



Aalto University  
School of Engineering

# Huonelämpötilan ja jäähdytystehontarpeen mitoitussuhteet

RAMI loppuseminaari  
31.5.2022

*Juha Jokisalo, Sami Lestinen ja Risto Kosonen*

*Aalto-yliopisto*

# Tausta

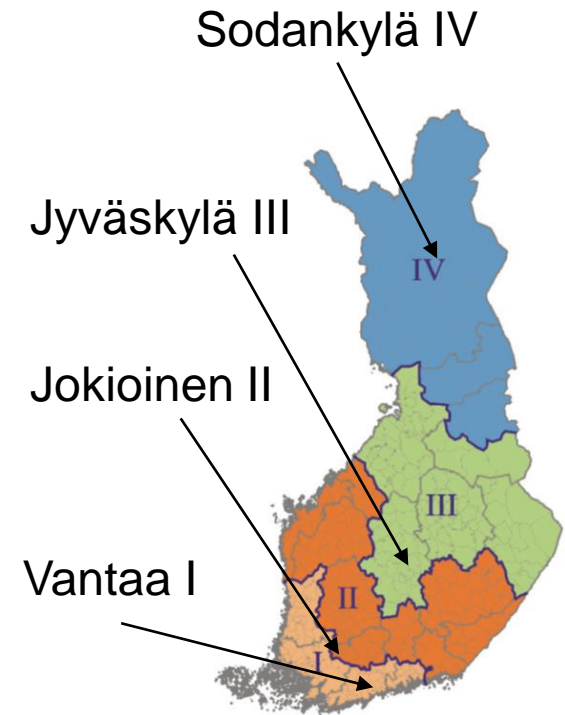
- Suomessa ei ole tähän mennessä määritetty virallisia jäähdytyksen tehontarpeen mitoitusolosuhteita.
- Jäähdytyksen mitoitukseen on voitu käyttää esim. ASHRAE:n mitoituspäiviä.
- Keskimääräisiä sääolosuhteita kuvaavaa energialaskennan testivuotta TRY2012 käytetään:
  - Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergian laskentaan.
  - YM:n sisäilmastoasetuksessa (1009/2017) mitoittavina säätietoina uusien rakennusten huonelämpötilojen hallinnan suunnittelun perusteena.
  - YM:n energiatehokkuusasetuksessa (1010/2017) kesäaikaisten huonelämpötilojen määräystenmukaisuuden osoittamisessa.

# Jäähdytyksen mitoituspäivät ja mitoittavan entalpian ja ulkolämpötilan arvot

- **Määritetty RAMI-hankkeessa:**
  - Nykyiselle ilmastolle.
  - Tulevaisuuden ilmastolle (2030, 2050 ja 2080) RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 päästöskenaarioilla.
  - Suomen 4:lle säävyöhykkeelle.
  - Kolmelle riskitasolle (1%, 2% ja 5%).
  - Mitoituspäivät valittiin vuoden jokaiselle kuukaudelle.

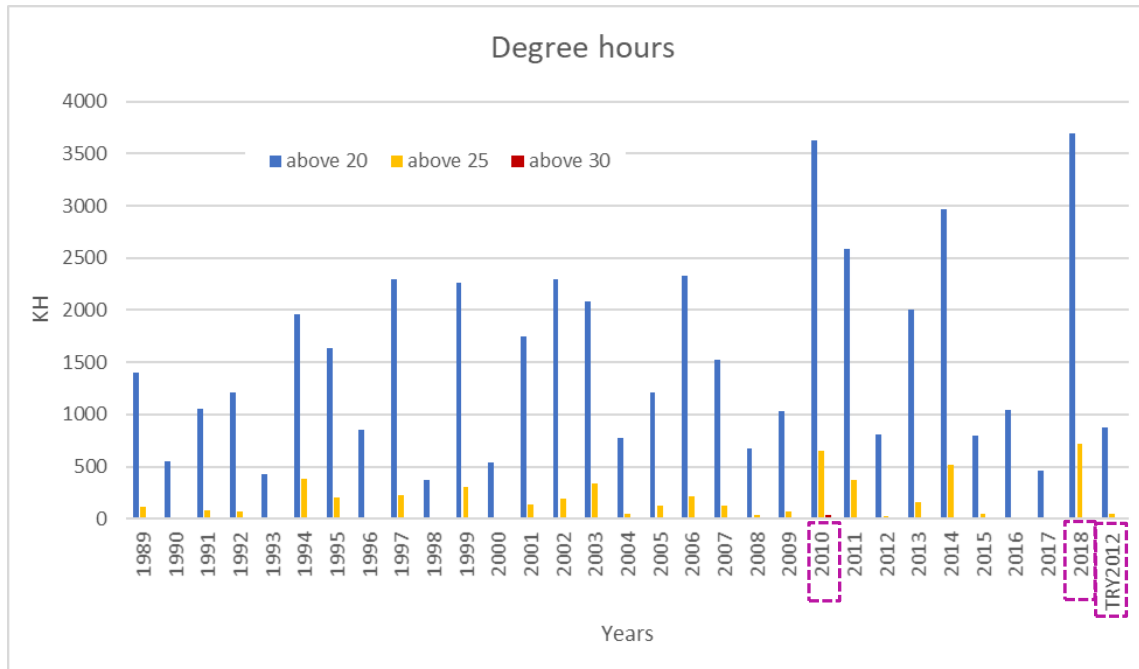
## → Mitoituspäiviä kaikkiaan:

- *Nykyilmasto: 144 kpl*
- *Tulevaisuuden ilmasto: 1296 kpl*



# Mistä sääaineistosta mitoituspäivät valittiin?

- Mitoituspäivät valittiin Ilmatieteenlaitoksen RASMI-hankkeessa valmistelemasta 30-vuoden (1989-2018) havaintoaineistosta:
- Kesäajan (1.5-31.8) ulkolämpötilan 20, 25 ja 30C-astetta ylittävät astetunnit Vantaalla:



Vuosi	Astetunnit, Ch		
	>20°C	>25°C	>30°C
2010	3624	651	37
2018	3698	719	9
TRY2012	874	45	0

→ TRY2012:n kesälämpötilat ovat huomattavasti matalampia kuin kuumien hellekesien.

# Mitä mitoituspäivien riskitasot tarkoittavat?

- **Mitoituspäivät ja mitoittavat entalpian ja ulkolämpötilan arvot valittiin 1%, 2% ja 5% riskitasoille 30v. sääaineistosta:**
  - Riskitaso tarkoittaa sääsuureen arvoa, esim. vuorokauden keskilämpötilaa, joka ylittyy  $x\%$  tarkastelujakson päivistä.
  - 30v aikana kunkin kuukauden mitoitusarvot ylittyvät 10, 20 tai 50 päivän aikana 1%:n 2% tai 5% riskitasoilla.
- Riskitasoja voidaan luonnehtia esim:
  - 1%: Äärimmäinen
  - 2%: Kuuma
  - 5%: Lämmin

# Mitoituspäivien valinta

- Mitoituspäivien valinnassa hyödynnettiin SFS-EN ISO 15927-2 standardin valintamenetelmää.
- Mitoituspäivät valittiin kolmen sääsuureen avulla:
  - Vrk:n keskimääräinen ulkolämpötila
  - Vrk:n keskimääräinen kastepistelämpötila
  - Auringon säteilysumma vrk:ssa

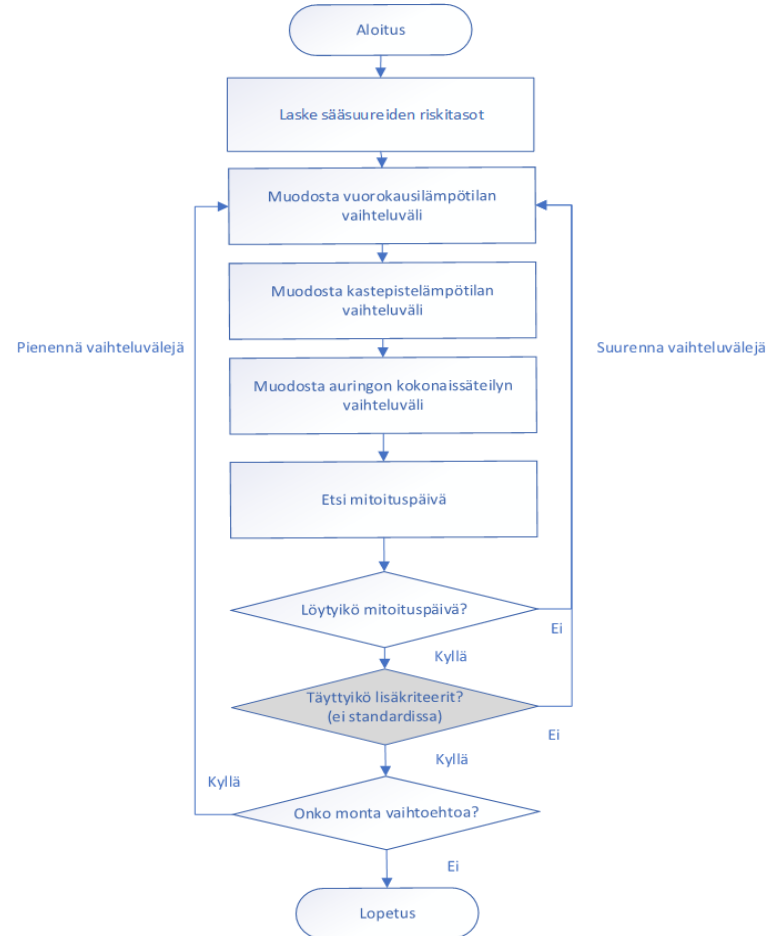
## → Tuloksena yksi 24h:n mitoituspäivä:

- Jokaiselle 4:lle paikkakunnalle
- Jokaiselle kuukaudelle
- 1%:n, 2%:n ja 5%:n riskitasolle

## Mitoituspäivien tunnittaiset sääsuureet:

- Lämpötila, suhteellinen kosteus, tuulen suunta ja nopeus sekä auringon suora- ja hajasäteily sekä entalpia

## Mitoituspäivän valintamenetelmä:



# Mitoittavien entalpioiden ja ulkolämpötilojen valinta

- **Mitoittava entalpia:**

- *Kunkin paikkakunnan mitoituspäivien korkein entalpien arvo*

- *Määritetään erikseen kullekin riskitasolle.*

- **Mitoittava ulkolämpötila:**

- *Sen mitoituspäivän korkein lämpötila, jolla korkein entalpien arvo esiintyy.*

- **Tuloksena mitoittava entalpia ja ulkolämpötila:**

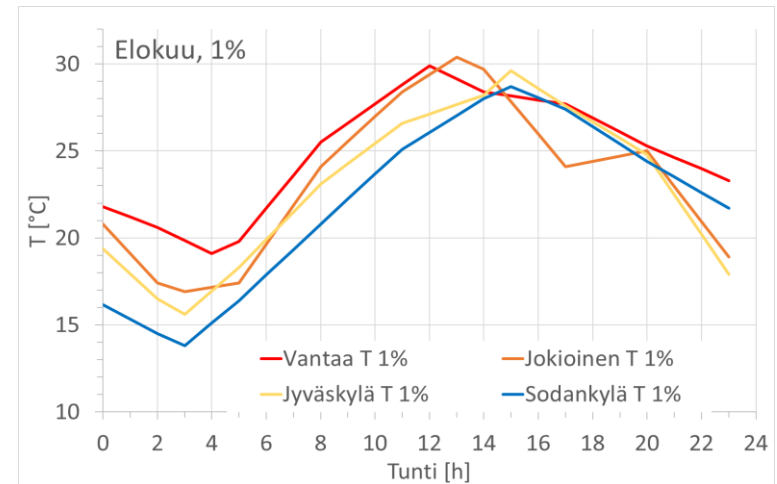
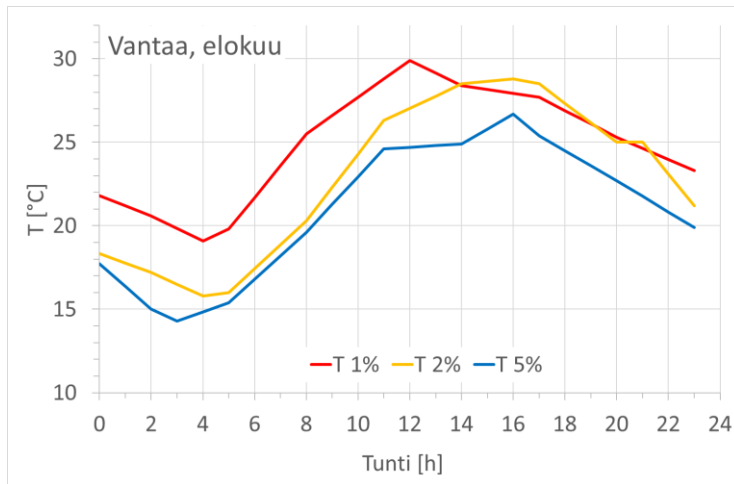
- Jokaiselle 4:lle paikkakunnalle
  - Kaikille kolmelle riskitasolle
  - Nykyilmastolle ja tulevaisuuden ilmastolle (2030, 2050 ja 2080) kaikilla kolmella päästöskenaariolla

# Mitoituspäivät



# Jäähdytyksen mitoituspäivät nykyilmastossa - Elokuu

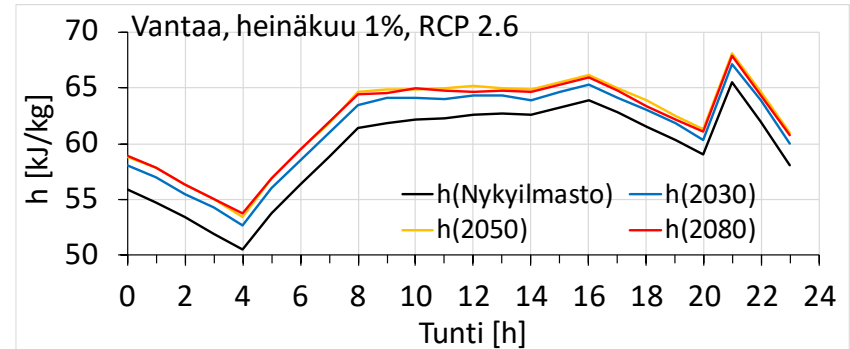
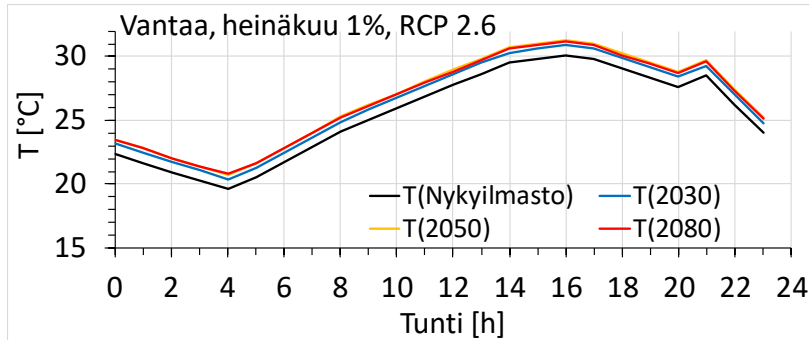
Elokuu	Vantaa			Jokioinen			Jyväskylä			Sodankylä		
Riskitaso	1 %	2 %	5 %	1 %	2 %	5 %	1 %	2 %	5 %	1 %	2 %	5 %
T, max [°C]	29,9	28,8	26,7	30,4	28,5	25,6	29,6	26,1	26,5	28,7	25,0	25,7
h, max [kJ/kg]	68,9	61,1	57,0	63,7	61,0	55,7	67,2	54,0	54,0	59,2	56,9	53,8
Mitoituspäivä	1.8.2003	8.8.2004	10.8.2014	2.8.2018	8.8.2004	27.8.2011	1.8.2003	4.8.2004	4.8.1994	4.8.2014	6.8.2004	22.8.2002



- Päivän max. lämpötilat noin 30C 1% riskitasolla.
- Erot riskitasojen välillä suurimmillaan yöllä.

- Eri paikkakuntien max. lämpötilat melko lähellä toisiaan.
- Paikkakuntien väliset erot suurimmillaan yöllä.

# Mitoituspäivät tulevaisuuden ilmastossa päästöskenaariolla RCP2.6



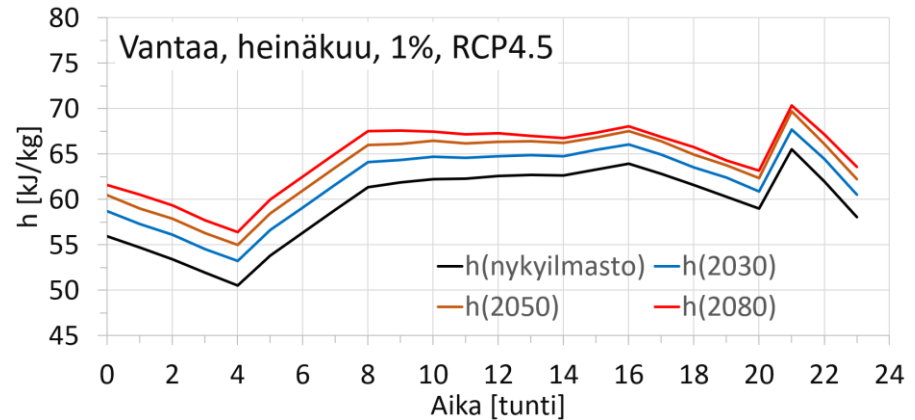
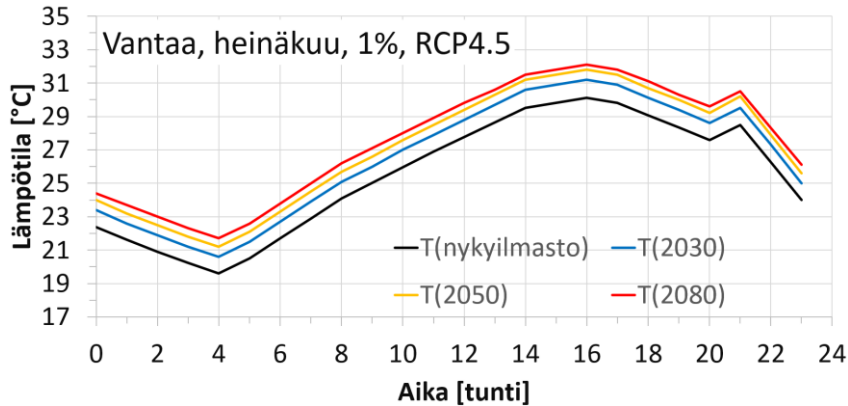
→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimilämpötilan kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 1 C
- Vuoteen 2050 noin 1 C
- Vuoteen 2080 noin 1 C

→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimientalpian kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 2 kJ/kg
- Vuoteen 2050 noin 2 kJ/kg
- Vuoteen 2080 noin 2 kJ/kg

# Mitoituspäivät tulevaisuuden ilmastossa päästöskenaariolla RCP4.5



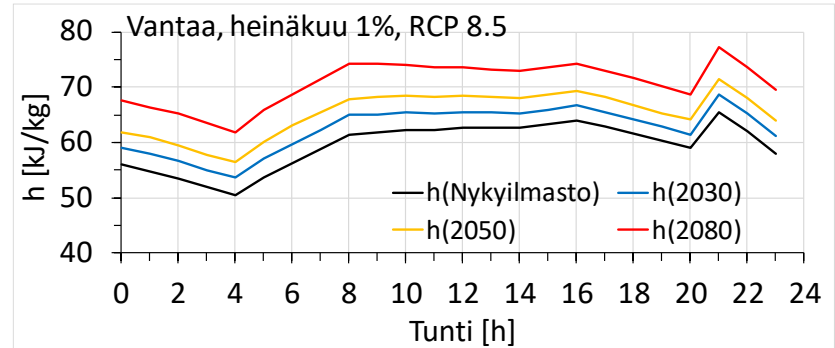
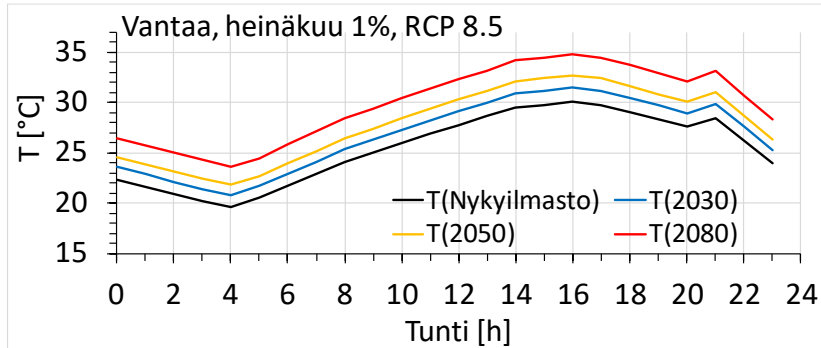
→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimilämpötilan kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 1 C
- Vuoteen 2050 noin 2 C
- Vuoteen 2080 noin 2 C

→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimientalpian kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 2 kJ/kg
- Vuoteen 2050 noin 4 kJ/kg
- Vuoteen 2080 noin 5 kJ/kg

# Mitoituspäivät tulevaisuuden ilmastossa päästöskenaariolla RCP8.5



→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimilämpötilan kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 1 C
- Vuoteen 2050 noin 2 C
- Vuoteen 2080 noin 4 C

→ Kesäkuukausien mitoituspäivien  
maksimientalpian kasvu keskim:

- Vuoteen 2030 noin 3 kJ/kg
- Vuoteen 2050 noin 5 kJ/kg
- Vuoteen 2080 noin 10 kJ/kg

# Mitoittavat entalpian ja ulkolämpötilan arvot

# Mitoittavat entalpiat ja ulkolämpötilat nykyilmastossa

Mitoitus	Vantaa			Jokioinen			Jyväskylä			Sodankylä		
	1%	2%	5%	1%	2%	5%	1%	2%	5%	1%	2%	5%
$h_{\max}$ [kJ/kg]	68,9	62,6	58,4	70,9	67,7	57,7	67,6	66,4	58,6	59,2	57,8	55,7
$T_{\max}$ [°C]	29,9	29,9	29,6	29,5	30,7	28,0	29,5	29,4	27,6	28,7	29,6	27,3

**-Vertailu SIY:n suositusarvoihin (57 kJ/kg (Etelä-Suomi) ja 52 kJ/kg (Pohjois-Suomi) ja lämpötila 30 C astetta:**

- 1%:n riskitasolla: Mitoittava entalpia paikkakunnasta riippuen 7-14 kJ/kg korkeampi
  - 2%:n riskitasoilla: Mitoittava entalpia paikkakunnasta riippuen 6-11 kJ/kg korkeampi
  - 5%:n riskitasolla: Mitoittava entalpia melko lähellä SIY:n suositusarvoja
- Mitoittavat ulkolämpötilat pääosin melko lähellä SIY:n suositusarvoa.

# Kuinka ilmastonmuutos vaikuttaa mitoittavaan entalpiaan?

NYKYILMASTO	Vantaa		
Riskitaso	1 %	2 %	5 %
h, max [kJ/kg]	68,9	62,6	58,4

Jokioinen		
1 %	2 %	5 %
70,9	67,7	57,7

Jyväskylä		
1 %	2 %	5 %
67,6	66,4	58,6

Sodankylä		
1 %	2 %	5 %
59,2	57,8	55,7

2050 RCP 2.6	Vantaa		
Riskitaso	1 %	2 %	5 %
h, max [kJ/kg]	72,5	64,8	61,4

Jokioinen		
1 %	2 %	5 %
73,7	70,0	60,5

Jyväskylä		
1 %	2 %	5 %
70,9	68,8	61,2

Sodankylä		
1 %	2 %	5 %
61,4	60,0	57,7

**Δh, max: +3.6 +2.2 +3.0**

**+2.8 +2.3 +2.8**

**+3.3 +2.4 +2.6**

**+2.2 +2.2 +2.0**

2050 RCP 8.5	Vantaa		
Riskitaso	1 %	2 %	5 %
h, max [kJ/kg]	76,6	67,9	64,4

Jokioinen		
1 %	2 %	5 %
77,9	73,7	64,0

Jyväskylä		
1 %	2 %	5 %
74,4	71,8	63,9

Sodankylä		
1 %	2 %	5 %
63,7	63,6	60,9

**Δh, max: +7.7 +5.3 +6.0**

**+7.0 +6.0 +6.3**

**+6.8 +5.4 +5.3**

**+4.5 +5.8 +5.2**

→ RCP8.5 päästöskenaariolla mitoittavan entalpian kasvu suunnilleen tuplautuisi 2050 mennessä RCP 2.6 skenaarioon verrattuna.

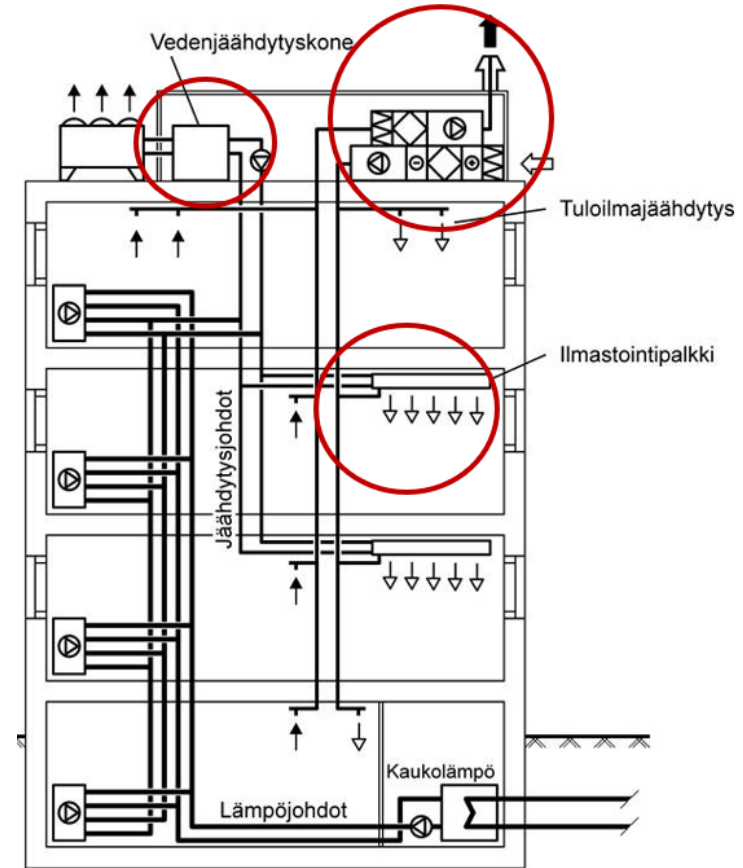
→ Riskitason valinnalla (1% vs. 5%) useimmissa tapauksissa suurempi vaikutus kuin ilmastonmuutoksella.

# Esimerkki mitoituspäivien käytöstä



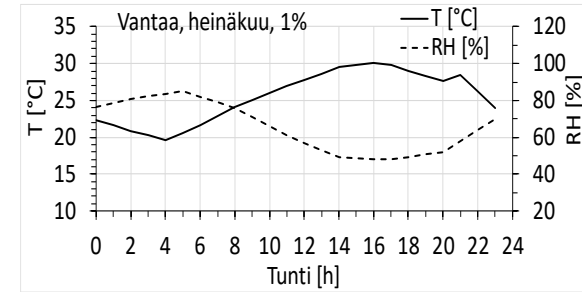
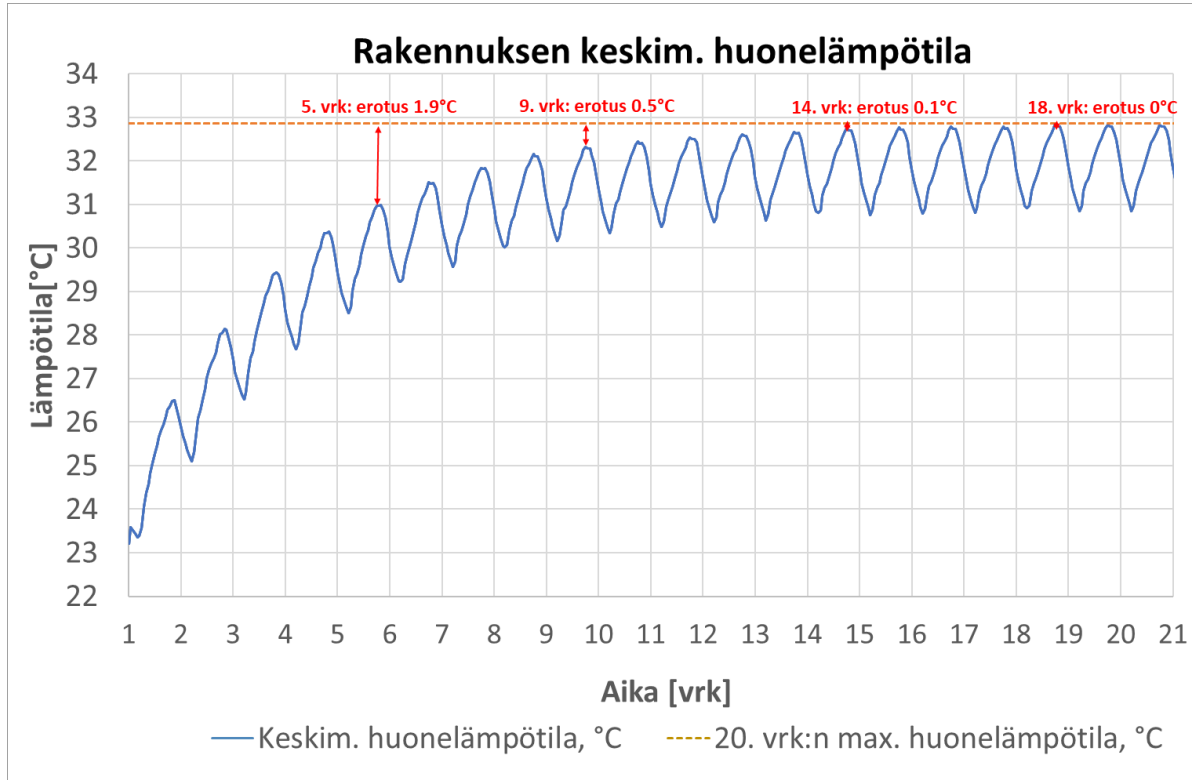
# Mitoituspäivien käyttö suunnittelutyössä

- Jos simulointiohjelmalla mallinnetaan koko rakennus järjestelmineen, mitoituspäivän avulla voidaan:
  - Mitoittaa huonelaitteet
  - —||— ilmanvaihto
  - —||— jäähdytyskone
  - Simuloida sisäolosuhteita
- **HUOM!** *Ennen varsinaista mitoituspäivän simulointia täytyy tehdä esisimulointi, jossa mitoituspäivän simulointia toistetaan niin kauan, että rakennuksen lämpötilat ovat tasaantuneet.*



Kuva: Sandberg

# Huonelämpötilojen tasaantumisnopeus?

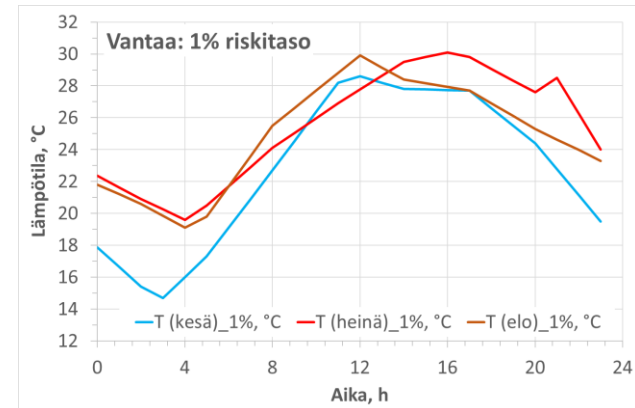


→ **On suositeltavaa tehdä vähintään 14 vrk:n mittainen esisimulointi toistamalla mitoituspäivää ennen varsinaista mitoituspäivän simulointia lämpötilojen tasaantumiseksi.**

→ **Esim. IDA ICE tekee 14vrk:n esisimuloinnin automaattisesti.**

# Esimerkkikohde vanhusten palveluasumisyksikkö Vantaalla

- Uudisrakennus, jossa asuntoja, yleisiä oleskelutiloja yms.
  - Simuloitavat ratkaisut:
    - Ilman koneellista jäähdytystä
    - Kon. jäähdytys käytössä (IV+tilat)
  - Käytössä 2 vaihtoehtoista lasitusratkaisua, joiden U-arvo  $0.9\text{W/m}^2\text{K}$ :
    - Perusikkunat ( $g= 0.46$ ,  $ST=0.28$ ) tai
    - Auringonsuojalasit ( $g= 0.19$ ,  $ST=0.16$ )
- Simulointi Vantaan kesä, heinä ja elokuun 1% ja 5% mitoituspäivillä:



# Kuumimman asunnon lämpöolot ilman koneellista jäähdytystä

- Mitoituspäivien aikaiset 27C ja 30C\* ylittävät astetunnit:

Käytössä perusikkunat		
Kesäkuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit > 27°C	131.0	106.5
Astetunnit > 30°C	59.0	34.5

Käytössä perusikkunat		
Heinäkuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit > 27°C	170.0	140.7
Astetunnit > 30°C	98.0	68.7

Käytössä perusikkunat		
Elokuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit > 27°C	159.2	82.3
Astetunnit > 30°C	87.2	14.0

Käytössä auringonsuojalasit		
Kesäkuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit>27°C	88.6	73.7
Astetunnit>30°C	18.3	8.6

Käytössä auringonsuojalasit		
Heinäkuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit>27°C	134.6	108.9
Astetunnit>30°C	62.6	36.9

Käytössä auringonsuojalasit		
Elokuu [Kh/d]	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
Astetunnit>27°C	130.6	45.9
Astetunnit>30°C	58.6	0.0

\* HUOM! 30 C on asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpideraja lämmityskauden ulkopuolella mm. vanhainkodeille

# Kuumimman asunnon tuntuva jäähdytysteho mitoituspäivien aikana

- Käytössä kon. jäähdytys (tilat+IV) ja perusikkunat
- Tuloilma IV-koneelta 17C ja tilojen tavoitelämpötila 25C
- Asunnon kok. tuloilmavirta 0.76 L/s,m<sup>2</sup>

Max. Jäähdytysteho, [W/m <sup>2</sup> ]		
Kesäkuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV*	6.6	6.6
Tilat**	22.2	21

Max. Jäähdytysteho, [W/m <sup>2</sup> ]		
Heinäkuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV*	6.6	6.6
Tilat**	23.2	21.3

Max. Jäähdytysteho, [W/m <sup>2</sup> ]		
Elokuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV*	6.6	6.6
Tilat**	21.3	19.8

\*Ilmanvaihdon ja huonelaitteiden max. tehot ovat eri aikaan.

\*\*Tilajäähdytys on tuntuva teho huoneessa (kosteus ei muutu).

# Rakennuksen tilojen ja IV:n jäähdytystehontarve mitoituspäivien aikana:

- Käytössä kon. jäähdytys (tilat+IV) ja perusikkunat
- Tuloilma IV-koneelta 17C ja tilojen tavoitelämpötila 25C

Max. Jäähdytysteho [W/m <sup>2</sup> ]		
Kesäkuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV	16.1	14.5
Tilat	5.8	5.7
Kok. jäähd.*	21.0	18.4

Max. Jäähdytysteho [W/m <sup>2</sup> ]		
Heinäkuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV	20.6	16.3
Tilat	6.8	6.2
Kok. jäähd.*	25.9	22.3

Max. Jäähdytysteho [W/m <sup>2</sup> ]		
Elokuu	Vantaa	
Riskitaso	1 %	5 %
IV	21.8	15.2
Tilat	6.6	4.5
Kok. jäähd.*	26.7	19.2

\*Ilmanvaihdon ja huonelaitteiden max. tehot ovat eri aikaan.

# Yhteenveto

# Yhteenveto

- **Aalto-yliopisto määrittä:**

- Mitoituspäivät jäähdytystehontarpeen mitoittamista ja sisäolosuhteiden dynaamista simulointia varten.
- Mitoittavat entalpiat ja ulkolämpötilan arvot jäähdytyksen esisuunnittelua varten.
- HUOM! Uudet mitoituspäivät ovat tulossa seuraavaan IDA ICE:n Suomen lokalisaatiopakettiin.
- Nykyilmaston mitoituspäivien korkeimmat ulkolämpötilat ovat noin 30C, mutta merkittävämmät lämpötilaerot ilmenevät yöaikaan.
- Riskitason valinnalla on merkittävä vaikutus mitoitusolosuhteisiin.
- Mitoittavat entalpiat ovat 1%:n ja 2%:n riskitasolla suurempia kuin SIY:n suositusarvot, mutta 5%:n entalpia on suunnilleen samalla tasolla.
- **Ilmastonmuutoksen vaikutus:**
  - Varsin vähäinen 2030 mennessä riippumatta päästöskenaariosta.
  - Korkeimmalla päästöskenaariolla RCP8.5 on jo varsin merkittävä vaikutus mitoitusolosuhteisiin vuoden 2050 jälkeen.



# Kiitokset rahoittajalle!



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

## Lisätietoja:

- RAMI-hankkeen loppuraportti ja mitoituspäivien säätiedostot ladattavissa Ilmatieteenlaitoksen sivuilta:

<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaahdytyksen-mitoituspaivat>

- Juha Jokisalo, vanhempi tutkija

Email: [juha.jokisalo@aalto.fi](mailto:juha.jokisalo@aalto.fi)

