

## Indeklima

Geo Clausen  
Center for Indeklima og Energi  
Danmarks Tekniske Universitet

## Krav til Indeklimaet

- Indeklima der er sundt og behageligt

## Krav til Indeklimaet

- Indeklima der er sundt, behageligt og inspirerende

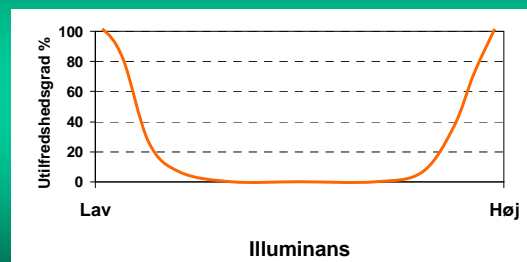
## Ingeniørens oversættelse

- Indeklima, der ikke er usundt, og med færrest mulige utilfredse

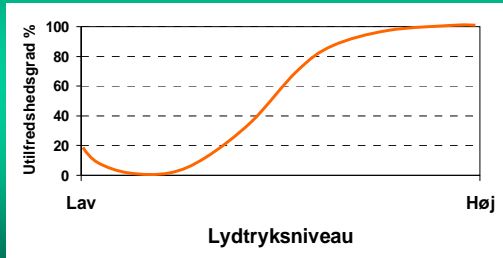
## Fire parametre:

- Lys
- Lyd
- Luftkvalitet
- Termisk indeklima

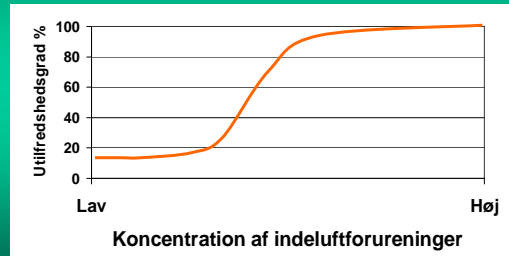
## Lys



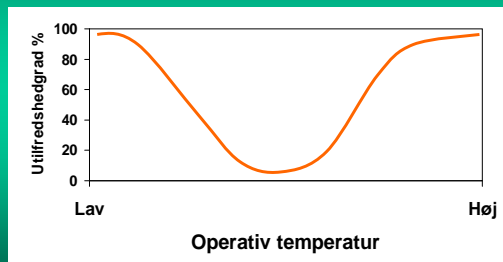
## Lyd



## Luftkvalitet



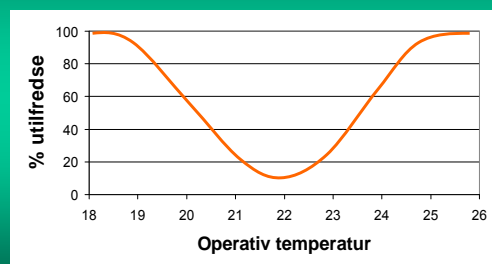
## Termisk indeklima



## Seks parametre, der bestemmer menneskets varmebalance

- Person
  - Beklædning
  - Aktivitetsniveau
- Omgivelser:
  - Lufttemperatur
  - Luftfugtighed
  - Middelstrålingstemperatur
  - Lufthastighed

## Fangers Komfortligning



2 clo

2,5 met

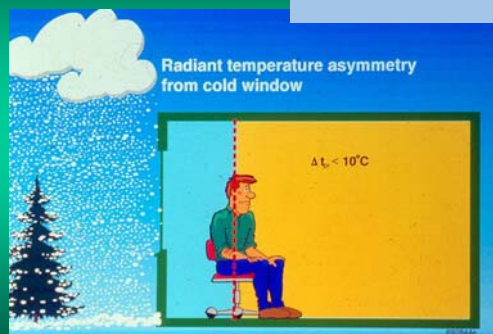
6°C



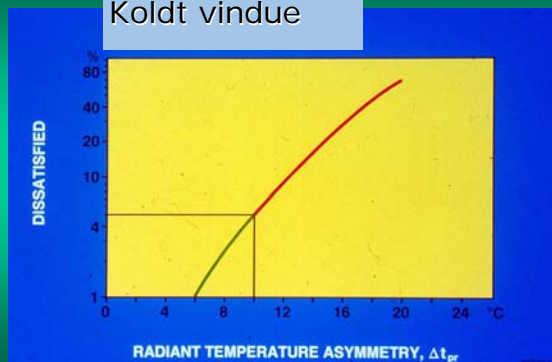
## lokal termisk diskomfort

- **Asymmetrisk stråling**
- Lokale luftbevægelser (træk)
- Varme eller kolde gulve
- Vertikal lufttemperaturforskel

## Koldt vindue



## Koldt vindue



Undersøgelser på DTU har dokumenteret negative effekter på kontoransattes produktivitet ved forringet luftkvalitet

## Metode

Tilførsel af udeluft:

- 0.6 h<sup>-1</sup> (3 L/s/person)
- 2.0 h<sup>-1</sup> (10 L/s/person)
- 5.5 h<sup>-1</sup> (28 L/s/person)

Forureningskilde i lokalet



## Forureningskilde

20 år gammelt tæppe.

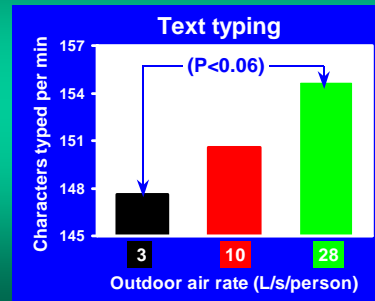


## Simuleret kontorarbejde

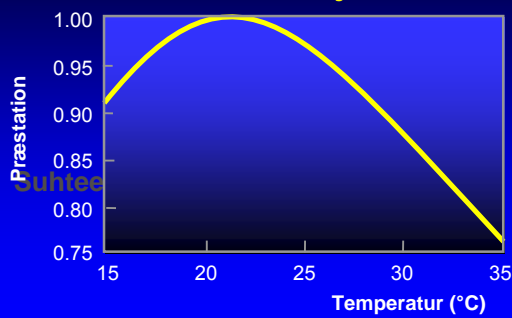
- Tekst skrivning
- korrekturlæsning
- regnestykker
- Test af hukommelse
- Test af kreativitet

Estimat af produktivitet

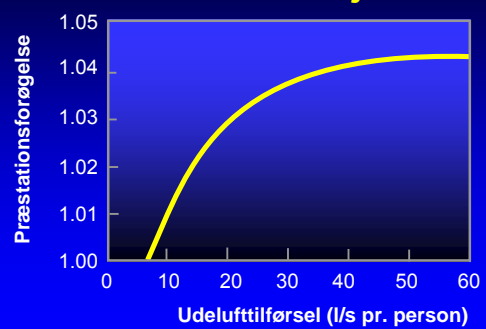
## Resultat: Produktivitet



## Temperatur og præstation af kontorarbejde



## Udelufttilførsel og præstation af kontorarbejde



## Store økonomiske konsekvenser

- 5% tab i produktivitet pga. dårligt indeklima er dominerende i forhold til omkostninger til at skabe et godt indeklima

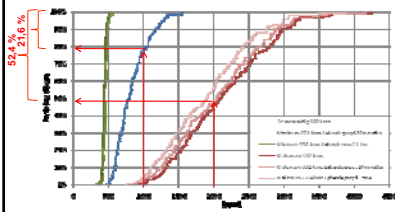


## Indeklima og Børns Sundhed. En undersøgelse af børn på Fyn



## Kontinuerte målinger

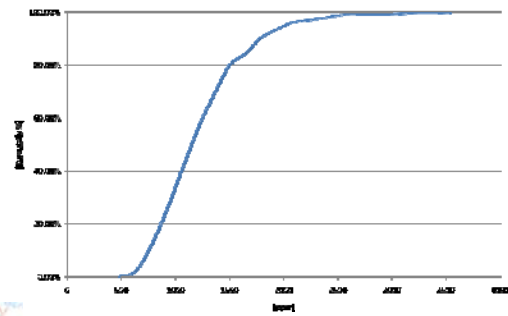
CO<sub>2</sub>-koncentrationer



21-10-2009

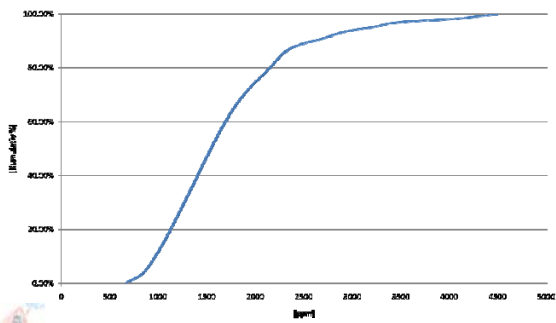
25

## CO<sub>2</sub>-konc i børneværelser



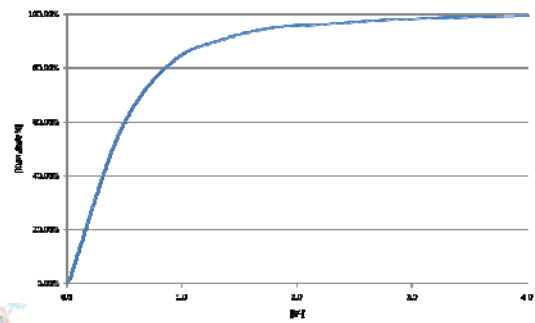
26/17

## Max løbende gennemsnit [20 min] CO<sub>2</sub>



27/17

## Luftskifte i børneværelser



28/17

## "Klassisk" indeklimateforskning

- Undersøg én parameter isoleret under kontrollerede forhold.
- Hold alle andre parametre konstante og neutrale

Men sådan ser verden jo ikke ud....

## Forsøgsplan

- 99 forsøgspersoner parvis eksponeret til et indeklima i 2 timer
- 4 grupper af forsøgspersoner (G1, G2, G3, G4)
- Forsøgspersonerne tilfældigt placeret i grupperne

## Forsøgsplan

### "Dårligt" indeklima (G1)

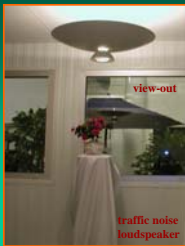


- Trafikstøj 55dB(A)
- Dårligt lys
- Ingen vinduer
- Kontorlandskabs akustik
- 27°C
- Dårlig luftkvalitet



## Forsøgsplan

### Alle parametre forbedret (G4)



- Trafikstøj 45dB(A)
- God belysning
- Vinduer
- Cellekontor akustik
- 22°C
- God luftkvalitet (50L/s/p)



## Forsøgsplan

### G2 - "Gruppen med valgmuligheder"

- Forsøgspersonerne oplevede det gode og det dårlige indeklima
- Prislister for forbedringer præsenteret for forsøgspersonerne
- 3 budget niveauer (20%, 50%, 75% af den samlede pris for renovering)
- Forsøgspersonerne eksponeret for selvvalgte forbedringer (50%)

Factor Nr.	Environmental improvement	Price	Low budget	Medium budget	High budget
1	Low traffic noise				
2	Better lighting				
3	A view out				
4	A quiet office				
5	Cooler				
6	More ventilation				
	<b>Total cost</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>75</b>

## Forsøgsplan

### G2 - "Gruppen med valgmuligheder"

- Forsøgspersonerne oplevede det gode og det dårlige indeklima
- Prislister for forbedringer præsenteret for forsøgspersonerne
- 3 budget niveauer (20%, 50%, 75% af den samlede pris for renovering)
- Forsøgspersonerne eksponeret for selvvalgte forbedringer (50%)

Factor Nr.	Environmental improvement	Price	Low budget	Medium budget	High budget
1	Low traffic noise	4			
2	Better lighting	4			
3	A view out	37			
4	A quiet office	37			
5	Cooler	8			
6	More ventilation	10			
	<b>Total cost</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>75</b>

## Forsøgsplan

### G2 - "Gruppen med valgmuligheder"

- Forsøgspersonerne oplevede det gode og det dårlige indeklima
- Prislister for forbedringer præsenteret for forsøgspersonerne
- 3 budget niveauer (20%, 50%, 75% af den samlede pris for renovering)
- Forsøgspersonerne eksponeret for selvvalgte forbedringer (50%)

Factor Nr.	Environmental improvement	Price	Low budget	Medium budget	High budget
1	Low traffic noise	4		66%	
2	Better lighting	4		42%	
3	A view out	37		24%	
4	A quiet office	37		58%	
5	Cooler	8		75%	
6	More ventilation	10		33%	
	<b>Total cost</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>75</b>

## Forsøgsplan

G3 – gruppe uden valgmuligheder, eksponeret til samme indeklima som makker i G2.

## Forsøgsplan

### Opgaver:

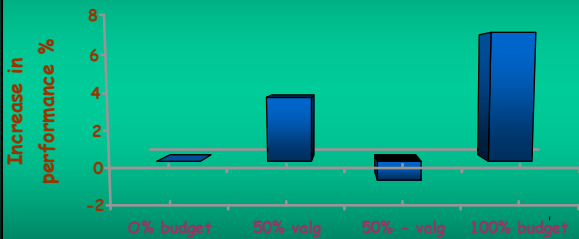
- Landolt ringe
- korrekturlæsning
- Additionsopgaver
- Maskinskrivning
- Akustisk korrektur

### Spørgeskemaer:

- Luftkvalitet
- Termisk indeklima
- Samlet indeklima
- Acceptabilitet af lys og støj
- SBS symptomer



## Præstationer

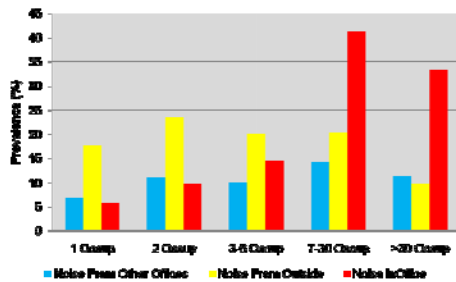


## Field study: Office building survey

- Based on a study performed in Copenhagen (Pejtersen et al., 2006)
- 9 large office buildings selected in Bratislava, Slovakia
  - 1308 respondents in total
  - Response rates in buildings between 20 and 66 %
- Questionnaire survey performed among employees:
  - Perceptions of physical environment
  - SBS symptoms
  - Psychosocial parameters
- Analysis of the results being performed to identify differences in parameters according to office size – from cellular to open-plan

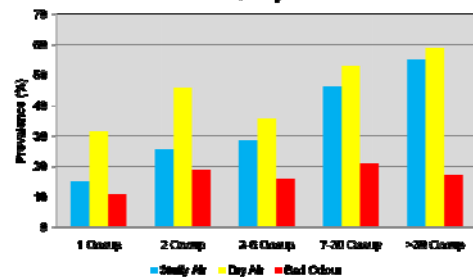
Pejtersen J., Allemann L., Kristensen T.S., Poulsen O.M. (2006): Indoor climate, psychosocial work environment and symptoms in open-plan offices, *Indoor Air*, 16, 392-401.

## Noise

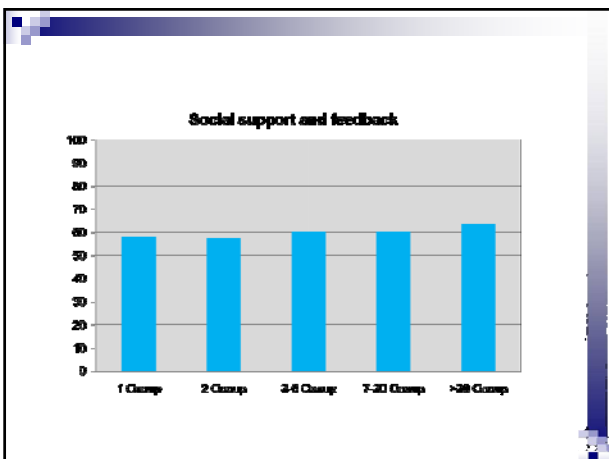
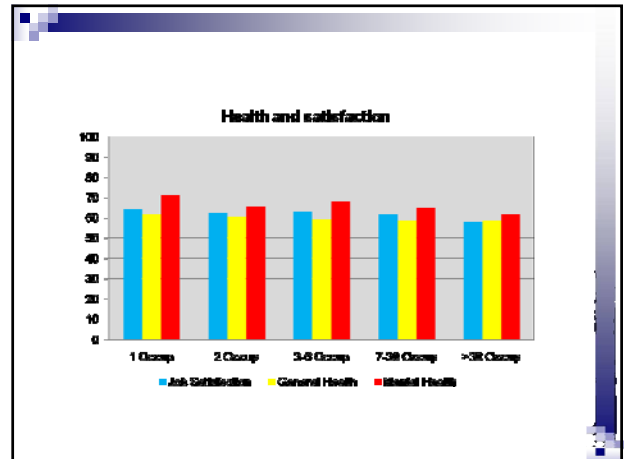
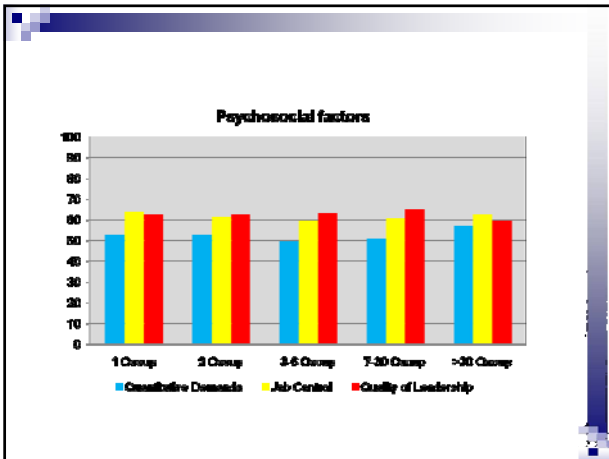
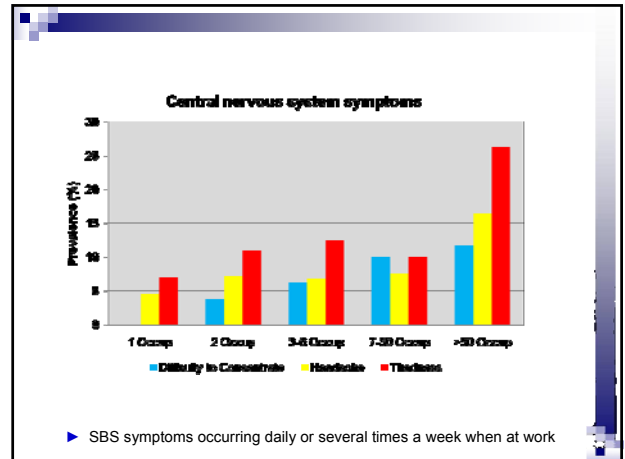
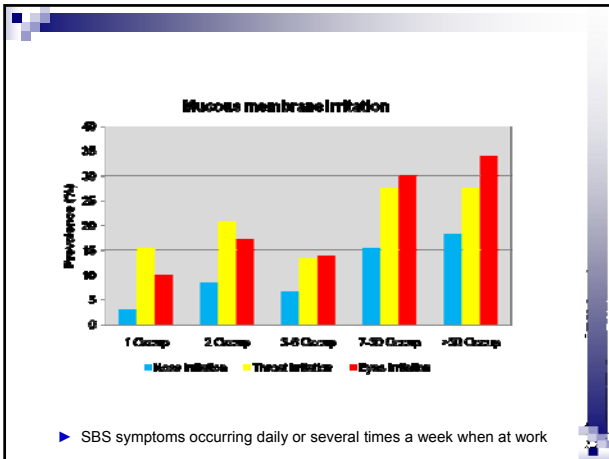


▶ Adverse perception occurring daily or several times a week


## Air Quality



▶ Adverse perception occurring daily or several times a week



### Methods



- Simulation of open-plan office in a field laboratory by playing recordings of office noise on surround-sound speaker system
- Acoustic environments – recordings created in Odeon simulation software using sounds from working office:
  - Cellular office – no recording played
  - Open-plan office I – simulation of real office
  - Open-plan office II – as model I with reverberant ceiling
  - Open-plan office III – as model I with sound absorbent surfaces
- All conditions experienced at comfortable temperature 23°C  
Cellular office and Open-plan office I experienced also at 28°C

## Methods

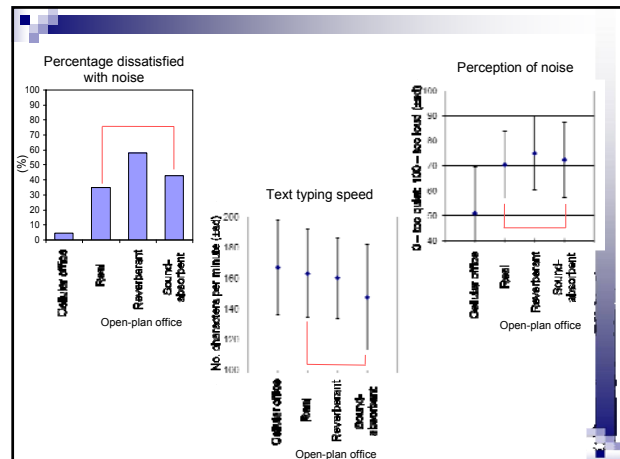
- 15 subjects exposed for 6 hours to each condition

Subjective evaluation:

- Questionnaires: Perceptions of factors in the environment; Comfort sensations; Perceived ability to perform office work; SBS symptoms.

Performance tasks:

- Text typing;
- Proof reading;
- Addition.



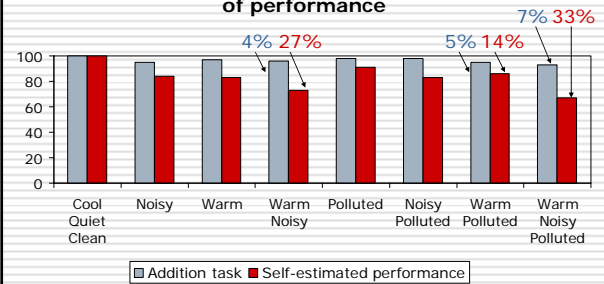
Possible explanation:

- The acoustic treatment of the office dampens the overall noise level, therefore cancelling the masking effect of noise from sources in distance. The close sources become more apparent causing more annoyance, disruption and decrease of acceptability of noise in the space.

## Results

PERFORMANCE

### Objective vs. subjective assessment of performance



Clima 2007 - Helsinki

Tak for opmærksomheden!

Ha' en fortsat rigtig god dag!