

Opas
Asuinkerrostalojen kesän
sisälämpötilojen määräysten
mukaisuus, hallinta
ja jäähdytys

29.10.2021

EQUA.
SIMULATION TECHNOLOGY GROUP

Equa Simulation Finland Oy

TkL Mika Vuolle ja DI Federica Marongiu

Sisällysluettelo

1	Esipuhe.....	2
2	Johdanto	3
3	Määritelmiä ja käsitteitä.....	4
4	Vaatimusten mukaisuus	5
4.1	Energiatehokkuusmääräysten (1010/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan	5
4.2	Sisäilmastoasetuksen (1009/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan	5
4.3	Sisäilmainfon ohje.....	6
4.4	Asumisterveysasetus	7
4.5	Muut vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan	7
5	Kesän sisälämpötilalaskennan lähtöarvot	8
5.1	Rakennuksen muoto	8
5.2	Rakenteet	8
5.3	Talotekniikka.....	9
5.4	Sisäiset lämpökuormat.....	10
5.4.1	Energiatehokkuusmääräysten mukainen tarkastelu.....	10
5.4.2	Sisäilmastomääräysten mukainen tarkastelu.....	10
6	Asuinrakennusten jäähdytystarpeenlaskenta	12
6.1	Mitoituspäivä	12
6.1.1	Jäähdytyslaitteen valinta.....	12
6.2	Ulkoilman entalpia.....	13
6.3	Asuntojen jäähdytystehontarpeen tarkastelun erityispiirteitä.....	13
7	Laskennalliset tarkastelut	15
7.1	Energiatehokkuusmääräysten mukainen tarkastelu kesäajan huonelämpötilojen hallintaan	15
7.2	Energiasää 2020 ja 2030 vaikutus lopputuloksiin	15
7.2.1	Energiatehokkuustarkastelu 2018 säätiedoilla	16
7.3	Sisäilmastomääräysten mukainen tarkastelu	17
7.3.1	Sisäilmastotarkastelu 2018 säätiedoilla	17
8	Yhteenveto.....	18
	Lähdeluettelo.....	19
Liite 1	1010/2017 - laskennan esimerkkiraportti	20
Liite 2	1010/2017 - Lähtötiedot ja tulokset	24
Liite 3	1009/2017 - laskennan esimerkkiraportti.....	26
Liite 4	Sopimus ja markkinointiviestintä.....	34
Liite 5	Eri parametrien vaikutus kesäsisälämpötilaan.....	36

1 Esipuhe

Tässä oppaassa käsitellään kerrostalohuoneiston kesäajan huonelämpötilan lämpötilanlaskentaa asetuksen 1010/2017 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta) sekä asetuksen 1009/2017 (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta) kannalta.

Oppaassa on laskentaesimerkki yhden kerrostalohuoneiston kesäajakson astetuntien laskennasta ja esitetty yksi mahdollinen ratkaisupolku siitä, miten suunnittelussa on mahdollista varmistua kesäajan huonelämpötilan määräystenmukaisuuden täyttymisestä energiamääräysten näkökulmasta (1010/2017). Laskelmien tuloksena saadaan tilojen kesäajan jäähdytysrajan ylittävät astetuntimäärät, jotka tulee esittää rakennuksen energiaselvityksessä.

Samaa laskentakohdetta on käytetty asetuksen 1009/2017 esitettyjen vaatimuksen rakennuksen käytönaikaiseen lämpöviihtyvyyden tarkasteluissa sekä jäähdytystehontarpeen laskennassa.

Oppaan laadinnassa on käytetty hyväksi ympäristöministeriön vuoden 2012 opasta ”Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen” [1].

Oppaan on laatinut Talonrakennusteollisuus ry:n toimeksiannosta TkL Mika Vuolle ja DI Federica Marongiu Equa Simulation Finland Oy:stä. Työtä on ohjannut asiamies Jani Kemppainen ja johtaja Pekka Vuorinen.

2 Johdanto

Kuluttajien odotukset uusien asuinrakennusten kesäsisälämpötilan hallinnataan ovat kasvaneet. Tämä on näkynyt valitusten määrän kasvuna, oikeustapauksina sekä lisääntyneenä julkisena keskusteluna.

Korkeat kesän sisälämpötilat eivät ole ainoastaan viihtyisyyskysymys, vaan myös terveystieteellinen kysymys. Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos on arvioinut, että vuoden 2018 kesän hellejakso aiheutti noin 380 ennen aikaista kuolemaa. Erityisesti ikääntyneet, pitkäaikaissairaat ja pienet lapset ovat alttiita helteen haitoille. [2]

Edellä mainituissa syistä asuinrakennusten viilennys ja jäähdytys ovat yleistymässä. Asuinrakennusten viilennyksen ja jäähdytyksen suunnittelu poikkeaa toimitilojen jäähdytys suunnittelusta mm. lämpö- ja kosteuskuormien sekä käytävissä olevien järjestelmäratkaisujen suhteen. Asuinrakennusten jäähdyttämisessä terminologian käyttö on huojuvaa, erityisesti asiakasrajapinnassa. Uuden asunnon ostaja ei ole aina selvillä mitä kesäsisälämpötilojen hallinnan osalta on lupa odottaa ja millä reunaehdoilla. Tässä oppaassa pyritään ohjeistamaan suunnittelua tukevia tarkasteluja sekä selventämään terminologiaa.

3 Määritelmiä ja käsitteitä

Tässä oppaassa tarkoitetaan:

- 1) **käyttötarkoituusluokalla**
rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitukseen perustuvaa luokitusta, jota käytetään E-luvun laskennassa;
- 2) **standardikäytöllä**
rakennuksen vakioitua käyttöä, jolla lasketaan rakennuksen E-luku. Rakennuksen suunniteltu ja toteutunut käyttö useimmiten eroaa standardikäytöstä käyttäjien erilaisten tarpeiden vuoksi;
- 3) **sisäisellä lämpökuormalla**
valaistuksesta, kuluttajalaitteista ja ihmisistä aiheutuvaa lämpökuormaa rakennukseen ja sen tiloihin;
- 4) **käyttöajalla aikaa**
jolloin rakennuksessa tai tilassa oleskellaan tai rakennusta tai tilaa käytetään sen käyttötarkoituksen mukaisesti;
- 5) **käyttöasteella**
vuorokauden keskimääräistä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöä sekä ihmisten läsnäoloa rakennuksen käyttöajan aikana;
- 6) **suunnitteluratkaisulla**
kohderakennuksen toteutettavaksi aiottua suunnitelmaa;
- 7) **tilan suunnitellulla käyttötarkoituksella**
rakennuksen yksittäisen tilan käyttötarkoituusluokasta poikkeavaa yksilöitä käyttöä;
- 8) **käyttöprofiililla**
ajasta riippuvaista valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöasetta sekä ihmisten läsnäoloa rakennuksen käyttöajan aikana;
- 9) **ikkunan aurinkoenergian kokonaisläpäisyllä**
sitä osuutta auringon kokonaissäteilystä, joka tulee ikkunarakenteen lasiosan läpi lämpökuormana tilaan. Lyhenteinä käytetään esimerkiksi SHGC, g-arvo tai TST;
- 10) **ikkunan valonläpäisyllä**
sitä osuutta auringon valosta, joka tulee ikkunarakenteen lasiosan läpi tilaan. Lyhenteinä käytetään esimerkiksi LT tai T_{vis} ;
- 11) **ikkunan suoraläpäisyllä**
sitä osuutta auringon suorasta säteilystä, joka tulee ikkunarakenteen lasiosan läpi lämpökuormana tilaan. Lyhenteinä käytetään esimerkiksi ST, T tai T_{sol} ;
- 12) **auringonsuojakeinoilla**
lasipintojen kokoa, suuntausta ja rakennuksen massoittelemia sekä muita auringonsuojaratkaisuja, joita ovat esimerkiksi sälekaihtimet, markiisit ja ikkunoiden ulkopuoliset säleiköt ja niiden automaattinen ohjaus;
- 13) **päivänvalolla**
suorasta auringonvalosta ja taivaalta sironneesta (auringon) hajavalosta. (RT 07-10912)
- 14) **päivänvalokertoimella, päivänvalosuhteella**
huoneen valaistusvoimakkuuden suhdetta ulkotilan valaistusvoimakkuuteen [%]
- 15) **jäähdytysrajalla huonelämpötilaa**
jota käytetään kesälämpötilatarkasteluissa huonelämpötilan asetusarvona;
- 16) **laskentasäällä**
laskennassa käytettävää säätiedostoa, jossa on testivuoden ulkoilman tunnitaiset lämpötila-arvot ja auringon säteilytehot;
- 17) **kesäajan mitoittavalla ulko-olosuhteella**
ulkoilman ominaisuuksia (entalpia, lämpötila, kosteus, auringonsäteily) joilla aktiivinen jäähdytysjärjestelmä mitoitetaan;
- 18) **dynaamisella laskentatyökalulla**
työkalua, jonka lämmönsiirron laskenta pystyy ottamaan huomioon rakenteiden lämmönvarausominaisuuden ajasta riippuvaisena;
- 19) **ilman entalpialla**
ilman kokonaislämpösisältöä, pitäen sisällään myös kosteuden

4 Vaatimusten mukaisuus

4.1 Energiatehokkuusmääräysten (1010/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Uuden rakennuksen energiatehokkuusvaatimusten täyttäminen osoitetaan energiaselvityksellä, joka on päivitettävä ennen rakennuksen käyttöönottoa, jos lupavaiheen energiaselvityksen perusteena oleviin suunnitelmiin on tullut muutoksia. Yksi energiaselvityksen osa on laskennallinen kesäaikainen huonelämpötila asetuksen 29 §:n mukaan.

29 §

Laskennallinen kesäajan huonelämpötila

Laskennallinen kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää jäähdytysrajan arvoa 27 celsius-astetta käyttötarkoituksaluokassa 2 ja jäähdytysrajan arvoa 25 celsiusastetta käyttötarkoituksaluokissa 3–8 enemmän kuin 150 astetuntia kesäkuun 1 päivän ja elokuun 31 päivän välisenä aikana suunnitteluratkaisun mukaista ilmapvirtaa käyttäen. Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuus on osoitettava eri tilatyyppeiden lämpötilalaskennalla. Laskennassa on käytettävä ilmapvirtaa lukuun ottamatta E-luvun laskennan mukaisia lähtötietoja. Kesäajan huonelämpötilaa koskevaa vaatimusta ei sovelleta käyttötarkoituksaluokkaan 1 ja 9 kuuluviin rakennuksiin. Kesäajan huonelämpötilan laskennassa on käytettävä dynaamista laskentatyökalua.

Asuinkerrostalot kuuluvat käyttötarkoituksaluokkaan 2.

Minimissään asuinkerrostaloissa osoitetaan huonelämpötilan tavoitetason täyttyminen lämpötilalaskelmin vähintään yhdelle lämpökuormiltaan suurimmalle makuuhuoneelle ja olohuoneelle. Suositeltavampaa on suorittaa laskennallinen tarkastelu kokonaisuudelle huoneistolle kerrallaan, jolloin huoneiden väliset, esimerkiksi siirtoilmavirtauksien lämmönsiirto, tulee otetuksi huomioon. Ja samoin on suositeltavaa, että asuinkerrostalosta lasketaan useampia eri kokoisia huoneistoja eri ilmasuuntiin. Etelään suunnattu olohuone, jonka ikkunan edessä on syvä parveke, saattaa olla kesän sisälämpötilojen osalta helpommin hallittavissa kuin samanlaisen huoneiston länteen suunnattu olohuone. Ja makuuhuoneiden osalta tilanne saattaa olla juurin päinvastainen. Tyypillisesti pienet huoneistot ovat suurempia haasteellisempia.

Tällä tarkastelulla osoitetaan kohteen kesäajan huonelämpötilojen energiatehokkuusasetuksen vaatimuksenmukaisuus. Tarkastelu tulee tehdä ko. asetuksessa annetuilla vakioituilla säätiedoilla ja sisäisillä lämpökuormilla. Tarkastelussa huomioidaan kuitenkin kohteeseen suunnitellut ilmamäärät sekä passiiviset ja käyttötekniset lämpötilan hallintakeinot. Tämä tarkastelu ei riitä varmistamaan sisäilmastoasetuksen vaatimusten täyttämiseksi, mutta ohjaa kuitenkin perusratkaisuihin myöhemmin tapahtuvaan sisäilmastosuunnittelua silmällä pitäen.

4.2 Sisäilmastoasetuksen (1009/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Ympäristöministeriön asetuksessa (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetaan 4 § huonelämpötilojen suunnitteluarvot, jotka tulee täyttää rakennuksen **suunnitellulla käytöllä**. On myös huomattavaa, että sisäilmastoasetus asettaa vaatimuksia ilman lämpötilan lisäksi vaatimuksia muillekin suureille.

4 §

Huonelämpötilojen suunnitteluarvot

Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisiä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää.

Huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona on käytettävä lämpötilaa 21 celsiusastetta. Huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa huonelämpötila voi vaihdella välillä 20–25 celsiusastetta lämmityskaudella ja välillä 20–27 celsiusastetta lämmityskauden ulkopuolella. Erityisestä syystä, kuten tilan erityisiä lämpötiloja edellyttävän toiminnan tai tilan erityisluonteen vuoksi, voidaan huonelämpötilan suunnitteluarvona ja huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa käyttää näistä arvoista poikkeavia lämpötiloja.

Huonelämpötilojen hallinnan suunnittelun perusteena käytettävänä mitoittavina säätietoina on käytettävä liitteessä 1 esitettyjä eri säävyöhykkeille säädettyjä testivuoden säätietoja ja eri säävyöhykkeille säädettyjä lämmityskauden mitoittavia ulkoilman lämpötiloja.

4.3 Sisäilmainfon ohje

Talotekninen teollisuus ja kauppa ry (Talteka) on tehnyt oppaita talotekniikkaan liittyvien asetusten tueksi, kun rakentamismääräyskokoelman osat poistuvat käytöstä. Oppaista Sisäilmasto ja ilmanvaihto käsitellee sisälämpötilojen hallintaa [3].

Sosiaali- ja terveysministeriö vahvistaa asetuksella asunnon ja muun oleskelutilan terveydelliset olosuhteet (STM 545/2015). Huonelämpötilojen tulee kaikissa tilanteissa täyttää em. asetuksen vaatimukset.

Asetustekstissä viitattu mitoittavat säätiedot ilmoittava liite 1 on asetuksen liite, eikä sitä ole kopioitu Talotekniikkainfoon.

Tilojen haitallisen lämpenemisen estämisestä ja kesäajan huonelämpötilan hallinnasta on annettu säännökset Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.

Ohjeellisia sisäilmaston tavoitearvoja, suunnitteluohjeita ja tuotevaatimuksia on esitetty Rakennustieto Oy:n julkaisemassa Sisäilmastoluokitus-ohjekortissa.

Perustellusta syystä voidaan huonelämpötila suunnitella ohjearvosta poikkeavasti. Tällaisia lämmityskauden lämpötilojen tilakohtaisia suunnitteluohjearvoja esitetään alla olevassa taulukossa.

Lämmityskauden huonelämpötilan tilakohtaisia suunnitteluohjearvoja tiloille, joiden huonelämpötilan suunnitteluarvo ei ole 21 °C. Ohjearvoja käytettäessä on huolehdittava, ettei viereisten tilojen viihtyisyys heikkene.

Tila	huonelämpötila [°C]
<i>Porrashuone</i>	<i>17</i>
<i>Kylpyhuone, pesuhuone</i>	<i>22</i>
<i>Kuivaushuone</i>	<i>24</i>
<i>Myymä</i>	<i>18</i>
<i>- myymälän kiinteä työpiste</i>	<i>21</i>
<i>Liikuntahalli</i>	<i>18</i>
<i>Kirkkosali</i>	<i>18</i>
<i>Tehdashalli, keskiraskas työ</i>	<i>17</i>
<i>Autokorjaamo, katsastustilat</i>	<i>17</i>
<i>Hissikuilu</i>	<i>17</i>
<i>Potilas-/hoituhuone</i>	<i>22</i>
<i>Liikuntahalli</i>	<i>18</i>
<i>Kirkkosali</i>	<i>18</i>
<i>Tehdashalli, keskiraskas työ</i>	<i>17</i>
<i>Autokorjaamo, katsastustilat</i>	<i>17</i>
<i>Hissikuilu</i>	<i>17</i>
<i>Potilas-/hoituhuone</i>	<i>22</i>

Jos tiloihin suunnitellaan tai rakennetaan sellaisia rakenteita, kuten suuria ikkunapintoja tai laitteita, joiden pintalämpötila poikkeaa selvästi huoneilman lämpötilasta, huonelämpötilana käytetään operatiivista lämpötilaa.

Tilakohtaisten suunnitteluohjeiden lisäksi syy poikkeamiseen voi aiheutua myös tilan käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi, jos tiloissa oleskellaan pitkään lattialla kuten päiväkotien leikkihuoneissa, voidaan tämä huomioida tilojen suunnittelussa sellaisen lämmitystavan tai pintamateriaalin valinnalla, jolla saavutetaan suunnitelman mukainen viihtyisyys myös lattian tasolla.

4.4 Asumisterveysasetus

Asumisterveysasetusta sovelletaan terveydensuojelulain (763/1994) nojalla tehtävään asunon ja muun oleskelutilan terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Sitä ei siis sovelleta uuden rakennuksen suunnitteluun vaan olemassa olevan rakennuksen terveyshaitan arvioitiin.

§6

Lämpötila ja ilman virtausnopeus

Huoneilman lämpötila voidaan mitata oleskeluvyöhykkeeltä sen mukaan, mikä on tarpeen terveyshaitan selvittämiseksi. Huoneilman lämpötila mitataan noin 1,1 metrin korkeudelta.

Lämpötilojen tulee täyttää tämän asetuksen liitteessä 1 olevan taulukon 1 mukaiset toimenpiderajat. Toimenpiderajoja sovelletaan asunnossa vain asuinhuoneiden lämpötilojen terveellisyyden arviointiin. Lämpötilat eivät saa aiheuttaa 5 §:ssä tarkoitettua mikrobikasvun riskiä.

Illan virtausnopeus ei saa ylittää liitteessä 1 olevan vetokäyrän mukaista virtausnopeutta.

Asumisterveysasetuksen liitteen 1 toimenpideraja huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella on + 18 °C – + 32 °C.

4.5 Muut vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Usein rakennushankkeissa myös kesän sisälämpötilojen hallinnan kannalta tavoitellaan parempaa laatutasoa kuin määräystaso. Tällöin hankkeen osapuolia velvoittavaksi tulevat suunnitteluasiakirjoissa kuvatut asiat. Tällöin hankkeessa tulee tavoitetasojen kuvauksien ja numeraalisten arvojen lisäksi kuvata reunaehdot eli sekä sääolosuhteet että sisäiset lämpö- ja kosteuskuormat, joilla tavoitetasot täyttyvät tai niiden sallitut alitukset/ylitykset.

Esimerkiksi huonelämpötila ei ylitä +27 °C:tta, jos huoneistossa asuu enintään 4 henkilö, huoneistossa ei ole huomattavasti mitoitusperusteista isompia sisäisäkuormia, ikkunoiden kaih-timet on pidetty alhaalla ja sääolosuhteet eivät ylitä pitkäaikaisesti sovittua mitoituslannetta.

Erityisesti näissä tapauksissa, jossa tavoitetasoksi on asetettu määräystasoa parempi laatu-taso, tulee haasteeksi kuvata laatutaso asiakaslupauksena ei-ammattilaiselle. Tätä asiaan on avattu liitteessä 4.

5 Kesän sisälämpötilalaskennan lähtöarvot

5.1 Rakennuksen muoto

Kesän sisälämpötilan tarkasteluissa rakennuksen muoto ja sen ympäristö ominaisuuksineen on otettava huomioon. Ympäröivät rakennukset ja muut ulkopuoliset varjostavat elementit (parvekkeet, säleiköt, kasvillisuus) tulisi huomioida sellaisenaan kuin ne ovat tarkastelun laatumishetkellä. Monissa kaupungeissa on nykyisin saatavilla tietoa olemassa olevista rakennuksista [4].

Laskenta suoritetaan huoneistoittain niin, että laskentamallissa on huoneisto kuvattu huoneittain suunnitelmien mukaisilla geometrioilla aukotuksineen. Lähtötietona laskelmissa tulisi käyttää ajantasaisia suunnitelmia, joko tietomalleja tai piirustuksia. Jos mahdollista, kaikki valitun kerroksen huoneistot ja tilat tulisi mallintaa, koska kriittisin makuuhuone ja olohuone voivat olla eri huoneistoissa. Jos mallinnetaan vain muutamia huoneita, niin niiden ympäröivät tilat, jotka vaikuttavat huoneiston kesälämpöolosuhteisiin, tulisi myös mallintaa, esimerkiksi porrashuoneet ja atriumit.

5.2 Rakenteet

Laskelmissa tulee huomioida suunniteltujen rakenteiden ominaisuudet ja rakennuksen ilmapitävyden suunnitteluarvo.

Rakenteet

Rakenteet on kuvattava rakenneainekerroksittain. Jokaiselle rakennekerrokselle on kuvattava lämmönjohtavuuden lisäksi myös ominaislämpökapasiteetti ja tiheys, jotta rakenteiden lämmönvarauskyky voitaisiin ottaa laskelmissa huomioon. Pelkkä U-arvo ei ole riittävä lähtöarvo.

Ovet

Ulko-ovissa tulee huomioida myös mahdollinen oven lasitus, joka vaikuttaa huoneeseen tulevaan auringonkuormaan. Asuinhuoneiden väliovet voidaan laskennassa pitää auki. Muut ovet (kylpyhuoneen, WC:n, vaatehuoneen) pidetään laskennassa kiinni. Avoimet ovet tasaavat huoneiden välisiä lämpötilaeroja huomattavasti. Suljetuissa ovissa on ovirakoja, joiden avulla tilojen välisen siirtoilmavirtaukset ovat laskettavissa.

Ikkunat

Ikkunat ja erityisesti niiden lasitukset ovat rakennuksen vaipasta osa, jonka vaikuttaa eniten kesän sisälämpötilaan. Auringonkuorma on tyypillisesti paljon merkittävämpi kuin sisäiset kuormat. Ikkunan keskeisiä lähtöarvoja:

U-arvot	lasi- ja umpiosan U-arvot on huomioitava erikseen
Aurinkoenergian kokonaisläpäisy, g-arvo	kokonaisläpäisy koostuu suorasta ja epäsuorasta säteilystä. Pieni g-arvo tarkoittaa parempaa auringonsuojausta.
Valonläpäisy, LT	osuus auringon valosta, joka tulee ikkunarakenteen lasiosan läpi tilaan.
Auringon suoraläpäisy, ST	osuus auringon suorasta säteilystä, joka tulee ikkunarakenteen lasiosan läpi lämpökuormana tilaan
Karmin osuus ikkuna-aukosta	vain ikkunan lasiosa läpäisee auringon säteilyä, joten ikkunan umpiosan osuus ikkuna-alasta tulee määrittellä
Smyygi	lasin todellinen sijainti seinärakenteessa. Syvennyksellä voidaan varjostaa ikkunaan ja pienentää auringonkuormaa.
Integroitu auringonsuojaus	katsotaan samoin kuin jos on käytössä koko kesään. Esim. sälekaihtimet ovat alhaalla, 45° kulmassa vasten auringkoa. Jos suojaus säädetään automaattisesti, ohjaus on huomioitava.

Suunnittelun edetessä ikkunan lasitus tarkentuu koko lasituksen arvoista ikkunan lasikohtaisiin tietoihin, joita tulisi laskennassa käyttää.

Parveke ja parvekelasitus

Parvekkeen vaikutus sisäolosuhteisiin tulee huomioida laskelmissa. Parvekerakenteilla on huomatta varjostava vaikutus. Lasitetun parvekkeen lämpötila kesän hellepäivänä saattaa nousta korkeaksi parvekelasituksen ollessa kiinni. Tällöin parvekkeen korkea lämpötila vaikuttaa myös sen vieressä sijaitsevan tilan sisälämpötiloihin. Mikäli lasitetun parvekkeen lasit ovat avattavissa, voidaan laskelmissa ottaa huomioon vain parvekerakenteiden varjostava vaikutus eli asukas on avannut lasituksen. Kiinteälasitetun parvekkeen kesälämpötilaan voidaan vaikuttaa erilaisilla auringonsuojusratkaisuilla.

5.3 Talotekniikka

Sisälämpötilatarkasteluissa talotekniikka tulee huomioida suunnitelmien mukaisesti. Sekä lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmä että niiden suunniteltu ohjaus ja säätö tulee mallintaa kesälämpötilatarkasteluun.

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmät tulee huomioida kesälämpötila tarkastelussa, jos ne vaikuttavat kesän sisälämpötiloihin. Tällaisia järjestelmiä voisi olla esim. kylpyhuoneen mukavuuslattialämmitys.

Lämminkäyttövesijärjestelmä

Kesän sisälämpötilaan vaikuttavat lämpöhäviöt lämminkäyttöveden kiertojohdosta sekä käyttövesipatterin lämpökuormat. Ne tulee ottaa huomioon suunnitelmien mukaisesti.

Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytysjärjestelmä tulee mallintaa LVI-suunnitelman mukaiset laitteiden mitoitusarvoja käyttäen. Myös järjestelmät säädöt ja ohjaukset tulee mallintaa suunnitelmien mukaisesti, erityisesti kastepistesäädöllä voi olla huomattava jäähdytystehoa rajoittava tekijä käyttötilanteissa.

Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilman lämpeneminen ilmanvaihtojärjestelmässä (puhallin, tuloilmakanavisto) pitää huomioida.

Puhaltimessa	mikäli muita tietoja ei ole saatavilla, lasketaan ilman lämpeneminen puhaltimessa +1°C
Tuloilmakanavistossa	kun kanavisto on eristetty, ilman lämpenemistä jätetään huomiotta; kun ei ole eristystä, lämpeneminen on laskettava. Voidaan myös käyttää vain oletusarvoa +1°C
Muut tapaukset	ulkoilma sisäänoton sijoitus; muiden järjestelmien vaikutus, esim. alaslasketuissa katoissa ja roiloissa valaisimien ja LKV-kiertojohdon

Ilmanvaihdontehostusta voidaan käyttää kesän sisälämpötilojen hallintaa. Äänitasojen viivartot eivät tulisi ylittää tehostuksen aikana, esim. asuinhuoneessa raja-arvo on 28 dB(A).

5.4 Sisäiset lämpökuormat

Rakennuksen sisäisiä lämpökuormia muodostuu siellä tapahtuvasta toiminnasta eli koneista ja laitteista, valaistuksesta ja ihmisistä sekä taloteknisten järjestelmien häviöistä tilaan.

5.4.1 Energiatehokkuusmääräysten mukainen tarkastelu

Sisäiset lämpökuormat otetaan huomioon rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaisena vakioituna käyttönä. Asuinkerrostalon kaikille tiloille vakioitu käyttö on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1: Asuinkerrostalon sisäiset kuormat 1010/2017 asetuksen mukaan

Kellonaika	Käyttöaika		Käyttöaste -	Valaistus W/m ²	Kuluttaja- laitteet W/m ²	Ihmiset W/m ²
	h/24 h	d/7 d				
00:00-24:00	24	7	Valaistus 0,1 Muut 0,6	9	4	3

Vakioitu käyttö voidaan ottaa sellaisenaan huomioon tai suunniteltua käyttöä kuvaavana käyttöprofiilina vuorokaudessa, kuitenkin siten että lämpökuorma vuorokaudessa on sama molemilla tavoilla. Esimerkki asuinkerrostalon olohuoneen (17 m²) kuluttajalaitteiden vakioidusta käytöstä (17 m² x 0,6 x 4 W/m² x 24 h = 979,2 Wh) voidaan myös käyttää profiilia klo 18-22 ja 244,8 W (244,8 W x 4 h = 979,2 Wh).

Vakioidussa käytössä oletetaan sisältävän kaikki tilojen lämpökuormat. Esimerkiksi laskelmissa ei huomioida erikseen asuinkeittiössä tapahtuvan ruuanlaiton tai asuntosaunan heti valmiin kiukaan lämpökuormaa. Sisäilmastosuunnittelussa nämä tulee ottaa huomioon kohteen suunniteltuna käyttönä.

5.4.2 Sisäilmastomääräysten mukainen tarkastelu

Tämän oppaan kirjoittamisajankohtana ei ole tiedossa yleisti käytössä olevia tilakohtaisia lämpökuormien arvoja suunniteltuun käyttöön. Nämä tulisi ottaa mahdollisuuksien mukaan suunnitelmista ja puuttuvilta osin sopia hankekohtaisesti. Oletuksena voisi käyttää esimerkiksi Taulukko 2 olevia arvoja.

Laskemissa on tarkasteltava, ettei minään ajanhetkenä huoneiston henkilölukumäärä ole yli MH lkm +1.

Laskelmissa henkilön kokonaislämmönluovutuksena käytetään 125 W (1,2 met, kehon pinta-ala 1,8 m²), joka sisältää kosteuteen sitoutuneen lämmön. Kokonaislämpökuormaa käytetään silloin, kun laskentamenetelmässä huomioidaan myös kostea lämmönsiirto. Mikäli laskentamenetelmässä ei huomioida kosteaa lämmönsiirtoa käytetään kuivaa lämpökuormaa, joka saadaan kertomalla kokonaislämmönluovutus 0,6.

Etätyön lisääntyessä asunnoissa on varauduttava kesän sisälämpötilojen hallinnassa myös etätyöpisteeseen ja sen aiheuttamaan henkilö-, kone- ja valaistuskuormaan.

Tuntuvien lämpökuormien lisäksi, erityisesti asuntorakentamisessa, kosteuskuormiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Asumisessa kasveista, ruuanlaitosta, pyykinkuivauksesta yms. syntyvällä lämpökuormalla on tyypillisesti huomattava vaikutus kastepistesäädön kautta tilalaitteiden jäähdystystehoon. Samoin asuntojen tuloilmavirrat ovat huomattavasti muita rakennustyyppisiä pienempiä, joten ilmanvaihdon ja jäähdytyspatterin kuivaava vaikutus jää muita rakennustyyppisiä pienemmäksi.

Tämän oppaan kirjoittamisajankohtana ei ole tiedossa yleisti käytössä olevia tilakohtaisia kosteuskuormien arvoja suunniteltuun käyttöön. **Esimerkkilaskelmissa tilojen kosteuskuorma muodostuu vain ihmisistä.**

Taulukko 2: Esimerkki sisäisistä lämpökuormista

Tilatyyppi	Lämpökuorma			Käyttöaika
			W	
MH	Ihmiset	isoin MH: 2 hlöä muut 1	125	ma-su 22:00-07:00
	Valaistus	2	4	ma-su 07:00-08:00, 21:00-23:00
	Kuluttajalaitteet	-	-	-
OH, takka- huone	Ihmiset	MH lkm + 1	125	1 ihm. paikalla ma-pe 08:00-17:00 muut 19:00-22:00
	Valaistus	3	5	07:00-08:00, 19:00-22:00
	Kuluttajalaitteet	TV	80	ma-su 19:00-22:00
		Tietokone + näyttö	130	ma-pe 08:00-17:00
KT	Ihmiset	1	125	ma-su 07:30-08:00, 11:00-11:30, 18:00-19:00
	Valaistus	3	4,4	sama kuin läsnäolo
	Kuluttajalaitteet	Liesi	6500 (35 % ^a)	11:00-11:30, 18:00-19:00
		JK/PK Astianpesukone	920 2200 (50 % ^a)	
KPH	Ihmiset	1	125	ma-su 07:00-07:30, 18:30-19:00
	Valaistus	2	5	ma-su 07:00-07:30, 18:30-19:00
	Kuluttajalaitteet	Pyykinpesukone	2000 (35 % ^a)	
		Kuivausrumpu	2000 (35 % ^a)	
WC	Ihmiset			
	Valaistus			
	Kuluttajalaitteet			
Vaatehuone	Ihmiset			
	Valaistus			
	Kuluttajalaitteet			
Sauna	Ihmiset			
	Valaistus			
	Kuluttajalaitteet			
Muut tilat	Ihmiset			
	Valaistus			
	Kuluttajalaitteet			

^a Tehojen jälkeen olevissa suluissa on tiloihin lämpökuormaksi tuleva osuus. Muut osuus menee jäteve-
teen taikka poistoilmanvaihtoon esimerkiksi keittiö liesikuvun kautta.

6 Asuinrakennusten jäähdytstarpeenlaskenta

6.1 Mitoituspäivä

Yleisesti jäähdytystehontarve lasketaan mitoitusilanteen sisäisillä kuormilla ja mitoitusolosuhteilla. Mitoitussäänä tyypillisesti käytetään yhden päivän synteettistä säätä, jossa auringon säteily on laskettu rakennuksen sijainnin mukaisilla koordinaateille täysin pilvettömälle taivaalle aurinkovakiosta. ASHRAE [5] on vuodesta 2013 lähtien julkaissut eri paikkakunnille mitoituspäivän ulkolämpötilat eri kuukausille. Alla olevassa kuvassa on esimerkki Helsingin mitoittavasta heinäkuun lämpötiloista. Kuivalämpötila vaihtelee annetuissa rajoissa ja märkälämpötilan avulla määritelty absoluuttinen kosteus ($g_{H_2O}/kg\ k.i$) pysyy vakiona. Kuten kuvasta voidaan havaita, niin maksimiulkolämpötila ei ole kovin korkea, mutta jäähdytystehontarpeen laskennassa tätä mitoituspäivää simuloidaan 7–14 vuorokautta kunnes rakennuksen terminen massa on saavuttanut hellepäivän periodisen lämpötilansa. Eli mitoituspäivä on pitkä yhtenäinen hellejakso maksimi auringon säteilyllä. *Tämän mitoituspäivän ja mitoituspäivän tai muun säätiedon käytöstä on aina sovittava projektikohtaisesti.*

Taulukko 3: Helsingin sijainti- ja mitoituspäivätiedot

Helsinki			
Sijainti			
Maa	Suomi		
Kaupunki	Helsinki		
Leveyspiiri	60,1 P	°	
Pituuspiiri	24,56 I	°	
Korkeus merenpinnasta	4	m	
Aikavyöhyke	2 I	h	
Mitoituspäivät (ASHRAE 2013)			
		Talvi	Kesä
Min. kuivalämpötila		-22,1	15,1 °C
Maks. kuivalämpötila		-16,2	27,5 °C
Maks. märkälämpötila		-16,4	18,6 °C
Tuulen suunta		0	200 °
Tuulen nopeus		2,8	4,6 m/s
Auringon säteilykerroin	• τ_b	0,323	0,346
	• τ_d	2,403	2,379

Mitoituspäiviä on luotu eri kuukausille, koska aurinkokulmista johtuen huonelaitteiden maksimiteho ei välttämättä ole kesän kuumimpana päivänä: esimerkiksi etelään suunnatun huoneen maksijäähdytysteho saattaa esiintyä syyskuussa, kun ulkolämpötila on jo kohtuullinen. Saman huoneiston eri huoneiden ja eri huoneistojen huoneiden maksimijäähdytystehontarpeet saattavat osua eri kuukausille ulkoisista varjostuksista johtuen.

Mitoitustehojen riittävyys on aina syytä tarkistaa normaalivuoden testisäällä.

6.1.1 Jäähdytyslaitteen valinta

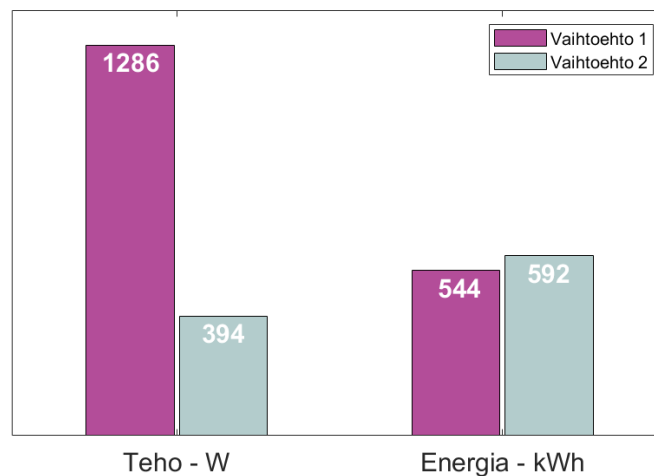
Jäähdytystehontarpeen laskenta tulee tehdä suunnitelulla käytöllä. Laskennan perusteella mitoitetaan tuloilman jäähdytyspatteri ja tarvittaessa tilajäähdytyslaitteet.

Tilajäähdytyslaite valitaan valmistajan antamien laiteominaisuuksien mukaan esimerkiksi paneelien tapaukselle lämpötilatasoille $T_{huone}/T_{meno}/T_{paluu}$ 25/15/18°C. Laittevallinnassa tulee ottaa myös huomioon sekä jäähdytyksen asetusarvon että tavoitelämpötila. Alla on esitetty tehon- ja energiantarpeet kahdella eri jäähdytyksen asetusarvoilla tavoitelämpötilan pysyessä samana.

Taulukko 4: Esimerkki jäähdytyslaitteen tehon- ja energiantarpeet kahdella eri jäähdytyksen asetusarvoilla

	Jäähdytyksen asetusarvo °C	Huonelt. tavoitearvo °C	Jäähdytys- tehtarve W	Jäähdytys- energiantarve kWh
Vaihtoehto 1	25	25	1300	400
Vaihtoehto 2	23	25	540	590

Asetusarvon ollessa +23 °C:ta, niin jäähdytyspaneelin tehontarve on 1/3 verrattuna tapaukseen, jossa asetusarvo ja tavoitelämpötila ovat samat tai lähes samat. Toisaalta kun valitsemalla alhaisemman asetusarvon saavutetaan pienempi tehontarve, niin käytetään enemmän energiaa. Tilan jäähdytysenergiantarve on matalammalla asetusarvolla noin 50 % isompi.



Kuva 1: Esimerkki jäähdytyksen mitoitustehosta ja jäähdytysenergiatarpeesta kahdella eri asetusarvoilla

Tilan jäähdytyslaitteen tehontarpeen tarkastelussa tulee ottaa myös mahdollisen kastepistesäädön tehoa rajoittava vaikutus. Asuinrakennusten kosteuskuormat esimerkiksi ruuanvalmistuksesta ja pyykin kuivauksesta voivat olla huomattavat. Esimerkkilaskelmissa kastepistesäätö ohjaa menovedenlämpötilan joinain ajanhetkinä jopa yli 18 °C:een, vaikka kosteuskuormat muodostuvat vain ihmisistä.

6.2 Ulkoilman entalpia

Ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin mitoittava entalpiana käytetään yleensä sisäilmasto- luokituksessa annettua 57 kJ/kg k.i. tai Pohjois-Suomeen annettua 52 kJ/kg k.i. Arvoa ei ole määritelty määräyksistä, joten tästäkin mitoitusperusteesta on hyvä sopia projektin aikana.

Vuonna 2018 Ilmatieteen laitoksen Kumpulan sääasemalla mitattu maksimientalpia oli 66,2 kJ/kg k.i. ja 57 kJ/kg k.i. ylitettiin 180 tuntina eli 7,5 päivää [6]. ASHRAE on käyttänyt 99,5 % pysyvyyttä valintakriteerinä, niin kesä 2018 entalpian mitoitusarvo olisi ollut 62,2 kJ/kg k.i.

Esimerkkilaskelmassa ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatteri, joka on mitoitettu 55 kJ/kg.k.i. arvoilla tuottamaan +17°C:ttä, tuottaa 66,2 kJ/kg.k.i. entalpialla yli 2 °C korkeampia sisänpuhalluslämpötiloja ja samalla myös tuloilman tiloja kuivaava vaikutus pienenee.

6.3 Asuntojen jäähdytystehontarpeen tarkastelun erityispiirteitä

Asuntoilmanvaihdon suuruus on tyypillisesti huomattavasti pienempi kuin toimitilarakentamisessa. Tästä syystä jäähdytetyn tuloilman tilaa kuivaava vaikutus jää pienemmäksi. Ja samanaikaisesti asumisesta aiheutuvat kosteuskuormat ovat isommat, niin kastepistesäädön tarkastelut ja sen vaikutus palkkien ja paneelien valintaan on tarkistettava erikseen todellisella

vesipohjaisella laitteella. Pelkkä jäähdytystehontarpeen tarkastelu ei riitä. Yksityiskohtainen esimerkki on esitetty liitteessä 3.

Asuntokohteissa laite- ja järjestelmävalinnoissa tulee erityistä huomiota laitteiden äänitasoihin ja ulkonäköön.

7 Laskennalliset tarkastelut

7.1 Energiatehokkuusmääräysten mukainen tarkastelu kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Laskennallinen tarkastelu on tehty olemassa olevaan kerrostalohuoneistoon, jonka laskennan lähtöarvot on esitetty liitteessä 1. Kuvitteellisessa energiaselvityksessä tarkasteltiin kolme eri vaihtoehtoa, jotka on kuvattu alla.

1. Perustapaus

Alustava suunnitteluratkaisu. Ikkunoiden lasitusten arvot ovat U/LT/g 1,0/62/38. Ikkunoissa on sälekaihtimet aina alhaalla. Ikkunoiden karmiosuudet ja smyygi on jo otettu huomioon. Makuuhuoneiden ovet ovat aina auki, muut ovet ovat kiinni.

Ilmanvaihdon 30 % tehostus on käytössä jatkuvasti sisälämpötilojen hallintaa helpottamassa. Perustapaus laskettiin myös toisella lasitusvaihtoehdolla (vaihtoehto 1 a) eli U/LT/g 1,0/55/32. Molemmilla lasitusvaihtoehdoilla 150°C_h raja ei alitu missään huoneissa.

2. IV-jäähdytys

Tässä vaihtoehdossa käytettiin jäähdytystä IV-koneessa tuloilman jäähdytyspatterin asetusarvon ollessa 17°C. Lasituksena käytettiin U/LT/g 1,0/55/32 ja ilmanvaihdon tehostus ei ollut käytössä. Asetuntisumman vaatimus täytyy kaikkine huoneiden osalta.

3. IV-jäähdytys ja tilajäähdytys

Kolmantena vaihtoehtona tarkasteltiin lasituksella U/LT/g 1,0/55/32 tapausta, jossa on KT-OH tilaan asennetut tilajäähdytyksenä paneeli. Ilmanvaihdossa ei ole 30% tehostusta käytössä.

Taulukko 5: Asetuntisumma eri vaihtoehdoilla

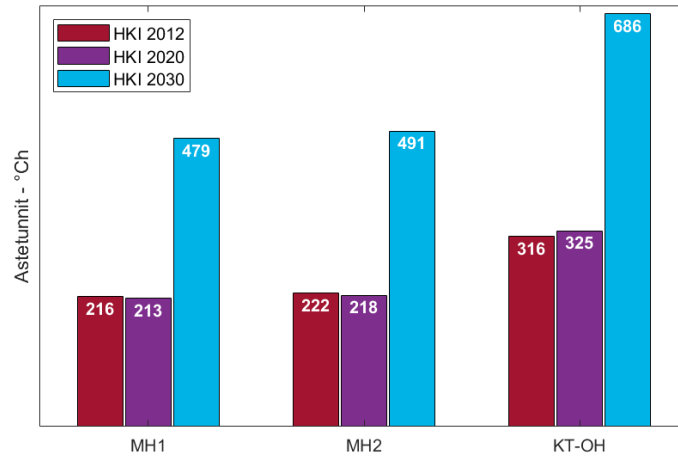
Tila	1 °Ch	1a °Ch	2 °Ch	3 °Ch
MH 1	268,6	216	0,0	0,0
MH 2	275,3	222	0,0	0,0
KT-OH	380,7	315,5	0,9	0,0

Hankkeessa on päädytty ratkaisuvaihtoehtoon 3.

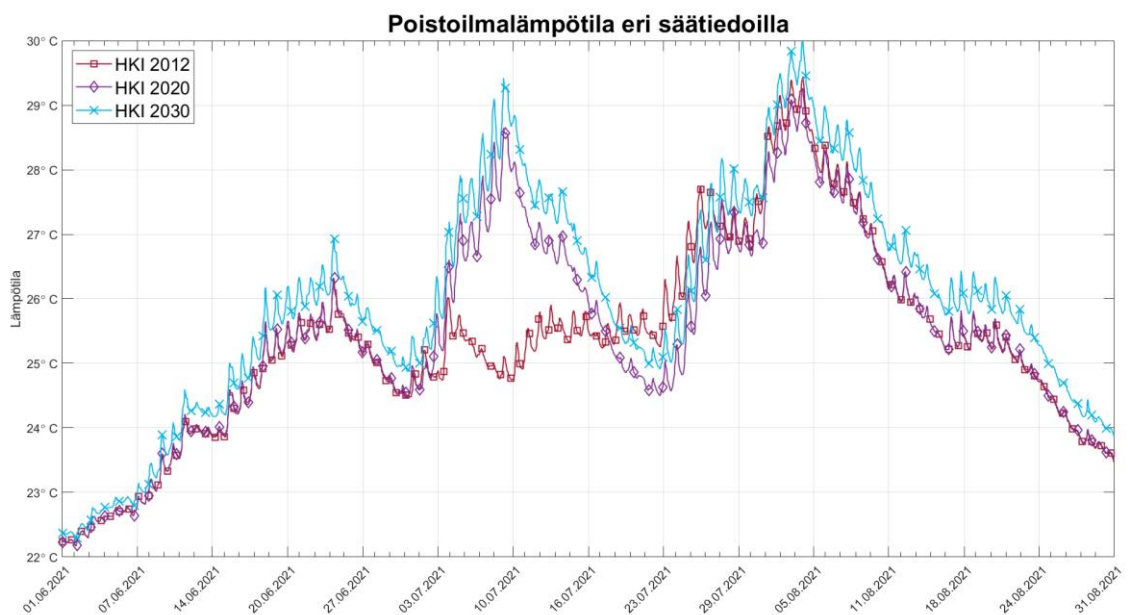
7.2 Energiasää 2020 ja 2030 vaikutus lopputuloksiin

Edellisen kappaleen laskentatapaus 1 a laskettiin sekä energiasäällä 2020 että 2030. Tulokista voidaan havaita, että energiaselvityksen asetuntisumma ei kasva käytettäessä energiasäättä 2020. Tosin siinä hellejaksoja on vuoden 2012 säähän verrattuna useampia, joten huippulämpö jakautuvat useammalle jaksolle.

Energiasää 2030 taasen kasvattaa huomattavasti asetuntisummaa.



Kuva 2: Astetuntisumma eri säätiedoilla

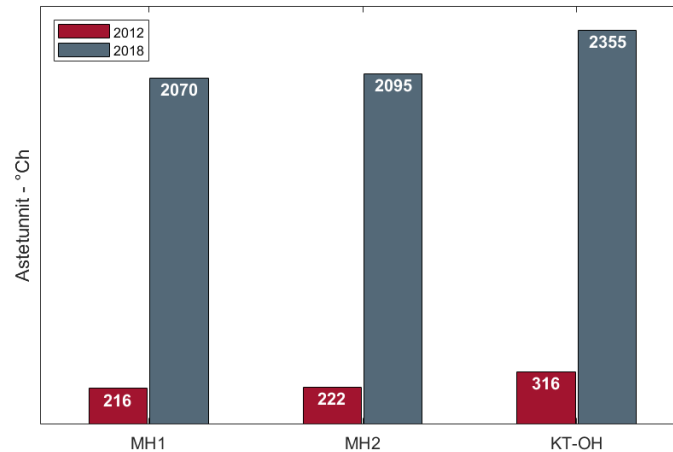


Kuva 3: Esimerkki poistoilmalämpötila eri säätiedoilla

7.2.1 Energiatohokkuustarkastelu 2018 säätiedoilla

Energiatohokkuustarkastelu tehtiin myös Helsingin toteutuneilla vuoden 2018 säätiedoilla.

Alla olevasta taulukosta voidaan havaita, että kohdassa 7.1 esitetyn laskentatapauksen 1a astetuntisummat kymmenkertaistuvat makuuhuoneiden osalta ja olohuoneen osalta kasvattaa yli 2000 °Ch eri säätiedoilla.



Kuva 4: Asetutuntisumma Helsinki TRY 2012:lla ja 2018 säätiedoilla

7.3 Sisäilmastomääräysten mukainen tarkastelu

Laskennallinen tarkastelu on tehty samaan kerrostalohuoneistoon, kun energiatehokkuuden tarkastelu. Sisäilmastotarkastelun lähtökohta on 1a tapaus (ks. 7.1). Tärkein ero on se, että sisäiset lämpökuormat eivät ole enää vakioita, mutta käytetään kuormitusprofiilia. Mikäli rakennus olisi sijainnut muualla kuin Espoossa, niin sijaintina olisi tullut käyttää rakennuksen oikeaa sijaintia, kun taas energiamääräysten mukainen tarkastelu tehdään aina säävyöhykkeen I tiedoilla.

Laskennan perusteella tuloilman jäähdyttäminen ei takaa hankkeelle asetettujen tavoitteiden täyttymistä, joten tilajäähdytys lisättiin olohuoneeseen. Mallissa asennetaan 3 paneelia, joiden kokonaisteho on 593 W lämpötilatasoilla $T_{huone}/T_{meno}/T_{paluu}$ 25/15/18°C. Mitoitusteho valittiin kappale 6.1.1.:n mukaisesti asetusarvon ollessa +23 °C. Lisäksi laitteen menovedenlämpötila on säädetty kastepistesäädön mukaan.

Määräysten mukaisuuden lisäksi tarkastellaan myös muita hankkeelle asetettuja tavoitteita:

Huonelämpötila	ilmanlämpötila, joka mittausravon mukana ohjataan jäähdytystehoa
Operatiivinen lämpötila	lämpötila, joka vaikuttaa ihmisten lämpöviihtyvyyteen. Ilman lämpötilan lisäksi pintojen lämpötilat vaikuttavat operatiiviseen lämpötilaan.
Suhteellinen kosteus	ilmansuhteellinen kosteussisältö, vaikuttaa lämpöviihtyvyyteen ja kastepisteeseen
CO ₂	ilman hiilidioksidipitoisuus vaikuttaa ilman laadun aistimukseen
Päivänvalo	huoneen valaistusvoimakkuuden suhdetta ulkotilan valaistusvoimakkuuteen [%]

Laskennan esimerkkiraportti on esitetty liitteessä 3.

7.3.1 Sisäilmastotarkastelu 2018 säätiedoilla

Sisäilmastotarkastelu tehtiin myös vuoden 2018 Helsingin toteutuneilla säätiedoilla.

Huoneiston jäähdytysteho oli laskettu ja laitevalinta oli suoritettu niin, että huonelämpötilan maksimiarvo oli +25 °C vuoden 2012 säällä laskettuna. Jotta saavutetaan sama maksimilämpötila vuoden 2018 toteutuneilla säätiedoilla, niin kolmen paneeli asemesta tarvitaan viisi paneelia eli paneelipinta-ala kasvaa 66 %:ia.

8 Yhteenveto

Tässä oppaassa on laadittu yhteen kerrostalohuoneistoon sekä energiamääräysten mukaisuuden osoittamiseen tarkoitettu tarkastelu laskennallisesta kesäaikaisesta huonelämpötilasta että sisäilmasto määräysten mukainen tarkastelu. Laadituissa esimerkkitarkasteluista käy ilmi, että ne eivät ole toisiaan poissulkevia. Energiamääräysten mukaisuus osoittaminen kesän sisälämpötilojen osalta ohjaa suunnittelun perusratkaisuja siihen suutaan, että myöhemässä vaiheessa tehtävä sisäilmastosuunnittelu on perusratkaisuiltaan hyvällä tasolla ja sisäilmastotavoitteet ovat saavutettavissa esimerkiksi kohtuullisilla jäähdytystehoilla. Energiamääräysten täyttäminen ei takaa sitä, että sisäilmastomääräysten taso saavutetaan.

Sisäilmasto-olosuhteiden määräysten mukaisuus tulee osittaa tilojen suunnitellun käytön mukaisilla lähtöarvoilla. Asuinrakentamisessa tämä voi olla haasteellista, kun ei ole yleisesti soveltuvia lähtöarvoja, vaan se syntyy aina hanke ja suunnittelija kohtaisesti. Eli tämän oppaan kirjoittamisajankohtana ei ole tiedossa yleisesti käytössä olevia tilakohtaisia lämpökuormien arvoja suunniteltuun käyttöön. Tässä ohjeessa on esitetty kirjoittajien arvio esimerkkihuoneiston osalta ja esitettyjä arvoja ei tule käsitellä yleisinä lähtöarvoina.

Lämpökuormien osalta voidaan kilpitehojen ja oman käyttäytymisen perusteella tehdä arvio lämpökuormista, mutta kosteuskuormien osalta arvioiminen on vielä haasteellisempaa. Laskenta tehtävien helpottamiseksi yleinen ja avoin tietokanta asumisen lämpö- ja kosteuskuormien lähtöarvoista olisi tarpeen.

Ilmatieteenlaitoksen luoman 2020 energialaskennan sää ei esimerkkilaskennan perusteella näyttäisi vaikuttavan energiamääräysten astetuntisummaan, mutta kuitenkin tuottava muute korkeampia sisälämpötiloja.

Yleisesti käytetty ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin mitoituksessa käytetty ulkoilman entalpian mitoitusarvo 57 kJ/kg näyttäisi olevan liian matala viime vuosien mitattuihin arvoihin nähden. Tähän on tulossa lisävalaistusta Aalto yliopiston RAMI-hankkeesta.

Asuinrakennuksissa, jos käytetään tilajäähdytyksessä kondensoimattomia järjestelmiä, kastepistesäädön vaikutus huonelaiteiden tehoon on huomattava. Esimerkkikohteessa vaikka kosteuskuormina oli mallinnettu vain ihmiset, niin kastepistesäätö rajoitti paneeli menoveden lämpötilaa yli 15 % ajasta kesä-elokuusta, nousten aina 18 °C:een. Tämä tulisi huomioida paneelin valinnassa.

Asuinrakentamisessa jäähdytyksen terminologian käyttö on huojuvaa ja asiakasrajapintaan liian teknistä. Liitteeseen 4 on koottu käytettyä terminologiaa sekä ehdotettu viilennyksen ja jäähdytyksen kansantajuisia määritelmiä asiakasrajapintaan.

Lähdeluettelo

- [1] Ympäristöministeriö, ”D3 laskentaopas - Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen,” Ympäristöministeriö, Helsinki, 2012.
- [2] V. Kollanus, ”Viime kesän helleaalto lisäsi ikääntyneiden kuolleisuutta – helteisiin on hyvä varautua ajoissa,” 27 3 2019. [Online]. Available: <https://thl.fi/fi/-/viime-kesan-helleaalto-lisasi-ikaantyneiden-kuolleisuutta-helteisiin-on-hyva-varautua-ajoissa>.
- [3] Talotekniikkateollisuus, ”Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, päivitetty 11.6.2021,” [Online]. Available: <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>.
- [4] Espoon kaupunki, [Online]. Available: <https://kartat.espoo.fi/IMS/fi/Map>.
- [5] ASHARE, 2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals, Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc, 2013.
- [6] Ilmatieteen laitos, ”Havaintojen lataus,” [Online]. Available: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>.

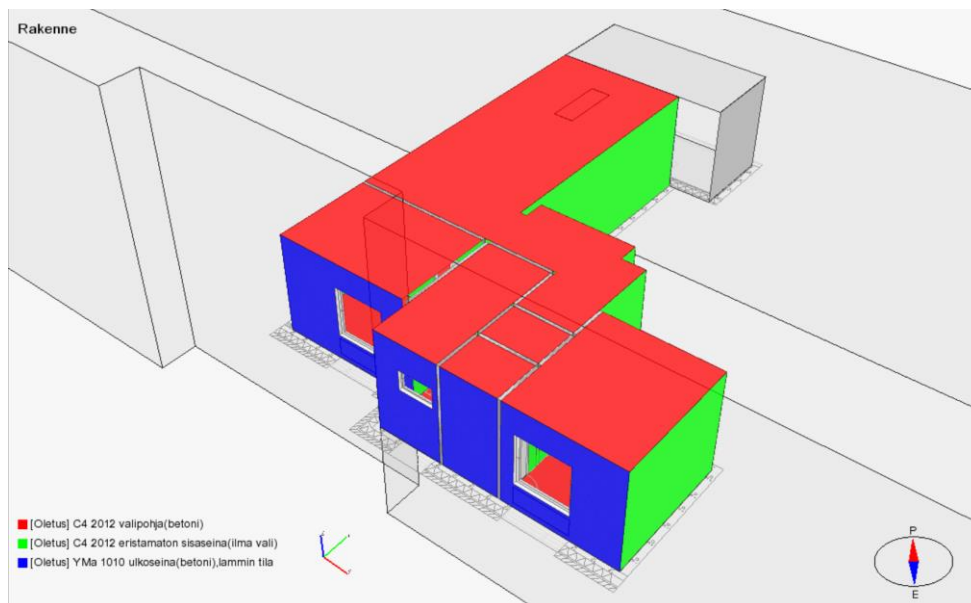
Liite 1 1010/2017 - laskennan esimerkkiraportti

Tausta

Tämä projekti tarkoituksena on osoittaa, että asuinkerrostalon (osoite Kirkkokatu 1) suunnitteluratkaisut täyttävät rakennusluvan energiaselvitykseen kuuluvan kesän sisälämpötilatarkastelulle asetetut vaatimukset. Tarkastelu on tehty IDA ICE 4.8 ohjelmistolla

Rakenteet

Mallissa käytetyt rakenteet on esitetty alla olevassa kuvassa.



Laskelmissa käytettiin rakenteille seuraavia U-arvoja:

- Ulkoseinät 0,17 W/m²K
- Ulkokatto 0,09 W/m²K
- Alapohja 0,17 W/m²K

Huonelämpötilatarkasteluun vaikuttavat rakenteet on mallinnettu rakennesuunnitelmien mukaisesti.

Esimerkkinä alla olevassa taulukossa on esitetty mallissa olevat rakenteet, niiden kerroksen paksuudet ja materiaalit. Kerrokset on esitetty sisäpinnasta ulkopintaan.

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000
Betoni	0,1	2	2400	1000
Mineraalivilla	0,252	0,045	50	1030
Betoni	0,1	2	2400	1000
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Kipsilevy	0,013	0,21	700	1000
Ilma	0,07	0,39	1,2	1006
Kipsilevy	0,013	0,21	700	1000

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Pintamateriaali	0,005	0,17	1200	1400
Kevytbetoni	0,02	0,135	500	1000
Betoni	0,15	2	2400	1000

Ikkunat ja niiden lasitus

Rakennuksen ikkunoissa on käytetty alla olevassa taulukossa esitettyjä lasituksen teknisiä arvoja.

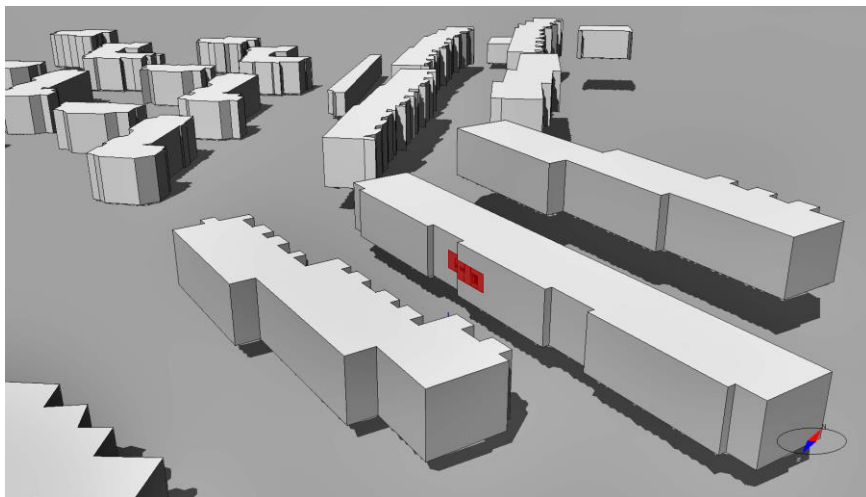
Lasituksen arvot

Lasitus	U-arvo W/m ² K	g-arvo	ST	LT
1a	1,0	32	28	55

Karmiosuus. Ikkunan karmiosuus on asetettu jokaiselle ikkunalle erikseen.

Auringonsuojaus. Ikkunoissa on sälekaihtimet ulompien lasien välissä, ja ne ovat ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti aina alhaalla, kuitenkin säleet 45°:teen kulmassa. Parvekeovissa on sisäpuoliset kaihtimet.

Ulkopuoliset, varjoja luovat elementit kuten parvekkeet ja viereiset rakennukset, on otettu suunnitelmien mukaisesti huomioon.



Vuotoilmamäärä

Rakennus on kolmikerroksinen, näin ollen q_{50} -luku jaetaan 15, jotta saadaan vuotoilmamäärä ulkovaipan pinta-alaa kohden. Sisään syötetty vuotoilmamäärä vastaa q_{50} -lukua $2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Sisäiset kuormat

Mallissa asetetut sisäiset kuormat ovat ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 mukaiset.

Käyttötarkoi- tusluokka	Kellonaika	Käyttöaika		Käyttöaste -	Valaistus W/m ²	Kuluttaja- laitteet W/m ²	Ihmiset W/m ²
		h/24 h	d/7 d				
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	Valaistus 0,1 Muut 0,6	9	4	3

Ilmanvaihto

Tilojen poisto- ja tuloilmamäärät ovat asetettu ilmanvaihtosuunnitelmien mukaiseksi, kuten ympäristöministeriön asetuksessa määrätään.

Vyöhyke	Järjestelmä	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
		l/s	l/s
MH 1	VIV	12,0	0,0
MH 2	VIV	12,0	0,0
KT-OH	VIV	15,0	10,0
VH	VIV	0,0	6,0
KPH	VIV	0,0	15,0
WC	VIV	0,0	8,0

Tuloilman minimilämpötila on asetettu 17°C:een ja puhaltimessa tuloilma lämpenee noin 1°C:tta. IV-koneessa on jäähdytyspatteri. Ilmanvaihdossa on mahdollista tehostaa 30 %, mutta ei ole käytössä tässä tarkastelussa. Lähtöarvot ovat asetuksen mukaiset.

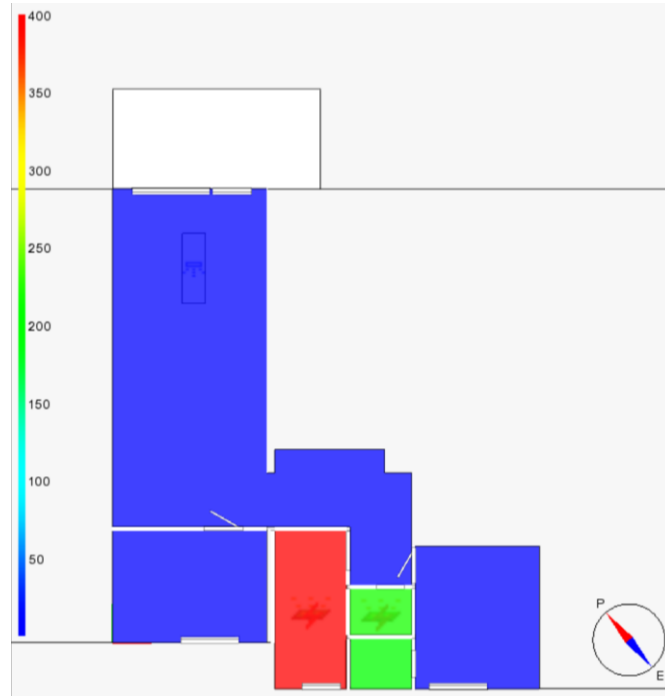
Huonelaitteet

Huonelaitteet on asetettu LVI-suunnitelmien mukaan. Alla olevassa taulukossa esitetään huonelaitteet ja sen nimellisteho.

Vyöhyke	Jäähdytyspaneeli		
	Lkm	W	Paneelin koko
KT-OH	1	166 (25/18/15 °C)	595 x 2990 mm

Astetuntisumma

Edellä mainituilla lähtöarvoilla kaikki asuintilat alittavat 150°C_h rajan, kun laskenta-aikana on 1.6.- 31.8. ja astetuntisumman rajana on käytetty +27 °C:tta, kuten ympäristöministeriön asetuksessa ohjeistetaan kerrostalojen osalta.



Yhteenveto

Edelle esitetyn mukaan suunnitteluratkaisut täyttävät rakennusluvan edellytyksenä olevan energiaselvityksen kesän sisälämpötilatarkastelulle asetetut astetuntisummavaatimukset.

Liite 2 1010/2017 - Lähtötiedot ja tulokset

1010/2017 KESÄAJAN HUONELÄMPÖTILALASKELMA

RAKENNUKSEN TIEDOT

Rakennuskohde	Esimerkki jäädytetty rakennus
Osoite	Kirkkokatu 1
Käyttötarkoitukseluokka	Asuinkerrostalo
Tekijä	
Päivämäärä	
Laskentatyökalu	

LASKELMAN LÄHTÖTIEDOT

Kuvaus: Arkkitehtipiirustukset DD.MM.YYYY

Tarkasteltavat tilat:	Kerros	02	-	Asunto	00
MH 1	MH 2	OH			

SISÄISET LÄMPÖKUORMAT

Kellonaika	Käyttöaika	Käyttöaste	Valaistus	Laitteet	Ihmiset
-	h/24h d/7d	-	W/m ²	W/m ²	W/m ²
00:00-24:00	24 7	Valaistus 0,1 Muut 0,6	9	4	3

RAKENNE

Rakennetyypit Päivitetty DD.MM.YYYY

Ikkunat

	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus
	W/m ² K	-	-	-	%
Ikkuna 1	1,0	32	55	28	20
...

Ovet Makuuhuoneiden väliovet auki ma-su 24 h, muut ovet suljettu

Auringonsuojaus Sälekaihtimet uloimpien lasien välissä, parveke, muut rakennukset

TALOTEKNIikka

Ilmanvaihtojärjestelmä

	Kohteessa on huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä			
	Ilmavirta	Tehostus	Sisäänpuhalluslämpötila	Lämmöntalteenotto
	l/s	%	°C	
Käyttöaika	+39/-39	30	18	Kesällä kiinni
Poissaolo	-			

Lämmitysjärjestelmä

Vesiradiaattorilämmitys, kiinni kesäjaksolla

Sähköinen mukavuuslattialämmitys on kiinni kesällä ja kohteessa ei ole käytövesipattereita.

Jäädytysjärjestelmä

Jäädytyspatteri ilmanvaihtokoneessa;
jäädytyspaneeli olohuoneessa - 166 W, mitat: 595 x 2990 mm

Muut järjestelmät

Ei muita tilaan vaikuttavia järjestelmiä

1010/2017 KESÄAJAN HUONELÄMPÖTILALASKELMA

RAKENNUKSEN TIEDOT

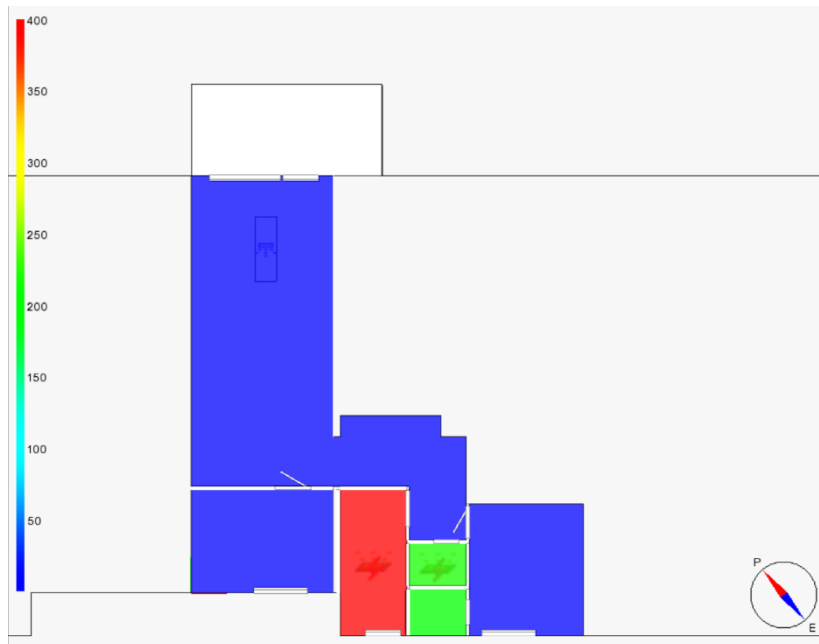
Rakennuskohde: Esimerkki jäähdytetty rakennus
Osoite: Kirkkokatu 1
Käyttötarkoituksluokka: Asuinkerrostalo

LASKELMAN TULOKSET

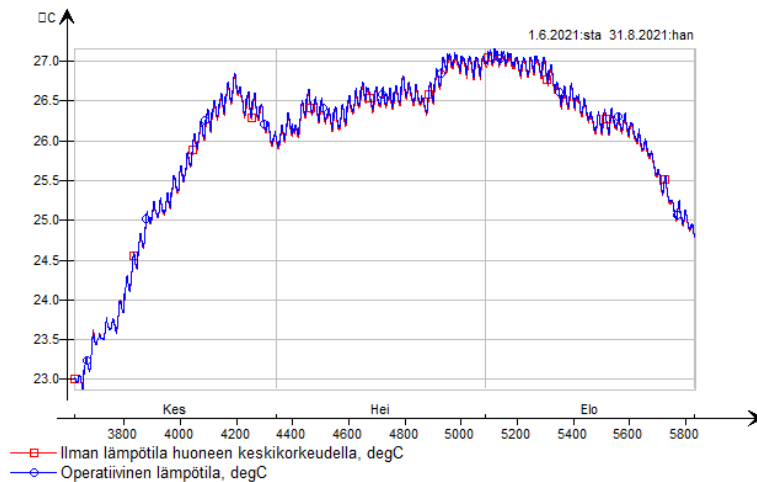
Kesäajan huonelämpötilan jäähdytysrajan astetuntiyllitys

Tarkasteltu tila		MH 1	MH 2	KT-OH
Astetunnit	°Ch	0,0	0,0	0,0
Raja-arvo 150°Ch		Alittuu	Alittuu	Alittuu

Kuva laskentamallista



Kuva kesäajan huonelämpötiloista



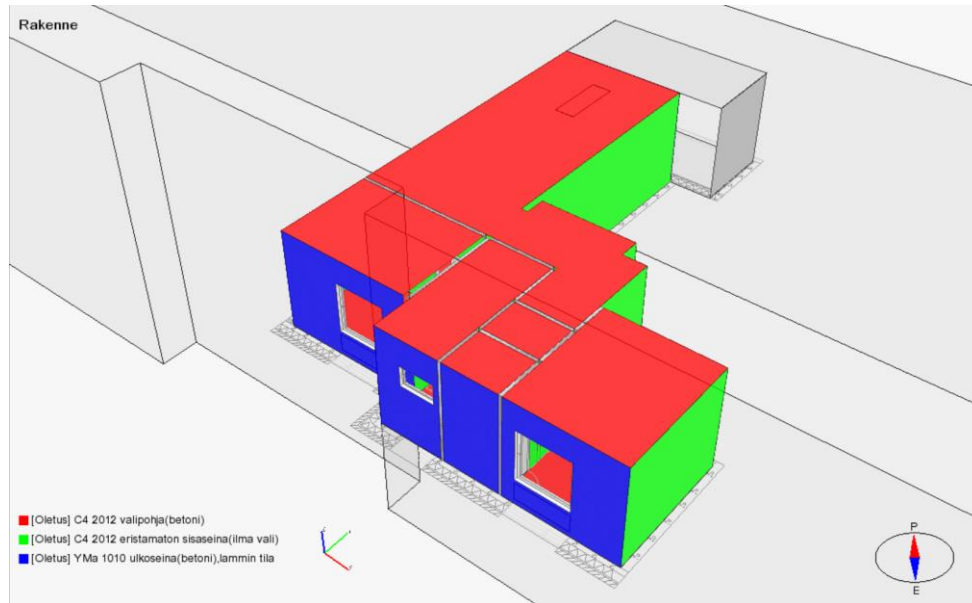
Liite 3 1009/2017 - laskennan esimerkkiraportti

Tausta

Tämä projekti tarkoituksena on osoittaa, että asuinkerrostalon (osoite Kirkkokatu 1) suunnitteluratkaisut täyttävät ympäristöministeriön 1009/2017 asetuksen asettamat vaatimukset kestänsälämpötilahallinnan osalta. Tarkastelu on tehty IDA ICE 4.8 ohjelmistolla.

Rakenteet

Mallissa käytetyt rakenteet on esitetty alla olevassa kuvassa.



Laskelmissa käytettiin rakenteille seuraavia U-arvoja:

- Ulkoseinät 0,17 W/m²K
- Ulkokatto 0,09 W/m²K
- Alapohja 0,17 W/m²K

Huonelämpötilatarkasteluun vaikuttavat rakenteet on mallinnettu rakennesuunnitelmien mukaisesti.

Esimerkkinä alla olevassa taulukossa on esitetty mallissa olevat rakenteet, niiden kerroksen paksuudet ja materiaalit. Kerrokset on esitetty sisäpinnasta ulkopintaan.

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000
Betoni	0,1	2	2400	1000
Mineraalivilla	0,252	0,045	50	1030
Betoni	0,1	2	2400	1000
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000
Betoni	0,1	2	2400	1000
Mineraalivilla	0,252	0,045	50	1030
Betoni	0,1	2	2400	1000
Rappauslaasti	0,01	1	1800	1000

Kerros	Paksuus [m]	Lämmönjohtavuus [W/m K]	Tiheys [kg/m ³]	Ominaislämpökapasiteetti [J/kg K]
Pintamateriaali	0,005	0,17	1200	1400
Kevytbetoni	0,02	0,135	500	1000
Betoni	0,15	2	2400	1000

Ikkunat ja niiden lasitus

Rakennuksen ikkunoissa on käytetty alla olevassa taulukossa esitettyjä lasituksen tekniset arvoja.

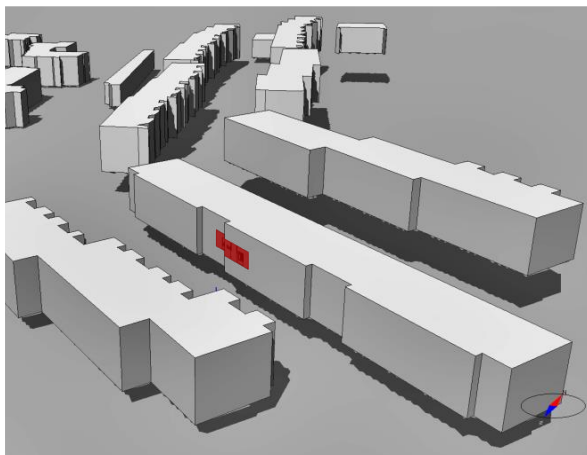
Lasituksen arvot

Lasitus	U-arvo W/m ² K	g-arvo	ST	LT
1a	1,0	32	28	55

Karmiosuus. Ikkunan karmiosuus on asetettu jokaiselle ikkunalle erikseen.

Auringonsuojaus. Ikkunoissa on sälekaihtimet ulompien lasien välissä, ja ne ovat ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti aina alhaalla, kuitenkin säleet 45°:een kulmassa. Parvekeovissa on sisäpuoliset kaihtimet

Ulkopuoliset, varjoja luovat elementit kuten parvekkeet ja viereiset rakennukset, on otettu suunnitelmien mukaisesti huomioon.



Vuotoilmamäärä

Rakennus on kolmikerroksinen, näin ollen q_{50} -luku jaetaan 15, jotta saadaan vuotoilmamäärä ulkovaipan pinta-alaa kohden. Sisään syötetty vuotoilmamäärä vastaa q_{50} -lukua $2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Sisäiset kuormat

Sisäiset kuormat on mallinnettu edustamaan realistista tilojen käyttöä ja ne on määritelty huoneittain. Tässä esimerkissä on kolme asukkaita, joista yksi työskentelee kotona ma-pe. Mallissa käytetään henkilön lämmönluovutuksena 125 W (1,2 Met, kehon pinta-ala $1,8 \text{ m}^2$).

Valaisteho on arvioitu nykyisten energiatehokkaiden valaistusratkaisujen mukaisesti.

Mallissa käytetty laitteet ovat yleiset asuinhuoneiston kuluttajalaitteet, esimerkiksi keittiössä on mm. liesi ja jääkaappi.

Seuraavissa kohdissa esitetään huoneittain käytetyt lämpökuormat.

Vaatehuoneessa ja WC:ssa kuormia ei oteta huomioon.

Makuuhuone

Makuuhuoneet ovat käytössä yöaikana. Niiden ovet ovat kiinni samalla ajalla. Valaistus on päällä aamulla ja pari tuntia illalla. Makuuhuoneissa ei ole laitteita.

MH 1					
Lämpökuormat					
	Lkm.	Teho		Aikataulu	
		W			
Ihmiset	2	125	ark vkl	22:00-07:30 22:00-09:00	*yksi ihminen herää 30 min ennen kuin toinen
Valaistus	1	4		07:00-08:00, 21:00-23:00	
Laitteet	-	-		-	

MH 2					
Lämpökuormat					
	Lkm.	Teho		Aikataulu	
		W			
Ihmiset	1	125	ark vkl	22:00-07:00 22:00-09:00	
Valaistus	1	4		07:00-08:00, 21:00-23:00	
Laitteet	-	-		-	

Olohuone

Tässä huoneessa on yksi ihminen, joka työskentelee kotona, ma-pe 08:00-17:00. Kun otetaan huomioon, että olohuone on myös ruokailuhuone, kaikki asukkaat ovat paikalla päivällisen aikana. Huone on käytössä jatkuvasti 22:seen asti. Valaistus on päällä aamulla ja illalla. Laitteet ovat TV sekä tietokone ja sen näyttö.

OH					
Lämpökuormat					
	Lkm.	Teho		Aikataulu	
		W			
Ihmiset	1	125	ark vkl	08:00-17:00, 19:00-22:00 12:00-13:00, 19:00-22:00	*yksi ihminen työskentelee kotona ma-pe ja lounastauko klo 11:00-12:00
	2	125	ark vkl	19:00-22:00 12:00-13:00, 19:00-22:00	
Valaistus	3	4,4	ark vkl	07:00-08:00, 19:00-22:00 08:00-09:00, 19:00-22:00	
Laitteet					
TV	1	80		19:00-22:00	
PC+näyttö	1	130		08:00-17:00	ma-pe

Keittiö

Tila on käytössä ruokailujen aikana.

KT					
Lämpökuormat					
	Lkm.	Teho		Aikataulu	
		W			
Ihmiset	1	125	ark vkl	07:30-08:00, 11:00-12:00, 18:00-19:00 08:00-09:00, 11:00-12:00, 18:00-19:00	
	2	125	ark vkl	07:30-08:00 09:00-10:00	
Valaistus	3	4		07:00-08:00, 11:00-12:00, 18:00-21:00 08:00-09:00, 11:00-12:00, 19:00-22:00	
Laitteet					

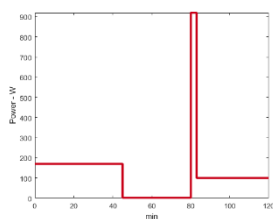
Liesi 1 6500

11:00-11:30, 18:00-19:00

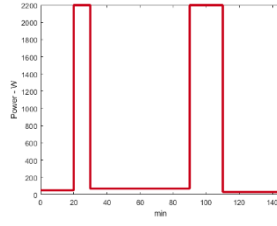
Vain 35% tehosta tulee huoneeseen lämpökuormaksi

JK/PK 1 920

joka toinen tunti



AP 1 2200



Päälle neljä kertaa viikossa, 50% tehosta tulee huoneeseen lämpökuormaksi

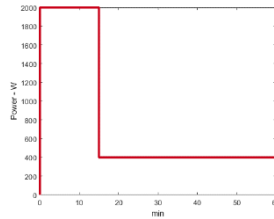
Kylpyhuone

KPH

Lämpökuormat

	Lkm.	Teho W		Aikataulu
Ihmiset	1	125	ark vkl	07:00-07:30, 18:30-19:00 08:30-09:00, 18:30-19:00
Valaistus	1	4	ark vkl	07:00-07:30, 18:30-19:00 08:30-09:00, 18:30-19:00
Laitteet				
PPK 1	1	2000		
KR	-	-	-	-

Vain 35% tehosta tulee huoneeseen lämpökuormaksi



ke, la, su – esim. pikapesuohjelma

Ilmanvaihto

Tilojen poisto- ja tuloilmamäärät ovat asetettu ilmanvaihtosuunnitelmien mukaiseksi.

Vyöhyke	Järjestelmä	Tuloilmavirta	
		l/s	Poistoilmavirta l/s
MH 1	VIV	12,0	0,0
MH 2	VIV	12,0	0,0
KT-OH	VIV	15,0	10,0
VH	VIV	0,0	6,0
KPH	VIV	0,0	15,0
WC	VIV	0,0	8,0

Tuloilman minimilämpötila on asetettu 17°C:een ja puhaltimessa tuloilma lämpenee noin 1°C:tta. IV-koneessa on jäähdytyspatterit. Ilmanvaihtoa on mahdollista tehostaa 30 %. Lähtöarvot ovat asetuksen mukaiset.

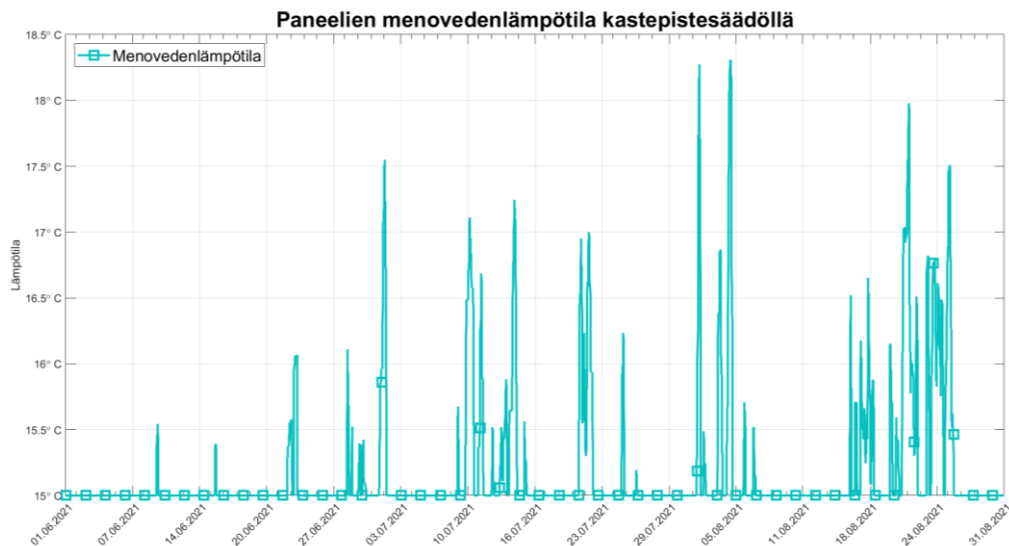
Huonelaitteet

Huonelaitteet on asetettu LVI-suunnitelmien mukaan. Alla olevassa taulukossa esitetään huonelaitteet ja sen mitoitus-teho.

Vyöhyke	Jäähdytyspaneeli		
	Lkm.	W	Mitat
KT-OH	3	593 (25/15/18°C)	595 x 2990 mm

Kastepisteen säätö

Laitteen menovedenlämpötila vaihtelee kastepisteen säädön mukaan. Säädön minimilämpötila on asetettu 15°C:seen.



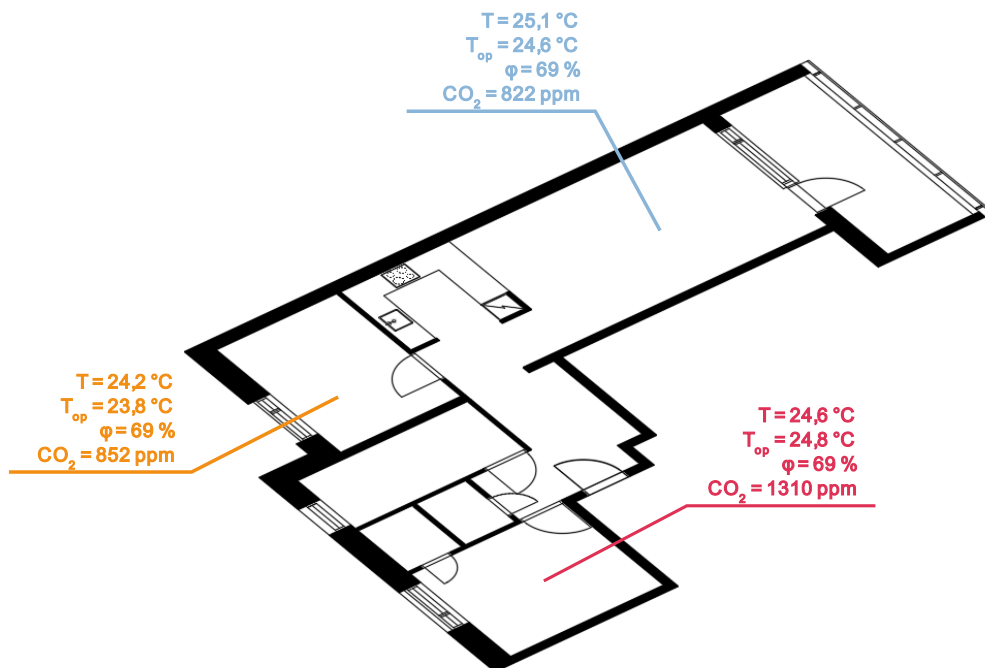
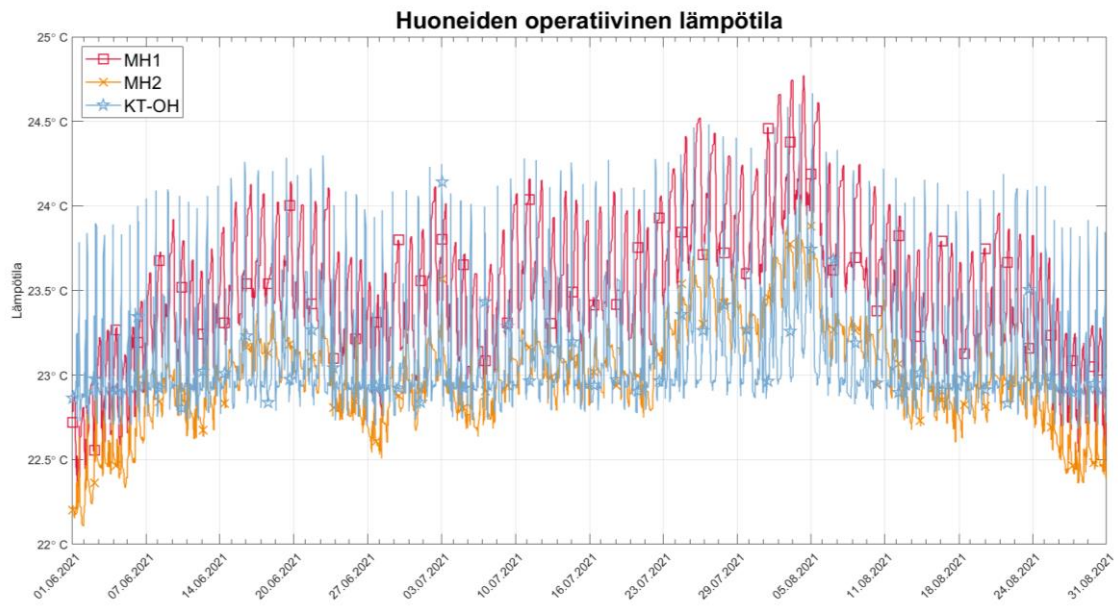
Kuva 5: Menovedenlämpötila vaihtelu kastepisteen säädön mukaan

Tulokset

Lämpötilat ja sisäilman laatu

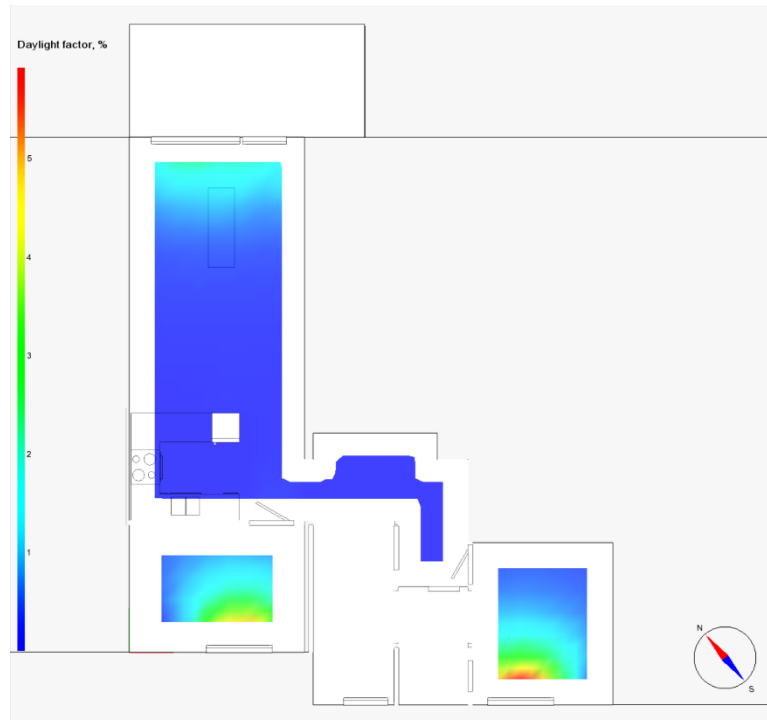
Alla olevassa taulukossa eri huonetilojen ilman, operatiivisen lämpötilan, ilman hiilidioksidipitoisuuden ja suhteellisen kosteuden maksimiarvot.

Tila		MH1	MH2	KT-OH
Huone lämpötila	°C	24,6	24,2	25,1
Operatiivinen lämpötila	°C	24,8	23,8	24,7
Suhteellinen kosteus (φ)	%	69	69	69
CO ₂	ppm	1310	852	822



Päivänvalokerroin

Huoneiston päivänvalokerroin on laskettu alla olevan kuvan mukaisesti, jossa on otettu huomioon myös keittiön kiintokalusteet. Hankkeelle oli asetettu tavoite, että asuinhuoneiden mediaani päivänvalokerroin oleskeluvyöhykkeellä on 0,8 %:ia.



Päivänvalokerroin [%]				
Tila	Mediaani	Keskiarvo	Min	Maks
MH1	0,95	1,56	0,46	5,94
MH2	1,18	1,66	0,33	4,86
KT-OH	0,13	0,16	0,03	0,94

Laskentatuloksien mukaan keittiö-olohuonetilassa mediaaniarvo ei täyty.

Yhteenveto

Laskelmien perusteella laskennan kohteena ollut asuinkerrostalohuoneisto täyttää sisäilmas-
tolle asetetut määräystasot sekä muut hankkeelle asetetut tavoitetasot, paitsi olohuoneen
keskimääräisen päivänvalokertoimen osalta.

Liite 4 Sopimus ja markkinointiviestintä

Asuntojen talotekniikkajärjestelmissä puhutaan oleskelutilojen kohdalla usein sekä jäähdytyksestä että viilennyksestä. Kyseessä ei kuitenkaan ole aivan sama asia. Alla Talotekniikkainfon ratkaisut -osiossa käytetyt määritelmät.

Oleskelutilojen jäähdytyksellä tarkoitetaan järjestelmää, jolla asunnon sisälämpötila saadaan pidettyä haluttuna lähes kaikissa olosuhteissa.

Oleskelutilojen viilennyksellä tarkoitetaan pienitehoisempaa järjestelmää, jolla sisäilman lämpötilan nousua pyritään rajoittamaan tuloilman lämpötilaa laskemalla tai muilla viilennysjärjestelmillä. Suurten auringolta suojaamattomien ikkunoiden, muiden asunnon sisäisten lämmönlähteiden tai korkean ulkolämpötilan aiheuttamaa sisäilman lämpötilan nousua ei voida kokonaan estää. Viilennys kohentaa kuitenkin asumismukavuutta leikkaamalla suurimmat lämpötilannousut ja mahdollisesti poistamalla sisäilmasta kosteutta.

Peukalosääntöjä

Alla olevassa luettelossa on vertailtu erilaisten jäähdytys- ja viilennysratkaisujen tehokkuutta ja suoran auringonpaisteen aiheuttamaa lämpökuormaa. Lukemat ovat parhaimmillaankin vain suuntaa antavia ja tarkoitettu hahmottamaan jäädytystehon tarvetta joko viilennyksen tai jäähdytykseen. Täsmällisiä jäähdytystehon arvoja on mahdotonta esittää myös siksi, että jäähdytysteho on verrannollinen jäähdyttävän pinnan ja jäähdytettävän huoneen lämpötilaerosta. Hyvin lämpimässä huoneessa tietyn jäähdytyslämpötilan tuoma teho on suurempi kuin vähemmän lämpimässä huoneessa.

- Suoran auringonpaisteen lämpökuorma kohtisuoraan aurinkoon päin olevalle tasolle voi keskipäivällä olla yli 900 W/m^2 , josta ikkunan läpi asuntoon tuleva määrä vaihtelee ikkunoiden suuntauksen, ikkunoiden pinta-alan, ikkunoiden ja rakennuksen auringonsuojaominaisuuksien sekä ympäristön varjostusten mukaan.*
- Auringon lämmittävä vaikutus voi olla useita kymmeniä watteja lattianeliötä kohti tai jopa lähellä 100 W/m^2 ilman passiivisia auringonsuojaratkaisuja*
- Lattiaviilennyksen jäähdytysteho voi olla $20 - 40 \text{ W/m}^2$. Tehoa rajoittavat se, kuinka kylmältä lattia tuntuu, ja se, kuinka kylmä lattiassa kiertävä putki voi olla ilman riskiä jäähdytysputken pinnalle tapahtuvasta kosteuden tiivistymisestä.*
- Ilmanvaihdon viilennyksessä voidaan jäähdytetyn tuloilman mukana tuoda jäähdytystehoa noin 10 W/(litra/s) . Esimerkiksi kahden hengen makuuhuoneen mitoitusilmavirtana käytetty 12 ltr/s ilmavirta voisi tuoda jäähdytystehoa noin 120 W . Jos makuuhuoneen mitat ovat 3×4 metriä olisi viilennyksen jäähdytysteho pinta-alaa kohti ilmaistuna noin 10 W/m^2 .*
- Ilmavirtaa voidaan ilmanvaihdon viilennyksessä kasvattaa jäähdytystehon lisäämiseksi niin, että ilmanvaihdon kautta tuotava viilennyksen jäähdytysteho voi olla luokkaa $10 \dots 20 \text{ W/m}^2$. Ilmavirran kasvattaminen on huomioitava kanavien ja päätelaitteiden mitoituksessa.*
- Pelkästään tai ensisijaisesti jäähdytykseen tarkoitettujen jäähdytyslaitteiden (ilma-ilma-lämpöpumput, ILPit) avulla jäähdytystehoa voidaan saada enemmän. Tavallisimman kokoluokan ilmalämpöpumppu tuottaa jäähdytystehoa noin 2500 W ja siitä seuraavaksi suurempi kokoluokka on noin 3500 W . Jäähdytysteho ilmoitetaan monesti BTU-yksiköinä, jolloin jäähdytystehot ovat vastaavasti 9 BTU ja 12 BTU .*
- Lisää peukalosääntöjä jäähdytyksen mitoittamiseen on esitetty RTS ohjekortissa 50-10910 Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinrakennuksessa. Kortista saa käsityksen tarvittavasta jäähdytystehosta myös muita asuinrakennuksia ajatellen.*
- Peukalosääntöjen sijasta kesäajan lämpötilojen tarkastelu on tehtävä muissa asuintaloissa kuin erillistaloissa ja rivitaloissa laskennallisesti osana rakennuksen suunnittelua, mutta siihen kannattaa kiinnittää huomiota asumismukavuuden vuoksi, vaikka määräykset eivät sitä vaatisikaan.*

Yllä olevaa tekstiä on pidetty asiakasrajapintaan liian teknisenä. Oppaassa on päädytty seuraaviin kuvauksiin:

Viilennyksellä tarkoitetaan, että asuintiloihin tulevaa ilmaa jäähdytetään ilmanvaihtokoneessa tyypillisesti +16...18 °C:een ja tällä saavutetaan muutamia asteita alhaisempi kesän maksimihuonelämpötila kuin ilman viilennystä.

Jäähdytyksellä tarkoitetaan, että asuintiloihin tulevaa ilmaa jäähdytetään ilmanvaihtokoneessa tyypillisesti +16 ..18 °C:een ja myös huonetilassa tai-tiloissa on jäähdytyslaitteita. Järjestelmä on mitoitettu niin, että huonelämpötila ei ylitä +27 °C:tta, jos huoneistossa asuu enintään suunniteltu henkilömäärä, huoneistossa ei ole huomattavasti mitoituserusteista isompia sisäisiä lämpökuormia, ikkunoiden kaihtimet on pidetty alhaalla ja sääolosuhteet eivät ylitä pitkäaikaisesti sovittua mitoitustilannetta.

Liite 5 Eri parametrien vaikutus kesäsisälämpötilaan

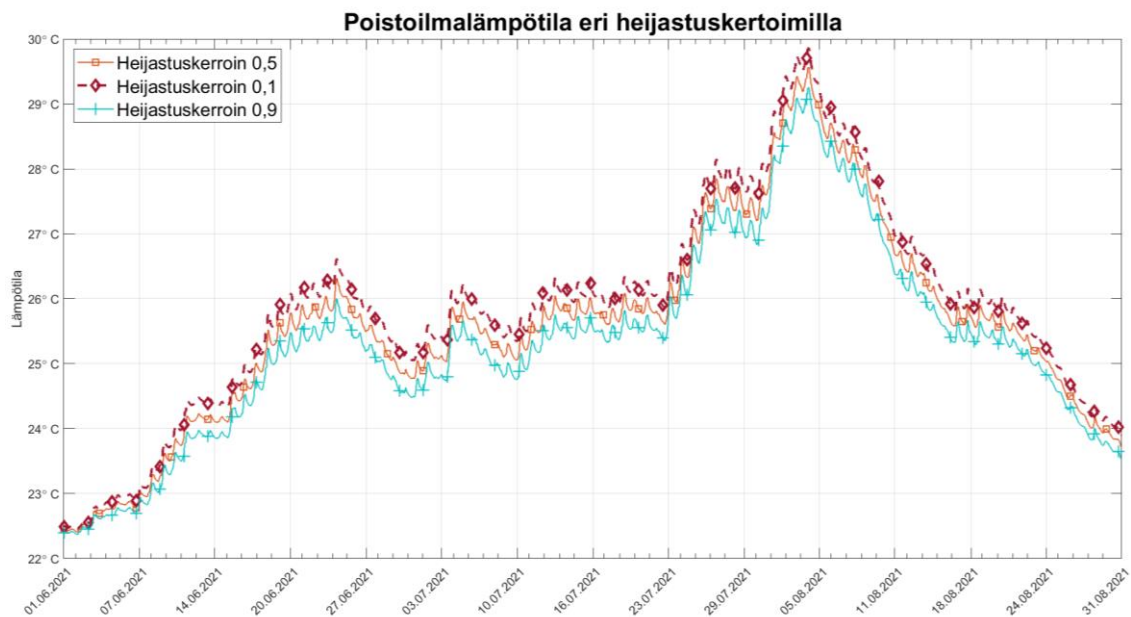
Tässä liitteessä esitetään muutamien parametrien vaikutusta esimerkkikohteen kesän sisälämpötilan astetuntisummaan.

Heijastuskertoimet

Kuva 6 on esitetty kesäajan ilmanvaihdon poistoilmalämpötilat kolmella eri ulkoseinän absorptiokertoimella. Jos seinän ulkopinta on punatiiltä (absorptiokerroin 0,9 eli heijastuskerroin 0,1), niin keittiölohuoneen astetuntisumma absorptiokertoimeen 0,5 verrattuna kasvaa $315,5^{\circ}\text{Ch}$:sta $406,7^{\circ}\text{Ch}$ ja kolmen kesäkuukauden poistoilman keskilämpötila nousee $25,6^{\circ}\text{C}$:sta $25,86^{\circ}\text{C}$:een.

Vastaavat lukuarvot absorptiokertoimella 0,1 (eli heijastuskerroin 0,9) ovat 236°Ch ja $25,34^{\circ}\text{C}$.

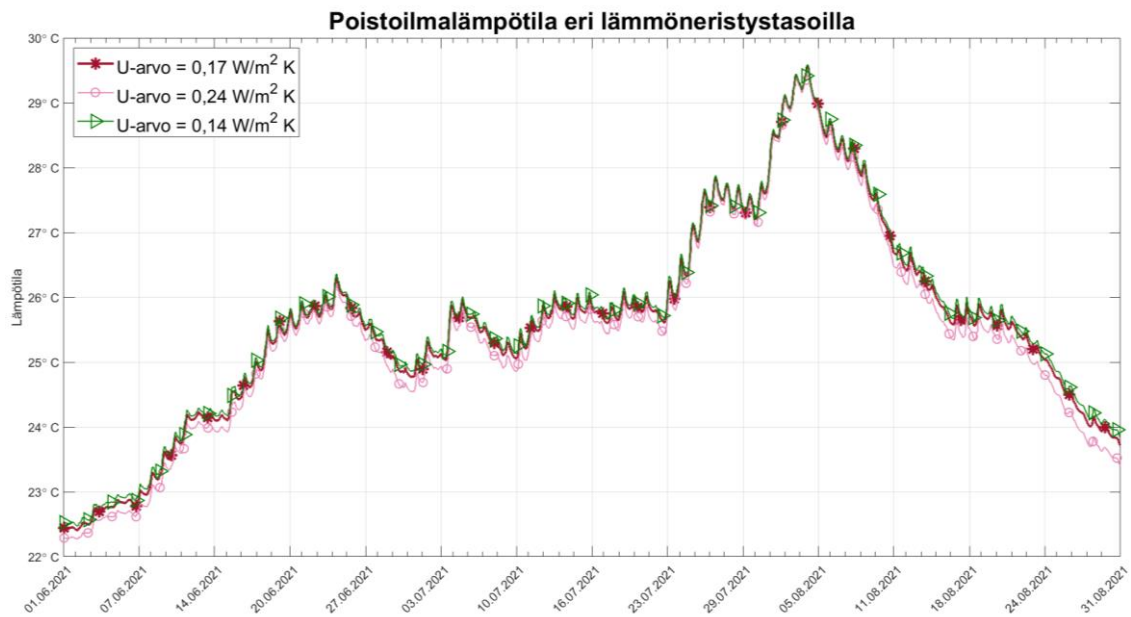
Ulkoseinän absorptiokerroin voidaan siis laskelmissa ottaa huomioon, mutta sen vaikutus ei ole suuri verrattuna muihin kesän sisälämpötilan hallintaa vaikuttaviin tekijöihin, kuten esimerkiksi ikkunalasituksella ja ikkunan aurinkosuojauksella.



Kuva 6: Eri heijastuskertoimet vaikutus poistoilmalämpötilaan

Eri U-arvoja

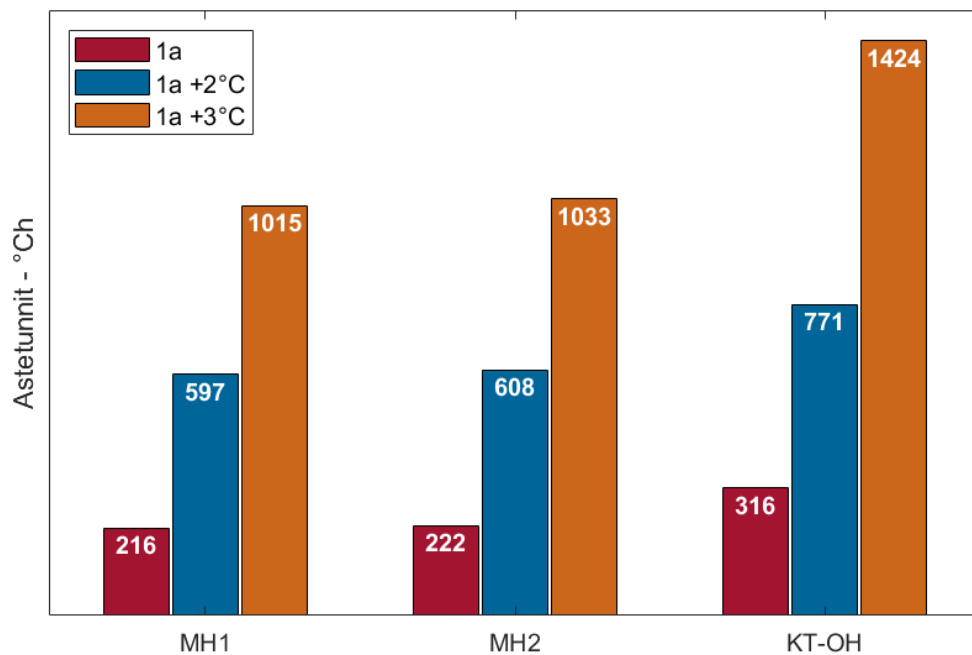
Alla olevassa kuvasta voidaan havaita, että ulkoseinän U-arvolla ei ole suurta vaikutusta poistoilman lämpötilaan.



Kuva 7: Rakenteiden massivisuudet vaikutus poistoilmalämpötilaan

Tuloilmalämpeneminen kanavistossa

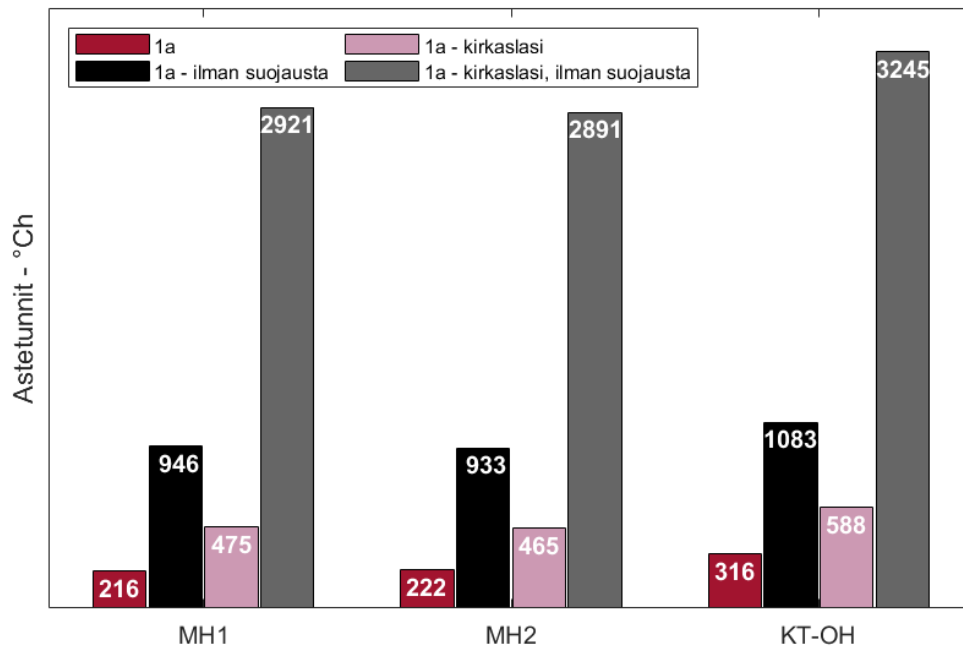
Alla olevassa kuvassa on esitetty tilanne, jossa tuloilma lämpenee kanavistossa. Näin saattaa käydä, jos eristämättömät ilmanvaihtokanavat kulkevat samassa tilassa esimerkiksi lämpimänkäyttöveden kiertojohtojen kanssa taikka alaslasketussa katossa, johon on upotettu valaisimia. Joissain tehdyissä mittauksissa ulkoilman ja huoneisiin tulevan tuloilman lämpötilaero on ollut jopa +5 °C. Laskentatulosten perusteella tähän tulee kiinnittää erityistä huomiota.



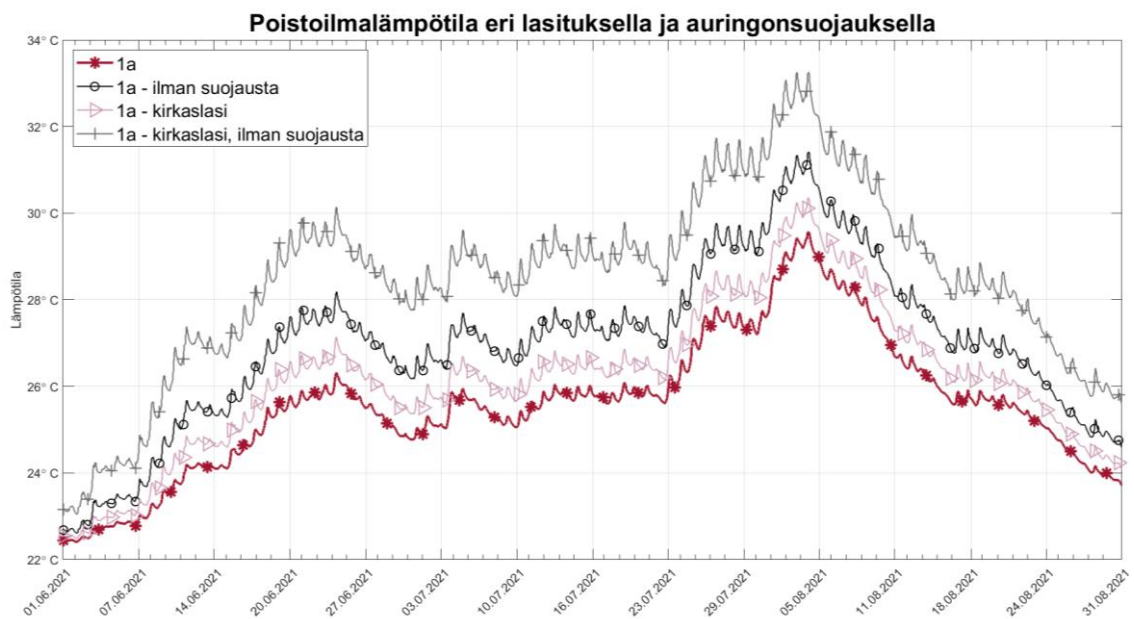
Kuva 8: Kanavistossa tuloilmalämpenemisen vaikutus astetuntisummaan

Auringonsuojaus ja lasitustyyppi

Ikkunan aurinkosuojauksella ja sen lasitustyypillä on huomattava astetuntisummaan. Tästä syystä asukkaan oikealla toiminnalla on merkittävä vaikutus myös toteutuneisiin sisälämpötiloihin.



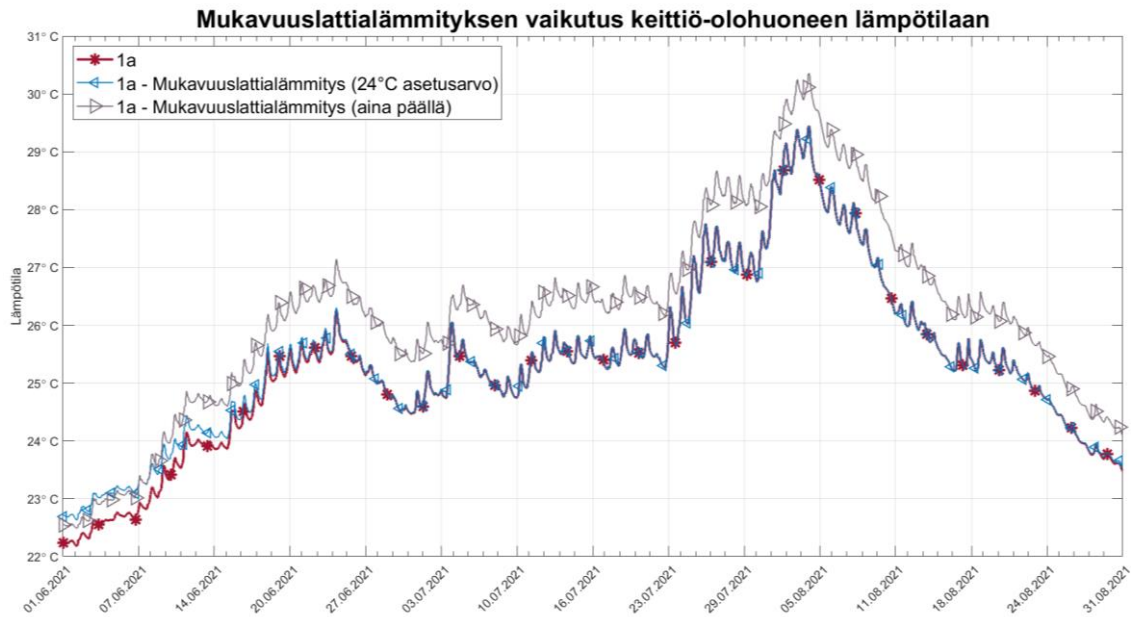
Kuva 9: Auringonsuojausten ja lasitustyyppin vaikutus astetuntisummaan



Kuva 10: Auringonsuojausten ja lasitustyyppin vaikutus poistoilmalämpötilaan

Mukavuuslattialämmitys

Alla olevassa kuvassa on esitetty mukavuuslattialämmityksen vaikutus olohuoneen lämpötilaan, kun pesuhuoneen lattialämmityksen asetusarvona on käytetty +24 °C ja kun on aina päällä, tehon ollessa 10 W/m².



Kuva 11: Mukavuuslattialämmityksen vaikutus poistoilmalämpötilaan