

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki: toimistotalo vuodelta 2006

Energiatodistusoppaan 2018 liite  
1.11.2018



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

2018

# Sisällys

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Esimerkkirakennus</b> .....	<b>6</b>
2.1 Rakennuksen tiedot .....	6
2.2 Laskentasuureet .....	9
<b>4 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus</b> .....	<b>14</b>
4.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus.....	14
4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus .....	15
4.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus.....	16
4.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä .....	16
<b>5 Lämmitysenergian tarve</b> .....	<b>18</b>
5.1 Lämmin käyttövesi.....	18
5.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.....	18
5.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt .....	18
5.2 Ilmanvaihto .....	18
5.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila.....	18
5.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve.....	21
5.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve.....	23
5.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	23
5.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	27
5.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa.....	28
5.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä .....	29
5.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve .....	30
5.4.1 Lämpökuormat .....	30
5.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia .....	37
5.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä .....	38
<b>6 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus</b> .....	<b>40</b>
6.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	40
6.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	41
6.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	42
<b>7 Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus</b> .....	<b>44</b>
7.1 Jäähdytysenergian nettotarve .....	44
7.2 Jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutus.....	45
7.3 Jäähdytyksen ostoenergiankulutus .....	46
<b>8 Yhteenveto laskennan tuloksista</b> .....	<b>47</b>
8.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	47

8.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus .....	47
8.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus .....	48
8.4 E-luku .....	49
8.5 Toteutunut energiankulutus.....	51
<b>9 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi.....</b>	<b>52</b>
9.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat .....	52
<b>Liite 1: Energiatodistus .....</b>	<b>54</b>
<b>Liite 2: Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat.....</b>	<b>62</b>
<b>Liite 3: Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen .....</b>	<b>63</b>
<b>Liite 4: Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvun määrittäminen.....</b>	<b>65</b>

# 1 Johdanto

Tässä laadintaesimerkissä lasketaan Lain rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013), lain muutossäädösten (755/2017) sekä Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017, tuonnempana: energiatodistusasetus) mukainen rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus ja laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku). Liitteenä 1 esitetään laskennan tulosten perusteella täytetty energiatodistuslomakkeen luonnos, joka kuvaa esimerkkirakennusta. Tämä laadintaesimerkki on osa Ympäristöministeriön opaskokonaisuutta ”Energiatodistusopas 2018”, joka korvaa aiemman version ”Energiatodistusopas 2016”.

Laskentamenetelmänä tässä laadintaesimerkissä käytetään laskentaohjeen ”Energiatehokkuus: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta” mukaista laskentamenetelmää (tuonnempana: energiatehokkuuden laskentaohje). Energiatehokkuuden laskentaohje on korvannut rakennusmääräyskokoelman osan D5/2012. Tässä oppaassa viitataan usein myös Ympäristöministeriön asetukseen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017, tuonnempana: energiatehokkuusasetus), joka puolestaan on korvannut rakennusmääräyskokoelman osan D3/2012. Ajantasainen energiatodistuslaki, energiatodistusasetus ja energiatehokkuusasetus löytyvät sivustolta finlex.fi ja energiatehokkuuden laskentaohjeen voi ladata Ympäristöministeriön verkkosivustolta. Energiatodistusoppaan 2018 luvussa 2 kerrotaan tarkemmin lainsäädännöstä ja määräyksistä, jotka liittyvät energiatodistusten laskemiseen.

Energiatehokkuuden laskentaohjeessa annetaan ohjeet kuukausitasolla tehtävään rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Laskennan kulku ja tulokset on esitetty tässä oppaassa taulukoina ja yhtälöinä. Taulukoissa on esitetty eriteltynä vuoden kaikkien kuukausien laskentatulokset. Yhtälömuodossa on annettu yhden tai tarvittaessa useamman esimerkkikuukauden laskentatulokset sekä koko vuotta koskevat laskentatulokset. Yhtälöissä käytetyt merkinnät noudattavat energiatehokkuuden laskentaohjeen merkintöjä. Pitkissä yhtälöissä on jätetty välivaiheista yksiköt merkitsemättä kaavaan: käytäntö helpottaa lukemista, eikä sen tulisi vaikeuttaa ymmärtämistä, sillä yksiköt ovat tällöin asiayhteydestä ilmeisiä.

Pääasialliseksi esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joina laskennan kulku poikkeaa tammikuusta<sup>1</sup>. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat pyöristyksistä johtuen poiketa hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa onkin syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Havainnoinnin suorittaa pätevyitynyt energiatodistuksen laatija. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perustella selvitetään lähtötiedot,

---

<sup>1</sup> Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla varustetuissa rakennuksissa tällaisia kuukausia voivat olla esimerkiksi ne kesäkuukaudet, joina lämmöntalteenotto ei ole käytössä.

joita tarvitaan rakennuksen laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-luvun määrittämisessä sekä energiatehokkuutta parantavien suositusten antamisessa.

Energiatodistuksessa esitetty rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku lasketaan tarkasteltavan rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien tietoja sekä energiatodistusasetuksessa esitettyjä rakennustyyppikohtaisia vakioituja lähtöarvoja käyttäen. Tässä laadintaesimerkissä on selvennetty, mitkä laskennan lähtöarvot ovat vakioituja lähtöarvoja ja mitkä perustuvat rakennuksen suunnitteluarvoihin tai rakennuksen havainnointiin paikan päällä. On huomattava, että laadintaesimerkki ei pyri antamaan yleispäteviä referenssiarvoja sen tyyppiselle rakennukselle, jota laadintaesimerkki käsittelee. Mikäli lähtötieto perustuu esimerkiksi Energiatodistusasetukseen tai Energiatehokkuusasetukseen, tämä kerrotaan tekstissä tai taulukossa. Mikäli taas on ilmoitettu, että kyseessä on esimerkiksi paikan päällä tehtyyn havainnointiin perustuva lähtöarvo, lukijan tulee huomioida, että arvo on esimerkinomainen ja kuvitteellinen. Laadintaesimerkkien tarkoituksena on selventää, kuinka E-luvun laskenta tapahtuu, ei tarjota kohta kohdalta valmiiksi sopivia lähtöarvoja todellisen rakennuksen E-luvun laskemiseen.

Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus määritellään rakennuksen vakioidulla käytöllä ja sisältää sähköverkosta ostetun sähkön, kaukolämpöverkosta ostetun kaukolämmön, kaukojäähdytysverkosta ostetun kaukojäähdytyksen sekä rakennuksen lämmöntuottolaitteissa poltetut polttoaineet. Rakennuksen asukkaiden käyttötottumuksia kuvaavat lähtöarvot, kuten ihmisten läsnäolo rakennuksessa ja valaistuksen käyttö, ovat rakennustyyppikohtaisia vakioituja arvoja. Kahden samanlaisen rakennuksen laskennalliset ostoenergiankulutukset ovat siis yhtä suuria, eivätkä riipu rakennuksen tosiasiallisten käyttäjien käyttötottumuksista. Kahden samantyyppisen rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta voidaan tällä tavalla verrata keskenään, ja vertailu kertoo rakennusten energiatehokkuuden eroista, ei rakennusten käyttäjien energiankulutustottumuksista.

Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus muunnetaan energiatehokkuuden vertailuluvuksi eli E-luvuksi käyttämällä energiamuotojen kertoimia, jotka on annettu Valtioneuvoston asetuksessa rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista (788/2017, tuonnempana: kerroinasetus). Kerroinasetuksen mukaan sähköenergian kerroin on 1,20, kaukolämmön kerroin on 0,50, kaukojäähdytyksen kerroin on 0,28, uusiutumattomien polttoaineiden (kuten tavanomaisen lämmitysöljyn) kerroin on 1,00 ja uusiutuvien polttoaineiden (kuten polttopuun) kerroin on 0,50.

Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa tulee laskennallisen ostoenergiankulutuksen ja E-luvun lisäksi esittää rakennuksen toteutunut energiankulutus, mikäli rakennuksessa käytetty sähköenergia, kaukolämpöenergia, kaukojäähdytysenergia ja polttoaineen määrä sekä laatu ovat tiedossa edellisen vuoden tai vuosien osalta. Energiatodistuksessa esitetään myös rakennuksesta tehdyt havainnot sekä suositellut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Toteutunut energiankulutus ja suositukset eivät koske tämän esimerkin pientaloa, joka on uudisrakennus. Tässä laadintaesimerkissä esitelty energiatodistuslomakkeen luonnos ei siis sisällä suosituksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen. Olemassa olevien rakennusten osalta nämä suositukset ovat tärkeä osa energiatodistusta, joten ne on syytä laatia perusteellisesti.

## 2 Esimerkkirakennus

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on nelikerroksinen vuonna 2006 rakennettu toimistotalo. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>. Rakennuksen kaikissa tiloissa on vesikiertoiset 70/40 °C lämpötiloille mitoitettut radiaattorit ja käsikäyttöiset radiaattoriventtiilit. Vesiradiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö. Rakennuksessa on yksi pääilmanvaihtokone keskitetyllä koneellisella tulo- ja poistojärjestelmällä ja lämmöntalteenotolla, jonka lämpötilasuhde on 65%. Lisäksi rakennuksessa on ns. likaisten tilojen erillispoistojärjestelmä, jossa ei ole lämmöntalteenottoa. Kohteessa on sähköinen kompressorijäähdytys, joka on toteutettu tuloilmaa jäähdyttämällä sekä tilakohtaisilla jäähdytyslaitteilla (jäähdytyspalkit osassa tiloista).

Kaukolämpötoimittajan mittauksen perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2012 yhteensä 342 100 kWh kaukolämpöä. Rakennuksen pääsähkölaskun mittauksen perusteella rakennuksen sähkönkulutus on vuonna 2012 ollut 253 600 kWh. Sähkön tai kaukolämmön almittauksista ei ole tietoja käytävissä.

Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä esimerkissä olemassa olevan rakennuksen tapauksessa energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Näin voidaan menetellä, koska kyseessä on olemassa oleva rakennus.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna ( $n_{50}$ ) käytetään energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 1/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen  $q_{50}$  ilmanvuotoluvuksi saadaan 10,84 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>).

### 2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Vantaa	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	2005	rakennuslupa asiakirjat
Valmistumisvuosi	2006	rakennuksen asiakirjat
Laskennan säävyöhyke	Vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitukseluokka	3: toimistorakennukset	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 2
Kerrosten lukumäärä	4	havainnointi paikan päällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikan päällä
Rakennetyyppi	toimistorakennukset, keskiras- kas (vastaa: energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6)	havainnointi paikan päällä

**Taulukko 2.** Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottajärjestelmä	kaukolämpö	havainnointi paikan päällä
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen patterilämmitys	havainnointi paikan päällä
Patterilämmityksen meno- ja paluuvien lämpötila	menovesi 70 °C paluuvesi 40 °C	havainnointi paikan päällä

**Taulukko 3.** Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	kaukolämpö	havainnointi paikan päällä
Lämpimän käyttöveden varaaja	ei varaajaa	havainnointi paikan päällä
Lämpimän käyttöveden kierto	ei ole	havainnointi paikan päällä
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	havainnointi paikan päällä

**Taulukko 4.** Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	pääilmanvaihtokoneessa koneellinen tulo- poistojärjestelmä, lisäksi rakennuksessa erillispoistojärjestelmä	havainnointi paikan päällä
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	kaksi	havainnointi paikan päällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä, ei	havainnointi paikan päällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä	lämmön talteenotossa on lämpötilasäätö; laskennallisesti käsitellään lto:n poiskytkentänä asetusarvon ylittyessä	havainnointi paikan päällä
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä, ei	havainnointi paikan päällä
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	pääilmanvaihtokoneessa vesipatteri, joka kytketty kaukolämpöön - (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikan päällä
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	65 % (pääilmanvaihtokone) 0 % (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikan päällä, valmistajan ilmoittama arvo
Pääilmanvaihtokone	5220L/s (poisto) 5550 L/s (tulo)	havainnointi paikan päällä
Erillispoistojärjestelmä	810 L/s (poisto, käyttöaikana), 70 L/s (poisto, käyttöajan ulkopuolella)	havainnointi paikan päällä
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	0 °C (pääilmanvaihtokone) - (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikan päällä, valmistajan ilmoittama arvo

Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila = sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo – lämpötilan nousu puhaltimessa

**Taulukko 5.** Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja jälkilämmityksen kuukausiaikataulu

ILMANVAIHDON LÄMMÖNTALTEENOTTO JA JÄLKILÄMMITYS		
Kuukausi	Lämmöntalteenotto päällä	Jälkilämmitys päällä
Tammikuu	kyllä	kyllä
Helmikuu	kyllä	kyllä
Maaliskuu	kyllä	kyllä
Huhtikuu	kyllä	kyllä
Toukokuu	kyllä	kyllä
Kesäkuu	kyllä	kyllä
Heinäkuu	ei	ei
Elokuu	ei	ei
Syyskuu	kyllä	kyllä
Lokakuu	kyllä	kyllä
Marraskuu	kyllä	kyllä
Joulukuu	kyllä	kyllä

**Taulukko 6.** Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytysjärjestelmä

TILOJEN JA ILMANVAIHDON JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Jäähdytyksen tuottojärjestelmä	kompressorijäähdytys, sähkö	havainnointi paikan päällä
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde	0,7	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 3, olemassa oleva jäähdytetty rakennus, vaihtoehtoinen jäähdytystarastelu
Kylmäntuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin	3	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, kohta 3, olemassa oleva jäähdytetty rakennus, vaihtoehtoinen jäähdytystarastelu, kompressorikoneikko



## 2.2 Laskentasuureet

Taulukko 7. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	3350,0	m <sup>2</sup>	havainnointi paikan päällä, suunnitteluasiakirjat	$A_{netto}$
Sisälämpötila	21,0	°C	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §, luokka 3	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	10,84	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 4 ja q <sub>50</sub> muuntokaava	$q_{50}$
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	20	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 17 §, 4 kerrosta	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	110	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6: toimistorakennukset, keskiraskas	$C_{rak,omin}$

Taulukko 8. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	Lähde	U W/(m <sup>2</sup> °C)	A m <sup>2</sup>	T <sub>u</sub> °C	UA W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	Piirustukset	0,25	1310,0	Ulkolämpötila	327,5
Yläpohja	Piirustukset	0,16	812,0	Ulkolämpötila	129,9
Alapohja	Piirustukset	0,25	812,0	Maaperä	203,0
Ikkunat <sup>1</sup>	Piirustukset	1,28	620,0	Ulkolämpötila	796,0
Ovet	Piirustukset	1,40	40,0	Ulkolämpötila	56,0
<b>Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)</b>			3594,0		

<sup>3</sup> Ikkunat etelään U=1,2 W/m<sup>2</sup>°C ja muihin ilmansuuntiin U=1,4 W/m<sup>2</sup>°C.

**Taulukko 9.** Lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,72	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9 ja kohta 2.2.7: vesikiertoinen patterilämmitys käsikäyttöisillä radiaattoriventtiileillä, 70/40 °C, jakojohdot eristämättömät	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesiradiaattorilämmitys 70/40 °C	$e_{\text{tilat}}$
Kaukolämmön lämmöntuoton vuosihyötysuhde	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$\eta_{\text{tuotto}}$
Kaukolämmön lämmöntuoton apulaitteiden sähkön ominaiskulutus	0,07	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$e_{\text{tuotto}}$

**Taulukko 10.** Käyttövesi

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	6	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energiatoteutusasetus (1010/2017), 12 §, luokka 3	
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,82	-	Energiatodistusasetus (1048/2017), liite 1, taulukko 5: toimistorakennus, ei kiertoa, eristys 0,5 D	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	W/m	ei kiertojohtoa	
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen lämpöhäviö	0	kWh/a	ei varaajaa	$Q_{\text{lkv,varastointi}}$

**Taulukko 11.** Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,497	-	valmistajan ilmoittama arvo (laskenta YM Tasauslaskentaoppaan 2018, Liitteen 4 mukaan), ks. lisäksi tämän laadintaesimerkin liite 3	$\eta_{a,iv}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	6700	L/s	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	6700	L/s	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 § (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	2,2	kW/(m <sup>3</sup> /s)	havainnointi paikan päällä, SFP-laskenta valmistajan ilmoittamista arvoista (LVI-talotekniikka-teollisuus ry, SFP-opas)	-
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	havainnointi paikan päällä, suunnitteluratkaisu	$T_{sp}$
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	Energiatehokkuuden laskentaohje, kohta 8.1.4	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/(24 h), Energiatehokkuusasetuksen (1010/2017) 11 § luokan 3 mukaisena ilmanvaihdon käyttöaikana	0,542	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §, luokka 3	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde vrk/(7 vrk), Energiatehokkuusasetuksen (1010/2017) 11 § luokan 3 mukaisena ilmanvaihdon käyttöaikana	0,714	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §, luokka 3, 5 vrk/vko	$t_v$
Käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon käyntisuhde päiväkäytön ilmanvaihtoon	0,075	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 §, luokka 3, 0,15 l/sm <sup>2</sup> /(2,0 l/sm <sup>2</sup> )	$t_{ku}$
Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen viikottainen käyntiaikasuhde h/(24*7 h) käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto huomioiden	0,4329	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 10 § ja 11 §, luokka 3 5 vrk/vko - 2,0 l/sm <sup>2</sup> 13 h/(24 h) - 0,15 l/sm <sup>2</sup> 11 h/(24 h) 2 vrk/vko - 0,15 l/sm <sup>2</sup> 24 h/(24 h)	$t$

**Taulukko 12.** Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte h/(24 h)	0,458	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Rakennuksen kuukausittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	0,714	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	12	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,65	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen ominaisteho	10	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Valaistuksen käyttöaste	0,65	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Lämpökuorma ihmisistä	5	W/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-
Ihmisten läsnäoloaste	0,65	-	Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §	-

**Taulukko 13.** Ikkunat

Suure	Yksikkö	Po	It	Et	Lä	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmi-rakenteineen)	m <sup>2</sup>	200,0	30,0	360,0	30,0	havainnointi paikan päällä	$A_{ikk}$
Ikkunalasituksen kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,70	0,70	0,42	0,70	havainnointi paikan päällä, valmistajan ilmoittama arvo	$g_{kohtisuora}$
Ikkunalasituksen auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,63	0,63	0,38	0,63	Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.5	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	havainnointi paikan päällä	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	0,6	0,6	0,6	0,6	havainnointi paikan päällä: suunnitteluratkaisu: Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.2, valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikan päällä: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikan päällä: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.3, kulmalla 15°				havainnointi paikan päällä	$F_{ympäristö}$



## 4 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien aiheuttamaa lämpökuormaa tarvitaan tilojen lämmitysenergiantarpeen laskennassa, siksi niiden sähkönkulutuksen laskenta esitetään tässä luvussa ennen lämmitysenergiantarpeen ja -järjestelmien laskentaa. Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien laskennassa noudatetaan energiatehokkuusasetuksessa annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettuja lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi 11 §:ssä esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Näiden tulona saadaan edelleen kuukausittainen käyttöaika eli käyttöajan osuus kuukauden tuntien kokonaismäärästä. Toimistorakennuksen käyttöaika on 11 tuntia vuorokaudessa viitenä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) & (1) \\ \text{koko vuosi} & \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{11 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{5 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 32,738 \% \end{aligned}$$

Rakennus on siis käytössä n. 32,7 % kunkin kuukauden tunneista. Käyttöaste on se osuus rakennuksen kuukausittaisesta käyttöajasta, jona laitteet ja valaistus ovat päällä. Rakennuksen laitteiden ja valaistuksen käyttöaste on 0,65 eli laitteiden oletetaan olevan päällä 65 % rakennuksen käyttöajasta (65 % kuukauden käyttötunneista).

### 4.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 12 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>, joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

$$\begin{aligned} \text{Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 §} & \quad \left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} & (2) \\ \text{teho} & \quad \left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 40200 \text{ W} \end{aligned}$$

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettynä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatehokkuusasetus (1010/2017), 11 § jaettuna kuukausittain**

$$W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (3)$$

**tammikuu**

$$W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{40200}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 6364,5 \text{ kWh}$$

## 4.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 10 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>, joten valaistuksen tehoksi saadaan

**Energiatehokkuusasetus, 11 §**

$$\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right) = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 33500 \text{ W}$$

Tällä teholla valaistuksen siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun valaistus on päällä energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettynä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Valaistuksen sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain**

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{smallmatrix}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{valaistuksen} \\ \text{käyttöaste} \end{smallmatrix}\right) \cdot \left(\begin{smallmatrix} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{smallmatrix}\right) \quad (5)$$

**tammikuu**

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{33500}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 5303,8 \text{ kWh}$$

### 4.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.1. Kaavassa tarvittava ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP-luku) lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 8.2. Ominaissähköteho lasketaan rakennuksen käytönajan suunnitteluilmavirroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin energiatehokkuusasetuksen 10 §:ssä määriteltyjä ilmavirtoja ja 11 §:ssä määriteltyä ilmanvaihdon käyttöaika.

Tämän toimistorakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku on laitevalmistajan dokumentaation mukaisella pääilmanvaihtokoneella ja erillispoistojärjestelmällä 2,2 kW/(m<sup>3</sup>/s). SFP-luku on laskettu LVI-talotekniikka-teollisuus ry:n SFP-oppaan mukaisella laskennalla. SFP-luvun laskenta on esitetty tämän laskentaesimerkin liitteessä 4.

Toimistorakennuksen tapauksessa ilmanvaihdon käyttöajoissa tulee huomioida energiatehokkuusasetuksen 10 § mukaisesti 1 tunnin käyntiaika ennen ja jälkeen taulukon mukaisen standardikäyttöajan. Lisäksi tulee huomioida rakennuksen ilmanvaihdon käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto energiatehokkuusasetuksen 10 § mukaisesti. Asetuksen mukaisesti rakennuksessa käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon ulkoilmavirran on oltava vähintään 0,15 l/sm<sup>2</sup>. Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräiseksi viikottaiseksi käyntiaikasuhdeksi  $t$  [h/(24\*7 h)] käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto huomioiden saadaan taulukon 11 mukaisesti 0,4329. Taulukon 11 mukainen viikottainen käyntiaikasuhde vastaa suuruudeltaan vuotuista käyntiaikasuhdetta ja sitä on seuraavassa käytetty energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavassa 8.2 laskettaessa ilmanvaihtojärjestelmän vuotuista sähkönkulutusta.. Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutukseksi saadaan näin

<i>Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 8.1</i>	$W_{ilmanvaihto} = SFP \cdot q_{v,poisto} \Delta t =$	(6)
<i>koko vuosi</i>	$W_{ilmanvaihto} = 2,2 \cdot 6,70 \cdot 0,4329 \cdot 8760 = 55895,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$	

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkönkulutusta.

### 4.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukossa 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 5.4.1 lämpökuormien laskennassa.



**Taulukko 14.** Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Yhteensä
	<i>W<sub>kuluttajalaitteet</sub></i>	<i>W<sub>valaistus</sub></i>	
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	6364,5	5303,8	11668,3
Helmikuu	5748,6	4790,5	10539,1
Maaliskuu	6364,5	5303,8	11668,3
Huhtikuu	6159,2	5132,7	11291,9
Toukokuu	6364,5	5303,8	11668,3
Kesäkuu	6159,2	5132,7	11291,9
Heinäkuu	6364,5	5303,8	11668,3
Elokuu	6364,5	5303,8	11668,3
Syyskuu	6159,2	5132,7	11291,9
Lokakuu	6364,5	5303,8	11668,3
Marraskuu	6159,2	5132,7	11291,9
Joulukuu	6364,5	5303,8	11668,3
<b>Koko vuosi</b>	<b>74937,1</b>	<b>62447,6</b>	<b>137384,7</b>

# 5 Lämmitysenergian tarve

## 5.1 Lämmin käyttövesi

### 5.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuusasetuksen 12 §:n arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergian tarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan 6 kWh/(m<sup>2</sup> a). Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>, joten lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

*Energiatehokkuusasetus  
(1010/2017), 12 §*

$$Q_{lkv,netto} = 6 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

*koko vuosi*

$$Q_{lkv,netto} = 6 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 20100 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

### 5.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

#### a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa.

$$Q_{lkv,kierto} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

#### b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Käyttövesijärjestelmässä ei ole varaajaa.

$$Q_{lkv,varastointi} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (9)$$

## 5.2 Ilmanvaihto

### 5.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatehokkuusasetuksen §10:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikoja.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi on tässä rakennuksessa määritetty taulukon 4 mukaisia lähtötietoja ja ympäristöministeriön monistetta 122<sup>2</sup> käyttäen arvo 0,497. Laskenta on esitetty liitteessä 3. Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)) löytyvällä ”LTO-laskin 2018” excel taulukolla.

Laskimessa suunnitelmien mukainen tulo- ja poistoilmamäärä, lämmöntalteenoton tuloilman lämpötila-suhde ja jäteilman minimilämpötila syötetään yksi ilmanvaihtokone kerrallaan taulukkoon ”LTO-laskin”. Tämän jälkeen tuloksena saatu ilmanvaihtokoneen E-lukulaskennan ja säävyöhykkeen I (ja II) mukainen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde syötetään taulukkoon ”Ilmanvaihto” kukin ilmanvaihtokone omalle rivilleen. Taulukkoon ”Ilmanvaihto” tulee täyttää ilmanvaihtokoneiden suunnitelmien mukaiset ilmamäärät ja ilmanvaihtokoneiden käyttöajat. Rakennuksen suunnitelmien mukaisen erillispoistojärjestelmän ilmamäärä on käyttöaikana erilainen kuin käyttöajan ulkopuolella. Tästä johtuen erillispoiston käyttöaika on jaettu liitteen 2 taulukkoon kolmelle eri riville. Laskennan lopputuloksena saadaan koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka liitteen 2 mukaisesti tässä rakennuksessa on 49,7 %.

Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto kytkeytyy automaattisesti pois päältä tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon ylittyessä. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo on tässä rakennuksessa 18 °C, joka vastaa suunnitelmien mukaista sisäänpuhalluslämpötilaa. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötilassa on huomioitu tuloilmapuhaltimen ilmavirtaa lämmittävä vaikutus. Tässä laskelmassa ilmavirta lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdan 3.4.1 mukaisesti. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila on siten 17,5 °C. Lämmöntalteenotto on lisäksi tässä rakennuksessa kytketty kokonaan pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen vaikutus tuloilman lämpötilaan on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 15. Taulukossa on esitetty tuloilman lämpötila myös siinä tapauksessa, että lämmöntalteenotto olisi aina päällä eikä poiskytkentä olisi käytössä.

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.11. Kaavaan voidaan ensin sijoittaa energiatehokkuuden laskentaohjeen kaava 3.12 laskennan yksinkertaistamiseksi. Näin saadaan seuraava yhtälö

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11, sijoitettuna kaava 3.12**

$$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,iv} q_{v,poisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}} \quad (10)$$

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat nyt tässä laskelmassa yhtä suuret, jolloin kaavalle (10) saadaan seuraava muoto

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.11 muokattuna**

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv} (T_s - T_u) \quad (11)$$

<sup>2</sup> YM:n moniste 122 löytyy ympäristöministeriön verkkosivuilta osana ”Tasauslaskenta 2018”-opasta.

a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

$$\text{kaava (11)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv}(T_s - T_u) \quad (12)$$

$$\text{tammikuu} \quad T_{lto} = -3,97 + 0,497 \cdot (21 - (-3,97)) = 8,44 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila on siis noin 8,44 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, jossa tuloilman lämpötila nousee vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila on siten noin 8,94 °C.

b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila kesäkuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan kesäkuussa

$$\text{kaava (11)} \quad T_{lto} = T_u + \eta_{a,ivkone}(T_s - T_u) \quad (13)$$

$$\text{toukokuu} \quad T_{lto} = 14,23 + 0,497 \cdot (21 - 14,23) = 17,59 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila olisi noin 17,59 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, joka lämmittää tuloilmaa vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila olisi siten noin 18,09 °C. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää nyt sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 18 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 17,5 °C

$$\text{LTO poiskytkentäraja} \quad T_{lto} = T_{sp} - \Delta T_{puhallin} \quad (14)$$

$$\text{kesäkuu} \quad T_{lto} = 18,0 - 0,5 = 17,5 \text{ °C}$$

c) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila heinäkuussa

Heinäkuussa lämmöntalteenotto on kytketty pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 35). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C.

**Taulukko 15.** Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila.

Kuukausi	$T_{Ito}$	$T_{Ito} + \Delta T_{puhallin}$	$T_{Ito}$	$T_{Ito}$	$T_{Ito} + \Delta T_{puhallin}$
	aina päällä	aina päällä	aina päällä (poiskytkennällä)	aikataululla* ja poiskytkennällä	aikataululla* ja poiskytkennällä
	°C	°C	°C	°C	°C
Tammikuu	8,44	8,94	8,44	8,44	8,94
Helmikuu	8,17	8,67	8,17	8,17	8,67
Maaliskuu	9,14	9,64	9,14	9,14	9,64
Huhtikuu	12,70	13,20	12,70	12,70	13,20
Toukokuu	15,85	16,35	15,85	15,85	16,35
Kesäkuu	17,59	18,09	17,50	17,50	18,00
Heinäkuu	19,14	19,64	17,50	17,30	17,80
Elokuu	18,51	19,01	17,50	16,05	16,55
Syyskuu	15,73	16,23	15,73	15,73	16,23
Lokakuu	13,56	14,06	13,56	13,56	14,06
Marraskuu	10,69	11,19	10,69	10,69	11,19
Joulukuu	9,34	9,84	9,34	9,34	9,84
<b>Koko vuosi</b>	<b>13,24</b>	<b>13,74</b>	<b>13,01</b>	<b>12,87</b>	<b>13,37</b>

\*) Aikataulu tarkoittaa lämmöntalteenoton mahdollista poiskytkentää kalenterikuukauden mukaan.

## 5.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.10. Puhaltimen vaikutus on huomioitu kaavassa valmiiksi, joten siinä voidaan käyttää lämmöntalteenoton jälkeistä lämpötilaa. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on laskettu luvussa 5.2.1. Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneessa on jälkilämmitys, joka lämmittää tuloilman lämmöntalteenoton jälkeisestä lämpötilasta sisäänpuhalluslämpötilaan. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo on tässä rakennuksessa laskelmassa 18 °C. Sisäänpuhalluslämpötila (jälkilämmityksen jälkeinen tuloilman lämpötila), lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila (tuloilman lämpötila ennen jälkilämmitystä ja puhallinta) ja ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve on esitetty taulukossa 16. Lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys on kytketty pois päältä heinä- ja elokuun ajaksi (taulukko 5).

### a) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve tammikuussa saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.10, kun ilmanvaihtolaitoksen keskimääräisenä viikottaisena käyntiaikasuhteena  $t$  [h/(24\*7 h)] käytetään taulukon 11 mukaisesti 0,4329.

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.10**

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} = \frac{t c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (15)$$

**tammikuu**

$$Q_{iv} = \frac{0,4329 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 6,7 \cdot (18 - 0,5 - 8,44) \cdot 744}{1000} = 23460,0 \text{ kWh}$$

*b) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve kesäkuussa*

Kesäkuussa lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 18 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 17,5 °C. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi kesäkuussa saadaan nyt energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavasta 3.10 kesäkuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.10**

$$Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (16)$$

**toukokuu**

$$Q_{iv} = \frac{0,4329 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 6,7 \cdot (18 - 0,5 - 17,5) \cdot 744}{1000} = 0 \text{ kWh}$$

Kesäkuussa tässä rakennuksessa ei siis ole tarvetta lämmittää tuloilmaa lämmöntalteenoton jälkeen, koska tuloilman lämpötila on lämmöntalteenoton jälkeen 17,5 °C ja lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta vielä 0,5 °C saavuttaen näin sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 18 °C ilman jälkilämmitystä.

*c) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve heinä- ja elokuussa*

Heinä- ja elokuussa lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmityspatteri ovat pois päältä (taulukko 5). Huonetilaan tuodaan nyt suoraan ulkoilmaa, joka lämpenee hieman tuloilmapuhaltimessa. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve on 0 kWh.

**Taulukko 16.** Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve ja tuloilman lämpötila

Kuukausi	Tuloilma lto:n jälkeen	Sisäänpuhalluslämpötila	Lämmitysenergian nettotarve
	$T_{lto}$	$T_{sp}$	$Q_{lv}$
	°C	°C	kWh
Tammikuu	8,44	18,00	23460,0
Helmikuu	8,17	18,00	21813,2
Maaliskuu	9,14	18,00	21649,5
Huhtikuu	12,70	18,00	12027,0
Toukokuu	15,85	18,00	4274,4
Kesäkuu	17,50	18,00	0,0
Heinäkuu	17,30	17,80	0,0
Elokuu	16,05	16,55	0,0
Syyskuu	15,73	18,00	4426,4
Lokakuu	13,56	18,00	10213,7
Marraskuu	10,69	18,00	17068,9
Joulukuu	9,34	18,00	21141,5
<b>Koko vuosi</b>	<b>12,87</b>	<b>17,86</b>	<b>136074,7</b>

## 5.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

### 5.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt muodostuvat ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä sekä viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamista lämpöhäviöistä. Näiden lisäksi lämpöhäviöitä voi olla rakennusta ympäröiviin puolilämpimiin tiloihin. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Kylmäsiltojen laskenta tehdään tämän olemassa olevan rakennuksen tapauksessa energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 18.

#### a) Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi

Rakennuksen kaikkien ulkoseinien lämmönläpäisykerroin on yhtä suuri. Pinta-alana voidaan näin käyttää rakennuksen kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien yhteenlaskettua pinta-alaa. Jos rakennuksessa on lämmönläpäisykertoimeltaan toisistaan poikkeavia ulkoseiniä, lasketaan kunkin lämmönläpäisykertoimeltaan samanlaisen osan johtumislämpöhäviöt erikseen energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista.

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{ulkoseinät} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (17)$$

**tammikuu**

$$Q_{ulkoseinät} = \frac{0,25 \cdot 1310 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 6084,2 \text{ kWh}$$

### b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

Yläpohjan johtumislämpöhäviöt lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien lämpöhäviöt. Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi ovat tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{yläpohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (18)$$

**tammikuu**

$$Q_{yläpohja} = \frac{0,16 \cdot 812 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2413,6 \text{ kWh}$$

### c) Johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

Alapohjan lämpöhäviöiden laskennassa käytettävä ulkolämpötila riippuu alapohjan toteutustavasta. Tässä rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jolloin ulkolämpötilana käytetään alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.6. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.5.

Energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavassa 3.6 tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan energiatehokkuusasetuksen taulukosta L1.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää energiatehokkuuden laskentaohjeen luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. Edellä esitetyn perusteella alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila on

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.5**

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (19)$$

**koko vuosi**

$$T_{maa,vuosi} = 5,57 + 5 = 10,57 \text{ °C}$$

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.6. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukosta 3.4. Nämä molemmat edellä mainitut arvot on esitetty taulukossa 17. Tammikuussa vuosi- ja kuukausikeskilämpötilojen ero on 0 °C. Alapohjan alapuolisen maan keskilämpötila on siten tammikuussa



**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.6**

$$Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (20)$$

**tammikuu**

$$T_{maa,kuukausi} = 10,57 + 0 = 10,57 \text{ °C}$$

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi voidaan nyt laskea energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3 käyttämällä ulkolämpötilana edellä laskettua maan kuukausittaista keskilämpötilaa. Johtumislämpöhäviöksi saadaan näin tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (21)$$

**tammikuu**

$$Q_{alapohja} = \frac{0,25 \cdot 812,0 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 1575,4 \text{ kWh}$$

**Taulukko 17.** Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus
	$T_{maa, kuukausi}$	$\Delta T_{maa, kuukausi}$
	°C	°C
Tammikuu	10,57	0,0
Helmikuu	9,57	-1,0
Maaliskuu	8,57	-2,0
Huhtikuu	7,57	-3,0
Toukokuu	7,57	-3,0
Kesäkuu	8,57	-2,0
Heinäkuu	10,57	0,0
Elokuu	11,57	1,0
Syyskuu	12,57	2,0
Lokakuu	13,57	3,0
Marraskuu	13,57	3,0
Joulukuu	12,57	2,0
Koko vuosi	10,57	-

**d) Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi**

Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien lämpöhäviöt. Rakennuksen etelään suuntautuvien ikkunoiden (360 m<sup>2</sup>) U-arvo on 1,2 W/m<sup>2</sup>°C ja muiden ikkunoiden (260 m<sup>2</sup>) U-arvo on 1,4 W/m<sup>2</sup>°C . Ikkunoiden keskimääräinen U-arvo on näin ollen noin 1,284 W/m<sup>2</sup>°C. Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (22)$$

**tammikuu**

$$Q_{ikkunat} = \frac{1,284 \cdot 620,0 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 14787,8 \text{ kWh}$$

**e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi**

Johtumislämpöhäviöt ovien läpi lasketaan samalla tavalla kuin edellä lasketut ulkoilmaan rajoittuvien ulkoisimpien lämpöhäviöt. Johtumislämpöhäviöt ovien läpi ovat tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (23)$$

**tammikuu**

$$Q_{ovet} = \frac{1,4 \cdot 40,0 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1040,4 \text{ kWh}$$

**f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista**

Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä olemassa olevan rakennuksen tapauksessa energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.

**g) Johtumislämpöhäviöiden summa**

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.3. Johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.3**

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsilillat} + Q_{muu} \quad (24)$$

**tammikuu**

$$Q_{joht} = 6084,2 + 2413,6 + 1575,4 + 14787,8 + 1040,4 + Q_{kylmäsilillat} + Q_{muu} = 25901,4 + 2590,14 + 0 = 28491,5 \text{ kWh}$$

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 18.

**Taulukko 18.** Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät	Yläpohja	Alapohja	Ikkunat	Ovet	Kylmäsiilat	Yhteensä
	$Q_{ulkoseinät}$	$Q_{yläpohja}$	$Q_{alapohja}$	$Q_{ikkunat}$	$Q_{ovet}$	$Q_{kylmäsiilat}$	$Q_{joht}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	6084,2	2413,6	1575,4	14787,8	1040,4	2590,1	28491,5
Helmikuu	5612,0	2226,3	1559,3	13640,3	959,6	2399,8	26397,3
Maaliskuu	5745,5	2279,3	1877,5	13964,6	982,4	2484,9	27334,2
Huhtikuu	3890,7	1543,4	1963,1	9456,5	665,3	1751,9	19270,9
Toukokuu	2495,1	989,8	2028,5	6064,4	426,6	1200,4	13204,8
Kesäkuu	1596,4	633,3	1816,9	3880,0	273,0	820,0	9019,5
Heinäkuu	901,5	357,6	1575,4	2191,2	154,2	518,0	5698,0
Elokuu	1206,1	478,5	1424,4	2931,5	206,2	624,7	6871,4
Syyskuu	2468,8	979,4	1232,3	6000,6	422,2	1110,3	12213,5
Lokakuu	3606,2	1430,6	1122,3	8764,9	616,6	1554,1	17094,6
Marraskuu	4833,9	1917,6	1086,1	11749,0	826,6	2041,3	22454,4
Joulukuu	5650,5	2241,6	1273,3	13733,7	966,2	2386,5	26251,7
<b>Koko vuosi</b>	<b>44090,9</b>	<b>17491,0</b>	<b>18534,3</b>	<b>107164,5</b>	<b>7539,2</b>	<b>19482,0</b>	<b>214301,9</b>

### 5.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan energiatehokkuusasetuksen § 17 mukaan (energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.8). Rakennuksessa on neljä kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen  $x$  arvo on 20. Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna ( $n_{50}$ ) käytetään energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 1/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen  $q_{50}$  ilmanvuotoluvuksi saadaan 10,84 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>). Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 8. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuu-kautena

*Energiatodistusasetus,  
§ 17  
(energiatehokkuuden  
laskentaohje,  
kaava 3.8)*

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaiippa}}{3600x} \quad (25)$$

*kaikki kuukaudet*

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{10,84 \cdot 3594,0}{3600 \cdot 20} = 0,541 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.7**

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (26)$$

**tammikuu**

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,541 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 12062,8 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 19.

### 5.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.13. Kaavassa käytetty sisänpuhalluslämpötila on esitetty taulukossa 16. Tuloilman lämmitysenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 19. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään energiatohokkuusasetuksen 10 §:ssä esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti energiatohokkuusasetuksen 11 §:ssä esitettyjä ilmanvaihtojärjestelmän käyntiaikoja.

#### a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

Tammikuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat käytössä, jolloin sisänpuhalluslämpötila 18 °C. Tilassa tammikuussa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve saadaan, kun ilmanvaihtolaitoksen keskimääräisenä viikottaisena käyntiaikasuhteena  $t$  [h/(24\*7 h)] käytetään taulukon 11 mukaisesti 0,4329.

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.13**

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} = \frac{t \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (27)$$

**tammikuu**

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{0,4329 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 6,7 \cdot (21 - 18) \cdot 744}{1000} = 7768,3 \text{ kWh}$$

#### b) Tuloilman lämpeneminen tilassa heinäkuussa

Heinäkuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 35). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 3.13**

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} = \frac{t \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (28)$$

**heinäkuu**

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{0,4329 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 6,7 \cdot (21 - 17,8) \cdot 744}{1000} = 8286,2 \text{ kWh}$$

### 5.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.2. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve muodostuu johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman, ilmanvaihdon tuloilman ja ilmanvaihdon korvausilman lämpenemisestä tilassa<sup>3</sup>. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 19. Kokonaisenergia-tarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtäsuuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

*Energiatehokkuuden  
laskentaohje,  
kaava 3.2*

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (29)$$

*tammikuu*

$$Q_{tila} = 28491,5 + 12062,8 + 7768,3 + 0 = 48322,6 \text{ kWh}$$

**Taulukko 19.** Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	$Q_{joht}$	$Q_{vuotoilma}$	$Q_{iv,tuloilma}$	$Q_{iv,korvausilma}$	$Q_{tila}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	28491,5	12062,8	7768,3	0,0	48322,6
Helmikuu	26397,3	11126,7	7016,5	0,0	44540,5
Maaliskuu	27334,2	11391,3	7768,3	0,0	46493,8
Huhtikuu	19270,9	7713,9	7517,7	0,0	34502,4
Toukokuu	13204,8	4946,9	7768,3	0,0	25919,9
Kesäkuu	9019,5	3165,0	7517,7	0,0	19702,2
Heinäkuu	5698,0	1787,4	8286,2	0,0	15771,6
Elokuu	6871,4	2391,3	11522,9	0,0	20785,6
Syyskuu	12213,5	4894,8	7517,7	0,0	24626,0
Lokakuu	17094,6	7149,7	7768,3	0,0	32012,7
Marraskuu	22454,4	9583,9	7517,7	0,0	39556,0
Joulukuu	26251,7	11202,9	7768,3	0,0	45222,9
<b>Koko vuosi</b>	<b>214301,9</b>	<b>87416,6</b>	<b>95737,7</b>	<b>0,0</b>	<b>397456,2</b>

<sup>3</sup> Tuloilman lämmittäminen sisänpuhalluslämpötilaan lasketaan kohdassa 6.3 osana lämmitysjärjestelmän energiantarvetta kohdassa 5.2.2 lasketun ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen avulla.

**Taulukko 20.** Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen	Vuotoilma	Tuloilma	Korvausilma	Yhteensä
	$Q_{\text{joht}}$	$Q_{\text{vuotoilma}}$	$Q_{\text{iv,tuloilma}}$	$Q_{\text{iv,korvausilma}}$	$Q_{\text{tila}}$
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	8,50	3,60	2,32	0,00	14,42
Helmikuu	7,88	3,32	2,09	0,00	13,30
Maaliskuu	8,16	3,40	2,32	0,00	13,88
Huhtikuu	5,75	2,30	2,24	0,00	10,30
Toukokuu	3,94	1,48	2,32	0,00	7,74
Kesäkuu	2,69	0,94	2,24	0,00	5,88
Heinäkuu	1,70	0,53	2,47	0,00	4,71
Elokuu	2,05	0,71	3,44	0,00	6,20
Syyskuu	3,65	1,46	2,24	0,00	7,35
Lokakuu	5,10	2,13	2,32	0,00	9,56
Marraskuu	6,70	2,86	2,24	0,00	11,81
Joulukuu	7,84	3,34	2,32	0,00	13,50
<b>Koko vuosi</b>	<b>63,97</b>	<b>26,09</b>	<b>28,58</b>	<b>0,00</b>	<b>118,64</b>

## 5.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

### 5.4.1 Lämpökuormat

#### a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoiksi neliötä kohti saadaan 5 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>, joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

*Energiatehokkuus-  
asetus, § 11*

$$\left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (30)$$

*koko vuosi*

$$\left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 16750 \text{ W}$$

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan energiatehokkuusasetuksen 11 §:ssä esitetty käyttöaika ja käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste taas kuvaa ihmisten läsnäoloa rakennuksessa käyttöajan aikana. Rakennuksen kuukausittaiseksi käyttöajaksi eli käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus, § 11} & \left( \frac{\text{käyttötuntien osuus kuukauden tunneista}}{\text{kuukauden tunneista}} \right) &= \left( \frac{\text{käyttötuntien osuus vuorokauden tunneista}}{\text{vuorokauden tunneista}} \right) \cdot \left( \frac{\text{käyttöpäivien osuus viikon päivistä}}{\text{viikon päivistä}} \right) & (31) \\
 & \text{koko vuosi} & \left( \frac{\text{käyttötuntien osuus kuukauden tunneista}}{\text{kuukauden tunneista}} \right) &= \frac{11 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{5 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 0,32738 = 32,738 \%
 \end{aligned}$$

Rakennuksen käyttöaste on 0,65 eli ihmisten oletetaan olevan paikalla 65 % rakennuksen käyttöajasta (65 % kuukauden käyttötunneista). Ihmisten aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan näin tammikuussa

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuusasetus, § 11} & Q_{\text{henk}} &= \frac{\left( \text{ihmisten lämpöteho} \right)}{1000} \cdot \left( \frac{\text{käyttötuntien osuus kuukauden tunneista}}{\text{kuukauden tunneista}} \right) \cdot \left( \text{käyttöaste} \right) \cdot \left( \frac{\text{kuukauden tuntien lukumäärä}}{\text{kuukauden tuntien lukumäärä}} \right) & (32) \\
 & \text{tammikuu} & Q_{\text{henk}} &= \frac{16750}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 2651,9 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Ihmisistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 23.

#### b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamana lämpökuormana käytetään suoraan niiden sähköenergian kulutusta. Nämä kulutukset on laskettu luvussa 4. Lämpökuormaksi saadaan siten energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.3 tammikuussa

$$\begin{aligned}
 & \text{Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.3} & Q_{\text{säh}} &= W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} & (33) \\
 & \text{tammikuu} & Q_{\text{säh}} &= 6364,5 + 5303,8 = 11668,3 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

#### c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Tässä rakennuksessa ei ole käyttöveden kiertojohtoa eikä varaajaa, joten myöskään niiden aiheuttamia lämpökuormia ei ole.

$$Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} = 0 \text{ kWh} \quad (34)$$

$$Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} = 0 \text{ kWh} \quad (35)$$

#### d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty energiatehokkuusasetuksen liitteen 1 taulukossa L1.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty energiatehokkuuden laskentaohjeen taulukoissa 5.3–5.5.

Pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia sekä varjostuskerroin riippuvat pinnan suunnasta. Tässä rakennuksessa ikkunat on jaoteltu neljään ryhmään lähimmän pääilmansuunnan perusteella. Ikkunoiden pinta-ala ja muut ominaisuudet on esitetty taulukossa 13. Varjostusten korjauskertoimen ja säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin on esitetty kuukausittain taulukoissa 21 ja 22.

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.4. Lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje,  
kaava 5.4**

$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (36)$$

**tammikuu, ikkunat pohjoiseen**

$$Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,441 \cdot 200,0 \cdot 0,63 = 344,5 \text{ kWh}$$

**tammikuu, ikkunat itään**

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 30,0 \cdot 0,63 = 27,79 \text{ kWh}$$

**tammikuu, ikkunat etelään**

$$Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,3375 \cdot 360,0 \cdot 0,38 = 595,59 \text{ kWh}$$

**tammikuu, ikkunat länteen**

$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 30,0 \cdot 0,63 = 27,79 \text{ kWh}$$

**tammikuu, ikkunat yhteensä**

$$\sum Q_{aur} = 995,7 \text{ kWh}$$

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 995,7 kWh. Kaavassa (36) esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 23.

Tässä rakennuksessa ei ole yläpuolista varjostusta eikä sivuvarjostusta, joten sekä ylävarjostuskertoimen ja sivuvarjostuskertoimen arvo on 1,0. Ympäristövarjostuskertoimen taulukkoarvon valinnassa tarvittavan varjostuskulman on arvioitu olevan 15°. Varjostuskertoimen arvoksi saadaan näin tammikuussa



Energiatehokkuuden laskentaohje,  
kaava 5.8

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (37)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{varjostus} = 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,98$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{varjostus} = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{varjostus} = 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$$

Taulukko 21. Varjostusten korjauskertoimet

Kuukausi	Pohjoiseen	Koilliseen	Itään	Kaakkoon	Etelään	Lounaaseen	Länteen	Luoteeseen
	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$	$F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,980	0,920	0,860	0,805	0,750	0,805	0,860	0,920
Helmikuu	0,960	0,895	0,830	0,795	0,760	0,795	0,830	0,895
Maaliskuu	0,960	0,895	0,830	0,815	0,800	0,815	0,830	0,895
Huhtikuu	0,930	0,880	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,880
Toukokuu	0,930	0,890	0,850	0,875	0,900	0,875	0,850	0,890
Kesäkuu	0,860	0,845	0,830	0,870	0,910	0,870	0,830	0,845
Heinäkuu	0,900	0,875	0,850	0,880	0,910	0,880	0,850	0,875
Elokuu	0,880	0,840	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,840
Syyskuu	0,950	0,890	0,830	0,820	0,810	0,820	0,830	0,890
Lokakuu	0,960	0,905	0,850	0,805	0,760	0,805	0,850	0,905
Marraskuu	0,960	0,910	0,860	0,795	0,730	0,795	0,860	0,910
Joulukuu	0,980	0,955	0,930	0,830	0,730	0,830	0,930	0,955
<b>Koko vuosi</b>	<b>0,938</b>	<b>0,892</b>	<b>0,846</b>	<b>0,827</b>	<b>0,808</b>	<b>0,827</b>	<b>0,846</b>	<b>0,892</b>

Rakennuksen ikkunoiden kehäkertoimen arvoa ei ole selvitetty erikseen. Arvona käytetään siten energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdan 5.3.3 oletusarvoa 0,75. Rakennuksessa on 2-puitteiset ikkunat ja niissä käytetään ikkunoiden sisäpuolella olevia valkoisia sälekaihtimia. Verhokertoimen arvona käytetään energiatehokkuuden laskentaohjeen kohdassa 5.3.4 esitettyä tyypillistä arvoa 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje,  
kaava 5.6

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (38)$$

tammikuu, ikkunat pohjoiseen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,98 = 0,441$$

tammikuu, ikkunat itään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$$

tammikuu, ikkunat etelään

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,75 = 0,338$$

tammikuu, ikkunat länteen

$$F_{\text{läpäisy}} = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 0,86 = 0,387$$

Taulukko 22. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen	Koilliseen	Itään	Kaakoon	Etelään	Lounaaseen	Länteen	Luoteeseen
	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$	$F_{\text{varjostus}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,441	0,414	0,387	0,362	0,338	0,362	0,387	0,414
Helmikuu	0,432	0,403	0,374	0,358	0,342	0,358	0,374	0,403
Maaliskuu	0,432	0,403	0,374	0,367	0,360	0,367	0,374	0,403
Huhtikuu	0,419	0,396	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,396
Toukokuu	0,419	0,401	0,383	0,394	0,405	0,394	0,383	0,401
Kesäkuu	0,387	0,380	0,374	0,392	0,410	0,392	0,374	0,380
Heinäkuu	0,405	0,394	0,383	0,396	0,410	0,396	0,383	0,394
Elokuu	0,396	0,378	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,378
Syyskuu	0,428	0,401	0,374	0,369	0,365	0,369	0,374	0,401
Lokakuu	0,432	0,407	0,383	0,362	0,342	0,362	0,383	0,407
Marraskuu	0,432	0,410	0,387	0,358	0,329	0,358	0,387	0,410
Joulukuu	0,441	0,430	0,419	0,374	0,329	0,374	0,419	0,430
<b>Koko vuosi</b>	<b>0,422</b>	<b>0,401</b>	<b>0,381</b>	<b>0,372</b>	<b>0,363</b>	<b>0,372</b>	<b>0,381</b>	<b>0,401</b>

e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen yhtälöllä 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä. Lämpökuormat vuoden aikana kuukausina on esitetty taulukossa 23. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 5.9

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (39)$$

tammikuu  $Q_{\text{lämpökuorma}} = 2651,9 + 11668,3 + 995,7 + 0 + 0 = 15315,9 \text{ kWh}$

Taulukko 23. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset	Sähkölaitteet	Aurinko	LKV kierto	LKV varastointi	Yhteensä
	$Q_{\text{henk}}$	$Q_{\text{säh}}$	$Q_{\text{aur}}$	$Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$	$Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$	$Q_{\text{lämpökuormat}}$
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	2651,9	11668,3	995,7	0,0	0,0	15315,9
Helmikuu	2395,3	10539,1	3098,8	0,0	0,0	16033,2
Maaliskuu	2651,9	11668,3	7252,2	0,0	0,0	21572,3
Huhtikuu	2566,3	11291,9	8930,4	0,0	0,0	22788,6
Toukokuu	2651,9	11668,3	11045,6	0,0	0,0	25365,8
Kesäkuu	2566,3	11291,9	10692,8	0,0	0,0	24551,1
Heinäkuu	2651,9	11668,3	11599,4	0,0	0,0	25919,6
Elokuu	2651,9	11668,3	8600,1	0,0	0,0	22920,2
Syyskuu	2566,3	11291,9	7600,9	0,0	0,0	21459,1
Lokakuu	2651,9	11668,3	2967,8	0,0	0,0	17288,0
Marraskuu	2566,3	11291,9	1221,5	0,0	0,0	15079,7
Joulukuu	2651,9	11668,3	807,2	0,0	0,0	15127,3
Koko vuosi	<b>31223,8</b>	<b>137384,7</b>	<b>74812,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>243420,9</b>

f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 5.5. esitetyllä tavalla. Hyödyntämisasteen laskeminen aloitetaan laskemalla rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö energiatohokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.16 tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeesta. Sen arvoksi saadaan tammikuussa

Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 5.16

$$H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (40)$$

tammikuu

$$H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot 48322,6}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 2601,11 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida energiatohokkuuden laskentaohjeen taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpökapasiteetin ominaisarvoksi arvoksi on tässä rakennuksessa arvioitu

110 Wh/(m<sup>2</sup> K). Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

**Energiatehokkuuden laskentaohje, taulukko 5.6**

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (41)$$

**koko vuosi**

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 3350 \cdot 110 = 368500 \frac{\text{Wh}}{\text{K}}$$

Rakennuksen aikavakio lasketaan ominaislämpöhäviön ja lämpökapasiteetin avulla energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.15. Rakennuksen aikavakioksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.15**

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (42)$$

**tammikuu**

$$\tau = \frac{368500}{2601,11} = 141,67 \text{ h} = 5,9 \text{ d}$$

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.14. Suhteeksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.14**

$$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}} \quad (43)$$

**tammikuu**

$$\gamma = \frac{15315,9}{48322,6} = 0,32$$

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.11. Ennen hyödyntämisasteen laskemista pitää vielä laskea kaavassa tarvittava apusuure energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.13. Apusuureen arvoksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.14**

$$a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (44)$$

**tammikuu**

$$a = 1 + \frac{141,67 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 10,44$$

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste voidaan nyt laskea energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.11. Hyödyntämisasteen arvoksi saadaan tammikuussa

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.11**

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (45)$$

**tammikuu**

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,32^{10,44}}{1 - 0,32^{(10,44+1)}} = 1,00$$

**Taulukko 24.** Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö	Aikavakio	Suhde	Apusuure	Hyödyntämisaste
	$H_{tila}$	$\tau$	$\gamma$	$a$	$\eta_{lämpö}$
	W/K	h	-	-	-
Tammikuu	2601,11	141,67	0,32	10,44	1,00
Helmikuu	2599,24	141,77	0,36	10,45	1,00
Maaliskuu	2650,20	139,05	0,46	10,27	1,00
Huhtikuu	2904,24	126,88	0,66	9,46	0,99
Toukokuu	3402,21	108,31	0,98	8,22	0,90
Kesäkuu	4041,97	91,17	1,25	7,08	0,76
Heinäkuu	5729,28	64,32	1,64	5,29	0,59
Elokuu	5643,97	65,29	1,10	5,35	0,80
Syyskuu	3266,74	112,80	0,87	8,52	0,95
Lokakuu	2907,28	126,75	0,54	9,45	1,00
Marraskuu	2679,95	137,50	0,38	10,17	1,00
Joulukuu	2621,11	140,59	0,33	10,37	1,00
<b>Koko vuosi</b>	<b>3420,61</b>	<b>116,34</b>	<b>0,74</b>	<b>8,76</b>	<b>0,92</b>

#### 5.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 5.10. Laskennassa tarvitaan rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä ja lämpökuormien hyödyntämisaste. Lämpökuormista hyödynnettäväksi energiaksi saadaan tammikuussa

*Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 5.10*

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (46)$$

*tammikuu*

$$Q_{sis,lämpö} = 1,0 \cdot 15315,8 = 15315,8 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 25 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 0 ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 0.

**Taulukko 25.** Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä	Hyödyntämisaste	Lämpökuormista hyödyksi
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	$Q_{\text{sis. Lämpö}}$
	kWh	-	kWh
Tammikuu	15315,9	1,000	15315,8
Helmikuu	16033,2	1,000	16033,0
Maaliskuu	21572,3	1,000	21568,0
Huhtikuu	22788,6	0,993	22633,6
Toukokuu	25365,8	0,901	22852,8
Kesäkuu	24551,1	0,762	18715,5
Heinäkuu	25919,6	0,590	15304,6
Elokuu	22920,2	0,799	18306,0
Syyskuu	21459,1	0,946	20289,7
Lokakuu	17288,0	0,999	17264,4
Marraskuu	15079,7	1,000	15079,2
Joulukuu	15127,3	1,000	15127,2
<b>Koko vuosi</b>	<b>243420,9</b>	<b>0,916</b>	<b>218489,6</b>

#### 5.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 5.3.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohdassa 5.4.2. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 26 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

*Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 3.1*

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (47)$$

*tammikuu*

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 48322,6 - 15315,8 = 33006,8 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

**Taulukko 26.** Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	$Q_{tila}$	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh	kWh	kWh
Tammikuu	48322,6	15315,8	33006,8
Helmikuu	44540,5	16033,0	28507,6
Maaliskuu	46493,8	21568,0	24925,8
Huhtikuu	34502,4	22633,6	11868,9
Toukokuu	25919,9	22852,8	3067,1
Kesäkuu	19702,2	18715,5	986,7
Heinäkuu	15771,6	15304,6	467,0
Elokuu	20785,6	18306,0	2479,6
Syyskuu	24626,0	20289,7	4336,3
Lokakuu	32012,7	17264,4	14748,2
Marraskuu	39556,0	15079,2	24476,8
Joulukuu	45222,9	15127,2	30095,7
<b>Koko vuosi</b>	<b>397456,2</b>	<b>218489,6</b>	<b>178966,5</b>

**Taulukko 27.** Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve	Lämpökuomista	Nettotarve
	$Q_{tila}$	$Q_{sis. lämpö}$	$Q_{lämmitys, tilat, netto}$
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	14,42	4,57	9,85
Helmikuu	13,30	4,79	8,51
Maaliskuu	13,88	6,44	7,44
Huhtikuu	10,30	6,76	3,54
Toukokuu	7,74	6,82	0,92
Kesäkuu	5,88	5,59	0,29
Heinäkuu	4,71	4,57	0,14
Elokuu	6,20	5,46	0,74
Syyskuu	7,35	6,06	1,29
Lokakuu	9,56	5,15	4,40
Marraskuu	11,81	4,50	7,31
Joulukuu	13,50	4,52	8,98
<b>Koko vuosi</b>	<b>118,64</b>	<b>65,22</b>	<b>53,42</b>

# 6 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

## 6.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### a) Tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian tarve (kulutus)

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen radiaattorilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 70/40 °C ja käsikäyttöisillä radiaattoriventtiileillä. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan patterilämmitykselle 0,80, kun jakojohdot eivät ole eristetyt. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti hyötysuhde kerrotaan arvolla 0,9, koska radiaattoriventtiilit ovat käsikäyttöisiä. Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan näin 0,72. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavan 6.1 ja taulukossa 26 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.1**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (48)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{178966,5}{0,72} + 0 + 0 = 248564,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Vesiradiaattoreiden lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa radiaattoriverkostoon kaukolämmönvaihtimelta syötetyn lämpöenergian suhdetta radiaattoreiden (lämmitettäviin) tiloihin luovuttamaan lämpöenergiaan. Vesiradiaattoriverkostoon pitää siis tässä tapauksessa syöttää n. 248565 kWh/a lämpöenergiaa, jotta lämmitettäviin tiloihin saadaan n. 178967 kWh/a lämpöenergiaa. Lämpöenergioiden erotus menee häviöinä ulkoilmaan.

### b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 70/40 °C. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan patterilämmitykselle 2,0 kWh/(m<sup>2</sup>a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.4

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 6.4**

$$W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (49)$$

**koko vuosi**

$$W_{\text{tilat}} = 2,0 \cdot 3350,0 = 6700 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$



### c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus saadaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Tilojen lämmöntuottojärjestelmän lämmön ostoenergiankulutukseksi saadaan

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.1**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (50)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{248564,7}{0,97} = 256252,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa vesiradiaattoriverkoston luovuttaman lämpöenergian suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan.

### d) Tilojen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutus

Kaukolämpöön liitetyn huonekohtaisen vesiradiaattorilämmityksen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutukseksi saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 0,07 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.4**

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (51)$$

**koko vuosi**

$$W_{\text{tuotto,apu}} = 0,07 \cdot 3350 = 234,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

## 6.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

### a) Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve (kulutus)

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen kaavalla 6.5. Käyttöveden siirron (jakelun) hyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 5. Järjestelmässä ei ole kiertojohtoa ja lämpimän käyttöveden jakojohdon eristystaso on 0,5 D . Siirron hyötysuhteeksi saadaan näin taulukosta 0,82. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa eikä varaajaa. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 6.5**

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (52)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{20100}{0,82} + 0 + 0 = 24512,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 24512 kWh/a lämmitysenergiaan käytöveen vuodessa.

#### b) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatohokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhdeksi saadaan 0,97. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kaava 7.1**

$$Q_{\text{lämmitys,lkv,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto,lkv}}} \quad (53)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,lkv,kulutus}} = \frac{24512,2}{0,97} = 25270,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde on tässä tapauksessa käyttövesiverkoston lämpöenergiatarpeen suhde kaukolämmönvaihtimeen syötettyyn lämpöenergiaan. Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kulutus on siten noin 25270 kWh/a.

### 6.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

#### a) Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämmitysenergian kokonaistarve (kulutus)

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarpeen laskennassa ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden hyötysuhteen voidaan olettaa olevan 100 % energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti. Ilmanvaihdon lämpöenergian kokonaistarve on siten yhtä suuri kuin luvussa 5.2.2 laskettu ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

**Energiatohokkuuden laskentaohje, kohta 6.2.2**

$$Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{Q_{\text{iv}}}{1,00} \quad (54)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,iv}} = \frac{136074,7}{1,00} = 136074,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

b) Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 7.1 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa tuloilma lämmitetään kaukolämmöllä. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan näin

**Energiatehokkuuden laskentaohje, kaava 7.1**

$$Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,iv}}}{\eta_{\text{tuotto,iv}}} \quad (55)$$

**koko vuosi**

$$Q_{\text{lämmitys,iv,kulutus}} = \frac{136074,7}{0,97} = 140283,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

# 7 Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus

Olemassa oleville jäähdytetyille rakennuksille voidaan käyttää energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti vaihtoehtoista jäähdytystarkastelua. Tässä esimerkissä olemassa olevalle jäähdytetyille rakennukselle (toimistorakennus) on käytetty kyseessä olevaa vaihtoehtoista jäähdytyksen ostoenergian laskentatapaa. Kohteessa on käytössä ilmanvaihdon jäähdytys sekä huonekohtaisia jäähdytyslaitteita (jäähdytyspalkit toimisto- ja neuvotteluhuoneissa). Laskentamenetelmä itsessään on jäähdytysjärjestelmästä riippumaton, ainoastaan ostoenergian laatu määräytyy järjestelmän mukaan (kaukojäähdytys / sähkö).

## 7.1 Jäähdytysenergian nettotarve

Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 vaihtoehtoista jäähdytyksen ostoenergian kulutuksen laskentatapaa noudattaen on ensin laskettava jäähdytysenergian nettotarve.

Ennen jäähdytysenergian nettotarpeen määrittämistä on oltava selvillä kuukausittaiset kohdan 5.3.4 taulukon 19 mukaiset tilojen lämmitysenergiantarpeet  $Q_{tila}$  ja kohdan 5.2.2 taulukon 16 mukaiset rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergiantarpeet  $Q_{iv}$ . Jäähdytysenergian nettotarpeen laskemiseksi tarvitaan edelleen kohdan 0 taulukossa 23 esitetyt kuukausittaiset lämpökuormat ( $Q_{lämpökuorma}$ ) ja kohdan 0 taulukossa 24 esitetyt lämpökuormien kuukausittaiset hyödyntämisasteet ( $\eta_{lämpö}$ ).

Jäähdytysenergian nettotarpeeksi heinäkuussa saadaan energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 kaavalla

$$\begin{aligned} \text{Energiatodistusasetus,} & & Q_{\text{jäähdytys,netto}} &= (1 - \eta_{\text{lämpö}}) Q_{\text{lämpökuorma}} \\ \text{liite 1, kohdan 3 kaava} & & & - \frac{(T_{s,\text{lask,keskim.}} - T_s)^{1,1}}{(T_s - T_u)} (Q_{\text{tila}} + Q_{\text{iv}}) = \end{aligned} \quad (56)$$
  
$$\begin{aligned} \text{heinäkuu} & & Q_{\text{jäähdytys,netto}} &= (1 - 0,590) \cdot 25919,6 - \frac{(23,0 - 21,0)^{1,1}}{(21 - 17,3)} (15771,6 \\ & & & + 0) = 1477,9 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Esimerkkinä olevan olemassa olevan toimistorakennuksen jäähdytetyt tilat ovat tavanomaisia jäähdytettyjä tiloja, joille energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti käytetään jäähdytyksen asetusarvona  $T_{s,\text{lask,keskim.}}$  23°C ja sisäilman lämpötilana  $T_s$  21°C. Taulukossa 28 on esitetty rakennuksen jäähdytysenergian kuukausittaiset nettotarpeet ja niiden laskennan lähtöarvot.

**Taulukko 28.** Jäähdytysenergian nettotarve

Kuukausi	Tilojen lämmitys-energiatarve	Ilmanvaihdon lämmitys-energiatarve	Lämpökuorma yhteensä	Hyödyn-tämisaste	Jäähdytys-asetusarvo	Sisäilman lämpötila	Ulkoilman lämpötila	Nettotarve, jäähdytys
	$Q_{tila}$	$Q_{iv}$	$Q_{lämpökuorma}$	$\eta_{lämpö}$	$T_{s,lask,keskim.}$	$T_s$	$T_u$	$Q_{jäähdytys,netto}$
	kWh	kWh	kWh	-	°C	°C	°C	kWh
Tammikuu	48322,6	23460,0	15315,9	1,000	23,0	21,0	-3,97	0,0
Helmikuu	44540,5	21813,2	16033,2	1,000	23,0	21,0	-4,50	0,0
Maaliskuu	46493,8	21649,5	21572,3	1,000	23,0	21,0	-2,58	0,0
Huhtikuu	34502,4	12027,0	22788,6	0,993	23,0	21,0	4,50	0,0
Toukokuu	25919,9	4274,4	25365,8	0,901	23,0	21,0	10,76	0,0
Kesäkuu	19702,2	0,0	24551,1	0,762	23,0	21,0	14,23	0,0
Heinäkuu	15771,6	0,0	25919,6	0,590	23,0	21,0	17,30	1477,9
Elokuu	20785,6	0,0	22920,2	0,799	23,0	21,0	16,05	0,0
Syyskuu	24626,0	4426,4	21459,1	0,946	23,0	21,0	10,53	0,0
Lokakuu	32012,7	10213,7	17288,0	0,999	23,0	21,0	6,20	0,0
Marraskuu	39556,0	17068,9	15079,7	1,000	23,0	21,0	0,50	0,0
Joulukuu	45222,9	21141,5	15127,3	1,000	23,0	21,0	-2,19	0,0
<b>Koko vuosi</b>	<b>397456,18</b>	<b>136074,7</b>	<b>243420,9</b>	<b>0,916</b>	<b>23,0</b>	<b>21,0</b>	<b>5,57</b>	<b>1477,9</b>

## 7.2 Jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutus

Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisessa vaihtoehdoisen jäähdytyksen ostoenergiatarkastelussa rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen vuotuinen jakelujärjestelmän energiankulutus  $Q_{jäähdytys}$  lasketaan taulukkoon 28 lasketun jäähdytysenergian nettotarpeen  $Q_{jäähdytys,netto}$  ja jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteen  $\eta_{jäähdytys}$  avulla kaavalla

**Energiatodistusasetus, liite 1, kohdan 3 kaava**

$$Q_{jäähdytys} = \frac{Q_{jäähdytys,netto}}{\eta_{jäähdytys}} \quad (57)$$

**koko vuosi**

$$Q_{jäähdytys} = \frac{1477,9}{0,70} = 2111,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteena  $\eta_{jäähdytys}$  käytetään energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti arvoa 0,7, koska tarkempaa tietoa häviöistä ei ole. Kyseessä on koko järjestelmän hyötysuhde, eli siihen sisältyvät luovutukseen, säätöön ja jakeluun liittyvät häviöt.

### 7.3 Jäähdytyksen ostoenergiankulutus

Rakennuksen jäähdytys tuotetaan sähköllä kompressorikoneikolla. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisessa vaihtoehtoisen jäähdytyksen ostoenergiatarkastelussa rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen vuotuinen ostoenergiankulutus  $W_{\text{jäähdytys,osto}}$  lasketaan edellä kohdassa 7.2 lasketun jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutuksen  $Q_{\text{jäähdytys}}$  ja kylmäntuotto prosessin vuotuisen kylmäkertoimen  $e_E$  avulla kaavalla

*Energiatodistusasetus,  
liite 1, kohdan 3 kaava*

$$W_{\text{jäähdytys,osto}} = \frac{Q_{\text{jäähdytys}}}{e_E} \quad (58)$$

*koko vuosi*

$$W_{\text{jäähdytys,osto}} = \frac{2111.3}{3} = 703,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

Rakennuksessa jäähdytyksen tuottoon käytetään kompressorikoneikkoa, joten kylmäntuotto prosessin vuotuisena kylmäkertoimenä  $e_E$  käytetään energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti arvoa 3.

## 8 Yhteenveto laskennan tuloksista

### 8.1 Lämmitysenergian nettotarve

Tämän esimerkkirakennuksen lämmitysenergian nettotarve on esitetty kokonaisuutena taulukossa 29. Lämmitysenergian nettotarve on se lämpöenergian vähimmäismäärä, joka rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon tuloilman ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan lämmitystavasta riippumatta. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeessa on huomioitu lämpökuormista, kuten valaistuksesta ja auringon säteilystä, tilojen lämmitykseen hyödyksi saatu lämpöenergia. Taulukoissa pinta-alaan suhteutetut lukuarvot tarkoittavat energian tarvetta ja kulutusta jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. Lukuarvojen rinnalla taulukossa on esitetty se tämän oppaan osio, jossa kyseinen lukuarvo on laskettu.

**Taulukko 29.** Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
<b>Tilojen lämmitys</b>	<b>178966,5</b>	<b>53,4</b>	4.4.3
Johtuminen	214301,9	64,0	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	87416,6	26,1	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	95737,7	28,6	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-218489,6	-65,2	4.4.2
<b>Ilmanvaihdon lämmitys</b>	<b>136074,7</b>	<b>40,6</b>	4.2.2
<b>Lämpimän käyttöveden lämmitys</b>	<b>20100,0</b>	<b>6,0</b>	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>335141,3</b>	<b>100,0</b>	-

### 8.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus tarkoittaa rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäädytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä. Energiantuottojärjestelmien, kuten lämpöpumpun, öljylämmityslaitteiston tai kaukolämpökeskuksen, energiankulutus ja häviöt eivät siis sisälly rakennuksen energiankulutukseen.

**Taulukko 30.** Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö			Lämpö			Kaukojäähdytys		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Lämmitysjärjestelmä	6700	2,0	-	409152	122,1	-	-	-	-
Tilojen lämmitys	6700	2,0	-	248565	74,2	-	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	248565	74,2	5.1 a)	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6700	2,0	5.1 b)	-	-	-	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	136075	40,6	5.3 a)	-	-	-
Käyttöveden lämmitys	0	0,0	-	24512	7,3	-	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	24512	7,3	5.2 a)	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	0	0,0	5.2 b)	-	-	-	-	-	-
Jäähdytysjärjestelmä	-	-	-	-	-	-	2111	0,6	-
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen jakelujärjestelmä	-	-	-	-	-	-	2111	0,6	6.2
Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet	55895	16,7	3.3	-	-	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	137385	41,0	-	-	-	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	74937	22,4	3.1	-	-	-	-	-	-
Valaistus	62448	18,6	3.2	-	-	-	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>199980</b>	<b>59,7</b>	-	<b>409152</b>	<b>122,1</b>	-	<b>2111</b>	<b>0,6</b>	-

### 8.3 Laskennallinen ostoenergiankulutus

Taulukon 30 rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta päästään laskennalliseen ostoenergiankulutukseen, kun huomioidaan tuottojärjestelmän hyötysuhteet ja tuoton apulaitteiden sähkönkulutus kohdan 6 mukaisesti. Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin

421806 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 125,9 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 200918 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on noin 60,0 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 31.



**Taulukko 31.** Laskennallinen ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Kaukolämpö</b>	<b>421805,7</b>	<b>125,91</b>
Tilojen lämmitys	256252	76,49
Lämmin käyttövesi	25270	7,54
Tuloilman lämmitys	140283	41,88
<b>Sähkö</b>	<b>200918</b>	<b>59,98</b>
<b>Tilojen lämmitys</b>	<b>6935</b>	<b>2,07</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	235	0,07
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6700	2,00
<b>Lämmin käyttövesi</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	0	0,00
<b>Tuloilman lämmitys</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
<b>Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys</b>	<b>704</b>	<b>0,21</b>
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	<b>55895</b>	<b>16,69</b>
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	55895	16,69
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>137385</b>	<b>41,01</b>
Kuluttajalaitteet	74937	22,37
Valaistus	62448	18,64

## 8.4 E-luku

Laskennallinen ostoenergiankulutus muunnetaan laskennalliseksi energiatehokkuuden vertailuluvuksi eli E-luvuksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kaukolämmityksen kerroin on 0,5 ja sähköenergian kerroin on 1,2. Kaukolämmityksen osuudeksi E-luvusta saadaan näin

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E - luvusta} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (59)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E - luvusta} \end{array} \right) = 0,5 \cdot 421805,7 = 210902,9 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttama osuus E-luvusta on tällöin

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{sähköenergian laskennallinen} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (60)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) = 1,2 \cdot 200918,4 = 241102,1 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden

$$\text{E-luku} = \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{osuus E – luvusta} \end{array} \right) \quad (61)$$

$$\text{E-luku} = 62,96 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 71,97 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 134,9 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 135 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

E-luku pyöristetään aina ylöspäin. Tämän rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku on **135 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a)**. Rakennus sijoittuu energiatehokkuusluokkaan **C**. Laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku on esitetty eriteltynä taulukossa 32.

**Taulukko 32.** Ostoenergiankulutus ja E-luku

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	kWh <sub>E</sub> /a	E-luku kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)			
<b>Kaukolämpö</b>	<b>421806</b>	<b>125,91</b>	<b>0,5</b>	<b>210903</b>	<b>62,96</b>
Tilojen lämmitys	256252	76,49	0,5	128126	38,25
Lämmin käyttövesi	25270	7,54	0,5	12635	3,77
Tuloilman lämmitys	140283	41,88	0,5	70142	20,94
<b>Sähkö</b>	<b>200918</b>	<b>59,98</b>	<b>1,2</b>	<b>241102</b>	<b>71,97</b>
Tilojen lämmitys	6935	2,07	1,2	8321	2,48
Lämmin käyttövesi	0	0,00	1,2	0	0,00
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys	704	0,21	1,2	845	0,25
Ilmanvaihtojärjestelmä	55895	16,69	1,2	67074	20,02
Kuluttajalaitteet ja valaistus	137385	41,01	1,2	164862	49,21
<b>Yhteensä</b>				<b>452005</b>	<b>134,93</b>
				<b>E-LUKU</b>	<b>135</b>

## **8.5 Toteutunut energiankulutus**

Energiatodistuksessa tulee esittää lisätietona rakennuksen toteutunut energiankulutus niiltä osin, joista tiedot on saatavilla. Kaukolämpötoimittajan mittauksen perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2017 yhteensä 342 100 kWh kaukolämpöä. Rakennuksen pääsähkölaitteen mittauksen perusteella rakennuksen sähkönkulutus on vuonna 2017 ollut 253 600 kWh. Sähkön tai kaukolämmön alamittauksista ei ole tietoja käytettävissä.

# 9 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi

## 9.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen eteläjulkisivun julkisivulaistuksen tiiviydessä on havaittu puutteita. Toimenpiteenä suositellaan lasituksen saumojen tiivistämistä ja korjausta tehtävän erillissuunnitelman mukaisesti. Tiivistyksen jälkeen suositellaan tehtäväksi vaipan ilmanpitävyysmittaus.

Rakennusvaipan nykyisenä ilmanvuotolukuna ( $n_{50}$ ) käytetään energiatodistusasetuksen liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 1/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa. Energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen nykyiseksi  $q_{50}$  ilmanvuotoluvuksi on saatu 10,84 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>). Ilmanvuotoluvussa on korjauksen jälkeen arvioitu päästävän  $q_{50}$  lukuun 4,0 m<sup>3</sup>/(h vaippa m<sup>2</sup>). Tällöin rakennuksen laskennallinen ostolämmönkulutus pienenee noin 71239 kWh/a. Samalla rakennuksen jäähdytyksen osatoenergiankulutus kasvaa energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 3 vaihtoehdoisen jäähdytystarkastelun mukaan 1539 kWh/a. Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku pienenee **10 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a)**. Rakennus säilyy energiatehokkuusluokassa **C**.

**Taulukko 33.** Lämmitysenergian nettotarve vaipan tiivistämisen jälkeen (arvio)

	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	129213,1	38,6	4.4.3
Johtuminen	214301,9	64,0	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	32257,0	9,6	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	95737,7	28,6	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-213083,5	-63,6	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	136074,7	40,6	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	20100,0	6,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>285387,9</b>	<b>85,2</b>	-

**Taulukko 34.** Ostoenergiankulutus ja E-luku vaipan tiivistämisen jälkeen (arvio)

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiankulutus		Kerroin	kWh <sub>E</sub> /a	E-luku kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)			
<b>Kaukolämpö</b>	<b>350567</b>	<b>104,65</b>	<b>0,5</b>	<b>175283</b>	<b>52,32</b>
Tilojen lämmitys	185013	55,23	0,5	92507	27,61
Lämmin käyttövesi	25270	7,54	0,5	12635	3,77
Tuloilman lämmitys	140283	41,88	0,5	70142	20,94
<b>Sähkö</b>	<b>202457</b>	<b>60,44</b>	<b>1,2</b>	<b>242949</b>	<b>72,52</b>
Tilojen lämmitys	6935	2,07	1,2	8321	2,48
Lämmin käyttövesi	0	0,00	1,2	0	0,00
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,2	0	0,00
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys	2243	0,67	1,2	2691	0,80
Ilmanvaihtojärjestelmä	55895	16,69	1,2	67074	20,02
Kuluttajalaitteet ja valaistus	137385	41,01	1,2	164862	49,21
<b>Yhteensä</b>				<b>418232</b>	<b>124,85</b>
				<b>E-LUKU</b>	<b>125</b>

# Liite 1: Energiatodistus

## ENERGIATODISTUS 2018

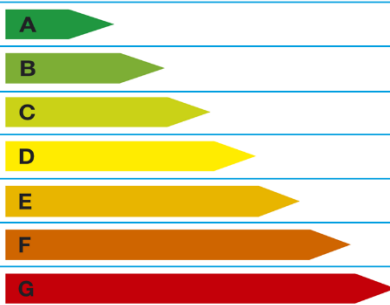

Rakennuksen nimi ja osoite: Vuonna 2006 rakennettu toimistotalo  
YM:n energiatodistusoppaan 2018 esimerkki  
01510, VANTAA

Pysyvä rakennustunnus:  
Rakennuksen valmistumisvuosi: 2006  
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka: Toimistorakennukset

Todistustunnus: 107368

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa  
 Uudelle rakennukselle käyttöönottovaiheessa  
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: 03.09.2018

	Energiatehokkuusluokka
	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen  
energiantehtävyyden vertailuluku eli E-luku  
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimustaso

$\text{kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$

135

$\leq 100$

Todistuksen laatija:

Eero Energiatodistuksenlaatija

Yritys:

Yritys oy  
Katuposoite 3  
00100, HELSINKI

Sähköinen allekirjoitus:

Energiatodistuksenlaatija, Eero  
1.10.2018 15:05:05

Todistuksen laatimispäivä:

1.10.2018

Viimeinen voimassaolopäivä:

1.10.2028

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

### Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

<b>Lämmitetty nettoala</b>	3350 m <sup>2</sup>
<b>Lämmitysjärjestelmän kuvaus</b>	Vesiradiaattorit 70/40oC, eristämättömät jakojohdot
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus</b>	Koneellinen tulo/poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla, lisäksi erillispoistojärjestelmä

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	200 918	60,0	1,2	72,0
kaukolämpö	421 806	125,9	0,5	63,0
<b>Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)</b>				<b>135</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

#### Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

#### Luokkien rajat asteikolla

#### Toimistorakennukset

<b>A: ... 80</b>	<b>B: 81 ... 120</b>	<b>C: 121 ... 170</b>
<b>D: 171 ... 200</b>	<b>E: 201 ... 240</b>	<b>F: 241 ... 300</b>
<b>G: 301 ...</b>		

#### Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

**C**

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E- lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

### Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

-

Rakennuksessa sattaa tulevaisuudessa olla odotettavissa huomattavia järjestelmien saneerauksia kuten IV-kanavien saneeraus, linjasaneeraus, ulkoseinien saneeraus, vesikaton saneeraus ja ulkovalaistuksen saneeraus. Saneerauksien yhteydessä tulisi aina harkita mahdollisuudet energiansäästötoimenpiteisiin, joilla rakennuksen energiatehokkutta on mahdollista huomattavastikin parantaa.

Tällä hetkellä energiatehokkuutta voidaan parantaa vaihtamalla ikkunat ja ulko-ovet paremmin eristettyihin, vaihtamalla kaikki käsikäyttöiset patteriventtiilit termostaattisiin patteriventtiileihin ja vaihtamalla kaikki yleisten tilojen valaisimet uusiin energiatehokkaampiin.

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".

Todistustunnus: 107368, 2/8

## E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Toimistorakennukset			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2006	Lämmitetty nettoala	3 350	m <sup>2</sup>
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	10,8	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>U × A</b> W/K	<b>Osuus lämpöhäviöistä</b> %
Ulkoseinät	1 310,0	0,25	327,5	20 %
Yläpohja	812,0	0,16	129,9	8 %
Alapohja	812,0	0,25	203,0	12 %
Ikkunat	620,0	1,28	796,0	48 %
Ulko-ovet	40,0	1,40	56,0	3 %
Kylmäsiilat	-	-	151,2	9 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	<b>A</b> m <sup>2</sup>	<b>U</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>g<sub>kohtisuora</sub>-arvo</b> -	
Pohjoinen	200,0	1,40	0,70	
Koillinen				
Itä	30,0	1,40	0,70	
Kaakko				
Etelä	360,0	1,20	0,42	
Lounas				
Länsi	30,0	1,40	0,70	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen tulo/poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla, lisäksi erillispoistojärjestelmä			
	<b>Ilmavirta tulo/poisto</b> (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	<b>Järjestelmän SFP-luku</b> kW / (m <sup>3</sup> /s)	<b>LTO:n lämpötilasuhde</b> -	<b>Jäätymisenesto</b> °C
Pääilmanvaihtokoneet	5,89 / 5,89	2,3	65 %	0,0
Erillispoistot	0,81/0,81	1,50	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	6,7 / 6,7	2,2	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:	50 %			
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesiradiaattorit 70/40°C, eristämättömät jakojohdot			
	<b>Tuoton hyötysuhde</b> -	<b>Jaon ja luovutuksen hyötysuhde</b> -	<b>Lämpökerroin</b> <sup>1</sup> -	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö</b> <sup>2</sup> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	90 %		2,00
Lämpimän käyttöveden valmistus	97 %	82 %		0,00
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumpputjärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	<b>Määrä</b> kpl	<b>Tuotto</b> kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin				
Jäähdytysjärjestelmä	-			
	3,0			
Lämmin käyttövesi				
	<b>Ominaiskulutus</b> dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	<b>Lämmitysenergian nettotarve</b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Lämmin käyttövesi	103	6,0		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	<b>Käyttöaste</b> -	<b>Henkilöt</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Kuluttajalaitteet</b> W/m <sup>2</sup>	<b>Valaistus</b> W/m <sup>2</sup>
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	65 %	5,0	12,0	
Valaistus	65 %			10,0



## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Toimistorakennukset			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2006			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	3350			
E-luku, kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)	135			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh <sub>E</sub> /vuosi kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)	
sähkö	200 918	1,2	241102	72,0
kaukolämpö	421 806	0,5	210903	63,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>622 724</b>		<b>452 005</b>	<b>135</b>
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>		2,0	74,2	-
Tuloilman lämmitys		0,0	40,6	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	7,3	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		16,7	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,2	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus		41,0	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>59,9</b>	<b>122,1</b>	<b>0,0</b>
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>		178 967	53	
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		136 075	41	
Lämpimän käyttöveden valmistus		20 100	6	
Jäähdytys		1 478	0	
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko		74 812	22	
Henkilöt		31 224	9	
Kuluttajalaitteet		74 937	22	
Valaistus		62 448	19	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0	0	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	Laskentaohjelma X Versio 1.0			

Todistustunnus: 107368, 4/8

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmitystarvelukukorjausta.  
Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 3350 m<sup>2</sup>

Energiaverkoista ostettu energia				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö				342 100	102
Kokonaissähkö				253 600	76
Kiinteistösähkö					
Käyttäjäsähkö					
Kaukojäähdytys					
Ostetut polttoaineet <sup>1</sup>	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnoskerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kevyt polttoöljy		litra	10		
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m <sup>3</sup>	1300		
Pilkkeet (koivu)		pino-m <sup>3</sup>	1700		
Puupelletit		kg	4,7		
<sup>1</sup> Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".					
Toteutunut ostoenergia yhteensä				kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Sähkö yhteensä				253 600	76
Kaukolämpö yhteensä				342 100	102
Polttoaineet yhteensä					
Kaukojäähdytys					
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>595 700</b>	<b>178</b>
Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen sää tiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.					
Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.					

Todistustunnus: 107368, 5/8

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä. Osio ei koske uusia rakennuksia.

### Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen eteläjulkisivun julkisivulaistuksen tiiviydessä on havaittu puutteita. Toimenpiteenä suositellaan tiivistämistä ja korjausta tehtävän erillissuunnitelman mukaisesti. Tiivistyksen jälkeen suositellaan tehtäväksi vaipan ilmanpitävyyssmittaus. Ilmanpitävyydessä on korjauksen jälkeen arvioitu päästävän q50 lukuun 4,0 m<sup>3</sup>/(h vaippa m<sup>2</sup>).

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1	-71 239	0	1 539	-10
2				
3				

### Huomiot ylä- ja alapohja

Ylä- ja alapohjan osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmien osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksen pääilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, mutta erillispoistojärjestelmä on ilman lämmöntalteenottoa. Myöhemmin, kun ilmanvaihtojärjestelmän saneeraus tulee ajankohtaiseksi ehdotetaan erillispoistojärjestelmän korvaamista tulo/poisto ilmanvaihtokoneella, jonka yhteyteen asennetaan lämmöntalteenotto. Havainnointikäynnillä tutkitusti ilmastointijärjestelmät ovat hyvässä kunnossa. Ilmanvaihdon ja ilmastointijärjestelmän osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian muutos</b>	<b>Sähkö, ostoenergian muutos</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian muutos</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Tällä hetkellä ei ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian muutos</b>	<b>Sähkö, ostoenergian muutos</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian muutos</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

### Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon (eivät vaikuta E-lukuun)

Erillispoistojärjestelmän täyden ilmavirran käyntiaikaa olisi hyvä tarkistaa rakennuksen todellista käyttöä paremmin vastaavaksi. Sama koskee pääilmanvaihtokoneen käyntiaikoja

### Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

## LISÄMERKINTÖJÄ

## Liite 2: Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

**Taulukko 35.** Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Kuukausi	Tuntien lukumäärä $\Delta t$	Ulkoilman keskilämpötila (°C) $T_u$
Tammikuu	744	-3,97
Helmikuu	672	-4,50
Maaliskuu	744	-2,58
Huhtikuu	720	4,50
Toukokuu	744	10,76
Kesäkuu	720	14,23
Heinäkuu	744	17,30
Elokuu	744	16,05
Syyskuu	720	10,53
Lokakuu	744	6,20
Marraskuu	720	0,50
Joulukuu	744	-2,19
<b>Koko vuosi</b>	<b>8760</b>	<b>5,57</b>

Ulkoilman keskilämpötila on poimittu energiatehokkuusasetuksen liitteestä 1, taulukosta L1.2.

# Liite 3: Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen

Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)) löytyvällä ”LTO-laskin 2018” excel taulukolla. Laskenta suoritettiin suunnitelmista saaduilla ilmavirroilla, lämmöntalteenottolaitteiden lämpötilasuhteilla ja lämmöntalteenoton jäätymissuojauksen asetuksilla.

Toimistotilojen pääilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saatiin alla olevan mukaisesti 66 %.

**Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskentaa varten ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde ( $\eta_{la, ivkone}$ ) eri säävyöhykkeillä.**

Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus-poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin
Pientalokone	Koko rakennus	Jatkuva	5,55	5,22	1

Tuloilman lämpötilasuhde yhtäsuurilla ilmavirroilla	0,65	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhde	0,63	
Poistoilman lämpötilasuhde	0,67	
Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa	1,06	

Huonelämpötila	21,0 °C
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	0,0 °C

**Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ( $\eta_{la, ivkone}$ )**

Säävyöhyke		
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	66,0 %	100 %
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	65,3 %	99 %
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	62,2 %	94 %

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2018 (versio maaliskuu 2017)

**Liite 3, kuva 1** Pääilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, toimistotilat  
Erillispoistojärjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa, joten sen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 0 %.

Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi (E-lukulaskentaan) saatiin alla olevan mukaisesti 49,7 %.

Aputaulukot, joilla voidaan laskea lämpöhäviöiden tasauslaskennassa tarvittavat keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosiyhötysuhteet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet  
 Taulukko 2. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet  
 Taulukko 3. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat puoillämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet  
 Taulukko 4. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuulumattomat puoillämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2018 esimerkki, 2006 rakennettu toimistotalo
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Olemassa oleva toimistotalo
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaattaja
Päiväys	1.10.2018

**Taulukko 1. Lämpimät tilat**

Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet		Käyttötapa	Mitoitus- tulolimavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus- poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö- ilmavirta- kerroin	Käyttöajan keskimääräinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Käyntiaikatekijät		Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	TASAU- LASKENTA- LOMAKKEESEEN Ilmanvaihdon LTO:n vuosiyhötysuhde, % [η <sub>a</sub> ]
Kone	Palvelualue						τ <sub>d</sub>	τ <sub>w</sub>		
Toimisto	Toimisto	päiväkäyttö, arkisin	5,55	5,22	1	5,220	13	5	2,020	49,7 % 66 %
Erillispoisto	Sosiaalitilat	päiväkäyttö, arkisin	0	0,81	1	0,810	13	5	0,313	0 %
Erillispoisto	Sosiaalitilat	ilta/yökäyttö, arkisin	0	0,57	1	0,570	11	5	0,187	0 %
Erillispoisto	Sosiaalitilat	Viikonloppu- käyttö	0	0,57	1	0,570	24	2	0,163	0 %

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2018 (versio maaliskuu 2017)

### Liite 3, kuva 2. Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosiyhötysuhde



# Liite 4: Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvun määrittäminen

SFP-luku on laskettu LVI-Talotekniikkateollisuus ry:n SFP-oppaan mukaisella laskennalla. Laskenta suoritettiin alla taulukossa esitetyillä suunnitelmista saaduilla puhallintiedoilla.

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvuksi saatiin alla esitetysti 2,2 kW/(m<sup>3</sup>/s).

**Rakennuskohde:** YM energiatodistusoppaan 2018 esimerkki, 2006 rakennettu toimistotalo

## Tulo- ja poistoilmakoneet

Tulo-ilma-kone	Ilma-virta	Kanava-paine	Hyöty-suhde	Sähkö-teho	Poisto-ilma-kone	Ilma-virta	Kanava-paine	Hyöty-suhde	Sähkö-teho	Tämän koneen SFP
merkintä	m <sup>3</sup> /s	Pa	%	kW	merkintä	m <sup>3</sup> /s	Pa	%	kW	kW/m <sup>3</sup> /s
Toimisto-TK	5,55	850	61	7,73	Toimisto-PK	5,22	560	59	4,95	2,29
Yhteensä	5,55			7,73		5,22			4,95	

## Poistoilmakoneet

Poisto-ilma-kone	Ilma-virta	Kanava-paine	Hyöty-suhde	Sähkö-teho	Tämän koneen SFP
merkintä	m <sup>3</sup> /s	Pa	%	kW	kW/m <sup>3</sup> /s
Erillispoisto	0,81	440,00	60	0,59	0,73
Yhteensä	0,81			0,59	

Tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	5,55
Poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	6,03
Sähkötehot yhteensä kW	13,28
SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	2,20

**Liite 4, kuva 3** Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvun laskenta. Rakennuksessa on tulo- poistoilmanvaihtokone ja erillispoistojärjestelmä.