

# Energiatodistuksen laadintaesimerkki Uudiskerrostalo

Energiatodistusoppaan 2013 liite  
13.11.2013

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>3</b>
<b>2 Esimerkkirakennus .....</b>	<b>5</b>
2.1 Rakennuksen tiedot.....	5
2.2 Laskentasuureet.....	7
<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 .....	18
4.3.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt .....	18
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.....	38
5.3 Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus .....	39
<b>6 Yhteenvedo laskennan tuloksista.....</b>	<b>40</b>
6.1 Lämmitysenergian nettotarve .....	40
6.2 Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus.....	40
6.3 Ostoenergiankulutus.....	41
6.4 Kokonaisenergiankulutus.....	42
<b>7 Energiatodistus.....</b>	<b>44</b>
<b>Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat.....</b>	<b>52</b>
<b>Liite 2. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittäminen .....</b>	<b>53</b>
<b>Liite 3. Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta .....</b>	<b>55</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 rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 laskentamenetelmää.

Rakentamismääräyskokoelman 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 rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 merkintöjä. Pääasiallisesti esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joina laskennan kulku poikkeaa tammikuusta<sup>1</sup>. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat 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 laadita 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 lämmöntuottolaitteissa 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

---

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

on 0,7, 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 kuusikerroksinen uudiskerrostalo. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m<sup>2</sup>. Asuntojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys. Muissa rakennuksen tiloissa on vesikiertoiset 70/40 °C lämpötiloille mitoitettut radiaattorit. Vesiradiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö. Rakennuksessa on kaksi tulopoistoilmanvaihtokonetta: porrashuoneen ilmanvaihtokone, jonka lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 58 % ja asuintilojen ilmanvaihtokone, jonka lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 70 %.

Rakennuksen asuintilojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys, jonka osuus tilojen lämmitysenergian laskennan jakautumisessa eri lämmitysjärjestelmien kesken on otettu huomioon erillisselvityksen avulla. Rakennuksessa on sähkölämmityksellä varustettuja märkätiloja (390 m<sup>2</sup>) asuinhuoneistoissa (2756 m<sup>2</sup>). Erillisselvitys on esitetty tämän energiatodistuslaadintaesimerkin liitteessä 3. Sähköisen lattialämmityksen osuus on erillisselvityksessä tarkasteltu keskikokoiselle tyyppihuoneistolle ja osuutta käytetään asuintiloille eli porrashuoneen ja kellaritilojen lämmitysenergian nettotarve katetaan kokonaan vesikiertoisella patteriverkostolla.

Ulkoseinän ja alapohjan liitoksen kylmäsillasta sekä ulkoseinien välisen liitoksen kylmäsillasta (ulkonurkka) on tehty erillistarkastelu. Tarkastelun perusteella ulkoseinän ja alapohjan liitoksen viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssiksi on saatu 0,12 W/m<sup>2</sup>°C ja ulkoseinien väliselle liitokselle (ulkonurkka) vastaavasti 0,04 W/m<sup>2</sup>°C. Muilta osin rakennusvaipan rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lisäkonduktanssien arvoina on käytetty rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 taulukoissa 3.1–3.3 esitettyjä oletusarvoja. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (q<sub>50</sub>) suunnitteluarvo on 2,0 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>), joka varmennetaan mittaamalla.

### 2.1 Rakennuksen tiedot

Taulukko 1. Perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Oulu	
Rakennusluvan vireilletulovuosi	2014	rakennuslupa asiakirjat
Valmistumisvuosi	2014	rakennuslupa asiakirjat
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 vyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoitusluokka	asuinkerrostalo	suunnitteluratkaisu, YM asetus 176/2013, liite 2
Kerrosten lukumäärä	6	suunnitteluratkaisu
Alapohjan tyyppi	maanvarainen betonilaatta	suunnitteluratkaisu
Rakennetyyppi	D5/2012 taulukko 5.6: kerrostalo, keskirasas	suunnitteluratkaisu

Taulukko 2. Tilojen lämmitysjärjestelmä

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

Taulukko 3. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	kaukolämpö	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden varaaja	ei varaajaa	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierto	kyllä, eristystaso 1,5 D	suunnitteluratkaisu
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	suunnitteluratkaisu

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmä

ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ		Lähde
Ilmanvaihtojärjestelmä	koneellinen tulo- poistoilmanvaihto	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihtokoneiden lukumäärä	kaksi	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmitys	kyllä, kyllä	suunnitteluratkaisu
Tuloilman jälkilämmityksen lämmönlähde	vesipatteri	suunnitteluratkaisu
Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suuria)	58 % (porrashuone) 70 % (asuintilat)	laitevalinta, valmistajan ilmoittama arvo
Porrashuoneen ilmavaihtokone	140L/s (poisto) 130 L/s (tulo)	suunnitteluratkaisu
Asuintilojen ilmavaihtokone	1200 L/s (poisto) 1140 L/s (tulo)	suunnitteluratkaisu
Jäteilman alin mahdollinen lämpötila	3 °C (porrashuone) 5 °C (asuintilat)	laitevalinta, 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
Helmikuu	kyllä	kyllä
Maaliskuu	kyllä	kyllä
Huhtikuu	kyllä	kyllä
Toukokuu	kyllä	kyllä
Kesäkuu	kyllä	kyllä
Heinäkuu	ei	ei
Elokuu	ei	ei
Syyskuu	kyllä	kyllä
Lokakuu	kyllä	kyllä
Marraskuu	kyllä	kyllä
Joulukuu	kyllä	kyllä

## 2.2 Laskentasuureet

Taulukko 6. Perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	3168,0	m <sup>2</sup>	suunnitteluratkaisu	$A_{netto}$
Sisälämpötila	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2 (Asuinkerrostalo)	$T_s$
Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero	5,0	°C	D5/2012 kohta 3.2.4	$\Delta T_{maa,vuosi}$
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku	2,0	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )	suunnitteluratkaisu	$q_{50}$
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin	15	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	$x$
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	160	Wh/(m <sup>2</sup> K)	D5/2012 taulukko 5.6: asuinkerrostalo, keskiraskas	$C_{rak,omin}$

Taulukko 7. Rakennusosat

RAKENNUSOSAT	$U$ W/(m <sup>2</sup> °C)	$A$ m <sup>2</sup>	$T_u$ °C	$UA$ W/°C
Ulkoseinä ulkoilmaan	0,17	1387,0	Ulkolämpötila	
Yläpohja	0,09	601,0	Ulkolämpötila	
Alapohja	0,17	601,0	Maaperä	
Ikkunat	1,00	343,9	Ulkolämpötila	
Ovet	1,00	117,0	Ulkolämpötila	
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)		3049,9		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin.

Taulukko 8. Kylmäsillat

KYLMÄSILLAT	$L$ m	$\Psi$ W/(m °C)	$T_u$ °C	$L\Psi$ W/°C
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	100,3	0,08	Ulkolämpötila	8,02
Ulkoseinän ja alapohjan liitos *)	100,3	0,12	Ulkolämpötila	12,04
Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka *)	59,0	0,04	Ulkolämpötila	2,36
Ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	0	-0,06	Ulkolämpötila	0
Ikkunaliitos	952,5	0,04	Ulkolämpötila	38,10
Oviliitos	343,0	0,04	Ulkolämpötila	13,72
Yhteensä				74,24

\*) Tehdyn erillistarkastelun mukaan.

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	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C	$e_{\text{tilat}}$
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,85	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: sähköinen lattialämmitys	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: sähköinen lattialämmitys	$e_{\text{tilat}}$
Kaukolämmön lämmöntuoton vuosihyötysuhde	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$\eta_{\text{tuotto}}$
Kaukolämmön lämmöntuoton apulaitteiden sähkön ominaiskulutus	0,07	kWh/(m <sup>2</sup> a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 11: kaukolämpö	$e_{\text{tuotto}}$

Taulukko 10. Käyttövesi

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D3/2012 taulukko 5	
Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde	0,97	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 5: asuinkerrostalo, kiertojohto	$\eta_{\text{kv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	6	W/m	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 6: eristystaso 1,5 D	
Käyttöveden lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,022	kWh/(m <sup>2</sup> a)	D5/2012 kohta 6.3.4, kattaa kiertojohdon häviöt (dt=5°C kiertojohdossa)	



Taulukko 11. Ilmanvaihto

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton poistoilman vuosihyötysuhde	0,62	-	Valmistajan ilmoittamista arvoista YM Monisteen 122 mukaisesti laskettuna	$\eta_{a,iv}$
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	1584	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$
Ilmanvaihdon tuloilmavirta (E-luvun laskennassa)	1584	L/s	D3/2012 luku 3.2 (tulo- ja poistoilmavirrat yhtä suurina)	$q_{v,tulo}$
Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku	2,0	kW/(m <sup>3</sup> /s)	suunnitteluratkaisu	$SFP$
Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila	17,0	°C	suunnitteluratkaisu	$T_{sp}$
Lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa	0,5	°C	D5/2012 luku 3.4	$\Delta T_{puhallin}$
Ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_d$
Ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	$t_v$

Taulukko 12. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Rakennuksen viikoittainen käyttöaikasuhte h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Rakennuksen kuukausittainen käyttöaikasuhte vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	4	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden käyttöaste	0,6	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen ominaisteho	11	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen käyttöaste	0,1	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Lämpökuorma ihmisistä	3	W/m <sup>2</sup>	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-

Taulukko 13. Ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m <sup>2</sup>	16,8	139,5	13,9	3,2	suunnitteluratkaisu	$A_{ikk}$
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,50	0,50	0,50	0,50	suunnitteluratkaisu (valmistajan ilmoittama arvo)	$g$
Kehäkerroin	-	0,75	0,75	0,75	0,75	D5/2012 kohta 5.3.4 oletusarvo	$F_{kehä}$
Verhokerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	suunnitteluratkaisu: D5/2012 taulukko 5.2, valkoiset sälekaihtimet sisäpuolella	$F_{verho}$
Yläpuolisten varjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei yläpuolista varjostusta	$F_{ylävarjostus}$
Sivuvarjostuksen korjauskerroin	-	1,0	1,0	1,0	1,0	suunnitteluratkaisu: ei sivuvarjostusta	$F_{sivuvarjostus}$
Ympäristökerroin	-	D5/2012 taulukko 5.3 kulmalla 15°				suunnitteluratkaisu	$F_{ympäristö}$

### 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. Asuinkerrostalon käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

---

$$\begin{matrix} D3/2012 \\ \text{taulukosta 3} \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{matrix} \text{koko vuosi} \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{pmatrix} = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \%$$

---

Rakennus on siis käytössä kuukauden jokaisena tuntina. Käyttöaste on se osuus rakennuksen kuukausittaisesta käyttöajasta, jona laitteet ja valaistus ovat päällä. Rakennuksen laitteiden käyttöaste on 0,6 eli laitteiden oletetaan olevan päällä 60 % rakennuksen käyttöajasta (60 % kuukauden tunneista). Rakennuksen valaistuksen käyttöaste on 0,1, eli valaistuksen oletetaan olevan päällä 10 % rakennuksen käyttöajasta (10 % kuukauden tunneista).

#### 3.1 Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus

Kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $3 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3168 \text{ m}^2$ , joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

---

$$\begin{matrix} D3/2012 \text{ taulukosta 3} \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{pmatrix} = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (2)$$

$$\begin{matrix} \text{teho} \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{pmatrix} = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 9504 \text{ W}$$

---

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

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

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

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{9504}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 4242,6 \text{ kWh}$$

### 3.2 Valaistuksen sähköenergian kulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan  $11 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3168 \text{ m}^2$ , joten valaistuksen tehoksi saadaan

$$\begin{array}{l}
 \text{D3/2012 taulukosta 3}
 \end{array}
 \left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 34848 \text{ W}$$

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

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

$$\text{tammikuu} \quad W_{\text{valaistus}} = \frac{34848}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 2592,7 \text{ kWh}$$

### 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 tehostamattomilla suunnitteluilmavirroilla, vaikka muuten E-luvun laskennassa käytetäänkin rakentamismääräyskokoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja. Ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutuksen laskennassa käytetään rakentamismääräyskokoelman osassa D3/2012 määriteltyjä ilmavirtoja ja käyntiaikoja. Tämän rakennustyyppin ilmanvaihto on aina päällä. Sähkönkulutukseksi saadaan näin

$$W_{ilmanvaihto} = SFP \cdot q_{v,poisto} \Delta t \quad (6)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{ilmanvaihto} = 2,0 \cdot 1,584 \cdot 8760 = 27751,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

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 $W_{kuluttajalaitteet}$ kWh	Valaistus $W_{valaistus}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	5656,8	2592,7	8249,5
Helmikuu	5109,4	2341,8	7451,1
Maaliskuu	5656,8	2592,7	8249,5
Huhtikuu	5474,3	2509,1	7983,4
Toukokuu	5656,8	2592,7	8249,5
Kesäkuu	5474,3	2509,1	7983,4
Heinäkuu	5656,8	2592,7	8249,5
Elokuu	5656,8	2592,7	8249,5
Syyskuu	5474,3	2509,1	7983,4
Lokakuu	5656,8	2592,7	8249,5
Marraskuu	5474,3	2509,1	7983,4
Joulukuu	5656,8	2592,7	8249,5
Koko vuosi	66604,0	30526,8	97130,9

## 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 nettoenergiatarve vuodessa. Taulukosta energiantarpeeksi saadaan  $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3168 \text{ m}^2$ , joten lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

---

$$\text{D3/2012 taulukosta 5} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (7)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 110880 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

#### 4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

##### a) Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt

Rakennuksessa on lämpimän käyttöveden kiertojohto, jonka eritystaso on 1,5 D. Näin sen ominaislämpöhäviö on  $6 \text{ W/m}$ . Rakennuksen käyttövesiverkostoa ei ole suunniteltu, joten kiertojohtoon pituutena käytetään YM asetus 176/2013, liite 1 taulukon 7 avulla saatavaa arvoa  $136,22 \text{ m}$  ( $0,043 \text{ m/m}^2 \cdot 3168 \text{ m}^2$ ).

---

$$Q_{lkv,kierto} = 6 \cdot 136,2 \cdot \frac{8760}{1000} = 7158,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

---

##### b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Käyttövesijärjestelmässä ei 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 0,622. 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. Lopputuloksena saadaan koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka liitteen 2 mukaisesti tässä rakennuksessa on 62,2 %.

Tämän rakennuksen ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto kytkeytyy automaattisesti pois päältä tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon ylittyessä. Sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvoksi on tässä rakennuksessa valittu 17 °C. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötilassa on huomioitu tuloilmapuhaltimen ilmavirtaa lämmittävä vaikutus. Tässä laskelmassa tuloilma lämpenee tulopuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C D5/2012 kohdan 3.4.1 mukaisesti. Lämmöntalteenoton poiskytkentälämpötila on siten 16,5 °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>	$T_{lto} = T_u + \frac{\eta_{a,iv} q_{v,poisto} (T_s - T_u)}{q_{v,tulo}} \quad (10)$	
--	--	--

---

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

---

#### *a) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila tammikuussa*

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan tammikuussa

---

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

---

<p><i>tammikuu</i></p>	$T_{lto} = -3,97 + 0,623 \cdot (21 - (-3,97)) = 11,56 \text{ °C}$	
------------------------	---	--

---

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

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila on siis noin 11,6 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, jossa tuloilman lämpötila nousee vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila on siten noin 12,1 °C.

### b) Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila toukokuussa

Lämmöntalteenoton jälkeiseksi kuukauden keskimääräiseksi tuloilman lämpötilaksi saadaan toukokuussa

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

$$\text{toukokuu} \quad T_{lto} = 10,76 + 0,623 \cdot (21 - 10,76) = 17,13 \text{ °C}$$

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila olisi noin 17,1 °C. Lämmöntalteenoton jälkeen tuloilmakanavassa on puhallin, joka lämmittää tuloilmaa vielä 0,5 °C. Lämmöntalteenoton ja puhaltimen jälkeen tuloilman lämpötila olisi siten noin 17,6 °C. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää nyt sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C

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

$$\text{toukokuu} \quad T_{lto} = 17,0 - 0,5 = 16,5 \text{ °C}$$

### 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 33). 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	11,56	12,06	11,56	11,56	12,06
Helmikuu	11,36	11,86	11,36	11,36	11,86
Maaliskuu	12,09	12,59	12,09	12,09	12,59
Huhtikuu	14,76	15,26	14,76	14,76	15,26
Toukokuu	17,13	17,63	16,50	16,50	17,00
Kesäkuu	18,44	18,94	16,50	16,50	17,00
Heinäkuu	19,60	20,10	16,50	17,30	17,80
Elokuu	19,13	19,63	16,50	16,05	16,55
Syyskuu	17,04	17,54	16,50	16,50	17,00



Lokakuu	15,41	15,91	15,41	15,41	15,91
Marraskuu	13,25	13,75	13,25	13,25	13,75
Joulukuu	12,23	12,73	12,23	12,23	12,73
Koko vuosi	15,17	15,67	14,43	14,46	14,96

\*) 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 17 °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 nettotarpeeksi saadaan D5/2012 kaavasta 3.11 tammikuussa

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (17 - 0,5 - 11,56) \cdot 744}{1000} = 6984,2 \text{ kWh}$$

##### b) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve toukokuussa

Toukokuussa lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila ylittää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C. Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton poiskytkentä asetusarvon ylittyessä. Poiskytkentätoiminto pitää sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvossaan. Lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on siten 16,5 °C. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan nyt D5/2012 kaavasta 3.11 toukokuussa

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

$$\text{toukokuu} \quad Q_{iv} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (17 - 0,5 - 16,5) \cdot 744}{1000} = 0 \text{ kWh}$$

Toukokuussa tässä rakennuksessa ei siis ole tarvetta lämmittää tuloilmaa lämmöntalteenoton jälkeen, koska tuloilman lämpötila on lämmöntalteenoton jälkeen 16,5 °C ja lämpenee tuloilmapuhaltimen vaikutuksesta vielä 0,5 °C saavuttaen näin sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvon 17 °C ilman jälkilämmitystä. Taulukoista 15 ja 16 nähdään, että sama tilanne on tässä rakennuksessa myös kesä-, syys- ja lokakuussa.

### c) Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve heinä- ja elokuussa

Heinäkuussa 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	11,56	17,00	6984,2
Helmikuu	11,36	17,00	6564,2
Maaliskuu	12,09	17,00	6241,2
Huhtikuu	14,76	17,00	2377,2
Toukokuu	16,50	17,00	0,0
Kesäkuu	16,50	17,00	0,0
Heinäkuu	17,30	17,80	0,0
Elokuu	16,05	16,55	0,0
Syyskuu	16,50	17,00	0,0
Lokakuu	15,41	17,00	1547,7
Marraskuu	13,25	17,00	4446,5
Joulukuu	12,23	17,00	6032,7
Koko vuosi	14,46	17,03	34193,8

## 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 ja viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt D5/2012 kaavalla 3.5. Edellä mainitut johtumislämpöhäviöiden osat on esitetty eriteltyinä taulukossa 19.

#### 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

---

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,17 \cdot 1387 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 4380,4 \text{ kWh}$$

---

### b) Johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

---

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{yläpohja}} = \frac{0,09 \cdot 601 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1004,9 \text{ kWh}$$

---

### 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

---

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

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

---

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

---

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

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

---

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

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{alapohja}} = \frac{0,17 \cdot 601,0 \cdot (21 - 10,57) \cdot 744}{1000} = 1026,1 \text{ kWh}$$

Taulukko 17. Alapohjan alapuolisen maan lämpötila

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila $T_{\text{maa, kuukausi}}$ °C	Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus $\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$ °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. Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi ovat tammikuussa

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

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ikkunat}} = \frac{1,0 \cdot 343,9 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 6388,9 \text{ kWh}$$

#### e) Johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

D5/2012 kaava 3.4

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

tammikuu

$$Q_{\text{ovet}} = \frac{1,0 \cdot 117 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2173,6 \text{ kWh}$$

### f) Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Johtumislämpöhäviö viivamaisista kylmäsilloista lasketaan D5/2012 kaavalla 3.5. Kaikki rakennuksen kylmäsillat ovat yhteydessä ulkoilmaan, joten kylmäsiltojen konduktanssien ja pituuksien tulot voidaan laskea yhteen ja käyttää tätä summaa D5/2012 kaavassa 3.5. Tämä summa on esitetty taulukossa 8. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista ovat edellä esitetyn perusteella tammikuussa yhteensä

D5/2012 kaava 3.5

$$Q_{\text{kylmäsillat}} = \frac{(\sum l_k \Psi_k) \cdot (T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (24)$$

tammikuu

$$Q_{\text{kylmäsillat}} = \frac{75,42 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1401,2 \text{ kWh}$$

Viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamat johtumislämpöhäviöt on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Johtumislämpöhäviöt kylmäsilloista

Kuukausi	US-YP kWh	US-AP kWh	US-US (ulkonurkka) kWh	US-US (sisänurkka) kWh	Ikkuna- liitos kWh	Ovi- liitos kWh	Yhteensä $Q_{\text{kylmäsillat}}$ kWh
Tammikuu	151,4	227,2	44,5	0,0	719,1	258,9	1401,2
Helmikuu	139,7	209,6	41,1	0,0	663,3	238,8	1292,5
Maaliskuu	143,0	214,6	42,1	0,0	679,0	244,5	1323,2
Huhtikuu	96,8	145,3	28,5	0,0	459,8	165,6	896,0
Toukokuu	62,1	93,2	18,3	0,0	294,9	106,2	574,6
Kesäkuu	39,7	59,6	11,7	0,0	188,7	67,9	367,6
Heinäkuu	22,4	33,7	6,6	0,0	106,5	38,4	207,6
Elokuu	30,0	45,0	8,8	0,0	142,5	51,3	277,8
Syyskuu	61,4	92,2	18,1	0,0	291,8	105,1	568,6
Lokakuu	89,8	134,7	26,4	0,0	426,2	153,5	830,5
Marraskuu	120,3	180,5	35,4	0,0	571,3	205,7	1113,2
Joulukuu	140,6	211,0	41,4	0,0	667,8	240,5	1301,3
Koko vuosi	1097,4	1646,6	322,8	0,0	5210,9	1876,5	10154,1

Taulukossa US tarkoittaa ulkoseiniä, YP yläpohjaa ja AP alapohjaa.

### g) Johtumislämpöhäviöiden summa

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.3. Johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.3 } Q_{\text{joht}} = Q_{\text{ulkoseinät}} + Q_{\text{yläpohja}} + Q_{\text{alapohja}} + Q_{\text{ikkunat}} + Q_{\text{ovet}} + Q_{\text{kylmäsillat}} + Q_{\text{muu}} \quad (25)$$

$$\text{tammikuu } Q_{\text{joht}} = 4380,4 + 1004,9 + 746,3 + 6388,9 + 2173,6 + 1401, +0 = 16095,2 \text{ kWh}$$

Johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{\text{ulkoseinät}}$ kWh	Yläpohja $Q_{\text{yläpohja}}$ kWh	Alapohja $Q_{\text{alapohja}}$ kWh	Ikkunat $Q_{\text{ikkunat}}$ kWh	Ovet $Q_{\text{ovet}}$ kWh	Kylmäsillat $Q_{\text{kylmäsillat}}$ kWh	Yhteensä $Q_{\text{joht}}$ kWh
Tammikuu	4380,4	1004,9	746,3	6388,9	2173,6	1401,2	16095,2
Helmikuu	4040,5	926,9	738,7	5893,1	2004,9	1292,4	14896,5
Maaliskuu	4136,6	948,9	889,3	6033,2	2052,6	1323,2	15383,8
Huhtikuu	2801,2	642,6	929,9	4085,5	1390,0	896,0	10745,2
Toukokuu	1796,4	412,1	960,9	2620,0	891,4	574,6	7255,4
Kesäkuu	1149,3	263,7	860,7	1676,3	570,3	367,6	4887,9
Heinäkuu	649,1	148,9	746,3	946,7	322,1	207,6	3020,6
Elokuu	868,4	199,2	674,7	1266,5	430,9	277,8	3717,5
Syyskuu	1777,5	407,8	583,7	2592,5	882,0	568,6	6812,0
Lokakuu	2596,3	595,6	531,6	3786,8	1288,3	830,5	9629,1
Marraskuu	3480,3	798,4	514,5	5076,0	1726,9	1113,2	12709,2
Joulukuu	4068,2	933,2	603,2	5933,4	2018,6	1301,3	14857,9
Koko vuosi	31744,1	7282,1	8779,6	46298,8	15751,6	10154,1	120010,3

### 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 kuusi kerrosta, joten kaavassa tarvittavan kertoimen  $x$  arvo on 15. Rakennusvaipan ilmanvuotoluku mitataan ja suunnittelu arvona on käytetty vertailuarvoa eli  $2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Rakennusvaipan pinta-ala saadaan taulukosta 7. Vuotoilmavirraksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla vuoden jokaisena kuukautena

---

D3/2012 kaava 5  
(D5/2012 kaava 3.9)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50} A_{vaiippa}}{3600x} \quad (26)$$

kaikki kuukaudet

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{2 \cdot 3049,9}{3600 \cdot 15} = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan tammikuussa

---

D5/2012 kaava 3.8

$$Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (27)$$

tammikuu

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,113 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 2518,2 \text{ kWh}$$

---

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltyinä taulukossa 20.

### 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 eriteltyinä taulukossa 20. 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.

#### a) Tuloilman lämpeneminen tilassa tammikuussa

Tammikuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat käytössä, jolloin sisäänpuhalluslämpötila 17 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten tammikuussa

---

D5/2012 kaava 3.14

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

tammikuu

$$Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (21 - 17) \cdot 744}{1000} = 5656,8 \text{ kWh}$$

---

#### b) Tuloilman lämpeneminen tilassa heinäkuussa

Heinäkuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja tuloilman jälkilämmitys ovat pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on heinäkuussa 17,3 °C (taulukko 33). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 17,8 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten heinäkuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 3.14} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (29)$$

$$\text{heinäkuu} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 \cdot (21 - 17,8) \cdot 744}{1000} = 4525,4 \text{ kWh}$$


---

### c) Tuloilman lämpeneminen tilassa elokuussa

Elokuussa ilmanvaihdon lämmöntalteenotto on pois päältä, jolloin huonetilaan tuodaan suoraan ulkoilmaa, jota tuloilmapuhallin on hieman lämmittänyt. Ulkoilman keskilämpötila on elokuussa 16,05 °C (taulukko 33). Ulkoilma lämpenee vielä tuloilmapuhaltimessa 0,5 °C, jolloin sisäänpuhalluslämpötila on 16,55 °C. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on siten elokuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 3.14} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t}{1000} \quad (30)$$

$$\text{elokuu} \quad Q_{iv,tuloilma} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 1,584 (21 - 16,55) \cdot 744}{1000} = 6293,2 \text{ kWh}$$


---

## 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 20. Kokonaisenergiatarkasteluissa tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtäsuuret, joten korvausilmavirtaa ei ole.

Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava 3.2} \quad Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (31)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{tila} = 16095,2 + 2518,2 + 5656,8 + 0 = 24270,2 \text{ kWh}$$


---

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



Taulukko 20. 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	16095,2	2518,2	5656,8	0,0	24270,2
Helmikuu	14896,5	2322,8	5109,4	0,0	22328,6
Maaliskuu	15383,8	2378,0	5656,8	0,0	23418,7
Huhtikuu	10745,2	1610,3	5474,3	0,0	17829,8
Toukokuu	7255,4	1032,7	5656,8	0,0	13944,8
Kesäkuu	4887,9	660,7	5474,3	0,0	11022,9
Heinäkuu	3020,6	373,1	4525,4	0,0	7919,2
Elokuu	3717,5	499,2	6293,2	0,0	10509,8
Syyskuu	6812,0	1021,8	5474,3	0,0	13308,1
Lokakuu	9629,1	1492,6	5656,8	0,0	16778,5
Marraskuu	12709,2	2000,7	5474,3	0,0	20184,3
Joulukuu	14857,9	2338,7	5656,8	0,0	22853,4
Koko vuosi	120010,3	18249,1	66109,1	0,0	204368,4

Taulukko 21. 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	5,08	0,79	1,79	0,00	7,66
Helmikuu	4,70	0,73	1,61	0,00	7,05
Maaliskuu	4,86	0,75	1,79	0,00	7,39
Huhtikuu	3,39	0,51	1,73	0,00	5,63
Toukokuu	2,29	0,33	1,79	0,00	4,40
Kesäkuu	1,54	0,21	1,73	0,00	3,48
Heinäkuu	0,95	0,12	1,43	0,00	2,50
Elokuu	1,17	0,16	1,99	0,00	3,32
Syyskuu	2,15	0,32	1,73	0,00	4,20
Lokakuu	3,04	0,47	1,79	0,00	5,30
Marraskuu	4,01	0,63	1,73	0,00	6,37
Joulukuu	4,69	0,74	1,79	0,00	7,21
Koko vuosi	37,88	5,76	20,87	0,00	64,51

## 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  $3 \text{ W/m}^2$ . Rakennuksen lämmitetty nettoala on  $3168 \text{ m}^2$ , joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (32)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 3168 \text{ m}^2 = 9504 \text{ W}$$

---

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

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012} \\ \text{taulukon 3} \\ \text{arvoilla} \end{array} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{array} \right) \quad (33)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) = \frac{24 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{7 \text{ vrk}}{7 \text{ vrk}} = 1 = 100 \%$$

---

Rakennuksen käyttöaste on 0,6 eli ihmisten oletetaan olevan paikalla 60 % rakennuksen käyttöajasta eli tässä tapauksessa 60 % kuukauden tunneista. Ihmisten aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan näin tammikuussa

---

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukosta} \\ 3 \end{array} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left( \begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{l} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (34)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{9504}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 4242,6 \text{ kWh}$$

---

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

### 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

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.3 \quad Q_{s\grave{a}h} = W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus} \quad (35)$$

$$tammikuu \quad Q_{s\grave{a}h} = 5656,8 + 2592,7 = 8249,5 \text{ kWh}$$

---

### c) Lämpökuorma lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista

Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä lasketaan lämpökuormiksi energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.6 mukaisesti. Tässä rakennuksessa käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpökuormista ei ole tehty erillistä selvitystä. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöistä oletetaan siten asetuksen mukaisesti tulevan lämpökuormiksi 50 %. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu luvussa 4.1.2. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin aiheuttama lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 24.

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten käyttöveden kierron aiheuttamia lämpökuormia ei ole

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (36)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot 9547 = 4773,5 \frac{\text{kWh}}{a}$$

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan

---

$$D5/2012 \text{ kohta } 5.4.1 \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (37)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot 0 = 0 \frac{\text{kWh}}{a}$$

---

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttama lämpökuorma voidaan jakaa kuukausittaiseksi lämpökuormaksi kuukausien pituuden perusteella. Käyttöveden varastoinnin aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan siten esimerkiksi tammikuussa

---

$$Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \left( \frac{\text{tunteja kuukaudessa}}{\text{tunteja vuodessa}} \right) \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (38)$$

$$tammikuu \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = \frac{744}{8760} \cdot 0 = 0 \text{ kWh}$$

---

#### 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 22 ja 23.

Ikkunoihin osuvasta auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma lasketaan D5/2012 kaavalla 5.4. Lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.4 \qquad Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \qquad (39)$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat pohjoiseen} \qquad Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,441 \cdot 16,8 \cdot 0,50 = 23,0 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat itään} \qquad Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 139,5 \cdot 0,50 = 102,58 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat etelään} \qquad Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,3375 \cdot 13,9 \cdot 0,50 = 30,26 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat länteen} \qquad Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,387 \cdot 173,7 \cdot 0,50 = 127,72 \text{ kWh}$$

$$tammikuu, \text{ ikkunat yhteensä} \qquad \sum Q_{aur} = 283,5 \text{ kWh}$$

---

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 283,5 kWh. Kaavassa (39) esitetty säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin tammikuussa perustuu tässä luvussa esitettyyn laskelmaan. Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 24.

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

$$F_{varjostus} = F_{ympäristö} F_{ylävarjostus} F_{sivuvarjostus} \quad (40)$$

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 22. 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 verho kertoimen arvioidaan olevan 0,60. Kokonaiskorjauskertoimen arvoiksi saadaan näin tammikuussa

*D5/2012 kaava 5.6*

$$F_{\text{läpäisy}} = F_{\text{kehä}} F_{\text{verho}} F_{\text{varjostus}} \quad (41)$$

*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 23. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin

Kuukausi	Pohjoiseen $F_{\text{varjostus}}$	Koilliseen $F_{\text{varjostus}}$	Itään $F_{\text{varjostus}}$	Kaakkoon $F_{\text{varjostus}}$	Etelään $F_{\text{varjostus}}$	Lounaaseen $F_{\text{varjostus}}$	Länteen $F_{\text{varjostus}}$	Luoteeseen $F_{\text{varjostus}}$
	-	-	-	-	-	-	-	-
Tammikuu	0,441	0,414	0,387	0,362	0,338	0,362	0,387	0,414
Helmi	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 24. Lämpöhäviöiden summaksi saadaan tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 5.9} \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{lkv,kierto,kuorma}} + Q_{\text{lkv,varastointi,kuorma}} \quad (42)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämpökuorma}} = 4242,6 + 8249,5 + 283,5 + 304,0 + 0 = 13079,6 \text{ kWh}$$

Taulukko 24. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset $Q_{\text{henk}}$ kWh	Sähkölaitteet $Q_{\text{säh}}$ kWh	Aurinko $Q_{\text{aur}}$ kWh	LKV kierto $Q_{\text{lkv, kierto, kuorma}}$ kWh	LKV varastointi $Q_{\text{lkv, varastointi, kuorma}}$ kWh	Yhteensä $Q_{\text{lämpökuormat}}$ kWh
Tammikuu	4242,6	8249,5	283,5	304,0	0,0	13079,6
Helmikuu	3832,0	7451,1	1073,6	274,6	0,0	12631,4
Maaliskuu	4242,6	8249,5	3051,2	304,0	0,0	15847,3
Huhtikuu	4105,7	7983,4	5128,9	294,2	0,0	17512,2
Toukokuu	4242,6	8249,5	7010,6	304,0	0,0	19806,7
Kesäkuu	4105,7	7983,4	6981,1	294,2	0,0	19364,4
Heinäkuu	4242,6	8249,5	7799,9	304,0	0,0	20595,9
Elokuu	4242,6	8249,5	5186,4	304,0	0,0	17982,4
Syyskuu	4105,7	7983,4	3768,3	294,2	0,0	16151,5
Lokakuu	4242,6	8249,5	1244,3	304,0	0,0	14040,4
Marraskuu	4105,7	7983,4	373,6	294,2	0,0	12756,8
Joulukuu	4242,6	8249,5	223,8	304,0	0,0	13019,9
Koko vuosi	49953,0	97130,9	42125,2	3579,4	0,0	192788,5

### 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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.16} \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (43)$$

$$tammikuu \quad H_{\text{tila}} = \frac{1000 \cdot 24270,2}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 1306,42 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

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  $70 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Lämpökapasiteetiksi saadaan siten

---


$$D5/2012 \text{ taulukko 5.6} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \qquad (44)$$

$$koko \text{ vuosi} \qquad C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 3168 \cdot 160 = 506880 \frac{\text{Wh}}{\text{K}}$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.15} \qquad \tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \qquad (45)$$

$$tammikuu \qquad \tau = \frac{506880}{1306,42} = 387,99 \text{ h} = 16,2 \text{ d}$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.14} \qquad \gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \qquad (46)$$

$$tammikuu \qquad \gamma = \frac{13079,6}{24270,2} = 0,54$$


---

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

---


$$D5/2012 \text{ kaava 5.13} \qquad a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \qquad (47)$$

$$tammikuu \qquad a = 1 + \frac{387,99 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 26,87$$


---



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

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.16 \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (48)$$

$$tammikuu \quad \eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,54^{26,87}}{1 - 0,54^{(26,87+1)}} = 1,00$$

Taulukko 25. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö $H_{\text{tila}}$ W/K	Aikavakio $\tau$ h	Suhde $\gamma$ -	Apusuure $a$ -	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -
Tammikuu	1306,42	387,99	0,54	26,87	1,00
Helmikuu	1303,02	389,00	0,57	26,93	1,00
Maaliskuu	1334,89	379,72	0,68	26,31	1,00
Huhtikuu	1500,83	337,73	0,98	23,52	0,97
Toukokuu	1830,38	276,93	1,42	19,46	0,70
Kesäkuu	2261,39	224,15	1,76	15,94	0,57
Heinäkuu	2876,78	176,20	2,60	12,75	0,38
Elokuu	2853,76	177,62	1,71	12,84	0,58
Syyskuu	1765,38	287,12	1,21	20,14	0,82
Lokakuu	1523,76	332,65	0,84	23,18	1,00
Marraskuu	1367,50	370,66	0,63	25,71	1,00
Joulukuu	1324,58	382,67	0,57	26,51	1,00
Koko vuosi	1770,72	310,20	1,13	21,68	0,84

#### 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

$$D5/2012 \text{ kaava } 5.10 \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (49)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{sis,lämpö}} = 1,0 \cdot 13079,6 = 13079,6 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 26 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.4.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 4.4.1f).

Taulukko 26. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{\text{lämpökuorma}}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{\text{sis. Lämpö}}$ kWh
Tammikuu	13079,6	1,000	13079,6
Helmikuu	12631,4	1,000	12631,4
Maaliskuu	15847,3	1,000	15847,1
Huhtikuu	17512,2	0,967	16938,6
Toukokuu	19806,7	0,704	13940,4
Kesäkuu	19364,4	0,569	11022,3
Heinäkuu	20595,9	0,385	7919,2
Elokuu	17982,4	0,584	10505,4
Syyskuu	16151,5	0,821	13259,9
Lokakuu	14040,4	0,997	14003,0
Marraskuu	12756,8	1,000	12756,8
Joulukuu	13019,9	1,000	13019,9
Koko vuosi	192788,5	0,836	154923,5

#### 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 kohta 4.4.2. Nämä molemmat on myös esitetty taulukossa 27 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 3.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (50)$$

$$tammikuu \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = 24270,2 - 13079,6 = 11190,6 \text{ kWh}$$


---

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 27. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve $Q_{tila}$ kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	24270,2	13079,6	11190,6
Helmikuu	22328,6	12631,4	9697,3
Maaliskuu	23418,7	15847,1	7571,6
Huhtikuu	17829,8	16938,6	891,2
Toukokuu	13944,8	13940,4	4,5
Kesäkuu	11022,9	11022,3	0,6
Heinäkuu	7919,2	7919,2	0,0
Elokuu	10509,8	10505,4	4,4
Syyskuu	13308,1	13259,9	48,2
Lokakuu	16778,5	14003,0	2775,5
Marraskuu	20184,3	12756,8	7427,5
Joulukuu	22853,4	13019,9	9833,6
Koko vuosi	204368,4	154923,5	49444,9

Taulukko 28. 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	7,66	4,13	3,53
Helmikuu	7,05	3,99	3,06
Maaliskuu	7,39	5,00	2,39
Huhtikuu	5,63	5,35	0,28
Toukokuu	4,40	4,40	0,00
Kesäkuu	3,48	3,48	0,00
Heinäkuu	2,50	2,50	0,00
Elokuu	3,32	3,32	0,00
Syyskuu	4,20	4,19	0,02
Lokakuu	5,30	4,42	0,88
Marraskuu	6,37	4,03	2,34
Joulukuu	7,21	4,11	3,10
Koko vuosi	64,51	48,90	15,61

# 5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

## 5.1 Tilojen lämmitysjärjestelmän energiankulutus

Rakennuksessa asuintilojen osuus on 87 % eli niiden lämmitysenergianettotarve on 43017,1 kWh, josta liitteen 3 erillisselvityksen mukaan 37 % kohdistuu pesutilojen sähköiselle lattialämmitykselle eli 15916,3 kWh. Näin ollen vesikiertoisien patteriverkostolle kohdistuvan energiaosuudeksi jää taulukon 27 mukaisesta tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta 33528,6 kWh (49444,9-15916,3 kWh).

### 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 ja märkätiloissa sähköinen lattialämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan patterilämmitykselle 0,80, kun jakojohdot eivät ole eristetty ja sähköiselle lattialämmitykselle vastaavasti 0,85, kun sähköinen lattialämmitys rajoittuu lämmitettyihin tiloihin. Järjestelmässä ei ole jakeluhäviöitä lämmitettäviin tiloihin.

Lämmönjakojärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla D5/2012 kaavan 6.1 ja taulukossa 27 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

---

$$\text{D5/2012 kaava 6.1} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (51)$$

$$\text{koko vuosi, radiaattorit} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,osa1}} = \frac{33528,6}{0,80} + 0 + 0 = 41910,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

$$\text{koko vuosi, lattialämmitys} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,osa2}} = \frac{15916,3}{0,85} + 0 + 0 = 18725,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

### b) Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys meno- ja paluulämpötiloilla 70/40 °C sekä sähköinen lattialämmitys pesutiloissa. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan patterilämmitykselle 2,0 kWh/(m<sup>2</sup>a) ja sähköiselle lattialämmitykselle 0,5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkökulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.2

---

$$\text{D5/2012 kaava 6.2} \quad W_{\text{tilat}} = e_{\text{tilat}} A_{\text{netto}} \quad (52)$$

$$\text{koko vuosi} \quad W_{\text{tilat}} = 2,0 \cdot 3000,8 + 0,5 \cdot 167,2 = 6085,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

### c) Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpöön liitetty huonekohtainen vesiradiaattorilämmitys ja märkätilojen osalta sähköinen lattialämmitys. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Samasta taulukosta saadaan märkätilojen sähköisen lattialämmityksen tuoton hyötysuhteeksi 1.0. Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan alla eritellyt kaukolämmön ja sähkön ostoenergiankulutukset.

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän lämpöenergiankulutus

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,osa1}}}{\eta_{\text{tuotto,tilat}}} \quad (53)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,kulutus}} = \frac{41910,8}{0,97} = 43207,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua lämpöenergiaa

---

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

Tilojen lämmöntuottojärjestelmän (sähköisen lattialämmitysjärjestelmän) sähköenergiankulutus

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad W_{\text{lämmitys}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (54)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad W_{\text{lämmitys}} = \frac{18725,1}{1,0} = 18725,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

ddfs

### 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). Samasta taulukosta saadaan märkätilojen sähköisen lattialämmityksen lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergiankulutukseksi 0 kWh/(m<sup>2</sup> a). Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin

---

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.9 \quad W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (55)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad W_{\text{tuotto,apu}} = 0,07 \cdot 3000,8 + 0 \cdot 167,2 = 210,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

## 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 on kiertojohto. Siirron hyötysuhteeksi saadaan näin taulukosta 0,97. 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

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.4} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv,netto}}}{\eta_{\text{lkv,siirto}}} + Q_{\text{lkv,varastointi}} + Q_{\text{lkv,kierto}} \quad (56)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad Q_{\text{lämmitys,lkv}} = \frac{110880}{0,97} + 0 + 7158,7 = 121468,0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 121468,0 kWh/a lämmitysenergiaan käyttöveteen vuodessa.

### b) Käyttöveden lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus lasketaan D5/2012 kohdan 6.3.4 mukaan. Mikäli pumpun sähkömoottorin tehoa ei ole suunnittelutiedoissa, voidaan sitä arvioida laskemalla virtaama kiertojohdon lämpöhäviöistä ja olettamalla kiertoveden lämpötilan aleneman olevan 5C astetta.

Lämpimän kiertoveden pumpun energiankulutuksen voi laskea D5/2012 kaavalla 6.6.

---

$$\begin{array}{l} \text{D5/2012 kaava} \\ \text{6.6} \end{array} \quad W_{\text{lkv,pumppu}} = P_{\text{lkv,pumppu}} t_{\text{lkv,pumppu}} \frac{365}{1000} \quad (57)$$

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad W_{\text{tuotto,apu}} = 7,81 \cdot 24 \frac{365}{1000} = 68,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

---

### c) Käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän (lämmöntuottojärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa käyttövesi lämmitetään kaukolämmöllä ja varaajaa ei käytetä. Kiertojohdon lämpöhäviöt on edellä laskettu erillisinä osana käyttöveden lämpöenergian kokonaistarvetta. Tässä rakennuksessa käyttöveden lämmitysjärjestelmä on liitetty kaukolämpöön. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukolämpökäytön tuoton vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,97. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutukseksi saadaan siten

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, lkv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys, lkv}}}{\eta_{\text{tuotto, lkv}}} \quad (58)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, lkv, kulutus}} = \frac{121468,0}{0,97} = 125224,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua l\u00e4mp\u00f6energiaa

---

K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n hy\u00f6tysuhde on t\u00e4ss\u00e4 tapauksessa k\u00e4ytt\u00f6vesiverkoston l\u00e4mp\u00f6energiatarpeen suhde kaukol\u00e4mm\u00f6nvaihtimeen sy\u00f6tettyyn l\u00e4mp\u00f6energiaan. K\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mmityksen l\u00e4mp\u00f6energian kulutus on siten noin 53406 kWh/a.

### 5.3 Ilmanvaihdon l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n energiankulutus

#### a) Ilmanvaihdon l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n l\u00e4mmitysenergian kokonaistarve (kulutus)

Ilmanvaihdon l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n l\u00e4mp\u00f6energian tarpeen laskennassa ilmanvaihtokoneen l\u00e4mmityspattereiden hy\u00f6tysuhteen voidaan olettaa olevan 100 % energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.7 mukaisesti. Ilmanvaihdon l\u00e4mp\u00f6energian kokonaistarve on siten yht\u00e4 suuri kuin luvussa 4.2.2 laskettu ilmanvaihdon l\u00e4mmitysenergian nettotarve

---


$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.2 \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, iv}} = \frac{Q_{iv}}{1,00} \quad (59)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, iv}} = \frac{34193,8}{1,00} = 34193,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$


---

#### b) Ilmanvaihdon l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n ostoenergiankulutus

Ilmanvaihdon l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n (l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamism\u00e4\u00e4r\u00e4yskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyll\u00e4 tavalla. T\u00e4ss\u00e4 rakennuksessa tuloilma l\u00e4mmitet\u00e4\u00e4n kaukol\u00e4mm\u00f6ll\u00e4. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 11 kaukol\u00e4mp\u00f6k\u00e4yt\u00f6n tuoton vuosihy\u00f6tysuhteeksi saadaan 0,97. Ilmanvaihdon l\u00e4mmitysjarjestelm\u00e4n ostoenergiankulutukseksi saadaan n\u00e4in

---


$$D5/2012 \text{ kaava } 6.7 \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, iv, kulutus}} = \frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys, iv}}}{\eta_{\text{tuotto, iv}}} \quad (60)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{l\u00e4mmitys, iv, kulutus}} = \frac{34193,8}{0,97} = 35251,3 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua l\u00e4mp\u00f6energiaa

---

## 6 Yhteenveto laskennan tuloksista

### 6.1 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	49444,9	15,6	4.3.4
Johtuminen	120010,3	37,9	4.3.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	18249,1	5,8	4.3.2
Tuloilman lämpeneminen tilassa	66109,1	20,9	4.3.3
Lämpökuormista hyödyksi	-154923,5	-48,9	4.4.2
Ilmanvaihdon lämmitys	34193,8	10,8	4.2.2
Lämpimän käyttöveden lämmitys	110880,0	35,0	4.1.1
<b>Yhteensä</b>	<b>194518,7</b>	<b>61,4</b>	-

### 6.2 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		
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Luku
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	<b>24878</b>	<b>7,9</b>	-	<b>197573</b>	<b>62,4</b>	-
Tilojen lämmitys	24810	7,8	-	41911	13,2	-
Lämmönjakelujärjestelmä	18725	5,9	-	41911	13,2	5.1 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6085	1,9	5.1 b)	-	-	-
Tuloilman lämmitys (lämmityspatteri)	-	-	-	34194	10,8	5.3 a)
Käyttöveden lämmitys	68	0,02	-	121468	38,3	
Lämmönjakelujärjestelmä	-	-	-	121468	38,3	5.2 a)
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	68	0,02	5.2 b)	-	-	-
<b>Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimet</b>	<b>27752</b>	<b>8,8</b>	3.3	-	-	-
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>97131</b>	<b>30,7</b>	-	-	-	-
Kuluttajalaitteet	66604	21,0	3.1	-	-	-
Valaistus	30527	9,6	3.2	-	-	-
<b>Yhteensä</b>	<b>149761</b>	<b>47,3</b>	-	<b>197573</b>	<b>62,4</b>	-

## 6.3 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 203683 kWh kaukolämpöverkosta ostettua lämpöenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna kaukolämmönkulutus on noin 64,3 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Lisäksi rakennus tarvitsee noin 149971 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa vuodessa. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on noin 47,3 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>203683</b>	<b>64,29</b>
Tilojen lämmitys	43207	13,64
Lämmin käyttövesi	125225	39,53
Tuloilman lämmitys	35251	11,13
<b>Sähkö</b>	<b>149971</b>	<b>47,34</b>
Tilojen lämmitys	<b>25020</b>	<b>7,90</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	18725,1	5,91
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	210	0,066
Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteet	6085	1,92
Lämmin käyttövesi	<b>68</b>	<b>0,02</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
Jakelujärjestelmän apulaitteet	68	0,02

<b>Tuloilman lämmitys</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>
Lämmöntuottojärjestelmä	-	-
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteet	0	0,00
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	<b>27752</b>	<b>8,76</b>
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	27752	8,76
<b>Kuluttajalaitteet ja valaistus</b>	<b>97131</b>	<b>30,66</b>
Kuluttajalaitteet	66604	21,02
Valaistus	30527	9,64

## 6.4 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

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (61)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{kaukolämmön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 0,7 \cdot 203683,0 = 142578,1 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{sähkön} \\ \text{energiamuodon} \\ \text{kerroin} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{sähköenergian} \\ \text{ostoenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (62)$$

$$\left( \begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 149970,9 = 254950,5 \frac{\text{kWh}_E}{\text{a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on siis  $126 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 33.

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>203683</b>	<b>64,29</b>	<b>0,7</b>	<b>142578</b>	<b>45,01</b>
Tilojen lämmitys	43207	13,64	0,7	30245	9,55
Lämmin käyttövesi	125225	39,53	0,7	87657	27,67
Tuloilman lämmitys	35251	27,12	0,7	24676	7,79
<b>Sähkö</b>	<b>149971</b>	<b>47,34</b>	<b>1,7</b>	<b>254950</b>	<b>80,48</b>
Tilojen lämmitys	25020	7,90	1,7	42534	13,43
Lämmin käyttövesi	68	0,02	1,7	116	0,04
Tuloilman lämmitys	0	0,00	1,7	0	0,00
Ilmanvaihtojärjestelmä	27752	8,76	1,7	47178	14,89
Kuluttajalaitteet ja valaistus	97131	30,66	1,7	165122	52,12
<b>Yhteensä</b>				<b>397529</b>	<b>125,48</b>

# 7 Energiatodistus

<b>ENERGIATODISTUS</b>	
<b>Rakennuksen nimi ja osoite:</b>	Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2013 esimerkki Uudiskerrostalo
<b>Rakennustunnus:</b>	
<b>Rakennuksen valmistumisvuosi:</b>	2014
<b>Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:</b>	Muut asuinkerrostalot
<b>Todistustunnus:</b>	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	<b>126</b> kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)
<b>Todistuksen laatija:</b>	<b>Yritys:</b>
Eero Energiatodistuksenlaatija	Yritys oy
<b>Allekirjoitus:</b>	
<i>Eero Energiatodistuksenlaatija</i>	
<b>Todistuksen laatimispäivä:</b>	<b>Viimeinen voimassaolopäivä:</b>
1.10.13	1.10.23

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	3168 m <sup>2</sup>
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen radiaattorilämmitys, märkätiloissa sähköinen lattialämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, kaksi ilmanvaihdonkoneetta

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	149 971	47,3	1,7	80,5
kaukolämpö	203 683	64,3	0,7	45,0
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	97 131	30,7		
<b>Kokonaisenergiankulutus (E-luku)</b>				<b>126</b>

### Rakennuksen energiatehokkuusluokka

#### Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

#### Luokkien rajat asteikolla

#### Asuinkerrostalot

A: ... 75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130
D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240
G: 241 ...		

#### Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

C

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

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

## E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

### Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka

Muut asuinkerrostalot

Rakennuksen valmistumisvuosi

2014

Lämmitetty nettoala

3 168 m<sup>2</sup>

### Rakennusvaippa

Ilmanvuotoluku q<sub>50</sub>

2,0

m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)

	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	U × A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	1 387,0	0,17	235,8	26%
Yläpohja	601,0	0,09	54,1	6%
Alapohja	601,0	0,16	96,2	10%
Ikkunat	343,9	1,00	343,9	37%
Ulko-ovet	117,0	1,00	117,0	13%
Kylmäsiilat	-	-	75,4	8%

### Ikkunat ilmansuunnittain

	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	g <sub>kahtisuora</sub> -arvo	
Pohjoinen	16,8	1,00	0,56	-
Koillinen	-	-	-	-
Itä	139,5	1,00	0,56	-
Kaakko	-	-	-	-
Etelä	13,9	1,00	0,56	-
Lounas	-	-	-	-
Länsi	173,7	1,00	0,56	-
Luode	-	-	-	-

### Ilmanvaihtojärjestelmä

Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, lämmöntalteenotto, kaksi ilmanvaihtokonetta

	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	1,14/1,20	2,0	80%	5,0
Porrashuone	0,030/0,036	2,0	55%	3,0
Ilmanvaihtojärjestelmä	1,584 / 1,584	2,0	-	-

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:

62%

### Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän kuvaus:

Vesikiertoinen radiaattorilämmitys, märkätiloissa sähköinen lattialämmitys

	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden sähkönkäyttö <sup>2</sup> kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	97 %	80%	-	1,92
Lämpimän käyttöveden valmistus	97%	97%	-	68,00

<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle

<sup>2</sup> lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen

	Määrä kpl	Tuotto kWh
Varaava tulisija	0	0
Ilmalämpöpumppu	0	0

### Jäähdytysjärjestelmä

Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin

-

Jäähdytysjärjestelmä

### Lämmin käyttövesi

	Ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)
Lämmin käyttövesi	602,9	35,0

### Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla

	Käyttöaste	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>
Ihmiset	60%	3,0		
Kuluttajalaitteet	60%		4,0	
Valaistus	10%			11,0

## E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituusluokka	Muut asuinkerrostalot			
Rakennuksen valmistumisvuosi	2014			
Lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>	3168			
E-luku, kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi)	126			
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	149 971	1,7	254951	80,5
kaukolämpö	203 683	0,7	142578	45,0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>353 654</b>		<b>397 529</b>	<b>126</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>		7,8	13,2	-
Tuloilman lämmitys		0,0	10,8	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	38,3	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		8,8	-	-
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		30,7	-	-
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>47,3</b>	<b>62,4</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>		49 445	15,6	
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		34 194	10,8	
Lämpimän käyttöveden valmistus		110 880	35,0	
Jäähdytys		0	0,0	
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
Aurinko		42 125	13,30	
Henkilöt		49 953	15,77	
Kuluttajalaitteet		66 604	21,02	
Valaistus		30 527	9,64	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		3 579	1,13	
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 3168 m<sup>2</sup>

#### Ostettu energia

Kaukolämpö  
Kokonaissähkö  
    Kiinteistö sähkö  
    Käyttäjäsähkö  
Kaukojäähdytys

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup> vuosi)

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

Kevyt polttoöljy  
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)  
Pilkkeet (koivu)  
Puupelletit

polttoaineen  
määrä  
vuodessa

yksikkö

muunnos-  
kerroin kWh:ksi

litra  
pino-m<sup>3</sup>  
pino-m<sup>3</sup>  
kg

10  
1300  
1700  
4,7

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup> vuosi)

<sup>1</sup> Selostus ostettujen polttoaineiden määrän arvioinnista (yksikköä vuodessa) tulee esittää kohdassa "Lisämerkintöjä".

#### Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä  
Kaukolämpö yhteensä  
Polttoaineet yhteensä  
Kaukojäähdytys  
**YHTEENSÄ**

kWh/vuosi

kWh/(m<sup>2</sup> vuosi)

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 ENERGIA TEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

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

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian 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 ylä- ja alapohja

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian 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

### Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian 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****Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian 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 - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät****Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt**

1				
2				
3				
	<b>Lämpö, ostoennergian säästö</b>	<b>Sähkö, ostoennergian säästö</b>	<b>Jäähdytys, ostoennergian 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				

**Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon****Lisätietoja energiatehokkuudesta**

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

## LISÄMERKINTÖJÄ

# Liite 1. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Taulukko 33. 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.

Asuintilojen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saatiin alla olevan mukaisesti 63 %.

**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
Pientalokone	Asuintilat	Jatkuva	1,14	1,2	1

Tuloilman lämpötilasuhte yhtäsuurilla ilmavirroilla	0,70	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhte	0,72	
Poistoilman lämpötilasuhte	0,68	
Tuloilmavirran suhte poistoilmavirtaan LTO:ssa	0,95	
Huonelämpötila	21,0 °C	
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	5,0 °C	

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

Säävyöhyke		
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	63%	100%
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	62%	97%
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	56%	89%

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

Porrashuoneen ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi saatiin alla olevan mukaisesti 55 %.

**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
Pientalokone	Porrashuone	Jatkuva	0,13	0,14	1

Tuloilman lämpötilasuhte yhtäsuurilla ilmavirroilla	0,58	SFS-EN 308:n mukaan
Tuloilman lämpötilasuhte	0,60	
Poistoilman lämpötilasuhte	0,56	
Tuloilmavirran suhte poistoilmavirtaan LTO:ssa	0,93	
Huonelämpötila	21,0 °C	
Jäteilman minimilämpötila jäätymissuojauksessa	3,0 °C	

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

Säävyöhyke		
I (II) Helsinki-Vantaa TRY 2012 testivuosi	55%	100%
III Jyväskylän TRY 2012 testivuosi	55%	99%
IV Sodankylä TRY 2012 testivuosi	52%	95%

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

Koko rakennuksen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi (E-lukulaskentaan) saatiin alla olevan mukaisesti 62 %.

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

Rakennuskohde	YM energiatodistusoppaan 2013 esimerkki, uudiskerrostalo
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Uudiskerrostalo
Pääsuunnittelija	
Laskelman tekijä	Eero Energiatodistuksenlaatija
Päiväys	01.10.2013

Taulukko 1. Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat lämpimien tilojen ilmanvaihtokoneet

**Taulukko 1. Lämpimät tilat**

Poistoilman lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvat ilmanvaihtokoneet		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	Käyntiaikatekijät		Poistoilmavirta, m <sup>3</sup> [q <sub>v,p</sub> ]	TASAUSLASKENTA- LOMAKKEESEEN
Kone	Palvelualue						τ <sub>d</sub>	τ <sub>w</sub>	1,340	Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>v</sub> ]
		Jatkuva					h/vrk	vrk/vko	Käyntiajoilla painotettu poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s	Ilmanvaihtokoneen LTO:n vuosihyötysuhde, % [η <sub>v,kone</sub> ]
Porrashuone	Porrashuone	Jatkuva	0,13	0,14	1	0,140	24	7	0,140	55%
Asuintilat	Asuintilat	Jatkuva	1,14	1,2	1	1,200	24	7	1,200	63%

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

## Liite 3. Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta


Asuntojen märkätiloissa on sähköinen lattialämmitys. Muissa rakennuksen tiloissa on vesikiertoiset 70/40 °C lämpötiloille mitoitettut radiaattorit. Vesiradiaattoreiden, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden ja käyttöveden lämmityksen lämmönlähteenä on kaukolämpö.









YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 kohdan 2.3.3 mukaisesti asuinhuoneiden tilojen lämmitysenergiannettotarpeesta 50% kohdistuu märkätilojen sähköiselle lattialämmitykselle, ellei laskelmin toisin osoiteta. Tässä tarkastelussa rakennuksen asuntojen märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus on selvitetty IDA ICE 4.51 dynaamisella rakennussimulointiohjelmalla.

Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3168 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on yhteensä 358 m<sup>2</sup> sähköisellä lattialämmityksellä varustettuja märkätiloja asuinhuoneistoissa, joiden kokonaispinta-ala on 2756 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on näin ollen 412 m<sup>2</sup> yleisiä (asuinhuoneistojen pinta-alaan kuulumattomia) tiloja, joiden lämmitys tapahtuu vesiradiaattoreilla. Nämä tilat lasketaan ilman sähköisen lattialämmityksen osuutta tilojen lämmitysenergiannettotarpeessa.

Tässä erillistarkastelussa asuinkerrostalosta mallinnettiin tyypillinen keskikoinen asuinhuoneisto IDA ICE 4.51 dynaamisella rakennussimulointiohjelmalla. Tilat mallinnettiin suunnitelmien mukaisilla ilmamäärillä, jotka oli asetettu rakentamismääräyskokoelman osan D2/2012 mukaisesti. Simuloinnissa märkätilojen asetusravona käytettiin suunnitelmien mukaista huonelämpötilaa 22°C, joka oli asetettu rakentamismääräyskokoelman osan D2/2012 taulukon 1 mukaisesti. Muiden tilojen lämpötilana käytettiin rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 taulukon 2 mukaista lämpötilaa 21°C. Muilta osin rakennus simuloitiin YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 sekä rakentamismääräyskokoelman osien D3/2012 ja D5/2012 mukaisilla arvoilla kuten tämän oppaan kohdissa 2–4 on esitetty.

IDA ICE simuloinnilla selvitettiin tyypillisen asuinhuoneiston tilojen lämmitysenergian nettotarve ja märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tästä nettotarpeesta. Märkätilaan mallinnettiin suunnitelmien mukainen sähköinen lattialämmitys ja muihin tiloihin radiaattorilämmitys. Simulointi suoritettiin koko vuoden simulointina YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 mukaisen säävyöhykkeen I eli Helsinki-Vantaan säätiedoilla. Seuraavalla sivulla on esitetty simuloinnin tulokset mukaanlukien lämmitysenergian nettotarve tyypillisessä asuinhuoneistossa.

		<h2 style="text-align: center;">Delivered Energy Report</h2>	
<b>Project</b>		<b>Building</b>	
YM energiätoedistuosopas 2013, uudiskerrostalo		Model floor area	80.7 m <sup>2</sup>
Customer		Model volume	209.7 m <sup>3</sup>
Created by		Model ground area	0.0 m <sup>2</sup>
Location	Helsinki	Model envelope area	69.6 m <sup>2</sup>
Climate file	Helsinki-TRY 2012	Window/Envelope	15.9 %
Case	Märkätilatarkastelu	Average U-value	0.3463 W/(K·m <sup>2</sup> )
Simulated	1.10.2013 15:12:42	Envelope area per Volume	0.332 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

		Delivered energy		Demand	Primary energy	
		kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
	Lighting, facility	777	9.6	0.09	1321	16.4
	Cooling	0	0.0	0.0	0	0.0
	HVAC aux	812	10.1	0.09	1380	17.1
	Pesutilat lattialam.(sahko)	513	6.4	0.31	873	10.8
	<b>Total, Facility electric</b>	<b>2102</b>	<b>26.1</b>		<b>3574</b>	<b>44.3</b>
	Tilojen lammitys	880	10.9	0.58	616	7.6
	LKV	2815	34.9	0.32	1971	24.4
	IV lammitys	1107	13.7	0.66	775	9.6
	<b>Total, Facility district</b>	<b>4802</b>	<b>59.5</b>		<b>3362</b>	<b>41.7</b>
	<b>Total</b>	<b>6904</b>	<b>85.6</b>		<b>6936</b>	<b>86.0</b>
	Equipment, tenant	1696	21.0	0.19	2883	35.7
	<b>Total, Tenant electric</b>	<b>1696</b>	<b>21.0</b>		<b>2883</b>	<b>35.7</b>
	<b>Grand total</b>	<b>8600</b>	<b>106.6</b>		<b>9819</b>	<b>121.7</b>

Muiden kuin märkätilojen lämmitysenergian nettotarve tyypillisessä asunnossa (80,7 m<sup>2</sup>) on edellä olevan tulosteen mukaisesti 880 kWh. Sähköisellä lattialämmityksellä lämmitettyjen märkätilojen lämmitysenergiannettotarve on tulosteen mukaan 513 kWh. Tyypillisen huoneiston tilojen lämmitysenergiannettotarve on näin ollen 1393 kWh. Tyypillisen huoneiston tilojen lämmitysenergiannettotarpeesta 37% kohdistuu märkätilojen sähköiselle lattialämmitykselle. Tätä tyypillistä osuutta käytettiin tämän oppaan luvussa 5 kaikille asuntojen märkätiloille. Osuutta käytettiin määrittäessä tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta edelleen tilojen lämmitysjärjestelmien energiantarve ja siitä tilojen lämmöntuottojärjestelmien energiankulutus.