Aalto University
School of Engineering

Rakennusten lämpöstressi, haitat ja torjunta

Rakennusterveysseminaari 7.10.2026

Juha Jokisalo, Aalto-yliopisto

Iltalehti 2.8.2021:

Hoitajat avautuvat kauhujen kesästä poikkeuksellisessa kuumuudessa: "Toimistoteipillä jätesäkkejä ikkunoihin"

Kaleva 17.5.2022:

THL: Helle nostaa sisälämpötiloja jopa 30 asteeseen Suomen sairaaloissa – tiloja pitäisi pystyä viilentämään nykyistä paremmin

Rakennuslehti 4.5.2022:

Hellekesinä sisälämpötilat nousevat uusissa rakennuksissa vaarallisen korkeiksi

TM Rakennusmaailma 12.5.2023

Hellekesät koettelevat rakennusten sisälämpötiloja liikaa, ja kuumuus vain pahenee tulevaisuudessa

Yle: 28.6.2022:

Pitkään jatkuva helle aiheuttaa haasteita vanhustenhuoltoon – lämpötilat kohoavat niin hoitolaitoksissa kuin kotihoidossa

Seura 26.7.2018:

Vanhusten kotihoito "jatkuvassa hälytystilassa" – erittäin tukala helle kaataa jo kuumissa asunnoissa viruvia ikääntyneitä

YLE 17.6.2023

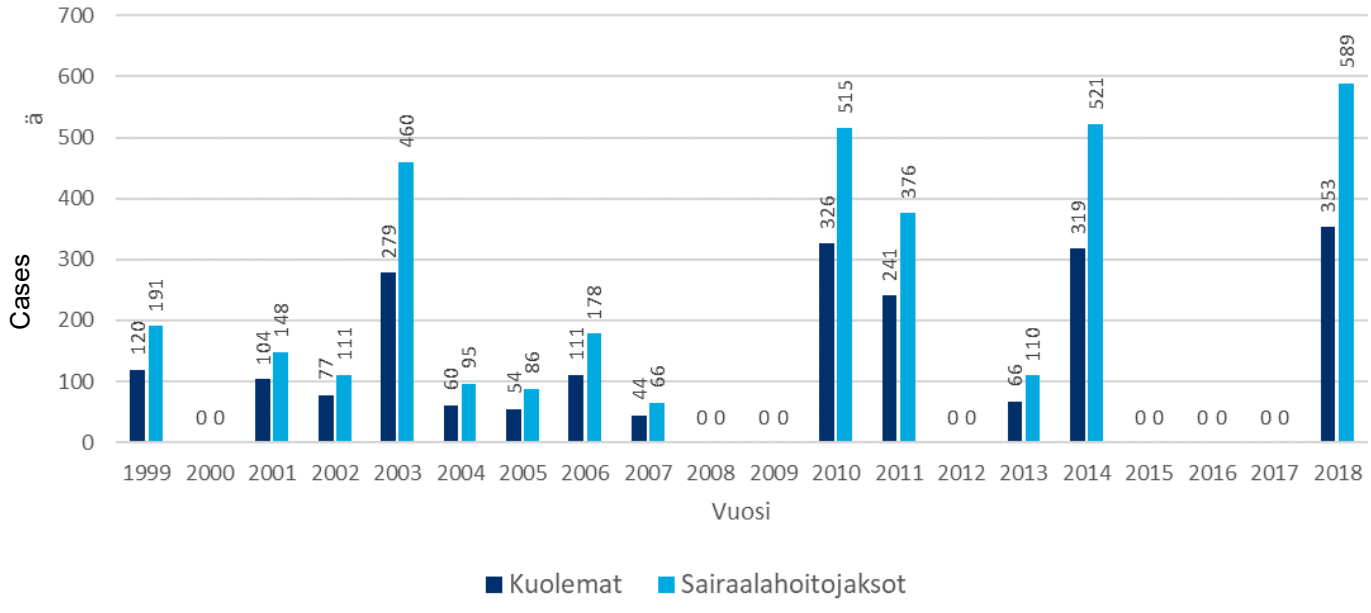
Helleaallot aiheuttavat Suomessakin vuosittain satoja ylimääräisiä ikäihmisten kuolemia

Yle 24.7.2019

Tutkija: Suomessa ei varauduta riittävästi äärihelteisiin – Viime kesä sai terveydenhuollon havahtumaan

Helteiden terveyshaitat Suomessa

- **THL:n arvio helleaaltojen aiheuttamista kuolemista ja sairaalahoitojaksoista Suomessa vuosina 1999-2018 [1]:**



→ **Helleaaltojen aikana yli 65-vuotiaiden kuolleisuus (350) ja sairaalahoidon tarve (590) vuonna 2018**

Vertailutietoa Suomesta:

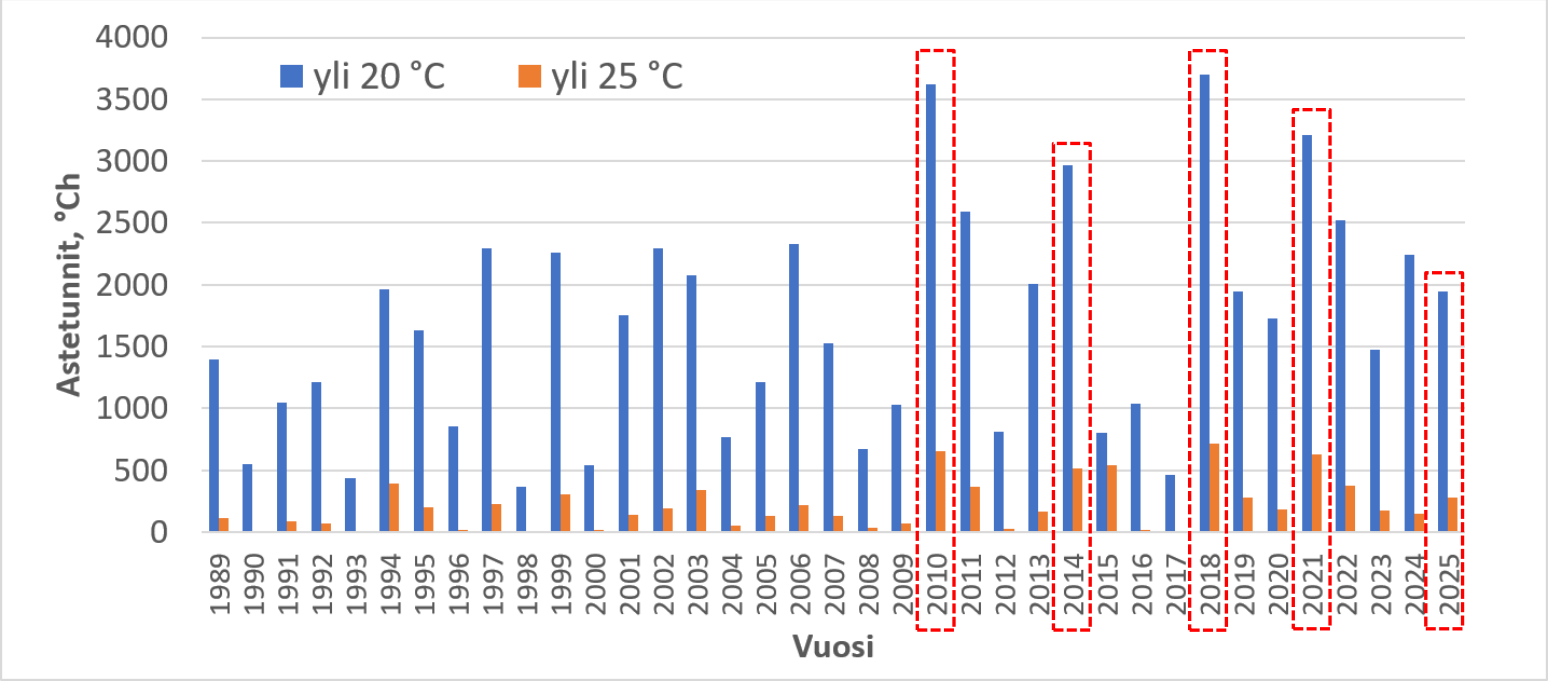
→ Palokuolemia vuosittain noin 50-60.

→ Liikenneonnettomuuksissa kuolee vuosittain noin 180-220 ihmistä.

[1] *Risto Kosonen, Jarek Kurnitski, Juha Jokisalo, Simo Kilpeläinen, Azin V Farahani, M Farhan Ejaz, Raimo Simson, Virpi Kollanus, Timo Lanki, Tuija Vasankari, Miia Aro. Ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien resilienssi lämpöaaltojen ja hengitysinfektioiden suhteen. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 2023. (http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-007-3)*

Kesät lämpenevät ja pitkät helleaallot yleistyvät

- **Kesäajan ulkolämpötilan 20 ja 25 °C ylittävät astetunnit Vantaalla 1989-2025 aikana:**



- **Kesät ovat lämmenneet.**
- **TOP 5: pisimmät hellejaksot Vantaalla:**

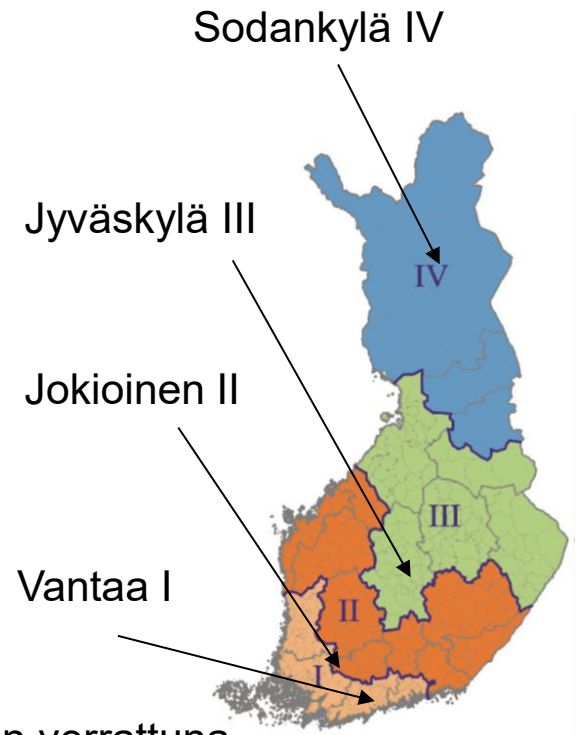
1. 25 vrk (2018)
2. 21 vrk (2025)
3. 20 vrk (2010)
4. 16 vrk (2021)
5. 14 vrk (2014)

Kuinka paljon viileämpiä pohjoisen kesät ovat Etelä-Suomeen verrattuna?

Hellerajan 25°C ylittävät astetunnit Suomen säävyöhykkeillä 30 vuoden aikana:

	Astetunnit säävyöhykkeillä, °Ch			
	I	II	III	IV
Nykyilmasto[A]	**5271**	4366	3657	1914
2080[B] RCP4.5	14367	11608	10217	5189
2080[B] RCP8.5	35149	27115	26147	13553

→ Ero säävyöhykkeiden välillä selvä.



- **Jos keskimääräinen ilmastoskenaario toteutuu:**

→ III vyöhykkeen astetunnit noin 2-kertaistuvat I vyöhykkeen nykytilanteeseen verrattuna.
→ IV vyöhykkeen astetunnit ovat samalla tasolla kuin I vyöhykkeellä nykyään.

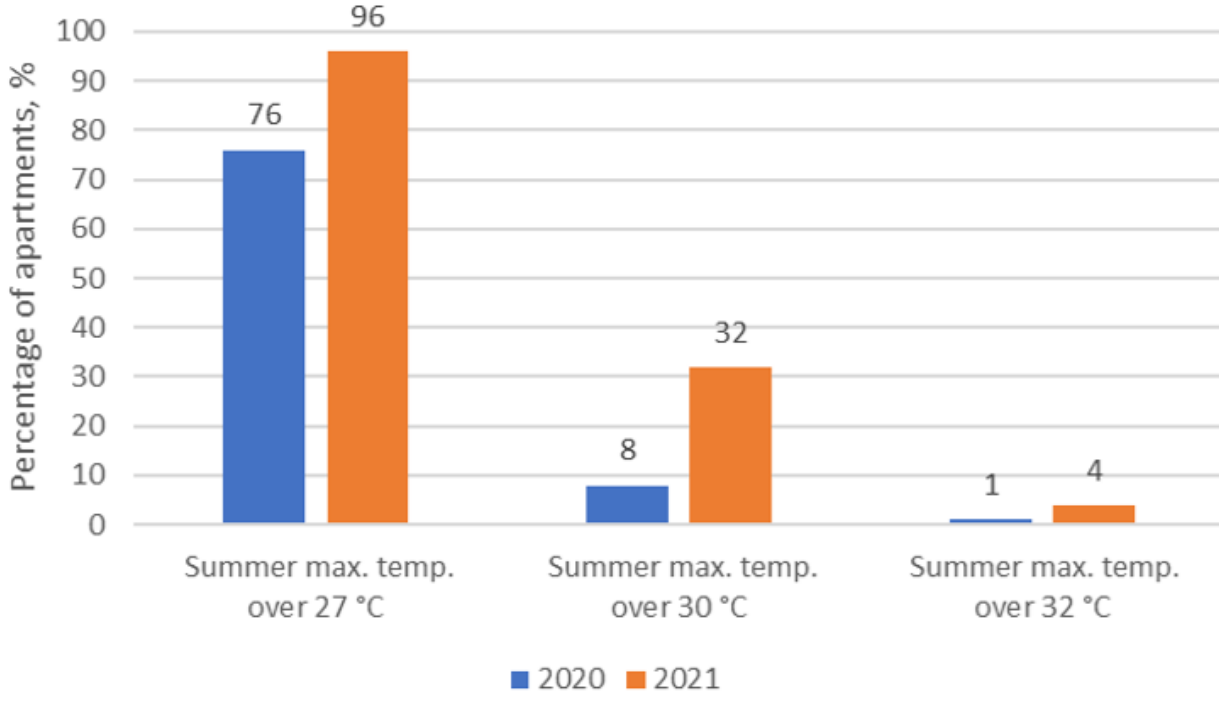
- **Jos pahin ilmastoskenaario toteutuu:**

→ III vyöhykkeen astetunnit noin 5-kertaistuvat ja IV vyöhykkeen 2.5-kertaistuvat vyöhykkeen I nykytilanteeseen verrattuna.

[A]Tarkastelujakso 30 vuotta (1989-2018) *[B]Tarkastelujakso 30 vuotta (2065-2094)*

Ylilämpenevien asuntojen osuus Helsingin seudulla normaalin ja hellekesän aikana

- **Asuntojen osuus, joiden huonelämpötila ylittää 27, 30 tai 32 °C:**



→ **Yli 75% asunnoista ylittää 27°C normaalin kesän aikana ja lähes kaikki hellekesän aikana.**

→ **Asumisterveysasetuksen:**
- Alempi toimenpideraja ylittyy noin 1/3 asunnoista hellekesän aikana.
- Ylemmän toimenpiderajan ylitys 4% asunnoista tarkoittaisi yli 60 000 asuntoa koko Suomen kerrostalokannassa ja alempi toimenpideraja ylittyisi vastaavasti lähes 0.5 milj asunnossa.

Onko ylilämpeneminen torjuttavissa kuuman hellekesä aikana: Esimerkki 70-luvun kerrostalo

- **Perustapauksessa ja kaikissa ratkaisuissa sälekaihtimet ikkunalasien välissä.**

LISÄTOIMENPITEET:

- **Auringonsuojakalvo vanhoihin ikkunoihin**
  - Väritön kalvo asennetaan uloimpien ikkunalasien ulkopintaan.
- **Uusien ikkunoiden asennus**:
  - Uudet perustason ikkunat (g=0.36) koko rakennukseen.
  - Auringonsuojaikkunat (g= 0.19) etelä- ja länsifasadeille ja muualle uudet perustason ikkunat.
- **Ilmanvaihdon yöaikainen 30% tehostus kesällä**
- **Tilojen aktiivinen jäähdytys:**
  - Jäähdyttävä ILP asennetaan olohuoneisiin.

70-luvun kerrostalon lämpöolot eri ratkaisuilla hellekesän 2018 aikana

	Astetunnit (°Ch) yli			
Tapaukset	**25 °C**	**27 °C**	**30 °C**	**32 °C**
1. Perustapaus	12695	6737	2054	672
2. Auringonsuojakalvo	8326	3782	1052	122
3. Uudet ikkunat	11337	5458	1575	347
4. Uudet auringonsuojaikkunat	9348	4138	1142	144
5. IV-yötehostus 30%	11159	5548	1697	457
6. Jäähdyttävä ILP	0	0	0	0

- Auringonsuojauksen parantaminen ja ilmanvaihdon tehostaminen vähentävät ylilämpenemistä, mutta ne eivät yksistään riitä torjumaan ylilämpenemistä äärimmäisen kuuman hellekesän aikana.

→Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat 30 ja 32°C ylittyvät niiden käytöstä huolimatta.

- **Aktiivisen jäähdytyksen käyttö on ainoa ratkaisu, jolla lämpöolot saadaan hallintaan.**

Ylilämpenemisen torjuntakeinojen kustannus-hyöty tarkastelu

- **Kustannukset:**
  - **Energiakustannukset**
    - Ratkaisun vaikutus hellevuoden 2018 aikaiseen lämmityksen ja sähkön kulutukseen.
  - **Ratkaisujen investointikustannukset**
- **Hyöty:**
  - Kuinka paljon ratkaisu vähentää kuumimpien asuintilojen 25 °C ylittäviä astetunteja (ΔDh) perustapaukseen verrattuna?

$$\rightarrow \textit{Ratkaisun kustannustehokkuus} = \frac{Kustannukset,€}{Hyöty,°Ch}$$

Ratkaisujen kustannukset ja hyödyt 70-luvun kerrostalossa

Toimenpide	ΔDh (°Ch)	Kustannus (€)			Kustannus-tehokkuus (€/°Ch)
		Investointi I_0	Energia E_{2018}	Yht. I_0+E_{2018}	
2. Auringonsuojakalvo	4369	23000	721	23721	5,4
3. Uudet ikkunat	1358	95621	-1473	94148	69,3
4. Uudet auringonsuojaikkunat	3347	100086	-1246	98840	29,5
5. IV-yötehostus 30%	1536	0	510	510	0,3
6. Tilojen jäähdytys	12695	40097	3135	43232	3,4

- Auringonsuojakalvon lisääminen vanhoin ikkunoihin on tutkituista auringonsuojaratkaisuista kustannustehokkain.
- Uusien ikkunoiden asentaminen ei ole kustannustehokas ylilämpenemisen torjuntakeino, mutta jos ikkunat on kuntonsa puolesta uusittavat, lisäinvestointi parempaan auringon suojaukseen kannattaa.
- Vaikka IV:n 30% tehostamisella saadaan torjuttua ylilämpenemistä vain vähän, se on tutkituista ratkaisuista kustannustehokkain, mikäli sen käyttö ei vaadi lisäinvestointeja.
- **ILP:n asentaminen kerrostaloon on erittäin kustannustehokas ratkaisu ja ainoa jolla lämpöolot saadaan hallintaan.**

Kuinka paljon hellekesän 2018 lämpöolojen hallinta ILP:llä tulisi maksamaan?

- **Jäähdyttävän ILP:n kuluttajahinta asennettuna esim. 80m² kerrostaloasuntoon tyypillisesti noin 2000 €.**

- **70-luvun kerrostalo:**
  - → Jäähdytyssähkön kulutus 8 kWh/m², jos huonelämpötiloja pidetään jatkuvasti alle 25°C.
  - → Jäähdytyksen energiakustannus noin 1.7 €/m² (asunnon pinta-ala).
  - → Asunnon pinta-alasta riippuen noin 60 – 200 € /asunto.

- **Uudiskerrostalo:**
  - → Jäähdytyssähkön kulutus 4 kWh/m², jos huonelämpötiloja pidetään jatkuvasti alle 25°C.
  - → Jäähdytyksen energiakustannus noin 0.8 €/m² (asunnon pinta-ala).
  - → Asunnon pinta-alasta riippuen noin 30 – 80 € /asunto.

Kuinka ylilämpenemisen terveysriskejä saataisiin vähennettyä Suomessa?

- THL[1]: Ikääntyneen väestön asuntojen jäähdytys ilmalämpöpumpun avulla ehkäisisi jopa 55 % helleaaltojen aiheuttamista kuolemista ja 95 % sairaalahoitojaksoista.

→ **RATKAISU:** ***Varustetaan ne yli 65 vuotiaiden käytössä olevat kerros-, pien- ja rivitaloasunnot ilmalämpöpumpulla, joissa ei sitä vielä ole.***

→ ILP asennettaisiin arviolta 363 000 kerros-, 110 000 pien- ja 83 000 rivitaloasuntoon [1].

→ 37 000 asennusta vuosittain 15 vuoden aikana.

→ Investoinnin arvo nykyihinnoilla yhteensä 1120 milj € tai 75 milj. € vuodessa 15 vuoden aikana.

[1] LÄHDE: Risto Kosonen, Jarek Kurnitski, Juha Jokisalo, Simo Kilpeläinen, Azin V Farahani, M Farhan Ejaz, Raimo Simson, Virpi Kollanus, Timo Lanki, Tuija Vasankari, Miia Aro. Ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien resilienssi lämpöaaltojen ja hengitysinfektioiden suhteen. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki. 2023. (http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-007-3)

Kiitoksia!

Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet:
- Ympäristöministeriö: RAMI
- Valtioneuvoston kanslia: RAIL ja ILMIRA
- Suomen Akatemia: HEATCLIM

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

VALTIONEUVOSTO
STATSRÅDET

SUOMEN AKATEMIA
FINLANDS AKADEMI
ACADEMY OF FINLAND

