



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

# **Sään ja ilmaston vaikutukset kuolevuuteen**

**Kuolevuusseminaari  
Aktuaariyhdistys, 8.5.2019**

**Reija Ruuhela**  
**Ilmastoasiantuntija, meteorologi**

# Esityksen kulku

- Miten ihminen on sopeutunut ilmastoon
- Kuolleisuuden lämpötilariippuvuus Suomessa
- Muita kuolleisuuteen vaikuttavia meteorologisia tekijöitä
- Simulaatioita helleaaltojen vaikutuksista
- Muuttuvan ilmaston vaikutukset
- Varautuminen terveysriskeihin sääennusteiden avulla



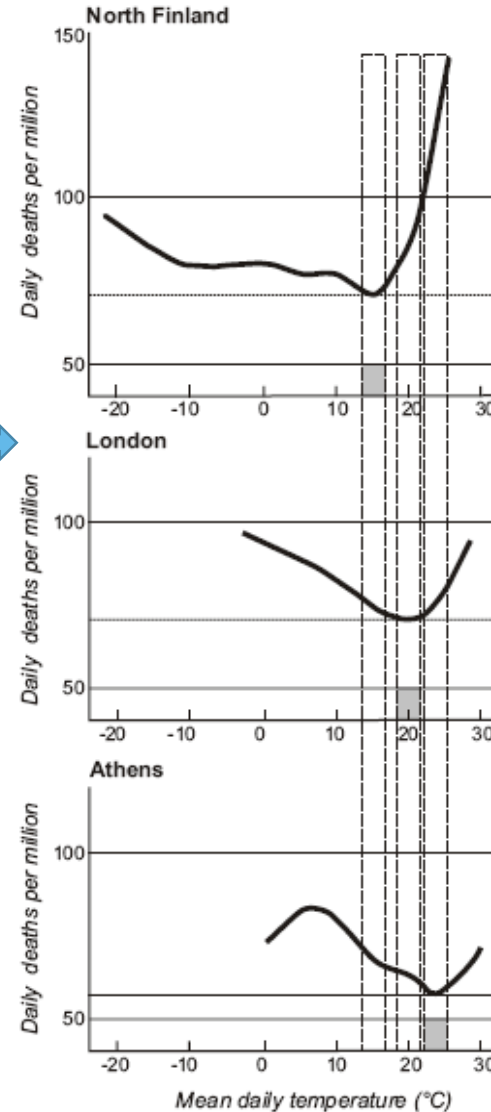
# Mitä eroa on säällä ja ilmastolla?

- Sää: Tietyllä ajanhetkellä vallitseva tilanne;  
- lämpötila, ilmanpaine, tuuli, kosteus, pilvet, sade...
- Ilmasto: Sään tilasto  
- ilmastollisen vertailukauden pituus 30 v  
- nyt käytössä vertailukausi 1981-2010
- Ääri-ilmiöt: Tilastollisesti poikkeuksellisia tapahtumia tai vaikutuksiltaan merkittäviä tapahtumia  
- helleaallot, kylmät jaksot, rankkasateet, kuivuus ...
- Ilmastonmuutos: Sään tilastollisten ominaisuuksien muutos



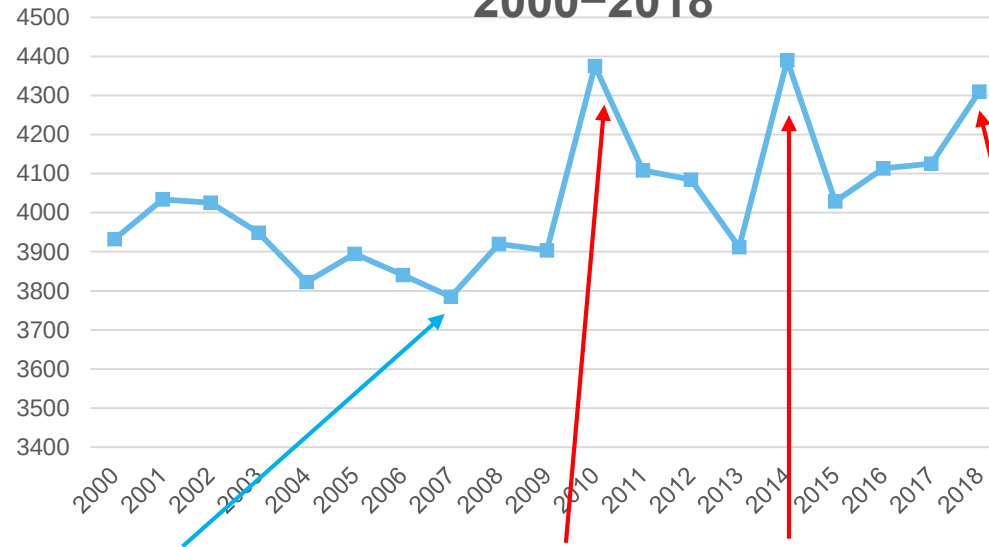
# Ihminen sopeutuu ilmastoonsa

- Geneettinen sopeutuminen
  - ihon pigmentti
- Käyttäytyminen ja tekninen sopeutuminen
  - vaatetus, rakennukset
- Pysyvä fysiologinen sopeutuminen
  - Optimaalinen lämpötila, jossa kuolleisuus on pienimmillään, riippuu ilmastosta
- Lyhytaikainen fysiologinen sopeutuminen
  - tapahtuu noin 2 viikon kuluessa lämpöolosuhteiden muuttuessa
- Valoisuuden vaihtelu – sisäinen kello (sirkadiaaninen vuorokausirytm)

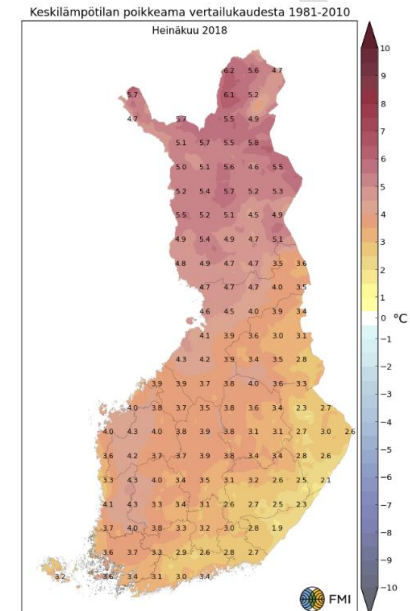
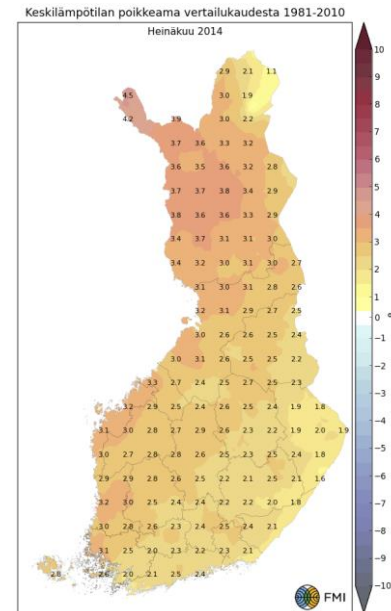
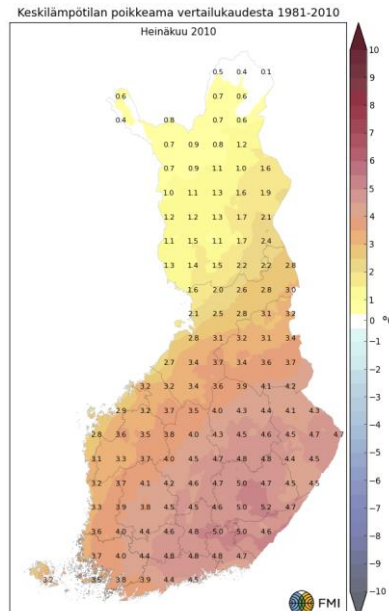
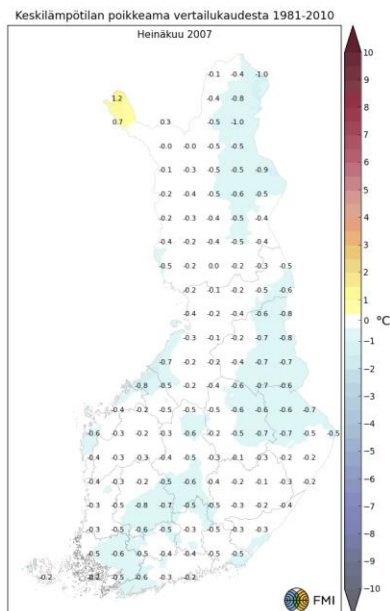


## Kuolleet Suomessa, heinäkuut 2000–2018

Kuolleiden määrä  
pieni, kun  
kuukauden  
keskilämpötila  
lähellä  
tavanomaista;  
heinäkuu 2007  
(sin. nuoli)



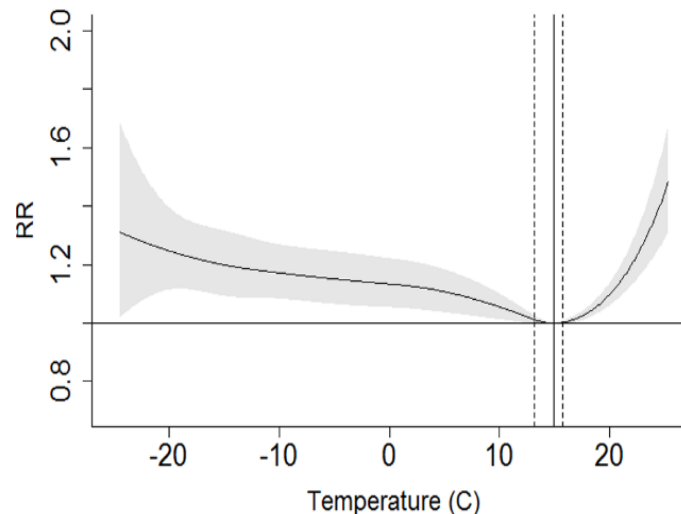
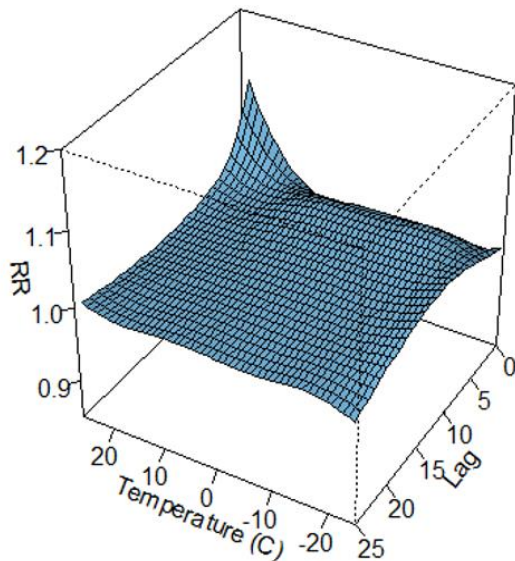
Kuolleita eniten,  
kun kuukausi  
selvästi tavallista  
lämpimämpi;  
heinäkuut 2010,  
2014, 2018  
(pun. nuolet)



# DLNM (Distributed Lag Non-linear Model) kuolleisuuden lämpötila-riippuvuuden mallittamisessa

$$g(\mu_t) = \alpha + s(x_t; \beta) + \sum_{j=1}^J h_j(c_{tj}; \gamma_j)$$

- Daily number of deaths  $\sim$  quasi-Poisson distribution
- $s(x_t; \beta)$  is an exposure–response function for daily temperature
  - Cross basis matrix of coefficients for lagged effects of temperature
  - quadratic B-spline defined by internal knots
- $\sum_{j=1}^J h_j(c_{tj}; \gamma_j)$ ; confounding factors: day of the week, seasonality, time trend



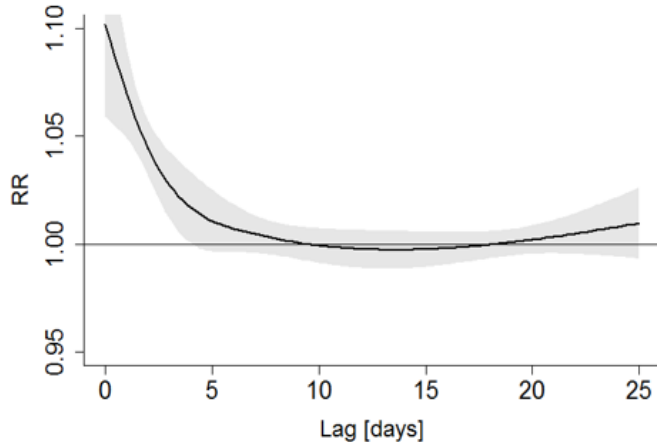
More about DLNM:  
Gasparrini et al., 2010;  
Gasparrini, 2011;  
Gasparrini and Leone, 2014

R package:  
dlnm (Gasparrini, 2011)

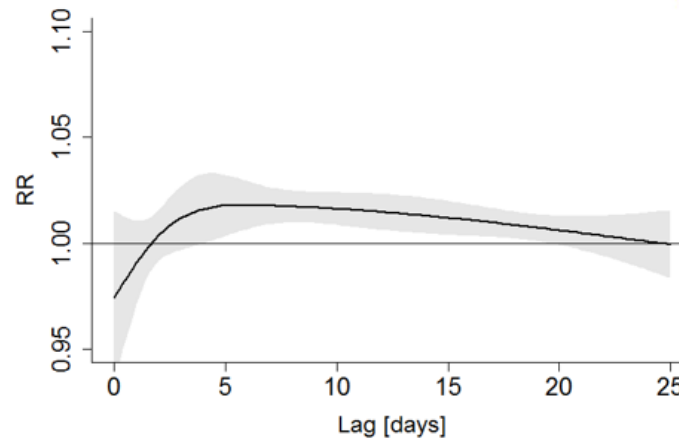


# Kuuma- ja kylmärasitus näkyvät kuolleisuudessa erilaisella viiveellä

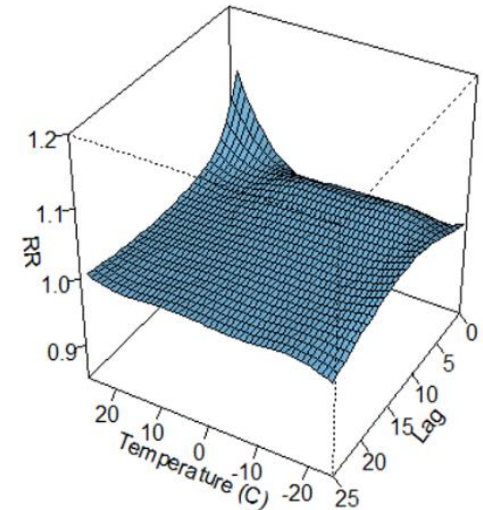
- Kuumuus lisää kuolleisuutta jo samana päivänä ja vaikutus kestää muutaman päivän.
- Kylmärasitus lisää kuolleisuutta pitkällä viiveellä.



Kuumarasitus, viive ( $T_{\text{avg}} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )



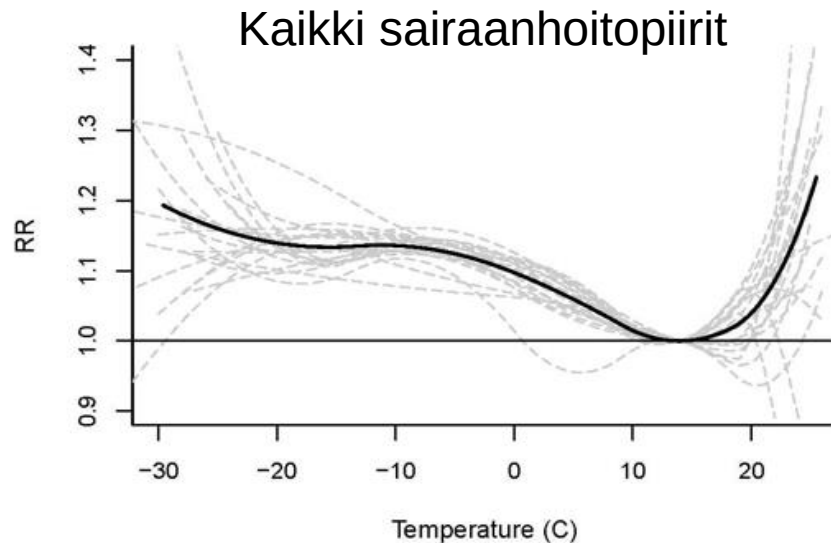
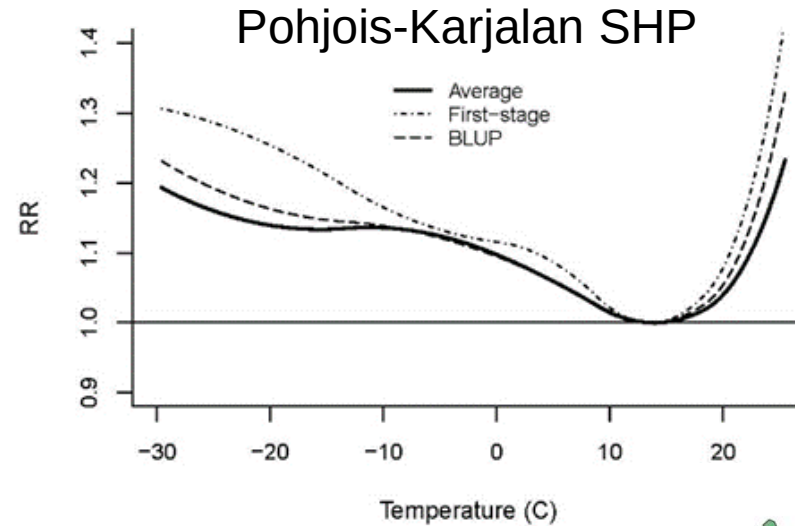
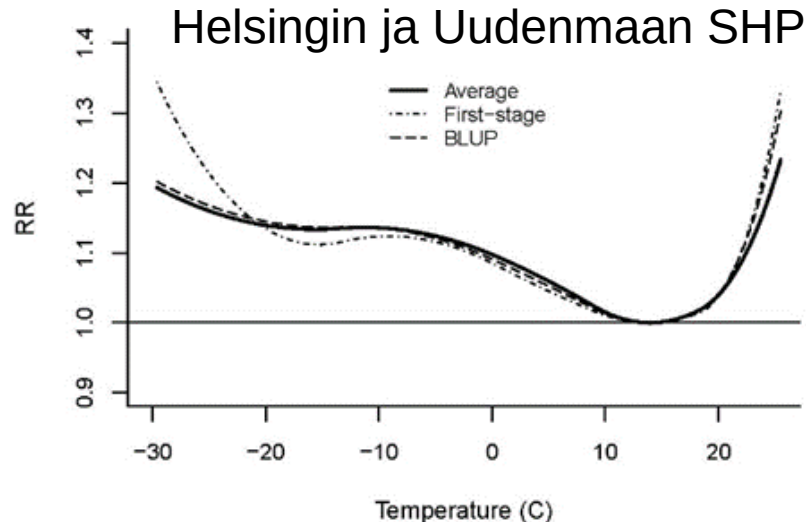
Kylmärasitus viive ( $T_{\text{avg}} = -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )



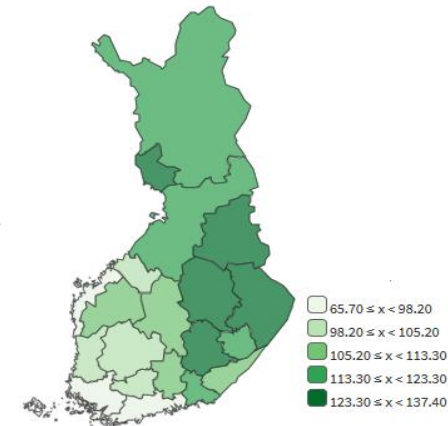
Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, 2000-2014



# Kuolleisuuden lämpötilariippuvuuden alueellisista eroista Suomessa



- Meta-regressio - BLUP
- Erot sairaanhoitopiirien välillä pieniä näin arvioituna
- THL:n sairastavuusindeksi ja väestömäärä selittävät jossain määrin alueellisia eroja



THL sairastavuusindeksi  
v. 2014



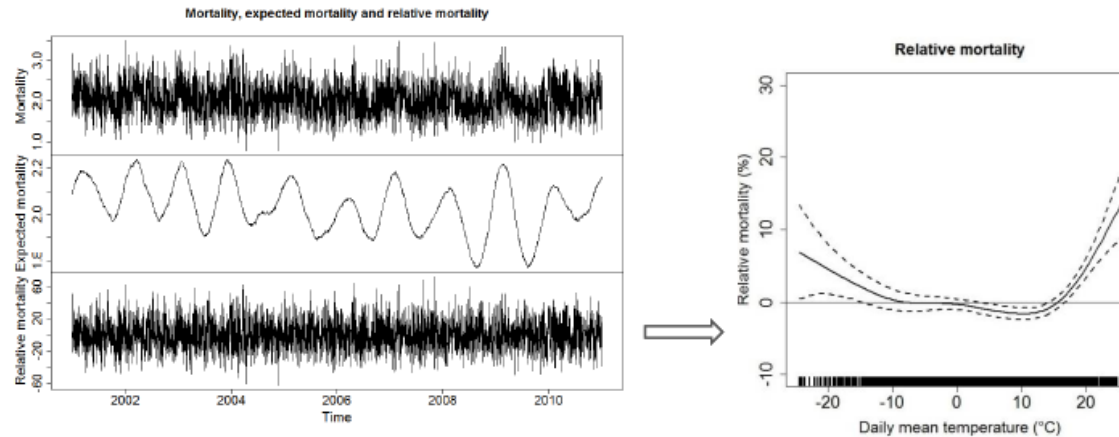
## Helleaaltojen vaikutuksia kuolinsyittäin

**TAULUKKO 4.** Vuosien 2003 (21 vrk:n jakso) ja 2010 (27 vrk:n jakso) helleaalloista laskennallisesti aiheutuneet kuolemat (95 %:n luottamusväli).

| Kuolinsyy                                    | 2003          | 2010          |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|
| Kokonaiskuolinsyy<br>(ei tapaturmainen)      | 220 (169–268) | 309 (237–375) |
| Verenkiertoelinsairaudet                     | 107 (74–137)  | 163 (113–210) |
| Iskeemiset sydänsairaudet                    | 51 (24–75)    | 73 (35–108)   |
| Alvoverisuonisairaudet                       | 19 (2–33)     | 21 (2–37)     |
| Hengityselinten sairaudet                    | 21 (2–37)     | 12 (1–21)     |
| Pitkäaikainen keuhkosairaus                  | 11 (3–17)     | 14 (4–21)     |
| Mielenterveyden ja<br>käyttäytymisen häiriöt | 51 (35–64)    | 47 (33–59)    |
| Hermoston sairaudet                          | 30 (16–40)    | 94 (56–125)   |

# Kuolleisuuden perustason määrittäminen vaikuttaa kuolleisuuden lämpötilariippuvuuden muotoon

Ruuhela et al. 2017



Ruuhela et al. 2018

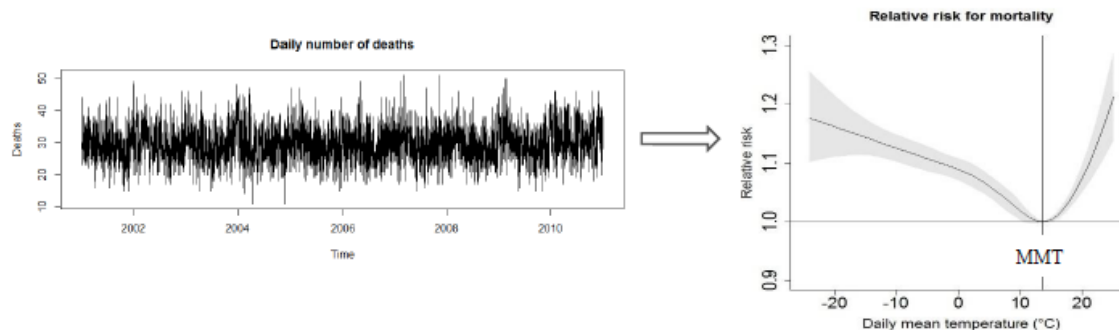
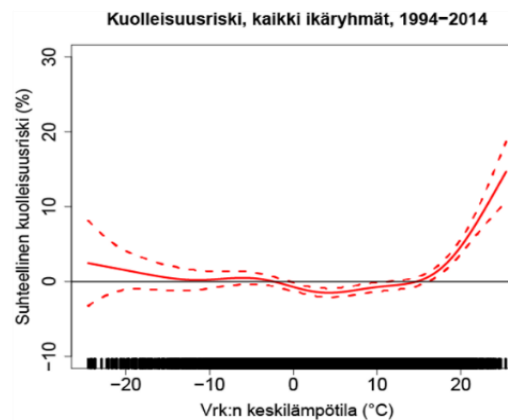
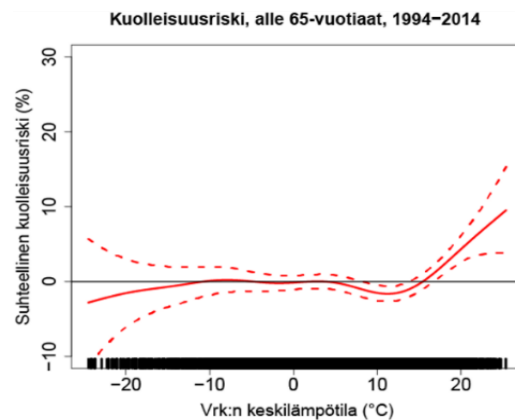
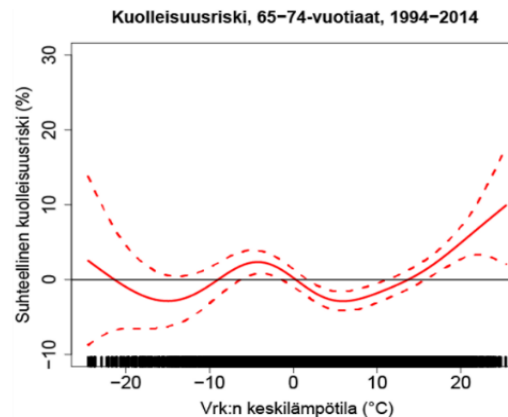
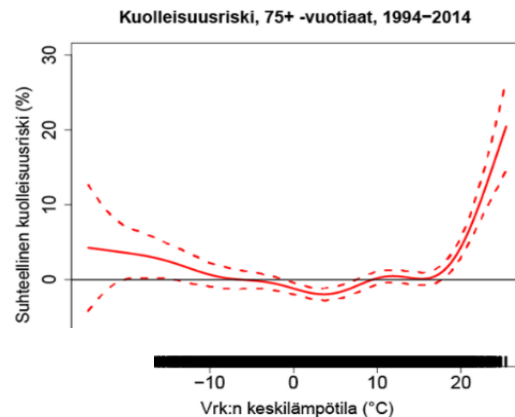


Figure 1. The definition for the baseline mortality effects on the shape of the temperature–mortality relationship. In study I (upper row) the baseline mortality is seasonally varying “expected mortality”, while in study II (lower row) the baseline is the mortality at the minimum mortality temperature (MMT, vertical line in the graph).



## Talvella kuolleisuus on suurempi kuin kesällä.

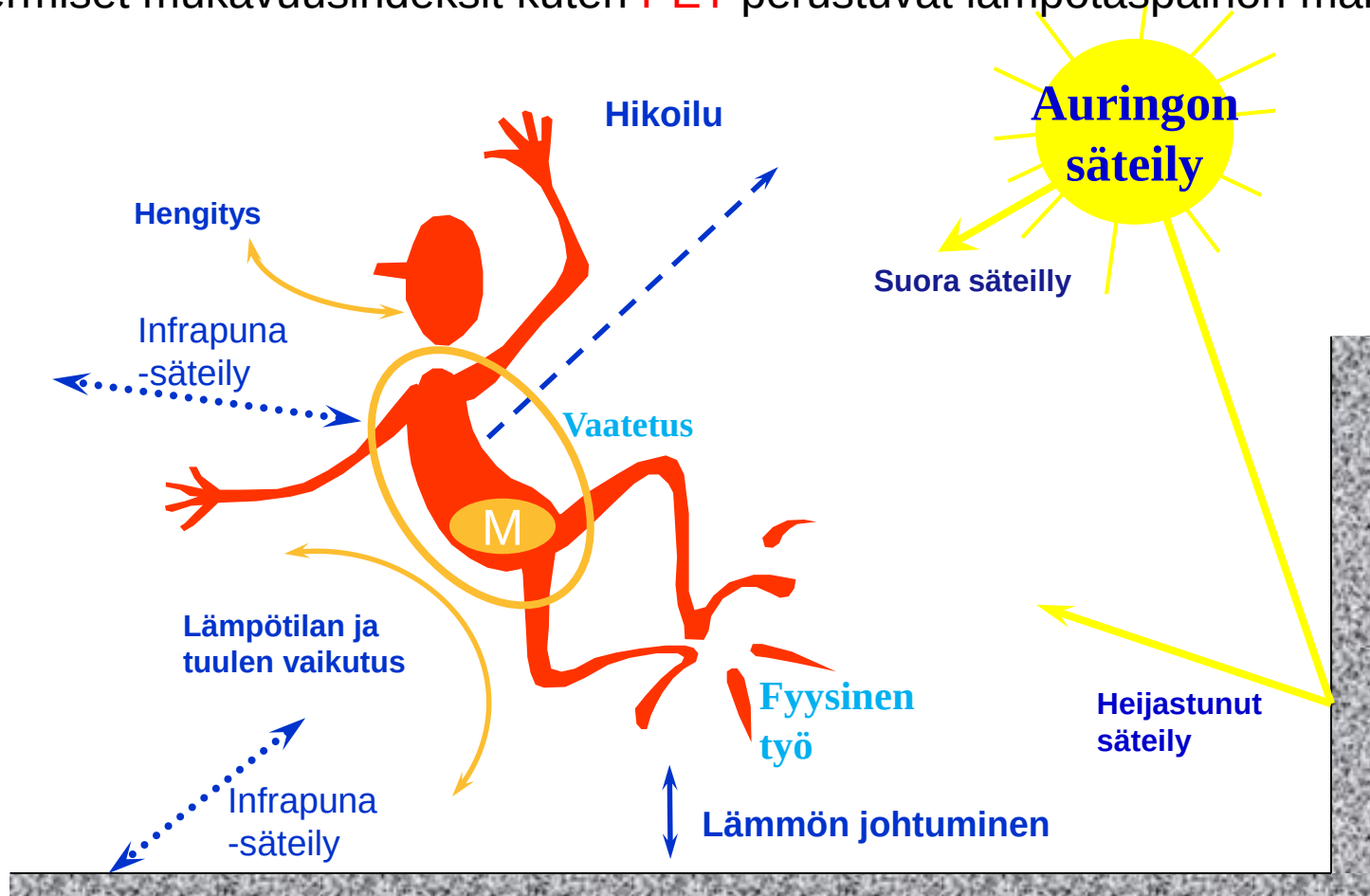
- Se liittyy kuitenkin myös muihin vuodenaikojen mukaan vaihteleviin tekijöihin kuten influenssaepidemioihin.
- Kuumuus voi olla suomalaisille suurempi riski kuin kylmyys.
- Helteille herkimpiä ovat ikääntyneet.





# Ihmisen lämpötasapaino

- Ihmisen lämmönsäätelyjärjestelmä pyrkii pitämään sisäisen lämpötilan +37 asteessa
- Meteorologisita tekijöistä tärkeitä **lämpötila, kosteus, tuulen nopeus, säteily**
- Eräät termiset mukavuusindeksit kuten **PET** perustuvat lämpötasapainon mallittamiseen

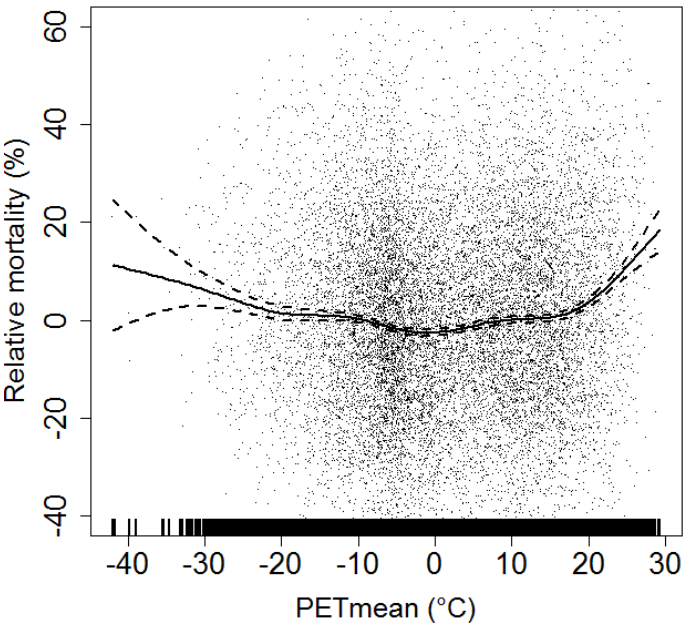




# Suhteellinen kuolleisuus vs. PET, Helsingin ja Uudenmaan SHP, 1972-2014

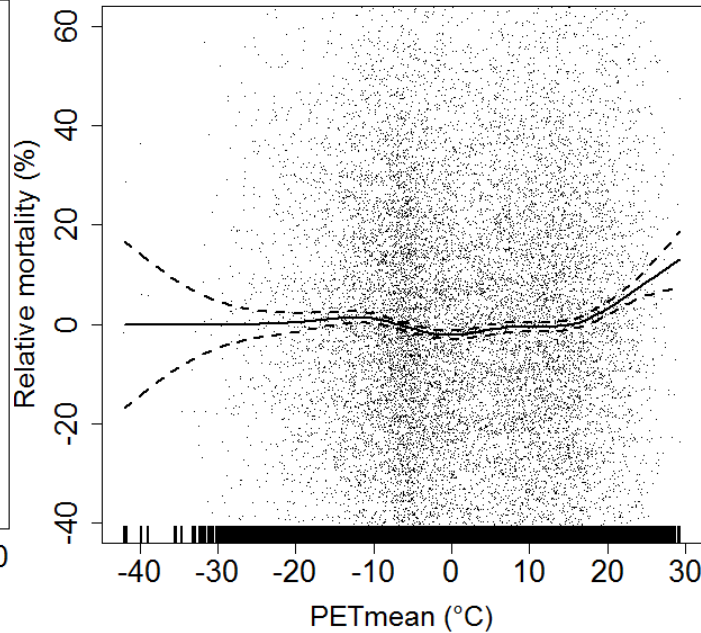
**$\geq 75$  y**

Relative mortality,  $>75$ , 1972-2014



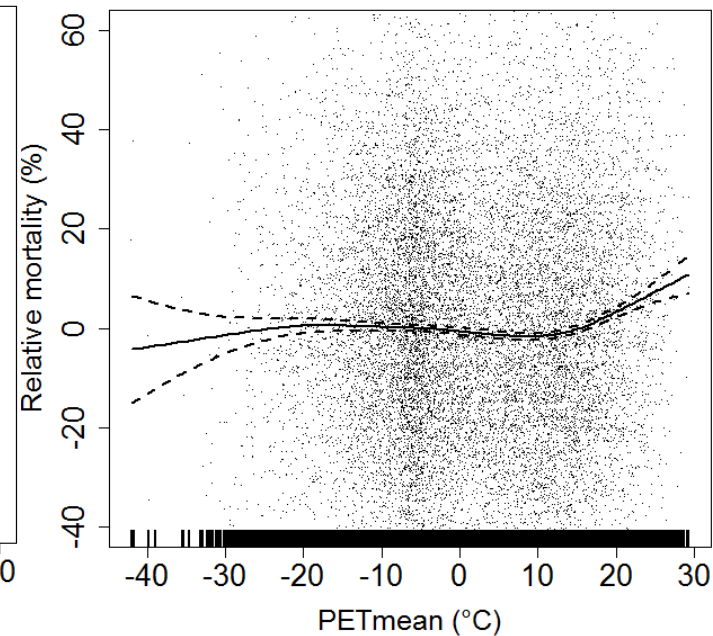
**65 - 74 y**

Relative mortality, 65-74, 1972-2014



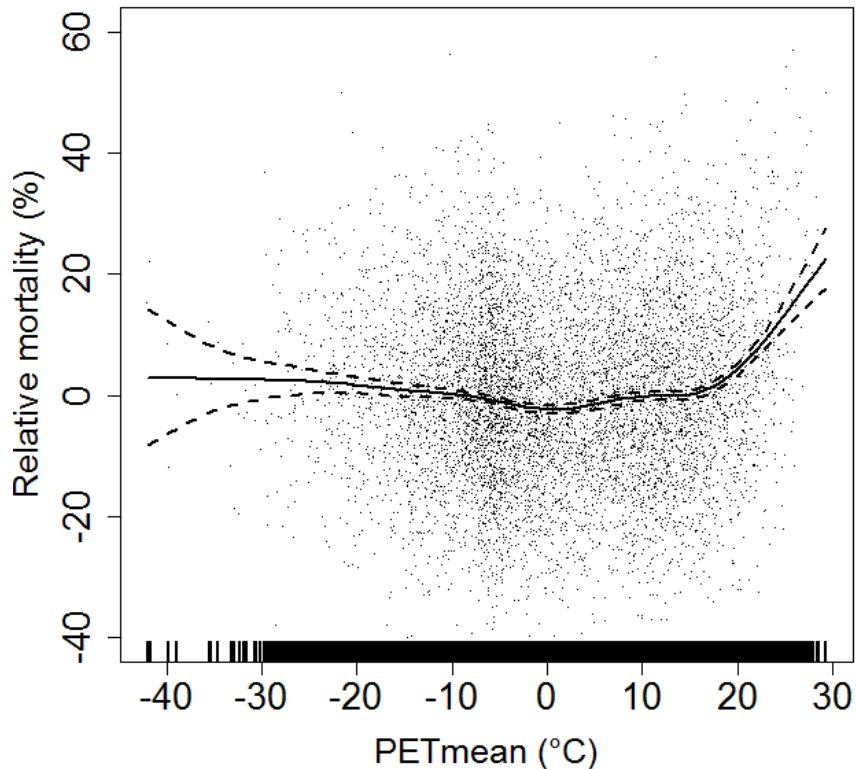
**$< 65$  y**

Relative mortality,  $<65$ , 1972-2014



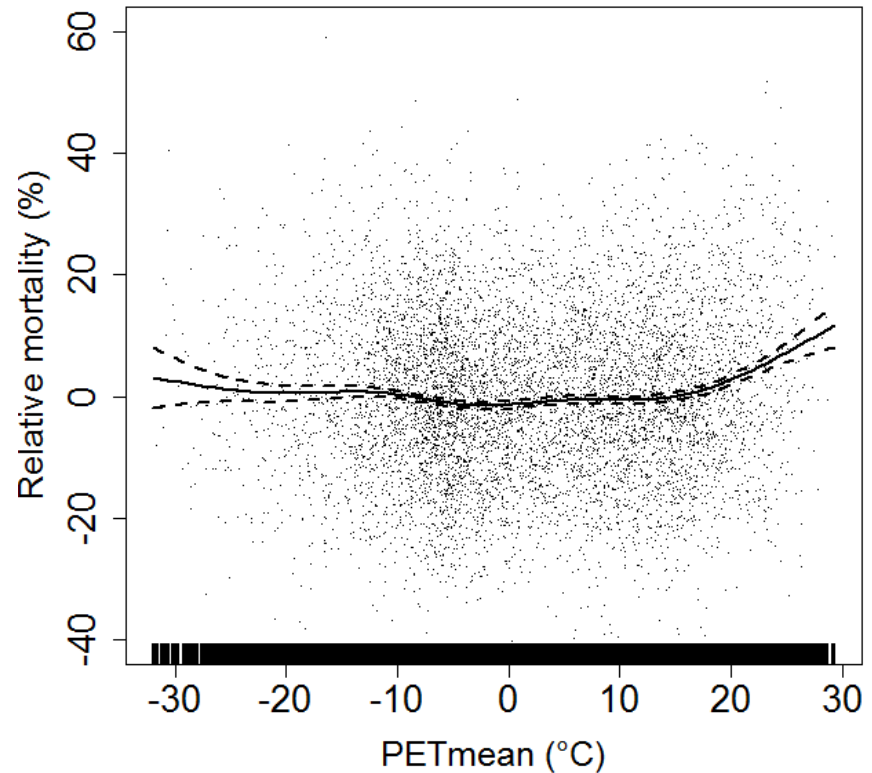
# Herkkyys äärilämpötiloille on pienentynyt vuosikymmenien aikana

Relative mortality, All, 1972-1992



Rel mort in 99th percentile of PET: 18 %

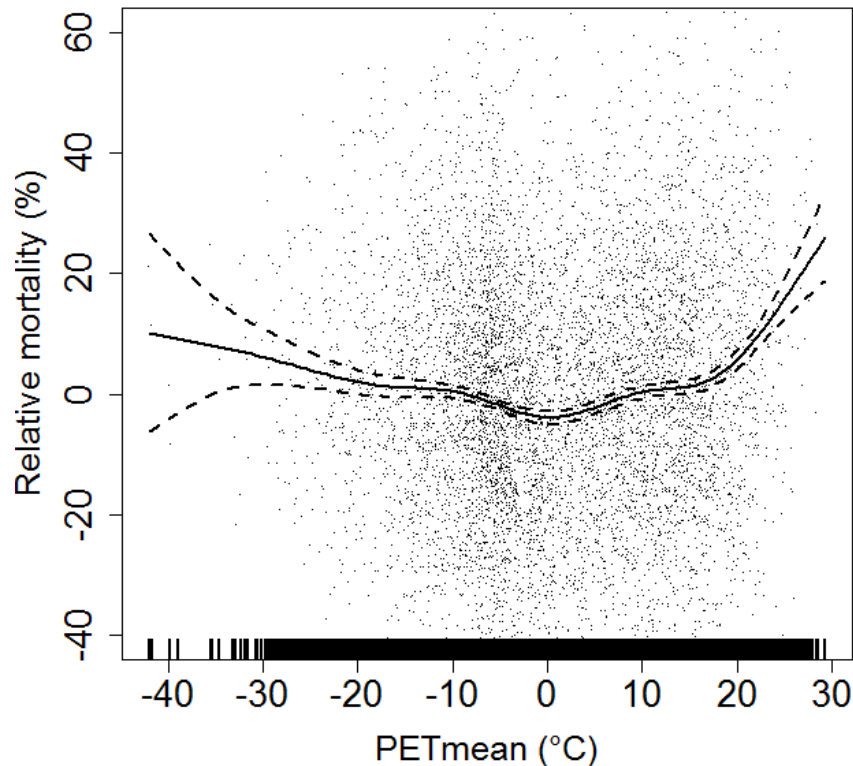
Relative mortality, All, 1994-2014



Rel mort in 99th percentile of PET: 9 %

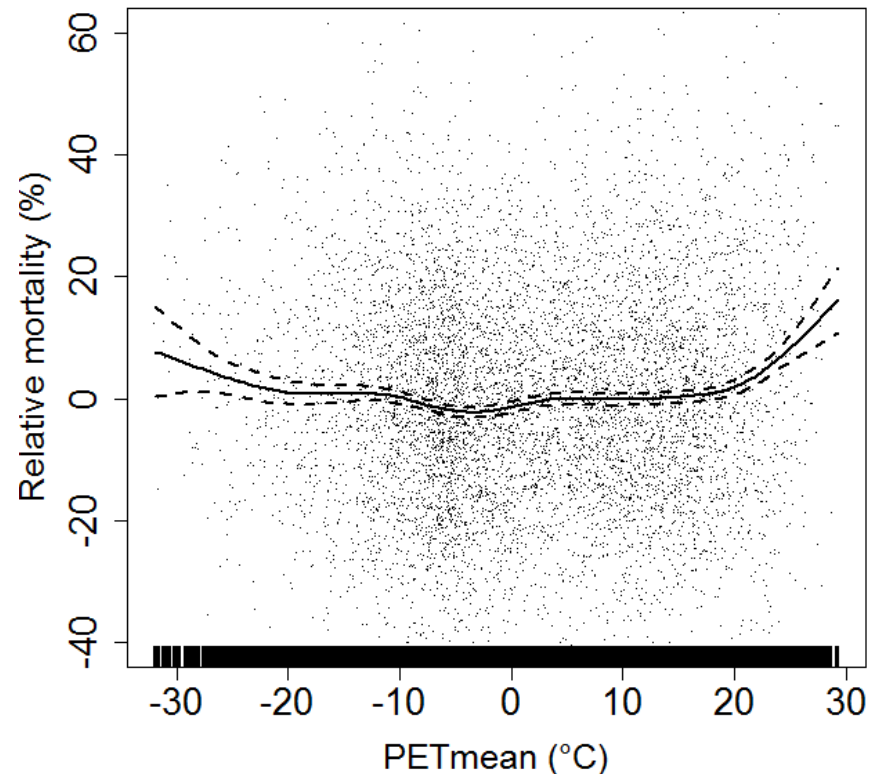
# Herkkyyks ääriämpötiloille on pienentynyt vuosikymmenien aikana... myös yli 75v vuotiaiden ryhmässä

Relative mortality, >75, 1972-1992



Rel mort in 99th percentile of PET: 21 %

Relative mortality, >75, 1994-2014

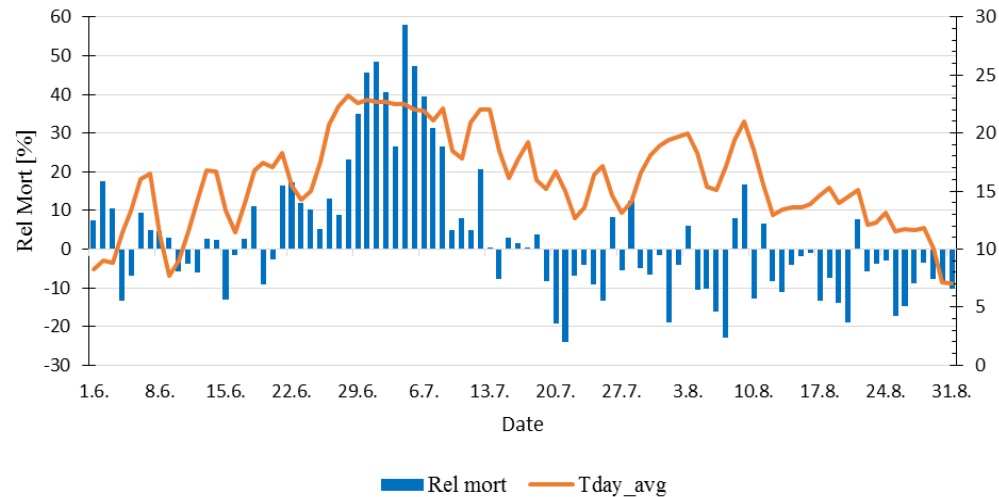


Rel mort in 99th percentile of PET 11 %



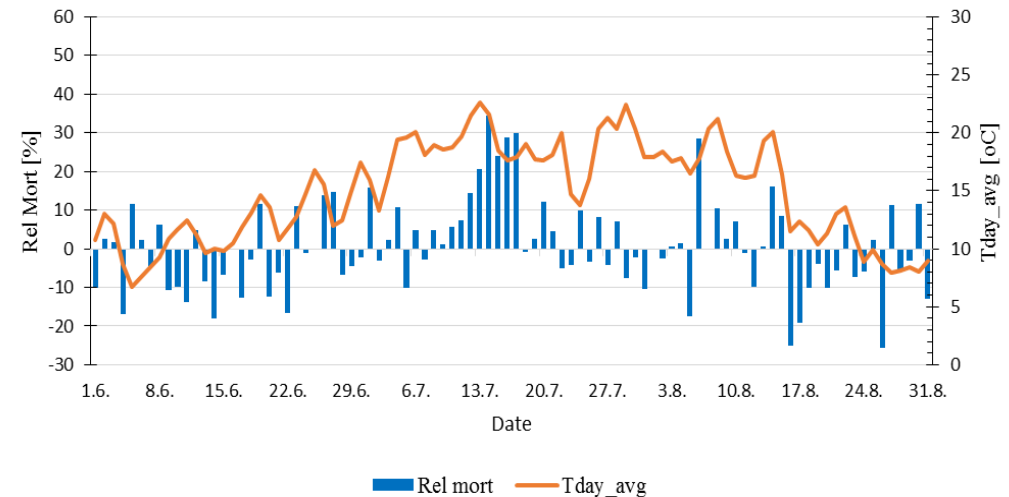
# Helleaallot 1972 ja 2010 Suomessa

Relative mortality and daily mean temperature in Finland, June-August 1972



- Helleaalto 1972
  - Keskikesällä 2vkoa
  - Tmax: 33,6 °C (8.7.)
  - Kuolleisuuspiikki 58 %
  - Yli 800 kuolemantapausta
  - Itä- ja Pohjois-Suomessa

Relative mortality and daily mean temperature in Finland, June-August 2010

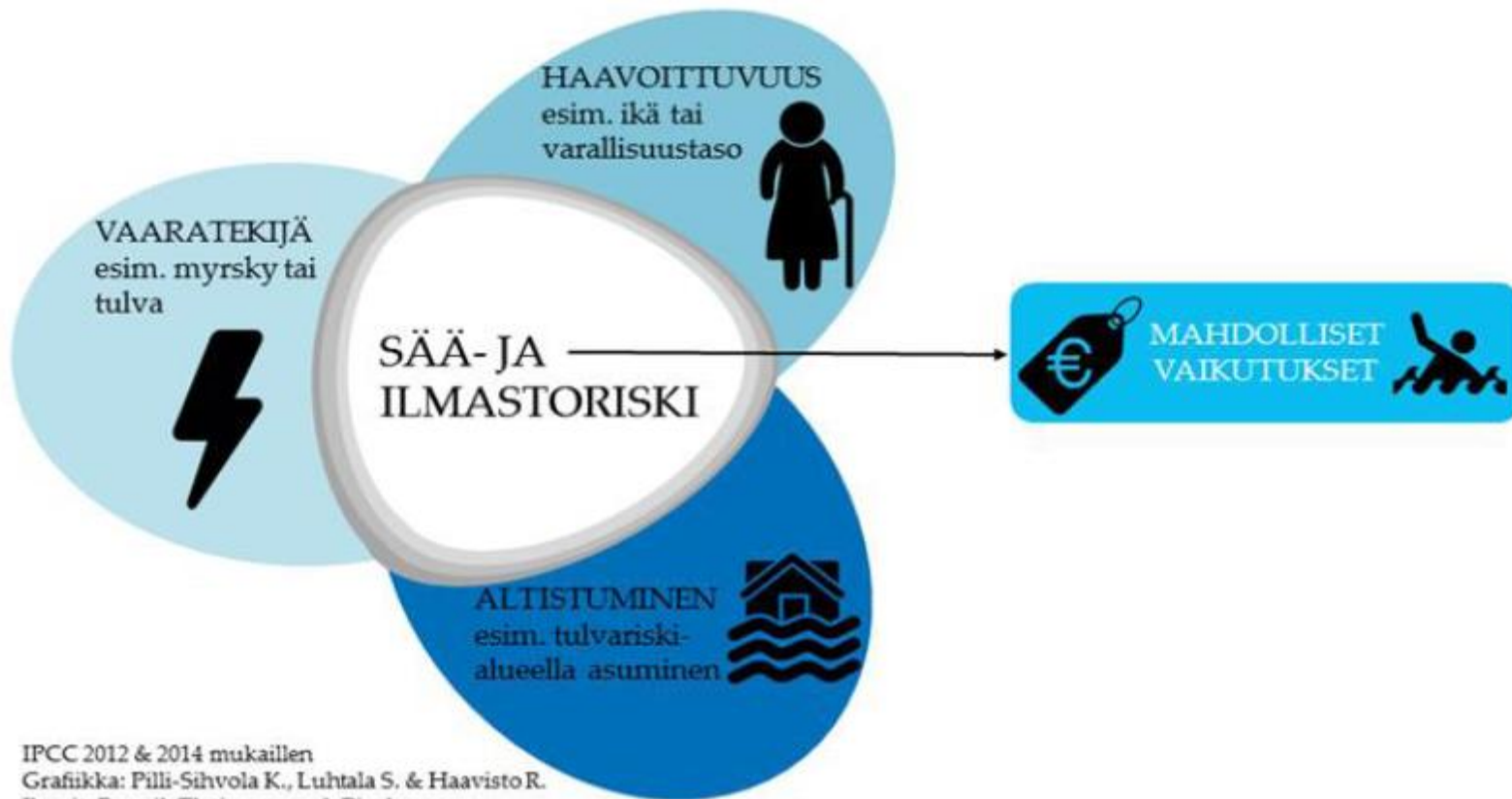


- Helleaalto 2010
  - Heinäkuussa kaksi lyhyempää jaksoa
  - Tmax: 37,2 °C (29.7.)
  - Kuolleisuuspiikki 34 %
  - Yli 300 kuolemantapausta
  - Etelä- ja Itä-Suomessa



# Riski = Vaaratekijän todennäköisyys

- \* Altistuminen vaaratekijälle
- \* Haavoittuvuus

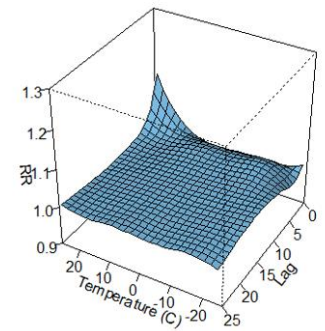




# Kuolleisuusriskin (RR) lämpötilariippuvuus – HUSin alueella ja Helsingissä, 2000–2014

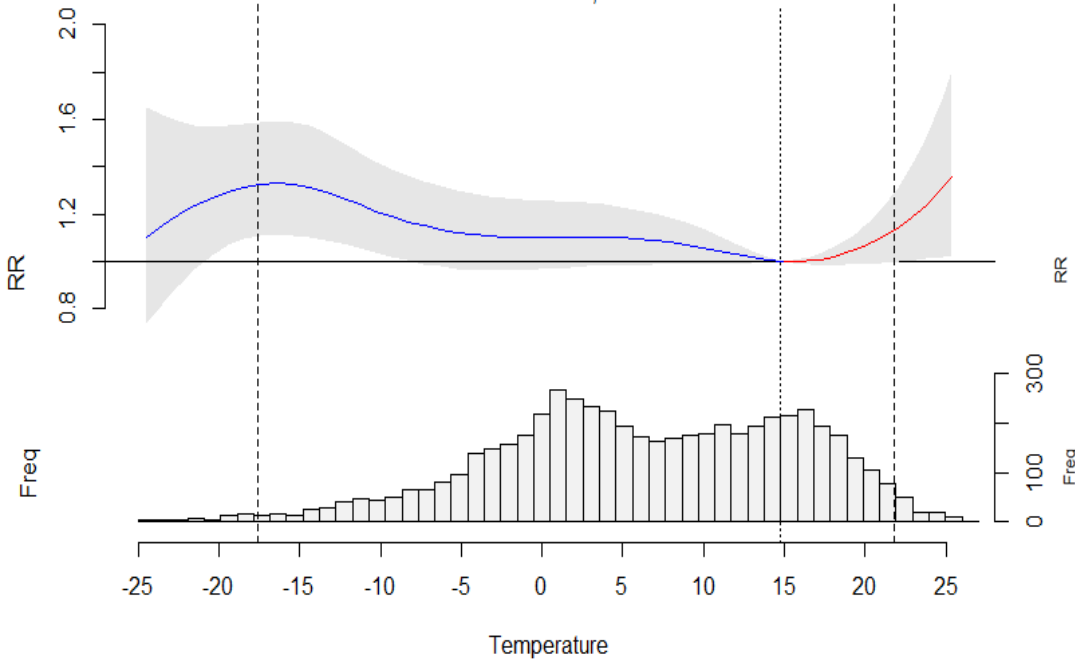
Exposure-lag-response surface

HD1, 2000-2014



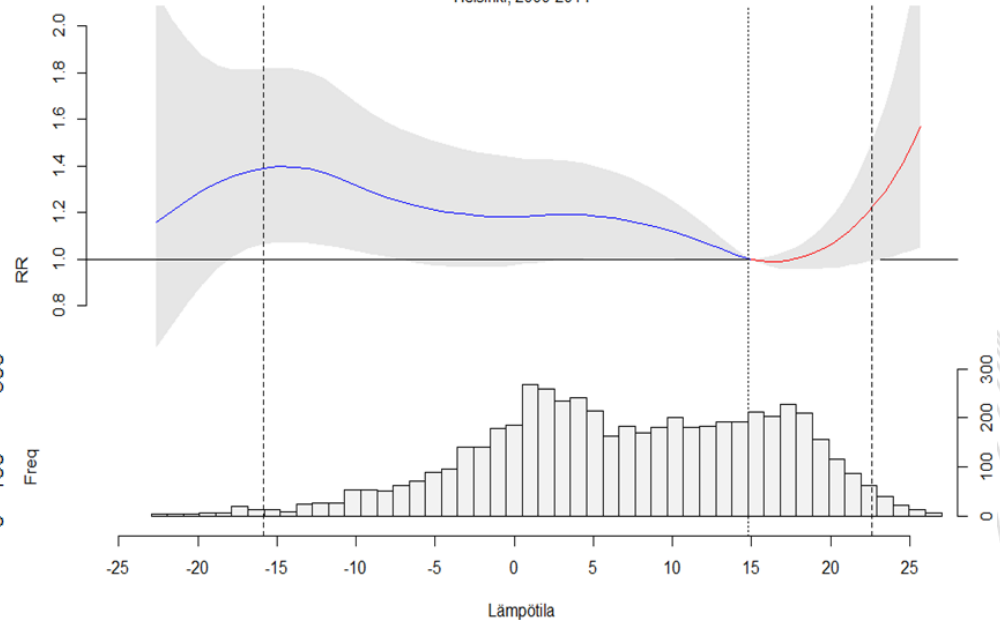
Overall cumulative association and temperature distribution

Helsinki-Uusimaa HD, 2000-2014



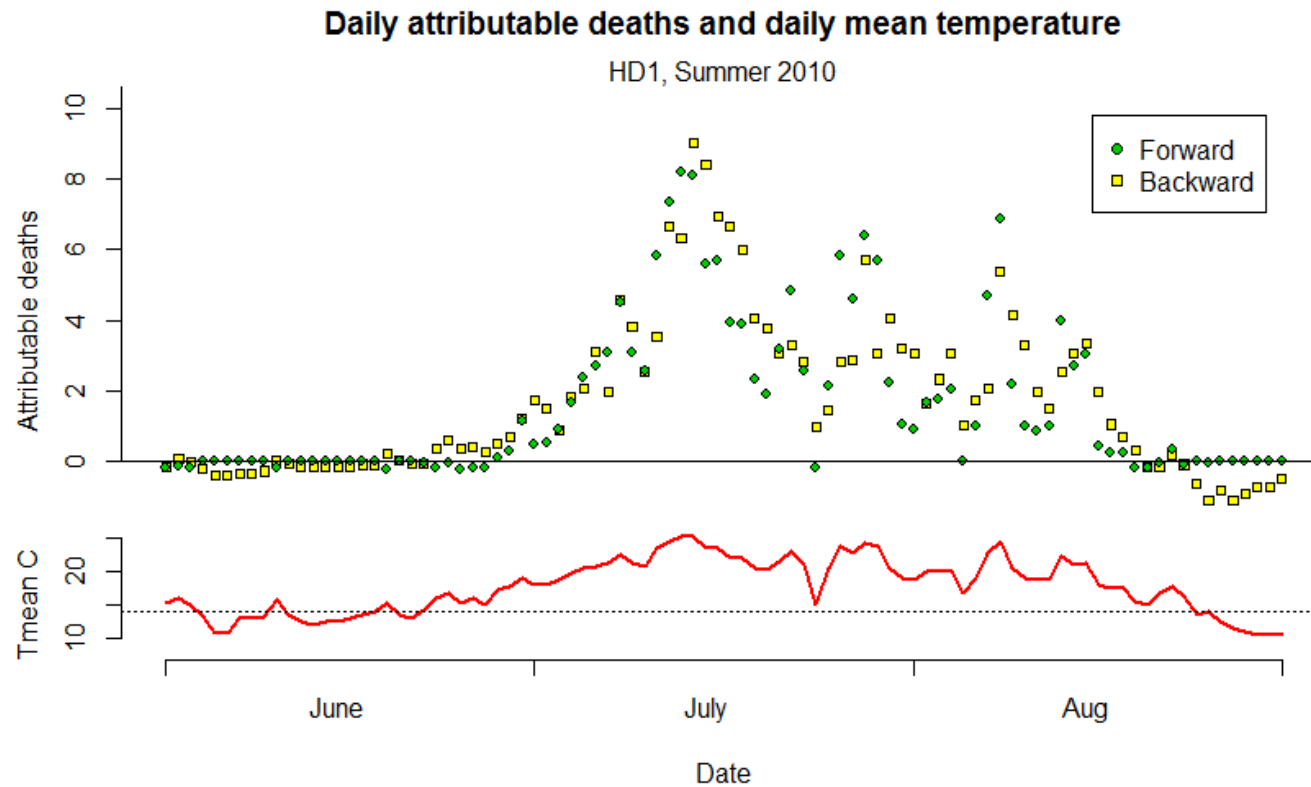
Kumulatiivinen kuolleisuusriski, lämpötilajakauma

Helsinki, 2000-2014



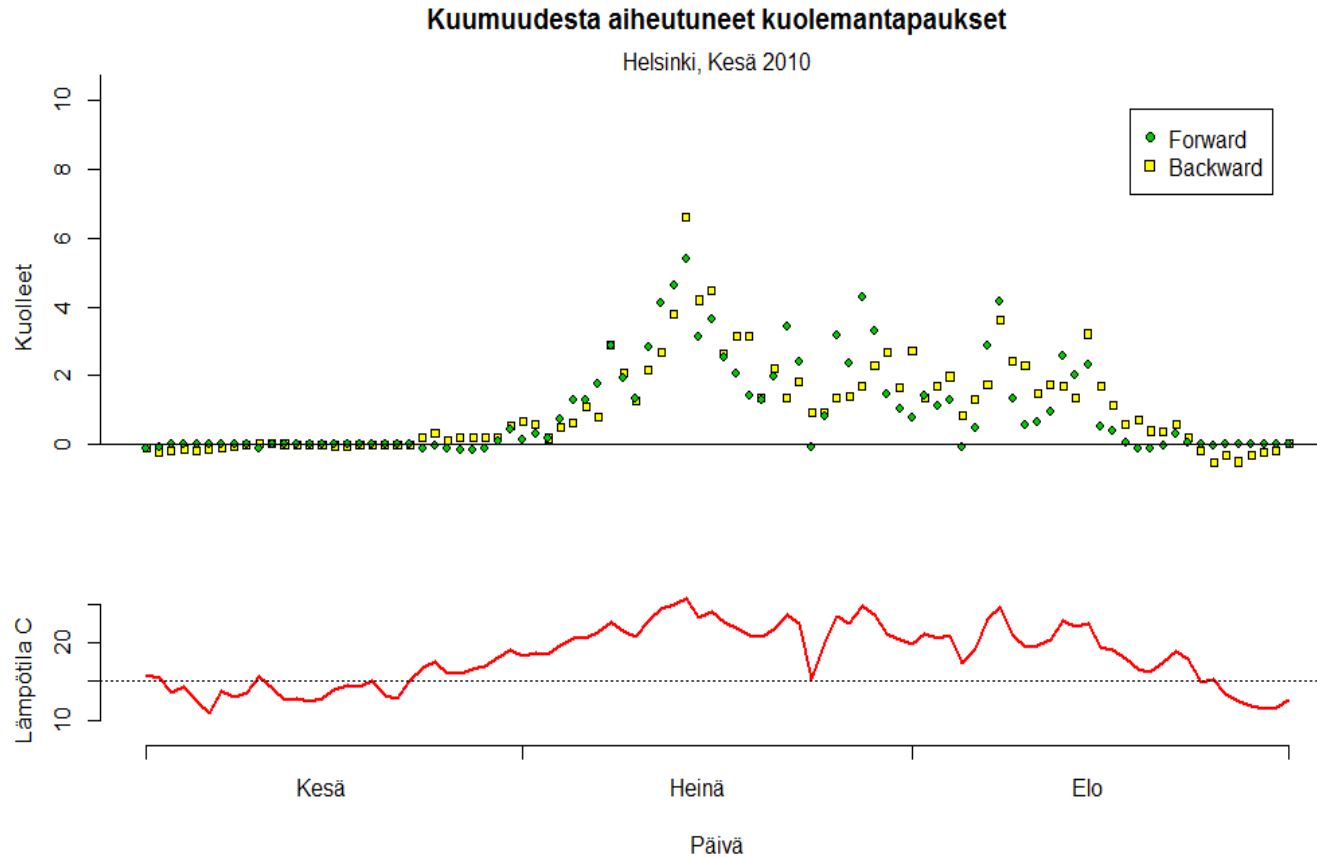


## Kuumuudesta (Tvrk > 20°C) aiheutui laskennallisesti noin 140 kuolemantapausta HUS:n alueella kesällä 2010



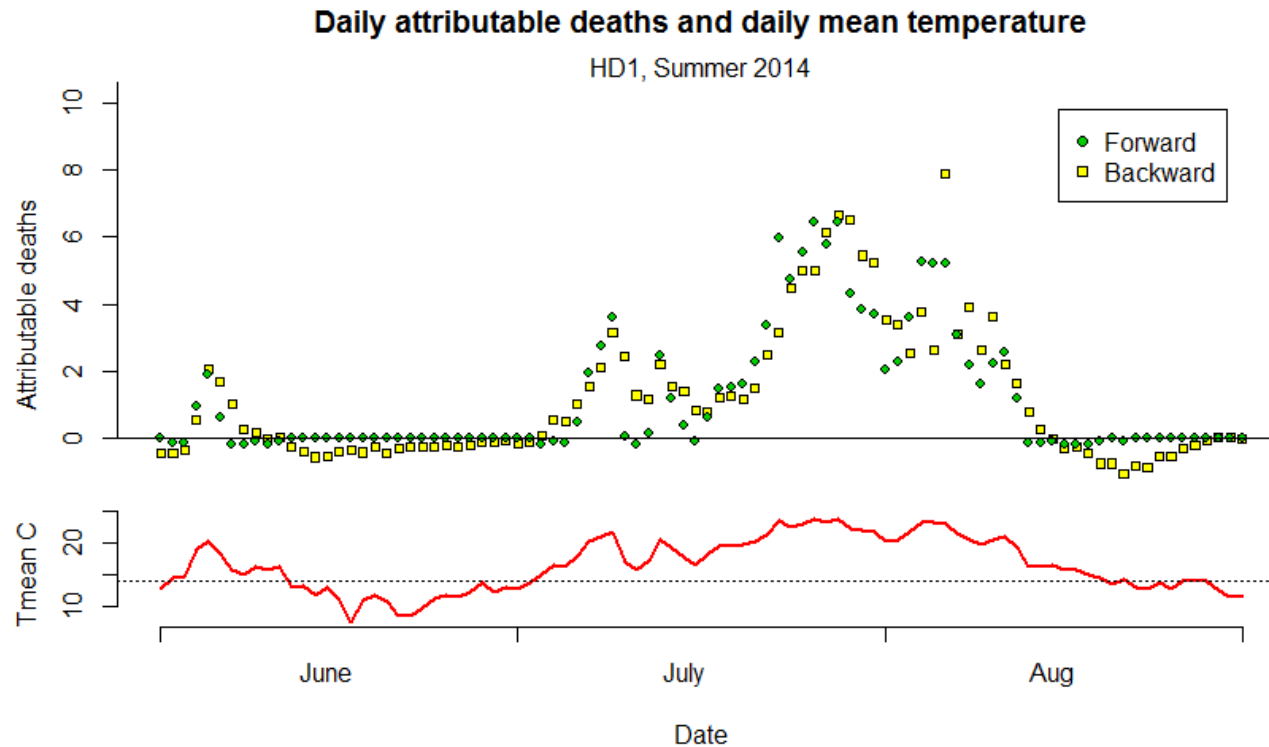


## Kuumuudesta (Tvrk > 20°C) aiheutui laskennallisesti noin 90 kuolemantapausta Helsingissä kesällä 2010



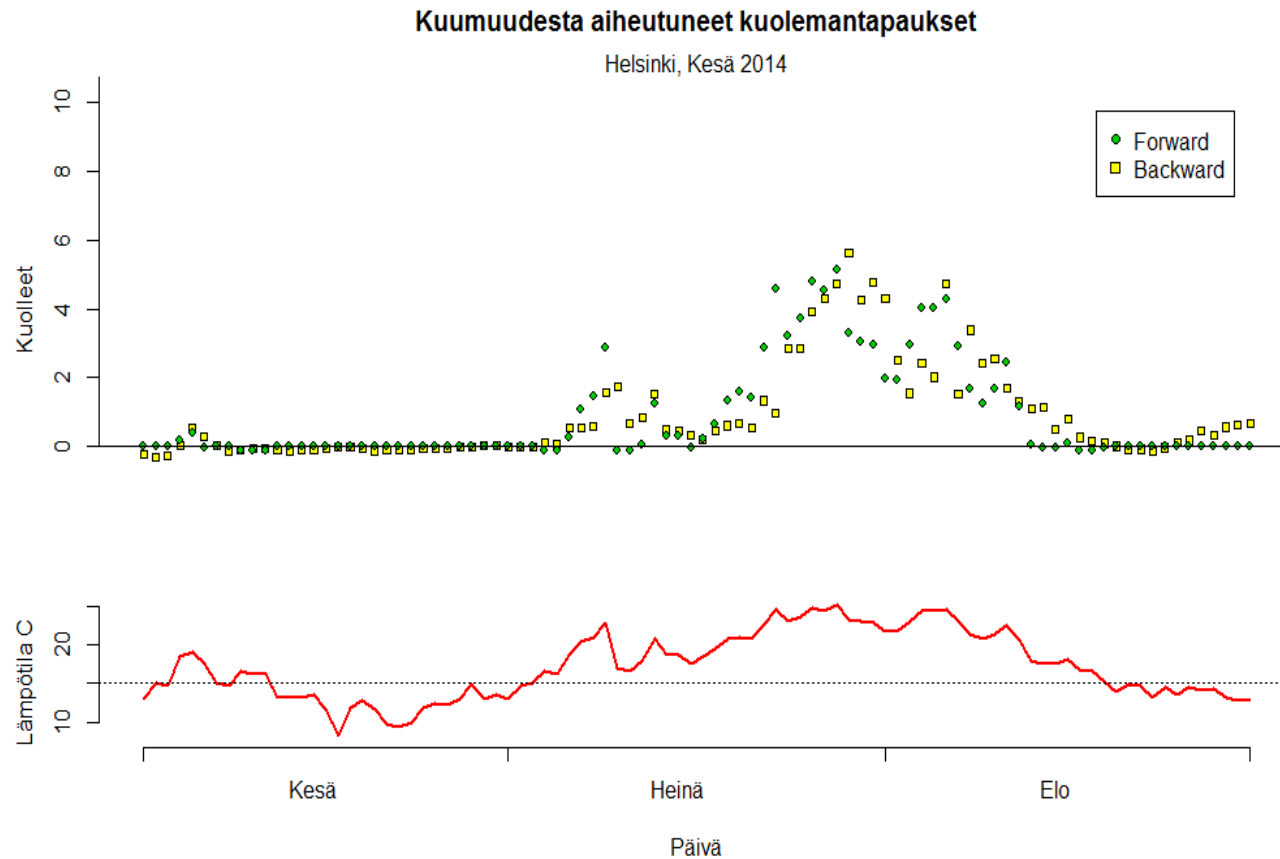


## Kuumuudesta (Tvrk > 20°C) aiheutui laskennallisesti noin 100 kuolemantapausta HUSin alueella kesällä 2014



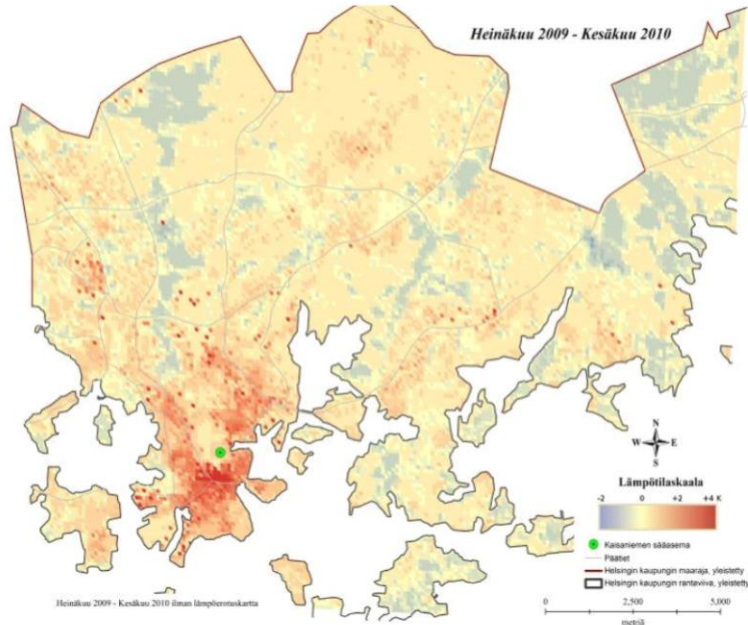


## Kuumuudesta (Tvrk > 20°C) aiheutui laskennallisesti noin 80 kuolemantapausta Helsingissä kesällä 2014

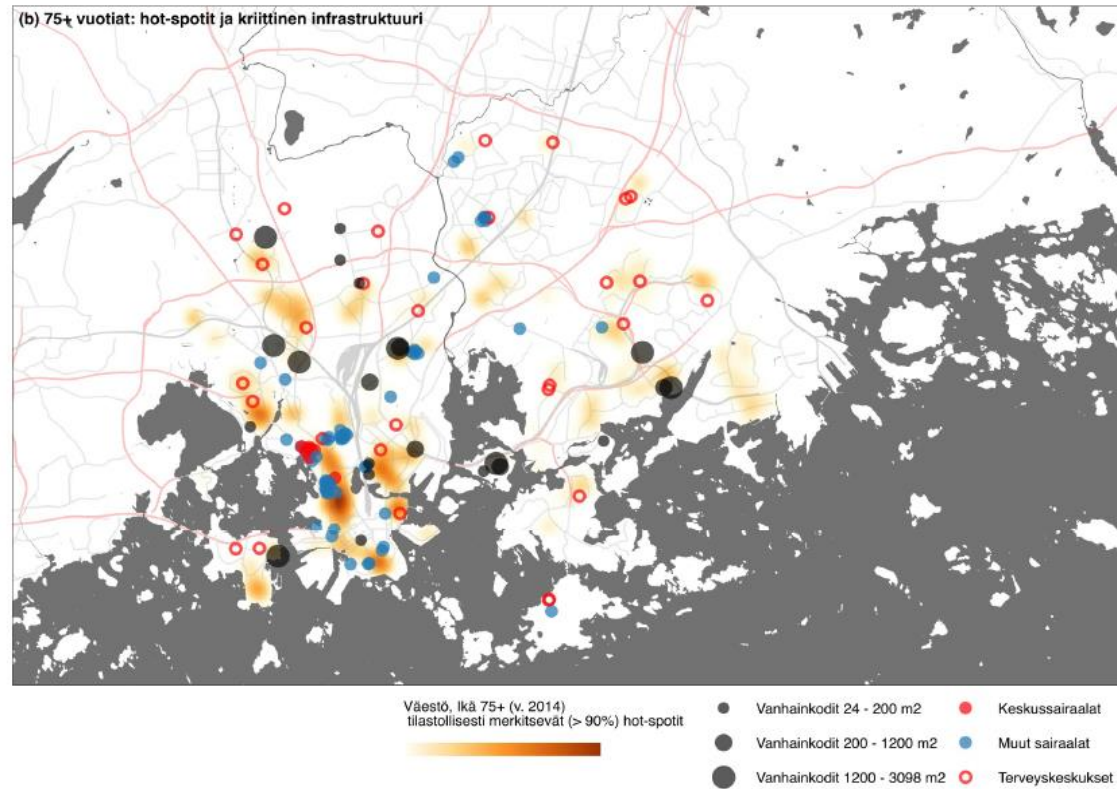




# Helsingin lämpösaareke altistaa ihmisiä kuumuudelle eri tavoin eri puolilla kaupunkia



Heinäkuu 2009 – kesäkuu 2010 ilman lämpötilaerotuskartta



- Voimakkaan lämpösaarekeilmion alueilla asuu myös paljon ikääntyneitä



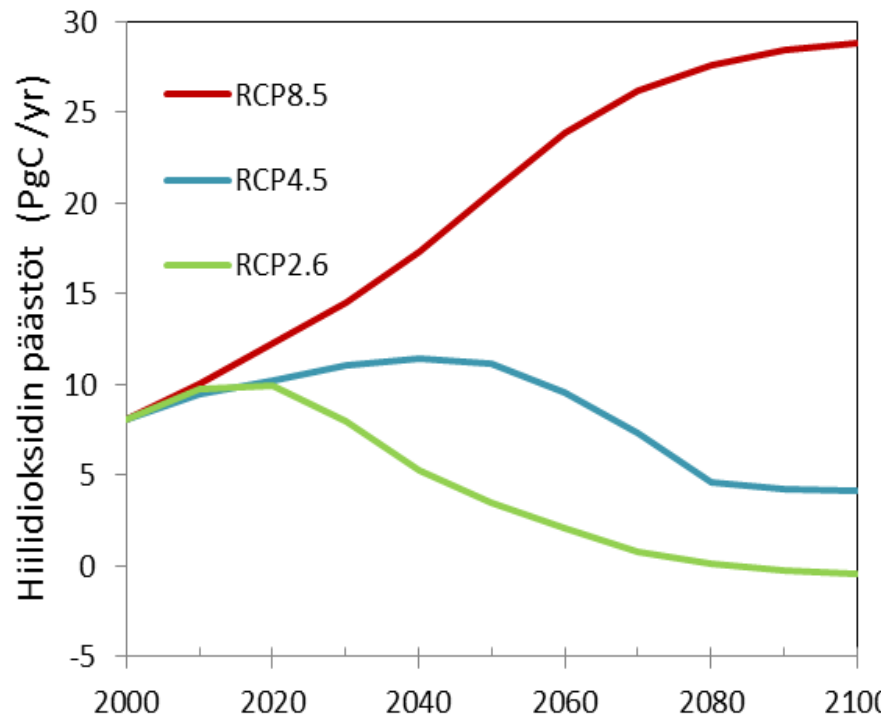
# Miten paljon kaupungin lämpösaarekeilmiö selittää suurta kuolleiden määrää helleaaltojen yhteydessä Helsingissä? Mikä on sosiaalisen haavoittuvuuden merkitys?

- Helleaallon aiheuttama lisä kuolleiden määrässä – alustavia arvioita

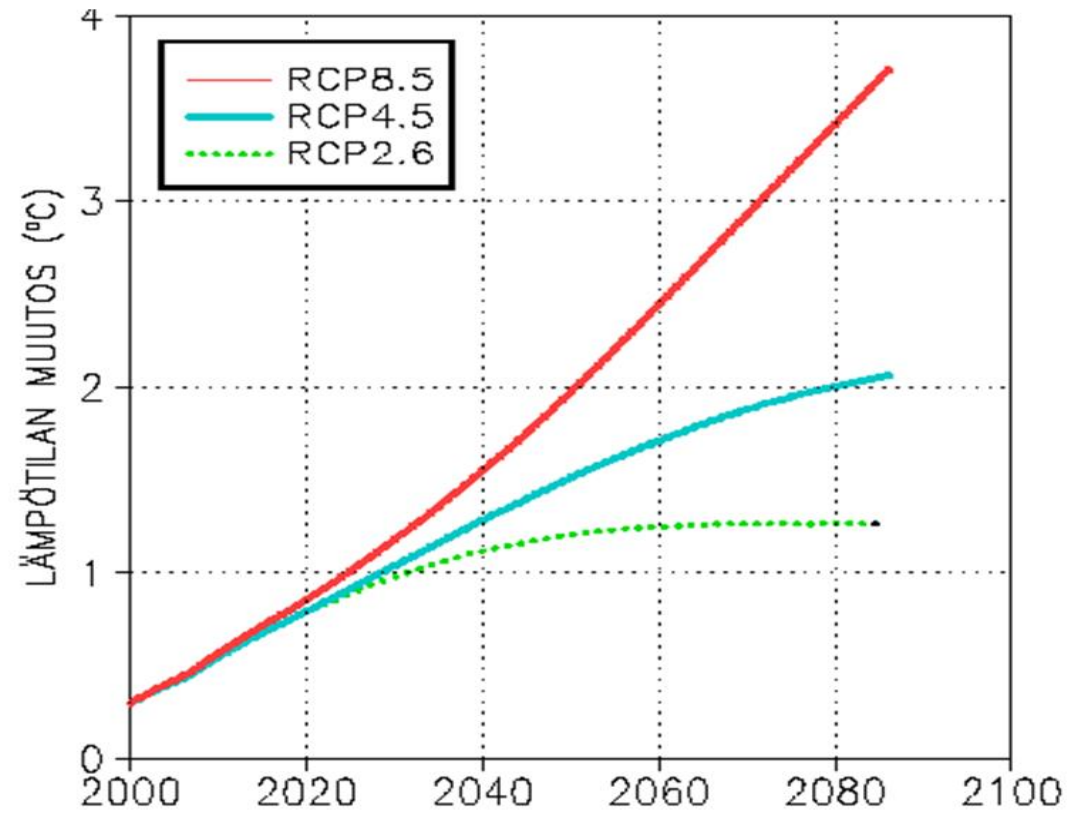
|                           | Helsinki | HUS      | suhde |
|---------------------------|----------|----------|-------|
| • Helleaalto 2003         | 70       | 85       | 0,8   |
| • Helleaalto 2010         | 90       | 140      | 0,6   |
| • Helleaalto 2014         | 80       | 100      | 0,8   |
| • Väkiluku                | 580 000  | 1472 000 | 0,4   |
| • Yli 75-vuotiaiden osuus | 6,6 %    | 5,6 %    |       |

# Ilmaston lämpeneminen riippuu meistä

## Kasvihuonekaasupäästöt

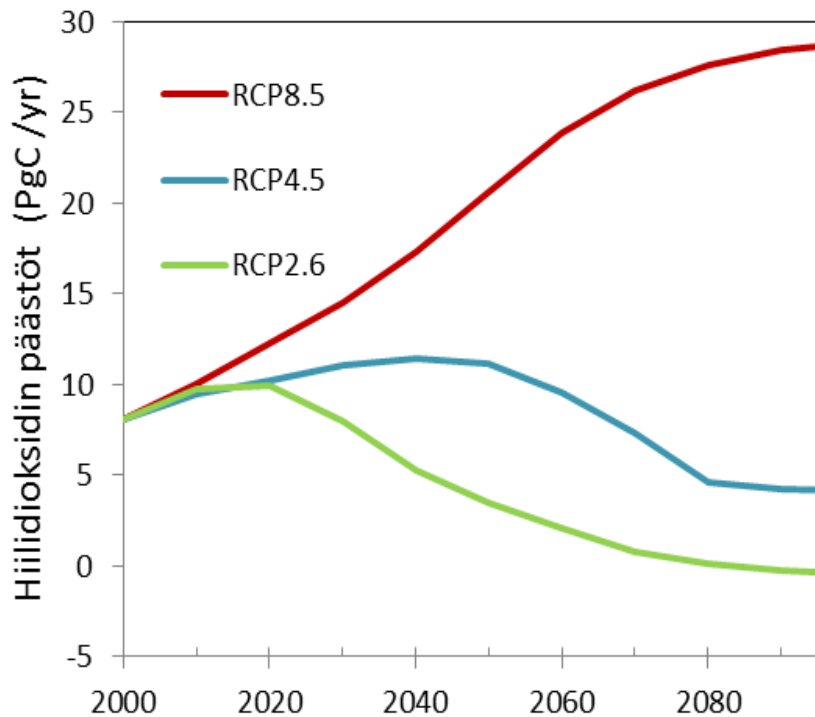


## Maapallon keskilämpötilan muutos

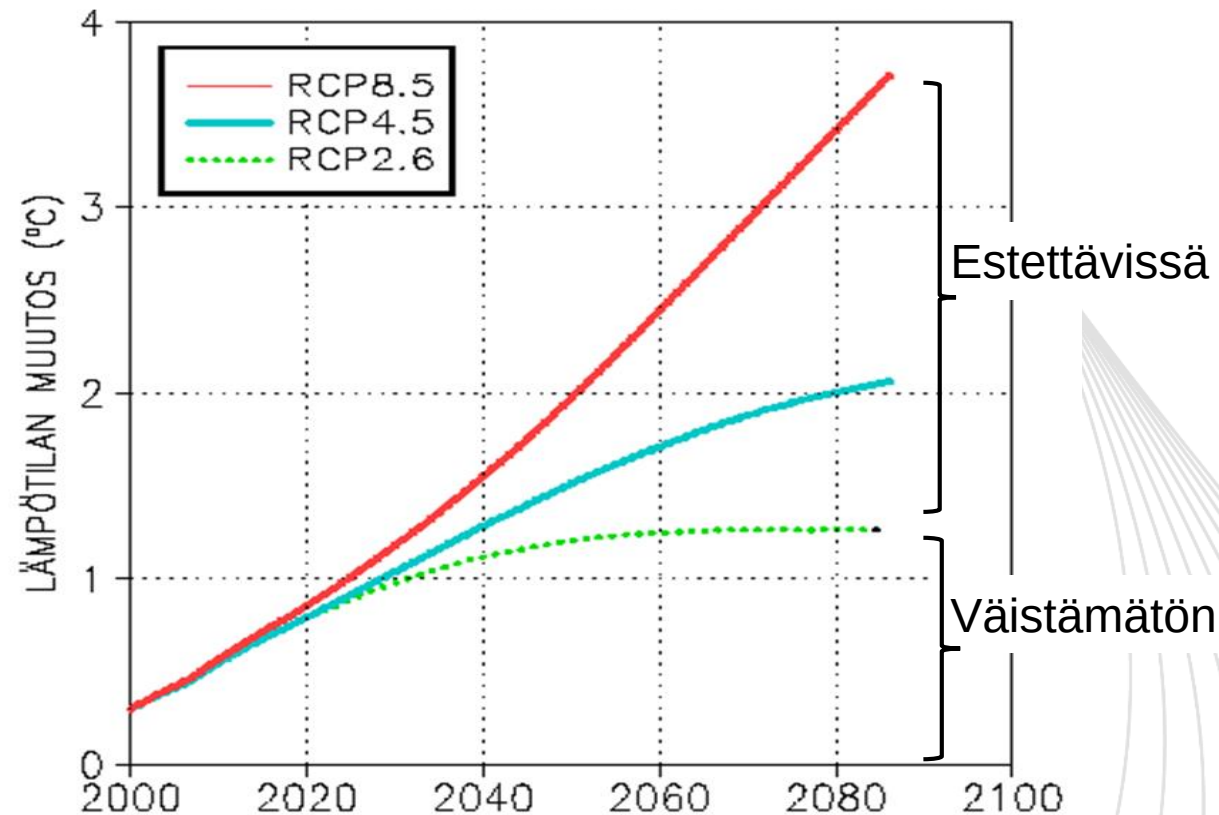


# Suuri muutos on vielä estettävissä, mutta muutokseen on myös varauduttava

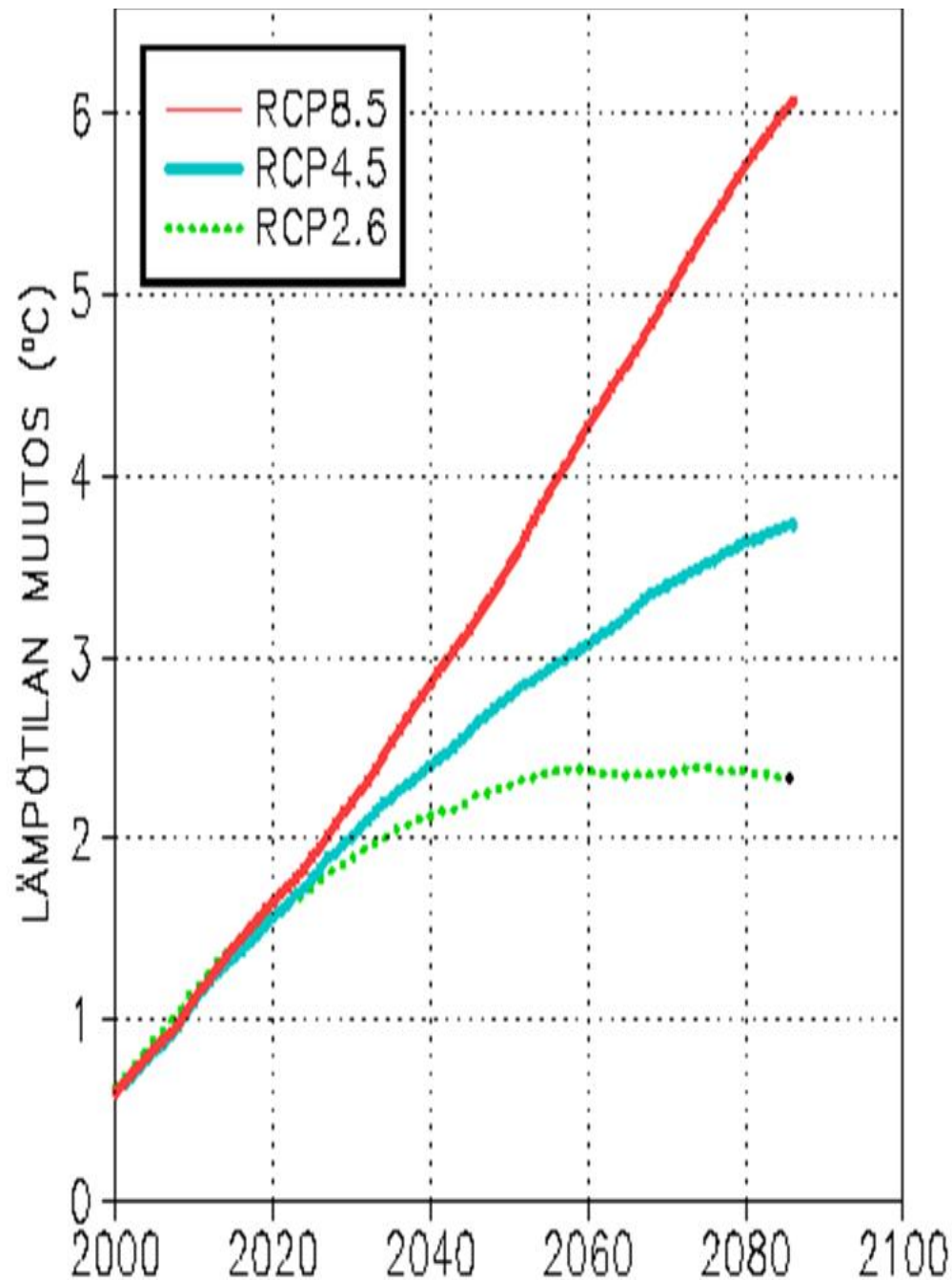
Kasvihuoneekaasupäästöt



Maapallon keskilämpötilan muutos

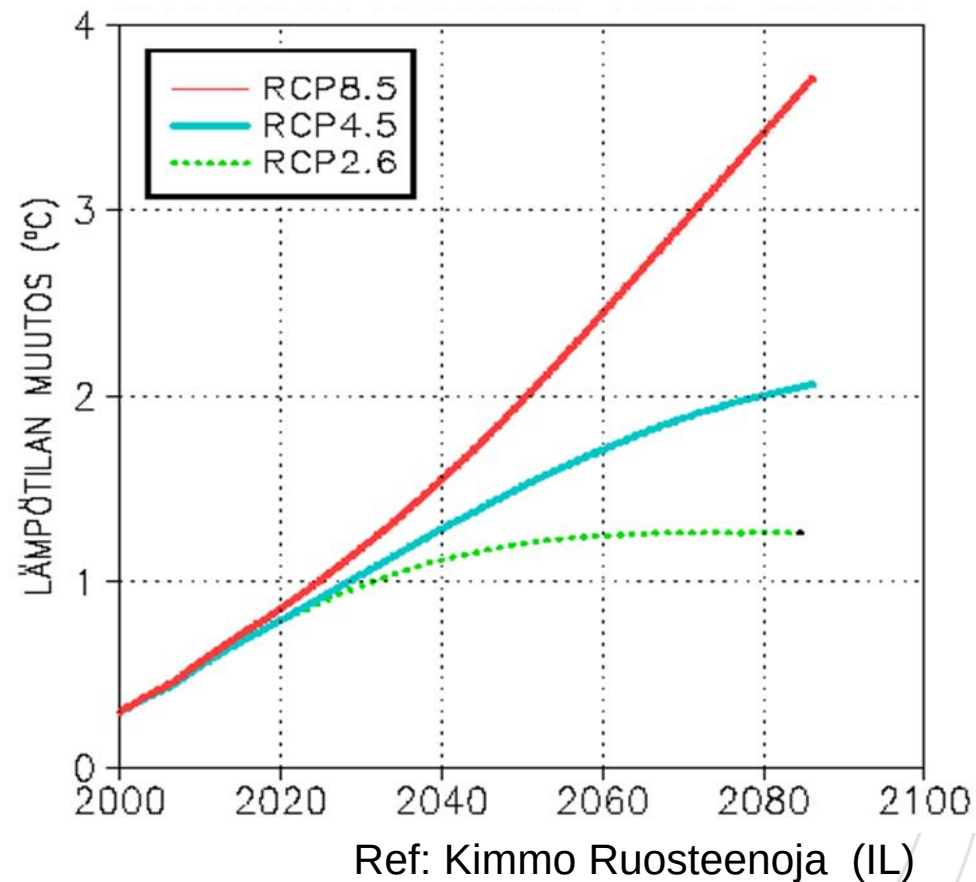


## Suomen keskilämpötilan muutos (°C)



**Suomen lämpötila  
kohoaa enemmän kuin  
maapallon keskimäärin**

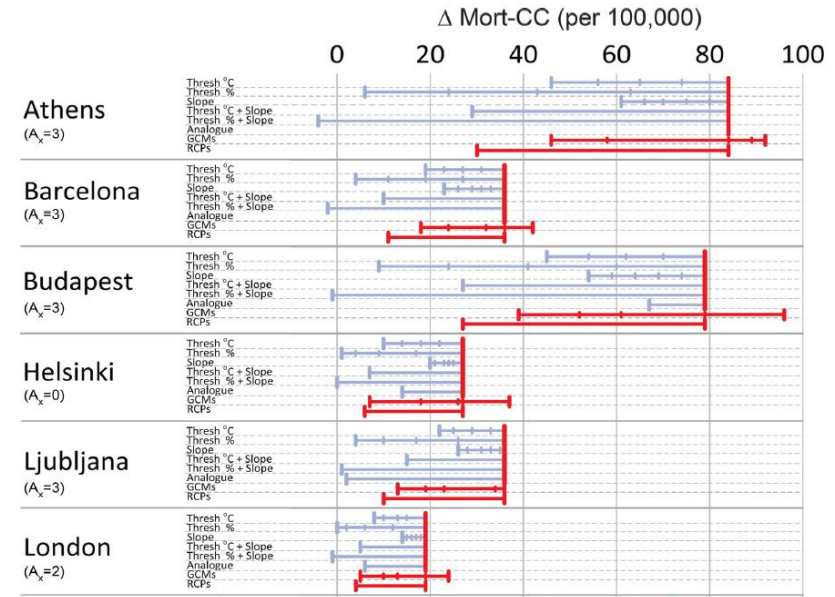
## Maapallon keskilämpötilan muutos (°C)





# Ilmastomuutoksen vaikutus kuuma- ja kylmäkuolleisuuteen

- Kuumat jaksot yleistyvät ja pitenevät
- Äärikylmät jaksot vähenevät
- Kasvihuonekaasujen päästöskenaariosta riippuen
- Missä määrin suomalaiset **sopeutuvat** vähitellen muuttuvan ilmaston keskimääräisiin uusiin lämpöoloihin?
- Miten väestön herkkyys uuden ilmaston äärioloihin muuttuu?
  - ikääntyminen
  - sääherkkien kroonisten sairauksien yleisyys
  - terveydenhuollon laatu ja saatavuus
  - kaupungistuminen



Muutokset kuumakuolleisuudessa – sopeutumisen arviointimenetelmän vaikutus arvioon ilmastomuutoksen vaikutuksista kuolleisuudesta; Gosling et al., 2017

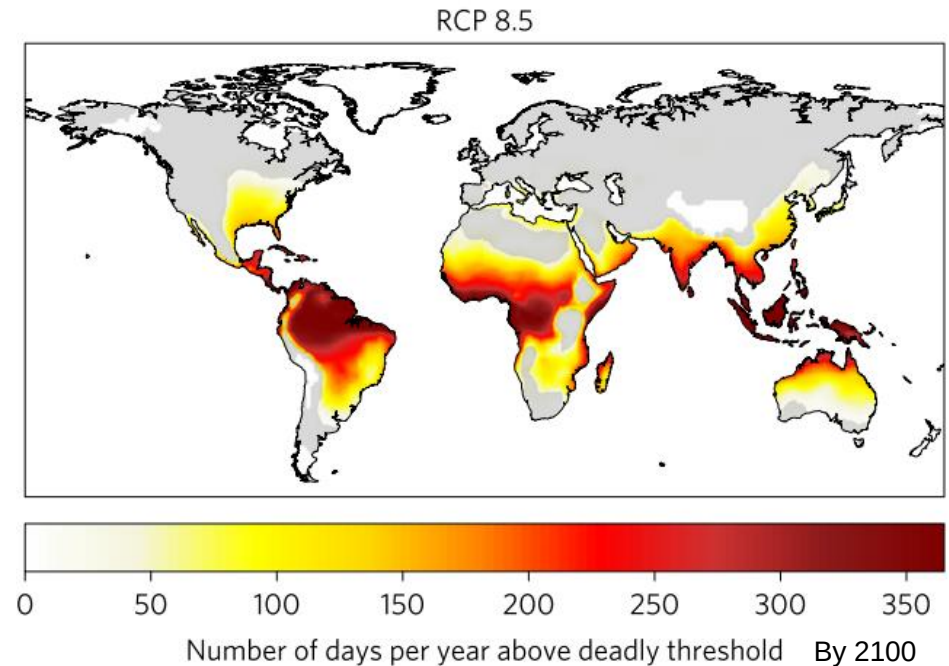
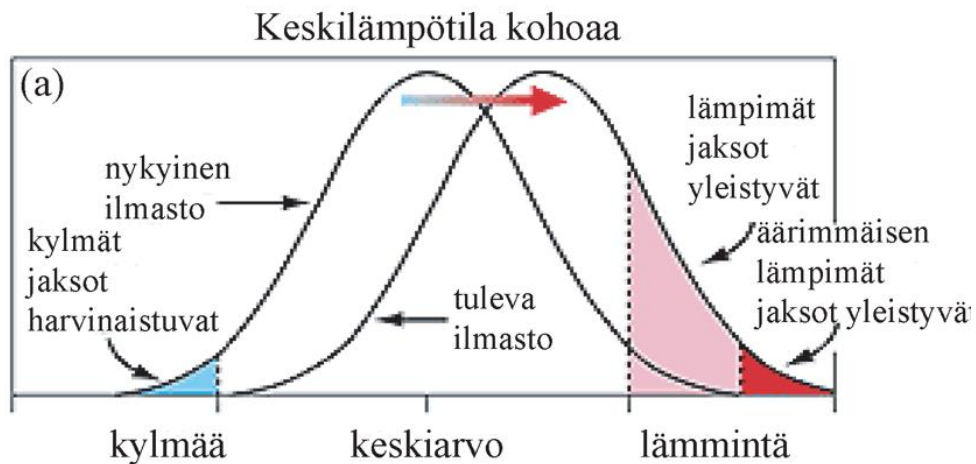


# Lämpenevä ilmasto

- Lisää kuumuuteen liittyviä terveysriskejä kaikkialla
- **30 % maapallon väestöstä** altistuu nykyisessä ilmastossa “tappavalle kuumuudelle” vähintään **20 päivää vuodessa**
- Vuoteen 2100 mennessä tämä väestöosuus kasvaa noin **50...75 prosenttiin**
  - kasvihuonekaasujen päästöskenaariosta riippuen

=> Muuttopaine suotuisimmille alueille

=> Rakennusten jäähdytystarve kasvaa





# Sään ja ilmaston terveysvaikutukset

- **Kuuma- ja kylmärasitus**
  - kuolleisuus, kroonisesti sairaiden oireiden vaikeutuminen,
  - työterveys ja tuottavuus
- Vesivälitteiset sairaudet – runsaat sateet, lumen nopea sulaminen, kuivuus, lämpötila
  - talousveden laatu
  - uimavesien laatu
- Vektorivälitteiset sairaudet – ilmastollisesti suotuisat alueet, sade, lämpötila
  - malaria, dengue (riski matkailijoille)
  - puutiaisen välittämät borrelioosi ja puutiaisaivokuume
  - myyräkuume
- Siitepölyt ja allergiat – kasvillisuusvyöhykkeiden muutokset
- Rakennusten kosteusvauriot ja sisäilman laatu – ilman kosteus, sateet ja sateen olomuoto
- Ilmanlaatu
  - maastopalot - kuivuus
  - yhteisvaikutus; kaupungistuminen ja kaupunkien lämpösaareke
- **Tapaturmat**
  - liukastumistapaturmat – lämpötilan vaihtelu 0 °C molemmin puolin
- Mielenterveys
  - post-traumaattinen stressioireet – altistumien sään ääri-ilmiöille
  - ilmastoahdistus
  - kaamosoireet – talvien synkentyminen: valon ja lumipeitteen väheneminen
  - itsemurhat



# Miten hyvin ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit terveyssektorille on tunnistettu Suomessa?

- Ilmastonmuutoksen kansallisia **terveysriskejä** ovat jo nykyisin esiintyvät **helteen** aiheuttamat terveyshaitat, **vesiepidemiat**, **vektorivälitteiset infektiosairaudet**, **liukastumistapaturmat** sekä **kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat**. Maahanmuuton ja matkailun seurauksena voi Suomeen kulkeutua **uudenlaista tautikirjoa**.

**(Kansallinen riskiarvio 2018)**





# Sää- ja ilmastoriskit Suomessa – Kansallinen arvio

VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

Tuomenvirta H., Haavisto R., Hildén M., Lanki T., Luhtala S., Meriläinen P., Mäkinen K., Parjanne A., Peltanen-Sainio P., Pilli-Sihvola K., Pöyry J., Sorvali J., Veijalainen N.

## Sää- ja ilmastoriskit Suomessa – Kansallinen arvio



Syyskuu 2018  
Valtioneuvoston selvitys-  
ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 43/2018

## SISÄLLYS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Johdanto .....                                                                        | 1  |
| 2. Mitä sää- ja ilmastoriski tarkoittaa? .....                                           | 4  |
| 2.1. Riskienarvioinnin käsitteet vaihtelevat .....                                       | 4  |
| 2.2. Miten ilmastoon liittyvät vaaratekijät muuttuvat Suomessa? .....                    | 6  |
| 2.3. Riskin muut osatekijät: altistuminen ja haavoittuvuus .....                         | 8  |
| 2.4. Vaihtoehtoisten yhteiskuntakehitysten merkitys riskienarvioinnissa .....            | 9  |
| 3. Toimialakohtainen sää- ja ilmastoriskien sekä haavoittuvuuksien tarkastelu .....      | 11 |
| 3.1. Riskit luonnolle ja luonnonvaroille .....                                           | 11 |
| 3.1.1 Luonnon nykyinen monimuotoisuus kohtaa merkittäviä riskejä .....                   | 11 |
| 3.1.2 Riskit vesivaroille ja vesihuollolle muuttuvat .....                               | 16 |
| 3.1.3 Uusia riskejä luonnonvara-aloille .....                                            | 20 |
| 3.2. Riskit talouden eri osa-alueille ja infrastruktuurille (ml. ihmisten terveys) ..... | 26 |
| 3.2.1 Energia-alan riskeillä toteutuessaan laajat vaikutukset .....                      | 26 |
| 3.2.2 Riskit rakennetulle ympäristölle: tulvat, kosteus, lämpövaihtelut .....            | 32 |
| 3.2.3 Teollisuuden sää- ja ilmastoriskit: kotimaiset- ja heijastevaikutukset .....       | 40 |
| 3.2.4 Riskit koskevat liikennejärjestelmän kaikkia osia .....                            | 42 |
| 3.2.5 Rahoitus- ja vakuutus toiminnan sää- ja ilmastoriskit .....                        | 51 |
| 3.2.6 Terveysriskit .....                                                                | 57 |
| 4. Yhteenveto sää- ja ilmastoriskeistä .....                                             | 64 |



# Helle- ja pakkasvaroitusten kriteereinä terveysvaikutukset ja ilmastolliset olot

## • Hellevaroitusten kriteerit

- Kriteerinä kuolleisuuden nousu + ilmasto
- Varoitusten kolme vaaratasoa:
  - 1 Keltainen - tukala
    - Tmax 27 °C ja Tka 20 °C
  - 2 Oranssi - erittäin tukala
    - Tmax 30 °C ja Tka 24 °C)
  - 3 Punainen - äärimmäisen tukala
    - Tmax 35 °C ja Tka 28 °C)
- Aurinkoista ja heikkotuulista

## • Pakkasvaroitusten kriteerit

- Eri kriteerit maan etelä- ja pohjoisosaan – kolmitasoisena ilmastollisin perustein
- Myös tuulen vaikutus ns. pakkasen purevuus -indeksin avulla
- Vuorokauden alin lämpötila / alin pakkasen purevuus
- Varoitusten 3 vaaratasoa :
  - 1 keltainen / 2 oranssi / 3 punainen
  - -20, -30, -35 °C; maan eteläosa
  - -25, -35, -40 °C; maan keskiosa
  - -30, -40, -45 °C; maan pohjoisosa



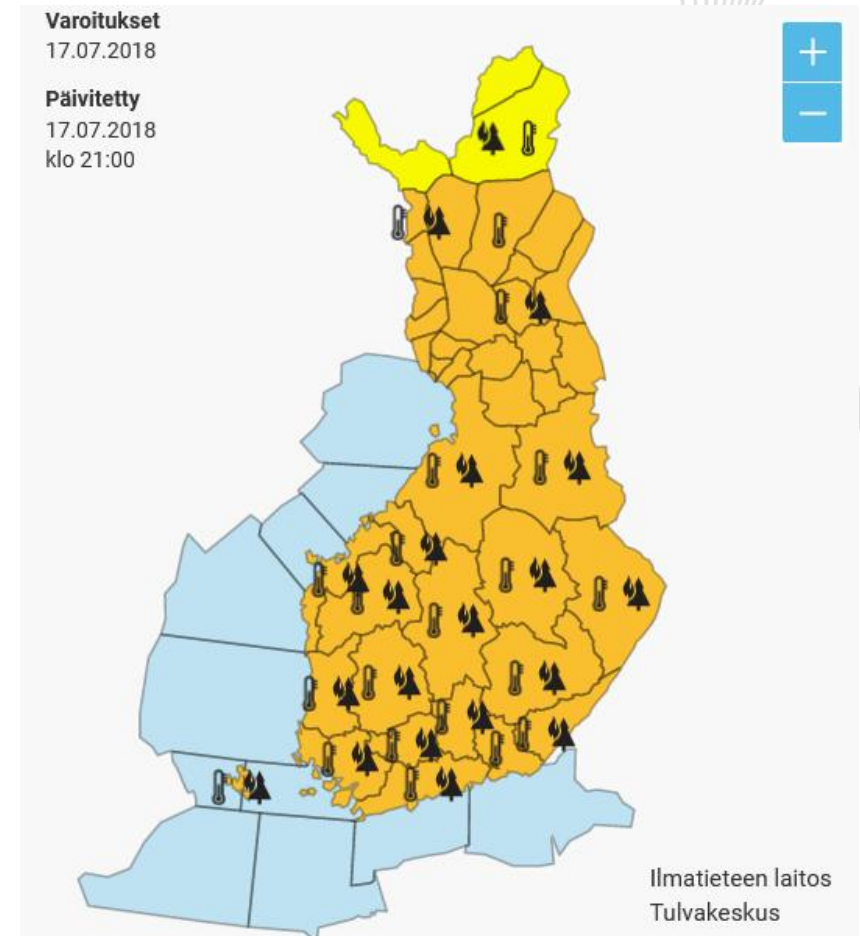
# Helle- ja pakkasvaroitusten kriteereinä terveysvaikutukset ja ilmastolliset olot

## Hellevaroitusten kriteerit

- Kriteerinä kuolleisuuden nousu + ilmasto

Varoitusten kolme vaaratasoa:

- 1 Keltainen - tukala
  - $T_{\max} 27\text{ °C}$  ja  $T_{\text{ka}} 20\text{ °C}$
- 2 Oranssi - erittäin tukala
  - $T_{\max} 30\text{ °C}$  ja  $T_{\text{ka}} 24\text{ °C}$
- 3 Punainen - äärimmäisen tukala
  - $T_{\max} 35\text{ °C}$  ja  $T_{\text{ka}} 28\text{ °C}$
- Aurinkoista ja heikkotuulista



# Helleaallon 2018 vaikutuksia HUSin toimintaan

- Kuumuus lisäsi tehtäviä
  - Ensihoidossa ja päivystyksissä
  - Kotihoidossa
  - Hoito- ja hoivalaitoksissa
- Lisäsi häiriökäyttäytymistä
- Ongelmia kiinteistöjen jäähdytyksessä
- Vaaransi lääkkeiden säilyvyyttä ja välinehuoltoa
- Korkea sisälämpötila rasitti potilaita, omaisia ja henkilöstöä

Lähde: HUS hallituksen pöytäkirja 10.9.2018

yle Uutiset Areena Urheilu Valikko

UUTiset Tuoreimmat Urheilu Sää Kotimaa Ulkomaat Talous Poliittika Kulttuuri Kolumnit

## Vissyä leikkaussaleissa, vartijoita päivystyksessä ja turhautumista hoitojonoissa – Helle pisti Suomen suurimman sairaanhoitopiirin koville

Kun sisälämpötila nousee hellelukemiin sairaalassa, tukala olo ei ole ainoa ongelma. HUS kohtasi kuluneen kesän aikana lukuisia helteen aiheuttamia haasteita, joihin ei etukäteen ollut osattu varautua.

Sairaalat ja terveyskeskukset 10.9.2018 klo 12:00 | päivitetty 11.9.2018 klo 10:47



Kuva: Yle

Meilahden sairaalan leikkausosastoa palveleva jäähdytyslaite rikkoutui kesällä ja jonkin aikaa leikkauksia tehtiin hiki hatussa vain yhden vedenjäähdyttimen varassa.

Saija Nironen

124

Kesä on tyypillisesti kiireistä aikaa päivystävissä sairaaloissa, kun pienemmät sairaalat vähentävät toimintojaan lomakuukausina. Kulunut kesä laittoi kuitenkin HUSin sairaalat erityisen koviin.

Poikkeuksellisen pitkään jatkunut helle kasvatti potilasmääriä, kuumensi tunteita ja muutti osastot hikiä pöytäkirjaksi.

Sairaanhoitopiiri on nyt koonnut kesän koettelemukset yhdeksi raportiksi, jonka

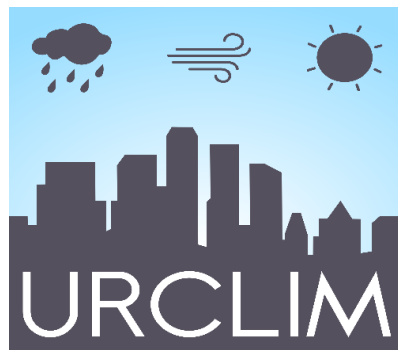
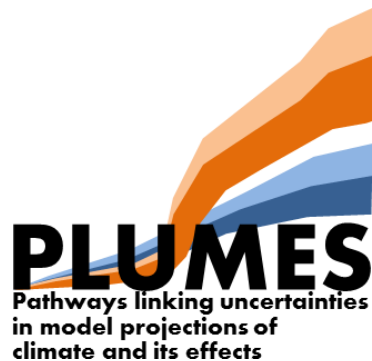


# Yhteenvetona

- Säähän ja ilmastoon liittyviä terveysriskejä aletaan ymmärtää Suomessa yleisesti vasta nyt
- Laskennallisesti helleaaltojen seurauksena voi kuolla satoja ihmisiä Suomen nykyisessä ilmastossa
- Suomalaiset ovat varautuneet huonosti kuumuuden aiheuttamiin ongelmiin
  - Tarvitaan varautumissuunnitelmia
  - Sääennusteet avuksi varautumisessa
- Ilmastonmuutoksen seurauksena kuumat päivät yleistyvät ja helleaallot pitenevät
  - Ilmastonmuutosta kannattaa pyrkiä rajoittamaan
  - Mutta väistämättömään muutokseen pitää myös varautua.



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE



---

**NORDRESS**

---

Nordic Centre of Excellence  
On Resilience and Societal Security



**Kiitos mielenkiinnosta!**

**[reija.ruuhela@fmi.fi](mailto:reija.ruuhela@fmi.fi)**

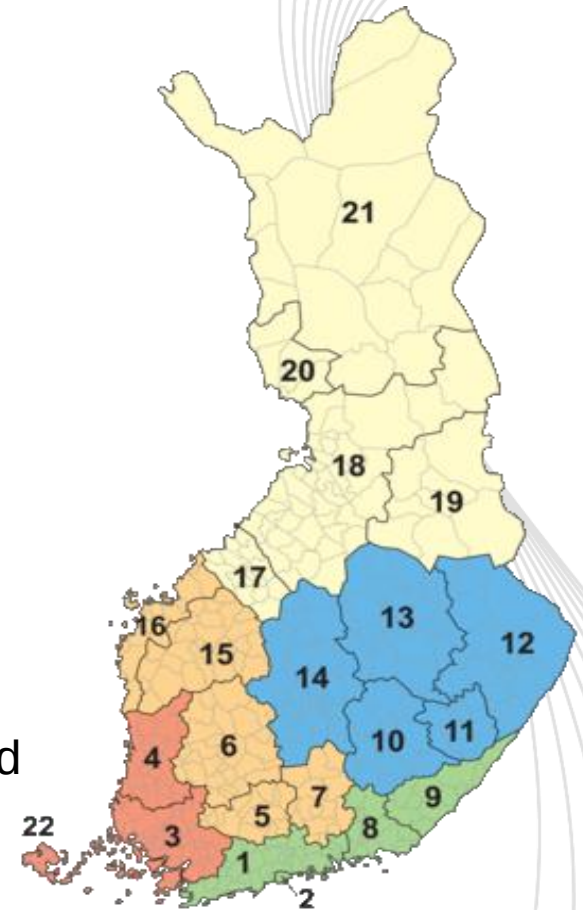
# Studies on relationship between mortality and thermal conditions, 1972-2014

Daily number of deaths from Statistics Finland

- In hospital districts, 1971-2015
- All-cause mortality
- Age groups:
  - All, < 65, 65-74,  $\geq 75$  years
  - No gender information

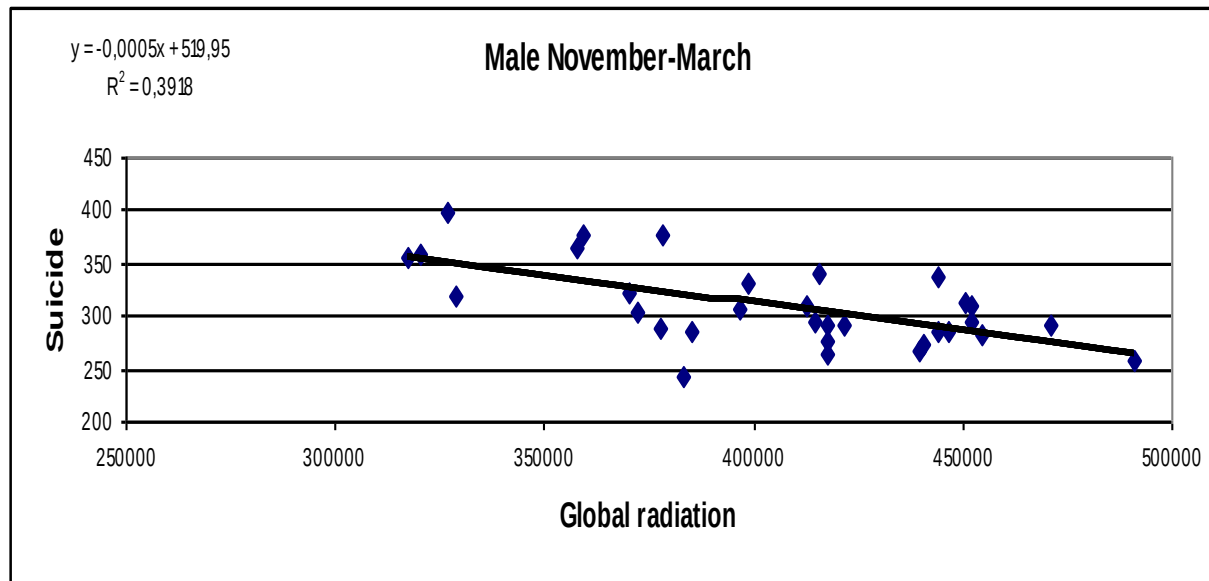
Climate data

- Synoptic data (T, RH, v, G) for calculating PET (Physiologically Equivalent Temperature)
- Gridded temperature data for calculating spatially averaged temperatures for the hospital districts

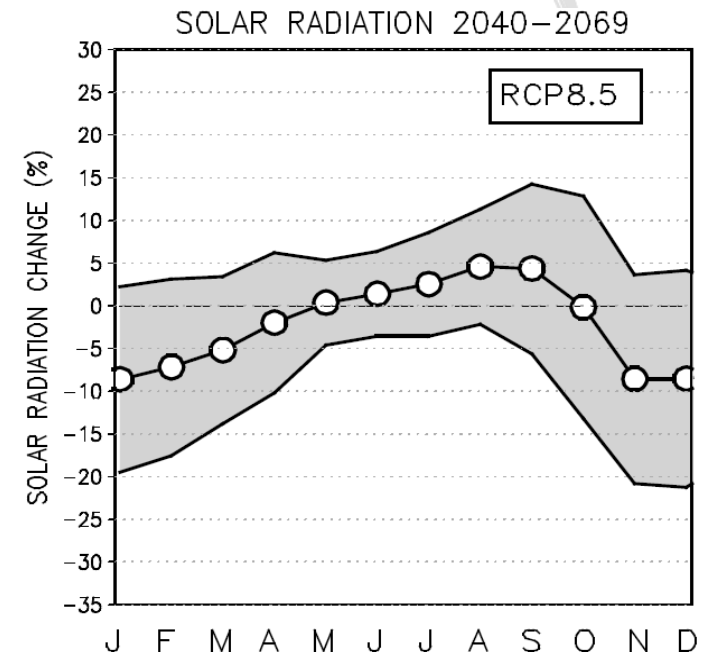


# Winters will become darker due to climate change. What will happen with seasonal affective disorders?

Suicides of men and cumulative solar radiation  
in November-March, 1971-2003



Ruuhela et al. 2009



Ruosteenoja et al. 2016



# Hyvin kuumat päivät ( $T_{vrk-ka} > 24\text{ °C}$ ) yleistyvät ja helleaallot pitenevät ilmaston muuttuessa

