

ONKO RAKENNUSTEN ENERGIAEHOJKUUS
ILMANLAATUA, ILMASTOLAATUA VAI ILMAN
LAATUA?

Energiatehokkuus ja ilman laatu

Pekka.Tuomaala@vtt.fi

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Lappeenranta, 23.8.2016



Tausta



1

Rakennettu ympäristö on
MERKITTÄVÄ OSA KANSALLIS-
VARALLISUUDESTA (2/3...3/4)

2

Rakennuksissa käytetään
40 % ENERGIASTA

3

Ihmiset viettävät yli 90 %
AJASTAAN SISÄTILOISSA



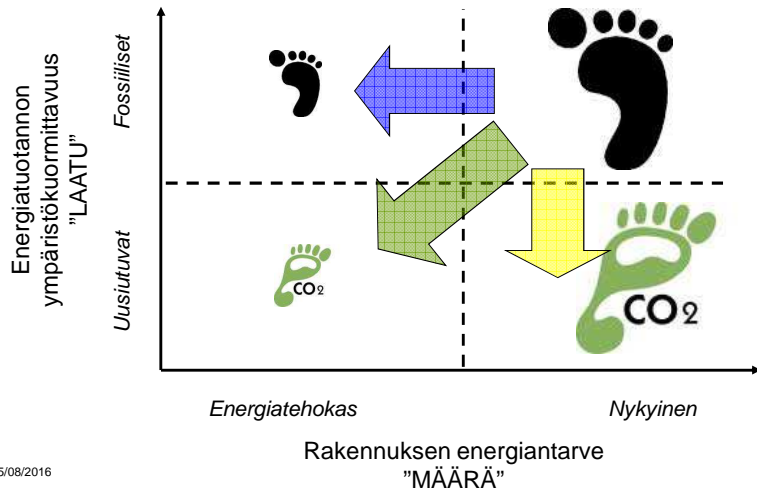
4

DIGITAALISAATIO AVAA UUSIA
LIIKETOIMINTAMAHDOLLI-
SUUKSIA

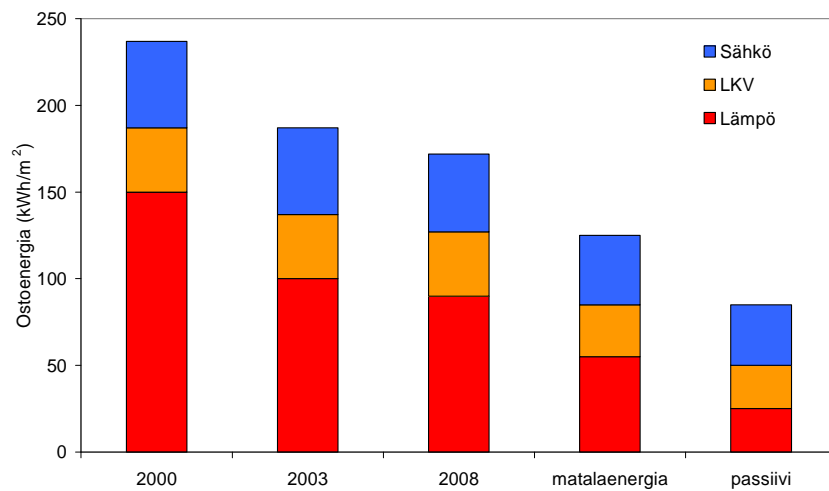
- Energiatehokkuus (JOT, lean technology)
- Ennakoiva kunnossapito (rakennusfysiikka)
- Olosuhdepalvelut (käyttäjien tarpeet, IEQ)



Rakennusten ekotehokkuus – nollaenergiatalot 2020



Mihin rakennuksissa käytetään energiaa? - ostoenergian kehitys ja jakautuminen rakennuksissa



Rakennusten energiatehokkuus **JA** sisäympäristön laatu



- Sisäolosuhdetarpeet
- Suunnittelu
- Laadukas toteutus
- Hyvä ylläpito

15/08/2016

5

I€Q – Indoor Environment Quality

- Työvoima-, tila- ja energiakustannukset toimistorakennuksessa

Building and Environment 44 (2009) 456–462



Contents lists available at ScienceDirect
Building and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/buildenv



A Bayesian Network approach to the evaluation of building design and its consequences for employee performance and operational costs

Kasper L. Jensen^{a,b,d,1}
^a International Centre for Indoor En
^b Department of Civil Engineering, T
^c Department of Mechanical Enginee
^d Alectia A/S, Denmark

ARTICLE INFO

Article History:
Received 19 December 2007
Received in revised form
19 April 2008
Accepted 12 April 2008

Keywords:
Bayesian network
Indoor Climate
Performance
Temperature
Total building economics

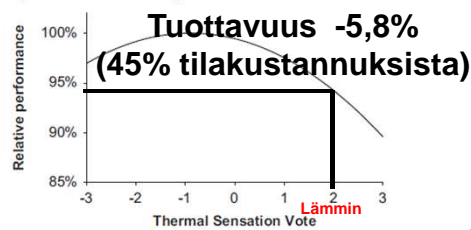
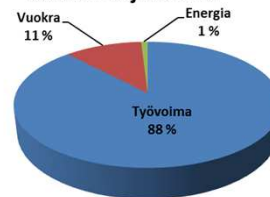


Fig. 2. Relationship between relative performance of office workers doing normal office work and thermal comfort sensation.

Toimistorakennuksen kustannusjakauma



6

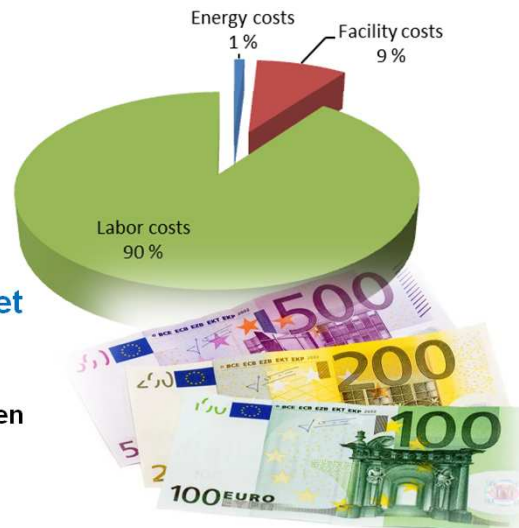
Digitalisaatio ennakoivissa rakennuksissa

Sovellusalueet

- Energiatehokkuus
- Proaktiivinen kunnossapito
- Sisäolosuhdepalvelut

Liiketoimintamahdollisuudet

- Suomen energialasku on miinuksella 8 Mrd €/vuosi
- Uudis- ja korjausrakentaminen 30 Mrd €/vuosi
- Palkkatulot 100 Mrd €/vuosi



15/08/2016

7

ONKO RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS ILMANLAATUA, ILMASTOLAATUA VAI ILMAN LAATUA?

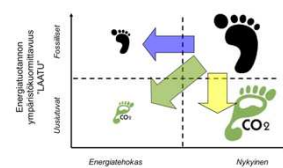
Yhteenveto

Energiatehokkuus JA ilma(sto)n laatu

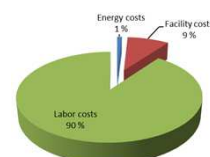
- Energiatehokkuuden ja energiatuotannon ympäristönäkökulmien (N.B. pienhiukkaspäästöt) huomioiminen/optimointi
- Todellisten tarpeiden tunnistaminen
- Laadukas suunnittelu, toteutus ja ylläpito

Sisäolosuhdepalvelut (I€Q)

- Käyttäjien, tilojen, ympäristön ja energiahuollon monitorointi
- Sisäolosuhteiden laatutasojen sekä työn tuottavuuden ja hyvinvoinnin välisten yhteyksien (%) lisätutkimus
- Uusien palvelukonseptien kehittäminen, kenttätestaus ja kaupallistaminen



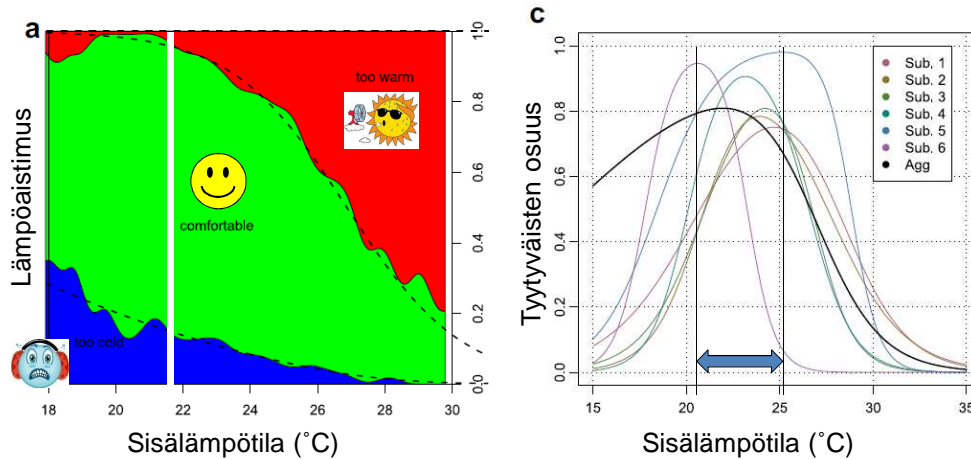
Rakennuksen energiatehokkuus



15/08/2016

8

Lämpöolosuhdetutkimus sveitsiläisessä toimistorakennuksessa (2006-2009)

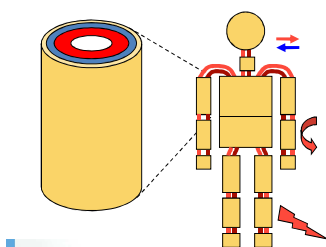


15/08/2016

Lähde: D. Daum et al. / Building and Environment 46 (2011) 3-11

11

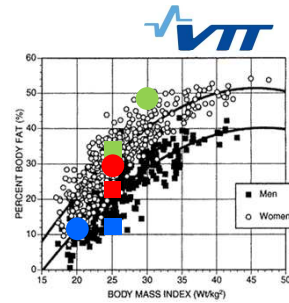
VTT Human Thermal Model (HTM)



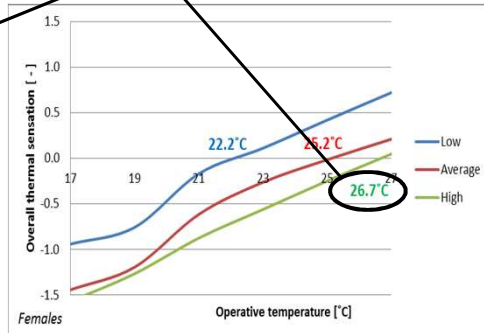
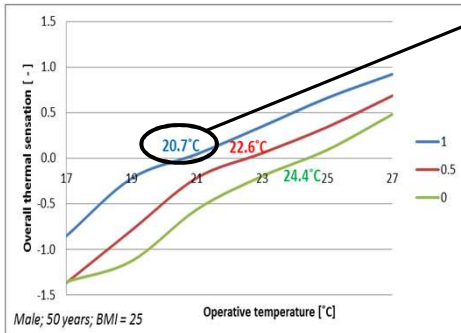
- Anatomiamalli
 - 16 kehon osaa
 - Kehon osien kudokset (raajoissa luu, lihas, rasva ja iho)
- Fysiologiamalli (verenkierron välityksellä tapahtuu 50...80% kehon sisäisestä lämmönsiirrosta)
 - Hiussuonten verenkierto (ihokudoksen verenkierron säätely)
 - Hikoilu
 - Vilunväristykset
- HTM:n ja ympäröivän tilan välisessä lämmönsiirrosta huomioidaan kostea lämmönsiirto (hikoilu ja hengitys) sekä konvektio ja säteily

VTT Human Thermal Model (HTM)

- Aktiivisuustaso 1 MET (58 W/m²)
- Vaatetuksen lämmöneristävyyys 0.86 clo
- Operatiivinen lämpötila (17°C ...27°C)
- Kolme miestä ja kolme naista



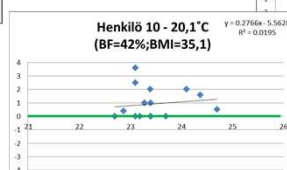
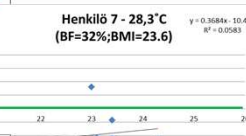
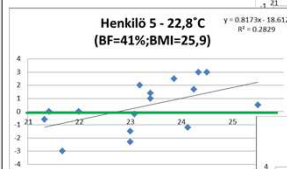
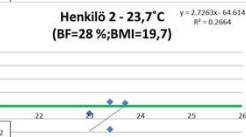
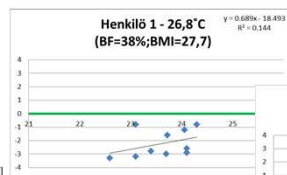
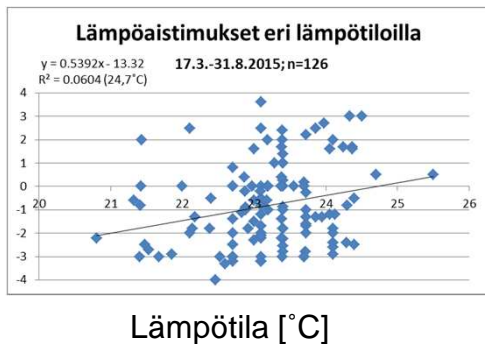
$$\Delta T_{otp} = 6^{\circ}\text{C}$$



15/08/2016

13

Kyselytutkimuksen lämpöaistimukset eri lämpötilatasoilla



15/08/2016

14