

Godt indeklima

- Gevinst på bundlinjen

SEKTIONSLEDER, PH.D. KASPER LYNGE JENSEN, KALJ@TEKNOLOGISK.DK





» Lidt om mig

- Sektionsleder Bæredygtighedsgruppen Teknologisk Institut i Aarhus
- Underviser i Indeklima på Civilingeniør-uddannelsen på Aarhus Universitet
- Forsket i hvordan indeklimaet påvirker kontoransattes produktivitet.
- Udviklet den model man kan bruge til at beregne de økonomiske konsekvenser ved investeringer i indeklimateforbedringer.

»Indhold

- Kridte indeklima-banen op.
- Indeklima og produktivitet
- Beregningseksempel





»Spørgsmål til diskussion/refleksion

1. Tror I der er en sammenhæng mellem et dårligt indeklima og reduceret præstationsevne?
2. Hvor stor er denne sammenhæng i % - hvad har I evt. hørt om?



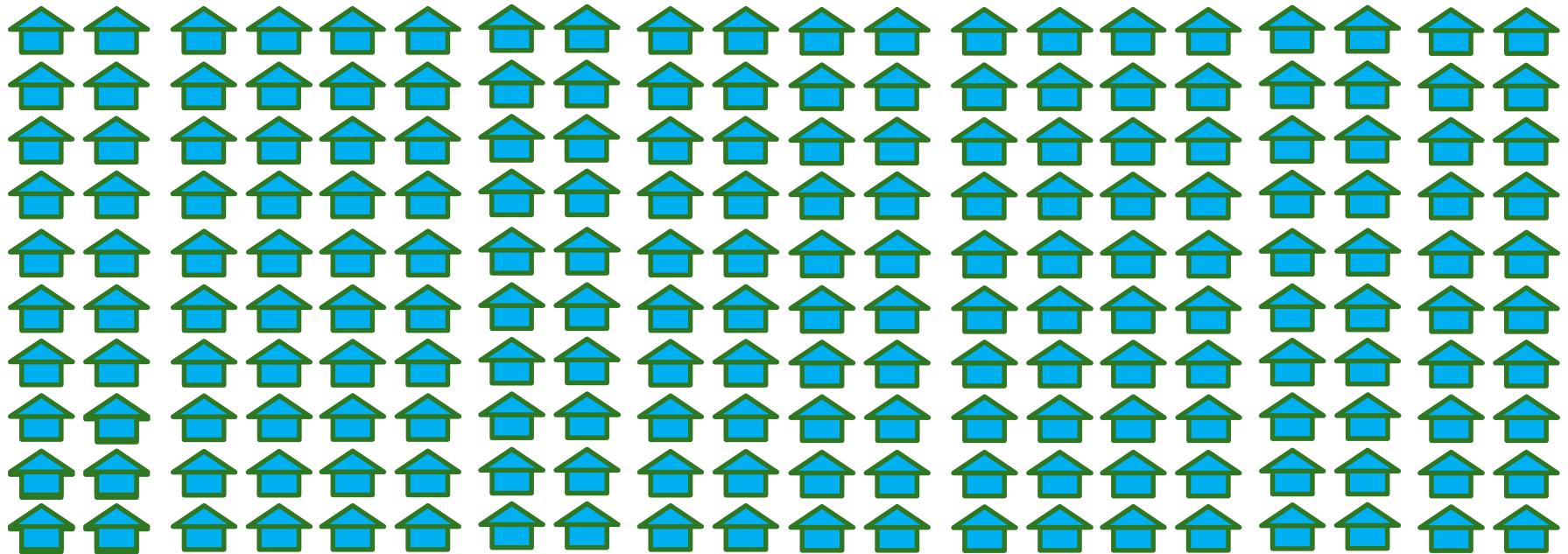
POSTULAT

”En bygning er en omkostning!”

Og den primære business case vedrørende bygninger er at reducere omkostningerne.



Omkostningerne ved bygningstyper og byggestrategier





Det er det mest komplekse ved et byggeri!

Bygherren/lejeren tager det for givet. Rådgiverne ved ikke nok om det. Håndværkere udfører arbejdet for dårligt. Servicemedarbejderne kan ikke finde ud af at gøre det bedre.



Vi tilbringer 90% af tiden indendørs!

**Vi indtager dagligt ca. 1 kg mad, 3 kg væske og 15 kg luft!
30 % af ilten går til hjernen!**



» Hvorfor er det gode indeklima vigtigt?

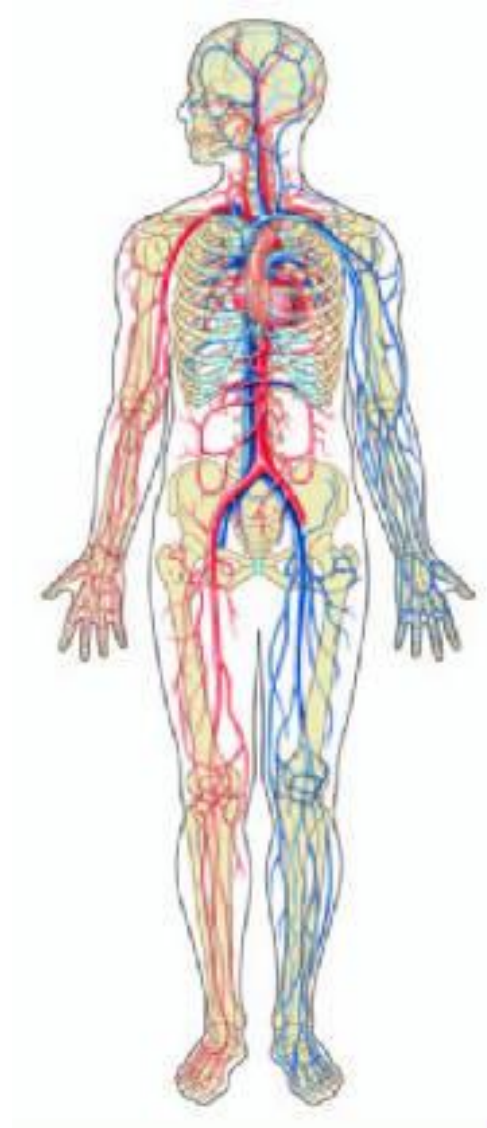
Når man opholder sig i en bygning
udsættes man for en række
fysiske, kemiske og biologiske
påvirkninger

Indeklimaet påvirker vores
trivsel, livskvalitet og produktivitet



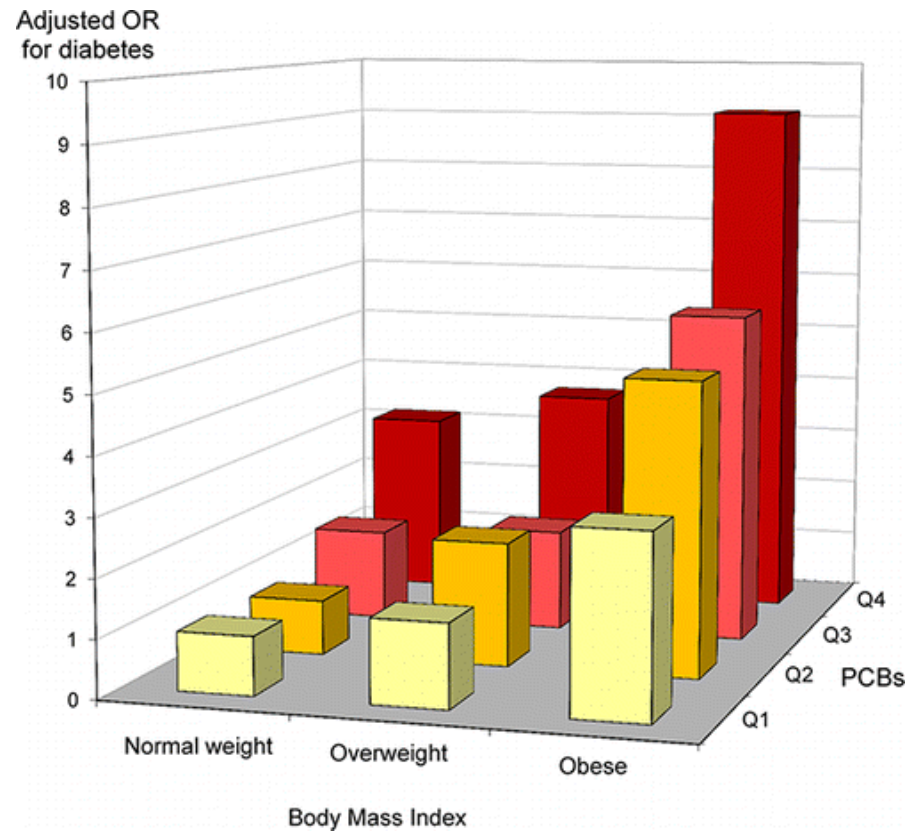
» KEMI fra indeklimaet i KROPPEN

- Benzen, Toluen, Xylen, ethylbenzen, styren
- Perchlor
- PCB
- PBDEs - flammehæmmere
- Nicotin
- PAH
- Bisphenol A
- Parabener
- Phthalates





»PCB og Type II diabetes



Kilde: Gasull et al, Environmental Science and Technology, 2012



»Et godt indeklima medfører på bundlinjen...



Nedsat sygefravær

Færre klager

Højere omsætning

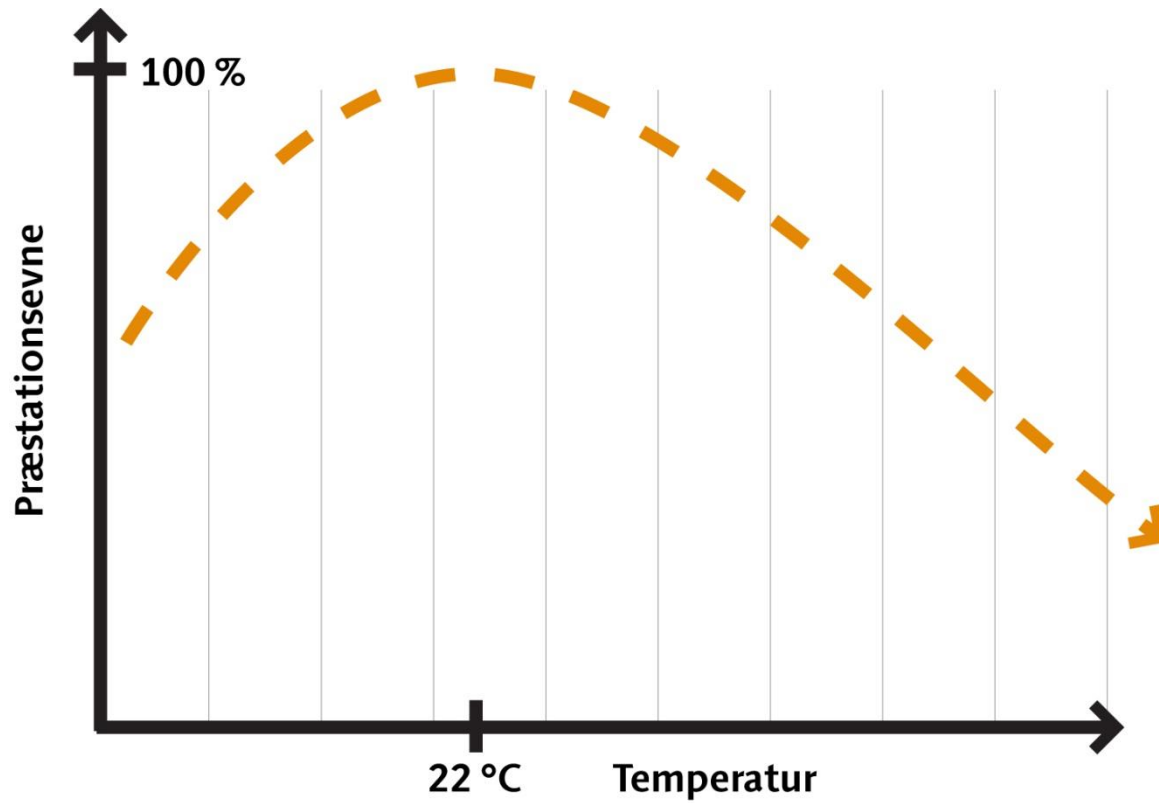
Image

Table 1 Overview of selected experiments from 1992-2007 investigating the effects of IEQ on performance

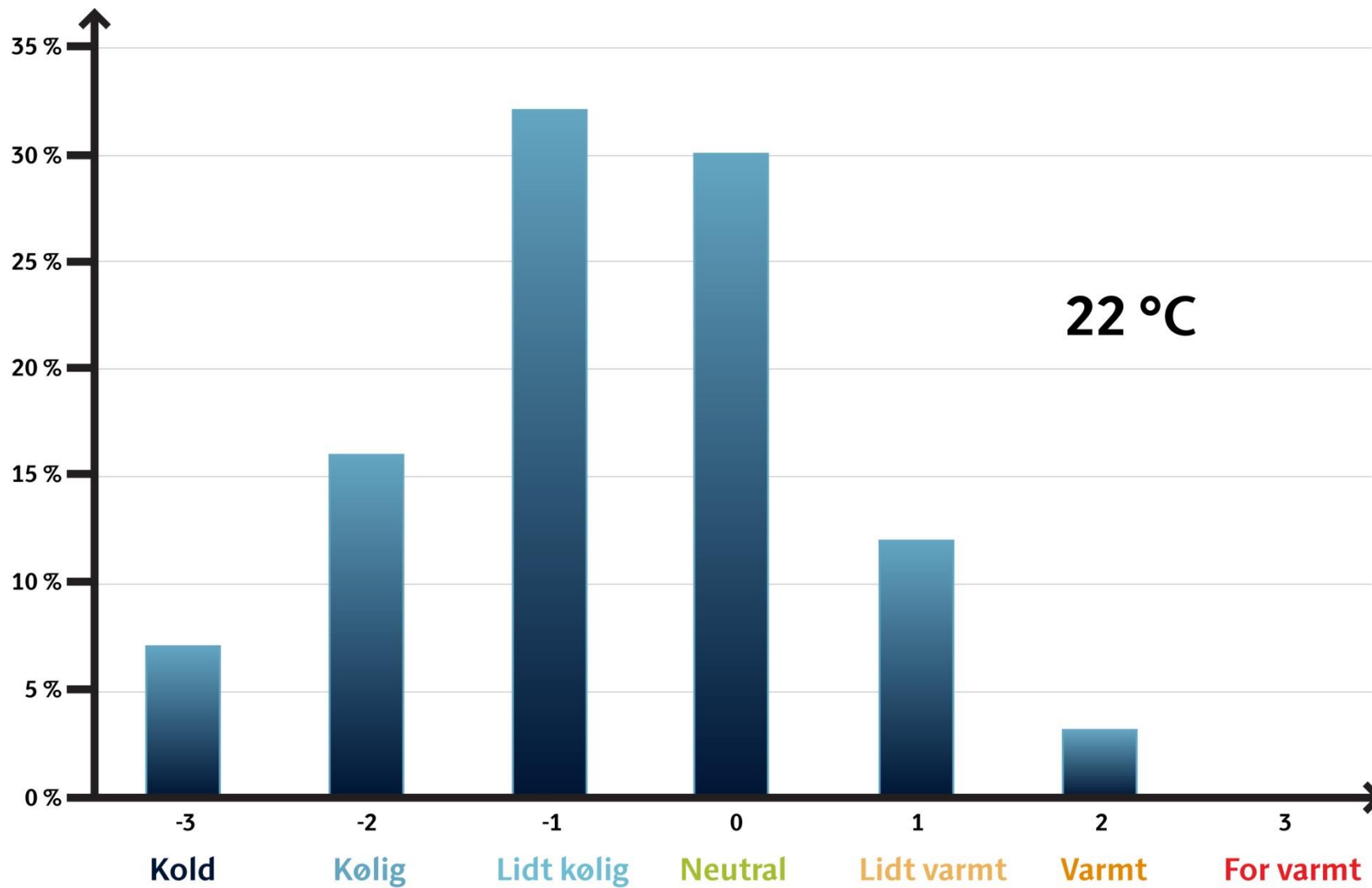
First author	Year	Response	Affected test type (tendens) ¹⁾	Predictor	Exp.	IEQ factor
Kroner et al.	1992	Better performance	Processed insurance files (†)	Lowering temperature	Field	Temp
Myhrvold et al.	1996	Impaired performance	Three psychological test(†)	High CO2	Field	IAQ
Nunes et al.	1993	Impaired performance	Computer performance tasks, symbol-digit substitution(†)	SBS symptoms	Field	IAQ
Wargocki et al.	1999	Better performance	Addition(↓), Text typing(†), Stroop (↓) serial addition (↓), Logical (↓), Text typing error(†)	Pollution source absent	Lab	IAQ
Wargocki et al.	2000b	Better performance	Text typing(†), addition(†), proof-reading(†)	Increased vent. rate	Lab	IAQ
Milton et al.	2000	Reduced absenteeism	Absenteeism(†)	Increased vent. rate	Field	IAQ
Lagercrantz et al.	2000	Better performance	Text typing(†), Accuracy of adding(†) Proof reading(†), addition(?), creative think (?),	Pollution source absent	Lab	IAQ
Niemelä et al.	2002	Impaired performance	Talk time(†)	High temp.	Field	Temp
Tham	2004	Better performance	Talk time(†)	Lowering temp. Increased vent rate	Field	Temp, IAQ
Bako-Biro et al.	2004	Better performance	Text editing (text typing, proofreading) (†), addition(?), subtraction(?) and multiplication(?)	PC absent	Lab	IAQ
Wargocki et al.	2004	Better performance	Talk time(†), Speed of talk(†)	Replacing filters, increasing vent.	Field	IAQ
Federspiel et al.	2004	No significant effect on IAQ, better performance on temp	Wrap-up time(†), Speed of talk(†), Speed of talk(†) _{IAQ}	Increased vent. rate, low temp.	Field	Temp, IAQ
Wittherseh et al.	2004	Some test better performance, some test worse	Different tests simulating office work	Combined effect	Lab	Noise, IAQ Temp
Kaczmarczyk et al.	2004	at 26 C fewer errors text typing at 23 C no effect	Performance test	PV ²⁾ different IAQ and temp.	Lab	Temp, IAQ
Wargocki et al.	2007b	Better performance	Six different school tests (positive effect on most test)	Increasing ventilation	Field	IAQ
Wargocki et al.	2007a	Better performance	Six different school tests (positive effect on most test)	Lowering temperature	Field	Temp
Balazova et al.	2007	Better performance	Addition(†)	Combined effect	Lab	Noise, IAQ Temp

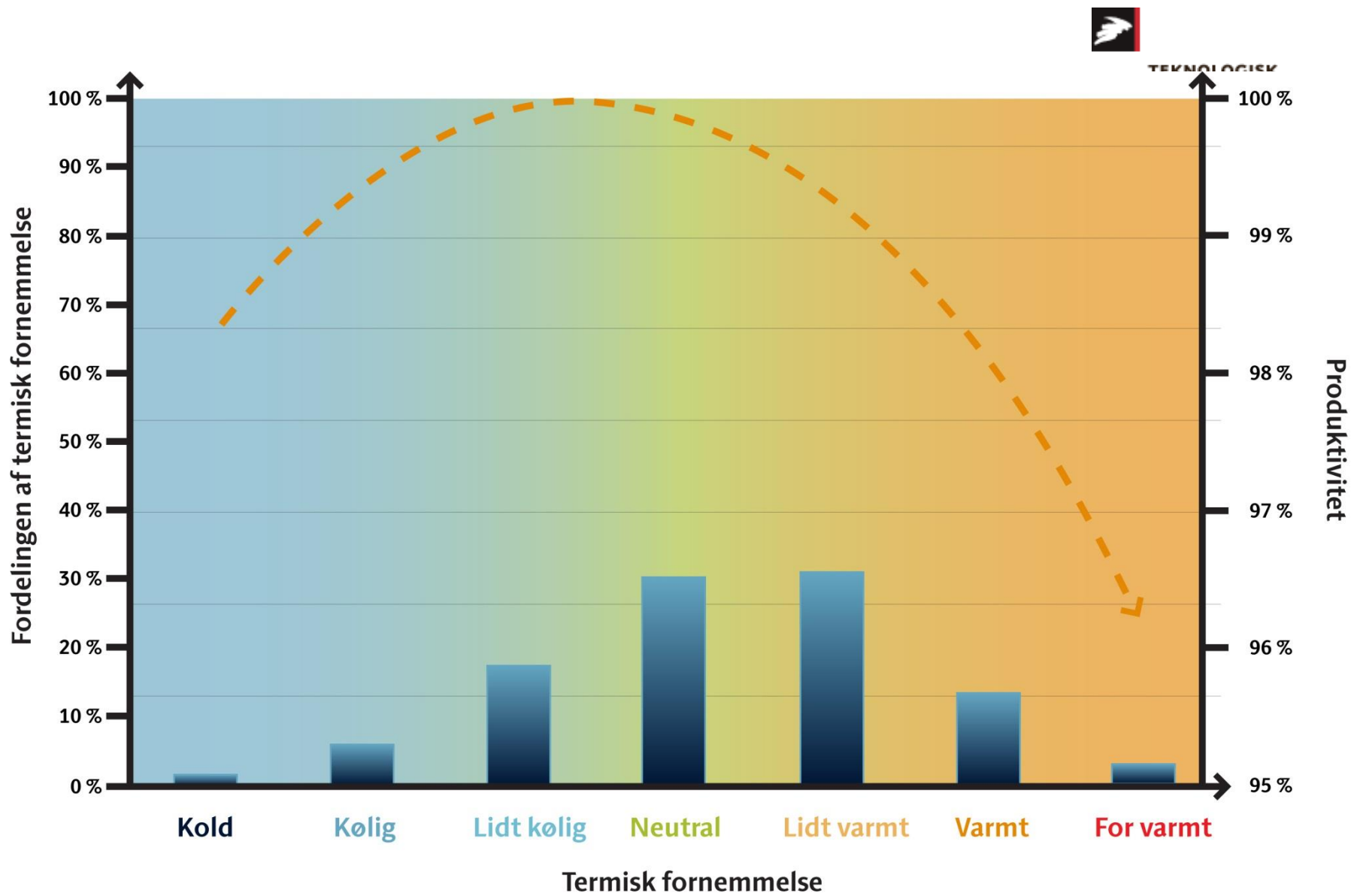
¹⁾ Arrow indicating, if significance or tendency direction compared to response was known (e.g. if the response was impaired performance; (†) indicates the test supported this

²⁾ PV: Personal ventilation



Ref: Seppänen et al. 2005, Proceedings: Indoor Air 2005, Beijing, Kina





» PRODUKTIVITETSBEREGNER



TEKNOLOGISK
INSTITUT

The screenshot displays the PERM software interface. The main window shows the title 'Productivity Module Version 0.1'. An overlaid 'View data' window provides a detailed breakdown of input and output data.

View data window details:

- Loaded file name:** Alm Brand
- Input data:**
 - Number of occupants: 6
 - Area: 78
 - Average salary: 50000
 - Factor: 1.3
 - Heating price: 0.07
 - Electricity price: 0.25
 - Pollution category: Non-low-polluting
 - Ventilation principle: Mechanical ventilated
 - COP: 0
- Output:**
 - Average temperature: 21.9
 - Hours above 26 C: 2
 - Hours above 27 C: 0
 - Average ventilation rate: 3.9891
 - Heat consumption kWh/m2: 0
 - Cooling consumption kWh/m2: 0
 - Electricity consumption kWh/m2: 0
- Performance:**
 - Performance, temperature: **99.6135**
 - Performance, air quality: **98.4226**

Charts:

- Temperature Distribution Chart:** A bar chart showing the number of hours in different temperature ranges. The x-axis categories are '<21 C', '21-25 C', and '>26 C'. The y-axis ranges from 0 to 50. The bars for '<21 C' and '21-25 C' are approximately 48 and 48 units high, respectively. The bar for '>26 C' is 0.
- Performance Chart:** A bar chart showing performance scores for five categories. The x-axis is labeled 1 to 5. The y-axis ranges from 0 to 100. The bars for categories 1, 2, 3, and 4 are 0 units high. The bar for category 5 is 100 units high.

Buttons: A 'Close window' button is located at the bottom right of the 'View data' window.



» Kontoret

6 personer

78 m²

Naturligt ventileret

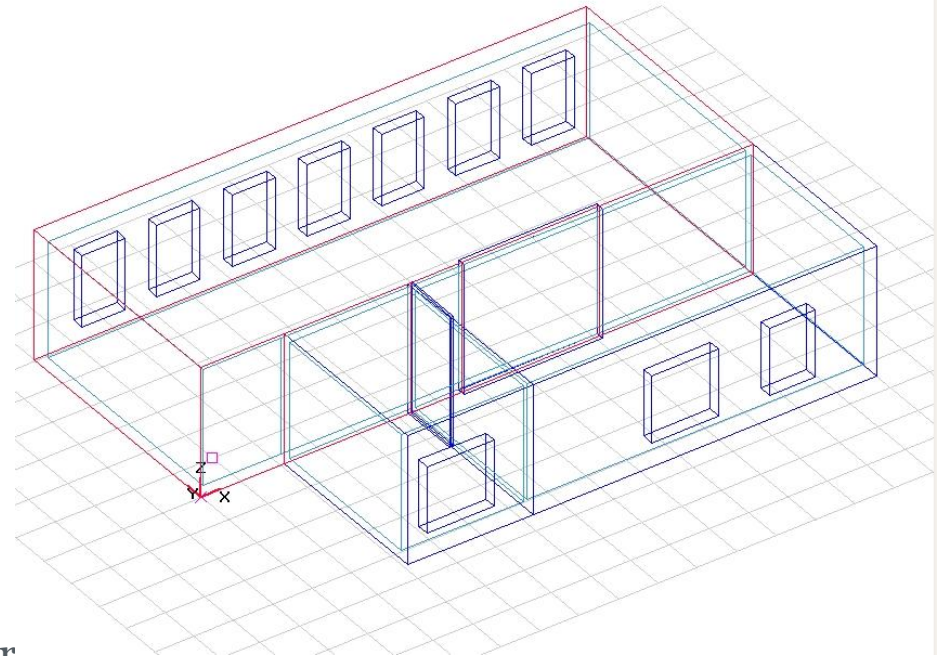
Internt varme last:

–2.700 Watt ($\approx 35 \text{ W/m}^2$)

Bsim beregninger indikerer at det bliver varmt i arbejdstiden

–Genm. 26,7 °C

–Max: 33,8 °C





»INSTALLATION AF VENTILATIONSANLÆG

Nyt ventilationsanlæg installeres:

- Min. 4 luftskifte i timen
- VAV anlæg
- Varmegenvinding (Effektiviseringsgrad 0.8)



»ÆNDRING AF INDEKLIMAET

Temperaturen

- Genm. 22,2 °C (26,7 °C)
- Maks: 31,3 °C (33,8 °C)

Luftkvaliteten

- Genm: 4 l/s m² (0,5 l/s m²)



» ØKONOMISKE KONSEKVENSER

Investeringen

÷ Pris på ventilationsanlæg (installation + el osv)

Årlige omkostninger

÷ Øget energiomkostninger (varme + el)

÷ Øget vedligeholdelsesomkostninger

+ Øget produktivitet af medarbejderne

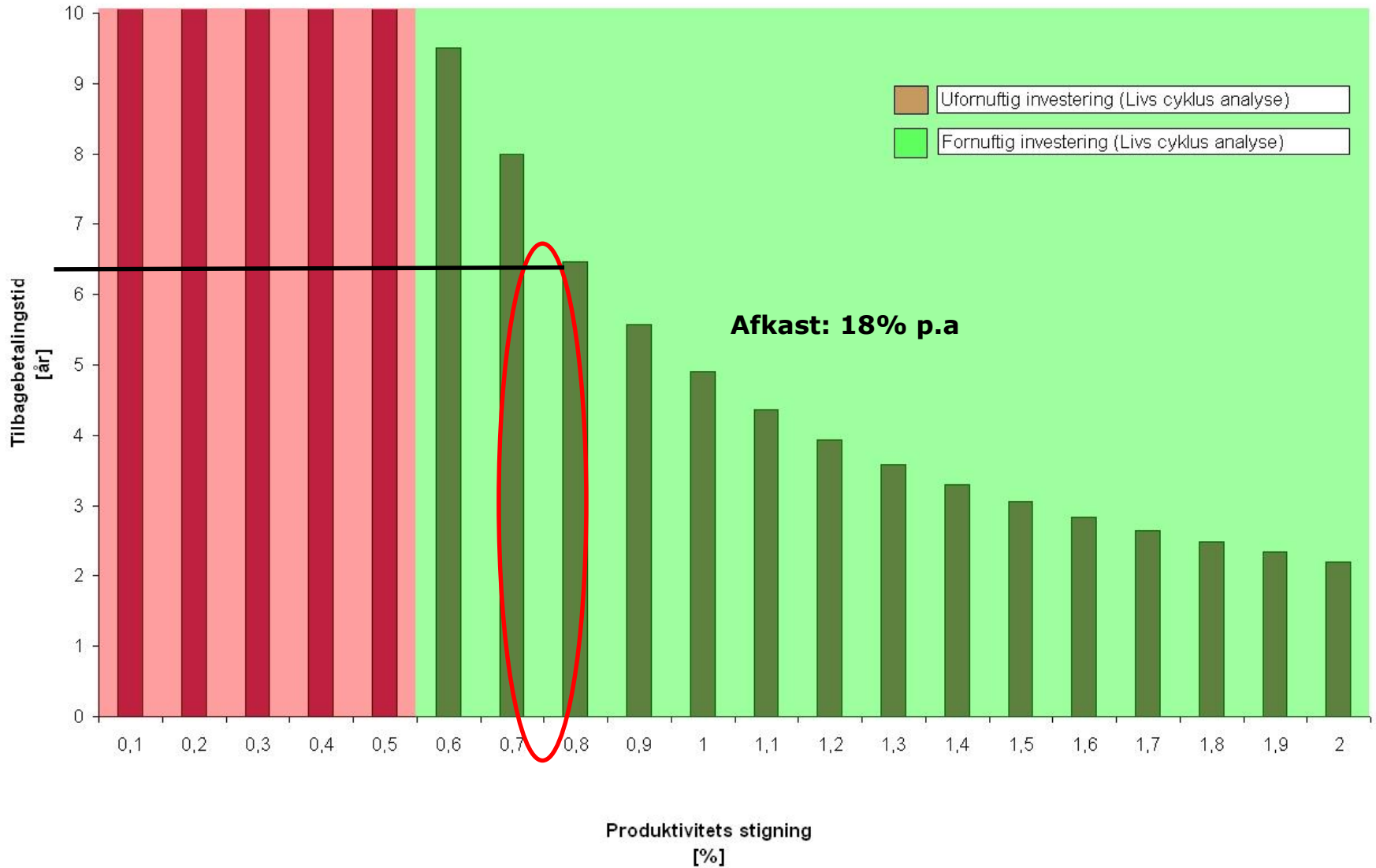
Udregning om investeringen kan betales sig

- Kapitalværdimetoden
- Tilbagebetalingstider



» ØKONOMISKE FORUDSÆTNINGER

- Genm. Lønomkostninger: 375.000 kr /år
- Overhead pr. medarbejder: 1.3
- Varmepris: 0,6 kr/kWh
- El pris: 1,4 kr/kWh
- Vedligeholdelse af ventilationsanlæg: 30 kr/m²
- Pris for investering (inkl kanaler, el-arbejde, CTS osv.) 1.500 kr/m²
- Inflation: 3% pa.
- Markedsrente 10% pa.
- Investeringens levetid: 25 år



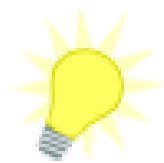


» Et lille regneeksempel

Lejemål:	750 m ²
Antal medarbejdere	50 stk
Gennemsnitlig årlig løn	500000 kr
Omsætningsfaktor	1,5
Beregnet omsætning:	37.500.000 kr
Øget produktivitet:	1%
Årlig øget omsætning:	375.000 kr
Forrentning	6%
Løbetid:	10 år
Belåningsmulighed:	2.760.033 kr
Investering pr. m ²	3.680 kr/m ²



»Workspace Design og produktivitet



Lighting

0.1-2.0%



Control

0.3-2.1%



Noise

0.2-1.7%



Furniture

1.0-2.1%



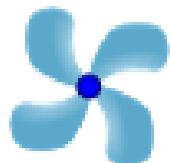
Temperature

0.0-1.9%



Space

1.7-4.4%



Ventilation/IAQ

0.2-1.7%



Generic

1.2-3.2%

Kilde: <http://workplaceunlimited.blogspot.co.uk/2013/10/planning-for-productivity.html>



» Lejerens omkostninger

Løn er den væsentligste udgift

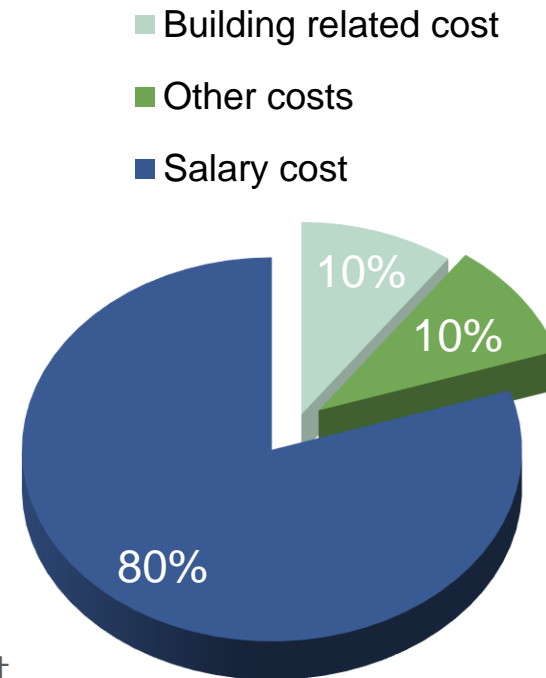
- Derfor er produktiviteten yderst vigtig
- 40.000 – 50.000 kr/m²

Leje vs. løn: 1:20-80

- Derfor er lejen vigtig
- 600-2200 kr/m²

Energi vs. løn: 1:100-500

- Derfor er energiforbruget (næsten) ligeegyldigt
- 100-300 kr/m²



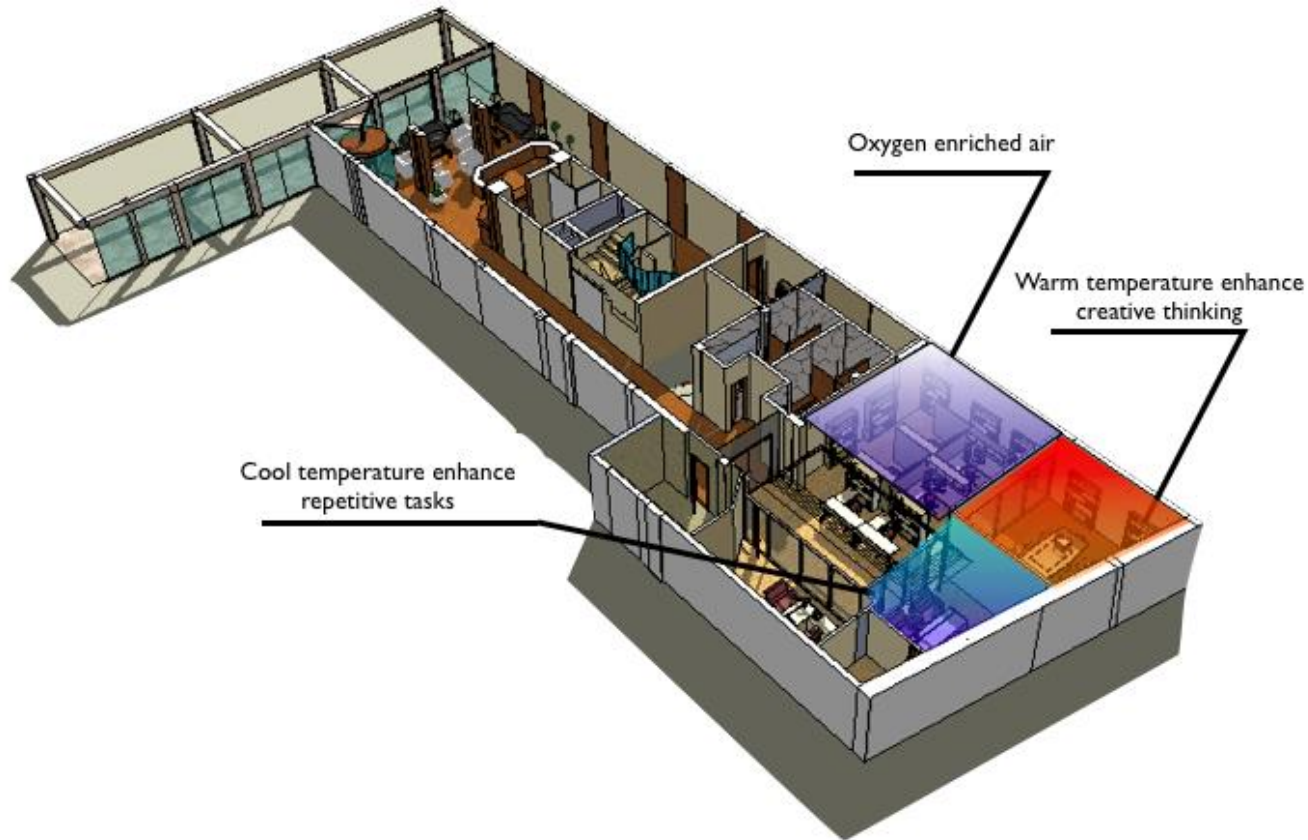


**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



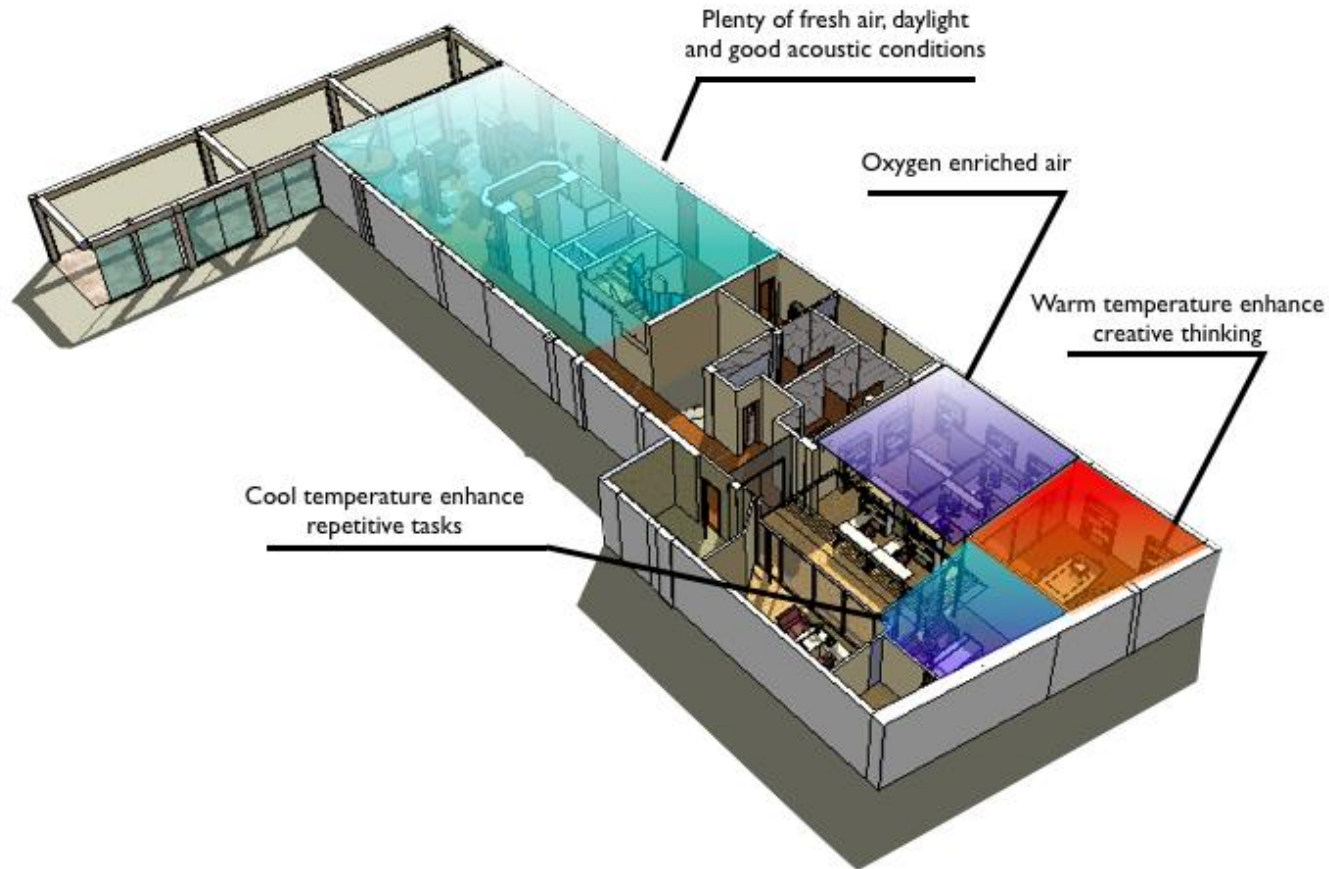


**TEKNOLOGISK
INSTITUT**





TEKNOLOGISK
INSTITUT



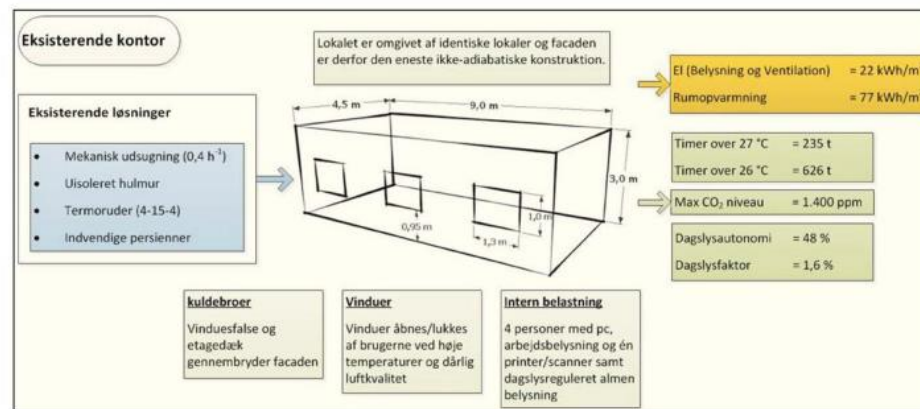


Fokus på indeklima øger værdien af energirenovering

Energibesparelserne uden krav til indeklimaet kan betyde uacceptabelt indeklima og en dårlig totaløkonomi. Ved at stille krav til indeklimaet kan man opnå store økonomiske fordele ved at inddrage medarbejdernes produktivitet i omkostningsfunktionen

Af Michael Knudsen, civilingeniør
fra Aarhus Universitet og
Steffen Petersen, Aarhus
Universitet School of
Engineering/Alectia

Ifølge det nye energiforlig skal Danmarks energiforbrug være faldet med 12 % i 2020 i forhold til 2006. Energiforbruget til opvarmning, ventilation og lys i bygninger står for mellem 30 - 40 % af samfundets samlede energiforbrug. Sammenholdt med at det årlige nybyggeri kun udgør ca. 1 % af den samlede



Figur 1. Casebygning.

Dit fagblad fra TechMedia

MAGASIN FOR KLIMA- & ENERGITEKNIK, MILJØ, BYGNINGSINSTALLATIONER & NETVÆRK

HVAC

4
April 2013
Årgang 48

Magasinet

Stor optakt:
VVS '13 i Odense

Den nye standard DS447 er et gedigent redskab
Fokus på indeklima og værdien af energirenovering

Swegon Air Academy seminar afholdes i:
• København 22. maj
• Århus 23. maj

Tema i år er: Renovering af danske boligkomplekser.
Læs mere om det kommende SAA seminar i HVAC nr. 5.

air academy
Swegon

Indeklima og produktivitet – fra teori til praksis



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hvorfor er der stadig så stor forskel mellem det vi som samfund ved om indeklima – det vi rent faktisk gør?

Artiklen analyserer årsagerne og kommer med et bud på en mulig vej frem



Af Kasper Lyng,
seniorrådgiver,
civilingeniør, Ph.d.,
Alcectia A/S

Nu har jeg snart i 10 år beskæftiget mig med sammenhængen imellem et dårligt indeklima og en forringet produktivitet – både på forskningsniveau- og som rådgiver. Og efter de 10 år står jeg lidt tilbage med den fornemmelse, at hvad man i mange år har anerkendt på forskningsniveau stadig ikke rigtigt har "rykket noget" ved almen praksis. Jo, der er kommet mere fokus på indeklimas betydning på travsel og produktivitet, men det forankrer sig ikke i projekterne og i som et struktureret beslutningsgrund for en bygherre. Lige nu beskrives sammenhængen mellem indeklima og produktivitet som en sidebemærkning – som ingen tør og vil forholde sig nærmere til.

Derfor er det på tide at vi spørger os selv: fortæller vi (rådgivere, forskere, producenter mm.) om sammenhængen mellem et dårligt indeklima og en forringet produktivitet til de

Vi hænger stadig fast i en intern faglig diskussion omkring indeklima og produktivitet, og forskere, rådgivere, producenter og leverandører bliver nødt til at trække i samme retning, så har vi at gøre med det mest hårdtløsende argument for at prioritere indeklimaet højest i beslutningsprocessen.

rigtige personer og på den rigtige måde? Og hvad er barriererne for at det gode indeklima ikke er prioriteret fra dag 1 af tankerne om et nybyggeri eller en renovering finder sted?

Jeg vil i denne artikel prøve at fremhæve nogle kritikpunkter der kan være med til at svare på overstående spørgsmål.

Punkt 1: Hvorfor er det næsten kun ingeniører der interessere sig for emnet?

Historisk set har effekten af et dårligt indeklima på produktiviteten været i fokus siden starten af 1900-tallet. De mest berømte eksperimenter blev udført i slutningen af 1920'erne og i 1930'erne. Hawthorne-eksperimenterne, hvis resultater blev kendt som Hawthorne-effekten udgjorde grundstenene for det vi

kender som moderne HR i virksomhederne. Desværre medførte det også skriften på gravstenen for effekten af det fysiske miljø på produktiviteten. Resultaterne var blandt andet at "opmærksomheden" på medarbejderne var essentielt og at det fysiske miljø (belysning) ikke havde nævneværdig betydning. Eksperimenterne blev ledet af en australsk/amerikanske psykolog Elton Mayo og man kan måske argumentere for at resultaterne medførte at psykologerne fremadrettet ikke har fokuseret på effekten af fysiske miljø på produktiviteten. I hvert tilfælde er det mærkeligt at et område vedrørende mental præstationsevne ikke har været domineret af forskning fra psykologer, men mere eller mindre overladt til ingeniører. Efterfølgende i nyere tid har flere studier af Elton Mayos Hawthorne-data fundet

flere kritiske fejl i studierne, så resultaterne kan slet ikke regnes for valide resultater. For mere information omkring de nyere studier vedrørende sammenhængen mellem indeklima og produktivitet henvises til HVAC 2006 nr. 8.

Punkt 2: Udfordringen med indeklima og produktivetsforsøg

Når man dykker lidt ned i de forskellige eksperimenter, som har undersøgt effekten af indeklima på produktiviteten, findes der generelt to typer af eksperimenter: Klimakammer-eksperimenter og felt-eksperimenter. I klimakammer-eksperimenterne kan man kontrollere alle fysiske forhold (luftmængde, luftkvaliteten, temperaturen, antal personer osv.) kort sagt alle ting, der gør felt-



Dit fagblad fra TechMedia

MAGASIN FOR KLIMA- & ENERGITEKNIK, MILJØ, BYGNINGSINSTALLATIONER & NETVÆRK

HVAC

9
September 2013
Årgang 49

Magasinet

DET GODE INDEKLIMA:
KAN VI GØRE MERE?

KE FIBERTEC
TÆKSTILBAGERET
VENTILATION

Vind en iPad mini

ke-fibertec.dk/airnurrence



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Øje på arbejdsmiljøet

Arbejdsmiljø set med virksomhedsøkonomiske briller

Øje på arbejdsmiljøet, november 2010

Udgivet af
Landsorganisationen i Danmark
Islands Brygge 300
Postboks 348
2308 København S
E-mail: ls@ls.dk
Tlf.: 3524 6000
Fax: 3524 6100
Web: www.ls.dk

LD-nummer: 4485

DAN/tdm-ec: 8198177358601
DAN/tdm-ndnc: 8198177358602



Kommentar

Ovenstående afsnit peger på, at forbedringer af indeklimaet, herunder forbedret luftskifte og optimal temperatur, kan reducere sygefraværet og forbedre produktiviteten på (kontor)arbejdspladser, hvor indeklimaet er dårligt, med 10-20 %. Tilbagebetalingstiden på investeringer i bedre indeklime vil ofte være under et år.



» Et lille udvidet regneeksempel

Lejemål:	750 m ²
Antal medarbejdere	50 stk
Gennemsnitlig årlig løn	500000 kr
Omsætningsfaktor	1,5
Beregnet omsætning:	37.500.000 kr
Øget produktivitet:	15%
Årlig øget omsætning:	5.625.000 kr
Forrentning	6%
Løbetid:	10 år
Belåningsmulighed:	41.400.490 kr
Investerings pr. m ²	55.201 kr/m ²



POSTULAT

”En bygning er en
omkostning!”

Og den primære business case
vedrørende bygninger er at
reducere omkostningerne.



”En bygning skaber
rammerne for indtjening”

Og den primære business
case vedrørende bygninger er
at bygningerne er med til at
øge overskuddet.



TEKNOLOGISK
INSTITUT

www.detgodeindeklima.dk / @KasperLyng

KALJ@TEKNOLOGISK.DK