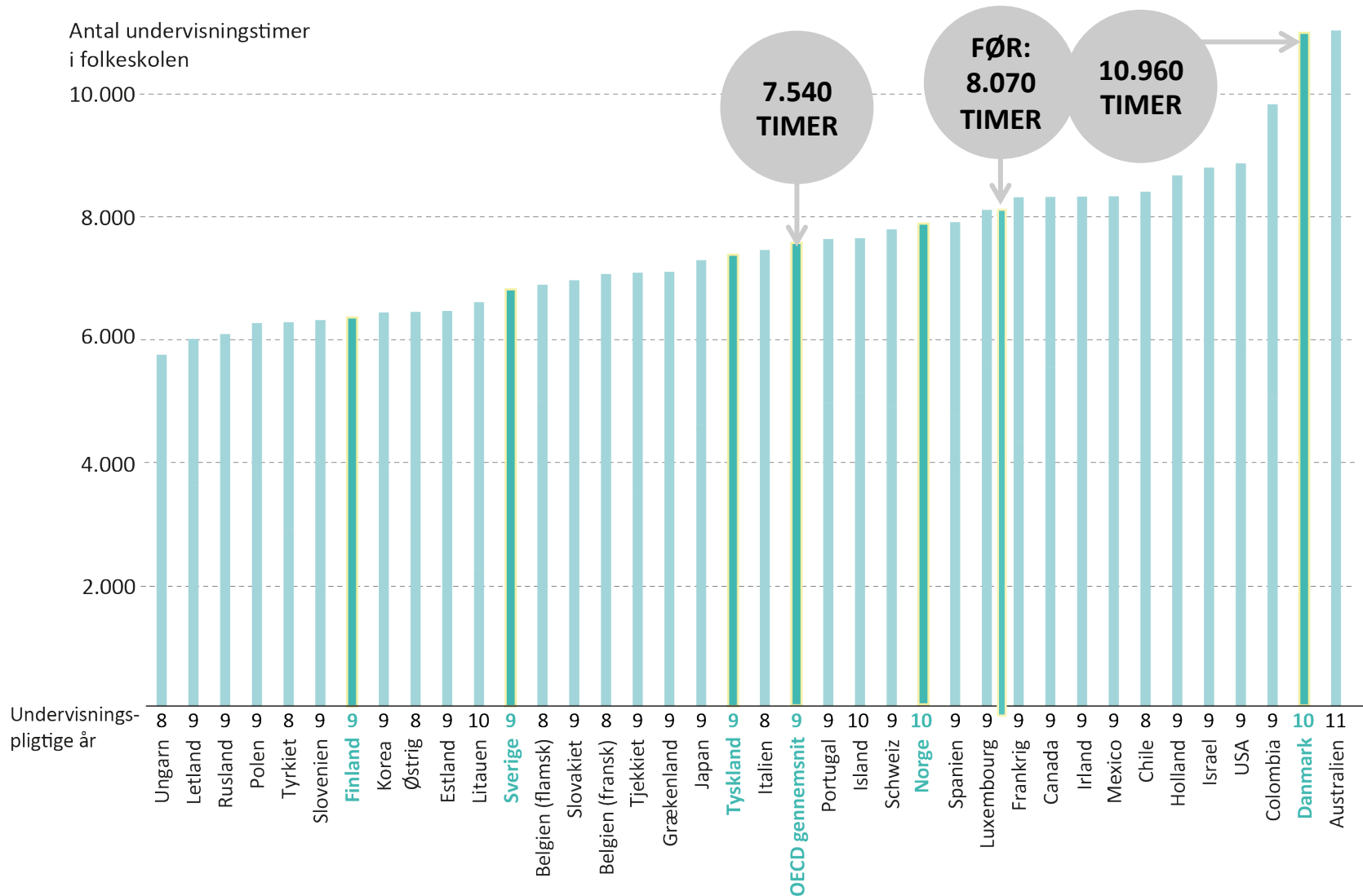


**537.097
ELEVER**



**55.825
LÆRERE
MV.**

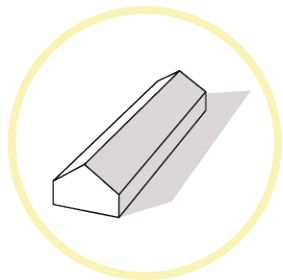
SKOLEDAGEN ER LANG



FOLKESKOLEBYGNINGER - BYGNINGSTYPOLOGI

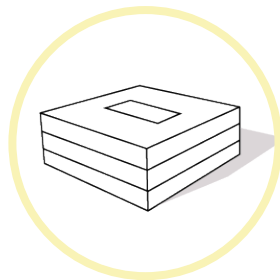
LANDSBYSKOLE

~0%



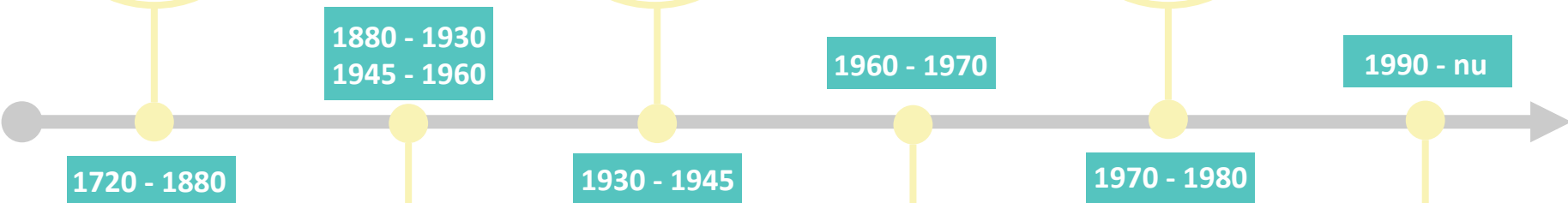
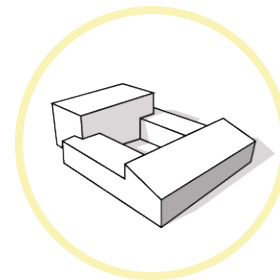
AULASKOLE

5%



ÅBENPLANSKOLE

29%



1720 - 1880

1880 - 1930
1945 - 1960

1930 - 1945

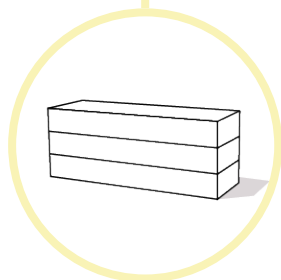
1960 - 1970

1970 - 1980

1990 - nu

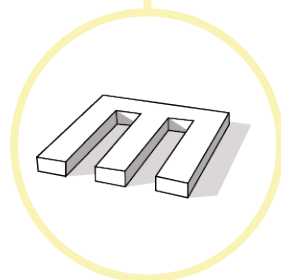
ETAGESKOLE

33%



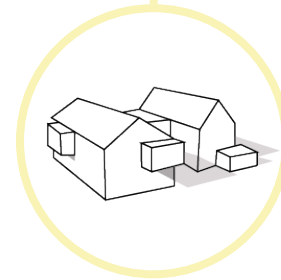
KAMSKOLE

26%



PROJEKTARBEJDSKOLE

6%



FOLKESKOLEBYGNINGERNE

Andel af
BBR areal
100%

80%

60%

40%

20%

0%

1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

Byggeår

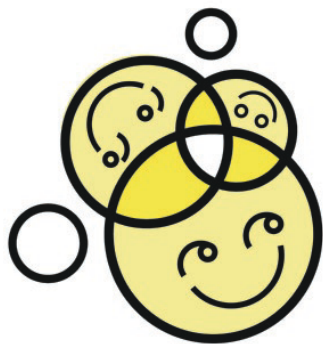
BR82

BR95

BR08

BR10

MASSEEKSPERIMENT

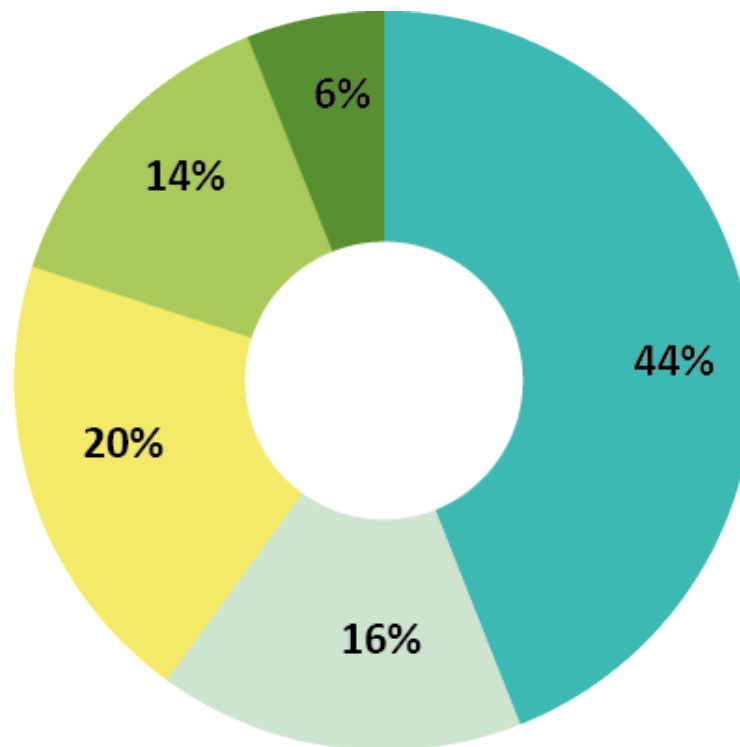


INDEKLIMA I KLASSEVÆRELSELER - 2009



CO₂ KONCENTRATION

2009



400-1000 ppm



1001 – 1500 ppm



1501 – 2000 ppm

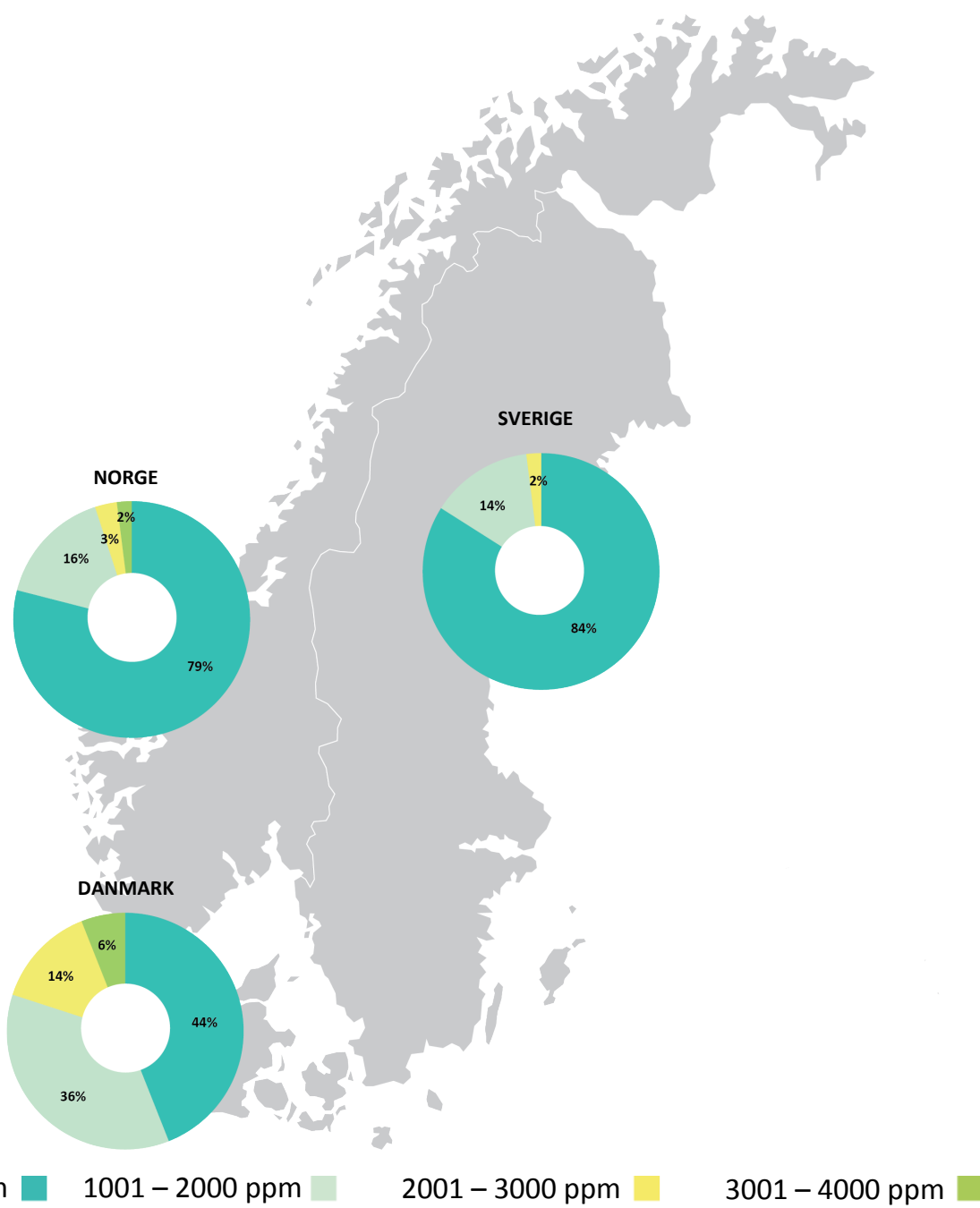


2001 – 3000 ppm

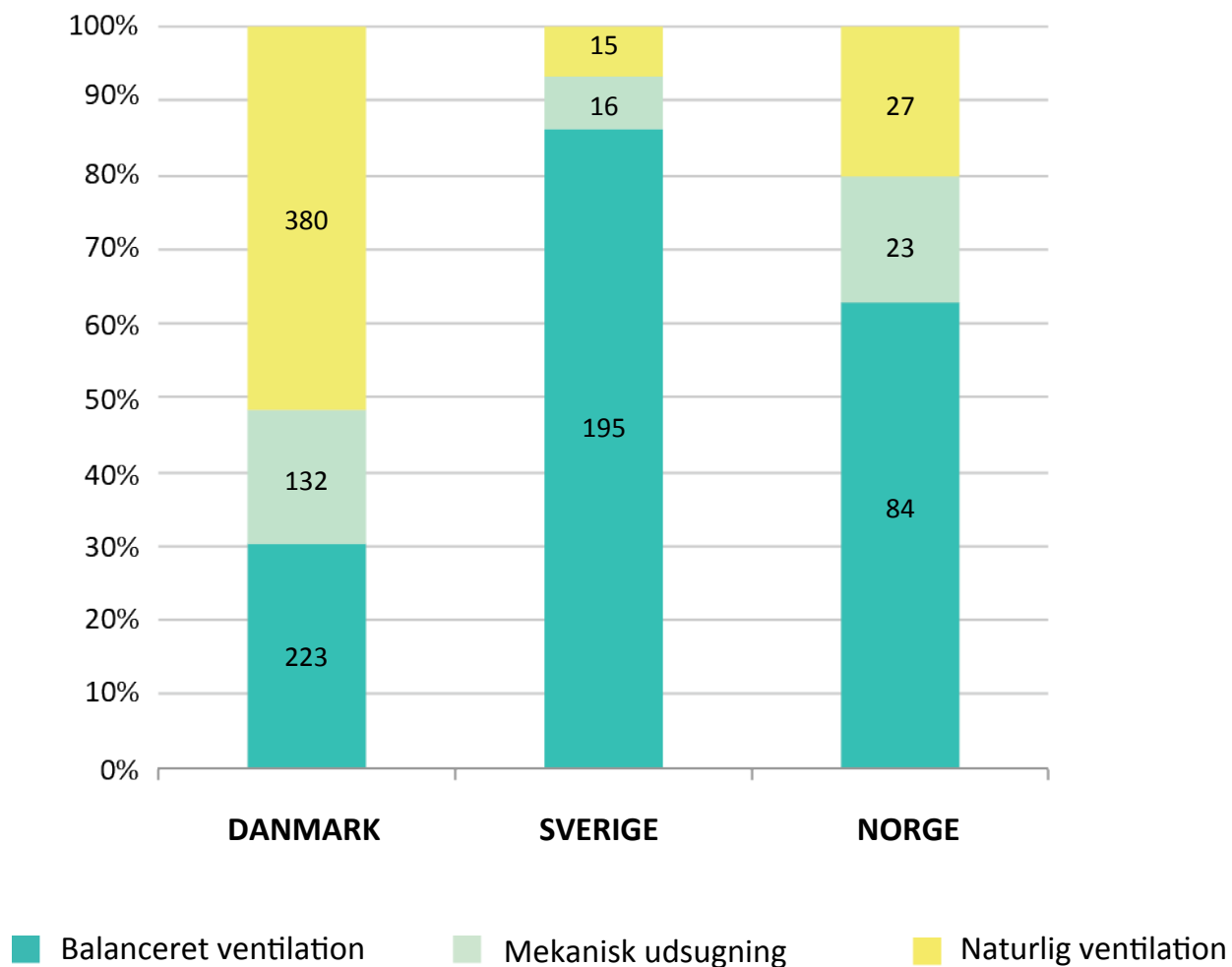


3001 – 4000 ppm





VENTILATIONSFORM, NORDEN



VORES NABOLANDE

KRAV TIL INDEKLIMA I FORSKELLIGE LANDE

	Temperatur min. vinter [°C]	Temperatur max. sommer [°C]	Ventilationsrate [l/s pr. person]	Ventilationsrate [l/s pr. m ²]	CO ₂ max. [%/ppm]	Belysningsstyrke [lux]
DANMARK	20	26	5	0,35	0,1	300
SVERIGE	20	26	7	0,35	1000	150
NORGE	20	26	7	0,7-2,0	1000	300
FINLAND	21	25	6	0,35	1200	-
TYSKLAND	20	26	-	-	1000	300

VORES NABOLANDE

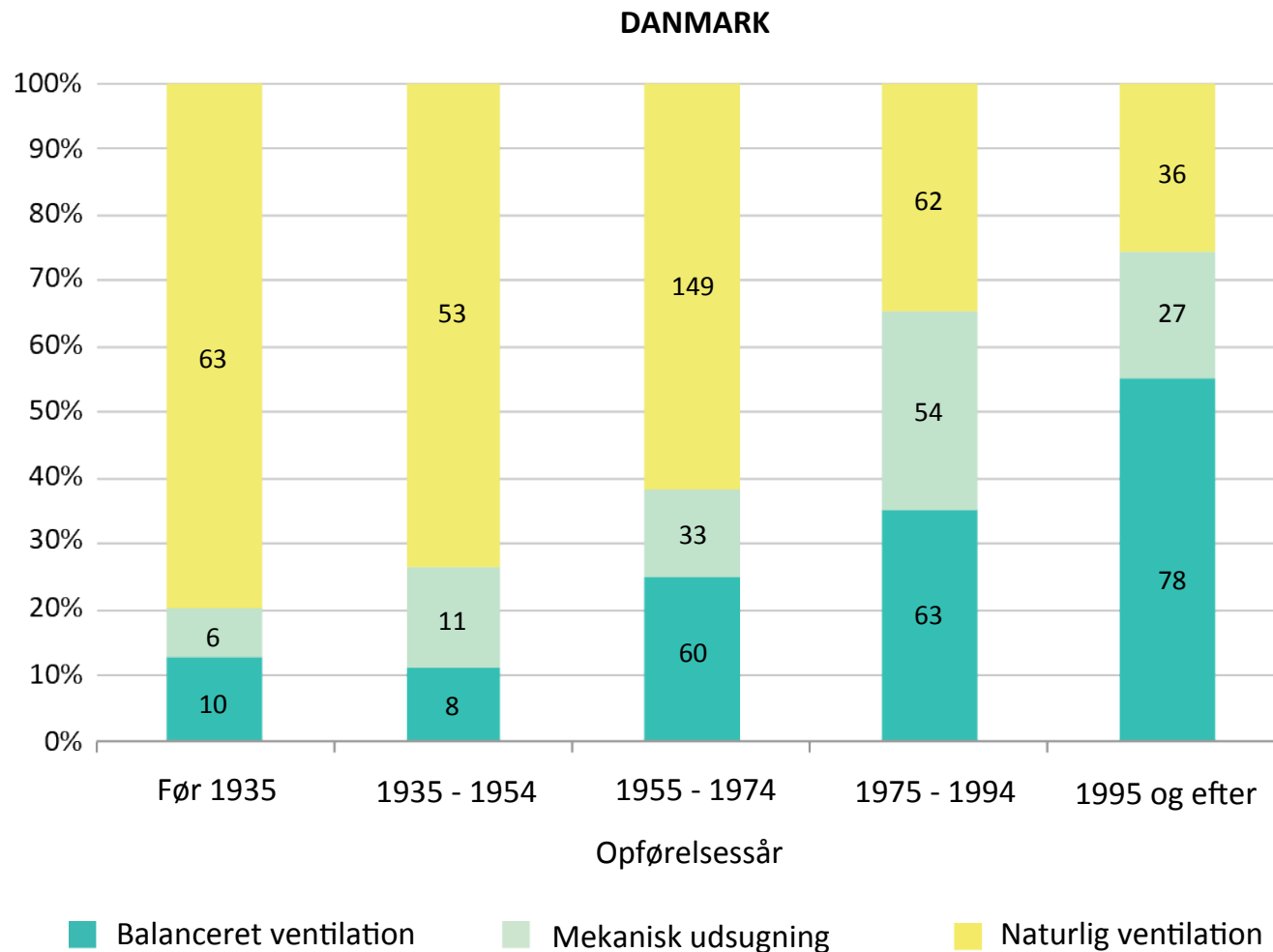
KRAV TIL INDEKLIMA I FORSKELLIGE LANDE

	Temperatur min. vinter [°C]	Temperatur max. sommer [°C]	Ventilationsrate [l/s pr. m ²]	Ventilationsrate [l/s pr. m ²]	CO ₂ max. [%/ppm]	Belysningsstyrke [lux]
DANMARK	20	26	0,35	0,35	0,1	300
SVERIGE	20	26	0,5	0,5	1000	150
NORGE	20	26	2,0	2,0	1000	300
FINLAND	21	25	0,35	0,35	1200	-
TYSKLAND	20	26	-	-	1000	300

**IKKE STOR
FORSKEL!**

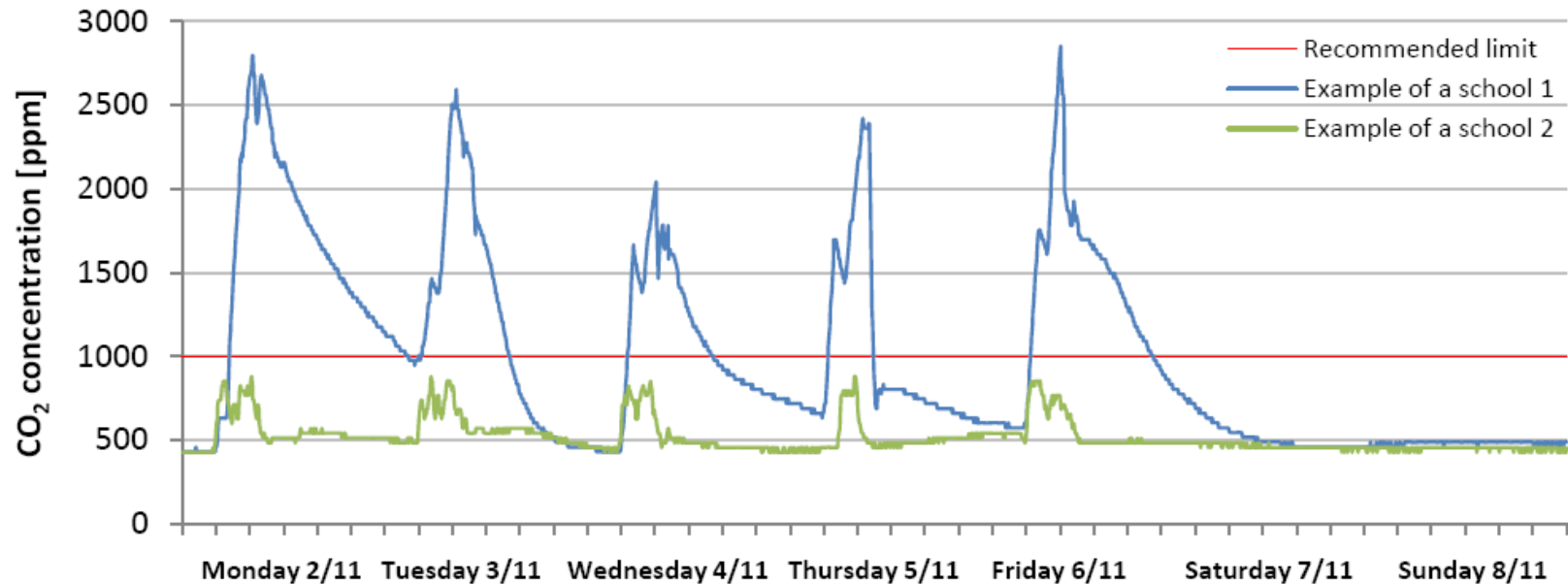
Regelmæssige og fokuserede tilsyn samt lokalt forankret ansvar!

ÆNDRINGER OVER TID



EKSEMPEL PÅ CO₂ KONCENTRATIONER

- Målt i en god og en mindre god skole



FOREBYGGELSESPAKKE
**INDEKLIMA
I SKOLER**

- Simple dagligdags rutiner
- Undervisning af elever
- Inddragelse af brugere

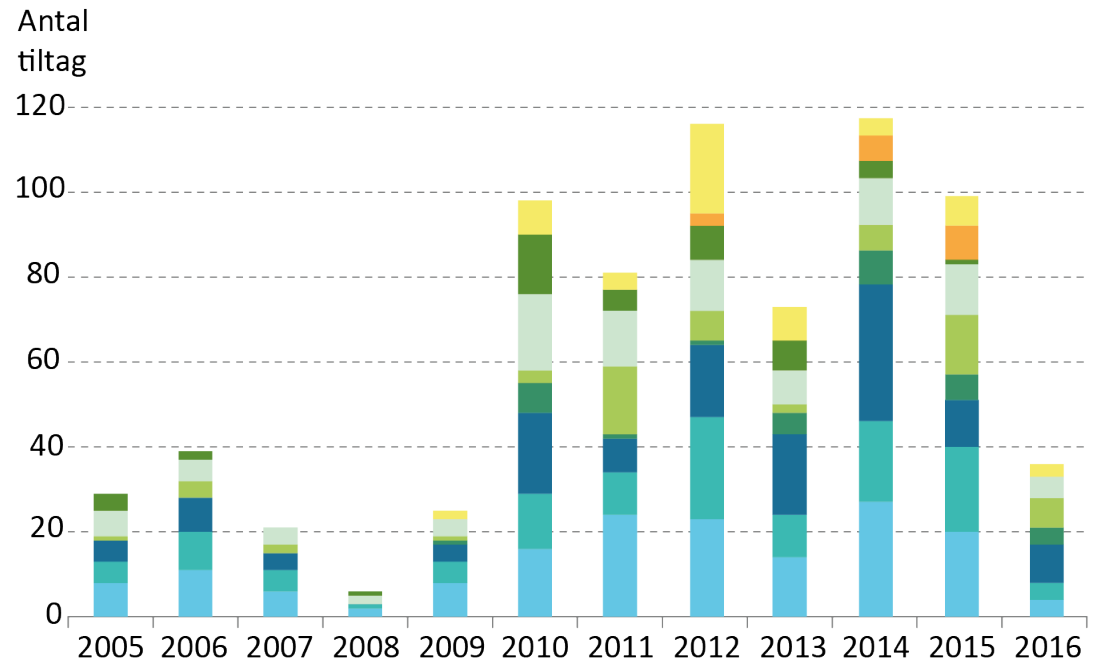
**RENOVERING I
PERIODEN
2005 - 2016**

**336 SKOLER
FORDELT PÅ 45
KOMMUNER**

**I ALT 742
RENOVERINGS-
TILTAG**

RENOVERINGS- PRAKSIS

■ Facade/tag ■ Vinduer/solafskærmning ■ Ventilation ■ Akustik
■ Varmesystem ■ Belysning ■ Bæredygtig energi ■ Helhedesrenovering ■ Andet



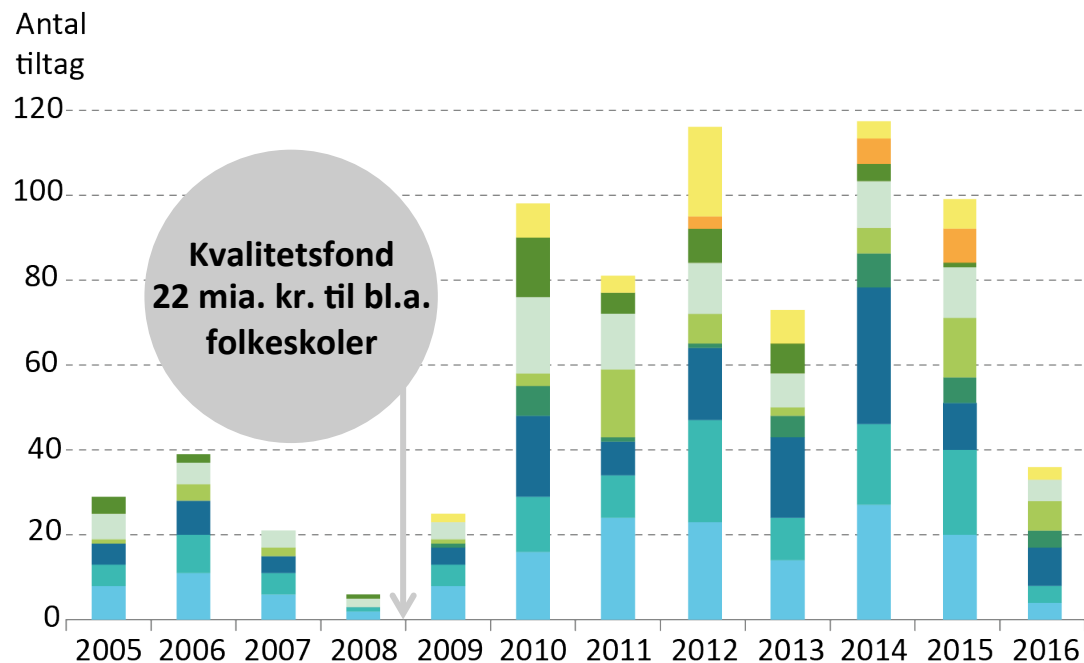
**MARKANT
STIGNING I
RENOVERING I
2010 - 2015**

**KVALITETSFOND
INDFØRT I 2007
MED VIRKE I
2009 - 2018**

**KVALITETSFOND
50 MIA. KR.
I ALT**

RENOVERINGS PRAKSIS

■ Facade/tag ■ Vinduer/solafskærmning ■ Ventilation ■ Akustik
■ Varmesystem ■ Belysning ■ Bæredygtig energi ■ Helhedsrenovering ■ Andet

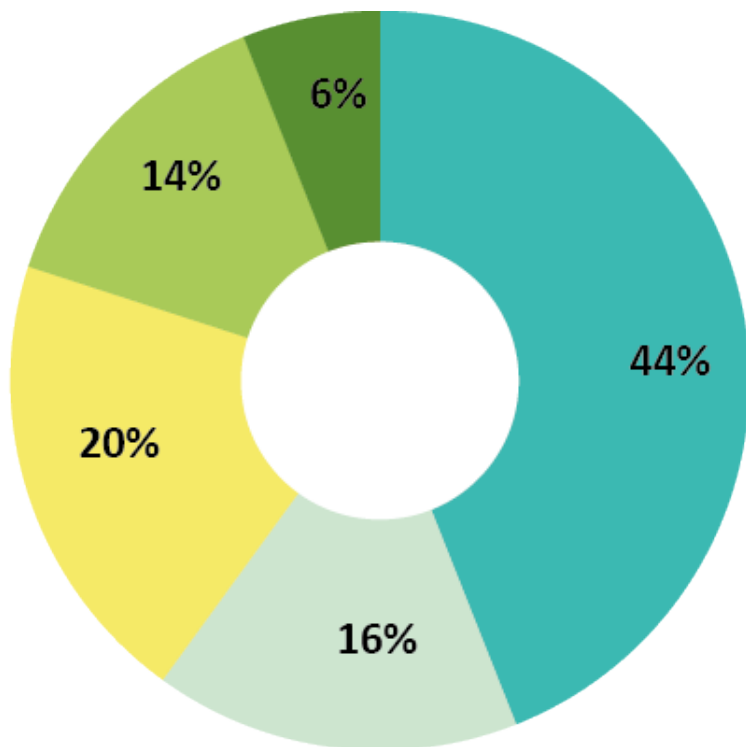


EN NY RUNDE MÅLINGER I 2014....

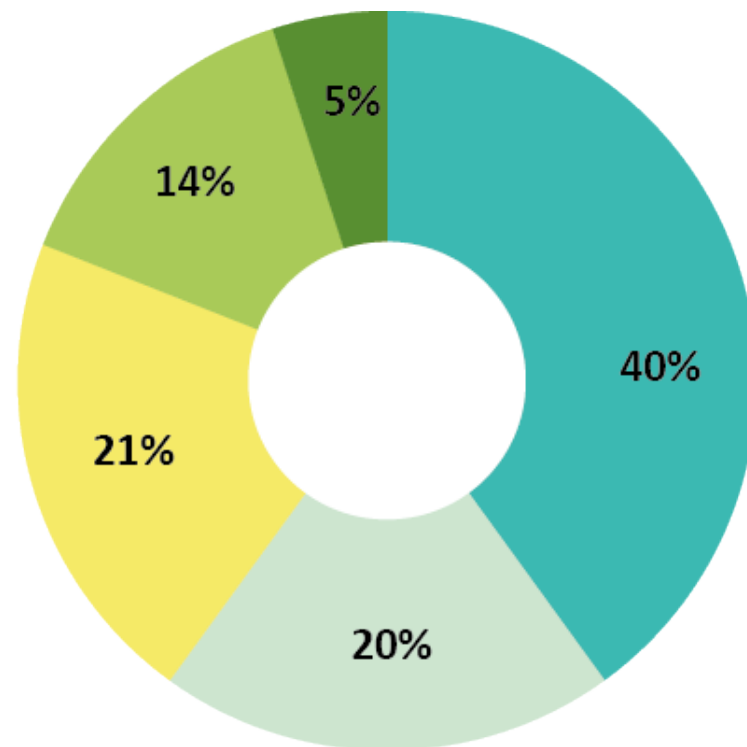


CO₂ KONCENTRATION

2009



2014



400-1000 ppm



1001 – 1500 ppm



1501 – 2000 ppm



2001 – 3000 ppm



3001 – 4000 ppm

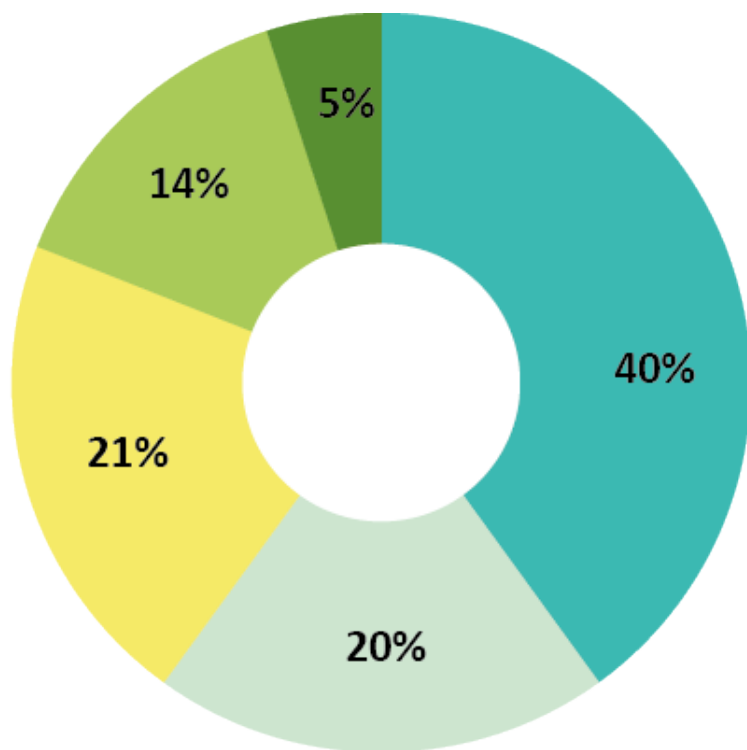


” De kan jo bare åbne vinduerne! ”

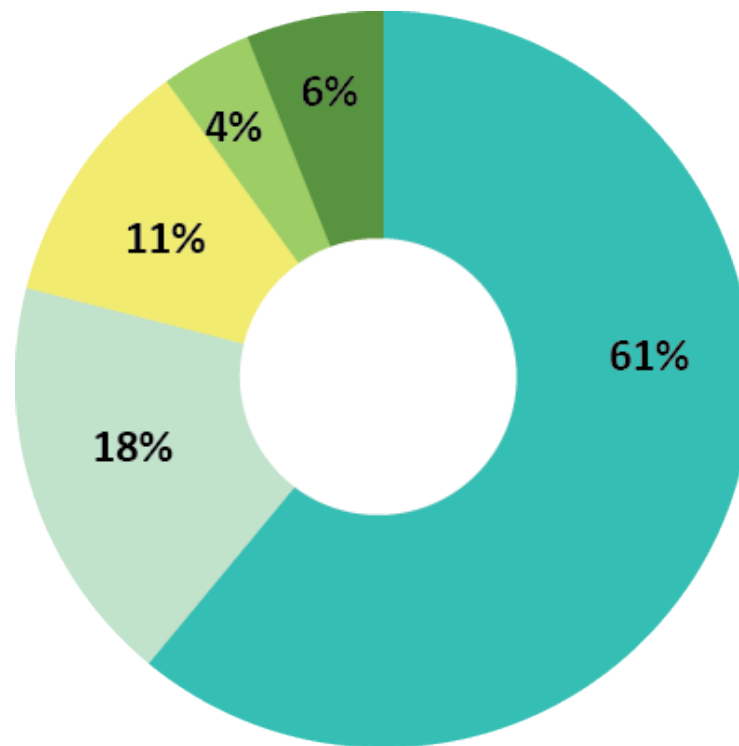
Citat fra en tidligere undervisningsminister

CO₂ KONCENTRATION

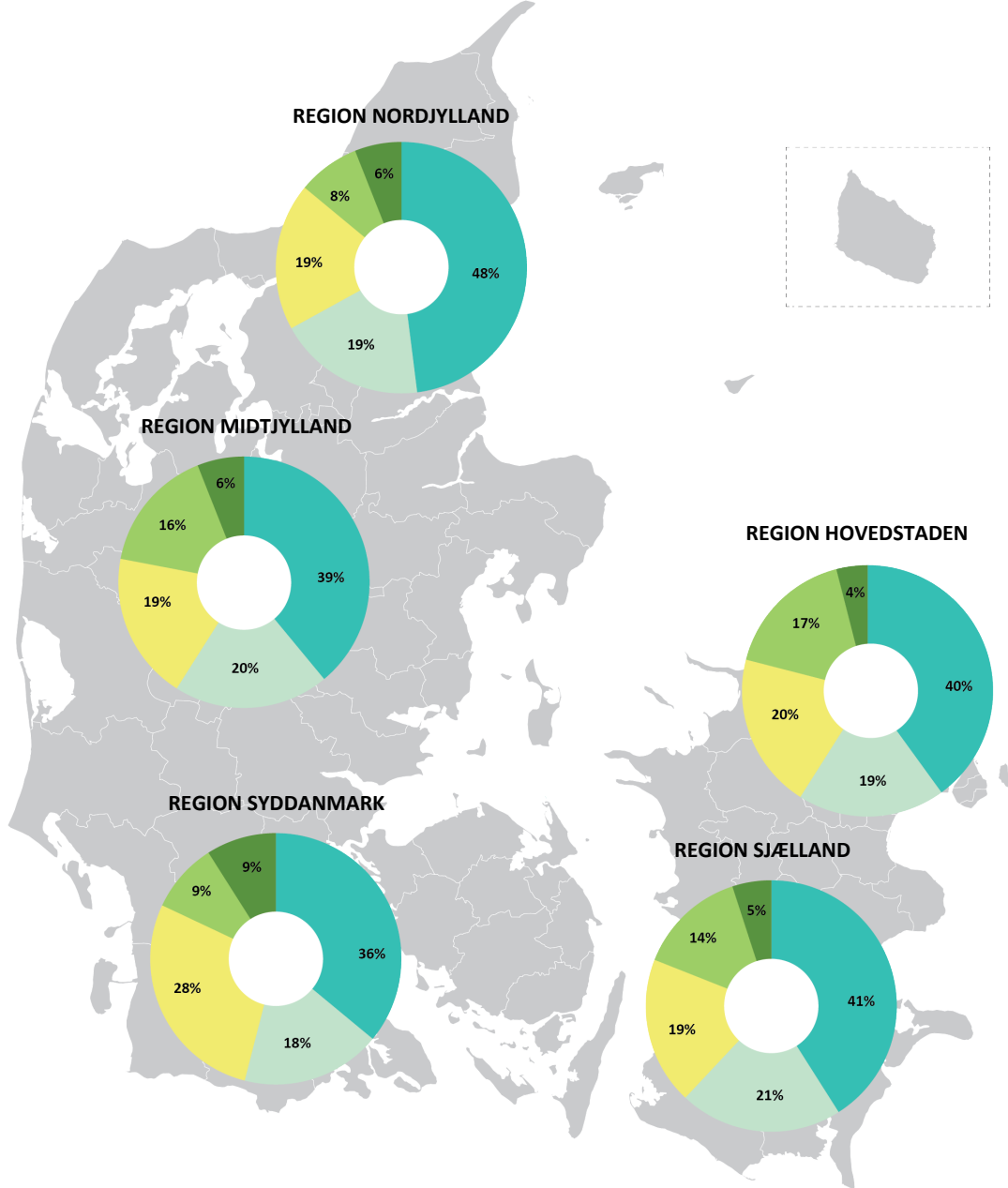
Dag 1



Dag 8



400-1000 ppm ■ 1001 – 1500 ppm ■ 1501 – 2000 ppm ■ 2001 – 3000 ppm ■ 3001 – 4000 ppm ■

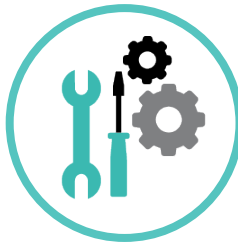


400-1000 ppm ■ 1001 – 1500 ppm ■ 1501 – 2000 ppm ■ 2001 – 3000 ppm ■ 3001 – 4000 ppm ■

FREMTIDIGE FOKUSOMRÅDER

PLANLAGTE
ANLÆGS-
INVESTERINGER I
PERIODEN
2016 - 2019

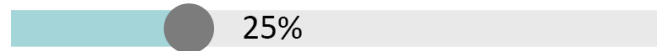
84
KOMMUNER



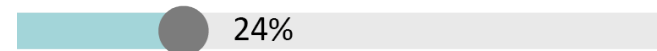
RENOVERING / OMBYGNING



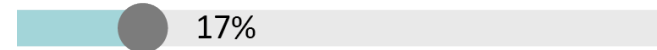
IT / DIGITALISERING



UDBYGNING / UDVIDELSE / TILBYGNING



UDEAREALER / SKOLEGÅRDE



**ANLÆGSLOFTET
ER SÆNKET:
KOMMUNERNE
MÅ PRIORITERE**

**MÅL FOR AT
NEDBRINGE
ENERGI-
FORBRUG**

**ÆNDRINGER:
FOLKESKOLE-
REFORM
OG INKLUSION**

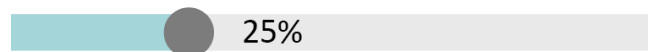
FREMTIDIGE FOKUSOMRÅDER



RENOVERING / OMBYGNING



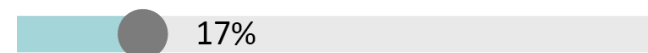
IT / DIGITALISERING



UDBYGNING / UDVIDELSE / TILBYGNING



UDEAREALER / SKOLEGÅRDE



MÅLINGER PÅ SKOLER

**50 SKOLER
I HELE LANDET**

**2-3
KLASSEVÆRELSER
PÅ HVER SKOLE**

**VINTER
PERIODE**

 **50 SKOLER**



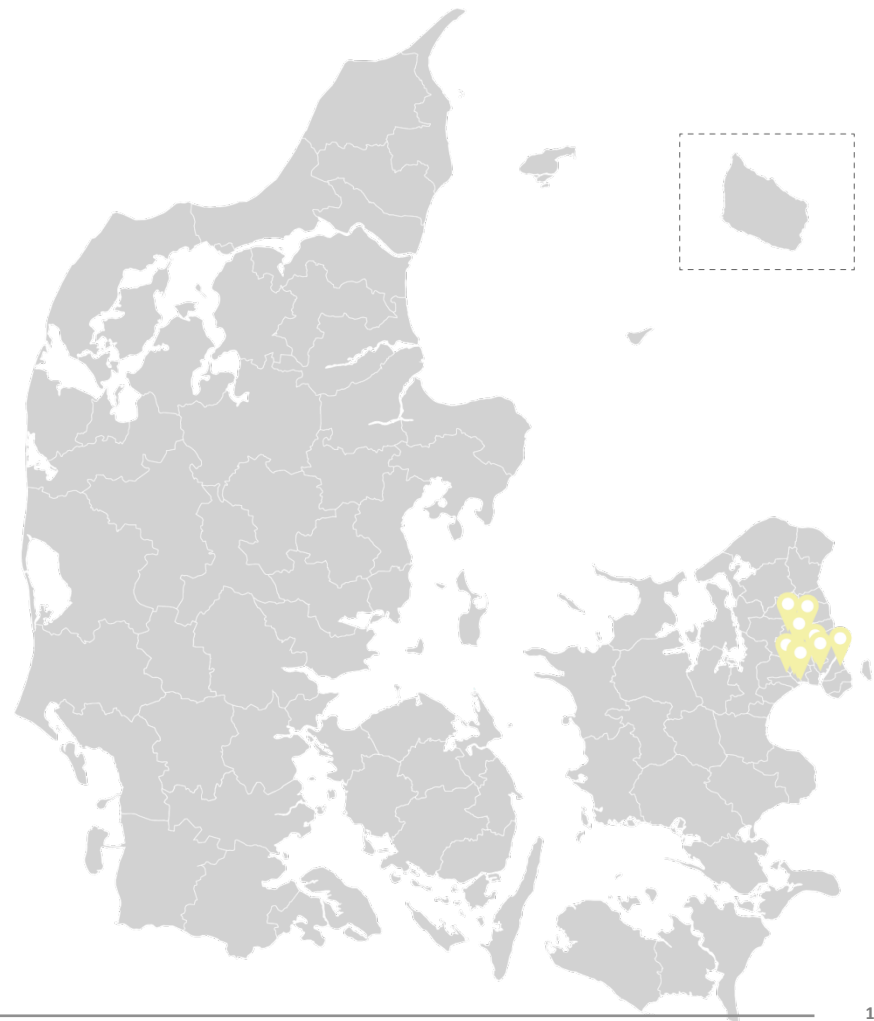
MÅLINGER PÅ SKOLER

**10
SKOLER I STOR-
KØBENHAVN**

 **10 SKOLER**

**8 – 10
KLASSEVÆRELSER
PÅ HVER
SKOLE OG
FAGLOKALER**

**VINTER OG
SOMMER
PERIODE**



MÅLINGER PÅ SKOLER

I ALT
60 SKOLER

I ALT 250
KLASSEVÆRELSER

I ALT 27
FAGLOKALER

 50 SKOLER

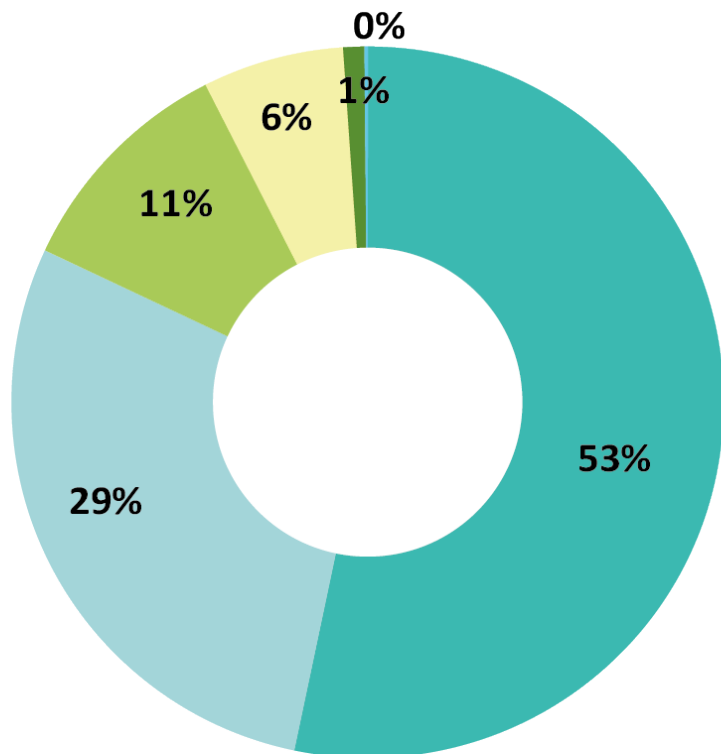
 10 SKOLER



CO₂-KONCENTRATION

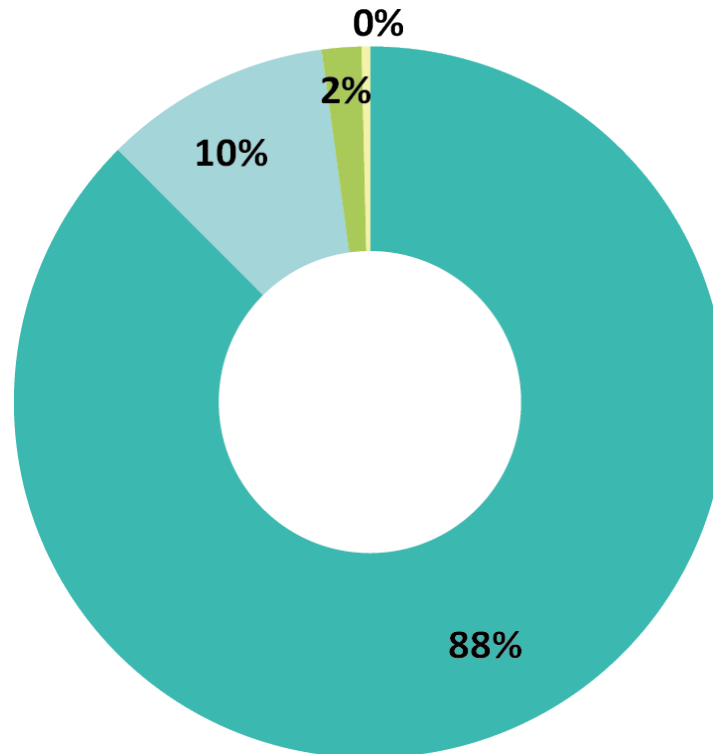
I BRUGSTIDEN

VINTER



245 KLASSEVÆRELSE

SOMMER



82 KLASSEVÆRELSE

400-1000 ppm



1001 – 1500 ppm



1501 – 2000 ppm



2001 – 3000 ppm



3001 – 4000 ppm



TEMPERATUR

Generelt høje temperaturer, både vinter og sommer

- Vinter: 74% af brugstiden var over 22°C
- Sommer: 99% af brugstiden var over 22°C

BELYSNINGSSTYRKE

Oftes lav belysningsstyrke, både vinter og sommer

- Vinter: 49% af brugstiden var under 300 lux.
- Sommer: 37% af brugstiden var under 300 lux

LYDTRYKNIVEAU

Almindelige til høje lydtrykniveauer, både vinter og sommer

- Vinter: 63% af brugstiden var over 65 dB(A)
- Sommer: 63% af brugstiden var over 65 dB(A)

10 BEDSTE OG DÅRLIGSTE KLASSEVÆRELSER

10 BEDSTE – BASERET PÅ CO₂ KONCENTRATION I BRUGSTID - VINTER

Bygningstypologi [-]	Klassetrin [-]	Elevspecifikt volumen [m ³ /elev]	Ventilationsform [-]	CO ₂ Brugstid over 1000 ppm [%]	CO ₂ Brugstid under 800 ppm [%]	Gns. Temperatur [°C]
Åbenplanskole	4. klasse	8,7	Balanceret	0%	100%	22,7
Etageskole	0. klasse	4,1	Balanceret	0%	100%	22,2
Etageskole	2. klasse	9,0	Balanceret	0%	100%	22,6
Åbenplanskole	1. klasse	8,1	Balanceret	0%	100%	23,1
Projektarbejdsskole	7. klasse	9,3	Balanceret	0%	100%	22,6
Kamskole	3. klasse	10,0	Balanceret	0%	99%	22,6
Åbenplanskole	4. klasse	9,0	Balanceret	0%	98%	24,3
Projektarbejdsskole	3. klasse	7,6	Balanceret	0%	98%	21,3
Åbenplanskole	4. klasse	5,8	Balanceret	0%	94%	21,1
Kamskole	4. klasse	7,6	Balanceret	0%	94%	21,6

10 BEDSTE OG DÅRLIGSTE KLASSEVÆRELSER

10 DÅRLIGSTE – BASERET PÅ CO₂ KONCENTRATION I BRUGSTID - VINTER

Bygningstypologi [-]	Klassetrin [-]	Elevspecifikt volumen [m ³ /elev]	Ventilationsform [-]	CO ₂ Brugstid over 1000 ppm [%]	CO ₂ Brugstid over 2000 ppm [%]	Gns. Temperatur [°C]
Kamskole	0. klasse	8,2	Manuel nat.	98%	28%	22,2
Etageskole	3. klasse	7,7	Manuel nat.	97%	9%	24,6
Åbenplanskole	1. klasse	8,8	Manuel nat.	96%	67%	23,1
Etageskole	9. klasse	9,6	Balanceret	96%	26%	22,4
Etageskole	6. klasse	6,1	Balanceret	95%	60%	21,4
Etageskole	7. klasse	9,1	Balanceret	95%	28%	22,3
Etageskole	7. klasse	5,7	Manuel nat.	95%	59%	23,9
Åbenplanskole	4. klasse	6,3	Manuel nat.	93%	56%	22,7
Kamskole	1. klasse	5,8	Manuel nat.	93%	61%	22,8
Etageskole	7. klasse	5,8	Manuel nat.	92%	45%	22,7

HVAD BETYDER DET DÅRLIGE INDEKLIMA FOR SKOLEGANGEN?



EFFEKTER VED FORBEDRET INDEKLIMA I KLASSEVÆRELSET

Mellemtrin - 4. til 6. klasse

Ca. 300 elever



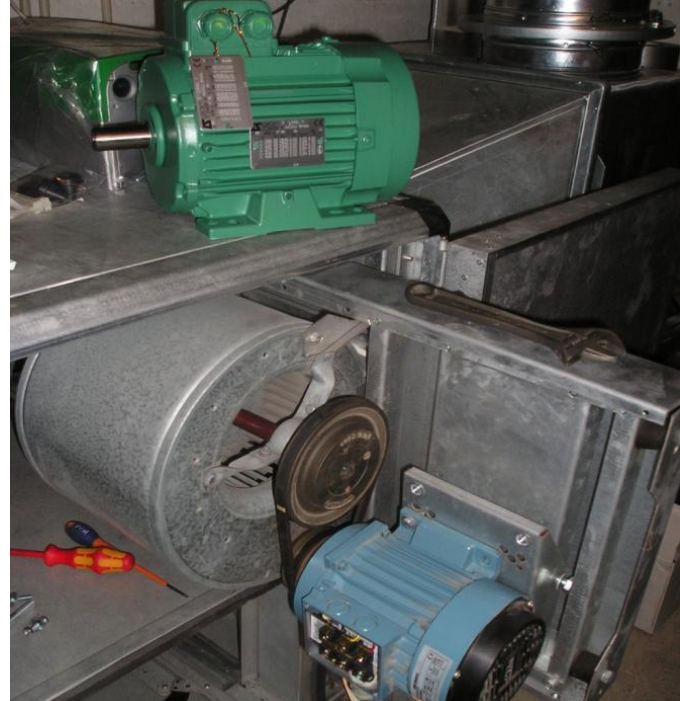
FORBEDRINGER

Luftkvaliteten ændret ved at:

- Øge lufttilførsel
- Udskifte brugt ventilationsfilter med nyt

Temperaturkontrol:

- Køling



PRÆSTATIONSMÅLINGER

4 sproglige test:

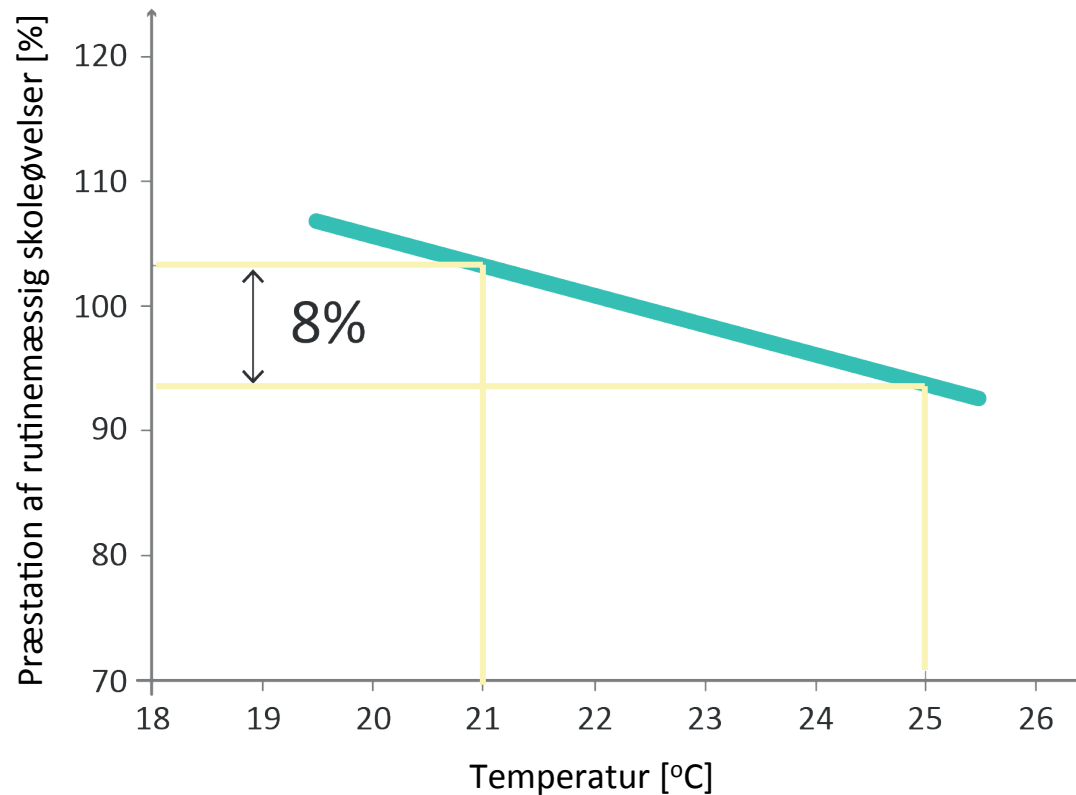
- Lytte-læse
- Læs og forstå
- Evaluering af udsagn
- Korrekturlæsning

4 matematiske test:

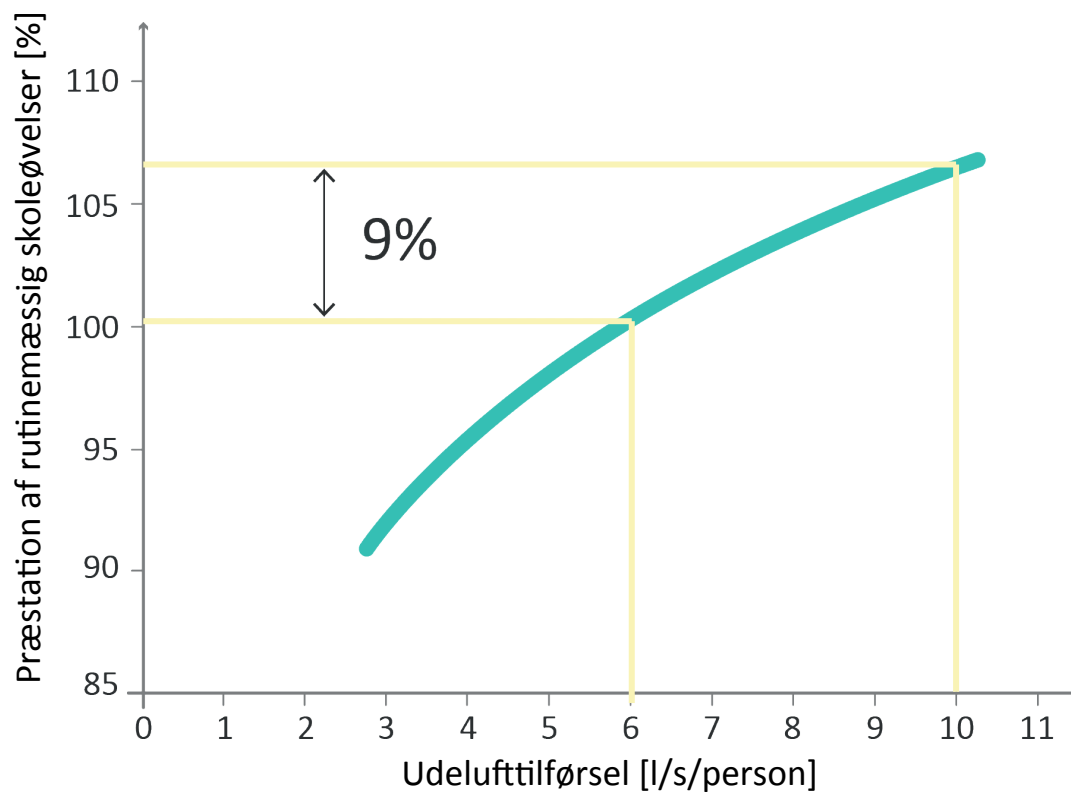
- Subtraktion
- Multiplikation
- Tal sammenligning
- Addition



SAMMENHÆNG MELLEM TEMPERATUR OG PRÆSTATION AF SKOLEARBEJDE



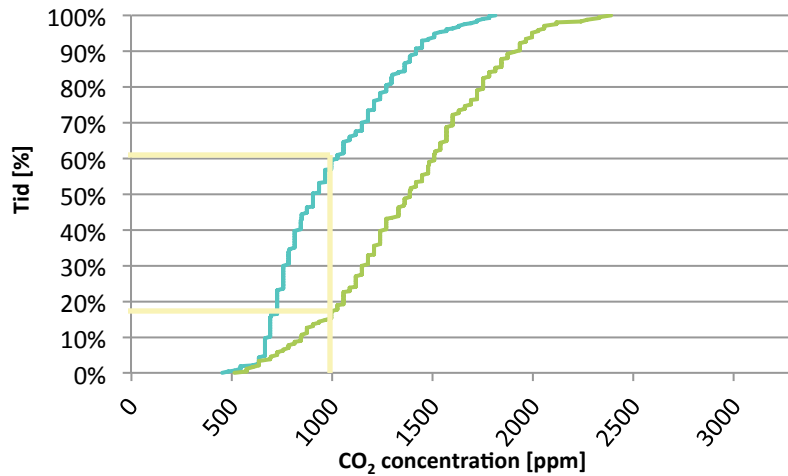
SAMMENHÆNG MELLEM VENTILATION OG PRÆSTATION AF SKOLEARBEJDE



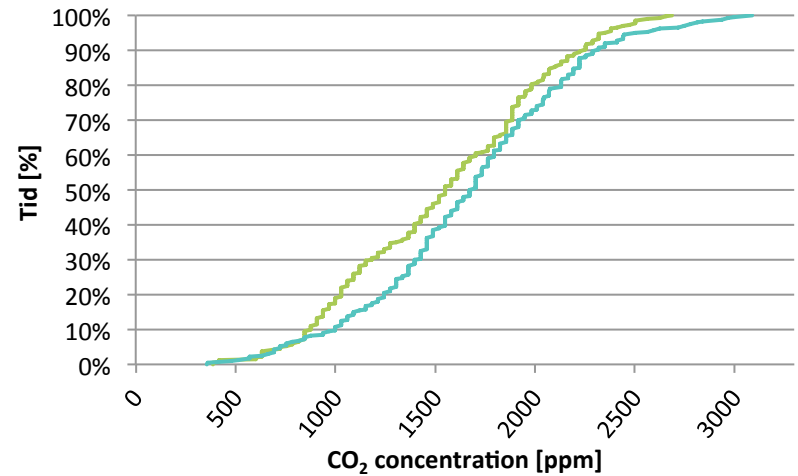
HVAD KAN ELEVER OG LÆRERE SELV GØRE?



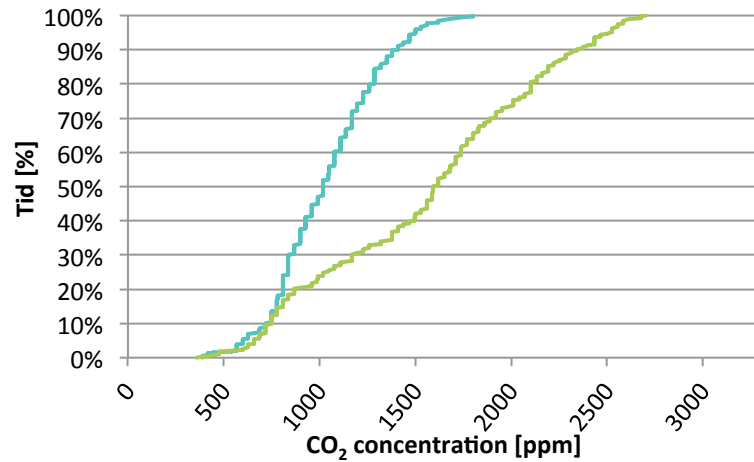
SCENARIO 1. Beordret til at åbne



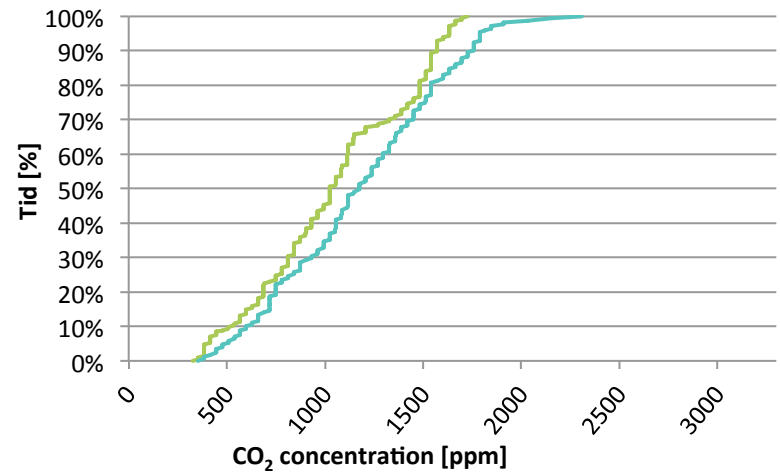
SCENARIO 3. Åbne 5 min. pr. lektion



SCENARIO 2. Opfordret til at åbne



SCENARIO 3. Åbne hvert frikvarter



Interventions uge Normal uge

SPØRGSMÅL?

