

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki

## 2006 rakennettu toimistotalo

Energiatodistusoppaan 2013 liite  
30.4.2014

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Esimerkkirakennus</b> .....	<b>5</b>
2.1 Rakennuksen tiedot.....	5
2.2 Laskentasuureet.....	8
<b>3 Kuluttajalaitteiden, valaistuksen ja ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus</b> .....	<b>11</b>
3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus.....	11
3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus.....	12
3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus.....	12
3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä .....	13
<b>4 Lämmitysenergian tarve</b> .....	<b>14</b>
4.1 Lämmin käyttövesi.....	14
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve.....	14
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt.....	14
4.2 Ilmanvaihto.....	14
4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila .....	14
4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve .....	17
4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve .....	19
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	19
4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	22
4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa .....	23
4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä.....	24
4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve .....	26
4.4.1 Lämpökuormat.....	26
4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia .....	33
4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä.....	34
<b>5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus</b> .....	<b>36</b>
5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	36
5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus.....	37
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	38
<b>6 Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus</b> .....	<b>40</b>
6.1 Jäähdytysenergian nettotarve.....	40
6.2 Jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutus .....	41
6.3 Jäähdytyksen ostoenergiankulutus.....	41
<b>7 Yhteenveto laskennan tuloksista</b> .....	<b>43</b>
7.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	43
7.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus.....	43
7.3 Ostoenergiankulutus.....	44
7.4 Kokonaisenergiankulutus.....	45
7.5 Toteutunut energiankulutus .....	46
<b>8 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi</b> .....	<b>47</b>
8.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat .....	47
<b>9 Energiatodistus</b> .....	<b>49</b>
<b>Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat</b> .....	<b>57</b>
<b>Liite 2. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen</b> .....	<b>58</b>

# 1 Johdanto

Tässä oppaassa lasketaan energiatodistuslain (50/2013) ja energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) mukainen rakennuksen ostoenergiankulutus ja kokonaisenergiankulutus sekä esitetään laskennan tulosten perusteella täytetty energiatodistus. Laskentamenetelmänä tässä oppaassa käytetään rakentamismääräyskoelman osan D5/2012 laskentamenetelmää.

Rakentamismääräyskoelman osassa D5 annetaan ohjeet kuukausitasolla tehtävään rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Laskennan kulku ja tulokset on esitetty tässä oppaassa taulukkoina ja yhtälöinä. Taulukoissa on esitetty eriteltynä vuoden kaikkien kuukausien laskentatulokset ja yhtälöinä yhden tai useamman esimerkkikuukauden laskentatulokset sekä koko vuotta koskevat laskentatulokset. Yhtälöissä käytetyt merkinnät noudattavat rakentamismääräyskoelman osan D5/2012 merkintöjä. Pääasiallisesti esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joihin laskennan kulku poikkeaa tammikuusta<sup>1</sup>. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat poiketa pyöristyksistä johtuen hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa on 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. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perustella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehdyt havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksessa on lasketun osto- ja kokonaisenergiankulutuksen lisäksi esitettävä rakennuksen toteutunut energiankulutus niiltä osin, joista tiedot on saatavilla.

Energiatodistuksessa esitetty rakennuksen osto- ja kokonaisenergiankulutus sekä energiatehokkuusluokka lasketaan tarkasteltavan rakennuksen rakenteiden ja järjestelmien tietoja sekä energiatodistusasetuksessa esitettyjä rakennustyyppikohtaisia vakioituja lähtöarvoja käyttäen. Laskettu ostoenergiankulutus on arvio rakennuksen käyttäjän energialaskussa keskimäärin näkyvästä energiankulutuksesta. Ostoenergiankulutus sisältää rakennuksen kaikkien järjestelmien kuluttaman sähköverkosta ostetun sähkön, kaukolämpöverkosta ostetun kaukolämmön, kaukojäähdytysverkosta ostetun kaukojäähdytyksen sekä rakennuksen lämmöntuotolaitteissa poltetut polttoaineet. Ostoenergiankulutuksen laskennassa rakennuksen asukkaiden käyttötottumuksia kuvaavat lähtöarvot, kuten ihmisten läsnäolo rakennuksessa ja valaistuksen käyttö, lasketaan rakennustyyppikohtaisilla rakennuksen käyttöä kuvaavilla vakioituilla arvoilla. Näin kahden samanlaisen rakennuksen laskennalliset ostoenergiankulutukset ovat yhtä suuria ja kahden samantyyppisen rakennuksen ostoenergiankulutukset vertailukelpoisia keskenään.

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kokonaisenergiankulutus on arvio rakennuksen ostoenergiankulutuksen aiheuttamasta energianlähteiden kulutuksesta. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa sähköenergian kerroin on 1,7, kaukolämmön kerroin on 0,7,

---

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

kaukojäähdytyksen kerroin on 0,4, uusiutumattomien polttoaineiden, kuten tavanomaisen lämmitysöljyn, kerroin on 1,0 ja uusiutuvien polttoaineiden, kuten polttopuun, kerroin on 0,5.

## 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. Vesiradiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö. Rakennuksessa on yksi pääilmanvaihtokone koneellisella tulo- ja poistojärjestelmällä ja lämmöntalteenotolla, jonka lämpötilasuhde on 65%. Lisäksi rakennuksessa on ns. likaisten tilojen erillispoistojärjestelmä, jossa ei ole lämmöntalteenottoa.

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

Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä esimerkissä ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna (n<sub>50</sub>) käytetään YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 l/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa. YM asetuksen 176/2013 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen q<sub>50</sub> 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	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	toimistorakennukset, (toimistorakennukset)	suunnitteluratkaisu, YM asetus 176/2013, liite 2
Kerrosten lukumäärä	4	havainnointi paikanpäällä
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	havainnointi paikanpäällä
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: toimistorakennukset, keskiraskas	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	kaukolämpö	havainnointi paikanpäällä
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen patterilämmitys	havainnointi paikanpäällä
Patterilämmityksen meno- ja paluuveden mitoituslämpötila	menovesi 70 °C paluuvesi 40 °C	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

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

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	pääilmanvaihtokoneessa koneellinen tulo- poistojärjestelmä, lisäksi rakennuksessa erillispoistojärjestelmä	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	kaksi	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä, ei	havainnointi paikanpäällä
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylityessä	kyllä, ei	havainnointi paikanpäällä
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä, ei	havainnointi paikanpäällä
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	pääilmanvaihtokoneessa vesipatteri, joka kytketty kaukolämpöön, - (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikanpäällä
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	65 % (pääilmanvaihtokone) 0 % (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo
Pääilmanvaihtokone	5220L/s (poisto) 5500 L/s (tulo)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo
Erillispoistojärjestelmä	810 L/s (poisto, käyttöaikana) 570 L/s (poisto, käyttöajan ulkopuolella)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	0 °C (pääilmanvaihtokone) - (erillispoistojärjestelmä)	havainnointi paikanpäällä, valmistajan ilmoittama arvo

Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila = sisänpuhalluslämpötilan asetusarvo – lämpötilan nousu puhaltimessa

Taulukko 5. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja jälkilämmityksen kuukausiaikataulu

ILMANVAIHDON LÄMMÖNTALTEENOTTO JA JÄLKILÄMMITYS		
Kuukausi	Lämmöntalteenotto päällä	Jälkilämmitys päällä
Tammikuu	kyllä	kyllä
Helmi	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 JÄÄHDYTYS-JÄRJESTELMÄ		Lähde
Jäähdytyksen tuottojärjestelmä	kompressorijäähdytys, sähkö	havainnointi paikanpäällä
Jäähdytyksen jakelujärjestelmän hyötysuhde	0,7	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 3, olemassa oleva jäähdytetty rakennus, vaihtoehtoinen jäähdytystarkastelu
Kylmäntuotto prosessin vuotuinen kylmäkerroin	3	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 3, olemassa oleva jäähdytetty rakennus, vaihtoehtoinen jäähdytystarkastelu, 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	D3/2012 taulukko 2 (Toimistorakennus)	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	10,84	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4 ja q <sub>50</sub> muunto-kaava	$q_{50}$
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	20	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	$x$
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	110	Wh/(m <sup>2</sup> K)	D5/2012 taulukko 5.6: toimistorakennukset, keskiras- kas	$C_{rak,omin}$

Taulukko 8. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	Lähde	$U$ W/(m <sup>2</sup> °C)	$A^l$ m <sup>2</sup>	$T_u$ °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>2</sup>	Piirustukset	1,284	620,0	Ulkolämpötila	796,0
Ovet	Havainnointi paikanpäällä	1,40	40,0	Ulkolämpötila	56,0
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)			3594,0		

1 Pinta-alat perustuvat sisämittoihin.

2 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	0,80	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C, jakojohdot eristämättömät	$\eta_{lämmitys,tilat}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesiradiaattorilämmitys 70/40 °C	$e_{tilat}$
Kaukolämmön lämmöntuoton vuosihyötysuhde	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$\eta_{tuotto}$
Kaukolämmön lämmöntuoton apulaitteiden sähkön ominaiskulutus	0,07	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$e_{tuotto}$



Taulukko 10. Käyttövesi

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	6	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D3/2012 taulukko 5	
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,82	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 5: toimistorakennus, ei kiertoa, eristys 0,5 D	$\eta_{lkv,siirto}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	W/m	ei kiertojohtoa	
Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen lämpöhäviö	0	kWh/a	ei varaajaa	$Q_{lkv,varastointi}$

Taulukko 11. Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,498	-	Valmistajan ilmoittamista arvoista YM Monisteen 122 mukaisesti laskettuna	$\eta_{a,iv}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	6700	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	6700	L/s	D3/2012 luku 3.2 (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	$q_{v,tulo}$
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	2,2	kW/(m <sup>3</sup> /s)	havainnointi paikanpäällä, SFP-laskenta valmistajan ilmoittamista arvoista (LVI-talotekniikka-teollisuus ry, SFP-opas)	-
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	18,0	°C	havainnointi paikanpäällä, suunnitteluratkaisu	$T_{sp}$
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	D5/2012 luku 3.4	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhte h/(24 h), D3/2012 kohdan 3.3.7 mukaisena ilmanvaihdon käyttöaikana	0,542	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3 ja kohta 3.3.7	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte vrk/(7 vrk), D3/2012 kohdan 3.3.7 mukaisena ilmanvaihdon käyttöaikana	0,714	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3, toimistorakennus, 5 vrk/vko	$t_v$
Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen viikottainen käyntiaikasuhte h/(24*7 h) käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto huomioiden	0,4329	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3, kohta 3.3.7 sekä kohta 3.2.2 , toimistorakennus 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 päivittäinen käyttöaikasuhte h/(24 h)	11 h / 24 h = 0,458	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Rakennuksen viikottainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	5 vrk / 7 vrk = 0,714	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	12	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,65	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen ominaisteho	12	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen käyttöaste	0,65	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Lämpökuorma ihmisistä	5	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-

Taulukko 13. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Po	It	Et	Lä	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteeseen)	m <sup>2</sup>	200,0	30,0	360,0	30,0	havainnointi paikanpäällä	$A_{ikk}$
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,63	0,63	0,38	0,63	havainnointi paikanpäällä. valmistajan ilmoittama arvo	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	D5/2012 kohta 5.3.4 oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	0,6	0,6	0,6	0,6	havainnointi paikanpäällä: suunnitteluratkaisu: D5/2012 taulukko 5.2, valkoiset säle- kaihtimet sisäpuolella	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikanpäällä: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	havainnointi paikanpäällä: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	D5/2012 taulukko 5.3 kul- malla 15°				havainnointi paikanpäällä	$F_{ympäristö}$

### 3 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 rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 luvussa 3 annettuja määräyksiä. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 3 annettuja lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi D3/2012 taulukossa 3 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

---


$$\begin{aligned}
 & \text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (1) \\
 & \text{koko vuosi} \quad \left( \begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{11 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{5 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 32,738 \%
 \end{aligned}$$


---

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).

#### 3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $12 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3350 \text{ m}^2$ , joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

---


$$\begin{aligned}
 & \text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (2) \\
 & \text{teho} \quad \left( \begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array} \right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 40200 \text{ W}
 \end{aligned}$$


---

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä D3/2012 taulukossa 3 esitettyinä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomi-

oidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

$$\begin{array}{l}
 \text{D3/2012 taulu-} \\
 \text{kon 3 arvo jaet-} \\
 \text{tuna kuukausit-} \\
 \text{tain}
 \end{array}
 \quad
 W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{array}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array}\right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{laitteiden} \\ \text{käyttöaste} \end{array}\right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array}\right) \quad (3)$$

$$\begin{array}{l}
 \text{tammikuu}
 \end{array}
 \quad
 W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{40200}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 6364,5 \text{ kWh}$$

## 3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 12 W/m<sup>2</sup>. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3350 m<sup>2</sup>, joten valaistuksen tehoksi saadaan

$$\begin{array}{l}
 \text{D3/2012 taulukosta 3}
 \end{array}
 \quad
 \left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3350 \text{ m}^2 = 40200 \text{ W}$$

Tällä teholla valaistuksen siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun valaistus on päällä D3/2012 taulukossa 3 esitettyä käyttöaikana. Sähköenergian laskennassa huomioidaan käyttöaika (käyttötuntien osuus kuukauden tunneista) ja käyttöaste. Valaistuksen sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

$$\begin{array}{l}
 \text{D3/2012 taulukon 3} \\
 \text{arvo} \\
 \text{jaettuna} \\
 \text{kuukausittain}
 \end{array}
 \quad
 W_{\text{valaistus}} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{c} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array}\right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{käyttöaste} \end{array}\right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array}\right) \quad (5)$$

$$\begin{array}{l}
 \text{tammikuu}
 \end{array}
 \quad
 W_{\text{valaistus}} = \frac{40200}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 6364,5 \text{ kWh}$$

## 3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sähköenergian kulutus

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus lasketaan D5/2012 kaavalla 7.1. Kaavassa tarvittava ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho (SFP-luku) saadaan suunnitelmista. Ominaissähköteho lasketaan rakennuksen käytönajan suunniteluilmavirroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin rakentamismääräyskoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja.

Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja ja käyntiaikoja. 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.

Toimistorakennuksen tapauksessa ilmanvaihdon käyttöajoissa tulee huomioida D3/2012 kohdan 3.3.7 mukaisesti 1 tunnin käyntiaika ennen ja jälkeen D3/2012 taulukon 3 mukaisen standardikäyttöajan. Lisäksi tulee huomioida rakennuksen käyttöajan (D3/2012 kohdan 3.3.7 mukaisen ilmanvaihdon käyttöajan) ulkopuolinen ilmanvaihto D3/2012 kohdan 3.2.2 mukaisesti. Tällöin rakennuksessa käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon ulkoilmavirran on oltava vähintään 0,15 l/sm<sup>2</sup>. Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräiseksi viikottaiseksi käyntiaikasuhteeksi  $t [h/(24 \cdot 7 h)]$  käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto huomioiden saadaan taulukon 11 mukaisesti 0,4329. Taulukon 11 mukainen viikottainen käyntiaikasuhte vastaa suuruudeltaan vuotuista käyntiaikasuhdetta ja sitä on seuraavassa käytetty D5/2012 kaavassa 7.1 laskettaessa ilmanvaihtojärjestelmän vuotuista sähkönkulutusta.. Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutukseksi saadaan näin

$$D5/2012 \text{ kaava } 7.1 \quad W_{\text{ilmanvaihto}} = SFP \cdot q_{v,poisto} \Delta t = \quad (6)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{\text{ilmanvaihto}} = 2,2 \cdot 6,70 \cdot 0,4329 \cdot 8760 = 55895,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole muuta sähkönkulutusta.

### 3.4 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukossa 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittävät huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.4.1 lämpökuormien laskennassa.

Taulukko 14. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$ kWh	Valaistus $W_{\text{valaistus}}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	6364,5	6364,5	12729,0
Helmikuu	5748,6	5748,6	11497,2
Maaliskuu	6364,5	6364,5	12729,0
Huhtikuu	6159,2	6159,2	12318,4
Toukokuu	6364,5	6364,5	12729,0
Kesäkuu	6159,2	6159,2	12318,4
Heinäkuu	6364,5	6364,5	12729,0
Elokuu	6364,5	6364,5	12729,0
Syyskuu	6159,2	6159,2	12318,4
Lokakuu	6364,5	6364,5	12729,0
Marraskuu	6159,2	6159,2	12318,4
Joulukuu	6364,5	6364,5	12729,0
Koko vuosi	74937,1	74937,1	149874,2

## 4 Lämmitysenergian tarve

### 4.1 Lämmin käyttövesi

#### 4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukon 5 arvoja käyttäen. Taulukossa esitetään rakennuksen nettoalaan suhteutettu lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan  $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3350 \text{ m}^2$ , joten lämpimän käyttöveden nettoenergiantarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 5} \quad Q_{lkv,netto} = 6 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

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

---

#### 4.1.2 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.

---

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

---

## 4.2 Ilmanvaihto

### 4.2.1 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila

Energiatodistuksen laskennassa ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitettyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitettyjä käyttöaikoja D3/2012

kohta 3.3.7 huomioiden. 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 2. Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)) löytyvällä ”D3 LTO-laskin 2012” excel taulukolla. Laskimessa suunnitelmien mukainen tulo- ja poistoilmamäärä, lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde 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 ilmapirtaa lämmittävä vaikutus. Tässä laskelmassa ilmapirta lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C D5/2012 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 D5/2012 kaavalla 3.12. Kaavaan voidaan ensin sijoittaa D5/2012 kaava 3.13 laskennan yksinkertaistamiseksi. Näin saadaan seuraava yhtälö

---

<p><i>D5/2012 kaava 3.12</i> <i>D5/2012 kaava 3.13</i> <i>sijoitettuna</i></p>	$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,iv} q_{v,poisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}}$	(10)
----------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	------

---

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

---

<p><i>D5/2012 kaava 3.12</i> <i>muokattuna</i></p>	$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv} (T_s - T_u)$	(11)
--------------------------------------------------------	-------------------------------------------	------

---

### a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

---

<p><i>kaava (11)</i></p>	$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv} (T_s - T_u)$	(12)
--------------------------	-------------------------------------------	------

---

<sup>2</sup> Päivitetty YM:n moniste 122 löytyy ympäristöministeriön verkkosivuilta osana ”Tasauslaskenta 2012”-opasta.

---

*tammikuu*

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

---

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

---

*kaava (11)*

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

*toukokuu*

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

---

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 ylityessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 17,5 °C

---

*LTO poiskytkentäraja*

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

*kesäkuu*

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

---

**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	$T_{lto}$ aina päällä °C	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$ aina päällä °C	$T_{lto}$ aina päällä (poiskytkennällä) °C	$T_{lto}$ aikataululla * ja poiskytkennällä °C	$T_{lto} + \Delta T_{puhallin}$ aikataululla * ja poiskytkennällä °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
Koko vuosi	13,24	13,74	13,01	12,87	13,37

\*) Aikataulu tarkoittaa lämmöntalteenoton mahdollista poiskytkentää kalenterikuukauden mukaan.

## 4.2.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.11. Puhaltimen vaikutus on huomioitu valmiiksi D5/2012 kaavassa 3.11, jossa siten käytetään lämmöntalteenoton jälkeistä lämpötilaa. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on laskettu luvussa 4.2.1. 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 D5/2012 kaavalla 3.11, kun ilmanvaihtolaitoksen keskimääräisenä viikottaisena käyntiaikasuhteena  $t$  [h/(24\*7 h)] käytetään taulukon 11 mukaisesti 0,4329.

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{3.11} \end{array} \quad Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} = \frac{t c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (15)$$

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

### 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 D5/2012 kaavan 3.11 avulla ja edellä esitetyn perusteella

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{3.11} \end{array} \quad Q_{iv} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - \Delta T_{puhallin} - T_{lto}) \Delta t}{1000} \quad (16)$$

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

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 $T_{lto}$ °C	Sisäänpuhalluslämpötila $T_{sp}$ °C	Lämmitysenergian nettotarve $Q_{iv}$ 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
Koko vuosi	12,87	17,86	136074,7

## 4.3 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

### 4.3.1 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 D5/2012 kaavalla 3.4. Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä esimerkiksi ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 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 lämmönläpäisykerroimeltaan toisistaan poikkeavia ulkoseiniä, lasketaan kunkin lämmönläpäisykerroimeltaan samanlaisen osan johtumislämpöhäviöt erikseen D5/2012 kaavalla 3.4 ennen ulkoseinien johtumislämpöhäviöiden yhteen laskemista.

Johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi ovat tammikuussa

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (17)$$

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

---

#### b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

---

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (18)$$

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

---

#### 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 D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava maan vuosittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.6.

D5/2012 kaavassa 3.6 tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan D3/2012 taulukosta L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää D5/2012 luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. Edellä esitetyn perusteella alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila on

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.6 \quad Q_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (19)$$

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


---

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan D5/2012 kaavalla 3.7. Kaavassa tarvittava alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero saadaan D5/2012 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

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.7 \quad Q_{maa,kuukausi} = T_{maa,vuosi} + \Delta T_{maa,kuukausi} \quad (20)$$

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


---

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi voidaan nyt laskea D5/2012 kaavalla 3.4 käyttämällä ulkolämpötilana edellä laskettua maan kuukausittaista keskilämpötilaa. Johtumislämpöhäviöksi saadaan näin tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (21)$$

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


---

Taulukko 17. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila $T_{maa, kuukausi}$ °C	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus $\Delta T_{maa, kuukausi}$ °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	0,0

#### 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

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (22)$$

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

#### e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (23)$$

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

#### f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kylmäsiltojen laskenta tehdään tässä esimerkissä ympäristöministeriön asetuksen 176/2013 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 D5/2012 kaavalla 3.3. Johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$D5/2012 \quad Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsillat} + Q_{muu} \quad (24)$$

kaava 3.3

$$tammikuu \quad Q_{joht} = 6084,2 + 2413,6 + 1575,4 + 14787,8 + 1040,4 + Q_{kylmäsillat} + Q_{muu}$$

$$= 25901,4 + 2590,14 + 0 = 28491,5 \text{ kWh}$$

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{ulkoseinät}$ kWh	Yläpohja $Q_{yläpohja}$ kWh	Alapohja $Q_{alapohja}$ kWh	Ikkunat $Q_{ikkunat}$ kWh	Ovet $Q_{ovet}$ kWh	Kylmäsillat $Q_{kylmäsillat}$ kWh	Yhteensä $Q_{joht}$ 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
Koko vuosi	44090,9	17491,0	18534,3	107164,5	7539,2	19482,0	214301,9

#### 4.3.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.8. Kaavassa tarvittava vuotoilmavirta lasketaan D3/2012 kaavalla 5 (D5/2012 kaava 3.9). Rakennuksessa on neljä kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen  $x$  arvo on 20. Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna ( $n_{50}$ ) käytetään YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 1/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa.

YM asetuksen 176/2013 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen  $q_{50}$  ilmanvuotoluvuksi saadaan  $10,84 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 8. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

---


$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 kaava 5} \\ \text{(D5/2012 kaava 3.9)} \end{array} \quad q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50} A_{\text{vaippa}}}{3600x} \quad (25)$$

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


---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

---


$$\text{D5/2012 kaava 3.8} \quad Q_{\text{vuotoilma}} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (26)$$

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


---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 19.

### 4.3.3 Tuloilman lämpeneminen tilassa

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.14. Kaavassa käytetty sisäänpuhalluslämpötila on esitetty taulukossa 16. Tuloilman lämmitysenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 19. Ilmanvaihdon ilmavirtoina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukossa 2 esitetyjä ilmavirtoja. Kokonaistulo- ja poistoilmavirrat ovat laskennassa yhtä suuria. Ilmanvaihdon käyttöaikoina käytetään vastaavasti D3/2012 taulukossa 3 esitetyjä käyttöaikoja D3/2012 kohdat 3.3.7 ja 3.2.2 huomioiden.

#### a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

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

---


$$\text{D5/2012 kaava 3.14} \quad Q_{iv,\text{tuloilma}} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,\text{tulo}} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} = \frac{t \rho_i c_{pi} q_{v,\text{tulo}} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (27)$$

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


---

### b) Tuloilman lämpeneminen tilassa heinäkuussa

Heinäkuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat pois päältä, jolloin huoneeseen 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 sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.14 \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} = \frac{t \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (28)$$

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

---

### 4.3.4 Lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lasketaan kuukausikohtaisesti D5/2012 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. Kokonaisenergiatarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtäsuuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.2 \quad Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (29)$$

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

---

<sup>3</sup> Tuloilman lämmittäminen sisäänpuhalluslämpötilaan lasketaan kohdassa 5.3 osana lämmitysjärjestelmän energiantarvetta kohdassa 4.2.2 lasketun ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen avulla.



Taulukko 19. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

Kuukausi	Johtuminen $Q_{joht}$ kWh	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh	Yhteensä $Q_{tila}$ kWh
Tammikuu	28491,5	12062,8	7768,3	0	48322,6
Helmikuu	26397,3	11126,7	7016,5	0	44540,5
Maaliskuu	27334,2	11391,3	7768,3	0,0	46493,8
0	19270,9	7713,9	7517,7	0,0	34502,4
0	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
Koko vuosi	214301,9	87416,6	95737,7	0	397456,2

Taulukko 20. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

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

## 4.4 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

### 4.4.1 Lämpökuormat

#### a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttama lämpökuorma käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan  $5 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3350 \text{ m}^2$ , joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (30)$$

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

---

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan D3/2012 taulukossa 3 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

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulu-} \\ \text{kon 3} \\ \text{arvoilla} \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (31)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{11 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{5 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 32,738 \%$$

---

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

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (32)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{16750}{1000} \cdot 0,32738 \cdot 0,65 \cdot 744 = 2651,9 \text{ kWh}$$

---

Ihmistä 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 3. Lämpökuormaksi saadaan siten D5/2012 kaavalla 5.3 tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.3 \quad Q_{s\grave{a}h} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} \quad (33)$$

$$tammikuu \quad Q_{s\grave{a}h} = 6364,5 + 6364,5 = 12729,0 \text{ kWh}$$

---

### c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

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

---

$$Q_{l\grave{a}m\ddot{u}n,kierto,kuorma} = 0 \text{ kWh} \quad (34)$$

---

---

$$Q_{l\grave{a}m\ddot{u}n,varastointi,kuorma} = 0 \text{ kWh} \quad (35)$$

---

### d) Lämpökuorma auringon säteilystä

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Kaavassa tarvittava pystypinnalle osuva auringon säteilyenergia on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 liitteen 2 taulukossa L2.2. Kaavassa tarvitaan lisäksi D5/2012 kaavalla 5.6 laskettu säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin. Kokonaiskorjauskertoimen laskennassa tarvittava varjostuskerroin lasketaan D5/2012 kaavalla 5.8. Varjostuskertoimen laskennassa tarvittava ympäristövarjostuskerroin, ylävarjostuskerroin ja sivuvarjostuskerroin on esitetty D5/2012 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-alat 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 D5/2012 kaavalla 5.4. Lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.4 \quad Q_{aur} = G_{s\grave{a}teily,pystypinta} F_{l\grave{a}p\ddot{a}isy} A_{ikk} g \quad (36)$$

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

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

---

---

*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

---

*D5/2012 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 korjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{varjostus}$	Koilliseen $F_{varjostus}$	Itään $F_{varjostus}$	Kaakkoon $F_{varjostus}$	Etelään $F_{varjostus}$	Lounaaseen $F_{varjostus}$	Länteen $F_{varjostus}$	Luoteeseen $F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
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
Koko vuosi	0,938	0,892	0,846	0,827	0,808	0,827	0,846	0,892

Rakennuksen ikkunoiden kehäkertoimen arvoa ei ole selvitetty erikseen. Arvona käytetään siten rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 kohdan 5.3.4 oletusarvoa 0,75. Rakennuksen ikkunoiden verhokertoimen arvioidaan olevan 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

*D5/2012 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 kokonaiskorjauskertoim

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{varjostus}$	Koilliseen $F_{varjostus}$	Itään $F_{varjostus}$	Kaakkoon $F_{varjostus}$	Etelään $F_{varjostus}$	Lounaaseen $F_{varjostus}$	Länteen $F_{varjostus}$	Luoteeseen $F_{varjostus}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
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
Koko vuosi	0,422	0,401	0,381	0,372	0,363	0,372	0,381	0,401

## e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan D5/2012 yhtälöllä 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöistä. Lämpökuormat vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 23. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (39)$$

kaava 5.9

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = 2651,9 + 12729,0 + 995,7 + 0 + 0 = 16376,6 \text{ kWh}$$


---

Taulukko 23. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset $Q_{henk}$ kWh	Sähkölaitteet $Q_{säh}$ kWh	Aurinko $Q_{aur}$ kWh	LKV kierto $Q_{lkv, kierto, kuorma}$ kWh	LKV varastointi $Q_{lkv, varastointi, kuorma}$ kWh	Yhteensä $Q_{lämpökuorma}$ kWh
Tammikuu	2651,9	12729,0	995,7	0,0	0,0	16376,6
Helmikuu	2395,3	11497,2	3098,8	0,0	0,0	16991,3
Maaliskuu	2651,9	12729,0	7252,2	0,0	0,0	22633,1
Huhtikuu	2566,3	12318,4	8930,4	0,0	0,0	23815,1
Toukokuu	2651,9	12729,0	11045,6	0,0	0,0	26426,6
Kesäkuu	2566,3	12318,4	10692,8	0,0	0,0	25577,6
Heinäkuu	2651,9	12729,0	11599,4	0,0	0,0	26980,3
Elokuu	2651,9	12729,0	8600,1	0,0	0,0	23981,0
Syyskuu	2566,3	12318,4	7600,9	0,0	0,0	22485,7
Lokakuu	2651,9	12729,0	2967,8	0,0	0,0	18348,7
Marraskuu	2566,3	12318,4	1221,5	0,0	0,0	16106,3
Joulukuu	2651,9	12729,0	807,2	0,0	0,0	16188,1
Koko vuosi	31223,8	149874,2	74812,4	0,0	0,0	255910,4

## f) Lämpökuormien hyödyntämisaste

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan D5/2012 luvussa 5.5. esitetyllä tavalla. Hyödyntämisasteen laskeminen aloitetaan laskemalla rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö D5/2012 kaavalla 5.16. Sen arvoksi saadaan tammikuussa

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{5.16} \end{array} \quad H_{tila} = \frac{1000 \cdot Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (40)$$

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

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida D5/2012 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

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 taulukko 5.6} \end{array} \quad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (41)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 3350 \cdot 110 = 368500 \frac{Wh}{K}$$

Rakennuksen aikavakio lasketaan ominaislämpöhäviön ja lämpökapasiteetin avulla D5/2012 kaavalla 5.15. Rakennuksen aikavakioksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.15 \quad \tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (42)$$

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

---

Lämpökuormien suhde lämpöhäviöihin lasketaan D5/2012 kaavalla 5.14. Suhteeksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.14 \quad \gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \quad (43)$$

$$tammikuu \quad \gamma = \frac{16376,6}{48322,6} = 0,34$$

---

Lämpökuormien hyödyntämisaste lasketaan D5/2012 kaavalla 5.11. Ennen hyödyntämisasteen laskemista pitää vielä laskea kaavassa tarvittava apusuure D5/2012 kaavalla 5.13. Apusuureen arvoksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.13 \quad a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (44)$$

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

---

Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste voidaan nyt laskea D5/2012 kaavalla 5.11. Hyödyntämisasteen arvoksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.16 \quad \eta_{lämpö} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (45)$$

$$tammikuu \quad \eta_{lämpö} = \frac{1 - 0,34^{10,44}}{1 - 0,34^{(10,44+1)}} = 1,00$$

---



Taulukko 24. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö $H_{tila}$ W/K	Aikavakio $\tau$ h	Suhde $\gamma$ -	Apusuure $a$ -	Hyödyntämisaste $\eta_{l\ddot{a}mp\ddot{o}}$ -
Tammikuu	2601,11	141,67	0,34	10,44	1,00
Helmikuu	2599,24	141,77	0,38	10,45	1,00
Maaliskuu	2650,20	139,05	0,49	10,27	1,00
Huhtikuu	2904,24	126,88	0,69	9,46	0,99
Toukokuu	3402,21	108,31	1,02	8,22	0,88
Kesäkuu	4041,97	91,17	1,30	7,08	0,74
Heinäkuu	5729,28	64,32	1,71	5,29	0,57
Elokuu	5643,97	65,29	1,15	5,35	0,78
Syyskuu	3266,74	112,80	0,91	8,52	0,93
Lokakuu	2907,28	126,75	0,57	9,45	1,00
Marraskuu	2679,95	137,50	0,41	10,17	1,00
Joulukuu	2621,11	140,59	0,36	10,37	1,00
Koko vuosi	3420,61	116,34	0,78	8,76	0,91

#### 4.4.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia lasketaan D5/2012 kaavalla 5.10. Laskennassa tarvitaan rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä ja lämpökuormien hyödyntämisaste. Lämpökuormista hyödynnettäväksi energiaksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava  
5.10

$$Q_{sis,l\ddot{a}mp\ddot{o}} = \eta_{l\ddot{a}mp\ddot{o}} Q_{l\ddot{a}mp\ddot{o}kuorma} \quad (46)$$

tammikuu

$$Q_{sis,l\ddot{a}mp\ddot{o}} = 1,0 \cdot 16376,6 = 16376,6 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 25 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 4.4.1f).

Taulukko 25. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{\text{sis. Lämpö}}$ kWh
Tammikuu	16376,6	1,000	16376,5
Helmikuu	16991,3	1,000	16990,8
Maaliskuu	22633,1	1,000	22625,9
Huhtikuu	23815,1	0,991	23589,1
Toukokuu	26426,6	0,883	23327,3
Kesäkuu	25577,6	0,739	18890,0
Heinäkuu	26980,3	0,570	15374,8
Elokuu	23981,0	0,777	18627,2
Syyskuu	22485,7	0,931	20930,7
Lokakuu	18348,7	0,998	18307,9
Marraskuu	16106,3	1,000	16105,2
Joulukuu	16188,1	1,000	16187,8
Koko vuosi	255910,4	0,907	227333,5

#### 4.4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä

Tilojen lämmitysenergian nettotarve lasketaan D5/2012 kaavalla 3.1. Tilojen lämmitysenergian nettotarve on tilojen lämmitysenergian kokonaistarpeen ja lämpökuormista hyödyksi saadun lämmön erotus. Lämmitysenergian kokonaistarve on laskettu luvussa 4.3.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohdassa 4.4.2. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 26 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava 3.1

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

tammikuu

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 48322,6 - 16376,5 = 31946,1 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 26. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	48322,6	16376,5	31946,1
Helmikuu	44540,5	16990,8	27549,7
Maaliskuu	46493,8	22625,9	23867,8
Huhtikuu	34502,4	23589,1	10913,3
Toukokuu	25919,9	23327,3	2592,6
Kesäkuu	19702,2	18890,0	812,2
Heinäkuu	15771,6	15374,8	396,7
Elokuu	20785,6	18627,2	2158,4
Syyskuu	24626,0	20930,7	3695,2
Lokakuu	32012,7	18307,9	13704,7
Marraskuu	39556,0	16105,2	23450,8
Joulukuu	45222,9	16187,8	29035,1
Koko vuosi	397456,2	227333,5	170122,7

Taulukko 27. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh/m <sup>2</sup>	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh/m <sup>2</sup>	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh/m <sup>2</sup>
Tammikuu	14,42	4,89	9,54
Helmikuu	13,30	5,07	8,22
Maaliskuu	13,88	6,75	7,12
Huhtikuu	10,30	7,04	3,26
Toukokuu	7,74	6,96	0,77
Kesäkuu	5,88	5,64	0,24
Heinäkuu	4,71	4,59	0,12
Elokuu	6,20	5,56	0,64
Syyskuu	7,35	6,25	1,10
Lokakuu	9,56	5,47	4,09
Marraskuu	11,81	4,81	7,00
Joulukuu	13,50	4,83	8,67
Koko vuosi	118,64	67,86	50,78

# 5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

## 5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Rakennuksen tilojen lämmönjakojärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen radiaattorilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 70/40 °C. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan patterilämmitykselle 0,80, kun jakojohdot eivät ole eristetty Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla D5/2012 kaavan 6.1 ja taulukossa 26 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.1} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (48)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{170122,7}{0,80} + 0 + 0 = 212653,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Vesiradiaattoreiden lämmönjakojärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa radiaattoriverkoston kaukolämmönvaihtimelta syötetyn lämpöenergian suhdetta radiaattoreiden (lämmitettäviin) tiloihin luovutettavaan lämpöenergiaan. Vesiradiaattoriverkoston pitää siis tässä tapauksessa syöttää n. 212653 kWh/a lämpöenergiaa, jotta lämmitettäviin tiloihin saadaan 170123 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 (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan patterilämmitykselle 2,0 kWh/(m<sup>2</sup>a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.2} \end{array} \quad W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (49)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad W_{\text{tilat}} = 2,0 \cdot 3350,0 = 6700 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

### c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus

176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Tilojen lämmöntuottojärjestelmän lämmön ostoenergiankulutukseksi saadaan

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (50)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{212653,3}{0,97} = 219230,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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 (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 0,07 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.9 \quad W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (51)$$

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

## 5.2 Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.4. Käyttöveden siirron (jakelun) hyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) 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. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.4 \quad Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (52)$$

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

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

### b) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys, lkv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, lkv}}}{\eta_{\text{tuotto, lkv}}} \quad (53)$$

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

ostettua lämpöenergiaa

---

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

## 5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus

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

Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän lämpöenergian tarpeen laskennassa ilmanvaihtokoneen lämmityspatte-  
reiden hyötysuhteen voidaan olettaa olevan 100 % energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1  
kohdan 2.2.7 mukaisesti. Ilmanvaihdon lämpöenergian kokonaistarve on siten yhtä suuri kuin luvussa 4.2.2  
laskettu ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.2 \quad Q_{\text{lämmitys, iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (54)$$

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

---

### b) Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa tuloilma lämmitetään kaukolämmöllä. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan näin

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys, iv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys, iv}}}{\eta_{\text{tuotto, iv}}} \quad (55)$$

---

---

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,iv,kulutus}} = \frac{136074,7}{0,97} = 140283,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

*koko vuosi*

ostettua l\u00e4mp\u00f6energiaa

---

## 6 Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus

Olemassa oleville jäähdytetyille rakennuksille voidaan käyttää RakMk D3:n säännöistä poiketen kuukausitason laskentamenetelmää, kun jäähdytyksen ostoenergia lasketaan YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti. Tässä esimerkissä olemassa olevalle jäähdytetylle rakennukselle (toimistorakennus) on käytetty kyseessä olevaa vaihtoehtoista jäähdytyksen ostoenergian laskentatapaa.

### 6.1 Jäähdytysenergian nettotarve

YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 vaihtoehtoista jäähdytyksen ostoenergian kulutuksen laskentatapaa noudattaen on ensin laskettava jäähdytysenergian nettotarve.

Ennen jäähdytysenergian nettotarpeen määrittämistä on oltava selvillä kuukausittaiset kohdan 4.3.4 taulukon 19 mukaiset tilojen lämmitysenergiatarpeet  $Q_{tila}$  ja kohdan 4.2.2 taulukon 16 mukaiset rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergiatarpeet  $Q_{iv}$ . Jäähdytysenergian nettotarpeen laskemiseksi tarvitaan edelleen kohdan 4.4.1e) taulukossa 23 esitetyt kuukausittaiset lämpökuormat ( $Q_{lämpökuorma}$ ) ja kohdan 4.4.1f) taulukossa 24 esitetyt lämpökuormien kuukausittaiset hyödyntämisasteet ( $\eta_{lämpö}$ ).

Jäähdytysenergian nettotarpeeksi heinäkuussa saadaan YM asetuksen liitteen 1 kohdan 3 kaavalla

---

$$Q_{\text{jäähdytys,netto}} = (1 - \eta_{\text{lämpö}}) Q_{\text{lämpökuorma}} - \frac{(T_{s,\text{lask,keskim.}} - T_s)^{1,1}}{(T_s - T_u)} (Q_{\text{tila}} + Q_{\text{iv}}) = \quad (56)$$

*YM asetus 176/2013, liite 1, kohdan 3 kaava*

$$Q_{\text{jäähdytys,netto}} = (1 - 0,570) \cdot 26980,3 - \frac{(23,0 - 21,0)^{1,1}}{(21 - 17,3)} (15771,6 + 0)$$

*heinäkuu*

$$= 2468,5 \text{ kWh}$$

---

Esimerkkinä olevan olemassa olevan toimistorakennuksen jäähdytetyt tilat ovat tavanomaisia jäähdytettyjä tiloja, joille YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti käytetään jäähdytyksen asetusarvona  $T_s$  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

JÄÄHDYTYSENERGIAN NETTOTARVE								
Kuukausi	Tilojen lämmitysenergiatarve	Ilmanvaihdon lämmitysenergiatarve	Lämpökuorma yhteensä	Hyödyn-tämisaste	Jäähdytyksen asetusarvo	Sisäilman lämpötila	Ulkoilman lämpötila	Nettotarve, jäähdytys
	$Q_{tila}$ kWh	$Q_{iv}$ kWh	$Q_{lämpökuorma}$ kWh	$\eta_{lämpö}$ -	$T_{s,lask,keskim.}$ °C	$T_s$ °C	$T_u$ °C	$Q_{jäähdytys,netto}$ kWh
Tammikuu	48322,6	23460,0	16376,6	1,000	23,0	21,0	-3,97	0,0
Helmikuu	44540,5	21813,2	16991,3	1,000	23,0	21,0	-4,50	0,0
Maaliskuu	46493,8	21649,5	22633,1	1,000	23,0	21,0	-2,58	0,0
Huhtikuu	34502,4	12027,0	23815,1	0,991	23,0	21,0	4,50	0,0
Toukokuu	25919,9	4274,4	26426,6	0,883	23,0	21,0	10,76	0,0
Kesäkuu	19702,2	0,0	25577,6	0,739	23,0	21,0	14,23	449,5
Heinäkuu	15771,6	0,0	26980,3	0,570	23,0	21,0	17,30	2468,5
Elokuu	20785,6	0,0	23981,0	0,777	23,0	21,0	16,05	0,0
Syyskuu	24626,0	4426,4	22485,7	0,931	23,0	21,0	10,53	0,0
Lokakuu	32012,7	10213,7	18348,7	0,998	23,0	21,0	6,20	0,0
Marraskuu	39556,0	17068,9	16106,3	1,000	23,0	21,0	0,50	0,0
Joulukuu	45222,9	21141,5	16188,1	1,000	23,0	21,0	-2,19	0,0
Koko vuosi	397456,18	136074,7	255910,4	0,907	23,0	21,0	5,57	2917,93

## 6.2 Jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutus

YM asetuksen 176/2013 mukaisessa vaihtoehtoisen jäähdytyksen ostoenergiatarkastelussa rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen vuotuinen jakelujärjestelmän energiankulutus  $Q_{jäähdytys}$  lasketaan taulukoon 28 lasketun jäähdytysenergian nettotarpeen  $Q_{jäähdytys,netto}$  ja jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteen  $\eta_{jäähdytys}$  avulla kaavalla

YM asetus  
176/2013, liite 1,  
kohdan 3 kaava

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

koko vuosi

$$Q_{jäähdytys} = \frac{2917,93}{0,70} = 4168,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteena  $\eta_{jäähdytys}$  käytetään YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti arvoa 0,7, koska tarkempaa tietoa häviöistä ei ole.

## 6.3 Jäähdytyksen ostoenergiankulutus

Rakennuksen jäähdytys tuotetaan sähköllä kompressorikoneikolla. YM asetuksen 176/2013 mukaisessa vaihtoehtoisen jäähdytyksen ostoenergiatarkastelussa rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen vuotuinen ostoenergiankulutus  $W_{jäähdytys,osto}$  lasketaan edellä kohdassa 6.2 lasketun jäähdytyksen jakelujärjestelmän energiankulutuksen  $Q_{jäähdytys}$  ja kylmäntuotto prosessin vuotuisen kylmäkertoimen  $e_E$  avulla kaavalla

---

*YM asetus  
176/2013, liite1,  
kohdan 3 kaava*

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

*koko vuosi*

$$W_{\text{jäähdytys,osto}} = \frac{4168,5}{3} = 1389,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

---

Rakennuksessa jäähdytyksen tuottoon käytetään kompressorikoneikkoa, joten kylmäntuottoprosessin vuotuisena kylmäkertoimena  $e_E$  käytetään YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 3 mukaisesti arvoa 3.

## 7 Yhteenveto laskennan tuloksista

### 7.1 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 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
Tilojen lämmitys	170122,7	50,8	4.3.4
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	-227333,5	-67,9	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>326297,4</b>	<b>97,4</b>	-

### 7.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

Rakentamismääräyskokoelman osan määritelmässä tästä energiankulutuksesta käytetään nimitystä rakennuksen energiankulutus. Rakennuksen energiankulutus on määritelty D3/2012 kohdan 1.3 määritelmässä. Tämän määritelmän mukaisesti rakennuksen energiankulutus tarkoittaa rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen 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			Jäähdytys		
	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
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	<b>6700</b>	<b>2,0</b>	-	<b>373240</b>	<b>111,4</b>	-	-	-	-
Tilojen lämmitys	6700	2,0	-	212653	63,5	-	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	212653	63,5	5.1 a)	-	-	-
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6700	2,0	5.1 b)	-	-	-	-	-	-
Tuloilman lämmitys	-	-	-	136075	40,6	-	-	-	-
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)	-	-	-	-	-	-
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>	-	-	-	-	-	-	<b>4169</b>	<b>1,2</b>	-
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytyksen jakelujärjestelmä	-	-	-	-	-	-	4169	1,2	6.2
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	<b>55895</b>	<b>16,7</b>	-	-	-	-	-	-	-
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	55895	16,7	3.3	-	-	-	-	-	-
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>149874</b>	<b>44,7</b>	-	-	-	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	74937	22,4	3.1	-	-	-	-	-	-
Valaistus	74937	22,4	3.2	-	-	-	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>212470</b>	<b>63,4</b>	-	<b>373240</b>	<b>111,4</b>	-	<b>4169</b>	<b>1,2</b>	-

### 7.3 Ostoenergiankulutus

Taulukon 30 rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutuksesta päästään ostoenergiankulutukseen, kun huomioidaan tuottojärjestelmän hyötysuhteet ja tuoton apulaitteiden sähkönkulutus kohdan 5 mukaisesti. Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 384784 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 114,9 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 214094 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on noin 63,9 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 31.

Taulukko 31. Ostoenergiankulutus

Ostoenergia	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Lämpö</b>	<b>384784</b>	<b>114,86</b>
Tilojen lämmitys	219230	65,44
Lämmin käyttövesi	25270	7,54
Tuloilman lämmitys	140283	41,88
<b>Sähkö</b>	<b>214093,6</b>	<b>63,91</b>
Tilojen lämmitys	<b>6935</b>	<b>2,07</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,0
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	235	0,07
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6700	2,00
Lämmin käyttövesi	<b>0</b>	<b>0</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0
Jakelujärjestelmän apulaitteet	0	0
Tuloilman lämmitys	<b>0</b>	<b>0</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	-	-
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys	<b>1390</b>	<b>0,41</b>
Ilmanvaihtojärjestelmä	<b>55895</b>	<b>16,69</b>
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	55895	16,69
Kuluttajalaitteet ja valaistus	<b>149874</b>	<b>44,74</b>
Kuluttajalaitteet	74937	22,37
Valaistus	74937	22,37

## 7.4 Kokonaisenergiankulutus

Ostoenergiankulutus muunnetaan kokonaisenergiankulutukseksi energiamuotojen kertoimia käyttäen. Kaukolämmityksen kerroin on 0,7 ja sähköenergian kerroin on 1,7. Kaukolämmityksen energiamuodon kertoimella painotetuksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (59)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 0,7 \cdot 384783,8 = 269348,7 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

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

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 214093,6 = 363959,1 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on siis 190 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup> a). Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 35.

Taulukko 32. Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Kaukolämpö</b>	<b>384784</b>	<b>114,86</b>	<b>0,7</b>	<b>269349</b>	<b>80,40</b>
Tilojen lämmitys	219230	65,44	0,7	153461	45,81
Lämmin käyttövesi	25270	7,54	0,7	17689	5,28
Tuloilman lämmitys	140283	41,88	0,7	98198	29,31
<b>Sähkö</b>	<b>214094</b>	<b>63,91</b>	<b>1,7</b>	<b>363959</b>	<b>108,64</b>
Tilojen lämmitys	6935	2,07	1,7	11789	3,52
Lämmin käyttövesi	0	0,00	1,7	0	0,00
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys	1390	0,41	1,7	2362	0,71
Ilmanvaihtojärjestelmä	55895	16,69	1,7	95022	28,36
Kuluttajalaitteet ja valaistus	149874	44,74	1,7	254786	76,06
<b>Yhteensä</b>				<b>633308</b>	<b>189,05</b>

## 7.5 Toteutunut energiankulutus

Energiatodistuksessa tulee esittää lisätietona rakennuksen toteutunut energiankulutus niiltä osin, joista tiedot on saatavilla. Kaukolämpötoimittajan mittauksen perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2012 yhteensä 342 100 kWh kaukolämpöä. Rakennuksen pääsähkölaitteen mittauksen perusteella rakennuksen sähkönkulutus on vuonna 2012 ollut 253 600 kWh. Sähkön tai kaukolämmön alamittauksista ei ole tietoja käytettävissä.

## 8 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi

### 8.1 Ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen eteläjulkisivun julkisivulasituksen 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 YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukon 4 mukaisesti arvoa 4,0 l/h, koska ilmanvuotoluvusta ei ole tarkempaa tietoa. YM asetuksen 176/2013 kohdan 2.2.5 kaavalla rakennuksen nykyiseksi  $q_{50}$  ilmanvuotoluvuksi on saatu  $10,84 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Ilmanvuotoluvussa on korjauksen jälkeen arvioitu päästävän  $q_{50}$  lukuun  $4,0 \text{ m}^3/(\text{h vaippa m}^2)$ . Tällöin rakennuksen laskennallinen lämmönkulutus pienenee noin 63204 kWh/a. Samalla rakennuksen jäähtyksen ostoenergiankulutus kasvaa YM 176/2013 liitteen 1 kohdan 3 vaihtoehtoisen jäähtytystarkastelun mukaan 1785 kWh/a. Kokonaisenergiankulutus pienenee noin  $13 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$ .

Taulukko 33. Lämmitysenergian nettotarve vaipan tiivistämisen jälkeen (arvio)

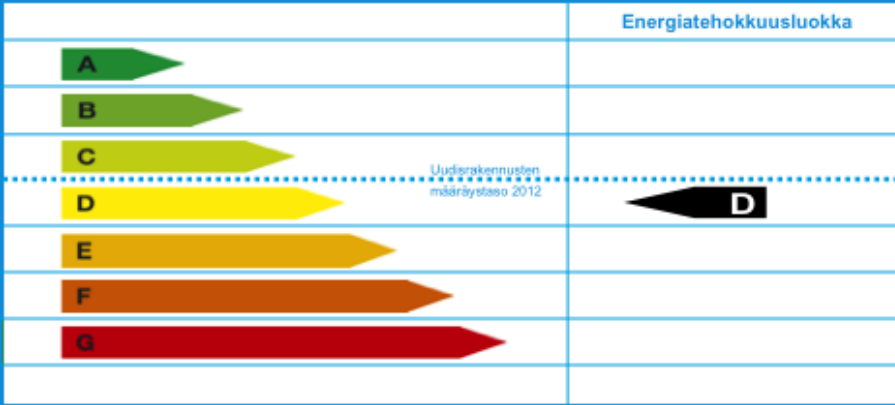
	Lämpö		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
Tilojen lämmitys	170122,7	50,8	4.3.4
Johtuminen	214301,9	64,0	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	87416,6	26,1	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	95737,7	28,6	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-227333,5	-67,9	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	136074,7	40,6	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	20100,0	6,0	4.1.1

Taulukko 34. Osto- ja kokonaisenergiankulutus vaipan tiivistämisen jälkeen (arvio)

Energiamuoto	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh <sub>E</sub> /a	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> a)
<b>Kaukolämpö</b>	<b>321580</b>	<b>95,99</b>	<b>0,7</b>	<b>225106</b>	<b>67,20</b>
Tilojen lämmitys	156026	46,58	0,7	109219	32,60
Lämmin käyttövesi	25270	7,54	0,7	17689	5,28
Tuloilman lämmitys	140283	41,88	0,7	98198	29,31
<b>Sähkö</b>	<b>215878</b>	<b>64,44</b>	<b>1,7</b>	<b>366993</b>	<b>109,55</b>
Tilojen lämmitys	6935	2,07	1,7	11789	3,52
Lämmin käyttövesi	0	0,00	1,7	0	0,00
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytys	3174	0,95	1,7	5396	1,61
Ilmanvaihtojärjestelmä	55895	16,69	1,7	95022	28,36
Kuluttajalaitteet ja valaistus	149874	44,74	1,7	254786	76,06
<b>Uusiutuvat polttoaineet</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>
Varaava tulisija	0	0,00	0,5	0	0,00
<b>Yhteensä</b>				<b>592099</b>	<b>176,75</b>



## 9 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2013 esimerkki 2006 rakennettu toimistorakennus
Rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	2006
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Toimistorakennukset
Todistustunnus:	
	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	190 kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)
Todistuksen laatija:	Yritys:
Eero Energiatodistuksenlaatija	Yritys oy
Allekirjoitus:	
<i>Eero Energiatodistuksenlaatija</i>	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:
12.8.13	12.8.23

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

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

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	214 094	63,9	1,7	108,6
kaukolämpö	384 784	114,9	0,7	80,4
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	149 874	44,7		
<b>Kokonaisenergiankulutus (E-luku)</b>				<b>190</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

#### Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

#### Toimistorakennukset

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

#### Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

D

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

### Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Vuonna 2006 rakennettu toimistorakennus on pääosin hyvässä kunnossa. Tällä hetkellä energiatehokkuutta voidaan parantaa tiivistämällä eteläjulkisivulasituksen saumaus, joka on todettu puutteelliseksi. Korjauksesta tulee tehdä erillissuunnitelma.

Myöhemmin, kun ilmanvaihtojärjestelmän saneeraus tulee ajankohtaiseksi ehdotetaan erillispoistojärjestelmän korvaamista tulo/poisto ilmanvaihtokoneella, jonka yhteyteen asennetaan lämmöntalteenotto.

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

## 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 lämpöhäviöstä</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</b> kahtisuora-arvo	
Pohjoinen	200,0	1,28	0,70	
Koillinen	-	-	-	
Itä	30,0	1,28	0,70	
Kaakko	-	-	-	
Etelä	360,0	1,28	0,42	
Lounas	-	-	-	
Länsi	30,0	1,28	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	6,7 / 6,7	2,3	65%	0,0
Erillispoistot	0,81	1,5	-	-
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<sup>1</sup></b>	<b>Apulaitteiden sähkönkäyttö<sup>2</sup></b> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	80%	-	2,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	97%	82%	-	0,0
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumpputilastoissa voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	<b>Määrä</b> kpl	<b>Tuotto</b> kWh		
Varaava tulisija	0	0		
Ilmalämpöpumppu	0	0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	<b>Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin</b>			
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	103,3	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>
Ihmiset	65%	5,0		
Kuluttajalaitteet	65%		12,0	
Valaistus	65%			12,0

## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Toimistorakennukset			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2006			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	3350			
E-luku, kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)	190			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	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	214 094	1,7	363959	108,6
kaukolämpö	384 784	0,7	269349	80,4
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>598 877</b>		<b>633 308</b>	<b>190</b>
Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		0	0,0	
aurinkolämpö		0	0,0	
aurinkosähkö		0	0,0	
tuulisähkö		0	0,0	
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	63,5	-
Tuloilman lämmitys		0,0	40,6	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	7,3	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		16,7	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0,4		
Kuluttajalaitteet ja valaistus		44,7	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>63,8</b>	<b>111,4</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>		170 123	50,8	
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		136 075	40,6	
Lämpimän käyttöveden valmistus		20 100	6,0	
Jäähdytys		2 918	0,9	
<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	22,3	
Henkilöt		31 224	9,3	
Kuluttajalaitteet		74 937	22,4	
Valaistus		74 937	22,4	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		0	0,0	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		D5 (2012), Excel-toteutus		

## TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

### Toteutunut ostoenergiankulutus

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

#### Ostettu energia

	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Kaukolämpö	342 100	102,1
Kokonaissähkö	253 600	75,7
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

#### Ostetut polttoaineet<sup>1</sup>

	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnos- kerroin 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	75,7
Kaukolämpö yhteensä	342 100	102,1
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. Laskennallisessa tarkastelussa nämä asiat on vakioitu. 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.

## TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIAEHDOKKUUDEEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

### Huomiot - 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 ilmanpitävyyssmittaus. Ilmanpitävyydessä on korjauksen jälkeen arvioitu päästävän  $q_{90}$  lukuun 4,0 m<sup>3</sup>/(h vaippa m<sup>2</sup>).

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Eteläjulkisivun julkisivulasituksen tiiviyden korjaus tehtävän erillissuunnitelman mukaisesti.			
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoenergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian säästö</b>	<b>E-luvun muutos</b>
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
1	63 204	-1 785		-13
2				
3				

### Huomiot ylä- ja alapohja

Ylä- ja alapohjan osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoenergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian säästö</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 - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmien osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoenergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoenergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoenergian säästö</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 - 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.

Ilmastointijärjestelmät ovat hyvässä kunnossa. Ilmanvaihdon ja ilmastointijärjestelmän osalta ei tällä hetkellä ehdoteta energiansäästötoimenpiteitä.

#### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	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 säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
1				
2				
3				

#### Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

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

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2013 esimerkki, 2006 rakennettu toimisto				
Rakennuslupatunnus					
Rakennustyyppi	Olemassa oleva toimisto				
Pääsuunnittelija					
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaatija				
Päiväys	12.08.2013				
Aputaulukko, jolla voidaan laskea lämpöhäviöiden taseaslaskentaa varten ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde ( $\eta_{a, ivkone}$ ) eri säävyöhykkeillä.					
Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus-poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin
Toimisto IV-kone	Toimistotilat	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			
	Jateilman minimilämpötila jaatymissuojauksessa	0,0 °C			
Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ( $\eta_{a, ivkone}$ )					
	Säävyöhyke				
	I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	66 %	100 %		
	III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	65 %	99 %		
	IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	62 %	94 %		
© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011)					

Erillispoistojärjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa, joten sen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 0 %. Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi (E-lukulaskentaan) saatiin 49,7 %.

Keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihdonkoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2013 esimerkki, 2006 rakennettu toimisto	
Rakennuslupatunnus		
Rakennustyyppi	Olemassa oleva toimisto	
Pääsuunnittelija		
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaatija	
Päiväys	12.08.2013	

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihdonkoneet

										TASAUSSLASKENTA-LOMAKKEESEEN	
										Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> [q <sub>v,p</sub> ]	Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>v</sub> ]
										2,683	49,7 %
<b>Taulukko 1. Lämpimät tilat</b>											
<b>Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihdonkoneet</b>											
Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus-poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin	Käyttäjän keskimääräinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Käyntiaikatekijä T <sub>d</sub> h/vrk	Käyntiaikatekijä T <sub>v</sub> vrk/vko	Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Ilmanvaihdonkoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>v, ikone</sub> ]	
Toimisto	Toimisto	Jatkuva	5,55	5,22	1	5,220	13	5	2,020	66%	
Erillispoisto	Sosiaalitilat	Päiväkäyttö	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	Vikontiloihin käyttö	0	0,57	1	0,570	24	2	0,163	0%	

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011)



# Liite 1. 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
koko vuosi	8760	5,57

Ulkoilman keskilämpötila on poimittu D3/2012 liitteestä 2 taulukosta L2.2.

## Liite 2. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen

Laskenta on tehty ympäristöministeriön internetsivuilta ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)) löytyvällä ”D3 LTO-laskin 2012” 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 ( $\eta_a$ , ivkone) eri säävyöhykkeillä.**

Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus-poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin
Toimisto IV-kone	Toimistotilat	Jatkuva	5,55	5,22	1

Tuloilman lämpötilasuhte yhtäsuurilla ilmavirroilla	0,65	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhte	0,63	
Poistoilman lämpötilasuhte	0,67	
Tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan LTO:ssa	1,06	
Huonelämpötila	21,0	°C
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	0,0	°C

**Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde ( $\eta_a$ , ivkone)**

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

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011)

Erillispoistojärjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa, joten sen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 0 %.

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

**Keskimääräiset poistoilmavirrat ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhteet, kun rakennuksessa on useita ilmanvaihtokoneita ja niillä erilaisia käyttöaikoja.**

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2013 esimerkki, 2006 rakennettu toimisto
Rakennustyyppi	Olemassa oleva toimisto
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaatija
Päiväys	12.08.2013

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

										TASAUKLASKENTA-LOMAKKEESEEN	
										Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> [q <sub>v,p</sub> ]	Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>a</sub> ]
										2,683	49,7 %
										Käyntiaikatekijät	Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>a, ivkone</sub> ]
										τ <sub>d</sub>	τ <sub>w</sub>
										Käyntiaika h/vrk	Käyntiaika vrk/vko
										Käyttöajan keskimääräinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
										5,220	2,020
										13	5
										0,810	0,187
										13	5
										0,313	0,163
										24	2
										0,163	0,0%
<b>Taulukko 1. Lämpimät tilat</b>											
<b>Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet</b>											
Kone	Palvelualue	Käyttötapa	Mitoitus-tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Mitoitus-poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Käyttö-ilmavirta-kerroin	Käyttöajan keskimääräinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Käyntiaika h/vrk	Käyntiaika vrk/vko	Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>a, ivkone</sub> ]	
Toimisto	Toimisto	Jatkuva	5,55	5,22	1	5,220	13	5	2,020	66%	
Erillispoisto	Sosiaalitilat	Päiväkäyttö	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	Viikonloppukäyttö	0	0,57	1	0,570	24	2	0,163	0%	

© Ympäristöministeriö, LTO-laskin 2012 (versio marraskuu 2011)