INDEKLIMA I SKOLER

REALDANIA FORUNDERSØGELSE

Center for Indeklima og Energi ved Danmarks Tekniske Universitet
Alexandra Instituttet

DTU

I DAG VIL VI TALE OM…

1. STATUS FOR RENOVERING OG INDEKLIMA I DANSKE OG UDENLANDSKE SKOLER
2. HELHEDSVURDERING AF INDEKLIMA I KLASSEVÆRELSER
3. KORTLÆGNINGS- OG INTERVENTIONSSTUDIER

MEN FØRST…

HVORFOR ER DET OVERHOVEDET VIGTIGT?

FOLKESKOLEN…

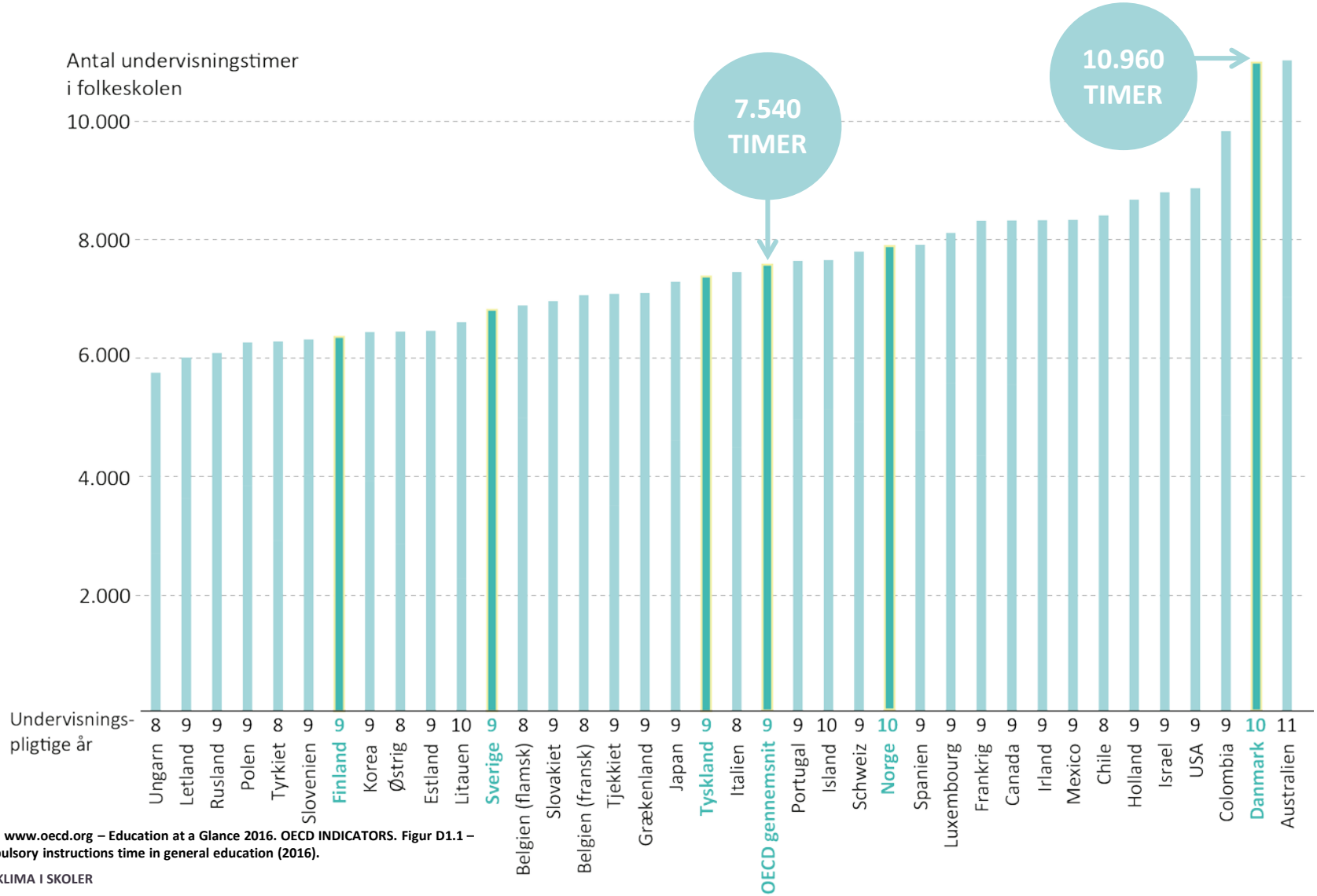
1.289 SKOLER

537.097 ELEVER

55.825 LÆRERE MV.

Kilde: www.uvm.dk – Antal grundskoler. Elevtal. Pædagogisk personale i grundskolen.

SKOLEDAGEN ER LANG…



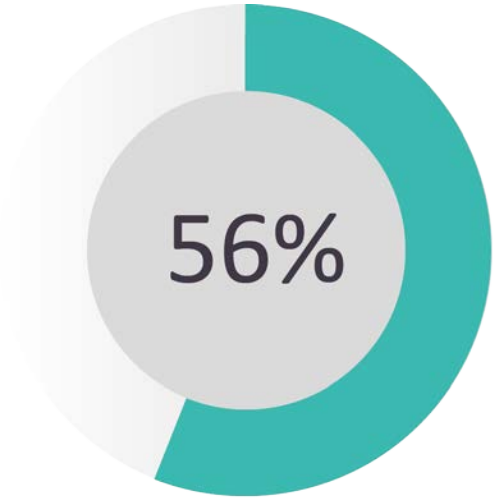
Kilde: www.oecd.org – Education at a Glance 2016. OECD INDICATORS. Figur D1.1 – Compulsory instructions time in general education (2016).

HVORDAN HAR DET SET UD TIDLIGERE?

MASSEEKSPERIMENTET

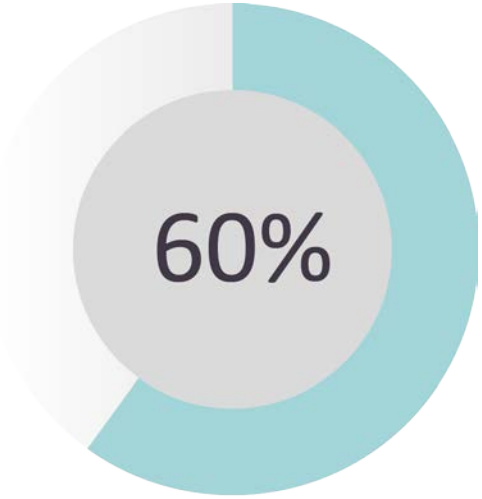
KLASSER MED CO_2-KONCENTRATION OVER 1000 PPM

DK 2009



330 SKOLER
743 KLASSEVÆRELSER

DK 2014



262 SKOLER
785 KLASSEVÆRELSER

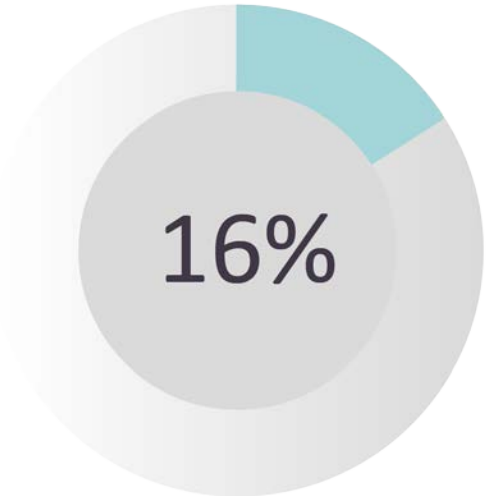
Kilde: MasseEksperiment 2014. Indeklima i klasselokaler – resultater. Danish Science Factory. Dansk Naturvidenskabsfestival 2014.

HVORDAN HAR DET SET UD TIDLIGERE?

MASSEEKSPERIMENTET

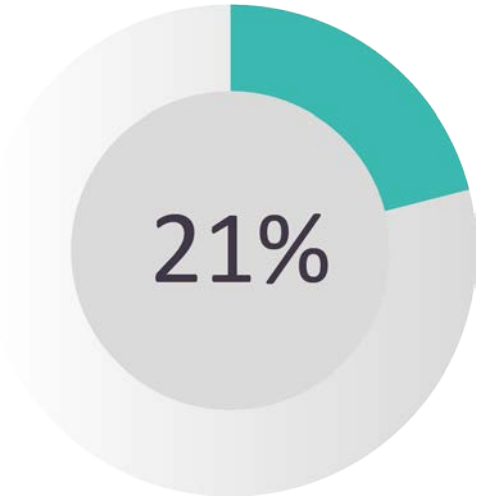
KLASSER MED CO_2-KONCENTRATION OVER 1000 PPM

SVERIGE 2009



170 SKOLER
448 KLASSEVÆRELSER

NORGE 2009



135 SKOLER
238 KLASSEVÆRELSER

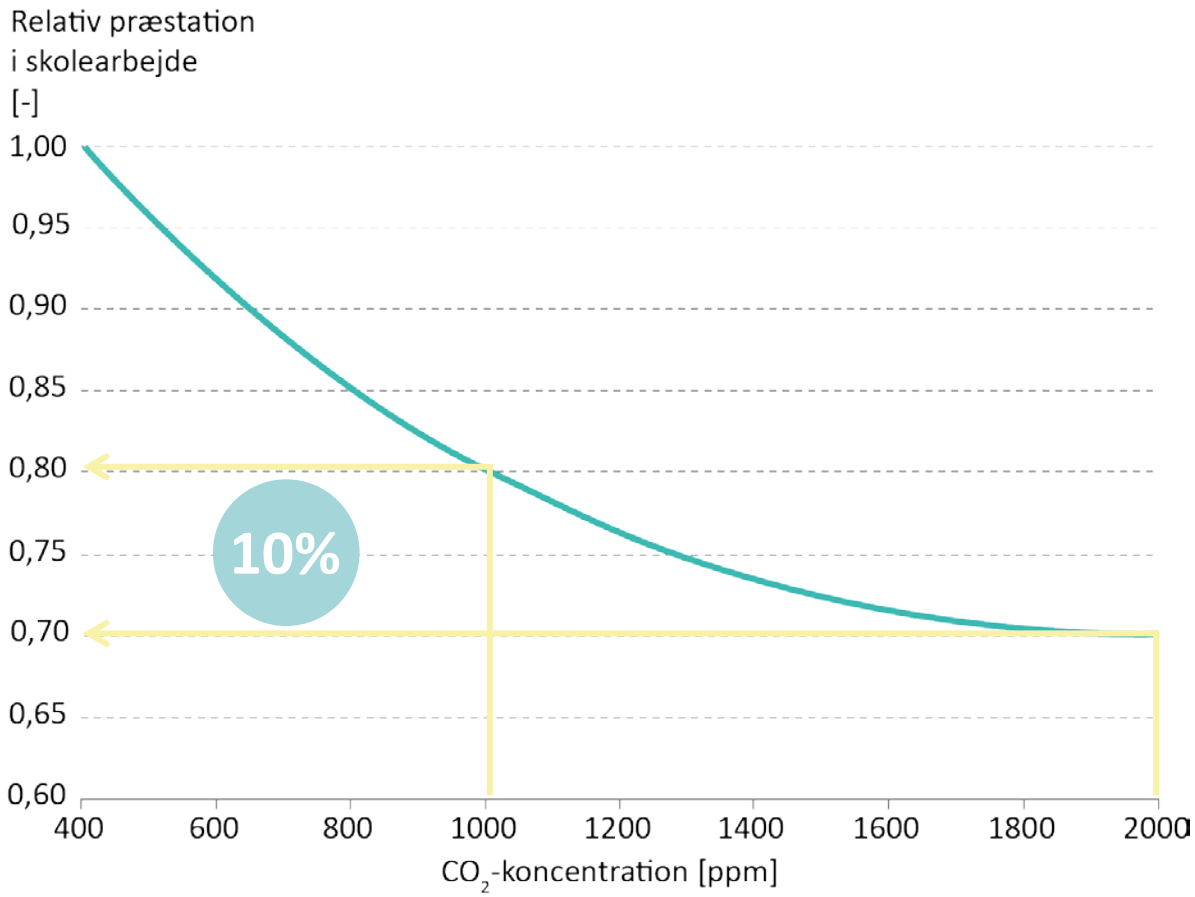
Kilde: MasseEksperiment 2009. Indeklima i klasselokaler . Elever undersøger indeklima i klasselokaler – rapport om resultater fra Masseeksperiment 2009. Dansk Naturvidenskabsfestival 2009.

VI VED DET BETYDER NOGET…

CO_2-KONCENTRATION OG PRÆSTATION I SKOLEN

5 STUDIER I KOGNITIVE TESTS:
REAKTIONSEVNE, KONCENTRATION, HUKOMMELSE MV.

4 STUDIER I SKOLEOPGAVER:
MATEMATIK, LOGISK TÆNKNING, LÆSNING MV.



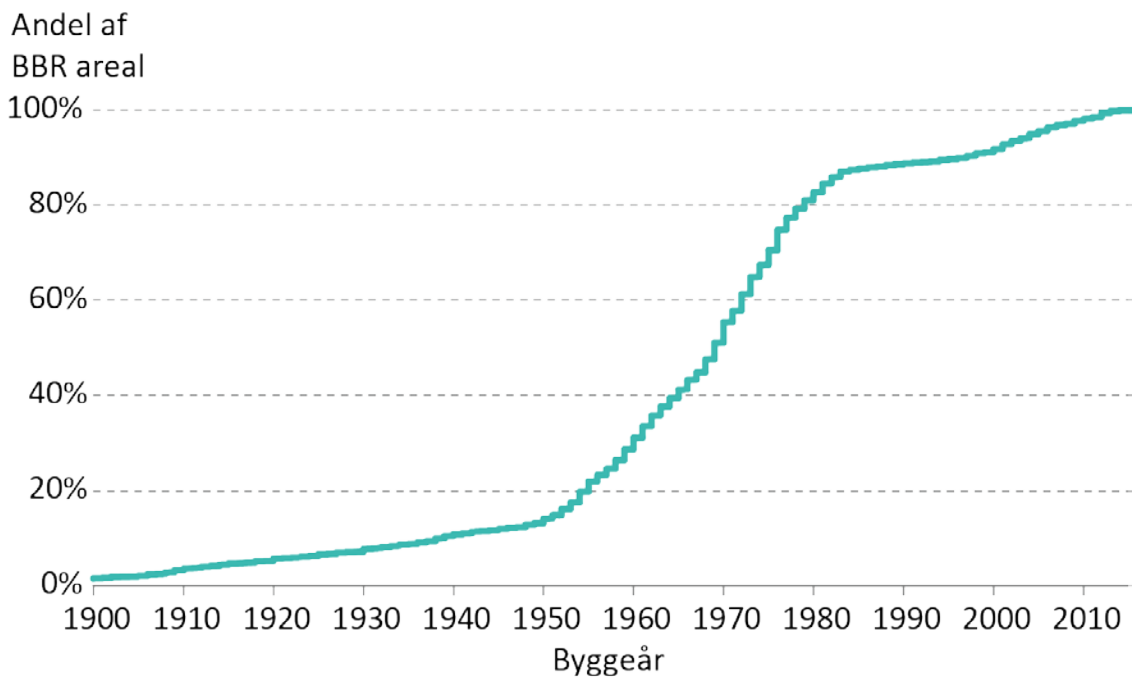
Kilde: Wargocki, Pawel. Porras-Salazar, Jose Ali. (2017). CO_2 and Learning Performance. Danmarks Tekniske Universitet. (Endnu ikke udgivet).

STATUS FOR RENOVERING OG INDEKLIMA I DANSKE OG UDENLANDSKE SKOLER

FOLKESKOLEBYGNINGER

BBR AREAL

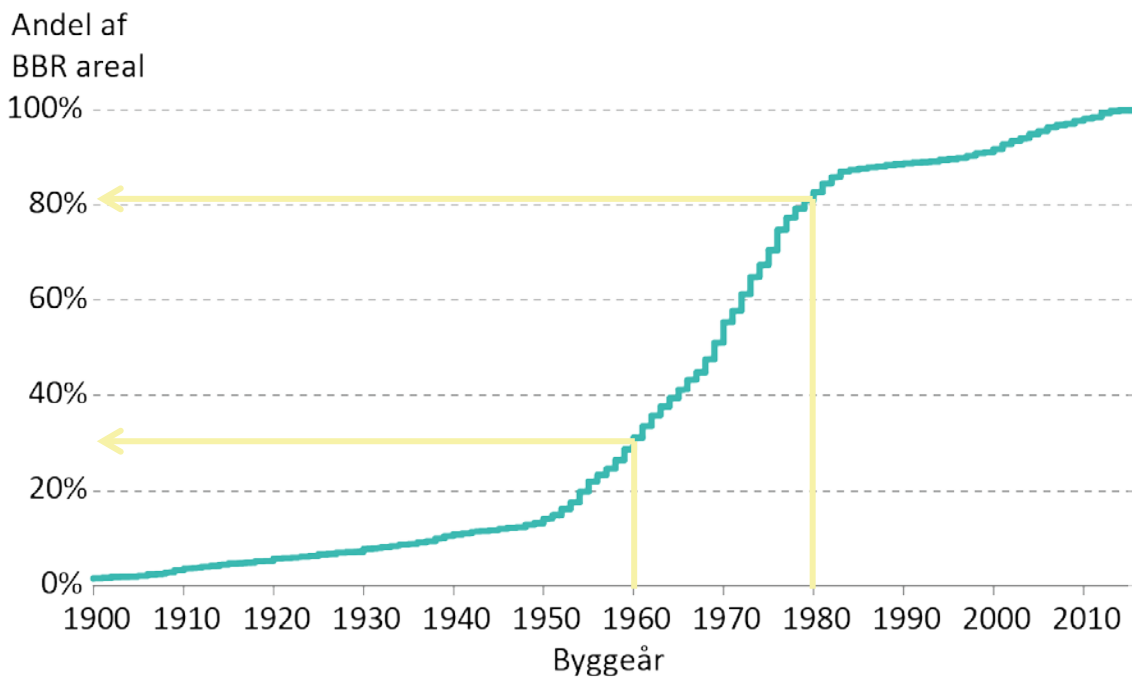
8.210.000 m²



FOLKESKOLEBYGNINGER

50%

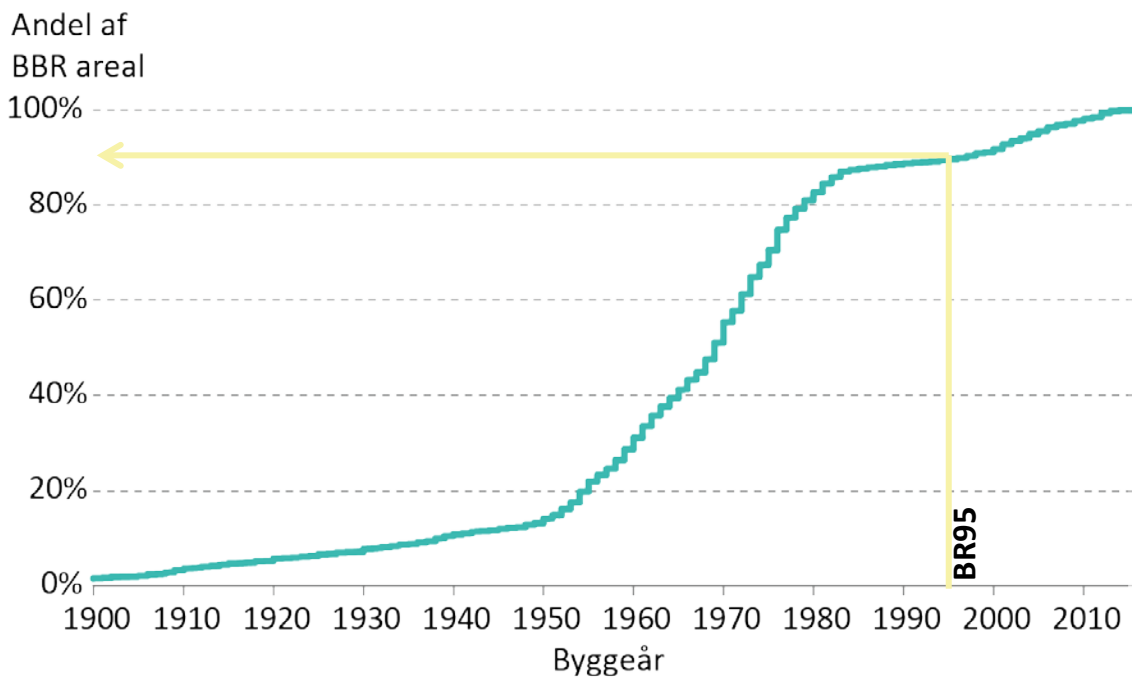
er bygget i 1960'erne og 1970'erne



FOLKESKOLEBYGNINGER

10%

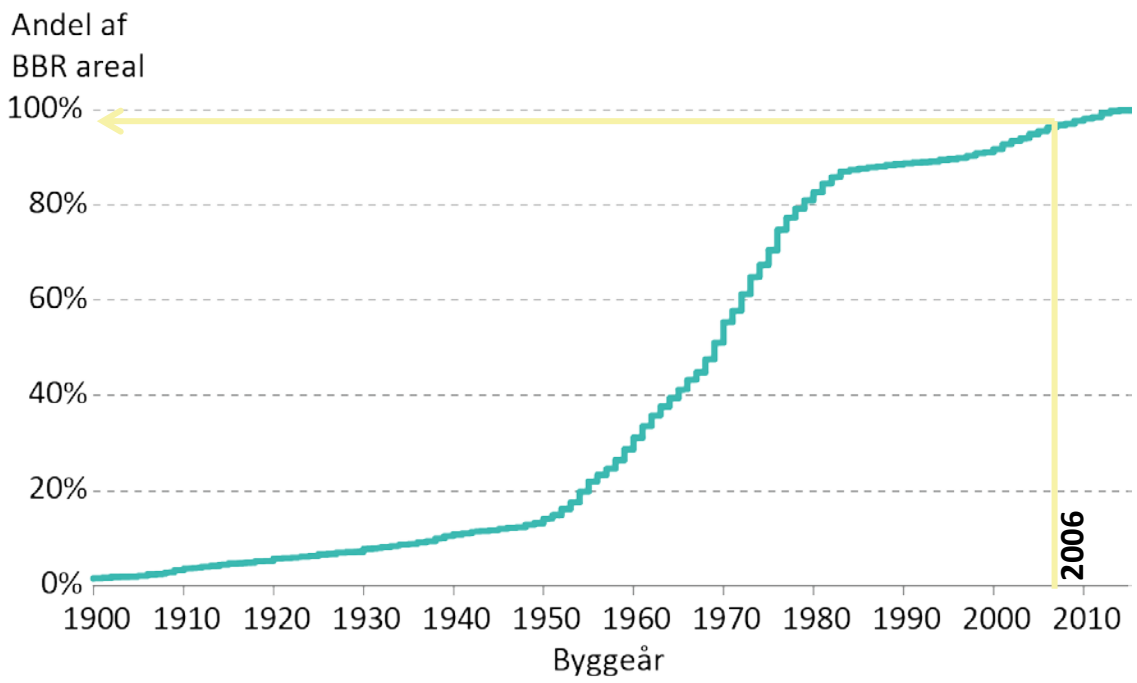
er bygget efter der første gang optrådte energirammekrav til bygninger, i år 2006 (tillæg til BR95)



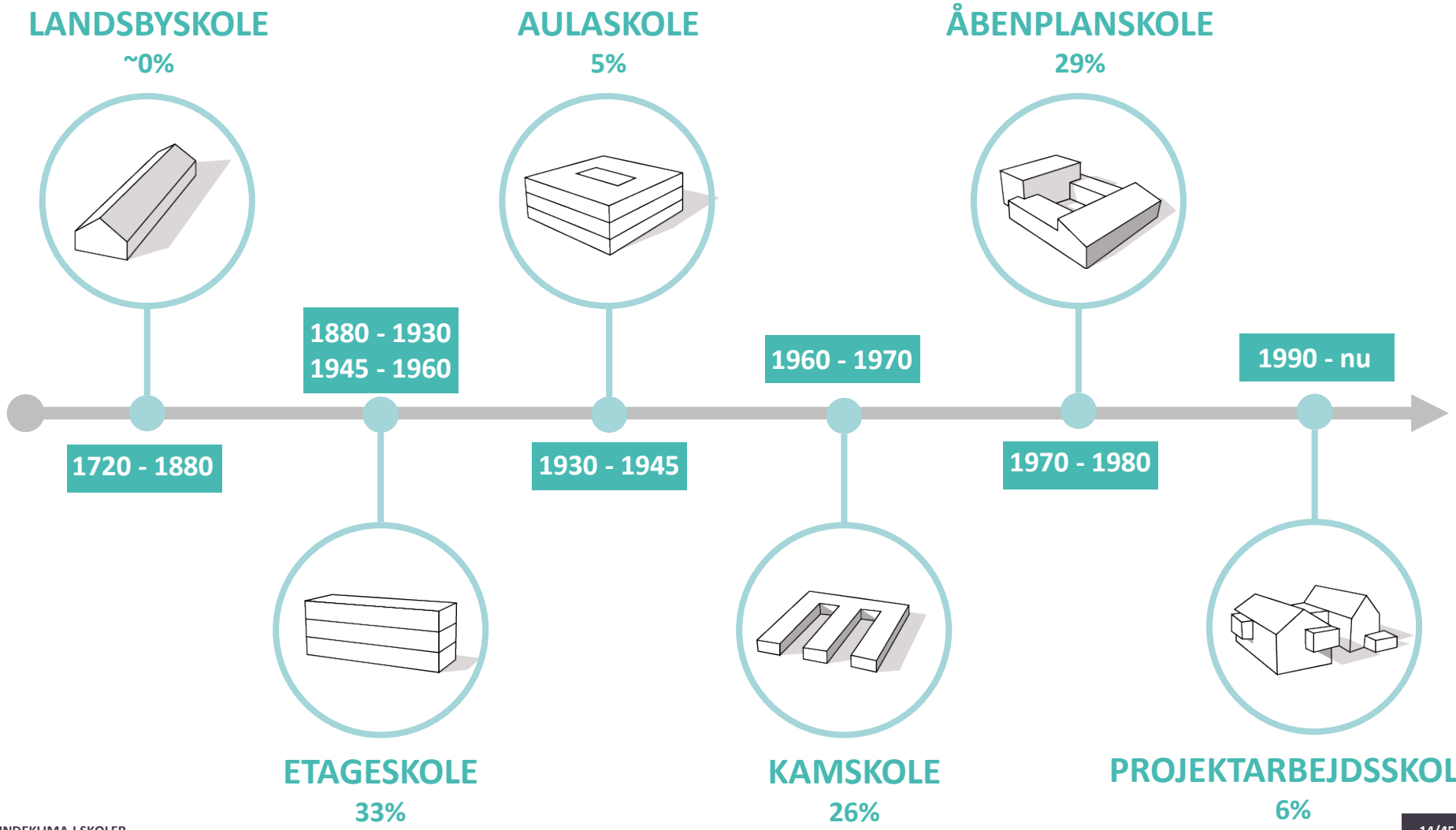
FOLKESKOLEBYGNINGER

5%

er bygget efter der første gang optrådte energirammekrav (som vi kender dem i dag) til bygninger, i år 2006 (tillæg til BR95)



FOLKESKOLEBYGNINGER - BYGNINGSTYPOLOGI



RENOVERINGSPRAKSIS

RENOVERING I PERIODEN 2005 - 2016

336 SKOLER FORDELT PÅ 45 KOMMUNER

I ALT 929 RENOVERINGS-TILTAG

FACADE / TAG

21%

VINDUER / SOLAFSKÆRMNING

18%

VENTILATION

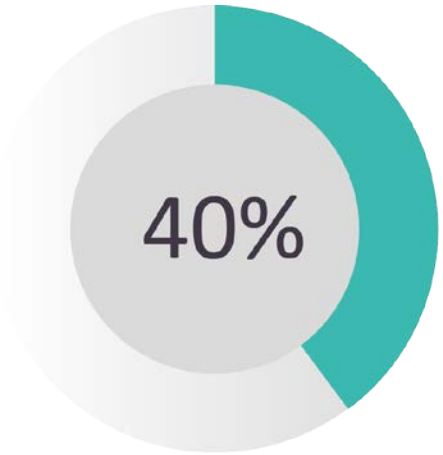
18%

BELYSNING

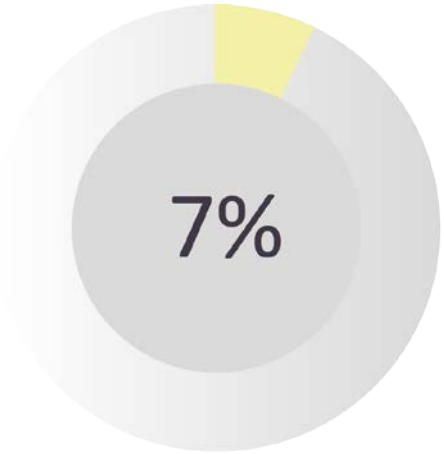
14%

BAGGRUND FOR RENOVERINGER

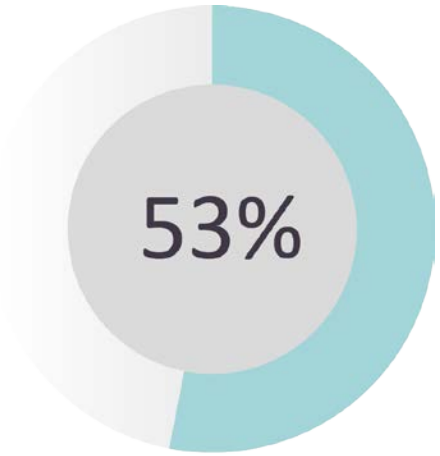
KOMMUNENS EGET INITIATIV



ARBEJDSTILSYNS PÅBUD



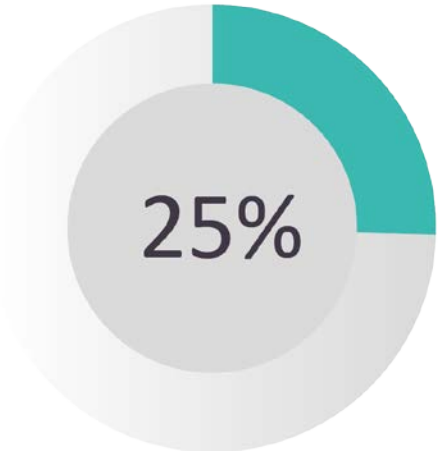
IKKE BESVARET



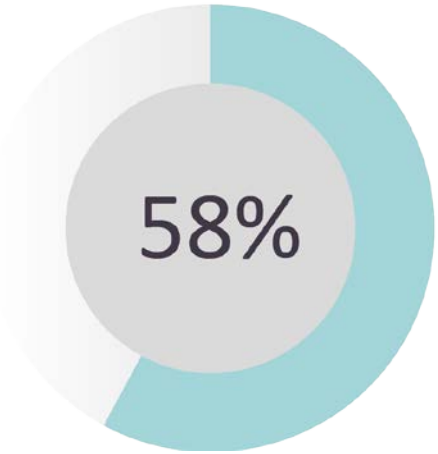
BAGGRUND FOR RENOVERINGER

TILTAG SOM PRIMÆRT UDGJORDE ARBEJDSTILSYNS PÅBUD

VENTILATION



AKUSTIK

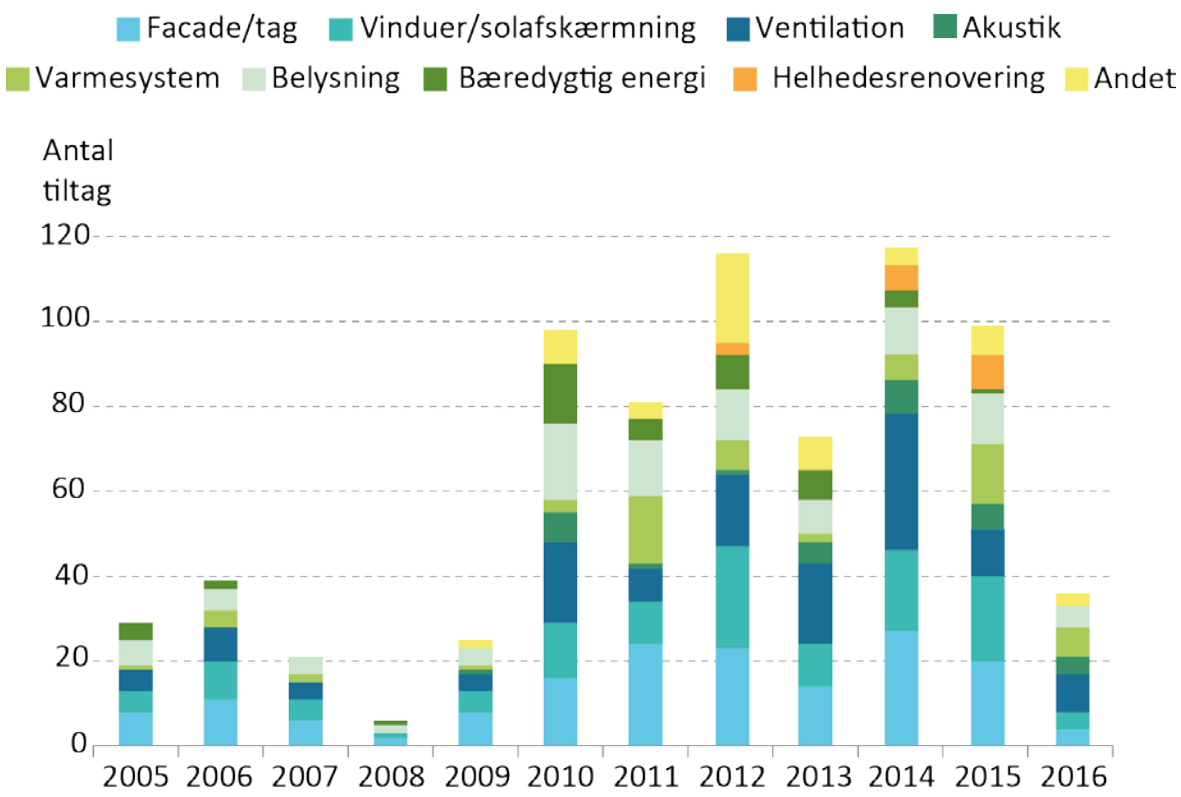


RENOVERINGSPRAKSIS

RENOVERING I PERIODEN 2005 - 2016

336 SKOLER FORDELT PÅ 45 KOMMUNER

I ALT 742 RENOVERINGS-TILTAG

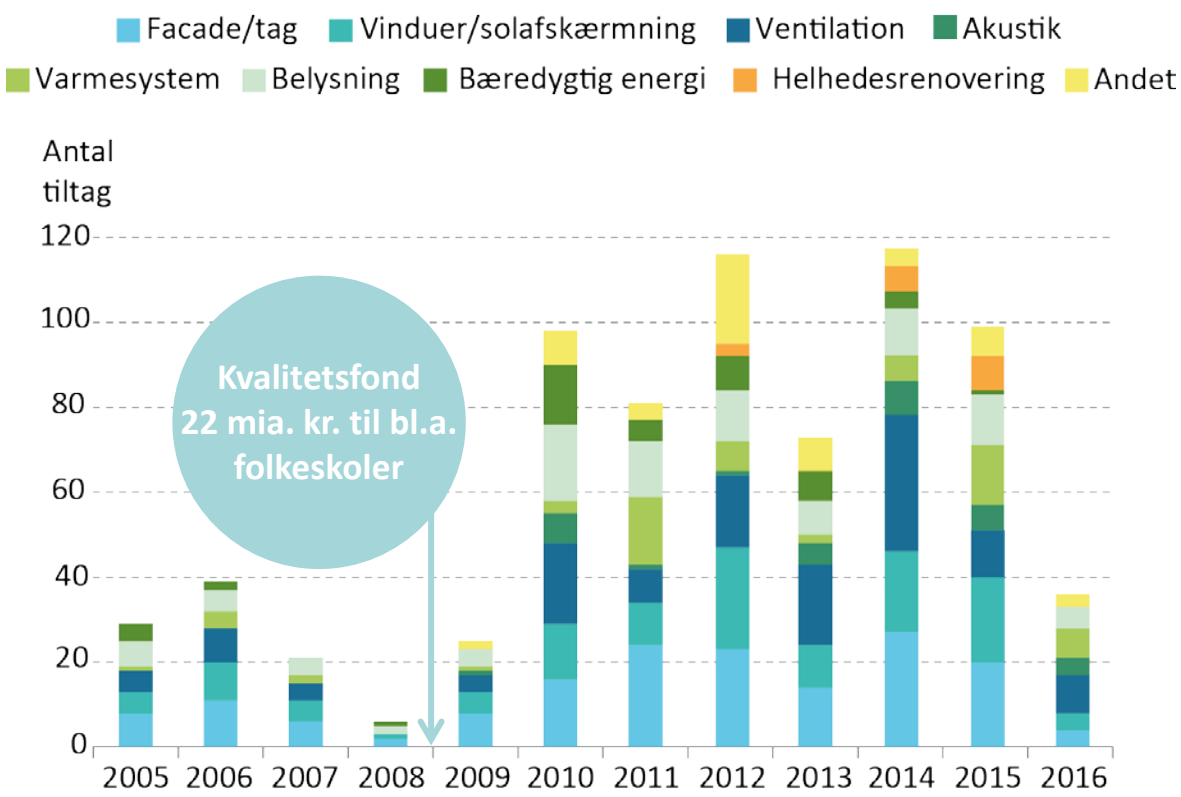


RENOVERINGSPRAKSIS

MARKANT STIGNING I RENOVERING I 2010 - 2015

KVALITETSFOND INDFØRT I 2007 MED VIRKE I 2009 - 2018

KVALITETSFOND 50 MIA. KR. I ALT



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

60%

IT / DIGITALISERING

25%

UDBYGNING / UDVIDELSE / TILBYGNING

24%

UDEAREALER / SKOLEGÅRDE

17%

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. m²]	CO_2 max. [%/ppm]	Belysningsstyrke [lux]
DANMARK	20	26	35	0,1	300
SVERIGE	20	26	5	1000	150
NORGE	20	26	2,0	1000	300
FINLAND	21	25	0,35	1200	-
TYSKLAND	20	26	-	1000	300

IKKE STOR FORSKEL!

Regelmæssige og fokuserede tilsyn samt lokalt forankret ansvar!

HELHEDSVURDERING AF INDEKLIMA I KLASSEVÆRELSER

MÅLINGER PÅ SKOLER

MÅLINGER PÅ SKOLER

50 SKOLER
I HELE LANDET

2–3
KLASSEVÆRELSER
PÅ HVER SKOLE

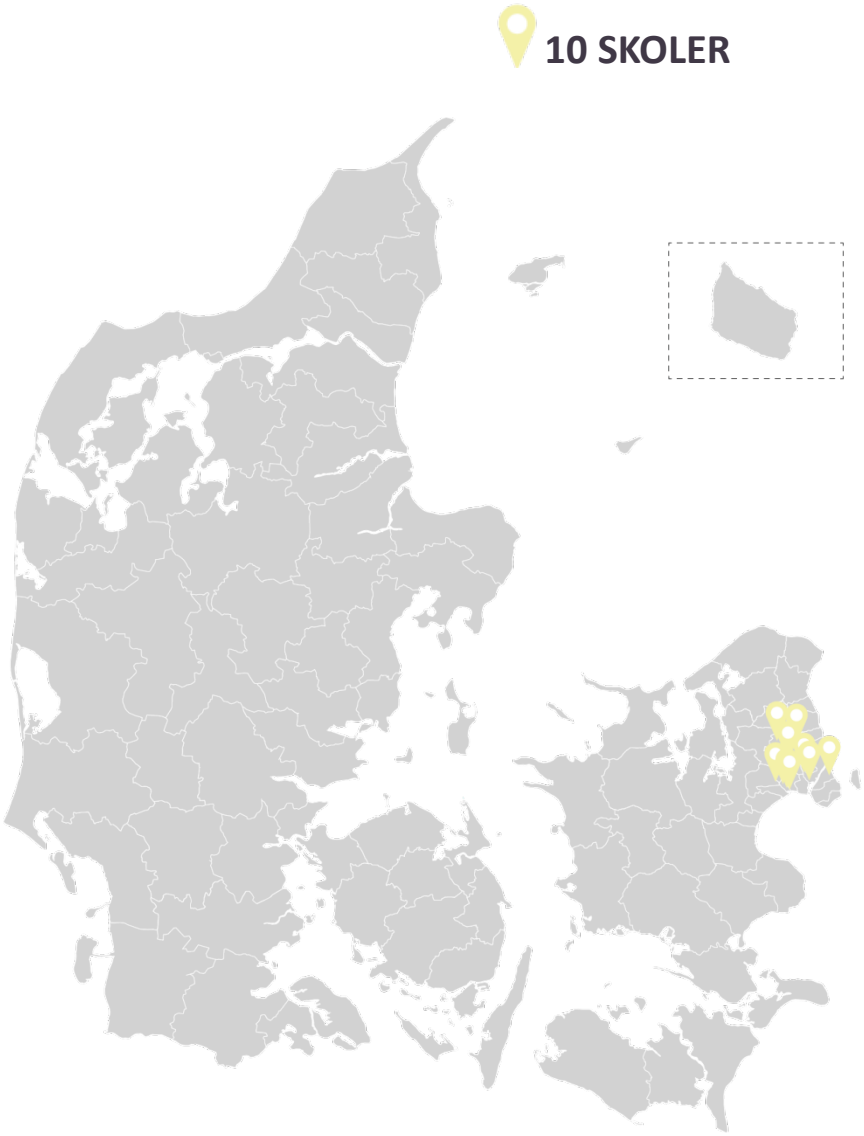
VINTER
PERIODE

MÅLINGER PÅ SKOLER

10
SKOLER I STOR-
KØBENHAVN

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

MÅLINGER OG OBSERVATIONER

MÅLINGER

CO_2-KONCENTRATION

TEMPERATUR

RELATIV LUFTFUGTIGHED

BELYSNINGSSTYRKE

LYDTRYKNIVEAU

OBSERVATIONER

OMGIVELSERNE

BYGNINGERNE

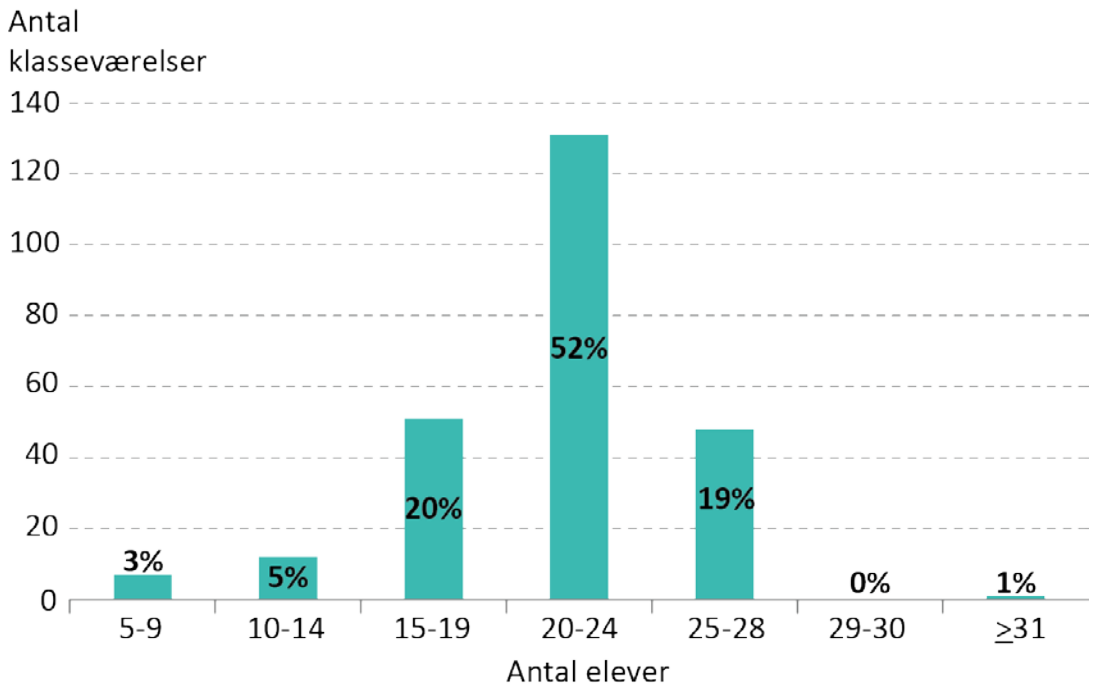
RENGØRING/VEDLIGEHOLD

TEKNISKE INSTALLATIONER

ELEVER OG KLASSEVÆRELSER

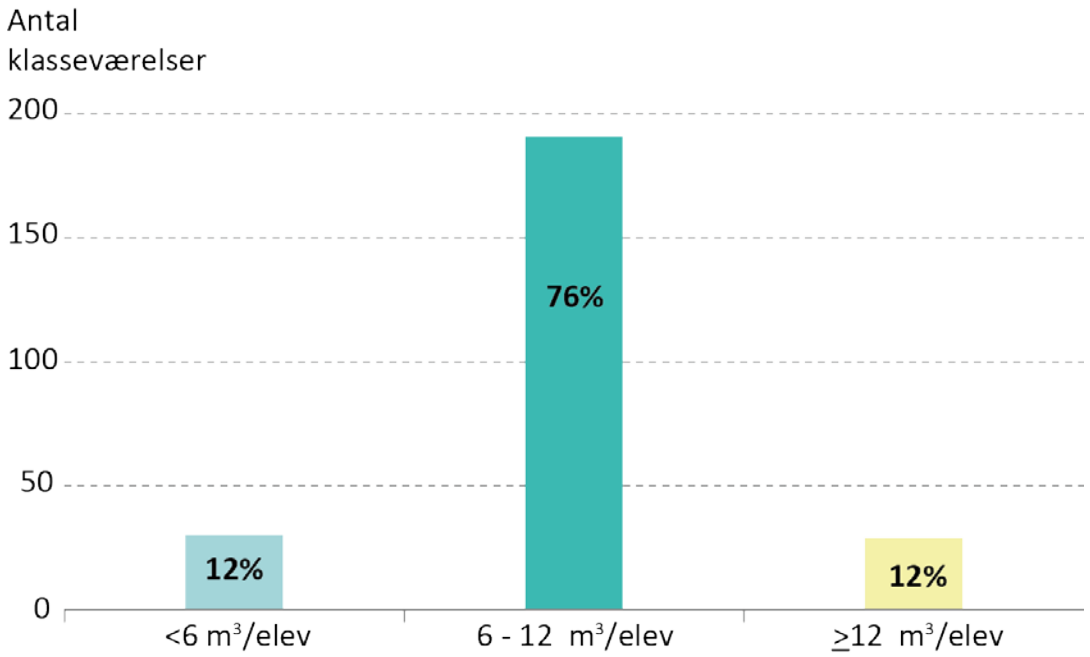
MAX.
28 ELEVER VED SKOLEÅRETS BEGYNDELSE

MAX. 30 ELEVER I SKOLEÅRET



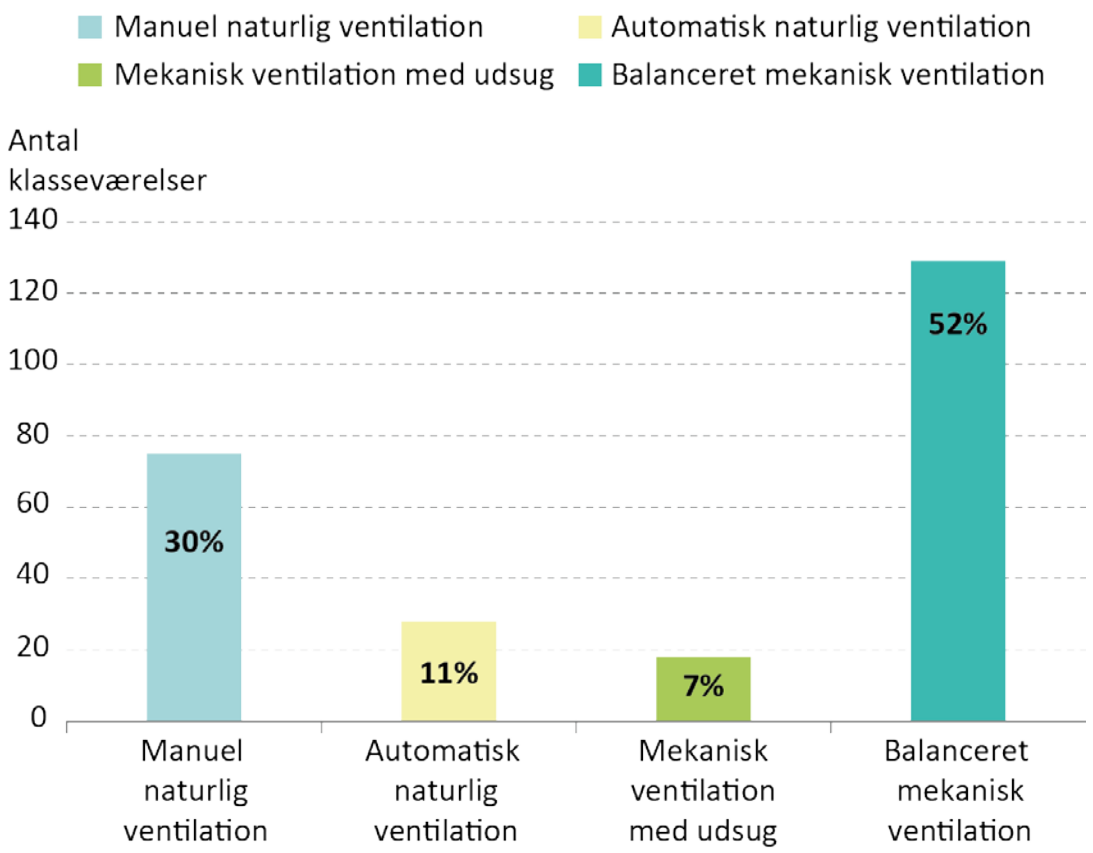
ELEVER OG KLASSEVÆRELSER

RUMVOLUMEN SKAL VÆRE ≥ 6 m³ pr. elev



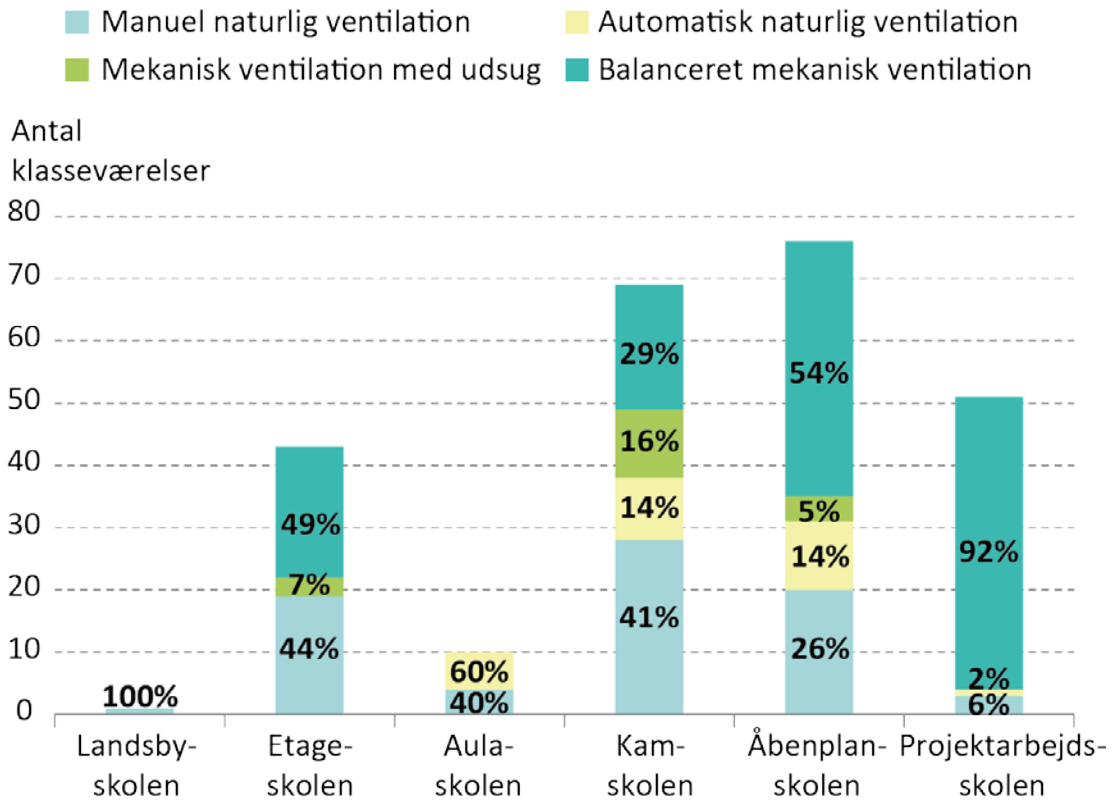
VENTILATIONSFORM

I ALT 250 KLASSEVÆRELSER



VENTILATIONSFORM

NYERE BYGNINGSTYPOLOGIER HAR OFTERE BALANCERET MEKANISK VENTILATION

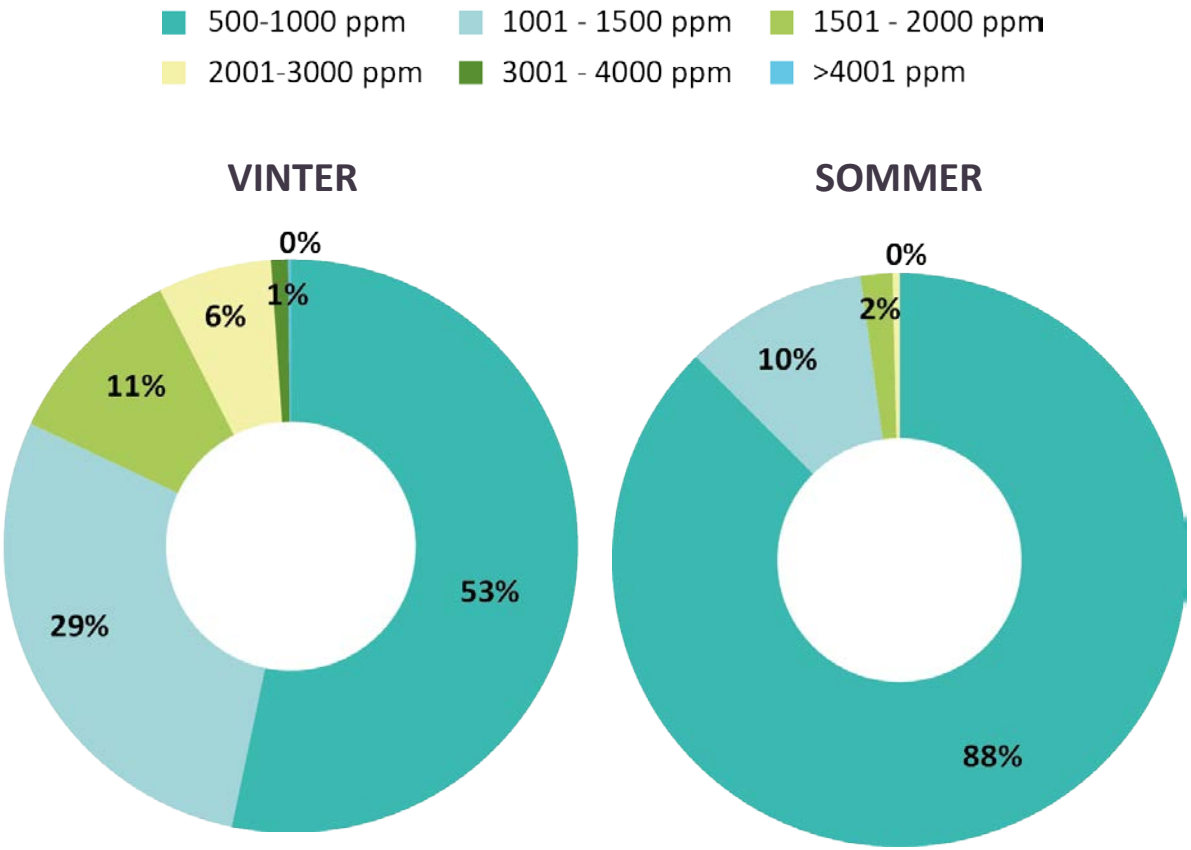


CO_2-KONCENTRATION

ANBEFALET:
≤ 1000 ppm

AT-PÅBUD:
≥ 2000 ppm

CO_2-KONCENTRATION I BRUGSTID



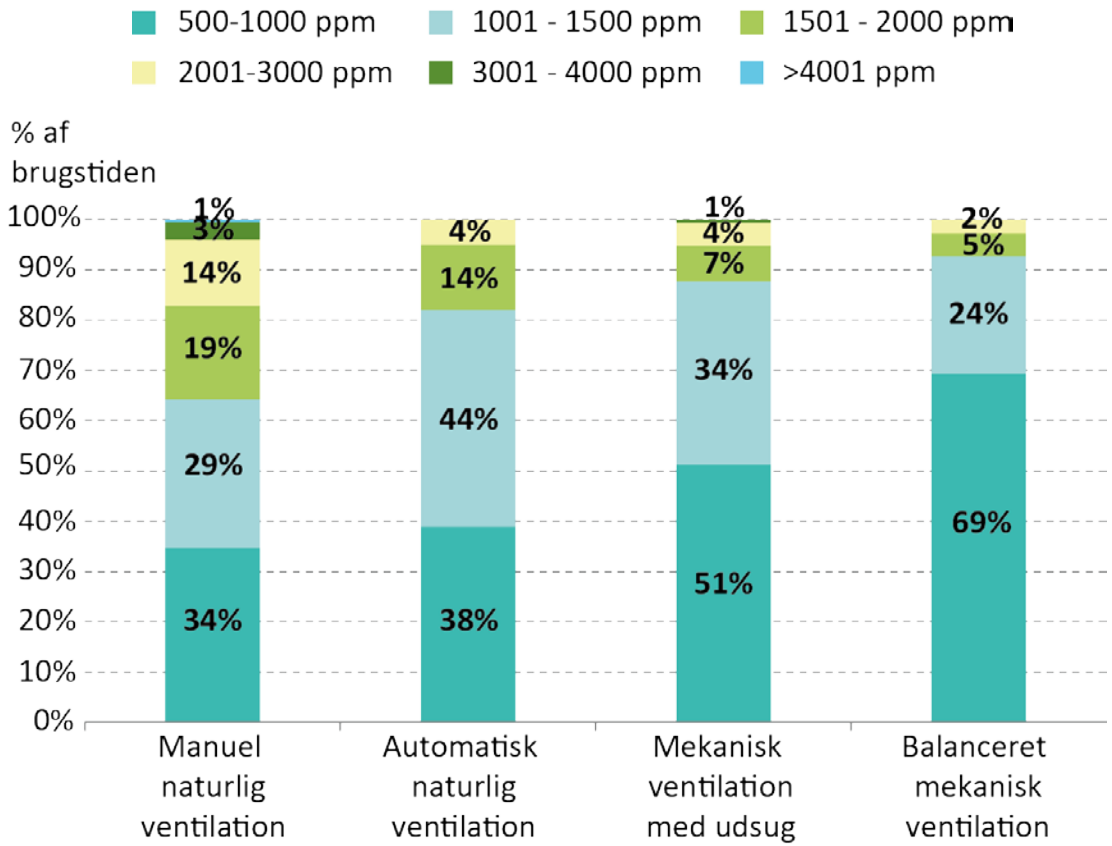
245 KLASSEVÆRELSER

82 KLASSEVÆRELSER

CO_2-KONCENTRATION

ANDELEN AF BRUGSTID MED CO_2-KONCENTRATION OVER 1000 PPM MINDST MED BALANCERET MEKANISK VENT.

CO_2-KONCENTRATION OG VENTILATIONSFORM



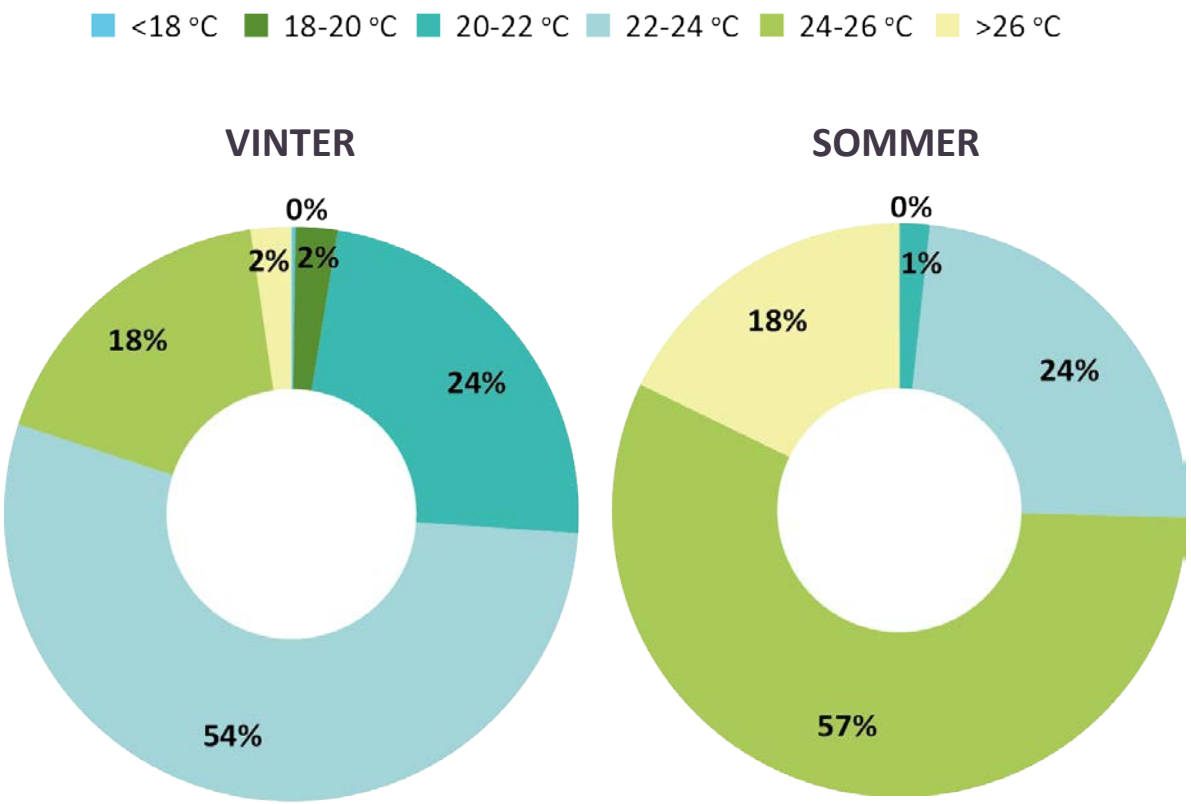
VINTER - 245 KLASSEVÆRELSER

TEMPERATUR

VINTER ANBEFALET: 20-24 °C

SOMMER ANBEFALET: 23-26 °C

TEMPERATUR I BRUGSTID



245 KLASSEVÆRELSER

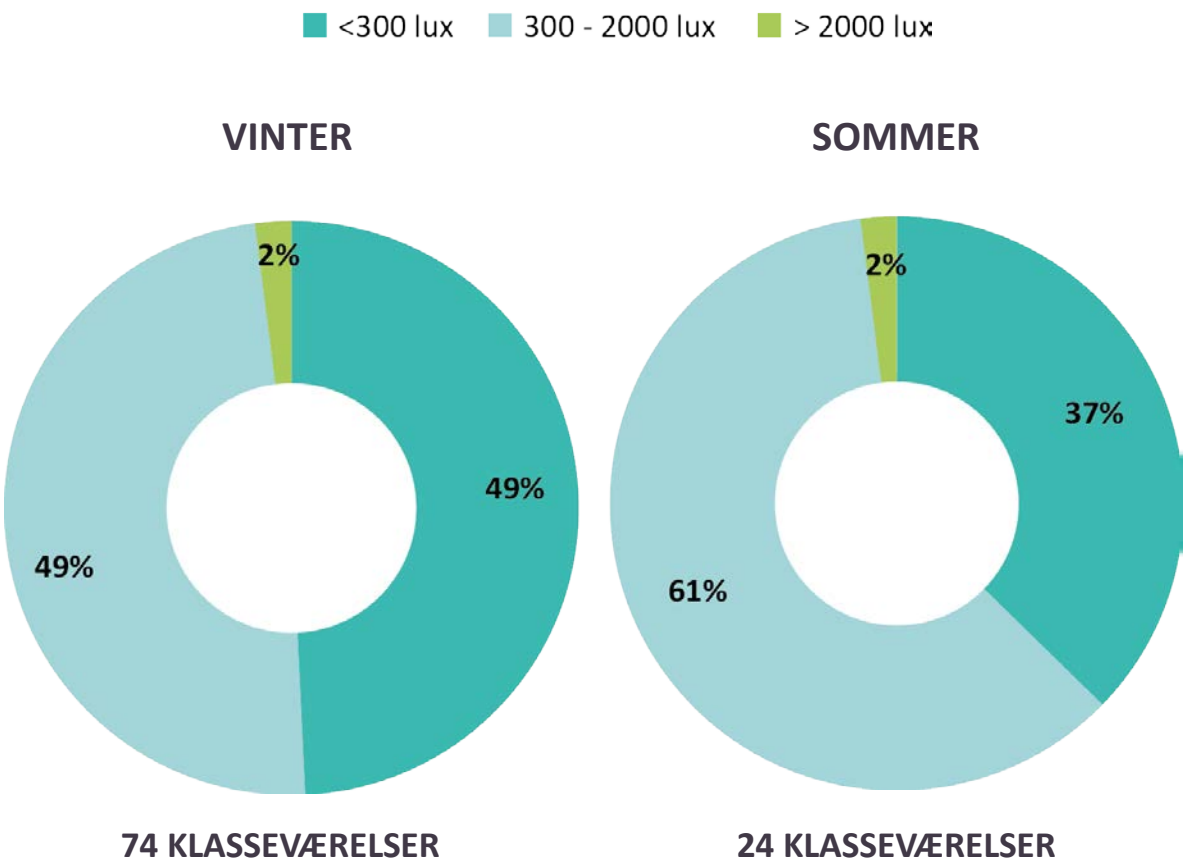
82 KLASSEVÆRELSER

BELYSNINGSSTYRKE

ANBEFALET:
300–2000 LUX
I ARBEJDSZONEN

OFTE LAV BELYSNINGSSTYRKE MEN PRIMÆRT PGA. AKTIVITETER

BELYSNINGSSTYRKE I BRUGSTID

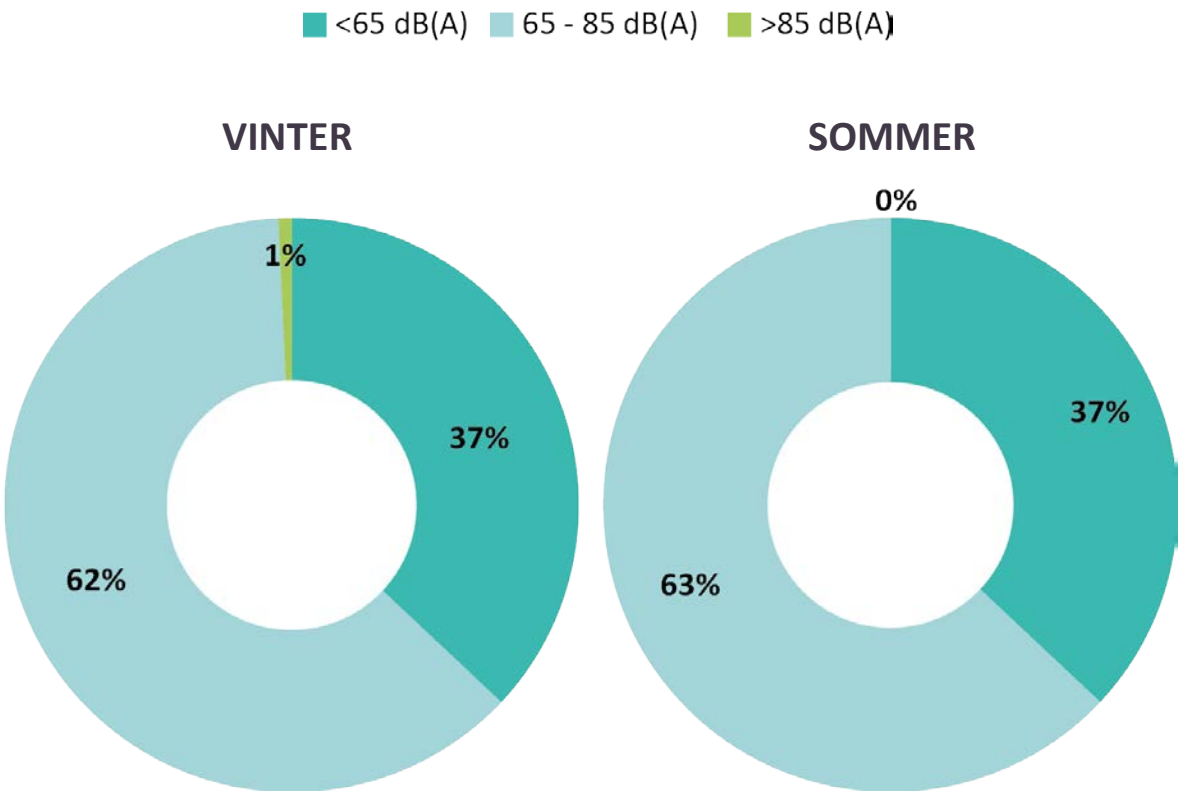


LYDTRYKNIVEAU

ANBEFALET:
≤ 85 dB(A)
OVER EN 8 TIMERS ARBEJDSDAG

EN NORMAL SAMTALE FOREGÅR VED CA. 60 dB(A)

LYDTRYKNIVEAU I BRUGSTID



98 KLASSEVÆRELSER

50 KLASSEVÆRELSER

VARIATION AF INDEKLIMA

CO_2-KONCENTRATIONEN VARIEREDE MEGET PÅ DEN ENKELTE SKOLE

STØRST VARIATION I KLASSEVÆRELSER MED MANUEL NATURLIG VENTILATION

CO_2-KONCENTRATION VINTER

Ventilations-form	Gns. CO_2 [ppm]	Variation [ppm]
Manuel naturlig	1510	1350
Automatisk naturlig	1175	800
Balanceret mekanisk	955	1270

CO_2-KONCENTRATION SOMMER

Ventilations-form	Gns. CO_2 [ppm]	Variation [ppm]
Manuel naturlig	870	600
Automatisk naturlig	735	385
Balanceret mekanisk	720	300

VARIATION AF INDEKLIMA

STØRST VARIATION I KLASSEVÆRELSER MED MANUEL NATURLIG VENTILATION OM VINTEREN

MINDST VARIATION I KLASSEVÆRELSER MED BALANCERET MEKANISK VENTILATION OM SOMMEREN

TEMPERATUR VINTER

Ventilations-form	Gns. Temp. [°C]	Variation [°C]
Manuel naturlig	22,9	5,8
Automatisk naturlig	22,5	2,7
Balanceret mekanisk	22,6	3,8

TEMPERATUR SOMMER

Ventilations-form	Gns. Temp. [°C]	Variation [°C]
Manuel naturlig	25,3	4,2
Automatisk naturlig	24,5	4,2
Balanceret mekanisk	24,9	3,4

10 BEDSTE OG DÅRLIGSTE KLASSEVÆRELSER

10 BEDSTE – BASERET PÅ CO_2-KONCENTRATION I BRUGSTID - VINTER

Bygningstypologi [-]	Klassetrin [-]	Elevspecifikt volumen [m³/elev]	Ventilations-form [-]	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 CO_2-KONCENTRATION I BRUGSTID - VINTER

Bygningstypologi [-]	Klassetrin [-]	Elevspecifikt volumen [m³/elev]	Ventilations-form [-]	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

FAGLOKALER

GENNEMSNITLIGE VÆRDIER AF MÅLINGER I FAGLOKALER

	CO_2 vinter [ppm]	CO_2 sommer [ppm]	Temperatur vinter [°C]	Temperatur sommer [°C]	Luftfugtighed vinter [%]	Luftfugtighed sommer [%]
Fælleslokale	692	537	23,4	25,7	34	52
Billedkunst	828	888	23,3	25,6	29	57
Fysik	761	678	22,9	25,1	30	53
Madkundskab	545	603	24,1	26,5	33	53
Gymnastik	715	576	22,1	23,8	33	57
Håndarbejde	744	714	20,6	24,2	31	55
Lærerforberedelse	849	574	23,4	25,0	31	48
Musik	936	850	23,7	27,3	29	37
Sløjd	651	653	22,4	24,9	35	53
Total el. gennemsnit	753	684	22,9	25,2	31	52

FAGLOKALER

GENNEMSNITLIGE VÆRDIER AF MÅLINGER I FAGLOKALER

	CO_2 vinter [ppm]	CO_2 sommer [ppm]	Temperatur vinter [°C]	Temperatur sommer [°C]	Luftfugtighed vinter [%]	Luftfugtighed sommer [%]
Fælleslokale	692	537	23,4	25,7	34	52
Billedk	828	888		25,6		57
Fysi		678		5,1		
M		6		5		
G		5				
Ha		7		2		
Lær		574		3,0		
Musik	936	850		27,3		57
Sløjd	651	653	22,4	24,9	35	53
Total el. gennemsnit	753	684	22,9	25,2	31	52

BRUGSTIDEN GENERELT MINDRE END I KLASSEVÆRELSER

CO_2-KONCENTRATION LAVERE END I KLASSEVÆRELSER

TEMPERATUR OG LUFTFUGTIGHED SOM I KLASSEVÆRELSER

NU VIDERE TIL KORTLÆGNINGS- OG INTERVENTIONSSTUDIER