

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuja artikkeleita](#)

Kesäajan huonelämpötilojen hallinta

Kimmo Liljeström, diplomi-insinööri
Yksikön johtaja, Optiplan Oy
kimmo.liljestrom@optiplan.fi

Mika Vuolle, tekniikan lisensiaatti
Toimitusjohtaja, EQUA Simulation Finland Oy
mika.vuolle@equa.fi

Tässä artikkelissa esitetään huonetilojen kesän yllä-
lämpötilojen merkitystä, hallintakeinoja sekä mal-
lilaskelmia, joilla osoitetaan suunnitteluratkaisun
määräystenmukaisuus.

1 Kesäajan huonelämpötilojen merkitys

Kesäajan huoneilman lämpötila vaikuttaa viihtyvyy-
teen ja terveyteen aiheuttamalla mm. yöunen mää-
rän ja laadun, työviihtyvyyden ja motivaation
sekä suorituskyvyn heikentymistä. Ääritilanteissa
huoneilman korkea lämpötila voi aiheuttaa läm-
pö sairauksia, kuten lämpöpyörtemistä, lämpö-
kramppeja, lämpöuupumista ja lämpöhalvausta.
Suurimmassa terveysvaarassa ovat vanhuksat sekä
henkilöt, joilla on jokin sairaus tai lämmönsietoky-
kyä heikentävä lääkitys.

Usein ajatellaan, että tilojen yllälämpeneminen ei
ole Suomessa merkittävä ongelma mm. kesän hel-
lejaksojen lyhytkestoisuuden takia. Esimerkiksi asu-
misterveysohje sallii ulkoilman lämpimyydestä joh-
tuvan huonelämpötilan nousun [1]. Asukkaiden
reklamaatiot uusien asuntojen yllälämpenemisestä
ovat viime aikoina kuitenkin kasvaneet. Tämä on
seurausta toisaalta asukkaiden vaatimustason ja
tietoisuuden kasvusta, mutta myös sisäisten lämpö-
kuormien kasvusta (sähkölaitteet) sekä rakennus-
vaipan lisäeristämisestä ja paremmasta ilmanpitä-
vyydestä.

Työpaikoilla, joissa on riittämätön ilmastointi, ti-
lojen yllälämpeneminen on arkipäivää, mikä on huo-
mioitu työsuojelussa. Ilman lämpötilan ylittäessä
+28 °C on ryhdyttävä keventämään työtä ja lyhen-
tämään altistusaikaa kuumuudelle. Ilman lämpötilan
nousesta yli +33 °C:n on ryhdyttävä erityisiin
työsuojelutoimiin [5]. Uusissa toimisto- ja liikera-
kennuksissa yllälämpeneminen on harvoin merkit-
tävä ongelma, koska niissä on lähes poikkeuksetta
jäähdytysjärjestelmä. Yllälämpenemistä tapahtuu lä-
hinnä yksittäisissä tiloissa, joissa jäähdytys on alimi-
toitettu tai sen toimivuudessa on puutteita. Yllälämp-
penemistä yleisempi ongelma kesällä on veto, joka
aiheuttaa paikallista epäviihtyisyyttä.

2 Huonelämpötilojen hallinta

2.1 Kesäajan sisälämpötilojen hallinnalle asetettuja vaatimuksia

Kesän sisälämpötilojen hallinnan suunnittelulle on
asetettu erinäisiä vaatimuksia rakentamismääräys-
kokoelmassa [3, 4] sekä toteutuneille sisälämpötiloi-
lle asumisterveysohjeessa [1] ja työsuojelussa [5].
Hankkeille asetetaan usein edellä mainittuja vaati-
muksia parempia tavoitetasoja esimerkiksi sisäil-
mastoluokituksella [2].

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa
D3 [4] on esitetty kesäajan huonelämpötilalle vaa-
timuksia, joiden tarkoituksena on estää energia-
tehokkuuden parantaminen sisäolosuhteiden
kustannuksella. Määräyskokoelman osassa D3 vaa-
ditulla tarkastellulla osoitetaan rakennuslupavai-
heessa suunnitteluratkaisun kesäajan laskennal-
linen huonelämpötilojen vaatimustenmukaisuus
tilojen standardikäytöllä ja -säällä. Laskennallinen
tarkastelu päivitetään toteutuksen muutoksilla
kohteen valmistumisen yhteydessä osana energia-
selvitystä.

Kesäajan huonelämpötilalle on esitetty vaatimuk-
sia myös Suomen rakentamismääräyskokoelman
osassa D2 [3], jolla luodaan edellytykset tavanomai-
sissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle,
turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle. Määräysko-
kelman osassa D2 viitataan rakennuksen suunnit-
teluvaiheessa arvioituun käyttöön.

2.2 Huonelämpötilan hallinnan periaatteet

Tilojen kesäajan yllälämpenemiseen vaikuttavat
merkittävimmin auringon säteilyenergia ja raken-
nuksessa tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvat läm-
pökuormat. Auringon säteilyenergian haitallista
vaikutusta voidaan vähentää rakennuksen muodol-
la ja rakenteellisilla varjostuksilla, ikkuna-aukotus-
ten suuntauksella, koolla ja lasilaadulla sekä muilla
auringonsuojauksineilla. Kunkin tilan käyttötar-
koituksen mukaisen käytön aiheuttamat lämpö-
kuormat hallitaan riittävällä ulkoilmavirralla ja tar-
vittaessa aktiivisilla jäähdytysratkaisuilla.

Aurinkosuojauksessa voidaan hyödyntää arkkiteh-
tonisen perusratkaisun elementtejä, kuten räys-
täitä ja parvekkeita, oikein sijoitettua kasvillisuutta
sekä erillisiä sisä- tai ulkopuolisia säleikköjä, luukku-
ja, lippoja, markiiseja, sälekaihtimia ja verhoja. Ulko-

puoliset suojausratkaisut ovat sisäpuolisia suojausratkaisuja tehokkaampia.

Myös lasituksen valinnalla (auringonsäteilyn kokonais- ja suora läpäisy) on suuri merkitys auringonsuojauksessa, mutta pelkällä lasilla ei yleensä päästä haluttuun suojaustasoon. Usein vaaditaan myös muita suojauskeinoja. Auringonsuojauksen säädeltävyyttä lisää käyttäjän vaikutusmahdollisuuksia sekä voi toimia arkkitehtonisena julkisivusuunnittelun keinona.

Mikäli kohteessa mahdollisilla auringonsuojaukskeinoilla ei saavuteta kesäajan lämpötilavaatimusta, on harkittava aktiivista jäähdytysratkaisua auringonsuojauksen lisäksi. Aktiivista jäähdytystä ei kuitenkaan saa käyttää ainoana ratkaisuna lämpötilavaatimusten täyttämiseksi.

Kesäajan huonelämpötilaan vaikuttavat auringon lämpökuorman lisäksi rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvat lämpökuormat (valaistus, laitteet ja käyttäjät). Rakentamismääräyksissä [3] on annettu sisäisille lämpökuormille rakennuksen käyttötarkoitukseen perustuvat standardiarvot (lämpökuorman suuruus, käyttöaika ja käyttöaste), joilla asetetun kesäajan huonelämpötilavaatimusten tulee laskennallisesti täyttyä.

Sisäilmastosuunnittelussa tulee varmistaa, että tilakohtainen suunniteltu lämpöviihtyvyys täyttyy standardiarvojen lisäksi myös kunkin tilan suunnitellun käytön osalta. Tilan suunnitellut lämpökuormat, käyttöajat ja käyttöasteet voivat poiketa merkittävästi rakennustyyppien standardiarvoista. Aina kun mahdollista, tiedot tulee varmistaa tilan tulevalta loppukäyttäjältä.

2.3 Huonelämpötilan vaatimusten täyttymisen ehdot

Jotta kesäajan huonelämpötilan ehdot täyttyvät, tulee osoittaa laskennallisesti dynaamisella laskentatyökalulla, että kesäajan huonelämpötila ei ylitä tilatyypin jäähdytysrajan arvoa yli 150 astetuntia 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana [4]. Jäähdytysrajan arvo määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Laskennassa tulee käyttää vakioituja säätietoja ja sisäisiä lämpökuormia. Laskelmassa huomioidaan kuitenkin kohteeseen suunnitellut ilmamäärät sekä passiiviset ja käyttökäsitteet lämpötilan hallintakeinot.

Lämpötilalaskelmat tehdään tilatyypeille ja huoneille, joissa on suurin riski ylikuumenemiselle. Tällaisia ovat esimerkiksi etelä- tai länsijulkisivujen tilat taikka pienet asunnot ja suurilla lasipinnoilla varustetut tilat.

Asuin kerrostaloissa osoitetaan huonelämpötilan tavoitetason täyttäminen lämpötilalaskelmin vähintään yhdelle lämpökuormiltaan suurimmalle makuuhuoneelle ja olohuoneelle. Muissa raken-

nuksissa tehdään lämpötilalaskennat tyyppitiloille, esimerkiksi toimistohuoneelle, avotoimistotilalle, neuvottelu huoneelle, opetustilalle, valitsemalla tilatyypin edustajaksi edellä mainittuja ominaisuuksia vastaava tila.

On huomattava, että vaatimus koskee standardoidun käytön ja ulkoilmaolosuhteiden mukaisia lämpötilalaskelmia, joilla osoitetaan kohteen kesäajan huonelämpötilojen vaatimuksen mukaisuus. Tämä tarkastelu ei välttämättä riitä varmistamaan rakentamismääräyskokoelman osan D2 [3] kesäajan lämpötilavaatimuksen täyttymistä. Suunnittelun käyttötarkoituksen käyttöajan viihtyvyyden varmistamiseksi tulee tilojen lämpöolosuhteita tarkastella rakennustyyppien standardoidun käytön lisäksi myös tyyppitilojen suunnitellun käytön perusteella.

2.4 Huonelämpötilan laskeminen

Kesäajan huonelämpötilan laskeminen tulee suorittaa dynaamisella laskentatyökalulla [4]. Laskelmissa tulee huomioida rakennuksen todellinen muoto, rakenteet, talotekniikka sekä sisäiset lämpökuormat. Laskennassa huomioitavia asioita on kuvattu taulukossa 1.

Kohteen lämpötilatarkasteluissa tulee huomioida rakennuksen muoto. Lähtötietona laskelmissa on mahdollista käyttää arkkitehdin tilamallia. Laskennan suorittamiseksi mallissa tulee olla ainakin tarkasteltavien tilojen ikkuna- ja oviaukotukset. Lisäksi tarkasteltavan tilan ulkopuoliset varjostavat rakenteet ja kasvillisuus voidaan huomioida (esim. parvekkeet, säleiköt ja puut). Kriittisten tilojen tarkastelussa tulisi mallintaa myös niitä ympäröivät tilat, jos ne vaikuttavat tilan kesän lämpöolosuhteisiin, kuten esimerkiksi asunnon muutt tilat, kaksoikkorakennuksen asunnon molemmat kerrokset, porashuone tai atrium. On myös huomattava, että asuinrakennuksissa kriittiset makuu- ja olohuoneet eivät välttämättä ole samassa asunnossa.

Lämpötilatarkasteluissa tulee huomioida rakenteiden ominaisuudet ja rakennuksen tiiviyden suunnittelu arvo. Rakenteiden ominaisuuksia ovat suunnitelmien mukaiset rakenne-, ovi- ja ikkunatyyppit sekä niiden ominaisuudet (lämmönläpäisykerroin U-arvo, aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo sekä karmin osuus ikkuna-aukosta). Oviraakenteissa myös oven lasitus tulee mallintaa ja huomioida siten myös ovilasin läpi tuleva auringon lämpökuorma tarkasteltavaan tilaan. Laskelmissa on mahdollista huomioida lasin todellinen sijainti seinärakenteissa.

Määräysten mukaisuutta osoitettaessa rakennuksen ulkovaipassa olevien avattavien rakenteiden (esimerkiksi tuuletussikkuna, ikkuna tai parveke-ovi) aukioloa ei saa huomioida ilmanvaihdon tehostustoimenpiteenä. Tilojen väliset ovet tai aukot

Taulukko 1. Laskennassa huomioitavia asioita.

Ominaisuudet

Muoto	Rakennuksen muoto, naapurirakennukset ja ulkoalueet, joilla on merkitystä tilan sisälämpötiloihin, huomioidaan suunnitteluratkaisun mukaisesti: – Huomioidaan rakennuksen monimuotoisuus ja rakenteellisten osien varjostus. – Parveke voidaan huomioida varjostavana tekijänä. Myös lasitetun parvekkeen kiinteät osat tulee huomioida. Lasitetun parvekkeen avattavat ikkunat voidaan pitää laskennassa täysin auki. – Kasvillisuus, ympäröivät rakennukset sekä muu ulkopuolinen suojaus tai varjostava tekijä voidaan huomioida laskelmissa.
Rakenne	Rakenteet huomioidaan suunnitteluratkaisun mukaisesti, samoin rakennuksen tiiviynen suunnitteluarvo. Tilojen väliset ovet ja aukot voidaan pitää auki, jos se tilan käyttötarkoituksen huomioon ottaen on mahdollista. Myös aukaistavat parvekelasit voidaan pitää auki.
Talotekniset järjestelmät	Talotekniset järjestelmät huomioidaan laskelmissa siten kuin ne on rakennukseen suunniteltu. Ilmanvaihdon tehostus voidaan huomioida siltä osin kuin käyttäjän äänivaatimukset täyttyvät. Tuloilman lämpeneminen ilmanvaihtojärjestelmässä tulee huomioida, että – puhaltimessa oletusarvo on +1 °C – eristämättömässä kanavistossa oletusarvo on +1 °C – eristetyssä kanavistossa oletusarvo on +0 °C – poikkeavia arvoja on mahdollista käyttää, mikäli arvoista esitetään erillisselvitys. Käyttövesipatteri, mukavuuslattialämmitys tai muu vastaava mahdollinen lämpökuorma kesäajaksella tulee huomioida, jos sitä on suunniteltu käytettävän.
Sisäiset lämpökuormat	Laskelmissa voidaan käyttää – rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia standardoituja sisäisiä lämpökuormia [4] – tilan suunnittelua käyttöä (käyttöprofiilia), kuitenkin siten, että suunnitellun käytön vuorokautinen lämpökuormataso on vähintään standardoidun käytön lämpökuormatasoa vastaava, mikä pitää osoittaa laskelmaraportissa.

voidaan pitää auki, jos se tilan käyttötarkoituksen huomioon ottaen on mahdollista tai järkevää lämpötilahallinnan kannalta. Tämä tasaa tilojen välisiä lämpötilaeroja.

Parvekkeen vaikutus sisäolosuhteisiin voidaan huomioida laskelmissa. Lasitetun parvekkeen lämpötila saattaa kesän hellepäivänä nousta korkeaksi parvekelasituksen ollessa kiinni. Tällöin parvekkeen korkea lämpötila vaikuttaa myös sen vieressä sijaitsevan tilan sisälämpötiloihin. Lasitetun parvekkeen kesälämpötilaan voidaan vaikuttaa esimerkiksi parvekelasituutuksella tai auringonsuojauratkaisuilla.

Lämpötilatarkasteluissa talotekniikka huomioidaan suunnittelien mukaisena. Tarkasteltaviin tiloihin tulee mallintaa suunnittelien mukainen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä sekä simuloinneissa huomioida myös talotekniikan suunniteltu säätö ja ohjaus.

Rakennukseen tulee lämpökuormia siellä tapahtuvasta toiminnasta, etenkin valaistuksesta ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta auringonsäteilystä. Lämpökuormat ja niiden hyödyntäminen lasketaan määräysten osassa D3 kuvatulla tavalla [4]. Sisäiset lämpökuormat on mahdollista huomioida joko rakennuksen käyttötarkoituksen

mukaisena standardikäyttönä tai suunniteltua käyttöä kuvaavana käyttöprofiilina vuorokaudessa, kuitenkin siten että lämpökuorma vuorokaudessa on esitettyä lämpökuormaa vastaava.

Standardidusta tai suunnitellusta käytöstä poikkeavia sisäisiä kuormia ei huomioida simuloinneissa. Laskelmissa ei huomioida asuinkeittiössä tapahtuvan ruuanlaiton tai asunotusalan heti valmiin kiukaan lämpökuormaa.

Sisäilmastosuunnittelussa on hyvä varmistaa, että suunnittelun käyttötarkoituksen käyttöajan lämpöviihtyvyys täyttyy standardiarvojen lisäksi myös kunkin tilan suunnitellun käytön osalta, jos se poikkeaa merkittävästi rakennuksen käyttötarkoituksen standardikäytöstä.

Aktiivisen jäähdytyksen mitoitusperusteissa on Suomen rakentamismääräyksissä otettu kantaa ainoastaan kesäkauden mitoittavien säätietojen osalta. Aktiivinen jäähdytysratkaisu on mahdollista mitoittaa usealla eri tavalla, minkä vuoksi mitoittamista laadittaessa tulee mitoitusperusteista sopia aina hankkeittain. Jäähdytyksen mitoituksessa tulee käyttää kohteen todellisia sisäisiä lämpökuormia ja laskelmissa tulee huomioida myös kosteuskuorma, jolloin laskentaperusteena käytetään henkilöiheyttä ja henkilöiden aktiviteettitasoa.

3 Esimerkkilaskelmia kesäajan huonelämpötiloista

Tässä esitetyt kesäajan huonelämpötilojen esimerkkilaskelmat on laadittu neljälle eri rakennustyyppille. Tarkasteltuja rakennustyyppejä ovat asuinkerrostalo, opetusrakennus, toimistorakennus sekä liikerakennus. Laskentaesimerkkien avulla esitetään, miten määräystenmukaisuus voidaan osoittaa ja miten rakennuksen standardoitu käyttö huomioidaan kesälämpötilatarkastelussa.

3.1 Asuinkerrostalo

Asuinkerrostaloissa osoitetaan huonelämpötilan tavoitetason täytyminen lämpötilalaskelmin vähintään yhdelle makuuhuoneelle ja olohuoneelle. Lämpötilalaskelmat tehdään makuu- ja olohuoneelle, joissa on eniten lämpökuormia. On huomattava, että tarkasteltavat tilat eivät välttämättä sijaitse samassa huoneistossa. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi etelä- tai länsijulkisivujen tilat taikka pienet asunnot, suurilla lasipinnoilla varustetut tilat ja suuren laitekuorman tilat. Tässä esimerkkitapauksessa lämpökuormiltaan suurimman makuuhuoneen ja olohuoneen on arvioitu olevan samassa rakennuksen lounaisnurkan huoneistossa (kuva 1).

Kohteelle haettiin ratkaisua, jonka avulla kesälämpötilalle asetettu vaatimus oli mahdollista täyttää. Tarkastelut laadittiin kolmelle eri vaihtoehdolle:

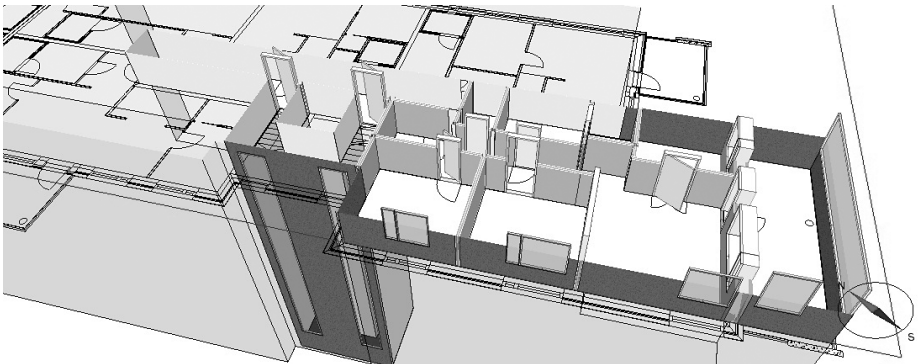
1. Kohteen alustava suunnitteluratkaisu, jossa ikkunoiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo on 0,55. Ikkunoissa ei ole auringonsuojausta kohteen rakenteellisten auringonsuojauksen, kuten parvekkeen, lisäksi. Ilmanvaihtoa ei ole mahdollista tehostaa. Tuloilmakanavistoa ei ole lämpöeristetty.
2. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunoihin lisätään sälekaihtimet ja ilmanvaihtoon tehostus (+30 %:n ilmamäärä) niin, että ilmanvaihdon aiheuttama äänitaso tehostusasennolla täyttää käyttöajan äänivaatimuksen.
3. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunat vaihdetaan auringonsuojaikkunoiksi, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo on enintään 0,38. Ikkunoihin lisätään myös sälekaihtimet ja ilmanvaihtoon tehostus (+30 %:n ilmamäärä) niin, että ilmanvaihdon aiheuttama äänitaso tehostusasennolla täyttää käyttöajan äänivaatimuksen.

Asuinkerrostalon tarkastelujen päätulos, kesäajaksolla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+27 °C) ylittävä astetuntimäärä, on esitetty taulukossa 2. Määräysten vaatimus ei yleensä johda asuinkerrostaloissa aktiiviseen jäähdytysratkaisuun, vaan passiiviset keinot ja ilmanvaihdon tehostaminen riittävät.

Laskennan tarkemmat lähtötiedot vaatimukset täyttävälle vaihtoehdolle 3 on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2. Asuintiloissa (olo- ja makuuhuone) kesäajaksolla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+27 °C) ylittävä astetuntimäärä °Ch, vaihtoehto 3 täyttää vaatimuksen.

Tarkasteltu tila	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Makuuhuone	2 929	207	74
Olohuone	5 415	262	96



Kuva 1. Asuinkerrostalon pohjapiirros sekä esimerkkilaskelman malli.

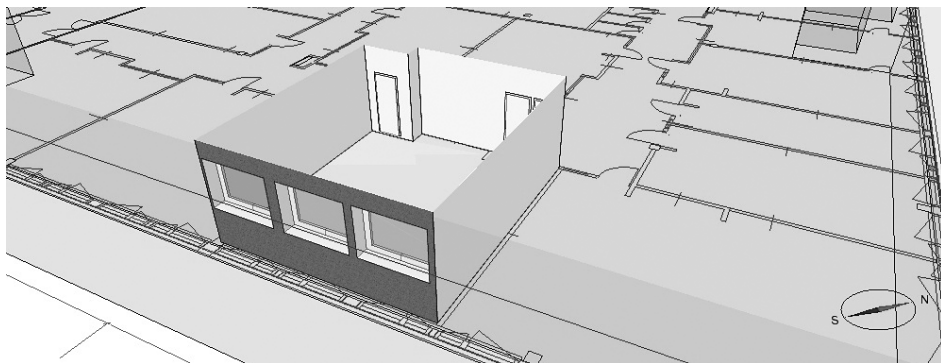
Taulukko 3. Asuintilojen tarkastelujen lähtötiedot: asuinkerrostalon määräykset täyttävä ratkaisu.

Asia	Lähtötieto
Ikkunan pinta-ala	Makuuhuone: 1,9 m ² Olohuone: 7,1 m ²
Ikkunan osuus tilan lattiapinnasta	Makuuhuone: 16,2 % Olohuone: 36,1 %
Ikkuna	U-arvo 1,0 W/m ² K, g-arvo 0,38, karmin suhde ikkuna-aukkoon 10 % (oletusarvo) Sälekaihtimet ikkunalasien välissä, sälekaihtimet kiinni 45°:n kulmassa, 100 % ikkuna-aukosta peitetty, käytössä koko kesäjakson. Tuuletusikkunat kiinni (ikkunatuuletusta ei voida huomioida kesäajan huonelämpötilan hallintakeinona).
Ovi	Makuuhuoneen väliovi auki koko kesäjakson. Parvekeovi kiinni (ovituuletusta ei voida huomioida kesäajan huonelämpötilan hallintakeinona).
Auringonsuojaus, parvekelasitus	Sälekaihtimien lisäksi rakennuksessa ei ole muuta auringonsuojausta käytössä, avattavat parvekelasit ovat auki. Varjostuksena on huomioitu rakennuksen muoto ja naapurirakennukset.
Talotekniikka	Kohteessa on asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä, ja asukkaalla on ilmanvaihdon tehostusmahdollisuus (+30 %). Ilmanvaihdon aiheuttama äänitaso tehostusasennolla täyttää käyttöajan äänivaatimuksen. Tuloilmakanavistoa ei ole lämpöeristetty, käytetty oletusarvoa tuloilman lämpenemistä +2 °C. Sähköinen mukavuuslattialämmitys on kiinni kesällä eikä kohteessa ole käyttövesipattereita. Asukasta opastetaan mukavuuslämmityksen kesäajan käytössä.
Sisäiset lämpökuormat	Huomioitu rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti [4].
Muuta	Tarkastelu laadittu dynaamisella laskentatyökalulla IDA ICE.

3.2 Opetusrakennus

Opetusrakennuksen kesän sisälämpötilan vaatimuksen täyttyminen esitetään vastaavasti kesäajaksolle, kuten muissakin rakennustyypeissä, vaikka kesäajaksolla opetusrakennus ei ole välttämättä käytössä. Opetusrakennuksessa tehdään lämpötilalaskennat tyyppitiloille, esimerkiksi luokkahuoneelle ja opettajienhuoneelle.

Lämpötilalaskelmat tehdään tiloille, joissa on eniten lämpökuormia. Tässä esimerkkitapauksessa lämpökuormiltaan kriittisimmäksi tilaksi on arvioitu eteläjulkisivun luokkahuone (kuva 2).



Kuva 2. Opetusrakennuksen pohjapiirros sekä esimerkkilaskelman laskentamalli.

Kohteelle haettiin ratkaisua, jonka avulla kesälämpötilalle asetettu vaatimus oli mahdollista täyttää. Tarkastelut laadittiin kolmelle eri vaihtoehdolle:

- 1. Kohteen alustava suunnitteluratkaisu, jossa ikkunoiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo on 0,55. Ikkunoissa ei ole auringonsuojausta kohteen rakenteellisten auringonsuojausten lisäksi. Tilassa on ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus niin, että ilmanvaihdon määrää ohjataan tarpeenmukaisesti tilan lämpötilan ja CO₂-pitoisuuden perusteella 1,0–3,0 l/s,m². Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty.
- 2. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunat vaihdetaan auringonsuojaikkunoiksi, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo on enintään 0,38. Ikkunoihin lisätään myös sälekaihtimet.

- 3. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunat vaihdetaan auringonsuojaikkunoiksi, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyn g-arvo on enintään 0,38. Ikkunoihin lisätään myös sälekaihtimet ja ilmanvaihto varustetaan yötuuleustoiminnolla. Lisäksi laskelmia varten on huomioitu ikkunarakenteen todellinen karmiosuus oletusarvon sijaan.

Opetusrakennuksen tarkastelujen päätulos, kesäajalla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä, on esitetty taulukossa 4. Määrausten vaatimus voidaan opetusrakennuksissa täyttää ilman aktiivista jäähdytysratkaisua, mutta se vaatii hyvää kokonaissuunnittelua.

Laskennan tarkemmat lähtötiedot vaatimukset täyttävälle vaihtoehdolle 3 on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4. Luokkahuoneessa kesäajalla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä °Ch, vaihtoehto 3 täyttää vaatimuksen.

Tarkasteltu tila	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Luokkahuone	5 720	1 075	147

Taulukko 5. Luokkahuoneen tarkastelujen lähtötiedot: opetusrakennuksen määräykset täyttävä ratkaisu.

Asia	Lähtötieto
Ikkunan pinta-ala	7,5 m ²
Ikkunan osuus tilan lattiapinnasta	15,5 %
Ikkuna	U-arvo 1,0 W/m ² K, g-arvo 0,38. Karmin todellinen suhde ikkuna-aukosta on laskettu: karmi-ala 0,89 m ² / ikkuna-ala 2,46 m ² = 36 %. Sälekaihtimet ikkunalasien välissä, sälekaihtimet kiinni 45°:n kulmassa, 100 % ikkuna-aukosta peitetty, käytössä koko kesäjakson. Tuuletusikkunat kiinni (ikkunatuuletusta ei voida huomioida kesäajan huonelämpötilan hallintakeinona).
Ovi	Väliovet kiinni koko kesäjakson.
Auringonsuojaus, parvekelasitus	Sälekaihtimien lisäksi rakennuksessa ei ole muuta auringonsuojausta käytössä. Varjostukseen on huomioitu rakennuksen muoto.
Talotekniikka	Kohteessa on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, ja tilassa on tarpeenmukainen ilmanvaihdon ohjaus. Ilmanvaihdon määrää ohjataan tilan lämpötilan ja CO ₂ -pitoisuuden perusteella 1,0–3,0 l/s,m ² . Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty, käytetty oletusarvoa tuloilman lämpenemisestä +1 °C.
Sisäiset lämpökuormat	Huomioitu rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti [4].
Muuta	Tarkastelu laadittu dynaamisella laskentatyökalulla IDA ICE.

3.3 Toimistorakennus

Toimistorakennuksen kesän sisälämpötilan vaatimuksen täyttyminen esitetään vastaavasti kesäjaksolle, kuten muissakin rakennustyypeissä. Toimistorakennuksessa tehdään lämpötilalaskennat tyypittiloille, esimerkiksi toimistohuoneelle ja neuvotteluhuoneelle. Lämpötilalaskemat tehdään tiloille, joissa on eniten lämpökuormia. Tässä esimerkitapauksessa lämpökuormiltaan kriittisimmäksi tilaksi arvioitiin eteläjulkisivun toimistohuone (kuva 3).

Kohteelle haettiin ratkaisua, jonka avulla kesälämpötilalle asetettu vaatimus oli mahdollista täyttää. Tarkastelut laadittiin kolmelle eri vaihtoehdolle:

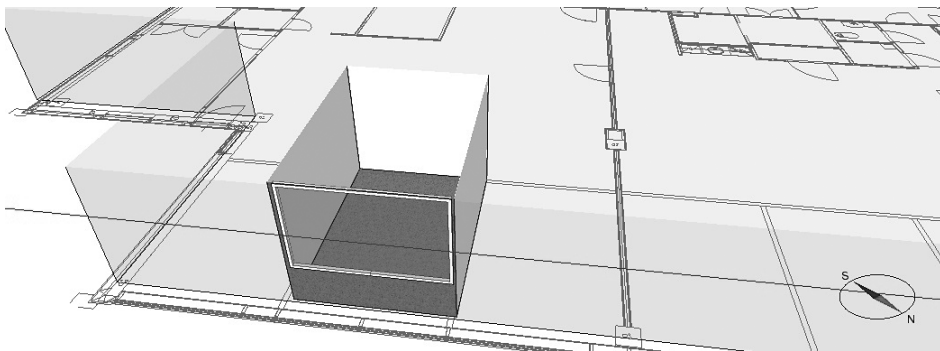
1. Kohteen alustava suunnitteluratkaisu, jossa ikkunoiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyyn g-arvo on 0,55. Ikkunoissa ei ole auringonsuojausta kohteen rakenteellisten auringonsuojausten lisäksi. Rakennuksessa ei ole aktiivista jäähdytystä. Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty.
2. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunat vaihdetaan auringonsuojaikkunoiksi, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyyn g-arvo

on enintään 0,38. Ikkunoihin lisätään myös sälekaihtimet. Rakennuksessa ei ole aktiivista jäähdytystä.

3. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunat vaihdetaan auringonsuojaikkunoiksi, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisyyn g-arvo on enintään 0,38. Ikkunoihin lisätään myös sälekaihtimet. Aktiiviseksi jäähdytysratkaisuksi valitaan tuloilman jäähdytys sekä tilaan jäähdytyslaite (jäähdytyspalkki).

Toimistorakennuksen tarkastelujen päättulos, kesäjaksolla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä, on esitetty taulukossa 6. Toimistorakennuksen kesäajan lämpötilahallinnan vaatimusta ei pystytty täyttämään yksinomaan passiivisella auringonsuojauksella. Aktiivinen jäähdytysratkaisu on mitoitettu niin, että rakennuttajan vaatimusta parempi tavoitetaso (sisäilmastoluokka S2) saavutetaan, jolloin jäähdytysrajan ylittäviä astetunteja ei ole.

Laskennan tarkemmat lähtötiedot vaatimukset täyttävälle vaihtoehdolle 3 on esitetty taulukossa 7.



Kuva 3. Toimistorakennuksen pohjapiirros sekä esimerkilaskelman laskentamalli.

Taulukko 6. Toimistohuoneessa kesäjaksolla huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä °Ch, vaihtoehto 3 täyttää vaatimuksen.

Tarkasteltu tila	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Toimistohuone	6 839	2 306	0

Taulukko 7. Toimistohuoneen tarkastelujen lähtötiedot: toimistorakennuksen määräykset täyttävä ratkaisu.

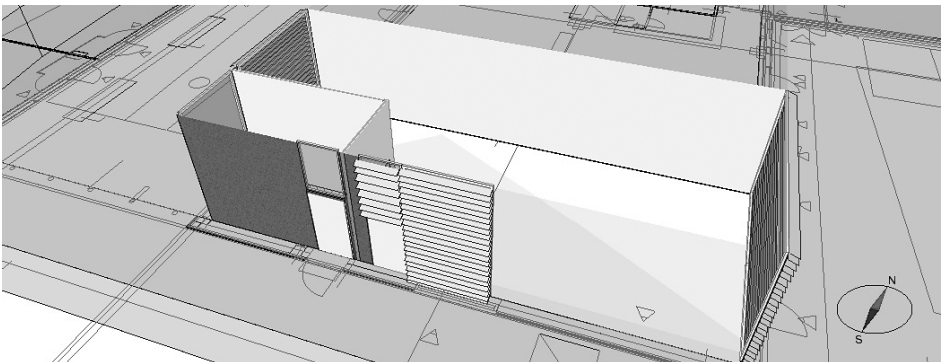
Asia	Lähtötieto
Ikkunan pinta-ala	4,1 m ²
Ikkunan osuus tilan lattiapinnasta	41,1 %
Ikkuna	U-arvo 1,0 W/m ² K, g-arvo 0,38, karmin suhde ikkuna-aukosta 10 % (oletusarvo). Sälekaihtimet ikkunalasien välissä, sälekaihtimet kiinni 45°:n kulmassa, 100 % ikkuna-aukosta peitetty, käytössä koko kesäjakson. Tuuletusikkunat kiinni (ikkunatuuletusta ei voida huomioida kesäajan huonelämpötilan hallintakeinona).
Ovi	Väliovet kiinni koko kesäjakson.
Auringonsuojaus, parvekelasitus	Sälekaihtimien lisäksi rakennuksessa ei ole muuta auringonsuojausta käytössä. Varjostuskäsinä on huomioitu rakennuksen muoto.
Talotekniikka	Kohteessa on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä jäähdytyksellä, ja tilassa on jäähdytyslaitte (jäähdytyspatteri). Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty, käytetty oletusarvoa tuloilman lämpenemisestä +1 °C.
Sisäiset lämpökuormat	Huomioitu rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti [4].
Muuta	Tarkastelu laadittu dynaamisella laskentatyökalulla IDA ICE.

3.4 Liikerakennus

Liikerakennuksen vaatimuksen tähtyminen esitetään vastaavasti kesäjakson, kuten muissakin rakennustyypeissä. Liikerakennuksessa tehdään lämpötilalaskennat tyypittöille, esimerkiksi liiketöille. Lämpötilalaskennat tehdään tiloille, joissa on eniten lämpökuormia. Tässä esimerkkitapauksessa lämpökuormiltaan kriittisimmäksi tilaksi arvioitiin kuvassa 4 esitetty liiketila, jossa on ikkunoita kolmeen ilmansuuntaan.

Kohteelle haettiin ratkaisua, jonka avulla kesälämpötilalle asetettu vaatimus oli mahdollista täyttää. Tarkastelut laadittiin neljälle eri vaihtoehdolle:

1. Kohteen alustava suunnitteluratkaisu, jossa ikkunat ovat auringonsuojaikkunoita, joiden aurinkoenergian kokonaisläpäisy g-arvo on enintään 0,38. Ikkunoissa ei ole auringonsuojausta kohteen rakenteellisten auringonsuojausten lisäksi. Rakennuksessa ei ole aktiivista jäähdytystä. Tuloilmakanavistoa ei ole lämpöeristetty.
2. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunoiden eteen lisätään ulkopuolinen säleikkö, joka estää suoran aurinkosäteilyn.
3. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunoiden eteen lisätään ulkopuolinen säleikkö, joka estää suoran aurinkosäteilyn. Aktiiviseksi



Kuva 4. Liikerakennuksen pohjakuva sekä esimerkkitapauksen laskentamalli.

jäähdytysratkaisuksi valitaan tuloilman jäähdytys. Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty.

4. Parannusehdotus suunnitteluratkaisuun. Ikkunoissa ei ole auringonsuojausta kohteen rakenteellisten auringonsuojausten lisäksi. Aktiiviseksi jäähdytysratkaisuksi valitaan tuloilman jäähdytys sekä tilaan jäähdytyslaite (puhallinkonvektori). Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty.

Liikerakennuksen tarkastelujen päätulos, kesäjäksellä huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä, on esitetty taulukossa 8. Ulkopuolisella passiivisella auringonsuojauksella (ulkopuolinen säleikkö) oli esimerkkilaskelmassa

merkittävä vaikutus rakennuksen jäähdytystarpeeseen sekä lämpöviihtyvyyteen. Liikerakennuksessa kesäajan lämpötilahallinnan vaatimusta ei kuitenkaan pystytty täyttämään yksinomaan passiivisella auringonsuojauksella. Kohteessa päädyttiin aktiiviseen jäähdytysratkaisuun rakennuttajan vaatimusta paremman tavoitetasen (sisäilmastoluokka S2) saavuttamiseksi. Aktiivinen jäähdytysratkaisu on mitoitettu niin, että sisäilmastoluokka saavutetaan, jolloin jäähdytysrajan ylittäviä astetunteja ei ole.

Laskennan tarkemmat lähtötiedot vaatimukset täyttävälle vaihtoehdolle 3 on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 8. Liiketilän kesäjäksellä huonelämpötilan jäähdytysrajan (+25 °C) ylittävä astetuntimäärä °Ch, vaihtoehto 3 täyttää vaatimuksen.

Tarkasteltu tila	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Vaihtoehto 4
Liiketila	13 177	1923	88	0

Taulukko 9. Liiketilän tarkastelujen lähtötiedot: liikerakennuksen määräykset täyttävä ratkaisu.

Asia	Lähtötieto
Ikkunan pinta-ala	55,6 m ²
Ikkunan osuus tilan lattiapinnasta	57,5 %
Ikkuna	U-arvo 1,0 W/m ² K, g-arvo 0,38, karmin osuus ikkuna-aukosta 10 % (oletusarvo). Ikkunoissa ei ole muuta auringonsuojausta. Tuuletusikkunat ovat kiinni (ikkunatuuletusta ei voida huomioida kesäajan huonelämpötilan hallintakeinona).
Ovi	Väliovet ovat kiinni koko kesäjakson.
Auringonsuojaus	Varjostuksena on huomioitu rakennuksen muoto.
Talotekniikka	Kohteessa on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä jäähdytyksellä ja tilassa on jäähdytyslaite (puhallinkonvektori). Tuloilmakanavisto on lämpöeristetty ja on käytetty oletusarvoa tuloilman lämpenemisestä +1 °C.
Sisäiset lämpökuormat	Huomioitu rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti [4]
Muuta	Tarkastelu on laadittu dynaamisella laskentatyökalulla IDA ICE.

Lähteet

- [1] Asumisterveysohje, sosiaali- ja terveysministeriö, 2013.
- [2] Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäilmayhdistys.
- [3] D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. ympäristöministeriö, 2011.
- [4] D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriö, 2011.
- [5] Kuumatyö, www.työterveyslaitos.fi.