

Katja Viljanen

# Taloteknisesti muuntojoustavan toimistorakennuksen toteutuksen edellytykset ja vaatimuksen asettelut käytettäville päätelaitteille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

7.11.2013

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Katja Viljanen Taloteknisesti muuntojoustavan toimistorakennuksen toteutuksen edellytykset ja vaatimuksen asetellut käytettäville päätelaitteille</p> <p>53 sivua + 7 liitettä 7.11.2013</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>talotekniikka</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>LVI-suunnittelu</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>johtava asiantuntija Timo Svahn lehtori Jorma Säteri</p>
<p>Työssä kartoitettiin taloteknisesti muuntojoustavan toimistorakennuksen toteutuksen edellytyksiä tilojen ilmanvaihdon, jäähdytyksen sekä lämmityksen osalta sekä asetettiin tavoitteet tilojen sisäilmasto-olosuhteille ja selvitettiin päätelaitteille tulevia vaatimuksia ilmamäärien, jäähdytys- ja lämmitystehontarpeiden sekä äänitasojen suhteen.</p> <p>Päätelaitteille tulevat ilmamäärät sekä jäähdytys- ja lämmitystehontarpeet selvitettiin IDA ICE -simulointiohjelmalla. Lähtökohtana käytettiin Sisäilmastoluokitus 2008:n luokan S1 arvoja, mutta esimerkiksi täydellä kuormalla ilmamääriä oli nostettava luokan S1 antamia arvoja suuremmaksi halutun hiilidioksidipitoisuuden saavuttamiseksi.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ilmamäärät sekä jäähdytys- ja lämmitystehontarpeet, jotka päätelaitteilta on saatava eri tilanteissa. Työn pohjalta voidaan todeta, että taloteknisen muuntojoustavuuden toteutumista toimistorakennuksessa edesauttaa moduuliperusteinen rakennuspohjan jaottelu, rakentaminen avoimen rakentamisen periaatteella ja älykkään talotekniikan sekä riittävän laajojen säätöalueiden omaavien päätelaitteiden käyttö.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>muuntojoustavuus, moduuli, älykäs talotekniikka</p>

Author Title	Katja Viljanen Implementation prerequisites for an office building with flexible building services, requirements for terminal devices
Number of Pages Date	53 pages + 7 appendices 11 October 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, design orientation
Instructors	Timo Svahn, Leading Expert Jorma Säteri, Senior Lecturer
<p>The aim of the final year project was to chart the implementation prerequisites for the ventilation, cooling and space heating of flexible office buildings and to set target values for the indoor climate conditions. Furthermore, the requirements for terminals as for the quantity of air, cooling and heating demands and sound levels were studied.</p> <p>Terminal air quantities and cooling and heating demands were established with the IDA ICE simulation program. The simulations were based on values given in the category S1 in the Finnish Classification of Indoor Environment 2008 document, but to achieve for example the desired carbon dioxide levels, the quantity of air had to be increased with full loads.</p> <p>As a result, the necessary air quantity as well as the requirements for cooling and heating were established for the terminals. In conclusion, it can be stated on the basis of this study that the issues contributing to flexible building services in office buildings are module based division of building floor, use of open building principle and use of intelligent HVAC and terminals with sufficient control range.</p>	
Keywords	flexibility, module, intelligent HVAC

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käsitteitä	2
2.1	Muuntojoustavuus	2
2.2	Avoin rakentaminen	3
2.3	Älykkään talotekniikan perustaa	5
3	Tavoitteen asettelu	8
3.1	Kohde	8
3.2	Moduulijaottelu	8
3.3	Sisäilmasto-olosuhteiden vaatimusten ja tavoitteiden perustaa	9
3.3.1	Sisäilmastoluokitus 2008	9
3.3.2	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2	10
3.3.3	SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työpisteiden valaistus.	10
3.4	Sisäilmasto-olosuhteiden tavoitteet	10
3.4.1	Ilmamäärät	10
3.4.2	Lämpöolosuhteet ja ilman liikenopeus	12
3.4.3	Ilman laatu (hiilidioksidipitoisuus)	16
3.4.4	Ääniolosuhteet	19
3.4.5	Valaistus	20
4	Järjestelmät ja esimerkkilaitteet	21
4.1	Muuttuvailmavirtainen iv-järjestelmä	21
4.2	Yleistä jäähdytystehontarpeesta	21
4.3	Yleistä kattolämmityksestä	22
4.4	Tilojen esimerkkilaitteet	23
4.4.1	CSW-pyörreilmavirtayksikkö	23
4.4.2	Jäähdytyspalkki ja säteilylämmityspaneeli	24
4.5	Automaatio	25
4.5.1	Periaatteet	25
4.5.2	Huonesäätö	26
5	Lähtötiedot laitemitoitus- ja olosuhdesimuloinneissa	28

5.1	Lähtötietoja IDA ICE:ä varten	29
5.1.1	Tyypitilat	29
5.1.2	Sijaintitiedot, tuuliolosuhteet ja rakenteet	29
5.1.3	Jäähdytysveden menolämpötila	30
5.1.4	Ilmanvuotoluku	31
5.1.5	Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus	31
5.1.6	Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	31
5.1.7	Tilojen ilmamäärät	31
5.1.8	Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi ja säätötavan valinta	31
5.1.9	Sisäiset lämpökuormat, käyttöajat ja käyttöasteet	32
5.1.10	Maksimi lämmitystehontarpeen laskennan lähtötietoja	33
5.1.11	Olosuhdesimulointien lähtötietoja	33
6	Simuloinnit ja tulokset	34
6.1	Jäähdytys ja ilmamäärät	34
6.1.1	Maksimijäähdytystehontarpeet ja -ilmamäärät	34
6.1.2	Kesän jäähdytystehontarpeet ja ilmamäärät vajailla käyttöasteilla	38
6.1.3	Talvella tarvittavat jäähdytystehontarpeet vajailla käyttöasteilla	41
6.2	Lämmitystehontarpeet	43
6.2.1	Maksimi lämmitystehontarve	43
6.2.2	Lämmitystehontarve talvitilanteessa vajailla käyttöasteilla	44
6.3	Yhteenveto ilmamääristä sekä jäähdytys- ja lämmitystehontarpeista	45
7	Yhteenveto	50
	Lähteet	52
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkikuva moduuleista	
	Liite 2. Sisäilmaston olosuhdevaatimukset ja suunnitteluperusteet	
	Liite 3. Lämpöolosuhteiden käyrästöt	
	Liite 4. Maksimijäähdytystehontarpeet ja ilmamäärät	
	Liite 5. Kesäajan jäähdytystehontarpeet ja ilmamäärät vajailla käyttöasteilla	
	Liite 6. Talvikauden jäähdytys- ja lämmitystehontarpeet vajailla käyttöasteilla, lämpökuormat mukana laskennassa	
	Liite 7. Maksimilämmitystehontarpeet	

## Lyhenteet

CAV	constant air volume, vakioilmavirta
clo	vaatetuksen lämmöneritys (1 clo = 0,155 m <sup>2</sup> K/W)
L <sub>A, eq,T</sub> (dB)	A-taajuuspainotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)
L <sub>A, max</sub> (dB)	enimmäisäänitaso huoneessa
L <sub>Atot</sub>	tilassa olevien (LVIS) laitteiden yhteisesti aiheuttama äänitaso dB
L <sub>A1...L<sub>An</sub></sub>	tilassa olevan kunkin (LVIS) laitteen erikseen aiheuttama äänitaso dB
lx	valaistusvoimakkuuden taso, luksia
Max PPD	maximum percentage of people dissatisfied, tyytymättömien maksimumiosuus
met	aineenvaihdunnan lämmöntuotto (1 met = 58,2 W/iho-m <sup>2</sup> )
ppm	parts per million, miljoonasosa
PPD	predicted percentage of dissatisfied, tyytymättömien osuus
PVM	predicted mean mote, lämpöaistimus
VAV/MIV	variable air volume, muuttuvailmavirta

## 1 Johdanto

Rakennuksen rakenteiden, LVIS-järjestelmien ja tilojen elinkaaret ovat eripituisia. Rakennusten käyttöiäksi voidaan uusien rakennusten osalta tavoitella jopa 100–200:aa vuotta. LVIS-järjestelmien käyttöikä vaihtelee 15:stä 50 vuoteen. Tilojen elinkaaret ovat usein erittäin lyhyitä verrattuna rakenteiden ja LVIS-järjestelmien elinkaariin. (1, s. 17; 2.) Tiloihin tulee väistämättä muutoksia rakennuksen elinkaaren aikana. Muun muassa käyttäjien tarpeissa ja odotuksissa sekä fyysisissä, sosiaalisissa ja taloudellisissa olosuhteissa tapahtuu muutoksia. (3, s. 2.)

Muuntojoustavassa rakennuksessa muutostilanteen aiheuttamia kustannuksia saadaan pienemmäksi. Tästä seuraa yleensä rakennuksen käyttöasteen paraneminen, käyttöiän piteneminen sekä lopulta parempi ympäristötehokkuus. (3, s. 2.)

Talotekniikan osalta parempaa elinkaaritaloutta ja ympäristötehokkuutta voidaan tavoitella suunnittelemalla ja toteuttamalla talotekniset ratkaisut siten, että tila- ja käyttäjämuutokset eivät aiheuta suuria muutostarpeita talotekniikkaan.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella taloteknisesti muuntojoustavan toimistorakennuksen toteutuksen edellytyksiä sekä asettaa vaatimukset muuntojoustaville ja älykkäille tiloihin sijoitettaville pääteyksiköille, joilla voidaan hoitaa energiatehokkaan toimistorakennuksen tilojen ilmanvaihto, jäähdytys ja lämmitys. Järjestelmään voidaan liittää myös valaistus. Viitekohteena on todellinen suunnitteluprojekti.

Käyttäjä voi muuttaa pääteyksikön ominaisuuksia sisäilmaston olosuhdevaatimusten mukaan (lämpötila, valaistus ja ilmanlaatu).

Suunnittelu tehdään avoimen rakentamisen periaatteella. Rakennuksen tiloille tulee olemaan useita vaihtoehtoisia layout-suunnitelmia ja suunnitellun talotekniikan tulee täyttää asetetut vaatimukset ja tarpeet riippumatta siitä, mikä tilojen layout-suunnitelma lopulta toteutetaan ja mitä tilaratkaisuja tulevaisuudessa halutaan käyttää.

Työ alkaa muuntojoustavuuden, avoimen rakentamisen ja älykkään talotekniikan käsitteiden tarkastelulla. Seuraavaksi asetellaan tavoitteet sisäilmasto-olosuhteille Sisäilmastoluokitus 2008:n S1- ja S2-luokkien mukaan, sitten tarkastellaan yleisesti jäähdy-

tystehontarvetta ja käytettävien teknisten järjestelmien toimintaa sekä kerrotaan esimerkkipäätelaitteista. Lopuksi selvitetään IDA ICE -simulointiohjelman avulla tilojen lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet sekä tarvittavat ilmamäärät. Simuloinnin lähtökohdaksi otetaan sisäilmaluokan S1 vaatimukset.

Työ laaditaan Pöyry Finland Oy:lle, yhteistyökumppaneina ovat Caverion Oy ja Halton Oy.

## **2 Käsitteitä**

### **2.1 Muuntojoustavuus**

Muuntojoustavuudella tarkoitetaan tilojen kykyä sopeutua tulevien käyttötärpeiden mukaiseksi (4, s. 10). Muuntojoustavuuden käsite voidaan jakaa vielä muunneltavuuteen, joustavuuteen ja täydennettävyyteen (5, s. 298).

Muunneltavuudella varaudutaan väliseinien siirtelyllä tehtäviin tilamuutoksiin. Tilat voidaan luokitella sen mukaan, halutaanko täydellistä tai kohtuullista muunneltavuutta. Tietyt tilat eivät tarvitse muunneltavuutta yleensä lainkaan, kuten aputilat, sosiaalitalat ja muut niiden kaltaiset tilat. (5, s. 298.)

Tilojen käyttötärkoituksien muuttumiseen voidaan varautua joustavuudella. Käyttötärkoitus muuttuu esimerkiksi silloin, kun toimistohuone halutaan muuttaa neuvotteluhuoneeksi. (5, s. 299.)

Täydennettävyydellä tarkoitetaan sitä, että varaudutaan etukäteen järjestelmän tason nostoon myöhemmin. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmässä voidaan tasoa nostaa lisäämällä tilaan myöhemmin jäähdytys. (5, s. 299.)

Talotekniikassa muuntojoustavuus voidaan toteuttaa sovittamalla talotekniset ratkaisut tilojen moduulijaottelun mukaisesti. Talotekniikan perusyksiköksi tulee yksi moduuli, jota "monistetaan". Ilmanvaihdossa muuntojoustavuuteen voidaan varautua suunnitteleamalla ilmanvaihto moduulijaottelun mukaan siten, että ilmamääriä on mahdollista muuttaa tilojen käytön mukaiseksi. Peruskanaviston suunnittelussa kanavien koot toteutetaan normaalia suurempina. Tällä saadaan ilman nopeuksia pienemmäksi sekä



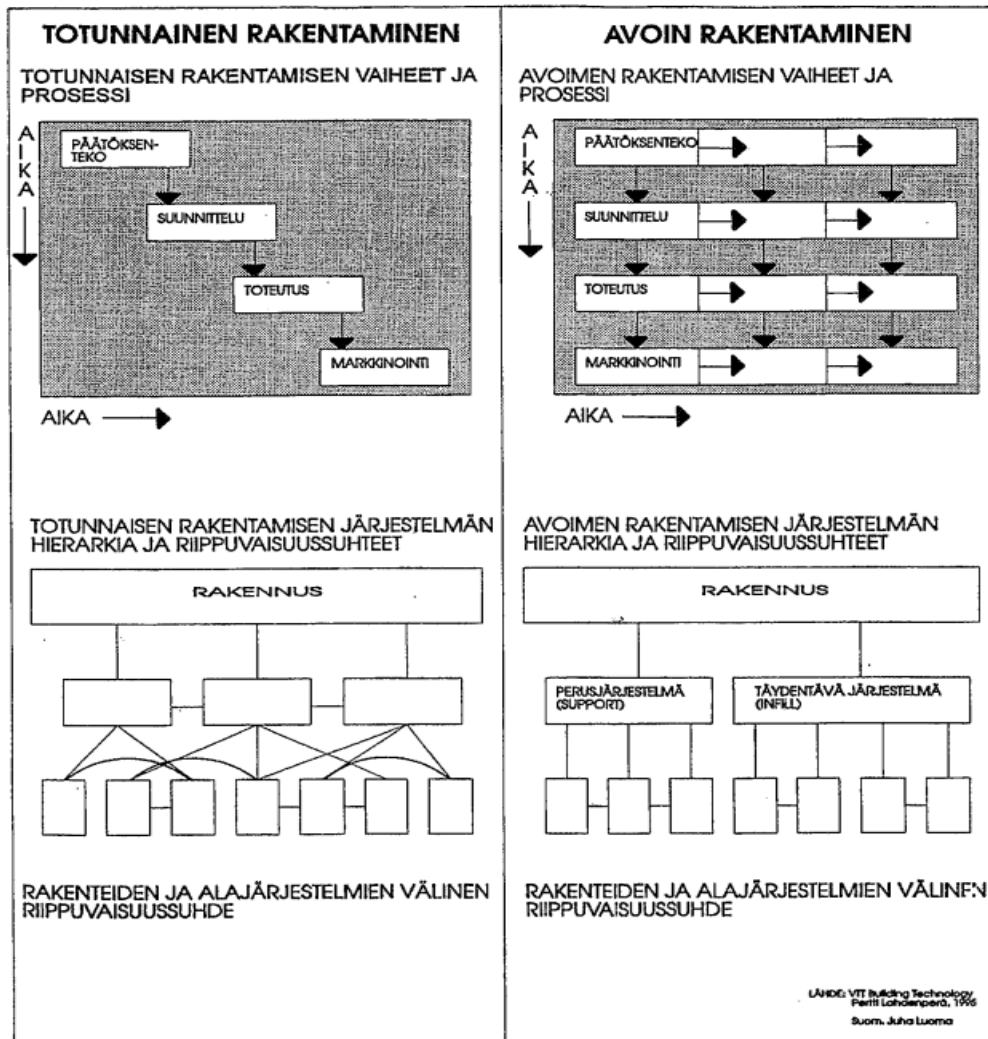
jätetään kapasiteettireserviä tulevia ilmanjaon muutoksia varten. Myös tilojen lämmityksessä ja jäähdytyksessä sijoitetaan tilojen lämmitys- ja jäähdytyslaitteet moduulijärjestelmän mukaisesti. Järjestelmät tulee mitoittaa riittävän väljiksi muuntojoustavuuden mahdollistamiseksi. Valaistuksen sijoitusmuutoksia pyritään minimoimaan sijoittamalla valaisimet lvi-tekniikan moduulijakoon sopivaksi. (4, s. 15–17.) Rakennuksen tietoteknisten järjestelmien osalta muunneltavuuden edellytyksenä on järjestelmien avoimuus (6, s. 47).

Täydellistä muuntojoustavuutta ei yleensä käytännössä voida talotekniikan osalta saavuttaa, koska tällöin kustannukset nousisivat liian suuriksi (4, s. 15).

## 2.2 Avoin rakentaminen

Avoimen rakentamisen tarkoituksena on mahdollistaa useampia toteuttamistapoja (4, s. 18). Avoin rakentamistapa on hyvä lähtökohta muuntojoustavuuden tavoitteluun (7, s. 35), mutta se ei välttämättä vielä takaa käytännössä muuntojoustavuutta (4, s. 18).

Kuvan 1 kaaviossa on vertailtu perinteistä ja avointa rakentamista (7, s. 35).



Kuva 1. Perinteisen ja avoimen rakentamisen vertailu (7, s. 35)

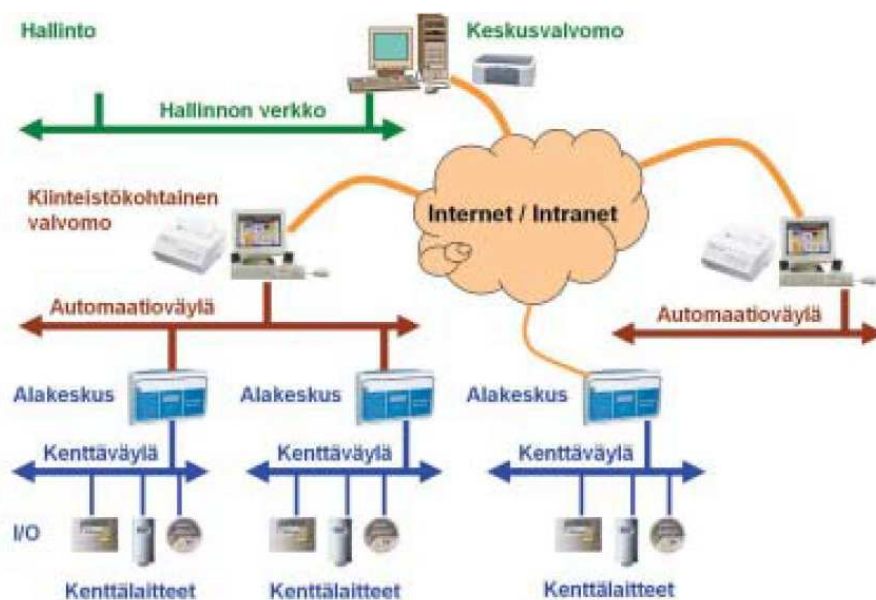
Perinteisessä rakentamistavassa rakentamisprosessin osat seuraavat toisiaan aikajärjestyksessä lineaarisesti yhdestä vaiheesta toiseen. Avoimessa rakentamisessa taas rakentamisprosessin osat tapahtuvat osittain samaan aikaan. Päätöksenteko ei ole sidottu vain prosessin alkuvaiheeseen, vaan päätöksiä tehdään jatkuvasti projektin edetessä. Myös suunnittelua, toteutusta, markkinointia ja asiakkaiden hankkimista tehdään samanaikaisesti. Rakentamisen toteutusvaihe voi olla edennyt jo pitkälle, ilman, että tiedetään vielä tulevaa omistajaa ja käyttäjiä. (4, s. 18–19.)

Avoimessa rakentamisessa rakenteet ja järjestelmät pyritään tekemään mahdollisimman riippumattomaksi toisistaan. Rakenteet ja järjestelmät jaetaan kiinteisiin, pitkän elinkaaren omaaviin tukiosiin (support) ja muuntojoustavaan sisävarustukseen (infill).

(4, s. 19.) Sisävarustus voidaan jakaa vielä käyttäjä- ja tilakohtaisiin vyöhykkeisiin. Käyttäjäkohtaisen vyöhykkeen muutostarpeet ovat seurausta käyttäjän tarpeiden muutoksista ja tilakohtaisella vyöhykkeellä muutostarpeet tulevat tilamuutoksista. Sisävarustuksen muutokset eivät yleensä vaikuta tukiosaan. Tukiosan muutoksilla taas saattaa olla suuria vaikutuksia sisävarustukseen, eikä tukiosia kannatakaan uusia kuin vasta perusparannusvaiheessa. (1, s. 39.)

### 2.3 Älykkään talotekniikan perustaa

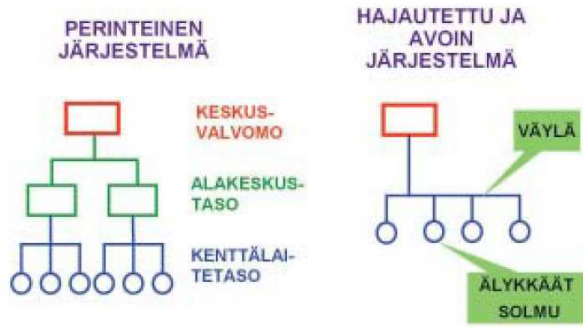
Kuvassa 2 on havainnollistettuna älykkään kiinteistöautomaation perusrakenne.



Kuva 2. Kiinteistöautomaation perusrakenne (6, s. 10)

Kenttälaitteet (toimilaitteet, anturit) liitetään kenttäväylän kautta alakeskuksiin. Väylässä tapahtuu eri järjestelmien välistä tiedonsiirtoa ja vuorovaikutusta. Automaatioväylä yhdistää alakeskukset toisiinsa ja kiinteistökohtaiseen valvomoon. Yksittäisten kiinteistöjen valvomot ja alakeskukset voidaan yhdistää vielä etävalvontaverkon kautta keskusvalvomoon. (6, s. 10–13.)

Kiinteistöautomaatiojärjestelmät voidaan jakaa kahteen perustyyppiin, perinteisiin keskitettyihin järjestelmiin sekä hajautettuihin järjestelmiin. Kuvassa 3 esitetään näiden kahden perustyyppin rakenne.



Kuva 3. Perinteinen ja hajautettu kiinteistöautomaatiojärjestelmä (6, s. 17)

Keskittetty järjestelmä muodostuu useista hierarkkisista tasoista eri tasojen kokonaisohjauksen tapahtuessa ylemmän tason kautta. Koska alemmat tasot tarvitsevat ylempien tasojen käskyjä, voi vikatilanteiden seurauksena koko järjestelmä lamaantua. (6 s. 17, 45.)

Älykkään taloautomaation voidaan sanoa perustuvan hajautettuun ja avoimeen järjestelmään (6, s. 41, 45).

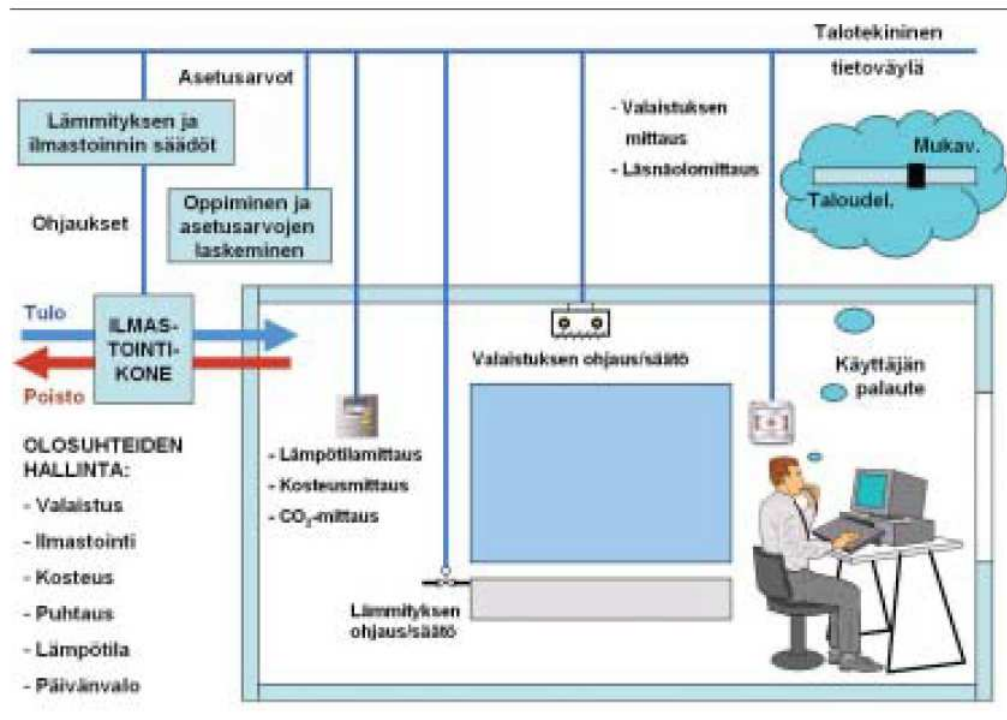
Hajautetussa järjestelmässä älykkäät kenttälaitteet suorittavat itse monia sellaisia toimintoja, joita perinteisesti on hoidettu järjestelmätasolla. Jokainen yksikkö kykenee toimimaan muista riippumatta, tarvitsematta ylemmän tason käskyjä. Älykkäät kenttälaitteet voivat itse tarkkailla tilaansa sekä ilmoittaa mahdollisista muutoksista ja vioista. Kenttälaitteen älyllä tarkoitetaan laitteessa olevaa prosessoria, muistia ja toimintoja ohjaavaa ohjelmaa. (6, s. 12, 17, 21, 33–37.) Älykkäät kenttälaitteet ja muu automaatio yhdistetään tietoverkoksi digitaalisen, kaksisuuntaisen väyläliitynnän avulla. Kaksisuuntainen tiedonsiirto mahdollistaa ohjelmallisesti tehtävät muutostyöt sekä ennakoivan ylläpidon. (6, s. 33, 40, 46.)

Hajautettu järjestelmä on riippumaton keskustietokoneesta. Mikäli hajautetussa järjestelmässä katkeaa tiedonsiirtoväylä, tämä vaikuttaa ainoastaan katkoskohdan yli menevään liikenteeseen järjestelmän muiden osien jatkaessa toimintaansa. Järjestelmässä voidaan helposti laajentaa kapasiteettia lisäämällä uusi laite järjestelmään. (6, s. 19, 45–46.)

Järjestelmän avoimuus tarkoittaa muun muassa sitä, että käytettävät tiedonsiirtoprotokollat ovat tunnettuja, avoimia ja kaikkien käytettävissä. Avoin järjestelmä mahdollistaa laite- ja järjestelmätoimittajien vapaan valinnan. (6, s. 20.)

Älykkäissä järjestelmissä käyttöliittymänä ihmisen ja järjestelmien välillä on tietokone. Tietokoneella voidaan internetin avulla valvoa ja ohjata järjestelmää nopeasti sekä tehdä järjestelmään ohjelmointeja. Nykyään automaatiosovelluksissa käytetään myös langattomia laitteita ja mobiililaitteita. (6, s. 21, 42.)

Kuvassa 4 on esimerkki hajautetun ja avoimen tietojärjestelmän sovelluksesta.



Kuva 4. Hajautetun ja avoimen tietojärjestelmän sovellus (6, s. 23)

Kuvan esimerkkitilanteessa käyttäjä määrittelee huoneelle oman viihtyvyytensä mukaiset arvot lämpötilalle, valaistukselle ja ilmanvaihdolle. Arvot on mahdollista tallentaa. Tilaan kytketään läsnäolotunnistus ja käyttäjän tullessa huoneeseen, menevät tallennetut arvot päälle. Käyttäjän poistuessa huoneesta kytkeytyy päälle asetuservoja pienentävä energiansäästötila. (6, s. 22.)

Hajautetun järjestelmän suunnittelussa on ratkaistava, kuinka laajaksi hajautus kannattaa tehdä. Yleensä järjestelmä maksaa sitä enemmän, mitä pidemmälle hajautus on viety. Esimerkiksi toimistohuoneen huonesäädössä voidaan äly hajauttaa jokaiseen toimilaitteeseen ja liittää kaikki toimilaitteet suoraan samaan avoimeen väylään. (6, s. 154.) Tällainen tilanne on kuvattu edellä olleessa kuvassa 4. Huonesäätö voidaan to-

teuttaa myös siten, että tilaan tulee yksi huonesäädin, joka liitetään avoimeen väylään. Toimilaitteet kaapeloidaan sitten tälle yhdelle huonesäätimelle. (6, s. 154.)

### 3 Tavoitteen asettelu

#### 3.1 Kohde

Työn viitekohteena on Helsingin Kalasatamaan rakennettava toimistorakennus (Poltti-mo). Rakennukseen tulee kellari, viisi kerrosta toimitiloja ja ylimpään kuudenteen ker-rokseen iv-konehuoneet.

#### 3.2 Moduulijaottelu

Rakennuksen pohja on jaettu moduuleihin. Sisävyöhykkeellä moduulikoot ovat 2,7 m x 2,7 m. Rakennuksen ulkovyöhykkeiden moduulikoot poikkeavat sisävyöhykkeen mo-duulikoosta; länsisiivessä lounaan ja koillisen puoleisella seinällä moduulikoko on 3,795 m x 2,7 m. Länsipäädyssä moduulin koko on 3,4 m x 2,7 m. Rakennuksen poh-joissiivessä ulkovyöhykkeiden moduulikoot ovat itäseinällä 2,55 m x 2,7 m ja länsisei-nällä 2,65 m x 2,7 m. Eteläkulmauksen ulkovyöhykkeellä ei ole selkeää moduulijakoa rakennuksen vinoudesta johtuen. Liitteessä 1 on esimerkkikuva moduulijaottelusta.

Talotekniikka sijoitetaan moduulijaottelun mukaisesti siten, että vaaditut sisäilmasto-olosuhteet saavutetaan riippumatta siitä, mikä on moduulin lopullinen käyttötarkoitus. Yhdelle moduulille tulee yksi päätelaite. Sisävyöhykkeiden moduuleille tulee päätelaite, joka hoitaa tuloilman jaon ja jäähdytyksen. Ulkovyöhykkeiden ulkoikkunallisille moduu-leille tulee päätelaite, joka hoitaa tuloilman jaon, jäähdytyksen ja lämmityksen. Ul-koseinille, joissa ei ole ikkunoita, tulee samanlainen päätelaite kuin sisävyöhykkeille. Poistoilmanvaihto hoidetaan keskitetysti. Tilojen seiniin asennetaan siirtoilmasäleiköt poistoilmaa varten. Kohteeseen tulee joitakin siirrettäviä työpisteitä. (Liite 1.)

Alustavassa pohjaluonnoksessa WC:t, pesutilat jne. ovat omalla vesi- ja viemäriasen-nusvyöhykkeellään. Kiinteitä aputiloja (portaat, hissikuilut, siivouskomerot, iso aula, ATK-tilat) muunneltavuusvaatimukset eivät koske.

### 3.3 Sisäilmasto-olosuhteiden vaatimusten ja tavoitteiden perustaa

Tämän työn sisäilmasto-olosuhteiden tavoitearvojen ja vaatimusten perustana ovat Sisäilmastoluokitus 2008 (8) ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 (9). Sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot on koottu liitteessä 2 olevaan taulukkoon. Sisäolosuhteiden vaatimukset koskevat myös valaistusta. Tässä työssä ei käydä tarkemmin läpi valaistuksen suunnittelua, vaan ilmoitetaan ainoastaan peruslähtökohdat valaistussuunnittelulle. Valaistussuunnittelu tulee tehdä standardin SFS-EN 12464-1 mukaan. (10)

#### 3.3.1 Sisäilmastoluokitus 2008

Tässä työssä käytettävät sisäilmastoluokkien S1 ja S2 tavoite- ja suunnitteluarvot saadaan Sisäilmastoluokitus 2008:sta (8). Sisäilmastoluokitus 2008 täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, mutta ei korvaa viranomaismääräyksiä. Luokka S3 vastaa rakentamismääräysten vähimmäisvaatimuksia. Käytettäessä luokkia S2 ja S1 päästään viranomaisvaatimuksia korkeampaan sisäilmaston tasoon. (8, s. 5, 7–8.)

Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelee sisäilmaluokat seuraavasti (8, s. 8):

**S1: yksilöllinen sisäilmasto.** Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylikäpennyksiä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

**S2: Hyvä sisäilmasto.** Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylikäpennyminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

**S3: Tyydyttävä sisäilmasto.** Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.

Sisäilmastoluokitus 2008:n ensimmäisessä luvussa on annettu tavoitearvoja ja tietoa muun muassa lämpöolosuhteista, ilman laadusta sekä valaistuksesta. Tavoitearvot perustuvat tutkimuksista tai hyvästä rakentamistavasta saatuun tietoon. Tavoitearvojen

toteutuminen on mitattavissa kohtuullisin kustannuksin yleisesti hyväksytyillä menetelmillä. (8, s. 5, 9, 11, 13.)

Toisesta luvusta saadaan lämmitys, jäähdytys ja ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelu-arvoja. (8, s. 23–27.)

### 3.3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2

Tässä työssä käytettävät LVIS-laitteiden äänitasot perustuvat Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D2 (9).

LVIS-laitteiden äänitasot on D2:ssa ilmoitettu laitteiden aiheuttamana A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona  $L_{A,eq,T}$  (dB) ja enimmäisäänitasona  $L_{A,max}$  (dB) huoneessa. Äänitasoissa on otettava huomioon ilmanvaihdon ja muiden äänilähteiden yhteisvaikutus, eikä se saa ylittää sallittua äänitasoa. (9, s. 24, 26.)

### 3.3.3 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työpisteiden valaistus.

Suunnittelussa käytettävät valaistuksen tavoitearvot saadaan standardista SFS-EN 12464-1 (10). Arvot ovat vähimmäisvaatimuksia ja samoja arvoja käytetään sekä S1-että S2-luokkien suunnittelun perustana. S1 luokassa käyttäjällä tulee olla mahdollisuus säätää työpisteen valaistusta. (8, s. 13.) Niiden tilojen osalta, joiden arvoja ei standardissa ole esitetty, voidaan käyttää samankaltaisen tai vastaavan tilanteen arvoja (10, s. 34).

## 3.4 Sisäilmasto-olosuhteiden tavoitteet

Sisäilmaolosuhteiden tavoitearvot on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

### 3.4.1 Ilmamäärät

Tilojen ilmanvaihdon suunnittelu tehdään neliöperusteisesti, koska käyttäjien lukumäärä ei ole vielä tiedossa.



Taulukossa 1 esitetään tilojen ilmamäärien tarpeet luokassa S1 ja S2 Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan. Toimitilan ilmamäärän arvoksi on valittu suuren tilatehokkuuden arvo.

Taulukko 1. Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaiset ilmamäärät

Tila, S1	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0
Neuvotteluhuone	3	12	4,0
Taukotila, kahvio	1,5	11	7,0
Käytävä			1,0
Tila, S2	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	11	1,5
Neuvotteluhuone	3	9	4,0
Taukotila, kahvio	1,5	8	5,0
Käytävä			0,5

Tämän työn kohteena olevien muunneltavien tilojen osalta S1-luokassa suurin ilmamäärän tarve on taukokuoneessa 7,0 l/s, m<sup>2</sup>. Pienin tarve on mahdollisilla käytävillä 1,0 l/s, m<sup>2</sup>. S2-luokassa suurin ilmamäärän tarve muunneltavien tilojen osalta on taukokuoneessa 5,0 l/s, m<sup>2</sup> ja pienin tarve käytävillä 0,5 l/s, m<sup>2</sup>. (8, s. 26.)

Seuraavaksi annetaan vielä ilmamäärien tiedot moduulikohtaisesti taulukoissa 2 ja 3.

Taulukossa 2 esitetään sisävyöhykemuoduulien (7,29 m<sup>2</sup>) ilmamäärät S1- ja S2-luokissa.

Taulukko 2. Sisävyöhykkeen ilmamäärät moduulikohtaisesti

Tila S1	dm <sup>3</sup> /s, m2	dm <sup>3</sup> /s, 7,29 m2	Tila S2	dm <sup>3</sup> /s, m2	dm <sup>3</sup> /s, 7,29 m2
Toimitila	2,0	14,6	Toimitila	1,5	10,9
Neuvotteluhuone	4,0	29,2	Neuvotteluhuone	4,0	29,2
Taukotila/kahvio	7,0	51,0	Taukotila/kahvio	5,0	36,5
Käytävä	1,0	7,3	Käytävä	0,5	3,6

Ilmamäärän tarve vaihtelee luokassa S1 välillä 51...7,3 l/s yhdellä moduulilla. Jos esimerkiksi taukotilan koko olisi 3 moduulia, olisi ilmamäärän tarve tilalle silloin 153 l/s

luokassa S1. Luokassa S2 ilmamäärän tarve vaihtelee välillä 36,5...3,6 l/s yhdellä moduulilla.

Taulukossa 3 on esitettyä ilmamäärän tarve ulkovyöhykkeiden moduuleille. Ulkovyöhykemuodulien sijainnit on selitetty luvussa 3.2 Moduulijaottelu.

Taulukko 3. Ulkovyöhykkeiden ilmamäärät moduulikohtaisesti

<b>Tila S1</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, m<sup>2</sup></b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 3,795mx2,7m (10,25 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 3,4mx2,7m (9,18 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 2,55mx2,7m (6,89 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 2,65mx2,7m (7,16 m<sup>2</sup>)</b>
Toimitila	2,0	20,5	18,4	13,8	14,3
Neuvotteluhuone	4,0	41,0	36,7	27,5	28,6
Taukotila/kahvio	7,0	71,7	64,3	48,2	50,1
Käytävä	1,0	10,2	9,2	6,9	7,2
<b>Tila S2</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, m<sup>2</sup></b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 3,795mx2,7m (10,25 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 3,4mx2,7m (9,18 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 2,55mx2,7m (6,89 m<sup>2</sup>)</b>	<b>dm<sup>3</sup>/s, 2,65mx2,7m (7,16 m<sup>2</sup>)</b>
Toimitila	1,5	15,4	13,8	10,3	10,7
Neuvotteluhuone	4,0	41,0	36,7	27,5	28,6
Taukotila/kahvio	5,0	51,2	45,9	34,4	35,8
Käytävä	0,5	5,1	4,6	3,4	3,6

Ulkovyöhykkeillä ilmamäärän tarpeen vaihtelu on 6,9 l/s...71,7 l/s luokassa S1 ja 3,4 l/s...51,2 l/s luokassa S2.

Kun tiloista poistutaan, toimisto-, neuvottelu- ja taukotilojen ilmamäärä pienennetään arvoon 0,35 l/s, m<sup>2</sup> (9, s. 10).

Jotta tilojen muuntojoustavuus ilmanvaihdon suhteen on mahdollista saavuttaa, tulee valittavien tuloilman päätelaitteiden säätöalueiden olla niin laajoja, että ne kykenevät toimimaan taulukossa annetuilla ilmamäärillä.

### 3.4.2 Lämpöolosuhteet ja ilman liikenopeus

Toimistotilojen ja neuvotteluhuoneiden osalta tavoitelämpötila saadaan Sisäilmasto- luokitus 2008:sta (8). Arvot on koottu liitteessä 2 olevaan taulukkoon. Taukotilojen ja käytävien osalta käytetään samoja suunnittelulämpötiloja.

Sisäilmastoluokitus 2008:n taulukko 1.3.1 sisältää lämpöolosuhteiden tavoitearvot oleskeluvyöhykkeellä. Lämpötilan tavoitearvo on ilmoitettu operatiivisena lämpötilana. Mittaukset voidaan kuitenkin suorittaa huonelämpötilan mukaan, mikäli pintojen lämpötilat eivät selvästi poikkea ilman lämpötilasta. (8, s. 9.)

Operatiivisen lämpötilan tavoitearvo vaihtelee ulkoilman lämpötilan mukaan. Ulkolämpötila  $t_u$  tarkoittaa ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopäivällä. (8, s. 9.) Kuvan 5 taulukossa on esitetty operatiivisen lämpötilan tavoitearvot ulkolämpötilan mukaan.

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila $t_{op}$ [°C]			
$t_u \leq 10$ °C	21,5*	21,5	21
$10 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (t_u - 10)$
$t_u > 20$ °C	24,5*	24,5	25
Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]	$t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 10$ °C: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20$ °C: $23 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20$ °C: 27	$t_u \leq 15$ °C: 25 $t_u > 15$ °C: $t_{umax} + 5$
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	20	20	18
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
• toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	-
• asunnot	90 %	80 %	-

\* S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä  $t_{op} \pm 1,5$  °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

Kuva 5. Lämpöolosuhteiden tavoitearvot (11, s. 5)

## Lämmityskausi

Luokassa S1 operatiivisen lämpötilan tulee olla lämmityskaudella (ulkoilman lämpötila alle 10 °C) 95 % käyttäjästä välillä 21...22 °C. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa käyttöaikana ylittää 23 °C:ta tai alittaa 20 °C:ta (kuvassa 5 operatiivisen lämpötilan enimmäis- ja vähimmäisarvot). S1-luokassa käyttäjän on lisäksi voitava muuttaa lämpötilan asetusarvoa välillä 20...23 °C. (8, s. 9, 10.)

Luokassa S2 operatiivisen lämpötilan tulee lämmityskaudella olla 90 % käyttäjästä välillä 21,5...22,5 °C. Yhden tunnin liukuvaan keskiarvoon liittyvän lämpötilan vaatimukset ovat S2-luokassa samat kuin luokassa S1. (8, s. 9, 10.)

## Kesä

Kun ulkoilman lämpötila ylittää 20 °C, tulee S1-luokassa operatiivisen lämpötilan olla 95 % käyttöajasta välillä 24...25 °C. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa käyttöaikana ylittää 26 °C:ta tai alittaa 20 °C:ta. Käyttäjän on voitava muuttaa asetustarvoa välillä 23...26 °C. (8, s. 9, 10.)

S2-luokassa operatiivisen lämpötilan tulee olla välillä 23,5...25,5 °C ulkolämpötilan ollessa yli 20 °C. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa käyttöaikana ylittää 27 °C:ta tai alittaa 20 °C:ta. (8, s. 9, 10.)

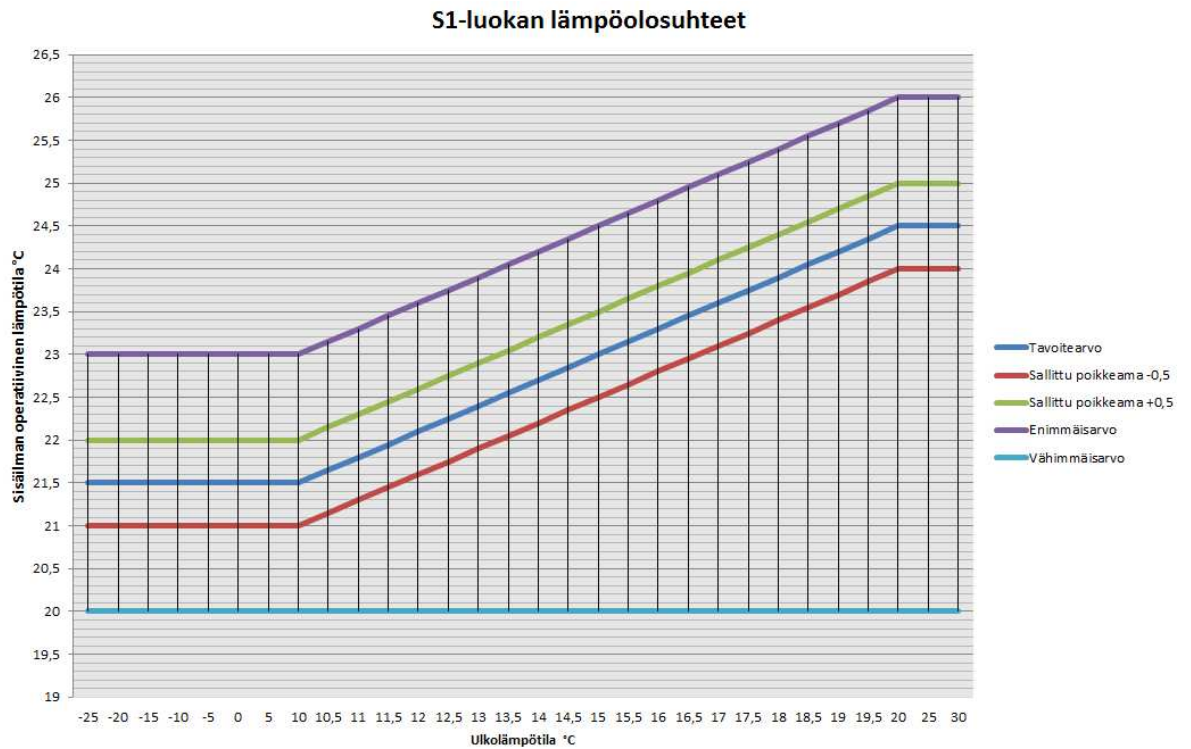
Ilman liikenopeuden tavoitearvot riippuvat liikkuvan sisäilman lämpötilasta. Jos liikkuvan ilman lämpötila on 21 °C, tulee ilman liikenopeuden olla alle 0,14 m/s luokassa S1 ja alle 0,17 m/s luokassa S2. Lämpötilan ollessa 23 °C on ilman liikenopeuden oltava alle 0,16 m/s luokassa S1 ja alle 0,20 m/s luokassa S2. Jos lämpötila on 25 °C, tulee ilman liikenopeuden olla alle 0,20 m/s luokassa S1 ja alle 0,25 m/s luokassa S2. (8, s. 11.)

## Välikausi

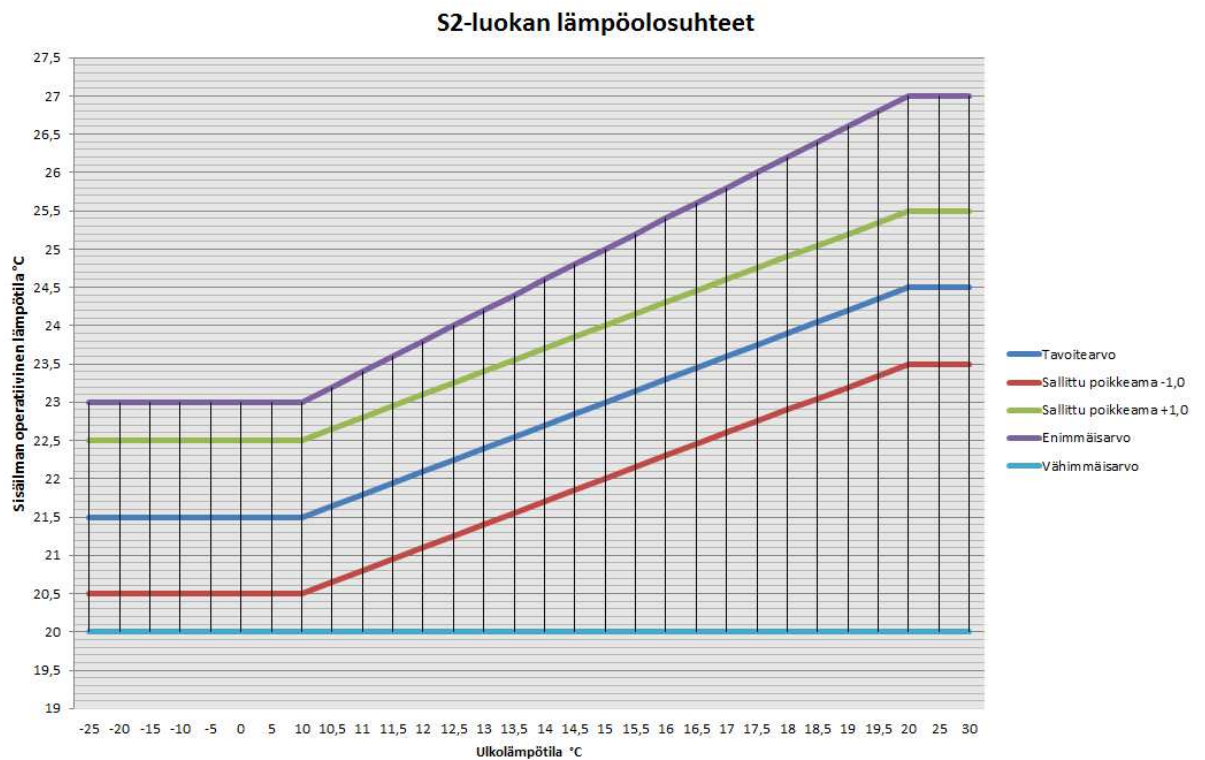
Ulkolämpötilan ollessa yli 10 °C tai max. 20 °C saadaan tavoitelämpötilat kuvan 5 kaavasta:  $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$ . S1- ja S2-luokassa käytetään samaa kaavaa.

S2-luokan enimmäislämpötila saadaan edellä olevan kuvan 5 kaavasta, kun lämpötila on yli 10 tai enintään 20 °C.

Kuvissa 6 ja 7 näkyvät S1-luokan lämpöolosuhteiden tavoitearvot havainnollistettuna. Kaaviot ovat suurennettuna liitteessä 3.



Kuva 6. Lämpöolosuhteet luokassa S1 (liite 3)



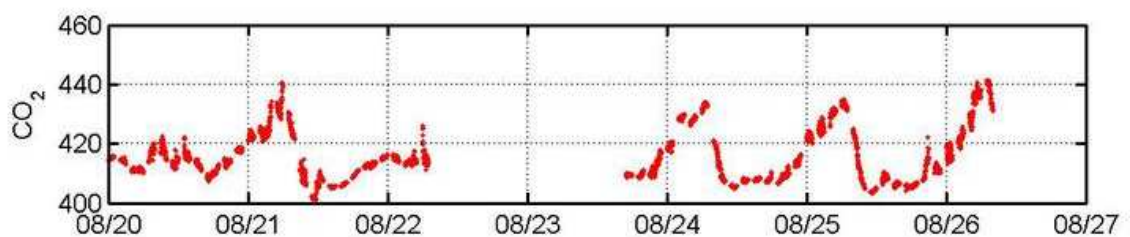
Kuva 7. Lämpöolosuhteet luokassa S2 (liite 3)

Kuvissa 6 ja 7 näkyvät tavoitearvot kuvaavat operatiivisen lämpötilan tavoitearvoja luokissa S1 ja S2. Sallitut poikkeamat ( $\pm 0,5$  ja  $\pm 1,0$ ) ilmoittavat alueen, jonka sisällä operatiivisen lämpötilan on pysyttävä. Luokassa S1 olosuhteiden pysyvyys lämpötilan osalta oli 95 % käyttöajasta ja luokassa S2 90 % käyttöajasta. Loput käyttöajasta operatiivisen lämpötilan arvot saavat käydä enimmäisarvon- ja vähimmäisarvon rajaamalla alueella.

### 3.4.3 Ilman laatu (hiilidioksidipitoisuus)

Ilman laadun kuvaamiseen voidaan käyttää hiilidioksidipitoisuutta. Mikäli hiilidioksidipitoisuus tilassa on korkea, on ilmanvaihto liian pieni. Sisätiloissa hiilidioksidi on pääosin ihmisperäistä (5, s. 21.)

Keskikokoinen ihminen tuottaa toimistotyössä noin  $6,7 \text{ cm}^3/\text{s}$  hiilidioksidia. Hiilidioksidin poistamiseen tarvittava ilmamäärä riippuu tilojen henkilöiden lukumäärästä, ulkoilman hiilidioksidipitoisuudesta sekä siitä, kauanko tilassa ollaan. (5, s. 21, 22.) Ilmatieteen laitoksen Helsingin Kumpulassa sijaitsevan SMEAR III -mittausaseman tietojen mukaan hiilidioksidipitoisuus on vaihdellut aikavälillä 20. elokuuta – 26. elokuuta 2013 välillä 400–440 ppm (12). Mittausaika saisi olla pidempi luotettavamman tuloksen saamiseksi, mutta julkisesti saatavilla olevista aineistoista ei löytynyt mittaustietoa pidemmältä ajalta. Esimerkkilaskuissa ja tulevissa simuloinneissa käytetään hiilidioksidipitoisuuden arvona vaihteluvälin puoliväliä 420 ppm.



Kuva 8. Hiilidioksidipitoisuus SMEAR III -mittausasemalla 20.8.2013–26.8.2013 (12)

Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan S1-luokassa sisäilman hiilidioksidipitoisuuden tulee olla alle 750 ppm ja S2-luokassa alle 900 ppm. Olosuhteiden pysyvyyden tulee olla S1-luokassa 95 % käyttöajasta ja S2-luokassa 90 % käyttöajasta. Olosuhteiden pysyvyyden selvittämisessä käytetään hiilidioksidipitoisuuden yhden tunnin liukuvaa keskiarvoa. (8, s. 11.)

Tarvittava ilmanvaihdon ilmavirta tasapainotilanteessa halutun sisäilman hiilidioksidipitoisuuden saavuttamiseksi voidaan laskea seuraavalla kaavalla (5, s. 21).

$$q = \frac{G_{CO_2}}{\Delta C_{CO_2}}$$

$q$  on ilmanvaihdon ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$G_{CO_2}$  on hiilidioksidituotto, cm<sup>3</sup>/s

$\Delta C_{CO_2}$  on hiilidioksidipitoisuuden ero sisä- ja ulkoilman välillä, ppm = cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Taulukossa 4 on esitetty tarvittava ilmamäärä hiilidioksidin poistamiseksi tasapainotilanteessa, kun huoneessa on yksi henkilö. Ilmamäärät on laskettu edellä olevalla kaavalla. Tasapainotilanteen kaavassa on huomattava, että kaava ei ota huomioon tilan kokoa.

Taulukko 4. Tarvittava ilmamäärä hiilidioksidin poistamiseksi tasapainotilanteessa

Luokka	CO2 tuotto [cm <sup>3</sup> /s]	CO2 tavoite [ppm]	Ulkoilman CO2 [ppm]	q ilma [m <sup>3</sup> /s]	q ilma [l/s]
S1	6,7	750	420	0,020	20,3
S2	6,7	900	420	0,014	14,0

Luokassa S1 tarvittava ilmamäärä tasapainotilassa hiilidioksidin poistamiseksi on 20,3 l/s henkilöä kohden ja luokassa S2 14 l/s. Luvussa 3.3.1 määriteltiin S1- ja S2-luokkien mukaiset tavoitearvot ilmamäärille neliöiden mukaan. Esimerkiksi 7,29 m<sup>2</sup>:n kokoisessa toimistohuoneessa jäisi ilmanvaihto liian pieneksi tasapainotilanteen kaavan mukaan, kun tarkasteluun otetaan mukaan myös hiilidioksidin määrä.

Todellisuudessa tilojen henkilömäärät ja tilojen käyttöasteet vaihtelevat päivän mittaan. Hiilidioksidipitoisuutta voidaan silloin kuvata seuraavan epästationääritilan kaavan avulla. (5, s. 22.)

$$C(t) = C_0 e^{-t/\tau} + C_\infty (1 - e^{-t/\tau})$$

$C(t)$  on ajasta  $t$  riippuva hiilidioksidipitoisuus, ppm

$C_0$  on hiilidioksidipitoisuus huoneessa ajan hetkellä  $t = 0$

$t$  on aika, h

$\tau$  on ilmanvaihdon aikavakio, h

$C_{\infty}$  on hiilidioksidipitoisuus tasapainotilassa, ppm

Kaavassa esiintyvät ilmanvaihdon aikavakio ja hiilidioksidipitoisuus tasapainotilassa saadaan laskettua seuraavilla kaavoilla (5 s. 21–22).

$$\tau = V/q \quad \text{ja} \quad C_{\infty} = C_u + \frac{G_{CO_2}}{q}$$

$V$  on huoneen tilavuus,  $m^3$

$q$  on tuloilmavirta,  $m^3/h$

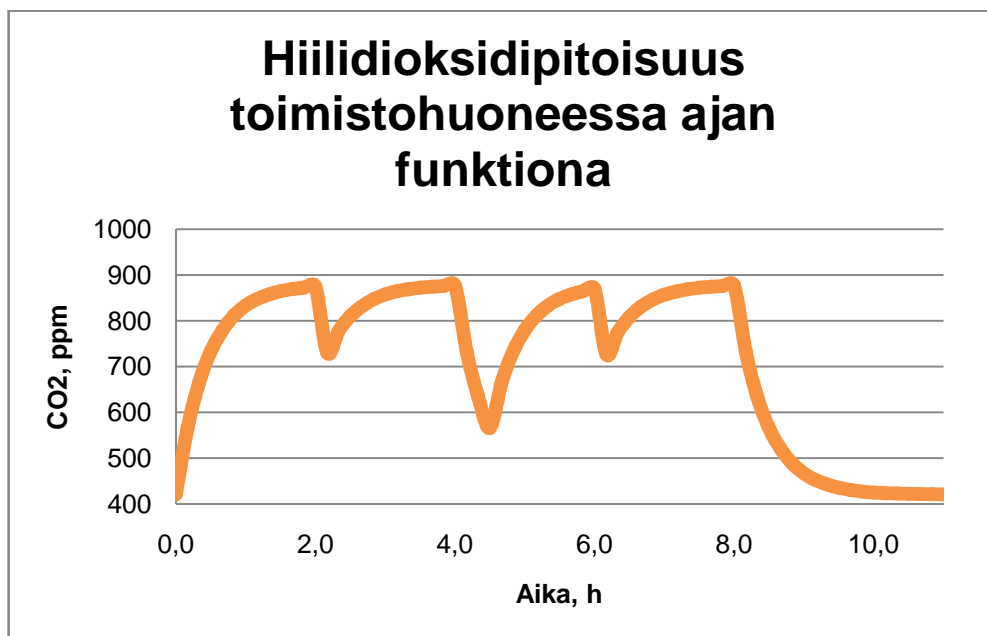
ja

$C_u$  on tuloilman hiilidioksidipitoisuus, ppm

$G_{CO_2}$  on hiilidioksidituotto,  $cm^3/s$

$q$  on tuloilmavirta,  $m^3/s$

Kuvan 9 esimerkissä on kuvattuna hiilidioksidipitoisuuden kulku työpäivän kuluessa pienessä yhden henkilön ( $9,18 m^2$ ) toimistohuoneessa. Huoneen tilavuus on  $22,95 m^3$  (tilan korkeus alakaton mukaan  $2,5 m$ ). Hiilidioksidipitoisuus on laskettu edellä olevan epästationääritilan kaavan mukaisesti.



Kuva 9. Toimistohuoneen hiilidioksidipitoisuus



Tuloilman määränä on laskussa käytetty S1-luokan mukaista toimitilan (suuri tilatehokkuus) ilmamäärää 2,0 l/s lattiapinta-alaa kohti. Hiilidioksidin tuotto on 6,7 cm<sup>3</sup>/s. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuutena on käytetty 420 ppm. Kahden tunnin kohdalla henkilö poistuu työhuoneestaan 10 minuutin ajaksi. Neljän tunnin kohdalla hän poistuu uudestaan puolen tunnin ajaksi. Kuuden tunnin jälkeen henkilö poistuu työhuoneestaan vielä 10 minuutin ajaksi. Kahdeksan tunnin kuluttua henkilön työpäivä päättyy. Hiilidioksidin määrä on työpäivän aikana suurimmillaan noin 880 ppm. Käytetty ilmamäärä ei ole epästationääritilan kaavalla laskettuna riittävä pitämään hiilidioksidipitoisuutta 750 ppm:n alapuolella.

Tarkempi hiilidioksidipitoisuuden ja sen poistamiseksi tarvittavien ilmamäärien tarkastelu tehdään myöhemmin luvussa 5 IDA Indoor Climate and Energy -simulointiohjelmalla.

#### 3.4.4 Ääniolosuhteet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset ohjearvot toimistorakennusten LVIS-laitteiden äänitasoille on koottu liitteessä 2 olevaan taulukkoon.

Toimistohuoneiden ja vastaavien tilojen sekä neuvotteluhuoneiden (ryhmä 1) äänitasojen ohjearvona on 33 L<sub>A,eq,T</sub> dB ja 38 L<sub>A,max</sub> dB. Asiakastilojen, käytävien ja kahvio/taukotilan (ryhmä 2) osalta ohjearvoiksi on annettu on 38 dB L<sub>A,eq,T</sub> ja 43 L<sub>A,max</sub> dB. (9, s. 26.)

Mikäli tilassa on useampia LVIS-laitteita, lasketaan niiden yhteisesti aikaansaama äänitaso kaavalla  $L_{A_{tot}} = 10 \lg(10^{L_{A1/10}} + 10^{L_{A2/10}} + \dots + 10^{L_{A3/10}})$  (9, s. 24).

Taulukossa 5 on esitetty suuntaa antavana joitakin esimerkkejä yksittäisten LVIS-laitteiden sallituista äänitasoista (L<sub>A,eq,T</sub> dB) ryhmässä 1 ja 2, kun niitä on tilassa useampia.

Taulukko 5. Esimerkkejä LVIS-laitteiden äänitasoista, dB

Ryhmä 1														
2.kpl	30	30	33,0											
3.kpl	28	28	28	32,8										
4.kpl	27	27	27	27	33,0									
5.kpl	26	26	26	26	26	33,0								
6.kpl	25	25	25	25	25	25	32,8							
7.kpl	24	24	24	24	24	24	24	32,5						
8.kpl	24	24	24	24	24	24	24	24	33,0					
9.kpl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	32,5				
10.kpl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	33,0			
11.kpl	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	32,4		
12.kpl	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	32,8	
13.kpl	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	33,1

Ryhmä 2														
2.kpl	35	35	38,0											
3.kpl	33	33	33	37,8										
4.kpl	32	32	32	32	38,0									
5.kpl	31	31	31	31	31	38,0								
6.kpl	30	30	30	30	30	30	37,8							
7.kpl	29	29	29	29	29	29	29	37,5						
8.kpl	29	29	29	29	29	29	29	29	38,0					
9.kpl	28	28	28	28	28	28	28	28	28	37,5				
10.kpl	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	38,0			
11.kpl	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	37,4		
12.kpl	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	37,8	
13.kpl	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	37,1

Taulukossa 5 olevat desibeliarvot on laskettu edellä annetulla yhteisäänitason kaavalla.

### 3.4.5 Valaistus

Muuntojoustavuusvaatimuksen piiriin kuuluvissa tiloissa myös valaistuksen tulee olla muuntojoustava. S1-luokassa valaistuksen tulee olla käyttäjän säädettävissä (8, s. 13). Valaistuksen säädettävyydessä on otettava huomioon myös standardin SFS-EN 12464-1 vaatimukset tilanteissa, joissa näköolosuhteet poikkeavat tavanomaisesta (10, s. 18).

Valaistusvoimakkuuden perustasoksi valitaan 300...500 lx. Valaistuksen perustasoa täydennetään työpistekohtaisella lisävalaistuksella. Neuvotteluhuoneissa ja muissa vastaavissa tiloissa, joissa on esimerkiksi videoprojektorin käyttömahdollisuus, on valojen oltava himmennettävissä.

Päivänvalon käyttömahdollisuus otetaan huomioon ikkunallisissa tiloissa valaistusanturin avulla.

## 4 Järjestelmät ja esimerkkilaitteet

### 4.1 Muuttuvaimavirtainen iv-järjestelmä

Muuttuvaimavirta-järjestelmä sopii hyvin tiloille, joissa kuormitus vaihtelee paljon eri käyttötilanteissa. Tilojen ilmanvaihto saadaan joustavaksi, kun valitaan toiminta-alueeltaan tarpeeksi laajat tulo- ja poistoilmalaitteet sekä ilmavirran säätimet. (5, s. 59–60.)

MIV-järjestelmässä pyritään pitämään kanaviston staattinen paine mahdollisimman matalana. Kanaviston painehäviön tulisi olla mahdollisimman symmetrinen suunniteltujen ilmavirtojen saamiseksi eri tilanteissa. Painesäädin ohjaa järjestelmän säätölaitteistoja paine-eroanturin mittaustietojen perusteella. Paine-eroanturi mittaa paine-eroa kanaviston ja rakennuksen sisäilman välillä. Paine-ero pidetään vakiona muuttamalla puhaltimen pyörimisnopeutta taajuusmuuttajalla. (5, s. 61–62.)

Ilmastointikoneen ilmavirran säätöalueen suuruuteen vaikuttaa MIV-järjestelmässä tilojen kuormitus ja käyttöajat. Toimistorakennuksessa säätöalueena on yleensä 50...100 %. Jos joitakin tiloja käytetään myös työajan ulkopuolella, säädetään minimi-ilmavirraksi 15–30 % maksimi-ilmavirrasta. (5, s. 61.)

MIV-järjestelmää käytettäessä tilan tuloilman määrää säädetään yleensä lämpötilan perusteella, mutta säätö voi tapahtua myös ilmanlaadun (CO<sub>2</sub>), läsnäolon tai kellon avulla (5, s. 59, 64–65).

### 4.2 Yleistä jäähdytystehontarpeesta

Tilan jäähdytystarve tarkoittaa sisälämpötilan saavuttamiseksi tarvittavaa jäähdytystehoa. On huomattava, että tilaan muodostuva lämpökuorma ja hetkellinen jäähdytystehontarve eivät ole yhtä suuria rakenteiden lämmönvarastoitumiskyvyn takia. Lämpö-

kuormasta osa lämmöstä siirtyy säteilyn kautta rakenteisiin ja vasta viiveen jälkeen siirtyy konvektion kautta taas osaksi lämpökuormaa. (5, s. 167.)

Jäähdytystehontarpeen laskentaan vaikuttaa useita rakennuksen ulkoisia ja sisäisiä tekijöitä. Ulkoisia tekijöitä ovat auringon säteilyn vaikutus sekä ulkoilman lämpötila ja kosteus. Sisäisiä tekijöitä ovat esimerkiksi ihmisistä, koneista ja laitteista sekä valaistuksesta aiheutuvat lämpökuormat, tuloilman lämpötila ja kosteus, tilassa tapahtuvat ilmavirtaukset, seinärakenteet ja niiden lämmönvarastoitumiskyky sekä kosteuden varastoituminen. (5, s. 165–166.)

Lämpöä tulee tiloihin johtumalla, konvektiona, säteilemällä ja kosteuden mukana (5, s. 87, 165–166). Johtumista tapahtuu rakennuksessa ulkoseinän läpi sisätiloihin sekä eri tilojen välillä väliseinien läpi (5, s. 165–166). Lämpöä siirtyy konvektiona esimerkiksi rakenteen sisäpinoista, ihmisistä sekä koneista ja laitteista huoneilmaan (5, s. 165, 176). Säteilylämpöä tulee esimerkiksi silloin, kun auringosta tuleva säteily pääsee ikkunan kautta sisälle huoneeseen. Myös ihmisistä, laitteista ja koneista tulee huoneeseen lämpöä säteilyn kautta. (5, s. 166, 176.) Kosteuden mukana tulee tiloihin lämpöä esimerkiksi ihmisistä hikoilun ja hengityksen mukana (5, s. 176).

Jäähdytystehontarpeen pienenemiseen voidaan vaikuttaa oleellisesti monilla rakennukseen liittyvillä tekijöillä, kuten huoneiden suuntauksella ja ikkunakoolla, ikkunamateriaalilla sekä ikkunoiden suojauksella (5, s. 191).

#### 4.3 Yleistä kattolämmityksestä

Kattolämmityksessä säteilylämmön osuus on 65...70 % kokonaislämmönsiirrosta. Siitä syystä kattolämmitystä nimitetään usein säteilylämmitykseksi. (13, s. 182.) Loppuosa lämmöstä siirtyy konvektiona (14, s. 6).

Kattolämmityksessä lämpösäteily lämmittää huoneen pintoja leviten valon tapaan kaikille ”näkyville” pinnoille. Osa lämpösäteilystä heijastuu pinnoista lämmittäen taas uusia vastaan tulevia pintoja. Pinnat lämmittävät vielä edelleen huoneilmaa. Eri pinnoilla olevat erilaiset lämpötilat tasoittuvat lopulta pintojen keskinäisen lämpösäteilyn seurauksena. Lopputuloksena saadaan koko huoneeseen tasainen lämpötila. Tasainen lämpötila huoneessa ja lämmön siirtyminen sinne, missä sitä eniten tarvitaan, onkin eräs sä-

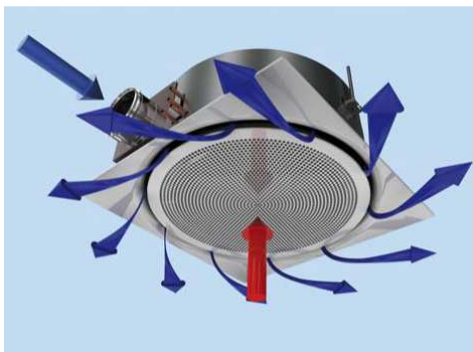
teilylämmityksen hyvistä puolista. (14, s. 3, 6.) Etuna on myös se, että säteilylämmittimet eivät vie tilaa itse huoneesta, kuten näkyvät lämmönluovuttimet (13, s. 182).

#### 4.4 Tilojen esimerkkilaitteet

Tilojen muuntojoustava ilmanvaihto, jäähdytys ja lämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi Haltonin CSW pyörreilmavirtayksiköllä ja jäähdytyspalkeilla, joihin on integroitu säteilylämmityspaneeli. CSW sisältää myös lämmitysmahdollisuuden (ilmalämmitys), mutta tässä tarkastelussa sitä ei käytetä.

##### 4.4.1 CSW-pyörreilmavirtayksikkö

Sisäalueiden ilmanvaihto ja jäähdytys voidaan toteuttaa tarpeenmukaisena esimerkiksi Halton Oy:n CSW-pyörreilmavirtayksiköllä. Suosituksena on vakio paineisen kanavajärjestelmän käyttö. Malli on suunniteltu toimimaan alakatossa. Kuvassa 10 on CSW-pyörreilmavirtayksikkö.



Kuva 10. Halton Oy:n CSW-pyörreilmavirtayksikkö (15)

CSW:n säätöpellin toiminta on paineesta riippuvaa. Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa laitteen ilmavirtoja muutetaan säätöpellin avulla käytettävissä olevan paineen perusteella. Ilmavirta muuttuu minimi- ja maksimi-arvojen välillä lähes lineaarisesti suhteellisen huonesäätimen ohjausviestin perusteella (0...10 VDC). Pienet painevaihtelut vakio paineisessa ilmanvaihtojärjestelmässä eivät aiheuta kovin suuria muutoksia ilmavirtoihin. (16)

Yksikössä on kahden kokoisia suuttimia. Päätelaitteen perusilmavirta säädetään valitsemalla auki olevien isojen suuttimien lukumäärä (0...24 kpl). Suurien suuttimien luku-

määrä on vapaasti valittavissa. Päätelaitte sisältää lisäilmaosan, joka pelkkää perusilmavirtaa käytettäessä on kiinni. Suuremmat ilmavirrat saadaan toteutettua lisäilmaosalla muuttamalla sen avausta säätöpellin avulla.(16)

Tuloilma (primääri-ilma) tuodaan pyörreilmavirtayksikön tuloilmakammioista huonetilaan suuttimien ja laitteen alaosassa olevien puhallusrakojen kautta. Suuttimet saavat aikaan pyörrevirtauksen jakaen ilman kaikkiin suuntiin (kuvassa 10 siniset nuolet). (15)

Laitteen nopeudensäätimellä voidaan säätää ilmavirtaa paikallisesti. (15)

Jäähdytyskäytössä tuloilma indusoi mukaansa huoneilmaa (sekundääri-ilma) pyörreilmavirtayksikön jäähdyttimelle (kuvassa 10 punainen nuoli). Ilmanvaihdon lisäksi myös jäähdytystehoa voidaan säätää paikallisesti laitteen nopeudensäätimellä. (15)

CSW:n jäähdytysveden massavirraksi suositellaan 0,02...0,06 kg/s, tällöin lämpötila nousee laitteen lämmönsiirtimessä 1...4 °C. Menoveden lämpötilaksi suositellaan 14...16 °C:ta kondensoitumisen estämiseksi. Veden massavirtaa on mahdollista säätää ON/OFF-venttiilillä tai suhteellisesti toimivalla kaksi- tai kolmitieventtiilillä. (15) Tässä työssä säätötavaksi valitaan suhteellisesti toimiva kaksitieventtiili.

#### 4.4.2 Jäähdytyspalkki ja säteilylämmityspaneeli

Ulkovyöhykkeiden ikkunallisten tilojen jäähdytys ja lämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi Haltonin jäähdytyspalkkeilla, joihin on integroitu säteilylämmityspaneeli. Kuvassa 11 näkyy tällaisia paneeleita.



Kuva 11. Halton Oy:n jäähdytyspalkki säteilypaneelilla (17)

Lämmityspaneelin lisäksi tuotteessa olisi mahdollista käyttää myös jäähdytyspaneelia. Tiloissa, joissa on suuri jäähdytystehontarve, voidaan jäähdytyspaneelilla tuottaa lisää jäähdytystä ilman suurentunutta vetoriskiä. Säteilypaneelita voidaan käyttää myös silloin, kun ilmastointi ei ole päällä. (17) Tässä työssä lähtökohdaksi on kuitenkin otettu jäähdytyspalkin ja pelkästään säteilylämmittimen käyttö.

Jäähdytyspalkkiosa sijaitsee yksikön yläosassa ja paneeli alaosassa. Paneelit voidaan varustaa akustiikkamateriaalilla tai korvata akustiikkapaneelilla. (17)

Huoneyksikön korkea konduktanssi mahdollistaa käytön korkealämpöisissä jäähdytysjärjestelmissä ja matalalämpöisissä lämmitysjärjestelmissä. Tämän seurauksena järjestelmien energiatehokkuutta saadaan paremmaksi. (17)

## 4.5 Automaatio

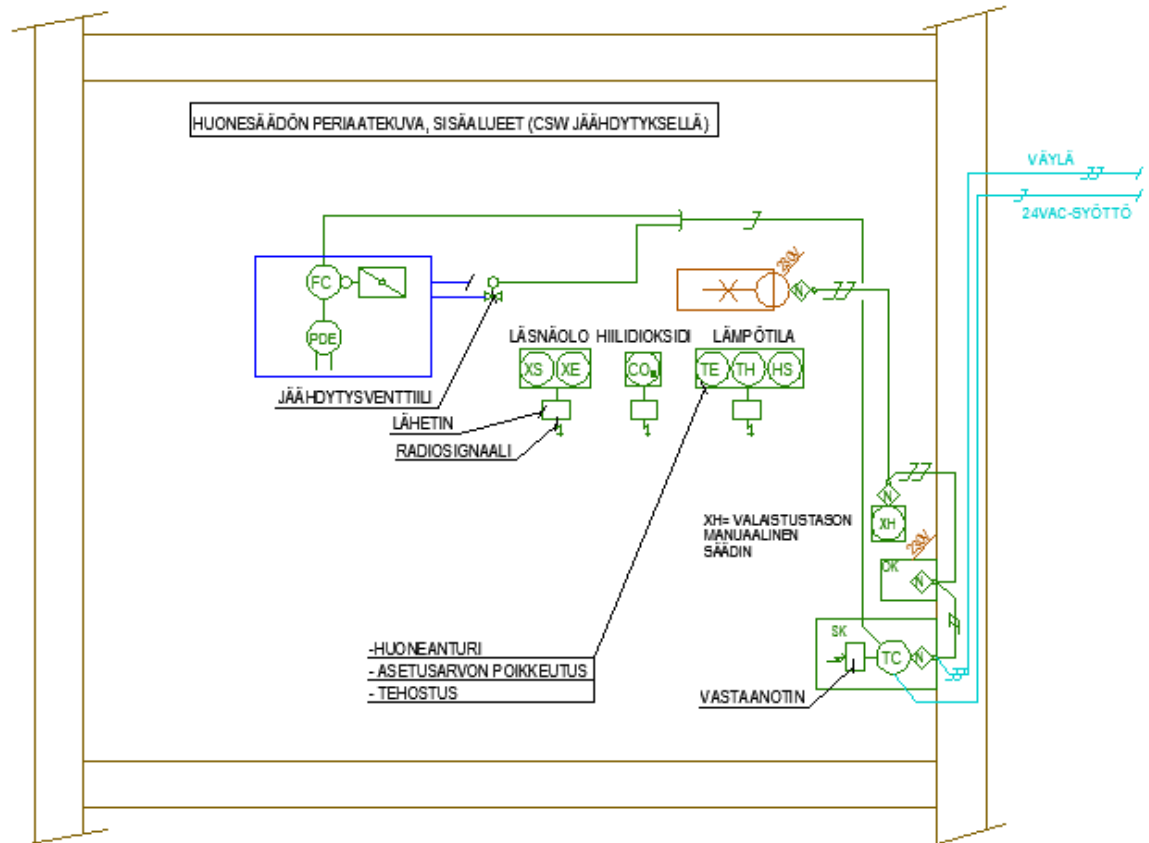
### 4.5.1 Periaatteet

Tämän työn kohteena olevan taloteknisen muuntojoustavuuden edellytyksenä on tilojen väyläpohjainen automaatiojärjestelmä. Järjestelmään ohjelmoidaan valmiiksi tyyppi-tiloja. Moduulien päätelaitteet asetetaan ohjelmallisesti toimimaan tarvittavan tilatyypin perusteella. Säättöä ei ole suunniteltu täysin hajautetuksi. Yhden moduulin sisältämät laitteet liitetään väylään huonesäätimen kautta. Yhden moduulin alueelle tulee siis yksi kyseistä moduulia palveleva huonesäädin.

#### 4.5.2 Huonesäätö

Tilojen sisäilmasto-olosuhteiden tila-/huonekohtainen säätö on tarkoitus toteuttaa lämpötilan, läsnäolon ja hiilidioksidin perusteella. Sisäilmasto-olosuhteiden S1 ja S2 mukaiset tavoitearvot on esitetty luvussa 3.3 Tavoitteet.

Kuvassa 12 esitetään huonesäädön yksinkertaistettu periaatekuva sisäalueilla.



Kuva 12. Sisäalueiden huonesäätö

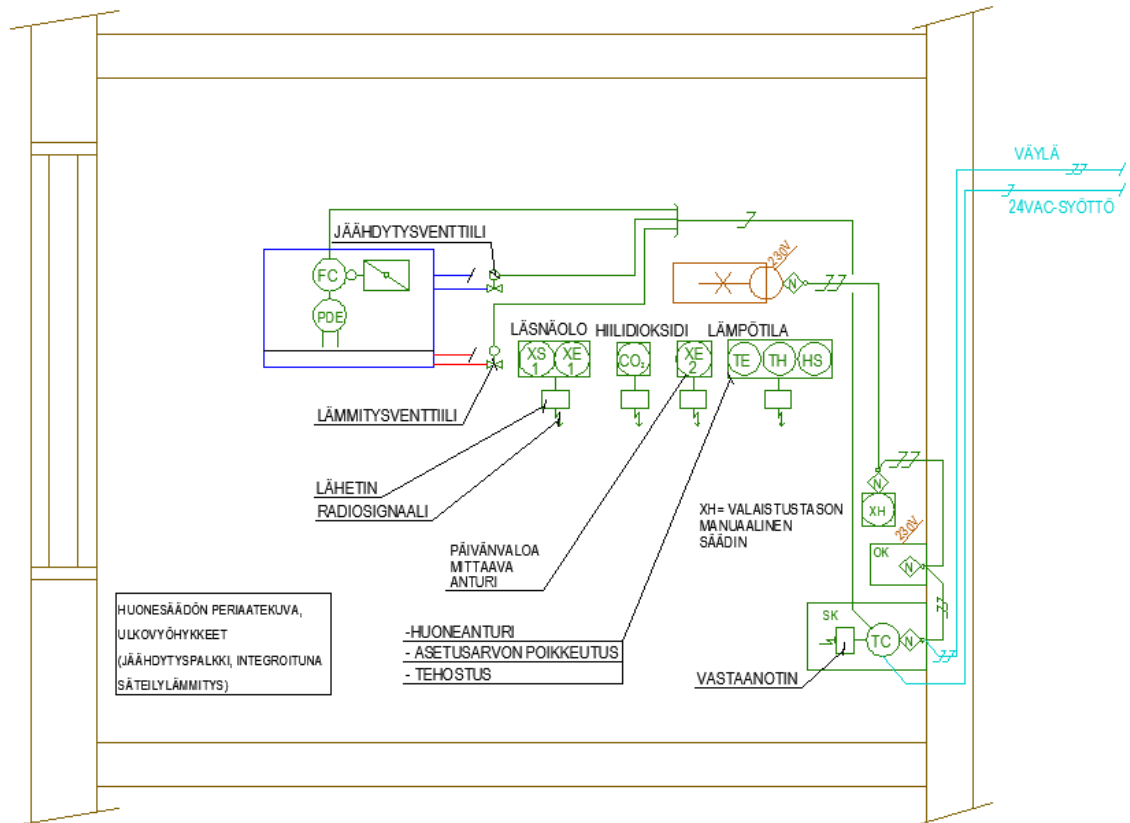
Huonelämpötila pidetään asetusarvossaan TC-huonesäätimen avulla. Lämpötila-anturi TE mittaa huonelämpötilaa ja lähettää tiedon mittaustuloksesta TC-säätimelle. TC-säädin ohjaa sarjassa jäähdytysventtiiliä ja ilmamäärää ilmavirtasäätimen FC avulla. Lämpötilan käsiohjauksella TH voidaan poikkeuttaa huonelämpötilan asetusarvoa. (18, s. 6.) Huonelämpötilan asetuksen ylärajaa nostetaan liiketunnistimen XS avulla, silloin kun tiloissa ei olla läsnä. Liiketunnistimen avulla myös ilmavirtoja pienennetään, silloin kun tilassa ei olla. Kun liiketunnistin havaitsee tiloissa liikettä, palautetaan asetusarvoiksi taas varsinaiset tavoitearvot.



Hiilidioksidin säädössä huonesäädin TC pitää huoneen hiilidioksidipitoisuuden asettelu-  
rajan alapuolella ohjaamalla ilmamäärää ilmavirtasäätimen FC avulla hiilidioksidianturin  
CO<sub>2</sub> -mittaustulosten perusteella (18, s. 6).

Valaistuksen säädössä liiketunnistin XS ohjaa huoneen perusvalaistuksen päälle väy-  
län kautta, kun huoneessa havaitaan liikettä. Valot sammuvat asetellun viiveen jälkeen.  
Valaisimien valaistustasoa (XH) voidaan säätää huoneessa olevilla painikkeilla. (18, s.  
6.)

Kuvassa 13 esitetään ulkovyöhykkeiden yksinkertaistettu huonesäädön periaatekuva.  
Kuvan esimerkissä on jäähdytyspalkki, johon on integroitu vesikiertoinen säteilylämmi-  
tys.



Kuva 13. Ulkovyöhykkeiden huonesäätö

Ulkovyöhykkeillä säätöön tulee mukaan lämmityksen säätö. Huonesäädin TC ohjaa sarjassa lämmitys- ja jäähdytysventtiiliä sekä ohjaa ilmavirtaa ilmavirtasäätimen FC avulla. Lämmitys- ja jäähdytystoiminnan väliin on asetettava kuollut alue, jossa lämmitys- ja jäähdytysventtiili on kiinni ja ilmavirtasäätimen asetusarvo minimissä. (18, s. 6.)

Myös ulkovyöhykkeillä asetetaan lämpötilan säätörajat liiketunnistimen XS-1 avulla tavoitearvoja väljemmäksi sekä pienennetään ilmavirtoja, silloin kun tiloissa ei olla.

Ikkunallisissa tiloissa säädetään valaistusta läsnäolon lisäksi päivänvaloa mittaavan anturin XE-2 mittaustietojen perusteella.

Huonesäädin TC liitetään kommunikointiväylään, jolloin säätimen asetteluja voidaan muuttaa ja oloarvoja seurata valvontajärjestelmästä. Järjestelmään liitetään myös sellainen mobiililaitesovellus, jolla asetteluja voidaan seurata ja muuttaa myös älypuhelimella.

## **5 Lähtötiedot laitemitoitus- ja olosuhdesimuloinneissa**

Jäähdytyksen ja lämmityksen simuloinnit tehdään IDA Indoor Climate and Energy -ohjelmalla. Simuloinnit tehdään luvussa 3.3 Tavoitteet esitettyjen S1-sisäilmastoluokan vaatimusten perusteella.

Simuloinnin tarkoituksena on saada selville tilojen jäähdytys- ja lämmitystehontarpeiden maksimit laitemitoitusta varten. Maksimitarpeissa huomioidaan myös ilmamäärän tarve siten, että hiilidioksidipitoisuus ei ylitä neuvottelu- ja toimistotiloissa. Koska tilojen säätö toteutetaan tarpeenmukaisena, haetaan simuloinnilla myös tietoa laitteille tulevista toimintapisteistä (jäähdytys, ilmamäärät, lämmitys) vajaakuormilla. Vajaakuormien käyttöasteet ovat Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaiset toimisto- ja neuvottelutilojen osalta. Taukotilojen ja käytävien vajaakuormien käyttöasteet ovat oletuksia.

Simulointia varten tehdään seuraavia tyyppitiloja: toimistotilat, neuvotteluhuoneet, taukotilat sekä käytävät. Tilat ovat kuvitteellisia. Simuloinnit tehdään rakennuksen toiselle kerrokselle.

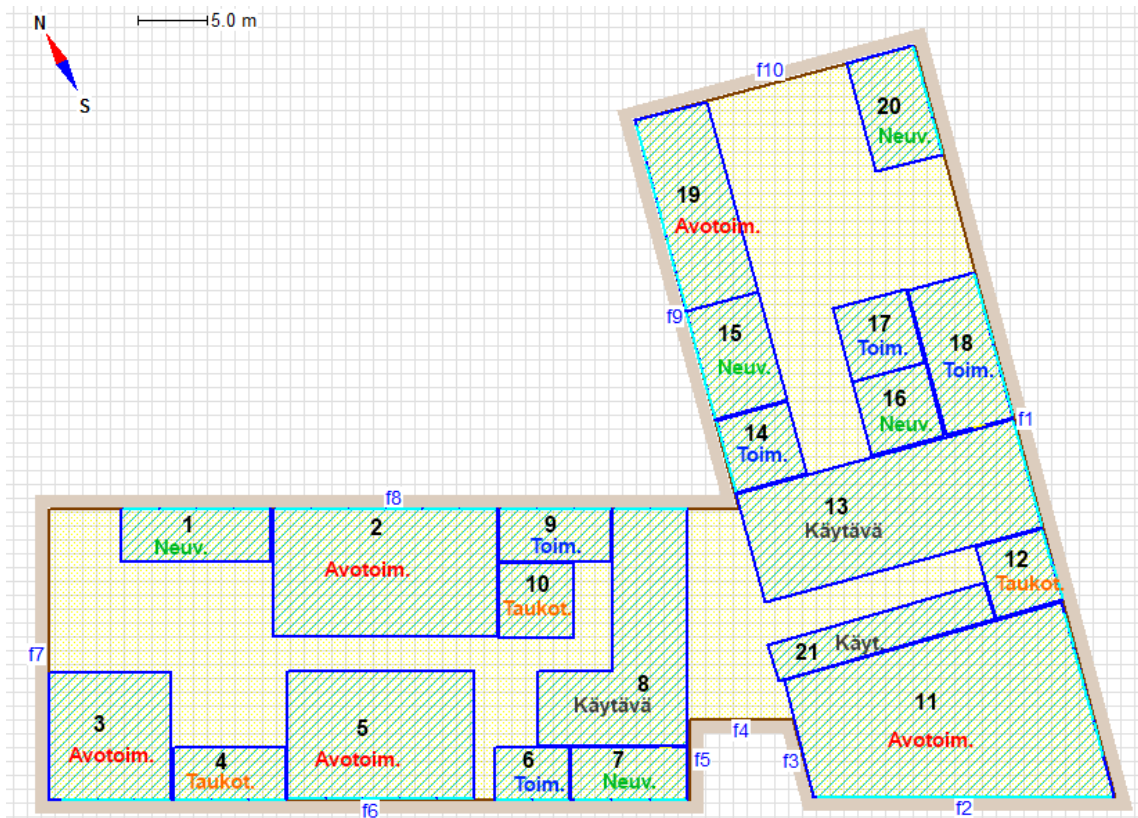
Mallin pohjana käytetään Caverion Oy:ltä saatua perusmallia, jota muokataan tämän työn tarpeiden mukaiseksi.

Tarvittavien jäähdytys- ja lämmitystehojen ja ilmamäärien tarkastelu tehdään tiloissa oletuksena olevien *ideal cooler*- ja *heater*-laitteiden avulla.

## 5.1 Lähtötietoja IDA ICE:ä varten

### 5.1.1 Tyypitilat

Kuvassa 14 näkyy tilojen simulointia varten tehdyt tyypitilat.



Kuva 14. Simulointien tilatyytit

Tilat on sijoitettu siten, että toimisto-, neuvottelu- ja taukotiloja tulee jokaiselle ikkunalliselle seinälle. Käytäviä ja taukotiloja voidaan pitää toissijaisina tiloina, joten niitä ei ole sijoitettu jokaiselle seinälle. Rakennuksen keskelle on sijoitettu kaikkia tyypitiloja. Siten saadaan selville, millainen on tilojen kuormitus silloin, kun niihin ei tule aurinkokuormaa.

### 5.1.2 Sijaintitiedot, tuuliolosuhteet ja rakenteet

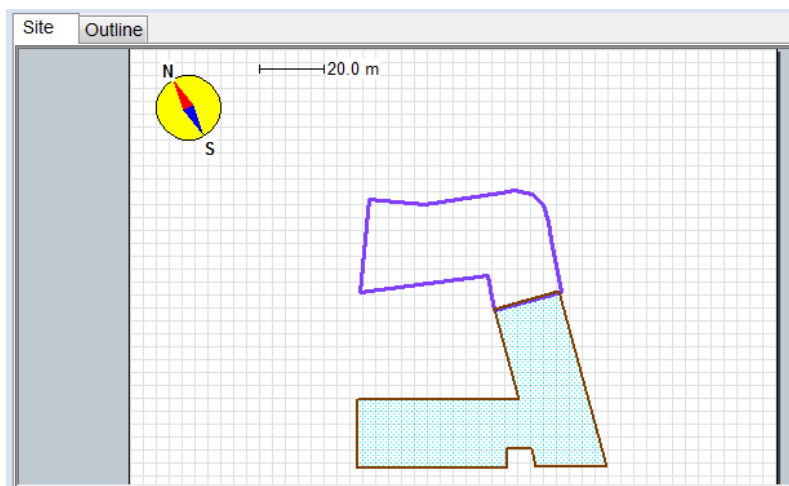
Rakennus tulee sijaitsemaan Helsingissä.

Rakennuksessa on yhteensä 7 kerrosta. Alin kerros on maanalainen kellarikerros ja ylin kerros on iv-konehuone. Simuloinnin kohteena oleva toinen kerros on 4,0 m:n korkeudella maanpinnasta. Tilojen huonekorkeudet ovat 3,18 m, ja tilojen alakatto on 2,5 m:n korkeudella.

Säätietojen pohjana käytetään Helsinki-Vantaan referenssivuotta 2012 ja tuuliolosuhteina vaihtoehtoa *default urban*.

Ulkoseinien U-arvo on  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ikkunoiden U-arvo on määräyksiä parempi,  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ikkunoiden välissä käytetään sälekaihtimia.

Kuvassa 15 näkyy IDA ICE:een aseteltu rakennuksen sijainti ilmansuuntien suhteen.



Kuva 15. Rakennuksen sijainti ilmansuuntien suhteen

Kuvassa 15 oleva N = north ja S = south. Kuvassa näkyy myös rakennukselle tehty varjostus (tuleva muu rakennus) violetilla viivalla.

Kylmäsilloille käytetään seuraavia arvoja: ulkoseinien keskinäiset liitokset  $0,0688 \text{ W}/\text{K}/(\text{m liitos})$  ja ulkoikkunoiden ulkoreunat  $0,0256 \text{ W}/\text{K}/(\text{m ulkoreuna})$ .

### 5.1.3 Jäähdytysveden menolämpötila

Tilojen jäähdytyslaitteet suunnitellaan ei-kondensoivana. Tilojen jäähdytyslaitteiden menoveden lämpötilana käytetään tällöin  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ :ta.

#### 5.1.4 Ilmanvuotoluku

Rakennuksen ilmanvuotoluvuksi ( $q_{50}$ ) valitaan  $1,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Ilmanvuotoluvun ollessa alle  $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  on ilmanpitävyyden toteutuminen osoitettava mittaamalla tai jollain muulla menettelyllä (19, s. 10, 14.)

#### 5.1.5 Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden arvoksi on määritetty 420 ppm. Arvon valinta perustuu luvussa 3.3.3 Ilman laatu esitettyyn hiilidioksidipitoisuuteen SMEAR III -mittausasemalla.

#### 5.1.6 Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila

Kesätilanteessa tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana käytetään  $17 \text{ °C}$ :ta ja talvitilanteessa noin  $20,5 \text{ °C}$ :ta. Ohjelmaan annetaan lämpötilat iv-koneelta lähtevän ilman lämpötilalle, joten tuloilman sisäänpuhallus lämpötilan arvoa ei saada tarkkaan määriteltyä. Lämmitystilanteessa saa huonelämpötilan ja tuloilman sisäänpuhallus lämpötilan ero olla korkeintaan  $2 \text{ °C}$ , kun ilmanjakotapana käytetään kattoasennusta ja kun ilma puhalletaan pintoja pitkin (5, s. 151).

#### 5.1.7 Tilojen ilmamäärät

Simuloinnissa käytetään tilojen ilmamäärien lähtökohtana luvussa 3.4.1 Ilmamäärät annettuja arvoja. Laskennan edetessä niitä kuitenkin mahdollisesti muutetaan, esimerkiksi silloin, jos annettu ilmamäärän arvo ei riitä tilan hiilidioksidin poistoon.

#### 5.1.8 Ilmanvaihtojärjestelmän tyyppi ja säätötavan valinta

Tarkasteltaessa jäähdytys- ja lämmitystehontarpeen maksimia sekä suurinta ilmamäärän tarvetta hiilidioksidin poistamiseksi täydellä käyttöasteella valitaan säätötavaksi CAV. Kun tarkastellaan olosuhteita Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaisilla käyttöasteilla, valitaan neuvottelu-, toimisto- ja taukotilojen ilmanvaihtojärjestelmäksi tyyppi VAV ja säätötavaksi säätö lämpötilan ja hiilidioksidin perusteella. Käytävien säätötapana on kaikissa tilanteissa CAV.

Valaistuksen säätöä päivänvalon perusteella ei simuloinnissa oteta huomioon, koska kohteeseen tulevista mahdollisista varjostuksista (puut, muut rakennukset) ei ole tietoa.

#### 5.1.9 Sisäiset lämpökuormat, käyttöajat ja käyttöasteet

Henkilöiden lämmönluovutuksen arvona käytetään Sisäilmaluokitus 2008:n antamaa arvoa 1,2 met (8, s. 23). 1,2 met:n suuruinen aineenvaihdunnan lämmöntuotto on toimistotyössä käytettävä arvo. 1,2 met vastaa tehoa 125,7 W, kun henkilön ihon pinta-ala on 1,8 m<sup>2</sup>. (5, s. 2–3.) IDA ICE -ohjelma määrittelee ihon pinta-alaksi 1,8 m<sup>2</sup> (20, kpl. 7.4.5.)

Vaatetuksen lämmöneristävyuden arvoksi annetaan 0,85 ± 0,35 clo. Arvon alaraja 0,5 clo vastaa kesävaatetusta (5, s. 2). Tavanomainen talvivaatetuksen arvo on 1 clo (5, s. 2), mutta IDA ICE:een ei ole mahdollista antaa kesä- ja talvivaatetukselle omia erillisiä arvoja, vaan ne tulevat edellä esitetyn kaavan mukaan. IDA ICE osaa sovittaa vaatetuksen clo-arvot automaattisesti PMV-arvon mukaan (20, kpl. 7.4.5). PMV-arvolla (Predicted Mean Vote) kuvataan lämpöaistimusta. Lämpöaistimus on määritelty ISO 7730 standardin mukaisella asteikolla. (5, s. 4) PMV-arvojen asetuksina käytetään –1...1. Silloin PMV-arvon ollessa alarajalla (–1) henkilöillä on päällään 1,2 clo:n mukainen vaatetus ja arvon ollessa ylärajalla (1) on henkilöillä päällään 0,5 clo:n mukainen vaatetus. (20, kpl. 7.4.5.)

Toimistotilojen henkilötiheyden kohdalla käytetään suuren tilatehokkuuden mukaista arvoa. Henkilötiheydeksi asetetaan toimistotiloissa 8 m<sup>2</sup>/hlö (0,125 hlö/m<sup>2</sup>), neuvotteluhuoneissa 3 m<sup>2</sup>/hlö (0,3333 hlö/m<sup>2</sup>) ja taukotiloissa 1,5 m<sup>2</sup>/hlö (0,6667 hlö/m<sup>2</sup>). (8, s. 23, 26.) Koska käytävillä yleensä oleskellaan vain satunnaisesti, ei käytävillä käytetä lainkaan henkilökuormaa.

Toimistotilojen ja neuvottelutilojen valaistuskuormaksi asetetaan 12 W/m<sup>2</sup> (8,s.23). Taukotilojen ja käytävien valaistuskuormana käytetään samaa 12 W/m<sup>2</sup>.

Laitteiden lämpökuormana käytetään toimistotiloissa kuormaa 15 W/m<sup>2</sup>. Sisäilmastoluokitus 2008:ssa on neuvottelutilojen laitekuormaksi annettu väli 18...60 W/m<sup>2</sup> (8, s. 23.) Neuvottelutilojen laitekuormana voidaan kuitenkin käyttää nykyisillä laitteilla kuormaa 10...30 W/m<sup>2</sup> (21, s. 57). Neuvottelutilojen laitekuormaksi valitaan välin puoliväli 20 W/m<sup>2</sup>. Käytävien osalta laitekuormaksi valitaan 0 W/m<sup>2</sup>. Taukotiloissa voidaan olet-

taa olevan mikroaaltouuni, kahvinkeitin, jääkaappi ja vedenkeitin eli neljä laitetta taukotilaa kohden. Näistä jääkaappi on varmasti jatkuvasti päällä, muut satunnaisesti. Taukotilan laitekuormana käytetään jääkaapin lämpökuormaa 120 W (5, s. 178).

Henkilöiden, valaistuksen ja laitteiden käyttöajaksi asetetaan toimistotiloissa klo. 07–18 arkipäivisin ja neuvotteluhuoneiden käyttöajaksi klo. 08–17 (8, s. 23). Taukotilojen ja käytävien käyttöaikana käytetään toimistotilojen käyttöaika.

Laitemitoitusta varten tehdään simulointi, jossa haetaan laitteille tulevia jäähdytystehontarpeen maksimiarvoja. Laskennassa käytetään tällöin neuvottelu-, toimisto-, ja taukotilojen käyttöasteena 100 % (8, s. 23). Laitemitoitusta varten tehtävässä simuloinnissa huomioidaan myös neuvottelu- ja toimistotilojen maksimi-ilmamäärien tarve tavoitteiden mukaisten hiilidioksidipitoisuuksien saavuttamiseksi. Taukotilojen osalta hiilidioksidipitoisuutta tarkastellaan ainoastaan vajaakuormilla, koska taukotilojen käyttö on lyhytaikaista ja täydellä kuormalla mitoitus johtaisi taukotilojen osalta ylimitoitukseen.

#### 5.1.10 Maksimi lämmitystehontarpeen laskennan lähtötietoja

Maksimi lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään pääosin samoja lähtöarvoja, kuin edellä on mainittu. Haettaessa lämmityslaitteiden maksimitehon arvoja tulee sisäisten kuormien käyttöasteeksi ja käyttöajaksi kuitenkin 0 %, koska sisäisiä kuormia ei oteta lämmitystehon laskennassa huomioon, elleivät ne ole jatkuvia ja merkittäviä. Myöskään auringon säteilylämpöä ei huomioida. (22, s. 59.)

Maksimi lämmitystehontarpeen laskennassa asetetaan säätiedoksi synthetic weather ja ulkoiseksi lämpötilaksi  $-26\text{ °C}$ , koska Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeen mukaan lämmitystehontarvetta laskettaessa käytetään paikkakunnan mitoitettavaa ulkolämpötilaa (22, s. 59). Säättötavaksi asetetaan CAV, koska VAV-säättötavassa ohjelma pienentää ilmavirtoja aseteltuihin minimiarvoihin lämmitysenergian säästämiseksi. Ilmamäärinä käytetään S1-luokan mukaisia ilmamääriä.

#### 5.1.11 Olosuhdesimulointien lähtötietoja

Laitteille haetaan toimintapisteiden arvoja myös pidemmän aikavälin tarkasteluissa sekä kesä- että talvitilanteessa Sisäilmastoluokitus 2008:n antamien käyttöasteiden mukaan. Tällöin toimistotilojen käyttöasteena käytetään 55 %:a ja neuvottelutilojen

käyttöasteena 60 %:a. (8, s. 23.) Luokituksessa ei ole annettu arvoja taukutilojen ja käytävien käyttöasteille. Taukutilojen käyttöasteeksi oletetaan 25 % ja käytävien 100 %. Käytävien käyttöaste koskee edellä olevien määrittelyjen mukaan vain valaistuskuormaa.

Kesätilanne lasketaan siten, että mukana on vain jäähdytyslaitteet. Talvitilanteen laskennassa mukana on jäähdytys- ja lämmityslaitteet.

## **6 Simuloinnit ja tulokset**

Simuloinnit tehdään sisäilmaluokan S1 vaatimusten mukaisesti. Ilmoitettuihin tuloksiin ei ole lisätty ns. varmuuskertoimia.

### **6.1 Jäähdytys ja ilmamäärät**

#### **6.1.1 Maksimijäähdytystehontarpeet ja -ilmamäärät**

Maksimijäähdytystehontarpeen laskenta tehtiin heinäkuun ajalta. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan lämpötila sekä aurinkokuorma ovat Helsinki-Vantaan säävyöhykkeellä suurimmillaan heinäkuussa (19, s. 30). Maksimijäähdytystehontarpeen ja -ilmamäärien tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 4.

Suurimmat jäähdytystehontarpeet on haettu siten, että olosuhteiden pysyvyys on lämpötilojen osalta 100 % tai erittäin lähellä sitä.

Ulkoikkunallisissa tiloissa jäähdytyslaitteiden mitoituksessa laitetaan auringosta tuleva lämpökuorma ikkuna-alueiden jäähdytyslaitteiden kuormaksi. Aurinkokuormaa tulee auringon säteilystä suorana säteilynä ja hajasäteilynä. Aurinkokuormaa tulee myös ikkunaan absorboituvan ja ikkunasta myöhemmin johtumalla vapautuvan aurinkolämmön kautta. (23)

Tiloissa tarvittavat maksimijäähdytystehontarpeet saadaan IDA ICE:n antamasta excel-raportista Room unit cool, W ja Dry went cool, W summana. Heat removed -sarakkeen arvot on laskettu entalpiaeron kautta, eikä sitä tule käyttää jäähdytystehontarpeen



määrittämisessä, koska kondensoimattomien jäähdytyslaitteiden mitoituksessa käytetään tuntuvia tehoja. (23)

Koska rakennuksen keskellä on tyyppitiloja, joihin ei tule aurinkokuormaa, voidaan niiden avulla selvittää CSW-päätelaitteille ja jäähdytyspalkeille tulevien jäähdytystehontarpeiden osuuksia. Ihmis-, valaistus- ja laitekuormat ovat samansuuruisia neliötä kohti samoissa tyyppitiloissa. Nämä kuormat ovat samoja myös ulkovyöhykkeillä. Taukokuoneissa laitekuormat neliötä kohti poikkeavat hieman toisistaan, koska laitekuormaksi laitettiin 120 W (jääkaappi) yhtä taukokuonetta kohti, mutta ero ei ole kovin suuri. Keskellä rakennusta sijaitsevien tyyppitilojen jäähdytystehontarpeen ( $W/m^2$ ) selvittyä, yleistetään se koskemaan kaikkien tilojen (tyyppitiloittain) CSW:ille tulevia jäähdytystehontarpeita. Sitten vähennetään CSW:lle tuleva jäähdytystehontarve Room unit coolin ja Dry went coolin (liite 4) summasta ja lisätään jäljelle jäävä jäähdytystehontarve jäähdytyspalkeille.

Taulukossa 6 esitetään tilojen jäähdytystehontarpeet CSW-päätelaitteille ja jäähdytyspalkeille. Päätelaitteiden määrä on moduulijaottelun mukainen.

Taulukko 6. Päätelaitteille tulevat maksimi jäähdytystehontarpeet tilatyypeittäin

Room	Group	Tilan kok.ala, m <sup>2</sup>	Jaahd.palkeille ala m <sup>2</sup>	CSW:ille ala m <sup>2</sup>	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m <sup>2</sup>	Teho per CSW, W/m <sup>2</sup>
2.krs_3	Avotoimisto	80,9	33,4	47,5	3	6	768	263	69	33
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,3	87,5	6	12	414	242	41	33
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,2	72,9	5	10	720	242	70	33
2.krs_19	Avotoimisto	75,9	37,6	38,3	5	5	533	255	71	33
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,9	159,9	12	22	579	241	84	33
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,4	101,1	2	14	88	62	9	9
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,2	150,3	3	21	279	66	46	9
2.krs_21	Kaytava	43,7	0,0	43,7	0	6	0	67	0	9
2.krs_7	Neuvottelu	32,1	32,1	0,0	3	0	932	0	87	0
2.krs_1	Neuvottelu	40,9	40,9	0,0	4	0	573	0	56	0
2.krs_15	Neuvottelu	43,3	21,4	21,9	3	3	522	329	73	45
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,2	21,9	3	3	583	329	96	45
2.krs_16	Neuvottelu	29,2	0,0	29,2	0	4	0	329	0	45
2.krs_4	Taukotila	30,7	30,7	0,0	3	0	1002	0	98	0
2.krs_10	Taukotila	29,2	0,0	29,2	0	4	0	386	0	53
2.krs_12	Taukotila	26,7	12,2	14,6	2	2	741	385	122	53
2.krs_6	Toimisto	20,5	20,5	0,0	2	0	739	0	72	0
2.krs_9	Toimisto	30,7	30,7	0,0	3	0	417	0	41	0
2.krs_18	Toimisto	53,5	24,3	29,1	4	4	572	242	94	33
2.krs_14.	Toimisto	28,9	14,3	14,6	2	2	354	242	50	33
2.krs_17	Toimisto	29,2	0,0	29,2	0	4	0	242	0	33

Käytävillä ei yleensä käytetä jäähdytystä. Käytäväkäytössä ei myöskään välttämättä käytetä jokaisen moduulin kohdalla olevaa päätelaitetta pienen ilmantarpeen seurauksena. Osa päätelaitteista voidaan sulkea käytäväkäytössä. Mikäli käytäviä lopulta tehdään, on tapauskohtaisesti määritettävä, montako päätelaitetta otetaan käyttöön. Käytävillä on taulukkoon annettu tieto päätelaitteiden määrästä moduulijaottelun mukaisesti tulosten tulkinnan helpottamiseksi.

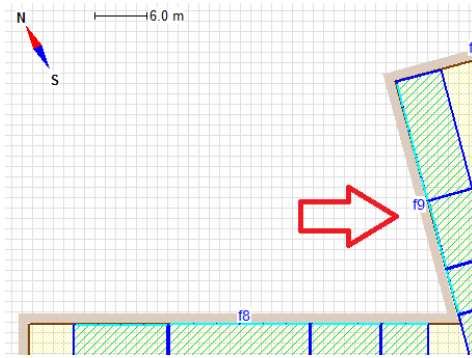
Mikäli ulkoikkunallinen käytävä on suoraan yhteydessä esimerkiksi avotoimistoon, tulisi käytävien ikkunasta tuleva lämpökuorma lisätä tarvittaviin avotoimiston jäähdytystehoihin.

Taulukossa 7 on eritelty ulkovyöhykkeiden jäähdytyspalkeille tulevia maksimijäähdytystehoja neliötä kohden ilmasuunnittain.

Taulukko 7. Jäähdytyspalkkien maksimijäähdytystehot ilmasuunnittain

Tilatyyppi	Ilmansuunta	Jäähdytyspalkki, W/m <sup>2</sup>
<b>Toimisto</b>	lounas	72
	itä-lounas	84
	itä	94
	länsi	50...71
	koillinen	41
<b>Neuvottelu</b>	lounas	87
	itä	96
	länsi	73
	koillinen	56
<b>Taukotila</b>	lounas	98
	itä	122

Lännen puoleisella seinällä on isoja vaihteluita jäähdytystehontarpeiden suhteen. Osalle seinää tulee aurinkoa ja osalle ei, koska sisänurkkauksessa olevat tilat jäävät varjoon. Kun tilajaottelu lopulta selviää, on kiinnitettävä erityistä huomiota kyseisellä seinällä olevien tilojen jäähdytystehontarpeisiin ja tehtävä tarvittaessa uudelleen simulointi. Seinä on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Osittain varjoon jäävä länsiseinä

Suurimmat jäähdytyspalkeille tulevat jäähdytystehontarpeet ovat itäseinällä. Oletettavasti tämä johtuu siitä, että matalalla oleva aamuaurinko pääsee helpommin ikkunasta sisään. Idän puoleisella seinällä neuvotteluhuoneessa 20 ja toimistohuoneessa 18 on lähes samansuuruiset jäähdytyspalkeille tulevat tehot. Tämä johtunee siitä, että neuvotteluhuone sijaitsee talon nurkassa, missä yksi sen seinistä rajoittuu ikkunattomaan pohjoisen puoleiseen ulkoseinään. Tämän tilan rakenteilla on oletettavasti suurempi lämmönvarastointikyky. Pohjoisseinälle ei myöskään tule paljoa aurinkokuormaa.

Maksimi-ilmamäärien peruslähtökohtana käytettiin Sisäilmastoluokitus 2008:n ilmoittamia arvoja. Ilmamääriä kuitenkin nostettiin laskentatulosten perusteella siten, että neuvottelu- ja toimistohuoneissa päästiin alle 750 ppm hiilidioksiditasoon. Näin saatiin selville, mikä olisi maksimi-ilmamäärän tarve 100 % käyttöasteella ja -kuormituksella halutun hiilidioksidipitoisuuden saavuttamiseksi. Taukotilojen osalta hiilidioksidipitoisuuden tarkastelu tehdään kuitenkin vasta simuloitaessa vajaakuormilla, koska muuten seurauksena on taukotilojen osalta ilmamäärien ylimitoitus. Käytävien osalle ei juuri tule hiilidioksidia.

Maksimi-ilmamäärien tarkastelu tehtiin samalla, kun tarkasteltiin maksimi jäähdytystehontarvetta. Taulukossa 8 näkyvät tilojen maksimi-ilmamäärät ja hiilidioksidipitoisuudet.

Taulukko 8. Tilojen maksimi-ilmamäärät halutun hiilidioksidipitoisuuden saavuttamiseksi

Room	Group	Max sup airflow, l/(s.m2)	Max rtn airflow, l/(s.m2)	Max CO <sub>2</sub> , ppm(vol)
2.krs_3	Avotoimisto	2,0	2,0	742
2.krs_2	Avotoimisto	2,1	2,1	742
2.krs_5	Avotoimisto	2,1	2,1	742
2.krs_19	Avotoimisto	2,0	2,0	737
2.krs_11	Avotoimisto	2,0	2,0	748
2.krs_6	Toimisto	2,0	2,0	736
2.krs_9	Toimisto	2,0	2,0	736
2.krs_18	Toimisto	2,0	2,0	741
2.krs_14	Toimisto	2,0	2,0	746
2.krs_7	Neuvottelu	5,5	5,5	742
2.krs_1	Neuvottelu	5,5	5,5	749
2.krs_15	Neuvottelu	5,6	5,6	747
2.krs_20	Neuvottelu	5,6	5,6	740
2.krs_16	Neuvottelu	5,8	5,8	745
2.krs_4	Taukotila	7,0	7,0	941
2.krs_10	Taukotila	7,0	7,0	959
2.krs_12	Taukotila	7,0	7,0	945
2.krs_8	Kaytava	1,0	1,0	420
2.krs_13	Kaytava	1,0	1,0	420

Neuvottelutiloissa tarvitaan IDA ICE -laskelman perusteella suurempia ilmamääriä kuin S1-luokan ilmoittama ilmamäärä 4,0 l/s, m<sup>2</sup>, jotta saadaan pidettyä hiilidioksidipitoisuus alle 750 ppm maksimikuormilla. Myös toimistotiloissa on varauduttava hieman suurempaan ilmamäärän tarpeeseen maksimikuormilla.

IDA ICE -ohjelma antoi joihinkin tiloihin hieman pienempiä poistoilman arvoja, kuin tuloilman arvot ovat. Arvot on korjattu taulukkoon 8 siten, että tulo- ja poistoilman arvot ovat yhtä suuret.

#### 6.1.2 Kesän jäähdytystehontarpeet ja ilmamäärät vajailla käyttöasteilla

Käyttöasteet on ilmoitettu luvussa 5.1.9 Sisäiset lämpökuormat, käyttöajat ja käyttöasteet. Laskenta-aikana oli 1.8.2012–31.8.2012. Saadut tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

Liitteestä 5 nähdään, että neuvotteluhuone 1:ssä operatiivinen lämpötila minimiarvo on 20 °C:n alapuolella. Kyseessä ovat yksittäiset tilanteet erään viikonlopun aikana ja sen jälkeen ennen työpäivän alkua maanantaina 20.7 ja tiistaina 21.7, joten lämpötilan alituksen voi jättää huomioon ottamatta.

Jako CSW:ille ja jäähdytyspalkeille tulevasta jäähdytystehontarpeesta tehtiin samalla tavalla kuin maksimijäähdytystehon laskennassa.

Taulukossa 9 esitetään päätelaitteille tulevat jäähdytystehontarpeet vajailla käyttöasteilla.

Taulukko 9. Päätelaitteille tulevat jäähdytystehontarpeet tilatyypeittäin vajailla käyttöasteilla

Room	Group	Tilan kok.ala, m2	Jaahd.palkeille ala m2	CSW:ille ala m2	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m2	Teho per CSW, W/m2
2.krs_3	Avotoimisto	80,9	33,4	47,5	3	6	606	149	54	19
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,3	87,5	6	12	272	137	27	19
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,2	72,9	5	10	573	137	56	19
2.krs_19	Avotoimisto	75,9	37,6	38,3	5	5	408	144	54	19
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,9	159,9	12	22	483	137	70	19
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,4	101,1	2	14	203	66	20	9
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,2	150,3	3	21	312	65	51	9
2.krs_21	Kaytava	43,7	0,0	43,7	0	6	0	66	0	9
2.krs_7	Neuvottelu	32,1	32,1	0,0	3	0	743	0	70	29
2.krs_1	Neuvottelu	40,9	40,9	0,0	4	0	411	0	40	29
2.krs_15	Neuvottelu	43,3	21,4	21,9	3	3	431	210	60	29
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,2	21,9	3	3	550	210	91	29
2.krs_16	Neuvottelu	29,2	0,0	29,2	0	4	0	210	0	29
2.krs_4	Taukotila	30,7	30,7	0,0	3	0	568	0	55	18
2.krs_10	Taukotila	29,2	0,0	29,2	0	4	0	133	0	18
2.krs_12	Taukotila	26,7	12,2	14,6	2	2	385	133	63	18
2.krs_6	Toimisto	20,5	20,5	0,0	2	0	593	0	58	19
2.krs_9	Toimisto	30,7	30,7	0,0	3	0	277	0	27	19
2.krs_18	Toimisto	53,5	24,3	29,1	4	4	472	137	78	19
2.krs_14	Toimisto	28,9	14,3	14,6	2	2	279	137	39	19
2.krs_17	Toimisto	29,2	0,0	29,2	0	4	0	137	0	19

Myös vajailla käyttöasteilla tulee käytävien tilannetta tarkastella tarkemmin, kun selviää tuleeko käytäviä ja mitkä niiden koot ovat.

Taulukossa 10 näytetään vielä ulkovoihyökkien jäähdytyspalkeille tulevat jäähdytystehot neliötä kohti ilmasuunnittain vajailla käyttöasteilla.

Taulukko 10. Jäähdytyspalkkien jäähdytystehot ilmasuunnittain vajailla käyttöasteilla

Tilatyyppi	Ilmansuunta	Jäähdytyspalkki, W/m <sup>2</sup>
Toimisto	lounas	58
	itä-lounas	70
	itä	78
	länsi	39...54
	koillinen	27
Neuvottelu	lounas	70
	itä	91
	länsi	60
	koillinen	40
Taukotila	lounas	55
	itä	63

Taulukossa 11 on esitetty ne ilmamäärät vajailla käyttökuormilla, joita tarvitaan hiilidioksidipitoisuuden pitämiseksi vähintään 95 % käyttöajasta arvon 750 ppm alapuolella. Ilmamäärien lähtökohdaksi otettiin S1-luokan mukaiset ilmamäärät käyttöasteiden mukaan laskettuna. Esimerkiksi toimistolle tuli perusilmamääräksi  $0,55 \times 2,0 \text{ l/s, m}^2 = 1,1 \text{ l/s, m}^2$ . Mikäli tällä tavalla laskettu ilmamäärä ei ollut riittävä pitämään hiilidioksidipitoisuutta tavoitteen mukaisena, nostettiin ilmamäärää, kunnes tavoite saavutettiin.

Taulukko 11. Tilojen maksimi-ilmamäärät halutun hiilidioksidipitoisuuden saavuttamiseksi

Room	Group	Max sup airflow, l/(s.m <sup>2</sup> )	Max rtn airflow, l/(s.m <sup>2</sup> )	Max CO <sub>2</sub> , ppm(vol)
2.krs_3	Avotoimisto	1,1	1,1	719,9
2.krs_2	Avotoimisto	1,1	1,1	744,9
2.krs_5	Avotoimisto	1,1	1,1	744,9
2.krs_19	Avotoimisto	1,1	1,1	712,7
2.krs_11	Avotoimisto	1,1	1,1	730,2
2.krs_8	Kaytava	1,0	1,0	420,0
2.krs_13	Kaytava	1,0	1,0	420,0
2.krs_21	Kaytava	1,0	1,0	420,0
2.krs_7	Neuvottelu	3,1	3,1	746,6
2.krs_1	Neuvottelu	3,2	3,2	750,1
2.krs_15	Neuvottelu	3,3	3,3	746,3
2.krs_20	Neuvottelu	3,2	3,2	750,1
2.krs_16	Neuvottelu	3,5	3,5	743,1
2.krs_4	Taukotila	2,8	2,8	750,0
2.krs_10	Taukotila	2,8	2,8	750,1
2.krs_12	Taukotila	2,8	2,8	750,0
2.krs_6	Toimisto	1,1	1,1	711,5
2.krs_9	Toimisto	1,1	1,1	750,0
2.krs_18	Toimisto	1,1	1,1	717,0
2.krs_14	Toimisto	1,1	1,1	727,1
2.krs_17	Toimisto	1,2	1,2	744,0

Taulukosta 11 nähdään, että neuvottelutilojen osalta tarvittavat ilmamäärät eivät ole vajailla käyttöasteilla paljoa pienemmät S1-luokan ilmoittamaan ilmamäärään verrattuna.

Tyytymättömien osuus kesäajan lämpötilojen suhteen (PPD) on simuloinnin mukaan 5,9 %:n ja 7,5 %:n välillä. Teoreettista ihanteellista optimilämpötilaa kuvaa tilanne, jossa PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) on 5 %. Silloin joukon lämpöaistimusten (PMV-arvo) keskiarvo on neutraali. PPD-indeksi on määritelty siten, että vaatetus ja aineenvaihdunnan tehot ovat laskennassa mukana olevilla ihmisillä samat. PPD-indeksi jäähtytyksen suhteen kuvaa tyytymättömien osuutta maksimaalisen lämmön poiston aikana. Jos PPD indeksi on 5 %:n ja 10 %:n välillä, pysyy keskimääräinen lämpöaistimus  $-0,5$ :n ja  $+0,5$ :n välillä.

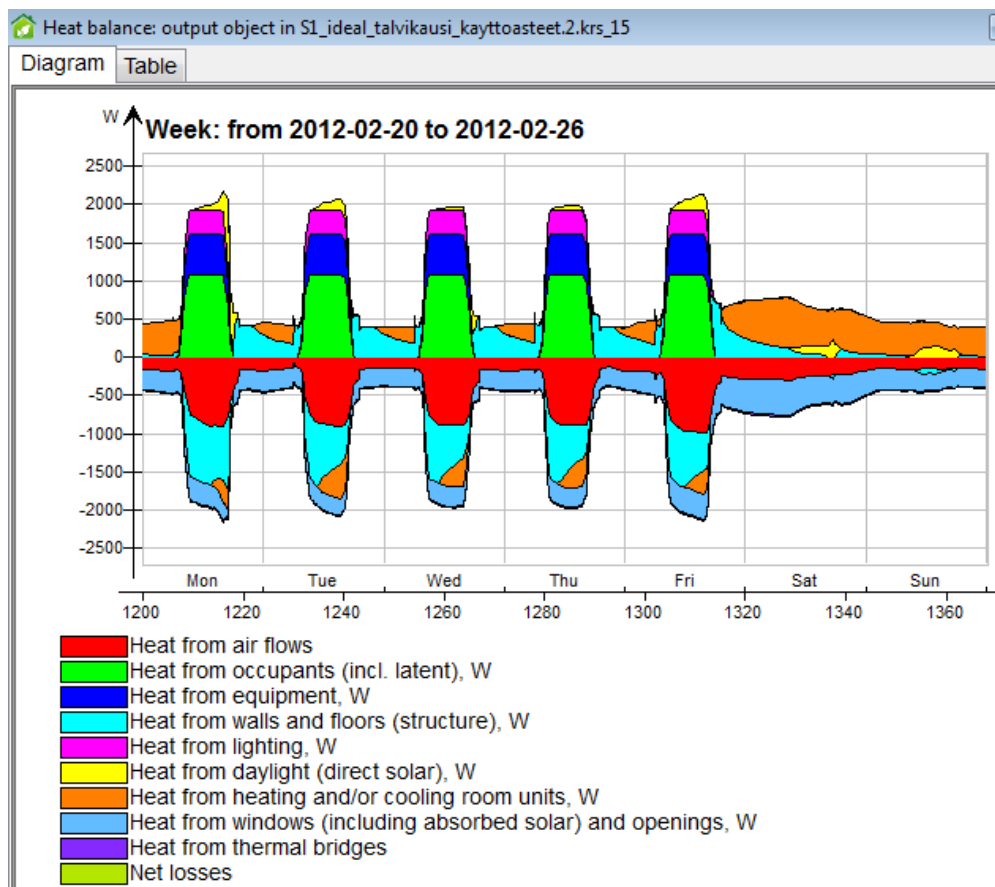
Max PPD -arvo on kesällä 6,8 %:n ja 8,1 %:n välillä. Max PPD (Maximum Percentage of People Dissatisfied) kuvaa yleisesti suurinta tyytymättömien osuutta jonain tiettyinä ajankohtana.

### 6.1.3 Talvella tarvittavat jäähdytystehontarpeet vajailla käyttöasteilla

Talviajan olosuhdelaskenta on tehty ajalle 1.1.2012–29.2.2012. Tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 6.

Lähes kaikissa tiloissa esiintyy simuloinnin perusteella talvellakin jäähdytystehontarvetta. Tämä johtuu oletettavasti seuraavista asioista: tiloissa on käyttöajan ulkopuolellakin pidettävä yllä kohtuullista lämpötilaa ja lämpöä myös varastoituu rakenteisiin. Aamulla työpäivän alettua nousee lämpökuorma nopeasti. Ylimääräinen lämpö poistuisi jossain vaiheessa lämmönsiirtymisen kautta ulos, mutta tämä tapahtuu liian hitaasti, joten tarvitaan jäähdytystä.

Kuvassa 17 nähdään esimerkkinä neuvotteluhuoneen 15 lämpötasapaino viikolla 20.2.2012–26.2.2012.



Kuva 17. Lämpötasapaino neuvotteluhuoneessa

Kuvassa 17 näkyy vasemmassa reunassa tehoasteikko. Nollan yläpuolella olevat arvot kuvaavat tilaan tulevaan lämpökuormaa ja nollan alapuolella olevat arvot näyttävät tilaan kohdistuvan jäähdytystehon. Sekä jäähdytys- että lämmityslaitteen arvoja kuvataan oranssilla alueella. Kun tilaan syntyy liikaa lämpökuormaa, näkyy myös nollan alapuolella olevissa jäähdytyskäyrissä oranssia, eli jäähdytyslaitteet ovat silloin käytössä.

Myös talvella tulee jonkin verran aurinkokuormaa. Sen kokonaisvaikutus jäähdytystehontarpeeseen on kuitenkin vielä niin vähäinen talvella, että sitä ei määritetä talvitilanteessa erikseen jäähdytyspalkeille vaan kaikille päätelaitteille tasan.

Taulukossa 12 näkyvät päätelaitteille tulevat jäähdytystehontarpeet talvitilanteessa vajalla käyttöasteilla.



Taulukko 12. Jäähdytystehontarpeet talvitilanteessa vajailla käyttöasteilla

Room	Group	Tilan kok.ala, m <sup>2</sup>	Jaahd.palkeille ala m <sup>2</sup>	CSW:ille ala m <sup>2</sup>	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m <sup>2</sup>	Teho per CSW, W/m <sup>2</sup>
2.krs_3	Avotoimisto	80,9	33,4	47,5	3	6	169	121	15	15
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,3	87,5	6	12	83	59	8	8
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,2	72,9	5	10	238	169	23	23
2.krs_19	Avotoimisto	75,9	37,6	38,3	5	5	75	77	10	10
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,9	159,9	12	22	125	132	18	18
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,4	101,1	2	14	30	21	3	3
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,2	150,3	3	21	32	37	5	5
2.krs_21	Kaytava	43,7	0,0	43,7	0	6	0	69	0	10
2.krs_7	Neuvottelu	32,1	32,1	0,0	3	0	448	0	42	0
2.krs_1	Neuvottelu	40,9	40,9	0,0	4	0	112	0	11	0
2.krs_15	Neuvottelu	43,3	21,4	21,9	3	3	152	156	21	21
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,2	21,9	3	3	114	137	19	19
2.krs_16	Neuvottelu	29,2	0,0	29,2	0	4	0	254	0	35
2.krs_4	Taukotila	30,7	30,7	0,0	3	0	333	0	32	0
2.krs_10	Taukotila	29,2	0,0	29,2	0	4	0	126	0	17
2.krs_12	Taukotila	26,7	12,2	14,6	2	2	40	47	7	7
2.krs_6	Toimisto	20,5	20,5	0,0	2	0	353	0	34	0
2.krs_9	Toimisto	30,7	30,7	0,0	3	0	22	0	2	0
2.krs_18	Toimisto	53,5	24,3	29,1	4	4	74	89	12	12
2.krs_14	Toimisto	28,9	14,3	14,6	2	2	65	66	9	9
2.krs_17	Toimisto	29,2	0,0	29,2	0	4	0	133	0	18

Talven vajaan käyttöasteen tilanteessa käytetään samoja ilmamääriä kuin kesän vajaan käyttöasteen tilanteessa, koska ilmamäärät määriteltiin hiilidioksidin poistamiseen tarvittavan määrän mukaan.

Talvitilanteen olosuhdelaskennassa tytymättömien osuus on maksimissaan (Max PPD) 5,5:n ja 8,4:n välillä. Olosuhdelaskenta tehtiin custom -laskennalla, jotta saadaan yhtäaikaaisesti sekä lämmitys- että jäähdytystilanne simuloitua. Tämän takia ei tuloksena saada PPD-arvoa vaan MAX PPD.

## 6.2 Lämmitystehontarpeet

### 6.2.1 Maksimi lämmitystehontarve

Maksimilämmitystehontarpeiden tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 7.

Taulukossa 13 näkyy tarvittavat lämmitystehontarpeet ulkovoikyöhykkeiden tiloille. Lämmitystehontarpeisiin ei ole lisätty tehoja varmuuskertoimen avulla.

Taulukko 13. Tilojen lämmitystehontarpeet

Room	Group	Heat supplied, W	Room unit heat, W	Säteilylämmitin, kpl	Tehontarve per lämmitin, W
2.krs_3	Avotoimisto	1132	2153	3	718
2.krs_2	Avotoimisto	1691	2765	6	461
2.krs_5	Avotoimisto	1392	2302	5	460
2.krs_19	Avotoimisto	1507	2615	5	523
2.krs_11	Avotoimisto	3764	6281	12	523
2.krs_8	Kaytava	603,3	1087	2	544
2.krs_13	Kaytava	861,4	1477	3	492
2.krs_7	Neuvottelu	918,2	1690	3	563
2.krs_1	Neuvottelu	1068	1822	4	456
2.krs_15	Neuvottelu	806,9	1437	3	479
2.krs_20	Neuvottelu	955,3	1800	3	600
2.krs_4	Taukotila	862,8	1548	3	516
2.krs_12	Taukotila	586,3	1099	2	550
2.krs_6	Toimisto	510,5	832	2	416
2.krs_9	Toimisto	776,3	1254	3	418
2.krs_18	Toimisto	1047	1708	4	427
2.krs_14	Toimisto	513,7	857	2	428

Kohdassa *Room unit heat, W* on tilalle tarvittava lämmitystehontarve. Kohdassa *Säteilylämmitin, kpl*, näkyy, montako lämmityslaitetta tarvitaan kuhunkin mallitilaan yhteensä. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty yhdelle lämmityslaitteelle annettava lämmitystehontarve.

#### 6.2.2 Lämmitystehontarve talvitilanteessa vajailla käyttöasteilla

Lämmitystehontarpeen laskenta vajailla käyttöasteilla talvitilanteessa tehtiin samalla kertaa kuin jäähdytyslaskenta. Laskennassa otettiin mukaan nyt sisäiset kuormat ja aurinkokuormat.

Lämmityslaitteille riittää normaalisti maksimitehontarpeiden tarkastelu. Tässä esitetään kuitenkin olosuhdesimuloinnin tulokset talvitilanteessa myös lämmitystehontarpeille, jotta voidaan haluttaessa tarkastella, miten sisäisten lämpökuormien ja aurinkokuorman mukanaolo vaikuttaa lämmitystehontarpeeseen. Laskenta-aikana käytettiin 1.1.2012–29.2.2012. Tulokset on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 6.

Taulukossa 14 näkyvät tarvittavat lämmitystehontarpeet ulkovyöhykkeillä. Lämmitystehontarpeisiin ei ole lisätty tehoja varmuuskertoimen avulla.

Taulukko 14. Lämmitystehontarpeet talvilanteessa vajailla käyttöasteilla

Room	Group	Tilan kok.ala, m <sup>2</sup>	Room unit heat, W/m <sup>2</sup>	Room unit heat, W	Säteilylämmitin, kpl	Tehontarve per lämmitin, W
2.krs_3	Avotoimisto	80,92	18,9	1527	3	509
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	11,8	1754	6	292
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	11,5	1430	5	286
2.krs_19	Avotoimisto	75,93	26,6	2020	5	404
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	17,7	4298	12	358
2.krs_8	Kaytava	121,5	6,5	790	2	395
2.krs_13	Kaytava	168,5	6,0	1009	3	336
2.krs_7	Neuvottelu	32,07	36,8	1179	3	393
2.krs_1	Neuvottelu	40,88	31,7	1296	4	324
2.krs_15	Neuvottelu	43,33	21,2	916	3	305
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	31,9	1279	3	426
2.krs_4	Taukotila	30,74	30,7	944	3	315
2.krs_12	Taukotila	26,73	24,0	643	2	321
2.krs_6	Toimisto	20,49	30,6	627	2	313
2.krs_9	Toimisto	30,66	32,0	981	3	327
2.krs_18	Toimisto	53,46	23,6	1259	4	315
2.krs_14	Toimisto	28,89	22,1	639	2	319

### 6.3 Yhteenveto ilmamääristä sekä jäähdytys- ja lämmitystehontarpeista

Seuraaviin taulukoihin on koottu yhteenvetona tiloissa tarvittavia ilmamääriä sekä jäähdytys- ja lämmitystehontarpeita.

Taulukossa 15 esitetään maksimi- ja minimi-ilmamäärät sekä ilmamäärät vajailla käyttöasteilla. Minimi-ilmamäärällä tarkoitetaan ilmamäärää tilassa, jossa ei olla paikalla. Käytäviä ei ole otettu yhteenvetoon mukaan. Käytävillä on aina sama vakioilmamäärä 1,0 l/s. Niiden kohdalla tulee tarkastella tapauskohtaisesti, paljonko ilmaa tarvitaan yhdeltä päätelaitteelta, kun tiedetään, montako päätelaitetta otetaan käytäväkäytössä käyttöön.

Taulukko 15. Tilatyypin ilmamääriä

Room	Group	Maksimi-ilmamäärät, l/(s.m2)	Ilmamäärät vajailla käyttöasteilla, l/(s.m2)	Minimi-ilmamäärät, l/(s.m2)	Palkkeja kpl	Maksimi-ilmamäärät, per palkki	Ilmamäärät vajailla käyttöasteilla, per palkki	CSW:t kpl	Maksimi-ilmamäärät, per CSW	Ilmamäärät vajailla käyttöasteilla, per CSW	Minimi-ilmamäärät, per CSW
2.krs_3	Avotoimisto	2,0	1,1	0,35	3	22	12	6	16	9	2,8
2.krs_2	Avotoimisto	2,1	1,1	0,35	6	22	11	12	15	8	2,6
2.krs_5	Avotoimisto	2,1	1,1	0,35	5	22	11	10	15	8	2,6
2.krs_19	Avotoimisto	2,0	1,1	0,35	5	15	8	5	15	8	2,7
2.krs_11	Avotoimisto	2,0	1,1	0,35	12	14	8	22	15	8	2,5
2.krs_8	Käytävä	1,0	1,0	0,35							
2.krs_13	Käytävä	1,0	1,0	0,35							
2.krs_21	Käytävä	1,0	1,0	0,35							
2.krs_7	Neuvottelu	5,5	3,1	0,35	3	59	33	0			
2.krs_1	Neuvottelu	5,5	3,2	0,35	4	56	33	0			
2.krs_15	Neuvottelu	5,6	3,3	0,35	3	40	24	3	41	24	2,6
2.krs_20	Neuvottelu	5,6	3,2	0,35	3	34	20	3	41	23	2,6
2.krs_16	Neuvottelu	5,8	3,5	0,35	0			4	42	26	2,6
2.krs_4	Taukotila	7,0	2,8	0,35	3	72	29	0			
2.krs_10	Taukotila	7,0	2,8	0,35	0			4	51	21	2,6
2.krs_12	Taukotila	7,0	2,8	0,35	2	43	17	2	51	21	2,5
2.krs_6	Toimisto	2,0	1,1	0,35	2	21	11	0			
2.krs_9	Toimisto	2,0	1,1	0,35	3	21	11	0			
2.krs_18	Toimisto	2,0	1,1	0,35	4	12	7	4	15	8	2,5
2.krs_14	Toimisto	2,0	1,1	0,35	2	14	8	2	15	8	2,6
2.krs_17	Toimisto	2,2	1,2	0,35	0			4	16	9	2,6

Jäähdytyspalkkisarakkeeseen ei ole otettu mukaan minimi-ilmamääriä, koska käytännössä jäähdytyspalkeilta ei ole mahdollista saada niin pieniä ilmamääriä. Myöskään vajailla käyttöasteilla ei välttämättä jäähdytyspalkeilla saada pienennettyä ilmamääriä laskelmien mukaiseksi kaikkien tilojen osalta.

CSW-päätelaitetta käytettäessä ilmamäärien säätö pitäisi olla mahdollista halutuille alueille. Lopullisessa laitevalinnassa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota erityisesti äänitasoihin ja heittokuvioihin.

Taulukossa 16 näkyy lämmitystehontarpeet. Maksimilämmitystehontarve on laitemitoituksen perusta. Peruskäytön tehontarve tarkoittaa sitä tehontarvetta, kun laskennassa oli mukana sisäiset kuormat ja aurinkokuorma ja laskenta tehtiin vajailla käyttöasteilla luvussa 6.2.2.

Taulukko 16. Lämmitystehontarpeet

Room	Group	Säteily- lämmitin, kpl	Maksimitehon- tarve tilaa kohti, W	Maksimitehon- tarve per lämmitin, W	Tehontarve peruskäyttö tilaa kohti, W	Tehontarve peruskäyttö per lämmitin, W
2.krs_3	Avotoimisto	3	2153	718	1527	509
2.krs_2	Avotoimisto	6	2765	461	1754	292
2.krs_5	Avotoimisto	5	2302	460	1430	286
2.krs_19	Avotoimisto	5	2615	523	2020	404
2.krs_11	Avotoimisto	12	6281	523	4298	358
2.krs_8	Käytävä	2	1087	544	790	395
2.krs_13	Käytävä	3	1477	492	1009	336
2.krs_7	Neuvottelu	3	1690	563	1179	393
2.krs_1	Neuvottelu	4	1822	456	1296	324
2.krs_15	Neuvottelu	3	1437	479	916	305
2.krs_20	Neuvottelu	3	1800	600	1279	426
2.krs_4	Taukotila	3	1548	516	944	315
2.krs_12	Taukotila	2	1099	550	643	321
2.krs_6	Toimisto	2	832	416	627	313
2.krs_9	Toimisto	3	1254	418	981	327
2.krs_18	Toimisto	4	1708	427	1259	315
2.krs_14	Toimisto	2	857	428	639	319

Taulukosta 16 nähdään, että lämpökuormien huomioon ottaminen pienentää lämmitystehontarvetta selvästi.

Taulukosta 17 nähdään tilaa kohti tarvittavat jäähdytystehontarpeet kesän maksimikuormalla, kesän vajaakuormilla sekä talvella.

Taulukko 17. Jäähdytystehontarpeet tilaa kohti

Room	Group	Palkkeja kpl	Tilan kok.ala, m <sup>2</sup>	Jaahd.palkeille ala m <sup>2</sup>	CSW:ille ala m <sup>2</sup>	Maksimi tehontarve tilaa kohti, W	Teho tilaa kohti vajaa-kuormalla kesällä, W	Teho tilaa kohti talvella, W
2.krs_3	Avotoimisto	3	80,9	33,4	47,5	3881	2710	1231
2.krs_2	Avotoimisto	6	148,8	61,3	87,5	5390	3277	1209
2.krs_5	Avotoimisto	5	124,1	51,2	72,9	6016	4237	2879
2.krs_19	Avotoimisto	5	75,9	37,6	38,3	3940	2764	762
2.krs_11	Avotoimisto	12	242,8	82,9	159,9	12250	8807	4413
2.krs_8	Käytävä	2	121,5	20,4	101,1	1044	1329	356
2.krs_13	Käytävä	3	168,5	18,2	150,3	2220	2296	882
2.krs_21	Käytävä		43,7	0,0	43,7	402	398	416
2.krs_7	Neuvottelu	3	32,1	32,1	0,0	2796	2230	1343
2.krs_1	Neuvottelu	4	40,9	40,9	0,0	2291	1645	447
2.krs_15	Neuvottelu	3	43,3	21,4	21,9	2553	1924	924
2.krs_20	Neuvottelu	3	40,1	18,2	21,9	2735	2281	751
2.krs_16	Neuvottelu	0	29,2	0,0	29,2	1314	841	1016
2.krs_4	Taukotila	3	30,7	30,7	0,0	3006	1705	998
2.krs_10	Taukotila	0	29,2	0,0	29,2	1544	534	504
2.krs_12	Taukotila	2	26,7	12,2	14,6	2251	1037	174
2.krs_6	Toimisto	2	20,5	20,5	0,0	1477	1185	707
2.krs_9	Toimisto	3	30,7	30,7	0,0	1252	831	66
2.krs_18	Toimisto	4	53,5	24,3	29,1	3257	2434	651
2.krs_14	Toimisto	2	28,9	14,3	14,6	1193	833	261
2.krs_17	Toimisto	0	29,2	0,0	29,2	968	549	531

Taulukosta 17 nähdään, että vajaille käyttöasteilla laskettuna jäähdytystehontarpeet ovat selvästi pienemmät kuin maksimitehontarpeet. Myös talvella tarvitaan jäähdytystä. Rakennuksen keskellä sijaitsevassa neuvotteluhuoneessa 16 talven jäähdytystehontarve on suurempi kuin kesän vajaakuormatilanteen. Talven ja kesän laskennat erosi toisistaan siinä, että talvella tuloilman sisäänpuhallus lämpötila oli korkeampi ja lämpötilan asetusrarvo alhaisempi kuin kesällä. Muuta selittävää tekijää sille, miksi talvella tarvitaan neuvotteluhuoneessa 16 enemmän jäähdytystehoa kuin kesällä, ei oikein löydy. Koska kyseinen neuvotteluhuone sijaitsee rakennuksen keskellä, ei sille tule lämpöhäviöitä kuten ulkovoikyöhykkeen tiloille. Myös toimisto 17 ja käytävä 21 sijaitsevat rakennuksen keskellä. Käytävällä 21 on jäähdytystehontarve talvella hieman suurempi kuin kesällä ja toimistossa 17 tarve on talvella hieman vähemmän kuin kesällä.

Seuraavan sivun taulukosta 18 nähdään jäähdytyspalkeille tulevat jäähdytystehontarpeet eri laskentatilanteissa ja taulukosta 19 nähdään CSW:ille tulevat jäähdytystehontarpeet.

Taulukko 18. Jäähdytystehontarpeet jäähdytyspalkeille

Room	Group	Palkkeja kpl	Maksimiteho per palkki, W	Maksimiteho per palkki, W/m2	Teho per palkki vajaakuormalla kesällä, W	Teho per palkki vajaakuormalla kesällä, W/m2	Teho per palkki talvella, W	Teho per palkki talvella, W/m2
2.krs_3	Avotoimisto	3	768	69	606	54	169	15
2.krs_2	Avotoimisto	6	414	41	272	27	83	8
2.krs_5	Avotoimisto	5	720	70	573	56	238	23
2.krs_19	Avotoimisto	5	533	71	408	54	75	10
2.krs_11	Avotoimisto	12	579	84	483	70	125	18
2.krs_8	Käytävä	2	88	9	203	20	30	3
2.krs_13	Käytävä	3	279	46	312	51	32	5
2.krs_21	Käytävä							
2.krs_7	Neuvottelu	3	932	87	743	70	448	42
2.krs_1	Neuvottelu	4	573	56	411	40	112	11
2.krs_15	Neuvottelu	3	522	73	431	60	152	21
2.krs_20	Neuvottelu	3	583	96	550	91	114	19
2.krs_16	Neuvottelu	0						
2.krs_4	Taukotila	3	1002	98	568	55	333	32
2.krs_10	Taukotila	0						
2.krs_12	Taukotila	2	741	122	385	63	40	7
2.krs_6	Toimisto	2	739	72	593	58	353	34
2.krs_9	Toimisto	3	417	41	277	27	22	2
2.krs_18	Toimisto	4	572	94	472	78	74	12
2.krs_14	Toimisto	2	354	50	279	39	65	9
2.krs_17	Toimisto	0						

Taulukko 19. Jäähdytystehontarpeet CSW:ille

Room	Group	CSW:t kpl	Maksimiteho per CSW, W	Maksimiteho per CSW, W/m2	Teho per CSW vajaakuormalla kesällä, W	Teho per CSW vajaakuormalla kesällä, W/m2	Teho per CSW talvella, W	Teho per CSW talvella, W/m2
2.krs_3	Avotoimisto	6	263	33	149	19	121	15
2.krs_2	Avotoimisto	12	242	33	137	19	59	8
2.krs_5	Avotoimisto	10	242	33	137	19	169	23
2.krs_19	Avotoimisto	5	255	33	144	19	77	10
2.krs_11	Avotoimisto	22	241	33	137	19	132	18
2.krs_8	Käytävä	14	62	9	66	9	21	3
2.krs_13	Käytävä	21	66	9	65	9	37	5
2.krs_21	Käytävä	6	67	9	66	9	69	10
2.krs_7	Neuvottelu	0	0	0	0	29	0	0
2.krs_1	Neuvottelu	0	0	0	0	29	0	0
2.krs_15	Neuvottelu	3	329	45	210	29	156	21
2.krs_20	Neuvottelu	3	329	45	210	29	137	19
2.krs_16	Neuvottelu	4	329	45	210	29	254	35
2.krs_4	Taukotila	0	0	0	0	18	0	0
2.krs_10	Taukotila	4	386	53	133	18	126	17
2.krs_12	Taukotila	2	385	53	133	18	47	7
2.krs_6	Toimisto	0	0	0	0	19	0	0
2.krs_9	Toimisto	0	0	0	0	19	0	0
2.krs_18	Toimisto	4	242	33	137	19	89	12
2.krs_14	Toimisto	2	242	33	137	19	66	9
2.krs_17	Toimisto	4	242	33	137	19	133	18

Talvililanteessa kuormat jaettiin tasan jäähdytyspalkeille ja CSW-päätelaitteille, aurinkokuormaa ei jaettu erikseen jäähdytyspalkeille.

## 7 Yhteenveto

Työssä kartoitettiin taloteknisesti muuntojoustavan toimistorakennuksen toteutuksen edellytyksiä ja asetettiin tavoitteet sisäilmasto-olosuhteille sekä määritettiin päätelaitteille tulevia vaatimuksia ilmamäärien, lämmitys- ja jäähdytystehontarpeiden sekä äänitasojen suhteen. Sisäilmasto-olosuhteiden tavoitteet määriteltiin sisäilmastoluokkien S1 ja S2 osalta. Talotekniikan muuntojoustavuus koski tilojen ilmanvaihtoa, lämmitystä sekä jäähdytystä.

Simuloinnit tehtiin S1-luokan tavoitteiden mukaan IDA ICE -ohjelmalla ja alustavina tuloksina saatiin päätelaitteille tulevia ilmamääriä sekä lämmitys- ja jäähdytystehontarpeita. Laskennat tehtiin IDA ICE:n lämmitys- ja jäähdytysoletuslaitteilla (*ideal cooler*, *ideal heater*). Ohjelmassa ei ole valmiina tässä työssä käytettävien esimerkkipäätelaitteiden tapaisia laitteita.

Toimistorakennuksen taloteknisen muuntojoustavuuden saavuttamiseksi voidaan yhteenvetona todeta, että muuntojoustavuuden saavuttamisen mahdollistajina ovat rakennuksen pohjan moduulijaottelu, rakentaminen avoimen rakentamisen periaatteen mukaan, älykkään talotekniikan käyttö sekä sellaisten päätelaitteiden käyttö, joilla on riittävän laajat säätöalueet.

Kun rakennuksen pohja on jaettu arkkitehtikuvissa tietyn kokoisiin moduuleihin ja talotekniikkalaitteet on sijoitettu moduulijaottelun mukaisesti, tulisi jatkossa tilamuutokset tehdä sovitun moduulijaottelun mukaan, jotta muuntojoustavuus voidaan saavuttaa talotekniikan osalta.

Avoimen rakentamisen periaatteen mukainen rakentaminen edesauttaa muuntojoustavuuden toteuttamista, koska siinä on jo lähtökohtana useamman toteuttamistavan mahdollistaminen.

Älykkääseen talotekniikkaan muuntojoustavuuden mahdollistajana sisältyy päätelaitteiden älykkäisyys ja väyläpohjaisen automaation käyttö. Silloin esimerkiksi päätelaitteiden



asetusarvomutokset voidaan tehdä ohjelmallisesti tilatyypin vaihtuessa ja oloarvoja voidaan seurata ja asetuservoja muuttaa etänä. Älykäs talotekniikka mahdollistaa myös sisäilmaluokan S1 mukaisen yksilöllisen tilojen olosuhteiden säädettävyyden.

Päätelaitteiden riittävän suuren säätöalueen tarve tulee esiin erityisesti ilmanvaihdossa. Ilmamäärän vaihtelu on muuntojoustavaksi ja tarpeenmukaiseksi tarkoitettussa ilmanvaihdossa suurta. Esimerkiksi neuvotteluhuoneissa voidaan tarvita ilmamääräksi 5,8 l/s neliötä kohti, jotta hiilidioksidipitoisuus saadaan pidettyä halutulla tasolla ja taukokuoneissa tulee täydellä kuormituksella päästä ilmamäärään 7,0 l/s, m<sup>2</sup>, mikäli halutaan S1-luokan mukaiset ilmamäärät. Tilojen tyhjänä ollessa, mikäli halutaan maksimoida tarpeenmukainen ilmanvaihto, tulee päätelaitteita olla mahdollista käyttää ilmapirralla 0,35 l/s, m<sup>2</sup>. Koska tarvittavat ilmamäärät ovat suuria ja ne vaihtelevat laajalla alueella, tulee päätelaitteiden valinnan kohdalla kiinnittää erityisesti huomiota myös määräysten mukaisten äänitasojen ja ilman nopeuksien saavuttamiseen sekä siihen, että heittokuviot pysyvät tarkoituksenmukaisina. Ulkovyöhykkeiden ikkunallisissa tiloissa oli tarkoitus käyttää jäähdytyspalkkeja. Jäähdytyspalkit rajoittavat muuntojoustavuuden ja tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutumista, koska niissä on yleensä jokin minimi-ilmamäärä (esim. 20 l/s per palkki) millä niitä kannattaa käyttää. Tämä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa ulkovyöhykkeille tulevia tiloja.

Täydellisen muuntojoustavuuden saavuttaminen kustannussyistä on melko haastavaa. Kuitenkin toimistorakennuksissa näyttäisi olevan tarvetta nopeaan tilojen käytön ja tilojen sijoittelun muuttamiseen esimerkiksi käyttäjien vaihtuessa. Nähtäväksi jää, missä määrin talotekniikkaa aletaan tulevaisuudessa suunnitella ja toteuttaa yhä enemmän muuntojoustavana ja tuleeko jossain vaiheessa täydellisestä taloteknisestä muuntojoustavuudesta jopa yleinen toteuttamistapa.

## Lähteet

- 1 Talotekniikan reititysohje. Modulaarinen installaatiotekniikka. RIL 239-2008. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 2 LVI 01-10424. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 Russell, P. ja Moffatt, S. 2001. Annex 31 Energy-Related Environmental Impact of Buildings. Assessing Buildings for Adaptability. Verkkodokumentti. <[http://www.iisbe.org/annex31/pdf/J\\_assessing\\_buildings.pdf](http://www.iisbe.org/annex31/pdf/J_assessing_buildings.pdf)>. Luettu 22.7.2013.
- 4 Leino, Matti. 2002. Muuntojoustavuus toimistorakennusten suunnittelussa ja sen yhteyksiä kiinteistön elinkaaritalouteen. Espoo: Otamedia Oy.
- 5 Seppänen, Olli (toim.). 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Talotekniikka-Julkaisut Oy
- 6 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. ST-käsikirja 21. 2006. Espoo: Sähkötieto ry.
- 7 Luoma, Juha. 1997. Muuttuva ihminen – muuttuva asunto. Suomen ympäristö 93. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 8 Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Espoo: Sisäilmayhdistys Ry.
- 9 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 10 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2011. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 11 LVI 05-10440. SISÄILMASTOLUOKITUS 2008. Korjattu versio 2009. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 12 SMEAR III -mittausaseman hiilidioksidipitoisuus. 2013. Helsinki, Kumpula. Online-verkkodokumentti. <<http://www.atm.helsinki.fi/SMEAR/index.php/2012-09-27-10-12-21>>. Atmospheric Aerosols/ SMEAR III (Helsinki, Kumpula)/Aerosol Particles, CO<sub>2</sub>- and H<sub>2</sub>O-concentrations. Luettu 26.8.2013.
- 13 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty painos. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.

- 14 Lindab. Kattolämmityksen opas. Verkkodokumentti.  
<<http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/Kattol%C3%A4mmitys.pdf>>. Luettu 19.8.2013.
- 15 Halton CSW pyörreilmavirtayksikkö. Version: 27.01.2012. Verkkodokumentti.  
<[http://www.halton.com/hit/pdf/fi/CSW\\_fi.pdf](http://www.halton.com/hit/pdf/fi/CSW_fi.pdf)>. Luettu 5.8.2013
- 16 Itkonen, Harri. 2013. Halton Oy. Sähköposti. Luettu 2.8.2013.
- 17 Mustakallio, P., Kosonen, R. ja Paavilainen, R. 2011. New hybrid solution for energy efficient cooling, heating and ventilation - chilled beams integrated with radiant panels. Rehva Journal - May 2011. Verkkodokumentti.  
<[http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2011/New\\_hybrid\\_solution\\_for\\_energy\\_efficient\\_cooling\\_heating\\_and\\_ventilation\\_-\\_chilled\\_beam\\_integrated\\_with\\_radiant\\_panels.pdf](http://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2011/New_hybrid_solution_for_energy_efficient_cooling_heating_and_ventilation_-_chilled_beam_integrated_with_radiant_panels.pdf)>. Luettu 22.9.2013.
- 18 Huonetilakohtaisen säädön esimerkkejä. ST-esimerkit 6. 2005. Espoo: Sähkötieto ry.
- 19 Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 20 IDA IndoorClimate and Energy 4.0. Manual version: 4.0. September, 2009. EQUA Simulation AB.
- 21 Monitilatoimisto. Ohjeita käyttöön ja suunnitteluun. Versio 3.9.2012. Verkkodokumentti. <<http://www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/toti/Sivut/default.aspx>>. Luettu 16.9.2013
- 22 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 23 Mustakallio, Panu. 2013. Sisäilma-asiantuntija. Halton Oy, Kausala. Keskustelu 13.9.2013. Sähköposti, luettu 18.9.2013.

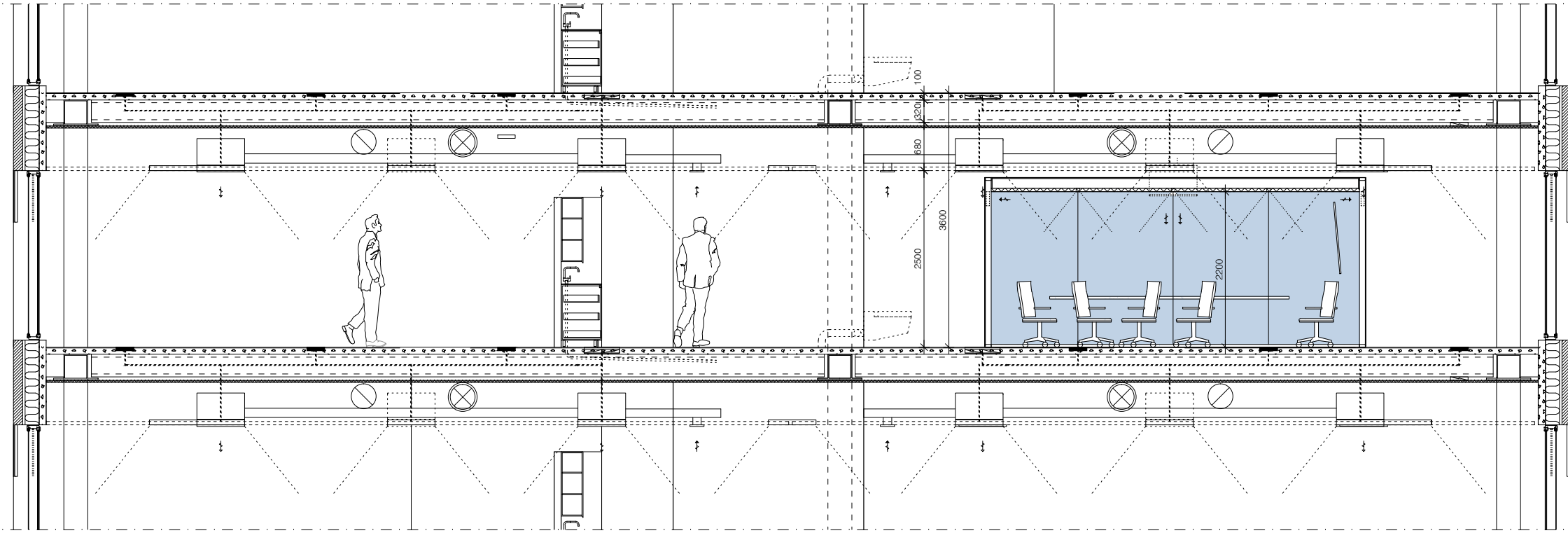
- SÄHKÖ / VALAISIMET:**
- Johtoreitit laatastossa
  - Ilmeeseen soveltuvat asennuskalusteet, voidaan tarvittaessa piilottaa alakatolla

- ALAKATTO:**
- Haluttaessa
  - Valitun tyylin mukaan

- AURINKOSUOJAUS:**
- Ikkunan ulkopuolella

- SÄLEKAIHDIN:**
- Ikkunan puitteiden välissä

- IKKUNAT:**
- Monitoimilasisus
  - Näkymät, valo
  - Alle 20% lattia-alasta



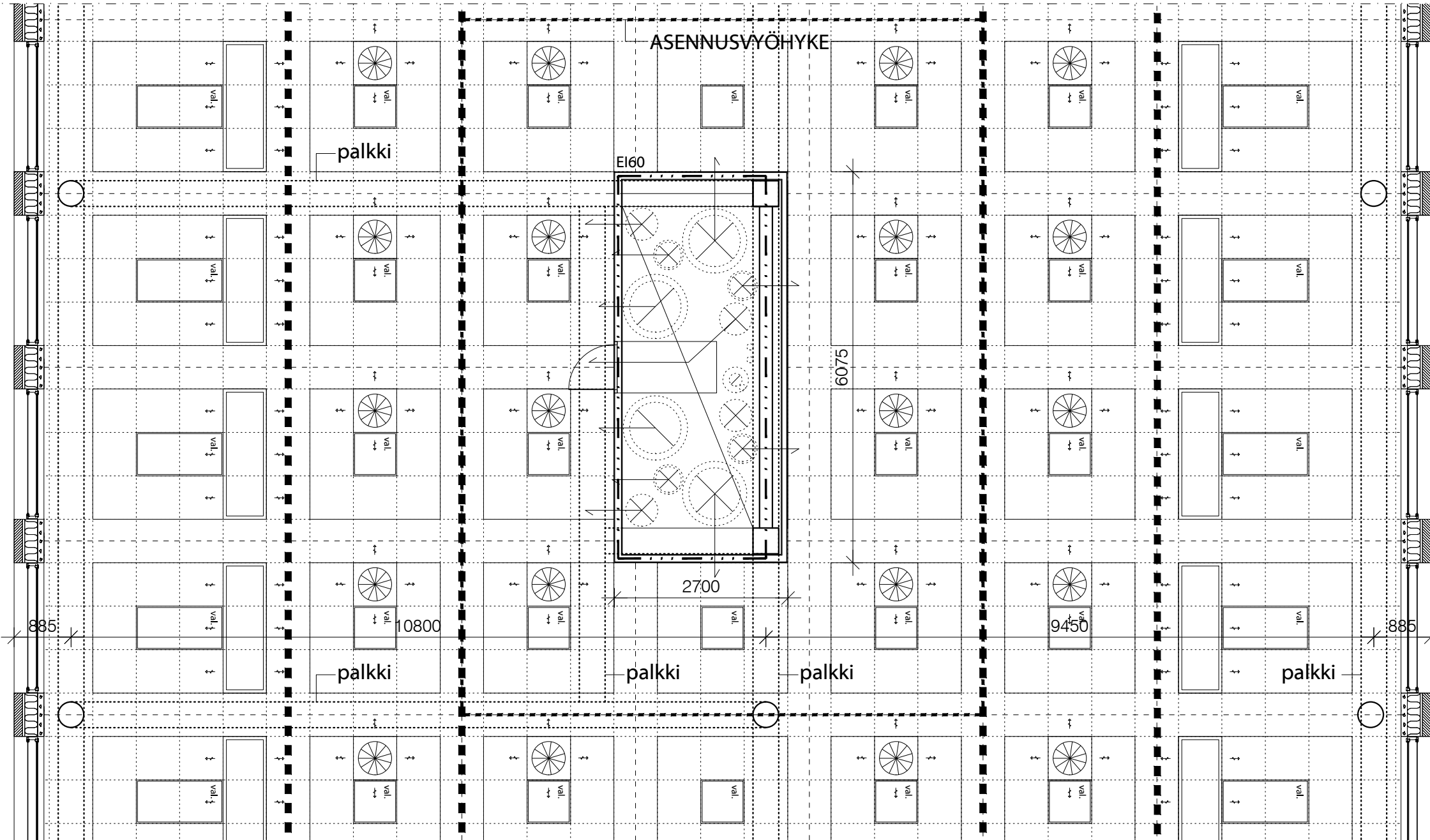
- SÄHKÖ, DATA:**
- Jakelu lattiakanaaleissa
  - Haaroitus onteloissa
  - Lattiarasointi c2700mm

- AKUSTOINTI:**
- Holvin alapinnassa
  - Tarvittaessa johtoreitti

- VALAISIMET:**
- Modulivalaisin
  - c-c 2700mm

- LÄMMITYS, JÄÄHDYTYK, IV:**
- Runkokanavat keskivyohtykeellä
  - Monitoimipäätelaitte
  - "Boksit": kytkettävissä esiasennettuun päätelaitteeseen

- "BOKSIT":**
- Elementoituja rakennusosia
  - Talotekniikka integroitu



Liite 2, sivu 1

Toimistorakennus Polttimo, Kalasatama Helsinki

Tilojen sisäilmaston olosuhdevaatimukset ja suunnitteluperusteet

23.8.2013

Vihreällä pohjalla olevat arvot Sisäilmastoluokitus 2008 mukaan.

Sinisellä pohjalla olevat arvot Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan.

Luokka S1	Ilmanvaihdon suunnitteluarvot								
Tila	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s, 2,7m x2,7 m (7,29 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 3,795mx2,7m (10,25 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 3,4mx2,7m (9,18 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 2,55mx2,7m (6,89 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 2,65mx2,7m (7,16 m <sup>2</sup> )	Minimi-ilmavirta, kun tilassa ei olla (dm <sup>3</sup> /s)/ m <sup>2</sup>
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	14	2,0	14,6	20,5	18,4	13,8	14,3	0,35
Neuvotteluhuone	3	12	4,0	29,2	41,0	36,7	27,5	28,6	0,35
Taukotila, kahvio	1,5	11	7,0	51,0	71,7	64,3	48,2	50,1	0,35
Käytävä			1,0	7,3	10,2	9,2	6,9	7,2	0,35

Luokka S2	Ilmanvaihdon suunnitteluarvot								
Tila	Lattia-ala m <sup>2</sup> /hlö	dm <sup>3</sup> /s per henkilö	dm <sup>3</sup> /s per neliö	dm <sup>3</sup> /s, 2,7m x2,7 m (7,29 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 3,795mx2,7m (10,25 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 3,4mx2,7m (9,18 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 2,55mx2,7m (6,89 m <sup>2</sup> )	dm <sup>3</sup> /s, 2,65mx2,7m (7,16 m <sup>2</sup> )	Minimi-ilmavirta, kun tilassa ei olla (dm <sup>3</sup> /s)/ m <sup>2</sup>
Toimitila, suuri tilatehokkuus	8	11	1,5	10,9	15,4	13,8	10,3	10,7	0,35
Neuvotteluhuone	3	9	4,0	29,2	41,0	36,7	27,5	28,6	0,35
Taukotila, kahvio	1,5	8	5,0	36,5	51,2	45,9	34,4	35,8	0,35
Käytävä			0,5	3,6	5,1	4,6	3,4	3,6	0,35

Luokka S1	Lämpöolosuhteiden tavoitearvot								Lämmitys- ja jäähdytysjärj. suunnitteluarvot											
	Lämpötilan suunnitteluarvot [°C]		Operatiivinen lämpötila top [°C] 1)			Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	Op. Lämpötilan enimmäisarvo [°C]	Op. Lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]	Jäähd.järj. suunnitteluarvo [°C]	Lämm.järj. suunnitteluarvo [°C]	Ilman nopeus, tilma=21°C [m/s]	Ilman nopeus, tilma=23°C [m/s]	Ilman nopeus, tilma=25°C [m/s]	Pystysuunt. lämpötilaero [°C]	Lattian pintalämpötila vähintään [°C]	Lattian pintalämpötila enintään (lattialämmitys) [°C]	Ilman suht. kosteus, talvi [%]	Lämpötilan tilakoht. säädettävyyden [°C]	
	Kesä	Lämmitys-kausi	tu ≤ 10 °C	10 < tu ≤ 20 °C	tu > 20 °C														talvi	kesä
Tila																				
Toimitila, suuri tilatehokkuus			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5	±0,5	top+1,5	20	95 %	25	21,5	<0,14	<0,16	<0,20	2	19	29	>25	20..23	23..25
Neuvotteluhuone			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5	±0,5	top+1,5	20	95 %	25	21,5	<0,14	<0,16	<0,20	2	19	29	>25	20..23	23..25
Taukotila, kahvio			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5		-	20		25	21,5								-	-
Käytävä			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5		-	20		25	21,5								-	-

1) S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä top±1,5 °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

tu=ulkoilman 24 tunnin liukuva keskiarvo lähimmällä säähavaintopaikalla.

Luokka S2	Lämpöolosuhteiden tavoitearvot								Lämmitys- ja jäähdytysjärj. suunnitteluarvot											
	Lämpötilan suunnitteluarvot [°C]		Operatiivinen lämpötila top [°C]			Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	Op. Lämpötilan enimmäisarvo [°C]	Op. Lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]	Jäähd.järj. suunnitteluarvo [°C]	Lämm.järj. suunnitteluarvo [°C]	Ilman nopeus, tilma=21°C [m/s]	Ilman nopeus, tilma=23°C [m/s]	Ilman nopeus, tilma=25°C [m/s]	Pystysuunt. lämpötilaero [°C]	Lattian pintalämpötila vähintään [°C]	Lattian pintalämpötila enintään (lattialämmitys) [°C]	Ilman suht. kosteus, talvi [%]	Lämpötilan tilakoht. säädettävyyden [°C]	
	Kesä	Lämmitys-kausi	tu ≤ 10 °C	10 < tu ≤ 20 °C	tu > 20 °C														talvi	kesä
Tila																				
Toimitila, suuri tilatehokkuus			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5	±1,0	tu ≤ 10 °C: top+1,5 10 < tu ≤ 20 °C: 23+0,4x(tu-10) tu > 20 °C: 27	20	90 %	25	21,5	<0,17	<0,20	<0,25	3	19	29	-	-	-
Neuvotteluhuone			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5	±1,0		20	90 %	25	21,5	<0,17	<0,20	<0,25	3	19	29	-	-	-
Taukotila, kahvio			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5			20		25	21,5								-	-
Käytävä			21,5	21,5+0,3x(tu-10)	24,5			20		25	21,5								-	-

tu=ulkoilman 24 tunnin liukuva keskiarvo lähimmällä säähavaintopaikalla.

Liite 2, sivu 3

Toimistorakennus Polttimo, Kalasatama Helsinki

Tilojen sisäilmaston olosuhdevaatimukset ja suunnitteluperusteet

23.8.2013

Luokka S1	Ilman laadun tavoitearvot		LVIS-laitteiden äänitasot 2)	
	Hiilidioksidi- pitoisuus [ppm]	Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]	LA,eq,T [dB]	LA,max. [dB]
Tila				
Toimitila, suuri tilatehokkuus	<750	95 %	33	38
Neuvotteluhuone	<750	95 %	33	38
Taukotila, kahvio			38	43
Käytävä			38	43

LA,eq,T = A-taajuuspainotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso).

LA,max.=enimmäisäänitaso huoneessa

2) Jos käyttäjä voi tehostaa ilmanvaihtoa, saa äänitason ohjearvo ylittyä + 10 dB tehostuksen aikana.

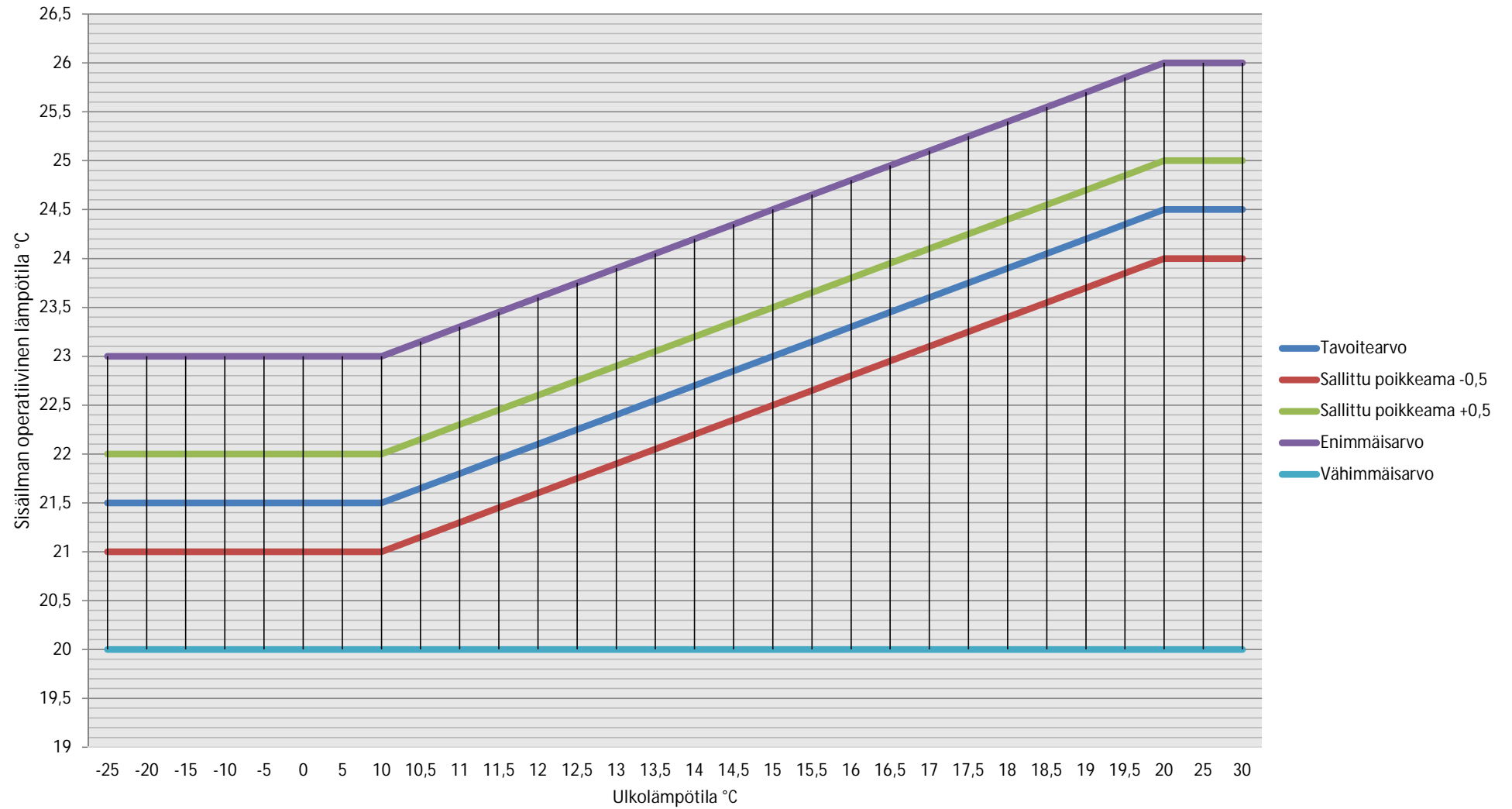
Luokka S2	Ilman laadun tavoitearvot		LVIS-laitteiden äänitasot 2)	
	Hiilidioksidi- pitoisuus [ppm]	Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]	LA,eq,T [dB]	LA,max. [dB]
Tila				
Toimitila, suuri tilatehokkuus	<900	90 %	33	38
Neuvotteluhuone	<900	90 %	33	38
Taukotila, kahvio			38	43
Käytävä			38	43

LA,eq = A-taajuuspainotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso).

LA,max.=enimmäisäänitaso huoneessa

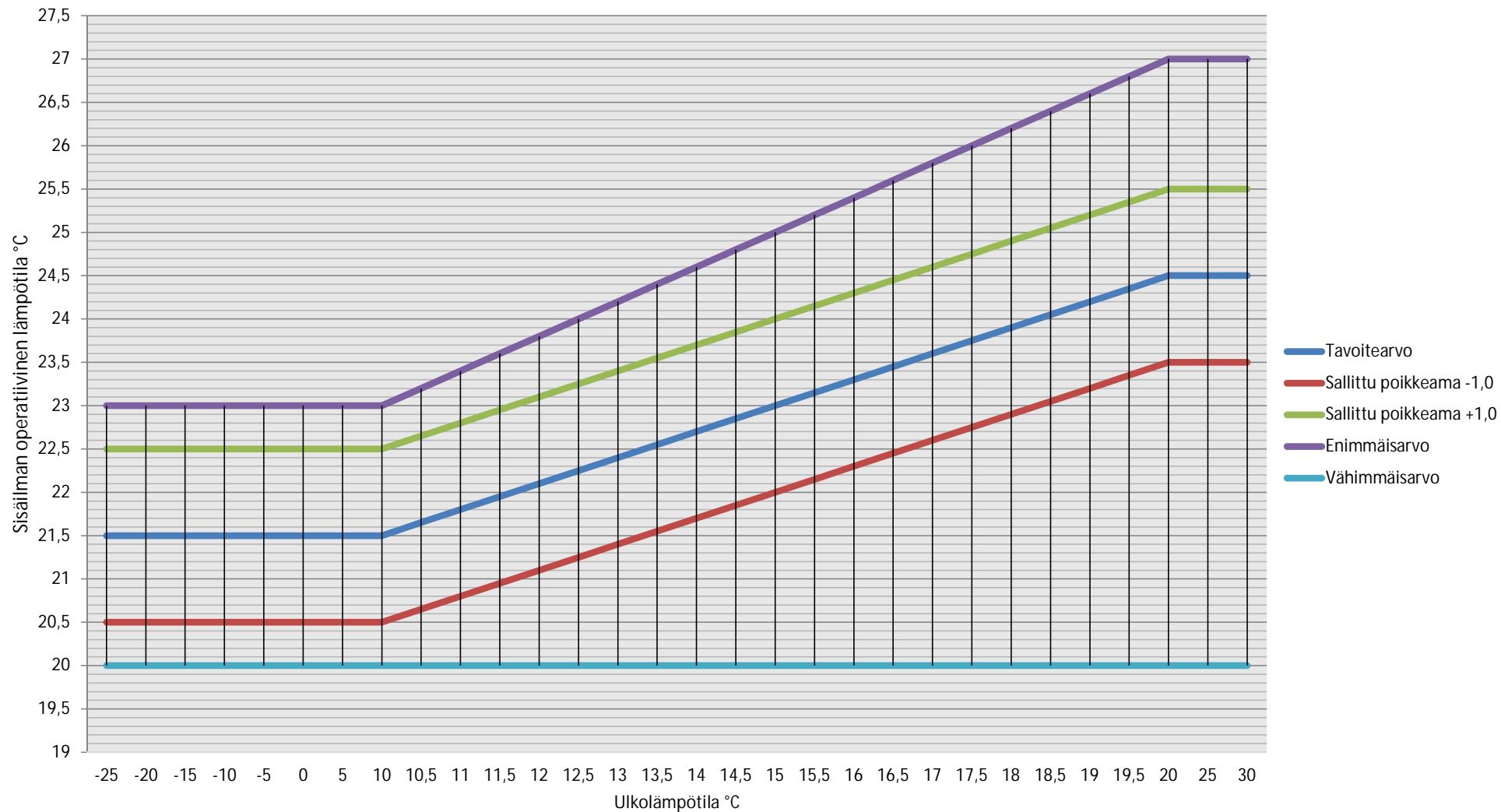
2) Jos käyttäjä voi tehostaa ilmanvaihtoa, saa äänitason ohjearvo ylittyä + 10 dB tehostuksen aikana.

### S1-luokan lämpöolosuhteet





### S2-luokan lämpöolosuhteet



## Liite 4

Polttimo, maksimi jäähdytystehontarve ja ilmamaarat S1, 20.9.2013

Laskenta-aika heinäkuu 2012

Room	Group	Room multiplier, M	Min temp, DegC	Max temp, DegC	Min op temp, DegC	Max op temp, DegC	Max heat supplied, W/m2	Room unit heat, W/m2	Max heat removed, W/m2	Room unit cool, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Max sup airflow, l/(s.m2)	Max rtn airflow, l/(s.m2)	Max solar gain, W/m2	Min rel hum, %	Max rel hum, %	Max CO2, ppm(vol)	Max PPD, %	Max age of air, h	Occupancy, h	h of T_op>25, h	h of T_op>27, h	Occ. hours, h	PDH, h	Olosuhteiden pysyvyys %	
2.krs_3	Avotoimisto	1	22,04	23,78	22,5	24,9	0	0	55,35	32,35	15,61	2,0	2,0	25,51	28,59	64,27	741,6	9,147	2,563	242	0	0	2448	182,2	100,0	
2.krs_2	Avotoimisto	1	21,96	24,09	22,4	24,9	0,03008	0	44,39	18,82	17,41	2,1	2,1	6,252	28,55	63,04	741,5	9,56	3,507	242	0	0	4500	362,1	100,0	
2.krs_5	Avotoimisto	1	22,42	23,81	22,9	25,0	0	0	56,55	32,05	16,43	2,1	2,1	27,6	29	63,72	741,5	9,475	3,51	242	0	0	3753	289,5	100,0	
2.krs_19	Avotoimisto	1	22,04	23,65	22,4	24,9	0	0	60,15	36,55	15,34	2,0	2,0	41,1	28,64	64,56	736,8	9,361	2,351	242	0	0	2296	165,6	100,0	
2.krs_11	Avotoimisto	1	22,15	23,59	22,6	24,9	0	0	58,57	35,26	15,2	2,0	2,0	30,26	29,19	64,28	748	9,351	2,937	242	0	0	7343	561,5	100,0	
2.krs_8	Kaytava	1	21,98	24,45			0,2661	0	10,97	0	8,593	1,0	1,0	2,236	29,05	63,26	420,3		6,917	0	0	0	0	0		
2.krs_13	Kaytava	1	23,45	24,59			0,1606	0	14,74	4,358	8,819	1,0	1,0	10,81	27,39	58,17	420		7,21	0	0	0	0	0		
2.krs_21	Kaytava	1	22,8	24,5			0,0446	0	10,97	0,4609	8,72	1,0	1,0	0	27,93	59,97	420		11,89	0	0	0	0	0		
2.krs_7	Neuvottelu	1	20,58	23,62	21,0	25,0	0	0	106,4	45,28	41,91	5,5	5,5	63,05	27,67	70,16	742,4	9,679	1,19	198	0,9067	0	0	2115	153,4	99,5
2.krs_1	Neuvottelu	1	20,47	24,11	20,9	25,0	0,853	0	76,49	10,45	45,6	5,5	5,5	28,77	27,84	69,71	748,7	9,459	1,378	198	0	0	2697	197,1	100,0	
2.krs_15	Neuvottelu	1	20,93	24,14	21,4	25,0	0	0	74,24	12,5	46,41	5,6	5,5	39,19	26,93	68,74	746,7	9,62	1,523	198	1,187	0	0	2857	210,1	99,4
2.krs_20	Neuvottelu	1	20,74	23,84	21,2	25,0	1,527	0	86,46	23,57	44,64	5,6	5,6	43,47	27,24	69,88	740	10,25	1,257	198	0	0	2645	204,6	100,0	
2.krs_16	Neuvottelu	1	20,88	23,67	21,3	24,4	0,9376	0	65,6	0	45,06	5,8	5,7	0	29,6	69,85	744,8	7,65	2,055	198	0	0	1923	119,8	100,0	
2.krs_4	Taukotila	1	21	23,32	21,5	25,0	0,01071	0	138,5	47,01	50,78	7,0	6,9	65,71	28,16	71,91	941,3	10,03	1,175	242	0,2763	0	0	4957	379	99,9
2.krs_10	Taukotila	1	20,53	23,52	21,0	24,6	1,6	0	95,3	0	52,95	7,0	6,9	0	29,18	73,14	958,9	8,619	1,703	242	0	0	4703	326,1	100,0	
2.krs_12	Taukotila	1	21,37	23,53	22,0	25,0	0	0	119,9	30,95	53,27	7,0	6,9	44,82	27,73	70,2	945,4	10,64	1,267	242	0	0	4311	354,1	100,0	
2.krs_6	Toimisto	1	21,88	23,37	22,2	24,9	0	0	78,92	57,3	14,81	2,0	2,0	65,93	28,95	64,83	736,1	9,476	2,319	242	0	0	619,6	43,89	100,0	
2.krs_9	Toimisto	1	21,38	24,16	21,7	25,0	0,1176	0	47,65	24,17	16,67	2,0	2,0	13,73	27,73	64,22	736,1	9,607	2,315	242	0	0	927,4	72,16	100,0	
2.krs_18	Toimisto	1	22,18	23,64	22,6	24,9	0	0	63,24	45,44	15,48	2,0	2,0	44,65	28,86	63,21	740,9	9,686	2,718	242	0	0	1617	123,8	100,0	
2.krs_14	Toimisto	1	22,35	24,07	22,7	25,0	0	0	48,36	24,8	16,49	2,0	2,0	51,02	28,07	62,9	746,1	9,307	2,819	242	0	0	873,7	68,53	100,0	
2.krs_17	Toimisto	1	21,78	24,03	22,1	24,6	0,2877	0	41,12	15,04	18,16	2,2	2,2	0	28,47	62,51	741	8,569	5,414	242	0	0	881,9	65,41	100,0	
TOTAL																								51467,6	3878,89	

## Cooling design

Room	Group	Tilan kok.ala, m2	Jaahd.palkkeille ala m2	CSW:ille ala m2	Heat removed, W	Room unit cool, W	Dry vent cool, W	Auringos-ta/ikkunoista, W	Kuormaa jää, W	Kuormaa jää, W/m2	Tehontarve palkkialueelle yht. W	Tehontarve CSW-alueelle yht. W	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m2	Teho per CSW, W/m2	Temp., DegC	Op. temp., DegC	Sup airflow, l/s	Sup airtemp, DegC	Ret airflow, l/s	Other sup airflow, l/s	Other sup airtemp, DegC	Rel hum, %	PPD, %
2.krs_3	Avotoimisto	80,9	33,4	47,5	4479	2618	1263	1195	2686	33,2	2304	1577	3	6	768	263	69	33	23,6	24,85	162,1	17,22	-158,2	15,89	25,67	46,38	8,19
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,3	87,5	6605	2800	2590	450	4940	33,2	2486	2904	6	12	414	242	41	33	24	24,89	312,4	17,21	-304,5	14,31	28,69	52,64	8,915
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,2	72,9	7018	3977	2039	1900	4116	33,2	3599	2417	5	10	720	242	70	33	23,6	24,96	260,9	17,22	-254,8	11,93	25,67	46,35	8,529
2.krs_19	Avotoimisto	75,9	37,6	38,3	4567	2775	1165	1420	2520	33,2	2667	1273	5	5	533	255	71	33	23,51	24,92	152,2	17,22	-148,5	17,26	25,67	46,68	8,432
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,9	159,9	14220	8560	3690	4200	8050	33,2	6947	5303	12	22	579	241	84	33	23,42	24,94	485,4	17,22	-474,2	37,05	23,31	53,73	9,103
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,4	101,1	1333	0	1044	0	1044	8,6	176	868	2	14	88	62	9	9	24,15		121,5	17,21	-118,4	6,49	28,69	48,84	
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,2	150,3	2484	734,4	1486	670	1550	9,2	838	1382	3	21	279	66	46	9	24,5		168,3	17,21	-163,9	8,128	28,13	50,36	
2.krs_21	Kaytava	43,7	0,0	43,7		20,16	381,4	0	402	9,2	0	402	0	6	0	67	0	9	24,15		43,71	17,22	-42,64	0		49,02	
2.krs_7	Neuvottelu	32,1	32,1	0,0	3412	1452	1344	2796	0	0,0	2796	0	3	0	932	0	87	0	23,5	25	176,1	17,22	-172	11,06	28,37	56,03	9,568
2.krs_1	Neuvottelu	40,9	40,9	0,0	3127	427	1864	2291	0	0,0	2291	0	4	0	573	0	56	0	24,1	24,97	225,3	17,22	-219,7	9,537	19,47	41,53	8,206
2.krs_15	Neuvottelu	43,3	21,4	21,9	3217	541,5	2011	600	1953	45,1	1566	986	3	3	522	329	73	45	24,1	24,97	243,2	17,22	-237	7,155	19,47	41,51	8,219
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,2	21,9	3467	945,3	1790	925	1810	45,1	1748	988	3	3	583	329	96	45	23,81	24,96	224,6	17,21	-219,2	11,52	19,27	49,55	8,861
2.krs_16	Neuvottelu	29,2	0,0	29,2	1913	0,00	1314	0	1314	45,1	0	1314	0	4	0	329	0	45	23,41	24,06	169,6	17,21	-165,7	0	40,24	5,99	
2.krs_4	Taukotila	30,7	30,7	0,0	4257	1445	1561	3006	0	0,0	3006	0	3	0	1002	0	98	0	23,22	24,99	214,8	17,22	-209,8	7,155	19,74	61,9	10,03
2.krs_10	Taukotila	29,2	0,0	29,2	2779	0,00	1544	0	1544	52,9	0	1544	0	4	0	386	0	53	23,52	24,59	203,9	17,21	-198,9	0		58,75	8,394
2.krs_12	Taukotila	26,7	12,2	14,6	3206	827,3	1424	838	1413	52,9	1481	770	2	2	741	385	122	53	23,5	24,94	187,1	17,21	-182,6	4,77	19,27	54,81	9,223
2.krs_6	Toimisto	20,5	20,5	0,0	1617	1174	303,4	1477	0	0,0	1477	0	2	0	739	0	72	0	23,3	24,9	41,04	17,22	-40,1	4,77	25,67	47,49	8,4
2.krs_9	Toimisto	30,7	30,7	0,0	1461	741,2	511,2	1252	0	0,0	1252	0	3	0	417	0	41	0	24,1	24,97	61,41	17,22	-59,86	7,155	25,67	44,73	8,5
2.krs_18	Toimisto	53,5	24,3	29,1	3381	2429	827,5	1480	1777	33,2	2289	968	4	4	572	242	94	33	23,5	24,91	106,9	17,21	-104,4	10,71	19,84	51,38	8,8
2.krs_14	Toimisto	28,9	14,3	14,6	1397	716,4	476,3	234	959	33,2	708	484	2	2	354	242	50	33	24	24,92	57,7	17,21	-56,25	4,77	28,2	55,27	9,288
2.krs_17	Toimisto	29,2	0,0	29,2	1199	438,5	529,6	0	968	33,2	0	968	0	4	0	242	0	33	24	24,64	64,07	17,21	-62,49	0		53,09	8,163
TOTAL					75139	32601,6	28777														3638,52		-3550,5	189,66			

Liite 5

Polttimo, kesäajan jäähdytystehontarpeet ja ilmamäärät vajailla käyttöasteilla S1, 25.9.2013

Laskenta-aika 1.6.2012-31.8.2012

Room	Group	Min temp, DegC	Max temp, DegC	Min op temp, DegC	Max op temp, DegC	Max heat supplied, W/m2	Room unit heat, W/m2	Max heat removed, W/m2	Room unit cool, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Max sup airflow, l/(s.m2)	Max rtn airflow, l/(s.m2)	Max solar gain, W/m2	Min rel hum, %	Max rel hum, %	Max CO2, ppm(vol)	Max PPD, %	Max age of air, h	Occupancy, h	h of T_op>25, h	h of T_op>27, h	Occ. hours, h	PDH, h	
2.krs_3	Avotoimisto	21,2	23,4	21,6	24,4	0,0	0,0	36,9	25,5	8,0	1,1	1,1	30,5	23,8	65,9	719,9	6,9	4,0	633,8	0,0	0,0	4041,0	236,5	
2.krs_2	Avotoimisto	21,3	23,8	21,6	24,4	0,6	0,0	26,6	13,5	8,5	1,1	1,1	7,7	23,6	63,5	744,9	7,1	7,2	633,8	0,0	0,0	7427,0	457,5	
2.krs_5	Avotoimisto	22,0	23,2	22,3	24,3	0,0	0,0	37,6	26,4	7,7	1,1	1,1	33,0	24,3	64,9	744,9	6,7	7,3	633,8	0,0	0,0	6194,0	358,1	
2.krs_19	Avotoimisto	20,1	23,2	20,5	24,3	0,0	0,0	42,0	28,7	7,7	1,1	1,1	40,6	23,8	67,4	712,7	6,8	3,5	633,8	0,0	0,0	3790,0	213,4	
2.krs_11	Avotoimisto	21,2	23,1	21,6	24,3	0,0	0,0	40,4	28,7	7,6	1,1	1,1	34,7	24,2	65,5	730,2	6,8	5,0	633,8	0,0	0,0	12119,0	704,9	
2.krs_8	Kaytava	22,0	24,5			0,5	0,0	11,2	2,4	8,6	1,0	1,0	2,5	23,3	60,5	420,0		7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2.krs_13	Kaytava	22,9	24,6			0,3	0,0	15,1	5,0	8,7	1,0	1,0	9,9	21,7	59,1	420,0		7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2.krs_21	Kaytava	23,1	24,5			0,6	0,0	11,0	0,6	8,5	1,0	1,0	0,0	22,2	58,4	420,0		12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2.krs_7	Neuvottelu	19,9	23,1	20,4	24,6	0,0	0,0	79,9	48,3	21,2	3,1	3,1	75,5	23,5	68,7	746,6	7,4	2,4	526,1	0,0	0,0	3810,0	222,3	
2.krs_1	Neuvottelu	19,4	24,0	19,7	24,8	1,3	0,0	50,7	14,6	25,6	3,2	3,2	32,4	23,2	69,1	750,1	8,1	3,4	526,1	0,0	0,0	4858,0	307,5	
2.krs_15	Neuvottelu	20,6	23,6	20,9	24,5	0,4	0,0	51,1	19,9	24,5	3,3	3,3	45,5	22,8	67,3	746,3	7,0	4,6	526,1	0,0	0,0	5146,0	301,9	
2.krs_20	Neuvottelu	19,5	23,5	20,0	24,6	0,6	0,0	63,3	33,4	23,5	3,2	3,2	39,9	23,8	69,3	750,1	7,8	2,8	526,1	0,0	0,0	4765,0	291,9	
2.krs_16	Neuvottelu	21,9	23,8	22,4	24,3	0,7	0,0	42,2	1,7	27,2	3,5	3,5	0,0	23,1	66,8	743,1	7,0	25,7	526,1	0,0	0,0	3464,0	206,0	
2.krs_4	Taukotila	20,3	23,4	20,7	24,8	0,0	0,0	61,6	35,3	20,2	2,8	2,8	78,7	23,2	68,8	750,0		3,4	0,0	0,0	0,0	3719,0	218,3	
2.krs_10	Taukotila	22,1	23,3	22,5	23,4	0,5	0,0	29,3	0,0	18,3	2,8	2,8	0,0	27,9	69,7	750,1		28,3	0,0	0,0	0,0	3529,0	181,4	
2.krs_12	Taukotila	20,9	23,8	21,3	24,8	0,4	0,0	46,4	17,0	21,8	2,8	2,8	41,1	23,2	68,1	750,0		4,3	0,0	0,0	0,0	3235,0	201,4	
2.krs_6	Toimisto	20,8	23,0	21,2	24,5	0,0	0,0	60,4	50,3	7,5	1,1	1,1	78,9	23,9	66,1	711,5	7,3	3,4	633,8	0,0	0,0	1023,0	58,9	
2.krs_9	Toimisto	19,6	23,7	20,0	24,4	0,8	0,0	30,3	18,7	8,4	1,1	1,1	15,7	23,5	68,7	750,0	7,1	3,4	633,8	0,0	0,0	1531,0	90,2	
2.krs_18	Toimisto	21,1	23,1	21,4	24,3	0,0	0,0	45,9	37,9	7,6	1,1	1,1	40,9	24,1	66,1	717,0	6,9	4,3	633,8	0,0	0,0	2669,0	154,1	
2.krs_14	Toimisto	21,1	23,6	21,4	24,6	0,0	0,0	30,7	20,5	8,3	1,1	1,1	48,9	23,2	64,9	727,1	6,9	4,6	633,8	0,0	0,0	1442,0	86,3	
2.krs_17	Toimisto	23,0	23,9	23,3	24,3	0,5	0,0	23,1	9,3	9,5	1,2	1,2	0,0	23,5	62,1	744,0	7,1	24,4	633,8	0,0	0,0	1456,0	91,9	
TOTAL																							74218,0	4382,4

Cooling design

Room	Group	Tilan kok.ala, m2	Jaahd.palkeille ala m2	CSW:ille ala m2	Heat removed, W	Room unit cool, W	Dry vent cool, W	Aurinko-kuormaksi palkeille, W	Kuormaa jää, W	Kuormaa jää, W/m2	Tehontarve palkkialueelle yht. W	Tehontarve CSW-alueelle yht. W	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m2	Teho per CSW, W/m2	Temp., DegC	Op. temp., DegC	Sup airflow, l/s	Sup airtemp, DegC	Ret airflow, l/s	Other sup airflow, l/s	Other sup airtemp, DegC	Rel hum, %	PPD, %	
2.krs_3	Avotoimisto	80,92	33,396	47,524	2983	2066	643,5	1190	1520	18,8	1817	892	3	6	606	149	54	19	23,32	24,3	88,91	17,37	-86,9	15,89	24,14	54,11	6,6	
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,317	87,483	3964	2011	1266	480	2797	18,8	1633	1644	6	12	272	137	27	19	23,7	24,4	163,6	17,37	-159,6	14,31	28,79	53,92	6,8	
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,233	72,867	4664	3278	958,8	1900	2337	18,8	2865	1372	5	10	573	137	56	19	23,1	24,2	136,6	17,37	-133,7	11,93	25,65	47,91	6,2	
2.krs_19	Avotoimisto	75,93	37,587	38,343	3187	2180	583,8	1335	1429	18,8	2042	722	5	5	408	144	54	19	23,1	24,3	83,88	17,36	-82,12	17,26	19,54	36,03	5,9	
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,858	159,942	9799	6960	1847	4240	4567	18,8	5799	3008	12	22	483	137	70	19	23,02	24,3	266,9	17,37	-261,1	37,05	24,14	55,25	6,6	
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,439	101,061	1358	286,1	1043	220	1109	9,1	407	923	2	14	203	66	20	9	24,37		121,4	17,37	-118,4	6,49	28,56	49,03		
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,249	150,251	2542	837,9	1458	770	1526	9,1	935	1361	3	21	312	65	51	9	24,5		168,2	17,37	-163,9	8,128	28,12	50,68		
2.krs_21	Kaytava	43,74	0	43,74	482,2	26,13	371,7	0	398	9,1	0	398	0	6	0	66	0	9	24,18		43,69	17,37	-42,63	0		48,82		
2.krs_7	Neuvottelu	32,07	32,07	0	2561	1549	680,8	1305	925	28,8	2230	0	3	0	743	0	70	29	23	24,5	99,48	17,37	-97,38	11,84	25,4	47,61	6,8	
2.krs_1	Neuvottelu	40,88	40,88	0	2073	596,5	1048	468	1177	28,8	1645	0	4	0	411	0	40	29	24	24,8	130,7	17,37	-127,5	9,537	28,79	51,14	7,5	
2.krs_15	Neuvottelu	43,33	21,441	21,889	2214	861,4	1063	675	1249	28,8	1293	631	3	3	431	210	60	29	23,5	24,3	143,4	17,37	-140,2	7,155	19,26	38,27	6,0	
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,225	21,875	2538	1338	942,5	1125	1156	28,8	1650	630	3	3	550	210	91	29	23,4	24,6	128,3	17,37	-125,4	11,52	23,87	49,95	7,0	
2.krs_16	Neuvottelu	29,16	0	29,16	1231	48,75	792,1	0	841	28,8	0	841	0	4	0	210	0	29	23,8	24,3	102,4	17,37	-99,98	0		37,35	6,0	
2.krs_4	Taukotila	30,74	30,74	0	1894	1085	619,7	1142	563	18,3	1705	0	3	0	568	0	55	18	23,3	24,7	85,89	17,37	-83,96	7,155	28,28	58,03		
2.krs_10	Taukotila	29,16	0	29,16	855,3	0	533,9	0	534	18,3	0	534	0	4	0	133	0	18	22,63	23,1	82,87	17,37	-81,28	0		43,76		
2.krs_12	Taukotila	26,73	12,166	14,564	1239	453,9	583,1	548	489	18,3	771	266	2	2	385	133	63	18	23,8	24,8	74,79	17,36	-73,01	4,77	20,1	51,33		
2.krs_6	Toimisto	20,49	20,49	0	1237	1031	154,4	800	385	18,8	1185	0	2	0	593	0	58	19	23	24,5	22,56	17,37	-22,09	4,77	25,5	47,19	6,6	
2.krs_9	Toimisto	30,66	30,66	0	929,7	572,5	258,9	255	576	18,8	831	0	3	0	277	0	27	19	23,7	24,4	33,71	17,37	-32,89	7,155	28,79	54,38	6,8	
2.krs_18	Toimisto	53,46	24,332	29,128	2454	2028	406,2	1430	1004	18,8	1887	547	4	4	472	137	78	19	23	24,3	58,77	17,36	-57,53	11,23	19,89	53,49	6,6	
2.krs_14	Toimisto	28,89	14,294	14,596	885,7	592,7	240,7	290	543	18,8	559	275	2	2	279	137	39	19	23,6	24,3	31,76	17,37	-31	4,77	28,79	54,43	6,7	
2.krs_17	Toimisto	29,16	0	29,16	674,6	271,3	277,8	0	549	18,8	0	549	0	4	0	137	0	19	23,9	24,3	34,95	17,37	-34,1	0		53,67	6,7	
TOTAL					49765,5	28073,18	15772,9															2102,76		-2054,67	190,96			

## Liite 6

Polttimo, talvikauden jäähdytys- ja lämmitystehontarpeet vajailla käyttöasteilla, lämpökuormat mukana laskennassa, S1, 27.9.2013

Laskenta-aika 1.1.2012-29.2.2012

Room	Group	Min temp, DegC	Max temp, DegC	Min op temp, DegC	Max op temp, DegC	Max heat supplied, W/m2	Room unit heat, W/m2	Max heat removed, W/m2	Room unit cool, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Max sup airflow, l/(s.m2)	Max rtn airflow, l/(s.m2)	Max solar gain, W/m2	Min rel hum, %	Max rel hum, %	Max CO2, ppm(vol)	Max PPD, %	Max age of air, h	In use, h	h of T_op>25, h	h of T_op>27, h	Occ. hours, h	PDH, h
2.krs_3	Avotoimisto	20,3	22,4	20,6	23	9,226	18,9	25,57	12,7	2,6	1,1	1,1	24,22	3,37	32,26	720,1	7,9	3,171	480,6	0	0	2632	150,6
2.krs_2	Avotoimisto	20,5	22,9	20,7	23	7,218	11,8	13,8	4,9	3,2	1,1	1,1	2,882	3,526	31,72	745,2	7,7	4,956	480,6	0	0	4838	259
2.krs_5	Avotoimisto	20,5	22	20,6	22,9	6,766	11,5	30,11	21,1	2,1	1,1	1,1	26,23	3,553	33,54	745,2	7,9	4,959	480,6	0	0	4034	224,1
2.krs_19	Avotoimisto	20,6	22,5	20,7	23	15,37	26,6	20,33	7,3	2,7	1,1	1,1	33,79	3,29	32,34	712,9	7,7	2,855	480,6	0	0	2469	155,1
2.krs_11	Avotoimisto	20,1	22,3	20,4	23	10,22	17,7	27,03	15,8	2,3	1,1	1,1	28,57	3,458	32,88	730,5	8,1	3,764	480,6	0	0	7895	449,2
2.krs_8	Kaytava	21,5	22,9			3,276	6,5	5,187	0,0	2,9	1,0	1,0	1,013	2,892	27,93	420		6,899	0	0	0	0	
2.krs_13	Kaytava	21,4	23			3,137	6,0	7,098	2,2	3,0	1,0	1,0	9,05	2,857	27,7	420		7,189	0	0	0	0	
2.krs_21	Kaytava	22,1	23			0,4303	0,0	9,769	6,4	3,1	1,0	1,0	0	2,699	26,92	420		11,75	0	0	0	0	
2.krs_7	Neuvottelu	20,1	21,8	20,3	23	20,41	36,8	64,61	36,9	5,0	3,1	3,1	60,06	3,131	34,13	748,4	8,4	1,557	395,5	0	0	2479	148,2
2.krs_1	Neuvottelu	20,6	22,8	20,7	23	20,17	31,7	25,73	2,1	8,9	3,2	3,2	7,747	3,058	33,07	749,8	7,7	1,871	395,5	0	0	3161	181,7
2.krs_15	Neuvottelu	20,3	22,4	20,4	23	13,12	21,2	36,3	13,7	7,6	3,3	3,3	30,97	3,119	33,01	746,6	8,2	2,147	395,5	0	0	3348	186,3
2.krs_20	Neuvottelu	20,3	22,4	20,5	23	17,83	31,9	38,55	11,4	7,4	3,2	3,2	36,43	3,093	33,18	744,7	8,0	1,678	395,5	0	0	3100	179
2.krs_16	Neuvottelu	21,2	21,4	21,3	22	0,1562	0,0	44,31	30,7	4,2	3,5	3,5	0	2,945	35,12	743,4	6,4	3,383	395,5	0	0	2254	127
2.krs_4	Taukotila	20,5	21,7	20,6	22,9	19,27	30,7	49,67	28,3	4,2	2,8	2,8	62,59	3,162	34,55	731	7,9	2,001	480,2	0	0	2423	158,6
2.krs_10	Taukotila	21,1	21,3	21,2	21,8	0,5765	0,0	24,96	14,2	3,1	2,9	2,9	0	3,156	35,09	745,4	6,7	4,085	480,2	0	0	2299	134,7
2.krs_12	Taukotila	20,8	22,4	20,9	22,9	15,13	24,0	20,78	0,0	6,5	2,8	2,8	37,56	3,121	34,14	736,7	7,3	2,281	480,2	0	0	2107	131
2.krs_6	Toimisto	20,4	21,9	20,5	23	19,18	30,6	46,23	32,6	1,9	1,1	1,1	62,76	3,328	32,93	711,7	8,1	2,806	480,6	0	0	666,2	42,93
2.krs_9	Toimisto	20,8	22,1	20,8	22,1	20,42	32,0	12,23	0,0	2,2	1,1	1,1	6,295	3,263	32,94	711,6	7,6	2,8	480,6	0	0	997	65,38
2.krs_18	Toimisto	20,6	22,5	20,7	23	14,72	23,6	21,57	9,5	2,7	1,1	1,1	37,39	3,343	32,17	722,2	7,7	3,394	480,6	0	0	1738	104,2
2.krs_14	Toimisto	20,8	22,7	20,8	23	13,91	22,1	17,54	6,1	2,9	1,1	1,1	28,35	3,345	32,18	727,4	7,6	3,574	480,6	0	0	939,3	55,98
2.krs_17	Toimisto	22,1	22,6	22,2	23	0,4232	0,0	21,96	15,0	3,2	1,2	1,2	0	3,551	32,78	744,3	5,5	9,838	480,6	0	0	948,1	48,1
TOTAL																						48327,6	2801,09

## Jäähdytys

Room	Group	Tilan kok.ala, m2	Jaahd.palkkeille ala m2	CSW:ille ala m2	Room unit cool, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Room unit cool, W	Dry vent cool, W	Aurinko-kuormaksi palkkeille, W	Kuormaa jää, W	Kuormaa jää, W/m2	Tehontarve palkkialueelle yht. W	Tehontarve CSW-alueelle yht. W	Palkkeja kpl	CSW:t kpl	Teho per palkki, W	Teho per CSW, W	Teho per palkki, W/m2	Teho per CSW, W/m2
2.krs_3	Avotoimisto	80,92	33,396	47,524	12,7	2,6	1024	207	0	1231	15,2	508	723	3	6	169	121	15	15
2.krs_2	Avotoimisto	148,8	61,317	87,483	4,9	3,2	731	477	0	1209	8,1	498	711	6	12	83	59	8	8
2.krs_5	Avotoimisto	124,1	51,233	72,867	21,1	2,1	2619	261	0	2879	23,2	1189	1691	5	10	238	169	23	23
2.krs_19	Avotoimisto	75,93	37,587	38,343	7,3	2,7	557	205	0	762	10,0	377	385	5	5	75	77	10	10
2.krs_11	Avotoimisto	242,8	82,858	159,942	15,8	2,3	3844	569	0	4413	18,2	1506	2907	12	22	125	132	18	18
2.krs_8	Kaytava	121,5	20,439	101,061	0,0	2,9	0	356	0	356	2,9	60	296	2	14	30	21	3	3
2.krs_13	Kaytava	168,5	18,249	150,251	2,2	3,0	372	510	0	882	5,2	96	787	3	21	32	37	5	5
2.krs_21	Kaytava	43,74	0	43,74	6,4	3,1	281	135	0	416	9,5	0	416	0	6	0	69	0	10
2.krs_7	Neuvottelu	32,07	32,07	0	36,9	5,0	1182	161	0	1343	41,9	1343	0	3	0	448	0	42	0
2.krs_1	Neuvottelu	40,88	40,88	0	2,1	8,9	84	363	0	447	10,9	447	0	4	0	112	0	11	0
2.krs_15	Neuvottelu	43,33	21,441	21,889	13,7	7,6	593	331	0	924	21,3	457	467	3	3	152	156	21	21
2.krs_20	Neuvottelu	40,1	18,225	21,875	11,4	7,4	455	296	0	751	18,7	342	410	3	3	114	137	19	19
2.krs_16	Neuvottelu	29,16	0	29,16	30,7	4,2	894	122	0	1016	34,8	0	1016	0	4	0	254	0	35
2.krs_4	Taukotila	30,74	30,74	0	28,3	4,2	869	129	0	998	32,5	998	0	3	0	333	0	32	0
2.krs_10	Taukotila	29,16	0	29,16	14,2	3,1	414	91	0	504	17,3	0	504	0	4	0	126	0	17
2.krs_12	Taukotila	26,73	12,166	14,564	0,0	6,5	0	174	0	174	6,5	79	95	2	2	40	47	7	7
2.krs_6	Toimisto	20,49	20,49	0	32,6	1,9	667	39	0	707	34,5	707	0	2	0	353	0	34	0
2.krs_9	Toimisto	30,66	30,66	0	0,0	2,2	0	66	0	66	2,2	66	0	3	0	22	0	2	0
2.krs_18	Toimisto	53,46	24,332	29,128	9,5	2,7	507	144	0	651	12,2	296	355	4	4	74	89	12	12
2.krs_14	Toimisto	28,89	14,294	14,596	6,1	2,9	176	85	0	261	9,0	129	132	2	2	65	66	9	9
2.krs_17	Toimisto	29,16	0	29,16	15,0	3,2	439	92	0	531	18,2	0	531	0	4	0	133	0	18

## Liite 7

Polttimo, lämmityksen maksimi tehontarpeet S1, 20.9.2013

Ulkoilman mitoituslämpötila -26 °C.

Room	Group	Min temp, DegC	Max temp, DegC	Max heat supplied, W/m2	Room unit heat, W/m2	Dry vent cool, W/m2	Max sup airflow, l/(s.m2)	Max rtn airflow, l/(s.m2)	Max solar gain, W/m2	Min rel hum, %	Max rel hum, %	Max CO2, ppm(vol)	Max age of air, h
2.krs_3	Avotoimisto	21,5	21,5	13,99	26,61	2,58	2,0	2,0	0	1,577	2,15	420	2,499
2.krs_2	Avotoimisto	21,4	21,6	11,36	18,58	2,583	2,0	2,0	0	1,578	2,148	420	3,385
2.krs_5	Avotoimisto	21,5	21,6	11,22	18,55	2,583	2,0	2,0	0	1,578	2,148	420	3,387
2.krs_19	Avotoimisto	21,5	21,5	19,85	34,44	2,581	2,0	2,0	0	1,577	2,151	420	2,306
2.krs_11	Avotoimisto	21,5	21,6	15,5	25,87	2,582	2,0	2,0	0	1,578	2,15	420	2,828
2.krs_8	Kaytava	21,5	21,5	4,965	8,947	1,291	1,0	1,0	0	1,589	2,124	420	5,528
2.krs_13	Kaytava	21,5	21,6	5,112	8,766	1,291	1,0	1,0	0	1,589	2,122	420	5,67
2.krs_7	Neuvottelu	21,5	21,6	28,63	52,7	5,167	4,0	4,0	0	1,573	2,155	420	1,385
2.krs_1	Neuvottelu	21,4	21,6	26,13	44,57	5,169	4,0	4,0	0	1,573	2,156	420	1,65
2.krs_15	Neuvottelu	21,4	21,6	18,62	33,16	5,167	4,0	4,0	0	1,573	2,154	420	1,886
2.krs_20	Neuvottelu	21,5	21,6	23,82	44,89	5,167	4,0	4,0	0	1,573	2,155	420	1,5
2.krs_4	Taukotila	21,4	21,6	28,07	50,36	9,057	7,0	7,0	0	1,571	2,163	420	1,165
2.krs_12	Taukotila	21,4	21,6	21,93	41,11	9,053	7,0	7,0	0	1,571	2,161	420	1,255
2.krs_6	Toimisto	21,5	21,5	24,91	40,6	2,582	2,0	2,0	0	1,577	2,151	420	2,276
2.krs_9	Toimisto	21,5	21,5	25,32	40,9	2,581	2,0	2,0	0	1,577	2,151	420	2,272
2.krs_18	Toimisto	21,5	21,5	19,58	31,95	2,581	2,0	2,0	0	1,578	2,15	420	2,626
2.krs_14	Toimisto	21,5	21,5	17,78	29,65	2,582	2,0	2,0	0	1,578	2,15	420	2,726

TOTAL

Room	Group	Heat supplied, W	Room unit heat, W	Säteily- lämmitin, kpl	Tehontarve per lämmitin, W	Window heat loss, W	Encl. surf heat loss, W	Vent. heat loss, W	Temp., DegC	Sup airflow, l/s	Sup airtemp, DegC	Ret airflow, l/s	Other sup airflow, l/s	Other sup airtemp, DegC	Rel hum, %
2.krs_3	Avotoimisto	1132	2153	3	718	630,7	479,1	915,8	21,5	39,67	20,73	-39,54	15,89	-26	1,692
2.krs_2	Avotoimisto	1691	2765	6	461	1259	346,4	835,8	21,6	72,98	20,73	-72,73	14,31	-26	1,687
2.krs_5	Avotoimisto	1392	2302	5	460	1049	268,6	696	21,6	60,86	20,73	-60,66	11,93	-26	1,688
2.krs_19	Avotoimisto	1507	2615	5	523	1047	433,6	993,4	21,5	37,25	20,73	-37,12	17,26	-26	1,692
2.krs_11	Avotoimisto	3764	6281	12	523	2798	844,2	2144	21,6	119,1	20,73	-118,7	37,05	-26	1,689
2.krs_8	Kaytava	603,3	1087	2	544	419,3	161,5	377	21,5	29,79	20,73	-29,69	6,49	-26	1,673
2.krs_13	Kaytava	861,4	1477	3	492	627,1	195	473,4	21,5	41,32	20,73	-41,18	8,128	-26	1,672
2.krs_7	Neuvottelu	918,2	1690	3	563	631,6	285,9	627,4	21,5	88,24	20,51	-87,9	10,82	-25,97	1,7
2.krs_1	Neuvottelu	1068	1822	4	456	845	229,2	755,2	21,5	163,7	20,43	-163,1	9,537	-26	2,151
2.krs_15	Neuvottelu	806,9	1437	3	479	631,6	182,9	631,8	21,5	173,5	20,43	-172,9	7,155	-26	2,151
2.krs_20	Neuvottelu	955,3	1800	3	600	629,4	299,6	668,6	21,6	86,73	20,58	-86,39	11,52	-26	1,699
2.krs_4	Taukotila	862,8	1548	3	516	643,7	217,5	686,6	21,5	215,5	20,43	-214,7	7,155	-26	2,152
2.krs_12	Taukotila	586,3	1099	2	550	427,5	157,6	514,2	21,5	187,4	20,43	-186,6	4,77	-26	2,152
2.krs_6	Toimisto	510,5	832	2	416	419,5	91,32	274,8	21,5	28,17	20,51	-28,07	4,77	-26	1,691
2.krs_9	Toimisto	776,3	1254	3	418	629,5	148,4	412,5	21,5	42,17	20,51	-42,01	7,155	-26	1,69
2.krs_18	Toimisto	1047	1708	4	427	836,7	197,8	551	21,5	57,8	20,58	-57,59	9,545	-25,96	1,69
2.krs_14	Toimisto	513,7	857	2	428	418,2	96,01	276,2	21,5	39,73	20,51	-39,58	4,77	-26	1,69
TOTAL		18995,7	32726,6			13942,8	4632,767	11839,3		1512,708		-1507,23	188,255		