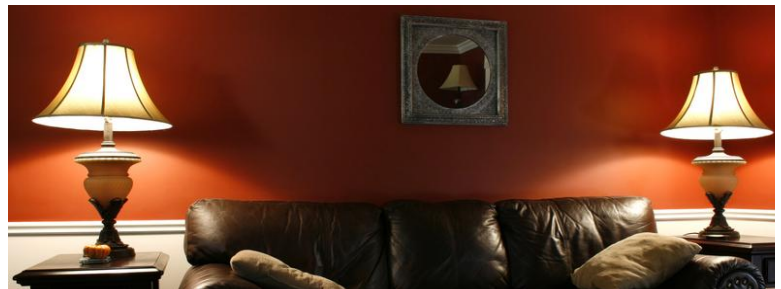




7.2.2014

*Ehdotus lähes  
nollaenergiarakentamisen  
laskennan lähtötiedoiksi*

*Tilakohtaiset lähtötiedot  
jäähdytystarpeen mitoitukselle sekä  
yksityiskohtaisille energialaskelmille.*



## ESIPUHE

*Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi tarvitaan yhä tarkempia ja yksityiskohtaisempia laskentamenetelmiä. Keskeinen osa energialaskennassa on rakennuksen teknisten ominaisuuksien lisäksi rakennusten käytön määrittely energian tarpeeseen liittyviltä osin mahdollisimman totuudenmukaisella tavalla, jotta energiankulutus ja energiantuotanto voitaisiin sovittaa entistä paremmin yhteen ja samalla selvittää keinoja uusiutuvien energialähteiden tehokkaammaksi hyödyntämiseksi ja primäärienergian tarpeen vähentämiseksi.*

*Tämän raportin ja siihen liittyvän käyttöprofiilit excel-taulukon tavoitteena on esittää rakennuksen tilojen jäähdytystarpeen mitoituslaskelmille sekä yksityiskohtaisille olosuhde- ja energialaskelmille keskeiset lähtötietotarpeet sekä niiden esimerkinomaiset arvot valituille tilatyypeille.*

*Työ on toteutettu FINVAC yhdistyksen ohjauksessa ja sen on rahoittanut Ympäristöministeriö. Työn ohjausryhmässä toimivat Miimu Airaksinen VTT:ltä, Pekka Kalliomäki Ympäristöministeriöstä, Jarek Kurnitski Aalto Yliopistolta, Kimmo Liljeström Optiplan Oy:stä, Kimmo Lylykangas Arkkitehtitoimisto Lylykangas Oy:stä, Pellervo Matilainen Skanska Oy:stä, Jorma Railio, Harri Ripatti Climaconsult Oy:stä, Hannu Sipilä SULVI ry:stä, Eino Tetri Aalto Yliopistolta sekä Mika Vuolle Equa Simulation Finland Oy:stä. Työn on toteuttanut Optiplan Oy, josta projektipäällikkönä toimi Kimmo Liljeström ja asiantuntijoina Minna Hurme sekä Maria Raiko. FINVAC ry:stä ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Olli Seppänen.*



## SISÄLLYS

---

ESIPUHE .....	2
SISÄLLYS .....	3
1 JOHDANTO .....	4
2 KÄYTTÖPROFIILIT TAULUKON SISÄLTÖ .....	5
2.1 Rakennus- ja tilatyytit .....	5
2.2 Lämpötila .....	5
2.3 Ilmanvaihto - ilmamäärät .....	6
2.4 Ilmanvaihto – ohjaus & käyntiaika .....	7
2.5 Henkilö – määrä, aktiviteetti ja vaatetus .....	8
2.6 Henkilö – läsnäoloaika .....	9
2.7 Henkilö – läsnäoloaste .....	9
2.8 Yleisvalaistus – Tehotiheys ja ohjaus .....	10
2.9 Yleisvalaistus – valaistusvoimakkuus, häikäisy- ja värinointisindeksi .....	11
2.10 Yleisvalaistus – käyttöaika .....	11
2.11 Perusvalaistus – käyttöprofiilit .....	11
2.12 Valaistus – kohdevalaistus .....	12
2.13 Kuluttajalaitteet – teho ja käyttöaika .....	12
2.14 Kuluttajalaitteet – käyttöprofiilit .....	13
3 VEDENKULUTUS .....	14
4 YHTEENVETO .....	15
5 LÄHTEET .....	16
LIITE 1 ESIMERKKILASKELMA .....	17
Jäähdytyksen mitoitusteho, tilan olosuhteiden pysyvyys sekä jäähdytysenergian tarve eri asetus- ja mitoituslämpötiloilla .....	17

## 1 JOHDANTO

Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi tarvitaan yhä tarkempia ja yksityiskohtaisempia laskentamenetelmiä. Keskeinen osa energialaskennassa on rakennusten käytön määrittely mahdollisimman totuudenmukaisella tavalla, jotta energiankulutus ja -tuotanto voitaisiin sovittaa entistä paremmin yhteen ja samalla selvittää keinoja uusiutuvien energialähteiden käytön tehostamiseksi primäärienergian tarpeen vähentämiseksi.

Yksityiskohtaisessa tuntitason energialaskennassa rakennuksen käyttö määritellään tilakohtaisesti tilan käyttöajan ja tuntitason kuormituksen avulla. Tuntitason kuormitusta kuvataan ns. käyttöprofiileilla, jossa kullekin tunnille arvioidaan kuormitustaso maksimikuormasta. Käyttöprofiileita tarvitaan käyttötarkoituksiltaan erilaisille rakennuksille ja tiloille, eri viikonpäiville huomioiden vuodenaika ja muut tilojen käyttöasteeseen vaikuttavat tekijät kuten esim. vuosilomat. Käyttöprofiilit ovat tarpeen mm. ihmisten läsnäololle ja aktiiviteetille, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkön käytölle sekä lämpimän käyttöveden käytölle. Huomattavaa on, että kaikkea energiankulutusta ei voida luotettavasti määrittää rakennuksen pinta-alaan suhteutettuna, vaan on selvitettävä miten yksittäiset laitteet kuten muun muassa jääkaappi ja televisio otetaan huomioon laskennassa.

Käyttöprofiilit ovat välttämättömiä omavaraisenergiantuotannon laskemiseksi, jotta ajasta riippuva tuotanto ja kulutus voidaan sovittaa yhteen. Tämä koskee sähkön käytön ja tuotannon lisäksi lämpimän käyttöveden kulutusta, jotta voidaan laskea luotettavasti mm. aurinkokeräinten tuottamasta energiasta hyödyksi saatu osuus. Käyttöprofiileita tarvitaan edelleen uusiutuvan energian käytön lisäämiseksi (EU:n RES-direktiivi) ja lähes nollaenergiarakennuksen määrittelyssä. Käyttöprofiilit luovat perusteita lähes nollaenergiarakentamista ohjaavan säännösten valmisteluun. Käyttöprofiilit liittyvät energialaskennan lisäksi myös sisäilmastosuunnittelun kuten esim. jäähdytyksen mitoittamiseen, johon ei ole Suomessa olemassa vakiintunutta mitoittustapaa vaan käytännöt vaihtelevat eri suunnittelu-toimistojen välillä.

Joissakin maissa kuten Britanniassa, Saksassa ja Sveitsissä on jo käytössä hyvinkin yksityiskohtaiset standardoidut tilatyypikohtaiset käyttöprofiilit. Suomessa vastaavat laskennan yhtenäiset lähtötiedot puuttuvat. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 käyttötarkoituksiluokan standardoidulla käytöllä ohjataan määräystenmukaisuuden osoittamista eikä se kuvaa rakennuksen tilojen käyttöä riittävän yksityiskohtaisesti energia- ja sisäilmastosuunnittelun tarpeisiin.

Tilojen käyttöprofiilit työn tavoitteena on ollut esittää rakennuksen tilojen jäähdytystarpeen mitoituslaskelmille sekä yksityiskohtaisille olosuhde- ja energialaskelmille keskeiset tilatyypikohtaiset lähtötietotarpeet sekä niiden esimerkinomaiset arvot hankkeessa valituille tilatyypeille. Työn tuloksina laadittiin loppuraportti ja käyttöprofiilit excel-taulukko.

## 2 KÄYTTÖPROFIILIT TAULUKON SISÄLTÖ

Tässä esitetään käyttöprofiilit taulukon sisältö sekä käytetyt lähteet.

### 2.1 RAKENNUS- JA TILATYYPIT

Rakennustyyppi	Tilatyypit	Tarkennus
Erillinen pientalo, asuinrivi- ja ketjutalo, asuinkerrostalo	Asuinhuone	Makuuhuone 1 henkilö

Kuva 2.1. Ote käyttöprofiilit taulukosta – rakennustyyppi, tilatyypit ja tilatyypin tarkennus.

Käyttöprofiilit taulukkoon valittiin muutamia eri rakennus- ja tilatyyppejä, joiden avulla testattiin erilaisia lähtötietotarpeita. Lähes kaikissa selvityksen taustalla olevissa lähteissä oli erilaisia nimikkeitä vastaavilla rakennus- ja tilatyypeillä. Tässä päädyttiin käyttämään Suomen rakentamismääräyskokoelman osien D2 (2012) ja D3 (2012) nimikkeistöä. Rakennustyyppi on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 (2012) liitteen 1 mukainen *rakennusten käyttötarkoitukseluokka /21/* ja tilatyypit on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2012) liitteen 1 *Ilmavirtojen, ilman liikkeen ja äänitason ohjearvoja* mukainen tilatyypit /20/. Asuintilojen osalta on taulukossa eroteltu tilatyypitkohtaisesti ratkaisu jossa ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti ja ratkaisu jossa ei tätä mahdollisuutta ole.

### 2.2 LÄMPÖTILA

Tilatyypit	Tarkennus	Lämpötila tilassa			
		Mitoitus		Asetus	
		Talvi °C	Kesä °C	Talvi °C	Kesä °C
Asuinhuone	Makuuhuone 1 henkilö	21,0	27,0	21,0	27,0

Kuva 2.2 Ote käyttöprofiilit taulukosta - tilatyypin mitoitus- ja asetustilalämpötila.

Käyttöprofiilit taulukossa on tilatyypin talven mitoitus- ja asetustilalämpötilana esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2012) kappaleen 2.2.1.1 ja taulukon 1 mukaiset talven mitoitusarvot sekä D3 (2012) taulukon 2 huonelämpötilan asetustilalämpötilat /20, 21/. Tilatyypin kesälämpötilan mitoitus- ja asetustilalämpötilana on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 (2012) kappaleen 3.2.1 taulukon 2 mukaiset jäähdytysrajan arvot /21/.

Tässä lämpötilan mitoitusarvolla tarkoitetaan sisäilmastosuunnittelua ohjaavaa tilan talven minimilämpötilaa ja kesän maksimilämpötilaa. Lämpötilan asetustilalämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, jota tilan ilmanvaihto- lämmitys- ja jäähdytysratkaisulla pyritään ylläpitämään.

Talven ja kesän mitoituslaskelmilla varmistetaan, että suunnittelun lähtökohtana olevissa mitoitusolosuhteissa tilan ilmvirrat, lämmitys- ja jäähdytystehot ovat riittävät. Kesän huonelämpötilan asetusarvon vaikutusta jäähdytystehon mitoitukseen, lämpöolojen pysyvyyteen sekä jäähdytysenergian tarpeeseen on havainnollistettu liitteessä 1.

### 2.3 ILMANVAIHTO - ILMAMÄÄRÄT

Tilatyyppi	Tarkennus	Ilmanvaihdon määrä									
		Ulkoilmavirta					Poistoilmavirta				
		min		mitoitus			min		mitoitus		tehostus
		l/s,m <sup>2</sup>	l/s	l/s,m <sup>2</sup>	l/s	l/s, hlö	l/s,m <sup>2</sup>	l/s	l/s,m <sup>2</sup>	l/s	l/s
Asuinhuone	Makuuhuone 1 henkilö	0,2	2,4	0,5	6	6	-	-	-	-	-

Kuva 2.3. Ote käyttöprofiilit taulukosta – ulko- ja poistoilmavirrat rakennuksen käyttöaikana.

Käyttöprofiilit taulukossa on esitetty tilatyypin ilmvirtojen mitoitusarvoina Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2012) liitteen 1 *Ilmvirtojen, ilman liikkeen ja äänitason ohjearvoja* mukaiset hallitun ilmanvaihdon ohjeelliset minimiarvot /20/. Ulkoilmavirta kuvaa ilmaa, joka johdetaan huonetilaan ulkoa ja poistoilmamäärä ilmaa, joka johdetaan huonetilasta ulos.

Tässä tilatyypin minimi-ilmavirralla tarkoitetaan tarpeenmukaisesti ohjatun ilmanvaihdon minimi-ilmamäärää, kun tilassa ei oleskella rakennuksen käyttöaikana. Taulukon ulko- ja poistoilmavirran minimiarvot rakennuksen käyttöaikana on esitetty erittäin vähäpäästöiselle rakennukselle (SFS-EN 15251), kun rakennusmateriaalien valinnassa ja rakennustöiden puhtauden- sekä kosteudenhallinnassa noudatetaan hyviä käytäntöjä kuten esimerkiksi Sisäilmastoluokitusta eikä tilassa ole merkittävässä määrin muita epäpuhtauslähteitä. Muissa kuin erittäin vähäpäästöisissä rakennuksissa minimi-ilmamäärissä tulee huomioida kaikki epäpuhtauslähteet tapauskohtaisesti. Asunnoissa, joissa ilmanvaihto on asuntokohtaisesti ohjattavissa, minimi-ilmavirta tulee olla vähintään 40 % taulukon ilmvirran mitoitusarvosta.

Ilmanvaihdon suunnitteluratkaisu ja ohjaustapa vaikuttavat siihen, kuinka alhainen koko ilmanvaihtojärjestelmän tarpeenmukaisen ohjauksen minimi-ilmamäärä saavutetaan. Koko ilmanvaihtojärjestelmän minimi-ilmamäärää rajoittaa muun muassa puhaltimen moottorin jäähdytyksen vaatima riittävä pyörimisnopeus sekä puhaltimen paineentuotto. Nykyisillä teknisillä ratkaisuilla ilmanvaihtokoneen minimi-ilmamäärä ei käytännössä voi olla alle 30 % mitoitus-ilmamäärästään. Tämä tulee huomioida energialaskelmissa myös käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon osalta niin, että yksittäisen ilmanvaihtokoneen ilmamäärä ei ole energialaskelmissa epärealistisen alhainen.

## 2.4 ILMANVAIHTO – OHJAUS & KÄYNTIAIKA

Tilatyyppi	Tarkennus	Tarpeenmukainen ohjaus	Ilmanvaihdon käyntiaika
Myymälä	Käyttötavara	Tila tai vyöhykekohtainen ohjaus	ma-la 07-22

Kuva 2.4.1 Ote käyttöprofiilit taulukosta – tarpeenmukainen ohjaus ja ilmanvaihdon käyntiaika.

Käyttöprofiilit taulukossa on esitetty tilatyyppien tarpeenmukainen ohjaus Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (2012) liitteen 1 *Ilmavirtojen, ilman liikkeen ja äänitason ohjearvoja* mukaisesti /20/. Ilmanvaihdon käyntiaika on esitetty D3 (2012) kappaleen 3.3.7 mukaisesti /21/.

Tarpeenmukainen ilmanvaihdon ohjauksella pyritään hallitsemaan tilojen sisäilmastoa mahdollisimman energiatehokkaasti. Energialaskelmissa ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus tulee mallintaa riittävän yksityiskohtaisesti huomioiden tila- ja vyöhykekohtaisen ratkaisun sekä ohjaussuureiden kuten sisäilman lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, suhteellinen kosteus, hiilimonoksidipitoisuus, VOC-pitoisuus ja tilan läsnäolon erot.

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella tulee varmistua tilojen riittävästä ilmanvaihtuvuudesta. Suomen rakentamismääräyksissä on esitetty, että muun kuin asuinrakennuksen ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ulkoilmavirta on vähintään 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup> ja, että rakennuksen käyttöajan ulkopuolella voidaan ilmanvaihto toteuttaa pitämällä hygieniatilojen ilmanvaihtoa jatkuvasti käynnissä tai ilmanvaihdon jaksottaisella käytöllä /20/.

Edellisten lisäksi rakennuksen käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto voidaan toteuttaa myös pitämällä koko tarpeenmukaisesti ohjattu ilmanvaihtojärjestelmä käynnissä koko ajan. Tällöin energialaskelmissa tulee huomioida tekninen rajoitus kunkin ilmanvaihtokoneen minimi-ilmamäärässä.

Mikäli käytönajan ulkopuolella rakennuksen ilmanvaihtuvuus toteutetaan hygieniatilojen ilmanvaihdolla on huomattava, että ilmanvaihtuvuus kaikissa rakennuksen tiloissa tulee tällöinkin olla riittävää. Käytännössä tämä harvoin toteutuu koska hygieniatiloja ei ole sopivasti kaikissa rakennuksen osissa tai niiden ilmamäärä ei ole riittävä.

Ilmanvaihdon jaksottainen käytöllä tarkoitetaan tässä ilmanvaihdon käynnistämistä käyttöajan ulkopuolella jaksottaisesti niin, että käyttöajan ulkopuolinen ulkoilmavirran minimi-ilmavirtavaatimus toteutuu keskimääräisesti kunakin vuorokautena. Yksinkertaisimmillaan tämä toteutetaan niin, että ilmanvaihtokoneet käynnistetään riittävän aikaisin ennen rakennuksen käyttöä. Kuvassa 2.4.2 on havainnollistettu ilmanvaihdon jaksottaista käyttöä liikerakennuksessa. Liiketilän käyttöaika on esimerkiksi ma-la 08-22 ja ilmanvaihdon käyttöaika ma-la 07-23 /21, taulukko 3 ja 3.3.7/. Käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto voidaan pitää jatkuvasti päällä (vasen taulukko) tai jaksottaisesti (oikea taulukko) niin, että vuorokauden keskimääräinen ilmanvaihto täyttää minimivaatimuksen.

Vaatus käyttöajan ulkopuolisesta ilmanvaihdosta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>								Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto jaksottaisella käytöllä (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>							
Tunti	ma	ti	ke	to	pe	la	su	Tunti	ma	ti	ke	to	pe	la	su
0-1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2-3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	2-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-4	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	3-4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4-5	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	4-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-6	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	5-6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6-7	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	6-7	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00
7-8							0,15	7-8							0,00
8-9							0,15	8-9							0,00
9-10							0,15	9-10							0,00
10-11							0,15	10-11							1,60
11-12							0,15	11-12							2,00
12-13							0,15	12-13							0,00
13-14							0,15	13-14							0,00
14-15							0,15	14-15							0,00
15-16							0,15	15-16							0,00
16-17							0,15	16-17							0,00
17-18							0,15	17-18							0,00
18-19							0,15	18-19							0,00
19-20							0,15	19-20							0,00
20-21							0,15	20-21							0,00
21-22							0,15	21-22							0,00
22-23	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	22-23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23-24	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	23-24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Keskimääräinen ulkoilmavirta rakennuksen käyttöajan ulkopuolella								Keskimääräinen ulkoilmavirta rakennuksen käyttöajan							
0,150								0,150							

Kuva 2.5.2 Liikerakennuksen ilmanvaihto käyttöajan ulkopuolella. Vasemmassa taulukossa tunnitainen minimi-ilmavirta, kun ilmanvaihtoa pidetään käynnissä jatkuvasti. Oikeassa taulukossa tunnitainen ilmavirta ilmanvaihdon jaksottaisessa käytössä, kun ilmanvaihtoa pidetään käynnissä ma-la 06-07 ja su 10-12. Molemmassa tapauksessa keskimääräinen ilmanvaihtuvuus käyttöajan ulkopuolella kunakin vuorokautena täyttää määräysten vaatimuksen 0,15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.

## 2.5 HENKIÖ – MÄÄRÄ, AKTIVITEETTI JA VAATETUS

Tilatyyppi	HENKIÖ			
	määrä	aktiiviteetti	vaatetus	
	hlö	hlö/m <sup>2</sup>	met	clo
Toimistohuone ja vastaava tila	-	0,10	1,2	0,75 ± 0,25

Kuva 2.6. Ote käyttöprofiilit taulukosta – henkilömäärä, henkilöiden aktiiviteettitaso ja vaatetuksen lämmönvastus.

Käyttöprofiilit taulukossa on tilatyyppien henkilömäärän suunnitteluvarot esitetty lukumääränä (hlö) sekä neliöpohjaisena arvona (hlö/m<sup>2</sup>). Taulukossa esitetyt henkilömäärät perustuvat eri lähteisiin ja arvioihin. Taulukossa esitetty henkilöiden aktiiviteetti (met) tarkoittaa ihmisen aineenvaihdunnan tehoa eri toiminnoissa, jonka perusteella henkilöiden kokonaislämmönluovutus lasketaan. Kokonaislämmönluovutuksesta 60 % on kuivaa lämmönsiirtoa ja 40 % kostea vesihöyryyn sitoutunutta lämmönsiirtoa. Kuvassa 2.6 on esitetty erilaisia aineenvaihdunnan tehoja eri toiminnoissa.

Aineenvaihdunnan teho, met	Toiminta
0,8 met	nukkuminen, kokonaislämmönluovutus 85 W, kun kehon pinta-ala 1,8 m <sup>2</sup>
1,2 met	istuminen/seisominen, kokonaislämmönluovutus 125 W, kun kehon pinta-ala 1,8 m <sup>2</sup> (D3 2012 & SFS EN 15251)
1,4 met	seisominen/liikkuminen, kokonaislämmönluovutus 145 W, kun kehon pinta-ala 1,8 m <sup>2</sup> (SFS EN 15251)
1,6 met	seisominen/liikkuminen, kokonaislämmönluovutus 165 W, kun kehon pinta-ala 1,8 m <sup>2</sup> (SFS EN 15251)

Kuva 2.7. Aineenvaihdunnan teho eri toiminnoissa.



Taulukossa esitetty vaatetus (clo) kuvaa vaatetuksen lämmönvastusta. Taulukossa vaatetuksen arvoksi on esitetty vaihteluväli, esimerkiksi  $0,75 \pm 0,25$  clo, jossa pienin 0,5 clo on kesävaatetuksen normaaliarvo ja suurin 1,0 clo on talvivaatetus normaaliarvo (SFS-EN 15251). Valittu vaatetustaso vaikuttaa tilojen laskennalliseen lämpöihtyvyyteen.

Lämmönvastus, clo	Vaatetus
0 clo	ei vaatteita
0,1 clo	naisten uimapuku, sisäurheiluasu
0,4 clo	sisävaatetus "kesä" (naisten ohut hame ja pusero / miesten ohuet housut ja paita)
0,6 clo	sisävaatetus "kevät ja syys" (naisten housut ja kangaspusero / miesten housut ja pusero)
1,0 clo	sisävaatetus "talvi" (naisten paksut housut ja villapusero / miesten ohut puku ja lyhythihainen paita)
1,2 clo	sisävaatetus "talvi" (naisten paksut housut, paita ja villapaita / miesten paksu puku ja pitkähihainen paita)

Kuva 2.8. Kuvaus eri vaatetuksen lämmönvastuksista.

## 2.6 HENKIÖ – LÄSNÄOLOAIKA

Tilatyyppe	HENKIÖ läsnäoloaika	
	ma-pe	la-su
Toimistohuone ja vastaava tila	08-17	-

Kuva 2.9. Ote käyttöprofiilit taulukosta – henkilöiden läsnäoloaika.

Käyttöprofiilit taulukossa on henkilöiden läsnäoloaika esitetty erikseen tilakohtaisesti arkipäiville sekä viikonlopulle. Taulukossa henkilöiden läsnäoloajalla tarkoitetaan sitä aikaa jolloin tila on käytössä.

## 2.7 HENKIÖ – LÄSNÄOLOASTE

Tilatyyppe	HENKIÖ läsnäoloaste (maanantai-perjantai)								
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Toimistohuone ja vastaava tila	0,50	0,60	0,70	0,50	0,60	0,70	0,80	0,70	0,40

Kuva 2.10 Ote käyttöprofiilit taulukosta – henkilöiden läsnäoloaste.

Käyttöprofiilit taulukossa on tilatyyppien henkilöiden läsnäoloasteella kuvattu sitä osuutta henkilömäärän suunnitteluarvosta, joka kunakin ajanjaksona on keskimäärin tilassa. Esimerkiksi tuntiarvolla 0,5 tarkoitetaan, että kyseisenä tuntina tilassa on läsnä 50 % henkilömäärän suunnitteluarvosta tai, että tilassa on läsnä 100 % henkilömäärän suunnitteluarvosta puoli tuntia kyseisen tunnin aikana. Läsnäoloaste on esitetty arkipäiville, lauantaille ja sunnuntaille. Lisäksi on varauduttu esittämään mm. vuodenajan ja vuosilomien vaikutus tilojen käyttöön, lisäämällä taulukkoon läsnäoloasteen kuukausikertoimet, jolla tuntikohtainen arvo kerrotaan.

Eri tilatyyppien läsnäoloasteille on esitetty hyvinkin erilaisia arvoja eri lähteissä /10, 12, 24/. Läsnäoloasteella on merkitystä silloin, kun arvioidaan muun muassa tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja va-

laistuksen erilaisten ohjausten energiansäästöä. Läsnaoloaste vaihtelee erittäin suuresti käyttäjän mukaan ja tältä osin olisi pyrittävä aina varmistamaan tiedot tilan tulevalta loppukäyttäjältä.

## 2.8 YLEISVALAISTUS – TEHOTIHEYS JA OHJAUS

Tilatyyppe	PERUSVALAISTUS	
	tehotiheys, W/m <sup>2</sup>	ohjaus
Toimistohuone	12,0	Tila tai vyöhykekohtainen

Kuva 2.11. Taulukon tehotiheyden arvot on määritetty rakentamismääräyskokoelman osan D3 (2012) mukaisesti. Valaistuksen ohjausta on tarvittaessa tarkennettu ohjaussarakkeessa.

Valaistuksen tehotiheydelle (tehotiheys [W/m<sup>2</sup>]) esitetyt neliöpohjaiset arvot on määritetty taulukon rakentamismääräyskokoelman osan D3 (2012) taulukon 3 tehotietojen mukaisesti. Valaistuksen tehotiheydellä tarkoitetaan valaistusasennuksen tehoa pinta-alaa kohden. Valaistuksen luovuttaman lämpöenergian osalta tulee huomioida laskelmissa, että konvektion osuus on 30 % ja säteilyn osuus 70 %, ellei tarkempia arvoja valaistuksen osalta ole tiedossa.

Valaistuksen ohjauksella pyritään hallitsemaan tilojen valaistustasoa mahdollisimman energiatehokkaasti käyttäjäystävällisyyttä unohtamatta. Valaistuksen ohjaus tulee huomioida tila- tai vyöhykekohtaisesti todellisen suunnitteluratkaisun mukaisesti. Valaistuksen ohjauksella tarkoitetaan erilaisia valaistuksen säätö- ja ohjaustapoja, joita ovat mm. aikaohjelma, tilakohtainen painonappi, tilakohtainen läsnäolo, valaisinkohtainen vetonaru/ kytkin, valaisinkohtainen läsnäolo, valaisinkohtainen vakiovalo, hämäräkytkin, ääniohjaus, tilakohtainen päivänvalosäätö, kauko-ohjattu valaistus, osoitteellinen ohjaus, monikanavainen ohjaus, tilanneohjaus, multisensori (vakiovalo, läsnäolo, IR-vastaanotin) sekä mobiililaitteohjaus (kännykät, tabletit).

Valaistuksen ohjaustavoille on esitetty keskimääräisiä ohjauksertoimia /22/, jonka avulla voidaan arvioida ohjaustavan vaikutusta energiankulutukseen. Ohjauksertoimet eivät huomio tilan käyttötarkoitusta ja ovat täten hyvin epätarkkoja. Ohjaukserroin on riippuvainen kunkin tilan läsnäolon ajallisesta toteutumisesta /7/. Esimerkiksi toimistotilan yhtäjaksoinen käyttö poikkeaa WC-tilan satunnaisesta käytöstä silloin, kun tilan valaistusta ohjataan läsnäolo-ohjauksella ja valaistus käynnistyy liiketunnistimen avulla ja menee pois päältä liiketunnistimeen asetetun viiveajan jälkeen.

## 2.9 YLEISVALAISTUS – VALAISTUSVOIMAKKUUS, HÄIKÄISY- JA VÄRINTOISTOINDEKSI

Tilatyyppe	PERUSVALAISTUS				
	valaistusvoimakkuus, lx			häikäisyindeksi UGR <sub>L</sub>	värintoistoindeksi R <sub>a</sub>
työalue	välitön lähiympäristö	tausta-alue			
Toimistohuone	500	300	100	< 19	> 80

Kuva 2.12 Taulukossa on esitetty myös tarkempia valaistuksen tavoitearvoja (valaistusvoimakkuus, häikäisy ja värintoisto).

Työalueen valaistusvoimakkuudella tarkoitetaan alueen keskimääräistä valaistusvoimakkuutta. Työalue on puolestaan alue, jonka sisällä näkötehtävä suoritetaan. Välitön lähiympäristö on vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä. Tausta-alue on vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa. Taulukossa häikäisyindeksillä (UGR<sub>L</sub>) tarkoitetaan sisätilojen valaistusasennuksen valaisimien aiheuttamaa kiusahäikäisyä ja värintoistolla yleistä värintoistoindeksiä R<sub>a</sub>, jonka suurin arvo on 100. Mitä paremmat värintoisto-ominaisuudet ovat, sitä suurempi on indeksin arvo. /5, 25, 26/

## 2.10 YLEISVALAISTUS – KÄYTTÖAIKA

Tilatyyppe	PERUSVALAISTUS käyttö	
	ma - pe	la - su
Toimistohuone	08-16	-

Kuva 2.13 Valaistuksen käyttöaika on kuvattu kellonaikojen avulla erikseen arki- ja viikonlopuille.

Valaistuksen käyttöaika on esitetty erikseen tilakohtaisesti arkipäiville sekä viikonlopuille. Valaistuksen käytöllä (ma - pe, la - su) tarkoitetaan taulukossa sitä aikaa, jonka valaistus on päällä ilman valaistuksen ohjauksen huomiointia.

## 2.11 PERUSVALAISTUS – KÄYTTÖPROFIILIT

Tilatyyppe	PERUSVALAISTUS	
	Käyttöaste (ma - su)	Käyttöasteen kuukausikerroin (tammikuu - joulukuu)
Toimistohuone	0,0 – 1,0	0,0 – 1,0

Kuva 2.14 Taulukossa valaistuksen käyttöaste on määritetty tunneittain ja käyttöasteen kuukausikerroin kuukausittain.

Käyttöprofiilit taulukossa on tilatyyppien valaistuksen käyttöasteella kuvattu osuutta valaistuksen tehotiheydestä tai käyttöajasta, joka kyseisenä tuntina valaistuksen ohjauksratkaisun vaikutus huomioiden on päällä. Esimerkiksi tunti-arvolla 0,5 tarkoitetaan, että valaistuksen ohjauksratkaisun ansiosta va-

laistus on päällä vain tarpeenmukaisesti puoli tuntia kyseisen tunnin aikana. Käyttöaste on esitetty arkipäiville, lauantaille ja sunnuntaille. Lisäksi on varauduttu esittämään muun muassa vuodenajan ja vuosilomien vaikutus valaistuksen käyttöön, lisäämällä taulukkoon valaistuksen käyttöasteen kuukausikertoimet, jolla tuntikohtainen arvo kerrotaan. /10, 12, 18/

## 2.12 VALAISTUS – KOHDEVALAISTUS

Tilatyyppe	tehotiheys W/m <sup>2</sup>	KOHDEVALAISTUS käyttö	
		ma - pe	la - su
Myymäla, päivittäistavara	5,0	08-21	la 08-18, su 12-21

Kuva 2.15 Yleisvalaistuksen lisäksi taulukossa on määritelty ominaisuuksia kohdevalaistukselle.

Valaistuksen tehotiheydelle (teho [W/m<sup>2</sup>]) esitetyt arvot ovat kohdevalaistuksen osalta arvioita. Valaistuksen tehotiheys tarkoittaa valaistusasennuksen tehoa pinta-alaa kohden. Kohdevalaistuksen käyttöprofiili on esitetty erikseen tilakohtaisesti arkipäiville sekä viikonlopulle arvion mukaisesti. Valaistuksen käytöllä (ma - pe, la - su) tarkoitetaan sitä aikaa, jolloin valaistus on päällä.

## 2.13 KULUTTAJALAITTEET – TEHO JA KÄYTTÖAIKA

Tilatyyppe	Neliöteho W/m <sup>2</sup>	KULUTTAJALAITTEET teho W	käyttöaika	
			ma-pe	la-su
Toimistohuone	15	150	08-16	-

Kuva 2.16 Kuluttajalaitteiden osalta taulukossa on esitetty neliötehot, teho ja käyttöaika.

Kuluttajalaitteiden neliöteho kuvaa tilassa olevien laitteiden yhteenlaskettua tehoa tilan neliöitä kohden. Taulukossa on varauduttu tilan laitteiden yhteenlasketulle teholle, joka joissain tilanteissa on neliötehoa tarkempi kuvaus tilan kuluttajalaitteiden määrästä. Kuluttajalaitteiden käyttöaika on esitetty tilakohtaisesti arkipäiville sekä viikonlopulle. Kuluttajalaitteiden käyttöajalla kuvataan sitä aikaa, jolloin kuluttajalaitteet ovat käytössä. Laitteiden luovuttaman lämpöenergian osalta tulee huomioida laskelmissa, että konvektion osuus on 70 % ja säteilyn osuus 30 %, ellei tarkempia arvoja laitteen osalta ole tiedossa.

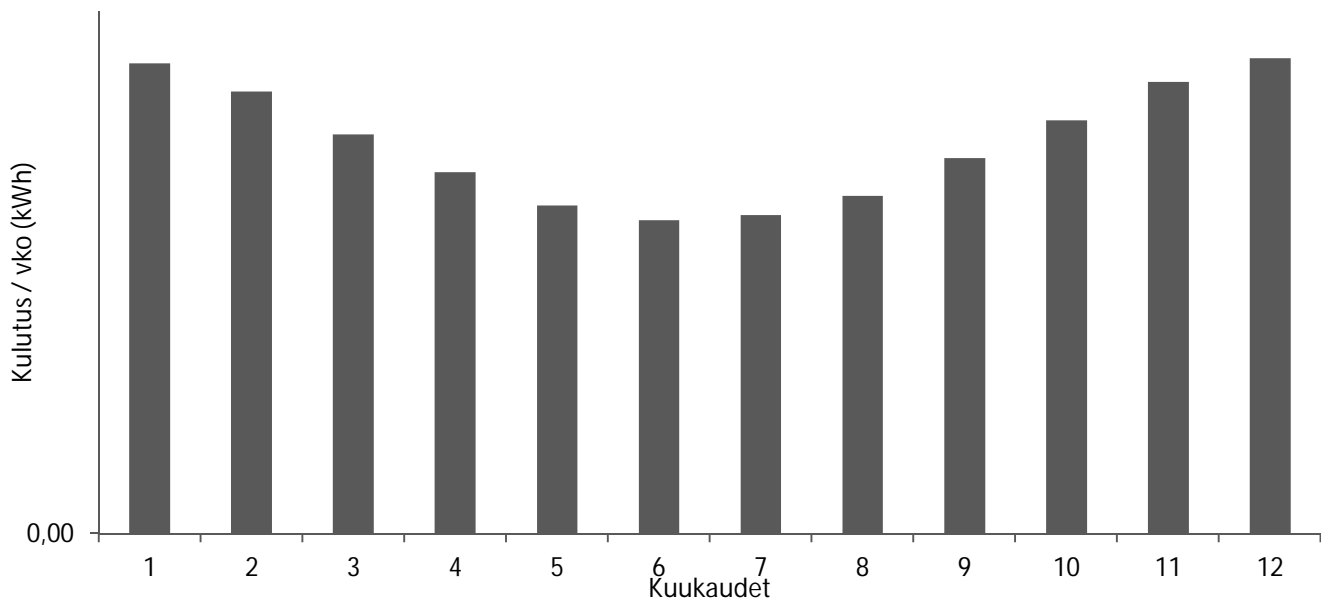
## 2.14 KULUTTAJALAITTEET – KÄYTTÖPROFIILIT

Tilatyyppe	KULUTTAJALAITTEET	
	Käyttöaste (ma-su)	Käyttöasteen kuukausikerroin (tammikuu - joulukuu)
Toimistohuone	0,0 – 1,0	0,0 – 1,0

Kuva 2.17 Kuluttajalaitteiden käyttöprofiilit on määritetty tunneittain.

Käyttöprofiilit taulukossa on tilatyypin kuluttajalaitteiden käyttöasteella kuvattu osuutta laitteiden tehosta tai käyttöajasta, joka kyseisenä tuntina on päällä. Esimerkiksi tuntiarvolla 0,5 tarkoitetaan, että laite on päällä keskimäärin 50 % teholla kyseisen tunnin aikana. Käyttöaste on esitetty arkipäiville, lauantaille ja sunnuntaille. Lisäksi on varauduttu esittämään muun muassa vuodenajan ja vuosilomien vaikutus laitteiden käyttöön, lisäämällä taulukkoon laitteiden käyttöasteen kuukausikertoimet, jolla tuntikohtainen arvo kerrotaan. /10, 12, 18/

Sähkönkulutus vaihtelee asuinhuoneistoissa vuodenajasta riippuen, siten että mitä korkeampi varustetaso asunnossa on sen suurempi on vuodenaikavaihtelu. Kuvassa 2.17 on esitetty sähkönkulutuksen vuodenaikavaihtelun asuinhuoneistolle, jossa on tavanomainen varustelutaso, johon käyttöprofiilit taulukossa esitetyt kertoimet perustuvat. /18/



Kuva 2.18. Sähkönkulutuksen vuodenaikavaihtelu tavanomaisen varustelutason asunnolle, asunnon koko ja henkilömäärä ei juuri vaikuta vuodenaikavaihteluun.

### 3 VEDENKULUTUS

Käyttöprofiilit taulukossa on erillisellä välilehdellä varauduttu rakennustyyppin tuntikohtainen vedenkulutusta kuvaaviin kulutusasteisiin, joilla kuvataan vedenkulutuksen tuntikohtaista vaihtelua arkipäivisin ja viikonloppuisin. Lisäksi on varauduttu esittämään muun muassa vuodenajan ja vuosilomien vaikutus vedenkulutukseen, lisäämällä taulukkoon vedenkulutuksen kuukausikertoimet, jolla tuntikohtainen arvo kerrotaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 (2012) on esitetty vedenkulutuksen standardiarvo käyttötarkoituksen nettoalaan perustavana, kuva 3.1. Vedenkulutusarvon pohjalta on esitetty myös henkilömäärään perustuva vedenkulutuksen standardiarvo.

Tilatyyppe	VEDENKULUTUS		
	LKV:n kulutus l/m <sup>2</sup> , vuosi	Henkilöt hlö/m <sup>2</sup>	LKV:n kulutus m <sup>3</sup> /hlö,a
Asuinrakennus	600	1/43	25,8

Kuva 3.1 Määräysten mukainen käyttötarkoituksaluokan lämpimän käyttöveden standardikulutus /21/.

## 4 YHTEENVETO

Käyttöprofiilit taulukossa on esitetty rakennusten sisäilmastosuunnittelussa ja yksityiskohtaisissa energialaskelmissa tarvittavat keskeiset tilatyypikohtaiset lähtötietotarpeet. Taulukossa esitetään muutamalle valitulle tilatyypille eri lähteistä koottuja esimerkinomaisia arvoja kullekin lähtötiedolle.

Käyttöprofiilit taulukkoa laadittaessa tunnistettiin useita kehitystarpeita, joita on listattu alla:

- käyttöprofiilit taulukkoon laajempi otos erilaisista rakennus- ja tilatyypeistä sekä näille yhdenmukainen kansallinen nimikkeistö
- jäähdytyslaitteiden mitoittamiseen suunnitteluopas yhtenäistämään eri suunnittelutoimistojen käytäntöjä
- tilojen läsnäolo-, laitteiden käyttö- ja veden kulutusasteet vaihtelevat vuorokauden ajan lisäksi vuodenajan mukaan, joka huomioitiin varautumalla tarkemman määrittelyn kaipaavilla kuukausikertoimilla
- valaistuksen ja ilmanvaihdon tarpeenmukaisen ohjauksen tarkempaa laskentaa varten kaivataan laskentaohjeita
- muiden keskeisten sisäilmastoparametrien tilatyypikohtaisten raja-arvojen lisääminen taulukkoon, kuten esimerkiksi sisäilman kosteus ja hiilidioksidipitoisuus, joilla tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ohjataan
- kuluttajalaitteiden tehotietojen tarkennus ennakoiden laitteiden ja niiden käytön kehitystä
- erikoistilat jätettiin tietoisesti taulukon ulkopuolelle, jatkossa tulisi kuitenkin huomioida erikoistilojen, kuten päivittäistavarakaupan kylmäosaston, uimahallin allastilan ja jäähallin jääkentän kosteus- ja kylmäkuorma sekä lauhdelämmön talteenotto
- veden tuntikohtaisten kulutusasteiden määrittely eri käyttötarkoituksiluokille, tilaryhmille ja/tai tilatyypeille sekä vesikalusteiden valinnan ja kehittymisen huomiointi vedenkulutuksessa

Taulukko julkaistaan Ympäristöministeriön sivuilla ja kommentit ehdotuksesta tulee lähettää sähköpostilla osoitteeseen [pekka.kalliomaki@ymparisto.fi](mailto:pekka.kalliomaki@ymparisto.fi).

## 5 LÄHTEET

- 1) Mäki, Juuso. Asuinkerrostalon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalin avulla. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö 2013. 143 s.
- 2) Toura, Anssi. Kotitalouksien vedenkulutuksen mallintaminen, Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö 2009. 72 s.
- 3) RT 07-10946, Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistys. 22 s.
- 4) Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 13779. Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. 2007 74s.
- 5) SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. 2003 36s.
- 6) SFS-EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. 2007 54s.
- 7) SFS-EN 15193. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. 2007 134 s.
- 8) Midtgard, Ole-Morten. Sætre, Tor Oskar. Yordanov, Georgi. Imenes, Anne Gerd & NgeA, Chee Lim. A qualitative examination of performance and energy yield of photovoltaic modules in southern Norway. Renewable Energy 35 (2010) 1266-1274. 2009 9 s.
- 9) Kouhia, Ilpo, Nieminen, Jyri, Holopainen, Riikka. Paroc-passiivitalo - kylmän ilmaston energiaratkaisu. VTT 78. 2013 64 s.
- 10) Halvarsson, Johan. Occupancy Pattern in Office Buildings - Consequences for HVAC system design and operation. Norwegian University of Science and Technology. 2012 275 s.
- 11) Nyirenda, Misheck. Generation of Office Buildings Electricity Consumption Profiles. Aalto University School of Science and Technology. Thesis 2010. 75 s.
- 12) National Calculation Methodology (NCM) modelling guide (for buildings other than dwellings in England and Wales) 2010. 2011 50 s.
- 13) Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskentaopas 2012. Ympäristöministeriö. 2011 132 s.
- 14) nZEB technical definition and system boundaries for nearly zero energy buildings. Rehva Report NO 4. 2013 56 s.
- 15) Sähkölaitteiden kulutuslukuja. Helsingin Energia. 2009 2 s.
- 16) Sähkölaitteiden kulutuslukuja. Helsingin Energia. 2013 2 s.
- 17) Tutkimusraportti. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. Adato Energia Oy. 2013 52 s.
- 18) Haulio, Mikko. Sähkönkulutuksen analysointi ja mallintaminen kerrostaloissa. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö 2009. 80 s.
- 19) ASHRAE Standard. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. SI Edition. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004. 2004 186 s.
- 20) D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma - Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Ympäristöministeriö. Määräykset ja ohjeet 2012. 2011 34 s.
- 21) D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma - Rakennusten energiatehokkuus. Ympäristöministeriö. Määräykset ja ohjeet 2012. 2011 35s.
- 22) D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma - Rakennusten energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ympäristöministeriö. Ohjeet 2012. 2013 74 s.
- 23) Wen-kuei Chang, Tianzhen Hong. Statistical Analysis and Modeling of Occupancy Patterns in Open-Plan Offices using Measured Lighting-Switch Data. LBNL-6080E. 2013 17 s.
- 24) SVS 1986. Valaistussuosituksset. Sisävalaistus. Suomen Valoteknillinen Seura ry:n julkaisu nro 9 - 1986. 166 s.
- 25) IESNA 2000. The IESNA Lighting handbook. Reference & Application. 9th Edition. Illuminating Engineering Society of North America. n. 903 s.



## LIITE 1 ESIMERKKILASKELMA

### JÄÄHDYTYKSEN MITOITUSTEHO, TILAN OLOSUHTEIDEN PYSYVYYS SEKÄ JÄÄHDYTYSENERGIANTARVE ERI ASETUS- JA MITOITUSLÄMPÖTILOILLA

Laskelmien tavoitteena oli esittää kuinka paljon huoneen jäähdytyslaitteen asetuslämpötila vaikuttaa jäähdytyksen mitoitustehoon, huoneen lämpöolojen pysyvyyteen sekä jäähdytysenergian tarpeeseen.

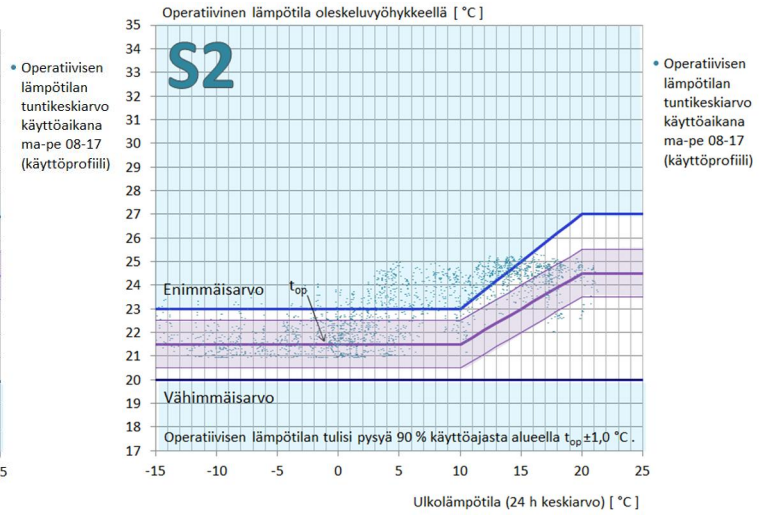
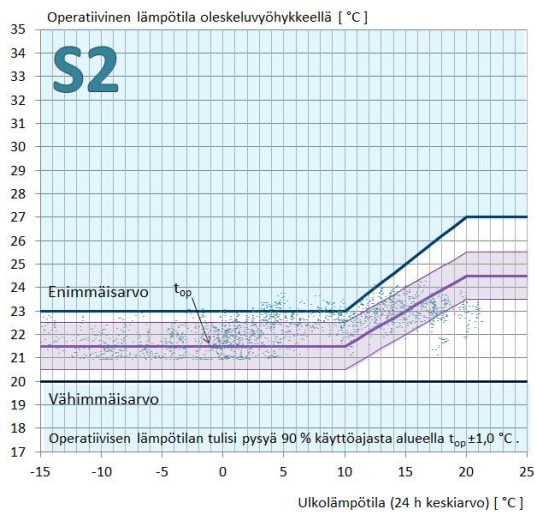
Laskelmien lähtötiedot:

- toimistohuone 10 m<sup>2</sup>
- ikkuna 2,1 m<sup>2</sup>; U-arvo 1,0 W/m<sup>2</sup>K, g-arvo 0,55, sälekaihtimet uloimmassa ikkunavälissä, suuntaus etelään)
- kuormitus 1 henkilö, 120 W valaistus, 150 W toimistolaite
- tuloilmamäärä 1,5 l/s,m<sup>2</sup>, tuloilman lämpötila 18 °C
- käyttöaste jäähdytystarpeen mitoituksessa 100 % ja olosuhde- sekä energialaskelmissa toimistotilan käyttöprofiilit taulukon mukainen
- mitoituspäivän sää; ulkoilman maksimilämpötila 25 °C ja minimilämpötila 16 °C; ulkoilman maksimientalpia 55 kJ/kg
- olosuhde- ja energialaskelmien sää testivuosi 1979
- toimistohuoneen lämmityslaitteen mitoitus- ja asetuslämpötila 21 °C
- toimistohuoneen jäähdytyslaitteen mitoituslämpötila 25 °C ja asetuslämpötila joko a) 23 °C tai b) 25 °C

Laskelmien päätuloksina saatiin, että alemmalla jäähdytyslaitteen asetuslämpötilalla saavutetaan

- 28 %:a pienempi tilajäähdytyksen mitoitusteho, a) 230 W b) 320 W
- 21 %:n parempi olosuhteiden pysyvyys, a) 76 % b) 55 %, kuva 1
- 49 %:n korkeampi jäähdytysenergian tarve, a) 19,9 kWh/m<sup>2</sup> b) 10,2 kWh/m<sup>2</sup>
- 4 %:n korkeampi lämmitysenergian tarve, a) 67,3 kWh/m<sup>2</sup> b) 64,3 kWh/m<sup>2</sup>

Kuvassa 1 on esitetty toimistohuoneen operatiivisen lämpötilan tuntikeskiarvot käyttöaikana (ma-pe 08-17).



Kuva 1. Toimistohuoneen operatiivisen lämpötilan tuntikesiarvot käyttä aikana tilajähdytyslaitteen asetuslämpötilalla a) 23 °C (vasen kuva) ja b) 25 °C (oikea kuva). Kuvassa on esitetty Sisäilmastoluokitus 2008 sisäilmastoluokan S2 tavoitearvo, sallittu poikkeama tavoitearvosta (punainen alue) sekä vähimmäis- ja enimmäisarvot.