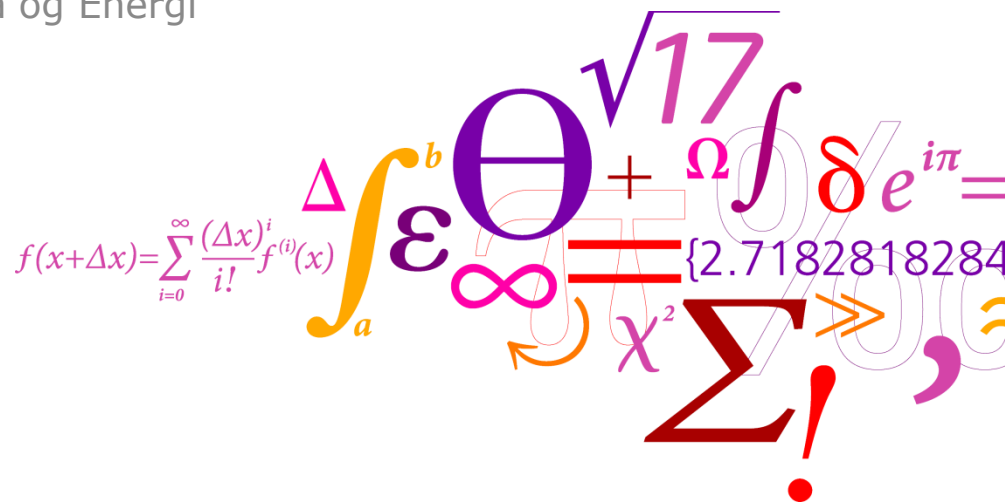

Hvad er godt indeklima?

Geo Clausen
Center for Indeklima og Energi
DTU Byg



Hvad er godt indeklima?

- "Helikopter" overvejelser
- Et bud: Dansk Standard 3033
- Myter
- Individuelle forhold

Hvad er godt indeklima?

- **“Helikopter” overvejelser**
(her fokus på luftkvalitet)
- Et bud: Dansk Standard 3033
- Myter
- Individuelle forhold

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



ASHRAE definition

“Acceptabel luftkvalitet”



- Luft, der ikke indeholder kendte forureninger i skadelige koncentrationer
- Luft, som størstedelen af de der udsættes for, finder acceptabel

ASHRAE definition

“Acceptabel luftkvalitet”

- **Luft, der ikke indeholder kendte forureninger i skadelige koncentrationer**
- Luft, som størstedelen af de der udsættes for, finder acceptabel

Sundhed, risikovurdering

Koncentration af forurenings x varighed af eksponering →

Eksponering x faktor (optagelse) →

Dosis x faktor (respons) →

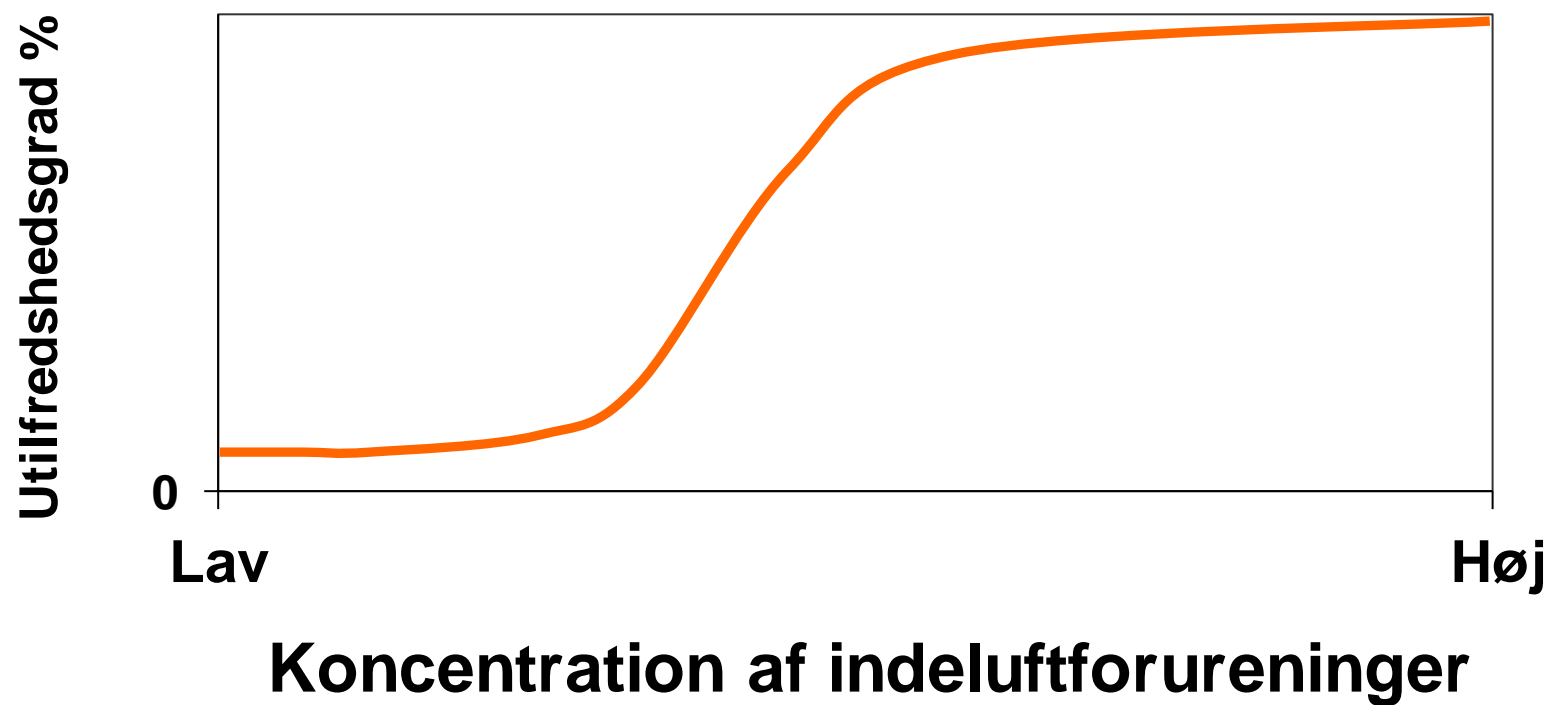
Sundhedsrisiko

ASHRAE definition

“Acceptabel luftkvalitet”

- Luft, der ikke indeholder kendte forureninger i skadelige koncentrationer
- **Luft, som størstedelen af de der udsættes for, finder acceptabel**

Eksponeerings – respons sammenhæng



Sundhed og komfort

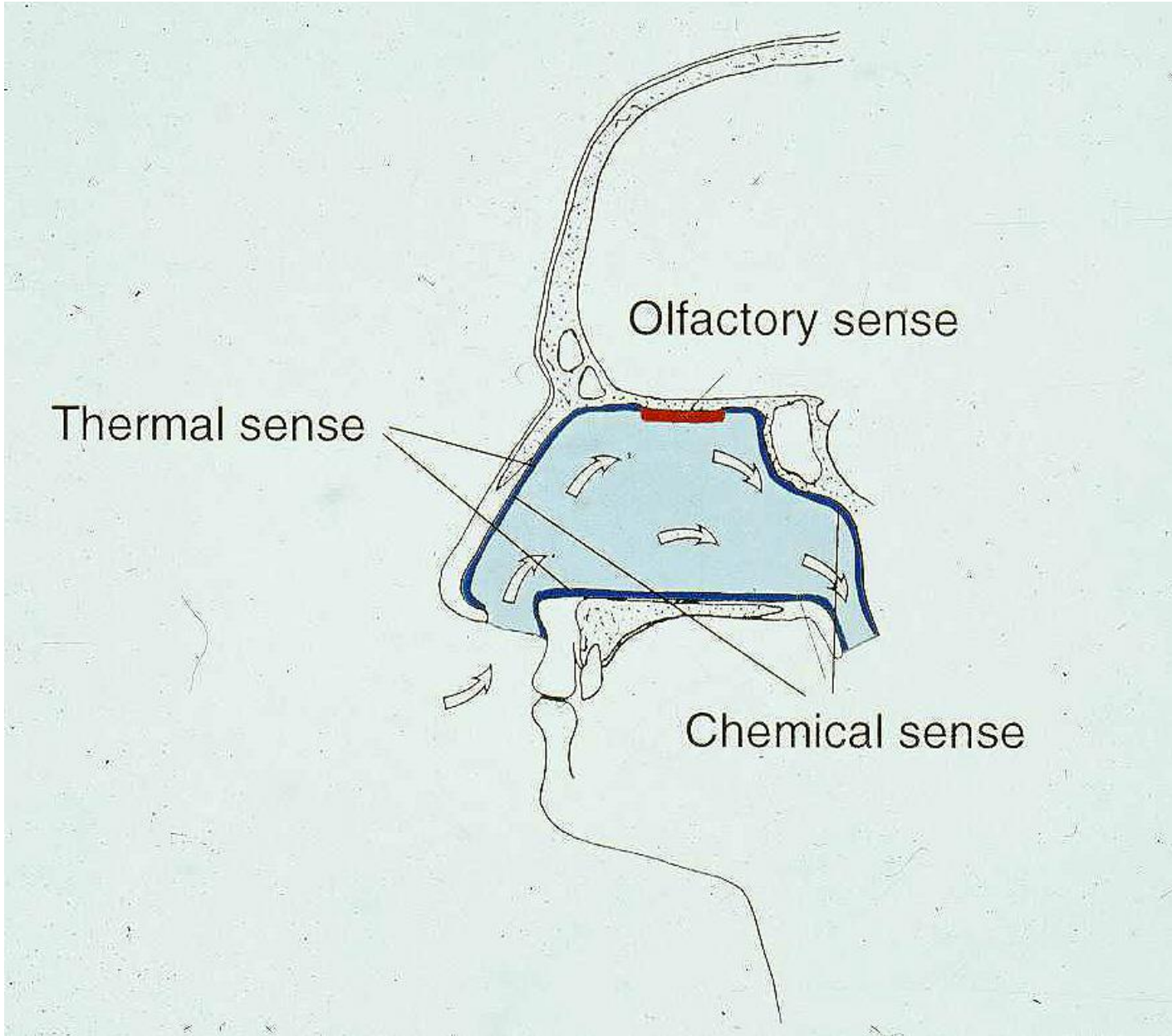
- Sygdomsfremkaldende påvirkninger
 - Akutte effekter
 - Langtidseffekter
- Genepåvirkning
 - Lugt
 - Irritation

Hvad sker der når vi udsættes for et dårligt indeklima?

- Perceptioner
- Symptomer
- Nedsat præstationsevne
-

Hvad sker der når vi udsættes for et dårligt indeklima?

- Perceptioner
- Symptomer
- Nedsat præstationsevne
-

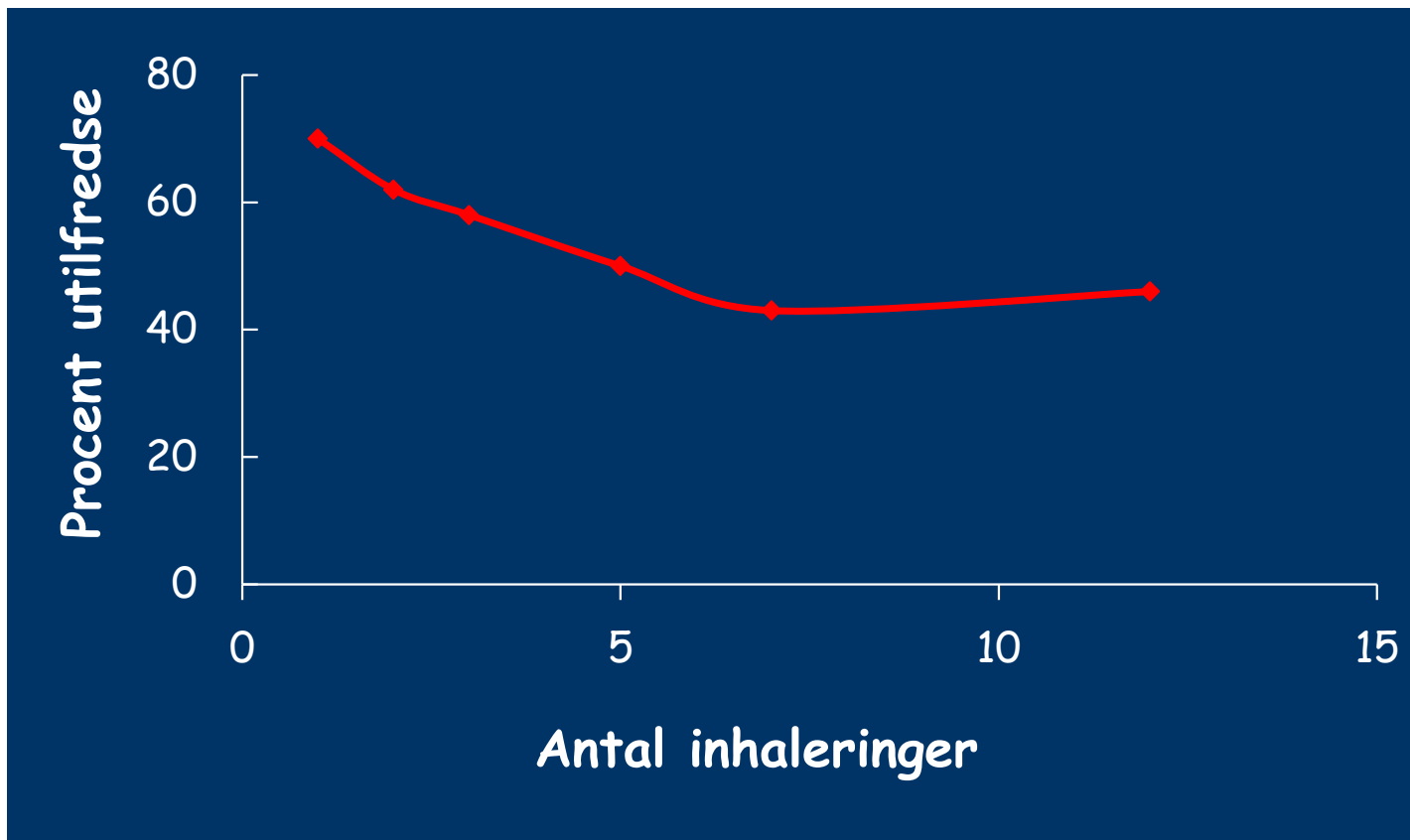


Hvad er "acceptabilitet"?

- Lugtintensitet
- Karakter af lugten
- Sensorisk irritation
- Fysiske effekter



Tilvænning





Hvad sker der når vi udsættes for et dårligt indeklima?

- Perceptioner
- Symptomer
- Nedsat præstationsevne
-

Symptomer

- Irritation af øjne, næse og hals
- Hovedpine
- Unormal træthed
- Tør hud

Sick Building Syndrome

Forekomst af symptomer i kontorer (typisk)

- 20-40% af de ansatte har symptomer
- 10-60% af de ansatte er utilfredse med luftkvaliteten



Hvad sker der når vi udsættes for et dårligt indeklima?

- Perceptioner
- Symptomer
- Nedsat præstationsevne
-

Metode

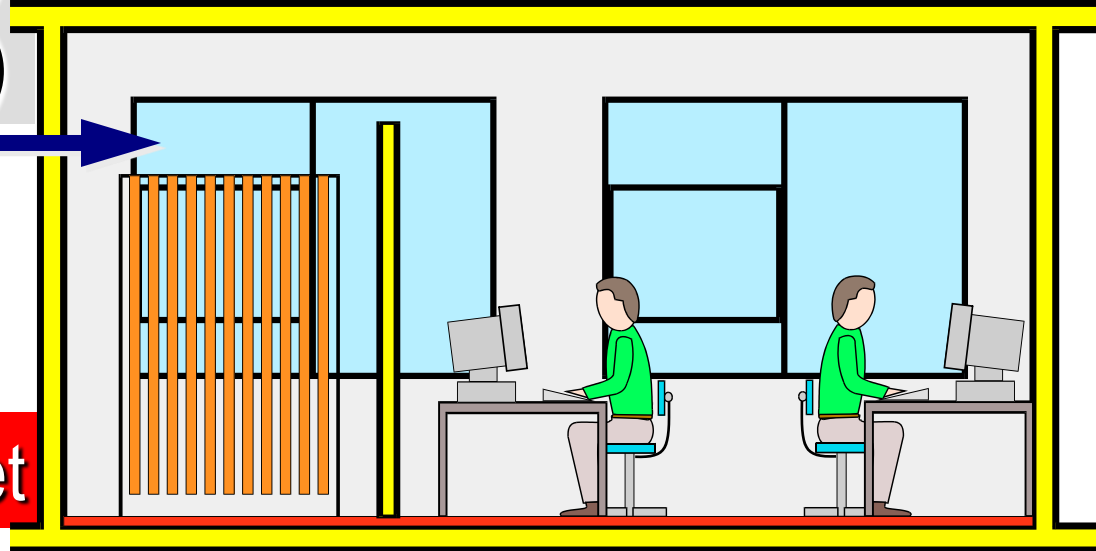
Tilførsel af udeluft:

0.6 h⁻¹ (3 L/s/person)

2.0 h⁻¹ (10 L/s/person)

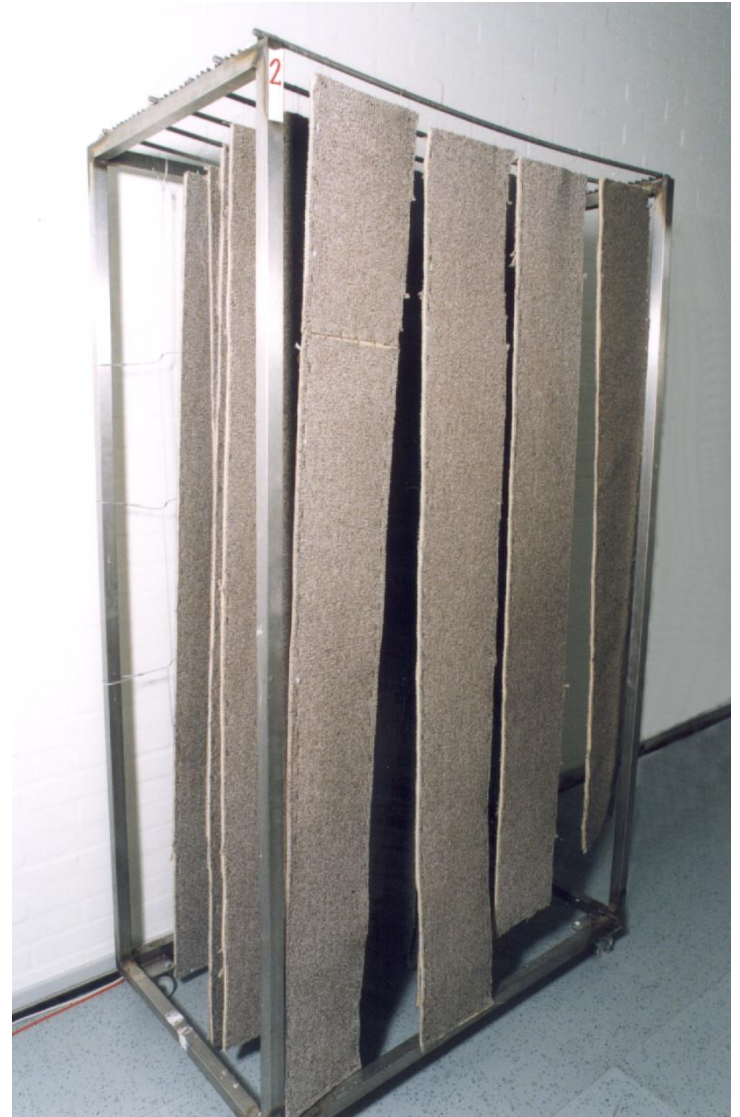
5.5 h⁻¹ (28 L/s/person)

Forureningskilde I lokalet



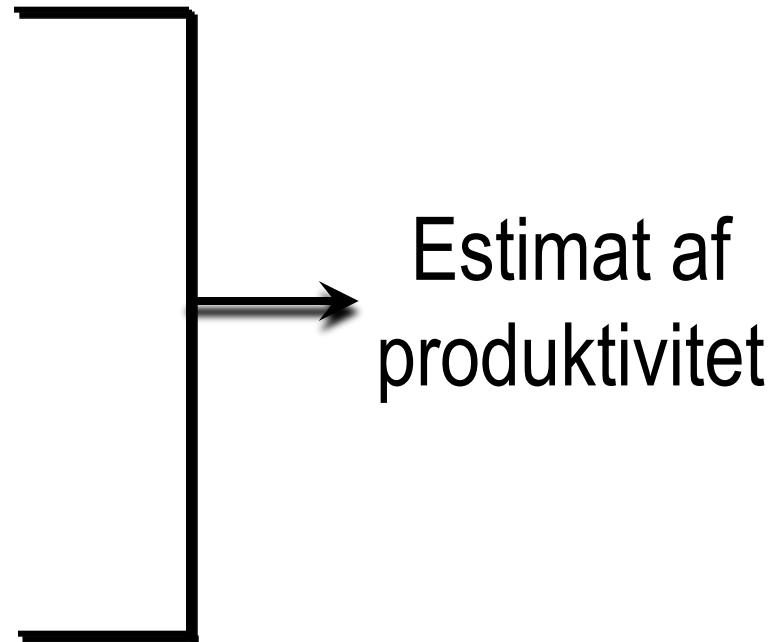
Forureningskilde

20 år gammelt tæppe.

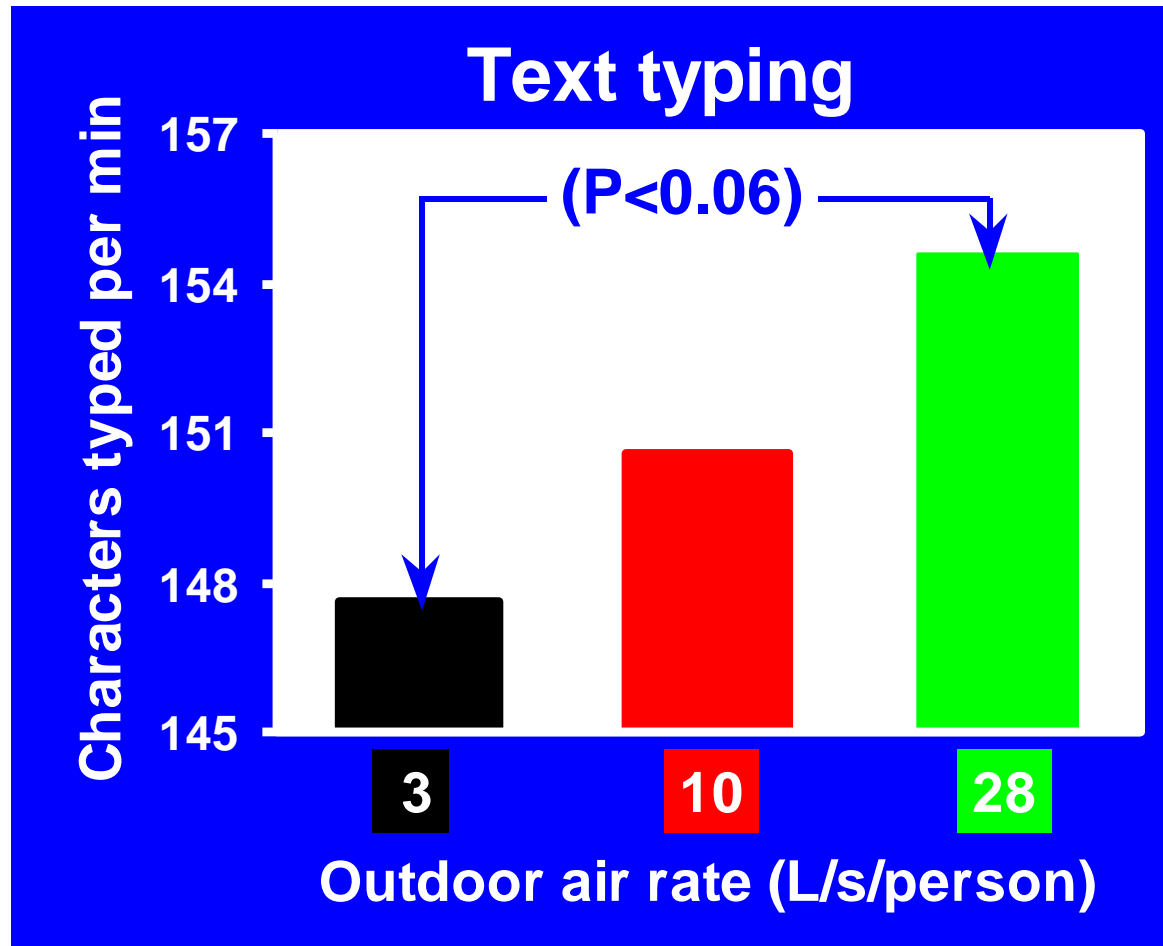


Simuleret kontorarbejde

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



Resultat: Produktivitet



Store økonomiske konsekvenser

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



Hvad er godt indeklima?

- Helikopter overvejelser
- **Et bud: Dansk Standard 3033**
- Myter
- Individuelle forhold

Klassifikation af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer



De fem kvalitetsklasser

- **Klasse A⁺⁺** Det fremragende indeklima
- **Klasse A⁺** Det gode indeklima – klart bedre end minimumskravene i bygningsreglementet
- **Klasse A** Det gode, tilfredsstillende indeklima svarende til kravet i bygningsreglementet
- **Klasse B** Indeklina dårligere end minimumskravene i bygningsreglementet
- **Klasse C** Det ringe indeklima

Krav til klassifikationssystem

- Robust!
 - Ingen brugerindflydelse
 - Ingen effekt af årstid
- Valgte faktorer skal have betydning for
 - Indeklimaet og/eller
 - Sensoriske
gener/symptomer/præstation/sygdom
- Ikke for dyrt (ca. 5 timer)

Bruttoliste over indeklimaparametre

1. Termiske forhold

- Lufttemperatur
- operativ temperatur
- lufthastighed
- strålingstemperaturasymmetri

2. Luftkvalitet

- Radon
- PM 2,5
- Ozon
- CO₂
- CO
- NO₂
- Sedimenteret støv
- Formaldehyd
- Benzen
- Phtalater
- Bromerede flammehæmmere
- pesticider

3. Lyd

- lydtrykniveau
- luftlydisolation
- trinlyd
- Efterklangstid

4. Lys

- Udsyn
- Dagslysfaktor (vinduesareal/gulvareal)
- Lysstyrke
- Lyskontrast

5 Fugt og biologiske parametre

- Relativ luftfugtighed
- Absolut vandindhold i luften
- Vandindhold i byggematerialer
- Temperaturen af byggematerialer
- Hundeallergener og katteallergener
- Husstøvmider
- Synlig fugt/skimmelsvamp
- Skjult fugt/skimmelsvamp

Kriterier for udvælgelse

- Hyppighed, typiske niveauer samt den tidslige variation
- Effekt på mennesker (sensoriske, symptomer, præstation, sygdom/død)
- Evidens (inkl. dosis-respons)
- Målbarehed
- Samfundseffekt

Valgte parametre

- Luftskifte (målt)
- CO₂ (beregnet fra luftskiftet og personbelastning)
- Termiske forhold, herunder lufthastighed (vurdering)
- Radon (målt)
- Formaldehyd (målt)
- Partikler – (vurdering)
- Fugt/skimmel (vurdering/måling)
- Dagslys (måling)
- Akustiske forhold (måling) – ikke boliger

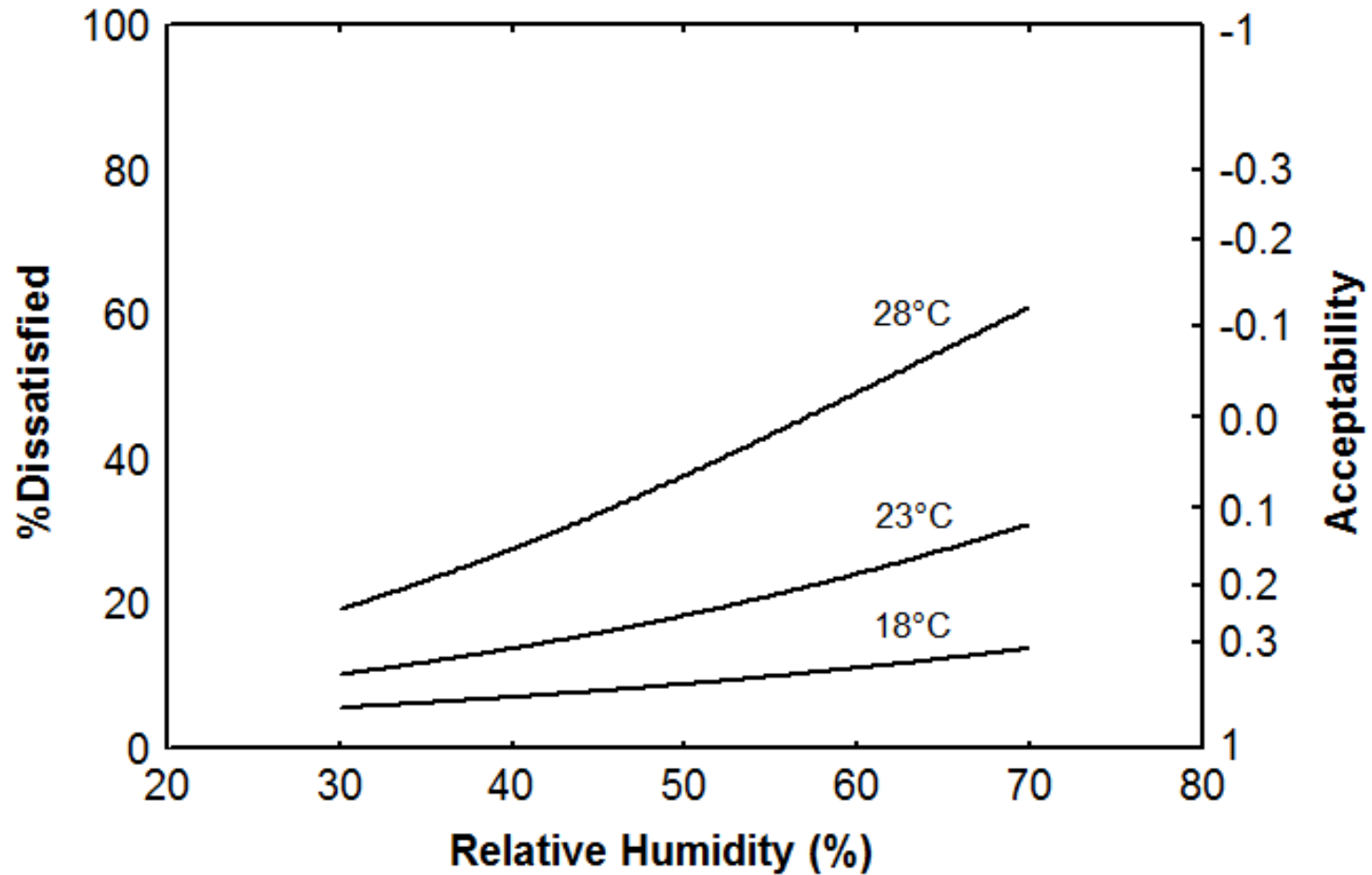
Boliger

Parametre/værdier:	A ⁺⁺	A ⁺	A	B	C
Ventilationsrate: (l/s m ²)	0,30 ¹⁾	0,30 ¹⁾	0,30	0,2	<0,2
Termiske forhold: -Tætte vinduer -Vinduer med dobbelt glas -Luftvarme uden andre varmegivere -Store solbeskinnede vinduer uden solafskærmning -Rumbaseret justerbar termostatbaseret temperaturstyring -Varmekilder under alle vinduer, herunder også gulvvarme, med en rudehøjde større end . Ved ruder med U-værdi lavere end 1,2 W/m ² K, dog større end ²⁾	Ja Ja Nej Nej Ja Ja	Ja Ja Nej Nej Ja Ja	Ja Ja Intet krav Nej Ja Intet krav	Intet krav Ja Intet krav Intet krav Intet krav Intet krav	Intet krav Intet krav Intet krav Intet krav Intet krav Intet krav
Radon: (Bq/m ³)	100	100	100	200	>200
Formaldehyd: (mg/m ³)	0,1	0,1	0,1	0,2	>0,2
Partikler: - emhætte over komfur - brændeovn i opholdsrum Ved forurennet udeluft: - aktiv tilførsel af filtreret udeluft	Ja Nej Ja, over 0,30 l/s m ²	Ja Ja, hvis den opfylder partikelkrav ³⁾ Ja, over 0,30 l/s m ²	Ja Intet krav Intet krav	Ja Intet krav Intet krav	Intet krav Intet krav Intet krav
Fugt/skimmelsvamp: Vådrum Beboelsesrum Lofts- og kælderrum Indhold af svampesporer i støvblandet luftprøve, enzymaktivitet Ved indre trækonstruktioner i bygningen, % ⁵⁾ -Vinterhalvåret (oktober – april) -Sommerhalåret (maj-september)	Ingen tegn Ingen tegn Ingen tegn ⁴⁾ Lavt niveau < 10 < 13	Ingen tegn ⁴⁾ Ingen tegn Ingen tegn ⁴⁾ Lavt niveau < 10 < 13	Tegn på fugt/ skimmelsvamp < 400 cm ² Ingen tegn ⁴⁾ Tegn på fugt/ skimmelsvamp < 2.500 cm ² Lavt niveau < 10 < 13	Tegn på fugt/ skimmelsvamp < 2.500 cm ² Tegn på fugt/ skimmelsvamp < 2.500 cm ² Tegn på fugt/ skimmelsvamp > 2.500 cm ² Middelniveau 10-20 13-22	Tegn på fugt/ skimmelsvamp > 2.500 cm ² Tegn på fugt/ skimmelsvamp > 2.500 cm ² Tegn på fugt/ skimmelsvamp > Højt niveau > 20 > 22
Dagslys: -Dagslysadgang, glasareal /gulvareal, % ⁶⁾ - Udsyn, rudernes lystransmittans, LT	>25 ⁷⁾ >0,80 ⁹⁾	15 ⁷⁾ >0,75 ⁹⁾	10 ⁸⁾ >0,60 ¹⁰⁾	7 >0,50	< 7 <0,5

Hvad er godt indeklima?

- "Helikopter" overvejelser
- Et bud: Dansk Standard 3033
- **Myter**
- Individuelle forhold

Myter.....



Hvad er godt indeklima?

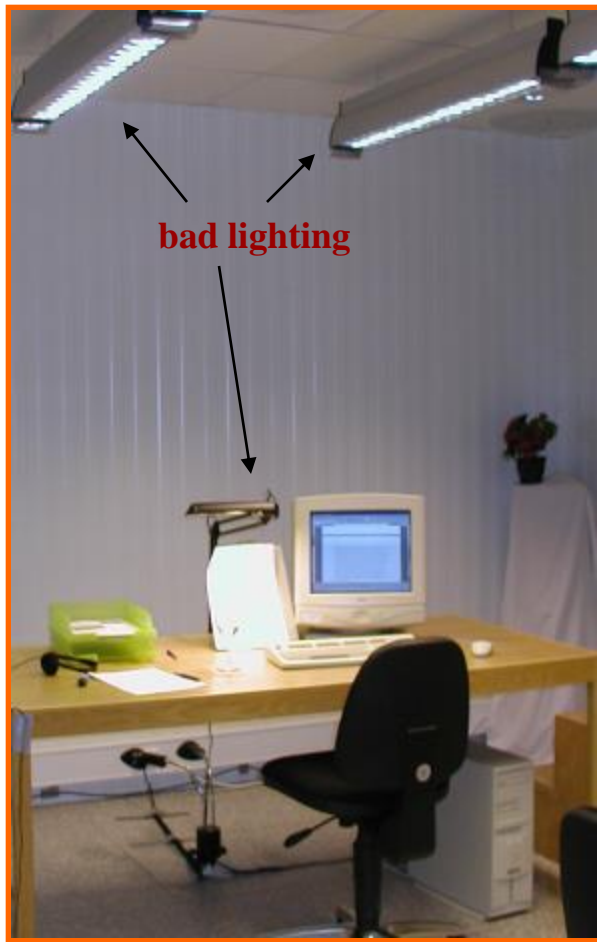
- "Helikopter" overvejelser
- Et bud: Dansk Standard 3033
- Myter
- **Individuelle forhold**

-
- Mennesker er forskellige og har forskellige forventninger og krav til indeklimaet. Giv mulighed for individuel kontrol.



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)



Prisliste

Parameter	Relativ pris for forbedring
Lav trafikstøj	
Bedre lys	
Stille kontor	
Udsyn	
Køligere	
Bedre luftkvalitet	

Prisliste

Parameter	Relativ pris for forbedring
Lav trafikstøj	4
Bedre lys	4
Stille kontor	37
Udsyn	37
Køligere	8
Bedre luftkvalitet	10

Forbedringer valgt af forsøgspersonerne

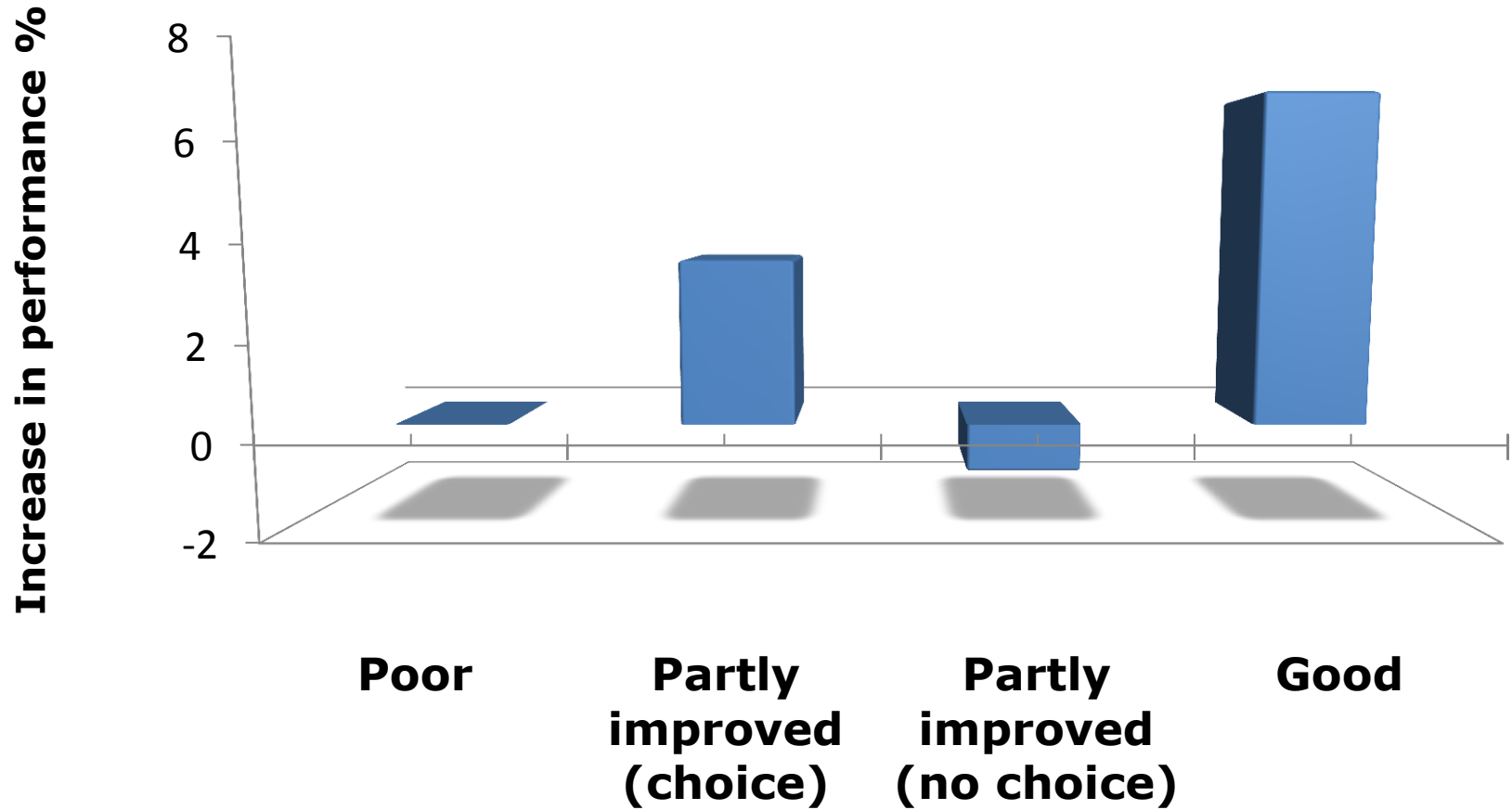
Parameter	Valgt af forsøgspersonerne (%)
Lav trafikstøj	66
Bedre lys	42
Stille kontor	24
Udsyn	58
Køligere	75
Bedre luftkvalitet	33

Alle ni mulige kombinationer blev valgt!

Forsøgsplan

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

Præstasjon



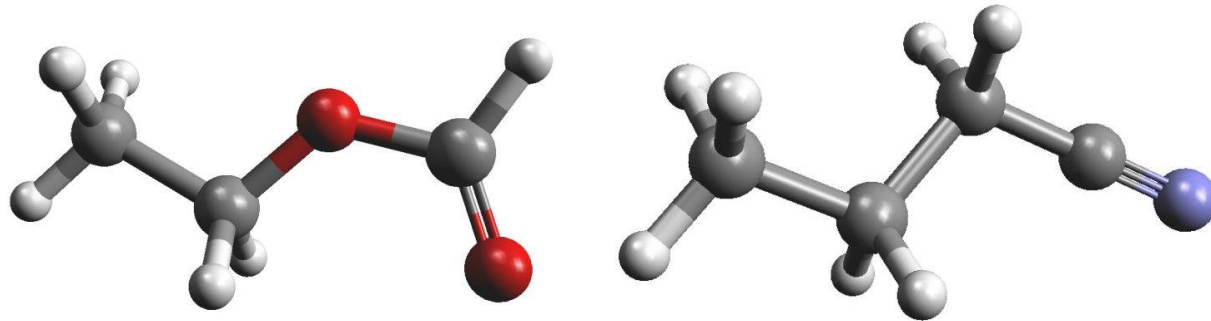
Afsluttende reflektion....

- Risiko for konflikt mellem at reducere energiforbrug i bygninger og menneskers komfort og sundhed



Koncentration af forureninger

$$\Delta \text{ Koncentration} = \frac{\text{Produktionsrate}}{\text{Ventilationsrate}}$$



Koncentration af forureninger

$$\Delta \text{ Koncentration} = \frac{\text{Produktionsrate}}{\text{Ventilationsrate}}$$

