



**AALBORG UNIVERSITET**  
KØBENHAVN

Aalborg Universitet København  
Statens Byggeforskningsinstitut  
A. C. Meyers Vænge 15  
2450 København SV  
Danmark

Studiesekretær: Silpa Stella Rondón Pinto  
Telefon: 9940 2285  
master@sbi.aau.dk

## Studenterrapport

**Uddannelse:** Master i Bygningsfysik

**Semester:** 4. semester

**Titel på masterprojekt:**

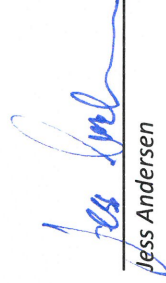
Termisk og atmosfærisk indeklima i kontorer

**Projektperiode:** 1. februar til 1. juni

**Vejleder:** Lars Gunnarsen

**Studerende:**

  
Bjørni Justinussen

  
Jess Andersen

### Resume:

Det overordnede formål med denne rapport, er at redegøre for sammen-hænge imellem det målte og oplevede termiske og atmosfæriske indeklima i en række kommunale kontorer i Rødovre Kommune og Københavns Kommune. For at reducere forekomsten af symptomer mest muligt, præsenteres en række anbefalinger ift. indretning, installationsbestykning samt brugeradfærd.

For at kunne foretage sammenligningen, er der indsamlet kvantitative data om kontorlokalerne fysiske og geometriske fremtræden samt det termiske og atmosfæriske indeklima. Herudover er indsamlet kvalitative data om medarbejdernes oplevede indeklima og driftsorganisationernes styring af indeklimaet. Herefter har vi valgt at redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede indeklima, for siden at tydeliggøre betydningen af kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden, installationsbestykninger samt medarbejdernes muligheder for at justere eget indeklima.

Der er foretaget kvantitative undersøgelser på stedet. Angående termisk indeklima er målinger af temperatur-, træk- og strålingsforhold målt. I forbindelse med atmosfærisk indeklima, er målinger af kuldioxid- og partikelkoncentrationer foretaget. Derudover er der foretaget kvalitative undersøgelser blandt medarbejdere og driftspersonale. 63 medarbejdere deltog i spørgeskemaundersøgelsen, hvilket var en svarprocent på 68%. Herudover deltog 3 driftsmedarbejdere i en interviewrunde.

De vigtigste resultater i rapporten påpeger, at der er et acceptabelt termisk og godt atmosfærisk indeklima i kontorlokalerne. Overordnet er der størst tilfredshed med indeklimaet i et cellekontor med balanceret mekanisk ventilation, mens utilfredsheden er størst ved storrumskontor med naturlig ventilation.

**Antal normalsider:** 81

**Vedlagt kvittering fra Digital Eksamen**

**Afliveringsdato:** 30. maj 2016





AALBORG UNIVERSITET  
STUDENTERRAPPORT

# Termisk og atmosfærisk indeklima i kontorer

Kvantitative og kvalitative undersøgelser af  
12 kontorer i kommunale bygninger

BJARNI JUSTINUSSEN  
JESS ANDERSEN  
MASTER I BYGNINGSFYSIK  
JUNI 2016

# TITELBLAD

Titel	Termisk og atmosfærisk indeklima i kontorer
Undertitel	Kvantitative og kvalitative undersøgelse af 12 kontorer i kommunale bygninger
Forfattere	Bjarni Justinussen, studienummer 20120444, <a href="mailto:bjusti12@student.aau.dk">bjusti12@student.aau.dk</a> og Jess Andersen, studienummer 20142572, <a href="mailto:jeande14@student.aau.dk">jeande14@student.aau.dk</a>
Uddannelsessted	Aalborg Universitet – København A. C. Meyers Vænge 15, 2450 København
Afhandling	Masterprojekt F16
Studienævn	Byggeri og Anlæg
Uddannelse	Bygningsfysik (master)
Vejleder	Lars Gunnarsen, <a href="mailto:lbg@sbi.aau.dk">lbg@sbi.aau.dk</a>
Periode	01.02.2016 – 01.06.2016
Sideantal	197
Normalsider	81 (2.400 anslag/ normalside)
Udgivelsesår	2016
Emneord	Indeklima, kontortype, termisk indeklima, temperatur, træk, varmestråling, atmosfærisk indeklima, luftkvalitet, kuldioxid, relativ luftfugtighed, partikler, bioeffluenter, ventilation, symptomer
Forside	Kontorlokale J



## RESUMÉ

Det overordnede formål med denne rapport, er at redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede termiske og atmosfæriske indeklima i en række kommunale kontorer i Rødovre Kommune og Københavns Kommune. Litteraturgennemgang og andre opmærksomhedspunkter har været med til at modulere opgaven, således at fokuspunkter og vægtning af emner er præciseret undervejs i arbejdsprocessen.

Masterprojektet fremsætter en problemstilling, hvor det termiske og atmosfæriske indeklima holdes op i mod medarbejdernes oplevede indeklima i kontorlokalerne. For at reducere forekomsten af symptomer mest muligt, præsenteres en række anbefalinger ift. indretning, installationsbestykning samt brugeradfærd.

For at kunne foretage sammenligningen, er der indsamlet kvantitative data om kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden samt det termiske og atmosfæriske indeklima. Herudover er indsamlet kvalitative data om medarbejdernes oplevede indeklima og driftsorganisationernes styring af indeklimaet. Herefter har vi valgt at redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede indeklima, for siden at tydeliggøre betydningen af kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden, installationsbestykninger samt medarbejdernes muligheder for at justere eget indeklima.

Der er foretaget kvantitative undersøgelser på stedet. Angående termisk indeklima er målinger af temperatur-, træk- og strålingsforhold målt. I forbindelse med atmosfærisk indeklima, er målinger af kuldioxid- og partikkelkoncentrationer foretaget. Derudover er der foretaget kvalitative undersøgelser blandt medarbejdere og driftspersonale. 63 medarbejdere deltog i spørgeskemaundersøgelsen, hvilket var en svarprocent på 68%. Herudover deltog 3 driftsmedarbejdere i en interviewrunde.

De vigtigste resultater i rapporten påpeger, at der er et acceptabelt termisk og godt atmosfærisk indeklima i kontorlokalerne. Overordnet er der størst tilfredshed med indeklimaet i et cellekontor med balanceret mekanisk ventilation, mens utilfredsheden er størst ved storrumskontor med naturlig ventilation.

Omkring hver femte af de adspurgte medarbejdere er utilfredse med temperaturforholdene i deres kontorlokale, hvilket er en tredobling i forhold til den beregnede forventede utilfredshed. Det er dog et acceptabelt termisk indeklima, da det generelt anses værende tilstrækkeligt, når hver femte medarbejder er utilfreds. Der er et godt atmosfærisk indeklima i kontorlokalerne. Kun omkring hver tiende medarbejder er utilfreds med luftkvaliteten, hvilket svarer til god luftkvalitet.

De vigtigste anbefalinger i rapporten understreger, at der skal foreligge en brugermanual for håndtering af kontorets installationer, vinduer og døre. Desuden bør der være adfærdsregler for brugen af kontoret. Det anbefales at medarbejderne er passende påklædt hele året rundt, det vil sige, have mere tøj på i opvarmningssæsonen frem for høje lufttemperaturer i kontorlokalerne. Ved at sidde så tæt på vinduet som muligt, reduceres indeklima generne. Vores undersøgelse viser dertil, at medarbejdere placeret længst fra vinduet oplever flest gener. Vi anbefaler, at man reducerer antallet af timer inde på selve kontoret, idet at længere ophold på kontoret øger om antallet af gener og symptomer. Afslutningsvis anbefales det at have fokus på drift af indeklima og ikke på energibesparelser. Der er store trivselsmæssige fordele i at forebygge indeklimaproblemer i stedet for "*brandslukning*".

## SUMMARY

The overall aim of this report is to examine the relationship between the measured and experienced thermal and atmospheric indoor climate in a number of offices in the City of Rødovre and the City of Copenhagen. Taking into account earlier research on the subject, the project has been altered to clarify the focus and weighting of the topics as the work has progressed.

The aim of this master's thesis has been to compare measured thermal and atmospheric indoor climate with employees' reported experience of indoor climate. To reduce the number of symptom appearances as much as possible, a number of recommendations regarding furnishings, installations and user behavior will be presented.

Our project proceeded in several phases, the first of these consisting of gathering quantitative data regarding the offices' physical and geometrical appearance as well as on the thermal and atmospheric indoor climate. Secondly, a gathering of qualitative data regarding employees' experienced indoor climate was necessary as well as data from building management staff responsible for the installations and control of indoor climate. Thirdly, the relationship between the measured indoor climate and employees' experience reports. Finally, the different elements need to be taken into account in a discussion involving also the employees' possibility to adjust their own indoor climate.

Of the quantitative studies, some were done on site. Concerning thermal indoor environments, temperatures have been measured, as well as air velocity and radiation conditions, the concentration of carbon dioxide and particulate matters in the atmospheric indoor climate. Qualitative studies were performed among employees and operating staff members. 63 employees participated in the survey, representing a response rate of 68%. In addition, 3 employees from the building management staff participated in a round of interviews.

The main findings in the report show an acceptable thermal indoor climate and good atmospheric indoor climate in the offices. However, a significant difference was found between office types and installations, regarding the quality of physical and geometric appearance, temperature conditions and employee satisfaction. Overall, the greatest level of satisfaction with indoor climate was found in a cell office with a balanced mechanical ventilation system. The highest level of dissatisfaction was found in an open-plan office with natural ventilation. Around one in five surveyed employees are dissatisfied with the temperatures in their office space, which is a threefold increase compared to the measured expected dissatisfaction. However, the thermal indoor climate is acceptable, since it is generally considered being sufficient when 1:5 employees is dissatisfied. In general, our research showed good atmospheric indoor climate in offices. Only about one in ten employees is dissatisfied with the indoor air quality, which is equivalent to good indoor air quality.

The main recommendations in the report emphasize, that it is recommended that there is a user manual available concerning the office installations, as well as how to handle the air change through windows and doors. Furthermore, there should be a "rules of conduct" regarding the indoor climate. It is recommended that employees are properly dressed all year round, suited for the season. That is, to wear more clothes in the heating season rather than set a high air temperature in the office. By being placed as close to the window as possible, the symptoms caused by the indoor climate will reduce. Results in this report show, that employees located furthest from the window experience the most discomfort. We recommend a reduction of the number of hours at the office, as an extended presence will increase the number of symptoms. Finally, it is recommended that the operating staff members focus on operating the indoor climate rather than on energy savings. It is better to prevent problems regarding indoor climate, rather than solving them acutely.

## FORORD

Dette masterprojekt til Master i Bygningsfysik på Aalborg Universitet er skrevet af Bjarni Justinussen og Jess Andersen og udarbejdet under vejledning af Professor Lars Gunnarsen, Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), hvem vi takker for god vejledning og stor tiltro.

Masterprojektet omhandler indeklimaproblemer i kontorbygninger med udgangspunkt i den kommunale bygningsmasse. Emnet er udvalgt på grund af indeklimaopfordringerne i vores daglige byggetekniske arbejde i tekniske afdelinger i det kommunale.

Hensigten med masterprojektet er at identificere generelle indeklima-problemstillinger og faldgruber indenfor termisk og atmosfærisk indeklima. Vi har ikke kunne finde en lignende undersøgelse som vores, og håber derfor, at vores indsats kan bidrage i fremtidige forskningsprojekter om indeklima.

Undersøgelsen er gennemført som registreringer og målinger i 12 kontorer, heraf 4 henholdsvis celle-, gruppe og storrumskontorer, fordelt på 6 bygninger på 3 adresser i København og Rødovre i februar og marts 2016. Vi takker vores daglige arbejdsgivere, ledelse og kollegaer for støtte, tålmodighed og medvirken til rapportens tilblivelse. Vi takker også Thomas Frederiksen og Margretha Højgaard Poulsen for bidrag ved udformning af spørgeskema og korrekturlæsning.

Afslutningsvis takker vi vores familier og nærmeste for støtte og tålmodighed. I særdeleshed retter vi en tak til vores hustruer. Uden deres støtte og øget bidrag i hjemmene i vores fravær ville det ikke have været muligt at gennemføre masteruddannelsen.

God læselyst.



# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1 INDLEDNING</b>	<b>9</b>	<b>6 DISKUSSION</b>	<b>121</b>
<b>2 BAGGRUND</b>	<b>13</b>	6.1 DISKUSSION AF RESULTATER	122
2.1 GRUNDLAG	14	6.2 HVAD FØRER RESULTATERNE MED SIG	126
2.1 OPGAVEFORMULERING	16	6.2.1 <i>Kontorets design</i>	126
2.2 AFGRÆNSNING	18	6.2.2 <i>Brugeradfærd og driftsstyring</i>	132
<b>3 TEORI</b>	<b>21</b>	6.2.3 <i>Oplevelser og symptomer</i>	138
3.1 ERFARINGER FRA TIDLIGERE UNDERSØGELSER	22	6.3 PERSPEKTIVERING	148
3.2 TERMISK INDEKLIMA	26	<b>7 KONKLUSION</b>	<b>151</b>
3.3 ATMOSFÆRISK INDEKLIMA	38	<b>8 ANBEFALINGER</b>	<b>155</b>
<b>4 METODER OG MATERIALER</b>	<b>51</b>	8.1 KONTORTYPE	155
4.1 UNDERSØGELSESMETODER OG INSTRUMENTER	52	8.2 VENTILATIONSBESTYKNING	156
4.2 BRUGERUNDERSØGELSE	62	8.3 SAMLEDE ANBEFALINGER	158
4.3 INTERVIEW AF DRIFTSPERSONALE	66	<b>BIBLIOGRAFI</b>	<b>161</b>
4.4 BEREGNINGSMETODER	68	<b>BILAG</b>	<b>167</b>
<b>5 RESULTATER</b>	<b>83</b>	BILAG A: BESKRIVELSE AF KONTORER	168
5.1 GENERELLE RESULTATER	84	BILAG B: SPØRGESKEMA	192
5.2 TEMPERATURFORHOLD	96	BILAG C: INTERVIEWSKEMA	196
5.3 LUFTKVALITET	106		



# 1. INDLEDNING

*"Huse er bygget til at leve i, ikke til at se på"*

*Francis Bacon*

## INDLEDNING

Titlen på masterprojektet er termisk og atmosfærisk indeklima i kontorer. Opgaven omfatter indsamling af kvantitative data; herunder kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden samt det termiske indeklima: Temperatur-, træk-, varmestrålingsforhold og luftfugtighed samt det atmosfæriske: Koncentrationer af kuldioxid og partikler. Ydermere er opgaven omfattet af indsamling af kvalitative data; herunder medarbejdernes oplevede indeklima og driftsorganisationernes styring af indeklima. Al dataindsamling er lagret i en database. Formålet med rapporten, er således at kunne redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede indeklima i kontorlokalerne. Kontorlokalerne er delt op i tre kontortyper, definerede som cellekontor (1-3 personer), gruppekontor (4-9 personer) og storrumskontor (10 < personer).

Opgaven er blevet gennemarbejdet over fire måneder, fra 1. februar til 1. juni 2016. Indsamlingen af data er foretaget over to måneder, fra 1. februar til 1. april og gennemarbejdelse af indhentet data samt diskussionen og konklusionen heraf er foretaget over to måneder, fra 1. april til 1. juni.

Rapporten er som udgangspunkt opbygget med brødtekst i venstre side, med tabeller og figurer i højre side. Rapportens teori afsnit oplister blandt andet krav og værdier til temperaturforhold og luftkvalitet i kontorlokaler. Her anvendes farvekoder til at understrege hvorvidt der er tale om: Lovkrav (rød), herunder bygningsreglementet; Vejledninger eller anvisninger (orange), herunder Arbejdstilsynet (AT-vejledning), Statens Byggeforskningsinstitut (SBI-anvisning) eller øvrige normer; Andet (grøn), Branchearbejdsmiljøråd (BAR), World Health Organization (WHO) mv.. Under resultat afsnittet anvendes farvekoderne til at indikere hvorvidt værdierne kræver ekstra opmærksomhed (rød), mindre opmærksomhed (orange) eller ingen opmærksomhed (grøn).

Projektets resultater vurderes at kan bidrage til fremtidige forskningsprojekter om indeklima. Ydermere er rapportens anbefalinger målrettet Rødovre Kommune og Københavns Kommune til anvendelse og inspiration. Viden og data er blevet indhentet og gennemarbejdet, for at kunne præsentere nogle "take-home-messages", der gør projektet mere anvendeligt for modtageren. Ydermere kan projektet virke som inspirationen og informativt for andre studerende på videregående uddannelser, der arbejder med indeklima på kontorer, herunder dele af det termiske og atmosfæriske indeklima.

De væsentlige resultater i rapporten viser et acceptabelt termisk og godt atmosfærisk indeklima i kontorlokalerne. Der er væsentlig forskel på kontortyper og installationsbestykning når det omhandler kvalitet ift. fysisk og geometrisk fremtræden, temperaturforhold og medarbejder tilfredshed. Overordnet er der størst tilfredshed med indeklimaet i et cellekontor med balanceret mekanisk ventilation, mens utilfredsheden er størst ved storrumskontor med naturlig ventilation.

Omkring hver femte af de adspurgte medarbejdere er utilfredse med temperaturforholdene i deres kontorlokale, hvilket er en tredobling i forhold til den målte forventede utilfredshed. Det er dog et acceptabelt termisk indeklima, da det generelt anses værende tilstrækkeligt, når hver femte medarbejder er utilfreds. Der er et godt atmosfærisk indeklima i kontorlokalerne. Kun omkring hver tiende medarbejder er utilfreds med luftkvaliteten, hvilket svarer til god luftkvalitet.

Undersøgelsen viser, at det tager lang tid at opvarme bygninger og kontorlokaler med en høj termisk masse, især de kolde bygningsdele, hvilket blandt andet kan skyldes en natsænkning af varmeanlægget. Derved kan det om vinteren være mere tilfredsstillende at have en bygning med lav termisk masse, som hurtigt kan opvarmes; af samme årsag som sommerhuse typisk er opbygget af lette konstruktioner.

Medarbejdernes utilfredshed med luftkvaliteten, i forhold til koncentrationen af kuldioxid, er 12%. Den lave utilfredshed svarer til god luftkvalitet. Det understreges at luftkvaliteten er afhængig af ventilationsformen. Naturlig ventilation har det laveste luftskifte, og det højeste CO<sub>2</sub>-niveau. Balanceret mekanisk ventilation har et højere luftskifte, og kan holde et konstant lavt CO<sub>2</sub>-niveau. I forhold til WHO's anbefalede grænseværdier, så ligger koncentrationen af grove og fine partikler under det anbefalede i arbejdstiden. Oplevelsen af symptomer blandt respondenterne svarer til høj kvalitet i arbejdsmiljøet.



## 2. BAGGRUND

*"Af og til snubler menneskene over en sandhed, men de fleste rejser sig op og skynder sig videre, som om intet var sket"*

*Winston Churchill*

## 2.1 GRUNDLAG

Dårligt indeklima har overordnet set negative virkninger på medarbejdere, virksomhederne og i sidste ende også for det land hvori virksomheden ligger. De negative virkninger ses blandt andet i direkte økonomiske tab ved reduceret produktivitet, og indirekte tab ved sygdomsforløb eller dødelighed. Det samme gør sig gældende blandt de lande Danmark normalt sammenligner sig med i Europa. EU-kommissionen offentliggjorde i 2014 en arbejdsmiljøstrategi for perioden frem til 2020. Heraf fremgår det blandt andet, at 25% af de ansatte i EU vurderer, at arbejdsmiljøet har en negativ indvirkning på deres helbred. En vurdering vedrørende de reelle dødsfald på grund af dårligt arbejdsmiljø i Danmark indikerer, at det faktiske antal døde pga. arbejdsmiljøet er på 159.500 lønmodtagere om året, hvoraf de 95.500 dødsfald skyldes kræft (FTF, 2016). Nationalt går det langsomt politisk at få præciseret, hvordan indeklimaet skal opretholdes. For at undgå at et dårligt indeklima har negative virkninger på ansatte, virksomheder og i sidste ende samfundet. Regeringen vedtog blandt andet i 2014 *"Strategi for energirenovering af bygninger"* (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014). Heri diskuteres det hvordan en energirenovering skaber; *et bedre indeklima, et indeklima som et centralt element, og et mere stabilt indeklima*, dog uden på noget tidspunkt at definere præcis hvad indeklimaet omfatter.

I rapporten *"Arbejdsmiljø set med virksomhedsøkonomiske briller"*, udgivet af Landsorganisationen i Danmark (LO), fremgår det blandt andet, at vedrørende kontorarbejdspladsernes dårlige indeklima, så har man været tilbageholdende i forhold til at løse udfordringerne, idet man har frygtet, at det ville koste på bundlinjen. Undersøgelsen viser et fald på 1 procentpoint pr. °C, som der afviges fra en ideel rumtemperatur på 21,75 °C. Ydermere sker der en forbedring af produktiviteten på 10 - 20% ved en fordobling af luftskiftet. Rapporten påpeger, at en forøgelse af luftskiftet samt en bedre temperaturregulering forbedrer indeklimaet og dermed produktiviteten i sådan en grad, at investeringen i løsninger har en tilbagebetalingstid på under et år (Landsorganisationen i Danmark (LO), 2010).

*"Indeklimaet stinker på arbejdspladsen"* var overskriften på en artikel tilbage i november 2011 (Finans, 2016). Historien blev bragt i kølvandet af en undersøgelse blandt kontoransatte som YouGov foretog for ejendomsudviklerfirmaet Skanska Øresund. 20% af de adspurgte svarede at indeklimaet på deres arbejdsplads var dårligt eller meget dårligt. Forsker Geo Clausen fra Institut for Byggeri og Anlæg på DTU kommenterede undersøgelsen, og pointerede: *"indeklimaet spiller en stor rolle for medarbejdernes præstationer, blandt andet fordi der bruges mange ressourcer på at bearbejde de negative indtryk, om det så er træk, luftkvalitet, temperaturer..."* samt at man har kunnet dokumentere, at *"produktiviteten falder med mellem 5 og 10 procent, når indeklimaet er dårligt..."* (Finans, 2016).



Vi arbejder til dagligt med bygnings indeklima. Tilbagevendende arbejdspladsvurderinger (APV) viser medarbejdernes utilfredshed omkring det fysiske arbejdsmiljø i kontorlokaler, hvor blandt andet utilfredsstillende temperaturforhold og dårlig luftkvalitet er kendte problemstillinger. På baggrund heraf, har formålet været at undersøge og udforske netop disse problemstillinger, for at finde sammenhænge mellem faktiske indeklimate målinger og det oplevede indeklima. I forlængelse heraf har vi præsenteret nogle opmærksomhedspunkter og anbefalinger, der kan bidrage til et bedre målt og oplevet indeklima for medarbejderne i de pågældende kontorlokaler. Der tages afsæt i fire kommunale kontorbygninger, med 12 udvalgte lokaler, henholdsvis med og uden mekanisk ventilation. I forbindelse med det oplevede indeklima, foretages brugerundersøgelser blandt 63 medarbejdere og 3 driftsansvarlige gennem spørge- og interviewskemaer.

## 2.1 OPGAVEFORMULERING

For at kunne tilgå denne opgave, og afgrænse emnets omfang, blev der udarbejdet en indledende opgaveformulering, hvor opgaven skulle: Redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede indeklima; tydeliggøre betydningen af forskellige kontorstørrelser, installationsbestykninger samt medarbejdernes muligheder for at justere eget indeklima; foreslå forbedringsmuligheder ift. indretning, installationsbestykning og brugeradfærd. Desuden skulle der måles lufthastighed ved kolde overflader, i begyndelse af februar, hvor udetemperaturen forventes at være lavest. Som anden luftforureningskilde, skulle der også måles koncentrationen af fine og ultrafine partikler i inde luften.

Undervejs har litteraturgennemgang og andre opmærksomhedspunkter været med til at modulere opgaven, således at fokuspunkter og vægtning af emnerne er præciseret undervejs i arbejdsprocessen. Set i lyset heraf, fremsætter masterprojektet nedenstående problemstilling:

- **Termisk og atmosfærisk indeklima holdes op i mod medarbejdernes oplevede indeklima i kontorlokalerne**
- **Komme med en række anbefalinger ift. indretning, installationsbestykning samt brugeradfærd, for at reducere forekomsten af symptomer mest muligt**

Dette sker ved at:

1. Indsamle kvantitative data; kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden samt det termiske og atmosfæriske indeklima
2. Indsamle kvalitative data; medarbejdernes oplevede indeklima og driftsorganisationernes styring af indeklima
3. Redegøre for sammenhænge imellem det målte og oplevede indeklima
4. Tydeliggøre betydningen af kontorlokalernes fysiske og geometriske fremtræden, installationsbestykninger samt medarbejdernes muligheder for at justere eget indeklima

Ved termisk indeklima har vi fokus på temperatur-, fugt-, træk- og strålingsforhold, det vil sige alle de påvirkninger, som vi mennesker opfatter ved hjælp af vores hud og termoreceptorer. Ved atmosfærisk indeklima har vi udelukkende fokus på kuldioxid- og partikelkoncentrationer, det som påvirker luftvejssystemet gennem vores næse.



## 2.3 AFGRÆNSNING

Denne rapport omhandler indretning, brugeradfærd, temperaturforhold, luftkvalitet og medarbejdernes symptomer. Men rapporten omfatter *ikke* alle parametre indenfor disse hovedtemaer. Afsnittet beskriver *ikke* andre forhold, der også påvirker indeklimaet såsom støj og lysforhold m.fl. Derimod uddyber afsnittet, hvilke emner der er medtaget i undersøgelsen. Se også Figur 1.

Indretning er kun overordnet berørt i forhold areal per person, volumen per person, kontorets opbygning samt tekniske installationer. Der er ikke set nærmere på udsigt fra kontoret og glasareal per person eller placering af og type inventar i kontoret, farvevalg, ryddelig og andet, som påvirker kontorpersonalet psykisk. Forudsætningen for at undersøge, hvordan indeklimaet hænger sammen med kontortypen, indretningen, ventilationsbestykningen og brugen er, at antage at alle tekniske installationer virker og dimensioneret til den aktuelle brug. Vi forventer ligeledes at alle gående vinduer kan åbnes. Vi registrerer, hvilke tekniske installationer kontorerne indeholder, men måler ikke på for at finde tilstanden af disse. Dette er antaget til at være god.

Brugeradfærd er undersøgt lidt dybere – specielt i forhold til styring af tekniske installationer og kontorets daglige drift i form af udluftning o.a. Brugeradfærden omfatter også driftspersonalets styring af varme og ventilation. Det, som ikke indgår i brugeradfærd, er alt det, som vi ikke kan måle, eksempelvis; hvor ofte der udluftes, hvor meget og hvor længe. Eller hvornår på arbejdsdagen, medarbejdere har forladt kontoret pga. mødeaktivitet, frokost eller andet. Oplysningerne om brugeradfærd er benyttet til opklaringen af evt. årsag til nogle steder *det gode indeklima* og andre steder *det dårlige indeklima*. Indeklima skal i rapporten forstås som termisk indeklima og atmosfærisk indeklima.

Temperaturforhold eller termisk indeklima er et af hovedtemaerne, og et tema som vi både har målt, beregnet og adspurgt om. Dette emne er

næsten fuldstændigt behandlet og dog. Det var kun muligt, at måle vinterforhold (marts/april) og adspørge medarbejderne i på spørgsmål vedrørende deres vinteroplevelser (svarende til opvarmningssæsonen). Det var ikke muligt at indsamle tilstrækkeligt information om medarbejdernes oplevelser om sommersæsonen. Størstedelen af medarbejderne havde været igennem en kontorrokade eller var nyansatte og kendte derved ikke sommerforholdene i deres kontorlokale. På den baggrund er der ikke forsøgt at skabe et helårsbillede af det termiske indeklima. Undersøgelsen er derfor begrænset til vinterforhold.

Hvor temperaturforhold er mere lige til at måle og veje, er det noget mere besværligt med luftkvalitet. Luftkvalitet i sig selv omfatter:

- Partikler herunder, radon, asbest og støv,
- Fugt og skimmelsvampe,
- Bioeffluenter fra mennesker og produktion – kuldioxid og lugt fra mennesker, madlavning eller parfume
- Emissioner fra byggematerialer og inventar – eksempelvis formaldehyd, PCB, bromerede flammehæmmere, pesticider og phthalater, og
- Øvrige farlige stoffer i luften iht. "*Miljøministeriets bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvalitet*" (Miljøministeriet, 2011) herunder bly, ozon og kvælstoffer

Der findes en frivillig indeklimaklassificeringsstandard "*DS 3033*" (Dansk Standard, 2011b), som er fravalgt, idet at klassificeringen alene sker på baggrund af målinger og registreringer, uden at tilgodese personers oplevelse af indeklimaet. I forhold til opgaveformuleringen om at sammenholde det målte mod det oplevede, er "*DS 3033*" (Dansk Standard, 2011b) ikke tilstrækkelig. Der er ikke foretaget simuleringer i

Bsim eller lignede simuleringsprogrammer, ej heller udregnet varmebalance iht. "DS 469" (Dansk Standard, 2013b) for at fremskaffe resultater for sommerforhold på anden måde.

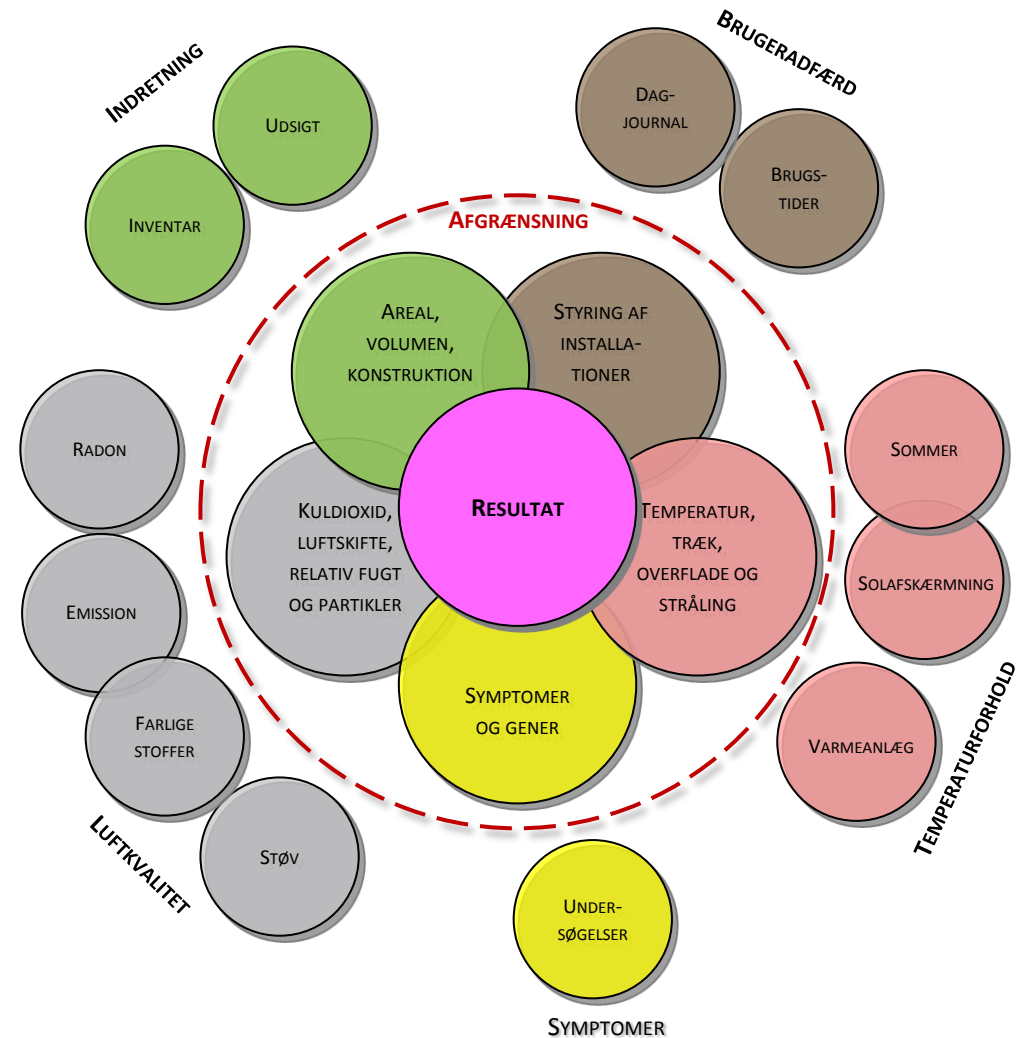
Måleudstyr, økonomi til analyser eller fornødne tid har ikke været til rådighed til at undersøge alle parametrene. Ud fra princippet om både at kunne måle og opleve er der undersøgt koncentration af kuldioxid og relativ luftfugtighed. Undersøgelserne omfatter også måling af partikelkoncentrationen for en række partikelstørrelser ved luftprøver, til trods for at partiklerne ikke kan "mærkes" af brugerne. Emissioner, farlige stoffer og det generelle rengøringsniveau er ikke undersøgt.

Udeklimaet temperatur, vindstyrke, vindretning, solskin og luftforurening har stor betydning for indeklimaet og specielt styringen heraf. Der er kun foretaget lokale udelufts-temperaturmålinger og en enkelt partikelmåling af udeluften. Øvrige måleresultater i udeklimaet omfatter trafiktællinger, partikelmålinger og vejrdata, og er indhentet fra forskellige måletagere.

Vi adspurgte om medarbejdernes gener og symptomer, men måler dem ikke. Spørgsmålene stemmer overens med "Normalmaterialet"s (udbydes i afsnit 3.1) anvendte spørgsmål. På baggrund af "Normalmaterialet"s resultater er der konkluderet på de sundhedsmæssige konsekvenser ved det målte indeklima. Undersøgelsen forholder sig alene til, hvilke symptomer der opleves, og om der er sammenhænge (signifikans) mellem symptomer og målinger.

Respondenternes svar og måleresultater er databehandlet kun ud fra Spearman's rang Korrelationskoefficient, for at finde statistiske afhængigheder imellem to variabler. Der er ikke foretaget anden regressionsanalyse for at fremskaffe prognoser eller beregnet odds-ration for at finde risiko for gener og symptomer.

Figur 1: Afgrænsning; Diagram over hovedtemaer





### 3. TEORI

*"Teori er, når man ved alt, men intet fungerer. Praksis er, når alt fungerer, men ingen ved hvorfor. Hos os er teori og praksis forenet: Intet fungerer og ingen ved hvorfor"*

*Graffiti*

## 3.1 ERFARINGER FRA TIDLIGERE UNDERSØGELSER

### 3.1.1 Generelt

Ved indeklimaundersøgelserne har man kun subjektive målinger til rådighed, oplysninger indhentet gennem et spørgeskema eller et interview, da der ikke findes anvendelige metoder til at objektivisere symptomerne. Som metode er spørgeskemaet ressourcemæssigt mest praktisk anvendeligt, men det er af stor betydning at der anvendes et skema, der er gennemarbejdet, standardiseret og valideret.

Nærværende afsnit er en litteraturgennemgang samt en beskrivelse, der tager afsæt i to kendte og anerkendte danske indeklimaundersøgelser: *"Rådhusundersøgelsen – Indeklima i kontorer"* (Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989) og *"Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark – Et normalmateriale til Glostrupskemaet"* (Brauer & Mikkelsen, 2002).

Gener som følge af indeklima i bygninger – især kontorbygninger, har siden 1980'erne været genstand for omfattende forskning. Medarbejdernes indeklimarelateret symptomer har man grupperet i tre hovedgrupper: slimhindsymptomer, hudsymptomer og almensymptomer. Men disse symptomer er ikke specifikke og viser sig også blandt almenbefolkningen i et vist niveau. Til trods for de omfattende undersøgelser er der kun sporadiske resultater, der peger i retning af, at symptomerne hænger sammen med specifikke patologiske forhold (Brauer & Mikkelsen, 2002).

Verdenssundhedsorganisationen WHO har igennem årene brugt flere betegnelser til at beskrive tilfældet, hvor sygdom eller ubehag, tilsyneladende uden grund, forekommer hyppigere i visse bygninger end blandt befolkningen generelt. De engelske betegnelser har blandt andet været: "building sickness", "sick office syndrome", "tight-building syndrome" og "office-eye syndrome". WHO har efter hånden lagt sig fast på betegnelsen "Sick Building Syndrome" (SBS) eller det danske udtryk, "Indeklimasygen".

### 3.1.2 Rådhusundersøgelsen

Allerede i 1983 definerede WHO indeklimasygen, karakteriseret ved hyppigere forekomst af irriterende symptomer fra øjne, næse, svælg og luftveje, hudirritation samt diffuse overfølsomhedsreaktioner blandt personer der opholder sig i en given bygning. Der kunne ydermere tilskrives almene symptomer, som for eksempel utilsigtet træthed, hovedpine eller tunghedsfølelse i hovedet samt kvalmetendens og svimmelhed, til sygdomsbilledet. Forud for dette tidspunkt var der kun begrænset viden om forekomsten af symptomer tilknyttet indeklimasygen, og den viden der var, tog overvejende afsæt i betydningen af boligens indeklima. De rapporter, der forelå vedrørende "syge" bygninger, kunne ikke på baggrund af indeklimamålinger, verificere valide årsager til forekomsten af symptomerne i indeklimasygen.

Derfor fik SBI i 1983 etableret en arbejdsgruppe som skulle foretage et tværvideenskabeligt undersøgelsesprogram vedrørende indeklimasygen. Arbejdsgruppen *"The Danish Indoor Climate Study Groups"* (DICSG-gruppen) valgte at indgå i et samarbejde med det daværende Rigshospitalets Arbejdsmedicinske klinik, der allerede havde sat gang i en epidemiologisk undersøgelse af medarbejdere og indeklimaet på Rådhuset i Storkøbenhavn. Dermed blev projektets fokus udvidet og fik samtidig tilført tværfaglig viden og ressourcer. På grund af omfanget, blev undersøgelsen derfor delt op i to faser. Formålet med Rådhusundersøgelsen var blandt andet: *"undersøge sammenhænge mellem symptomer og de indeklimatiske forhold.."* samt at *"udvikle undersøgelsesmodeller med anvendelse af kendte valide og nøjagtige til vurdering af bygninger med indeklimaproblemer.."*(Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989).



### **Fase 1:**

rådhusene i Storkøbenhavn var passende til formålet, idet at bygningerne var forskellige med hensyn til bygningskonstruktioner og materialevalg, der ansås for havende indflydelse på hvorvidt indeklimaet var godt eller dårligt. DICSG-gruppen henvendte sig til 17 af de da 20 kommuner i Københavns amt, København og Frederiksberg. Af forskellige årsager kom det endelige tal ned på 13 kommuner, hvor rådhusene blev udvalgt som undersøgelsesbygninger. I én kommune indgik 2 bygninger, hvorfor det blev til 14 rådhusbygninger. Herudover indgik der yderligere 14 bygninger som var tilknyttet rådhusbygningerne, dvs. 28 bygninger i alt.

4.369 ansatte udgjorde undersøgelsespopulationen, hvoraf 3.507 deltog i spørgeskemaundersøgelsen, svarende til 80%. Desuden blev alle de rådhusansatte anmodet om at deltage i en klinisk undersøgelse, hvoraf 3.359 deltog, svarende til 77%. Sideløbende foretog DICSG-gruppen indeklimatemålinger i udvalgte kontorer, som de anså for værende repræsentative for de enkelte 14 rådhusbygninger. Disse registreringer bestod blandt andet af temperatur og relativ luftfugtighed, støv og fibre i luften, organiske gasser og dampe, materialevurderingen mv.

I forhold til de resultater der kom ind gennem spørgeskemaundersøgelsen og indeklimatemålingerne, brugte man Spearman's rang korrelationskoefficient til at analysere de bygningsmæssige forholds betydning for slimhinde- og almensymptomer. Det viste sig, at et stort antal af indeklimateparametrene havde en statistisk sikker sammenhæng med symptomforekomsten.

### **Fase 2:**

På baggrund af en samlet vurdering af symptomforekomsten i fase 1, blev 4 rådhus valgt til yderligere undersøgelser.

1.018 ansatte udgjorde undersøgelsespopulationen, hvoraf 855 deltog i spørgeskemaundersøgelsen, svarende til 84%. 787 personer havde deltaget i spørgeskemaundersøgelsen i fase 1, svarende til 79%. Spørgeskemaet var væsentligt kortere end det i fase 1, og spørgsmålene var rettet i mod gener og symptomer i vinterhalvåret. Derfor blev spørgeskemaet i fase 1 kaldt for "*hovedspørgeskemaet*" og spørgeskemaet i fase 2 kaldt for "*vinterspørgeskemaet*".

Også her foretog DICSG-gruppen indeklimatemålinger i udvalgte kontorer, som de anså for værende repræsentative for hver af de 4 rådhusbygninger. Endvidere blev 6-8 andre kontorer i bygningerne valgt som sekundære måle-rum, således at i alt 28 kontorlokaler indgik i undersøgelsen. Der blev foretaget de samme registreringer som i fase 1.

Konklusionen i "*Rådhusundersøgelsen*" er, at der blev bestyrket nogle hypoteser, der forelå i forbindelse med udarbejdelsen af undersøgelsen. Dermed er det ikke sagt at det er bevist, at de fundne faktorer er direkte eller indirekte årsag til en forøgelse af slimhinde- eller almensymptomer. Dog kunne det blandt andet konkluderes, at "*forekomsten af slimhinde- og almensymptomer hos kontoransatte er generelt højere end hos befolkningen i gennemsnit.*", samt at der ved projektering af renovering af bygninger "*anvendes materialer og indretning, der ikke har tendens til at ophobe forurening i kontorerne.*" og afslutningsvis at "*temperaturen holdes i laveste del af komfortområdet.*" (Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989).

### 3.1.3 Glostrupskemaet

Ydermere er "*Glostrupskemaet*" relevant i denne sammenhæng. Det er et spørgeskema vedrørende indeklima og trivsel på arbejdspladser, der blev udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af repræsentanter fra Arbejdstilsynet, Bedriftssundhedstjenesten, de arbejdsmedicinske klinikker og embedslægeinstitutionen i årene 1995-1998. Spørgeskemaet blev videreudviklet af Arbejdsmedicinsk Klinik i Glostrup i årene 1998-1999, og foreligger nu i en udgave 2.1, til fri afbenyttelse. I Danmark eksisterer ikke andre validerede spørgeskemaer vedrørende indeklimasymptomer.

Spørgeskemaet er udarbejdet med det formål at lave et standardiseret spørgeskema for at kunne undersøge virksomheders indeklimaforhold og psykiske arbejdsmiljø og herudover mulige symptomer blandt de ansatte. Ved en APV kan skemaet anvendes til en kortlægning af ovenstående forhold samt vurdere, i hvilken rækkefølge eventuelle problemer håndteres. Derimod kan det *ikke* anvendes til at vurdere hvorvidt symptomer, angivet i spørgeskemaet, er forårsaget af indeklimaforhold eller psykisk arbejdsmiljø; hertil skal der foretages en lægelig eller psykologisk vurdering.

For "*Glostrupskemaet*" gælder, at det ikke bør anvendes hvis antallet af deltagere er under 45, idet at resultaterne i så fald bygger på et alt for usikkert grundlag. Ydermere anbefales det, at der tilstræbes en deltagerprocent på over 80% for at opnå en pålidelighed af resultaterne (Brauer & Mikkelsen, 2002).

### 3.1.4 Normalmateriale til Glostrupskemaet

For at "Glostrupskemaet" skal kunne bruges som et standardiseret spørgeskema og ydermere som en praktisk anvendelig metode ved indeklimateundersøgelser, har det været nødvendigt at kende til hyppigheden af gener og symptomer blandt den normale befolkning i Danmark. Derfor blev der i 2002 udarbejdet et normalmateriale til "Glostrupskemaet" ved undersøgelsen "Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark" (Brauer & Mikkelsen, 2002).

Ved at gennemføre spørgeskemaundersøgelsen blandt ansatte i en stikprøve af tilfældigt udvalgte virksomheder (*virksomhedsgruppen*) i den danske servicebranche og i en stikprøve fra den danske befolkning (*befolkningsgruppen*), blev der dannet grundlag for et normalmateriale til Glostrupskemaet.

Studiepopulationen i virksomhedsgruppen bestod af 41 virksomheder, hvor spørgeskemaet blev fremsendt til 4.413 ansatte i virksomhederne. 3.590 besvarede skemaet, hvilket gav en svarprocent på 81%. Efter ekskludering af nogle studentermedarbejdere mv. kom antallet ned på 3.516 deltagere. I befolkningsgruppen fik 4.000 tilfældige danskere mellem 18 og 59 år fremsendt spørgeskemaet. Befolkningsgruppen blev yderligere delt op i to grupper, A og B, for at undersøge hvorvidt den informations der gives om undersøgelsens formål, kunne påvirke rapporteringen af symptomer. Gruppe A (2.667 personer) fik at vide at: "der især manglede viden om helbredseffekter som følge af indeklimaet på arbejdet", mens Gruppe B (1.333 personer) fik at vide at: "der især manglede viden om helbredseffekter som følge af indeklimaet i hjemmet". 1.468 personer besvarede skemaet i gruppe A, hvilket gav en svarprocent på 69%, mens 696 personer besvarede skemaet i gruppe B, hvilket gav en svarprocent på 66%. Efter ekskludering af studerende uden fast tilknytning til arbejdsmarkedet mv. kom antallet ned på 1.468 deltagere i gruppe A og 696 i gruppe B.

I forhold resultaterne af undersøgelsen til praktisk anvendelse af "Normalmaterialet", har det vist sig at være vanskeligt at notere en grænse for hvad, der kan betragtes som "normale" for de 41 virksomheder. I undersøgelsen lægges der vægt på medianen og til dels 90%-percentilen i resultaterne fra virksomhedsgruppen. Det vurderes at disse percentiler kan anvendes som en rettosnor i forbindelse med anvendelse af Glostrupskemaet. Antagelsen er, at de fleste virksomheder burde ligge under 90%-percentilen, med mulighed for at nærme sig værdien for medianen (Brauer & Mikkelsen, 2002).

## 3.2 TERMISK INDEKLIMA

### 3.2.1 Oplevet termisk indeklima

Dette afsnit om krav og værdier beskriver hvad bekendtgørelsen betyder i form af overordnet myndighedskrav, projekteringsværdier og kvalitetskrav vedr. det termiske indeklima samt den anvendte termologi. Hvorledes disse krav og værdier kan måles og beregnes er beskrevet under metodekapitlet, kapitel 4. Afsnittet er en litteraturgennemgang samt beskrivelse af de mange forhold og variabler gældende for opfattelsen og beskrivelsen af temperaturforhold. Som afsnittet vil demonstrere er temperaturforhold ikke kun et spørgsmål om aflæsning af termometret midt i rummet.

Oplevelse af temperaturforhold kan udtrykkes ved "Predicted Mean Vote" også kaldet PMV. PMV består af et 7-punkts indeks, der beskriver, hvorledes en stor gruppe mennesker oplever temperaturforholdene. PMV-indekset er vist i Tabel 1 og har baggrund i forsøg subjektive vurderinger fra mere end 1.300 personer. PMV-indekset er afhængigt af de termiske forhold: Lufttemperatur, middelstrålings-temperatur, middel-lufthastighed og luftfugtighed. Derudover er der også parametrene; personers aktivitetsniveau og beklædningens varmeisolans (Dansk Standard, 2006)

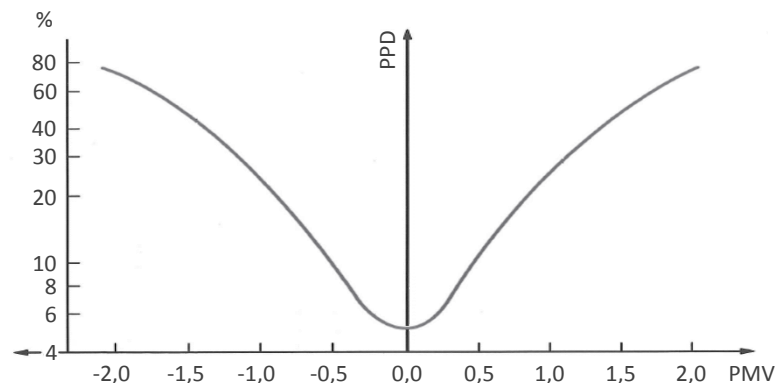
Andelen af utilfredse med temperaturforholdene, blandt en gruppe adspurgte personer, udtrykkes ved "Predicted Percentage of dissatisfied" også kaldet PPD. Se Figur 2. PPD-indekset benyttes til at fastsætte et kvalitetsmål for det termiske indeklima og beskriver, hvor stor en andel af de adspurgte er utilfredse med de termiske forhold enten føle sig for varm eller for kold (Dansk Standard, 2006).

Der er 3 kvalitetsmål for termisk indeklima og er vist i Tabel 2. Tabellen består af 3 kategorier (A, B og C) for termisk indeklima. Alle kriterier bør være opfyldt samtidigt for at opfylde et af kvalitetsmålene (Dansk Standard, 2006).

Tabel 2: PMV Indeks; Gengivelse fra DS/EN ISO 7730 (Dansk Standard, 2006)

Værdi	PMV-Indeks
+3	Hedt
+2	Varmt
+1	Let varmt
0	Termisk neutralt
-1	Let køligt
-2	Køligt
-3	Koldt

Figur 3: Temperaturforhold som funktion af PMV-indekset; Gengivet efter DS/EN ISO 7730 (Dansk Standard, 2006)



Tabel 3: Kvalitetsmål for termisk indeklima; Gengivelse fra DS/EN ISO 7730 (Dansk Standard, 2006)

Kategori	Termisk oplevelse for kroppen som helhed		Lokalt ubehag			
	Forventet procentdel utilfredse	Forventet middelvotering	Procentdel utilfredse på grund af træk	Procentdel utilfredse på grund af vertikal lufttemperatur-forskel	Procentdel utilfredse på grund af varmt eller koldt gulv	Procentdel utilfredse på grund af strålingsasymmetri
	PPD	PMV	DR			
	%		%	%	%	%
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 15	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 25	< 10	< 15	< 10

### 3.2.2 Operativ temperatur

Den operative temperatur ved kontorarbejde vil være bedst i intervallet 21-22 °C, i henhold til Arbejdstilsynets bekendtgørelse. Der er normalt ikke stor forskel mellem den operative temperatur og lufttemperaturen. Den operative er for det meste middelværdien mellem lufttemperaturen og strålingstemperaturen (Arbejdstilsynet, 2007).

Termisk neutralitet er et begreb, der beskriver en gruppe personers gennemsnitslige vurdering af temperatur. Med termisk neutralitet forstås at middelgruppen ikke ønsker temperaturen varmere eller koldere (Arbejds miljøinstituttet, 1997). Termisk neutralitet er ikke ensbetydende med termisk komfort. En person i termisk neutralitet kan godt være udsat for så meget strålingsasymmetri, at personen føler ubehag heraf (Dansk Standard, 1995).

Den operative temperatur svarer til  $PMV = 0$  (svarende til 5% utilfredse) alt afhængigt af beklædning og aktivitet. Den tilladelige variation for den operative temperatur er vist i Figur 3 for de tre kvalitetsmål (Dansk Standard, 2006).

Personer med stillesiddende kontorarbejde har et aktivitetsniveau omkring 1,2 met (forbrænding). Den typiske beklædning i fyringssæsonen har en varmesoleringsmodstand (clo) omkring 1,0 clo og 0,5 clo udenfor fyringssæsonen. Om sommeren med længere perioder med højere inde-temperatur end den operative temperatur kan menneske tilvænne sig temperaturforholdene og derved ikke føle den forventede utilfredshed (Dansk Standard, 2006).

Komfortområdet omfatter den optimale operative temperatur med den tilladelige temperaturvariation.

Arbejdstilsynet stiller krav om at temperaturen i arbejdstiden skal være passende under hensyn til medarbejderne og arbejdets art (Arbejdstilsynet, 2007). Denne bredde formulering gælder alle former for arbejde, hvor det er muligt at holde temperaturen inden for komfortområdet ved normale udetemperaturer.

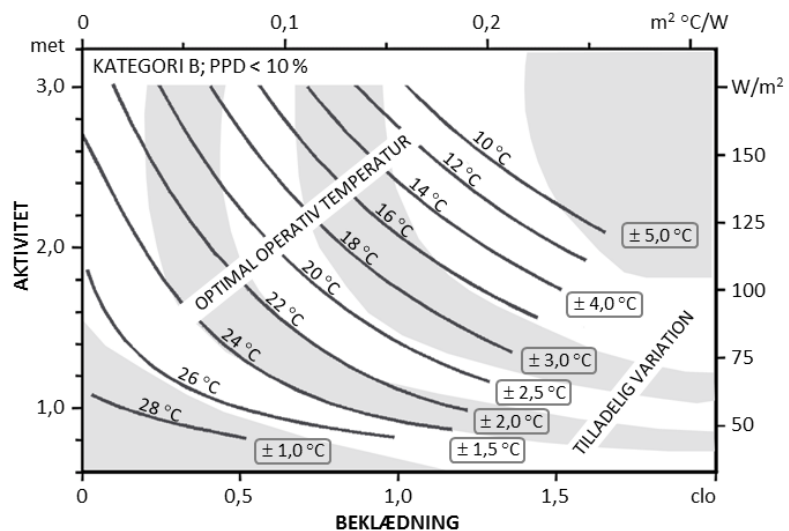
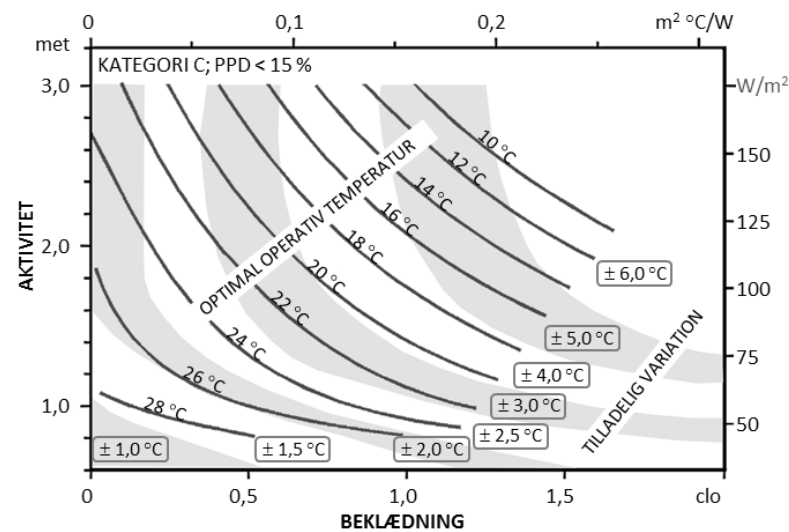
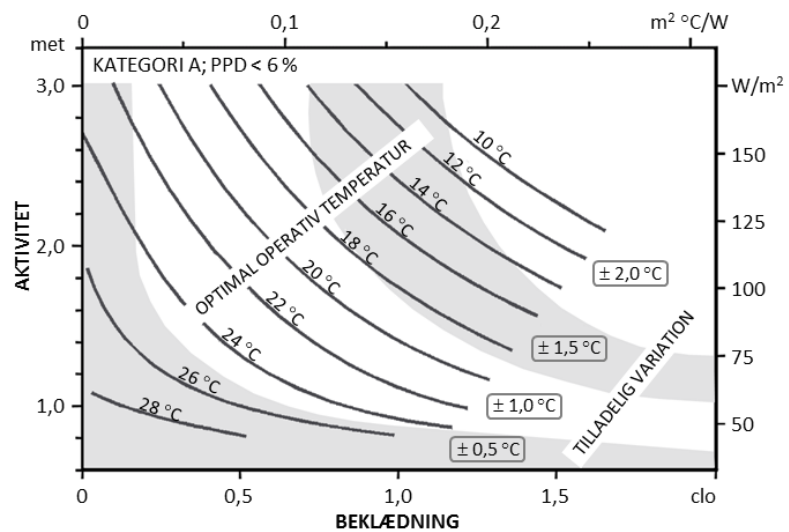
Kontorarbejde betragtes som stillesiddende arbejde og den mindste temperatur for kontorarbejde bør ikke komme under 18 °C. Der kan i kortere perioder accepteres lavere temperaturer under ekstraordinære forhold (Arbejdstilsynet, 2005a). Arbejdstilsynet benytter operativ temperatur, hvorimod BAR m.fl. benytter lufttemperatur.

Den højeste operationelle temperatur skal normalt ikke overstige 25 °C. I meget varme perioder må temperaturen gerne overskride 25 °C. Det kan være nødvendigt, at sikre mod ubehag og sundhedsfare ved at træffe foranstaltninger som pauser i arbejdet.

Ved normale udeklimaforhold kan det være nødvendigt, at foretage tiltag for ikke at overstige en temperaturtur på 25 °C. Disse tiltag kunne være;

- Forhindre varme i at komme ind igennem vinduer (solafskærmning)
- Sørger for at varmesystemet fungerer hensigtsmæssigt
- Udskifte belysningen eller optimere lysstyringen.
- Flytte varmende udstyr som kopimaskiner
- Øge ventilationen

Figur 3: Operativ temperatur; Optimal operativ temperatur som funktion af beklædning og aktivitetsniveau for de tre kategorier af termisk indeklima. Gengivelse fra DS 474 (Dansk Standard, 2005)



NOTE:  
 Lufthastigheden i lokalet er antaget til at være < 0,1 m/s.  
 Diagrammet er baseret på en relativ luftfugtighed på 50%.

### 3.2.3 Kuldenedfald og træk

Kuldenedfald kan opstå ved kolde overflader fra f.eks. gavlvægge og vinduer. Den kolde overflades højde og isoleringsevne har betydning for kuldenedfaldet, som måles som lufthastighed. Trækgener opstår ved en lufthastighed på 0,15 m/s. Det er muligt, at dæmpe kuldenedfaldet fra vinduer ved at placere en radiator under. Hvis radiatoren er kortere end vinduesbredden vil lufthastigheden forøges på disse steder (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen, & Nielsen, 2000). Kuldenedfald kan også opstå under ovenlys i høje skakter.

Bygningskonstruktioner og vinduer, der overholder "Bygningsreglementets" krav til mindste isoleringsevne og tæthedskrav fra "BR 82/ BR-S 85", giver i sig selv ikke trækgener. Trækgener opstår ofte over tid pga. utætheder i vinduer og fuger. Kuldenedfald beregnes efter "Norm for specifikation af termisk indeklima, DS 474" (Dansk Standard, 1995).

Vurdering af træk beregnes ud fra Ligning 1 for personer i termisk neutralitet (Dansk Standard, 2006). Personer varmere end neutral vil føle mindsket termisk ubehag, og tilsvarende vil personer i et lavere niveau end termisk neutralitet føle øget trækgener. Den lokale turbulensintensitet (hvor meget lufthastigheden varierer over tid) vil være mellem 30% og 60% for opblandingsventilation. Hvis turbulensintensiteten ikke kendes antages 40%.

Den tilladelige utilfredshed er (Dansk Standard, 2006):

- Kategori A = 15%
- Kategori B = 20%
- Kategori C = 25%

"Bygningsreglementet (BR15) kapitel 6.3.1.1, stk. 3" stiller krav til, at der i opvarmningssæsonen ikke er træk i opholdszonen, hvor personer er i længere tid (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016).

Ligning 1: Beregning af procentdele utilfredse på grund af træk; (Dansk Standard, 2006)

$$DR = (34 - t_a) (v - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14)$$

Hvor:

$DR$  er trækvurderingen, dvs. procentdele utilfredse på grund af træk, i procent (%),

$t_a$  er den lokale lufttemperatur ( $19 < t_a < 27$  °C i grader Celcius (°C)),

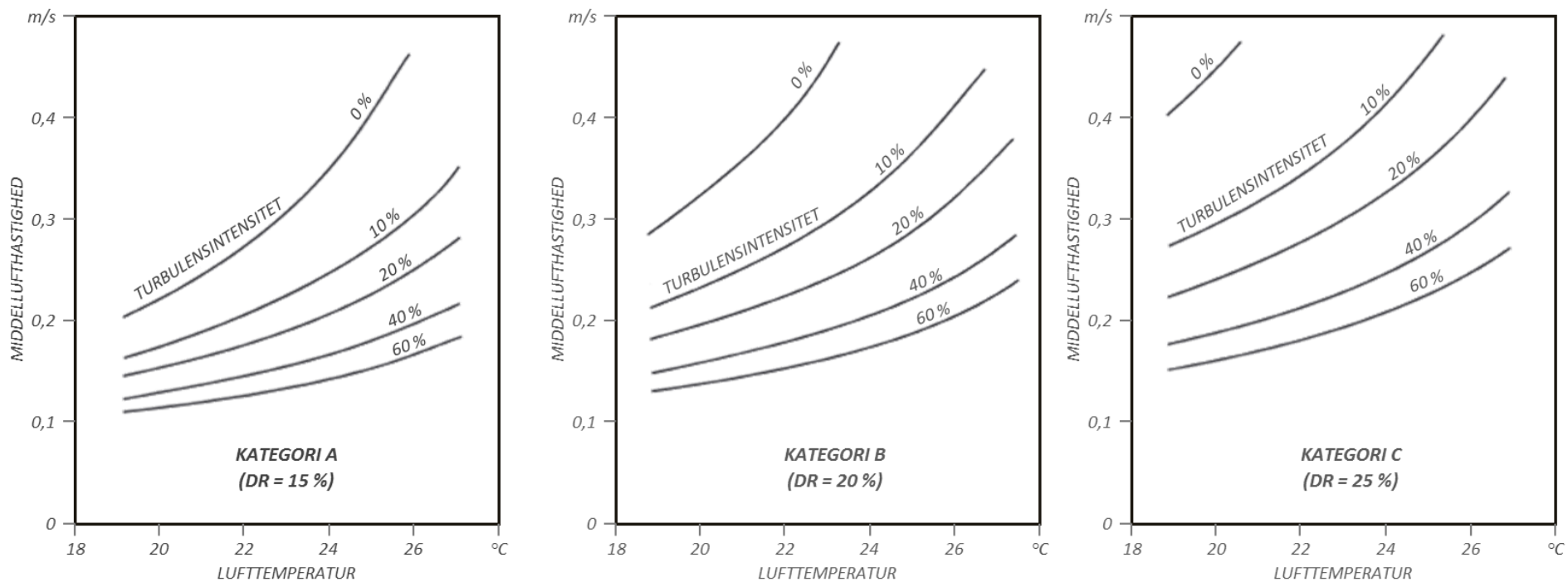
$v$  er den lokale middellufthastighed i meter pr. sekund (m/s), og

$Tu$  er den lokale turbulensintensitet i procent (%)





Figur 4: Middellufthastighed: Tilladelig middellufthastighed som funktion af lokal lufttemperatur og turbulensintensitet fra de tre kategorier af termisk indeklima. Gengivelse fra DS 474 (Dansk Standard, 2005)



### 3.2.4 Temperaturgradient

Lufttemperaturen er i et rum typisk højere under loftet end ved gulvet pga. den termiske opdrift, der får varm luft til at stige til vejrs. Den vertikale lufttemperaturgradient er forskellen mellem lufttemperatur målt 0,1 m og 1,1 meter over gulv (Dansk Standard, 1995).

Andelen af utilfredse kan beregnes ud fra Ligning 2 og sammenhængen mellem utilfredse og temperaturforskellen mellem hoved og fødder er vist i Figur 5.

Den tilladelige lufttemperaturgradient mellem hoved og ankler (1,1 m og 0,1 m over gulvet) for de tre kategorier af det termiske indeklime er (Dansk Standard, 2006):

- Kategori A =  $< 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kategori B =  $< 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kategori C =  $< 4 \text{ }^\circ\text{C}$

### 3.2.5 Strålingsasymmetri

Strålingsasymmetri skal forstås, som den kulde- eller varmestråling en overflade udsender. Varmestråling er ikke det samme som overfladetemperatur. Eksempelvis kan solskin udenfor på en vinterdag opleves varmere end lufttemperaturen.

Strålingsasymmetrien opdeles i to typer; vandret og lodret. Vandret strålingsasymmetri omhandler vægge og vinduer. Typisk vil vinduerne være koldere end væggene. Den lodrette strålingsasymmetri er i forholdet til loftet. Udgangspunktet er den enkelte ansattes kontorplads. For udelukkende siddende kontorarbejde benyttes højden 0,6 m over gulv. I kontorer med både siddende og stående kontorpladser anvendes højden 1,1 m over gulv. Om sommeren vil solstråling gennem vinduerne påvirke strålingsasymmetrien (Valbjørn, Måling af termisk indeklime (SBI-anvisning 130), 1983). Strålingsasymmetrien er sjældent et problem i ventileret kontorlokaler, men store vinduesarealer eller et højt belysningsniveau kan give problemer (Dansk Standard, 2006).

Kvalitetsmålene er vist i Tabel 3. Andelen af utilfredse iht. PPD-indekset som funktion af strålingstemperaturasymmetrien ses på Figur 6 (Dansk Standard, 2006).

Ligning 2: Beregning af procentdele utilfredse på grund af temperaturgradient; (Dansk Standard, 2006)

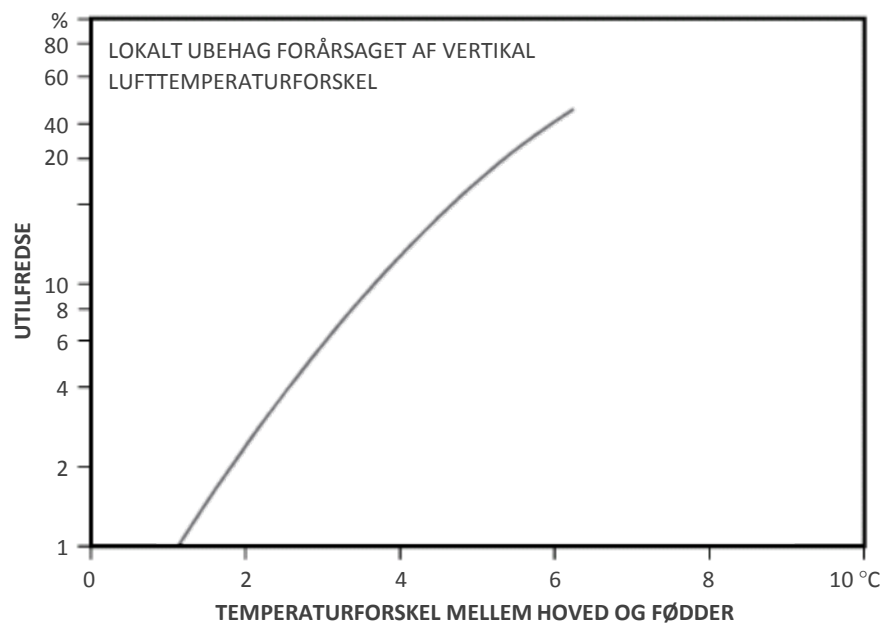
$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})}$$

Hvor:

PD er procentdel utilfredse, i procent (%), og

$\Delta t_{a,v}$  er den vertikale lufttemperaturforskel mellem i grader Celsius (°C)

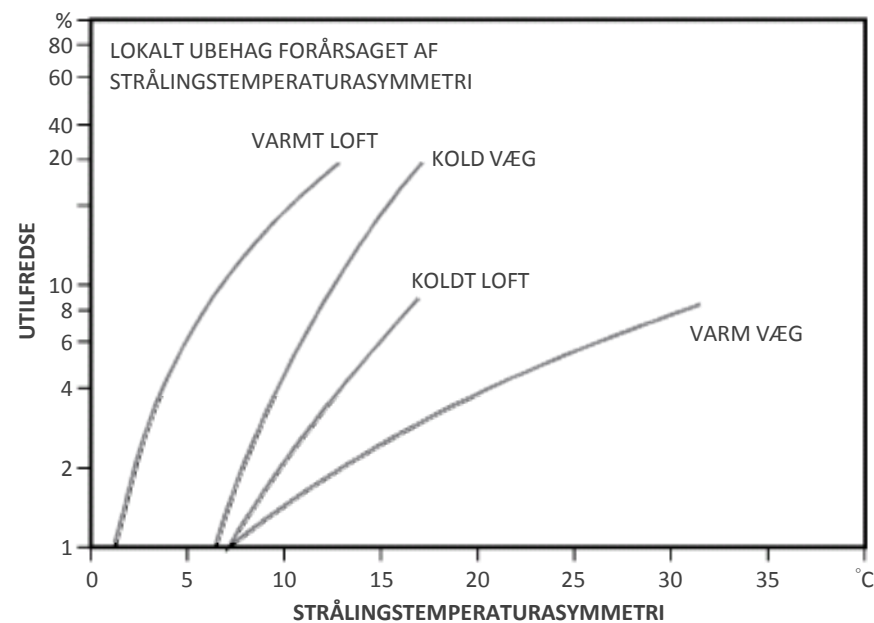
Figur 5: Vertikal lufttemperaturforskel; Lokalt ubehag forårsaget af vertikal lufttemperaturforskel. Gengivelse fra DS 474 (Dansk Standard, 2005)



Tabel 3: Kvalitetsmål strålingsasymmetri; Tilladelig strålingstemperatursymmetri for de tre kategorier af det termiske indeklime. Gengivet efter DS 474 (Dansk Standard, 2005)

Kategori	Strålingstemperatursymmetri (°C)			
	Varmt loft	Kold væg	Koldt loft	Varm væg
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 18	< 35

Figur 6: Strålingstemperatursymmetri; Lokalt ubehag forårsaget af Strålingstemperatursymmetri. Gengivelse fra DS 474 (Dansk Standard, 2005)



### 3.2.6 Gulvtemperatur

Overfladetemperaturen på gulve har betydning for om brugerne føler ubehag selvom lufttemperaturen er i komfortområdet. Hvor stor en andel af brugerne, der er utilfredse med gulvoverfladetemperaturen iht. PPD-indekset kan ses på Figur 7 (Dansk Standard, 2006). Om personer går med sko, bare tæer eller sokker har stor indflydelse på, om personer oplever ubehag. Gulvmaterialet har betydning for den ønskede gulvtemperatur. Eksempelvis opleves stengulv væsentligt koldere end gulvtæppe (Valbjørn, SBI-rapport 230: Indeklimaets påvirkninger, 1993).

Den tilladte variation af gulvtemperaturen er vist på Tabel 4 og under forudsætning af, at lufttemperaturintervallet er 20-24 °C. Der anbefales dog i de fleste tilfælde at undgå en gulvoverfladetemperatur over 26 °C (Dansk Standard, 2006).

### 3.2.7 Luftfugtighed

Kontorpersonalets udånding og sved er som regel den væsentligste fugtproduktion i et kontor. En relativ luftfugtighed mellem 30% og 70% giver normalt ikke gener for brugerne (Dansk Standard, 2006), garanterer ikke, at der ikke opstår fugtproblemer i bygningen. En stigning på 10% relativ luftfugtighed svarer til en stigning i den operative temperatur på ca. 0,25 °C (Arbejds miljøinstituttet, 1997).

Omkring luftfugtighed fremgår af "DS/CEN/CR 1752, A3.8" (Dansk Standard, 2001b), at luftfugtigheden indendørs kan have direkte eller indirekte indflydelse på brugerne. Fugtigheden har indflydelse på menneskets termiske oplevelse (vurdering). Høj luftfugtighed kan fremme væksten af skimmelsvampe, som kan fremkalde allergi og dårlig lugt. Forhøjet luftfugtighed kan hos nogle fremkalde en fornemmelse af tørre og irriterede slimhinder. En høj luftfugtighed stimulerer væksten af husstøvmider, som, specielt i boliger kan udgøre en alvorlig risiko for allergi. Den relative luftfugtighed i et lokale afspejler ikke nødvendigvis den relative luftfugtighed i eller på vægge, lofter, gulve eller generelt i klimaskærmen.

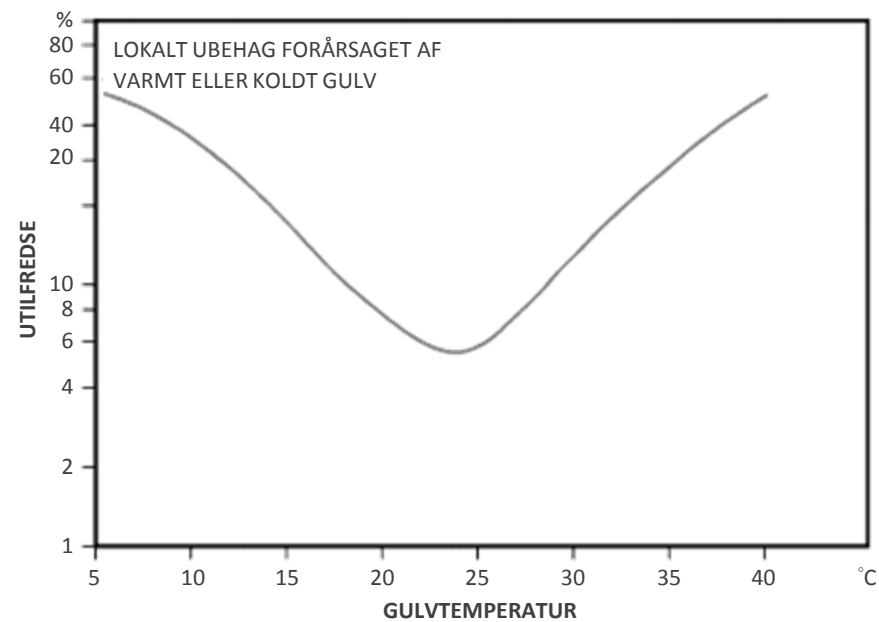
I henhold til "AT-vejledning A.1.2" om indeklima (Arbejdstilsynet, 2008), afsnit 2.6 fremgår det om den relative luftfugtighed, at den normalt ikke giver gener, hvis den er mellem 25 og 60%. Oplevelsen af at luften er tør, skyldes ofte høje temperaturer eller støv og kemiske stoffer i luften.

Ydermere fremgår der at "DS 447 Annex B" (Dansk Standard, 2013c), at husstøvmider kan være årsag til allergiske symptomer hos modtagelige personer. Husstøvmider forekommer især hvor den relative luftfugtighed er højere end 45%. I henhold til standarden anbefales derfor, at den relative luftfugtighed holdes under 65% for at undgå svampevækst og under 45% over en længere periode i den koldeste tid for at bekæmpe husstøvmider.

Tabel 4: Kvalitetsmål gulvtemperatur: Tilladelig variation af gulvtemperatur for de tre kategorier af det termiske indeklime. Gengivet efter DS 474 (Dansk Standard, 2005)

Kategori	Variationsområde for gulvets overfladetemperatur (°C)
A	19 – 29
B	19 – 29
C	17 – 31

Figur 7: Varmt eller koldt gulv: Lokalt ubehag forårsaget af varmt eller koldt gulv. Gengivelse fra DS 474 (Dansk Standard, 2005)



### 3.2.8 Oplevet termisk indeklima

"Arbejdsmiljølovgivningen" er den dominerende lov for eksisterende bygninger, se Citat 1. Ny-indretning og ombygning af kontorer skal jf. "Arbejdsmiljøloven" planlægges og udføres, så driftens arbejdsmiljø tilgodeses (Arbejdstilsynet, 2005b). Det gældende bygningsreglement på udførelsestidspunktet stiller mindstekrav til kontorets bygningsmæssige udformning og indretning, se Figur 8. "Arbejdsmiljøloven" stiller derudover en række krav afhængig af arbejdets art. Dette betyder, at kontorer skal indrettes og dimensioneres, så medarbejderne ikke udsættes for høje temperaturer eller stråling fra arbejdsprocesserne. Bygningskonstruktionerne skal være forsvarligt isoleret mod fugt, varme og kulde (Arbejdstilsynet, 2005b).

"Bygningsreglementets (BR15) kapitel 8.2 stk. 2" stiller krav til anvendelse af "DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger". "DS 469" henviser (normative referencer) ligesom vejledningsteksten i bygningsreglementets kapitel 6.2 stk. 1 til "DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklima" (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016). Det kan nævnes, at almene boliger har udvidet krav til bygningsdriften og vedligeholdelsen jf. "bekendtgørelse om bygningsdrift" (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2011).

Der er to væsentlige krav til temperaturforhold i forskellige kontormiljøer:

- I cellekontorer skal medarbejderne selv have mulighed for at regulere den operative temperatur
- I storrumskontorer skal temperaturforhold tilpasses, så den største andel af medarbejderne er i termisk komfort

Et indeklima betragtes normalt acceptabelt ved 80% tilfredse af en større gruppe (Dansk Standard, 1995).

Der stilles krav til; når et ny- eller ombygget kontorbygning/ kontor er færdigtbygget skal varmeanlægget indreguleres og afprøves for at konstatere om varmeanlægget virker efter hensigten, hvad angår både styring og ydelse. Dertil bør der temperaturforholdene kontrolleres. "Norm for specifikation af termisk indeklima, DS 474" (Dansk Standard, 1995) stiller krav til projektspecificeringen og kontrolmålingerne. Det væsentligste stillet krav er; at målingen skal kunne eftervise at kontorbygningen/ kontoret overholder kravene til temperaturforhold.

Herudover er det vigtigt, at der foreligger en godt drifts- og vedligeholdelsesmateriale indeholdende forudindstillinger, tegninger, anvisninger og prøveresultater (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen, & Nielsen, 2000). Der skal også udarbejdes en brugermanual indeholdende anvisninger for styring og regulering af anlægget og temperaturforholdene både på bygnings- og rumniveau. Derudover skal brugermanualen også indeholde anvisninger om energiøkonomisk drift (Dansk Standard, 2013b).

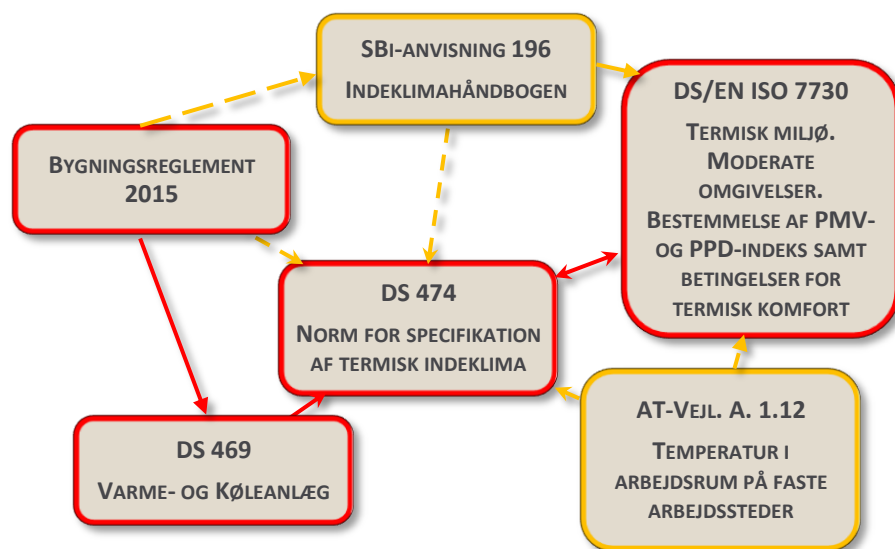
Brugermanualen er ikke nødvendigvis nok. Det kan være nødvendigt at give mundtlig instruktion, formulere adfærdsregler samt indsamle erfaringer for at sikre en god drift af arbejdsmiljø (BAR Kontor, 2011).

Krav til det termisk indeklimas parametre er vist i Tabel 5.

Citat 1: Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning; kapitel 7, § 31, stk. 1

”I arbejdstiden skal temperaturen i arbejdsrummene være tilpasset den menneskelige organisme under hensyn til de anvendte arbejdsmetoder og den fysiske belastning, som de ansatte udsættes for. Temperaturforholdene i arbejdsrummet skal være uden generende temperaturforskelle.” (Arbejdstilsynet, 2016b).

Figur 8: Relation mellem myndighedskrav og normværdier for termisk indeklima; Røde streger og markeringer er myndighedskrav ved nybyggeri og ombygning. Gule streger og markeringer er henvisninger og vejledninger.



Tabel 5: Oversigt og krav og værdier. Arbejdstilsynskrav (AT) er gældende for eksisterende kontorer. Bygningsreglementskrav (BR15) er mindstekrav og kun gældende for nybyggeri og ombygninger. DS469 Varme- og Køleanlæg. DS474 Norm for specifikation af termisk indeklima. DS/EN ISO 7730 Termisk miljø. Moderate omgivelser. Bestemmelse af PMV- og PPD-indeks samt betingelser for termisk komfort. SBI-anvisning 196 Indeklimahåndbogen.

		BR15	DS 469	DS 474	ISO 7730	AT	SBI-anv. 196
Operativ temperatur	Temperatur-interval		20-26	19-26		18-25	20-26
	Daglig Temp. stigning		<4			<4	<4
Træk	Middelluft. hastighed	<0,15	<0,18	Kurve		<0,15	Kurve
Temp. Grad.	Temperatur-gradient		<3	<3		<5	<3
Strålings-asymetri	Vandret			<10		*	<10
	Lodret			<5		*	<5
Temp. Gulv.	Gulv-temperatur		20-27	19-26		*	19-26
Luft. Fugt.	Relativ luftfugtighed				30-70	25-60	

\*Der er ikke værdi-krav, men krav om der ikke må være generende temperaturforskelle i kontoret.

### 3.3 ATMOSFÆRISK INDEKLIMA

#### 3.3.1 Menneskers bioeffluenter

Mennesker opfanger luften gennem to sanser: Lugtesansen der opfanger mange hundredtusinde lugtstoffer, medens den generelle kemiske sans, der findes alle steder på slimhinderne i næsen og øjnene, opfanger et lignende stort antal kemiske stoffer. Kombinationen af disse sanser er afgørende for hvorvidt luften opleves tung og indelukket eller frisk og behagelig.

Der, hvor mennesker er den primære forureningskilde, bliver luften forurennet med bioeffluenter: Partikler og luftarter fra det menneskelige legeme. Legemet konsumerer oxygen (ilt) til stofskifte og derved formindskes iltindholdet i rumluften tilsvarende; menneskets egen afgivelse af kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) forringer således luftkvaliteten i rummet. En voksen person afgiver i udåndingsluften omkring 4%  $\text{CO}_2$ . Et menneske i hvile afgiver omkring 15 liter  $\text{CO}_2$  pr. time, ved siddende aktivitet omkring 17 liter  $\text{CO}_2$  pr. time og ved anden aktivitet op til 45 liter  $\text{CO}_2$  pr. time. Mennesket afgiver en stor mængde bioeffluenter, herunder blandt andet sved, bakterier, nedbrydningsprodukter fra huden og fra fordøjelsen i mundhule, mave og tarm. Mængden af bioeffluenter varierer fra person til person og afhænger desuden af hygiejne og aktivitet. Bioeffluenter er ikke sundhedsskadelige, men lugtgenerne kan virke stærkt generende. Den foretrukne metode til at bestemme mængden af bioeffluenter i rumluften, og herunder luftkvaliteten, er ud fra mængden af kuldioxid i luften (Johansson & Hansen, 2016).

Oplevelsen af luftkvalitet kan fremstilles som andelen af utilfredse personer, der forventes at opleve en ikke tilfredsstillende luftkvalitet i det de træder ind i lokalet. Forureningen forårsaget af en gennemsnits-person, en gennemsnitlig stillesiddende voksen kontorarbejder i termisk neutralitet, betegnes som "en olf". Den oplevede luftkvalitet kan også betegnes som decipol (dp), hvor 1 dp svarer til luftkvaliteten i et lokale, ventileret med 10 l/s ren luft, med en forureningskildestyrke på 1 olf. Derved er 1 dp lig med 0,1 olf/(l/s) (Dansk Standard, 2001b).

Den oplevede luftkvalitet i Tabel 6 henviser til en persons vurdering af kvalitet, idet vedkommende træder ind i lokalet. Set i lyset af at der forekommer tilvæning til bioeffluenterne ved ophold i lokalet, er det vigtigt at vurderingen forekommer netop idet at personen træder ind i lokalet, således at luften umiddelbart bedømmes som værende acceptabel.

Af Figur 9 fremgår procentdelen af utilfredse (PD) som funktion af ventilationsraten (liter/sekund x standardperson), i forbindelse med luft, der er forurennet med menneskelige bioeffluenter.

Det skal understreges, at ikke alle skadelige luftforureningsstoffer sanses af mennesker, samt at det sensoriske indtryk af andre stoffer ikke nødvendigvis hænger sammen med deres sundhedsskadelighed. På baggrund heraf anvendes luftkvalitet ikke som et universalt mål for de negative sundhedseffekter. Til trods for det, så reduceres sundhedsrisikoen normalt, når en luftkvalitet, der ikke opleves som god, forbedres ved fjernelse af forureningskilder og øget ventilation (Dansk Standard, 2001b).

Tilførsel af udeluft er med til at fortynde den forurenede inde-luft. Dette kan udtrykkes ved en opstilling af stofbalanceligningen, der udtrykker, at den ændring, der sker i mængden af forurening i luften, svarer til den mængde, der tilføres, minus den mængde, der bortventileres. Scenariet er gældende hvad enten forureningen skyldes gasarter, støv eller bakterier. Som det fremgår af Figur 10, så gælder det for stofbalanceligningen, at ligevægtskoncentrationen for forureningen ikke er afhængig af begyndelseskoncentrationen samt at lokalets rumfang kun har indflydelse på hvornår ligevægtskoncentrationen opnås, og ikke selve ligevægtsværdien (Valbjørn, SBI-rapport 230: Indeklimaets påvirkninger, 1993).

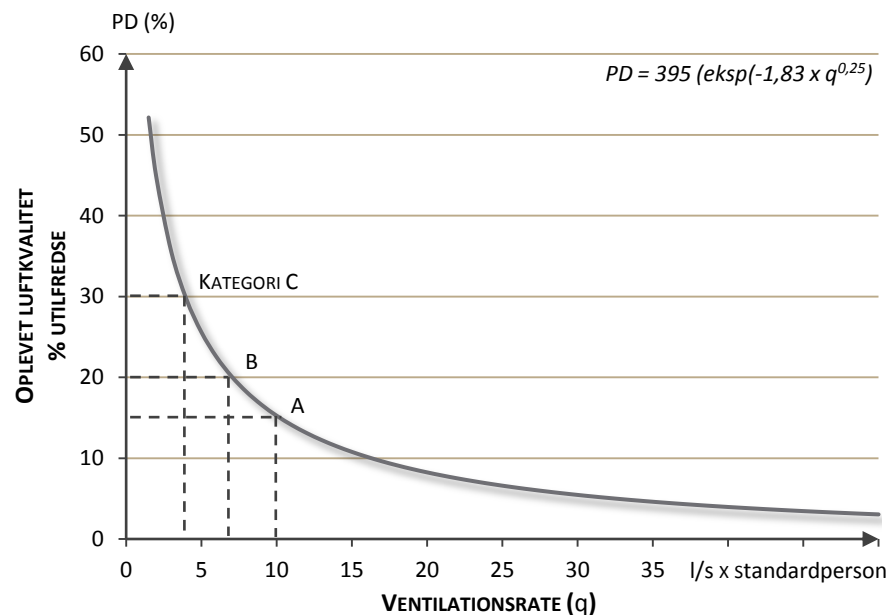


Tabel 6: Tre kategorier af oplevet luftkvalitet; indendørs (Dansk Standard, 2001b)

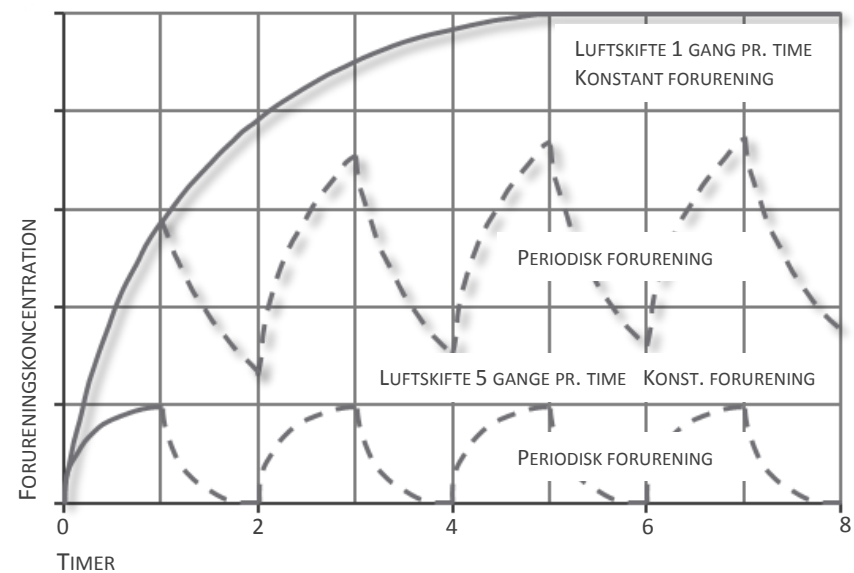
Kategori	Oplevet luftkvalitet		Nødvendig ventilationsrate* l/s x olf
	Utilfredse %	Decipol Dp	
A	15	1,0	10
B	20	1,4	7
C	30	2,5	4

\* Ventilationsraterne refererer udelukkende til den oplevede luftkvalitet. De gælder kun for ren udeluft og en ventilationseffektivitet på 1.

Figur 9: PD (%) som funktion af luftskifte pr. person (q); Utilfredshed forårsaget af en standardperson (en olf) ved forskellige ventilationsrater (Dansk Standard, 2001b)



Figur 10: Tidsforløbet af koncentrationen; af f.eks. CO2, forårsaget af forurening fra en person (princippet ved fortyndningsligningen)



### 3.3.2 Kuldioxid (CO<sub>2</sub>)

Det fremgår af DS/CEN/CR 1752 omkring *ventilation i bygninger – projekteringskriterier for indeklimaet* (Dansk Standard, 2001b) at udeluftkvaliteten er en væsentlig faktor i forhold til en bygnings ventilationsbehov. Såfremt data foreligger for den pågældende by, hvor bygningen er placeret, bør disse anvendes. Tabel 7 fremviser eksempler på karakteristiske niveauer af oplevet luftkvalitet udendørs og luftforureningsstoffer som kuldioxid og partikler.

Desuden fremgår det af standarden, at menneskers produktion af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) er proportional med deres aktivitetsniveau. Set i forhold til kvantitet er CO<sub>2</sub> den vigtigste menneskelige bioeffluent. Ved de lave koncentrationer, der typisk forekommer indendørs, er CO<sub>2</sub> uskadelig; men det er en god indikator for koncentrationen af andre menneskelige bioeffluenter, der opleves generende. I mere end et århundrede er CO<sub>2</sub> med succes blevet anvendt som en indikator for menneskelige bioeffluenter. Af Figur 11 fremgår procentdelen af utilfredse besøgende som funktion af CO<sub>2</sub>-koncentrationen (over niveauet udenfor) for lokaler hvor stillesiddende personer er de eneste forureningskilder. CO<sub>2</sub>-koncentrationen ved ren udeluft, ligger på omkring 400 ppm, iflg. Global Greenhouse Gas Reference Network (Earth System Research Laboratory (NOAA), 2016). Til trods for at CO<sub>2</sub> er en god indikator for forureningen forårsaget af stillesiddende mennesker, er den ofte en dårlig generel indikator for den oplevede luftkvalitet. Den omfatter ikke de mange sensoriske forureningskilder, der ikke producerer CO<sub>2</sub>, og slet ikke de ikke-sensoriske farlige luftforureningskomponenter så som kulmonoxid (CO) og radon.

Hvis stillesiddende personer antages at være de eneste forureningskilder, er CO<sub>2</sub>koncentrationen over niveauet udendørs for de tre kategorier: A, 460; B, 660 og C, 1.190 parts per million (ppm).

Iht. "DS/CEN/CR 1752", så kan den nødvendige ventilation, baseret på CO<sub>2</sub>, dimensioneres som i Tabel 8. Et *enkeltmandskontor*, med projekteringsforudsætningerne: Personbelastning 0,1 person/m<sup>2</sup> gulv og et kølebehov på 50W/m<sup>2</sup>, der skyldes personer, maskiner, belysning, solindfald osv., har et ventilationsbehov på 1,0, 0,7 og 0,4 l/s (m<sup>2</sup> gulv) for henholdsvis kategori A, B og C, når der ses bort fra bygningen som forureningskilde. Et *storrumskontor*, med en personbelastning 0,07 person/m<sup>2</sup> gulv og et kølebehov på 50W/m<sup>2</sup>, har et ventilationsbehov på 0,7, 0,5 og 0,3 l/s (m<sup>2</sup> gulv) for henholdsvis kategori A, B og C.

Ydermere fremgår det af "AT-vejledning A.1.2 om indeklima" (Arbejdstilsynet, 2008), at for at opnå et behageligt og sundt indeklima er det nødvendigt, at den forurenede luft udskiftes med frisk luft. Mennesket ændrer sammensætningen af den omgivende luft ved at forbruge ilt og afgive kuldioxid mv., hvorfor behovet for luftskift i et lokale blandt andet afhænger af antallet af personer i lokalet.

Såfremt personerne i lokalet er den største forureningskilde, måles luftens indhold af CO<sub>2</sub>, som ikke bør være større end 0,1 pct. Hvis luftens indhold overstiger 0,2 pct. CO<sub>2</sub> i mere end korte perioder af en dag, er luftskiftet utilstrækkeligt. Grænsen på 0,2 pct. CO<sub>2</sub> overskrides normalt kun i meget tætte bygninger, hvor der er mange personer som fx børneinstitutioner og skoler (Arbejdstilsynet, 2008).

Tabel 7: Eksempler på luftkvalitet udendørs; A.3.5 (Dansk Standard, 2001b).

Standard	Oplevet luftkvalitet [dp]	Luftforureningsstoffer	
		Kuldioxid [mg/m <sup>3</sup> ]	Partikler [µg/m <sup>3</sup> ]
Udmærket	0	680	< 30
I byer, god luftkvalitet	< 0,1	700	40 – 70
I byer, dårlig luftkvalitet	> 0,5	700 - 800	> 100

Note – Der er ingen direkte sammenhæng mellem oplevet luftkvalitet og forureningsstofferne i denne tabel. Værdierne for den oplevede luftkvalitet er typiske døgn gennemsnit. Værdierne for de to forureningsstoffer er årlige gennemsnitskoncentrationer

Tabel 8: Nødvendig ventilation baseret på CO<sub>2</sub>; enkeltmands- og storrums-kontor, s. 40-41 (Dansk Standard, 2001b).

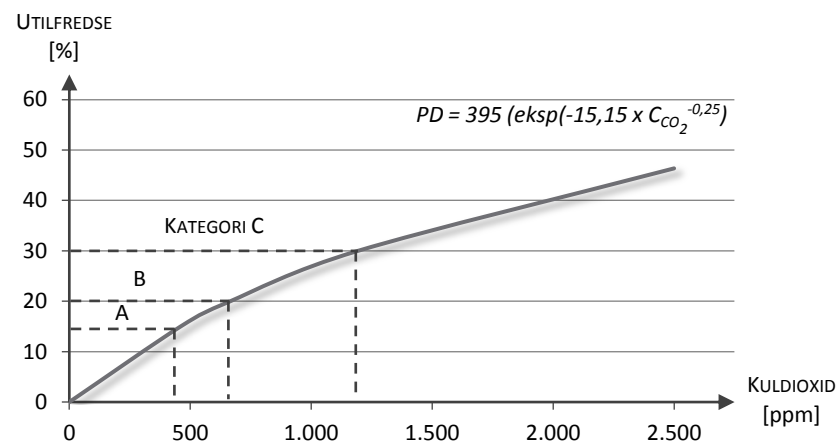
#### Enkeltmandskontor

Kategori	CO <sub>2</sub>	Luftskifte
Kategori A	< 460 ppm	1,0 l/s (m <sup>2</sup> gulv)
Kategori B	< 660 ppm	0,7 l/s (m <sup>2</sup> gulv)
Kategori C	< 1190 ppm	0,4 l/s (m <sup>2</sup> gulv)

#### Storrumskontor

Kategori	CO <sub>2</sub>	Luftskifte
Kategori A	< 460 ppm	0,7 l/s (m <sup>2</sup> gulv)
Kategori B	< 660 ppm	0,5 l/s (m <sup>2</sup> gulv)
Kategori C	< 1190 ppm	0,3 l/s (m <sup>2</sup> gulv)

Figur 11: PD (%) som funktion af CO<sub>2</sub>-koncentration (ppm); kuldioxid som en indikator for menneskelige bioeffluenter. Note: Kurven angiver den oplevede luftkvalitet [% utilfredse] som funktion af kuldioxid-koncentrationen inde minus kuldioxid-koncentrationen ude. Den gælder for lokaler, hvor stillesiddende personer er de eneste forureningskilder, se Tabel 6 (Dansk Standard, 2001b).



### 3.3.3 Partikler

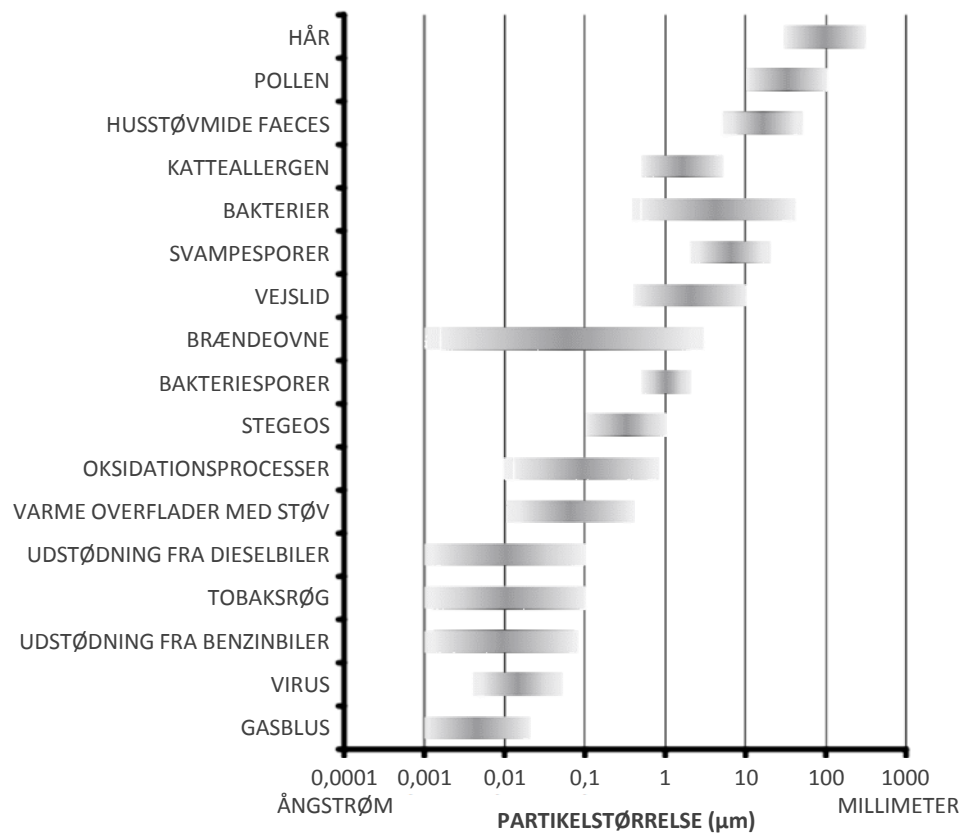
I henhold til Figur 12, så er der stor forskel på partikelstørrelsen der udsendes af forskellige forureningskilder. Partikler fra et gasblus ligger i bunden og er mindre end  $0,01 \mu\text{m}$ , mens pollen ligger i den anden ende af skalaen på mellem  $10-100 \mu\text{m}$ . Det gælder for partiklerne at de kan kategoriseres efter deres aerodynamiske diameter, hvor: Grove partikler  $< 10 \mu\text{m}$ ; fine partikler  $< 2,5 \mu\text{m}$ ; ultrafine partikler  $< 0,1 \mu\text{m}$  og nano partikler  $< 0,03 \mu\text{m}$ .

Partiklernes størrelser defineres som den aerodynamisk diameter. Aerodynamisk diameter er et udtryk for en partikel aerodynamiske adfærd, som er ligestillet med en perfekt kugle med massefylden  $1\text{g}/\text{cm}^3$  og med en diameter svarende til den aerodynamiske diameter. Dette fordi at partikler som udgangspunkt er uregelmæssige former med faktiske geometriske diametre, der er vanskelige at måle.

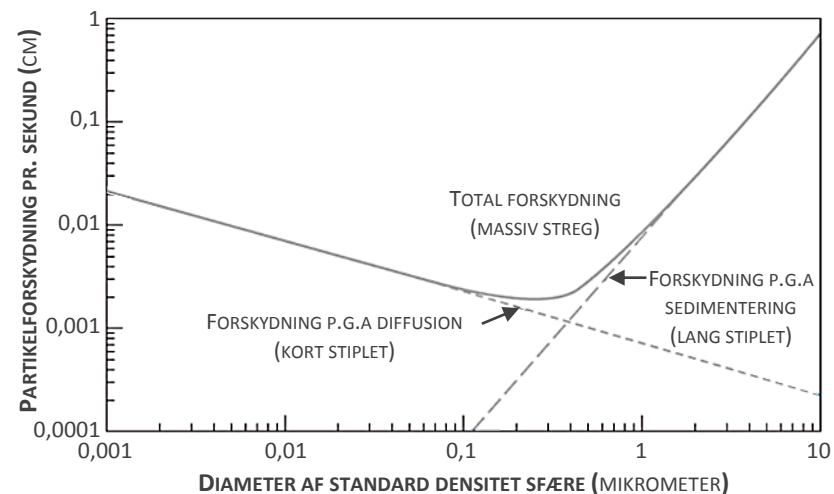
Som det fremgår af Figur 13, så medvirker partiklernes størrelse til stor variation i deres mobilitet, da den afhænger af partiklernes aerodynamiske diameter. Partiklerne i indeluften er mobile på forskellige niveauer, alt afhængigt af den aerodynamiske diameter. Figur 13 viser et lineært faldende mobilitetsniveau, grundet diffusion, jo større partiklerne bliver (korte streger). Diffusion forstås som flytning af partikler fra et område med høj koncentration mod områder med lavere koncentration af partikler. Tilsvarende er der et lineært voksende mobilitetsniveau, grundet sedimentering, jo større partiklerne er (lange streger), med start fra omkring  $0,1 \mu\text{m}$ . Sedimentering er flytning af partikler ved at de sætter sig på andre overflader – selve flytningen skyldes tyngde- eller centrifugalkraften. Herimellem er der så tegnet en tendenslinje, og ved aflæsning af partiklernes størrelse, kan deres mobilitetsniveau aflæses og omvendt (Phalen & Phalen, 2013).

Opmærksomhed på netop de fine partikler (aerodynamisk diameter mellem  $0,1 \mu\text{m}$  og  $2,5 \mu\text{m}$ ) er stigende, fordi der er større sammenhæng mellem dødelighed og partikelkoncentrationerne end ved de større partikler. Desuden er partikelstørrelsen afgørende for, hvor dybt i luftvejene partiklerne kan deponeres. De ultrafine partiklers (aerodynamisk diameter op til  $0,1 \mu\text{m}$ ) betydning kan skyldes deres store antal, dybe nedtrængning i lungerne og lille størrelse, der besværliggør transporten væk fra lungevævet.

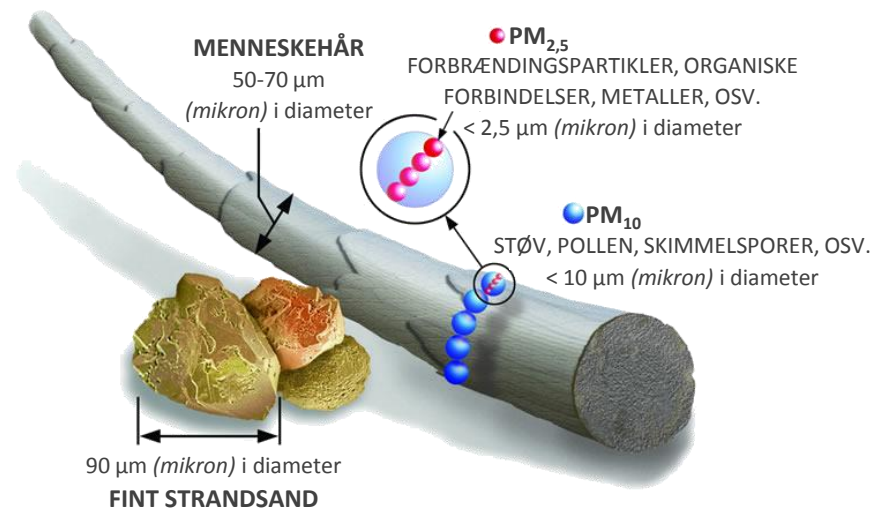
Figur 12: Intervaller for størrelsen af partikler; fra en række kilder vist fra Ångström (10-10m) til millimeter (103µm) (Miljøstyrelsen, 2006).



Figur 13: Forskydningen af et standard densitet partikel i 1 sekund i stillestående luft (Phalen & Phalen, 2013).



Figur 14: Illustration af partikelstørrelser:



Det fremgår af "*Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*" (Dansk Standard, 2001b) at det primære krav til indeluftkvaliteten i et givet lokale er, at sundhedsrisikoen ved at indånde luften er ubetydelig for brugeren. Sekundært bør luften opleves frisk og behagelig frem for tung og indelukket. Ydermere fremgår det af "*Bygningsreglementet*" (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016) i afsnit 6.3 omkring indeklima, at bygninger skal ventileres, så der i brugstiden er tilfredsstillende luftkvalitet samt fugtforhold.

Eksposering for forureningskilder i luften kan udgøre en sundhedsrisiko for mennesker, hvor de negative udfald kan være kortvarige og akutte sygdomsforløb eller langvarige som for eksempel kræft. For at begrænse denne sundhedsrisiko er det væsentligt at danne sig et overblik over tilladelige koncentrationer og tilhørende eksponeringstider for forskellige kemiske stoffer i luften (Dansk Standard, 2001b).

WHO har fremsat vejledende retningslinjer for både inde- og udeluft, netop for at nedbringe negative helbredsmæssige påvirkninger som følge af luftforurening. I vejledningen "*Air quality guidelines (AQG) for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*" (World Health Organization, 2006b) omtales fire almindelige forureningskilder: partikler (PM), ozon ( $O_3$ ), nitrogendioxid ( $NO_2$ ) og svovldioxid ( $SO_2$ ). I Tabel 9 fremdrages retningslinjerne for tilladelige koncentrationer og tilhørende eksponeringstider for henholdsvis grove partikler ( $PM_{10}$ ) og fine partikler ( $PM_{2,5}$ ). Tabel 10 og Tabel 11 uddyber WHO's vejledning vedrørende partiklernes tilladelige koncentrationer og tilhørende eksponeringstider.

Det fremgår af gældende "*bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten*" (Miljøministeriet, 2011), at fine partikler ( $PM_{2,5}$ ) har væsentlige negative effekter på menneskers sundhed. Der er endnu ikke identificeret nogen nedre tærskel, under hvilken  $PM_{2,5}$  ikke udgør en risiko. Partikler bør derfor ikke reguleres på samme måde som de andre luftforurenende stoffer. Tilgangen dertil bør sigte mod en generel reduktion af koncentrationerne i by-baggrunden for at sikre, at store dele af befolkningen nyder godt af en forbedret luftkvalitet. For imidlertid at sikre et minimum af sundhedsbeskyttelse i ude- og indeluft, bør tilgangen kombineres med en grænseværdi efter en indledende forudgående måleværdi.

Tabel 9: WHO (AQG) retningslinjer for tilladelige partikkelkoncentrationer; for års og 24-timers gennemsnit (World Health Organization, 2006b)

Vejledning	Års gennemsnit [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	24-timers gennemsnit [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>2,5</sub>	10	25
PM <sub>10</sub>	20	50

Tabel 10: WHO (AQG) retningslinjer og delmål for årsgennemsnit; af partikkelkoncentrationer (World Health Organization, 2006b)

Vejledning	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Grundlag for det valgte niveau
Delmål 1	70	35	Disse niveauer er forbundet med ca. 15% højere risiko for langvarige, dødelige udfald, i forhold til AQG niveau.
Delmål 2	50	25	Ud over andre sundhedsmæssige fordele, mindsker disse niveauer om risikoen for tidlig dødelighed med ca. 6 % (2-11 %) i forhold til IT - 1 niveau.
Delmål 3	30	15	Ud over andre sundhedsmæssige fordele, reducerer disse niveauer dødeligheden.
Air quality guideline (AQG)	<b>20</b>	<b>10</b>	Det er de laveste niveauer, hvor dødeligheden, grundet kardiopulmonal og lungekræft, har vist sig at stige, med mere end 95% sikkerhed, som reaktion på langvarig eksponering for fine partikler PM <sub>2,5</sub> .

Tabel 11: WHO (AQG) retningslinjer og delmål for 24-timers gennemsnit; af partikkelkoncentrationer (World Health Organization, 2006b).

Vejledning	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>2,5</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Grundlag for det valgte niveau
Delmål 1	150	75	Baseret på offentliggjorte risiko koefficienter fra multi-center studier og metaanalyser (omkring 5% stigning, ift. AQG niveau, for kortvarige, dødelige udfald.
Delmål 2	100	50	Baseret på offentliggjorte risiko koefficienter fra multi-center studier og metaanalyser (omkring 2,5% stigning, ift. AQG niveau, for kortvarige, dødelige udfald.
Delmål 3	75	37,5	Baseret på offentliggjorte risiko koefficienter fra multi-center studier og metaanalyser (omkring 1,2% stigning, ift. AQG niveau, for kortvarige, dødelige udfald.
Air quality guideline (AQG)	<b>50</b>	<b>25</b>	Baseret på forholdet mellem 24-timers og årlige PM niveauer

Iht. Tabel 12 er den *øvre vurderingstærskel* er et specificeret niveau, hvorunder der kan anvendes en kombination af målinger og modelleringsteknikker til at vurdere luftkvaliteten iht. "EU-direktiv 96/62/EF". Det samme gør sig gældende for den *nedre vurderingstærskel* der er et specificeret niveau hvorunder vurderingen af luftkvaliteten kan baseres udelukkende på modelleringsteknikker eller objektiv estimering (Miljøministeriet, 2011).

Det gælder for zoner og bymæssige områder, hvor niveauerne ligger under den nedre vurderingstærskel, at det skal være muligt udelukkende at anvende modelleringsteknikker eller objektiv estimering til vurdering af niveauerne, artikel 4, stk. 4 (Miljøministeriet, 2011)

Det fremgår af bilag 14 stk. A, "Nationalt mål for reduktion af eksponering, målværdi og grænseværdi for  $PM_{2,5}$ ", i bekendtgørelsen, at indikatoren for gennemsnitlig eksponering i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (AEI) ansættes på baggrund af målinger af by-baggrund i zoner og bymæssige områder i hele landet. Indikatoren bør være den årlige middelkoncentration over 3 rullende kalenderår taget som gennemsnit for alle prøvetagningssteder, der etableres, (Miljøministeriet, 2011).

Ydermere fremgår det, af artikel 16 i bekendtgørelsen, om  $PM_{2,5}$ -grænseværdi for bl.a. beskyttelse af menneskers sundhed, at medlemsstaterne sikrer, at luftens  $PM_{2,5}$ -koncentrationer ikke overskrider grænseværdien i Tabel 13 i nogen af deres zoner eller bymæssige områder fra den deri fastsatte dato. Overholdes disse tolerancemargner ikke, så sørger medlemsstaterne for at opstille luftkvalitetsplaner for de pågældende zoner og bymæssige områder for at nå den pågældende grænseværdi, iht. artikel 23, stk. 1 (Miljøministeriet, 2011).



Tabel 12: *Bestemmelse af krav til vurdering af koncentrationerne i luften af partikler (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>), i en zone eller et bymæssigt område (Miljøministeriet, 2011)*

	Dørgennemsnit PM <sub>10</sub>	Årgennemsnit PM <sub>10</sub>	Årgennemsnit PM <sub>2,5</sub> [1]
Øvre vurderings- tærskel	70 % af grænseværdien (35 µg/m <sup>3</sup> , må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår)	70 % af grænse- værdien (28 µg/m <sup>3</sup> )	70 % af grænse- værdien (17 µg/m <sup>3</sup> )
Nedre vurderings- tærskel	50 % af grænseværdien (25 µg/m <sup>3</sup> , må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår)	50 % af grænse- værdien (20 µg/m <sup>3</sup> )	50 % af grænse- værdien (12 µg/m <sup>3</sup> )

[1] Den øvre vurderingstærskel og den nedre vurderingstærskel for PM<sub>2,5</sub> gælder ikke for de målinger, der tjener til vurdering af, om målet for reduktion af eksponering for PM<sub>2,5</sub> med henblik på sundhedsbeskyttelse er opfyldt.

Tabel 13: *Nationalt mål for reduktion af eksponering, målværdi og grænseværdi; for PM<sub>2,5</sub> (Den Europæiske Union, 2008)*

	Grænseværdi	Tolerance- margen	Frist for overholdelse af grænseværdi
Fase 1			
Kalenderår	25 µg/m <sup>3</sup>	20 % den 11. juni 2008, som reduceres med lige store årlige procentsatser, første gang den næstfølgende 1. januar og derefter hver 12. måned, så margenen er 0 % den 1. januar 2015	1. januar 2015
Fase 2 [1]			
Kalenderår	20 µg/m <sup>3</sup>		1. januar 2020

[1] Fase 2 — den vejledende grænseværdi revideres af Kommissionen i 2013 på grundlag af yderligere oplysninger om sundheds- og miljøvirkninger, teknisk gennemførlighed og erfaringer med målværdien i medlemsstaterne.

### 3.3.4 Ventilation

Som nævnt i afsnit 3.3, så stiller bygningsreglementet nogle minimumskrav til at bygningen skal ventileres således, at der i brugstiden er tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold. I denne rapport er luftskiftet beregnet, hvilket er nærmere beskrevet under afsnit 4.4.2.1.

I *"DS 447 vedrørende ventilation i bygninger"* (Dansk Standard, 2013c), fremgår det ydermere omkring luftkvalitet, at *det ønskede indeklime angives i form af krav til luftkvalitet (atmosfærisk indeklime)* og herunder at *de interne belastninger, som har indflydelse på indeklime, og som ligger til grund for dimensionering af bygning og installationer samt samtidigheden af belastningerne.*

Til dimensionering af udelufttilførslen iht. *"DS 447"*, medregnes emissionen fra personer, bygning, inventar og bestykning, hvor der i *"DS/CEN/CR 1752"* kun er personerne der antages at være en forureningskilde. I *"DS 447"* tages der afsæt i tre kategorier, herefter omtalt som kategori A, B og C, i stedet for kategori I, II og III.. Det gælder for det forventede antal utilfredse i procent, i Figur 11, at det vedrører *ikke*-adapterede personer, hvilket svarer til personer som oplever luftkvaliteten idet de træder ind ad døren.

Værdierne i Tabel 14 og Tabel 15 tager udgangspunkt i fuld opblanding af udelufttilførslen, en ventilationseffektivitet på 1, forudsat at kvaliteten i udeluften er betydeligt bedre end luften i rummet. Er der afvigelser i forhold til ventilationseffektiviteten fra fuld opblanding, korrigeres udelufttilførslen. Den samlede udelufttilførsel for hver kategori bestemmes som summen af de to komponenter – summen af emissionen fra personer samt bygning, inventar og bestykning.

Såfremt der anvendes indendørsbygningsmaterialer samt materialer til inventar, der er certificerede i henhold til Dansk Indeklima Mærkning (DIM), antages rummet for at være lavt forurenet.

I forhold til eksisterende forhold, så fremgår det af Arbejdstilsynets *"Arbejds miljøvejviser nr. 17"* (Arbejdstilsynet, 2009), at medarbejdere aktivt bruger vinduer og ventiler til udluftning i arbejdstiden, for at opretholde et godt atmosfærisk indeklime.

Såfremt at den naturlige ventilation ikke er god nok, skal der etableres mekanisk ventilation med erstatningsluft af en passende temperatur. Her noteres det, at den mekaniske ventilation ikke skal forårsage træk, og at der skal tages højde for at udeluften tages fra udeområder, der er så rene som muligt.

Arbejdstilsynet understreger at det kræver professionel hjælp at projektere et ventilationsanlæg, både når det gælder naturlig og mekanisk ventilation. Afslutningsvis fremgår det omkring luftkvalitet, at der angives en strategi for styring og behovsstyring af ventilationssystemet.

Tabel 14: Nødvendig udelufttilførsel; i forhold til emission fra voksne personer i rummet (Dansk Standard, 2013c).

Kategori	Forventet antal utilfredse (ikke-adaptede), [%]	Udelufttilførsel pr. person, [l/s pr. person]
A	15	10
B	20	7
C	30	4

Tabel 15: Nødvendig udelufttilførsel; i forhold til emission fra bygning, inventar og bestykning (Dansk Standard, 2013c).

Kategori	Meget lavt forurennet bygning, [l/s pr. m <sup>2</sup> ]	Lavt forurennet bygning, [l/s pr. m <sup>2</sup> ]	Ikke lavt forurennet bygning, [l/s pr. m <sup>2</sup> ]
A	0,5	1,0	2,0
B	0,35	0,7	1,4
C	0,3	0,4	0,8



## 4. METODE OG MATERIALER

*"Metode er hukommelsens moder"*

*Thomas Fuller*

## 4.1 UNDERSØGELSESMETODER OG INSTRUMENTER

### 4.1.1 Registreringer og målinger

Registreringerne er beskrevet i Bilag A: Beskrivelse af kontorer og målingerne er foretaget i perioden primo februar til medio marts 2016. Se Tabel 16. For de pågældende dage er der også indhentet vejrdata for de termiske udeforhold fra DMI for København og Nordsjælland (Danmarks Meteorologiske Institut). Den normale arbejdstid ligger i dagtimerne, så derfor vurderes mindste-temperaturen ikke værende relevant. Temperaturen er afgivet i intervallet fra middeltemperaturen til den højeste-temperatur.

Den relative luftfugtighed er også medtaget og benyttet til at sammenholde eller forklare evt. udsving i data fra logningerne. Tidsseriemålinger er foretaget i perioden fra 1. april 2016 til 31. marts 2016. Mængden af solskinstimer er også noteret. Til sidst er middellufthastigheden og vindretningen medtaget for at sammenholde med trækgener, der kunne være pga. utætheder.

De nødvendige parametre af temperaturforhold er beskrevet i afsnit 3.2.8. Der er foretaget målinger iht. til dette afsnit. Beregningsmetoderne er beskrevet i afsnit 4.4.1. Målingerne og beregningerne er benyttet til at undersøge om kravene og kvalitetsmålene overholdes. Alle måleresultater er sammenholdt med resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen.

For luftkvaliteten i kontorlokalerne er der målt og beregnet iht. de krav, der er fremstillet i afsnit 3.3. Afsnittet uddyber hvordan målingerne er foretaget. Afsnit 4.4.2 beskriver de beregningsmetoder, der er anvendt ift. luftkvaliteten. Målingernes og beregningernes resultater, er holdt op imod resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen.

Figur 15 og Figur 16 viser hele processen for, hvilke målinger og beregninger, der er foretaget for at opnå resultater for de enkelte parametre under termisk indeklima og atmosfærisk indeklima.

Tabel 16: Tidspunkt for enkeltmålinger; og udeforhold (Danmarks Meteorologiske Institut)

Enkeltmålinger		Udeforhold				
Dato	Kontor	Temp. <sup>1</sup> ° C	Fugt % RF	Solskin timer	Vind <sup>2</sup>	
					m/s	retning
01.02.2016	A – F	4 – 10	94	0	6	SV
02.02.2016	G – K	6 – 8	75	0	11	SV
16.02.2016	L	-2 – 5	80	8	2	SV
15.03.2016	A – F	5 – 11	87	4	3	NØ
16.03.2016	G – L	3 – 11	82	10	2	NV

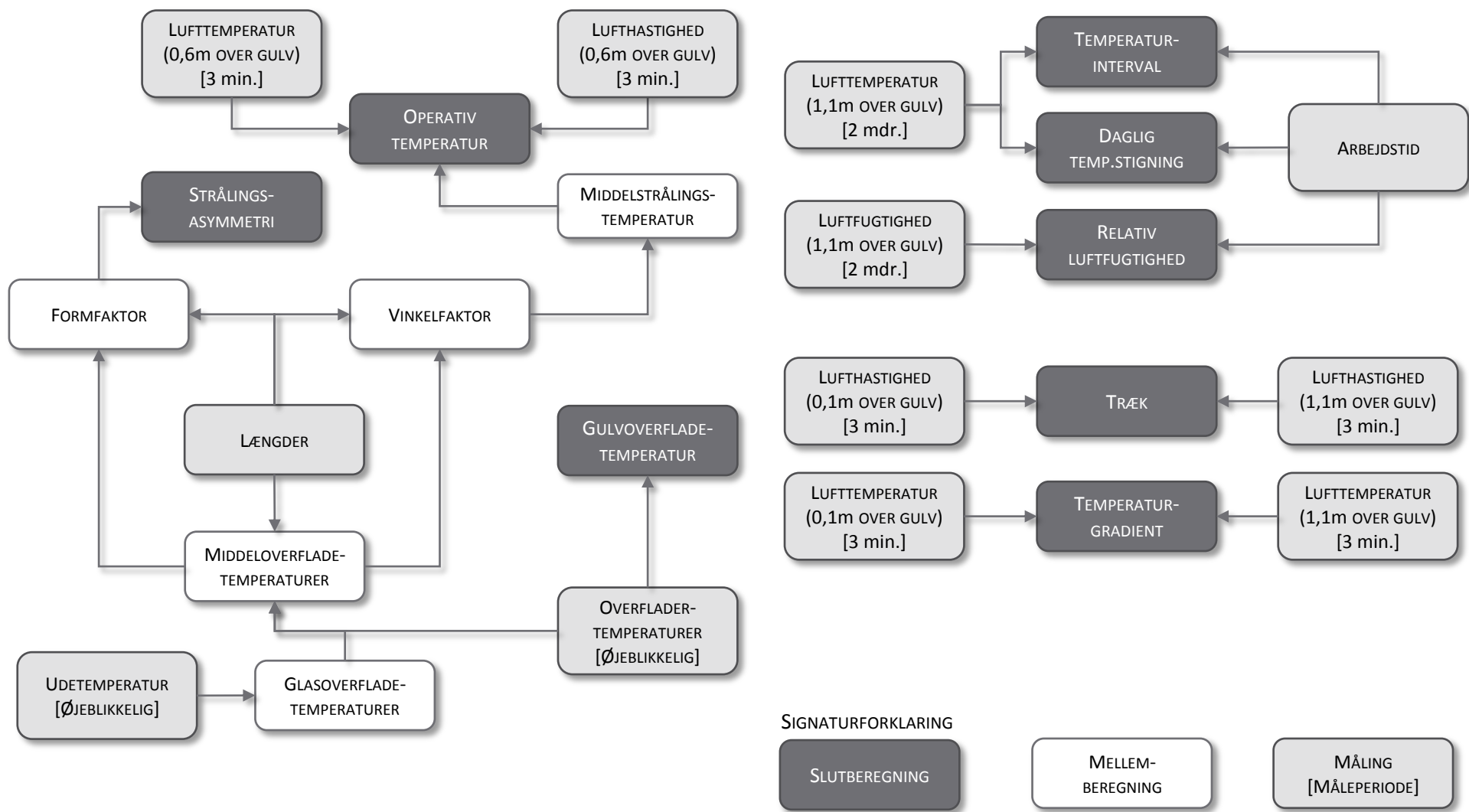
<sup>1</sup>Interval fra middeltemperatur til højeste temperatur

<sup>2</sup>Middel vindhastighed

Tabel 17: Registreringsintervaller; for de enkelte kontorer. Tidsintervallet er vist på kvarterbasis.

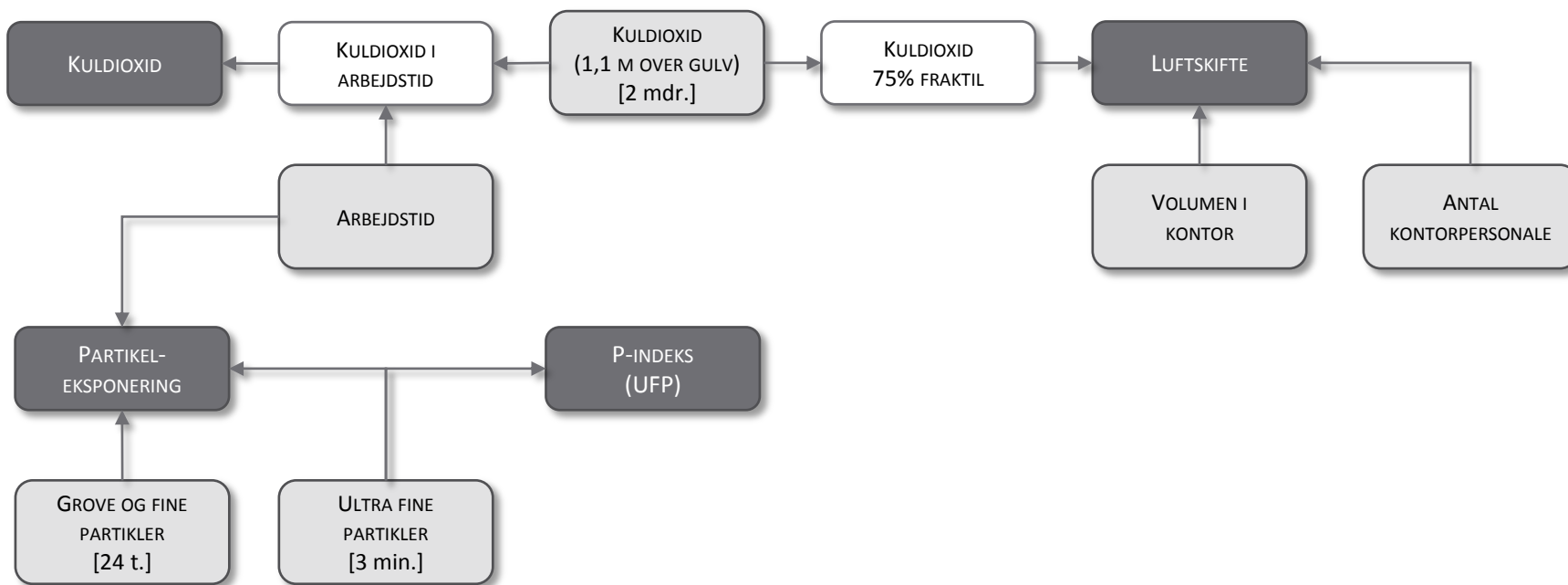
LOK	01.02.2016	02.02.2016	16.02.2016	15.03.2016	16.03.2016
A	09:30-10:45			09:30-09:45	
B	11:00-12:00			11:00-11:15	
C	12:30-13:15			09:00-09:30	
D	13:15-14:30			09:45-10:15	
E	14:45-16:00			10:15-10:45	
F	16:00-17:00			10:45-11:00	
G		08:00-09:45			09:15-09:30
H		09:45-11:00			09:30-09:45
I		11:15-12:45			09:45-10:00
J		13:15-15:15			10:00-10:15
K		15:15-17:00			10:30-11:00
L			11:00-12:30		11:00-11:15

Figur 15: Metode til temperaturforhold:





Figur 16: Metode til luftkvalitet;



SIGNATURFORKLARING

SLUTBEREGNING

MELLEM-BEREGNING

MÅLING [MÅLEPERIODE]

#### 4.1.2 Målepunkter, højder og varighed

Målingerne i kontorerne er fordelt på forskellige målepunkter placeret i kontorerne iht. "SBI-anvisning 130" (Valbjørn, SBI-rapport 230: Indeklimaets påvirkninger, 1993). Principperne for placering af målepunkter kan se i Figur 17. De faktiske placeringerne af målepunkterne kan ses på tegningerne af de enkelte kontorer under Bilag A: Beskrivelse af kontorer. I kontorlokaler med særlig geometri er målepunkterne placeret ud fra en vurdering om bedst muligt. Nogle målepunkters placering kan afvige fra anvisningens vejledning (Valbjørn, Måling af termisk indeklima (SBI-anvisning 130), 1983) om afstande til endevægge pga. rummets indretning og placering af inventar.

Alle målepunkter er placeret i 0,6 m fra vinduesfacade og parret med et målepunkt på placeret 0,6 m fra bagvæg. Målehøjderne afviges ikke fra standarden (Dansk Standard, 2001a).

Alle kontorer bliver anvendt til siddende aktiviteter og målehøjderne er bestemt herefter (Dansk Standard, 2001a). Det kan dog ikke afvises, at enkelte medarbejdere en lille del af tiden arbejder stående ved hævesænkebord, men dette er vurderet at være et fåtal i et ubetydeligt antal timer om ugen. Derfor er der målt ud fra for siddende aktiviteter. Målehøjderne er; ankelhøjde (0,1 m over gulv), talje-højde (0,6 m over gulv) og hovedhøjde (1,1 m over gulv). Tabel 18 viser hvilke målehøjder, der er anvendt og hvilke type målinger, der er foretaget.

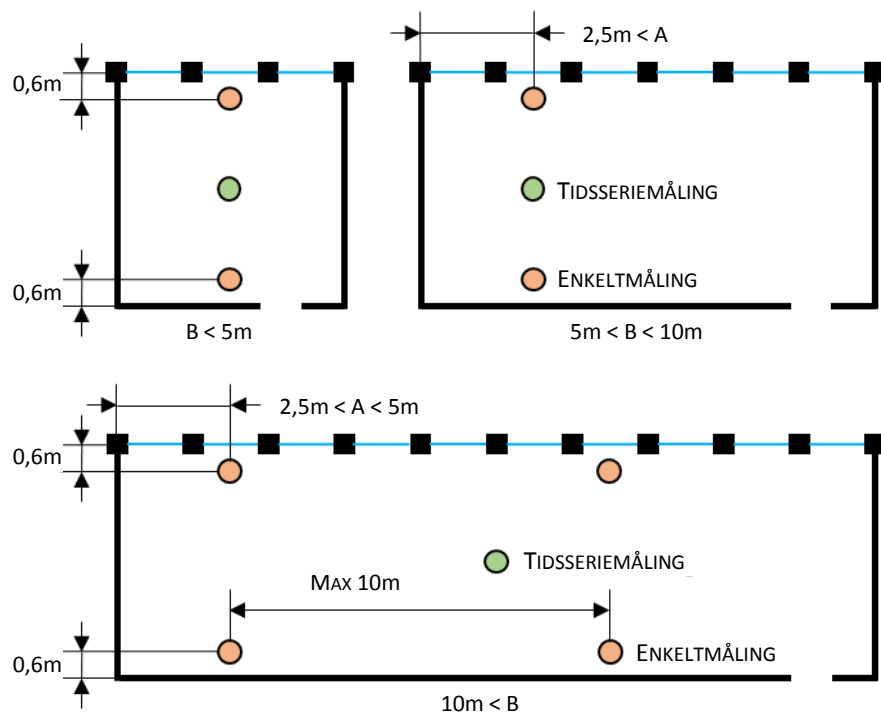
Luftbevægelser kan variere en del og derfor er hver enkeltmåling foretaget over 3 minutter for at finde en middelværdi for middelluft-hastigheden (Dansk Standard, 1995). De øvrige enkeltmålinger er også taget samtidigt over en måletid på 3 minutter. Alle enkeltmålingerne er foretaget i den normale arbejdstid.

Tidsseriemålingerne for temperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> er foretaget over perioden med logning hvert 5. minut hele døgnet rundt. CO<sub>2</sub>-målingerne er foretaget som tidsseriemålinger, der fremgår af Figur 17. Den principielle placering af målepunkter for tidsseriemålinger vedrørende partikelmålingerne, herunder koncentrationen af de grove, fine og ultrafine partikler, fremgår ligeledes af Figur 17.

Partikelmålingerne er foretaget med måling af grove (PM<sub>10</sub>), fine (PM<sub>2,5</sub>) og ultrafine partikler (PM<sub>0,1</sub>). Målingerne af de grove og fine partikler er foretaget som tidsseriemålinger over 24 timer med logning hvert 5. minut. Målingerne af ultrafine partikler er foretaget som enkeltmålinger, foretaget over 3 minutter for at finde en middelværdi for koncentrationen og størrelsen på partiklerne.

Instrumenterne er blevet nulstillet inden der foretages målinger i et nyt lokale, hvorfor dette ikke har haft indflydelse på opvarmningen/opstarten af målingerne.

Figur 17: Principper for placering af målepunkter; i kontorer med udgangspunkt i SBI-anvisning 130. Måling af termisk indeklima (Valbjørn, Måling af termisk indeklima (SBI-anvisning 130), 1983).



Tabel 18: Oversigt over målehøjder og måleform:

Højde over gulv	Enkeltmålinger	Tidsseriemålinger
0,1m (ankelhøjde)	Lufttemperatur Luftfugtighed Luft hastighed	Partikler ( $PM_{2,5}$ ) Partikler ( $PM_{10}$ )
0,6m (Talkehøjde)	Lufttemperatur Luftfugtighed Luft hastighed Overfladetemperatur	
1,1m (hovedhøjde)	Lufttemperatur Luftfugtighed Luft hastighed Partikler ( $PM_{0,1}$ )	Lufttemperatur Luftfugtighed $CO_2$

### 4.1.3 Instrumenter anvendt

#### 4.1.3.1 Overfladetemperaturer

Til måling af overfladetemperaturer blev benyttet Testo 831 – Infrarødt Termometer, der er velegnet til hurtig og præcis måling overfladetemperaturer på forskellige afstande.

Måleinstrumentet er beregnet til non-kontakt målinger og foretager to målinger per sekund.

De forskellige indvendige overflader har en forskellig emissivitet (effektivitet i udsending af energi som strålevarme) – men alle overflader er i nærheden 1 i skalaen 0-1. Måleinstrumentet har en automatisk "infrarød måling mode" som, blev benyttet frem for manuelle indstilling af emissivitet.

Måleinstrumentet bliver sendt til kalibrering én gang om året. Præcisionen er:

20 – 210 °C     ± 2,5 °C

Øvrige             ± 4,0 °C

Måleinstrumentet er ikke velegnet til måling af overfladetemperatur på gennemsigelige materialer såsom glas. Overfladetemperaturer på døre og vinduer er beregnet, se nærmere i afsnit 4.4.1.2.

#### 4.1.3.2 Lufthastighed

Til måling af lufthastighed blev benyttet Testo 405-V1 – Anemometer, der er velegnet til måling af lave lufthastigheder som trækgener fra vinduer.

Måleinstrumentet er af typen Hot-Wire anemometer og måler bedst i en bestemt retning. Der er målt luftbevægelser i lodret retning.

Denne type anemometer er beregnet til korttidsmålinger og har kort responstid. Målingerne foretages over tre minutter med aflæsninger hvert 15. sekund. Måleresultatet består af minimumsværdi, middelværdien og maksimumværdi.

Måleinstrumentet bliver sendt til kalibrering én gang om året. Præcisionen ved kalibreringstemperaturen på +25°C er:

$\leq 2 \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s} + 5\%$  af målt værdi

I forhold til måling af træk (over 0,15 m/s) udgør målepræcisionen en stor andel.

#### 4.1.3.3 Lufttemperatur og relativ luftfugtighed

Til enkeltmåling af både temperatur og relativ luftfugtighed blev benyttet Testo 625 – Thermohygrometer, der er velegnet til hurtig og præcis måling af indeklimaet. Foruden temperatur og relativ luftfugtighed beregner måleinstrumentet dugpunkttemperaturen og vådtemperaturen (wet bulb). Disse resultater blev også noteret under målingerne.

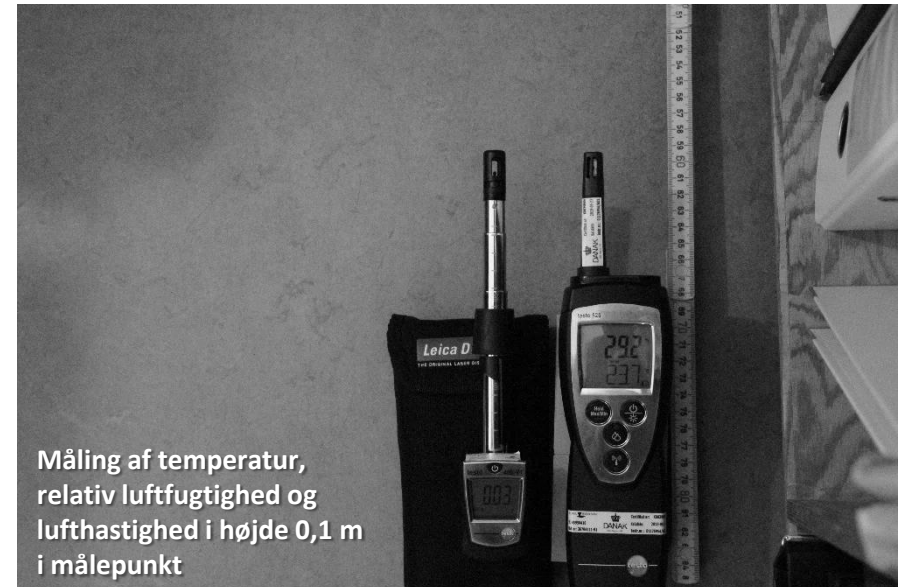
Målingerne er foretaget over tre minutter og måleresultatet består af minimumsværdi, middelværdien og maksimumsværdi for temperatur, luftfugtighed og vådtemperaturen.

Måleinstrumentet bliver sendt til kalibrering én gang om året. Præcisionen er:

$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  Lufttemperatur

$\pm 2,5\%$  Relativ luftfugtighed

Tidsseriemålinger af lufttemperatur og relativ luftfugtighed er foretaget med måleudstyr også beregnet til  $\text{CO}_2$ , se nærmere beskrivelse under afsnit 4.1.3.4  $\text{CO}_2$ -målinger.



#### 4.1.3.4 CO<sub>2</sub>-målinger

Til logning af CO<sub>2</sub>, lufttemperatur og luftfugtighed over ca. 2 måneder er der anvendt to typer måleinstrumenter pga. manglende tilstrækkelig antal af samme type. Der er i alt anvendt 12 stk. måleinstrumenter – 6 stk. af hver type.

Den første type er IC-Meter måler, der måler; lufttemperatur, relativ luftfugtighed, CO<sub>2</sub> og støj. Støj-målinger indgår ikke i undersøgelsen. Måleinstrumentet har GSM kommunikation og styres via internetbrowser.

IC-Meter er fabriksindstillet og har følgende typiske præcision:

± 2% Relativ luftfugtighed

± 0,3 °C Lufttemperatur

± 30 ppm CO<sub>2</sub>

IC-Meter foretager CO<sub>2</sub>-målingerne med infrarød måling og CO<sub>2</sub>-måleintervallet og spænder mellem 400 – 2.000 ppm. Under 400 ppm bliver målingerne unøjagtige pga. måleinstrumentets indbygget selvkorrigerende ABC-algoritme. Denne ABC-algoritme korrigerer hver 8. dag for lang-tids afvigelser i målinger ved at forventet 400 ppm i frisk luft. ABC-algoritmen vil over tid også korrigere for hårdfør behandling, transportskader eller andet. Måleinstrumentets kan også kalibreres manuelt på to måder:

- A. Indstille måleinstrumentet til at være udsat for 400 ppm svarende til frisk luft, når dette forventes at forekomme
- B. Udsætte føleren for CO<sub>2</sub>-fri gas og dermed nulstille.

Den anden type er Green Eye, der måler; lufttemperatur, relativ luftfugtighed og CO<sub>2</sub>.

Green Eye er fabriksindstillet og har følgende præcision:

± 3% Relativ luftfugtighed

± 0,6 °C Lufttemperatur

± 50 ppm CO<sub>2</sub>

Green Eye foretager CO<sub>2</sub>-målingerne med infrarød måling og CO<sub>2</sub>-måleintervallet spænder mellem 0 – 9.999 ppm.

Dataloggerne er blevet holdt op imod hinanden for at se, hvor stor måleusikkerheden var imellem de enkelte dataloggere. Dataloggerne har i den forbindelse logget over 24 timer. For Green Eye var der temperaturmålingerne en usikkerhed på 1%, for relativ luftfugtighed en usikkerhed på 2% og for CO<sub>2</sub>-koncentrationen en usikkerhed på 4%. For IC-Meter var usikkerheden på henholdsvis 1%, 1% og 3%. Begge typer af datalogger blev "kørt" op imod hinanden og der var ingen væsentlig forskel mellem målingerne. Dermed er usikkerheden vurderet at være insignifikant dataloggerne imellem, og ikke at have væsentlig indflydelse på de endelige resultater.

#### **4.1.3.5 Partikelmålinger**

Til måling af partikler er der anvendt to forskellige typer måleinstrumenter på grund af måleinstrumenters egenskaber.

Til måling af grove partikler blev der anvendt en Lasair III 310C. Måleinstrumentet har et luftindtag på omkring 28 liter pr. minut (LPM), hvor den registrerer koncentrationen af partikler med størrelsen fra 300 – 25.000 nm. Igennem en optisk partikelsensor, hvor det spredte lys frembringer elektriske impulser, kan antallet og størrelsen af partiklerne bestemmes, i henhold til "ISO 21501-4: 2007".

Lasair III 310C er fabriksindstillet og har følgende præcision:

± 5%   Luftindtag, 28,3 LPM

± 20%   50% tælle effektivitet for mest følsomme tærskler

Til måling af fine og ultrafine partikler (UFP) blev anvendt Philips Aerasense NanoTracer. Princippet måleinstrumentet anvender, er de elektriske ladninger i luftbårne partikler, i en opsamlet luftstrøm, og de efterfølgende målinger af den ladte partikel bundne koncentration. Den kan registrere partiklers diameter fra omkring 10 – 300 nm og en koncentration fra omkring 0 – 10<sup>6</sup> UFP/cm<sup>3</sup>.

Philips Aerasense NanoTracer er fabriksindstillet og har følgende præcision:

± 1.500 UFP/cm<sup>3</sup>       Partikel koncentration

± 10 nm                Partikel diameter

#### **4.1.3.6 Geometriske målinger**

Til måling af længder, højder og arealer blev benyttet Leica DISTO™ classic<sup>5</sup> a – laser-afstandsmåler, der er velegnet til hurtige og præcise målinger af afstande, arealer og vinkler.

Måleinstrumentet kan måle fra 0,2 m til 200 m og har en præcision på ± 1,5 mm. Derudover har måleinstrumentet også en indbygget libelle til at sikre målinger i lod og vater.

Døre og vinduer opmåles som murhullets fulde størrelse.

## 4.2 BRUGERUNDERSØGELSE

### 4.2.1 Opbygning

Det er væsentligt for rapportens hovedundersøgelse at fremskaffe oplysninger om brugernes oplevelse af indeklimaet. Dette er fremkommet ved hjælp af et webbaseret spørgeskema sendt til medarbejderne med fast kontorplads i de udvalgte kontorlokaler. Det komplette spørgeskema er vedlagt rapporten som Bilag B: Spørgeskema.

Spørgeskemaet er distribueret til 93 medarbejdere, fordelt på 12 kontorer i 6 forskellige bygninger. 63 personer har svaret, svarende til en besvarelsesprocent på 68 %.

Spørgeskemaet er inddelt i 3 hovedtemaer med undertemaer som udbyr hovedtemaerne. Temaerne er:

#### 1. Generelt

1. *Arbejdsfunktion*
2. *Udformning af kontor*
3. *Arbejdsforhold*

#### 2. Temperaturforhold

1. *Rumtemperatur*
2. *Træk og kuldensedfald*
3. *Typisk påklædning på kontoret*
4. *Brugeradfærd*

#### 3. Luftkvalitet

1. *Oplevet luftkvalitet*
2. *Symptomer eller gener*

Spørgeskemaet er opbygget med anvendelse af to skalaer:

- Nominelle skalaer f.eks. køn, ja-nej spørgsmål og spørgsmål ved udvælgelse af ét foruddefineret svar.
- Ordinale skalaer i form af rangordnede skalaer f.eks. tilfredshed strækkende fra meget utilfreds til meget tilfreds. Der anvendes forskellige trin-skalaer afhængigt af spørgsmålets art.

I spørgeskemaet er der indarbejdet spørgsmål fra lignende tidligere undersøgelser. Resultater af evt. sammenhæng eller sammenfald kan ikke direkte overføres fra "*Normalmaterialet*" til denne undersøgelse, men sammenhæng eller sammenfald kan benyttes i forbindelse med databehandlingen. De væsentligste tidligere undersøgelser er:

- "*Rådhusundersøgelsen*" (Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989)
- "*Glostrup-undersøgelsen*" (Brauer & Mikkelsen, 2002)
- "*SBi-rapport 240. Ventilation og luftkvalitet i kontorbygninger*" (Valbjørn, Nielsen, Gunnarsen, & Bergsøe, 1995)
- "*SBi-rapport 318. Vinduer og dagslys*" (Christoffersen, Petersen, Johnsen, Valbjørn, & Hygge, 1999)



#### 4.2.2 Spørgeskema: Generelt

Undersøgelsen har som de fleste andre undersøgelser brug for nogle basis-informationer f.eks. køn og i hvilket lokale respondenter har kontor. Det er vurderet vigtigt for undersøgelsen at klarlægge, hvorhenne i kontoret den udspurgte har kontor. Tidligere undersøgelser bl.a. "*SBI-rapport 318*" om dagslys i kontorbygninger (Christoffersen, Petersen, Johnsen, Valbjørn, & Hygge, 1999) har vist, at opfattelsen af indeklimaet og tilfredsheden har nogen indflydelse af placeringen.

Der stilles flere spørgsmål om normale arbejdstider og hvor ofte vedkommende opholder sig på kontoret. Disse informationer benyttes senere til at estimere en gennemsnitsbelastning kontoret udsættes for. Den adspurgtes arbejdsfunktion kan være væsentlig, hvis kontoret har flere forskellige arbejdsfunktioner – nogen som kræver ro og koncentration og andre som f.eks. taler meget i telefon eller ofte har gæster på kontoret. Blandt andet anbefaler BAR (BrancheArbejds miljøRådet Finans / Offentlig Kontor & Administration, 2015c) at have funktioner med ens karakteristika i et kontorlokale.

Tilfredshed med kontorlokalets udformning i form af areal og volumen undersøges og holdes op mod det målte areal og volumen. Disse betragtninger bearbejdes i analysearbejdet ved sammenligning af kontorer.

### 4.2.3 Spørgeskema: Temperaturforhold

Temperaturforhold og målingen heraf, er velbeskrevet igennem flere årtier. Der foretages en lang række målinger og beregninger af temperaturforholdene på kontorerne. Formålet med dette hovedtema er, at sammenligne de udsurgtes oplevelser med de fysiske målinger og beregninger for at finde divergenser. Enhver måling og beregning svarer til et eller flere spørgsmål i spørgeskemaet.

Det første og måske vigtigste spørgsmål i hovedemnet omhandler opfattelsen af rumtemperaturen på kontoret. Spørgsmålet modsvarer PMV-modellen med svar i skalaen fra -3 til +3. Uddybende spørges der om den udsurgtes normale påklædning. Her gives der valgmulighed for at vælge påklædning med beklædningsdele i et interval fra 0,3 til 1,5 clo. Spørgsmålene er todelt, idet der udsørges om forholdene i februar måned og om sommeren. Februar er ifølge referenceåret *Design Reference Year* (DRY) den koldeste måned og kan repræsentere de øvrige måneder i opvarmningssæsonen. Der er foretaget datalogning af temperatur og luftfugtighed i kontorerne i februar og marts. Efterfølgende, i spørgeskemaet, er der spørgsmål om træk, kuldenedfald, kolde overflader og solskin.

Et væsentligt forhold ved temperaturforhold er ikke kun om det er varmt eller koldt, men også om brugeren kan afhjælpe dette eller vigtigere, om brugeren gør dette. Bygningsreglementet foreskriver at "*DS 469*" (Dansk Standard, 2013b) skal anvendes, hvilket betyder, at der skal foreligge en brugermanual. Der undersøges om brugeren har modtaget brugermanual, mundtlig instruks eller adfærdsregler for kontoret. Der udsørges også om brugeren har mulighed for ændring af varmen, bruger solafskærmning og åbner vinduer, samt hvor ofte dette gøres.

### 4.2.4 Spørgeskema: Luftkvalitet

I modsætning til temperaturforhold er det ikke på samme måde muligt at få svar på oplevelse af luftkvalitet for alle de målinger og beregninger som foretages. Der udsørges om oplevelse af indelukket luft, tør luft og lugtgener for at give en indikation af luftsiftet, som ikke måles, men beregnes. De øvrige spørgsmål omhandler sygdomme, symptomer og gener. Spørgsmålene tager afsæt i de spørgsmål, som indgik i feltundersøgelserne til "*SBI-rapport 240*" (Valbjørn, Nielsen, Gunnarsen, & Bergsøe, 1995) og "*SBI-rapport 246*" (Valbjørn, Kukkonen, Skåret, & Sundell, 1995). Disse spørgsmål er suppleret med erfaringerne fra "*Normalmateriale*" (Brauer & Mikkelsen, 2002), for at finde ud af hvor mange personer, vi kan forvente at have forskellige symptomer.

#### 4.2.5 Teknisk opbygning af spørgeskema

Til udarbejdelse og fremsendelse af spørgeskema, er der blevet anvendt det internetbaserede system SurveyXact, der er en del af Rambøll Management Consulting. Som studerende på Aalborg Universitet København, har vi haft fuld adgang til SurveyXact, samt en række muligheder for selvhjælp, der har været relevante for vores arbejde med SurveyXact.

Dette system blev udvalgt blandt andre systemer på markedet, grundet en meget intuitiv brugerflade, når der arbejdes med design og tilpasning af spørgeskemaer. Distribution og indsamling af spørgeskemaer er nem at håndtere, samtidig med at man løbende har et overblik over, hvordan undersøgelsen skrider frem.

Brugerfladen i systemet er opdelt i tre moduler: Spørgeskema, Dataindsamling og Analyse. Under *Spørgeskema* har brugeren mulighed for at modulere og tilpasse spørgeskemaet grafisk, samt at udskrive og eksportere spørgeskemaet til andre formater. Under *Dataindsamling* har brugeren mulighed for at oprette distributionslister med respondenter og e-mail skabeloner samt lægge en tidsplan for dataindsamling, med automatisk distribution af påmindelser til respondenterne. Ydermere er der her mulighed for at se en opdateret status over svarprocenten i processen samt at svare direkte på return-mails fra respondenterne. Under *Analyse* har brugeren løbende mulighed for at foretage analyser ved hjælp af prædefinerede tabeller, søjlediagrammer og lagkagediagrammer, i forhold til de besvarelser der foreligger. Desuden er det muligt at opbygge og udskrive en tilpasset rapport med de resultater og analyser der foreligger. Afslutningsvis er der mulighed for at eksportere indhentede data som f.eks. CSV og XML filer, således at brugeren har mulighed for selv at udarbejde og tilpasse tabeller, søjlediagrammer og lagkagediagrammer efter eget behov.

I forhold til nærværende spørgeskemaundersøgelse, så valgte vi at gøre brug af to ud af tre moduler i SurveyXact. Under *Spørgeskema* blev den grafiske del af spørgeskemaet udarbejdet og under *Dataindsamling* blev der oprettet distributionslister med respondenter med en tidsplan for dataindsamling. I forhold til analysearbejdet blev data eksporteret til en XML fil, således at større frihed til at udarbejde og tilpasse den indhentede data efter eget behov.

Igennem SurveyXact valgte vi distribuere spørgeskemaundersøgelsen via e-mail med link til en hjemmeside, hvor respondenterne havde mulighed for at indtaste deres besvarelse. Denne mail blev fremsendt onsdag d. 2. marts, med besked om at spørgeskemaerne ville være tilgængelige for respondenterne frem til d. 23. marts kl. 12.00, og at det ville tage omkring 10 minutter at udfylde spørgeskemaet. Således havde de 93 respondenter 3 uger til at svare på det fremsendte spørgeskema. Undervejs d. 16. marts blev der fremsendt en rykker med en påmindelse om at svarfristen var d. 23. marts kl. 12.00.

Som tidligere nævnt så var den endelige svarprocent på 68% blandt 93 respondenter. Herudover var der 9% der havde givet enkelt svar men ikke havde gennemført spørgeskemaet og endelig var der 23% af respondenterne, der havde modtaget spørgeskemaet men ikke reageret på det.

## 4.3 INTERVIEW MED DRIFTSPERSONALE

### 4.3.1 Opbygning

Som et supplement til rapportens hovedundersøgelse med at kortlægge brugernes oplevelse af indeklimaet, blev der også foretaget interview med de pågældende bygningers ansvarlige driftspersonale. Interviewene er foretaget i forhold til et gennemarbejdet interviewskema, der er vedlagt rapporten som Bilag C: Interviewskema. Interviewskemaet er blevet brugt som redskab for at indsamle grundlæggende oplysninger omkring bygningernes og herunder kontorlokalernes temperatur- og ventilationsforhold, og blev distribueret til de 3 driftsmedarbejder inden selve interviewet blev foretaget. De 3 driftsmedarbejdere er driftsansvarlige for bygningernes 12 kontorlokaler. Alle 3 personer deltog i interviewrunden, svarende til en besvarelsesprocent på 100 %.

Interviewskemaet er inddelt i 2 hovedtemaer med undertemaer som uddyber hovedtemaerne. Temaerne er:

1. Temperaturforhold
  1. *Oplevelsen af temperatur*
  2. *Klager omkring temperatur og håndtering heraf*
  3. *Styring af varmekilder*
2. Ventilationsforhold
  1. *Oplevelse af ventilation*
  2. *Klager omkring ventilation og håndtering heraf*
  3. *Mekanisk ventilation og styring heraf*
  4. *Naturlig ventilation og håndtering heraf*

Interviewskemaet tager afsæt i det udarbejdede spørgeskema, hvor der indhentes dybdegående oplysninger omkring temperatur- og ventilationsforhold, som ikke kunne afdækkes i spørgeskemaet fremsendt til respondenterne.

#### **4.3.2 Interviewskema: Temperaturforhold**

I forhold til temperaturforhold i kontorlokalerne, fremgår der af afsnit 3.2 og af Arbejdstilsynets bekendtgørelse, at ved kontorarbejde anbefales den operative temperatur at ligge i intervallet 21-22 °C (Arbejdstilsynet, 2007). Der er normalt ikke stor forskel mellem den operative temperatur og lufttemperaturen. For at indhente detaljerede oplysninger om temperaturforholdene, indgår blandt andet spørgsmål omkring de primære varmekilder i interviewskemaet. Hvad er de primære varmekilder i kontorlokalerne, og hvordan er disse styret. Ydermere spørges der ind til hvorvidt driftspersonale og medarbejdere har mulighed for at justere på varmekilderne. Afslutningsvis spørges der ind til om der modtages klager fra medarbejdere omkring temperaturforholdene og hvordan disse henvendelser håndteres.

#### **4.3.3 Interviewskema: Ventilationsforhold**

I forhold til ventilationsforhold i kontorlokalerne, fremgår der af afsnit 3.2.8, at når siddende personer er de eneste forureningskilder i et lokale, er CO<sub>2</sub>-koncentrationen over udendørsniveauet for kategori: A, 460 ppm; B, 660 ppm og C, 1.190 ppm (Dansk Standard, 2001b). For at kortlægge ventilationsforholdene, indhentes baggrundsoplysninger om hvilken ventilation der er i de repræsentative bygninger – mekanisk eller naturlig. Hvordan er disse styret og hvorvidt driftspersonale og medarbejdere har mulighed for at justere og tilpasse ventilationen, for eksempel i forhold til årstiderne. Afslutningsvis spørges der også her ind til hvorvidt der modtages klager fra medarbejdere omkring luftkvaliteten og hvordan disse henvendelser håndteres.

## 4.4 BEREGNINGSMETODER

### 4.4.1 Beregninger af temperaturforhold

#### 4.4.1.1 Operativ temperatur

Den operative temperatur er en funktion af lufttemperatur og middelstrålingstemperatur og beregnes iht. Ligning 3. Middellufthastigheden er fundet som beskrevet i afsnit 3.2.3.

I godt isoleret bygninger er der ikke stor forskel mellem lufttemperaturen og middelstrålingstemperaturen. I disse kontorer svarer middelstrålingstemperaturen ved bagvæggen til middelværdien af den registrerende lufttemperatur over døgnet. I kontorer med kraftig varmetilskud/køling fra eksempelvis direkte solindfald, belysning og nat- og weekend-sænkning af temperaturen skal middelstrålingstemperaturen måles eller beregnes (Valbjørn, Måling af termisk indeklima (SBI-anvisning 130), 1983). Middelstrålingstemperaturen kan findes ved måling af enten globe-temperatur, den plane strålingstemperatur eller beregning ud fra overfladetemperaturer. Til disse undersøgelser er der anvendt beregning af middelstrålingstemperaturen iht. til Ligning 4 (se evt. Figur 18).

Hvis beregningerne viser, at lufttemperaturen og middelstrålingstemperaturen er ens eller meget tæt derpå, kan Figur 3 i afsnit 3.2.2 benyttes til at finde den tilladelige variation i den operative temperatur. Graferne baseret på antagelserne at middellufthastigheden er mindre end 0,1 m/s og at den relative luftfugtighed er 50%.

Ligning 3: Beregning af den operative temperatur; (Dansk Standard, 2001a)

$$t_o = At_l + (1 - A)t_m$$

Hvor:

$t_o$  er den operative temperatur i °C,

$A$  er 0,5 for middellufthastigheden  $v \leq 0,2$  m/s, 0,6 for  $v = 0,2-0,6$  m/s og 0,7 for  $v = 0,6-1,0$  m/s,

$t_l$  er lufttemperaturen i °C, og

$t_m$  er middelstrålingstemperaturen i °C

#### 4.5.1.2 Middelstrålingstemperatur

Middelstrålingstemperaturen er et udtryk for, hvor meget varme- og kuldestråling en person er udsat for. En person kan eksempelvis opleve at være i solskin og have det varmt selvom lufttemperaturen er lav, opleve kulde foran et åbent køleskab eller på anden måde opleve kulde eller varme selvom lufttemperaturen viser noget andet. Middelstrålingstemperaturen er denne undersøgelse beregnet ud fra overfladetemperaturerne af overfladerne i seks retninger; frem, bagud, til højre, til venstre, op og ned (se Figur 18).

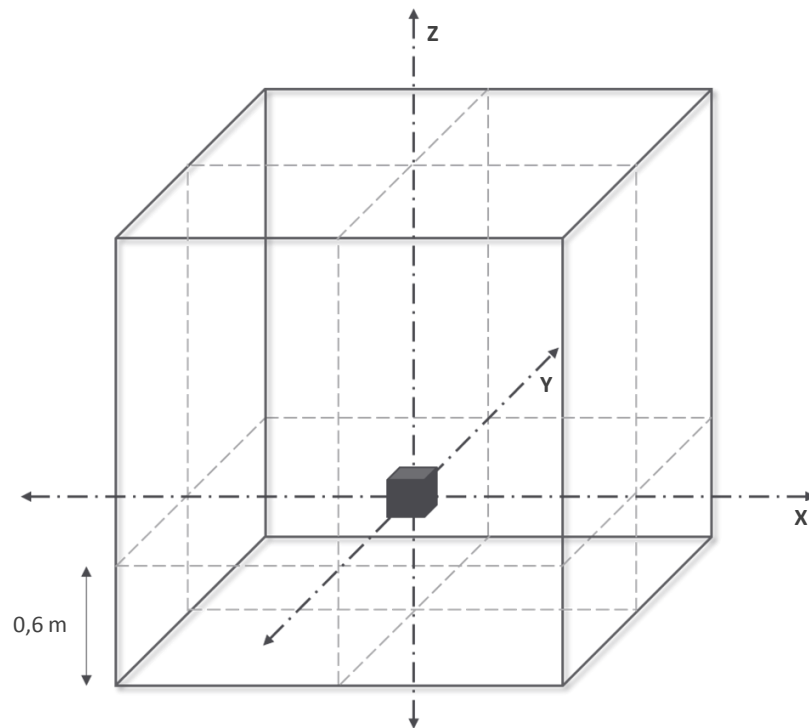
For hver beregning af middelstrålingstemperaturen er der lavet en model af kontorlokalet bestående af målepunktets synlige overflader. Der er benyttet gennemsnitstemperaturer for fladerne. Lofter med hældning er beregnet som vandrette lofter beliggende i gennemsnitshøjden. De lofter med rytterlys er beregnet som opdelt vandrette lofter med forskellige gennemsnitsoverfladetemperaturer. Det er med et infrarød termometer ikke mulig, at måle overfladetemperaturen på glas i vinduer og terrassedøre og derfor at disse overfladetemperaturer fundet ved beregning ud fra målinger af rummets lufttemperatur og måling af udetemperaturen på registreringstidspunktet. Døråbninger og glas i indvendige vægge er beregnet som indvendig væg.

Registreringerne viste, at alle vinduer består af tolags-termorude. De faktiske isoleringsevner (U-værdier) for vinduerne eller ruderne, emissionsbelægninger og gasart i hulrum er ukendt. Selvom, der på nogle ruder var tydelige stempler med årstal og U-værdier, ville det have været forbundet med ekstra arbejde at finde alle nødvendige informationer. Derfor er vinduerne antaget at være af dårligste kvalitet svarende til ruder med almindelig luft og uden belægninger på glasset. U-værdierne midt på glasset er aflæst ud fra "DS 418. Beregning af bygningers varmetab, Figur N1" (Dansk Standard, 2011a) til henholdsvis 2,9 W/m<sup>2</sup>K for vinduer og 3,2 W/m<sup>2</sup>K for rytterlys ved en glasafstand på 12 mm. Det antages, at resten af vinduet og omkringliggende fuger har samme U-værdi.

Den beregnede isolans for glasset, som er den inverse U-værdi, er større end 0,25 m<sup>2</sup>K/W og det anbefales i "DS/EN ISO 13788:2013 Afsnit 6.4.1" (Dansk Standard, 2013a), at elementernes isolans ikke er større end 0,25 m<sup>2</sup>K/W, ved beregning af overfladetemperaturer. Hvis isolans er større end 0,25 m<sup>2</sup>K/W skal den opdeles i flere lag, hvor hvert lag er mindre end 0,25 m<sup>2</sup>K/W. Ruderne er opdelt i tre lag; 1. lag glas – hulrum – 2. lag glas, hvor de to lag glas er forudsat til at have samme isolans. Hulrummets isolans er fundet ved interpolering iht. "DS 418, tabel 6.4.1 – Isolans af ikke ventilerede hulrum m<sup>2</sup>K/W" (Dansk Standard, 2011). Tabel 19 viser et eksempel for beregning af den indvendige overfladetemperatur på en rude.



Figur 18: *Model af imaginer kontorlokale med siddende person; symboliseret af en sort kasse. Modellen viser de forskellige overflader i forhold til vinkelfaktoren for beregning af stråletemperaturen. Middelstråletemperaturen beregnes ud fra stråletemperaturene fra alle 24 deloverflader. Strålingsasymmetrien beregnes som forskellen mellem stråletemperaturerne over enten X, Y eller Z akser.*



Tabel 19: *Eksempel på beregning af overfladetemperaturer på ruder; iht. DS 13788:2013 U-værdierne midt på glasset er aflæst ud fra figur N.1 i DS 418. Beregning af bygnings varmetab (Dansk Standard, 2011) til 2,9 W/m²K for en tolags-termorude. Ude- og inde-temperaturerne er målt på stedet.*

	Isolans R	Temp.fald $\Delta\theta =$ $\Delta\theta_{\text{tot}} \cdot R/\Sigma R$	Temperatur $\theta$	
Udvendig Overflade- isolans	0,04	1,4	3,6	Udetemp.
Glas 1	0,09	3,2	5,0	Udvendig Overflade
Hulrum	0,16	5,4	8,2	Overflade Glas 1/hulrum
Glas 2	0,09	3,2	13,6	Overflade Hulrum/glas 2
Indvendig Overflade- isolans	0,13	4,4	16,8	Indvendig Overflade
	0,51	$\Sigma R$	21,2	Indetemp.
			17,6	$\Delta\theta_{\text{tot}}$ $= \theta_{\text{inde}} - \theta_{\text{ude}}$

Middelstrålingstemperaturen er beregnet ud fra Ligning 4 og består af 2 faktorer; overfladetemperaturen i fjerde potens i Kelvin samt en vinkelfaktor fra personen og til den givne overflade. Vinkelfaktoren er beregnet med Ligning 5. Som vist på Figur 18 er der seks retninger, med hver 4 delflader. Middelstrålingstemperaturen i fjerde potens er summen af strålingstemperaturen af alle 24 delflader.

Ligning 4: Beregning af middelstrålingstemperatur; ud fra overfladetemperaturen fra omkringliggende overflader (Dansk Standard, 2001a)

$$T_r^4 = T_1^4 F_{p-1} + T_2^4 F_{p-2} + \dots T_N^4 F_{p-N}$$

Hvor:

$T_r$  er middelstrålingstemperaturen i kelvin K,

$T_N$  er overfladetemperaturen af overflade N i Kelvin K, og

$F_{p-N}$  er vinkelfaktoren mellem en person og overflade N. Vinkelfaktoren beregnes ud fra Ligning 5

Ligning 5: Beregning af vinkelfaktor; mellem en person og en flade (Dansk Standard, 2001a)

$$F_{p-N} = F_{max} \left(1 - e^{-\frac{a/c}{\tau}}\right) \left(1 - e^{-\frac{b/c}{\gamma}}\right)$$

Hvor:

$F_{p-N}$  er vinkelfaktoren mellem en person og overflade N,

$a$  er længde af flade,

$b$  er bredde af flade,

$c$  er afstand mellem en person og flade,

$\tau = A + B (a/c)$ , og

$\gamma = C + D (b/c) + E (a/c)$

Hvor:

Siddende person	Vertikal overflade (Væg, vindue)	Horisontal overflade (Gulv, loft)
$F_{max}$	0,118	0,116
A	1,216	1,396
B	0,169	0,130
C	0,717	0,951
D	0,087	0,080
E	0,052	0,055

#### **4.5.1.3 Strålingsasymmetri**

Strålingsasymmetrien er strålingstemperatur på samme måde som middelstrålingstemperaturen og er strålingstemperatur. Middelstrålingen udtrykker den samlede gennemsnitslige mængde af strålingsvarme/kulde og strålingsasymmetrien udtrykker fra hvilken retning en person bliver udsat for strålingsvarme/kulde. En person med kulde på den ene side og varme på den anden side af sig vil opleve ubehag. Strålingssymmetrien beregnes på samme måde som middelstrålingstemperaturen. Forskellen er; at hvor middelstrålingstemperaturen tager udgangspunkt i en persons placering i et lokale, tager strålingsasymmetrien udgangspunkt i et lille plant element. Fra dette lille plane element skal strålingstemperaturen beregnes som strålingstemperatur fra de omgivne flader, der er enten vinkelret eller parallelt med elementet. Strålingsasymmetrien er forskellen mellem hver side af det lille plane element.

Strålingstemperatur ud fra overfladetemperaturen fra omkringliggende overflader er beregnet efter samme formel som Ligning 4 med den undtagelse at vinkelfaktoren er beregnet i dette tilfælde efter Ligning 6 og Ligning 7.

Ligning 6: Analytisk formel relateret til beregningen af formfaktoren; ift. en vinkelret flade  
(Dansk Standard, 2001a)

$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left( \tan^{-1} \frac{1}{Y} - \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \right)$$

Hvor:

$F_{d1-2}$  er formfaktoren,

$a$  er længde af flade,

$b$  er bredde af flade,

$c$  er afstand til flade, og

Hvor:

$$X = \frac{a}{b}, \quad Y = \frac{c}{b}$$

Ligning 7: Analytisk formel relateret til beregningen af formfaktoren; ift. en parallel flade  
(Dansk Standard, 2001a)

$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

Hvor:

$F_{d1-2}$  er formfaktoren,

$a$  er længde af flade,

$b$  er bredde af flade,

$c$  er afstand til flade, og

Hvor:

$$X = \frac{a}{c}, \quad Y = \frac{b}{c}$$

#### 4.4.2 Beregninger af luftkvalitet

##### 4.4.2.1 CO<sub>2</sub>-koncentration og luftskifte

Indholdet af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) i indeluften varierer ift. fire parametre; størrelsen af luftskiftet og CO<sub>2</sub>-koncentrationen i udeluften, personbelastningen i rummet samt opholdstiden.

Idet CO<sub>2</sub>-koncentrationen ikke varierer så hurtigt ved jævn ventilation, anvendes denne som regel som indikator for personforureningen i et givent lokale, og er derved et pejlemærke for, hvorvidt luftskiftet er tilstrækkeligt ift. personbelastningen. Herved tages der hensyn til varierende forhold, som f.eks. samtidighed og personernes opholdstid i lokalet samt luftudveksling til tilstødende lokaler.

Som det fremgår af afsnit 4.1.3.4 CO<sub>2</sub>-målinger, så anvendes der data-loggere til logning af CO<sub>2</sub>-koncentrationen over ca. 2 måneder. Måleinstrumenterne tager udgangspunkt i 400 ppm som baggrundsniveaueet i udeluften.

Det gælder for et givent lokale, at personbelastningen kan beregnes på baggrund af størrelsen på luftskiftet og tidsforløbet for CO<sub>2</sub>-koncentrationen. Tilsvarende kan størrelsen på luftskiftet bestemmes såfremt personbelastningen er kendt. Forudsættes et konstant luftskifte samt belastning, så gælder Ligning 8 (Valbjørn, Kukkonen, Skåret, & Sundell, 1995). For at kunne bestemme luftskiftet på baggrund af kendt personbelastning, anvendes der en tilpasning af fortyndingsligning (Ligning 8) vist i Ligning 9.  $C_t$  sættes til at være *0,75-fraktilen* i en normalfordeling for kontorlokalernes CO<sub>2</sub>-logninger over 2 måneder. *0,75-fraktilen* anvendes fordi vi vurderer den til at være mest repræsentativ.

$C_i$  kan for udeluft sættes til  $400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$  (iht. måleinstrumentets indbygget selvkorrigerende ABC-algoritme, se afsnit 4.1.3.4) og  $q$  sættes til  $19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{time}$  pr. voksen person i kontorarbejde iht. "DS 1752, tabel A.6" (Dansk Standard, 2001b).

Ligning 8: "Fortyndingsligning" til beregning af personbelastning og/eller luftskiftet i et lokale; på baggrund af CO<sub>2</sub>-koncentrationen (Valbjørn, Kukkonen, Skåret, & Sundell, 1995)

$$C_t - C_i = \frac{q \cdot a}{V} \cdot \frac{1}{n} \cdot (1 - e^{-n \cdot t})$$

Hvor:

- $n$  er luftskifte i lokalet pr. time,
- $q$  er afgivelsen af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) i m<sup>3</sup>/time pr. person
- $a$  er antallet af personer,
- $V$  er lokalets volumen i m<sup>3</sup>,
- $C_t$  er kuldioxidkoncentrationen (CO<sub>2</sub>-koncentrationen) i rumluften til tiden  $t$ , m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, og
- $C_i$  er kuldioxidkoncentrationen (CO<sub>2</sub>-koncentrationen) i ventilationsluften, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Ligning 9: Omskrevet fortyndingsligning til bestemmelse af luftskifte; på baggrund af kendt personbelastning

$$n = \frac{q \cdot a}{V \cdot (C_t - C_i)}$$

Hvor:

- $n$  er luftskifte i lokalet pr. time,
- $q$  er afgivelsen af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) i m<sup>3</sup>/time pr. person
- $a$  er antallet af personer,
- $V$  er lokalets volumen i m<sup>3</sup>,
- $C_t$  er kuldioxidkoncentrationen (CO<sub>2</sub>-koncentrationen) i rumluften til tiden  $t$ , m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, og
- $C_i$  er kuldioxidkoncentrationen (CO<sub>2</sub>-koncentrationen) i ventilationsluften, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

#### 4.4.2.2 Koncentration af ultrafine partikler (UFP)

I forbindelse med luftforurening forårsaget af UFP, betegner P-indekset den relative sværhedsgrad. Denne metode er anvendt idet den giver en relativ indikation for, hvor stor sundhedsrisikoen er ved den givne koncentration af UFP. Ved hjælp af farvekodeskemaet kan omfanget af luftforureningen relativt nemt aflæses. Den relative sundhedsrisiko, forbundet med udsættelsen for UFP, antages at være proportional med partiklernes overfladeareal  $S$  pr. luftvolumen, der ophobes i lungerne ved indånding. Den relative sundhedsrisiko formidles med luftforurenings indekstal  $P$ , hvis numeriske værdi fremgår af Ligning 10 (Philips Electronics N.V., 2010). Måleudstyret NanoTracer sætter som udgangspunkt *den ultra rene luft* (alpeluft) til:  $(Nd_{p,av})_{ref} = 5 \times 10^4$  partikler/cm<sup>3</sup>, hvor antallet  $N = 1.000$  partikler/cm<sup>3</sup> ved en gennemsnitsdiameter  $d_{p,av} = 50$  nm. Ved  $d_{p,av} = 50$  nm findes der en logaritmisk sammenhæng mellem  $P$  og  $N$ , som vist på Figur 19.

I luft bestående overvejende af forbrændingsrelaterede UFP, udgør  $P$  værdierne det relative omfang af luftforureningen som det fremgår af Tabel 20.

Ligning 10: Numerisk værdi for P-indeks; (Philips Electronics N.V., 2010).

$$P = 2 \log \left( \frac{Nd_{p,av}}{(Nd_{p,av})_{ref}} \right) \quad \text{for } Nd_{p,av} \geq (Nd_{p,av})_{ref}$$

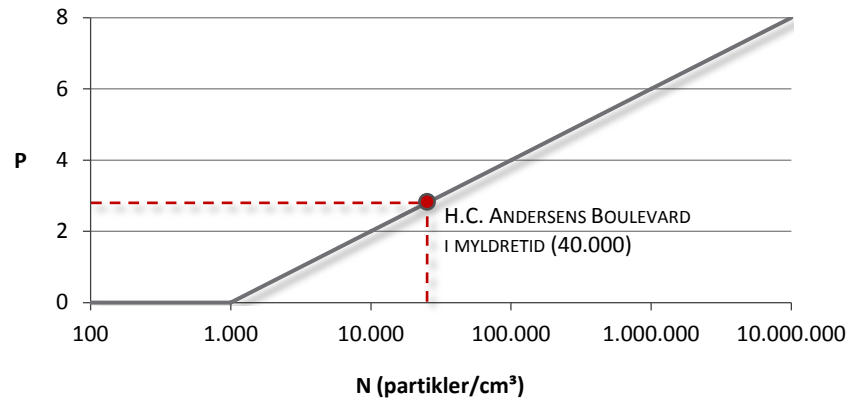
$$P = 0 \quad \text{for } Nd_{p,av} < (Nd_{p,av})_{ref}$$

Hvor:

$L_{ref} = (Nd_{p,av})_{ref}$  betegner en nedre referencetærskel for koncentrationen hvor sundhedsrisikoen for udsættelse for UFP vurderes at være ubetydelig. (kan dette også anvendes til grovepartikler! Dvs. fælles for  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  og  $PM_{0.1}$ )



Figur 19: Logaritmiske sammenhæng mellem P og N; (Philips Electronics N.V., 2010)



Tabel 20: P-værdier som indikator; for det relative omfang af luftforureningen (Philips Electronics N.V., 2010)

$6 \leq P \leq 7$	→	Meget farlig forurennet luft
$5 \leq P \leq 6$	→	Farlig forurennet luft
$4 \leq P \leq 5$	→	Alvorlig forurennet luft
$3 \leq P \leq 4$	→	Moderat forurennet luft
$2 \leq P \leq 3$	→	Lidt forurennet luft
$1 \leq P \leq 2$	→	Nogenlunde ren luft
$0 \leq P \leq 1$	→	Meget ren luft
$P = 0$	→	Ultra ren luft

#### 4.4.3 Beregninger af signifikans

Alle registreringer, målingerne, beregningerne, spørgeskemaer og interviews udgør tilsammen en stor mængde data. Som tidligere beskrevet er en Access-database oprettet til at holde styr på data. De udtræk, der er mulige, kan give mange resultater, men udtrækkene kan ikke klarlægge, om der er tale om sammenhæng eller sammenfald i resultaterne. Ved at finde sammenhængene, er det muligt at lave betragtninger af almen karakter.

Der er foretaget korrelationsberegninger med Spearman's rang korrelationskoefficient, som er velegnet til undersøgelser med ordinalskala-datasæt. Ordinalskala er benyttet i spørgeskemaundersøgelsen og kan eksempelvis være svarmuligheder med (1) "*meget utilfreds*", (2) "*lidt utilfreds*" og (3) "*tilfreds*". Rådhusundersøgelsen (Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989) anvender eksempelvis også Spearman's rang korrelationskoefficient. Alle svarmuligheder er inddelt stigende fra 1, hvor 1 er dårligst og alle svar rangordnes.

Korrelationen er beregnet ved Ligning 11 og Tabel 21 er benyttet til at aflæse signifikans. Signifikans 0,05 svarer til 95% korrelation (sammenhæng). Altså at samme resultatudfald 1 ud af 20 gange skyldes tilfældighed. 0,01 svarer til 99% og 0,001 svarer til 99,9%. Der er beregnet korrelation på 140 x 140 variabler. Korrelationsberegningerne bliver kritisk benyttet. Eksempelvis har en persons påklædning ikke meget at gøre med antallet af biler på gaden.

Korrelationen ligger i intervallet -1 til +1. Positiv korrelation betyder, at jo bedre en variabel er, jo bedre er den anden variabel også. Den negative relation betyder, at jo bedre den ene variabel er, jo dårligere er den anden variabel. Tallene i Tabel 21 er markeret som positive, men gælder også som negative. Alle resultater imellem den negative og positive er insignifikant. I resultatafsnittet bliver udvalgte relevante korrelationer over 0,05 vist og både positive og negative værdier samt farvekode for at viser om korrelationen er; negativ (rød), positiv (grøn) eller insignifikant (grå), bliver benyttet.

Korrelationen viser sammenhænge mellem to variabler – enten en-vejs eller to-vejs. Et eksempel på en-vejs kunne være; at hovedpine er forårsaget af højt CO<sub>2</sub>-niveau, men CO<sub>2</sub>-niveauet *ikke* er forårsaget af hovedpinen. En to-vejs korrelationen vil eksempelvis være; at et øget CO<sub>2</sub>-niveau skyldes et lavt luftskifte, og at et lavt luftskifte medfører et øget CO<sub>2</sub>-niveau.

Korrelationen beregner absolut og ikke relativt. Dette betyder at eksempelvis viser korrelationen at flere mennesker i storrumskontorer har forskellige gener. Men andelen af personer i storrumskontorer er også større. Hvor mange procent personer med gener i de forskellige kontortyper kan korrelationen ikke vise. Pivot-tabeller fra regneark er benyttet til at fremskaffe relative data.

Ligning 11: Spearman's rang korrelationskoefficient

$$r = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Hvor:

*r* er korrelationskoefficient,

*d<sub>i</sub>* er forskel mellem rangordenværdier, og

*n* er antal data

Tabel 21: Spearman Ranked Correlation Table; uddrag af Tabel b.19 (Zar, 1984). *N* = antal respondenter,  $\alpha(1)$  = en-vejs og  $\alpha(2)$  = to-vejs

$\alpha(2)$	0,100	0,050	0,020	0,002
$\alpha(1)$	0,050	0,025	0,010	0,001
<b>n</b>				
61	0,213	0,252	0,298	0,391
62	0,211	0,250	0,296	0,388
<b>63</b>	<b>0,209</b>	<b>0,248</b>	<b>0,293</b>	<b>0,385</b>
64	0,207	0,246	0,291	0,382
65	0,206	0,244	0,289	0,379



## 5. RESULTATER

*"Statistik kan ikke erstatte dømmekraft"*

*Henry Clay*

## 5.1 GENERELLE RESULTATER

### 5.1.1 Generelt

For at dokumentere validiteten af undersøgelserne er der udarbejdet en korrelationsmatrice. Korrelationsmatricen sammenholder den kvantitative spørgeskemaundersøgelse med måleresultaterne. Matricen er angivet ved Spearman's rang Korrelationskoefficient, se afsnit 4.4.3. Rapporten har kun fokus på faktorer, der er signifikant korreleret ( $p < 0,05$ ), ns = ikke signifikant. En positiv korrelationskoefficient er lig med højere tilfredshed ved øget faktor. En negativ korrelationskoefficient er dermed en lavere tilfredshed ved øget faktor.

Kontorlokalerne er opdelt i tre forskellige kontortyper: Celle-, gruppe- og storrumskontor med fire kontorlokaler i hver. Fordelingen af medarbejderne på kontortype og ventilationstype fordeler sig som i Tabel 22. Tabellen giver et overblik over hvor dækkende undersøgelsen med hensyn til antallet af respondenter i forhold til kontortype og ventilationstype.

Måleresultaterne for termisk indeklime fremgår af Tabel 23 og Tabel 24 for atmosfærisk indeklime, som også viser hvilke målinger, der overskrider Arbejdstilsynets krav og anbefalinger samt normernes designværdier. Måleresultaternes middellufttemperatur ligger ca. en grad højere end den operative temperatur. De teoretiske kvalitetsmål for termisk indeklime fremgår af Tabel 25 og af Tabel 26 for atmosfærisk indeklime.

Tabel 22: *Antal respondenter, fordelt på kontortype og ventilationsform*

<b>Respondenter n / (%)</b>	<b>Celle n = 6 (10 %)</b>		<b>Gruppe n = 14 (22 %)</b>		<b>Storrum n = 43 (68 %)</b>	
<i>Naturlig Ventilation n = 38 (60 %)</i>	<i>Kontorer</i>	2	<i>Kontorer</i>	2	<i>Kontorer</i>	2
	<i>Kvinder</i>	2	<i>Kvinder</i>	5	<i>Kvinder</i>	7
	<i>Mænd</i>	1	<i>Mænd</i>	2	<i>Mænd</i>	21
	<i>I alt (n)</i>	3	<i>I alt (n)</i>	7	<i>I alt (n)</i>	28
	<i>I alt (%)</i>	5	<i>I alt (%)</i>	11	<i>I alt (%)</i>	44
<i>Udsugnings- anlæg n = 7 (11 %)</i>	<i>Kontorer</i>	0	<i>Kontorer</i>	2	<i>Kontorer</i>	0
	<i>Kvinder</i>	-	<i>Kvinder</i>	4	<i>Kvinder</i>	-
	<i>Mænd</i>	-	<i>Mænd</i>	3	<i>Mænd</i>	-
	<i>I alt (n)</i>	-	<i>I alt (n)</i>	7	<i>I alt (n)</i>	-
	<i>I alt (%)</i>	0	<i>I alt (%)</i>	11	<i>I alt (%)</i>	0
<i>Mekanisk Ventilation n = 18 (29 %)</i>	<i>Kontorer</i>	2	<i>Kontorer</i>	0	<i>Kontorer</i>	2
	<i>Kvinder</i>	-	<i>Kvinder</i>	-	<i>Kvinder</i>	6
	<i>Mænd</i>	3	<i>Mænd</i>	-	<i>Mænd</i>	9
	<i>I alt (n)</i>	3	<i>I alt (n)</i>	-	<i>I alt (n)</i>	15
	<i>I alt (%)</i>	5	<i>I alt (%)</i>	0	<i>I alt (%)</i>	24

Tabel 23: Måleresultater for termisk indeklima; Målinger, der overskrider Arbejdstilsynets krav og designværdier for parametre, hvor Arbejdstilsynet ikke stiller specifikke krav, er markeret med rødt. Afsnit 3.2 termisk indeklima, Tabel 5 viser krav og designværdier

Parametre	Kontor A			Kontor B			Kontor C			Kontor D			Kontor E			Kontor F		
	Celle			Celle			Celle			Gruppe			Gruppe			Celle		
	Mekanisk ventilation			Mekanisk ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation		
	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max
Lufttemperatur (C)	20,9	23,7	29,1	20,2	22,4	25,6	19,1	21,0	22,9	21,6	25,0	26,6	21,2	24,0	26,0	21,5	24,6	26,6
Gulvoverfladetemperatur (C)	24,0	24,0	24,0	21,5	21,5	21,5	19,0	19,0	19,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,3	22,5	23,0	23,0	23,0
Operativ temperatur (C)	23,1	23,2	23,3	22,5	22,5	22,5	20,2	20,3	20,4	22,6	23,1	23,6	22,6	23,2	23,6	23,6	23,7	23,7
Middelstrålingstemperatur (C)	22,7	22,7	22,7	21,5	21,6	21,7	18,6	18,9	19,2	21,1	22,4	23,6	21,2	22,1	22,7	22,4	22,5	22,5
Middellufthastighed (m/s)	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,07	0,01	0,02	0,05	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01
Højeste temperaturstigning (C)	0	3	6	1	3	5	0	1	2	0	2	4	1	2	3	0	1	4
Temperaturgradient (C)	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	2	0	1	2	1	1	2
Lodret strålingsasymmetri (K)	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	1	1	1	1	1
Længde strålingsasymmetri (K)	10	10	10	0	0	0	8	8	8	2	5	9	7	7	8	9	9	9
Dybde strålingsasymmetri (K)	7	7	7	8	8	8	11	11	11	7	9	10	11	12	12	8	8	8
Relativ luftfugtighed (% RF)	18	26	36	17	26	56	21	31	54	16	24	85	18	25	41	15	22	94

Parametre	Kontor G			Kontor H			Kontor I			Kontor J			Kontor K			Kontor L		
	Gruppe			Gruppe			Storrum			Storrum			Storrum			Storrum		
	Udsugningsanlæg			Udsugningsanlæg			Mekanisk ventilation			Mekanisk ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation		
	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max
Lufttemperatur (C)	23,0	24,1	27,4	22,0	23,5	25,2	20,7	23,5	26,0	20,1	23,4	29,8	18,3	23,0	24,4	20,6	22,2	23,7
Gulvoverfladetemperatur (C)	22,5	22,5	22,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,0	21,0	21,0	21,0	21,2	21,5
Operativ temperatur (C)	22,5	25,1	32,2	22,4	22,7	23,0	20,7	20,8	20,8	19,8	19,8	19,8	21,5	21,6	21,7	20,8	21,4	21,8
Middelstrålingstemperatur (C)	21,9	22,4	22,8	21,3	21,6	21,9	17,8	17,9	17,9	16,5	16,6	16,6	19,4	19,5	19,9	18,1	19,3	19,9
Middellufthastighed (m/s)	0,02	0,05	0,10	0,02	0,04	0,06	0,02	0,06	0,10	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,06	0,01	0,03	0,07
Højeste temperaturstigning (C)	0	1	3	0	1	2	1	2	4	1	4	8	0	2	5	1	1	2
Temperaturgradient (C)	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Lodret strålingsasymmetri (K)	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
Længde strålingsasymmetri (K)	1	2	2	1	2	2	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	3	8
Dybde strålingsasymmetri (K)	5	6	6	5	6	6	2	3	4	2	3	3	2	3	3	2	4	6
Relativ luftfugtighed (% RF)	17	25	35	16	25	36	14	24	31	12	25	32	19	28	37	24	32	38



Tabel 24: Måleresultater for atmosfærisk indeklima; Målinger, der overskrider Arbejdstilsynets krav og designværdier for parametre, hvor Arbejdstilsynet ikke stiller specifikke krav, er markeret med rødt. Afsnit 3.3 atmosfærisk indeklima

Parametre	Kontor A			Kontor B			Kontor C			Kontor D			Kontor E			Kontor F		
	Celle			Celle			Celle			Gruppe			Gruppe			Celle		
	Mekanisk ventilation			Mekanisk ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation		
	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max
Kuldioxid, CO <sub>2</sub> (PPM) - arbejdstid	406	617	1.677	410	621	1.097	403	577	1.975	403	611	887	420	618	864	436	594	1.178
Luftskifte, (l/s pr. person) - arbejdstid	-	24,3	-	-	23,9	-	-	29,8	-	-	25,0	-	-	24,2	-	-	27,2	-
Luftskifte, (h <sup>-1</sup> ) - arbejdstid	-	4,2	-	-	1,6	-	-	5,4	-	-	3,4	-	-	2,8	-	-	4,2	-
PM <sub>0,1</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 3 min.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	2,0	2,2	2,4	1,3	1,5	2,0	1,4	1,5	2,2	1,8	2,1	2,4
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 24 timer	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - arbejdstid	-	-	-	-	-	-	0,4	0,6	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 24 timer	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	34,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - arbejdstid	-	-	-	-	-	-	0,7	6,4	34,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-index - 3 min.	0,7	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7	1,6	1,6	1,7	1,0	1,1	1,2	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1

Parametre	Kontor G			Kontor H			Kontor I			Kontor J			Kontor K			Kontor L		
	Gruppe			Gruppe			Storrum			Storrum			Storrum			Storrum		
	Udsugningsanlæg			Udsugningsanlæg			Mekanisk ventilation			Mekanisk ventilation			Naturlig ventilation			Naturlig ventilation		
	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max	Min	Gns	Max
Kuldioxid, CO <sub>2</sub> (PPM) – arbejdstid	437	744	1.029	416	644	1.892	395	518	2.070	392	570	1.090	405	837	1.674	421	942	1.516
Luftskifte, (l/s pr. person) - arbejdstid	-	15,3	-	-	21,6	-	-	44,7	-	-	31,0	-	-	12,1	-	-	9,7	-
Luftskifte, (h <sup>-1</sup> ) - arbejdstid	-	2,1	-	-	3,4	-	-	8,9	-	-	6,2	-	-	2,6	-	-	1,5	-
PM <sub>0,1</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 3 min.	2,1	2,4	2,8	2,4	2,6	3,4	2,8	3,2	3,8	2,8	3,4	3,9	3,6	3,9	4,2	1,7	2,0	2,1
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 24 timer	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,3	-	-	-	0,4	0,5	1,0	-	-	-
PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - arbejdstid	-	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,3	-	-	-	0,5	0,5	1,0	-	-	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - 24 timer	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	5,9	-	-	-	0,0	0,1	5,1	-	-	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) - arbejdstid	-	-	-	-	-	-	0,1	0,9	5,9	-	-	-	0,4	1,3	5,1	-	-	-
P-index - 3 min.	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	1,8	1,8	2,0	2,0	2,1	1,5	1,6	1,6

Tabel 25: Kvalitetsmål for termisk indeklima; beregnet på baggrund af måleresultater vist i Tabel 23. Markering med stjerne betyder, at resultatet ligger uden for kategori. Kvalitetsmålene er vist i afsnit 3.2 termisk indeklima

Parametre	Kontor A		Kontor B		Kontor C		Kontor D		Kontor E		Kontor F	
	Celle		Celle		Celle		Gruppe		Gruppe		Celle	
	Mekanisk ventilation		Mekanisk ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation	
	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori
Operativ temperatur	8%	B	6%	B	6%	B	5%	B	5%	B	10%	C
Træk	0%	A	0%	A	0%	A	0%	A	0%	A	0%	A
Temperaturgradient	0%	A	1%	A	0%	A	1%	A	1%	A	1%	A
Gulvoverfladetemperatur	6%	A	7%	A	10%	C	6%	A	6%	A	6%	A
Strålingsasymmetri	4%	A	2%	A	6%	C	3%	A	8%	C	2%	A
<b>Samlet score</b>		<b>B</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>C</b>

Parametre	Kontor G		Kontor H		Kontor I		Kontor J		Kontor K		Kontor L	
	Gruppe		Gruppe		Storrum		Storrum		Storrum		Storrum	
	Naturlig ventilation		Udsugningsanlæg		Udsugningsanlæg		Mek. Vent.		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation	
	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori
Operativ temperatur	19%	*	7%	B	5%	A	8%	B	5%	A	5%	A
Træk	0%	A	0%	A	2%	A	0%	A	0%	A	0%	A
Temperaturgradient	1%	A	0%	A	0%	A	0%	A	0%	A	0%	A
Gulvoverfladetemperatur	6%	A	7%	A	7%	A	8%	A	7%	A	7%	A
Strålingsasymmetri	1%	A	1%	A	0%	A	0%	A	0%	A	1%	A
<b>Samlet score</b>		<b>*</b>		<b>B</b>		<b>A</b>		<b>B</b>		<b>A</b>		<b>A</b>

Tabel 26: *Kvalitetsmål for atmosfærisk indeklima; beregnet på baggrund af måleresultater vist i Tabel 24. Kvalitetsmålene er vist i afsnit 3.3 atmosfærisk indeklima*

Parametre	Kontor A		Kontor B		Kontor C		Kontor D		Kontor E		Kontor F	
	Celle		Celle		Celle		Gruppe		Gruppe		Celle	
	Mekanisk ventilation		Mekanisk ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation	
	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori
Ventilationsrate	7%	A	7%	A	6%	A	7%	A	7%	A	6%	A
Kuldioxid	9%	A	9%	A	8%	A	9%	A	9%	A	9%	A
<b>Samlet score</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>

Parametre	Kontor G		Kontor H		Kontor I		Kontor J		Kontor K		Kontor L	
	Gruppe		Gruppe		Storrum		Storrum		Storrum		Storrum	
	Naturlig ventilation		Udsugningsanlæg		Udsugningsanlæg		Mek. Vent.		Naturlig ventilation		Naturlig ventilation	
	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori	Utilfredse	Kategori
Ventilationsrate	11%	A	8%	A	4%	A	5%	A	13%	A	16%	B
Kuldioxid	13%	A	10%	A	6%	A	8%	A	16%	B	18%	B
<b>Samlet score</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>A</b>		<b>B</b>		<b>B</b>

## 5.1.2 Arbejdsforhold

### 5.1.2.1 Forstyrrelser

I Tabel 27 præsenteres de nogle vigtige faktorer for hvordan forstyrrelser opleves i kontorlokalerne. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer og oplevelsen af forstyrrelser i form af telefon, besøg, kollegaer eller andet. Der er en signifikant sammenhæng mellem kontortyperne (kontorstørrelserne) og hvorvidt medarbejderne oplever forstyrrelser i løbet af en arbejdsdag. Korrelationskoefficienten er  $-0,25$  og går mod  $-1$ , hvilket indikerer at medarbejdere siddende i storrums-kontorer oplever flere forstyrrelser end medarbejdere siddende i cellekontorer. En anden faktor der har indflydelse på medarbejdernes oplevelse af forstyrrelser er medarbejdernes mulighed for påvirkning af egne arbejdsforhold. Korrelationskoefficienten er  $0,35$  og går mod  $1$ , hvilket peger i retning af at medarbejdere der slet ikke eller næsten ikke har mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold, oplever flere forstyrrelser end medarbejdere der i nogen eller høj grad har mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold.

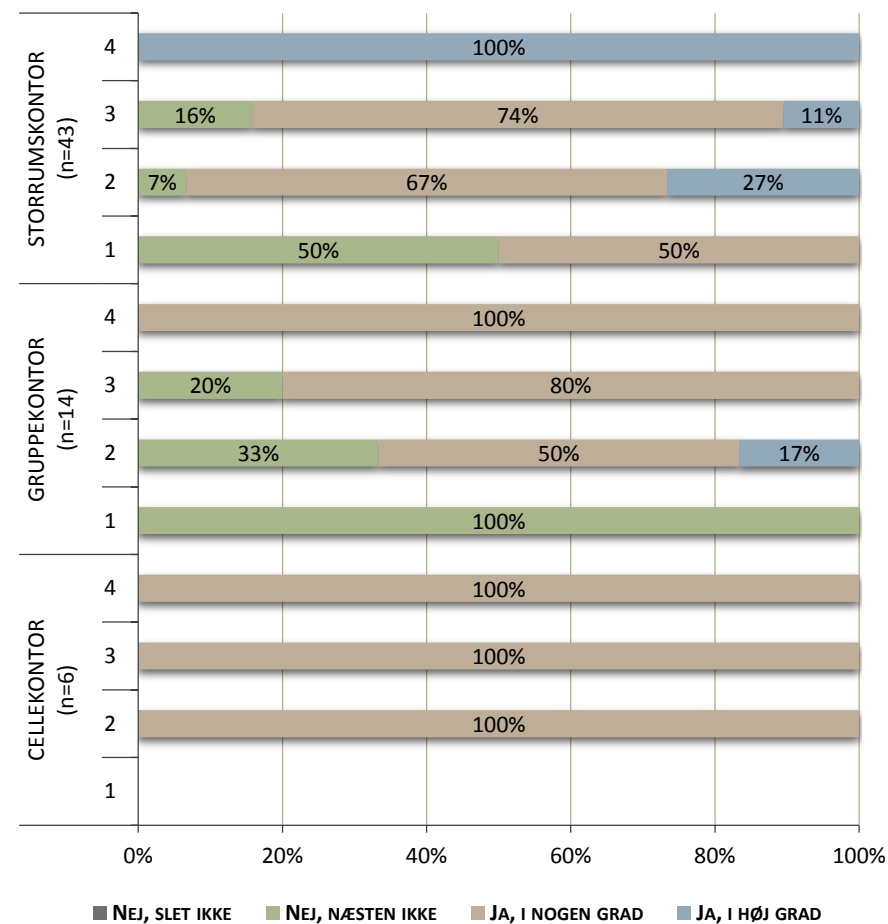
Det fremgår af Figur 20, at af dem der høj eller nogen grad oplever forstyrrelser fra kollegaer, telefoner mv. i arbejdstiden, sidder medarbejderne enten i et gruppekontor eller et storrumskontor. Af dem der i høj grad oplever forstyrrelser, og sidder i gruppekontor, oplever alle at der næsten ikke er mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold. For dem der sidder i storrumskontor, oplever halvdelen at der næsten ikke er mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold. For dem der sidder i storrumskontor. For de medarbejdere der i nogen grad oplever forstyrrelser på arbejdspladsen, er variationen lidt større, hvor omkring hver femte og hver fjerde medarbejder, i henholdsvis gruppe- og storrumskontor, har mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold. Hvorvidt døren står åben ud til korridoren og hvilken type loft der er i kontorlokalet, er også signifikante faktorer.

Tabel 29: *Korrelation mellem oplevelse af forstyrrelser: i form af telefon, besøg, kollegaer eller andet; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

Faktor	Forstyrrelser
Kontortype (kontorstørrelse)	-0,25
Dør åben til korridor	-0,62
Lofter	0,42
Påvirkning af egne arbejdsforhold	0,35

Figur 20: *Føler du dig forstyrret i dit arbejde af telefon/ besøg/ kollegaer eller andet?*

1: Ja, i høj grad, 2: Ja, i nogen grad, 3: Nej, næsten ikke, 4: Nej, slet ikke  
Medarbejdernes oplevelse af forstyrrelser, fordelt på kontortype og holdt op imod deres oplevelse af mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold



### 5.1.3 Indretning

#### 5.1.3.1 Geometri

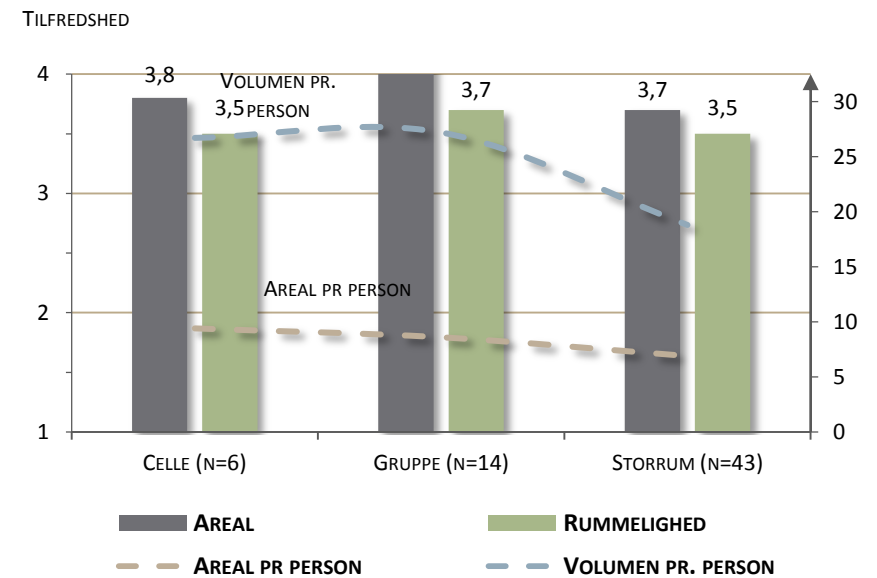
Tabel 28 viser de væsentligste faktorer for oplevelsen af kontorareal og rummelighed i kontoret. Tilfredsheden med areal og volumen er indbyrdes signifikant med en korrelation på 99,9%. Jo større tilfredsheden er med arealet, jo større er tilfredsheden med rummeligheden – og omvendt. Et større areal per person eller volumen per person medfører ikke helt ulogisk også større tilfredshed. Men hvis kontorets størrelse bliver forøget – og arealet per person ikke forøges, medfører det utilfredshed. Det samme er gældende for volumen. Det skal her bemærkes, at rumhøjden eller rumdybden *ikke* er signifikant for oplevelsen af rummeligheden. Kønsfordelingen har også stor betydning for oplevelsen af areal. Jo flere mænd, der er på kontoret, jo lavere er den gennemsnitslige tilfredshed. Det fremgår af Tabel 22 at kvinde/mand-forholdet i cellekontorer og gruppekantorer er ca. 2:1 og omtrent det omvendte i storrumskontorer med ca. 1:2. Korrelationskoefficienten er tættere på -1 for kontortyper end for køn. Dette viser, at kontortypen har større betydning end kønnet.

Tilfredsheden med medarbejdernes oplevelse af deres areal og rummelighed fremgår af Figur 21. Figuren viser og gennemsnitsarealerne per person samt kontorernes gennemsnitsvolumen per person.

Tabel 28: *Korrelation mellem oplevelse af areal samt rummelighed; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient.*

Faktor	Areal	Rum.lighed
Tilfredshed med areal eller volumen	0,57	0,57
Målt areal (per person)	0,33	0,17 ns
Målt volumen (per person)	0,36	0,23
Kontortype (kontorstørrelse)	-0,57	-0,47
Køn (skala fra "kvinde" til "mand")	-0,32	-0,26

Figur 21: *Medarbejdernes oplevelse af areal og rummelighed; Gennemsnitstilfredshed i intervallet: 1: Meget utilfreds, 2: Utilfreds, 3: Neutral, 4: Tilfreds, 5: Meget tilfreds. Målt areal per person og volumen per person fremgår af de stiplede linjer på sekundære akse.*



### **5.1.3.2 Placering af skrivebordsplads**

Andelen af medarbejder med symptomerne vist i Figur 22 viser en tendens til, at der er lidt flere symptomer, jo mindre kontoret er. Ved at sammenholde symptomer med skrivebordsplacering i kontoret opnås en større fordeling. Medarbejdernes placering i kontoret tyder på at have større betydning. Medarbejdernes oplevelse af temperatur viser, at utilfredshed med kolde overflader er på 16% uanset placering i kontoret. Træk og kuldenedfald generer mindst ved vinduespladserne (træk fra vinduer) med 18% utilfredshed stigende til i næsten en ret linje til 33% utilfredshed længst fra vindues (kuldenedfald fra ovenlys). Utilfredsheden med rumtemperaturen er lavest ved facaden og bagvæggen med 13% ved vinduerne og 17% ved bagvæggen. Derimod er utilfredsheden midt i kontoret på 42%.

Halvdelen af medarbejderne ved vinduespladser oplever indelukket luft. Andelen af utilfredse stiger til 58% midt i kontoret og bagerst i kontoret oplever to ud af tre medarbejdere indelukket luft. Luftgener, tunghedsfølelse og hovedpine oplever 40% af vinduespladserne mod 50% midt i kontoret og 46% ved bagvæggen. Omtrent en tredjedel af medarbejderne ved vinduespladserne og midt i kontoret oplever lugtgener, tør luft, træthed og koncentrationsbesvær. Andelen stiger til omtrent halvdelen bagerst i kontoret. Utilpashed og svimmelhed opleves næsten ikke (2%) ved vinduespladserne imens 25% af medarbejderne oplever generne midt i kontorlokalet. Bagerst i kontorlokalet er andelen 17%.

I forhold til arbejdsforhold oplever 40-50% af medarbejderne placeret ved en væg forstyrrelser i deres arbejde pga. telefoner, kollegaer mv.. Midt i kontorlokalet er andelen på 67%. Medarbejderne ved vinduerne oplever størst indflydelse på egne arbejdsforhold med en utilfredshed på 9%. Utilfredshed er kraftigt stigende til 67% ved bagvæggen. Den generelle arbejdstilfredshed ligger på ca. 10% uanset placering i kontoret.

### **5.1.3.3 Vejledning i hvordan kontorlokalet fungerer**

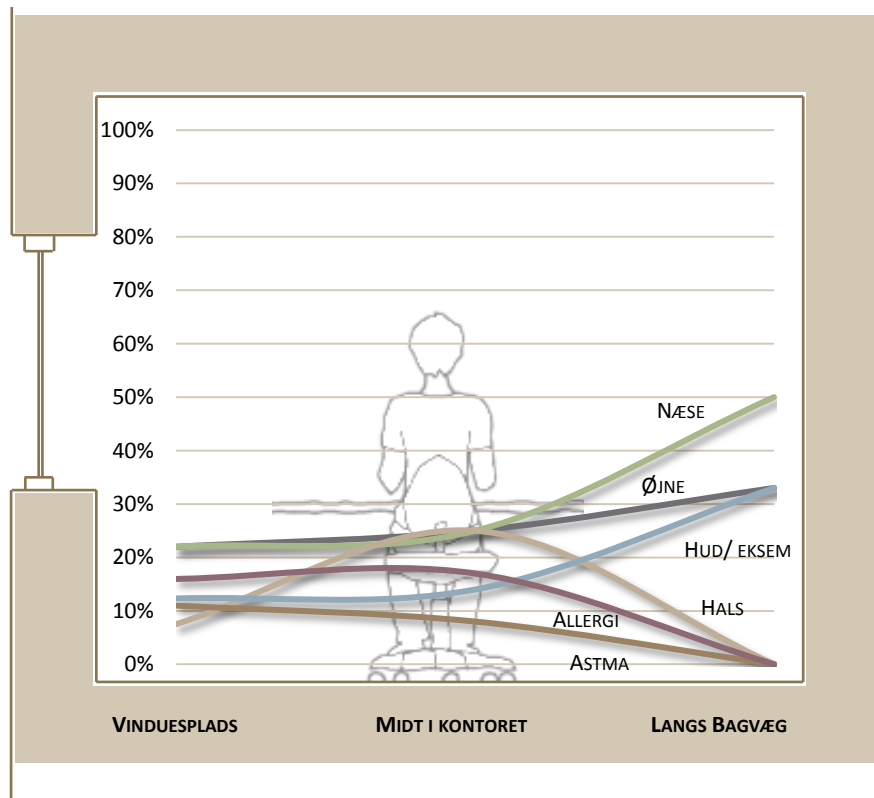
Spørgeskemaundersøgelsen adspurgte medarbejderne om, [de har modtaget en brugermanual til styringen af kontoret tekniske installationer] eller [havde modtaget en mundtlig instruktion] eller [om der forefindes adfærdsregler for kontoret]. Svarene fremgår af Figur 23.

Driftsorganisationer oplyser, at de fleste medarbejdere har mulighed for at justere både varmeafgifterne og ventilationen, men at det ikke er alle, der ved, hvordan dette gøres. Medarbejderne bliver instrueret mundtligt i de enkelte tilfælde. Derudover oplyser driftsorganisationerne, at der ikke er vejledet om daglig udluftning og at udluftningen heller ikke altid forekommer. På en enkelt adresse er en skriftlig vejledning under udarbejdelse.

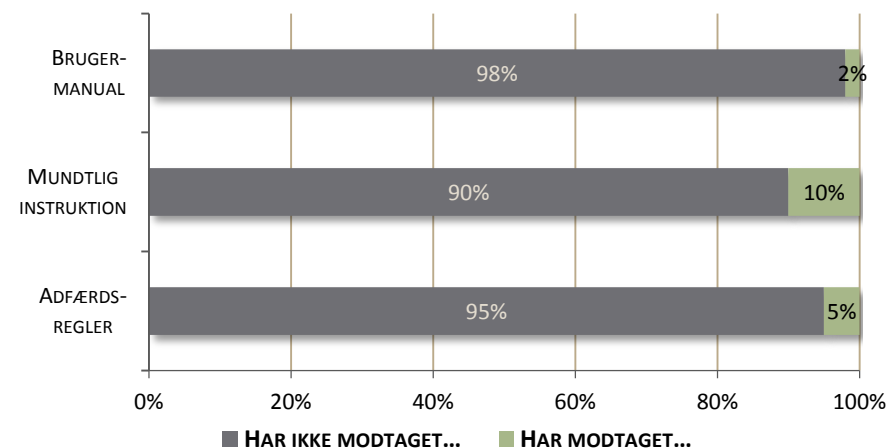
[Hvor ofte medarbejderne ændrer på varmen enten op eller ned], er undersøgt og vist i Figur 24. Figuren viser kun, hvor ofte den enkelte medarbejder ændrer på varmen, men ikke hvor ofte der ændres på varmen i kontoret.



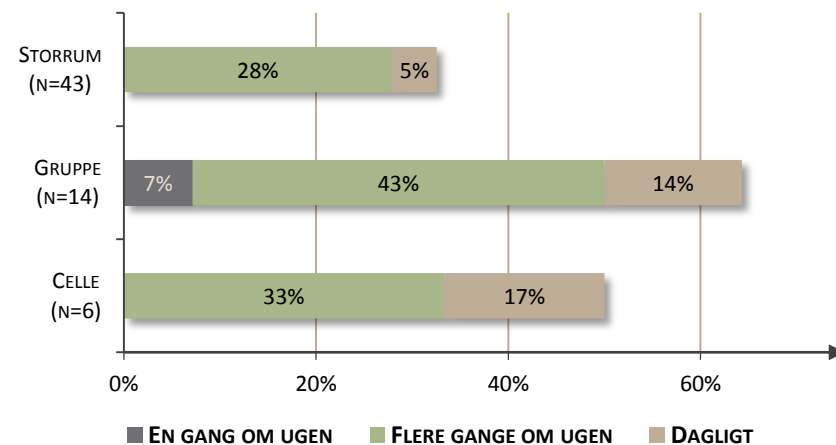
Figur 22: Placering af skrivebord; Andel symptomer blandt medarbejdere med henholdsvis vinduesplads, skrivebordsplads midt i kontoret og placering langs bagvæg



Figur 23: Vejledning; Medarbejdernes kendskab til adfældsregler, brugermanual eller har modtaget mundtlig instruktion i brugerstyring af kontorets tekniske installationer



Figur 24: Hvor ofte medarbejderne ændrer på varmen; fordelt på kontortyper



## 5.2 TEMPERATURFORHOLD

### 5.2.1 Utilfredse medarbejdere

Figur 25 viser andelen af utilfredse medarbejdere i besvarelserne og den forventede andel, som er beregnet. Figuren viser forholdene fordelt på kontortype. Ser man bort fra kontortyperne vil det samlede resultat vise, at utilfredsheden for den operative temperatur er beregnet til 7%. Den faktiske utilfredshed er det tredobbelte. De faktiske trækgenerne er 4% imod en forventning på 0%. Temperaturgradienten (0%) og strålingsasymmetrien (ca. 2,7%) er næsten ens for både det beregnede resultat og det faktiske resultat. Utilfredsheden med gulvoverfladetemperaturen er beregnet til 7%, men ingen medarbejdere er utilfredse i virkeligheden.

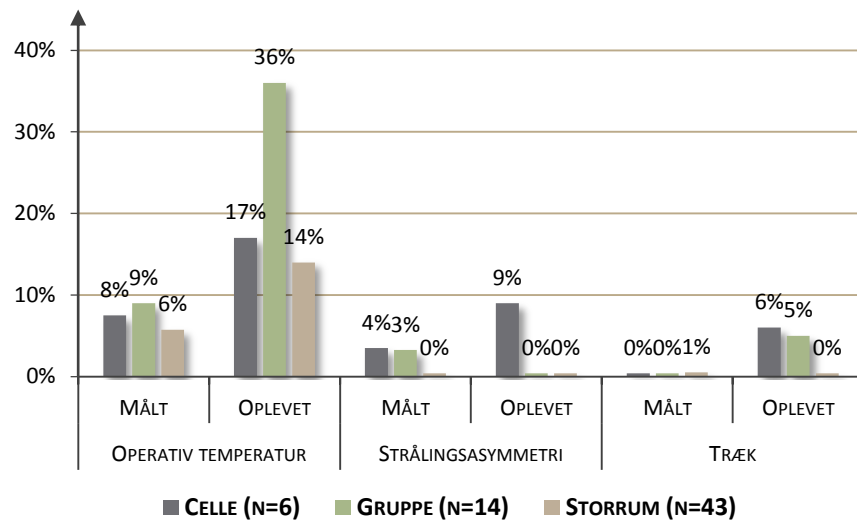
Kvalitetsmålene er beskrevet i teorikapitlet, afsnit 3.2, og næsten alle parametrene for temperaturforholdene er i den bedste kategori – Kategori A. Den operative temperatur er det eneste parametre, der ikke er i kategori A. Den operative temperatur er beregnet til kategori B, hvilket resulterer i en samlet score - kategori B. Besvarelserne viser, at den operative temperatur lander udenfor kategori for et enkelt kontors vedkommende, hvilket resulterer i en samlet score udenfor kategori. Figur 25 viser også at utilfredsheden med den operative temperatur også er høj i de enkelte kontortyper.

### 5.2.2 Medarbejdernes påklædning

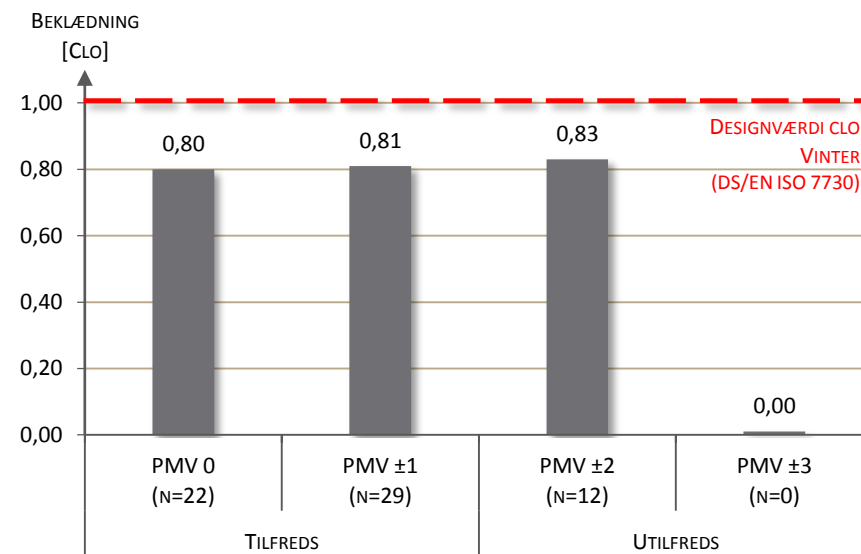
Figur 26 viser, hvorledes de adspurgte beskriver deres typiske vinterpåkledning i forhold til det forventede påklædningsniveau. Derudover viser figuren også fordelingen af de adspurgtes besvarelse vedrørende; [*hvordan de har oplevet rumtemperaturen de seneste 4 uger?*] Det er særligt interessant, at den gennemsnitslige påklædning er på 0,80 clo året rundt undtagen sommeren med en clo-værdi på 0,5 clo. Den forventede vinterpåkledning ligger noget højere på 1,00 clo (Dansk Standard, 2006)

Der er forskel i påklædning fra den ene kontortype til den næste. I cellekontorerne har alle en påklædning på 0,75 clo. Denne andel er faldende til 86% for gruppekontorer og til 77% af alle i storrumskontorer. 7% af medarbejderne bærer den forventede påklædning på 1,00 clo i både gruppekontorer og storrumskontorer. Storrumskontorer er den eneste kontortype med medarbejdere overbeklædning. 5% har en påklædning på 1,10 clo og næsten det dobbelt så mange har en påklædning på 1,30 clo. Medarbejdere i små kontorer har mindst tøj på, men har også en operativ temperatur ca. 1,5 °C højere end storrumskontorerne.

Figur 25: Sammenligning af andel forventede utilfredse; beregnet ud fra målinger og andel (meget) utilfredse/ generet medarbejdere fra besvarelserne i spørgeskemaundersøgelsen



Figur 26: Typisk påklædning; Fordeling af besvarelser vedr. medarbejdernes gennemsnits beklædning om vinteren fordelt på PMV-indekset for oplevet temperatur



### 5.2.3 Operativ temperatur

Oplevelsen af den operative temperatur er omregnet til PMV-indekset fra 0 til  $\pm 3$ . Korrelationen mellem denne oplevede operative temperatur svarende til respondenternes opfattelse af rumtemperaturen og de væsentligste faktorer er vist i Tabel 29. Det er signifikant, at den mængde tid en medarbejder bruger ved sit skrivebord, og hvor skrivebordet er placeret, har stor betydning hvordan temperaturen opleves. Temperaturen bliver oplevet koldere ved facaden.

Den operative temperatur indeholder foruden lufttemperaturen også træk og varmestråling. Medarbejdernes oplevelse af rumtemperaturen indeholder – måske ubevidst – også disse parametre. Dette ses i særdeleshed for medarbejder med kontorplads under ovenlys. En tung konstruktion har større termiske masse og kan lagre varme eller kulde. Det er signifikant, at store termiske masser og natsækning medfører en lavere tilfredshed. Det skal bemærkes, at driftspersonalet oplyste natsækning foregår hele året - og ikke kun om sommeren.

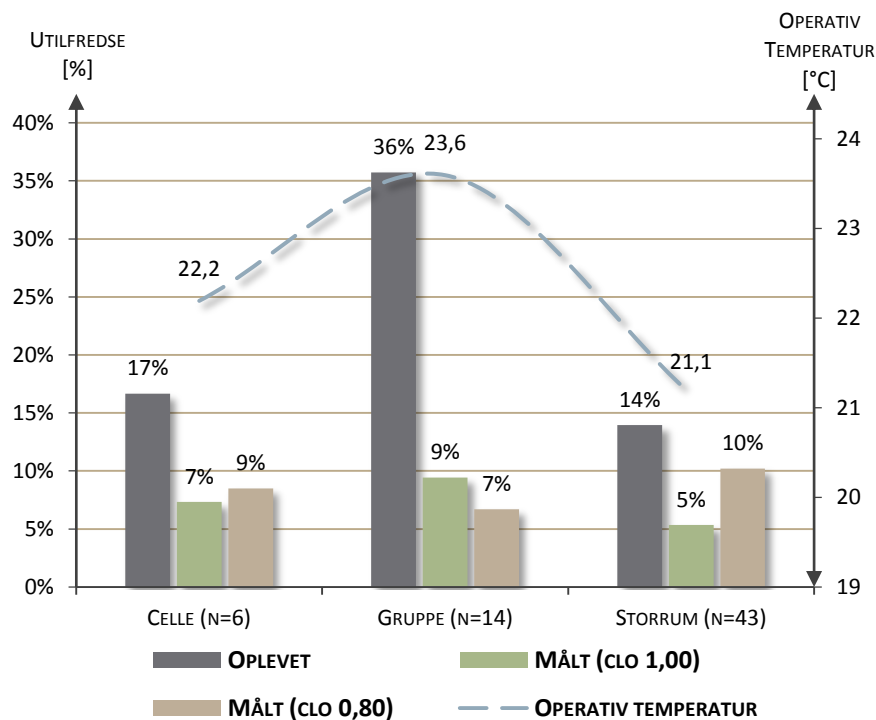
Den forventede beklædning var 1,00 clo, men spørgeskemaerne viste, at gennemsnitsbeklædning lå på 0,80 clo. I Figur 27 og Figur 28 er både 1,00 clo og 0,80 medtaget for at vise forskellen. Stregerne viser den forventede andel utilfredse. Figur 27 viser andelen af medarbejdere, der er utilfredse med temperaturen, hvad enten det er for koldt eller for varmt fordelt på kontortype. Der er næsten ikke forskel på utilfredsheden i cellekontorer og storrumskontorer. Der er dog en forskel på den beregnede andel utilfredse. I gruppekontorer opleves den operative temperatur noget værre end i de øvrige kontortyper.

Ved at undersøge gruppekontorerne nærmere kan man på Figur 28 se, hvorledes utilfredsheden i de enkelte gruppekontorer fordeler sig. Den beregnede operative temperatur er indlagt i figuren for at vise forholdet mellem det oplevede termiske indeklima og det målte/ beregnede.

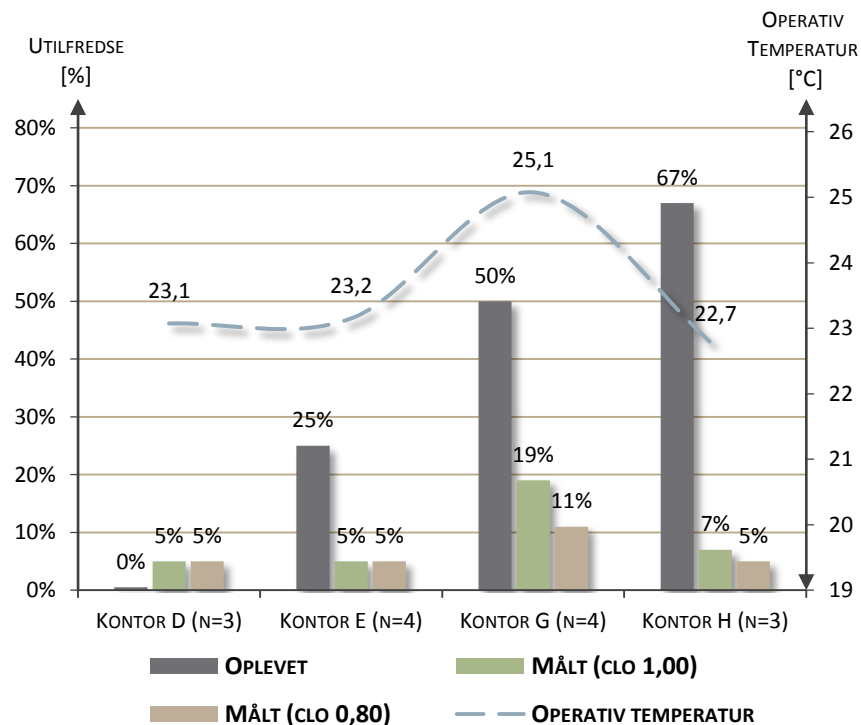
Tabel 32: *Korrelation mellem oplevelse af rumtemperatur samt omregnet PMV; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient. En positiv korrelationskoefficient for PMV betyder højere tilfredshed ved øget faktor. Derved betyder en negativ korrelationskoefficient for lavere tilfredshed ved øget faktor*

Faktor	Temperatur	PMV
Arbejdstid ved skrivebord	-0,60	-0,04 ns
Placering i kontoret	-0,23	-0,02 ns
Kuldenedfald fra ovenlys	-0,44	-0,23
Stråling fra ovenlys	-0,48	-0,05 ns
Konstruktionernes termiske masse	-0,68	-0,29
Åben dør til gangarealer	-0,56	-0,32
Kontortype	-0,38	-0,06 ns
Natsækning af temperatur	-0,48	-0,22

Figur 27: Medarbejdernes (procent) oplevelse af operativ temperatur; holdt op i mod målt PPD (clo 1,00 og 0,80) og den operative temperatur, fordelt på kontortype



Figur 28: Gruppekontorernes medarbejderes oplevelse af operativ temperatur; holdt op i mod målt operativ temperatur, og den forventet andel utilfredse (PPD) for de forventede påklædning på clo 1,00 samt clo 0,80 svarende til faktiske forhold



#### 5.2.4 Stråling og kolde overflader

Medarbejderne er adspurgte om de føler sig generet af kolde overflader. Spørgsmålet indeholder både selve overfladetemperaturen samt den varme-/ kuldestråling overfladen udsender.

Korrelationen i Tabel 30 viser en klar signifikans mellem oplevelsen af stråling og kolde overflader med en "*perfekt negativ korrelation*" på  $-1,00$ . Der er en klar sammenhæng mellem jo ældre medarbejderen er, jo mere generet er medarbejderen af stråling og kolde overflader. Dette gælder uanset, hvilke overflader der er kolde.

Dette passer med korrelation for type af gulvbelægning. I kontorerne er der registreret både linoleum og trægulv som gulvbelægning. Ingen medarbejdere på kontorer med trægulv føler sig generet af kolde gulve, rumtemperatur, træk eller kuldenedfald. Der er kun registreret trægulve i de nyeste bygninger fra år 2010 med gulvvarme.

Oplevelse af rumtemperatur er signifikant i forhold til stråling og kolde overflader. Korrelationen viser, at oplevelse af en høj rumtemperatur medfører flere gener fra kolde overflader og stråling. Det skal bemærkes, at forskelstemperaturen mellem luft og kolde overflader stiger i takt med lufttemperaturen.

Der er fundet sammenhæng mellem ingen eller få træk- og kuldenedfaldsgener og et fåtal gener fra kolde overflader. Dette kunne skyldes, at selve kontoret fungerer godt eller at *ikke*-tekniskfaglige personer kan sammenblende træk, kuldenedfald og stråling. Der er ikke sammenhæng mellem træk fra vinduer og kuldenedfald fra ovenlys. Registreringerne viste, at ovenlysvinduerne var placeret bagerst i kontorerne – længst væk fra vinduerne.

Der er ingen utilfredshed i cellekontorer imens 7% af medarbejderne i gruppekontorer og storrumskontorer føler sig lidt generet af kolde gulvoverflader. Dette svarer godt overens med den forventede andel utilfredse, som er på ca. 7% uanset kontortype, hvilket svarer til kvalitetsmål kategori A.

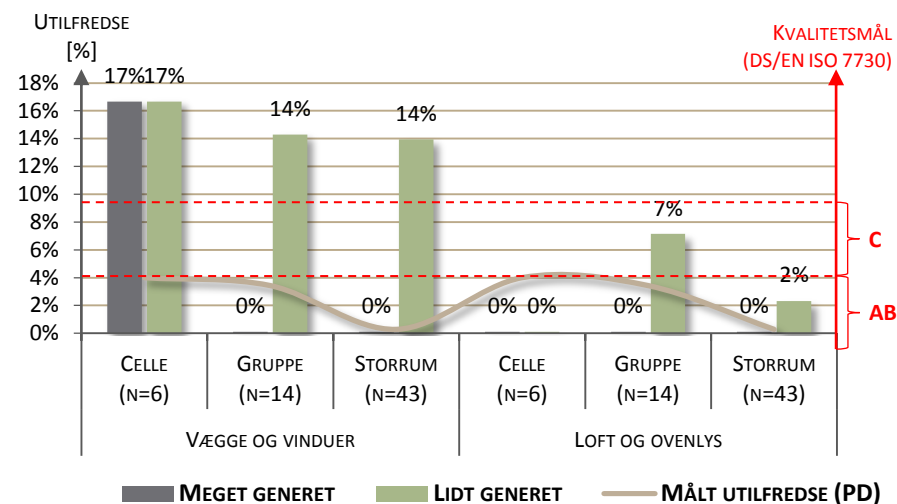
Resultatet for strålingsasymmetrien fremgår af Figur 29. Den forventede andel utilfredse medarbejdere ligger mellem 1-4%, svarende til kvalitetsmål kategori A. Udgangspunktet for at finde utilfredsheden er de meget generet medarbejdere.

Kun cellekontorerne er udfordret med utilfredshed for den vandrette strålingsasymmetri. En uddybning af utilfredsheden er vist i Figur 30 for vandret asymmetri. Figuren viser hvert enkelt cellekontor i undersøgelsen, og den har både indlagt den vandrette asymmetri i kontorets længderetning som i kontoret dybde.

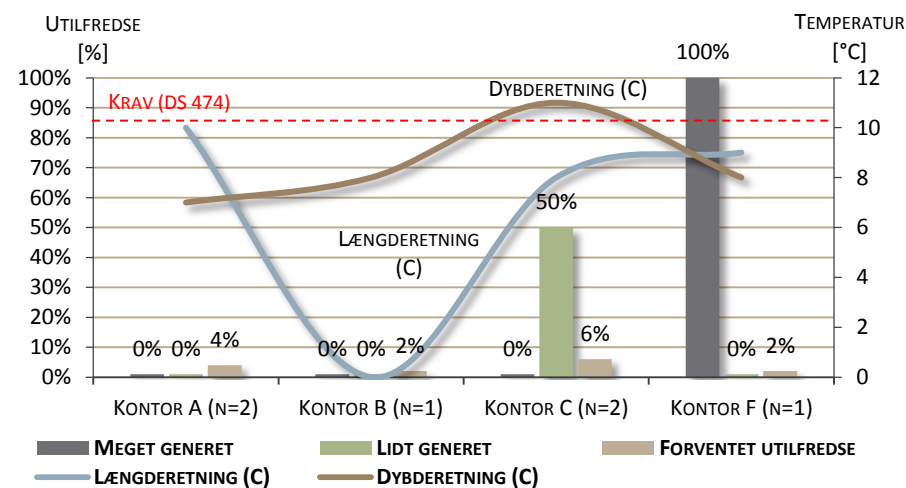
Tabel 30: Korrelation mellem oplevelse af kolde overflader fra vinduer og vægge samt loft og ovenlys; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient.

Faktor	Vinduer/væg	Loft/ovenlys
Medarbejderens alder	-1,00	-0,89
Oplevelse af rumtemperatur	-0,29	-0,48
Oplevelse af træk fra vinduer	0,44	0,28
Oplevelse af kuldnedfald fra ovenlys	0,19 ns	0,76
Hæshed eller ondt i halsen	0,11 ns	0,65
Gulvbelægning	0,37	0,83

Figur 29: Medarbejdernes oplevelse af kolde overflader; vægge & vinduer og loft & ovenlys, holdt op i mod målt utilfredshed (PD), fordelt på kontortyper



Figur 30: Vandret strålingsasymmetri i cellekontorer; Strålingsasymmetri middel og utilfredshed blandt medarbejdere



### 5.2.5 Træk og kuldenedfald

Oplevelsen af træk og kuldenedfald minder på mange områder som oplevelsen af kolde overflader og stråling. Trækgener stiger i takt med medarbejdernes alder. Derudover er der en sammenblanding af stråling, træk og kuldenedfald. Det kan ikke afskrives, at nogle kontorer føles termisk bedre end andre. Men måleresultaterne og kvalitetsmålene i Tabel 23 og Tabel 25 viser, at der ikke er trækgener. Sammenhængen kan ligge i sammenhængen mellem målt middellufthastighed og oplevelsen af træk. Korrelationen viser, at høj middellufthastighed og mange gener er signifikant.

Både oplevelse af trækgener og i marginalt mindre grad kolde overflader og stråling hænger sammen med antallet af timer på kontoret. Jo færre timer medarbejderen bruger på kontoret ad gangen – jo mere generet er medarbejderen. Dette stemmer godt overens med "*Normalmateriale*", der viser at mennesker er adaptive til indeklimaet efter relativ kort tid, og derved ikke er i stand til at mærke ubehag på samme måde.

Trækgener og kuldenedfald er ofte små lufthastigheder og øget lufthastighed øger generne. Dette hænger fint sammen med, hvor ofte vinduerne bliver åbnet, idet lufthastigheden igennem et åbent vindue er væsentligt højere. I Figur 31 er luftskiftet vist fremfor: [*hvor ofte vinduerne er åbne*], da informationen kun beskriver et antal gange og ikke selve åbningstiden.

Alle målinger af lufthastigheder viste ganske lidt luftbevægelse i målepunkterne. Dette er resulteret i en beregnet forventet utilfredshed på 0-1%. Spørgeskemaundersøgelsen viser et højere niveau af utilfredshed (se Figur 32) og især i de mindste kontorlokaler.

Hvis man ser bort fra kontortyperne er 2% af medarbejderne meget generet af kuldenedfald fra ovenlys og 3% er meget generet af træk og kuldenedfald fra vinduer og vægge. Ingen er meget generet af træk fra ventilationen. Samlet set er ca. 7% af alle medarbejdere lidt generet af træk og kuldenedfald.

En nærmere undersøgelse af træk og kuldenedfald fra vinduer og vægge i cellekontorer viser, at utilfredsheden i cellekontorerne har samme mønster som i Figur 30 med den enkelte undtagelse at i kontor C er alle medarbejdere lidt generet i stedet for halvdelen som ved stråling og kolde overflader.

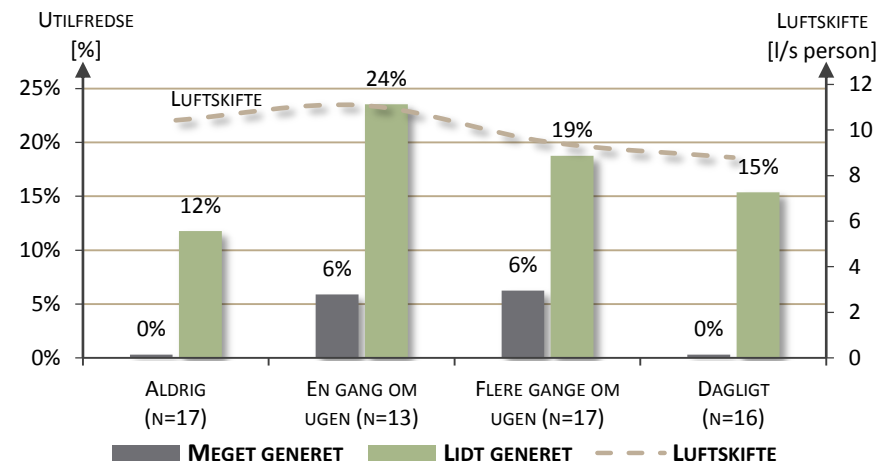
Informanterne i driftsorganisationen meldte om at have modtaget en del klager over utætte vinduer og problemer med ventiler i facaderne til naturlig ventilering.



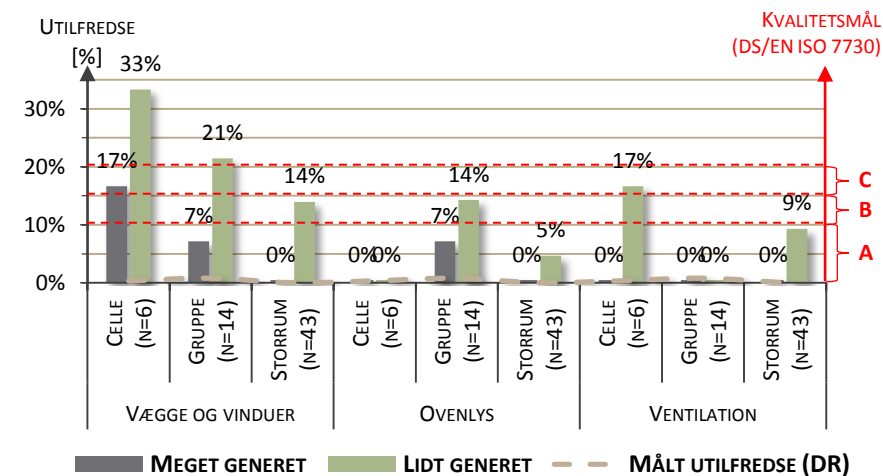
Tabel 31: Korrelation mellem oplevelse af træk og kuldenedfald fra vinduer og vægge samt loft og ovenlys; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient.

Faktor	Vinduer/væg	Loft/ovenlys
Medarbejderens alder	-0,68	-0,80
Arbejdstid på kontoret	-0,31	-0,30
Oplevelse af kulde fra vinduer og væg	0,44	0,19 ns
Oplevelse af kulde fra loft og ovenlys	0,28	0,79
Hvor ofte vinduer åbnes	-0,39	-0,49
Målt middellufthastighed	-0,40	-0,83
Luftskifte (l/s person)	-0,70	-0,53

Figur 31: Trækgener og udluftning; Sammenhæng mellem trækgener og luftskiftet. Luftskiftet omfatter både udsugning, mekanisk ventilation, utætheder, åbne døre til gange og udluftning.



Figur 32: Medarbejdernes oplevelse af træk og kuldenedfald; vægge & vinduer, ovenlys og ventilation, holdt op i mod beregnet utilfredshed (DR), fordelt på kontortyper



### 5.2.6 Temperaturstigning

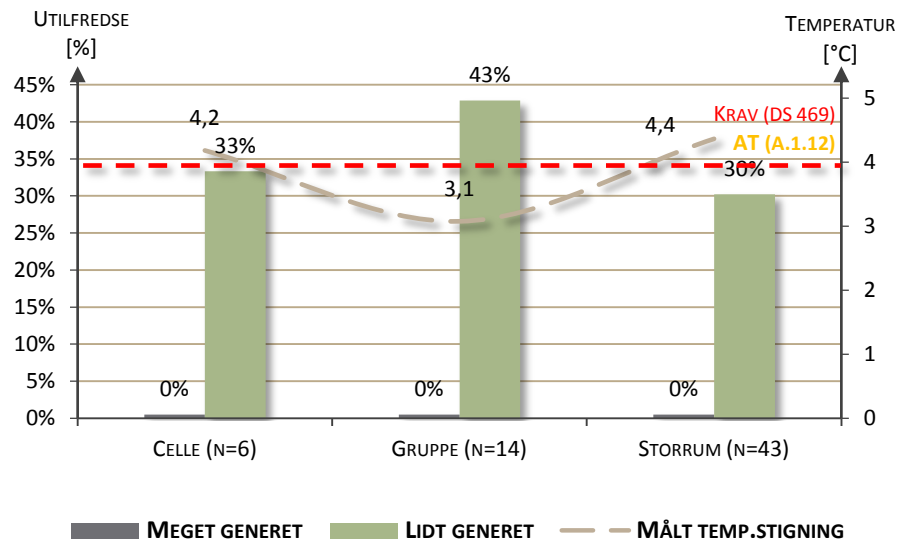
Arbejdstilsynet stiller krav til den maksimale daglige temperaturstigning og denne er beregnet på baggrund af datalogningen. Den målte temperaturstigning i arbejdstiden er markeret i Figur 33.

Fordelingen af medarbejdere meget generet af varierende temperaturer i de forskellige kontortyper er vist i Figur 33. Der er næsten igen forskel mellem cellekontorer og storrumskontorer. Gruppekontorerne har en højere andel generet medarbejdere, men har en lavere målt temperaturstigning.

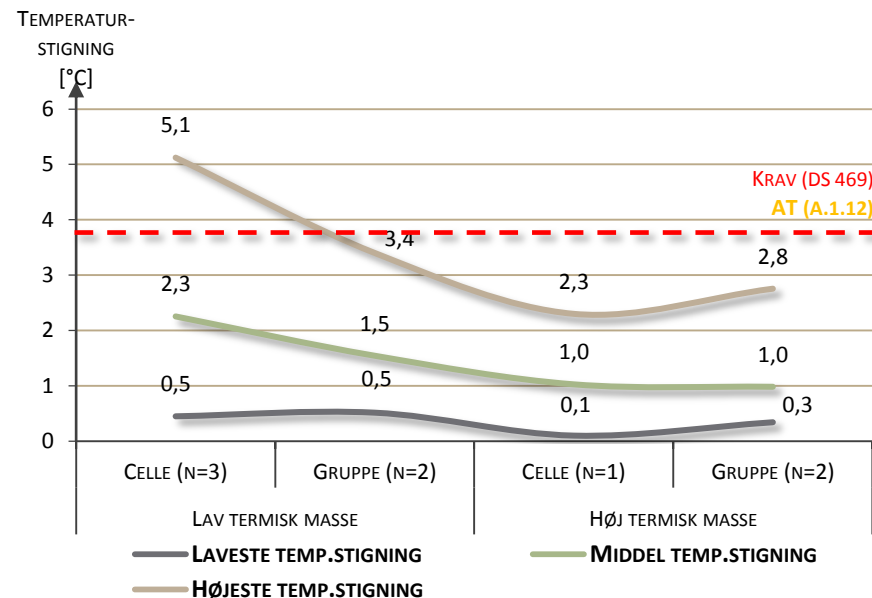
Den lavere målte temperaturstigning er undersøgt nærmere ved at kigge på konstruktionernes termiske masse. Figur 34 viser resultaterne ved at sammenholde de laveste gennemsnits temperaturstigninger i arbejdstiden, gennemsnitstemperaturstigningen og den højeste gennemsnits-temperaturstigning. Kun cellekontorer og gruppekontorer er medtaget i analysen, idet undersøgelsen ikke omfatter storrumskontorer i lette bygninger.

I forhold til de tilladelige variationer iht. Figur 3 viser Tabel 32 hvorledes de daglige temperaturvariationer forholder sig til både de teoretiske tilladelige variationer og tilladelige variationer som følge af de faktiske antal utilfredse medarbejdere. I de fleste kontorlokaler er den målte daglige gennemsnitsvariation mindre end det tilladelige.

Figur 33: Medarbejdernes oplevelse af varierende temperatur (temperaturstigning); holdt op i mod målt temperaturstigning og Arbejdstilsynets vejledning, fordelt på kontortyper



Figur 34: Termisk masse; Sammenfald mellem termisk masse for daglige temperaturstigninger. Storrumskontorer er ikke medtaget, da disse alle har høj termisk masse og ikke kan sammenlignes med storrumskontorer med lav termisk masse.



Tabel 32: Tilladelig temperaturvariation ud fra operativ temperatur; Målinger, der overskrider designværdier, er markeret med rødt. Afsnit 3.2 termisk indeklime. Markeringer med \* betyder uden for kategori og, at dårligste kategori (C) er anvendt.

	Kontor A		Kontor B		Kontor C		Kontor D		Kontor E		Kontor F		Kontor G		Kontor H		Kontor I		Kontor J		Kontor K		Kontor L	
Målt (M) / oplevet (O)	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	M	O
Kategori	B	A	B	A	B	C*	B	A	B	C*	C	A	C*	C*	B	C*	B	C*	B	C*	A	A	A	B
Tilladelig variation	2,0	1,0	2,0	1,0	2,5	3,0	2,0	1,0	2,0	2,5	2,5	1,0	2,0	2,0	2,0	2,5	1,0	3,0	2,5	4,0	1,0	1,0	1,0	2,5
Målt variation	1,3	1,3	1,3	1,3	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,4	0,4	0,6	0,6	1,0	1,0	1,8	1,8	1,2	1,2	0,6	0,6

## 5.3 LUFTKVALITET

### 5.3.1 Luftskifte og CO<sub>2</sub>-koncentration

Af Tabel 33 fremgår en række faktorer, der viser et sammenfald med enten hyppigheden for åbning af vinduer eller den målte gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-koncentration i kontorlokalerne, eller begge dele. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer. Der er en signifikant sammenhæng mellem luftskiftet og CO<sub>2</sub>-koncentrationen i kontorlokalerne. Korrelationskoefficienten er  $-0,91$  og går mod  $-1$ , hvilket indikerer at et højere luftskifte resulterer i en lavere CO<sub>2</sub>-koncentration. Dette er præcis som forventet, idet at luftskiftet er beregnet på baggrund af en række faktorer, hvor CO<sub>2</sub>-koncentrationen netop er en af faktorerne. En anden interessant faktor der viser sig at hænge sammen med CO<sub>2</sub>-koncentrationen, er medarbejdernes oplevelse af indelukket luft i kontorlokalerne. Korrelationskoefficienten her er  $-0,34$  og går mod  $-1$ , hvilket peger i retning af at medarbejdere har en oplevelse af indelukket luft jo højere CO<sub>2</sub>-koncentrationen er. Korrelationskoefficienten mellem indelukket luft og hyppigheden for medarbejdernes åbning af vinduer er  $-0,35$  og går mod  $-1$ , hvilket også hænger fint sammen med oplevelsen af indelukket luft. Hovedpine og koncentrationsbesvær er ligeledes signifikante faktorer i tabellen.

Det fremgår af Figur 34, at der ikke er signifikant korrelation mellem luftskiftet og åbningen af vinduer. Derimod illustrerer den meget fint en signifikant korrelation mellem luftskiftet og CO<sub>2</sub>-koncentrationen. Et højere luftskifte resulterer som tidligere nævnt i en lavere CO<sub>2</sub>-koncentration. I storrumskontorerne finder vi nemlig det bedste og dårligste luftskifte. I storrumskontor med mekanisk ventilation ligger det gennemsnitlige luftskifte på  $15,0$  l/s pr. person; her ligger  $0,75$ -fraktilen for CO<sub>2</sub>-koncentration på  $756$  ppm. I storrumskontor med naturlig ventilation ligger det gennemsnitlige luftskifte derimod på  $6,0$  l/s pr. person; hvor  $0,75$ -fraktilen for CO<sub>2</sub>-koncentration ligger på  $1.289$  ppm.

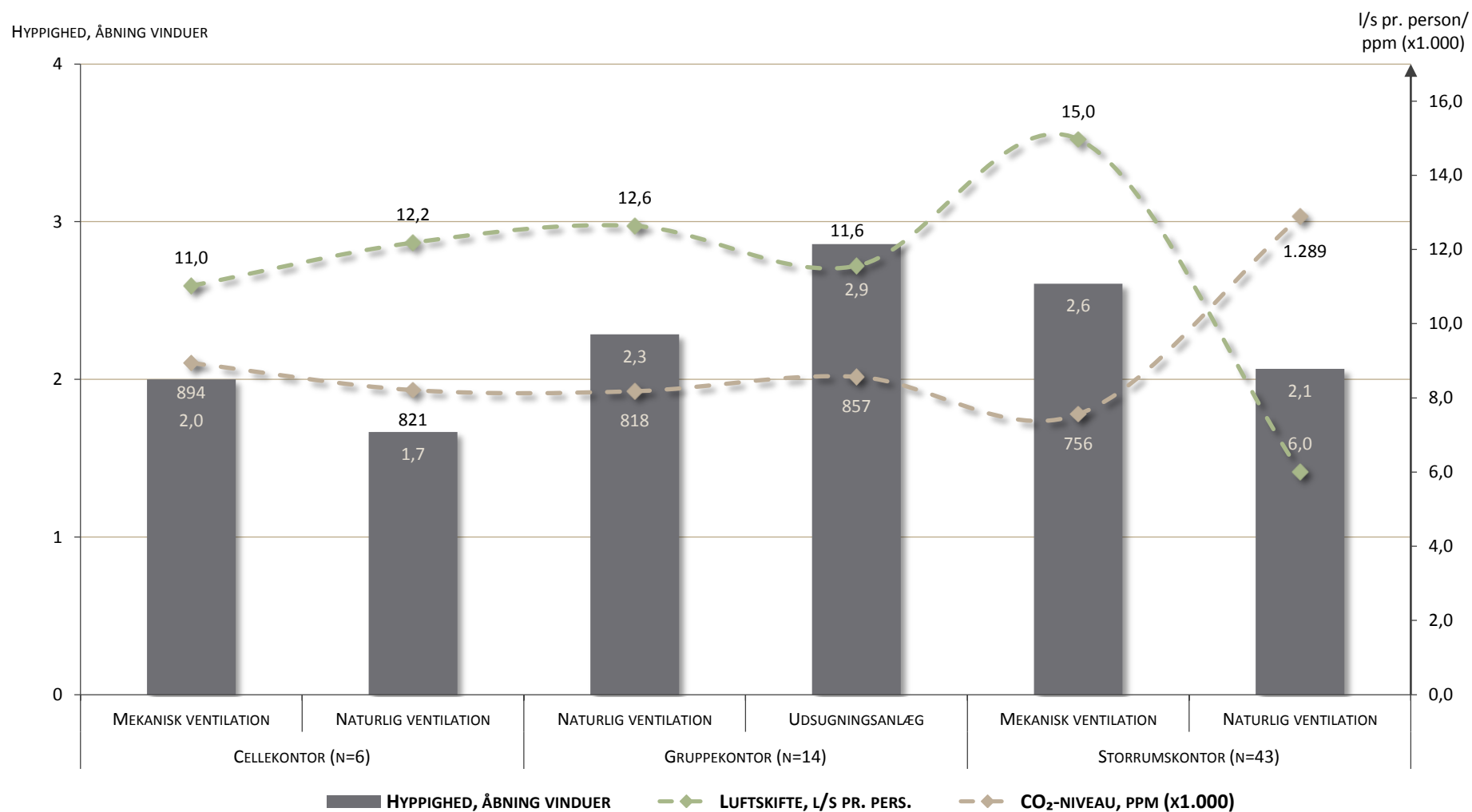
Tabel 33: *Korrelation mellem medarbejderne åbning af vinduer samt gennemsnitlig CO<sub>2</sub>-koncentration; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

Faktor	Åbne vinduer	CO <sub>2</sub> (gns.)
Luftskifte (l/s pr. person)	$-0,01$ ns	$-0,91$
Adfærdsregler	$-0,08$ ns	$-0,43$
Indelukket luft	$-0,35$	$-0,34$
Hovedpine	$-0,31$	$-0,55$
Koncentrationsbesvær	$-0,49$	$-0,37$
Tør luft	$-0,48$	$-0,40$

Figur 34: Hvor ofte åbner eller lukker du vinduerne?

1: Aldrig, 2: En gang om ugen, 3: Flere gange om ugen, 4: Dagligt.

Medarbejdernes gennemsnitlige hyppighed for åbning af vinduer, fordelt på kontortype og ventilationsform, holdt op imod gennemsnitligt luftskifte og CO<sub>2</sub>-niveau.



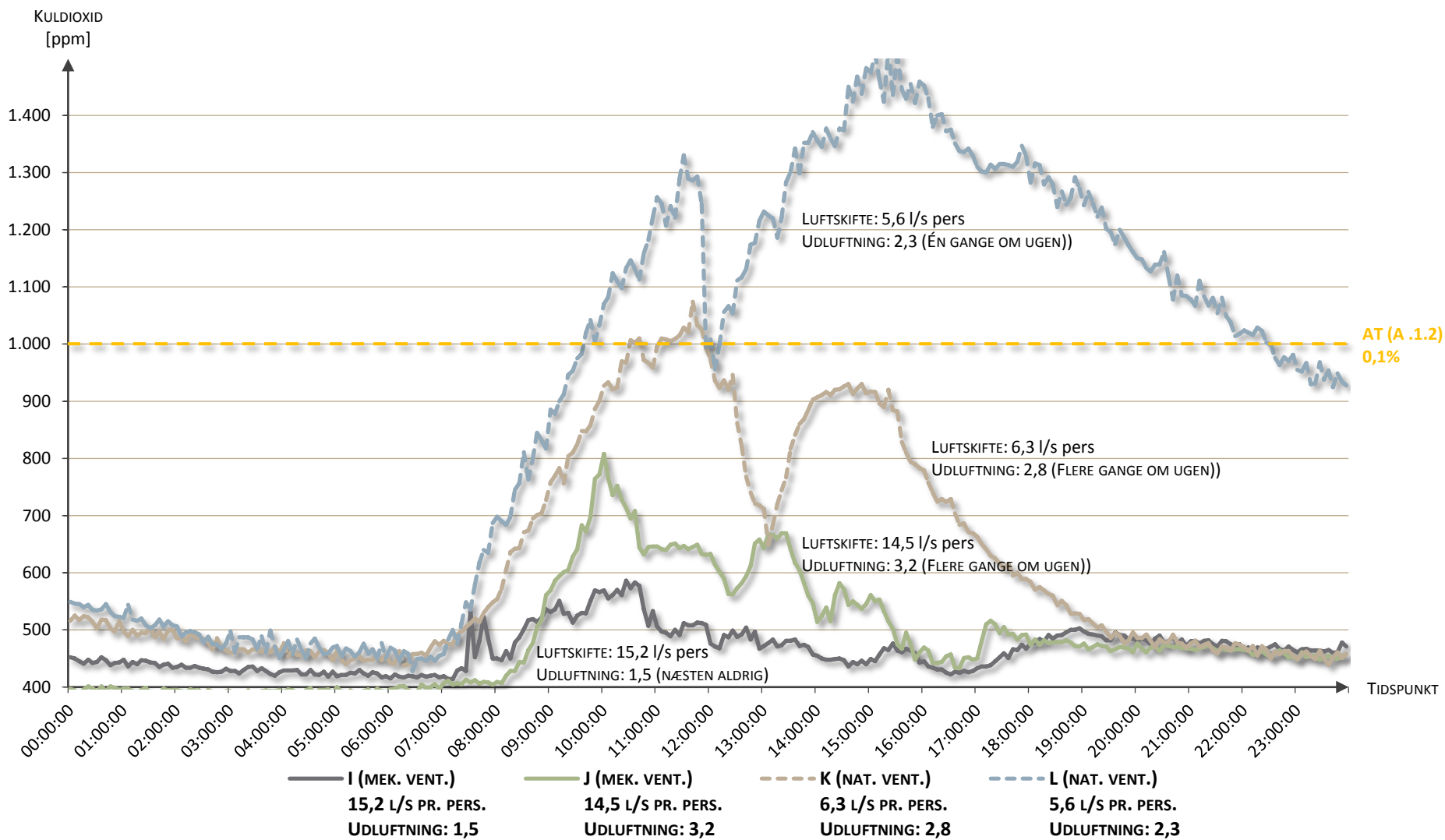
I Figur 36 er vist et nedslag i en døgnrytme i storrumskontorerne for at se nærmere på CO<sub>2</sub>-koncentrationen og forløbet af denne over 24-timer. Nedslaget gælder for d. 16. marts 2016, hvilket repræsenterer typisk arbejdsdag. Figuren illustrerer kontorlokalerne I og J med mekanisk ventilation (massiv streg) og lokalerne K og L med naturlig ventilation (stiplet streg). Luftskiftet for disse lokaler er på henholdsvis: 15,2; 14,5; 6,3 og 5,6 l/s pr. person. Ydermere er der lagt en referencelinje ind på 1.000 ppm, som Arbejdstilsynet anbefaler værende en øvre grænse for CO<sub>2</sub>-koncentrationen, se afsnit 3.3.2.

Det fremgår af figuren, at CO<sub>2</sub>-koncentration i kontorlokale L ikke har et tilstrækkeligt luftskifte. Langt størstedelen af arbejdsdagen ligger niveauet over 1.000 ppm. Kontorlokalet er naturligt ventileret, og det er tydeligt at se at der er sket en åbning af vinduer omkring frokost, imellem kl. 11.00 og 12.00. CO<sub>2</sub>-koncentration falder meget kortvarigt under 1.000 ppm, men er igen støt stigende da vinduerne er lukket, og frem til at arbejdsdagen er slut omkring kl. 15.00.

Anderledes ser det ud for kontorlokale K, med naturlig ventilation, hvor kontorlokalet ventileres så kraftigt efter frokost, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen bringes langt nok ned til at kunne holdes under 1.000 ppm resten af arbejdsdagen.

I de to øvrige storrumskontorer, med mekanisk ventilation, er der ingen problemer med at holde CO<sub>2</sub>-koncentrationen nede på et meget fornuftigt niveau. I løbet af arbejdsdagen varierer niveauet mellem 400 og 800 ppm. Udenfor arbejdstiden, og uden personbelastning i kontorlokalerne, går CO<sub>2</sub>-koncentrationen mod 400 ppm, idet at måleinstrumentet forventer at være udsat for 400 ppm svarende til frisk luft, se afsnit 4.1.3.4.

Figur 36: Nedslag i en døgnrytme i storrumskontor; med mekanisk og naturlig ventilation, d. 16. marts 2016



### 5.3.2 Partikler

Som det fremgår af Tabel 34, så er der en række sammenfald med partikkelkoncentrationen ved  $PM_{0,1}$ ,  $PM_{2,5}$  samt  $PM_{10}$  og faktorer som luftskifte i kontorlokalerne og motorkøretøjer i nærheden af kontorlokalerne i arbejdstiden. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer. Korrelationskoefficienten mellem luftskiftet og partiklerne er  $-0,58$ ,  $-0,35$  og  $-0,28$  for henholdsvis  $PM_{0,1}$ ,  $PM_{2,5}$  samt  $PM_{10}$ , og går mod  $-1$ . Det indikerer, at et højere luftskifte reducerer partikkelkoncentrationen i kontorlokalerne. Dette er ikke helt som forventet, kigger vi bl.a. nærmere på koncentrationen af  $PM_{0,1}$ , med den forventning om, at den primære forureningskilde her er køretøjer. Netop fordi at korrelationskoefficienten mellem motorkøretøjer og  $PM_{0,1}$  er  $0,82$ , hvilket indikerer, at et stigende antal køretøjer øger partikkelkoncentrationen i kontorlokalerne. Medarbejdernes mødetid er ligeledes signifikante faktorer i tabellen – denne sammenhæng kan findes med den op-hvirvlen der sker når medarbejde træder ind i kontorlokalet.

Det fremgår af Figur 37, omkring partikelmålingerne der er foretaget i kontorlokalerne, at koncentrationen af partikler i indeluften er større i arbejdstiden end set over 24 timer. Dette gør sig gældende for både  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ .  $PM_{10}$  i forstad falder fra  $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i arbejdstiden til  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i et 24 timer interval, mens koncentrationen i henholdsvis i bymidte og ved havn falder fra omkring  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i arbejdstiden til  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i et 24 timer interval.

Partikkelkoncentrationen for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ , målt i de enkelte kontorlokaler, i forhold til den geografiske placering, er højest i forstaden. Koncentrationen af  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$  i bymidte og havn ligger på samme niveau.

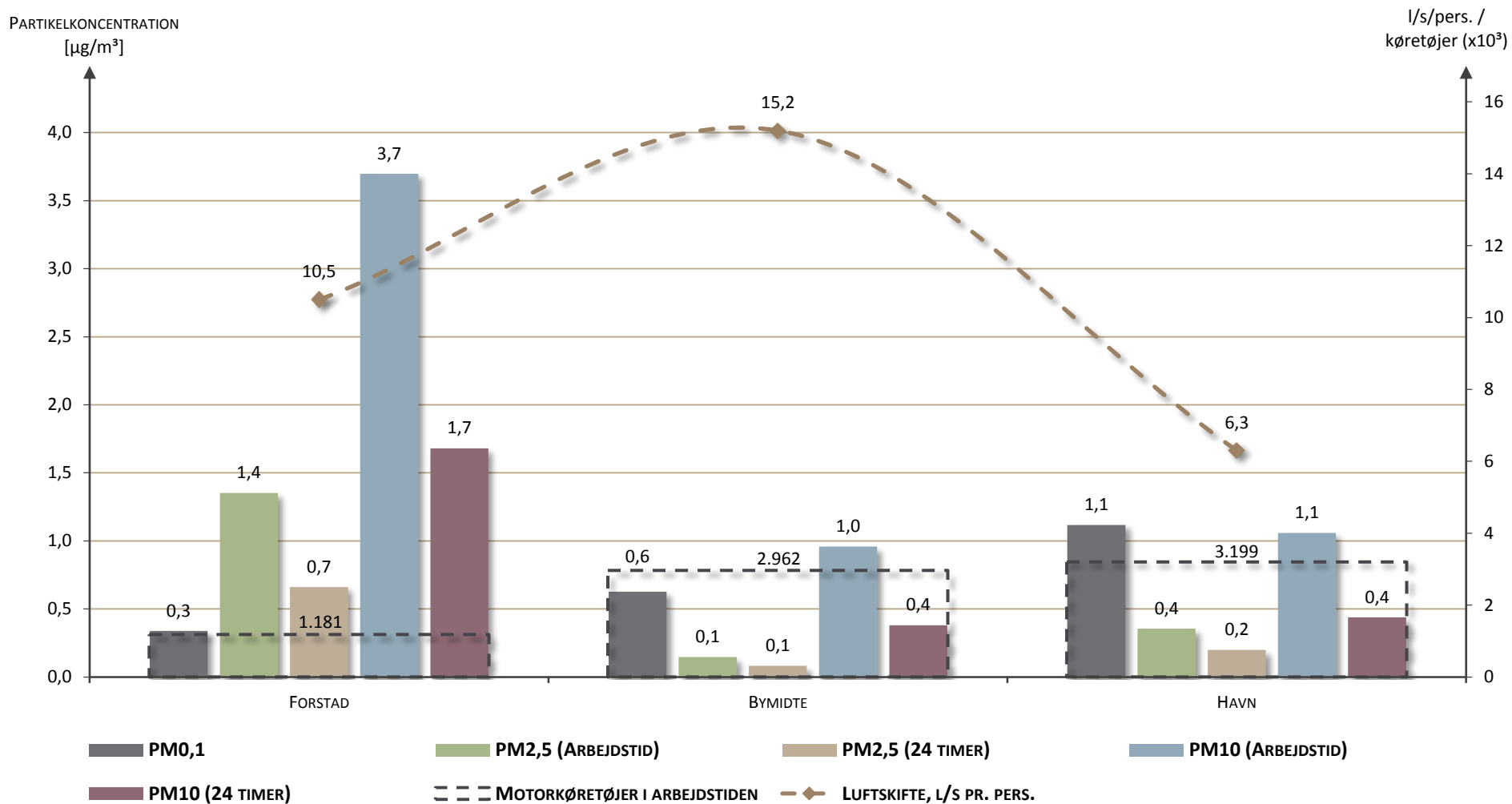
Målingerne af  $PM_{0,1}$  er stigende med en faktor 2 fra forstad til bymidte og bymidte til havn.

Tabel 34: *Korrelation mellem partikkelkoncentration; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

Faktor	$PM_{0,1}$	$PM_{2,5}(\text{arb.})$	$PM_{10}(\text{arb.})$
Luftskifte (l/s pr. person)	$-0,58$	$-0,35$	$-0,28$
Motorkøretøjer i arbejdstiden	$0,82$	$-0,25$	$-0,38$
Mødetid	$-0,50$	$-0,25$	$-0,39$



Figur 37: Målt koncentration af partikler, i arbejdstiden og over 24 timer, holdt op imod antallet af køretøjer i de pågældende gader/områder i arbejdstiden samt det gennemsnitlige luftskifte i de pågældende kontorlokaler

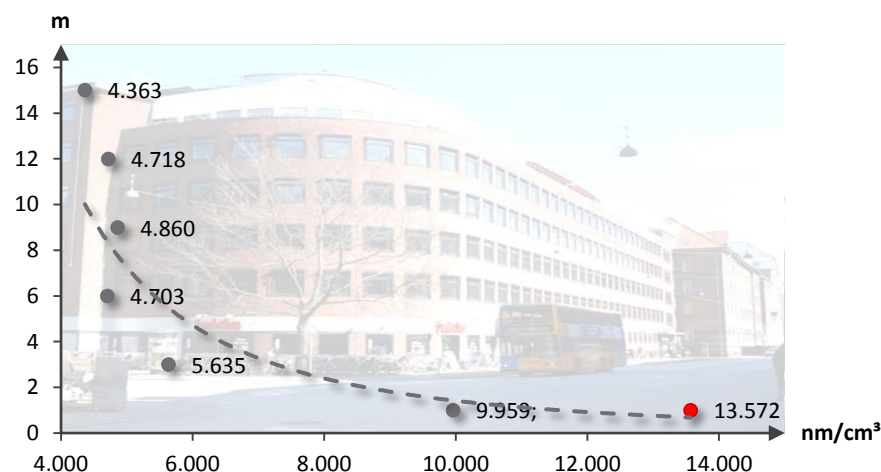


Figur 38 illustrer ud fra måleudstyrets formåen, hvordan koncentration af  $PM_{0,1}$  stiger i forhold til de lave højdemeter. På gadeniveau i 1 meters højde (udenfor) er koncentrationen målt til at være omkring  $13.500 \text{ nm/cm}^3$  svarende til  $\frac{1}{3}$  af H.C. Andersens Boulevards partikkelkoncentration i myldretiden, mens der i en højde på 1 til 15 meter (indenfor) måles koncentrationer fra omkring  $9.900 \text{ nm/cm}^3$  til  $4.300 \text{ nm/cm}^3$ .

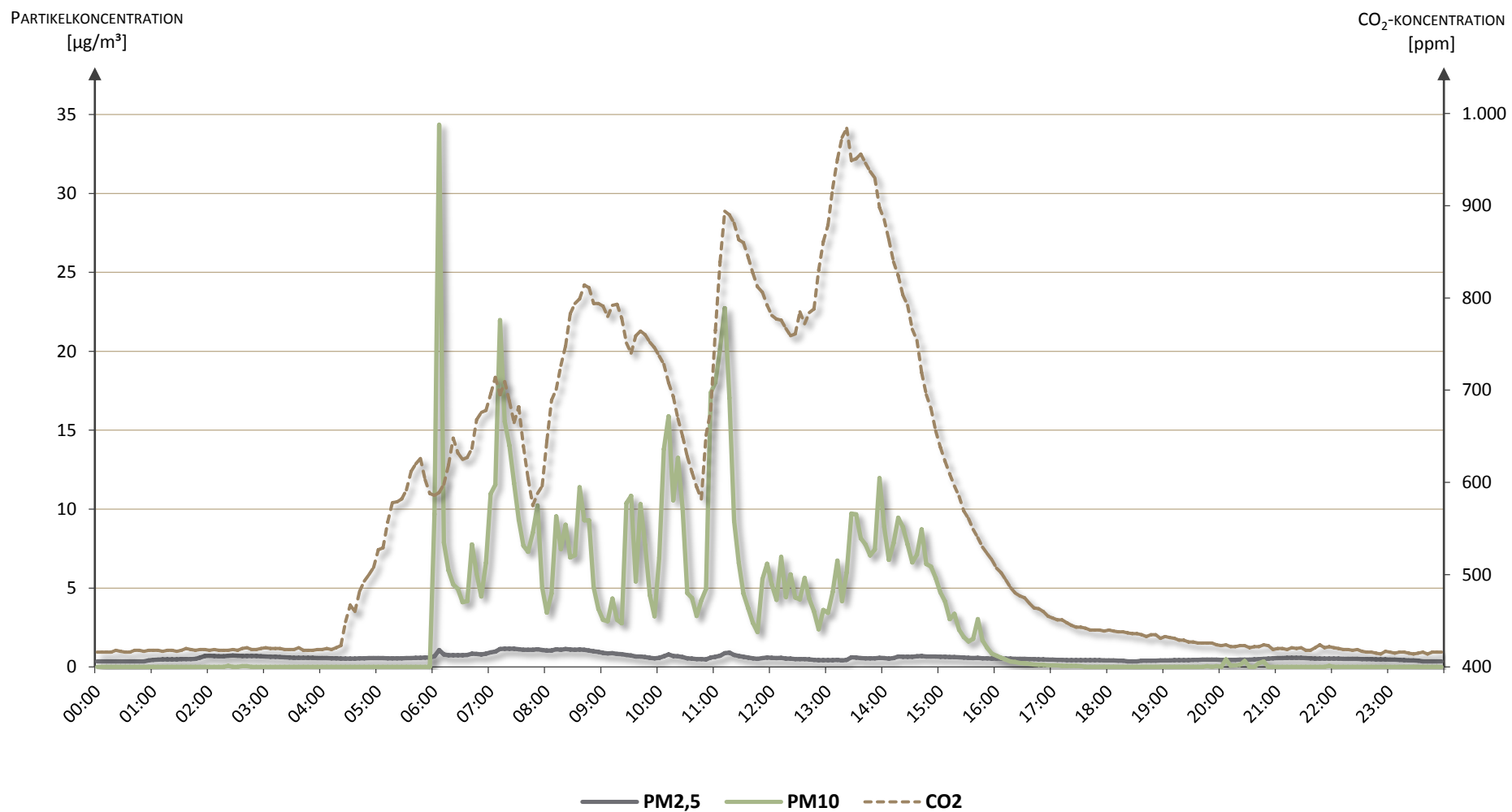
I Figur 39 foretages der et nedslag i en døgnrytme i et kontorlokale i forstaden, for at kunne undersøge partikkelkoncentrationen og forløbet af denne over 24-timer, for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . Nedslaget er lavet i kontorlokalet C med naturlig ventilation, d. 15. marts 2016. Ydermere foreligger  $CO_2$ -koncentration for kontorlokalet, som er repræsentativ for luftskiftet i lokalet. Det fremgår af figuren, at der ikke er særlig stor aktivitet omkring  $PM_{2,5}$  i løbet af de 24 timer. Til gengæld er der stor variation omkring koncentrationen af  $PM_{10}$  i løbet af en arbejdsdag. Idet at medarbejderne træder ind ad døren, tegner der sig et mønster af op-hvirvlen af denne størrelse partikler, som til en vis grad også følger det forventede aktivitetsniveau i lokalet, samt det forventede luftskift i forhold til  $CO_2$ -koncentrationen.

Imellem kl. 06.00 og 07.30 tegner der sig to stigninger i koncentrationen, der rammer henholdsvis omkring  $34 \mu\text{g/m}^3$  og  $22 \mu\text{g/m}^3$ , hvilket er nærliggende første aktivitet på kontoret. Omkring kl. 11.30 stiger koncentrationen igen og rammer omkring  $23 \mu\text{g/m}^3$ , hvilket forventes at være tidspunktet, hvor der spises frokost. I forhold til luftskiftet, der afspejles i form af  $CO_2$ -koncentration, så sker der en større udluftning 3 gange i løbet af arbejdsdagen. Omkring kl. 08.00, 10.00 og 12.00 sker der dyk i  $CO_2$ -koncentration, hvilket tyder på at sker en form for naturlig udluftning på disse tidspunkter, eller at kontorpersonalet forlader lokalet i tidsrummet, hvor både  $CO_2$ -niveauet og mængden af partikler falder. Der tegner sig ikke en klar sammenhæng mellem  $CO_2$ -koncentration og partikkelkoncentrationen af  $PM_{10}$ .

Figur 38: Koncentration af  $PM_{1,0}$ ; målt i forskellige højdemeter i kontorbygningen på Njalsgade 13. Rød markering viser udemåling. Grå markeringer er indemålinger.



Figur 39: Koncentrationen af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> målt i kontorlokale C over 24-timer d. 15. marts 2016; holdt op imod CO<sub>2</sub>-koncentrationen, repræsenterende luftskiftet i lokalet



### 5.3.3 Symptomer

Af Tabel 35 fremgår en række faktorer, hvor der er et sammenfald med medarbejdernes alder og den målte gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-koncentration i kontorlokalerne. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer. Der er en signifikant sammenhæng mellem alle faktorerne, i form af symptomer, og CO<sub>2</sub>-koncentrationen i kontorlokalerne. Korrelationskoefficienten går fra -0,27 til -0,81 og går mod -1, hvilket indikerer at et højere CO<sub>2</sub>-niveau resulterer i et større antal symptomer. For hovedpine, utilpashed/svimmelhed og koncentrationsbesvær, så er der en signifikant korrelation på mindst 95% med alderen, hvor korrelationskoefficienten er på henholdsvis -0,31, -0,73 og til -0,34 og går mod -1, hvilket indikerer at en højere alder resulterer i et større antal symptomer.

Figur 40 tager afsæt i de svar medarbejderne har givet, i forhold hvorvidt de indenfor de sidste 4 uger haft et eller flere symptomer eller gener omkring hovedregionen, forårsaget af indeklimaet på kontoret.

Det fremgår at 8% af medarbejderne ofte oplever, dvs. mindst en gang om ugen, tunghedsfornemmelse i hovedet. Desuden oplever 5% af medarbejderne ofte henholdsvis udtalt træthed eller koncentrationsbesvære. 3% af medarbejderne oplever ofte henholdsvis utilpashed/svimmelhed eller hovedpine. For medarbejderne gælder det desuden at omkring hver tredje medarbejder en gang imellem oplever utilpashed/svimmelhed i løbet af arbejdsdagen

Af Tabel 36 fremgår en række faktorer hvor der er et sammenfald med medarbejdernes alder og kombinationen af kontortype og ventilationsform, fra cellekontor med naturlig ventilation til storrumskontor med mekanisk ventilation. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer. Der er en signifikant sammenhæng mellem alle faktorerne, i form af symptomer, og medarbejdernes alder. Korrelationskoefficienten går fra -0,48 til -0,75 og går mod -1, hvilket indikerer at en højere alder resulterer i en øget forekomst af symptomerne. Det samme gør sig gældende når faktorerne holdes op i mod kombinationen af kontortype og ventilationsform, fra cellekontor med naturlig ventilation til storrumskontor med mekanisk ventilation. Korrelationskoefficienten går fra -0,21 til -0,61 og går mod -1, hvilket indikerer at bevæge sig fra cellekontor med naturlig ventilation til storrumskontor med mekanisk ventilation, øger forekomst af symptomerne. Dette gælder dog ikke for symptomerne, tør eller irriteret hals, hvor korrelationen ikke er signifikant.

Figur 41 tager afsæt i de svar medarbejderne har givet, i forhold hvorvidt de indenfor de sidste 4 uger haft et eller flere af ovenstående symptomer eller gener omkring øjne, næse og halsregionen, forårsaget af indeklimaet på kontoret. Det fremgår at 6% af medarbejderne oplever ofte, mindst en gang om ugen: Tørhed svie eller irritation i øjne; Tør, irriteret, stoppet eller rindende næse; Tør, kløende eller rødme hud på hænderne. Desuden oplever 5% af medarbejderne ofte: Tør eller irriteret hals; Tør eller rødme ansigtshud. Ydermere oplever 2% af medarbejderne ofte hæshed eller ondt i halsen. For medarbejderne gælder det desuden at omkring hver femte medarbejder en gang imellem oplever: Tørhed svie eller irritation i øjne; Tør, irriteret, stoppet eller rindende næse. Hver tiende medarbejder oplever en gang imellem: Tør eller irriteret hals; Tør eller rødme ansigtshud; Tør, kløende eller rødme hud på hænderne. Hver 20. oplever en gang imellem hæshed eller ondt i halsen.

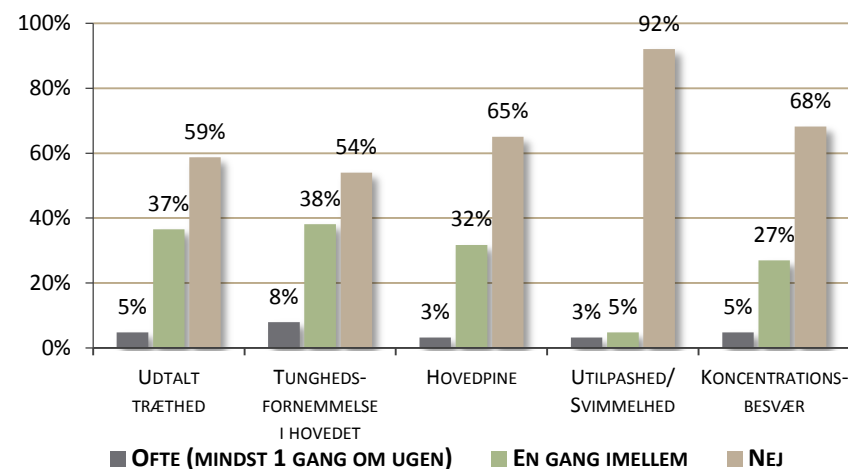
Tabel 35: *Korrelation mellem medarbejdernes alder samt gennemsnitlig CO<sub>2</sub>-koncentration; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

Faktor	Alder	CO <sub>2</sub> (gns.)
Udtalt træthed	-0,18 ns	-0,27
Tunghedsfornemmelse i hovedet	-0,07 ns	-0,32
Hovedpine	-0,31	-0,55
Utilpashed/Svimmelhed	-0,73	-0,81
Koncentrationsbesvær	-0,34	-0,37

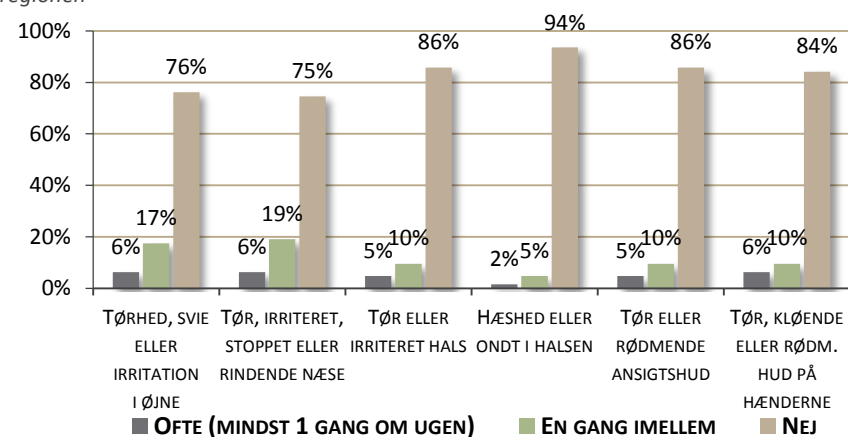
Tabel 36: *Korrelation mellem medarbejdernes alder samt kontortype & ventilationsform; og udvalgte relevante faktorer angivet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

Faktor	Alder	Kontor/Vent
Tørhed, svie eller irritation i øjne	-0,48	-0,33
Tør, irriteret, stoppet eller rindende næse	-0,52	-0,21
Tør eller irriteret hals	-0,70	-0,2 ns
Hæshed eller ondt i halsen	-0,75	-0,33
Tør eller rødme i ansigtshud	-0,69	-0,53
Tør, kløende eller rødme i huden på hænderne	-0,71	-0,61

Figur 40: *Har du de sidste 4 uger følt dig generet af et eller flere af følgende forhold på din arbejdsplads? Medarbejdernes oplevelse af symptomer omkring hovedregionen*



Figur 41: *Har du de sidste 4 uger følt dig generet af et eller flere af følgende forhold på din arbejdsplads? Medarbejdernes oplevelse af symptomer omkring øjne, næse og hals regionen*



Figur 42 tager afsæt i de svar medarbejderne har givet, i forhold hvorvidt de indenfor de sidste 4 uger har oplevet tørhed, svie eller irritation i øjne på kontoret. Det fremgår af grafen, at i cellekontor med mekanisk ventilation oplever hver tredje medarbejder ofte, mindst en gang om ugen, tørhed, svie eller irritation i øjne. For de øvrige kontortyper gælder det, at medarbejdere der sidder i kontorlokaler med naturlig ventilation i mindre omfang oplever tørhed, svie eller irritation i øjne forårsaget af indeklimaet, i forhold til medarbejdere der sidder i kontorlokaler med mekanisk ventilation eller udsugningsanlæg. Disse symptomer stemmer fint med den tidligere beskrivelse af *indeklimesygen (Sick Building Syndrome)*. Set over kontortyper og ventilationsformer, så er der en lille variation i den relative luftfugtighed, fra 24% – 30%.

Af Tabel 37 fremgår korrelationen mellem medarbejdernes oplevelse af indelukket luft som udvalgt relevant faktorer, holdt op i mod målt gennemsnits CO<sub>2</sub>-koncentration samt operativ temperatur. Der er en signifikant korrelation på mindst 95% mellem de listede faktorer. Der er en signifikant sammenhæng mellem oplevelsen af indelukket luft og kontorlokalernes målte gennemsnits CO<sub>2</sub>-koncentration. Korrelationskoefficienten er på -0,34 og går mod -1, hvilket indikerer at en højere CO<sub>2</sub>-koncentration resulterer i en øget forekomst af oplevelsen af indelukket luft. Dette er dog ikke gældende når faktoren holdes op i mod den målte gennemsnitlige operative temperatur i kontorlokalerne. Her er korrelationen ikke signifikant.

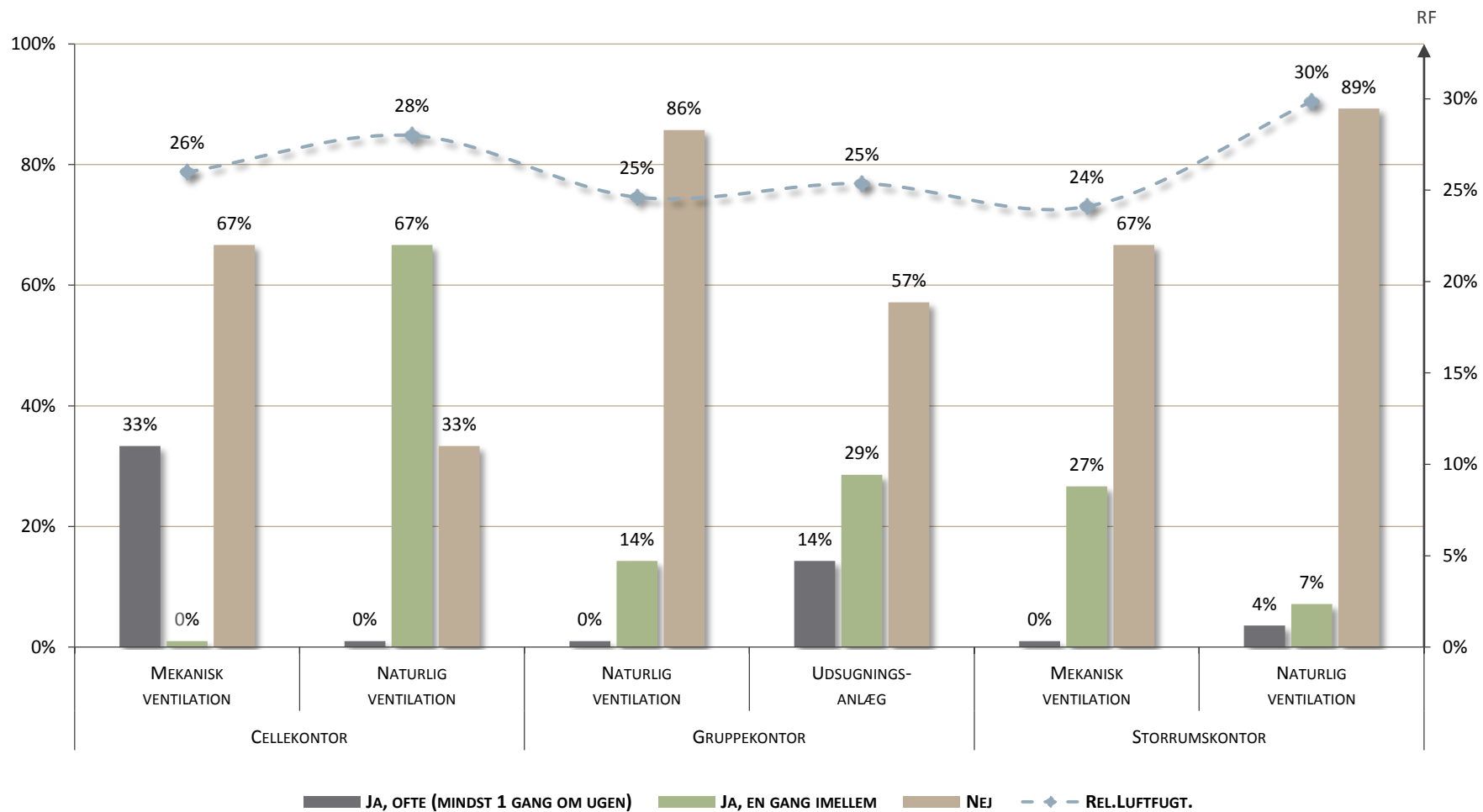
Figur 43 tager afsæt i de svar medarbejderne har givet, i forhold hvorvidt de indenfor de sidste 4 uger haft oplevet indelukket luft på kontoret. Af dem, der sidder i cellekontorer med naturlig ventilation, oplever 67% ofte indelukket luft. Ved storrumskontor med naturlig ventilation oplever omkring hver femte medarbejder ofte, mindst en gang om ugen, indelukket luft. Netop disse kontorer har også den højeste gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-koncentration på 863 ppm. De, der oftest oplever indelukket luft, sidder i gruppekontor med udsugningsanlæg, hvor 71% af medarbejderne ofte oplever indelukket luft på kontoret. Disse kontorer har også den højeste gennemsnitlige operative temperatur på 24 °C.

Tabel 39: *Korrelation mellem medarbejdernes oplevelse af indelukket luft som udvalgt relevante faktorer; holdt op i mod målt gennemsnits CO<sub>2</sub>-koncentration samt operativ temperatur. Korrelationen er givet ved Spearman's Rang Korrelationskoefficient*

<b>Faktor</b>	<b>CO<sub>2</sub> (gns.)</b>	<b>Gns. op.temp.</b>
<i>Indelukket luft</i>	<i>-0,34</i>	<i>-0,07 ns</i>

Figur 42: Har du de sidste 4 uger følt dig generet af tørhed, svie eller irritation i øjne?

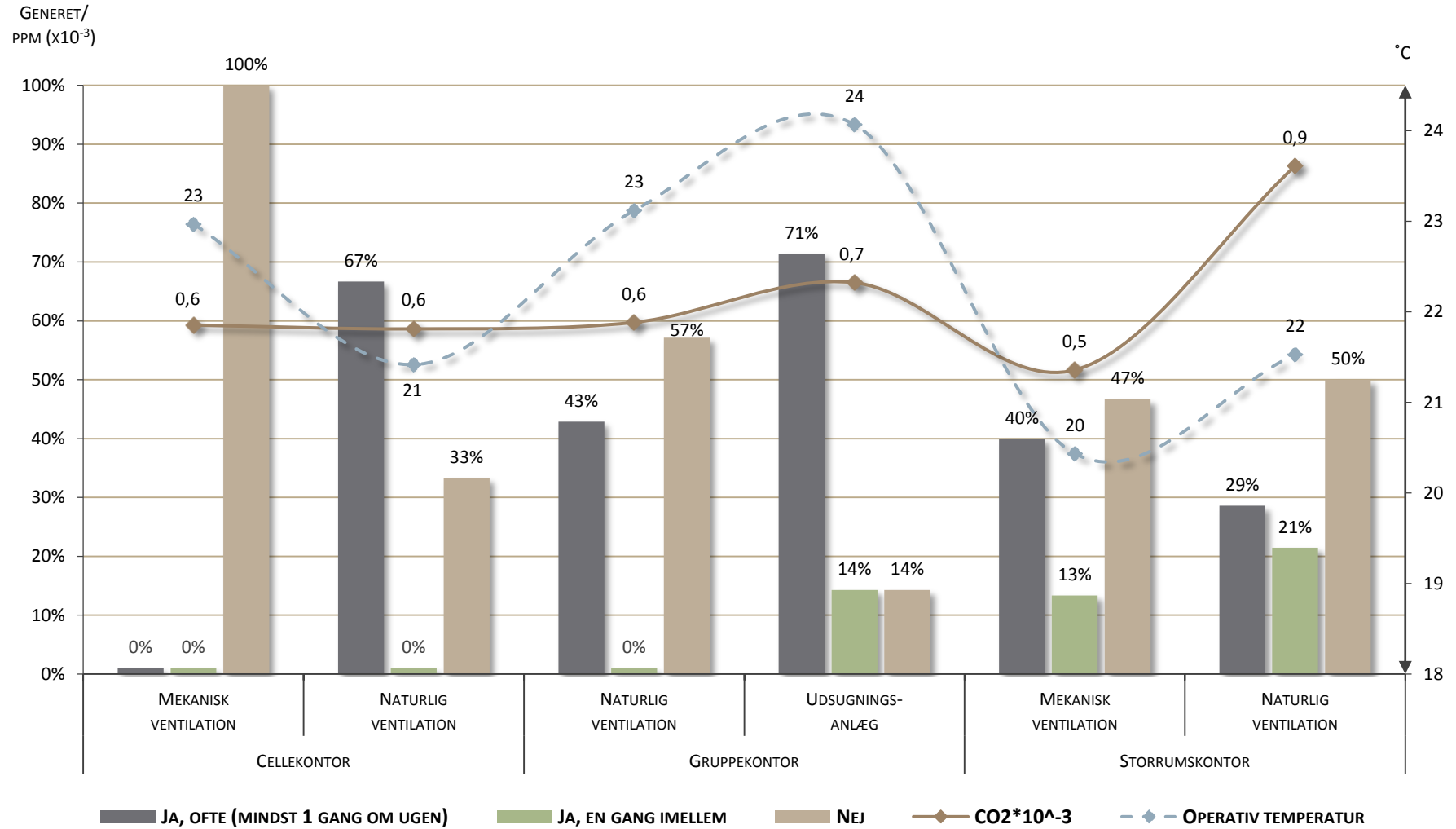
Medarbejdernes oplevelse af tørhed, svie eller irritation i øjne, holdt op i mod målt relativ luftfugtighed, fordelt på kontortype og ventilationsform





Figur 43: Har du de sidste 4 uger følt dig generet af indelukket luft?

Medarbejdernes oplevelse af indelukket luft, holdt op i mod målt operativ temperatur og CO<sub>2</sub>-koncentration, fordelt på kontortype og ventilationsform





## 6. DISKUSSION

*"Diskussion er sandhedens sigte"*

*Stefano Guazzo*

## 6.1 DISKUSSION AF RESULTATER

### 6.1.1 Kvantitative undersøgelser

En stor del af undersøgelsens målinger er foretaget som enkeltmålinger, dvs. målinger foretaget over kort tid – typisk 3 minutters varighed - og skal være repræsentativt for et år. Der indgår mange faktorer i målingen såsom solvarmetilskud, vindhastighed og retning i udevejr, undersøgelsestidspunkt vs. Belastning i kontorerne m.fl. Dette medfører en usikkerhed i hvor repræsentativt målingerne er som værende absolutte. Mange af vores enkeltmålinger varierer ikke væsentligt fra kontor til kontor eller fra adresse til adresse og derfor vurderes usikkerheden at være minimal.

Der er foretaget mange beregninger af det fremkommet data. Beregninger har i flere tilfælde indbygget forskellige antagelser, som potentielt kan være fejlbehæftet. Specielt beregninger vedrørende temperaturforhold er opbygget på baggrund af undersøgelser foretaget for ca. 40 år siden. Det meste af litteraturen er omtrent 20 år gammel, og en del af beregningerne og metoder er blevet overhælet af nyt og præcist udstyr. Det nye udstyr har gjort arbejdet nemmere, men har ikke indflydelse på resultaterne.

Vi kan eksempelvis se, at forudsætningen for normal påklædning ikke følger tiden. Datidens kontorpåklædning var jakkesæt evt. med en vest og svarer ikke er tidens lettere påklædning. Denne forudsætning er stadigvæk gældende og Arbejdstilsynet (Arbejdstilsynet, 2005a) vejleder stadig om 20-22 °C operativ temperatur som værende komfortabelt. Det samme er gældende i "*DS 469, norm for varme- og køleanlæg*" (Dansk Standard, 2013b). Dette forhold medfører ikke en decideret regnefejl, men giver en afvigelse, når vi sammenholder beregnede antal utilfredse med antallet af utilfredse medarbejdere i spørgeskemaundersøgelsen. Der er i resultaterne korrigeret for denne afvigelse, og dermed vurderes det, at afvigelsen ikke har væsentlig indflydelse på resultaterne.



### 6.1.2 Kvalitative undersøgelser

Den kvalitative undersøgelse kan ikke foretages med vores måleudstyr, da disse kun kan måle og ikke føle, hvordan indeklimaet opleves. Således er der, fint i tråd med Citat 2, foretaget en kvantitativ spørgeundersøgelse og semistruktureret interview med driftspersonale for at indsamle data.

Spørgeskemaundersøgelsens svarprocent på 68% er i sig selv ganske acceptabelt. Hvis vi ser på fordelingen på kontorniveau har alle kontorer en svarprocent over 50% undtagen et enkelt storrumskontor med en svarprocent på kun 38%. Især i de mindste kontorer har de fleste adspurgte svaret på undersøgelsen. Spørgeskemaundersøgelsen er foretaget i marts, som afsluttes med påskeugen, hvor ingen har svaret. Derudover var der i marts også en influenzaepidemi, som medførte en del sygdom fra medarbejderne og hermed en lavere svarprocent. Omtrent en ud af fire adspurgte svarer at de har stoppet eller rindende næse – midt i influenzaepidemien. Det kan være overset, at vi spurgte ind til gener pga. indeklimaet og ikke almene gener. De øvrige adspurgte symptomer ligger noget lavere.

Undervejs modtog vi henvendelser vedr. nogle forståelsesspørgsmål til spørgeskemaundersøgelsen. Specielt blev vi gjort opmærksom på, at de fleste medarbejder ikke har siddet i deres nuværende kontor om sommeren og dermed ikke kender sommerforholdene. Vi har heller ikke målinger for sommerperioden. Som konsekvens af dette, er disse sommerdata ikke viderebearbejdet, herunder solafskærmning. Herudover kan der have været spørgsmål, som kan forvirre lægfolk. Eksempelvis hvad er forskellen på træk/ kuldestråling. Men det vurderes at være mindre væsentligt i forhold til deres svar.

Ser vi på fordelingen af de svar vi har modtaget, så ligger den generelle utilfredshed under 10%. I Figur 44 er det vist, hvordan svarene fordeler sig indenfor de fem temaer:

- Geometri
- Arbejdsforhold
- Termisk indeklima
- Atmosfærisk indeklima
- Symptomer

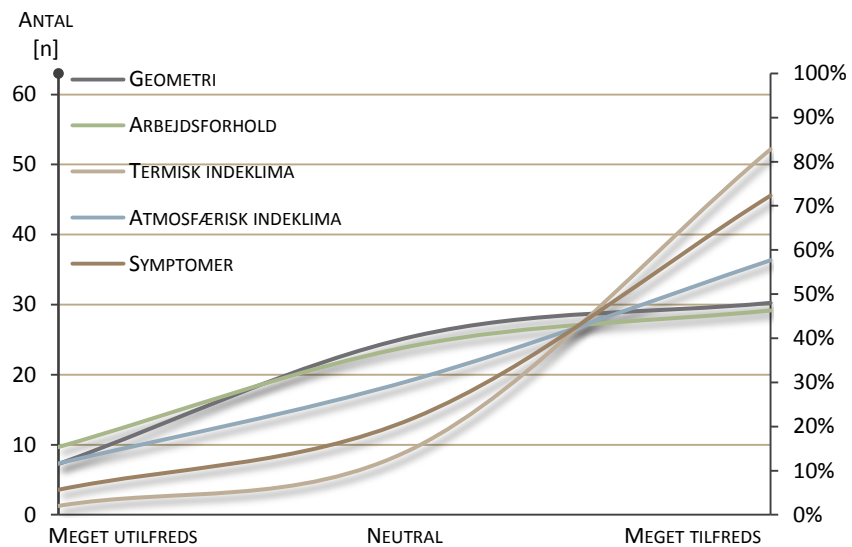
Andelen af adspurgte, der svarer "meget utilfreds" i flere parametre indenfor et af de ovennævnte temaer, ligger mellem 3 og 11. Mellem 2 og 5 af disse adspurgte er gengangere i flere eller alle temaer. Det svarer til omkring halvdelen af de "meget utilfredse", der har generel utilfredshed. Kun 2 af disse gennemgående "meget utilfredse" er "meget utilfredse" med deres arbejdsforhold. Det var forventet, at være en større andel iht. "Normalmaterialet". Det kan ikke udelukkes, at svarene på spørgsmål om arbejdstilfredshed kan være mere fortonede end i de andre temaer.

Citat 2:

"Not everything that counts can be counted, and not everything that can be counted counts."

Albert Einstein

Figur 44: Medarbejdernes generelle tilbagemelding; fordelt på en skala fra "meget utilfreds" til "meget tilfreds" indenfor fem temaer i undersøgelsen



## 6.2 HVAD FØRER RESULTATERNE MED SIG

### 6.2.1 Kontorets design

#### 6.2.1.1 Bygningsdele

Bygninger med høj termiske masse har en stabiliserende indvirkning på temperaturforholdene i den forstand, at den høje termiske masse absorberer en del varme (og kulde) og dermed holder en lavere temperatur på kontoret. Desværre er det kun behageligt med en lav temperatur om sommeren og ikke om vinteren. Resultaterne viser næsten 1 °C forskellen mellem lette og tunge bygninger. De tunge bygninger har en lavere starttemperatur på arbejdsdagen pga. natsænkning.

De adspurgte er generet af væsentligt mere kulde, træk og dårlig luftkvalitet end de adspurgte i kontorer med lette konstruktioner. De målte utilfredshedsgrader viser samme resultat. Sammenhængen mellem tunge vægge og generne er signifikante. Der er en lavere temperaturforskel mellem lufttemperatur og overflader, som medfører et signifikant positivt udslag ved at varmestrålingen – og specielt den asymmetriske temperaturstråling opleves i mindre grad. Medarbejdernes almene utilfredshed er også størst i disse bygninger. Men dette kan ikke tilskrive de tunge konstruktioner. Bygningsundersøgelsen viser, at disse tunge bygninger alle er ældre end de lette bygninger. Derudover indeholder disse bygninger også de største kontorer, der samtidig har de laveste luftskifter. Der er signifikans mellem en stor kontorstørrelse med mange personer og arealet samt volumen per medarbejder. Medarbejdernes utilfredshed skyldes ikke bygningens konstruktioner, men kontorets størrelse og de forhold dette medbringer.

Af blandt andet denne årsag viser Figur 34 om daglig temperaturstigning ikke storrumskontorer, da utilfredsheden med storrumskontorerne vil forstyrre billedet. Figuren viser sammenhæng mellem daglig temperaturstigning og den termiske masse. Effekten af bygningskonstruktionernes masse og varmfylde er velkendt og beskrevet i blandt andet i *"Indeklimahåndbogen"* (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen, & Nielsen, 2000), der beskriver, at temperaturdagsvariationen kan udjævnes og at

temperaturforskellen mellem en let og tung bygning kan være op til 5 °C. Man kan lave en tilsvarende graf for lufttemperaturen. Tunge konstruktioner har den største termiske effekt ved de mindste kontorer og dette skyldes, at de mindste kontorer har flere indvendige vægge per areal gulv end større kontorlokaler. De lette bygninger er mest udfordret på at holde den operative temperatur indenfor den tilladelige variation.

Flere af de undersøgte kontorer havde indvendige glasvægge. Der er ikke signifikans imellem glasvægge og de samme gener som de tunge indvendige vægge. Til gængæld er der stor sammenhæng mellem glasvægge og medarbejdernes tilfredshed med både areal og rummelighed. Den samme sammenhæng forekommer ikke ved de kontorer med åben før til gangarealer eller nabokontorer. Tværtimod medfører de åbne døre større utilfredshed med arealet og rummeligheden. Dette skyldes nærmere; at kontoret opleves småt og derfor åbnes døren end omvendt. Den generelle tilfredshed med åbne døre er begrænset, da medarbejderne oplever flere forstyrrelser, når dørene er åbne. Forstyrrelser opleves i større grad også i de kontorer med metallofter frem for akustiklofter af enten træbeton eller bedst af akustiklofter af bløde materiale. Støjgener er ikke undersøgt i denne undersøgelse, men sammenhængen er tydelig og signifikant. Metallofterne forefindes i de ældste bygninger, som også indeholder de største kontorer. Utilfredsheden kan også skyldes kontorstørrelsen som tidligere beskrevet.

Valg af gulvbelægning har signifikant betydning for oplevelsen af temperaturforhold og gulvoverfladetemperaturen. Trægulve har en højere gulvtemperatur (1,2 °C højere) end linoleumsbelægning og tilfredsheden er højere. Forholdet mellem tilfredshed og den beregnede forventede tilfredshed er minimalt omvendt. Her oplever er utilfredsheden stigende. Men dette er minimalt, da det ikke er nok til at ændre kategorien i kvalitetsmålene.



### 6.2.1.2 Kontorstørrelse og udformning

De undersøgte kontorer er udformet forskelligt – nogle er korte og smalle, andre lange og smalle, nogle store og brede og andre har forskellige vinkler. Nogle kontorer har sidelys imens andre har vinduer på tre sider. Det gør, at det er lidt svært, at udtale sig generelt. Overordnet set er der signifikans imellem; et større areal hver medarbejder har og en højere tilfredshed. Dette samme gælder for rummeligheden i kontoret. Derudover viser det sig, at glasvægge visuelt forøger kontorets størrelse og derved også tilfredsheden. De kontorer med ovenlys bagerst i rummet, har også flere kuldenedfaldsgener specielt på disse pladser. Dette er selvom, at der konvektorer til at tage kuldenedfaldet. Om sommeren er problemet et varmenedfald pga. manglende eller ineffektiv solafskærmning.

En del af de undersøgte kontorer var med lav lofthældning fordi at loftet indgår i tagkonstruktionen med tagpapoverflade. Lofthældningen har signifikant betydning for oplevelsen af temperaturforhold. Konstruktionernes opbygning har betydning for solvarmetilskuddet igennem taget og facaden og medfører et varmetilskud til kontoret. Dette er naturligvis positivt om vinteren, hvor det er koldt. Om sommeren medfører det øget varmetilskud og man skal være opmærksom på, at *”Bygningsreglementet (BR15) kapitel 6.2, stk. 2”* stiller direkte krav til dokumentation af det termiske indeklima gennem beregning på solrige dage (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016). Lofthældningen er også signifikant i forhold til færre gener med indelukket luft. Dette skyldes at gennemsnitshøjden i kontorer med lofthældning i gennemsnit er 0,5 m højere og dermed også har en større rumvolumen. Specielt i de kontorlokaler med ovenlysskakte. Den øget volumen lagrer af varme og luftindhold. Selvom CO<sub>2</sub> er tungere end almindelig luft, bliver den blandet med den almindelige luft og kan stige til vejrs med de termiske bevægelser. Åbning af ovenlysvinduer skaber en skorstenseffekt og bedre udluftning af kontoret.

Undersøgelsen viser ikke forskelle i temperaturforhold eller luftskifte som følge af højdemeter over gadeplan. Kun partikelkoncentrationen falder jo højere kontoret er placeret.

Rumdybden har ikke betydning for oplevelsen af kontorarealet. En lang facade har derimod en negativ betydning for oplevelsen af kontorarealet. Med en lang facade hører også flere antal arbejdspladser på kontoret. Jo flere arbejdspladser der er på kontoret – jo lavere er arealet og volumen per personen og dette medfører en dårligere oplevelsen af. Registreringen omfattede også vinduesarealet. Men undersøgelsen indikerer ikke at der er sammenhæng mellem vinduesareal per person og tilfredsheden med kontorets geometri.

Antallet af arbejdspladser på kontoret har signifikant betydning for arbejdstilfredsheden og oplevelsen af forstyrrelser i sit arbejde. Jo flere personer på et kontor – jo større er utilfredsheden. Utilfredsheden med areal og volumen per person er også stigende med antallet af kollegaer der deles kontor med. Dette er fuldt forståeligt, da arealet og volumen per person falder i takt med antal skriveborde. Det er næppe kollegaerne som personer, der er utilfredse med.

Utilfredsheden på større kontorer skyldes også et øget gener med både træk og atmosfærisk indeklima samt øget symptomer. Korrelationsanalysen viser signifikant sammenhæng. Flere undersøgelser viser også, at der er mange flere indeklima problemer som antallet af arbejdspladser i kontorerne stiger. Der er øget problemer med støj, dårligt dagslys og manglede privathed (BrancheArbejds miljøRådet Finans / Offentlig Kontor & Administration og Slots- og Ejendomsstyrelsen, 2008). Ud fra respondenternes besvarelser fremgår det også, at medarbejdere i større kontorer har ringere mulighed for at ændre på indeklimaet og gør det sjældnere.

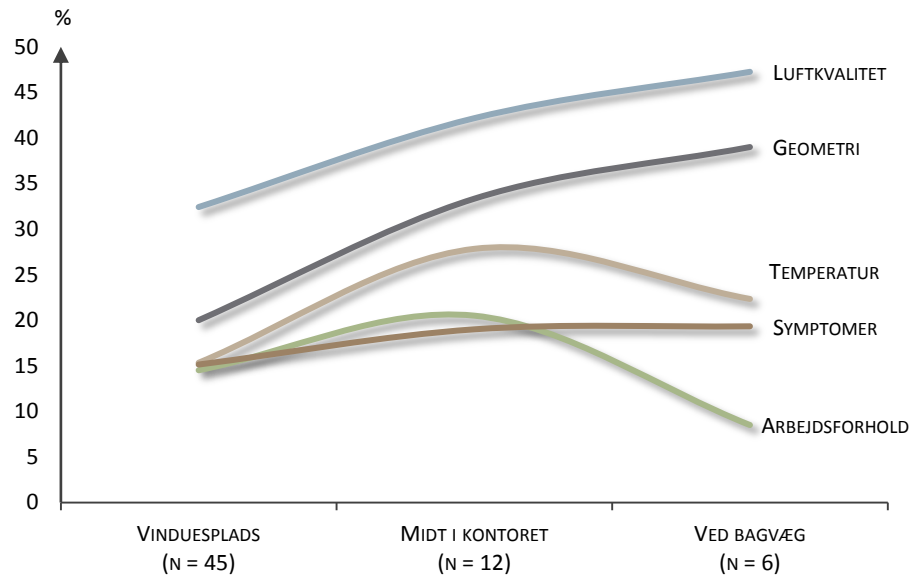
### 6.2.1.3 Placering af skriveborde

Udover antallet af timer ved skrivebordet er tilfredsheden også afhængig af, hvor skrivebordet er placeret i kontoret. Korrelationen viser, at der er signifikant sammenhæng med vinduespladser og høj tilfredshed. Dette er ikke overraskende, da vinduespladserne både kan styre termostaterne, åbne vinduer og ændre på solafskærmningen. Dette er i overensstemmelse en tidligere feltundersøgelse i 1997 (Christoffersen, Petersen, Johnsen, Valbjørn, & Hygge, 1999). Undersøgelsen viste blandt andet; at ansatte, som deler kontormiljø med andre, er mere utilfredse med indeklimaet. Det tydede på, at ringere mulighed for regulering af indeklimaet for den enkelte øgede utilfredshed blandt ansatte. Dette mønster viste sig også i større kontormiljøer, hvor de ansatte placeret midt i kontoret uden "eget" vindue også havde en større utilfredshed. Dette understøttes af Figur 45 som viser tendenserne ud fra respondenternes besvarelser om lidt eller meget generet. Figuren viser forholdet mellem placering og andele utilfredse på denne placering. Eksempelvis er færre kontoransatte med vinduesplads lidt eller meget utilfreds med kontorets geometrien i forhold til ved bagvæggen eller i forhold til luftkvaliteten. Korrelationsberegningen er med absolutte tal og figuren viser relative tal. Derfor kan figuren ikke benyttes til at aflæse korrelationen, men viser derimod tendenser. Tendenserne er tydelige i forhold til utilfredsheden er stigende, jo længere fra vinduet skrivebordet står.

### 6.2.1.4 Elektronisk udstyr

IT-udstyr og placering af printere og fotokopimaskiner er registreret i kontorerne. Der er ikke set på nærmere på energiforbrug eller ibrugtagningstimer. De elektroniske udstyr, så står tændt afgiver blandt andet varme. Dette varmetilskud svarende til vejledende 150 W per arbejdsplads bør reduceres i varme perioder. Med en kWh-pris på ca. 2 kr. kan det også være godt for økonomi ved at slukke maskiner eller sætte på standby, når muligt. Elektronisk udstyr afgiver ikke kun varme men i mange tilfælde også brommerede flammehæmmere og andre flygtige stoffer (VOC), som ikke er sundt at indånde. Fladskærme indeholder eksempelvis også bly. Undersøgelsen omfatter ikke flygtige stoffer, men det er en betragtning. Et enkelt kontor har en lille printer, ellers står fotokopimaskinerne på gangarealer eller i printerrum, hvilket er i overensstemmelse med arbejdstilsynets regler (Arbejdstilsynet, 2008). Der er kun registreret, hvor fotokopimaskinerne er placeret og ikke selve ventilationsforholdene på stederne. Korrelationsanalysen viser, at der er sammenhæng mellem dårligere luftkvalitet, hvis fotomaskinen er placeret tæt på kontoret. Dette er dog tvivlsomt i forhold til hvordan spredning af partikler kan opleves. Det er mere sandsynligt, at der er større støjgener fra en kopimaskine tæt på kontoret. Australiske forskere har undersøgt en række printere for afgivelse af partikler. 40% af printerne afgav partikelforurening i forskellig grad, hvoraf den mest forurenende printer afgav partikler svarende til en tændt cigaret (Congrong, Morawska, & Taplin, 2007). Den registrerede printer var ikke på listen over undersøgte printere, så partikelafgivelsen er ukendt. Elektronisk udstyr bør som udgangspunkt være arbejdsmiljøvenlige, men disse informationer er svære at fremskaffe eller sammenligne produkter (Eggert, 2003). Hvilke stoffer et produkt indeholder er producenten forpligtet til at oplyse indenfor 45 dage iht. artikel 33 i "REACH", som er kemikalielovgivningen gældende for samtlige lande i EU. Producenten er også forpligtet til at give tilstrækkelig information til at produktet kan anvendes sikkert.

Figur 45: Tendenser; for niveauer af relativ utilfredshed ved forskellige placeringer af skrivebord



### 6.2.1.5 Ventilation

Der er undersøgt kontorer med ventilationsformerne; naturlig ventilation, udsugning samt balanceret mekanisk ventilation. Undersøgelsen viser klar signifikans imellem lavt luftskifte og øget gener og symptomer. Personer i kontorer med naturlig ventilation har signifikant mere hovedpine og flere personer føler tungt hoved samt utilpashed og svimmel. Hvorledes CO<sub>2</sub>-koncentrationen forløber over en arbejdsdag er udmærket vist i Figur 36, hvor forskellen mellem naturlig ventilation og mekanisk ventilation er tydelig. Et højere luftskifte pga. ventilationsformen kan også aflæses på højere målingerne af middelluftshastigheden. Dog uden at ventilationsformen medfører trækgener. Et enkelt sted er der ikke længere trækgener efter tiltag er foretaget, se Figur 46.

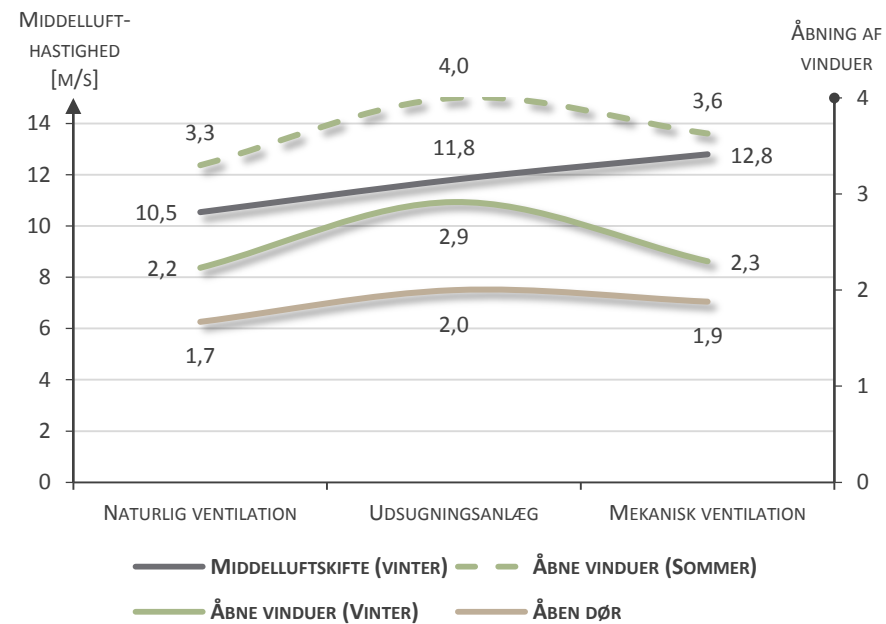
Sammenhængen mellem et lavt luftskifte og ventilationsformen er signifikant og vist på Figur 47. Figuren viser også, hvor ofte døre og vinduer står åbne, angivet fra respondenterne. Der er en tendens til, at døre og vinduer er bliver åbnet lige meget. Udelufttilførslen via vinduer sker på næsten samme niveau i kontorer med naturlig ventilation og mekanisk ventilation, så det øget luftskifte i kontorer med mekanisk ventilation skyldes en konstant indblæsning fra ventilationen. I kontorer med udsugningsanlæg er døre og vinduer oftere åbne for at skaffe erstatningsluft. Men kunne forestille sig, hvis åbning af vinduer lå på samme niveau, som de øvrige ventilationsformer, så ville luftskiftet være lavere. Om sommeren står vinduer mere åbne i end i de vinter måneder undersøgelsen er foretaget i, og dermed vil luftskiftet også ændre sig. CO<sub>2</sub>-koncentrationen vil falde deraf. Den øget udluftning skyldes varme og ikke dårlig luftkvalitet.

Naturlig ventilation er af mange betragtet som naturligt og dermed godt – nærmest økologisk godt. I modsætning til noget dårligt unaturlig ventilation som mekanisk balanceret ventilation. Alle undersøgelsens målinger og korrelationer viser det modsatte. Mekanisk ventilation medfører laver CO<sub>2</sub>-koncentration, højere og konstant luftskifte, færre gener og symptomer for medarbejdere i kontorerne. Udsugningsanlæg ligger kvalitetsmæssigt et sted imellem naturlig ventilation og mekanisk ventilation afhængigt af, hvor erstatningsluften kommer fra og udluftningsniveauet.

Figur 46: Blokering af indlæsning



Figur 47: Forhold mellem ventilationsformer; Åbning af vinduer 1 = aldrig, 2 = en gang om ugen, 3 = flere gange om ugen og 4 = dagligt



## 6.2.2 Brugeradfærd og driftsstyring

### 6.2.2.1 Kontorets demografi

Resultaterne viser, at der ikke er sammenhæng imellem medarbejdernes arbejdsfunktion og de gener, de oplever. Til gengæld er sammenhæng stor mellem antal timer på kontoret og oplevelsen af rumtemperatur. Medarbejderne med mange timer på kontoret oplever færre gener end medarbejder, der kommer og går. Dette kan skyldes, at gående medarbejder, har en større forbrænding end stillesiddende medarbejdere. Derudover er det velkendt, at mennesker er adaptive overfor sine omgivelser. Efter relativ kort tid kan gener ikke oplevedes i samme grad. Det kan derfor ikke afvises, at generne i virkelighed er på samme niveau, men at de "*udearbejdende*" bedre kan mærke generne. Der er næppe fysiologisk forskel på mennesker afhængig af timeantallet ved skrivebordet. De ældre medarbejdere oplever flere gener og symptomer end yngre medarbejdere. Tidligere undersøgelser har vist, at kvinder er mere modtagelige overfor gener og symptomer. I denne undersøgelse er der ikke signifikans mellem køn og mængden af gener eller symptomer. "*Rådhusundersøgelsen*" (Skov, Valbjørn, & Gyntelberg, 1989) viste ligesom denne undersøgelse, at personer med kort arbejdstid på kontoret oplever færre symptomer.

### 6.2.2.2 Mødeaktivitet

I det lokale med det største areal og volumen per person er der i perioder store problemer med at holde et fornuftigt kuldioxidniveau under 1.000 ppm. Dette burde ikke være tilfældet. Årsagen ligger er, at kontoret benyttes som lederkontor for én leder og benyttes samtidig meget til mødeaktivitet med lukket dør. Den lukkede dør bevirker at luftskiftet er lavere end ellers. Kontoret har mekanisk ventilation, men det er uvist, hvor mange personer den er dimensioneret til. I forhold til resten af bygningen, har lederen næsten 3 gange så meget volumen som de øvrige kontoransatte. Deltager bare 2 personer foruden lederen er CO<sub>2</sub>-koncentrationen højere i lederkontoret end i resten af cellekontorerne. Derudover er det problematisk, at ventilationen slukker ved normal arbejdstids ophør, hvorimod lederen forsætter med at arbejde i to timer derefter. Informanterne oplyste også, at der ofte er problemer med luftkvaliteten i mødefaciliteterne.

### 6.2.2.3 Udluftning

Mange af de undersøgte kontorer har normalt åbne døre til gangarealer eller nabokontorer. Undersøgelsen viser, at det mest er yngre kontorpersonale og gerne også kvinder, som har døren åben. I disse kontorer oplever kontorpersonalet mere kulde og flere trækgener end i kontorerne med lukket døre. Gangarealerne har sjældent varmegivere og dermed ofte koldere end kontorerne. Det er nemmere at holde på varmen med lukket dør. Om sommeren og i varme perioder bør dørene stå åbne, fordi åbne døre øger luftskiftet.

Udluftning med åbning af vinduer svarer de adspurgte; at det foretager de en gang i mellem og færrest gange i de mindste kontorer. Nogle steder bliver der foretaget en systematisk udluftning af rengøringspersonalet tidligt om morgenen. Medarbejderne har ikke modtaget en vejledning om at udlufte i løbet af dagen og effekten af udluftning kan ses på Figur 44. Figuren viser, at ved udluftning et par gange om dagen, kan CO<sub>2</sub>-niveauet reduceres betragteligt. Udluftning om morgenen har ingen indflydelse på CO<sub>2</sub>-niveauet.

I nedslaget for en døgnrytme i Figur 36 er det fint illustreret at mekanisk ventilation fastholder et lavere CO<sub>2</sub>-niveau end ved naturlig ventilation. Luftskiftet er også højere for den mekaniske ventilation. Luftskiftet er beregnet som et middelluftskifte i arbejdstiden. Det, som grafen ikke viser, er hvorledes luftskiftet fordeler sig over arbejdsdagen. Den mekaniske ventilation holder luftskiftet mere konstant end ved udluftning. De store fald i CO<sub>2</sub>-koncentrationen ved udluftning skyldes kortvarig meget høje luftskifter. Det pudsige ved disse kontorer er, at hyppigheden for åbning af vinduer er højere end i kontorerne med naturlig ventilation. Uheldigvis medfører disse højventilerede kontorer også flere trækgener hos kontorets personale.

Et øget luftskifte har ikke kun påvirkning på CO<sub>2</sub>-koncentrationen, men også på mængden af partikler i luften i kontoret. På Figur 37 kan ses hvorledes koncentrationen af partikler og CO<sub>2</sub> forløber over en dag. Partikelkoncentrationen i luften øges som følge af luftbevægelser i kontoret enten i form af udluftning eller menneskers aktivitet. I begyndelsen af arbejdsdagen stiger partikel- og kuldioxid-koncentrationerne relativt hurtigt. På CO<sub>2</sub>-koncentrationen kan man se at kontoret enten forlades om formiddagen og til frokost. Hvis disse fald i CO<sub>2</sub>-niveauet skyldes øget udluftning, ville flere partikler hvirvles op. Efter frokost har kontoret et lavt luftskifte, hvilket illustreres af det øget CO<sub>2</sub>-niveau og det faldende partikelniveau i luften. Bemærk at partikelniveauet kun gælder for inde-luften. Hvor mange partikler, der er bundet til henfaldet støv er ikke undersøgt. Vi kan heller ikke sige noget om mængden af partikler, der bortventileres eller tilføres.

#### 6.2.2.4 Påklædning

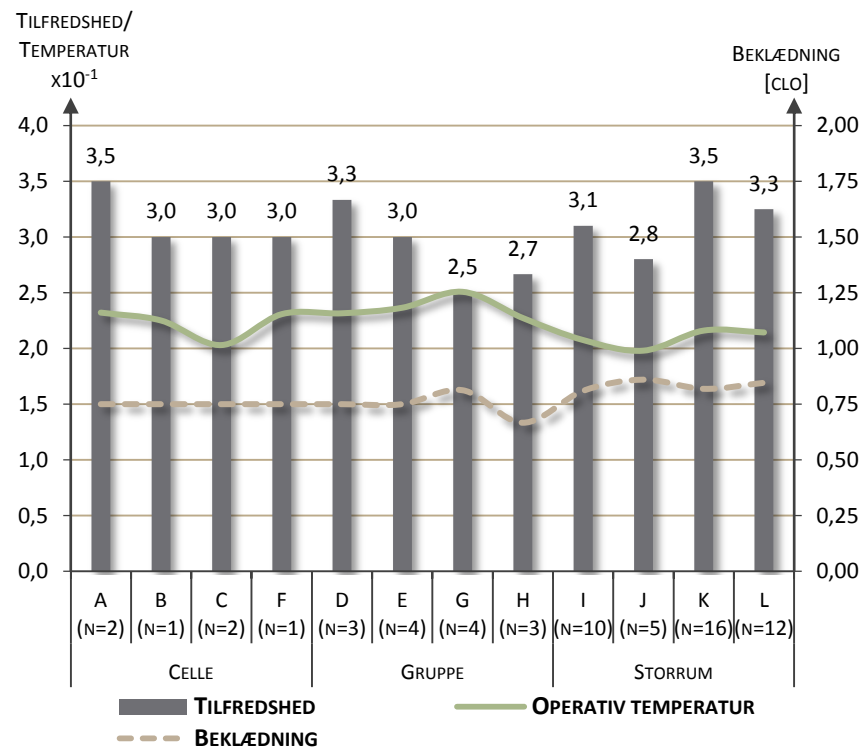
Det mest overraskende resultat er, at næsten alle adspurgte har mindre tøj på kroppen end forventet som vist i Figur 26 i afsnit 5.2.2. "DS/EN ISO 7730" (Dansk Standard, 2006) beskriver nøje, hvilket påklædningsniveau der skal projekteres med. Selvsamme påklædningsniveau videreføres til alle vejledninger fra Arbejdstilsynet, BAR eller andre relateret standarder. "DS/EN ISO 7730" foreskriver (Dansk Standard, 2006) en påklædning om vinteren svarende til 1,00 clo og 0,50 clo om sommeren. I spørgeskemaundersøgelser blev der adspurgt om både vinter og sommerbeklædning. Gennemsnitspåklædningsniveauet blandt de adspurgte er omtrent 0,50 clo om sommeren og ca. 0,80 clo resten af året. Den ensartede påklædning indikerer, at der er uformelle påklædningsregler på kontorerne. Der er ikke stor forskel på kontorer eller arbejdsfunktioner. Det er værd at bemærke at standardbeklædningen foreskrevet i "DS/EN ISO 7730" (Dansk Standard, 2006) er fra en anden tid, hvor moden var anderledes. Dog er det mest chokerende, at der ikke er signifikans mellem tilfredshed med rumtemperatur og påklædning. Dette er vist i Figur 48. Til gengæld er der stor sammenhæng mellem alle former for træk og kuldene-fald samt kolde overflader og temperaturstråling og beklædning. Her stiger tilfredsheden i takt med mængden af tøj en person ifører sig. Dette giver i højere grad mening, men man skal være opmærksom på, hvor på kroppen en person vil føle kulde. De blotlagte kropsdele (nakke, ankler og hænder) er mere udsatte end igennem tøjet.

#### 6.2.2.5 Individuel styring

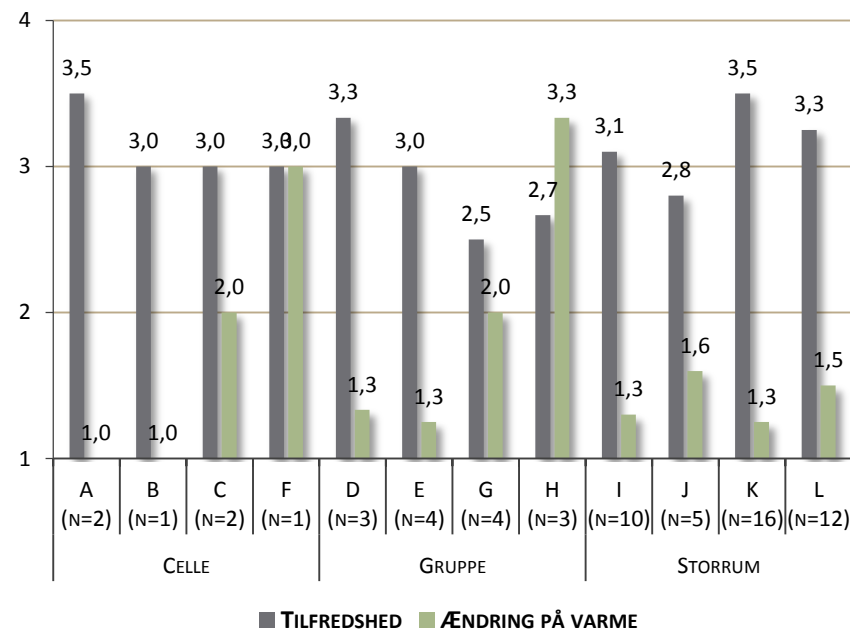
Informanterne oplyser, at medarbejderne løbende selv ændrer på temperaturen i kontorerne. Dette underbygges af Figur 24 i afsnit 5.1.3 der viser, at medarbejderne generelt ændrer på temperaturen flere gange om ugen. Sammenhængen mellem tilfredshed med rumtemperaturen og, hvor ofte, der ændres på varmen, er signifikant med en korrelation på -0,38, hvilket betyder at jo mere varmen ændres, des højere er tilfredsheden med temperaturen. Medarbejdernes gennemsnitlige hyppighed for ændring på varmen kan ses på Figur 49. Det interessante ved figuren er, at medarbejderne i de mindste kontorer ændrer sjældent på varmen til trods for, at de medarbejdere har den bedste mulighed for at gøre det. I storrumskontorerne har færrest medarbejdere mulighed for at ændre på varmen, hvilket også resulterer i en lav andel af medarbejdere, der rent faktisk ændrer på varmen. Dog viser korrelationen mellem medarbejdernes mulighed for at ændre på varmen, og hvor ofte dette gøres er ikke signifikant. Medarbejder med gulvvarme føler, at de ikke har mulighed for at ændre på varmen trods zoneopdeling med styringsenhed for hver zone opsæt på væggen. Der er ikke stor forskel i oplevelse og gener ved temperaturforhold mellem gulvvarme og radiatoropvarmning. De fleste medarbejdere har mulighed for at justere på ventilationen, men det er de færreste, som gør dette. Nogle steder bliver ventilationen nedsat pga. støjgener herfra.



Figur 48: Påklædning og tilfredshed med rumtemperatur: 1: Meget utilfreds, 2: Utilfreds, 3: Tilfreds, 4: Meget tilfreds. Medarbejdernes gennemsnitlige beklædning, fordelt på kontortype, holdt op imod gennemsnitligt tilfredshed med rumtemperaturen og den operative temperatur



Figur 49: Tilfredshed med rumtemperatur vs hvor ofte medarbejderne ændrer varmen; Hyppighed: 1: Aldrig, 2: En gang om ugen, 3: Flere gange om ugen, 4: Dagligt. Tilfredshed: 1: Meget utilfreds, 2: Utilfreds, 3: Tilfreds, 4: Meget tilfreds. Medarbejdernes gennemsnitlige hyppighed for åbning af vinduer, fordelt på kontortype, holdt op imod gennemsnitligt tilfredshed med rumtemperaturen



### 6.2.2.6 Instruktion

Nyere bygninger skal overholde en række krav til termisk indeklimaet, som ældre bygninger ikke nødvendigvis skal. Et af de "skjulte" krav er, at der skal være en *brugervejledning* ud over drifts- og vedligeholdelsesvejledningen. Dette viste sig *ikke* at være tilfældet i nogen af bygningerne. Det er forståeligt med de ikke fornyeligt ombygget gamle bygninger men ikke for nye bygninger omfattet af kravet. Det er tankevækkende at end ikke driftspersonalet er bekendt med kravet. Brugervejledningen burde indeholde informationer om styring og regulering af varmeanlægget og det termiske indeklima herunder også anvisninger om energioekonomisk drift (Dansk Standard, 2013b). I spørgeskemaundersøgelsen er der ud over brugermanual også adspurg om, der er adfærdsregler på kontoret eller om medarbejderne har modtaget en instruktion til kontoret. Dette er generelt heller ikke tilfældet. Driftspersonalet giver instruktioner ved klager eller når de kommer rundt i bygningerne. På en enkelt adresse, som omfatter ca. ¼ af kontorerne i undersøgelsen, er der ved at blive udarbejdet en vejledning i, hvordan medarbejderne kan påvirke indeklimaet. De øvrige steder er der ikke lignende tiltag.

Med baggrund i "*Arbejds miljøloven*" eksisterer der 11 branche-arbejds miljøråd (BAR), som består af repræsentanter fra både arbejdstagere og arbejdsgivere, og disse vejleder om arbejdsmiljø. Flere af disse BAR beskriver vigtigheden at have nogle "*leveregler*" på kontorer – især i større kontorer. Levereglerne omfatter ikke kun temperaturforhold, men også andre forhold som eksempelvis; hvor højt telefonerne må ringe, eller sidste mand på kontoret slukker lyset osv. Adfærd og kultur på kontorerne hænger sammen, og levereglerne kan nemt blive til ledelsesregler, hvilket medfører med problemer med det psykiske arbejdsmiljø. Om et kontormiljø vil have leveregler, nedskrevet eller ej, er en balancegang imellem frihed og rammer (BrancheArbejds miljøRådet Finans / Offentlig Kontor & Administration og Slots- og Ejendomsstyrelsen, 2008).

BAR beskriver også vigtigheden af at brugerne er inddraget i projekteringen af en ombygning, flytning eller nybyggeri. Der er ikke adspurgt om medarbejderne har deltaget i en sådanne proces, men vurderet alene ud fra de adspurgtes manglende viden om drift af deres kontorer, vurderes det ikke at være tilfældet. Det virker til at være naturligt, at alle ved, hvordan indeklimaet og de tekniske installationer fungerer sammen. Medarbejderinddragelse har ofte fokus på medarbejdernes placering – i hvilket kontor, hvor skal man sidde og ved siden af hvem.

### 6.2.2.7 Driftsorganisationens indsats

I alle bygninger er driftspersonalet meget behjælpelige ved klager og udfører en del "brandslukning", hvor problemer løses med midlertidigt, men arbejder også med finder permanente løsninger såsom indvendig efterisolering af kolde overflader. Det er godt og vigtigt for kontorpersonalet at driftsorganisationen tager deres henvendelser seriøst og at problemerne løses løbende.

Generelt har 10% af medarbejderne ofte dårlig luftkvalitet, hvilket svarer fint overens med driftspersonalets oplevelse af luftkvaliteten. Driftsorganisationerne modtager kun klager over tung luft om sommeren. På en enkelt adresse er der også klager over tør luft, hvilket svarer overens besvarelsenerne i spørgeskemaundersøgelsen. På flere adresser er der klager over toiletluft eller madlugt. Der er på én adresse en uheldig konstruktion, hvor kanalerne fra toiletterne kører på samme kanal som kontorlokalerne. På en anden adresse sidder udsugning og indblæsningen på taget tæt på hinanden, så snavset luft kan blive recirkuleret. Driftsorganisationerne er meget behjælpelige med at afhjælpe problemerne med ventilationen. Både ved at foretage justeringer på ventilationsanlæggene eller frembringe forbedringsforslag.

Grupperum og storrumskontorer er udfordret ved uens opvarmningen pga. brugernes løbende ændringer. I de fleste af de store kontorer pågår et projekt med intelligente termostater for at modvirke uensigtsmæssighederne. I modsætning til brugerne, ændrer driftspersonalet ikke på opvarmningen i løbet af året. Varmeanlæggene følger af et årstidsstyringsprogram. Omkring halvdelen af de undersøgte kontorer har natsænkning til ca. 19 grader på enten varmeanlægget eller ventilationsindblæsningen.

Dette gøres ud fra et ønske om at køre med energiøkonomisk drift. Det er også økonomisk fornuftigt. Driftspersonalerne oplever dog en del klager heraf om morgenen – specielt mandag morgen. I undersøgelsens logningsperiode, februar og marts, har de omfattede kontorer med natsænkning ikke haft en morgen-lufttemperatur under 20 grader celsius. Målingerne og beregningerne viser lufttemperatur værende ca. 1 grad celsius højere end den operativ temperatur. Hvis vi antager, at dette også er gældende om morgenen, vil det operative temperatur være i komfortområdets nedre grænseområdet.

Kølig morgen-lufttemperatur er ikke en udfordring om sommeren, hvor solen har opvarmet kontorerne ved mødetid. Det er et krav i "DS 469" (Dansk Standard, 2013b), at rumtemperaturen ved kontorets ibrugtagning ikke må være lavere end 22 °C på varme dage. Dette er for at modvirke en voldsom temperaturstigning i løbet af arbejdsdagen. Nogle af de højeste målte temperaturstigninger er foretaget i kontorerne med natsænkning. Der er ikke målt stor forskel på middeltemperatur og højeste temperatur på kontorer med eller uden natsænkning.

Alle ventilationsanlæg er tidsstyret og ingen er CO<sub>2</sub>-styret. Ventilationsanlæggene kører med en indblæsningstemperatur på 21-22 grader, og der er ikke køling på nogen af kontorerne. Driftspersonalet foretager planlagte ændringer af ventilationsanlæggene ved skifte mellem sommer- og vinterperioderne.

## 6.2.3 Oplevelser og symptomer

### 6.2.3.1 Temperaturforhold

Der er en række forhold, der er værd at kigge nærmere på, når det gælder medarbejderne oplevelse af den operative temperatur, holdt op i mod den målte, og der hvor der er en korrelation med symptomer. Det fremgår af Figur 25 i resultatafsnittet, at utilfredsheden omkring den operative temperatur er beregnet til værende 7%.

Dog viser spørgeskemaundersøgelsen noget andet, nemlig at den faktiske utilfredshed er tre gange så høj. Denne tendens tegner sig på tværs af kontortyperne, hvor det også fremgår, at utilfredsheden med den operative temperatur er høj i de tre forskellige kontortyper, når det holdes op i mod den målte. Af Tabel 25 fremgår det, at den gennemsnitlige operative temperatur i kontorlokalerne, er beregnet til kvalitetsmål, kategori B. Men på grund af at en score lander udenfor kategori, så resulterer det i en samlet score udenfor kategori.

Det fremgår af Tabel 30, at der er en signifikant sammenhæng mellem oplevelse af rumtemperatur og kolde overflader som vinduer og vægge samt loft og ovenlys. Ift. symptomer, så viser der sig også at være en signifikant sammenhæng mellem medarbejdernes oplevelse af hæshed eller ondt i halsen og oplevelsen af kolde overflader som loft og ovenlys. Lufthastighedsmålinger foretaget i kontorlokalerne, viser ikke nævneværdigt kuldenedfald fra ovenlys.

I forhold til medarbejdernes oplevelse af indelukket luft i kontorlokalerne, så kunne man forvente, at der var en sammenhæng mellem den operative temperatur og oplevelsen af indelukket luft. Det fremgår dog af Figur 43, at der ikke er nogen signifikant korrelation mellem denne og den gennemsnitlige operative temperatur. Som udgangspunkt ligger den højeste gennemsnitlige operative temperatur, på omkring 25 °C, i gruppekontorer med udsugningsanlæg. Her er hyppigheden for oplevelsen af indelukket luft også størst. Men idet at der ikke er en signifikant korrelation mellem disse, så er der tale om et sammenfald.

Når medarbejderne kan have svært med at sondere mellem oplevelsen af den operative temperatur og temperaturvariationen i løbet af en arbejdsdag, så er det meget sandsynligt at oplevelsen af temperaturvariationer i løbet af en arbejdsdag kan være direkte årsag til oplevelsen af utilfredshed med den operative temperatur. Foruden lufttemperaturen, så indeholder den operative temperatur også træk og varmestråling.

Som udgangspunkt så viser målingerne af lufthastighederne, at der generelt er meget lidt luftbevægelse i de givne målepunkter. Derfor ligger den beregnede tilfredshed på under 1%, i forhold til oplevelsen af træk gener i kontorlokalerne. I forhold til den reelle oplevelse og utilfredshed omkring træk gener, så tegner der sig især et højt niveau omkring cellekontorer.

Som det fremgår af Figur 29, så er det cellekontorerne der i særdeleshed oplever utilfredshed omkring kolde overflader, i retning fra vægge og vinduer samt fra loft og ovenlys. For at kunne identificere hvilket kontor der var tale om, opstiller Figur 30 de enkelte cellekontor der indgår i undersøgelsen og dermed kunne synliggøre en eventuel årsag. Det der gør udslaget ift. utilfredsheden med den vandrette strålingssymmetri i cellekontorerne, er en enkelt medarbejder med ryggen mod en kold gavlvæg.

Der er ikke nogen signifikant sammenhæng mellem træk og kuldenedfald fra vinduer og vægge samt lofter og ovenlys, og medarbejdernes oplevelse af symptomer.

### 6.2.3.2 Luftskifte og CO<sub>2</sub>-koncentration

Når det gælder medarbejdernes oplevelse af indelukket luft, så er der her en signifikant sammenhæng mellem den målte CO<sub>2</sub>-koncentration og oplevelsen af indelukket luft; det gælder også gener som koncentrationsbesvær og hovedpine, i henhold til Tabel 33. Ser vi nærmere på Figur 36, et nedslag i døgnrytmen for de fire storrums-kontorer, så viser den med tydelighed, at kontorerne med balanceret mekanisk ventilation holder CO<sub>2</sub>-koncentrationen nede på et meget fornuftigt niveau i løbet af arbejdsdagen, mellem 400 og 800 ppm. Kontorerne med naturlig ventilation ligger omkring det kritiske niveau, og over dette niveau, såfremt der ikke foretages udluftninger i løbet af en arbejdsdag.

Ifølge Bjarne W. Olesen, centerleder ved DTU BYG, så gælder det: *"Dårligere luft vil ikke få folk til at falde døde om, men dårlig luft gør folk sløve sidst på dagen, og det koster på produktiviteten."* (Ingeniøren, 2016). Han anslår desuden, at lav produktivitet, træthed og sygefravær, der er konsekvenserne af et dårligt indeklima, medfører et årligt tab for danske virksomheder på 10 - 30 mia. kr. Han understreger samtidig, at prisen for et bedre indeklima er forholdsvis lav i forhold til de store produktivitetstab. Virksomheder kan blandt andet forbedre indeklimaet ved at lufte ud regelmæssigt, installere mekanisk ventilation og placere elektroniske apparater i et særskilt lokale (Lassen, 2009).

Ved en reduceret arbejdsydelse i forbindelse med luftkvalitet, bliver CO<sub>2</sub>-koncentrationen ofte anvendt som måleenhed. Desto højere koncentration af kuldioxid, desto dårligere arbejdsydelse og koncentrationsevne. Årsagen skal nødvendigvis ikke findes i selve CO<sub>2</sub>-koncentrationen, men kan muligvis findes i alt det andet som mennesker ind- og optager i kroppen. Dette er blevet undersøgt nærmere af nogle forskere på DTU, med Pawel Wargocki, lektor ved DTU BYG, i spidsen. Undersøgelsen har fået den engelske titel: *"Effects of Exposure to Carbon Dioxide and Bioeffluents on Perceived Air Quality, Selfassessed Acute Health Symptoms and*

*Cognitive Performance"* (Zhang, Wargocki, Lian, & Thyregod, 2016). I undersøgelsen har forskerne udsat en række forsøgspersoner for et miljø i forsøgskamre, hvor der er ren luft tilsat enten ren CO<sub>2</sub> eller bioeffluenter. Ved undersøgelsen blev der taget udgangspunkt i tre forskellige koncentrationer af CO<sub>2</sub>: 500, 1.000 og 3.000 ppm. Undervejs er der blevet spurgt ind til deres velbehag og har fået testet deres arbejdsydelse. Resultaterne ved undersøgelsen har vist, at høj påvirkning af bioeffluenter fremkalder akutte symptomer som *træthed, hovedpine og koncentrationsbesvær*, hvilket fremgik af forsøgspersonernes evne til at løse de stillede opgaver. Sammenlignet med CO<sub>2</sub>-koncentrationen på 500 ppm, ville en reduktion af udelufttilførsel, der tillader koncentrationen af bioeffluenter at stige til et niveau, hvor CO<sub>2</sub>-koncentrationen stiger til 3.000 ppm, reducere tilfredsheden med luftkvaliteten, blandt de besøgende, væsentligt. Ydermere ville intensiteten af generelle akutte sundhedsmæssige symptomer stige, dog uden at øge om slimhinde symptomer (Zhang, Wargocki, Lian, & Thyregod, 2016).

I tråd med ovenstående undersøgelse, så viser undersøgelserne i nærværende rapport, at der er en signifikant sammenhæng mellem CO<sub>2</sub>-koncentrationen og udtalt træthed, hovedpine og koncentrationsbesvær, iht. Tabel 35. Derfor er det vigtigt at ventilere den dårlige luft væk, som ved Figur 10. Dvs. at CO<sub>2</sub>-koncentrationen holdes indenfor et acceptabelt niveau, enten ved mekanisk balanceret ventilation, evt. CO<sub>2</sub>-styret, eller ved at lufte ud med gennemtræk, flere gange dagligt.

Forskningsresultater fra USA peger dog på høj CO<sub>2</sub>-koncentrationen som en direkte årsag til en reduceret arbejdsydelse. En undersøgelse fra 2012, påpeger at ren CO<sub>2</sub> i sig selv kunne have indflydelse på raske, voksne menneskers arbejdsydelse. Allerede ved en forskel fra 600 til 1.000 ppm var der en nedgang i kvaliteten af arbejdsydelsen (National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2016). Ydermere har en anden

undersøgelse fra 2014 vist, hvad der sker med forsøgspersonernes arbejdsydelse, når de bliver udsat for bioeffluenter, i form af en CO<sub>2</sub>-koncentration på henholdsvis 800 og 1.800 ppm. Her viste sig at være en lille statistisk signifikant effekt på selve arbejdsydelsen, men ikke på helbredssymptomerne (Indoor Air (International Journal og Indoor Environment and Health), 2016). Effekten her viste sig at være væsentlig mindre end den, der blev angivet ved undersøgelsen fra 2012, der udsatte forsøgspersonerne for ren CO<sub>2</sub>. Den danske undersøgelse fra DTU understreger, og det vurderes også at være gældende for de amerikanske undersøgelser, at fremtidige studier er nødvendige for at bestemme den tærskel, ved hvilket bioeffluenter har sundhedsskadelige virkninger på mennesker, og at afsløre de underliggende mekanismer for bioeffluenter påvirkning af opfattelsen af luftkvalitet, sundhedsmæssige symptomer og kognitive præstationer.

Det gælder for vores målte CO<sub>2</sub>-koncentration over to måneder, holdt op i mod den oplevede luftkvalitet, herunder også de almene symptomer, at der er en signifikant sammenhæng mellem CO<sub>2</sub>-koncentrationen og opfattelsen af luftkvaliteten samt forøgelsen af slimhinde symptomer. De kognitive præstationer har vi afgrænset os fra i nærværende rapport. Kigger vi isoleret set på CO<sub>2</sub>-koncentrationen, så stemmer disse resultater ikke overens med de resultater der foreligger fra de tidligere omtalte undersøgelser, når det gælder slimhindsymptomer. Vores resultater for CO<sub>2</sub>-koncentrationen skal derfor også se i relation til Figur 36, hvor den signifikante korrelation mellem luftskifte og CO<sub>2</sub>-koncentration fremgår. På baggrund heraf kan vi ikke afvise at selve luftskiftet har en indflydelse på hvordan medarbejderne oplever de almene symptomer, og herunder også slimhinde symptomer.

Når det handler om dimensionering af tilstrækkelig ventilation ved nybyggeri, for blandt andet at sikre at lav CO<sub>2</sub>-koncentration i de givne lokaler,

for blandt andet at sikre at lav CO<sub>2</sub>-koncentration i de givne lokaler, så henviser "bygningsreglementet" (BR15) til "Dansk standard DS 447 for "Ventilation i bygninger" og til "Dansk standard DS 469" for "Varme- og køleanlæg i bygninger". Som tidligere nævnt under afsnit 3.3.2, så sætter BR15 som krav, for andre bygninger end beboelsesbygninger: "at CO<sub>2</sub> indholdet i indeluften ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. CO<sub>2</sub>" (Trafik- og Byggestyrelsen, 2016).

I hørings svar til *Energistyrelsen* ifm. BR15, anførte DTU, at der bør henvises til "Dansk standard for DS/EN 15251 vedrørende indendørs luftkvalitet". Den europæiske standard opdeler nemlig bygninger i tre klasser, alt efter hvor stor luftforureningen er fra de materialer, der er brugt i bygningen og indretningen. Det vil sige, at desto mere forurening der er, desto højere bliver ventilationskravet (Ingeniøren, 2016). I forhold til hørings svaret, så vurderede Energistyrelsen ikke, at det var hensigtsmæssigt at henvide til "DS/EN 15251", idet at "standarden lægger op til væsentligt højere niveau for ventilation og ville derved kunne give ikke-ubetydelige ekstraomkostninger for byggeriet uden at indeklimaet nødvendigvis forbedres" (Energistyrelsen - Center for Bygninger, 2016). Derfor blev der ikke foretaget yderligere ændringer til indeklimakravene.

Bjarne W. Olesen, centerleder ved DTU BYG, påpeger, at det gældende bygningsreglement vil resultere i væsentlig mindre udluftning end kravene i den europæiske standard, både når det gælder enkeltmandskontorer og storrumskontorer. Som tidligere nævnt sætter "BR15" som krav, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen ikke i længere perioder overstiger 0,1 pct. i for eksempel et enkeltmandskontor, mens "DS/EN 15251" stiller som krav, at der max må være 750 ppm. Bjarne W. Olesen understreger derfor: "Hvis nye kontorer kun overholder bygningsreglementets minimumskrav vedrørende CO<sub>2</sub>-koncentrationen, så vil det koste samfundet dyrt" (Ingeniøren, 2016).

### 6.2.3.3 Partikler

I forbindelse med målingen af partikelkoncentrationen i kontorlokalerne, så fremgår resultaterne af Tabel 24. For samtlige kontorlokaler foreligger der resultater for  $PM_{0,1}$ , mens der for kontorlokale C, I og K også foreligger resultater for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ . I forbindelse med spørgeskemaundersøgelsen har det ikke været muligt at spørge medarbejderne ind til "oplevelsen" af partikelkoncentrationen i indeluften, og vi har derfor afgrænset projektet fra kliniske undersøgelser. Derfor tager denne diskussion afsæt i de resultater der foreligger og andre resultater, som for eksempel trafiktællinger, samt andre forskningsprojekter omkring partiklers indflydelse på menneskers helbred og årsagen hertil.

Under teoriafsnittet 3.3 fremsættes en række vejledende retningslinjer fra WHO for både inde- og udeluft, der skal nedbringe de negative helbredsmæssige påvirkninger som følge af luftforureningen. I forhold til et års gennemsnit, så er grænseværdierne for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ , henholdsvis 10 og 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Når det gælder et 24-timers gennemsnit, er grænseværdierne for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ , henholdsvis 25 og 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I nærværende rapport præsenteres der kun resultater for 24-timers samt en arbejdsdags interval. En fremskrivning af et 24-timers gennemsnit til et års gennemsnit, anses ikke for at give et retvisende billede for de givne kontorlokaler. WHO uddyber førnævnte tilladelige koncentrationer, samt de tilhørende eksponeringstider, gældende for et års gennemsnit, at det er de laveste niveauer, hvor dødeligheden, grundet kardiopulmonale symptomer og lungekræft, har vist sig at stige, med mere end 95% sikkerhed, som reaktion på langvarig eksponering for fine partikler  $PM_{2,5}$ . Det gælder for 24-timers gennemsnittet, at det er baseret på forholdet mellem 24-timers og det årlige  $PM_{2,5}$ -niveau.

Som eksempel på baggrundsbilledet for København, tages afsæt i H. C. Andersens Boulevard, hvor trafik tættheden er på omkring 70.000 motor-køretøjer om dagen. Her ligger den daglige (april 2016) gennemsnitskoncentration på omkring 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{10}$  og 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{2,5}$  (Aarhus Universitet - Institut for Miljøvidenskab, 2016). Tidligere (2011) registreringer fra Københavns Kommune, viser andelen af køretøjers luftforureningsparametre, ved samme målestation, som følgende for fine partikler  $PM_{2,5}$ : Personbiler 11%, varebiler 4%, lastbiler under 32T 2%, Lastbiler over 32T 0,2%, busser 0,7%; resten udgør by-baggrunden. For grove partikler  $PM_{10}$ : Personbiler 17%, varebiler 5%, lastbiler under 32T 3%, Lastbiler over 32T 0,4%, busser 2%; resten udgør by-baggrunden.

De målte resultater for kontorlokale C, I og K, fremgår af Tabel 24. 24-timers gennemsnittet ligger her på C: 0,5; I: 0,2 og K: 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{2,5}$  og C: 0,1; I: 0,1 og K: 0,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{10}$ . I forhold til WHO tilladelige koncentrationer, så ligger niveauet ved disse kontorer langt fra det kritiske niveau. Her skal man være opmærksom på, at gennemsnittet over 24-timer, giver en andet billede end gennemsnittet i arbejdstiden.

Kigger vi nærmere på Figur 39, et nedslag i kontorlokale C d. 15. marts 2016, så ser vi at medarbejdernes tilstedeværelse i kontorlokalerne har en væsentlig indflydelse på koncentrationen af grove partikler  $PM_{10}$ . Gennemsnittet ligger på 6,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , med en højeste enkeltstående registrering på 34,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ud fra grafen kan medarbejdernes aktivitetsniveau aflæses, og formodes dette også at være årsagen til at de grove partikler op-hvirvles i løbet af arbejdsdagen. Dette stemmer også overens med Figur 13, der indikerer at grove partikler  $PM_{10}$ : Vejslid, svampeporer, bakterier og husstøvmide fæces, forskyder sig omkring 0,8 cm per sekund. På den anden side har de også så stor en masse, se Figur 50, at antages at falde til ro, sedimentere, som en funktion af deres størrelse i henhold til Figur 13.



Når WHO opstiller en række grænseværdier for personers eksponering af grove og fine partikler, er det relevant at se nærmere på tidsintervallet for eksponeringen. Som udgangspunkt gælder grænseværdierne for et års og 24-timers gennemsnit. Tages der udgangspunkt i et gennemsnits årsværk, med 40-timers arbejdsuge, så tilbringer medarbejderen kun omkring en femtedel af et år på selve arbejdspladsen. Resten af tiden tilbringes hjemme, andre steder eller udenfor. Derved er det ikke muligt entydigt at konkludere, at medarbejderne i nærværende undersøgelse ikke bliver udsat for større eksponering af grove og fine partikler, der overstiger grænseværdierne opstillet af WHO.

Det har stor indflydelse på den akkumulerede eksponering, hvorvidt medarbejderne bor eller opholder sig tæt ved en hovedvej, set i forhold til vejslid; er ekstra udsatte for bakterier udenfor arbejdstid; eller har en acceptabel rengøringsstandard, set i forhold til husstøvmider. Det er de fire sidste femtedele af tiden, udenfor arbejdstiden, der er de afgørende, set i forhold til et års gennemsnit. Det samme gælder for 24-timers gennemsnittet.

Hvor WHO fremsætter nogle grænseværdier for  $PM_{2,5}$  og  $PM_{10}$ , fremsættes der ikke tilsvarende grænseværdier for  $PM_{0,1}$ . I denne rapport tager vi afsæt i P-indekset, beskrevet under afsnit 4.4.2.2. P-indekset betegner den relative sundhedsrisiko, der er forbundet med  $PM_{0,1}$ , og antages at være proportional med partiklernes overfladeareal pr. luft volumen. Af Tabel 24 fremgår minimums-, maksimums- og gennemsnitsmålingerne samt P-indekset for kontorlokalerne. Med de resultater der foreligger, har kontorlokale B det laveste gennemsnitlige P-indeks på 0,7 og kontorlokale K har det højeste gennemsnitlige P-indeks på 2,0. Iht. til Tabel 20, varierer luften fra meget ren til lidt forurenet.

Ydermere fremgår det af Figur 37, at partikelkoncentrationen fordobles fra forstad til bymidte og tilsvarende fra bymidte til havn. Ved forstad viser trafiktællinger, at der kan regnes med 1.181 motorkøretøjer i gennemsnit i arbejdstiden, i bymidte 2.962 køretøjer og ved havn 3.199 køretøjer. Denne stigning og variation kan sandsynligvis forklares ved stigning i antallet af køretøjer, og at de ultrafine partikler blandt andet udledes af udstødning fra diesel- og benzinbiler. Korrelationskoefficienten mellem antallet af motorkøretøjer og  $PM_{0,1}$  er signifikant, hvilket betyder, at der ved et stigende antal køretøjer sker en forøgelse af partikelkoncentrationen i kontorlokalerne.

En anden interessant iagttagelse er illustreret i Figur 38, hvor koncentration af  $PM_{0,1}$  stiger i forhold til de lave højdemeter. Her støder man ind i en diskussion om, hvor højt de ultrafine partikler bevæger sig. Som udgangspunkt har disse partikler ikke en stor masse, men til gengæld er de mange i antal, se Figur 50. Når vi taler om ultrafine partikler, så sker forskydningen ved diffusion og ikke sedimentation. Som udgangspunkt indikerer vores resultater, at partikelkoncentrationen er aftagende i forhold til højdemeterne. Her skal der dog foretages yderligere undersøgelser for at kunne analysere nærmere på, hvor højt de ultrafine partikler diffunderer.

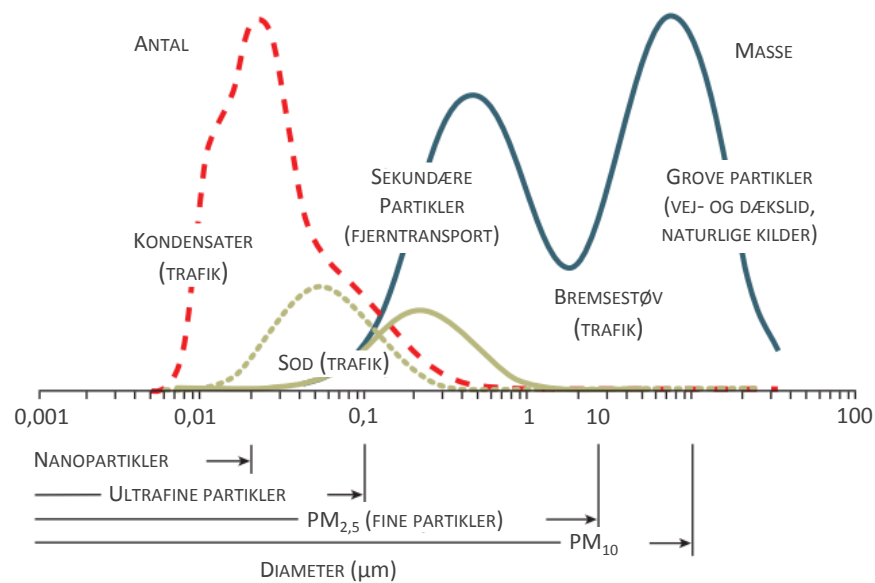
Til trods for at partikelkoncentrationen er relativt lav i danske byer, sammenlignet med byer i flere andre lande, så ses der også indikationer på alvorlige sundhedseffekter forårsaget af luftforureningen i Danmark. Luftvejssygdomme, hjertekarsygdomme og kræft er blandt andet relaterede til udsættelsen for partikelforurening. På verdensplan vurderes, at partikelforurening årligt er skyld i omkring 2 millioner for tidlige dødsfald, svarende til omkring 4% af alle dødsfald (Dansk Byplan Laboratorium, 2016).

Københavns Kommune fik i 2013 udarbejdet en videnskabelig rapport omkring sundhedseffekter og relaterede eksterne omkostninger af luftforurening i København (DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2013). Heraf fremgår det blandt andet, at det totale årlige antal tilfælde af for tidlige dødsfald i 2010. I hele Hovedstadsregionen, var omkring 1.500, hvoraf omkring 540 var indenfor Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune. De for tidlige dødsfald skyldes som udgangspunkt primært såkaldte kroniske dødsfald, der forårsaget af langtidspåvirkning af luftforurening i modsætning til såkaldte akutte dødsfald, som skyldes kortere tidsperioder med forhøjede koncentrationer. Af dem der dør for tidligt på grund af luftforurening, er det især ældre svagelige, samt personer der i forvejen lider af hjertekarsygdomme og luftvejslidelser. Dødsfald blandt spædbørn udgør kun en meget lille del.

Foruden for tidlige dødsfald forårsager partikelforurening mange tilfælde af sygelighed. Det gælder kronisk bronkitis og gener for børn og voksne med astma, hospitalsindlæggelser i forbindelse med luftvejslidelser og blodprop i hjernen, tilfælde af hjertesvigt, lungekræft, samt mange med nedsat aktivitet der resulterer i sygedage (DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2013).

Set ift. sundhedseffekterne, så er der stor uvished omkring, hvilke typer af partikler, herunder både størrelse og kemisk sammensætning, der forårsager de største effekter. Internationale undersøgelser viser dog en klar sammenhæng mellem koncentrationen af partikler mindre end  $PM_{2,5}$  og for eksempel for tidlige dødsfald. Med nuværende viden kan man ikke kvantitativt skelne mellem sundhedseffekterne af partikler med forskellige størrelser og kemiske sammensætninger (DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 2013).

Figur 50: *Principskitse for partikelfordelingen ved en typisk bygade; Partikelforureningen kan opgøres efter vægt og efter antal. Stiplet kurve: antal partikler. Fuldt optrukken kurve: massen. (Dansk Byplan Laboratorium, 2016)*



#### 6.2.3.4 Generelle symptomer og gener ved indeklimaet

I afsnit 3.1.3 beskrives hensigten med og anvendelsen af *"Normalmaterialet"* til *"Glostrupskemaet"*. De resultater som angives i *"Normalmaterialet"*, angives med henholdsvis medianen og 90%-percentilen for forekomsten af symptomer, infektioner, allergier samt klager over gener ved indeklimaet og det psykosociale arbejdsmiljø. I dette afsnit er fokus rettet i mod to af disse områder, nemlig *"Normalmaterialet"* for symptomer og gener ved indeklimaet, med medianen der angiver, at halvdelen af de medvirkende virksomheder ligger under den givne værdi.

Med afsæt i *"Normalmaterialet"*, bør man som udgangspunkt ikke ligge over 90%-percentilen, og ønsker man en høj kvalitet i arbejdsmiljøet, bør man sætte sig som mål at komme under værdien for medianen. Som udgangspunkt kan hverken medianen eller 90%-percentilen anses for at være en tærskelværdi, idet at det ikke er muligt at angive en tærskelværdi for hvor mange medarbejdere, der højst må klage over et givent forhold i indeklimaet, før man risikerer at få gener eller symptomer. Derimod anses medianen som anvendelig i forhold til prioriteringen af handlinger i for eksempel arbejdspladsvurderingen.

I forhold til den generelle oplevelse af symptomer blandt de adspurgte medarbejdere, så fremgår det tydeligt af Tabel 38, at generne ligger langt under medianen, i *"Normalmaterialet"*. De forskellige symptomerne der har været til stede ofte, mindst en gang om ugen, fordeler sig på *"Normalmaterialet"*, som *virksomheds-* og *befolkningsgruppe* og på nærværende undersøgelse. Det gælder for samtlige symptomer ved nærværende undersøgelse, at de ligger under medianen i både *virksomheds-* og *befolkningsgruppen*. De eneste steder, hvor medianen for nærværende undersøgelse nærmer sig *"Normalmaterialet"*, er omkring medarbejdernes koncentrationsbesvær og gener fra ubehagelig lugt, i løbet af arbejdsdagen.

Ubehagelig lugt kan skyldes flere årsager, bl.a. manglende rengøring af nedslidt gulvbelægning, som linoleum og manglende tømning af skraldespande. Andre lugtgener, som menneskers bioeffluenter, kan ventileres bort.

Der er flere forhold der kan have indflydelse på medarbejdernes mulighed for at koncentrere og fordybe sig i opgaverne i løbet af en arbejdsdag. Som det fremgår af afsnit 5.1.2.1 omkring forstyrrelser i arbejdstiden, så er der en sammenhæng, og ikke blot et sammenfald, mellem oplevelsen af forstyrrelser af telefoner, besøg af kollegaer og den kontortype medarbejderne er placeret i, samt deres mulighed for at påvirke deres egne opgaver. Resultaterne i Figur 20 indikerer nemlig også, at dem der i høj grad oplever forstyrrelser, sidder i gruppekantor, og oplever alle at der næsten ikke er mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold. For dem der sidder i storrums kontor, oplever halvdelen at der næsten ikke er mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold.

For at symptomer omkring koncentrationsbesvær ikke skal overstige medianen i *"Normalmaterialet"*, så er det vigtigt at medarbejderne er opmærksomme på, at det gør en forskel hvorvidt man sidder i et celle-, gruppe- eller storrums kontor og hvorvidt man har mulighed for at påvirke egne arbejdsforhold. Her har især ledelsen et ansvar med at sikre at medarbejderne får tilstrækkelig indflydelse på enge arbejdsopgaver. Dette kunne for eksempel tages op ved en medarbejder- eller gruppeudviklingssamtaler (MUS/GRUS), for at sikre et bedre arbejdsmiljø.

Tabel 38: *Fordeling af symptomer ved henholdsvis normalmateriale og nærværende undersøgelse: Symptomer der har været til stede ofte, mindst en gang om ugen*

Normalmateriale og Nærværende / Symptomer	Normalmateriale, median i %		Undersøgelse, median i %
	Virksomhedsgruppe	Befolkningsgruppe	Nærværende undersøgelse
<b>Symptomer og gener</b>			
Udtalt træthed	12,5	15,1	4,8
Hovedpine	11,3	12,1	3,2
Koncentrationsbesvær	4,9	5,9	4,8
Tørhed, svie eller irritation i øjne	10,3	9,8	6,4
Tør, irriteret, stoppet eller rindende næse	11,3 / 12,9	11,1 / 16,0	6,4
Tør eller irriteret hals	8,5	8,1	4,8
Hæshed eller ondt i halsen	3,9	2,9	1,6
Tør eller rødme ansigtshud	7,1	8,9	4,8
Indelukket luft	18,7	17,5	14,3
Tør luft	27,2	23,6	11,1
Ubehagelig lugt	10,2	13,8	9,5

### 6.3 PERSPEKTIVERING

Projektets resultater vurderes at kan bidrage til fremtidige forskningsprojekter om indeklima. Ydermere er rapportens anbefalinger målrettet Rødovre Kommune og Københavns Kommune til anvendelse og inspiration. Viden og data er blevet indhentet og gennemarbejdet, for at kunne præsentere nogle "take-home-messages", der gør projektet mere anvendeligt for modtageren. Ydermere kan projektet virke som inspirationen og informativt for andre studerende på videregående uddannelser, der arbejder med indeklima på kontorer, herunder dele af det termiske og atmosfæriske indeklima. Det ypperste vil være, hvis projektet kan indgå et materiale om *god indeklimaprojektering af kontormiljøer* til bygherrer og projekterende. For at komme dertil er det nødvendigt at foretage flere undersøgelser med en anden vinkel. I sig selv minder denne undersøgelse lidt om en ny "*Rådhusundersøgelse*" eller "*SBI-rapport 240*" dog med et lidt andet fokus. Dette afsnit kommer med idéer til mulige undersøgelser i forlængelse af denne.

Årsagen til at vi i nærværende projekt har valgt at stille fokus ind på det termiske og atmosfæriske indeklima, er at der forligger en del interessant og relevant litteratur omkring netop disse områder, men for eksempel så er de målemetoder der beskrives i Dansk Standard forældede på mange områder, idet at der er kommet mange flere og bedre måleinstrumenter på markedet gennem de seneste årtier – derfor kunne det være tiltrængt at opdatere en række af disse retningslinjer for målinger af det termiske og atmosfæriske indeklima, således at de er i tråd med dagens standarder. Selve beregningsmetoderne er de samme, men måleudstyret har ændret sig markant siden udarbejdelsen af vejledningerne.

Ydermere fandt vi det interessant, at der ofte er en forskel mellem oplevelsen af et givet indeklima og målingerne og resultaterne, man kan præsentere for et givet lokale. Vi satte os derfor for at undersøge, hvilke sammenhænge der er mellem det målte og oplevede indeklima – eller manglen på det samme. En kortlægning af måleresultater, hold op i mod resultaterne fra en spørgeskemaundersøgelse, skulle forsyne os med tilstrækkeligt af baggrundsmateriale, således at man i projektet kunne analysere og diskutere hvilke udfordringer der foreligger, og hvorledes disse udfordringer kunne løses.

Dette projekt indeholder en del omkring symptomer hos kontorpersonalet for hele *det gode indeklima* handler om færre gener, symptomer og sygdom og dermed øget sundhed, velvære og produktion for virksomhederne. Man kan i forlængelse af dette projekt forsætte med et projekt om symptomer, med at foretage en lignende spørgeskemaundersøgelse, så ville det være at udarbejde spørgsmålene præcis efter "*Glostrupskemaet*", således at resultaterne kunne holdes op mod "*Normalmaterialet*" for *Glostrupskemaet*" i én til én. Eventuelt skal spørgeskemaet suppleres med yderligere spørgsmål for eksempel omkring det termisk indeklima, eventuelt som underspørgsmål til spørgeskemaundersøgelsen. En nærmere klinisk undersøgelse af medarbejdernes symptomer, ville dokumentere de sundhedsmæssige gener medarbejderne oplever ved de givne kontorlokaler. Ved at sammenholde de kliniske undersøgelser med det målte indeklima, kunne en korrelationsberegning, regressionsanalyse og odds-ratio dokumentere, hvorvidt der er signifikante sammenhænge mellem en række af disse parametre.

Denne undersøgelse omfatter kun medarbejder i de kontorlokaler, hvor målingerne og blev foretaget. Det har givet nogle væsentlige resultater, der ikke kan fremskaffes ved at spørge mange uden at foretage de tidskrævende målinger og beregninger. Når nu dette arbejde er foretaget kunne man sende flere spørgeskemaer ud, for at få et større vurderingsgrundlag. Dette kunne gøres ved at man gjorde lige som i "*Rådhusundersøgelsen*", hvor man også udvalgte forholdsvis få kontorer som værende repræsentative for hele bygningen. I teorien kunne man ved sådan et tilfælde komme op på omkring 1.500 mulige respondenter – og med en svarprocent på godt 70% ville det give omkring 1.000 valide spørgeskemaer. Det ville give 'oplevelsen' af indeklimaet mere substans, for flere deltagere – også for cellekontorer. I nærværende undersøgelse holder vi os alligevel over de 45 respondenter som "*Glostrupskemaet*" anbefaler. Hvis vi i denne undersøgelse skulle sende spørgeskemaet ud til samtlige medarbejdere ville være tidskrævende, idet at alle cheferne skulle orienteres, helt op til direktionsniveau, og her ville det måske endda blive afvist, grundet andre aktuelle spørgeskemaer i form af tilfredshedsundersøgelser og arbejdspladsvurderingen (APV).

Metoden i "*Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer DS 3033*" er bevidst fravalgt pga. begrænset tid. En række indeklimate parametre, som radon, formaldehyd og fugt/skimmelsvamp kan foretages via denne metode, og kunne have suppleret resultaterne i rapporten, især vedrørende det atmosfæriske indeklimate. Ved en længere tidshorisont, kunne projektet have taget afsæt i "*DS 3033*", for bedre at kvalificere indeklimate i kontorlokalerne. "*DS 3033*" vil være bedre til undersøgelse af indeklimate og ikke gener og symptomer på bygningsniveau eller bygnings-område, måske endda på kontorniveau. Den anvendte litteratur forholder sig til store grupper af mennesker og kan ikke benyttes fuld ud til undersøgelser af relativt få personer.

Skulle projektet fortsætte, så burde man undersøge en række parametre nærmere, som opgaven ellers er afgrænset fra. I forhold temperaturforholdene i kontorlokalerne, vil en nærmere undersøgelse af forholdene om sommeren sandsynligt give andre resultater end dem der foreligger i rapporten. Dette ville gøre sig gældende for både de målte resultater og medarbejdernes oplevelse af indeklimaet. Som tidligere nævnt i rapporten, så har vi valgt at se bort fra de indhentede oplysninger omkring medarbejdernes oplevelse af indeklimaet om sommeren, da resultaterne var for usikre, idet at der var stor gruppe medarbejdere nylig var flyttede ind i kontorlokalerne, og derfor ikke kunne udtale sig om de forventede forhold. Man kan med fordel nærmere undersøge, især med hensyn til det termiske indeklimate, betydningen kontorlokalernes orientering i mod nord, øst, syd og vest. Det antages at orienteringen har en væsentlig indflydelse på det målte og oplevede termiske indeklimate, på grund af solindfald og vindretninger.

I forhold til luftkvaliteten, så burde emissionen fra blandt andet nye møbler, overfladebehandlinger og IT-udstyr i kontorlokalerne undersøges nærmere, netop for at kortlægge hvor vidt og hvor meget disse parametre forurener indeluften. Måske gemmer der sig en ubehagelig cocktail-effekt eller øget risiko ved flere typer for luftforureninger.

Et af undersøgelsens væsentligste emner er brugeradfærdens og driftsstyringens betydning for indeklimate. Undersøgelsen klarlægger, hvad god brug er, men ikke den mulige effekt, der kan opnås. Dette emne er måske vigtigst af alle emnerne at arbejde videre med, for her ligger det største potentiale for opnåelse af *det gode indeklimate*. Man bør arbejde videre med en interventionsundersøgelse, hvor flere bruger- og driftstiltag foretages og effekten nærmere undersøges. Måske er mekanisk ventilation ikke nødvendigvis altid løsningen – især i ældre bygninger.





## 7. KONKLUSION

*"Små værelser og boliger bringer sindet på den rette vej, store får det til at fare vild"*

*Leonardo da Vinci*

## 7.0 KONKLUSION

Respondenternes utilfredshed med temperaturforhold er omkring 20%, hvilket er tredobbelt det målte. 20% utilfredse anses generelt værende tilstrækkeligt i henhold til indeklimaet. Vi kan hermed konkludere at det termiske indeklima er acceptabelt.

Oplevelsen af trækgener er højere end forventet, idet vi ikke målte høje middellufthastigheder. I den forbindelse er vi blevet oplyst, om at trækgener skyldes vindpåvirkninger på utætte vinduer og ventiler i facaden. Den forhøjede utilfredshed kan skyldes, at målingerne blev foretaget på tidspunkter ved lave vindhastigheder.

Vi kan konstatere, at kontorpersonalet har betydeligt mindre tøj på end forventet, i forhold til teorien. I storrumskontor er det gennemsnits påklædningsniveau lidt højere end i de øvrige kontorlokaler; samtidig er den operative temperatur lavere. I de andre kontortyper ligger den gennemsnitlige operative temperatur forholdsvis højt i forhold til det optimale niveau mellem 21 °C og 22 °C.

Det er særligt interessant at bemærke, at bygninger med en høj termisk masse, har en negativ effekt, idet at det tager lang tid at opvarme en kold bygning (evt. forårsaget af natsænkning). Om vinteren er det mere tilfredsstillende af have en bygning med lav termisk masse, som hurtigt kan opvarmes; af samme årsag som sommerhuse typisk er opbygget af lette konstruktioner. Omvendt bevirker tunge bygningers termiske egenskaber, at den daglige temperaturstigning er lavere hele året rundt og i sær i varme perioder.

Utilfredsheden med luftkvaliteten, i forhold til kuldioxidkoncentrationen, er i målt til at være 12%. Den oplevede utilfredshed er højere på 14%, som vurderes at være tilsvarende det målte. I "*Normalmateriale*" ligger referencegrupperne endnu højere. Den lave utilfredshed ligger inden for kvalitetsmål A, som er god luftkvalitet.

Dog kan vi konkludere, at luftkvaliteten er afhængig af ventilationsform. Naturlig ventilation er den ventilationsform med det laveste luftskifte, og det højeste CO<sub>2</sub>-niveau. Balanceret mekanisk ventilation er klart den bedste form for ventilering, som kan holde et konstant lavt CO<sub>2</sub>-niveau. Effektiv udluftning hjælper på luftkvaliteten ved naturlig ventilation og udsugningsanlæg, men kan ikke opnå samme kvalitetsniveau, som balanceret mekanisk ventilation. Et konstant højt luftskifte reducerer herudover mængden af bioeffluenter i kontorlokalerne.

Set i forhold til medarbejdernes arbejdstid, så ligger koncentrationen af grove og fine partikler under WHO's anbefalede grænseværdier i indeklimaet. Rapporten understreger samtidig, at medarbejderne kun tilbringer en femtedel af et år på arbejdspladsen, hvorfor det ikke er muligt endeligt at konkludere, at de, over 24-timer eller et år, ikke bliver udsat for større eksponering af grove og fine partikler end de anbefalede grænseværdier. Desuden kan det konstateres, at der er en sammenhæng mellem antallet af køretøjer udenfor kontorlokalerne og koncentrationen af ultrafine partikler; herudover påpeger rapporten, at der tegner sig et mønster, hvor partikelkoncentrationen er aftagende i forhold til kontorlokalernes placering væk fra gadeniveau.

På trods af at der overordnet er acceptabelt termisk og godt atmosfærisk indeklima, er der væsentlig forskel på kontortyper og installationsbestykning. Tabel 39 illustrerer de relative forskelle. Matricen viser kontorlokalernes kvalitet i forhold til fysisk og geometrisk fremtræden, temperaturforhold og medarbejder tilfredshed, holdt op i mod installationsbestykningerne. Som udgangspunkt er der størst tilfredshed med indeklimaet i et cellekontor med balanceret mekanisk ventilation, mens utilfredsheden er størst ved storrumskontor med naturlig ventilation. Oplevelsen af indeklimaet kan forbedres i takt med medarbejdernes mulighed for selv at justere på installationsbestykningerne, samt ved at sikre adfærdsregler i indeklimaet. Anbefalinger vedrørende dette fremgår af kapitel 8.

Tabel 39: *Indeklima i relativ skala; gældende undersøgelsens hovedtemaer; arbejdstilfredshed, geometri, temperaturforhold, luftkvalitet og symptomer*

	<b>Celle</b>	<b>Gruppe</b>	<b>Storrum</b>
<i>Naturlig Ventilation</i>	<i>Middel</i>	<i>Dårlig</i>	<i>Meget dårlig</i>
<i>Udsugningsanlæg</i>	<i>God</i>	<i>Middel</i>	<i>Dårlig</i>
<i>Mekanisk Ventilation</i>	<i>Meget god</i>	<i>God</i>	<i>Middel</i>



## 8. ANBEFALINGER

*"Essensen af viden er at besidde den, at anvende den"*

*Confucius*

## 8.1 KONTORTYPE

Undersøgelserne viser, at jo flere arbejdspladser der er etableret i de enkelte kontorlokaler, jo dårligere er indeklimaet. Færre medarbejdere i et kontorlokale, resulterer som udgangspunkt i et bedre indeklima. Antallet af medarbejdere har blandt andet indflydelse på mængden af forstyrrelser i løbet af arbejdsdagen. Flere medarbejdere samlet, skaber flere forstyrrelser end færre medarbejdere. Selv ved en inddeling af antallet af medarbejderne i samme kontortype, viser der sig en væsentlig forskel. 20 medarbejdere i et storrumskontor har et værre indeklima end 15 medarbejdere i et storrumskontor; det samme gør sig gældende for gruppekontorer og cellekontorer.

I forhold til oplevelsen af størrrelsen af kontorlokalerne, så stiger denne i takt med at skillevægge etableres i glas i stedet for traditionelle gipsvægge. Ydermere gælder det for oplevelsen af åbenheden, at jo flere kvadratmetre og volumen medarbejderne har, jo mere tilfredse er de; dette gør sig gældende uanset om medarbejderne sidder i et celle-, gruppe- eller storrumskontor.

I forhold til ovenlys i kontorlokalerne, så er den negative effekt heraf, at medarbejderne oplever et kuldenedfald fra ovenlyset, på den anden side, så er den positive effekt, at medarbejderne får et ekstra tilskud af dagslys i løbet af arbejdsdagen. Når der ses på muligheden for en individuel styring af indeklimaet for de enkelte medarbejdere, så viser vores undersøgelse, at indflydelsen falder fra cellekontor til storrumskontor. I cellekontorer sidder hovedparten af medarbejderne ved vinduet, og har god mulighed for at åbne og lukke vinderne samt at skrue op eller ned for varmen. Jo mere medarbejderne selv kan styre indeklimaforholdene, jo mere tilfredse er de.

## 8.2 VENTILATIONSBESTYKNING

Rapportens resultater viser ydermere, at placeringen af elektronisk udstyr har indflydelse på indeklimaet i kontorlokalerne. Står det elektroniske udstyr inde i lokalet er måleresultaterne dårligere end hvis udstyret står langt væk fra det pågældende lokale. Kontorlokalernes placering på etagerne, i forhold til højdemeter, er væsentlige i forhold til indeklimaet. Ved placering i stuen er indeklimaet nemlig dårligere end det er længere oppe i bygningen, set i forhold til partikelkoncentrationen. Dog skal det bemærkes, at placeringen lige under tag har højere temperaturer end på de øvrige etager, på grund af solpåvirkningen. Når det gælder den opbygningen af loftudformningen, så viser det sig at et vandret loft er dårligere end et loft med hældning, hvilket skyldes færre gener med den inde-lukkede luft.

Ventilationen af kontorlokalerne har stor betydning for både målingerne og oplevelsen af indeklimaet. Høj CO<sub>2</sub>-koncentrationen resulterer i almene symptomer som udtalt træthed, hovedpine og koncentrationsbesvær blandt medarbejderne. Derfor er det vigtigt at ventilere den dårlige luft væk. Naturlig ventilation har det laveste luftskifte og dårligste luftkvalitet. Balanceret mekanisk ventilation leverer et konstant luftskifte og resulterer derved i et væsentligt bedre indeklima. Udluftning ved åbne døre og vinduer skaber et højere luftskifte. Det anbefales at lukke luften ind og sørge for gennemtræk i kontorlokalerne 5-10 minutter ad gangen, 2-3 gange dagligt. Men åbne døre resulterer i flere forstyrrelser fra gangarealet og tilstødende kontorlokaler, mens åbne vinduer forårsager øgede trækgener. Derfor skal der luftes kort og effektivt ud.



### 8.3 SAMLEDE ANBEFALINGER

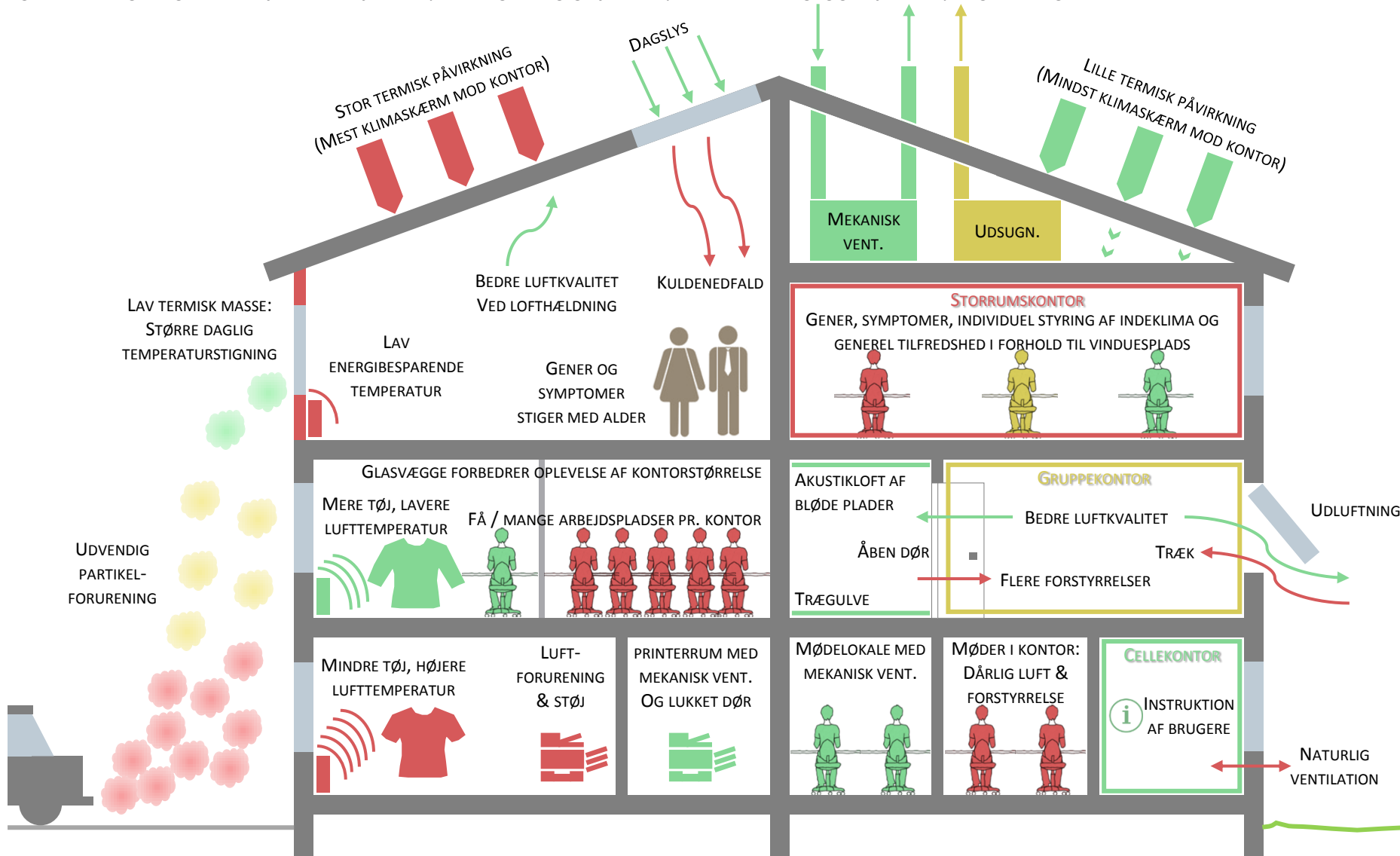
Nedenstående viser top 10 over øvrige anbefalinger i alfabetisk rækkefølge, der gælder uanset kontortype og installationsbestykning.

1. Arbejdstid  
Længere tid på kontoret øger antallet af gener og symptomer
2. Demografi  
Vær opmærksom på; ældre medarbejdere er mest udsatte for gener og symptomer. Der er minimal kønsforskel
3. Gulvbelægning  
Trægulve opfattes bedre og er termisk bedre end linoleum
4. Instruktion af medarbejdere  
Der skal være medarbejderinstruktion i kontorets installationer og vinduer. Der bør også være adfærdsregler for brugen af kontoret
5. Konstruktionernes termisk masse  
Tunge konstruktioner bevirker lavere daglig temperaturstigninger - især vigtigt om sommeren
6. Kontordrift  
Hav fokus på drift af indeklima og ikke besparelse af energi. Forebyg indeklimaproblemer i stedet for "brandslukning"
7. Loftbeklædning  
Lofter med høje akustiske egenskaber formindsker forstyrrelser og øger medarbejdertilfredsheden
8. Mødeaktivitet  
Benyt kun lokaler indrettet til mødelokaler til mødeaktivitet og ikke små kontorer såsom lederkontorer
9. Placering af skrivebord  
Sid så tæt på vinduet som muligt. De bagerste pladser har flest gener og symptomer
10. Påklædning  
Vær passende påklædt hele året rundt. Hav mere tøj på i opvarmningssæsonen fremfor høje lufttemperaturer. Høj lufttemperatur giver også gener

De samlede anbefalinger er vist i figur 51.



Figur 51: Gode og dårlige indeklimaforhold; Rød farve betyder dårlig løsning, gul farve betyder neutral løsning og grøn farve betyder god løsning





# BIBLIOGRAFI

*"Visse bøger er skrevet, ikke for at man skal lære noget af dem, men for at man skal vide, at forfatteren har vidst noget"*

*Johann Wolfgang von Goethe*

## BIBLIOGRAFI

- Arbejdsmiljøinstituttet. (1997). *Basisbog i Teknisk arbejdshygiejne, bind II*. København: Arbejdsmiljøinstituttet.
- Arbejdstilsynet. (2005a). *Arbejdsstedets indretning - A.1.12. Temperatur i arbejdsrum på faste arbejdssteder*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (2005b). *Arbejdsstedets indretning - A.1.14. Planlægning af faste arbejdssteders indretning*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (2007). *Arbejdsstedets indretning - A.1.11. Arbejdsrum på faste arbejdssteder*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (2008). *Arbejdsstedets indretning - A.1.2. Vejledning om de hyppigste årsager til indeklimagener samt mulige løsninger*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (2009). *Arbejdsmiljøvejviser 17. Kontor. Vejviser til et bedre arbejdsmiljø i din virksomhed (2. udg.)*. København Ø: Arbejdstilsynet.
- Arbejdstilsynet. (3. februar 2016a). *Bekendtgørelse om arbejdets udførelse. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 559 af 17. juni 2004 med senere ændringer - ikke autoriseret sammenskrivning*. Hentet fra <http://arbejdstilsynet.dk/da/regler/bekendtgørelser/a/sam-arbejds-udforelse-559.aspx?=1>
- Arbejdstilsynet. (3. februar 2016b). *Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 96 af 13. februar 2001 med senere ændringer - ikke autoriseret sammenskrivning*. Hentet fra <http://arbejdstilsynet.dk/da/regler/bekendtgørelser/a/sam-faste-arbejdssteders-indretning-96-.aspx?=1>
- BAR Kontor. (2011). *Indtænk arbejdsmiljøet ved ombygning, leje og indretning af kontor*. København K: BAR Kontor.
- BrancheArbejdsmiljørådene (BAR). (5. Maj 2016). *indeklimaportalen.dk*. Hentet fra Produktivitet - Er CO2 en synder: [http://www.indeklimaportalen.dk/indeklima/produktivitet/er\\_co2\\_en\\_synder](http://www.indeklimaportalen.dk/indeklima/produktivitet/er_co2_en_synder)
- BrancheArbejdsmiljørådene (BAR). (februar 2016a). *BAR Kontor*. Hentet fra [www.bar-kontor.dk](http://www.bar-kontor.dk)
- BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration. (2015a). *Bedre indeklima i åbne kontormiljøer*. København K: BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration.
- BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration. (2015b). *Etablering af åbne kontormiljøer*. København K: BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration.
- BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration. (2015c). *Støj og forstyrrelser i åbne kontormiljøer*. København K: BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration.
- BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration. (2015d). *Trivsel og effektivitet i åbne kontormiljøer*. København K: BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration.
- BrancheArbejdsmiljørådet Finans / Offentlig Kontor & Administration og Slots- og Ejendomsstyrelsen. (2008). *Arbejdsmiljø i det åbne kontor - forskningens bud på problemer og løsninger*. København K: BAR FOKA.
- Brauer, C., & Mikkelsen, S. (2002). *Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark - Et normalmateriale til Glostrupskemaet*. Valby: Arbejdsmiljørådets Service Center.

- Christoffersen, J., Petersen, E., Johnsen, K., Valbjørn, O., & Hygge, S. (1999). *Vinduer og dagslys - En feltundersøgelse i kontorbygninger (SBI-rapport 318)*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Congrong, H., Morawska, L., & Taplin, L. (8. Januar 2007). Particle Emission Characteristics of Office Printers. *American Chemical Society journal Environmental Science and Technology*, s. 6039-6045.
- Danmarks Meteorologiske Institut. (u.d.). *www.dmi.dk*. Hentet 6. Maj 2016 fra <http://www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/>
- Dansk Byplan Laboratorium. (11. April 2016). *Dansk Byplan Laboratorium*. Hentet fra <http://www.byplanlab.dk/>: <http://www.byplanlab.dk/sites/default/files1/Partikelforureningsheet281210.pdf>
- Dansk Standard. (1995). *Norm for specifikation af termisk indeklima (DS 474 E)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2001a). *Ergonomi i termisk miljø – Instrumenter til måling af fysiske størrelser (DS/EN ISO 7726)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2001b). *Ventilation i bygninger - Projekteringskriterier for indeklimaet (DS/CEN/CR 1752:2001)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2006). *Ergonomi inden for termisk miljø – Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregning af PMV- og PPD- indekser og lokale termiske komfortkriterier (DS/EN ISO 7730)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2007). *Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik (DS/EN 15251)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2011a). *Beregning af bygningers varmetab (DS 418:2011)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2011b). *Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer (DS 3033)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2013a). *Byggekomponenters og -elementers hygrotermiske ydeevne - Indvendig overfladetemperatur for at undgå kritisk overfladefugtighed og kondensdannelse i hulrum - Beregningsmetoder (DS/EN ISO 13788:2013)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2013b). *Varme- og køleanlæg i bygninger (DS 469)*. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2013c). *Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer (DS 447)*. København: Dansk Standard.
- DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. (2013). *Sundhedseffekter og Relaterede Eksterne Omkostninger Af Luftforurening i København*. København: Københavns Kommune.
- Den Europæiske Union. (2008). *Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa*. Den Europæiske Unions Tidende.

- Earth System Research Laboratory (NOAA). (18. April 2016). *Global Greenhouse Gas Reference Network*. Hentet fra Trends in Atmospheric Carbon Dioxide: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- Eggert, T. (2003). *Prøvninger og vejledninger vedrørende arbejdsmiljø*. Taastrup: Teknologisk Institut.
- Energistyrelsen - Center for Bygninger. (5. Maj 2016). *Energistyrelsen*. Hentet fra Høringsnotat vedrørende udkast til nyt bygningsreglement (BR15): [http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/2015/samlet\\_hoeringsnotat.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/2015/samlet_hoeringsnotat.pdf)
- EPA United States Environmental Protection Agency. (17. Marts 2016). *www.epa.gov*. Hentet fra Particulate Matter (PM) - Basic Information: <https://www3.epa.gov/pm/basic.html>
- Finans. (15. Februar 2016). *Finans*. Hentet fra finans.dk: [http://finans.dk/artikel/ECE4602676/indeklimate\\_stinker\\_p%E5\\_arbejdspladsen/?ctxref=ext](http://finans.dk/artikel/ECE4602676/indeklimate_stinker_p%E5_arbejdspladsen/?ctxref=ext)
- FTF. (16. Mai 2016). *FTF*. Hentet fra Arbejdsmiljø: <http://www.ftf.dk/arbejdsmiljoe/artikel/ny-eu-arbejdsmiljoestrategi-2014-2020/>
- Indoor Air (International Journal of Indoor Environment and Health). (5. Maj 2016). *Wiley Online Library*. Hentet fra Effects of ventilation rate per person and per floor area on perceived air quality, sick building syndrome symptoms, and decision-making: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12149/abstract>
- Ingeniøren. (4. Maj 2016). *Ingeniøren*. Hentet fra ing.dk: <https://ing.dk/artikel/dtu-forsker-nye-ventilationsregler-blaeser-pa-indeklimate-135512>
- Johansson, J., & Hansen, K. (24. April 2016). *SUS, Serviceerhvervenes Efteruddannelsesudvalg*. Hentet fra Ventilation og indeklimate: [https://materialeplatform.emu.dk/materialer/public\\_downloadfile.do?mat=38675141&id=39249577](https://materialeplatform.emu.dk/materialer/public_downloadfile.do?mat=38675141&id=39249577).
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2014). *Strategi for energirenovering af bygninger*. København: Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.
- Landsorganisationen i Danmark (LO). (2007). *Øje på arbejdsmiljøet. Dårligt arbejdsmiljø - en stor udgift*. København S: Landsorganisationen i Danmark (LO).
- Landsorganisationen i Danmark (LO). (2010). *Øje på arbejdsmiljøet. Arbejdsmiljø set med virksomhedsøkonomiske briller*. København S: Landsorganisationen i Danmark (LO).
- Lassen, L. H. (14. Maj 2009). Dårligt indeklimate koster milliarder. *Berlingske Tidende*, s. 5.
- Miljøministeriet. (2011). *Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten*. København: Miljøministeriet.
- Miljøstyrelsen. (2006). *Status og perspektiver på indeklimateområdet*. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. København: Miljøministeriet.
- Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter. (2011). *Bekendtgørelse om bygningsdrift (BEK nr 770 af 27/06/2011)*. København: Socialministeriet.

- National Center for Biotechnology Information (NCBI). (5. Maj 2016). *National Center for Biotechnology Information (NCBI)*. Hentet fra Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO2 concentrations on human decision-making performance.: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23008272>
- Phalen, R. F., & Phalen, R. N. (2013). *Introduction to Air Pollution Science - A public health Perspective*. Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Philips Electronics N.V. (2010). *Aerasense NanoTracer, Direction for use*. Holland: Philips Electronics N.V.
- Skov, P., Valbjørn, O., & Gyntelberg, F. (1989). *Rådhusundersøgelsen: indeklima i kontorer*. København: Arbejdsmiljøfondet.
- Trafik- og Byggestyrelsen. (februar 2016). *Bygningsreglementet (BR15)*. Hentet fra [www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk)
- Valbjørn, O. (1983). *Måling af termisk indeklima (SBI-anvisning 130)*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Valbjørn, O. (1993). *SBI-rapport 230: Indeklimaets påvirkninger*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Valbjørn, O., Kukkonen, E., Skåret, E., & Sundell, J. (1995). *Indeklimaproblemer - Undersøgelse og afhjælpning (SBI-rapport 246)*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Valbjørn, O., Laustsen, S., Høvisch, J., Nielsen, O., & Nielsen, P. A. (2000). *Anvisning 196 (Indeklimahåndbogen)*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Valbjørn, O., Nielsen, J. B., Gunnarsen, L., & Bergsøe, N. C. (1995). *Ventilation og luftkvalitet i kontorbygninger (SBI-rapport 240)*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- World Health Organization. (2006a). *Air Quality Guidelines, Global Update 2005*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (2006b). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global Update 2005, Summary of risk assessment*. Geneva: World Health Organization.
- Zar, J. (1984). *Biostatistical Analysis* (2. udg.). Prentice-Hall.
- Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., & Thyregod, C. (2016). *Effects of Exposure to Carbon Dioxide and Bioeffluents on Perceived Air Quality, Selfassessed Acute Health Symptoms and Cognitive Performance*. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark.
- Aarhus Universitet - Institut for Miljøvidenskab. (7. Maj 2016). *Aarhus Universitet - Institut for Miljøvidenskab*. Hentet fra Målinger - Luftforurening: <http://www2.dmu.dk/atmosphericenvironment/byer/forside.htm>
- Aarhus Universitet. (10. Februar 2016). *Institut for Miljøvidenskab*. Hentet fra [envs.au.dk](http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maaling/5_niveauer/6_Partikler/partikler_generel_t.asp): [http://www2.dmu.dk/1\\_Viden/2\\_miljoe-tilstand/3\\_luft/4\\_maaling/5\\_niveauer/6\\_Partikler/partikler\\_generel\\_t.asp](http://www2.dmu.dk/1_Viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_maaling/5_niveauer/6_Partikler/partikler_generel_t.asp)





# BILAG

*"Den bedste måde at sende information på er at pakke den ind i en person"*

*J. Robert Oppenheimer*

## BILAG A: BESKRIVELSE AF KONTORER

### Kontor A

#### Beskrivelse

Bygningen er en let modulbygning placeret som 1. sal på en eksisterende tung bygning. Der er mellemrum imellem bygningerne. Der er lille hældning på tagkonstruktionen. Loftet er af træbeton placeret vandret. Gulvet er olieret trægulv. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling. Det er et hjørnekontor.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader/ MDF. Kontorpladserne er placeret ved vinduerne. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

#### Vinduer og solafskærmning

Der er to stk. dør-størrelses vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne et vinduesfag i hvert vindue. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persiener.

#### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med gulvvarme og kan reguleres via rumtermostat. Der er ikke placeret varmegivere under vinduerne.

#### Ventilation

Kontoret er bestykt med balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Både indblæsnings- og udsugningsarmaturer er placeret på bagvæggen. Indblæsningsarmaturet var blokeret med et stykke papir. Ventilationen erurstyret uden mulighed for regulering på kontoret. Døren til lokalet står normalt åbn.

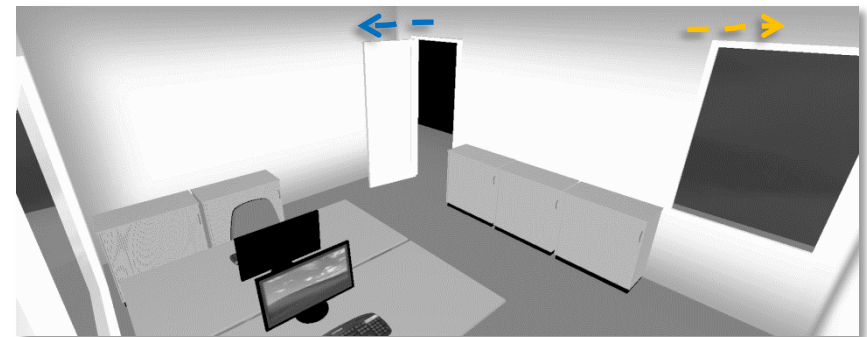
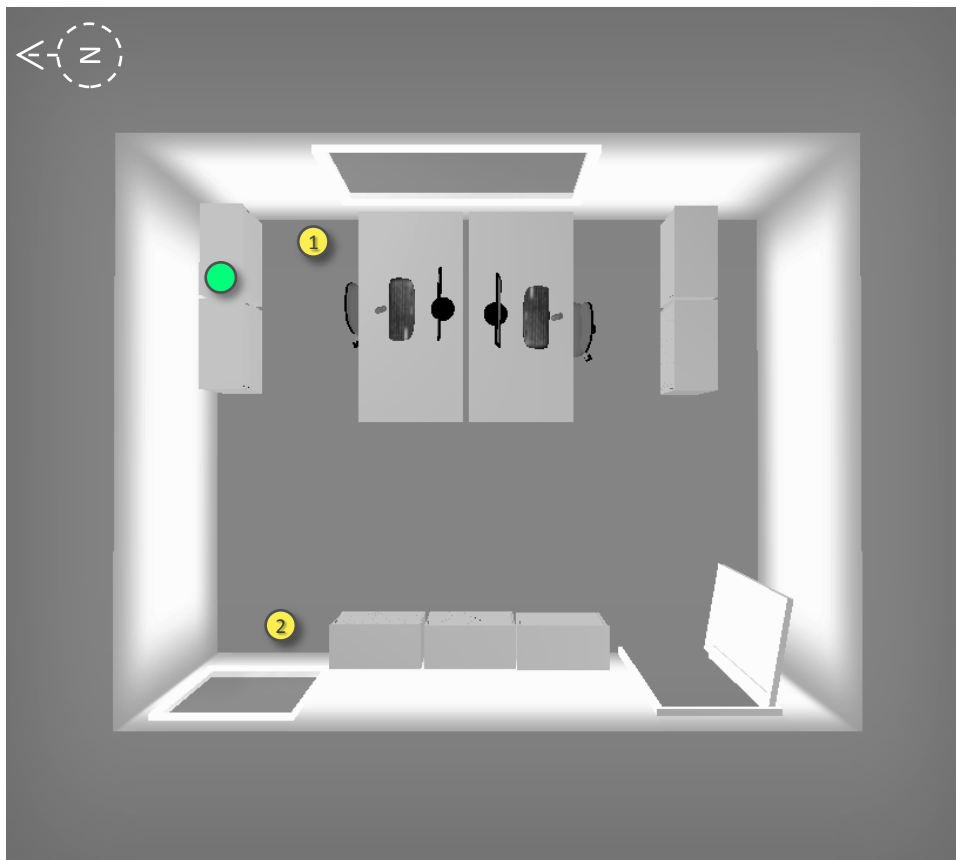
#### Ejendom

Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	2010
Renoveret	-

#### Kontor

Etage	1.sal
Lokaletype	Cellekontor
Funktion	Ingeniørkontor
Arbejdspladser	2 stk.
Areal	14,2 m <sup>2</sup> 7,1 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,9 m
Volumen	41,7 m <sup>3</sup> 20,9 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	3,3 m
Udstyr	2 stk. computer 0 stk. printere





- -> : VARME
- -> : LUFTTILFØRSEL
- -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor B

### Beskrivelse

Bygningen er en let modulbygning placeret som 1. sal på en eksisterende tung bygning. Der er mellemrum imellem bygningerne. Der er lille hældning på tagkonstruktionen og loftet af træbeton. Gulvet er olieret trægulv. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader/ MDF. Kontorpladsen er placeret mellem vinduet og terrassedøren. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret. Fotokopimaskine placeret to rum derfra. Det er et hjørnekontor.

### Vinduer og solafskærmning

Der er et langt og lavt vindue i kontoret langs det meste af den ene facade. I et andet hjørne er placeret en terrassedør til fællesterrasse. Det er muligt at åbne et vinduesfag samt terrassedøre. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med gulvvarme og kan reguleres via rumtermostat. Der er ikke placeret varmegivere under vinduet eller terrassedøren.

### Ventilation

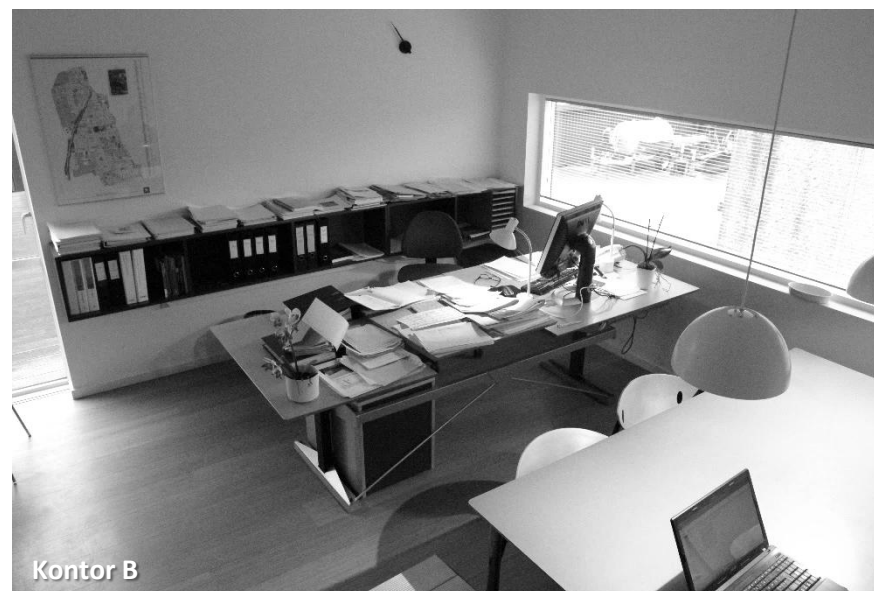
Kontoret er bestykket med balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Både indblæsnings- og udsugningsarmaturer er placeret på bagvæggen. Ventilationen er urstyret uden mulighed for regulering på kontoret. Døren til lokalet står normalt åbn, men lokalet benyttes også en varierende del af arbejdsdagen som mødelokale med lukket dør.

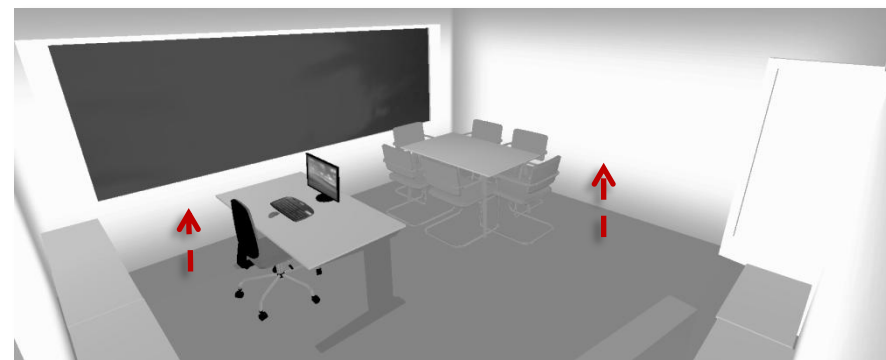
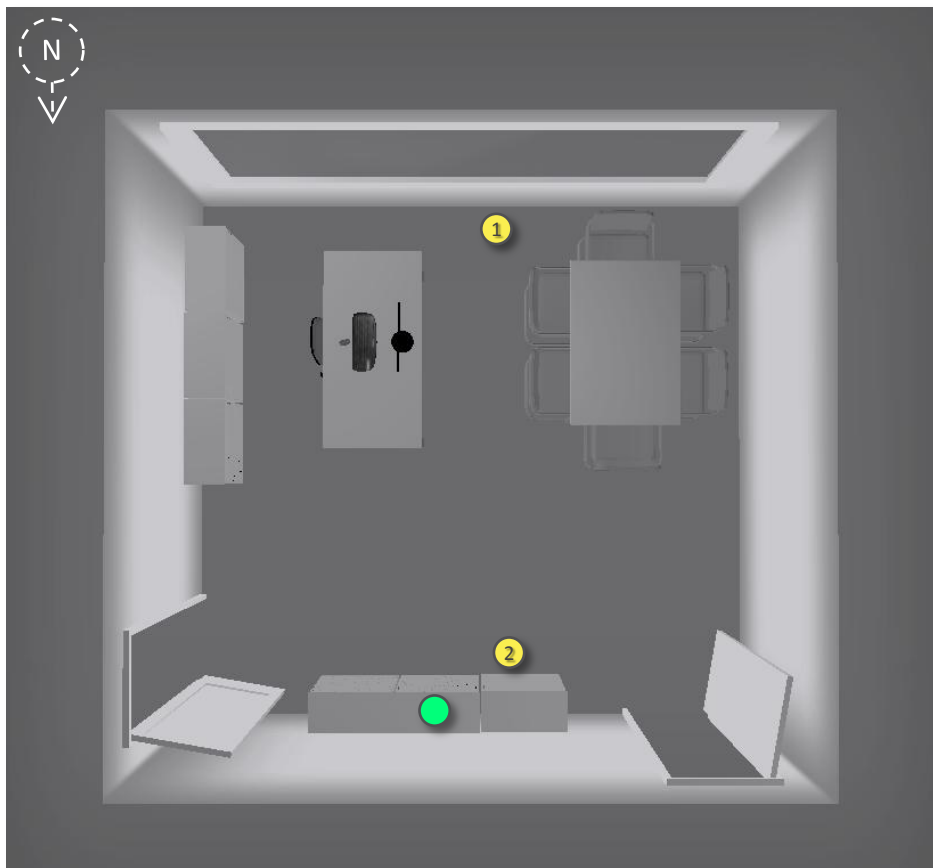
### Ejendom

Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	2010
Renoveret	-

### Kontor

Etage	1.sal
Lokaletype	Cellekontor
Funktion	Lederkontor og uformelt mødelokale
Arbejdspladser	1 stk.
Areal	19,8 m <sup>2</sup> 19,8 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,8 m
Volumen	55,4 m <sup>3</sup> 55,4 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	4,3 m
Udstyr	1 stk. computer 0 stk. printere





- > : VARME
- > : LUFTILFØRSEL
- > : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor C

### Beskrivelse

Bygningen er en tung betonbygning. Der er placeret en let modulbygning som 1.sal med mellemrum imellem bygningerne. Loftet er vandret og nedsænket system af akustikplader. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af maling på beton. Det er et hjørnekontor.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader. Der er placeret en to kontorpladser ved vinduerne og en kontorplads ved bagvæggen. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres ikke i kontoret. Fotokopimaskine placeret to rum derfra. Derimod printes der i kontoret på en lille laserprinter

### Vinduer og solafskærmning

Der er to stk. normalstørrelses vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne begge vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Døren til lokalet står normalt åbn.

### Ejendom

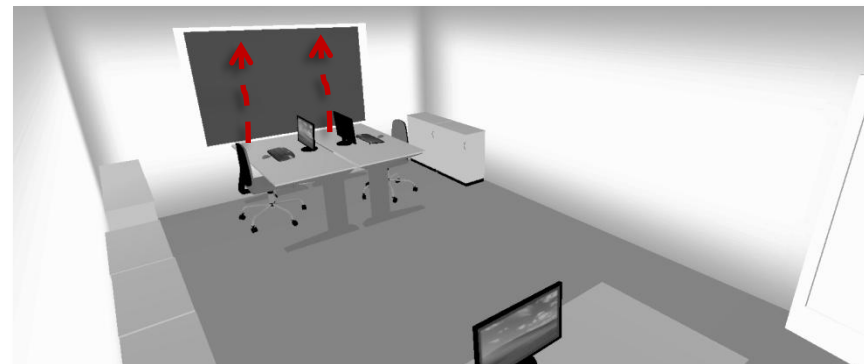
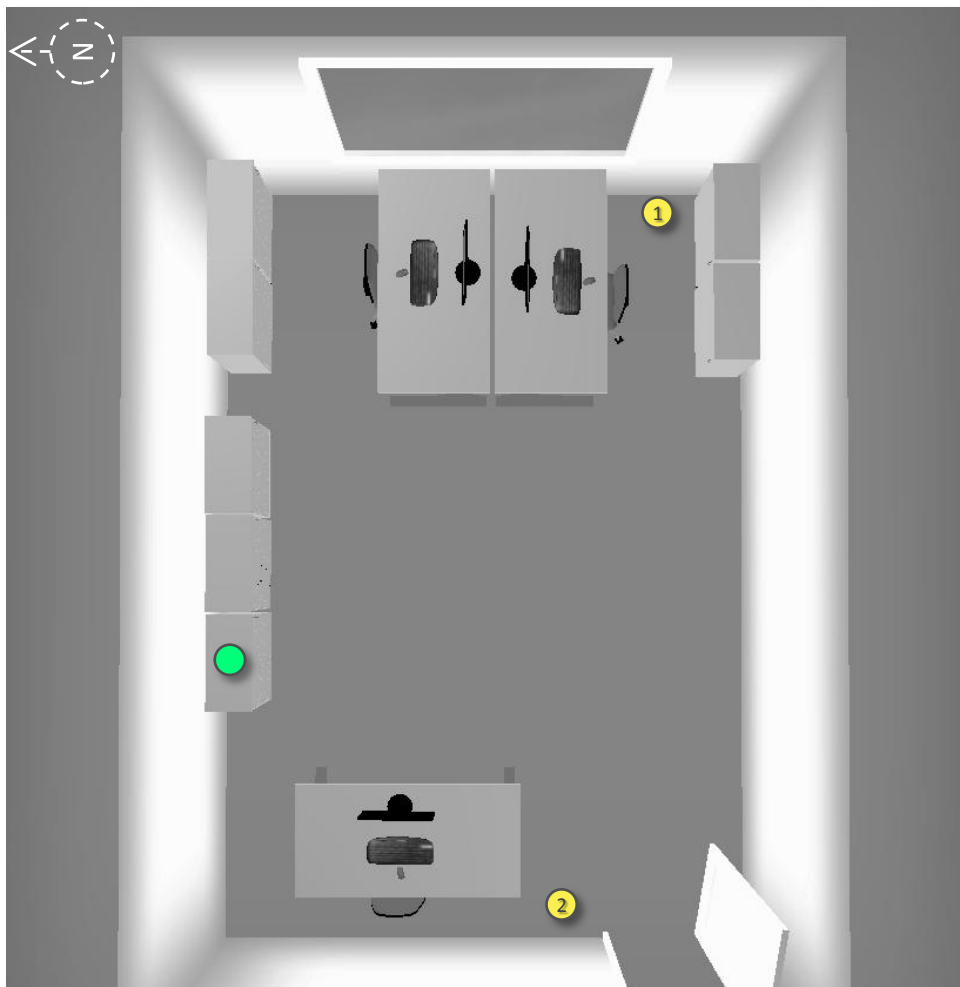
Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1973
Renoveret	2010

### Kontor

Etage	Stueplan
Lokaletype	Cellekontor
Funktion	Administration
Arbejdspladser	3 stk.
Areal	21,1 m <sup>2</sup> 7,1 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,8 m
Volumen	59,4 m <sup>3</sup> 19,8 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	5,7 m
Udstyr	2 stk. computer 1 stk. printere



Kontor C



-  : VARME
-  : LUFTILFØRSEL
-  : LUFTUDKAST
-  : ENKELTMÅLING
-  : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor D

### Beskrivelse

Bygningen er en let bygning på betonterrændæk. Træbetonloftet hælder fra facade op til et rytterlys-bånd langs bagvæggen i midten af bygningen. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling. Det er et hjørnekontor.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader. Der er placeret en række kontorpladser langs vinduesfacaden og en række kontorpladser langs bagvæggen. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er tre stk. normalstørrelses vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner. Der er udhæng på bygningen.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator. Der er varmerør under rytterlysene.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Døren til lokalet står normalt åbn.

### Ejendom

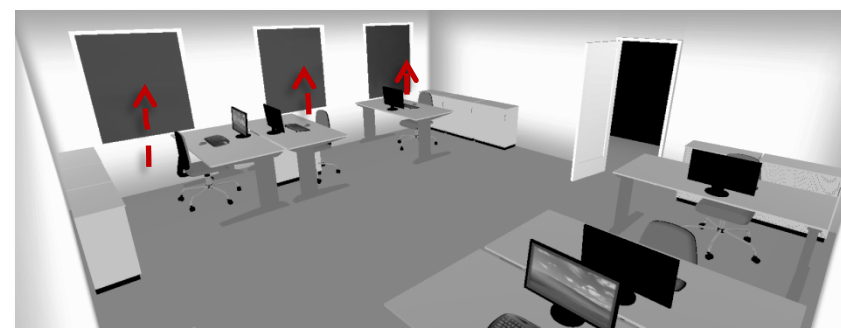
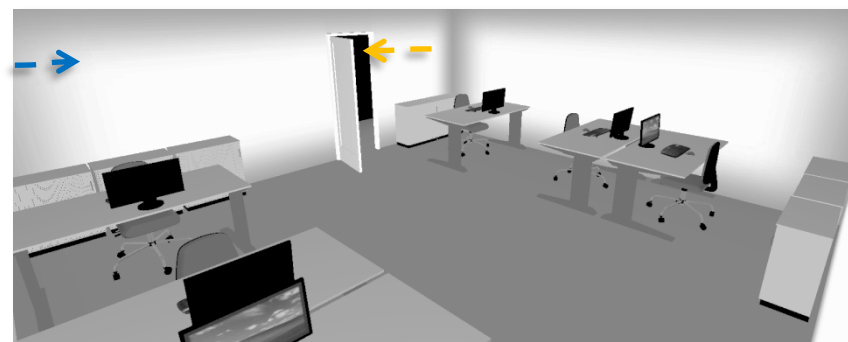
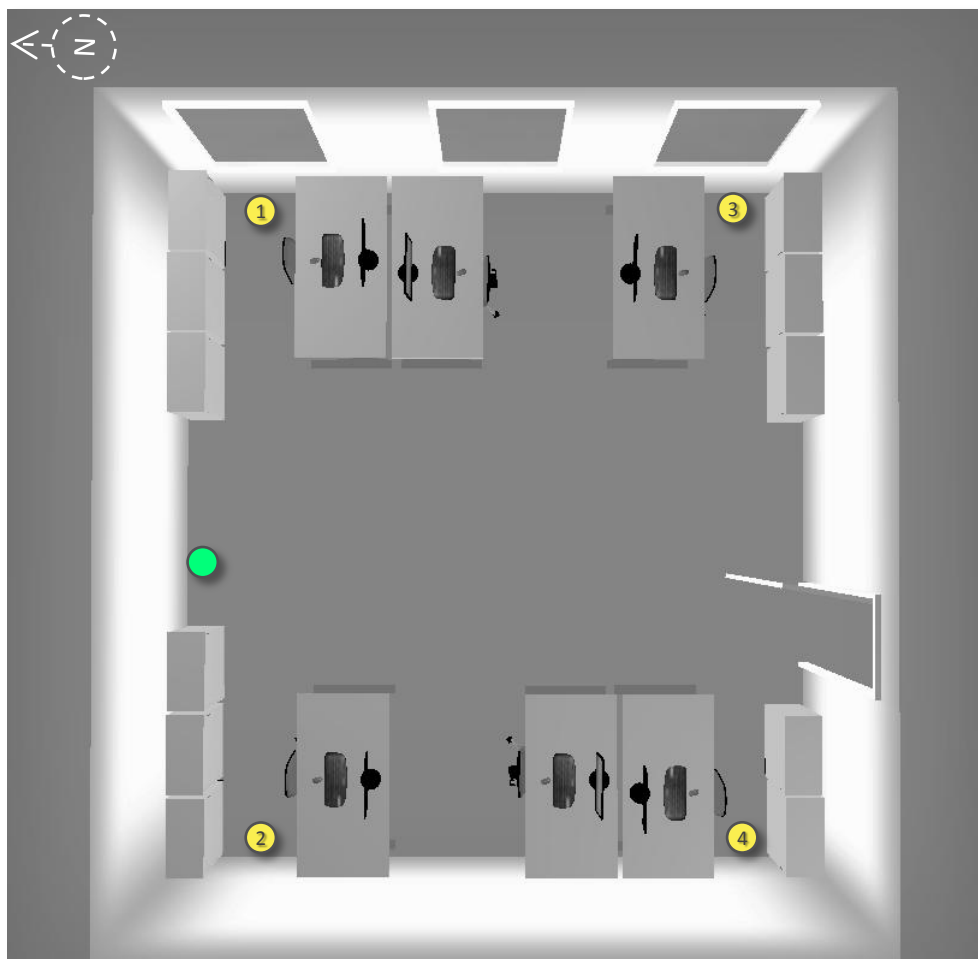
Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	2004
Renoveret	-

### Kontor

Etage	Stueplan	
Lokaletype	Gruppekontor	
Funktion	Arkitektvirksomhed og administration	
Arbejdspladser	6 stk.	
Areal	47,3 m <sup>2</sup>	7,9 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	3,4 m	
Volumen	160,8 m <sup>3</sup>	26,8 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	7,0 m	
Udstyr	6 stk. computer	0 stk. printere







-  : VARME
-  : LUFTILFØRSEL
-  : LUFTUDKAST
-  : ENKELTMÅLING
-  : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor E

### Beskrivelse

Bygningen er en let bygning på betonterrændæk. Træbetonloftet hælder fra facade op til et rytterlys-bånd langs bagvæggen midt i bygningen. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling. Kontoret er et vinkelkontor.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader. Der er placeret en tre kontorpladser ved vinduerne og en kontorplads ved bagvæggen. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret lige uden for kontoret.

### Vinduer og solafskærmning

Der er tre stk. normalstørrelses vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner. Der er udhæng på bygningen.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator. Der er varmerør under rytterlysene.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Der er placeret en ventil i den indvendige væg mod fotokopimaskinen. Der er tre døre til kontoret. Døren mellem gang og lokalet samt døren til et formandskontor står normalt åbn. Døren mellem kontoret og fotokopimaskinen er normalt lukket.

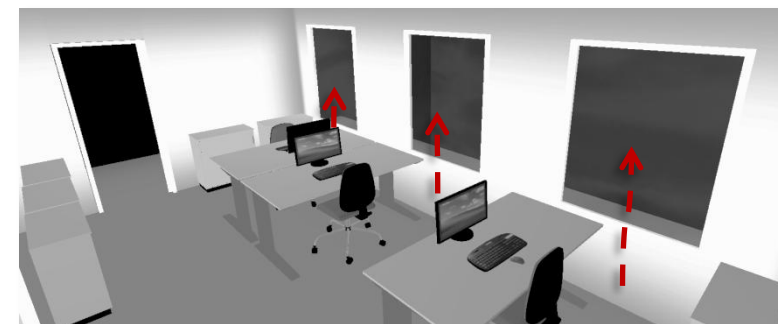
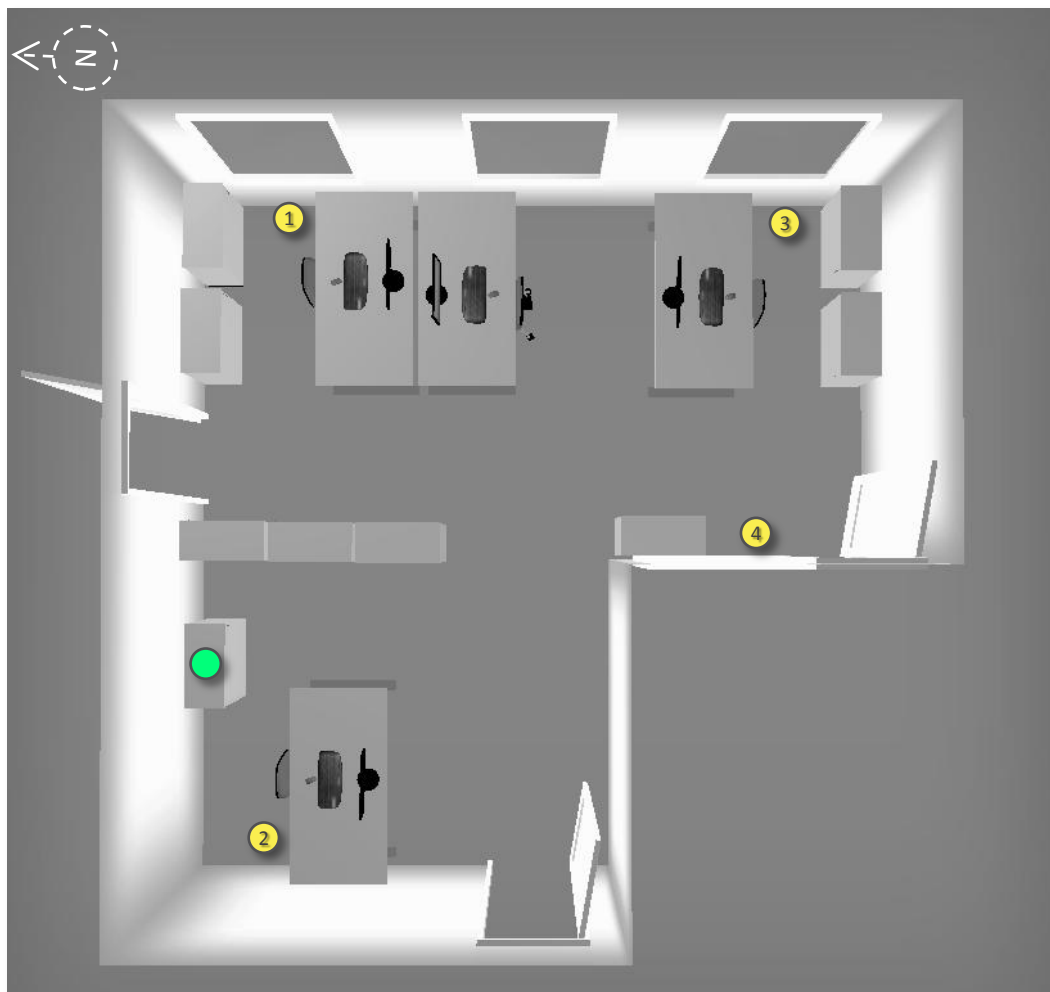
### Ejendom

Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	2004
Renoveret	-

### Kontor

Etage	Stueplan
Lokaletype	Gruppekantor
Funktion	Ingeniørvirksomhed og administration
Arbejdspladser	4 stk.
Areal	36,6 m <sup>2</sup> 9,2 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	3,4 m
Volumen	124,4 m <sup>3</sup> 31,1 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	6,9 m
Udstyr	4 stk. computer 0 stk. printere





- - -> : VARME
- - -> : LUFTTILFØRSEL
- - -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor F

### Beskrivelse

Bygningen er en let bygning på betonterrændæk. Træbetonloftet hælder. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling. Det er et hjørnekontor.

Møbleringen består store kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret ved vinduerne. Der er ingen planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er to stk. normalstørrelses vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne begge vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner. Der er udhæng på bygningen.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Døren til lokalet står normalt lukket.

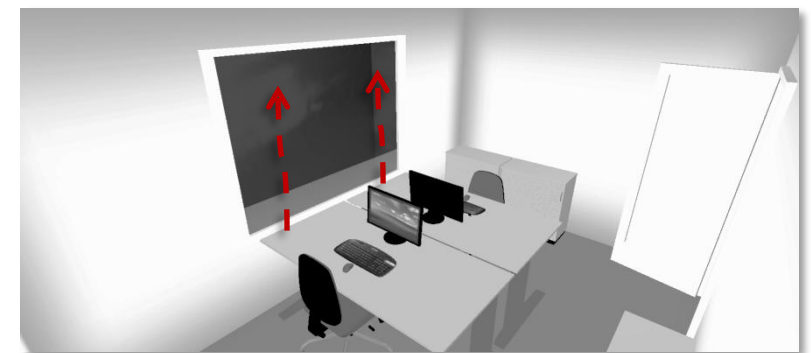
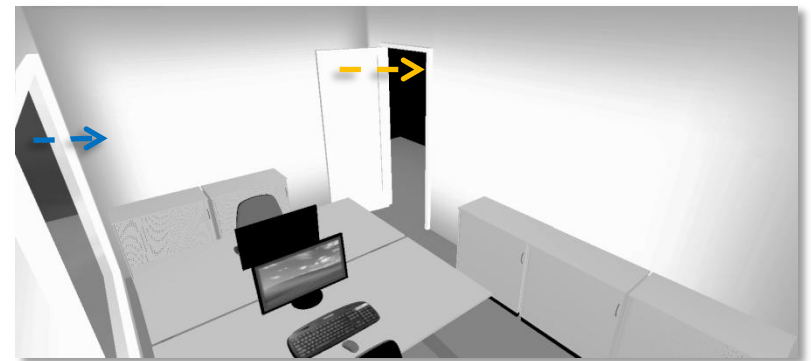
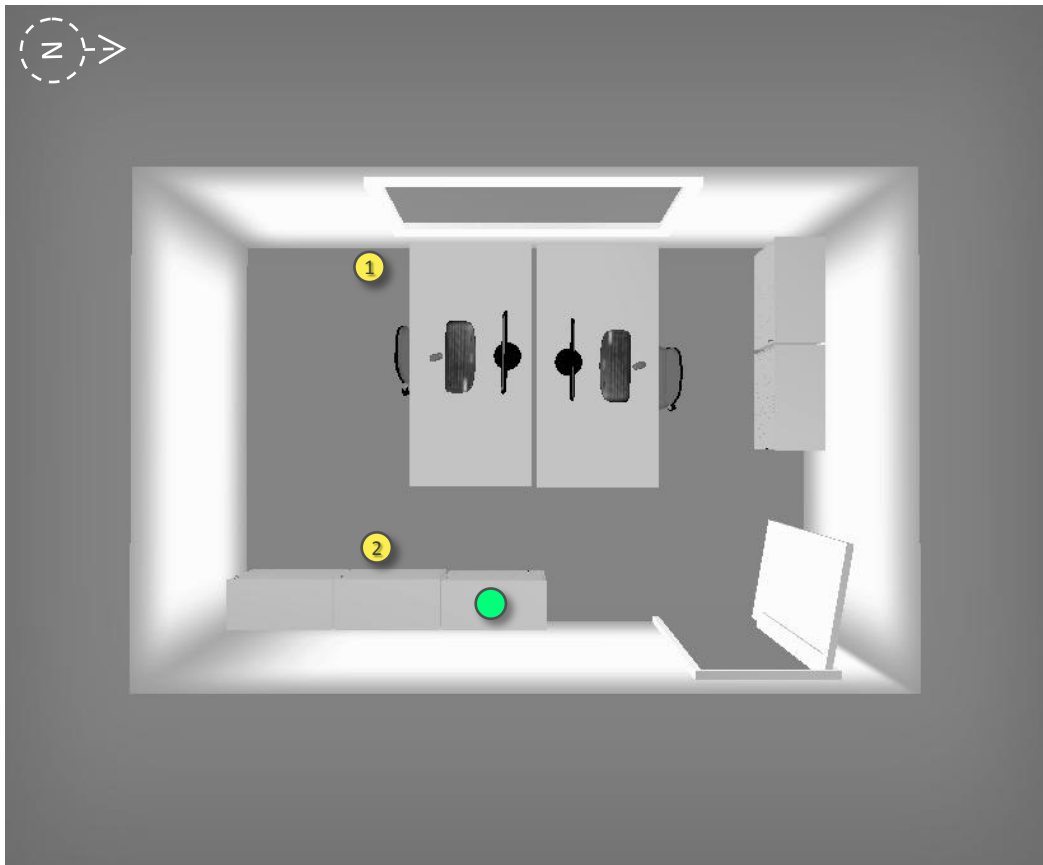
### Ejendom

Placering	Rødovre (Forstad)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	2004
Renoveret	-

### Kontor

Etage	Stueplan	
Lokaletype	Cellekontor	
Funktion	Administration	
Arbejdspladser	2 stk.	
Areal	16,0 m <sup>2</sup>	8,0 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,9 m	
Volumen	46,4 m <sup>3</sup>	23,2 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	3,6 m	
Udstyr	4 stk. computer	0 stk. printere





- - -> : VARME
- - -> : LUFTILFØRSEL
- - -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor G

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustikloft i system. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling.

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er få store planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er fire stk. store vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er bestykt med mekanisk udsugning. Udsugningsarmaturet er placeret i loftet bagerst i rummet. Ventilationen er urstyret uden mulighed for regulering på kontoret. Der er to døre til lokalet. Den ene står normalt åbn.

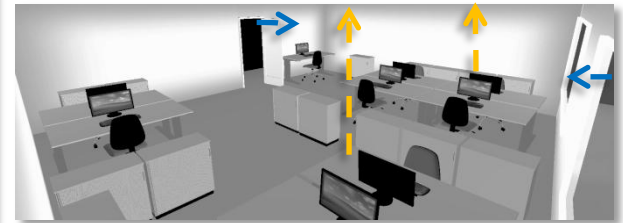
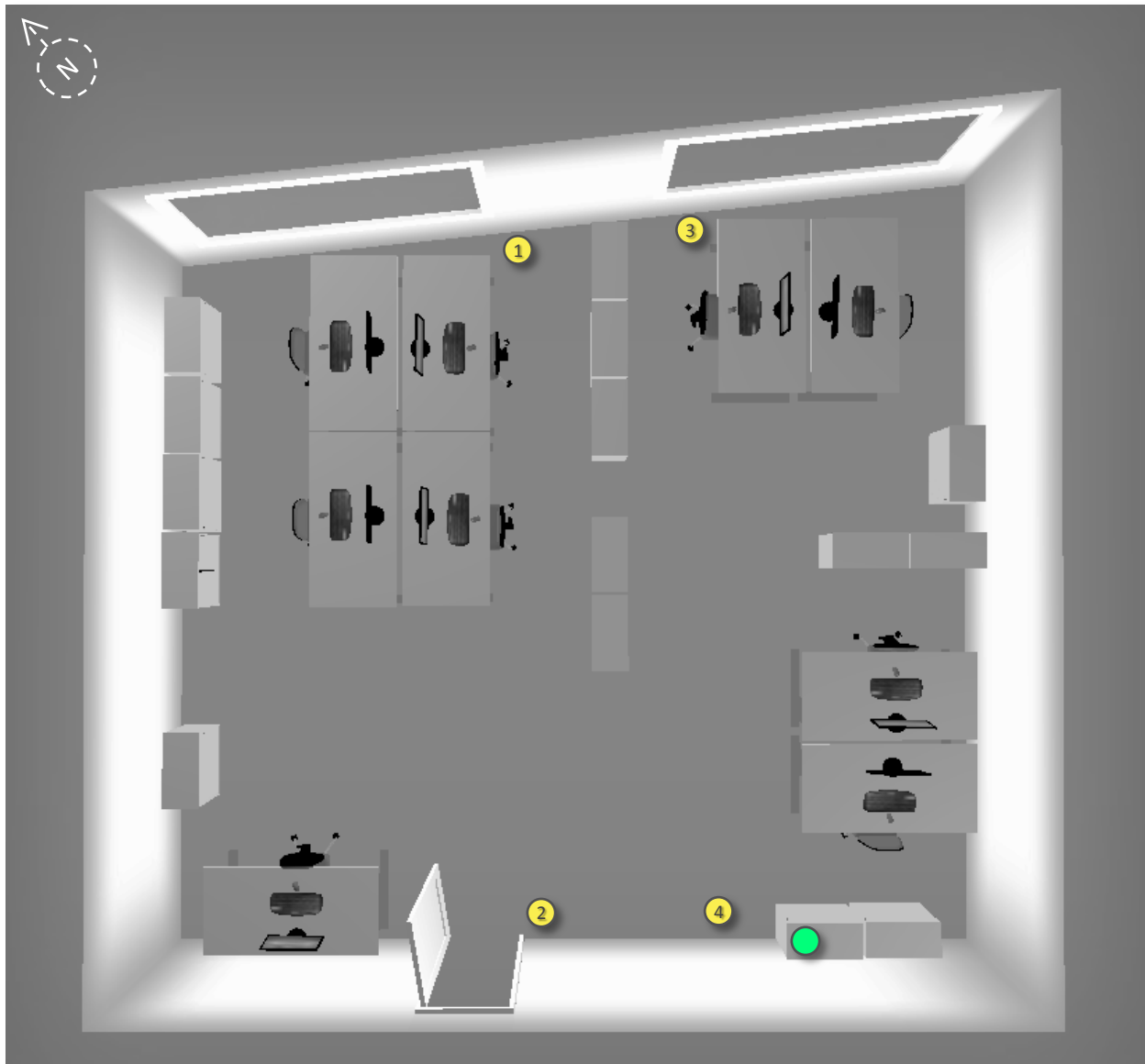
### Ejendom

Placering	København (Bymidte)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1935
Renoveret	2008

### Kontor

Etage	1.sal
Lokaletype	Gruppekantor
Funktion	Administration
Arbejdspladser	7 stk.
Areal	64,0 m <sup>2</sup> 9,1 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,9 m
Volumen	185,6 m <sup>3</sup> 26,5 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	7,7 m
Udstyr	9 stk. computer 0 stk. printere





-  : VARME
-  : LUFTILFØRSEL
-  : LUFTUDKAST
-  : ENKELTMÅLING
-  : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor H

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustikloft i system. Gulvet består af linoleum. Vægfladerne består af gipsplader med filt og maling.

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er fire stk. store vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er bestykt med mekanisk udsugning. Udsugningsarmaturet er placeret i loftet bagerst i rummet. Ventilationen er urstyret uden mulighed for regulering på kontoret. Begge døre til lokalet står normalt åbne.

### Ejendom

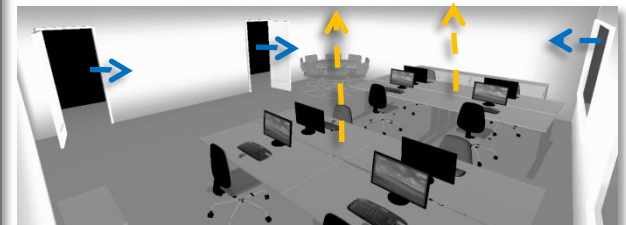
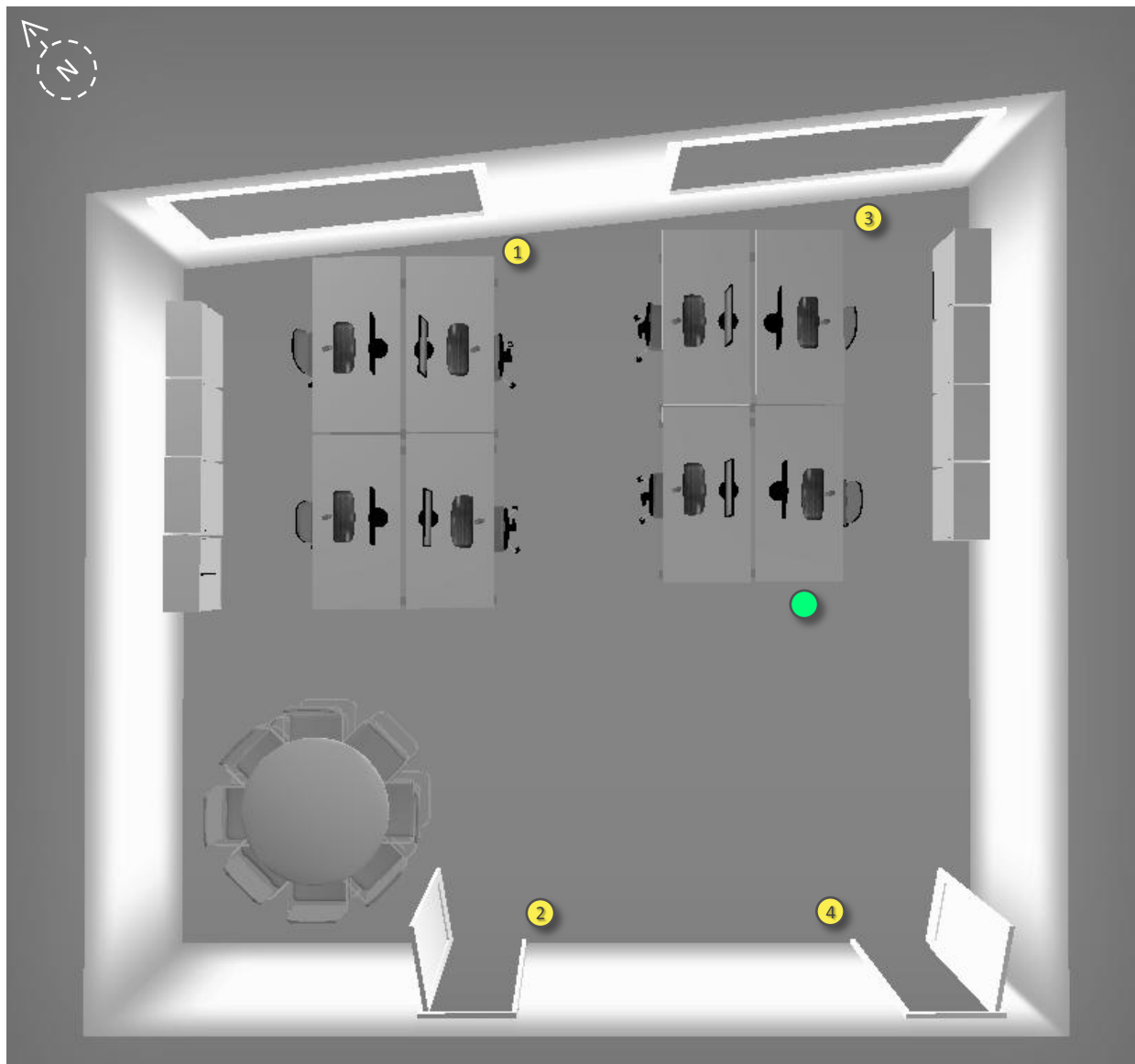
Placering	København (Bymidte)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1935
Renoveret	2008

### Kontor

Etage	2.sal
Lokaletype	Gruppekantor
Funktion	Administration
Arbejdspladser	8 stk.
Areal	64,0 m <sup>2</sup> 8,0 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,9 m
Volumen	185,6 m <sup>3</sup> 23,2 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	7,7 m
Udstyr	8 stk. computer 0 stk. printere







-  : VARME
-  : LUFTILFØRSEL
-  : LUFTUDKAST
-  : ENKELTMÅLING
-  : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor I

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustikloft i system. Gulvet består af linoleum. Endevæggene består af gipsplader med filt og maling. Bagvæggen består af glas (ikke lufttæt).

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er ingen planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret på den anden side af glasbagvæggen.

### Vinduer og solafskærmning

Der er 8 stk. store vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persiener samt udvendige markiser.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er bestykt med balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Både indblæsningsarmaturer er placeret på den ene sidevæg. Udsugningsarmaturerne er placeret i loftet i kontorets længderetning. Ventilationen er urstyret med mulighed for regulering på kontoret. Begge døre til lokalet står normalt åbne.

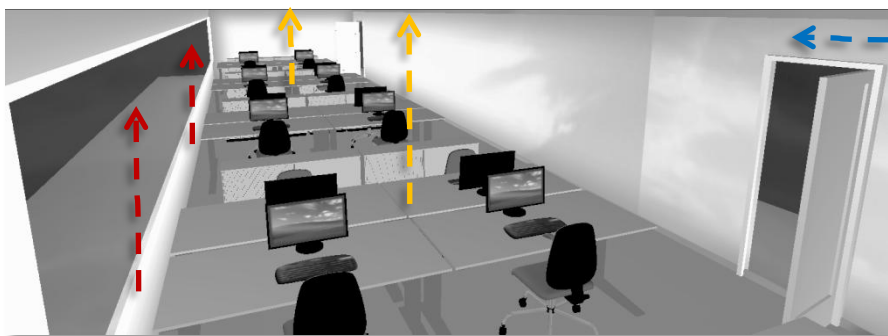
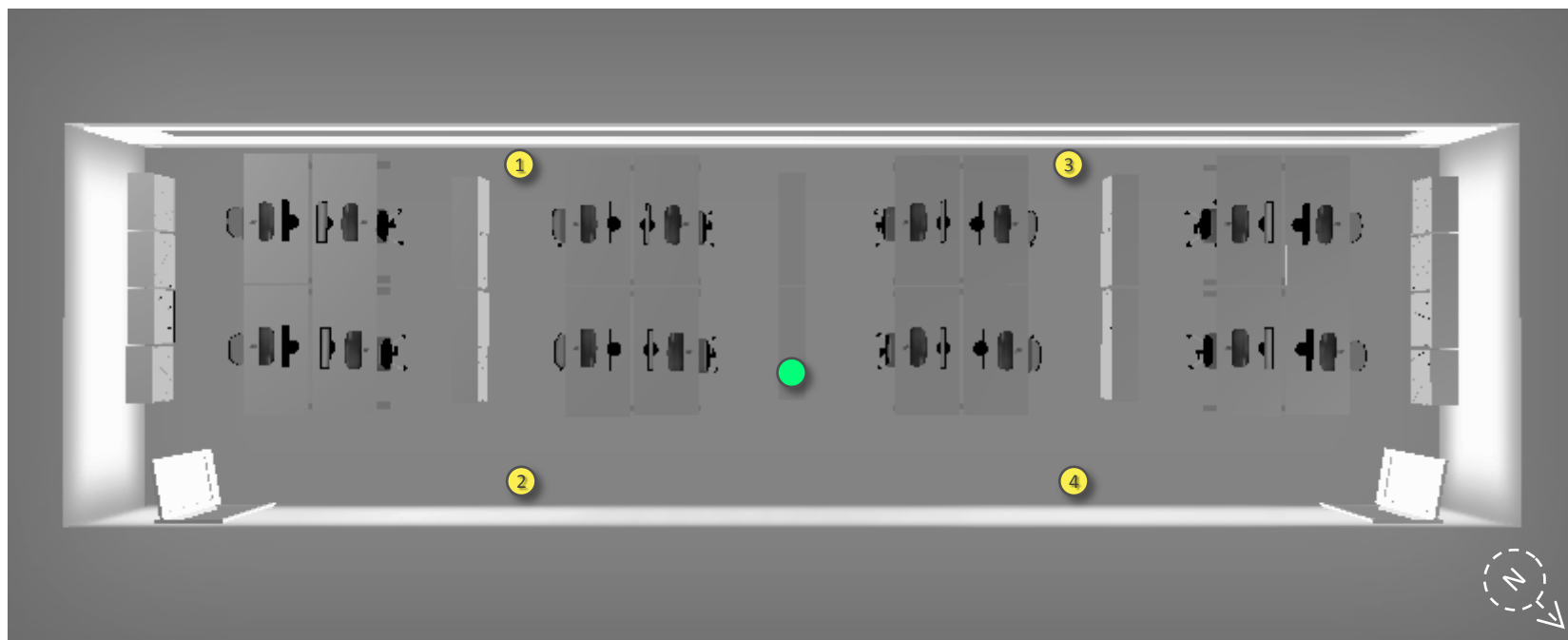
### Ejendom

Placering	København (Bymidte)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1935
Renoveret	2008

### Kontor

Etage	2.sal
Lokaletype	Storrumskontor
Funktion	Ingeniørvirksomhed
Arbejdspladser	14 stk.
Areal	90,5 m <sup>2</sup> 6,5 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,8 m
Volumen	253,4 m <sup>3</sup> 18,1 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	5,0 m
Udstyr	14 stk. computer 0 stk. printere





- - -> : VARME
- - -> : LUFTILFØRSEL
- - -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor J

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustikloft i system. Gulvet består af linoleum. Endevæggene består af gipsplader med filt og maling. Bagvæggen består af glas (ikke lufttæt).

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er få små i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret på den anden side af glasbagvæggen.

### Vinduer og solafskærmning

Der er 8 stk. store vinduer i den ene facade. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner samt udvendige markiser.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

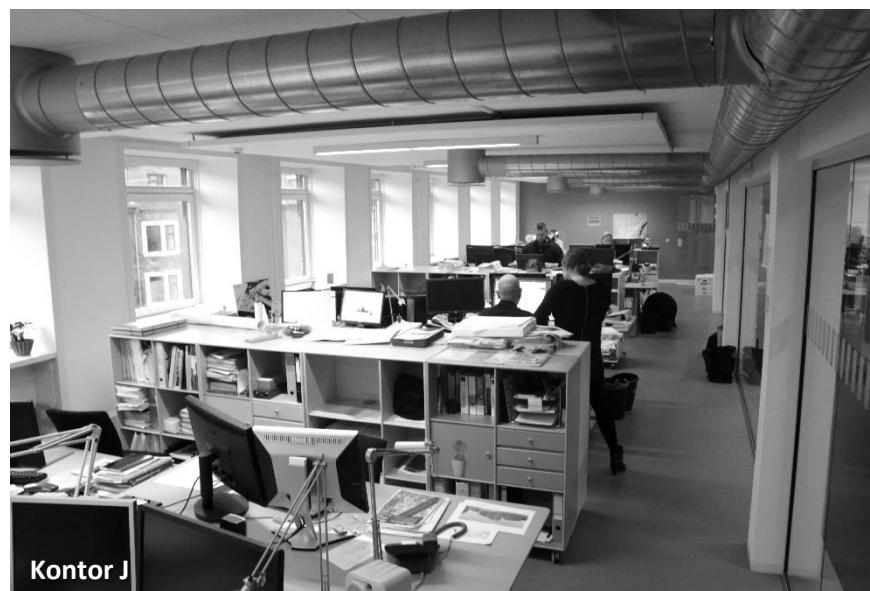
Kontoret er bestykt med balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Både indblæsningsarmaturer er placeret på den ene sidevæg. Udsugningsarmaturerne er placeret i loftet i kontorets længderetning. Ventilationen er urstyret med mulighed for regulering på kontoret. Begge døre til lokalet står normalt åbne.

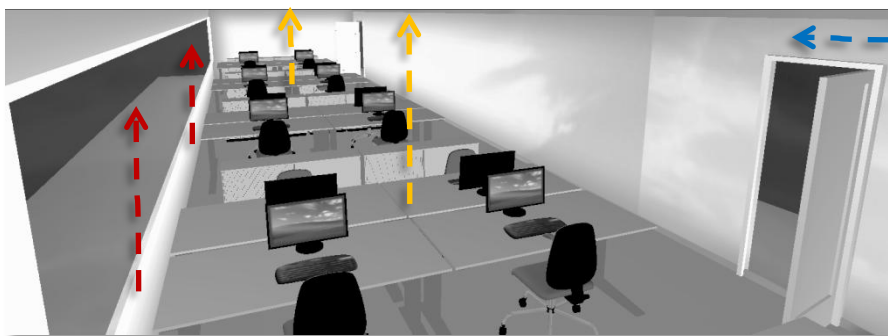
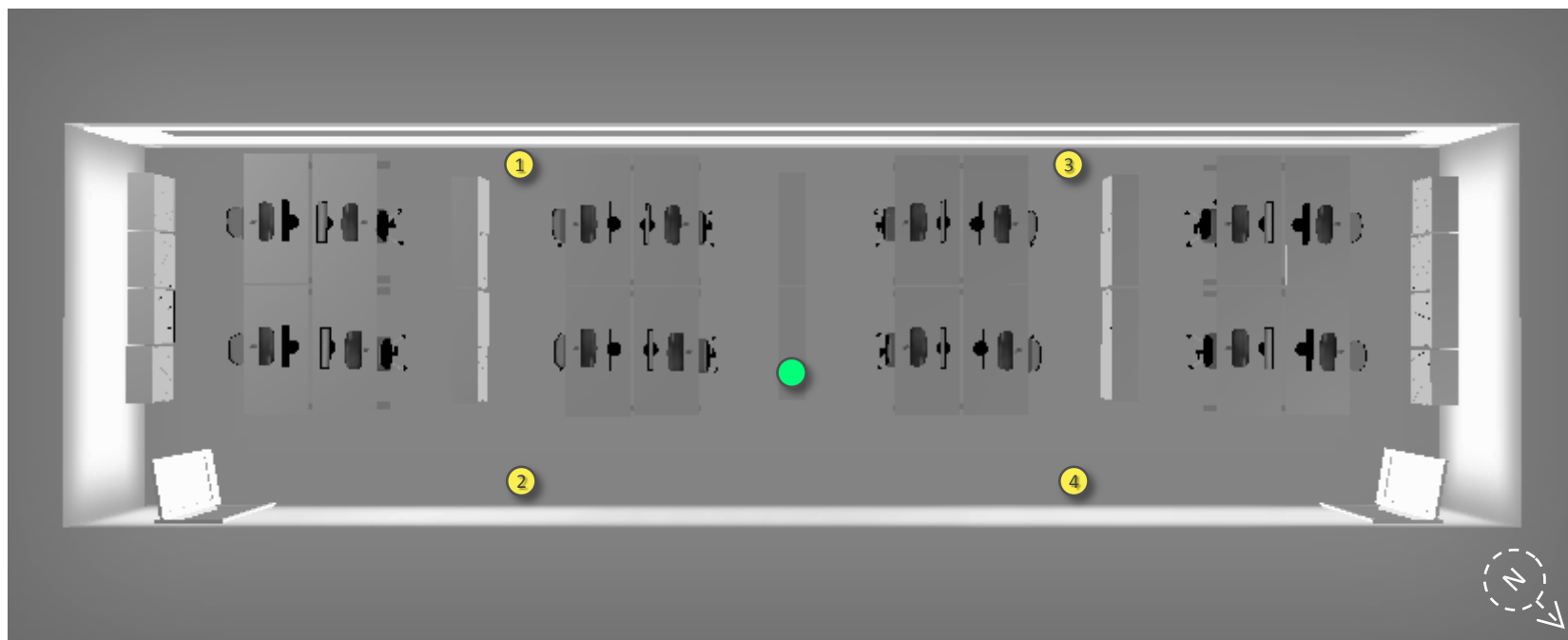
### Ejendom

Placering	København (Bymidte)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1935
Renoveret	2008

### Kontor

Etage	2.sal
Lokaletype	Storrumskontor
Funktion	Administration
Arbejdspladser	14 stk.
Areal	90,5 m <sup>2</sup> 6,5 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,8 m
Volumen	253,4 m <sup>3</sup> 18,1 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	5,0 m
Udstyr	14 stk. computer 0 stk. printere





- - -> : VARME
- - -> : LUFTILFØRSEL
- - -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor K

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustik metalloft. Gulvet består af linoleum. Vægoverfladerne består af gipsplader med filt og maling.

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er 7 stk. store vinduer i fordelt på tre facader. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Døren til lokalet står normalt åben.

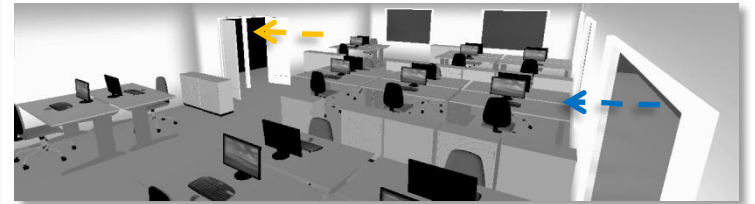
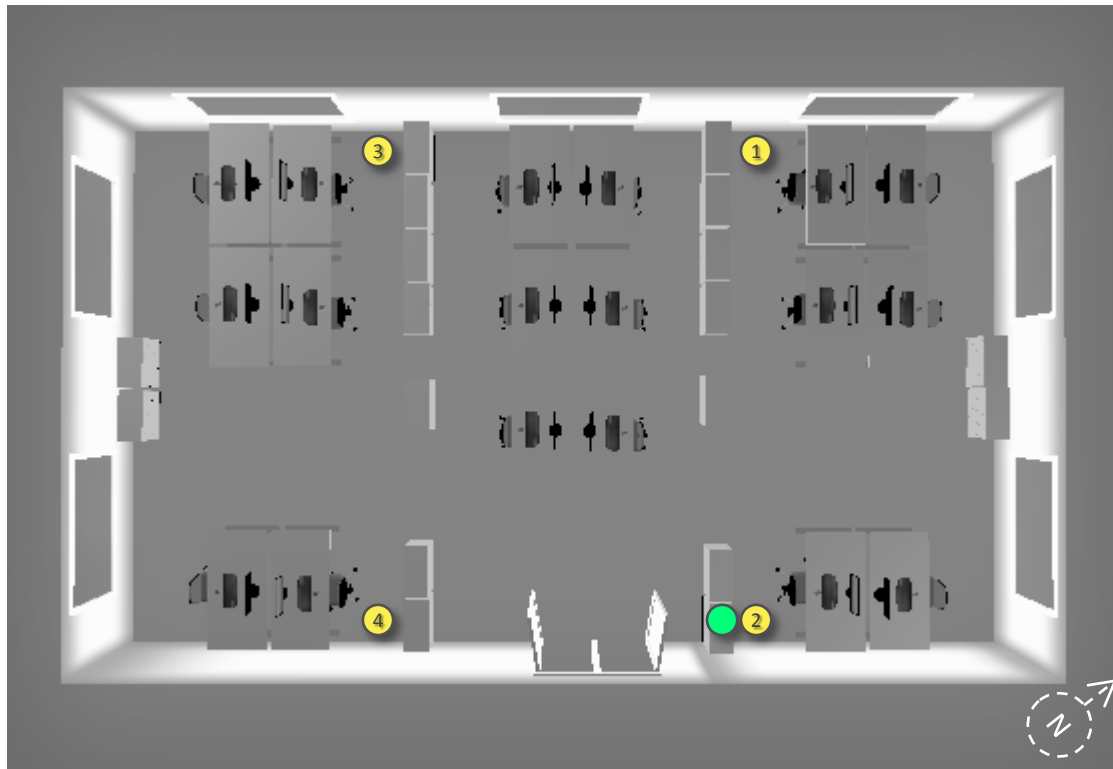
### Ejendom

Placering	København (Havnefront)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1919
Renoveret	1972

### Kontor

Etage	1.sal
Lokaletype	Storrumskontor
Funktion	Ingeniørvirksomhed
Arbejdspladser	18 stk.
Areal	110,0 m <sup>2</sup> 6,1 m <sup>2</sup> /person
Højde (gns.)	2,7 m
Volumen	297,0 m <sup>3</sup> 16,5 m <sup>3</sup> /person
Rumdybde	8,1 m
Udstyr	18 stk. computer                      0 stk. printere





- -> : VARME
- -> : LUFTILFØRSEL
- -> : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## Kontor L

### Beskrivelse

Bygningen er en ældre tung bygning. Loftkonstruktionen er vandret nedhængt akustik metalloft. Gulvet består af linoleum. Vægoverfladerne består af gipsplader med filt og maling.

Møbleringen består små kontormøbler af fineret spånplader. Kontorpladserne er placeret i rækker ud for vinduerne. Der er få små planter i kontoret. Der fotokopieres/ printes ikke i kontoret, men på en fotokopimaskine placeret to rum derfra.

### Vinduer og solafskærmning

Der er 9 stk. store vinduer i fordelt på tre facader. Det er muligt at åbne alle vinduer. Vinduerne består af 2-lags termoruder. Solafskærmningen er indvendige hvide persienner.

### Opvarmning

Kontoret er opvarmet med radiatorer under vinduerne. Der sidder en termostat på hver radiator.

### Ventilation

Kontoret er naturligt ventileret. Døren til lokalet står normalt åben.

### Ejendom

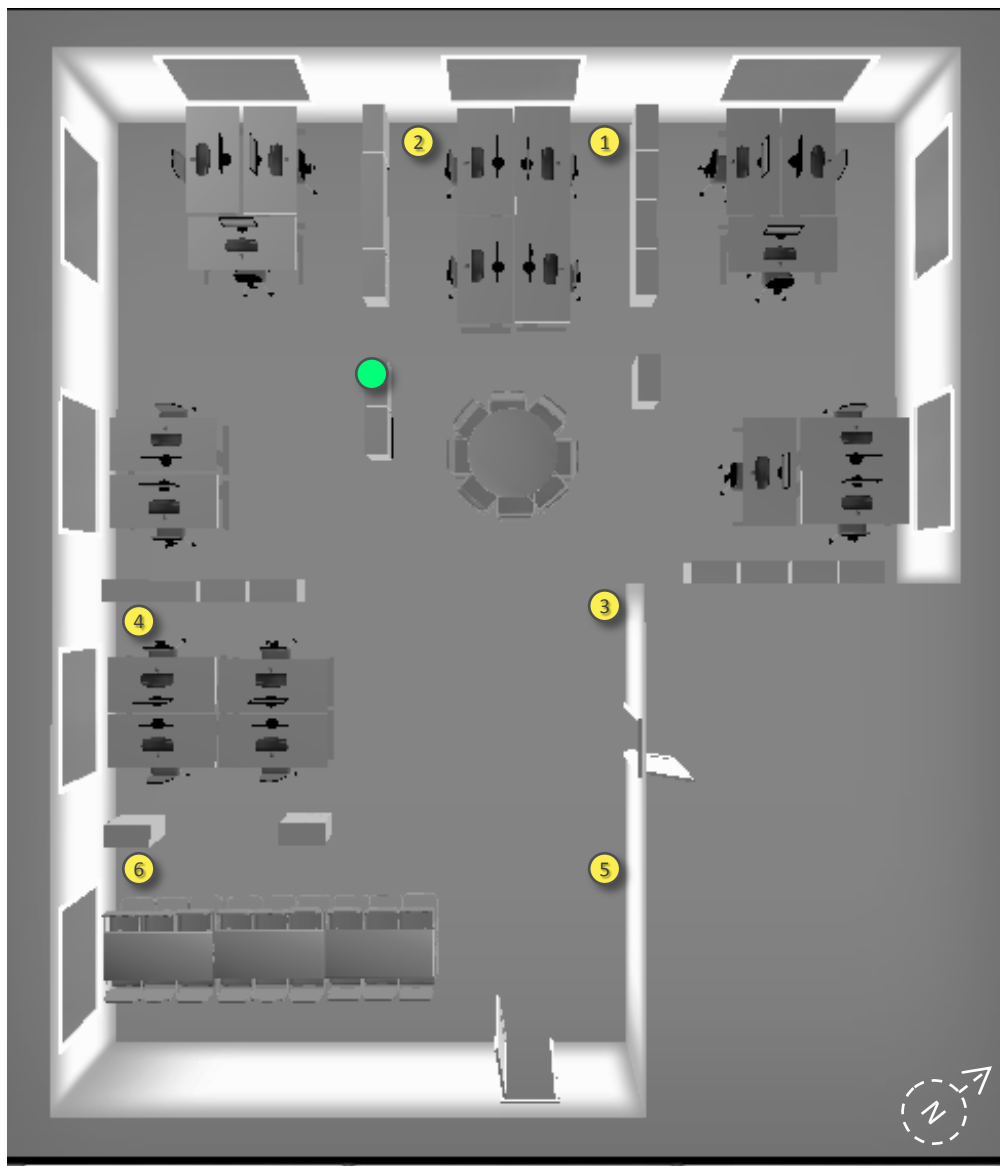
Placering	København (Havnefront)
Miljø	Nær støjende trafik
Opført	1919
Renoveret	1972

### Kontor

Etage	2.sal
Lokaletype	Storrumskontor
Funktion	Ingeniørvirksomhed
Arbejdspladser	17 stk.
Areal	152,0 m <sup>2</sup> <span style="float:right">8,9 m<sup>2</sup>/person</span>
Højde (gns.)	2,7 m
Volumen	410,4 m <sup>3</sup> <span style="float:right">24,4 m<sup>3</sup>/person</span>
Rumdybde	8,1/ 8,7 m
Udstyr	17 stk. computer <span style="float:right">0 stk. printere</span>







- : VARME
- : LUFTTILFØRSEL
- : LUFTUDKAST
- : ENKELTMÅLING
- : TIDSSERIEMÅLING

## BILAG B: SPØRGESKEMA

### Generelt

Spørgsmål	Variabel
Hvad er dit køn?	Kvinde Mand
Hvad er din alder?	(Fritekst)
Hvilken arbejdsfunktion beskriver bedst dit arbejde?	Ledende funktion Administrativ funktion Akademisk eller sagsbehandler funktion Teknisk funktion
Hvad tid møder du normalt?	Før kl. 7 Kl. 7 - 8 Kl. 8 - 9 Efter kl. 9
Hvad tid holder du normalt fri?	Før kl. 13 Kl. 13 - 14 Kl. 14 - 15 Kl. 15 - 16 Efter kl. 16
Hvor stor en andel af arbejdstiden er du normalt på kontoret?	Under 2 timer 2 - 4 timer 4 - 6 timer Over 6 timer
I hvilket kontorlokale sidder du i?	(Fritekst)
Hvor henne i kontoret sidder du?	Tæt på vinduet Midt i rummet Væk fra vinduet

Spørgsmål	Variabel
Hvor tilfreds er du med, hvor meget plads du har?	Meget utilfreds Utilfreds Neutral Tilfreds Meget tilfreds
Hvor tilfreds er du med, hvor rummelig kontoret er?	Meget utilfreds Utilfreds Neutral Tilfreds Meget tilfreds
Føler du dig forstyrret i dit arbejde af telefon/ besøg/ kollegaer eller andet?	Ja, i høj grad Ja, i nogen grad Nej, næsten ikke Nej, slet ikke
Har du mulighed for at påvirke dine egne arbejdsforhold?	Ja, i høj grad Ja, i nogen grad Nej, næsten ikke Nej, slet ikke
Hvor tilfreds er du med dit arbejde?	Meget utilfreds Utilfreds Neutral Tilfreds Meget tilfreds

## Temperaturforhold

Spørgsmål	Variabel
Hvordan er rumtemperaturen på kontoret? - De sidste 4 uger	Alt for varmt For varmt Komfortabelt varmt Ideelt Komfortabelt køligt For køligt Alt for køligt
Hvordan er rumtemperaturen på kontoret? - Om sommeren	Alt for varmt For varmt Komfortabelt varmt Ideelt Komfortabelt køligt For køligt Alt for køligt
Føler du dig normalt generet af træk og kuldenedfald på kontoret? - Fra vægge og vinduer	Ikke generet Lidt generet Meget generet
Føler du dig normalt generet af træk og kuldenedfald på kontoret? - Fra ovenlys	Ikke generet Lidt generet Meget generet
Føler du dig normalt generet af træk og kuldenedfald på kontoret? - Fra ventilation	Ikke generet Lidt generet Meget generet
Føler du dig normalt generet af kolde overflader på kontoret? - Vægge og vinduer	Ikke generet Lidt generet Meget generet

Spørgsmål	Variabel
Føler du dig normalt generet af kolde overflader på kontoret? - Loft og ovenlys	Ikke generet Lidt generet Meget generet
Føler du dig normalt generet af kolde overflader på kontoret? - Gulv	Ikke generet Lidt generet Meget generet
Hvilken af følgende beklædninger svarer bedst til din typiske påklædning på kontoret? - De sidste 4 uger	T-shirt og shorts Skjorte m. korte ærmer og lette bukser Kjole eller skjorte og nederdel Skjorte eller trøje og bukser Skjorte, bukser og jakke Bluse, lang nederdel og jakke Skjorte, bukser, trøje og jakke Skjorte, bukser, vest, jakke og frakke
Hvilken af følgende beklædninger svarer bedst til din typiske påklædning på kontoret? - Om sommeren	T-shirt og shorts Skjorte m. korte ærmer og lette bukser Kjole eller skjorte og nederdel Skjorte eller trøje og bukser Skjorte, bukser og jakke Bluse, lang nederdel og jakke Skjorte, bukser, trøje og jakke Skjorte, bukser, vest, jakke og frakke
Føler du dig normalt generet af varierende temperaturer på kontoret?	Nej Lidt generet Meget generet
Har du mulighed for at..? - Skrue op eller ned for varmen	Ja Nej

## Temperaturforhold (forsat)

Spørgsmål	Variabel
Har du mulighed for at..? - Trække solafskærmning for eller fra	Ja Nej
Har du mulighed for at..? - Åbne eller lukke vinduer	Ja Nej
Er du blevet præsenteret for..? - Brugermanual for styring af kontorets varme og- ventilation	Ja Nej
Er du blevet præsenteret for..? - Mundtlig instruktion af styring af kontorets varme og- ventilation	Ja Nej
Er du blevet præsenteret for..? - Adfærdsregler vedrørende styring af kontorets varme og- ventilation	Ja Nej
Føler du dig normalt generet af solskin eller solvarme på kontoret? - De sidste 4 uger	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Føler du dig normalt generet af solskin eller solvarme på kontoret? - Om sommeren	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt

Spørgsmål	Variabel
Hvor ofte gør du om sommeren? - Skruer op eller ned for varmen	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Hvor ofte gør du om sommeren? - Trækker solafskærmning for eller fra	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Hvor ofte gør du om sommeren? - Åbner eller lukker vinduer	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Hvor ofte gør du resten af året? - Skruer op eller ned for varmen	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Hvor ofte gør du resten af året? - Trækker solafskærmning for eller fra	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt
Hvor ofte gør du resten af året? - Åbner eller lukker vinduer	Aldrig En gang om ugen Flere gange om ugen Dagligt

## Luftkvalitet

Spørgsmål	Variabel
<i>Har du de sidste 4 uger følt dig generet af et eller flere af følgende forhold på din arbejdsplads? - Indelukket luft</i>	<i>Nej Ja, en gang imellem Ja, ofte (mindst 1 gang om ugen)</i>
<i>Har du de sidste 4 uger følt dig generet af et eller flere af følgende forhold på din arbejdsplads? - Tør luft</i>	<i>Nej Ja, en gang imellem Ja, ofte (mindst 1 gang om ugen)</i>
<i>Har du de sidste 4 uger følt dig generet af et eller flere af følgende forhold på din arbejdsplads? - Ubehagelig lugt</i>	<i>Nej Ja, en gang imellem Ja, ofte (mindst 1 gang om ugen)</i>
<i>Har du de sidste 4 uger haft et eller flere af følgende symptomer eller gener pga. indeklimaet på kontoret?</i>	<i>Udtalt træthed Tunghedsfornemmelse i hovedet Hovedpine Utilpashed/Svimmelhed Koncentrationsbesvær Tørhed, svie eller irritation i øjne Tør, irriteret, stoppet eller rindende næse Tør eller irriteret hals Hæshed eller ondt i halsen Tør eller rødme ansigtshud Tør, kløende eller rødme hud på hænderne</i>
<i>Har du eller har haft et eller flere af følgende symptomer?</i>	<i>Astma Allergi Eksem</i>

## BILAG C: INTERVIEWSKEMA

### Temperaturforhold

Emne	Spørgsmål
<i>Hvordan oplever du den generelle temperatur i lokalerne?</i>	<i>Hvordan oplever du temperaturen?</i> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Koldt/ varmt</i></li><li>▪ <i>Trækgener</i></li><li>▪ <i>Kolde overflader</i></li></ul>
	<i>Modtager du klager omkring temperaturen?</i> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Koldt/ varmt</i></li><li>▪ <i>Trækgener</i></li><li>▪ <i>Kolde overflader</i></li><li>▪ <i>Er der områder i bygningen der er særlig udsatte?</i></li></ul>
	<i>Hvordan håndteres udfordringer omkring temperaturen?</i>
	<i>Hvordan håndteres klager omkring temperaturen?</i>

Emne	Spørgsmål
<i>Hvad er den primære varmekilde i lokalerne?</i>	<i>Hvordan er den styret?</i> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Er den tidsstyret?</i></li><li>▪ <i>Er der en set-punkt temperatur i lokalerne?</i></li><li>▪ <i>Er den styret af termostater?</i></li></ul>
	<i>Kan ovenstående justeres af driftspersonalet?</i> <i>Bliver det justeret af driftspersonalet iht. fx årstiderne?</i>
	<i>Kan ovenstående justeres af de enkelte medarbejdere?</i>
	<i>Bliver det justeret af de enkelte medarbejdere iht. fx. årstiderne?</i>

## Ventilationsforhold

Emne	Spørgsmål	Emne	Spørgsmål
<p>Hvordan oplever du det generelle indeklima i lokalerne?</p>	<p>Hvordan oplever du luftkvaliteten?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Frisk luft?</li> <li>▪ Tung luft?</li> <li>▪ Varierende?</li> </ul> <p>Modtager du klager omkring luftkvaliteten?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tung luft?</li> <li>▪ Lugtgener?</li> <li>▪ Tør luft?</li> <li>▪ Er der områder i bygningen der er særlig udsatte?</li> </ul>	<p>Er der mekanisk ventilation i lokalerne? (forsat)</p>	<p>Kan ovenstående justeres af de enkelte medarbejdere?</p> <p>Bliver det justeret af de enkelte medarbejdere iht. fx. årstiderne?</p> <p>Kan de enkelte medarbejdere åbne vinduer eller døre ud til det fri?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er medarbejdere vejledet omkring daglig udluftning?</li> <li>▪ Bliver der luftet ud med gennemtræk dagligt?</li> </ul>
	<p>Hvordan håndteres udfordringer omkring indeklima?</p> <p>Hvordan håndteres klager omkring indeklima?</p>		<p>Er der naturlig ventilation i bygningen?</p>
	<p>Er der mekanisk ventilation i lokalerne?</p>	<p>Hvordan er den styret?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er den tidsstyret?</li> <li>▪ Er den CO<sub>2</sub> styret?</li> <li>▪ Er der en set-punkt temperatur i lokalerne?</li> <li>▪ Hvad er indblæsningstemperaturen?</li> </ul> <p>Kan ovenstående justeres af driftspersonalet?</p> <p>Bliver det justeret af driftspersonalet iht. fx. årstiderne?</p>	

