



MasseEksperiment 2014: Indeklima i klasselokaler - resultater

Clausen, Geo; Toftum, Jørn; Andersen, Birgitte

Publication date:
2014

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Clausen, G., Toftum, J., & Andersen, B. (2014). *MasseEksperiment 2014: Indeklima i klasselokaler - resultater*. Danish Science Factory.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

MasseEksperiment 2014

Indeklima i klasselokaler - resultater

Kolofon

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Tekniske Universitet og Danish Science Factory ved:

Geo Clausen, DTU Byg, Institut for Byggeri og Anlæg

Jørn Toftum, DTU Byg, Institut for Byggeri og Anlæg

Birgitte Andersen, DTU Systembiologi, Institut for Systembiologi

DANISH | SCIENCE
FACTORY

DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg

DTU Systembiologi
Institut for Systembiologi

Hvem står bag?

MasseEksperiment 2014 er udviklet i et samarbejde mellem Danish Science Factory, DTU Byg og DTU Systembiologi på Danmarks Tekniske Universitet, samt lærer Helle Houkjær fra Krogårdsskolen i Greve, konsulent Mari-Ann Skovlund Jensen fra Center for Undervisningsmidler og lektor Hans Marker fra Skt. Annæ Gymnasium.

Ansvarshavende redaktion

Geo Clausen og Jørn Toftum, DTU Byg

Birgitte Andersen, DTU Systembiologi

Laura Ørsted-Jordy, Danish Science Factory

Layout

Søs Jensen, www.artefrafix.dk

Forsidefoto

Jens Nørgaard Larsen

Øvrige fotos

Carsten Andersen

Helle Houkjær fra Krogårdsskolen i Greve

Udgiver

Danish Science Factory

Telefon: 70 20 86 20

E-mail: info@danishsciencefactory.dk

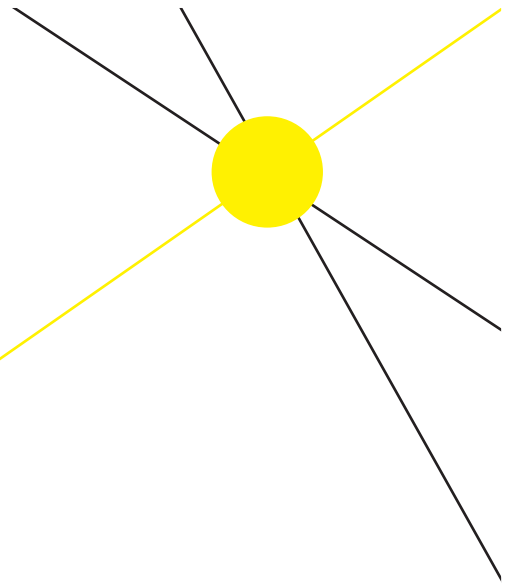
www.danishsciencefactory.dk

MasseEksperimentet er en del af Dansk Naturvidenskabsfestival, der afholdes hvert år i uge 39 i hele Danmark.

Læsevejledning

Resultaterne fra MasseEksperiment 2014 bliver her præsenteret i en række faktaark, som kan anvendes i undervisningen og bruges til at diskutere og arbejde videre ud fra. Faktaarkene henvender sig især til de lærere og elever, der deltog i MasseEksperiment 2014. Elever i de ældste klassetrin kan anvende faktaarkene selv, mens de yngre elever med fordel kan få resultaterne formidlet sammen med deres lærer. Arkene kan desuden ved kildeangivelse frit benyttes af journalister eller andre videnskabsformidlere, der måtte have interesse for MasseEksperimentet.

Via www.MasseEksperiment.dk kan du se resultaterne for klasselokalerne på alle de medvirkende skoler og gymnasier. Herinde kan I således se jeres egne resultater, og sammenligne resultater på tværs af regioner, kommuner og hele Danmark. På www.MasseEksperiment.dk findes der også materiale fra de øvrige års MasseEksperiment og således er det også muligt at sammenligne resultaterne fra samme eksperiment i 2009 og se udviklingen.



Forord

Kære lærere og elever

Tak fordi I undersøgte indeklimaet i jeres klasselokale og indberettede jeres målinger til MasseEksperimentets hjemmeside. 785 klasser fra 262 skoler og gymnasier fra hele Danmark har indsendt resultater til MasseEksperimentet, og med disse resultater har I sammen med forskerne været med til at skabe ny viden om indeklimaet i de danske klasselokaler. På få uger har vi fået data, der ellers ville tage måneder eller år at indsamle. Det er helt unikt, at I som elever og lærere er med til at skabe nye forskningsresultater, som i den grad kan være med til at præge samfundsdebatten og sætte fokus på, at et utilstrækkeligt indeklima i klasseværelserne kan påvirke elevernes udbytte af skolearbejdet og påvirke den fysiske og psykiske velbefindende i klasserne.

Resultaterne er blevet sendt til forskere Geo, Jørn og Birgitte fra Danmarks Tekniske Universitet. De har regnet på alle målingerne, og på de næste sider kan I se MasseEksperimentets vigtigste resultater.

Størstedelen af MasseEksperimentet i år var en gentagelse af MasseEksperimentet fra 2009, hvor det

dengang blandt andet blev påvist, at ventilationen i mere end halvdelen af de medvirkende klasser var utilstrækkelig. Siden da har der været en række initiativer for at forbedre indeklimaet, blandt andet fra Sundhedsstyrelsens Forebyggelsespakke om Indeklimaet i Skoler. Vi var derfor meget spændte på at se, om indeklimaet i de danske skoler var blevet bedre på de fem år. I 2009, da vi i MasseEksperimentet undersøgte indeklimaet i klasselokalerne så det således ikke særlig godt ud, og resultaterne endte på forsiden af en række landsdækkende medier og fik omtale i bedste sendetid på nationalt tv.

I år ser tallene for indeklimaet for de danske skoler desværre en smule dårligere ud end de gjorde for fem år siden. Resultaterne fra dette års eksperiment kan derfor forhåbentligt sætte endnu mere fokus på indeklimaet i de danske skoler og gymnasier, og være med til at skabe forbedringer, så I og andre elever og lærere i fremtiden kan arbejde under de mest optimale forhold.

God læselyst!

Laura Ørsted-Jordy, Danish Science Factory

Fakta om indeklima

Hvad er indeklima

Der er mange faktorer, der spiller ind, når indeklimaet i et lokale skal bedømmes - herunder temperatur, træk, fugt, luftkvalitet samt lyd- og belysningsniveau. Dårligt indeklima kan medføre forskellige gener som f.eks. lugtgener, hovedpine, kvalme, irritation i øjne, næse og hals og andre overfølsomhedsreaktioner. I et klasselokale er der således mange forskellige forureningskilder, der kan påvirke luftkvaliteten.

Hvad er et godt CO₂-niveau?

Gassen CO₂ er ét blandt mange stoffer i indeluften og det kommer hovedsageligt fra elever og lærere, når de ånder ud. En stillesiddende, voksen person producerer omkring 17 liter CO₂ per time, mens børn i de mindre klasser vil producere noget mindre. Luftens indhold af CO₂ kan fx måles i enheden ppm (parts per million), som angiver, hvor mange CO₂-molekyler der er blandt én million molekyler i luften. Udendørs er luftens CO₂-koncentration omkring 400 ppm, mens den indenfor typisk er højere. Her er koncentrationen ofte i intervallet fra 500 til 2500 ppm, men koncentrationen kan i enkelte tilfælde komme helt op på 5000 ppm. I et klasselokale bør CO₂-koncentrationen ikke overstige 1000 ppm, hvis indeluften skal opleves som god af de fleste mennesker. 1000 ppm er også Arbejdstilsynets anbefalede grænse.

Luftens indhold af CO₂ er et mål for, hvor godt et lokale er ventileret i forhold til hvor mange personer, der er tilstede. CO₂ er ikke i sig selv skadelig i de koncentrationer, vi normalt oplever inden døre, men nye undersøgelser har vist, at en forhøjet CO₂ koncentration kan påvirke vores evne til at træffe gode beslutninger.

Temperatur

Temperaturen i et lokale har stor betydning for om en person føler sig veltilpas. Ofte vil indetemperaturen stige i løbet af en lektion. Dette skyldes at mennesker og elektriske apparater som computere og belysning afgiver varme. Derudover varmer solens stråler også lokalet op, og om vinteren bidrager varmeapparater til at holde en

behagelig indetemperatur. Selv små forskelle i temperatur indenfor det termiske komfortområde kan imidlertid have betydning tunghedsfølelse i hovedet, hovedpine og utilpashed. En stigning på få grader kan øge risikoen for, at symptomer som disse opstår. I klasselokaler er dette af særlig betydning, fordi temperaturen ofte kan stige meget i løbet af en lektion. Om sommeren bør indetemperaturen ligge omkring 23-26°C, og om vinteren mellem 20-24°C. I efterårs- og forårsperioden, hvor temperaturen typisk varierer meget, bør temperaturen helst ligge i intervallet 20-26°C.

Skimmelsvampe – indendørs og udendørs

Den største kilde til skimmelsvampesporer i udeluften er naturen selv. Kilden til, at der er sporer fra skimmelsvampen Cladosporium i indeluften er nemlig den luft som kommer ude fra. Cladosporium vokser og danner sporer især på visne blade. Mængden varierer med årstiden, og er størst om efteråret.

Penicillium-sporer findes også i udeluft sammen med gær, men niveauet er meget lavere udendørs, da Penicillium mest vokser nede i jorden. Den største kilde til Penicillium-sporer indendørs kommer fra mugne madvarer, såsom appelsiner, brød og løg. Mange af de Penicillium-sporer man kan måle i klasselokaler stammer sandsynligvis fra elever og læreres egne hjem og er slæbt med i skole på sko, tøj, bøger og lignende. Det er meget normalt, og der er ikke ret meget, man kan gøre ved lige det. En anden kilde til gær og Penicillium-sporer i indeluften er dog også støv i lokalet. Sporerne og gærcellerne er nemlig gode til at klæbe til nullermænd og hår, og jo længere tid støvet ligger, jo flere sporer og gærceller indeholder det. Sporerne og gærcellerne frigives så til luften igen, når der er bevægelse i lokalet. Jo mere aktivitet, jo mere hvirvles støvet op, og jo flere sporer og gærceller vil der være i luften.

Svampesporer er i sig selv ikke direkte skadelige, hvis man ellers er sund og rask og ikke har allergi overfor skimmelsvampe. Men hvis der er mange af dem, og lokalet samtidig er lidt fugtigt, kan der godt begynde at lugte af "gammel kælder", og det bør man gøre noget ved. Dels ved at finde kilden til lugten, og få den fjernet, dels ved at sørge for, at der er tilstrækkelig ventilation i lokalet.

Deltagerne i eksperimentet

Resultaterne i MasseEksperimentet blev indberettet fra 785 klasser fra 262 grundskoler og gymnasier i Danmark, 10,6% af alle landets grundskoler deltog i MasseEksperimentet.

Sådan gjorde vi

MasseEksperiment 2014 bestod af to eksperimentelle dele:

1. Måling af CO₂-indhold i luften og temperaturen i klasselokalet
2. Opsamling og kortlægning af skimmelsvampe

Del 1: CO₂- og temperaturmåling

Eleverne målte CO₂-koncentrationen i deres klasselokale to gange med en uges mellemrum. Begge målinger foregik sidst i lektionen. I forbindelse med den første måling blev eleverne bedt om at holde vinduer og døre lukkede i hele lektionen, hvori målingen foregik. Dette for at simulere et vinterklima, hvor udetemperaturen gør at vinduerne holdes lukkede. CO₂-målingen den efterfølgende uge blev foretaget efter at eleverne havde været ude i frikvarteret inden målingen og samtidigt blev der luftet godt ud i frikvarteret.



Hvor mange svampekolonier er vokset frem? Elever fra Amager Fælled Skole tæller kolonier af skimmelsvampe. Svampene er vokset frem på petriskålen i løbet af en uge, efter at petriskålen har stået åben i deres klasse i en time.

Foto: Carsten Andersen.



Målingerne foregik ved at trække luft ved hjælp af en sprøjte gennem et CO₂-målerør, som dermed viste CO₂-koncentrationen på netop dette tidspunkt. Eleverne havde fået lov til at øve sig et par gange før den endelige måling blev foretaget, så de var fortrolige med udstyret og forsøget. Derudover skulle eleverne måle indetemperaturen i lokalet både i starten og i slutningen af lektionen.

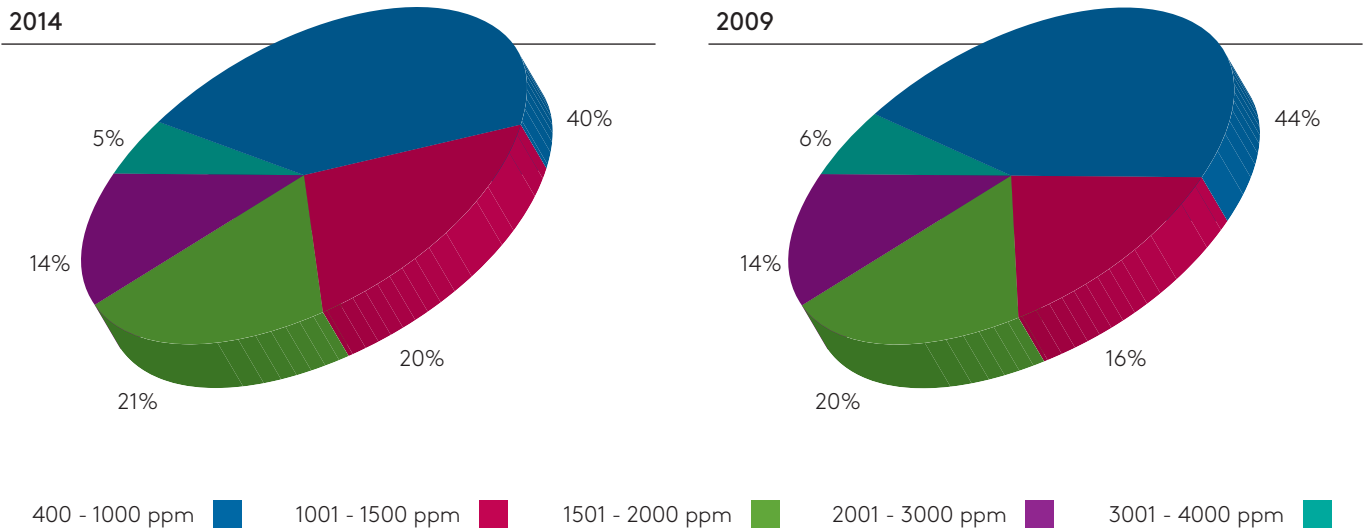
Del 2: Kortlægning af skimmelsvampe

Eleverne skulle også kortlægge forskellige skimmelsvampearter både udendørs og i deres klasselokale, hvor det i løbet af lektionen ikke var tilladt at åbne vinduer eller døre. Kortlægningen foregik ved at eksponere to petriskåle med DG18 næringssubstrat for luften i lokalet i 60 minutter. Derudover blev der opstillet tilsvarende skåle udendørs i nærheden af klasselokalet. De usynlige skimmelsvampesporer i luften dalede ned på skålene, spirede frem og voksede op til synlige svampekolonier i løbet af syv dage. Derefter blev svampekolonierne talt og identificeret efter udleverede bestemmelsesnøgler.

Resultaterne

Indeklimaet har det stadig elendigt i de danske klasselokaler

Figur 1 viser fordelingen af de målte CO₂ koncentrationer. Til sammenligningen er vist den tilsvarende fordeling fra 2009

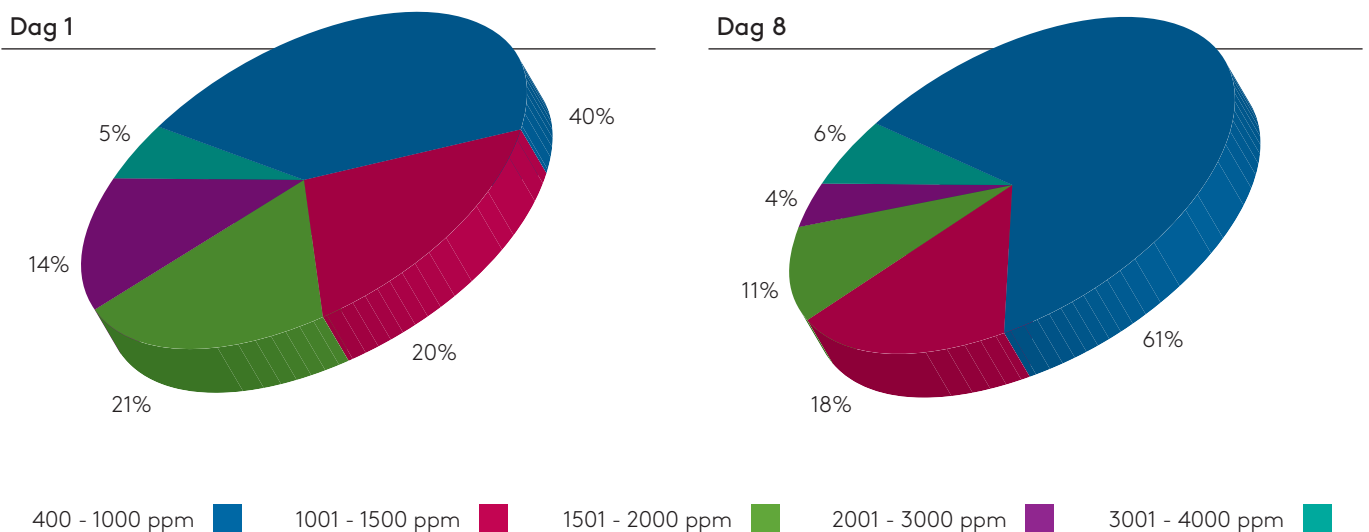


Figur 1. Målte CO₂-koncentrationer i de deltagende klasser i 2009 og 2014 (første forsøgsdag med lukkede vinduer).

Udluftning giver bedre indeklima

Af figuren fremgår det, at der ikke er sket en forbedring af ventilationsforholdene i de fem år der er gået siden målingerne i 2009. Over halvdelen af de klasser der var med i MasseEksperimentet i år havde en CO₂-koncentration, der er højere end det acceptable niveau på 1000

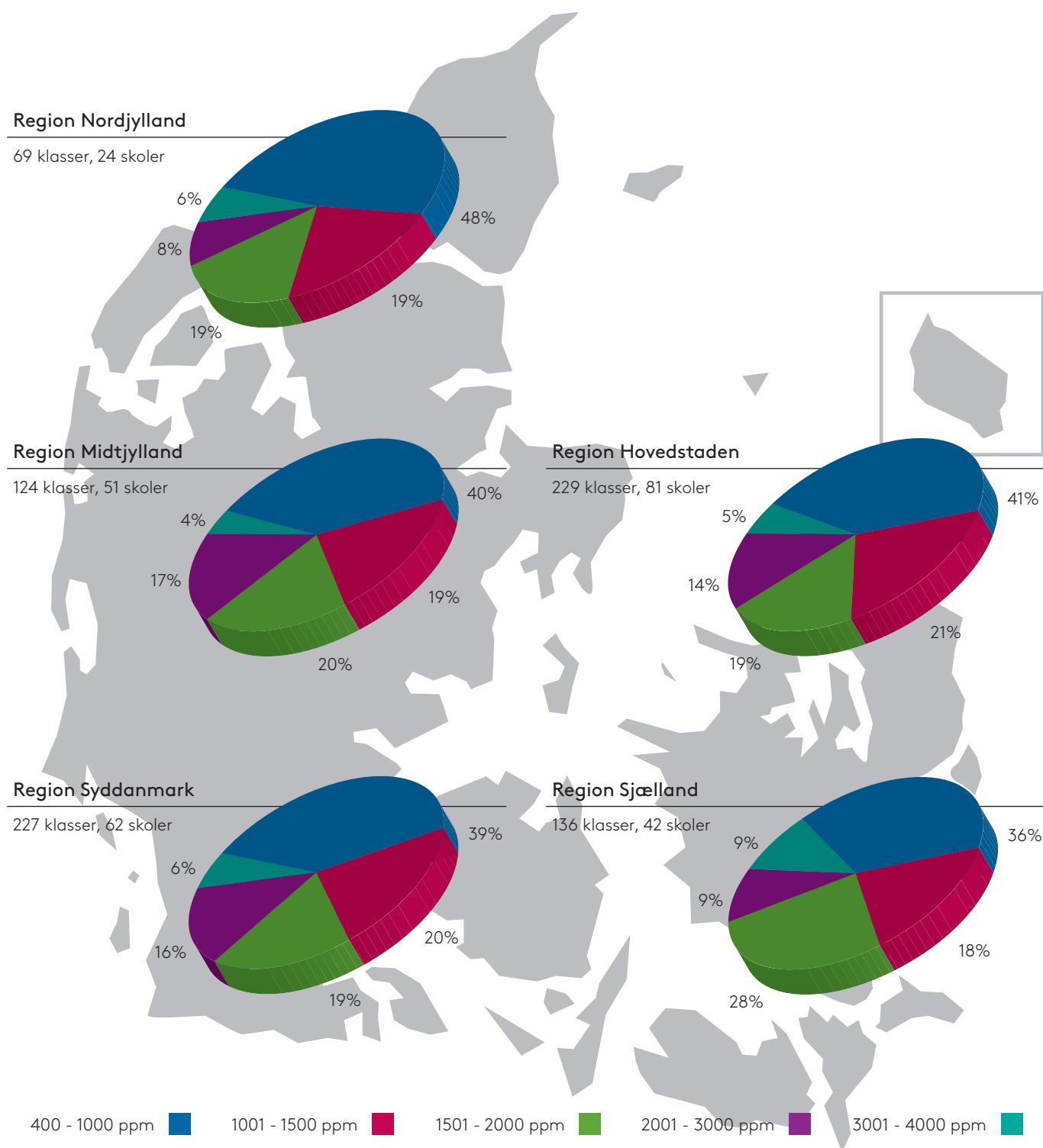
ppm. Figur 2 viser den store betydning, det har at gå udenfor og lufte godt ud i frikvarteret. Andelen af klasser der overskred den anbefalede grænse på 1000 ppm CO₂ faldt således fra 60% over 1000 ppm uden udluftning til 39% ved den anden måling, med udluftning.



Figur 2. Målte CO₂-koncentrationer i de deltagende klasser med og uden ophold udendørs og udluftning i det forudgående frikvarter.

Region Sjælland har det værst

De værste indeklimamålinger blev målt i Region Sjælland, hvor kun 36% af skolerne denne gang lå under den anbefalede CO₂-grænse.



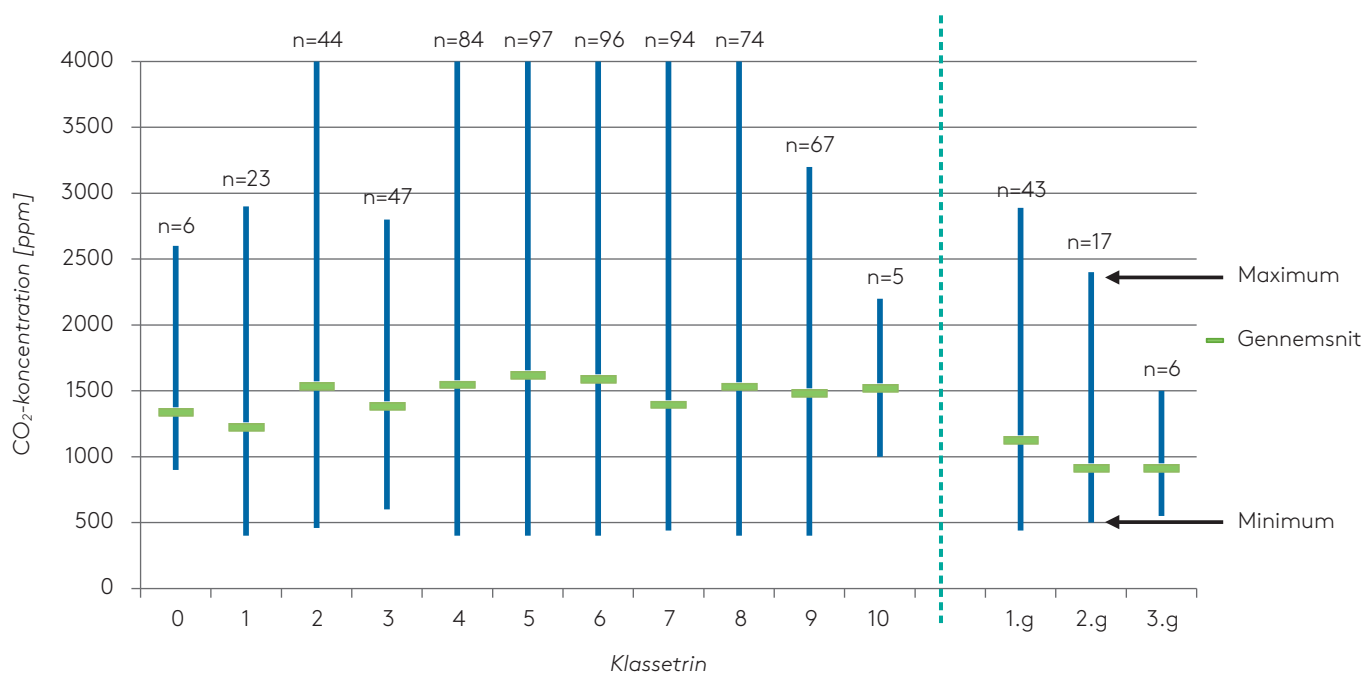
Figur 3. Målte CO₂-koncentrationer (første måledag) i de deltagende klasser i hele landet fordelt på regioner.

Folkeskoleklasserne har værre indeklima end gymnasieklasserne

Gennemsnittet af de målte CO₂-koncentrationer lå over det acceptable niveau på 1000 ppm for alle klassetrin i folkeskolerne. Gennemsnittene lå generelt mellem 1200 og 1600 ppm. Gymnasieklasserne målte dog lavere CO₂-koncentrationer end folkeskoleklasserne. Jo ældre og dermed større eleverne er, jo mere CO₂ afgiver de. Dette

vil umiddelbart medføre, at gennemsnittet af CO₂ målingerne burde være højest i de store klasser. Aktivitetsniveauet spiller imidlertid også en stor rolle for hvor meget CO₂ eleverne afgiver, og dette vil ofte være højere i de små klasser, hvor eleverne leger og bevæger sig mere.

CO₂-koncentrationen fordelt på klassetrin



Figur 4. Målte CO₂-koncentrationer den første forsøgsdag fordelt på klassetrin for 703 deltagende klasser (minimum, maksimum og gennemsnit). n angiver antallet af deltagende klasser på hvert klassetrin.

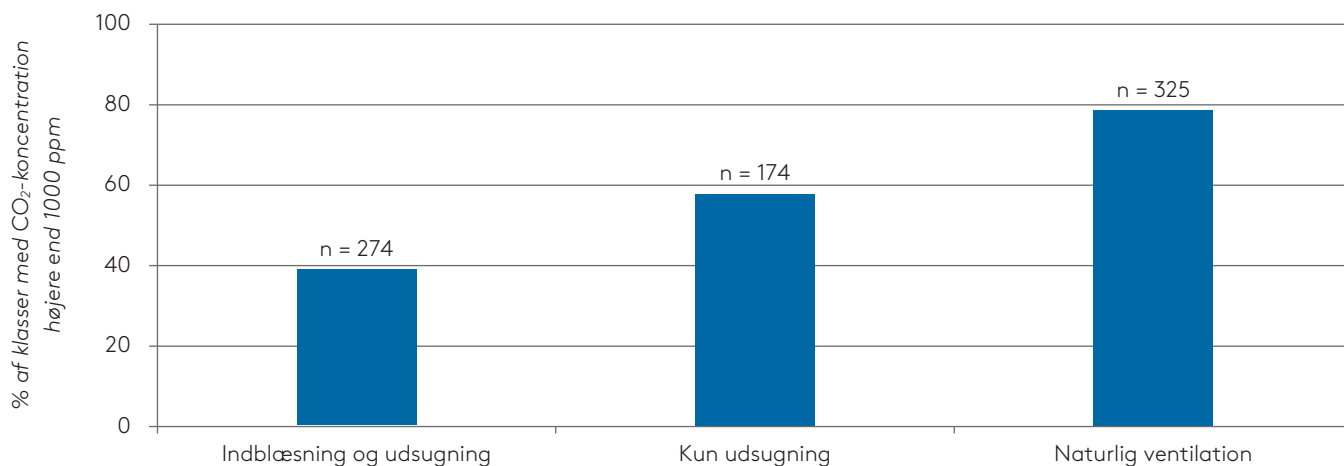
Ventilation – klasser uden mekanisk ventilation har det dårligst

Klasselokaler har forskellige typer ventilation. Nogle har naturlig ventilation, hvor luften typisk strømmer ud og ind gennem sprækker, vinduer og udluftningsåbninger. Andre har mekanisk ventilation, hvor et ventilationsanlæg sørger for, at luften blæses ind og ud af lokalet.

Målingerne viser, at CO₂-koncentrationen i klasselokalerne med mekanisk ventilation (enten udsugning eller både

udsugning og indblæsning) er lavere, end når der er naturlig ventilation. Gennemsnittet af CO₂ målingerne for de forskellige typer af ventilation er 1099 ppm for lokaler med udsugning og indblæsning, 1380 ppm for lokaler kun med udsugning og 1813 ppm for lokaler med naturlig ventilation. CO₂-koncentrationerne er altså generelt højest i de naturligt ventilerede lokaler, som 42% af de deltagende klasser har.

Procentfordelingen af klasser med CO₂-koncentration over 1000 ppm



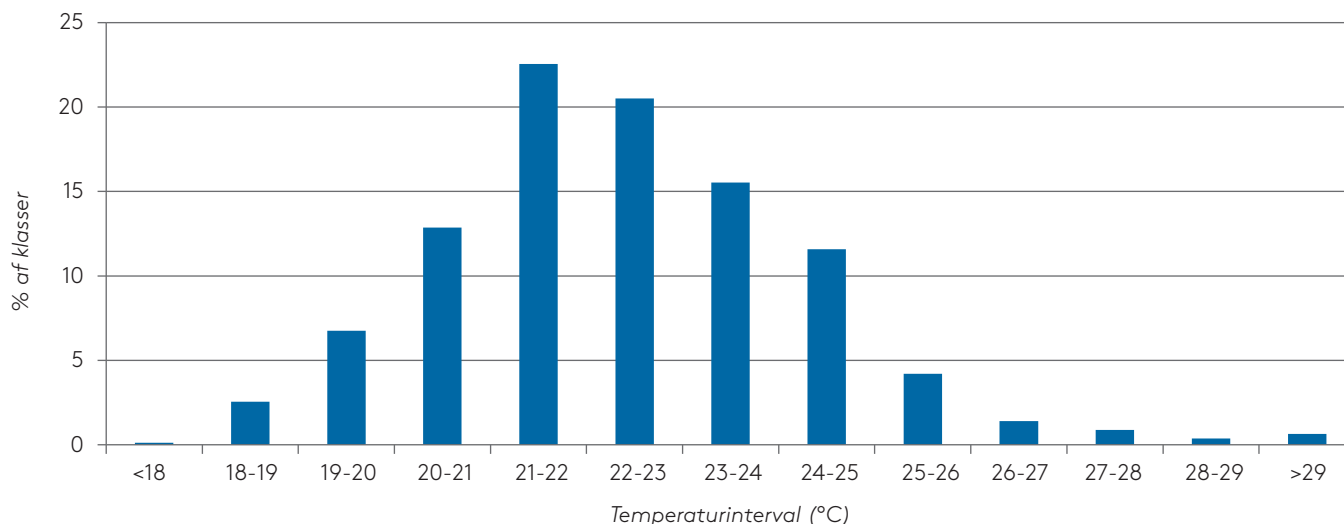
Figur 5. Procentfordelingen af klasser med en CO₂-koncentration over 1000 ppm (målt den første forsøgsdag) fordelt på ventilationstype for 773 deltagende klasser. n angiver det samlede antal deltagende klasser med den viste ventilationsstype.

Temperaturen i klasserne er generelt god

Langt hovedparten af temperaturmålingerne, 87%, lå i det acceptable område 20-26°C. Der var dog nogle

få klasser med både meget høje og meget lave målte temperaturer.

Temperaturer i klasserne



Figur 6. Fordelingen af temperaturer målt i de 785 deltagende klasser

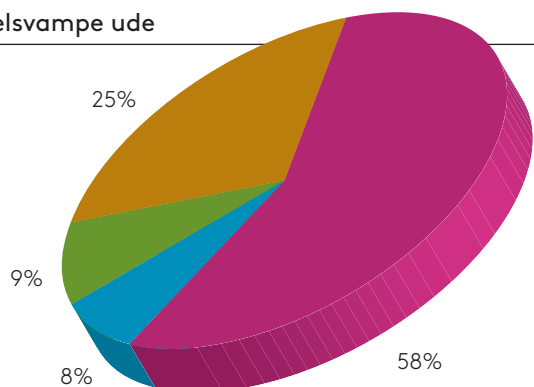
Kortlægning af skimmelsvampe indendørs og udendørs

I 2009 viste MasseEksperimentet, at der ikke var forskel på fordelingen af skimmelsvampe i de forskellige regioner. Det samme gør sig gældende i 2014. Men som noget nyt skulle eleverne i år kortlægge svampene både inde og ude. MasseEksperimentets resultater ligger fint i tråd med de tal man finder i den videnskabelige litteratur,

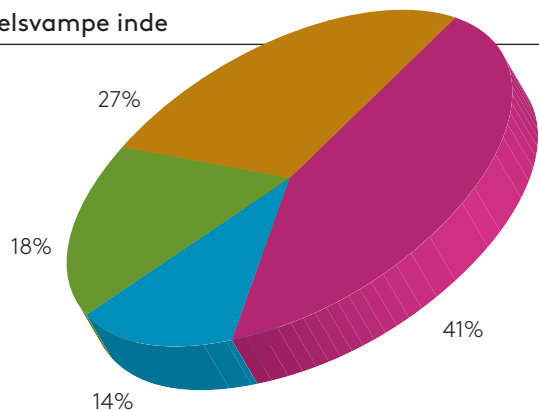
hvor man udenfor finder 78% Cladosporium og 3% Penicillium, og indendørs finder 42% Cladosporium og 19% Penicillium.

Som det ses i Figur 7 er de tilsvarende tal for MasseEksperimentet 58% Cladosporium og 8% Penicillium udenfor, og 41% og 14% indendørs.

Skimmelsvampe ude



Skimmelsvampe inde



Cladosporium ■ Penicillium ■ Gær ■ Andre ■

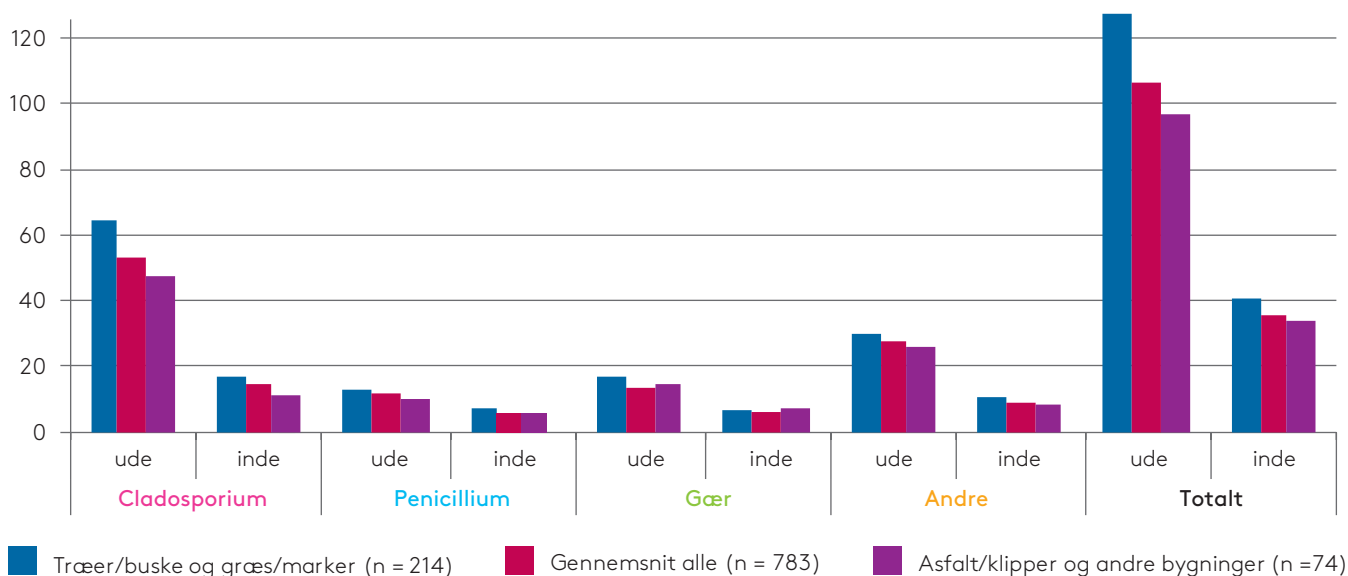
Figur 7. Fordelingen af de forskellige svampetyper (i %) i ude- og indeluft for alle klasser for de 783 deltagende klasser.

Skimmelsvampe inde og ude

Naturen i nærmiljøet har en stor betydning for hvilke svampe, der er i udeluften og dermed også indeluften. Som det ses af figur 8 findes der flere Cladosporium-spore i luften (36%), hvis skolen er omgivet af træer/buske og græs/marker end hvis skolen er omgivet af asfalt og andre bygninger. Der kommer derved også forholdsvis flere Cladosporium-spore ind i klassen hvis der

er meget grønt uden for vinduerne. Det samme gælder for Penicillium og de "andre" svampe, men ikke for gær. Antallet af gærkolonier i asfalt-miljøet er næsten lige så stort som i natur-miljøet og højere end gennemsnittet. En forklaring kan være at gærceller trives godt i støv og sand og kan formere sig hurtigt, hvis der kommer en regnbyge og gør støvet vådt.

Fordelingen af skimmelsvampe i klasser med forskellige typer natur udenfor



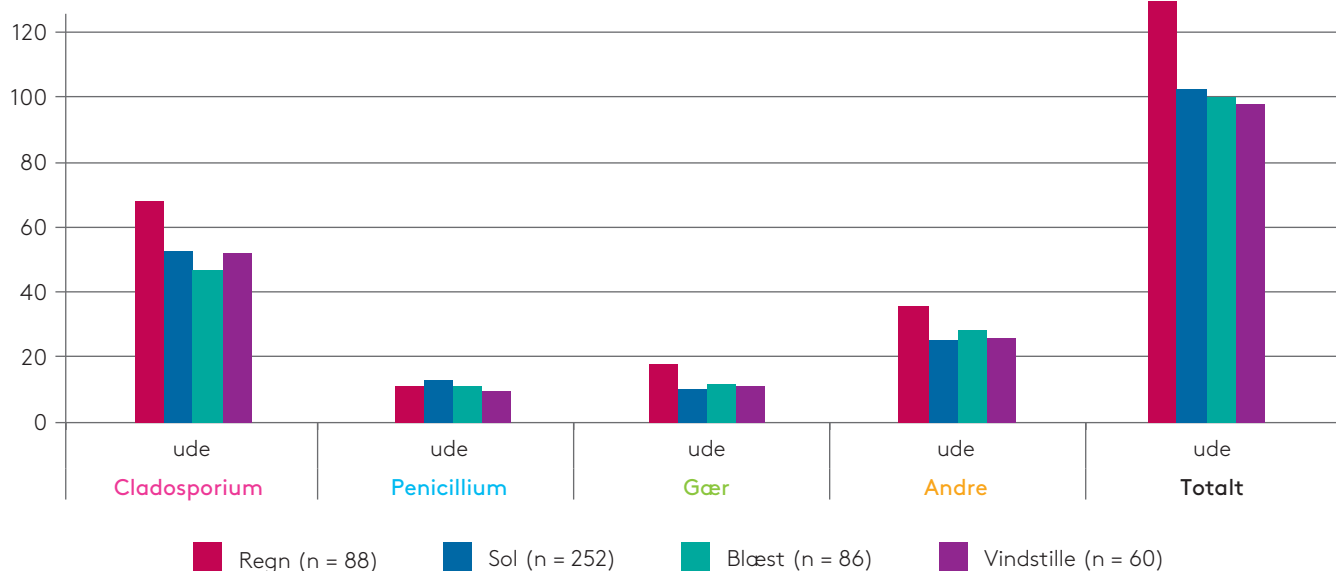
Figur 8. Den gennemsnitlige fordelingen af de forskellige svampetyper i ude- og indeluft afhængig af den omgivende natur eller kultur.

Skimmelsvampesporer blæser i vinden

At vind og vejr spiller en rolle for antallet og typen af svampe i udeluften ses af figur 9. Hvis det har regnet, finder man flere kolonier af *Cladosporium*, gær og "andre" svampe, men ikke flere *Penicillium* kolonier. Det kan skyldes at *Cladosporium*-sporerne vaskes ned af bladene med regnen, mens *Penicillium*-sporerne, der er

i jorden, bliver skyllet endnu længere ned og sidder fast. Blæsten spiller også en rolle. Blæser det meget, hvirvles *Penicillium*-sporerne op med jordpartikler, mens *Cladosporium*-sporerne frigøres fra bladene (fx oppe i trækrønerne), hvirvles højere op i luften og først falder ned, når blæsten er stilnet af.

Fordelingen af skimmelsvampe udenfor i forhold til vejr og vind



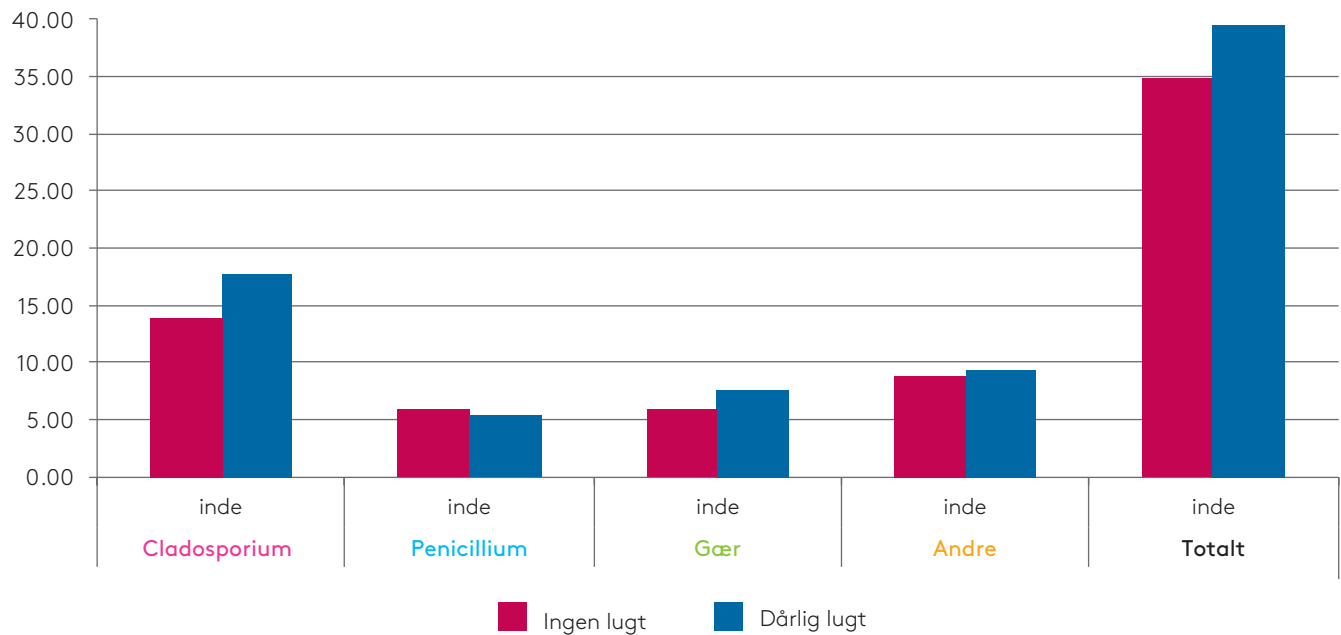
Figur 9. Den gennemsnitlige fordeling af de forskellige svampetyper i ude- og indeluft afhængig af vejret og vinden på forsøgsdagen.

Nogle skimmelsvampe lugter

Man ved at nogle svampe og gær kan lugte grimt og give en dårlig luftkvalitet i fx gamle, fugtige og beskidte kældre. Der er for eksempel en *Penicillium*-art, der lugter af våd hund, og mange gær-svampe kan danne alkohol (ætanol), når de vokser på mugne madvarer. Som det ses af figur 10, er der gennemsnitlig lidt flere gærkolonier

i de klasselokaler, der lugter indelukket om morgenen. Der er også lidt flere *Cladosporium*-kolonier, men om disse svampearter kan producere lugtstoffer har forskerne aldrig undersøgt. Det er nu en af de opgaver nogle forskere taler om, at de vil undersøge nærmere i fremtiden.

Fordelingen af skimmelsvampe i klasser med dårlig lugt og klasser hvor der ikke lugter



Figur 10. Den gennemsnitlige fordeling af de forskellige svampetyper i indeluften afhængigt af luftkvaliteten om morgenen blandt alle 783 deltagende klasser.

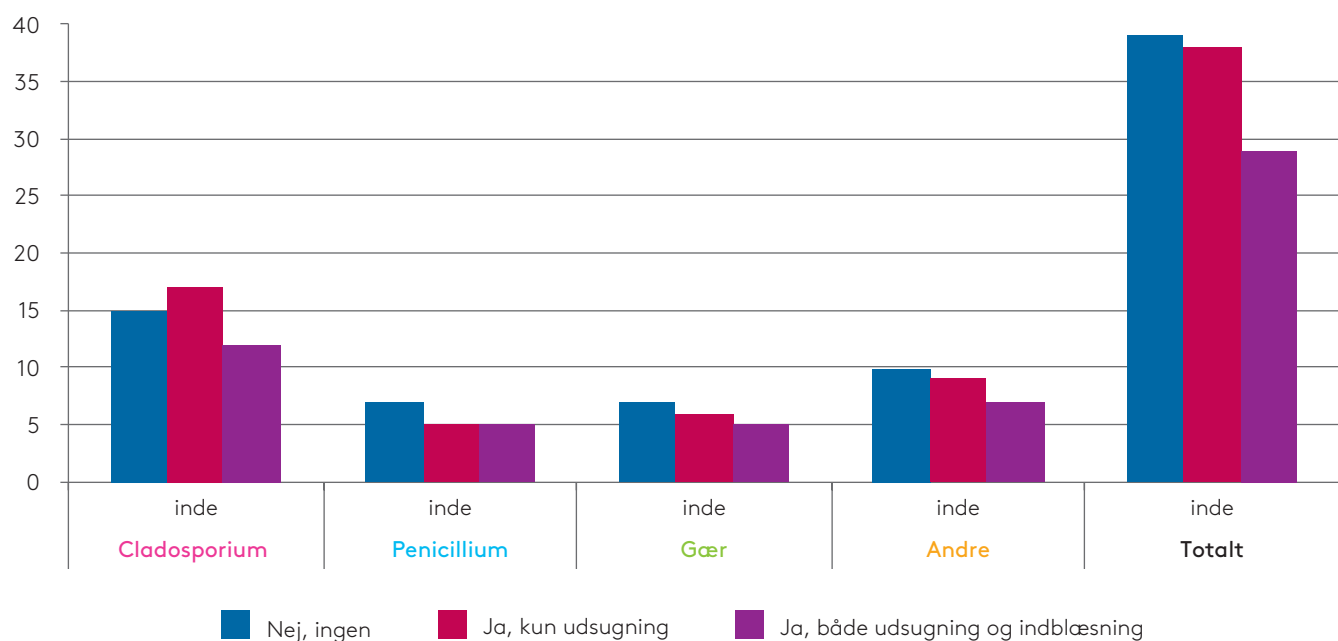
Færrest skimmelsvampe når der er ventilationssystem i klassen

Ventilation spiller en vigtig rolle for et godt indeklima, der sker automatisk en reduktion på mellem 25% og 50% i antallet af svampesporer, når udeluften kommer ind i klassen og blander sig med indeluften. Indeluften indeholder færre svampesporer, da sporerne hele tiden "falder ud af luften" og ender på borde og gulve, hvor de fjernes, når der gøres rent. Figur 10 viser, at mekanisk ventilation med både udsugning og indblæsning er den ventilationsform, der giver færrest svampesporer i indeluften. Denne ventilationsform filtrerer nemlig udeluften,

så antallet af svampesporer reduceres med ca. 30% i forhold til naturlig udluftning, altså uden ventilationssystem.

Figur 11 viser også, at mekanisk ventilation med kun udsugning er bedre end naturlig ventilation, på nær når det gælder Cladosporium. Dette skyldes med stor sandsynlighed at luft-flowet udefra og ind er større og hurtigere ved den mekaniske udsugning end ved blot at åbne vinduerne og lave gennemtræk.

Fordelingen af skimmelsvampe i klasser med forskellige ventilationssystemer



Figur 11. Den gennemsnitlige fordeling af de forskellige svampetyper i indeluften afhængig af skolens ventilationssystem, for alle deltagende 783 klasser.

Hvornår er mange skimmelsvampe for mange?

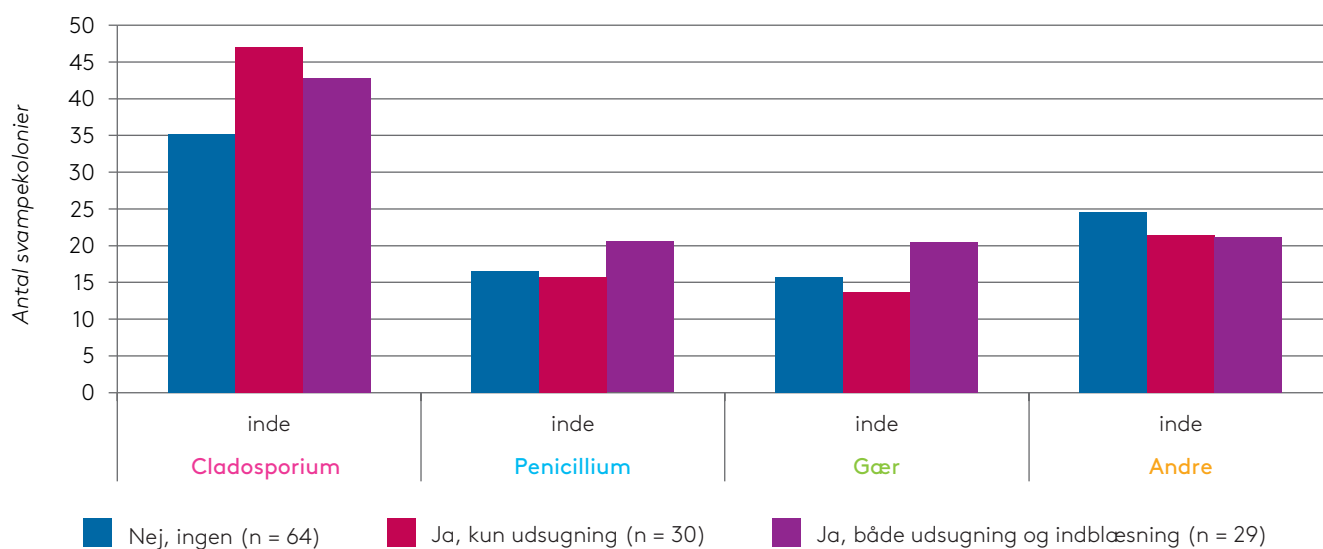
Der findes i dag *ingen* grænseværdier for hvilke og hvor mange svampesporer, der må være indendørs, ligesom der gør for CO₂-koncentrationen. I 2009 satte forskerne i MasseEksperimentet en øvre grænse på 30 svampekolonier pr. petriskål. Dengang talte 33% af de deltagende klasser (248 klasser) mere end 30 svampekolonier pr. petriskål. I år blev der talt svampekolonier på to petriskåle pr. Klasse, og figur 12 viser hvor mange klasser, der talte mere end 60 svampekolonier på deres petriskåle til sammen. I år var der kun 16% (123 klasser), der havde "for mange svampekolonier", hvilket er markant bedre end for 5 år siden.

Til gengæld viser figur 12, at klasser med mekaniske ventilation med både udsugning og indblæsning har de hø-

jeste gennemsnitlige forekomster af både Penicillium og gærkolonier sammenlignet med mekanisk udsugning og naturlig ventilation. Resultaterne kunne tyde på, at man ikke har husket at skifte filtrene, da gamle filtre ellers kan begynde at blæse de svampesporer ind i klasseværelset, som filtrene fangede, da de var nye.

Antallet af Penicillium-sporer indendørs bruges som regel som indikator for at indeklimaet ikke er som det skal være. I forskningen er der en tommelfingerregel, der siger, at hvis der er 5 eller flere Penicillium-kolonier på én DG18 petriskål - altså flere end 10 Penicillium kolonier i klasselokalet - bør man gøre bedre rent og lufte mere ud og tjekke ventilationen.

Fordelingen af svampe på ventilationstyper for klasser med >60 svampekolonier inde



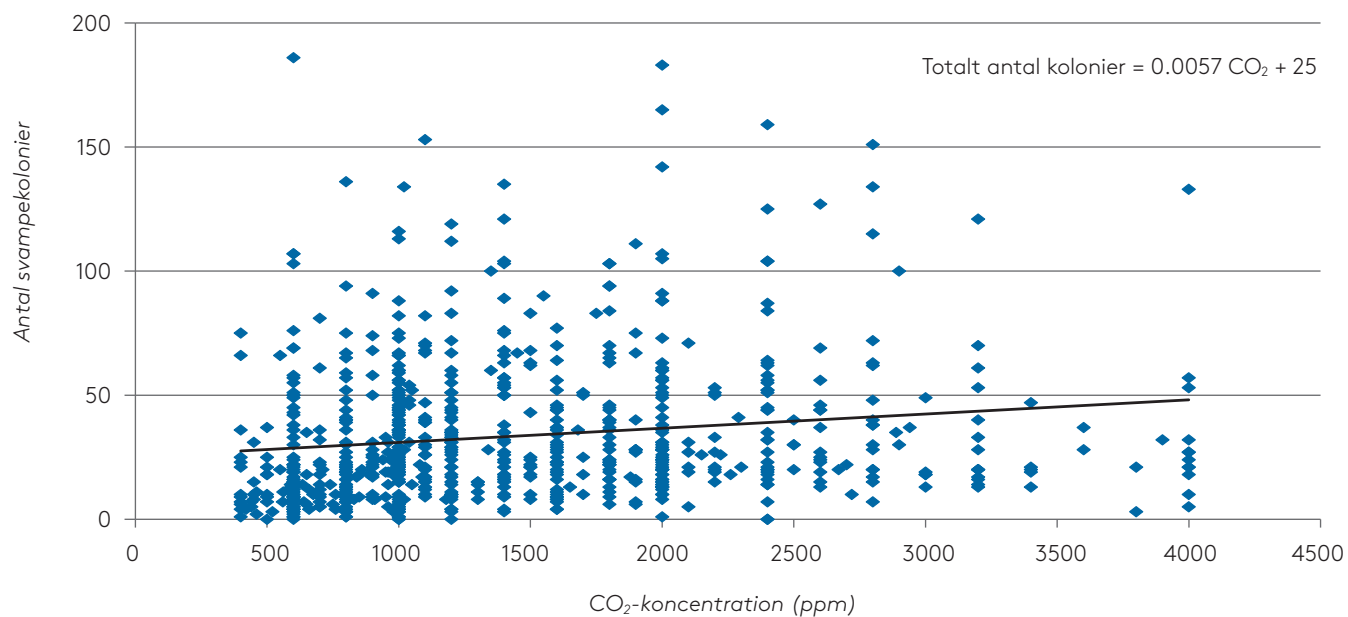
Figur 12. Den gennemsnitlige fordeling af de forskellige svampetyper i indeluften afhængig af skolens ventilationssystem (n=123).

Svag sammenhæng mellem skimmelsvamp og CO₂-niveau

Figur 13 viser at der er en svag sammenhæng i forholdet mellem alle svampesporer i indeluften, således at antallet af svampesporer også er højere, hvor der er målt en høj CO₂-koncentration. Der er stor spredning på målepunkterne, men det ser ud til, at der i lokaler med utilstrækkelig ventilation og derfor højere CO₂-koncen-

tration også er flere svampesporer i luften. Både hver for sig og sammen kan de to ting give et forringet indeklima. Desuden kan et ventilationssystem godt fjerne CO₂, men samtidig sende flere svampesporer ind, hvis det ikke fungerer optimalt.

Det totale antal skimmelsvampe inde mod CO₂-koncentrationen på dag 1



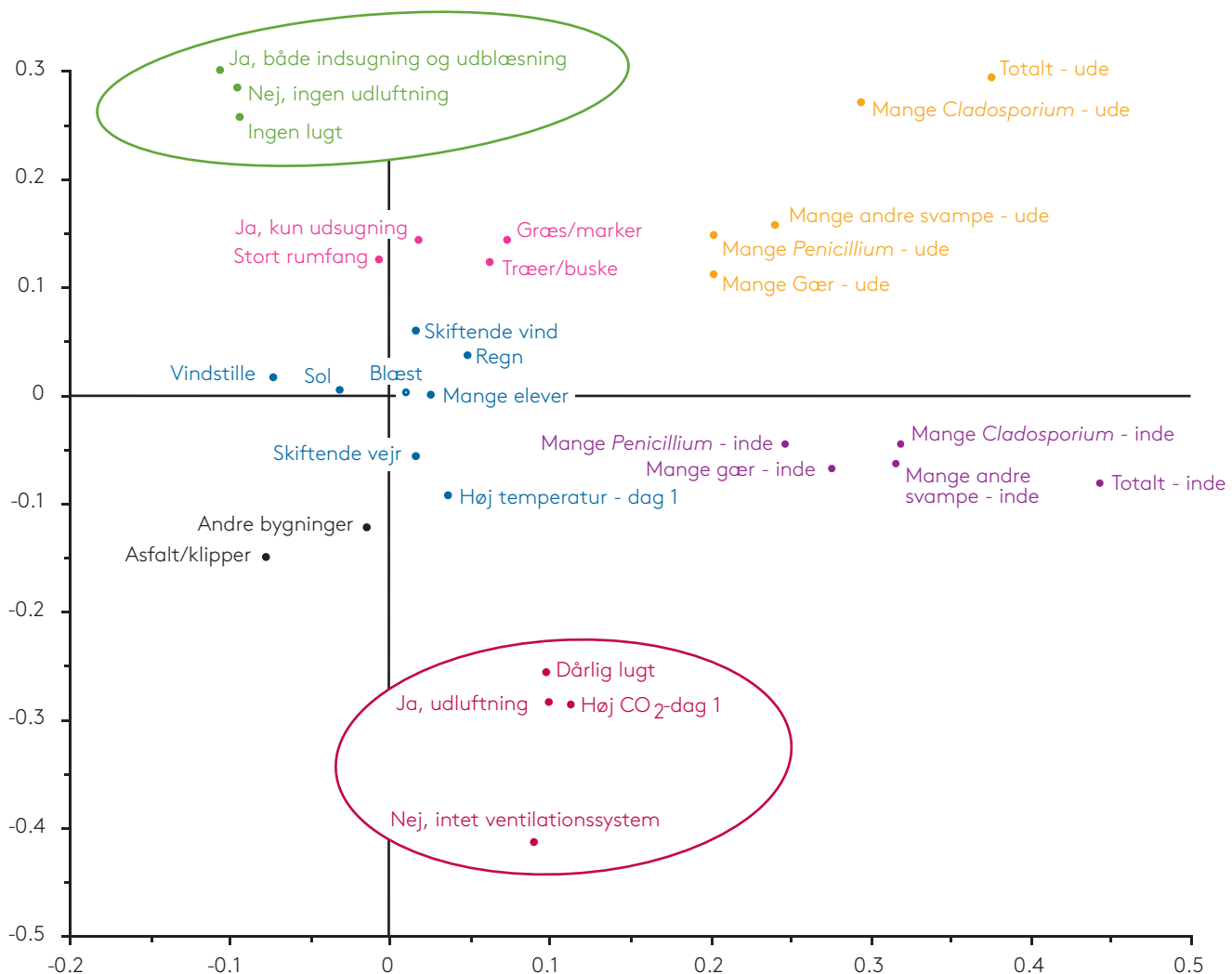
Figur 13. Figur 13 viser at der ser ud til at være en svag sammenhæng mellem alle svampesporer i indeluften og luftens CO₂-koncentration.

De samlede resultater

Forskere kan indsamle meget store mængder data på meget kort tid, som i dette MasseEksperiment hvor 785 klasser har undersøgt, målt eller talt mere end 30 forskellige ting. Det giver et Excel ark på 785 rækker og 30 kolonner eller en matrix med 23.550 datapunkter. En hurtig måde at få overblik over data, er at lave en samlet analyse, også kaldt multivariat dataanalyse, som vist her i figur 14. Analysen viser de faktorer (målinger), der hænger sammen, når de ligger tæt sammen: fx høj

CO₂-koncentration og dårlig lugt (fx i den røde cirkel) eller Ingen lugt og Mekanisk ventilations-anlæg (fx i den grønne cirkel). Analysen viser også faktorer som er modsatrettede: alle røde faktorer er modsatrettet de grønne faktorer, da de ligger i hver sin side af koordinatsystemet. Det samme gælder Asfalt (sort) og Græs (pink), som giver et modsatrettet resultat, henholdsvis det laveste og det højeste Cladosporium-tal, når man ser på de svampe, der findes i de to miljøer (Se også figur 8).

Samlet analyse af alle målingerne på én gang



Figur 14. En samlet analyse (multivariat statistik) af alle faktorer, som blev målt i MasseEksperiment 2014. Figuren viser hvilke faktorer som hænger sammen. Faktorer i samme farve hænger sammen. Jo længere væk fra centrum en faktor ligger, jo større betydning har den for resultatet. Faktorer, der ligger i samme kvadrant hænger sammen, mens faktorer i modsatte kvadranter (2. og 4.) er modsatrettede.

Konsekvenserne af dårligt indeklima

Indeklima og sundhed

Indeklimasympptomer er en fælles betegnelse for en lang række af symptomer, der er blevet forbundet med indeklimaets påvirkninger. Symptomerne omfatter f.eks. slimhindeirritation i øjne, næse og svælg, hudirritation, samt almensymptomer som tunghedsfornemmelse i hovedet, træthed, koncentrationsbesvær og utilpashed. Symptomerne skyldes sjældent én bestemt påvirkning og kan også forårsages af andet end indeklimaet.

Hypigheden af symptomer kan variere fra én bygning til en anden. Samtidig er det karakteristisk, at symptomerne kan blive reduceret i intensitet eller helt forsvinde efter at personen har forladt bygningen. Det er endnu uafklaret hvorfor symptomerne opstår, hvad der sker i kroppen og hvilke påvirkninger, der giver anledning til hvilke symptomer. Det antages, at symptomerne skyldes samvirkningen af en række forskellige indeklimapåvirkninger.

Indeklimaet kan også have relation til egentlige sygdomme som allergiske luftvejslidelser og luftvejsinfektioner. Koncentrationen af allergener i støv i klaseværelser er ofte høj, fordi allergenerne overføres fra tøjet på de børn, som har hyppig kontakt med kæledyr. Et ud af tre børn lider af allergi eller astma og disse lidelser er blandt de hyppigste fraværsårsager i skolen. Allergi og astma kan forværres af f.eks. skimmelsvampesporer i fugtskadede bygninger eller husstøvmider og allergikere og astmatikere kan opleve, at hypigheden af anfaldene og intensiteten øges ved ophold i nogle bygninger.

I utilstrækkeligt ventilerede lokaler med høj persontæthed er der endvidere øget risiko for overførsel af luftbåren smitte mellem mennesker. Resultatet er en øget hypighed af almindelige luftvejsinfektioner som forkølelse, ondt i halsen og mellemørebetændelse.

Indeklimaet er resultatet af utallige samvirkende faktorer – mange flere end beskrevet ovenfor. Påvirkningerne fra indeklimaet er mange, og konsekvenserne af det utilstrækkelige indeklima spænder lige fra let ubehag til alvorlige og kroniske sygdomme. Heldigvis går det kun sjældent så galt, men der er alligevel mange tungtvejende grunde til at tilstræbe et godt indeklima i skolers klasselokaler til gavn for trivsel, sygefravær og ikke mindst elevernes indlæring.

Indeklima og læring

Det utilstrækkelige indeklima i klaseværelserne kan påvirke elevernes udbytte af skolearbejdet og give en ringe begyndelse på hele deres uddannelsesforløb. Selvom der fokuseres på eleverne, er det klart, at det dårlige indeklima også går udover lærerne og den undervisning, de skal yde. Vi ved endnu ikke præcist, hvilke mekanismer der gør, at luftkvalitet og temperaturer påvirker elevernes præstation af typiske skoleopgaver, herunder koncentrationskrævende logiske og matematiske opgaver samt forståelskrævende sproglige opgaver. En nærliggende forklaring er, at motivationen nedsættes når man føler sig uoplagt eller tung i hovedet pga. af dårlig luftkvalitet eller for høj temperatur. Men der er tale om ret markante effekter, som det vil fremgå af det følgende. Eksempelvis viste en undersøgelse, at en fordobling af ventilationsraten fra et lavt niveau medførte en fremgang i præstationen af skolearbejdet tæt ved 10%. Dette svarer populært sagt til, at elever med et godt indeklima i klaseværelset kan spare næsten et års skolegang!

Vejen til et bedre indeklima

Eleverne kan selv gøre noget for at forbedre indeklimaet i klasselokalet. CO₂-koncentrationen stiger i løbet af en lektion, og det er derfor vigtigt at åbne vinduerne i lokalet regelmæssigt. Eleverne bør derudover forlade klasselokalet i frikvartererne, så CO₂-koncentrationen kan nedbringes før starten af næste lektion. Udluftning og det at opholde sig udendørs i frikvarterene betød, at andelen af klasseværelser med CO₂-koncentration over 1000 ppm faldt til 39%. Har man et ventilationsanlæg i klassen, er det vigtigt at kontrollere, at det virker, som det skal.

MasseEksperiment 2014 viser også, at niveauet af skimmelsvampesporer i luften ligger højere end den tommelfingerregel, som er maksimum 30 svampekolonier i en petriskål. Det høje niveau af svampesporer kan have flere forskellige årsager. Det kan naturligvis skyldes ringe rengøring, men i lige så høj grad, at ventilationen i lokalene ikke er tilstrækkelig til at fjerne de svampesporer, som slæbes med ind på sko og tøj. For skoler med mekanisk indblæsning kan årsagen være at filtrene i ventilationsanlægget ikke virker optimalt, og blæser ufiltreret luft ind, som indeholder flere svampesporer om efteråret, hvor MasseEksperimentet blev udført. Elevernes resultater er meget værdifulde for fremtidige målinger af svampesporer indendørs, fordi de viser, at antallet af

svampesporer udendørs har en rigtig stor påvirkning af det man tæller indendørs.

Har klassen fået et resultat med mange indesvampe (Penicillium), skal man nok lige tjekke rengøring, ventilation og om der eventuelt skulle være fugtskader på loftet eller vægge. Da sporer fra skimmelsvampe sidder i støv er det vigtigt at sørge for god rengøring af lokalet. En gammel skive brød oven på et skab kan sende mange Penicillium sporer i omløb. God ventilation er også vigtig i forhold til skimmelsvampe.

Tjekliste til et godt indeklima

Tag ansvar for et godt indeklima i klassen. Brug denne tjekliste:

- Luft ud regelmæssigt.
- Forlad klasselokalet i frikvartererne.
- Sørg for at rydde op så rengøringspersonalet kan gøre ordentligt rent.
- Sørg for at smide uspiste madpakker og frugt i affaldspannen.
- Kontrollér om der er god ventilation i klasselokalet.
- Hvis der er et ventilationsanlæg tilknyttet lokalet: Efterkontrollér at anlægget og evt. filtre fungerer optimalt.



Forslag til diskussioner i klassen

- Hvad betyder de målte CO₂-koncentrationer og temperaturer for jeres klasse?
- Hvad betyder de observerede svampe for jeres klasse?
- Hvad kan I evt. gøre for at forbedre indeklimaet i klasseværelset?

Efterord

En stor tak til de mange elever og lærere, som har gennemført MasseEksperiment 2014 ude i klasselokalerne og indberettet resultater på eksperimentets hjemmeside. Det er elevernes data, der ligger til grund for den viden, som bliver formidlet i rapporten her. En rigtig stor tak skal også lyde til forfatterne af denne rapport. Lektor Birgitte Andersen, professor Geo Clausen og Jørn Toftum, som har stået for at udvikle forsøgene og været ansvarlige for analysen af de mange data.

Også tak til Helle Houkjær, Hans Marker og Mari-Ann Skovlund Jensen for udvikling af lærervejledninger og supplerende aktivitetsforslag. Og tak til Frederiksen for sponsorrabat på CO₂-måleudstyr.

MasseEksperiment 2014 er økonomisk direkte støttet af Danmarks Lærerforening og Bjarne Saxhofs Fond.



Foto: Helle Houkjær, Krogårdsskolen, Greve.