



samk

Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VILLE-VEIKKO SJÖROOS

# **Kerrostalon jäähdytysjärjestelmän kapasiteetin tehostaminen**

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN KOULUTUS-  
OHJELMA  
2021

Tekijä(t) Sjöroos, Ville-Veikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 36 + 6 liitettä	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kerrostalon jäähdytysjärjestelmän kapasiteetin tehostaminen		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (LVI-tekniikka)		
<p>Opinnäytetyö tavoitteena oli tutkia olemassa olevan jäähdytysjärjestelmän tehostusta asuinkerrostalossa. Lisäksi tutkittiin jäähdytyksen lisäämistä asuinhuoneisiin, joissa jäähdytystä ei vielä ollut.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin jäähdytystehontarpeen tilanteita kolmesta eri näkökulmasta, sekä tutkittiin mahdollisia muutostöiden hyötyjä ja haittoja. Vaadittavaa jäähdytystehoä simuloitiin IDAICE-ohjelman avulla, eri kerroksien ja asuntojen osalta. Simulointitulosten perusteella valittiin pahinta tilannetta kuvaava asunto ja tämän olohuone, sekä makuuhuone.</p> <p>Työssä käsiteltiin erilaisia kylmäntuotto järjestelmiä asuinkerrostalossa, erilaisiin kylmäjakojärjestelmiin huoneistoissa sekä näihin liittyviä säädöksiä ja ohjeita. Työssä tutkitaan nykyisen järjestelmän tehostuksen mahdollisuutta, sekä tämän toteutuksen kannalta tukevia ja haittaavia seikkoja.</p> <p>Simuloinnista saatujen tulosten perusteella, nykyistä järjestelmää on mahdollista käyttää ehdotetun muutostyön suorituksessa. Työssä päästään tavoitteeseen, kun esitetyt muutokset ja parannukset ovat tehty.</p>		
<u>Asiasanat</u> jäähdytysjärjestelmä, asuinkerrostalo, jäähdytysteho		

Author(s) Sjöroos, Ville-Veikko	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 36 + 6 appendices	Language of publication: Finnish
Title of publication Improving the capacity of the apartment building cooling system		
Degree program Construction and civil engineering (HVAC), Bachelor's degree		
<p>The aim of the thesis was to study the efficiency of the existing cooling system in an apartment building. In addition, the addition of cooling to living rooms where cooling was not yet available was investigated.</p> <p>In the thesis, the situations of cooling power demand were examined from three different perspectives, and the possible advantages and disadvantages of modifications were studied. The required cooling capacity was simulated using the IDAICE program, for different floors and apartments. Based on the simulation results, the worst-case apartment and its living room, as well as the bedroom, were selected.</p> <p>The work dealt with various cold production systems in an apartment building, various cold distribution systems in apartments, and related regulations and instructions. The work examines the possibility of streamlining the current system, as well as the factors that support and hinder this implementation.</p> <p>Based on the results of the simulation, it is possible to use the current system to carry out the proposed modification work. The goal is achieved when the proposed changes and improvements have been made.</p>		
<u>Key words</u> cooling system, apartment building, cooling capacity		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 RAKENNUSTEN JÄÄHDYTYKS SUOMESSA .....	7
2.1 Suomen ilmasto .....	7
2.2 Lainsäädäntö ja ohjeet .....	7
2.2.1 Sisäilmastoluokitus 2018 .....	7
2.2.2 Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen .....	8
2.2.3 Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostaloissa .....	9
2.2.4 Sisäilmastoasetus .....	9
2.3 Jäähdytysjärjestelmä suomalaisissa asuinrakennuksissa .....	9
2.4 Kylmäntuotto .....	10
2.4.1 Ilmalämpöpumppu .....	10
2.4.2 Kaukokylmä .....	11
2.4.3 Vedenjäähdytys .....	11
2.5 Kylmänjako .....	12
2.5.1 Säteilijät .....	12
2.5.2 Lattiajäähdytys .....	12
2.5.3 Puhallinkonvektorit .....	12
2.6 Jäähdytysjärjestelmän valinta .....	13
2.7 Säätolaitteet ja ohjaus .....	13
2.7.1 Dynaaminen venttiili .....	14
2.7.2 Linjasäätöventtiili .....	14
2.7.3 Moottoriventtiili .....	15
2.7.4 Uudisrakennukset .....	15
2.7.5 Asukasmuutokset .....	16
3 KOHTEEN ESITTELY .....	16
3.1 Yleistiedot .....	16
3.2 Lähtötiedot .....	19
3.3 Järjestelmän toiminta .....	22
3.4 Jäähdytysjärjestelmä .....	22
3.5 Puhallinkonvektorit .....	22
3.6 Kytkenä .....	23
4 JÄÄHDYTYKSTEHTÄVÄN LASKENTA .....	23
4.1 Dynaaminen simulointi .....	23
4.1.1 Simulointimalli .....	24
4.2 Simulointi mallit .....	26

4.3 Valinta ja mitoitus .....	27
4.4 Tilojen jäähdytyksentarve .....	27
4.5 Järjestelmän energiankulutus .....	28
5 SIMULOINNIN TULOKSET .....	29
5.1 Jäähdytystehontarpeet ja yllämpötarkastelu.....	29
5.1.1 Nollatilanne .....	31
5.1.2 Tämänhetkinen tilanne .....	32
5.1.3 Muutosten jälkeinen tilanne .....	34
6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	35
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Vaihtuvien ilmasto-olosuhteiden myötä, rakennusten energiatehokkuus sekä järjestelmien toiminta muodostuvat tärkeiksi osiksi asuinmukavuuden lisäämistä. Uusien asuinrakennusten talotekniikkajärjestelmät ovat kehittyneet viime aikoina isoin harppauksin. Suomessa ilmasto-olosuhteet ovat hyvinkin heitteleviä, varsinkin keväisin ja syksyisin. Jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmät vaativat jatkuvasti seurantaa ja säätöjä, muuttuvien olosuhteiden takia. Jäähdytyskapasiteettien mahdolliseen lisäykseen saattaa vaikuttaa myös teknologian lisääntyminen asuinmukavuudessa. Kaikki asunnossa mahdollisesti olevat tekniset laitteet ja valot lisäävät lämpökuormaa, joka vaikuttaa jäähdytystarpeeseen.

Muuttuvien ilmasto-olosuhteiden johtuvaa sisäilman laadun heikkenemistä voidaan ehkäistä nykYTEKNIIKAN avulla useilla eri keinoilla. Näitä keinoja on esimerkiksi lämpöä eristävät ikkunat, säteilysuojat/aurinkosuojat, jäähdytys- tai jokin muu viilennysjärjestelmä esimerkiksi ilmalämpöpumppu. Sisäilman lämpenemistä tai ylilämpöä pääosin kuitenkin hallitaan rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Näitä ovat mm. rakennuksen sijoitus, ikkunoiden sijoitus/suunta, rakenteet sekä erinäisten tilojen sijoitus rakennuksessa.

Työn tavoite on selvittää, onko olemassa olevan asuinkerrostalon jäähdytysjärjestelmässä varaa tehostukselle sekä jäähdytystehon jakaminen erinäisiin tiloihin. Tavoitteena on selvittää ja esittää mahdolliset muutokset, joilla kohteessa olevat ongelmat ratkaistaisiin. Työssä tehtävien selvitysten tarve on asukaslähtöinen, joten tämä otetaan huomioon työtä tehdessä.

Työssä käytetään IDAICE-simulointia, jäähdytystehontarpeen laskentaan. Simuloinnilla saadaan tarkka kuva siitä, kuinka paljon viilennysjärjestelmää täytyy tehostaa, kun mitään mittauksia kyseisestä kohteesta ei ole tehty.

## 2 RAKENNUSTEN JÄÄHDYTYKSEN SUOMESSA

### 2.1 Suomen ilmasto

Suomen ilmastosta käytetään määritelmää väli-ilmasto. Tähän kuuluvia piirteitä ovat merellinen- ja mantereellinen ilmasto. Suomen sää on riippuvainen siitä, mistä suunnasta ilmavirtaukset tulevat sekä miten matala- ja korkeapaineet ovat sijoittuneet. Suomi sijaitsee keskileveysasteen länsituulten vyöhykkeellä, jonka johdosta säätyypit vaihtelevat nopeasti erityisesti talvella. Yleisimmin ilmavirtaukset tulevat Suomeen lounaasta.

Toisin kuin muilla samaan leveyspiirivyöhykkeeseen sijoittuneilla manneralueilla, Suomessa keskilämpötila on useita asteita korkeampi. Suurin syy tähän on Golfvirta ja Pohjois-Atlantin lämmin merivirta. Nämä virrat kuljettavat lämpöä päiväntasaajalta Jäämerelle saakka. Suomen ilmastoa lämmittää myös Itämeri lahtineen, sekä Suomen lukuisat sisävesistöt.

Vuoden kylmin ajankohta on tyypillisesti tammikuun lopulla. Tämä ei kuitenkaan päde saaristoon, jossa kylmin ajankohta on tyypillisesti vasta helmikuun alussa. (Ilmasto-opiaan [www-sivut 2021](#))

### 2.2 Lainsäädäntö ja ohjeet

#### 2.2.1 Sisäilmastoluokitus 2018

Sisäilmastoluokitusta käytetään, kun tavoitteena on rakentaa sisäympäristöltään terveellisiä ja viihtyisiä rakennuksia. Sisäilmastoluokitusta voidaan käyttää myös soveltuvin osin korjausrakentamisessa. Sisäilmastoluokitus tukee suunnittelijoiden, rakentajien, valvojen sekä laitevalmistajien työtä. Luokitus ei kumoa viranomaissäädöksiä, vaan täydentää Suomen rakentamismääräyksiä ja yleisiä rakennuksien laatuvaatimuksia.

Sisäilmastoluokituksessa määritellään operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo, joka on S1- ja S2-luokissa 23 C° nollan asteen ulkolämpötilalla. S3-luokassa 10 C° ulkolämpötilalla operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo on 25 C°.

Luokituksessa on esitetty ohjeelliset suunnitteluarvot, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ja laitteiden mitoitus. (Sisäilmastoluokitus 2018, 1.1–1.4)

### 2.2.2 Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen

Kyseisessä ohjeessa käsitellään kesäajan huonelämpötilan lämpötilalaskentaa. Ohjeen tarkoitus on havainnollistaa määräystenmukaisuuden osoittamista, sekä selventää määräyksien ja ohjeiden tulkintaa.

Kesäajalla tilojen yllilämpenemiseen vaikuttavia tekijöitä ovat, auringon säteilyenergia ja rakennuksen sisäiset lämpökuormat. Näitä yllilämpenemiseen vaikuttavia kuormia on mahdollista hallita riittävällä ulkoilmavirralla tai aktiivisilla jäähdytysratkaisuilla. Kuvassa 1 on esitetty kesäajan huonelämpötilan jäähdytysrajat rakennuksissa.

**Taulukko 1.** Kesäajan huonelämpötilan laskennassa käytettävät jäähdytysrajat.

Käyttötarkoitukseluokka	Jäähdytysraja °C
Asuinkerrostalo	27,0
Toimistorakennus	25,0
Liikerakennus	25,0
Majoitusliikerakennus	25,0
Opetusrakennus ja päiväkot	25,0
Liikuntahalli	25,0
Sairaala	25,0

Kuva 1. Taulukko kesäajan huonelämpötilan jäähdytysrajoista. (LVI 10-10527 2013, 3)

”Asuinkerrostaloissa osoitetaan huonelämpötilan tavoitetason täyttyminen lämpötilalaskelmin vähintään yhdelle lämpökuormiltaan suurimmalle makuuhuoneelle ja olohuoneelle.” (LVI 10-10527 2013, 3.3)



### 2.2.3 Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostaloissa

Ohjekortissa esitetään rakennus- ja LVI-suunnittelijoille tarkoitettu työkalu kerrostalohuoneistojen kesäaikaisten lämpötilojen ja jäähdytystarpeiden arviointiin. Ohjekortin mitoituskäyrästöt soveltuvat useimpien erikokoisten huoneistojen ja tilojen suunnitteluun. Lisäksi ohjekortissa kuvataan vaihtoehtoisia auringonsuojaus- ja jäähdytysratkaisuja.

Kerrostalorakentamisessa on yleistä, että rakennesuunnittelija tekee melko itsenäisesti lämpötilan hallinnan kannalta keskeisiä valintoja. Näitä ovat mm. ikkunoiden koko ja suuntaus, rakennetyyppien valinta sekä rakennuksen massoitus. LVI-suunnittelijalle jää ilmanvaihdon ja lämmitys- sekä jäähdytysjärjestelmien mitoitus, rakennesuunnittelijan määrittelemien rakenteiden ja ratkaisujen mukaan. Tällaisen suunnitteluprosessin lopputulos on asiakaspalautteen mukaan lämmityskaudella hyvä, mutta kesäajalla asunnot ylikämpenevät. Tällaiseen tilanteeseen päädytään, koska LVI-suunnittelija tekee valinnat ja mitoituksen rakennesuunnittelijan antamien arvojen mukaisesti, eikä tässä oteta huomioon varsinaista sisäilmaston suunnittelua. (RT 50-10910 2007, 1-3)

### 2.2.4 Sisäilmastoasetus

Asetuksessa esitetään, että rakennuksen huonelämpötila on otettava suunnittelussa huomioon, jotta käyttöajalla huonelämpötilat ovat viihtyisät. Asetuksen mukaan lämmityskaudella huonelämpötilan suunnitteluarvona on käytettävä 21 C°. Huoneilman hallinnan suunnittelussa, lämmityskaudella voi käyttää huonelämpötilan asetusarvona 20-25 C°, sekä lämmityskauden ulkopuolella 20-27 C°. Huonelämpötila hallinnan suunnittelussa on perusteena käytettävä mitoittavia testivuoden säätietoja, jotka jakautuvat eri säävyöhykkeille. Lämmityskaudelle mitoittavat säätiedot eri vyöhykkeille ovat erikseen. (1009/2017. 1)

## 2.3 Jäähdytysjärjestelmä suomalaisissa asuinrakennuksissa

Pohjoismaiseen tapaan myös Suomessa asuinrakennukset on suunniteltu kestävämmän kylmyyttä, ja pitämään lämmin ilma rakennuksen sisällä. Tulevaisuudessa kuitenkin

lämpimät ja jopa kuumat hellejaksot tulevat yleistymään, joka vaatii asuinrakennuksilta myös jäähdystystä. Useat rakennusmateriaalit kuten mm. asfaltti ja betoni, johtavat sekä varastoivat paljon lämpöä. Varsinkin rakenteisiin varastoitu lämpö purkautuu yleisemmin öisin, jolloin on viileämpää.

Useimmat jäähdytysjärjestelmät, joita Suomalaisessa asuinrakentamisessa esiintyy, ovat puhallinkonvektorit sekä ilmalämpöpumput. Varsinkin ilmalämpöpumput ovat suosittuja muissa, kuin uudiskohteissa. (Uponorin [www-sivut 2021](#))

## 2.4 Kylmäntuotto

### 2.3.1 Keräimet, maakylmä

Lämmön lisäksi maasta voidaan saada, tai sinne pystytään varastoimaan kylmää. Kylmän tuotto vaatii huomattavan määrän energiaa, joten tällaisessa järjestelmässä on kyse huomattavista energiasäästöistä sekä päästöjen vähentämisestä.

Järjestelmä toimii ns. lämmityksen rinnalla, jolloin kesällä jäähdytyksen tuottama ylimääräinen lämpö varastoidaan energiakenttään odottamaan talvea. (Maalämpötukun [www-sivut 2021](#))

### 2.4.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu koostuu kahdesta osasta, jotka ovat sisä- ja ulkoyksikkö. Ulkoyksikössä sijaitsee kompressori ja lämmönvaihdin. Sisäyksikköön kuuluu myöskin lämmönvaihdin sekä ohjauselektroniikka. Ilmalämpöpumpun toiminta perustuu kylmätekniikkaan. Ilmalämpöpumppu käyttää ulkoilmassa olevaa lämpöenergiaa hyväksi, muuttaen sen lämmöksi tai viilennykseksi, riippuen siitä kumpaa muotoa tilassa halutaan käyttää. Ilmalämpöpumpun suurin etu on se, että järjestelmä voidaan asentaa niin uudisrakennuksiin, kuin olemassa oleviin. Kun ILP-järjestelmää käytetään lisälämmönlähteenä, joka auttaa lämmityskustannuksien leikkauksessa, järjestelmän takaisinmaksuaika putoaa muutamaan vuoteen. (Ilmalämpöpumppu.fi [www-sivut 2021](#))

## 2.4.2 Kaukokylmä

Kaukokylmää käytetään pääosin suurissa kaupungeissa, joissa useat kiinteistöt ovat kiinnittyneet kaukokylmäverkostoon. Kaukokylmän toimittajana toimii kyseisen kaupungin energialaitos. Kiinteistöjen teknisessä tilassa olevasta lämmönsiirtimestä, jäähdytys neste ajetaan käytettävissä oleville jäähdytyslaitteille. Kauko kylmä tuotetaan yleisesti absorptiotekniikalla, meriveden vapaajäähdytyksellä, lämpöpumppujen avulla tai kompressoreilla. Kuten kaukolämmössä, kaukokylmän tuotosta vastaa energialaitos. Tämän myötä jäähdytysjärjestelmän investointikustannuksia saadaan alemmas. Kiinteistölle hankittavaksi jää näin ollen kaukojäähdytyksen alakajokeskus sekä kiinteistön jäähdytysjärjestelmä kokonaisuudessaan, kun kylmäntuoton hoitaa energialaitos. (Turkuenergian www-sivut 2021)

## 2.4.3 Vedenjäähdytys

Vedenjäähdytyskoneikoiden tehtävä on viilentää jäähdytysverkostossa kiertävää nestettä. Yleisesti näissä järjestelmissä käytetty liuos muodostuu veden ja etyleeniglykolin seoksesta. Koneikot ovat pääosin välillisiä kylmlaitoksia. Vedenjäähdytyskoneikon toimintaperiaate on täysin sama kuin kylmlaitoksessa. Tähän pakettiin kuuluu näin ollen kaikki samat komponentit kuin kylmlaitokseen. Komponentit ovat yhdessä kootussa paketissa. Kuten tarkasteltavassa kohteessa, koneikot voidaan sijoittaa rakennukseen erilliseen sisätilaan ts. tekniseen tilaan tai vesikatolle. Useimmiten koneikot sisältävät jäähdytys- ja lauhdutuspiirien pumput. Mikäli koneikko asennetaan ulkoilmaan rajoittuvaan tilaan tai ulos, jäähdytyspiiri on toteutettava välillisesti. Tämä johtuu siitä, että tällaisessa tilanteessa jäähdytyspiirin putkistossa on huomattavasti suurempi riski jäätymiselle. Vedenjäähdytyskoneikkojen jäähdytystehot vaihtelevat 5 kilowattista, 5000 kilowattiin. Yleisimmin näissä järjestelmissä käytettävä mitoituslämpötila on 7°C/12°C. Tästä lämpötilasta eroavia meno- ja paluulämpötiloja on mahdollista käyttää, mikäli kyseisen järjestelmän komponentit ovat tällaisiin lämpötiloihin soveltuvia. (Johnson Controlsin www-sivut 2021)

## 2.5 Kylmänjako

### 2.5.1 Säteilijät

Säteilijöiden toiminta perustuu pintojen lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen. Toisin kuin esimerkiksi puhallinkonvektorit, säteilijät eivät lämmitä pääasiassa ainoastaan ilmaa. Osa säteilijöiden tuottamasta energiasta välittyy huoneilmaa, mutta pääosin säteilijät jakavat lämmitys- tai jäähdytysenergian kiinteisiin pintoihin. Useimmiten säteilijät sijoitetaan kattoon tai alakattoon, jolloin säteilyn teho saadaan jaettua mahdollisimman laajalle alueelle. Kyseisen järjestelmän suurin etu on vedottomuus. Säteilijä järjestelmät ovat hiljaisia ja varmistavat tiloihin vedottoman jäähdytyksen. (Itulan www-sivut 2021)

### 2.5.2 Lattiajäähdytys

Lattiajäähdytys toimii yhdessä lattialämmityksen kanssa, jolloin järjestelmä on energiatehokas ja miellyttävä lämmitys- tai jäähdytystapa. Järjestelmän luovuttava energia jakaantuu sinne, missä lämmitystä tai jäähdytystä milloinkin tarvitaan. Mikäli lattiajäähdytys otetaan huomioon varhaisessa suunnitteluvaiheessa, on esimerkiksi märkätiloja mahdollista lämmittää jäähdytysaikana samaan aikaan. Viilentaessa lattiaa, sen pintalämpötila ei missään vaiheessa laske alle 20°C. Tällä estetään kondensoitumisvaarat. Etuna myös tälle järjestelmälle on se, että se käyttää samaa putkistoa, samoja jakotukkeja ja samoja säätölaitteita kuin lattialämmityksessä. Tällä tavoin viilenyksen lisääminen ei tuo suuria lisäkustannuksia. (Uponorin www-sivut 2021)

### 2.5.3 Puhallinkonvektorit

Puhallinkonvektorit ovat lamellipattereita, jotka ovat varustettu puhaltimilla. Puhallinkonvektoreita on mahdollista käyttää joko lämmitykseen, jäähdyttämiseen tai molempiin. Konvektori jäähdyttää tai lämmittää huoneilmaa, jota se kierrättää laitteen mallista riippuen. Laitteiden tehoa ja nestevirtaa säädetään, joko puhaltimen kierrosnopeutta muuttamalla tai säätämällä verkostossa olevaa moottori- tai kolmitieventtiiliä. Puhallinkonvektori malleja on useita erilaisia ja näin ollen, myös asennustapoja on

useita erilaisia. Koneita on mahdollista asentaa esimerkiksi kattoon tai alakattoon, ot-sapintaan, seinälle, koteloon tai lattialle.

Puhallinkonvektorin jäähdytys perustuu pakotettuun konvektioon, kun puhallin kier-rättää tilasta otettavaa ilmaa jäähdytys- tai lämmityspatterin läpi. Pattereissa kiertävä neste on jäähdytysjärjestelmästä tuotavaa vettä tai kylmäainetta. Laitteet mitoitetaan useimmiten 9/19 tai 7/12 asteille, sekä huoneilman olosuhteille +24/50 %RH. Lait-teista kondensoiva kondenssivesi johdetaan useimmiten kiinteistön viemärijärjestel-mään esimerkiksi lattiakaivon kautta. Puhallinkonvektoreita on myös mahdollista mi-toittaa kondensoimattomiksi, jolloin mitoituksessa käytettäviä lämpötiloja nostetaan.

## 2.6 Jäähdytysjärjestelmän valinta

Jäähdytysjärjestelmän valinta määräytyy rakennuksen sijainnin, rakennusmateriaalien sekä järjestelmän tilantarpeen mukaan. Jäähdytystarpeen arviointiin sekä järjestelmän suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat edellä mainittujen lisäksi mm. asuntojen ikku-noiden koko sekä u- ja g-arvot, ikkunatuuletukset sekä tuloilman lämpötila. Näistä lähtötiedoista arkkitehti määrittelee suurimman osan, joten LVI-suunnittelijan tehtä-väksi jää sovittaa oikeat lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtoratkaisut kyseiseen ra-kennukseen.

Jäähdytysjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus on tehtävä huolella, jotta lämmityskau-den ulkopuolella yllilämpenemisongelmalta vältytään. Järjestelmän valintaan vaikutta-vana tekijänä on myös se, että halutaanko huoneistoihin konvektoreita tai säteilijöitä. Myös asuntojen koko, vaikuttaa huomattavasti järjestelmän valintaan ja suunnitteluun.

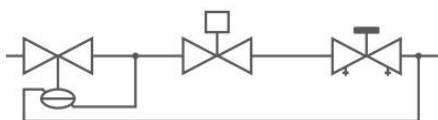
## 2.7 Säätolaitteet ja ohjaus

Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tasapainotus on tärkeä osa järjestel-mien tehokkaan toiminnan kannalta. Kyseisten järjestelmien tasapainotuksella on suuri vaikutus sisäilmasto-olosuhteisiin, sekä sisätilojen mukavuuteen. Jos

järjestelmien tasapainotus tai säätöasetukset eivät ole kunnossa, syntyy tästä mahdollisesti lisäkustannuksia sekä järjestelmien käyttöikä on odotettua lyhyempi.

### 2.7.1 Dynaaminen venttiili

Dynaamisen venttiilin toiminta perustuu sisäänrakennettuun paine-ero säätimeen, joka takaa tasaisen paineen kaikkialla säätöventtiilissä. Kuvassa 2 esitetty dynaamisen venttiilin periaate. Normaalit paineenvaihtelut eivät täten vaikuta laitteiden virtaukseen. Dynaamiset venttiilit pitävät huolen siitä, että järjestelmän käyttöönoton jälkeen energiansäästöpotentiaali on mahdollisimman suuri. (Danfossin www-sivut 2021)



Kuva 2. Periaatekuva dynaamisesta venttiilistä

### 2.7.2 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiilin tehtävä on säätää ja tasapainottaa järjestelmässä kiertävä vesi, kaikkien linjojen kesken. Säätö verkostossa varmistaa veden kierron kaikille linjoille. Yleensä linjasäätöventtiiliin yhdistetään sulkuventtiili, tai sulkuventtiili asennetaan erikseen. Linjasäätöventtiiliin kuuluvat osat ovat, erillinen sulkuventtiili, säätökara sekä mittaus- tyhjennysyhteet. Kuvassa 3, esitetty Oras linjasäätöventtiili. (Oras www-sivut 2021)

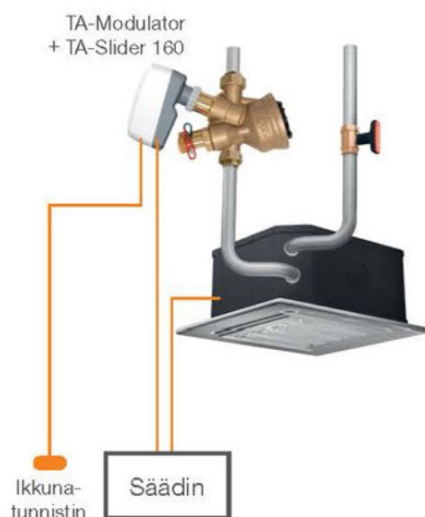


Kuva 3. (Oras www-sivut 2021)

### 2.7.3 Moottoriventtiili

Moottoriventtiilien, eli moottoroitujen säätöventtiilien toiminta perustuu erilaisiin säätökäyriin. Näihin säätökäyriin kuuluu mm. jaettu säätökäyrä, joka sopii lämmönsiirtimiä käyttäviin LVK-sovelluksiin, sekä lineaarisiin ja logaritmiin säätökäyriin. Moottoriventtiilit liitetään yleensä rakennusautomaatioon, joka ohjaa säätöventtiileitä. Yleensä säätö määräytyy tilassa olevan toimilaitteen mittaustulosten perusteella. Moottoriventtiilillä varmistetaan tilojen tarpeellinen lämmitys- tai jäähdytys, sekä verkoston automaattinen säätö. Kuvassa 4, esitetty IMI Hydronic valmistajan säätöventtiili moottorilla.

(IMI-Hydronic www-sivut 2021)



Kuva 4. (IMI Hydronic www-sivut 2021)

### 2.7.4 Uudisrakennukset

Suomalaisessa uudisasuinrakentamisessa suosittuja jäähdytysjärjestelmiä ovat puhallinkonvektorit. Uudisrakentamisessa on mahdollisuus myös muihin ratkaisuihin kuten esimerkiksi lattiaviilennykseen, ilmalämpöpumppuun sekä kattosäteilijöihin.

### 2.7.5 Asukasmuutokset

Useimmiten asukasmuutoksissa, huoneistoon lisättävä jäähdytysjärjestelmä on ilmalämpöpumppu. Tämän järjestelmän asentaminen on yksinkertaista, eikä se vaadi suuria rakennus- tai asennustöitä. Ilmalämpöpumpun asennus varsinkin taloyhtiössä sijaitsevaan huoneistoon, vaatii kuitenkin aina taloyhtiön suostumuksen.

## 3 KOHTEEN ESITTELY

### 3.1 Yleistiedot

Asuinkerrostalo sijaitsee Turun majakkarannassa, Korppolaismäellä n. 20 m merenrannasta. Talon pääjulkisivu on lounaaseen, jossa sijaitsee pääosin suurimmat parvekkeet, sekä isoimmat ikkunat. Meren ja talon välissä on venepaikkoja, mutta ei muita esteitä. Asuinkerrostaloja on tällä tontilla 4 kappaletta, josta tutkinnan aiheena on yksi kappale. Työn kohteena oleva asuinkerrostalo on mereltä katsoessa, toinen oikealta. Vaikka kyseisen kohteen jäähdytysjärjestelmä joudutaan mitoittamaan uudestaan, se ei tarkoita sitä, että se olisi alun perin tehty väärin. Tämänhetkinen järjestelmä on mitoitettu palvelemaan pää aikaisen oleskelualueen jäähdytystä. Kuitenkin asukkaat haluavat kyseisen järjestelmän myös makuuhuoneisiin. Kun tehdään muutoksia jo olemassa olevaan järjestelmään, on otettava selvää, onko nykyisessä järjestelmässä varaa tehostaa. Tässä on kyse suurista investoinneista, jos järjestelmä joudutaan uusimaan tai sitä joudutaan tehostuksen takia muokkaamaan.

Kohteen lämmitys on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä, jonka tuotto tulee kaukolämmöstä. Jäähdytysjärjestelmän tuotto on toteutettu vedenjäähdytyskoneikolla, joka sijaitsee talon kellarikerroksessa. Vedenjäähdytyskoneikon lauhdutusilma ajetaan autotalliin, joka sijaitsee kyseisen tilan seinän toisella puolella. Jäähdytysjärjestelmän rungot ovat sijoitettu porrashuoneeseen, paikallaanrakennettuun hormiin, josta putket ovat jaettu yläjakoisena asuntojen konekoreihin.

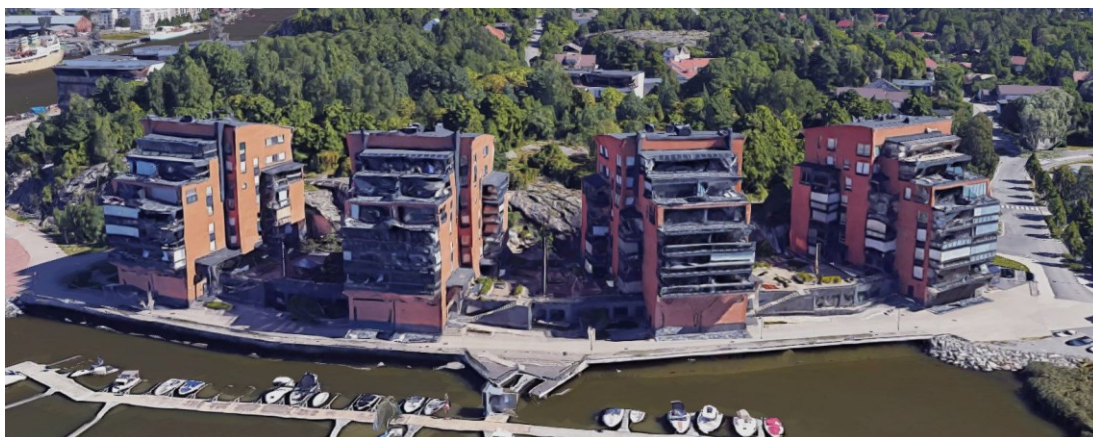


Asunnoissa on huoneistokohtainen ilmanvaihtokone, ILTO-430K tai ILTO-270. Ilmanvaihtokone sijaitsee asuntojen pesuhuoneissa, tai kodinhoituhuoneissa. Ilmanvaihtokoneen koko määräytyy asunnon neliöiden mukaan.

Kyseisessä asuinkerrostalossa on 8-asuinkerrosta sekä kellarikerros, jossa sijaitsee yleistilat ja autohalli. Autohalli on louhittu talon takana sijaitsevan kallion sisään, ja palvelee myös kolmea muuta asuinkerrostaloa. Rakennuksen pääjulkisivu on lounaaseen. Kuvissa 5–7 on esitetty kohteen ja korttelin julkisivut Google Earth palvelun avulla.



Kuva 5. Kortteli kuvattuna etelästä



Kuva 6. Kortteli kuvattuna lounaasta



Kuva 7. Kortteli kuvattuna pohjoisesta



Kuva 8. Tarkasteltava asuinkerrostalo kuvattuna etelästä

### 3.2 Lähtötiedot

Kohteesta olemassa olevat lähtötiedot ovat, jäähdytyslaitteet ja niiden toiminta sekä seinä- yläpohja-, alapohja- ja välipohjarakenteet.

Muut lähtötiedot ovat otettu C3 3/2007 Rakennusmääräyksistä, jotka ovat olleet voimassa asuinkerrostalon rakennusvaiheessa.

Kuvassa 6 esitetty valittu ikkunoiden U- ja G-arvoiksi valittiin lähinnä oleva ikkunatyyppe, joka vastaa vuonna 2008 rakennettujen talojen arvoja sekä rakennusmääräyksiä. Kyseisen ikkunan arvot ovat kuitenkin arvioita todellisesta tilanteesta.

Kuva 9. Valittu ikkunamalli IDAICE-ohjelmassa

Kuvassa 10 esitetty taulukko, ympäristöministeriön asetus rakennuksen lämmöneristyksistä. Taulukko on antanut osviittaa rakenteiden u-arvoista, kohteen rakentamisvaiheessa.

### 3.2 Rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykertoimien ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot

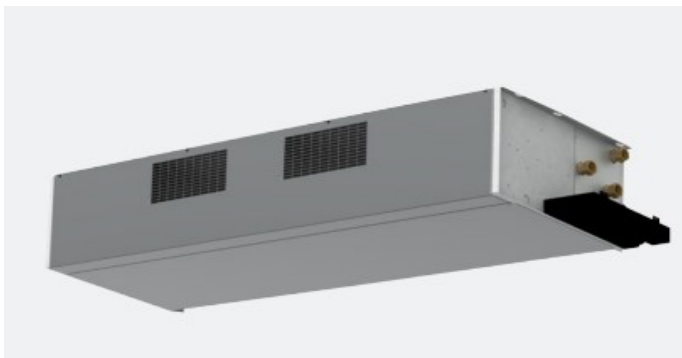
#### 3.2.1

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rajoituksessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen lämpöhäviön vertailuarvo rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti:

seinä	0,24 W/m <sup>2</sup> K
yläpohja, ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,15 W/m <sup>2</sup> K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,19 W/m <sup>2</sup> K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m <sup>2</sup> K
ikkuna, ovi	1,4 W/m <sup>2</sup> K
kattoikkuna	1,5 W/m <sup>2</sup> K

Kuva 10. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen lämmöneristyksestä 3/2007, 3.2.1). Rakennusten lämmönläpäisykertoimien ja rakennuksen ikkunapinta-alan vertailuarvot.

Tämänhetkiset jäähdytyslaitteet (valmistajan mukaan):



Kuva 11. Chiller SHKL-10-60, (Chiller www-sivut 2021)

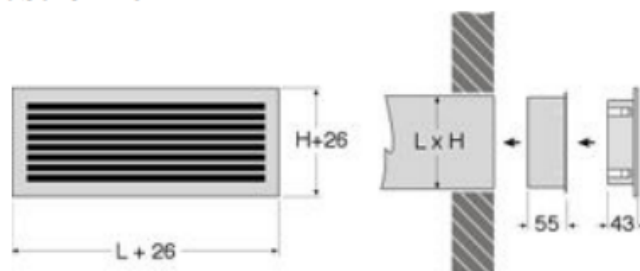
SHKL-10-60, Chiller Oy	3-nopeuksinen	3kW
dT: 10 C°	7/12 C°	Huonelämpötila +24/50%RH
Kokonaisteho (kW)	1,6–5,6	
Tuntuvateho (kW)	1,1–3,9	
Äänitaso (dB(A), 10 m <sup>2</sup> )	21–54	
Nestevirtaus (l/h)	270–958	(0,075–0,266 l/s)
Ilmamäärä (m <sup>3</sup> /h)	225–853	(62,5–236 l/s)
+Huonesäädin		
+ LSV-Flowcon Alpha	Frese Oy	(Dynaaminen)
+ Säleikkö	EKR-300x150+KA	RC-linja Oy (nyk. Climeconair)

Taulukko 1. Chiller SHKL-10-60, (Chiller www-sivut 2021)

7 °C/12 °C, 25 °C/ 50 %	Kokonaisteho (kW)	Tuntuva teho (kW)	Äänitaso (dB(A), 10 m <sup>2</sup> )*	Nestevirtaus (l/h)	Ilmamäärä (m <sup>3</sup> /h)
9	1,0 - 4,1	0,7 - 2,9	22 - 53	173 - 702	165 - 640
10	1,6 - 5,6	1,1 - 3,9	21 - 54	270 - 958	225 - 853
13	1,6 - 6,5	1,1 - 4,6	18 - 55	277 - 1120	269 - 994
16	2,6 - 10,1	1,9 - 7,1	25 - 57	454 - 1732	313 - 1476

Kuva 12. Chiller SHKL-10-60, tekniset tiedot. (Chiller www-sivut 2021)

### Tulo- ja poistoilmasäleikkö EKR



Kuva 13. EKR tulo- ja poistoilmasäleikkö, RC-linja (Climeconairin www-sivut 2021)

### 3.3 Järjestelmän toiminta

Jäähdytysjärjestelmä on toiminnassa lattialämmityksen kanssa, niin etteivät toiminnat ole samaa aikaa päällä. Lattialämmitystä ja jäähdytyskojetta ohjaa termostaatit, jotka sijaitsevat olohuoneissa. Jäähdytysjärjestelmä on ohjattu toimimaan lämmityskauden ulkopuolella, kun olosuhdelämpötila ylittää +30°C tai kun se manuaalisesti kytketään päälle.

### 3.4 Jäähdytysjärjestelmä

Rakennuksessa on vedenjäähdytyskoneikko, jonka kautta kylmäntuotto hoidetaan. Huoneistojen jäähdytyskojeet sijaitsevat pääosin eteisen alakatossa, josta jäähdytysilma on johdettu kanavoinnin avulla huoneistojen olohuoneiden otsapintaan. Jäähdytysputki rungot sijaitsevat porrashuoneeseen rakennetussa kotelossa, johon huoneistoista lähtevät jäähdytyslinjat liittyvät. Vedenjäähdytyskone sijaitsee rakennuksen kellarikerroksessa, autohallin viereen sijoitetussa teknisessä tilassa. Vedenjäähdytyskoneen lauhdutusilma ajetaan autohalliin.

### 3.5 Puhallinkonvektorit

Kohteessa on asuntokohtaiset viilenyskonvektorit, jotka sijaitsevat eteisten alakatossa (Kuva 11). Konvektorit ovat kanavoitu eteisten otsapintaa, jossa puhalluskuviota ohjaa EKR-300x150 tuloilmasäleikkö (Kuva 13). Konvektorit on putkitettu porrashuoneesta yläjakoisesti, jokaiseen asuntoon erikseen.

Verkoston lämpötila on säädetty 7/12 °C. Säätlaitteena toimii dynaaminen venttiili.

### 3.6 Kytkenä

Jäähdytysputket ovat tuotu yläjakoisena huoneistojen eteisen jäähdytyslaitteeseen, porrashuoneen alas lasketussa katossa. Konvektorit ovat varustettu dynaamisilla venttiileillä.

## 4 JÄÄHDYTYSTEHOINTARPEEN LASKENTA

### 4.1 Dynaaminen simulointi

Ennen simuloinnin aloittamista, on kohteesta tehtävä IFC-malli. Simulointi aloitettiin luomalla projekti CADS18 ohjelmaan. Arkkitehdin tasokuvien päälle tehtiin tilat, huonekohtaisesti. Tiloihin valittiin erikseen mm. ulkoseinät, väliseinät, ikkunat ja ovet, yläpohja sekä alapohja. Ikkunoiden koko ja ikkunapenkki oli mahdollista todeta arkkitehdin pohjakuvista. Ulkoseinän rakenne ja paksuus selvitetiin arkkitehdin pohjakuvista, sekä leikkauskuvista.

Kun tilat oli tehty kerroksittain, luotiin kerroksista kerrosasetukset olemassa olevien lähtötietojen perusteella. Valmiiksi tehdystä projektista ajettiin IFC-malli, jonka rakenne varmistettiin Solibri-ohjelmalla, ennen kuin projekti vietiin IDAICE-simulointiohjelmaan.

IDAICE-simulointiohjelmassa rakennukseen tehtiin viimeiset dynaamiseen simulointiin vaikuttavat muutokset, joita ei aiemmalla ohjelmalla pystynyt tekemään. Rakenteiden U-arvoina käytettiin, liitteessä 6 esitettyjä lähtötietoja. Ikkunoiden tarkkoja u- ja g-arvoja ei puutteellisten lähtötietojen takia ollut saatavilla. Ikkunoiden arvot ovat arvioita, jotka ovat määritelty rakennusmääräysten ja mahdollisesti esillä olevien tietojen perusteella.

IDAICE-ohjelmassa huomattiin parvekkeiden tarpeellisuus kesäajan simuloinnin aikana, joten nämä pyrittiin mallintamaan myös. Yleensä LVI-suunnittelussa ei parvekkeille tehdä omia tiloja. Tässä tapauksessa, kun käytettävänä ei ollut arkkitehdin tai rakennesuunnittelijan tietomallia, oli tämä erittäin tärkeä osa simulointia. Näin ollen myös parvekkeet lisättiin tiloihin, joista rakennuksen IFC-malli luotiin. Kuvissa 14 ja 15 esitetty valmis tietomalli, jossa esitetty vain kohteena oleva talo. Kuvassa 16 esitetty tietomalli kohteesta, johon lisätty viereiset rakennukset. Viereiset rakennukset lisättiin tietomalliin, niiden luoman varjostuksen takia.

Simulointimallin viimeistelyssä kohde käännettiin oikeaan kulmaan, pääjulkisivu lounaaseen. Simuloinnissa tarkasteltavat tilat olivat asuntojen olo- ja makuuhuoneet. Asuntojen keittiöt, olivat pääosin osana olohuonetta.

#### 4.1.1 Simulointimalli

Tarkasteltavista tiloista tehtiin omat vyöhykkeet. Kuvissa 14, 15 ja 16 on esitetty kohteena olevan rakennuksen julkisivut, sekä osa korttelista. Vyöhykkeisiin lisättiin laitteita sen mukaan, mikä simuloinnin tarkoitus oli. Alkuperäiseen simulointimalliin lisättiin korttelissa olevat, kohteen viereiset rakennukset. Tämä loi simulointi tuloksista realistisemmän, koska viereiset rakennukset vaikuttavat kohteen varjostuksiin.

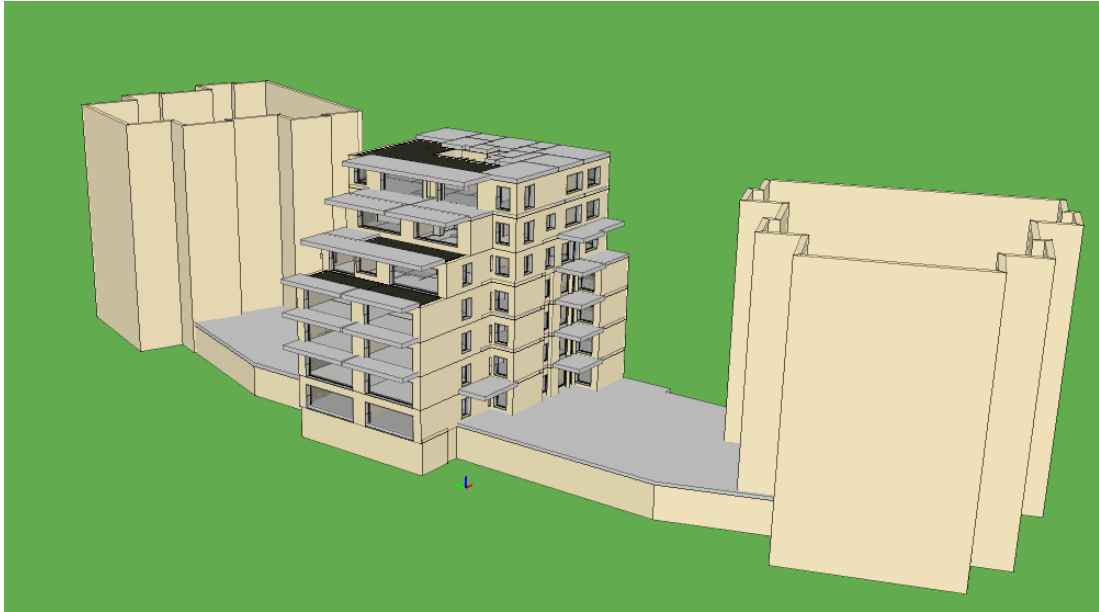




Kuva 14. Julkisivu lännessä, IDAICE



Kuva 15. Julkisivu lounaasta, IDAICE



Kuva 16. Koko kortteli, IDAIICE.

#### 4.2 Simulointi mallit

Kohteesta tehdään kolme eri simulointimallia. Tämä tehdään, jotta saadaan mahdollisimman hyödylliset ja tarkat tulokset, joiden perusteella mahdolliset muutostoimet esitetään. Simuloinneissa on oletettu, että ikkunoiden sälekaihtimet ja huoneiden ovet ovat kiinni. Tilojen sisäiset kuormat tulevat ohjelmasta automaattisesti, jotka kuvailevat tyypillisen asuinkerrostalohuoneiston sisäisiä kuormia.

Perussimuloinnin nimenä käytetään nollasimulointia. Tässä tilanteessa asunnoissa ei ole minkäänlaista jäähdytysjärjestelmää. Tämän avulla saadaan tietoon tilojen todelliset jäähdytystehontarpeet, sekä tilojen todelliset lämpötilat jäähdytysajanjaksona.

Nykyisen tilanteen simuloinnista käytetään nimeä, tämänhetkinen tilanne. Simulointiin on pyritty mallintamaan mahdollisimman tarkasti nykyiset järjestelmät. Nykyisessä järjestelmässä olohuoneisiin vaikuttaa 3kW:n jäähdytyskonvektori. Muuten tilanne on täysin sama, kuin nollasimuloinnissa. Tämä simulointi luotiin, jotta pystyttiin varmistamaan jäähdytyskonvektorin tuottama jäähdytysteho. Nykyisessä tilanteessa jäähdytyksen asetusarvo on säädetty 30 C°.

Muutos tilanne simuloinnissa on nykyisen konvektorin tehosta siirretty vaadittava osa asuntojen makuuhuoneisiin. Tämän lisäksi, jäähdytyksen asetusarvo laskettiin 25 C°:n. Simuloinnissa selvitettiin, pystytäänkö nykyisellä järjestelmällä jakamaan tehoa muihin tiloihin, tässä tapauksessa makuuhuoneisiin. Koska projektin aloittamisen toimeksianto on ollut asukaslähtöinen, otettiin tämä huomioon simuloinnissa.

#### 4.3 Valinta ja mitoitus

Tarkasteltaviksi huoneiksi oli tarkoitus valita pahimmat skenaariot lämpötilojen sekä lämpökuormien osalta. Tällä varmistetaan se, että järjestelmä varmasti toimii myös muissa asunnoissa.

Simuloinnin perusteella kyseisessä jäähdytysjärjestelmässä on tehoja tarpeeksi, jotta jäähdytyslaitteesta pystytään jakamaan jäähdytystehoja makuuhuoneisiin. Jakaminen tapahtuu nykyisen jäähdytyslaitteen kanavoidusta osasta, johon lisätään moottoroidut ilmamääräsäätimet. Säätimiä ohjataan rakennusautomaation avulla, jonka avulla jäähdytysilmavirrat jaetaan jäähdytystehojen mukaan kahteen eri tilaan.

#### 4.4 Tilojen jäähdytyksentarve

Tilojen jäähdytystarve tässä opinnäytetyössä määräytyy IDAICE-simuloinnin mukaan. Lähtötietojen mukaan tämänhetkisessä tilanteessa, huoneistokonvektorit ovat säädetty 3kW teholle (Kuva 17). Näitä säättää huoneistoissa sijaitseva ohjauspaneeli.

**Yksinkertainen puhallinkonvektori**

Vesipohjainen lämmitys  
 Sähköinen lämmitys  
 Ei lämmitystä

Energiamittari

**Jäähdytys\***      **Lämmitys\*\***  
 Teho                                  W  
 mitoitusilmavirralla                  W/m<sup>2</sup>

Puhallinteho\*\*\*       %  
                                   W

Energiamittari

Säädin

\* @ 7/12/27°C RH 50%; noin 80% kokonaisuudesta on tuntuva  
 \*\* @ 50/40/20°C  
 \*\*\* jäähdytystehon %-osuutena (lämmitystehon jos ei jäähdytystä)

Kuva 17. Puhallinkonvektori, IDAICE

Kun lähtötilanteessa konvektorien jäähdytysilma on kanavoitu asuntojen olohuoneiden otsapintaan, tulee tämä huomioida simuloinnissa varmistaen mahdollisimman realistinen lopputulos.

Simuloinnissa on tärkeää luoda mahdollisimman realistinen tilanne, talon ja asuntojen näkökulmassa. Kyisessä kohteessa haasteita toi rajalliset lähtötiedot, jonka takia osa tarvittavien lähtötietojen arvoista on täydennetty sen aikaisten rakennusmääräysten mukaan, tai vertaillen sen aikaisiin yrityksen tekemiin projekteihin. Näin mielestäni luotiin mahdollisimman hyvä ja realistinen kokonaisuus, jonka tuloksia voi käyttää tämän projektin edistämiseen.

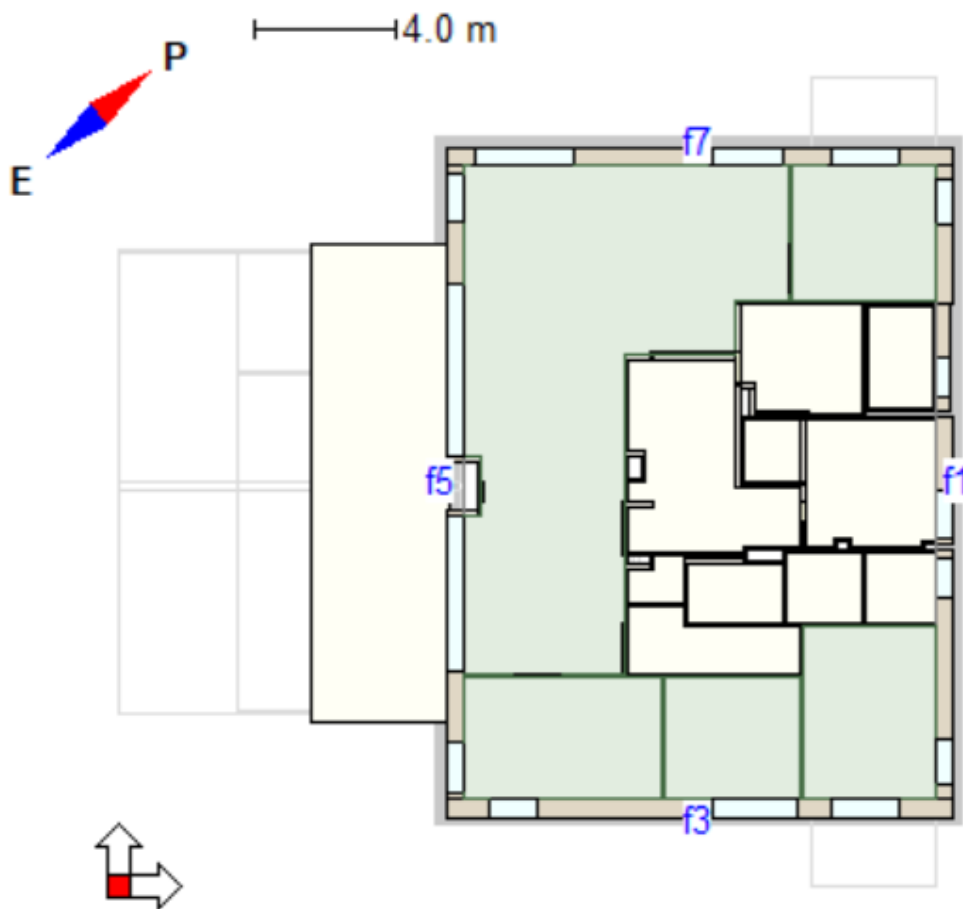
#### 4.5 Järjestelmän energiankulutus

Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus on hallittavissa rakennusautomaation avulla. Automaatiolla pyritään hallitsemaan jäähdytystehoa niin, että järjestelmä tuottaa vain tarvittavan määrän tehoa. Energiankulutuksen hallintaan kuuluu suuressa osassa myös järjestelmien yhteen toimivuus. Tällä tarkoitetaan sitä, ettei lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät toimi samaa aikaan.

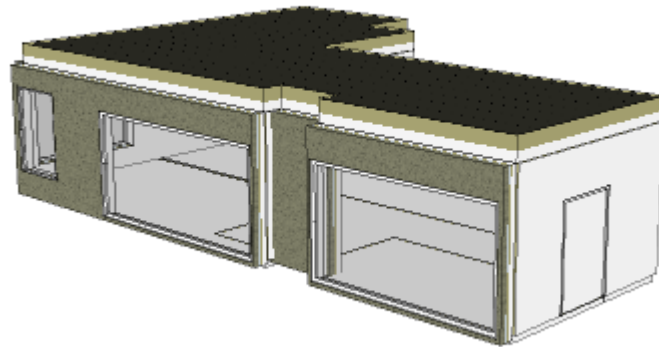
## 5 SIMULOINNIN TULOKSET

### 5.1 Jäähdytystehontarpeet ja ylläpöytarkastelu

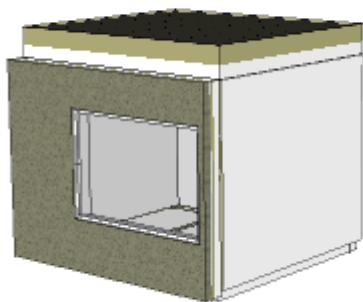
Rakennuksen pääjulkisivu on lounaaseen, joten simulointitulosten perusteella on mahdollista todeta, että pääjulkisivu ja rakennuksen eteläpuoleinen seinä altistuvat auringon valolle ja lämpösäteilylle eniten. Tämä vaikuttaa eteläpuoleisten asuntojen jäähdytystarvetehoihin huomattavasti enemmän, kuin länsipuolen asuntoihin. Tarkasteluun valittiin rakennuksen ylin kerros, joka on kokonaisuudessaan yhtä asuntoa. Asunnon huoneista tarkkailuun valikoituivat olohuoneen suuri tila, sekä keittiön viereinen eteläpuolen makuuhuone. Tämä makuuhuone altistuu auringonvalolle sekä -lämpösäteilylle eniten. Simuloinnissa on oletettu, että huoneiden ikkunoiden sälekaihtimet ovat kiinni. Kuvassa 17 on esitetty tarkasteltavan kerroksen pohjakuvan. Kuvissa 18 ja 19 on esitetty tarkasteluun valitut huoneet, joissa julkisivu edessä.



Kuva 17. Pohjakuva tarkasteltavasta kerroksesta. IDAICE

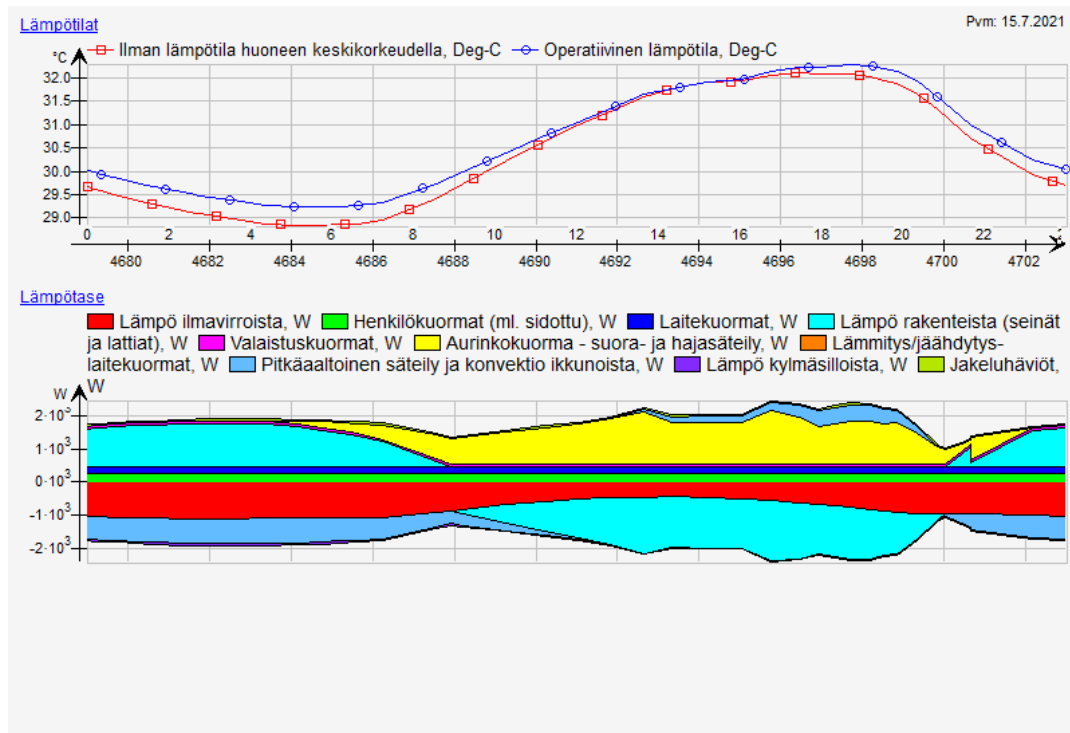


Kuva 18. Tarkasteltavan kerroksen olohuone, IDAICE

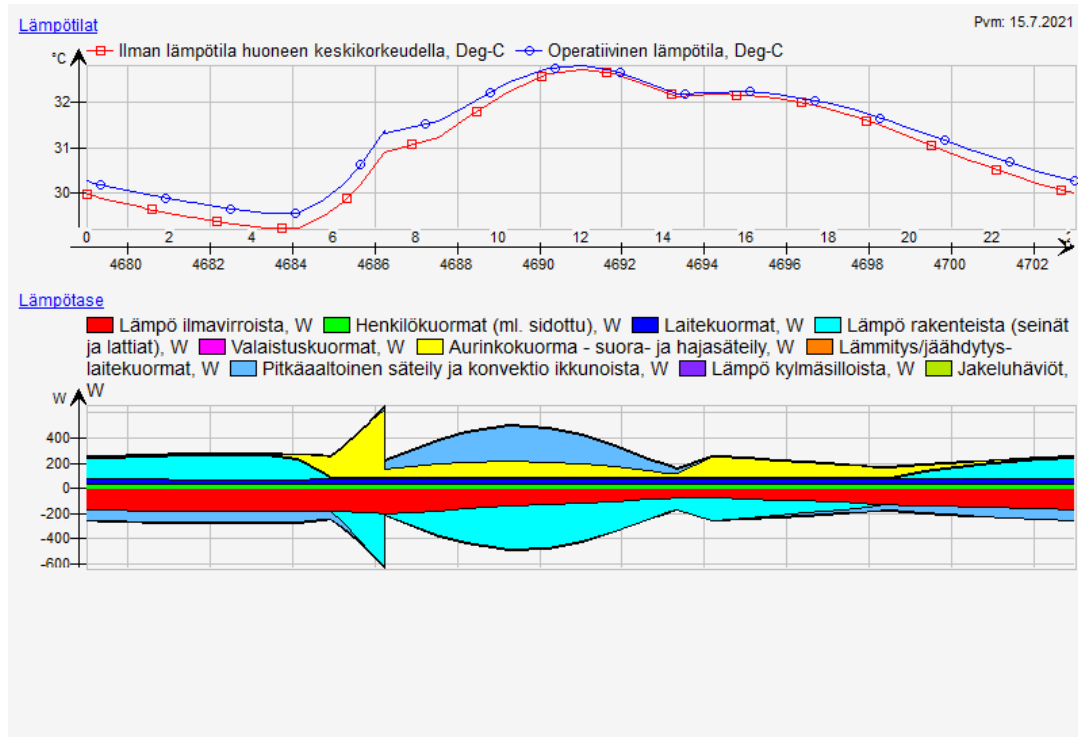


Kuva 19. Tarkasteltavan kerroksen makuuhuone, IDAICE

## 5.1.1 Nollatilanne



Kuva 20. IDAICE, olohuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)

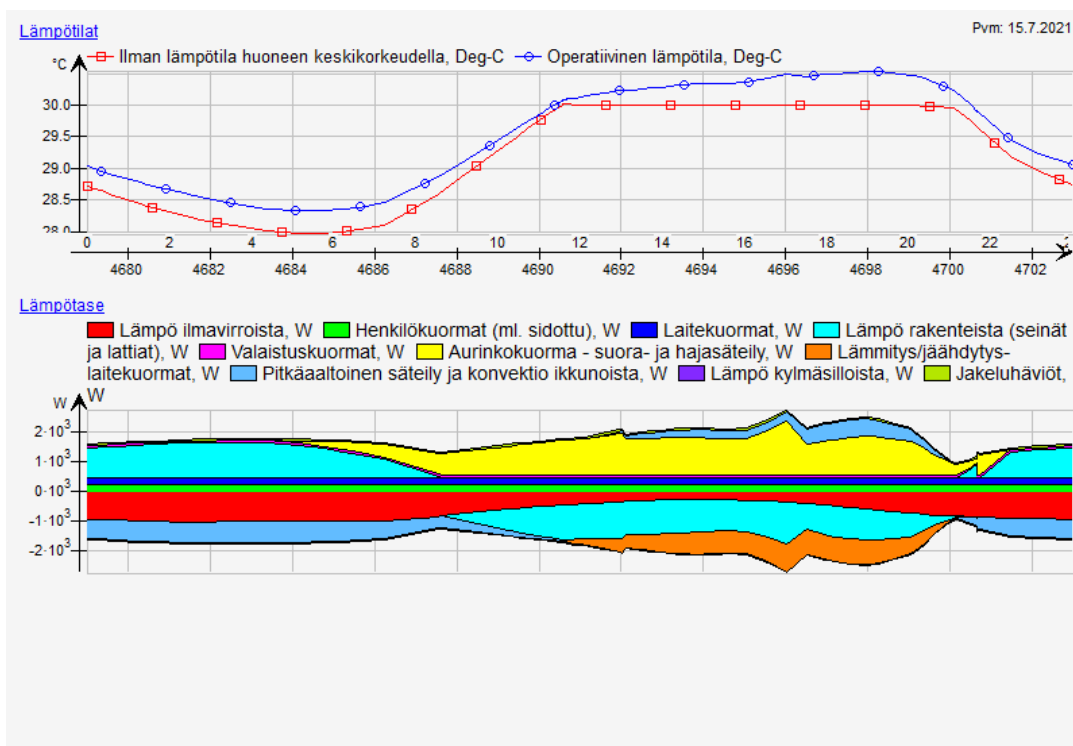


Kuva 21. IDAICE, makuuhuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)

Kuten simulointituloksissa (Kuva 20 ja Kuva 21) huomataan, olohuone altistuu aurin-  
gon säteilylle huomattavan paljon. Tästä aiheutuu korkeat lämpötilat tilanteessa, jossa

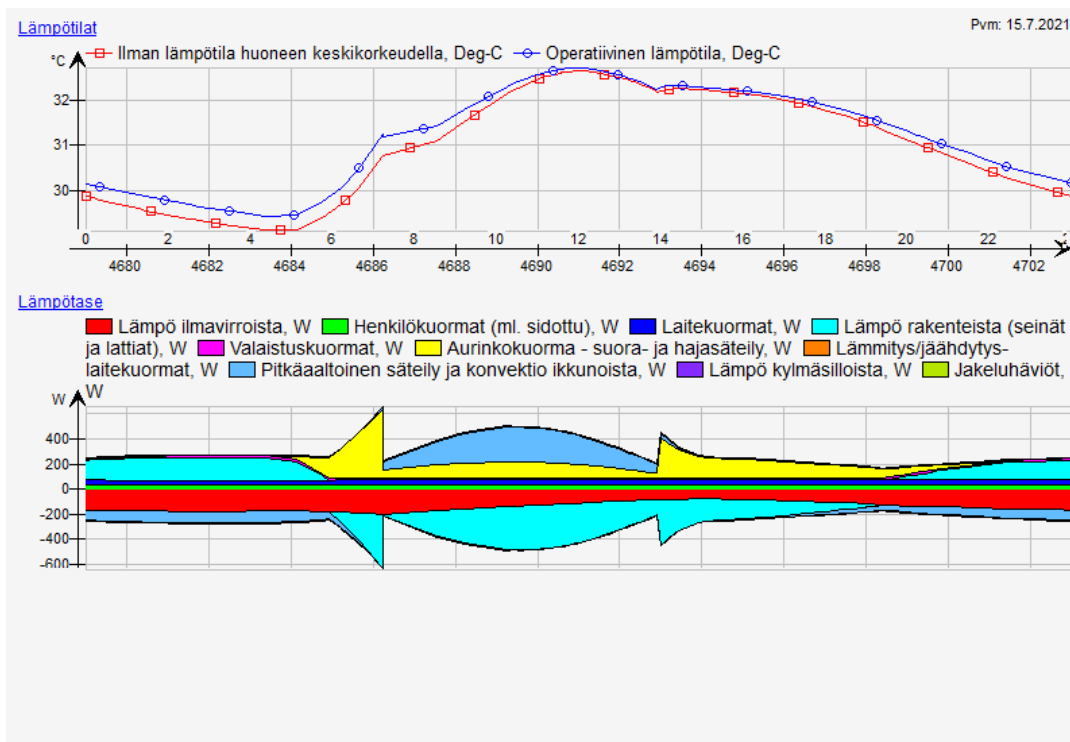
tilaan ei ole määritelty minkäänlaista jäähdytysjärjestelmää. Makuuhuoneessa ikkunoista tuleva säteily on huomattavaa, sekä myös tämä tila altistuu tasaisesti auringosta tulevalle lämpösäteilylle. (Liitteet 1 ja 2)

### 5.1.2 Tämänhetkinen tilanne



Kuva 22. IDAICE, olohuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)

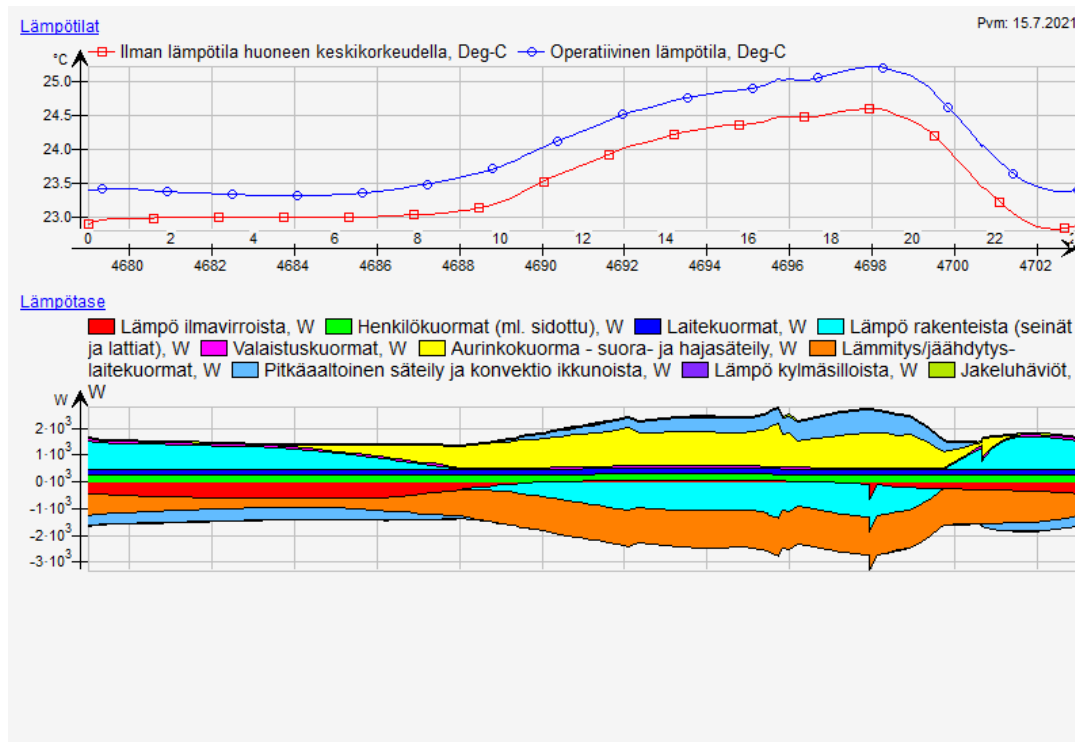




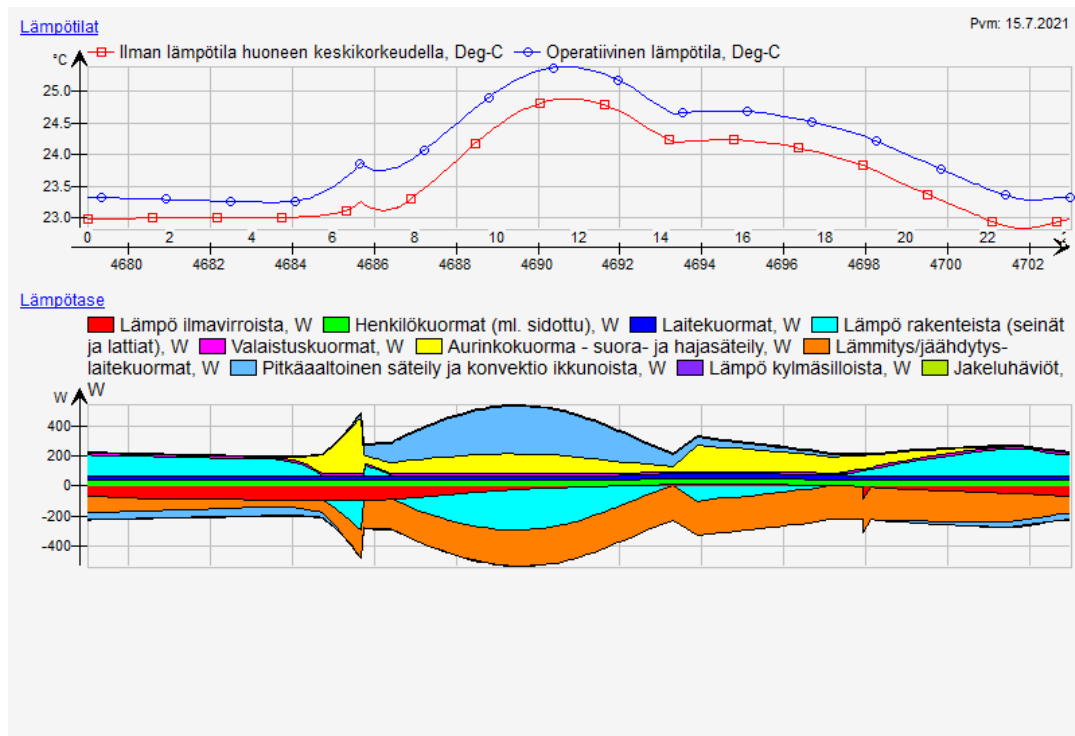
Kuva 23. IDAICE, makuuhuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)

Nykyinen jäähdytysjärjestelmän asetusarvo on niin korkea, että olohuoneen lämpötila pysyttelee tässä ajankohdassa todella korkealla pääosan ajasta (Kuva 22 ja Kuva 23). Nykyisessä tilanteessa, makuuhuoneisiin ei ole suunniteltu jäähdytysjärjestelmää. Näin ollen tilanne makuuhuoneessa on täysin sama kuin, nolla tilanteessa. (Liitteet 3 ja 4)

## 5.1.3 Muutosten jälkeinen tilanne



Kuva 24. IDAICE, olohuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)



Kuva 25. IDAICE, makuuhuone 1 (sisälämpötilat ja lämpötase)

Tässä muutostilanteessa jäähdytysjärjestelmän asetusarvo on laskettu, jolloin tilan operatiivinen lämpötila pysyttelee asetusarvojen sisällä (Kuva 24 ja Kuva 25). Tällä tavalla ratkaistaan asunnoissa oleva lämpötilaongelma, kun lämpötilat nousevat kesäaikoina.

Jäähdytystehoa tarvitaan huomattavasti enemmän, kuin nykyisessä tilanteessa jotta järjestelmä pysyy annetussa asetusarvossa. Kuten simuloinnin tuloksissa huomataan, muutostilanteessa, jossa jäähdytysteho on jaettu olohuoneeseen ja makuuhuoneeseen, lämpötilat pysyvät annetussa asetusarvossa. (Liitteet 5 ja 6)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Järjestelmän asetusarvo on liian korkea. Madaltamalla järjestelmän asetusarvoa, pystytään asuntoihin luomaan huomattavasti mukavampi sisälämpötila. Asetusarvoa muuttamalla saadaan järjestelmä toimimaan rakennusautomaation avulla automaattisesti, eikä asukkaiden tarvitse manuaalisesti ohjata järjestelmän toimintaa. Tämä ei itsessään ratkaise makuuhuoneissa olevaa yllilämpö ongelmaa. Asetusarvon ja järjestelmän uudelleen säätö olisi mahdollinen tilanteessa, jossa oletettavaa on, että nykyiset konvektorit ovat säädettävissä jälkikäteen. Parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen päästäessä tämän toteutuksen avulla, olisi varmistettava, että makuuhuoneiden ovet pysyisivät pääosan ajasta avoinna. Tällä mahdollistettaisiin jäähdytystehon jakautuminen tiloihin, jossa sitä tarvitaan.

Nykyinen järjestelmä voisi toimia sellaisenaan, jos asukkaat ohjaisivat järjestelmää manuaalisesti, sekä aloittaisivat tilan jäähdytyksen jo varhaisessa vaiheessa. Tällä tavoin tilan lämpötilat voisi mahdollisesti pysyä asetusarvossa tai jopa sen alapuolella. Jäähdytystehon jakautuminen muihin tiloihin voisi olla mahdollista, jos muiden tilojen ovet olisivat pääosan ajasta avoinna.

Simulointitulosten perusteella, nykyisessä järjestelmässä riittää tehoja jakaa jäähdytystehoa myös makuuhuoneisiin. Tämä ratkaisu vaatii mm. ilmanvaihtotöitä, jossa konvektorin olemassa olevasta kanavasta, kanavoidaan makuuhuoneeseen tai makuuhuoneisiin oma kanavahaara. Kanavahaaraan lisätään säätöpelti, jolla jäähdytysteho

pystytään jakamaan tiloihin oikealla tavalla. Ratkaisu vaatii todennäköisesti myös rakennustöitä, jotta varsinkin kipsilevyalakatot saadaan avattua ja uudelleen suljettua siististi. Sälekaihtimia on pidettävä kiinni, jotta jäähdytysteho olisi riittävä.

Jotta toteutus pystytään tekemään, vaatii tämä asuntojen sisäpuolisia purku- ja rakennustöitä, jotka vaikuttavat asukkaiden asuinmukavuuteen rakennustöiden aikana. Muutostyöt sijoittuisivat asuntojen eteiseen ja makuuhuoneisiin sekä mahdollisesti tiloihin, jotka sijaitsevat näiden tilojen välissä.

Asuntojen ylälämpöä olisi mahdollista hallita myös ulkoisilla lämpösäteilyä estävillä elementeillä, esimerkiksi markiiseilla tai säteilyä estävillä ikkunoilla. Markiisit eivät kuitenkaan ratkaise ongelmaa talon eteläsivulla, jossa useimmat ongelmalliset makuuhuoneet sijaitsevat. Lämpösäteilyä eristävät ikkunat voisivat olla mahdollisesti ratkaisu kyseiseen ongelmaan, mutta investointina kallis ratkaisu ottaen huomioon myös totutuksen vaatimat rakennustyöt.

## LÄHTEET

Ympäristöministeriö, matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008. Viitattu 03.04.2021

<https://ym.fi>

C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennuksen lämmöneristys. 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö

Ilmasto-opas, Nykyinen ilmasto – 30 vuoden keskiarvot 2013. Viitattu 03.04.2021

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/>

Turkuenergia, kaukolämpö ja -jäähdytys 2021. Viitattu 02.04.2021 <https://www.turkuenergia.fi/kaukolampo-ja-jaahdytys/kaukojaahdytys-ekologinen-valinta/>

Uponor, lattialämmitys ja -viilennys 2021. Viitattu 10.04.2021

[https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys\\_viilennys](https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/lattialammitys_viilennys)

Itula, kattosäteilylämmitys ja -jäähdytys asuinrakennuksessa 2017. Viitattu

10.04.2021 <https://www.itula.fi/ajankohtaista/asiantuntija-artikkelit/kattosateilylammitys-ja-jaahdytys-asuinrakentamisessa>

Johnson Controls, vesilauhdutteiset vedenjäähdyttimet 2021. Viitattu 02.04.2021

[https://www.johnsoncontrols.com/fi\\_fi/buildings/hvac/water-cooled-chillers](https://www.johnsoncontrols.com/fi_fi/buildings/hvac/water-cooled-chillers)

Ilmalämpöpumppu.fi 2021. Viitattu 12.04.2021 <https://www.ilmalampopumppu.fi/tieto/>

Enervent, maalämpö ja maakylmä – ilmaista energiaa. Viitattu 13.04.2021

<https://www.enervent.fi/geo-cooling/>

Maalämpötukku, maakylmä 2021. Viitattu 10.04.2021 <https://www.maalampotukku.fi/category/64/maakylma>

<https://www.maalampotukku.fi/category/64/maakylma>

RT 50-10910. Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostalossa. 2007. Helsinki:

Rakennustieto.

Oras, linjasäätöventtiili 2021. Viitattu 20.04.2021 <https://www.oras.com/fi/tuotteet/tuoteperheet/oras/linjasaatventtiili/410020>

<https://www.oras.com/fi/tuotteet/tuoteperheet/oras/linjasaatventtiili/410020>

Danfoss, dynaaminen venttiili 2021. Viitattu 20.04.2021 <https://www.danfoss.com>

<https://www.danfoss.com>

IMI-Hydronic, TA-modulator 2021. Viitattu 20.04.2021 <https://www2.imi-hydronic.com/fi/ta-modulator/yleiskatsaus/>

RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Helsinki: Rakennustieto

LVI 10-10527. Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen.

2013. Helsinki: Rakennustieto

Chiller, studio puhallinkonvektori 2019. Viitattu 20.03.2021

[https://www.chiller.eu/wp-content/uploads/2019/09/Studio\\_fi\\_10\\_2019.pdf](https://www.chiller.eu/wp-content/uploads/2019/09/Studio_fi_10_2019.pdf)

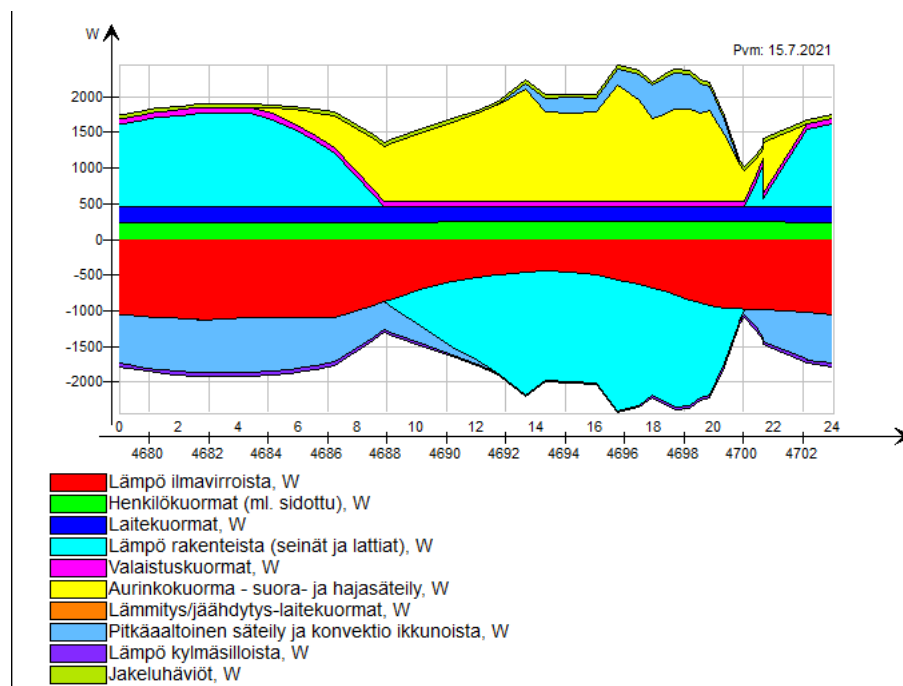
Climeconair 2006. Viitattu 20.03.2021

[https://climeconair.com/wp-content/uploads/2020/08/EKO-EKE-EKV-EKR\\_esite.pdf](https://climeconair.com/wp-content/uploads/2020/08/EKO-EKE-EKV-EKR_esite.pdf)

Finlex, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, 1009/2017. Viitattu 26.04.2021

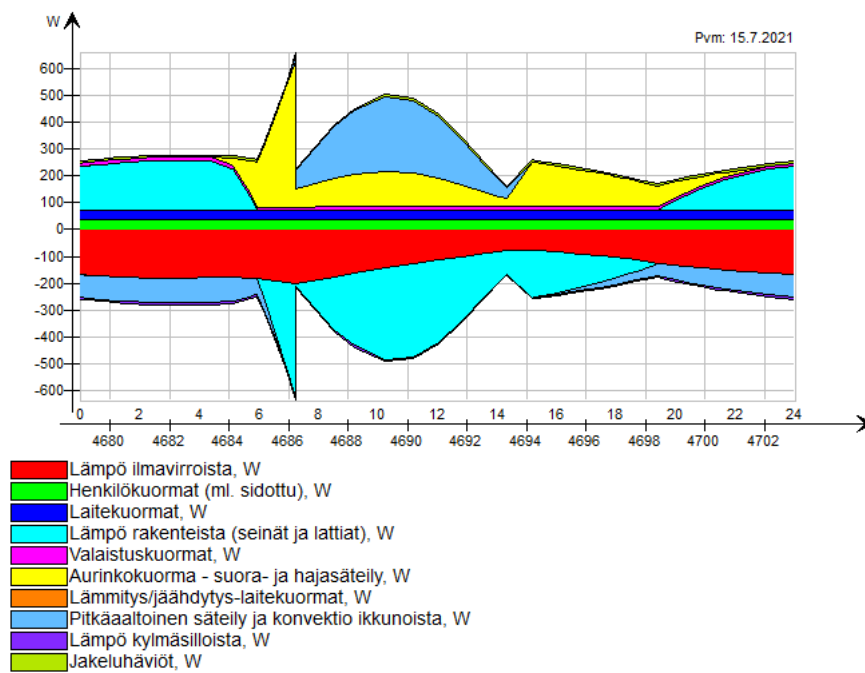
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Olohuone nollatilanteessa:



Lämpötase

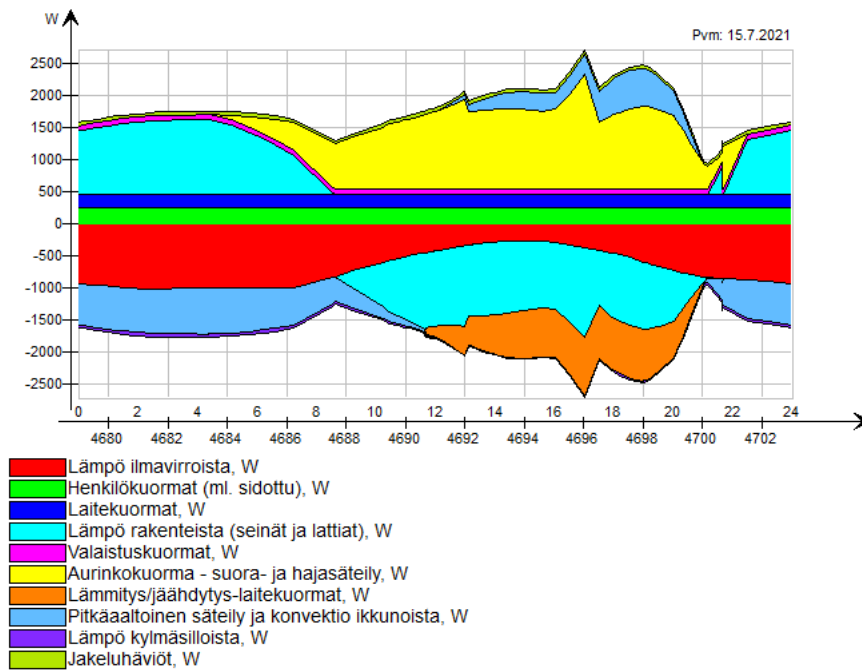
Makuuhuone nollatilanteessa:



Lämpötase

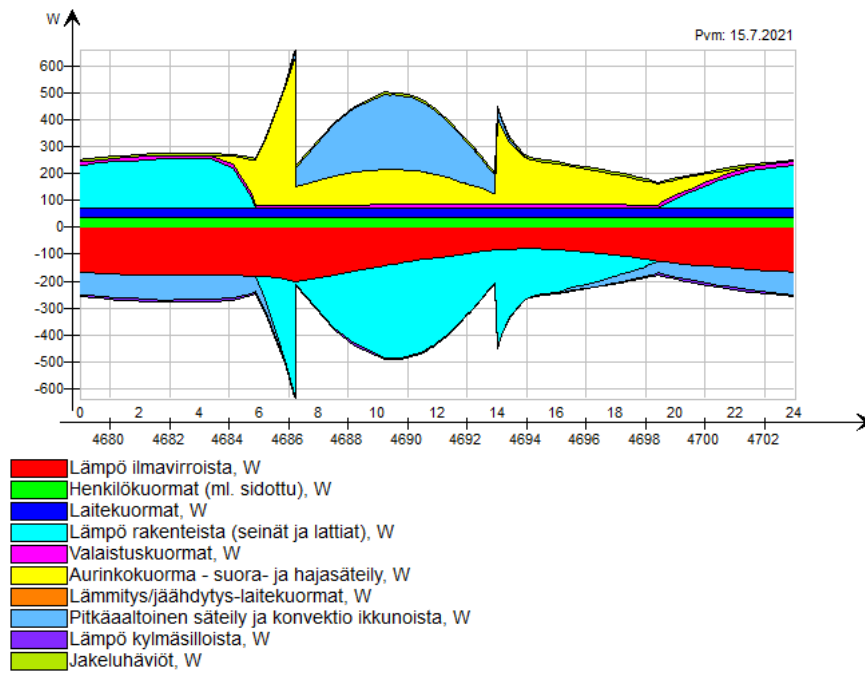


Olohuone nykyisessä tilanteessa:



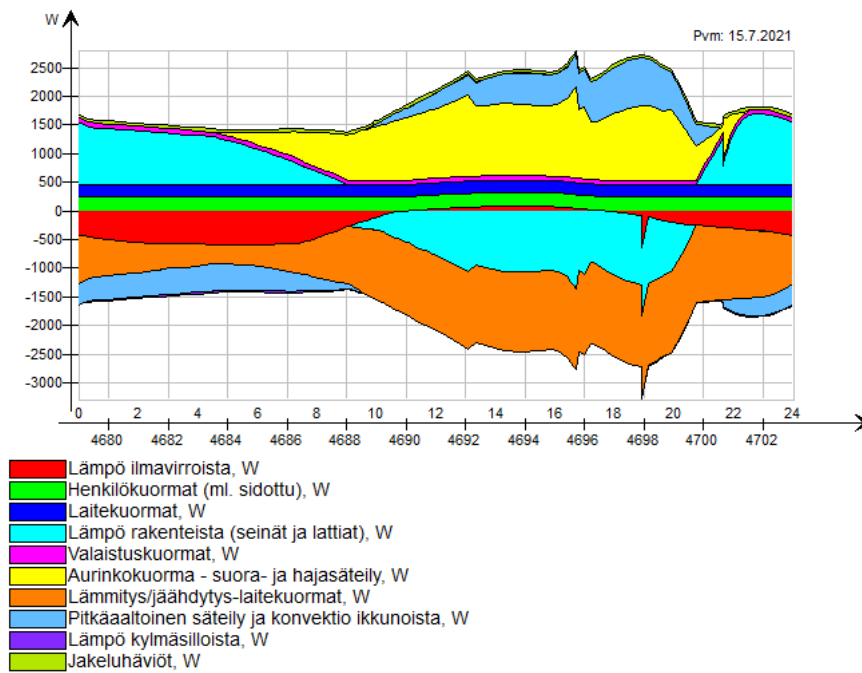
Lämpötase

Makuuhuone nykyisessä tilanteessa:



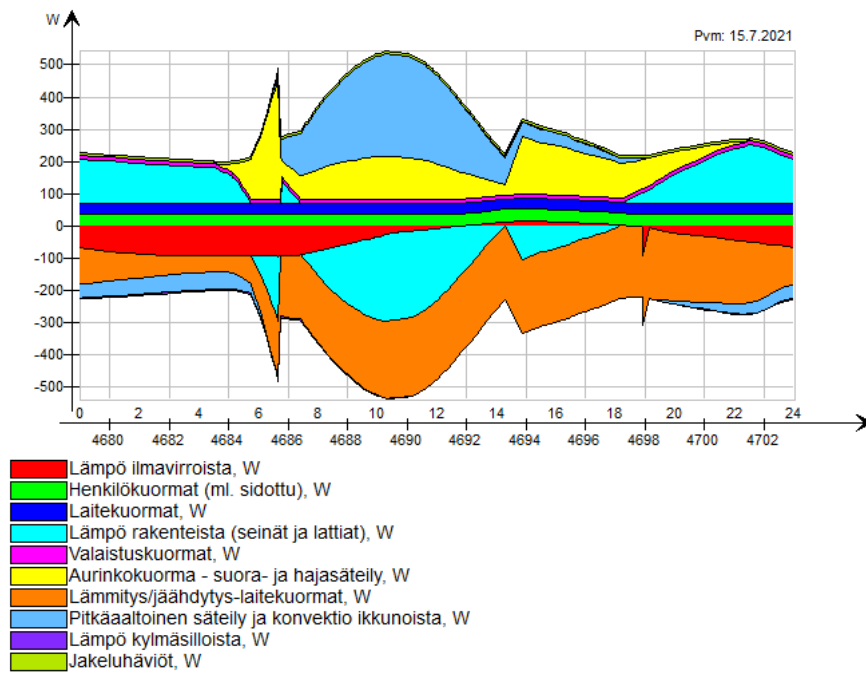
Lämpötase

Olohuone muutoksien jälkeen:



Lämpötase

Makuuhuone muutoksien jälkeen:



Lämpötase

Listattuna arkkitehdin julkisivukuvista saadut rakennetyypit:

#### AP2 Alapohjarakenne, kantava

- pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
- 40 mm kiinnitetty pintabetoni (By 45 luokka C-4-30)
- kantava teräsbetoni-laatta rakennepiirustusten mukaan
- 50 mm EPS 100 Lattia  
1 m:n levyisellä reunakaistalla lämmöneriste  
100mm EPS 100 Lattia
- tiivistetty salaojasora > 200 mm, yhteys salaojiin
- perusmaa, kallistettu salaojiin

U-arvo = 0,20 W/m<sup>2</sup>K sisäalue

U-arvo = 0,27 W/m<sup>2</sup>K reunoilla

#### YP2 Terassin lattiarakenne

- pintamateriaali arkk.mukaan
- 60 mm säänkestävä teräsbetoni-laatta,  
keskeinen #Ø5-200 B500K, (By 45 luokka C-X-30)
- suodatinkangas, käyttöluokka 2
- 100 mm Finnfoam F-400
- 100 mm uritettu Finnfoam F-400
- kumibitumikermieristys  
K-MS 170/3000 kauttaaltaan bitumilla liimaten  
K-MS 170/3000 kauttaaltaan bitumilla liimaten
- kallistuslaasti >1:80
- kantava teräsbetoni-laatta rakennepiirustusten mukaan
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo = 0,16 W/m<sup>2</sup>K

#### YP1 Yläpohjarakenne

- vedeneristys
- Protan-kate
- 20 mm raakaponttilaudoitus RT 85-10562 mukaan
- puukannattajat rakennepiirustusten mukaan
- >100 mm tuuletettu ilmatila

- 30 mm Paroc WAS 25t
- 100 mm Paroc UNS 37
- 150 mm Paroc UNS 37
- teräsbetonilaatta rakennepiirustusten mukaan
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo = 0,16 W/m<sup>2</sup>K

#### VP2 Märkätilojen välipohjarakenne

- laatoitus rakennusselityksen mukaan
- sertifioitu vedeneristys
- 50...70 mm pintabetoni kuitubetonia (By 45 luokka A-X-30)  
+ lämpöputket
- 15 mm Nereus asennuslevy
- kantava teräsbetonilaatta rakennepiirustusten mukaan
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

Huomioitava lattialämmityksen toimittajan ohjeet !

- reunanauha umpisolumuovia kaikkiin laatan ja seinien liitoksiin irroituskaitaksi (Nereus Oy)
- pintabetoniin liikuntasauva jos poikkileikkaus olennaisesti muuttuu (ovien kohdat ja vastaavat)

Kuitubetoni

- teräskuitu 30 kg/m<sup>3</sup>, pituus 50mm
- massa tehonotkistettu

Ilmääneneristävyys R'<sub>w</sub> ≥ 55 dB

#### VP1 Asuntojen välipohjarakenne, yleensä

- pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
- 60 mm pintabetoni kuitubetonia (By 45 luokka A-X30)  
+ lämpöputket
- 30 mm Nereus asennuslevy
- kantava teräsbetonilaatta rakennepiirustusten mukaan
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

Huomioitava lattialämmityksen toimittajan ohjeet !

- reunanauha umpisolumuovia kaikkiin laatan ja

seinien liitoksiin irroituskaitaksi (Nereus Oy)

- pintabetoniin liikuntasäilytysosa jos poikkileikkaus olennaisesti muuttuu (ovien kohdat ja vastaavat)

Kuitubetoni

- teräskuitu  $30 \text{ kg/m}^3$ , pituus 50mm
- massa tehonotkistettu

Askelääneneristävyyden  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$

Ilmaääneneristävyyden  $R'_{w} \geq 55 \text{ dB}$

#### US6 Paneeli-/peltipintainen ulkoseinärakenne

- lauta-, peltiverho
- tuuletusväli, pystykoolaus 22x100k600
- 45 mm min.villalevy isover RKL
- 125 mm min.villalevy isover KL + pystyrunko 125x50k600
- höyrinsulkumuovi 0.2mm
- kipsilevy Gyproc EK 13 mm
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo =  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### US4 VSS:n ulkoseinärakenne

- 140 mm teräsbetoniulkokuorielementti, harkkokuviointi kiillotettu betoni
- 180 mm Paroc COS 5g
- VSS:n teräsbetoniseinä rakennesuunnitelmien mukaan
- pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo =  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### US3 Betonipintainen ulkoseinärakenne

- 140 mm teräsbetoniulkokuori harkkokuviointi kiillotettu betoni
- 180 mm Paroc COS 5g
- teräsbetoniseinä rakennesuunnitelmien mukaan
- pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo = 0,22 W/m<sup>2</sup>K

#### US1 Muurattu ulkoseinärakenne

- 130 mm julkisivumuuraus rakenneselityksen mukaan
- 30 mm ilmarako
- 50 mm min.villalevy Paroc WAS 25t
- 125 mm min.villalevy Paroc UNS 37 (tiivisti sisäpinnassa)
- teräsbetonisisäkuori rakennepiirustusten mukaan
- pintakäsittely huoneselityksen mukaan

U-arvo = 0,23 W/m<sup>2</sup>K

muuraussiteet 4Ø4 rst/m<sup>2</sup>, aukkojen pielissä k300,  
asennetaan ulospäin kalteviksi

aukkojen päällä raudoitetut tiilipalkit  
(palkkitiilet, ruostumattomat raudoitteet)

muuraustöissä ja tarvikkeissa noudatetaan  
RIL 85-1989 annettuja ohjeita

mineraalivillalevyjen saumat limitetään >100 mm

teräsbetonisisäkuori paikallavaluna tai elementtinä  
rakennesuunnitelmien mukaan