

Energiatodistuksen laadintaesimerkki

-

Pientalo 1940-luku

Energiatodistusoppaan 2013 liite

26.8.2014

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Esimerkkirakennuksen tiedot	6
2.1 Rakennuksen perustiedot	7
2.2 Laskentasuureet	8
3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus	12
3.1 Kuluttajalaitteiden sähkönkulutus.....	12
3.2 Valaistuksen sähkönkulutus	13
3.3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä	14
4 Lämmitysenergian tarve	15
4.1 Lämmin käyttövesi	15
4.1.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	15
4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviö.....	15
4.2 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve	16
4.2.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt	16
4.2.2 Vuotoilman lämpeneminen tilassa.....	21
4.2.3 Korvausilman lämpeneminen tilassa	24
4.2.4 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve yhteensä	24
4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve	26
4.3.1 Lämpökuormat	26
4.3.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia	31
4.3.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä.....	32
5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus	34
5.1 Tulisija	34
5.1.1 Tulisijojen tiloihin luovuttama lämpömäärä	34
5.1.2 Tulisijojen ostoenergiankulutus	34
5.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmä	35
5.2.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve tulisija huomioituna	35
5.2.2 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian tarve	35
5.2.3 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus.....	36
5.2.4 Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve	36
5.2.5 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottajajärjestelmän ostoenergiankulutus	36
5.2.6 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottolaitteiston apulaitteiden sähköenergian kulutus	37
6 Yhteenveto laskennan tuloksista	38
6.1 Lämmitysenergian nettotarve	38
6.2 Teknisten järjestelmien energiankulutus	39
6.3 Ostoenergiankulutus.....	40
6.4 Kokonaisenergiankulutus.....	41
6.5 Toteutunut energiankulutus	43
6.5.1 Lämmitysöljyn kulutusta vastaava lämpöenergia.....	43
6.5.2 Polttopuun kulutusta vastaava lämpöenergia	43
7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi	44
7.1 Ikkunoiden uusiminen	44
7.2 Ilmalämpöpumppu lisälämmönlähteeksi	45
7.3 Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla	47

7.4 Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon rakentaminen.....	49
8 Energiatodistus.....	51
9 Liitteet.....	59
9.1 Ulkoilman keskilämpötila	59
9.2 Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta.....	60

1 Johdanto

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

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. Pääasialliseksi esimerkkikuukaudeksi on valittu tammikuu. Tammikuun lisäksi laskennan kulku on esitetty yhtälömuodossa myös niiden kuukausien osalta, joihin laskennan kulku poikkeaa tammikuusta¹. Yhtälöissä esitetyt lukuarvot saattavat poiketa pyöristyksistä johtuen hieman taulukoissa esitetyistä lukuarvoista. Arvojen tarkastamisessa on syytä käyttää ensisijaisesti taulukoissa esitettyjä lukuarvoja.

Suunnitteilla olevan tai vastavalmistuneen rakennuksen energiantodistus laaditaan rakennuksen asiakirjojen perusteella. Olemassa olevan rakennuksen energiantodistuksen laadinta perustuu rakennuksesta paikan päällä tehtyihin havaintoihin, rakennuksen käyttäjien haastatteluun sekä niihin asiakirjoihin, jotka rakennuksesta ovat saatavilla. Paikan päällä tehtyjen havaintojen, käyttäjien haastattelun ja rakennusta koskevien asiakirjojen perusteella selvitetään rakennuksen ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutuksen laskennassa tarvittavat lähtötiedot sekä esitetään rakennuksesta tehdyt havainnot ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisiksi arvioidut energiansäästötoimenpiteet säästöarvioineen. Lisäksi on ilmoitettava olemassa olevan rakennuksen toteutunut ostoenergiankulutus, jos tiedot toteutuneesta kulutuksesta ovat saatavilla.

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

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

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

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

2 Esimerkkirakennuksen tiedot

Tässä esimerkissä laskennan kohteena on 1940-luvun loppupuolella valmistunut pientalo, johon on rakennettu laajennusosa 1986. Rakennuksen tiedot on saatu tutkimalla rakennusta paikan päällä, haastattelemalla rakennuksen asukkaita sekä tarkastelemalla rakennuksesta säilyneitä piirustuksia ja suunnitelmia. Rakennuksen alkuperäisestä osasta ei ole säilynyt piirustuksia tai muita asiakirjoja. Valmistumisajankohdaksi on arvioitu vuosi 1947. Laajennusosan valmistumisvuosi ja rakenteet on saatu selville laajennusosan piirustuksista. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimina on käytetty energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 1 lämmönläpäisykertoimia. Kylmäsiltojen laskenta on tehty tässä esimerkissä energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % rakennuksen ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ikku-noiden auringonsäteilyn läpäisyominaisuuksina on käytetty energiatodistusasetuksen liitteen 1 kohdan 2.2.3 oletusarvoja. Laskennassa käytetyt tiedot on esitetty kokonaisuutena taulukoituna tämän oppaan luvuissa 2.1 ja 0.

Energiatodistuksessa E-luvun laskennan lähtötiedoissa esitetään rakennuksen molempien osien yhteenlaskettu lämmitetty nettoala ja rakennusosien yhteenlasketut pinta-alat rakennusosien.

Rakennuksen lämmitetty nettoala on yhteensä 113,1 m². Rakennuksen alkuperäinen osa on rakennettu aikakaudelle tyypillistä tyyppipientalomallia noudattaen. Alkuperäisessä osassa on 1 ½ lämmitettyä asuinkerrosta, lämmittämätön pieni kellari, puurunko, puurakenteinen tuulettuva kantava alapohja (rossipohja) ja harjakatto. Alkuperäinen osa on rakenteiltaan pääosin alkuperäisessä kunnossa. Alkuperäisen osan lämmitetty nettoala on 89,6 m². Laajennusosassa on yksi lämmitetty asuinkerros, puurunko, maanvarainen betonista valettu alapohja ja harjakatto. Laajennusosan lämmitetty nettoala on 23,5 m².

Laajennusosan rakentamisen yhteydessä koko rakennukseen on rakennettu öljylämmitteinen vesikiertoinen patterilämmitys. Lämpöpatterit ja kattila ovat vuodelta 1986, poltin on uusittu vuonna 2005. Lämpöpattereissa on termostaattiset säätöventtiilit. Öljykattila sijaitsee rakennuksen alkuperäisen osan kellarissa. Rakennuksen alkuperäisessä osassa on leivinuuni ja laajennusosassa varaava takka. Ilmanvaihto on koko rakennuksessa painovoimainen. Lämmitysjärjestelmän ominaisuuksina on käytetty energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 oletusarvoja. Rakennuksen asukkaiden haastattelun perusteella rakennuksessa on käytetty vuonna 2012 yhteensä 3200 kWh sähköä ja noin 4500 litraa lämmitysöljyä. Lisäksi rakennuksen takassa ja leivinuunissa on poltettu vuoden aikana yhteensä noin viisi irtokuutiometriä koiuvuupilkettä.

2.1 Rakennuksen perustiedot

Taulukko 1. Rakennuksen sijainti, laskennan säävyöhyke ja käyttötarkoituksluokka

PERUSTIEDOT		Lähde
Sijaintipaikkakunta	Tampere	
Laskennan säävyöhyke	D3/2012 säävyöhyke I (Helsinki-Vantaa)	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.1
Käyttötarkoituksluokka	erilliset pientalot, yhden asunnon talot	YM asetus 176/2013, liite 2

Taulukko 2. Alkuperäisen osan perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Valmistumisvuosi	1947	havainnointi paikanpäällä
Kerrosten lukumäärä	kaksi (1 ½ kerrosta)	havainnointi paikanpäällä
Runkorakenne	puurakenteinen	havainnointi paikanpäällä
Alapohja	puurakenteinen tuulettuva kantava alapohja (rossipohja)	havainnointi paikanpäällä
Ikkunat	alkuperäiset kaksilasiset ikkunat	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 3. Laajennusosan perustiedot

PERUSTIEDOT		Lähde
Valmistumisvuosi	1986	piirustukset ja havainnointi paikan päällä
Kerrosten lukumäärä	yksi	piirustukset ja havainnointi paikan päällä
Runkorakenne	puurakenteinen	piirustukset ja havainnointi paikan päällä
Alapohja	maanvarainen betonilaatta	piirustukset ja havainnointi paikan päällä
Ikkunat	alkuperäiset kolmilasiset ikkunat	piirustukset ja havainnointi paikan päällä

Taulukko 4. Tilojen lämmitysjärjestelmä

TILOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämmöntuottojärjestelmä	öljykattila, lämmitysvesi otetaan öljykattilan varaajasta	havainnointi paikanpäällä
Lämmönjakojärjestelmä	vesikiertoinen patterilämmitys	havainnointi paikanpäällä
Lattialämmityksen meno- ja paluuveden mitoituslämpötila	menovesi 70 °C paluuvesi 40 °C	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 5. Käyttövesijärjestelmä

KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ		Lähde
Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmä	öljykattila, kierukka öljykattilan varaajassa	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierto	ei ole	havainnointi paikanpäällä
Lämpimän käyttöveden kierron lämmityslaitteet	ei ole	havainnointi paikanpäällä

Taulukko 6. Alkuperäisen osan rakennusosien lämmönläpäisykertoimien lähde

RAKENNUSOSAT	Lähde
Ulkoseinä ulkoilmaan	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: –1969 ulkoseinä
Yläpohja	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: –1969 yläpohja
Alapohja	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: –1969 ryömintätilainen alapohja lämmönläpäisykerroin sisäilmasta ulkoilmaan)
Ikkunat	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: –1969 ikkunat
Ovet	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: –1969 ovet

Taulukko 7. Laajennusosan rakennusosien lämmönläpäisykertoimien lähde

RAKENNUSOSAT	Lähde
Ulkoseinä ulkoilmaan	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: 1986– ulkoseinä
Yläpohja	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: 1986– yläpohja
Alapohja	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: 1986– maanvarainen alapohja
Ikkunat	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: 1986– ikkunat
Ovet	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1: 1986– ovet

2.2 Laskentasuureet

Taulukko 8. Koko rakennuksen laskennan perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala yhteensä	113,1	m ²	havainnointi paikanpäällä	A_{netto}
Ilmanvaihdon poistoilmavirta (E-luvun laskennassa)	45,24	L/s	D3/2012 taulukko 2	$q_{v,poisto}$

Taulukko 9. Alkuperäisen osan laskennan perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	89,6	m ²	havainnointi paikanpäällä	A_{netto}
Lämmitetty tilavuus	215,1	m ³	havainnointi paikanpäällä	V
Sisälämpötila (lämmitysraja)	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2	T_s
Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50})	6,0	1/h	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4	n_{50}
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa (D3/2012 kaava 5, D5/2012 kaava 3.9)	24	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	40	Wh/(m ² K)	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3 ja D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, kevytrakenteinen	$C_{rak,omin}$

Taulukko 10. Laajennusosan laskennan perussuureet

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmitetty nettoala	23,5	m ²	havainnointi paikanpäällä	A_{netto}
Lämmitetty tilavuus	58,8	m ³	havainnointi paikanpäällä	V
Sisälämpötila	21,0	°C	D3/2012 taulukko 2	T_s
Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50})	6,0	1/h	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 4	n_{50}
Ilmanvuotoluvun yhtälön kerroin vuotoilmavirran kaavassa (D3/2012 kaava 5, D5/2012 kaava 3.9)	24	-	D3/2012 kaava 5 (D5/2012 kaava 3.9)	x
Rakennuksen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo	70	Wh/(m ² K)	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3 ja D5/2012 taulukko 5.6: pientalot, keskiraskas I	$C_{rak,omin}$

Taulukko 11. Alkuperäisen osan rakennusosat

RAKENNUSOSAT	A m ²	U W/(m ² °C)	T_u °C	UA W/°C
Ulkoseinät	116,6	0,81	Ulkolämpötila	94,45
Yläpohja	65,7	0,47	Ulkolämpötila	30,88
Alapohja	60,0	0,47	Ulkolämpötila	28,20
Ulko-ovet	1,9	2,2	Ulkolämpötila	4,18
Ikkunat	10,5	2,8	Ulkolämpötila	29,40
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)	254,7			

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin. Lähde: Havainnointi paikanpäällä ja YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1.

Taulukko 12. Laajennusosan rakennusosat

RAKENNUSOSAT	A m ²	U W/(m ² °C)	T_u °C	UA W/°C
Ulkoseinät	42,3	0,28	Ulkolämpötila	11,84
Yläpohja	23,5	0,22	Ulkolämpötila	5,17
Alapohja	23,5	0,36	Ulkolämpötila	8,46
Ulko-ovet	1,9	1,4	Ulkolämpötila	2,66
Ikkunat	4,3	2,1	Ulkolämpötila	9,03
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)	95,5			

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin. Lähde: Havainnointi paikanpäällä ja YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1.

Taulukko 13. Koko rakennuksen rakennusosat yhteensä

RAKENNUSOSAT	<i>A yhteensä</i> m ²	<i>UA yhteensä</i> W/(m ² °C)	<i>U painotettu</i> W/(m ² °C)
Ulkoseinät	158,9	106,29	0,6689
Yläpohjat	89,2	36,05	0,4041
Alapohjat	83,5	36,66	0,4390
Ulko-ovet	3,8	6,84	1,800
Puolilämpimään tilaan	0,0	0,00	-
Ikkunat	14,8	38,43	2,597
Yhteensä (= rakennusvaipan pinta-ala)	350,2		

Pinta-alat perustuvat sisämittoihin. Lähde: Tämän oppaan taulukot 11 ja 12. Laskenta on esitetty luvussa 4.2.1.

Taulukko 14. Alkuperäisen osan ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m ²	2,5	2,0	4,3	1,7	havainnointi paikalla	<i>A_{ikk}</i>
Lämmönläpäisykerroin	W/(m ² °C)	2,8	2,8	2,8	2,8	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1	<i>U</i>
Valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3	<i>g_{kohtisuora}</i>
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin (g, TST)	-	0,54	0,54	0,54	0,54	D5/2012 kaava 5.5	<i>g</i>
Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin	-	0,5	0,5	0,5	0,5	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3	<i>F_{läpäisy}</i>

Taulukko 15. Laajennusosan ikkunat

Suure	Yksikkö	Pohj.	Itä	Etelä	Länsi	Lähde	Merkintä
Pinta-ala (puite- ja karmirakenteineen)	m ²	1,8	0,0	1,8	0,7	havainnointi paikalla	<i>A_{ikk}</i>
Lämmönläpäisykerroin	W/(m ² °C)	2,1	2,1	2,1	2,1	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 1	<i>U</i>
Valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin	-	0,60	0,60	0,60	0,60	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3	<i>g_{kohtisuora}</i>
Valoaukon auringon säteilyn kokonaisläpäisykerroin (g, TST)	-	0,54	0,54	0,54	0,54	D5/2012 kaava 5.5	<i>g</i>
Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin	-	0,5	0,5	0,5	0,5	YM asetus 176/2013, liite 1, luku 2.2.3	<i>F_{läpäisy}</i>

Taulukko 16. Tilojen lämmitysjärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämmönjakojärjestelmän vuosihyötysuhde	0,9	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesiradiaattorit 70/40 °C, jakojohdot eristetty	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	2	kWh/(m ² a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 9: vesiradiaattori 70/40 °C	e_{tilat}
Lämmitysenergian tuoton hyötysuhde	0,81	-	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 10: standardi öljy/kaasu	η_{tuotto}
Lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus	0,99	kWh/(m ² a)	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 10: standardi öljy/kaasu	e_{tuotto}
Tulisijan kokonaisvuosihyötysuhde tiloihin luovutetusta lämmitysenergiasta ostoenergiaan	0,60	-	YM asetus 176/2013, liite 1, kohta 2.3.1	η_{tulisija}
Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan	0	kWh/a	Huomioitu jakelujärjestelmän hyötysuhteessa	$Q_{\text{jakelu,ulos}}$
Lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö	0	kWh/a	Huomioitu jakelujärjestelmän hyötysuhteessa	$Q_{\text{varastointi ulos}}$

Taulukko 17. Käyttövesijärjestelmä

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	35	kWh/(m ² a)	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen yläraja	4200	kWh/a	D3/2012 taulukko 5, YM asetus 5/13 huomioiden	
Lämpimän käyttöveden jakelun (siirron) hyötysuhde	0,85	-	YM asetus 176/2013 liite 1 taulukko 5: ei kiertoa, suojaputkessa	$\eta_{\text{lkv,siirto}}$
Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö	0	kWh/a	ei kiertojohtoa	$Q_{\text{lkv,kierto}}$
Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö	0	kWh/a	YM asetus 176/2013, liite 1, taulukko 10: ei erillistä lämminvesivaraajaa (kattilavaraajan häviöt sisältyvät kattilan hyötysuhteeseen)	$Q_{\text{lkv,varastointi}}$

Taulukko 18. Kuluttajalaitteet, valaistus ja lämpökuormat

Suure	Arvo	Yksikkö	Lähde	Merkintä
Rakennuksen vuorokautinen käyttöaikasuhde h/(24 h)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Rakennuksen viikottainen käyttöaikasuhde vrk/(7 vrk)	1,0	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Kuluttajalaitteiden ominaisteho	3	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Käyttöaste, kuluttajalaitteet	0,6	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Valaistuksen ominaisteho	8	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Käyttöaste, valaistus	0,1	-	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Lämpökuorma ihmisistä	2	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-
Käyttöaste, ihmiset	0,6	W/m ²	D3/2012 luku 3.3 taulukko 3	-

3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen laskennassa noudatetaan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 luvussa 3.3 annettuja määräyksiä. Laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettuja lämmitettyyn nettoalaan suhteutettuja ominaisarvoja. Laskennassa huomioidaan lisäksi D3/2012 taulukossa 3 esitetty rakennuksen käyttöaika sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen käyttöaste. Käyttöaika kertoo, kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja kuinka monta päivää viikossa rakennusta käytetään. Näiden tulona saadaan rakennuksen käyttötuntien osuus viikon ja samalla myös kuukauden tunneista. Pientalon käyttöaika on 24 tuntia vuorokaudessa seitsemänä päivänä viikossa. Käyttötuntien osuudeksi kuukauden tunneista saadaan siis

$$\begin{array}{l} \text{D3/2012 taulukon 3} \\ \text{perusteella} \end{array} \quad \begin{pmatrix} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{vuorokauden} \\ \text{tunneista} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttöpäivien} \\ \text{osuus} \\ \text{viikon} \\ \text{päivistä} \end{pmatrix} \quad (1)$$

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

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 kuukausittaisesta käyttöajasta (60 % kuukauden tunneista). Rakennuksen valaistuksen käyttöaste on 0,1, eli valaistuksen oletetaan olevan päällä 10 % rakennuksen kuukausittaisesta käyttöajasta (10 % kuukauden tunneista).

3.1 Kuluttajalaitteiden sähkönkulutus

Kuluttajalaitteiden sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua kuluttajalaitteiden ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 3 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $113,1 \text{ m}^2$, joten kuluttajalaitteiden tehoksi saadaan

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

$$\begin{array}{l} \text{koko vuosi} \end{array} \quad \begin{pmatrix} \text{laitteiden} \\ \text{teho} \end{pmatrix} = 3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 339,3 \text{ W}$$

Tällä teholla kuluttajalaitteiden siis oletetaan kuluttavan sähköenergiaa ja lämmittävän rakennuksen tiloja silloin, kun ne ovat päällä. Sähköenergian laskennassa huomioidaan rakennuksen käyttöaika ja laitteiden käyttöaste. Laskennassa käytettävä kuukauden tuntien lukumäärä on esitetty taulukossa 46. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

D3/2012 taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain

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

tammikuu

$$W_{\text{kuluttajalaitteet}} = \frac{339,3}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 151,5 \text{ kWh}$$

3.2 Valaistuksen sähkönkulutus

Valaistuksen sähkönkulutuksen laskennassa käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua valaistuksen ominaissähkötehoa. Taulukosta ominaissähkötehoksi saadaan 8 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $113,1 \text{ m}^2$, joten valaistuksen tehoksi saadaan

D3/2012 taulukosta 3

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (4)$$

koko vuosi

$$\left(\begin{array}{c} \text{valaistuksen} \\ \text{teho} \end{array}\right) = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 904,8 \text{ W}$$

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 rakennuksen käyttöaika ja valaistuksen käyttöaste. Valaistuksen sähköenergian kulutukseksi saadaan näin tammikuussa

D3/2012 taulukon 3 arvo jaettuna kuukausittain

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

tammikuu

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{904,8}{1000} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 744 = 67,3 \text{ kWh}$$

3.3 Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus yhteensä

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutukset on esitetty taulukoissa 19 ja 20. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergian kulutus lämmittelee huoneilmaa. Tämä huomioidaan luvussa 4.3.1 lämpökuormien laskennassa.

Taulukko 19. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$ kWh	Valaistus $W_{\text{valaistus}}$ kWh	Yhteensä kWh
Tammikuu	151,5	67,3	218,8
Helmikuu	136,8	60,8	197,6
Maaliskuu	151,5	67,3	218,8
Huhtikuu	146,6	65,1	211,7
Toukokuu	151,5	67,3	218,8
Kesäkuu	146,6	65,1	211,7
Heinäkuu	151,5	67,3	218,8
Elokuu	151,5	67,3	218,8
Syyskuu	146,6	65,1	211,7
Lokakuu	151,5	67,3	218,8
Marraskuu	146,6	65,1	211,7
Joulukuu	151,5	67,3	218,8
Koko vuosi	1783,4	792,6	2576,0

Taulukko 20. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutus lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kuluttajalaitteet $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$ kWh/m ²	Valaistus $W_{\text{valaistus}}$ kWh/m ²	Yhteensä kWh/m ²
Tammikuu	1,34	0,60	1,93
Helmikuu	1,21	0,54	1,75
Maaliskuu	1,34	0,60	1,93
Huhtikuu	1,30	0,58	1,87
Toukokuu	1,34	0,60	1,93
Kesäkuu	1,30	0,58	1,87
Heinäkuu	1,34	0,60	1,93
Elokuu	1,34	0,60	1,93
Syyskuu	1,30	0,58	1,87
Lokakuu	1,34	0,60	1,93
Marraskuu	1,30	0,58	1,87
Joulukuu	1,34	0,60	1,93
Koko vuosi	15,77	7,01	22,78

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 $113,1 \text{ m}^2$, joten lämpimän käyttöveden nettoenergiatarpeeksi saadaan vuodessa yhteensä

$$\text{D3/2012 taulukosta 5} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot A_{netto} \quad (6)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{lkv,netto} = 35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ a}} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 3958,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on pienempi kuin rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 kohdassa 3.4.1 esitetty rakennusluokkakohtainen yläraja 4200 kWh/a (YM asetus 5/13)², joten edellä laskettua arvoa voidaan käyttää sellaisenaan.

4.1.2 Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöt

a) Lämpimän käyttöveden kiertojohton lämpöhäviöt

Rakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten kiertojohton lämpöhäviöitä ei ole

$$\text{ei kiertojohtoa} \quad Q_{lkv,kierto} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (7)$$

b) Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt

Tässä laskelmassa öljylämmityksen lämmöntuoton vuosihyötysuhteena käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 10 oletushyötysuhdetta. Tämä hyötysuhde sisältää tyypillisen öljykattilassa olevan varaajan häviöt. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöitä ei siis tarvitse huomioida erikseen, joten varaajahäviöksi asetetaan 0 kWh/a

$$\text{YM asetuksen 176/2013 liitteen 1 taulukon 10 perusteella} \quad Q_{lkv,varastointi} = 0 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (8)$$

² D3:n muutos, ympäristöministeriön asetus 5/2013 (annettu 27.2.2013, voimaan 1.6.2013).

4.2 Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve

4.2.1 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt muodostuvat ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä sekä viivamaisten kylmäsiltojen aiheuttamista lämpöhäviöistä. Ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt lasketaan D5/2012 kaavalla 3.4. Kylmäsiltojen laskenta on tehty tässä esimerkissä energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % rakennuksen ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.

Tässä rakennuksessa on kaksi eristystasoltaan erilaista osaa, alkuperäinen osa ja laajennusosa. Alkuperäisen osan ja laajennusosan lämpöhäviöt voidaan määrittää ensin erikseen D5/2012 kaavalla 3.4 ja laskea lopuksi yhteen. Lämpöhäviöt voidaan laskea myös laskemalla ensin pinta-aloilla painotettu keskiarvo kunkin rakennusosan lämmönläpäisykertoimista ja käyttämällä tätä arvoa kyseisen rakennusosan yhteisenä lämmönläpäisykertoimena D5/2012 kaavassa 3.4. Rakennuksen molempien osien rakennusosien lämmönläpäisykerroimet ja pinta-alat on esitetty taulukoissa 11 ja 12.

Seuraavassa on ensin esitetty rakennuksen alkuperäisen osan rakennusvaipan lämpöhäviöiden laskenta kokonaisuudessaan; rakennuksen laajennusosan lämpöhäviöt lasketaan samalla tavalla laajennusosan rakennusosien lämmönläpäisykertoimia ja pinta-aloja käyttäen. Alkuperäisen osan ja laajennusosan rakennusosien yhteenlasketut lämpöhäviöt on esitetty taulukossa 23. Lopuksi on esitetty rakennuksen molempien osien rakennusosien yhteisen painotetun lämmönläpäisykerroimen laskenta ulkoseinien lämmönläpäisykerrointa esimerkkinä käyttäen. Koko rakennuksen rakennusosien yhteenlasketut pinta-alat ja rakennusosien painotetut lämmönläpäisykerroimet on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 13.

a) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt ulkoseinien läpi

Rakennuksen alkuperäisen osan ulkoseinien lämmönläpäisykerroin (U-arvo) ja pinta-ala on esitetty taulukossa 11. Laskennassa käytettävä ulkolämpötila ja kuukauden tuntien lukumäärä on esitetty taulukossa 46. Johtumislämpöhäviöiksi ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi saadaan näin tammikuussa

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (9)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,81 \cdot 116,6 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1754,6 \text{ kWh}$$

b) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yläpohjan läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{yläpohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (10)$$

$$tammikuu \quad Q_{yläpohja} = \frac{0,47 \cdot 65,7 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 573,7 \text{ kWh}$$

c) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt alapohjan läpi

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi lasketaan D5/2012 kaavalla 3.4 muiden rakennusosien tavoin. Kaavassa käytettävä ulkolämpötila riippuu kuitenkin alapohjarakenteesta sekä alapohjan lämmönläpäisykertoimen määrittäytavasta. Tämän rakennuksen alkuperäisessä osassa on tuulettuva kantava alapohja (rossipohja). Alapohjarakenteen, tuulettuvan ilmatilan ja maaperän lämmönvastus sisätiloista ulkoilmaan on huomioitu alapohjan lämmönläpäisykertoimessa (U-arvossa). D5/2012 kaavassa 3.4 ulkolämpötilana käytetään siis vyöhykkeen I ulkolämpötilaa sellaisenaan. Johtumislämpöhäviöksi alapohjan läpi saadaan näin tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{alapohja} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (11)$$

$$tammikuu \quad Q_{alapohja} = \frac{0,47 \cdot 60,0 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 523,9 \text{ kWh}$$

d) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava } 3.4 \quad Q_{ikkunat} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (12)$$

$$tammikuu \quad Q_{ikkunat} = \frac{2,8 \cdot 10,5 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 546,2 \text{ kWh}$$

e) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt ovien läpi

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

$$D5/2012 \text{ kaava 3.4} \quad Q_{ovet} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (13)$$

$$tammikuu \quad Q_{ovet} = \frac{2,2 \cdot 1,9 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 77,7 \text{ kWh}$$

f) Rakennuksen alkuperäisen osan kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt

Kylmäsiltojen laskenta tehdään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Yksinkertaistetussa laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön. Ulkovaipan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.3} \quad Q_{ulkovaiippa} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} \quad (14)$$

$$tammikuu \quad Q_{ulkovaiippa} = 1754,6 + 573,7 + 523,9 + 546,2 + 77,7 = 3476,0 \text{ kWh}$$

Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö on edellä esitetyn perusteella tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.3} \quad Q_{kylmäsilat} = 0,1 \cdot Q_{ulkovaiippa} \quad (15)$$

$$tammikuu \quad Q_{kylmäsilat} = 0,1 \cdot 3476,1 = 347,6 \text{ kWh}$$

g) Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden summa lasketaan D5/2012 kaavalla 3.3. Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöiden summa on tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.3} \quad Q_{joht} = Q_{ulkoseinät} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovet} + Q_{kylmäsilat} + Q_{muu} \quad (16)$$

$$tammikuu \quad Q_{joht} = 1754,6 + 573,7 + 523,9 + 546,2 + 77,7 + 347,6 + 0 = 3823,6 \text{ kWh}$$

Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{ulkoseinät}$ kWh	Yläpohja $Q_{yläpohja}$ kWh	Alapohja $Q_{alapohja}$ kWh	Ikkunat $Q_{ikkunat}$ kWh	Ovet Q_{ovet} kWh	Kylmäsillat $Q_{kylmäsillat}$ kWh	Yhteensä Q_{joht} kWh
Tammikuu	1754,6	573,7	523,9	546,2	77,7	347,6	3823,6
Helmikuu	1618,4	529,1	483,2	503,8	71,6	320,6	3526,9
Maaliskuu	1656,9	541,7	494,7	515,8	73,3	328,2	3610,7
Huhtikuu	1122,0	366,8	335,0	349,3	49,7	222,3	2445,1
Toukokuu	719,5	235,3	214,8	224,0	31,8	142,5	1568,0
Kesäkuu	460,4	150,5	137,5	143,3	20,4	91,2	1003,2
Heinäkuu	260,0	85,0	77,6	80,9	11,5	51,5	566,6
Elokuu	347,8	113,7	103,9	108,3	15,4	68,9	758,0
Syyskuu	712,0	232,8	212,6	221,6	31,5	141,0	1551,5
Lokakuu	1040,0	340,0	310,5	323,7	46,0	206,0	2266,3
Marraskuu	1394,0	455,8	416,2	433,9	61,7	276,2	3037,8
Joulukuu	1629,5	532,8	486,5	507,2	72,1	322,8	3551,0
Koko vuosi	12715,1	4157,2	3796,5	3958,1	562,7	2519,0	27708,7

h) Rakennuksen laajennusosan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Rakennuksen laajennusosan johtumislämpöhäviöt lasketaan samalla tavalla, kuin edellä lasketut rakennuksen alkuperäisen osan johtumislämpöhäviöt. Laajennusosan johtumislämpöhäviöt vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Rakennuksen laajennusosan johtumislämpöhäviöt yhteensä

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{ulkoseinät}$ kWh	Yläpohja $Q_{yläpohja}$ kWh	Alapohja $Q_{alapohja}$ kWh	Ikkunat $Q_{ikkunat}$ kWh	Ovet Q_{ovet} kWh	Kylmäsillat $Q_{kylmäsillat}$ kWh	Yhteensä Q_{joht} kWh
Tammikuu	220,0	96,0	157,2	167,8	49,4	69,0	759,5
Helmikuu	203,0	88,6	145,0	154,7	45,6	63,7	700,5
Maaliskuu	207,8	90,7	148,4	158,4	46,7	65,2	717,2
Huhtikuu	140,7	61,4	100,5	107,3	31,6	44,2	485,7
Toukokuu	90,2	39,4	64,5	68,8	20,3	28,3	311,4
Kesäkuu	57,7	25,2	41,2	44,0	13,0	18,1	199,3
Heinäkuu	32,6	14,2	23,3	24,9	7,3	10,2	112,5
Elokuu	43,6	19,0	31,2	33,3	9,8	13,7	150,6
Syyskuu	89,3	39,0	63,8	68,1	20,1	28,0	308,2
Lokakuu	130,4	56,9	93,2	99,4	29,3	40,9	450,1
Marraskuu	174,8	76,3	124,9	133,3	39,3	54,9	603,4
Joulukuu	204,3	89,2	146,0	155,8	45,9	64,1	705,3
Koko vuosi	1594,5	696,0	1139,0	1215,7	358,1	500,3	5503,7

i) Koko rakennuksen johtumislämpöhäviöt yhteensä

Koko rakennuksen johtumislämpöhäviöt muodostuvat rakennuksen alkuperäisen osan ja rakennuksen laajennusosan johtumislämpöhäviöistä. Koko rakennuksen johtumislämpöhäviöt saadaan laskemalla yhteen molempien osien johtumislämpöhäviöt taulukoista 21 ja 22. Tämä summa on esitetty taulukossa 23.

Taulukko 23. Koko rakennuksen johtumislämpöhäviöt yhteensä

Kuukausi	Ulkoseinät $Q_{ulkoseinät}$ kWh	Yläpohja $Q_{yläpohja}$ kWh	Alapohja $Q_{alapohja}$ kWh	Ikkunat $Q_{ikkunat}$ kWh	Ovet Q_{ovet} kWh	Kylmäsiilat $Q_{kylmäsiilat}$ kWh	Yhteensä Q_{joht} kWh
Tammikuu	1974,6	669,7	681,1	713,9	127,1	416,6	4583,0
Helmikuu	1821,4	617,7	628,2	658,5	117,2	384,3	4227,4
Maaliskuu	1864,7	632,4	643,1	674,2	120,0	393,4	4327,9
Huhtikuu	1262,7	428,3	435,5	456,5	81,3	266,4	2930,7
Toukokuu	809,8	274,6	279,3	292,8	52,1	170,9	1879,5
Kesäkuu	518,1	175,7	178,7	187,3	33,3	109,3	1202,5
Heinäkuu	292,6	99,2	100,9	105,8	18,8	61,7	679,1
Elokuu	391,4	132,8	135,0	141,5	25,2	82,6	908,5
Syyskuu	801,3	271,8	276,4	289,7	51,6	169,1	1859,7
Lokakuu	1170,4	396,9	403,7	423,2	75,3	246,9	2716,4
Marraskuu	1568,8	532,1	541,1	567,2	101,0	331,0	3641,2
Joulukuu	1833,9	622,0	632,5	663,0	118,0	386,9	4256,3
Koko vuosi	14309,7	4853,2	4935,5	5173,8	920,9	3019,3	33212,4

j) Rakennusosien painotettu lämmönläpäisykerroin

Kunkin rakennusosan johtumislämpöhäviöt on edellä laskettu ensin erikseen rakennuksen alkuperäiselle osalle ja laajennusosalle. Lämpöhäviöt voidaan laskea myös laskemalla rakennusosien pinta-aloilla painotettu keskiarvo kunkin rakennusosan lämmönläpäisykertoimista ja käyttämällä sen jälkeen tätä arvoa kyseisen rakennusosan yhteisenä lämmönläpäisykertoimena. Painotettu lämmönläpäisykerroin lasketaan seuraavaa kaavaa noudattaen

$$U_{\text{painotettu}} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A_1 + A_2} \quad (17)$$

Kaavassa U_1 ja A_1 ovat rakennuksen osan 1 rakennusosan lämmönläpäisykerroin ja rakennusosan pinta-ala ja U_2 ja A_2 vastaavasti rakennuksen osan 2 rakennusosan lämmönläpäisykerroin ja rakennusosan pinta-ala. Kaavalla voidaan laskea myös useammasta osasta koostuvan kokonaisuuden painotettu lämmönläpäisykerroin lisäämällä siihen lisää termejä.

Tämän esimerkkirakennuksen alkuperäisen osan (osa 1) ja laajennusosan (osa 2) ulkoseinien yhteiseksi lämmönläpäisykertoimeksi saadaan edellä esitettyä laskentatapaa noudattaen

$$U_{\text{painotettu}} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A_1 + A_2} \quad (18)$$

$$U_{\text{painotettu,ulkoseinät}} = \frac{0,81 \cdot 116,6 + 0,28 \cdot 42,3}{116,6 + 42,3} = \frac{94,446 + 11,844}{158,9} = 0,6689 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Kaikkien rakennusosien yhteenlasketut pinta-alat ja rakennusosien painotetut lämmönläpäisykerroimet on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 13. Koko rakennuksen ulkoseinien johtumislämpöhäviöt voidaan nyt laskea edellä laskettua lämmönläpäisy-kerrointa käyttäen D5/2012 kaavalla 3.4

$$\text{D5/2012 kaava 3.4} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{UA(T_s - T_u)\Delta t}{1000} \quad (19)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{ulkoseinät}} = \frac{0,6689 \cdot 158,9 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1974,6 \text{ kWh}$$

Näin saadaan sama tulos, kuin edellä rakennusosat ensin erikseen ja sitten yhteen laskien.

4.2.2 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)

$$\text{D3/2012 kaava 5} \quad q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50} A_{\text{vaippa}}}{3600x} \quad (20)$$

Rakennuksen molemmille osille käytetään D3/2012 kaavassa 5 rakennuksen alkuperäisen osan kerrointa x , jonka arvo kaksikerroksiselle rakennukselle on 24.

Rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta (q_{50}) ei ole tehty erillistä selvitystä, joten se lasketaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdassa 2.2.5 esitetyn rakennuksen ilmanvuotoluvun (n_{50}) perusteella. Rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50}) muunnetaan rakennusvaipan ilmanvuotoluksi (q_{50}) energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdassa 2.2.5 esitetyn muunnoskaavan avulla

$$\text{YM asetus 176/2013} \\ \text{kohta 2.2.5} \quad q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_{\text{vaippa}}} \quad (21)$$

Sijoittamalla edellä esitetty muunnoskaava D3/2012 kaavaan 5, vuotoilmavirran laskentakaavaksi saadaan

$$\text{D3/2012 kaava 5 il-} \\ \text{manvuotoluvun muun-} \\ \text{noskaava sijoitettuna} \quad q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{n_{50} V}{3600x} \quad (22)$$

Näin rakennusvaipan ilmanvuotolukua (q_{50}) ei tarvitse laskea välituloksena, jos rakennuksen ilmanvuotoluku (n_{50}) tunnetaan.

a) Rakennuksen alkuperäisen osan vuotoilmavirta

Rakennuksen alkuperäisen osan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 l/h. Rakennuksen alkuperäisen osan vuotoilmavirraksi saadaan siten vuoden jokaisena kuukautena

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}V}{3600x} \quad (23)$$

*alkuperäinen osa
kaikki kuukaudet*

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{6 \cdot 215,1}{3600 \cdot 24} = 0,01494 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Rakennuksen laajennusosan vuotoilmavirta

Rakennuksen laajennusosan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 l/h. Rakennuksen alkuperäisen osan vuotoilmavirraksi saadaan siten vuoden jokaisena kuukautena

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{n_{50}V}{3600x} \quad (24)$$

*laajennusosa
kaikki kuukaudet*

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{6 \cdot 58,8}{3600 \cdot 24} = 0,004083 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve

Rakennuksen vuotoilmavirta on yhteensä 0,01902 m³/s vuoden jokaisena kuukautena. Koko rakennuksen vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan näin tammikuussa

$$D5/2012 \text{ kaava 3.8} \quad Q_{vuotoilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (25)$$

*koko rakennus
tammikuu*

$$Q_{vuotoilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,01902 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 424,0 \text{ kWh}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve on esitetty kuukausikohtaisesti eriteltynä taulukossa 24.

d) Rakennuksen molempien osien yhdistetty ilmanvuotoluku

Energiatodistuksessa tulee esittää rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}). Rakennusvaipan ilmanvuotoluku voidaan ratkaista D3/2012 kaavasta 5. Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun kaavaksi saadaan näin

$$D3/2012 \text{ kaava 5} \quad q_{50} = \frac{3600xq_{v,vuotoilma}}{A_{vaiippa}} \quad (26)$$

Rakennuksen vuotoilmavirta on yhteensä 0,01902 m³/s ja rakennuksen molempien osien rakennusvaipan pinta-ala on yhteensä 350,2 m². Rakennuksen molempien osien yhdistetyksi rakennusvaipan ilmanvuotolu-
vuksi saadaan näin

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

$$q_{50} = \frac{3600 \cdot q_{v, \text{vuotoilma}}}{A_{\text{vaippa}}} \quad (27)$$

koko rakennus

$$q_{50} = \frac{3600 \cdot 24 \cdot 0,01902}{350,2} = 4,69 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

Rakennuksen molempien osien yhdistetty rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) voidaan myös laskea paino-
tettuna keskiarvona seuraavalla kaavalla

$$q_{50, \text{painotettu}} = \frac{q_1 A_1 + q_2 A_2}{A_1 + A_2} \quad (28)$$

Kaavassa q_1 ja A_1 ovat rakennuksen osan 1 rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) ja ulkovaipan pinta-ala ja U_2 ja A_2 vastaavasti rakennuksen osan 2 rakennusvaipan ilmanvuotoluku (q_{50}) ja ulkovaipan pinta-ala. Kaa-
valla voidaan laskea myös useammasta osasta koostuvan kokonaisuuden painotettu ilmanvuotoluku lisäämäl-
lä kaavaan termejä.

Rakennuksen alkuperäisen osan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 l/h. Rakennuksen
alkuperäisen osan ilmanvuotoluvuksi (q_{50}) saadaan siten edellä tässä luvussa esitettyä muunnoskaavaa käyt-
täen

YM asetus 176/2013
kohta 2.2.5

$$q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_{\text{vaippa}}} \quad (29)$$

alkuperäinen osa

$$q_{50} = 6 \cdot \frac{215,1}{254,7} = 5,07 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

Rakennuksen laajennusosan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun (n_{50}) taulukkoarvo on 6 l/h. Rakennuksen
alkuperäisen osan ilmanvuotoluvuksi (q_{50}) saadaan vastaavasti

YM asetus 176/2013
kohta 2.2.5

$$q_{50} = n_{50} \cdot \frac{V}{A_{\text{vaippa}}} \quad (30)$$

laajennusosa

$$q_{50} = 6 \cdot \frac{58,8}{95,5} = 3,69 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

Tämän esimerkkirakennuksen alkuperäisen osan (osa 1) ja laajennusosan (osa 2) yhteiseksi rakennusvaipan
ilmanvuotoluvuksi (q_{50}) saadaan edellä esitettyä laskentatapaa noudattaen

$$q_{50,painotettu} = \frac{q_1 A_1 + q_2 A_2}{A_1 + A_2} \quad (31)$$

$$\text{koko rakennus} \quad q_{50,painotettu} = \frac{5,07 \cdot 254,7 + 3,69 \cdot 95,5}{254,7 + 95,5} = 4,69 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

4.2.3 Korvausilman lämpeneminen tilassa

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kaikki tuloilma tulee tiloihin korvausilmana. Korvausilmavirta on siten painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä yhtä suuri kuin poistoilmavirta. Poistoilmavirta luetaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.4 mukaisesti rakentamismääräyskoelman osan D3/2012 taulukosta 2. Tämän esimerkkirakennuksen lämmitetty nettoala on 113,1 m². Rakennuksen ilmanvaihdon keskimääräiseksi poistoilmavirraksi saadaan siten 45,24 L/s. Korvausilmavirta on siten myös 45,24 L/s. Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi saadaan nyt D5/2012 kaavasta 3.15 tammikuussa

$$\text{D5/2012 kaava 3.15} \quad Q_{iv,korvausilma} = \frac{\rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} \quad (32)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{iv,korvausilma} = \frac{1,2 \cdot 1000 \cdot 0,04524 \cdot (21 - (-3,97)) \cdot 744}{1000} = 1008,6 \text{ kWh}$$

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmavirtojen oletetaan vastaavan rakentamismääräyskokoelman osan D3/2012 standardikäytön ilmavirtoja. Käytännössä painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmavirrat ovat kuitenkin pienempiä. Tämä on yksi merkittävimmistä syistä laskennallisen ja toteutuneen energiankulutuksen eroavaisuuksiin tämän tyypisessä rakennuksessa.

4.2.4 Tilojen 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. Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kaikki tuloilma tulee tiloihin korvausilmana, joten ilmanvaihdon tuloilman lämpenemisen lämmöntarvetta ei ole. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve ja sen muodostavat osat on esitetty kuukausikohtaisesti taulukoissa 24 ja 25. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve on tammikuussa

$$\text{D5/2012 kaava 3.2} \quad Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (33)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{tila} = 4583,0 + 424,0 + 0 + 1008,6 = 6015,6 \text{ kWh}$$

Taulukko 24. 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	4583,0	424,0	0,0	1008,5	6015,6
Helmikuu	4227,4	391,1	0,0	930,3	5548,8
Maaliskuu	4327,9	400,4	0,0	952,4	5680,7
Huhtikuu	2930,7	271,2	0,0	644,9	3846,8
Toukokuu	1879,5	173,9	0,0	413,6	2467,0
Kesäkuu	1202,5	111,3	0,0	264,6	1578,4
Heinäkuu	679,1	62,8	0,0	149,4	891,4
Elokuu	908,5	84,1	0,0	199,9	1192,5
Syyskuu	1859,7	172,1	0,0	409,2	2441,0
Lokakuu	2716,4	251,3	0,0	597,8	3565,5
Marraskuu	3641,2	336,9	0,0	801,3	4779,4
Joulukuu	4256,3	393,8	0,0	936,7	5586,8
Koko vuosi	33212,4	3072,9	0,0	7308,7	43594,0

Taulukko 25. Tilojen lämmitysenergian kokonaistarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Johtuminen Q_{joht} kWh/m ²	Vuotoilma $Q_{vuotoilma}$ kWh/m ²	Tuloilma $Q_{iv,tuloilma}$ kWh/m ²	Korvausilma $Q_{iv,korvausilma}$ kWh/m ²	Yhteensä Q_{tila} kWh/m ²
Tammikuu	40,52	3,75	0,00	8,92	53,19
Helmikuu	37,38	3,46	0,00	8,23	49,06
Maaliskuu	38,27	3,54	0,00	8,42	50,23
Huhtikuu	25,91	2,40	0,00	5,70	34,01
Toukokuu	16,62	1,54	0,00	3,66	21,81
Kesäkuu	10,63	0,98	0,00	2,34	13,96
Heinäkuu	6,00	0,56	0,00	1,32	7,88
Elokuu	8,03	0,74	0,00	1,77	10,54
Syyskuu	16,44	1,52	0,00	3,62	21,58
Lokakuu	24,02	2,22	0,00	5,29	31,53
Marraskuu	32,19	2,98	0,00	7,08	42,26
Joulukuu	37,63	3,48	0,00	8,28	49,40
Koko vuosi	293,65	27,17	0,00	64,62	385,45

4.3 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

4.3.1 Lämpökuormat

a) Lämpökuorma ihmisistä

Ihmisten luovuttamana lämpökuormana käytetään D3/2012 taulukossa 3 annettua lämmönluovutuksen lämmitettyyn nettoalaan suhteutettua ominaistehoa. Taulukosta ihmisten ominaislämpötehoksi saadaan 2 W/m^2 . Rakennuksen lämmitetty nettoala on $113,1 \text{ m}^2$, joten ihmisten lämpötehoksi saadaan

$$\text{D3/2012 taulukosta 3} \quad \left(\begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot A_{\text{netto}} \quad (34)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right) = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 113,1 \text{ m}^2 = 226,2 \text{ W}$$

Tällä teholla ihmisten siis oletetaan lämmittävän rakennuksen sisätiloja silloin, kun he ovat paikalla. Ihmisten aiheuttaman lämpökuorman laskennassa huomioidaan D3/2012 taulukossa 3 esitetty rakennuksen käyttöaika ja käyttöaste. Rakennuksen käyttöaste on laskettu luvussa 3 kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähkönkulutuksen laskennan yhteydessä. 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

$$\text{D3/2012 taulukon 3} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{ihmisten} \\ \text{lämpöteho} \end{array} \right)}{1000} \cdot \left(\begin{array}{l} \text{rakennuksen} \\ \text{käyttötuntien} \\ \text{osuus} \\ \text{kuukauden} \\ \text{tunneista} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} \text{käyttöaste} \\ \text{käyttöajasta} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} \text{kuukauden} \\ \text{tuntien} \\ \text{lukumäärä} \end{array} \right) \quad (35)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{henk}} = \frac{226,2}{1000} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 744 = 101,0 \text{ kWh}$$

Ihmistä aiheutuva lämpökuorma on esitetty kuukausikohtaisesti taulukossa 26.

b) Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamana lämpökuormana käytetään suoraan niiden sähköenergian kulutusta energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.1 mukaisesti. Nämä kulutukset on laskettu luvussa 3. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen aiheuttamaksi lämpökuormaksi saadaan tammikuussa

$$\text{YM asetus 176/2013} \quad Q_{\text{säh}} = W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} \quad (36)$$

$$\text{tammikuu} \quad Q_{\text{säh}} = 151,5 + 67,3 = 218,8 \text{ kWh}$$

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 esimerkkirakennuksessa ei ole lämpimän käyttöveden kiertojohtoa, joten käyttöveden kiertojohtoon lämpökuormia ei ole, jolloin

$$\text{YM asetus 176/2013} \quad Q_{lkv,kierto,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,kierto} \quad (37)$$

kohta 2.2.6

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

Tässä laskelmassa öljylämmityksen lämmöntuoton vuosihyötysuhteena käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 10 oletushyötysuhdetta. Tämä hyötysuhde sisältää tyypillisen öljykattilassa olevan varaajan häviöt ja häviöistä huonetiloihin siirtyvän lämpökuorman. Käyttöveden varastoinnin aiheuttamaa lämpökuormaa ei siis huomioida tässä tapauksessa erikseen, jolloin

$$\text{YM asetus 176/2013} \quad Q_{lkv,varastointi,kuorma} = 0,5 \cdot Q_{lkv,varastointi} \quad (38)$$

kohta 2.2.6

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

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 ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin ($F_{\text{läpäisy}}$) ja ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin (g). Tässä rakennuksessa ikkunoiden tuotetiedot eivät ole tiedossa, joten kertomien arvoina käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdassa 2.2.3 esitettyjä oletusarvoja. Ikkunan säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskertoimen ($F_{\text{läpäisy}}$) oletusarvo on 0,5 ja ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykertoimen ($g_{\text{kohtisuora}}$) oletusarvo on 0,6. Kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin muunnetaan auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroimeksi D5/2012 kaavalla 5.5.

Tämä rakennuksen ikkunoiden oletetaan olevan auringonsäteilyn läpäisyominaisuuksiltaan samanlaisia. Samaa ilmansuuntaan olevia ikkunoita voidaan siis laskennassa käsitellä yhtenä kokonaisuutena ikkunoiden pinta-ala yhteen laskien. Jos samaan ilmansuuntaan olevien ikkunoiden arvot poikkeavat toisistaan, ne voidaan käsitellä erillisinä rakennuksen alkuperäisen osan ja laajennusosan rakennusosien johtumislämpöhäviöiden tapaan. Toinen vaihtoehto on laskea samaan suuntaan olevien ikkunoiden ominaisuuksista pinta-aloilla painotettu keskiarvo ja käyttää näin saatuja arvoja kaikkien samaan suuntaan olevien ikkunoiden yhteisinä ominaisuuksina.

Rakennuksen kaikkien ikkunoiden auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroimeksi saadaan

$$\text{D5/2012 I kaava 5.5} \quad g = 0,9 \cdot g_{\text{kohtisuora}} \quad (39)$$

koko vuosi

$$g = 0,9 \cdot 0,6 = 0,54$$

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

D5/2012 kaava 5.4
$$Q_{aur} = G_{säteily,pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} g \quad (40)$$

tammikuu, pohjoiseen
$$Q_{aur} = 6,2 \cdot 0,5 \cdot 4,3 \cdot 0,54 = 7,2 \text{ kWh}$$

tammikuu, itään
$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot 0,54 = 2,1 \text{ kWh}$$

tammikuu, etelään
$$Q_{aur} = 12,9 \cdot 0,5 \cdot 6,1 \cdot 0,54 = 21,2 \text{ kWh}$$

tammikuu, länteen
$$Q_{aur} = 3,8 \cdot 0,5 \cdot 2,4 \cdot 0,54 = 2,5 \text{ kWh}$$

tammikuu, ikkunat yhteensä
$$\sum Q_{aur} = 33,0 \text{ kWh}$$

Auringon säteilystä aiheutuva lämpökuorma on tammikuussa yhteensä 33,0 kWh.

e) Lämpökuormien kokonaismäärä

Rakennuksen lämpökuormien kokonaismäärä lasketaan D5/2012 kaavalla 5.9. Lämpökuormat muodostuvat ihmisten, sähkölaitteiden (kuluttajalaitteet ja valaistus), auringon, lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttamista lämpökuormista. Lämpökuormiksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava 5.9
$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lkv,kierto,kuorma} + Q_{lkv,varastointi,kuorma} \quad (41)$$

tammikuu
$$Q_{lämpökuorma} = 101,0 + 218,8 + 33,0 + 0 + 0 = 352,7 \text{ kWh}$$

Lämpökuormat vuoden kaikkina kuukausina on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26. Lämpökuormat yhteensä

Kuukausi	Ihmiset Q_{henk} kWh	Sähkölaitteet $Q_{säh}$ kWh	Aurinko Q_{aur} kWh	LKV kierto $Q_{lkv, kierto, kuorma}$ kWh	LKV varastointi $Q_{lkv, varastointi, kuorma}$ kWh	Yhteensä $Q_{lämpökuormat}$ kWh
Tammikuu	101,0	218,8	33,0	0,0	0,0	352,7
Helmikuu	91,2	197,6	106,8	0,0	0,0	395,6
Maaliskuu	101,0	218,8	248,7	0,0	0,0	568,5
Huhtikuu	97,7	211,7	323,1	0,0	0,0	632,5
Toukokuu	101,0	218,8	386,8	0,0	0,0	706,5
Kesäkuu	97,7	211,7	380,5	0,0	0,0	690,0
Heinäkuu	101,0	218,8	410,9	0,0	0,0	730,6
Elokuu	101,0	218,8	324,0	0,0	0,0	643,8
Syyskuu	97,7	211,7	272,7	0,0	0,0	582,1
Lokakuu	101,0	218,8	103,4	0,0	0,0	423,1
Marraskuu	97,7	211,7	42,1	0,0	0,0	351,5
Joulukuu	101,0	218,8	27,6	0,0	0,0	347,4
Koko vuosi	1188,9	2576,0	2659,5	0,0	0,0	6424,3

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

$$D5/2012 \text{ kaava 5.16} \quad H_{tila} = \frac{1000 \cdot Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} \quad (42)$$

$$tammikuu \quad H_{tila} = \frac{1000 \cdot 6015,6}{(21 - (-3,97)) \cdot 744} = 323,8 \frac{W}{K}$$

(koko vuosi)

Tässä rakennuksessa ei ole lämmöntalteenoton tai jälkilämmityksen kautta tulevaa tuloilmavirtaa, jolloin rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö on sama vuoden jokaisena kuukautena.

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti voidaan arvioida D5/2012 taulukon 5.6 perusteella. Taulukossa on esitetty lämpökapasiteetin ominaisarvo rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Tämän rakennuksen alkuperäisen osan tehollinen lämpökapasiteetti on taulukon perusteella 40 Wh/(m² K) ja laajennusosan 70 Wh/(m² K). Ero johtuu alapohjarakenteesta. Rakennuksen lämpökapasiteettina voidaan D5/2012 kohdan 5.5.7 mukaisesti käyttää lämmitetyllä nettoalalla painotettua lämpökapasiteetin keskiarvoa. Painotettu keskiarvo lasketaan seuraavalla kaavalla

D5/2012 kohdan 5.5.7 perusteella

$$C_{rak,omin,painotettu} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{A_1 + A_2} \quad (43)$$

Kaavassa C_1 ja A_1 ovat rakennuksen osan 1 sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ominaisarvo ja A_1 lämmitetty netto-ala ja C_2 ja A_2 rakennuksen osa 2 vastaavat arvot. Kaavalla voidaan laskea myös useammasta osasta koostuvan kokonaisuuden painotettu lämpökapasiteetti lisäämällä siihen lisää termejä.

Rakennuksen alkuperäisen osan pinta-ala on $89,6 \text{ m}^2$ ja laajennusosan $23,5 \text{ m}^2$. Rakennuksen lämpökapasiteetin pinta-aloilla painotetuksi ominaisarvoksi saadaan edellä esitettyä kaavaa käyttäen

D5/2012 kohdan 5.5.7 perusteella

$$C_{rak,omin} = \frac{40 \cdot 89,6 + 70 \cdot 23,5}{89,6 + 23,5} = 46,233 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \text{ K}} \quad (44)$$

Rakennuksen lämpökapasiteetiksi saadaan edellä esitetyn perusteella

D5/2012 kohdan 5.5.7 perusteella

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} \quad (45)$$

koko vuosi

$$C_{rak} = A_{netto} C_{rak,omin} = 113,1 \cdot 46,223 = 5229,0 \text{ Wh/K}$$

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

D5/2012 kaava 5.15

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}} \quad (46)$$

tammikuu
(koko vuosi)

$$\tau = \frac{5229,0}{323,8} = 16,15 \text{ h} = 0,67 \text{ d}$$

Rakennuksen aikavakio on tässä esimerkkirakennuksessa sama läpi vuoden, koska rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviön arvo pysyy samana vuoden jokaisena kuukautena.

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

D5/2012 kaava 5.14

$$\gamma = \frac{Q_{lämpökuorma}}{Q_{tila}} \quad (47)$$

tammikuu

$$\gamma = \frac{352,7}{6015,6} = 0,05863$$

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 kaava 5.13

$$a = 1 + \frac{\tau}{15 \text{ h}} \quad (48)$$

tammikuu
(koko vuosi)

$$a = 1 + \frac{16,15 \text{ h}}{15 \text{ h}} = 2,077$$

Apusuureen arvo on tässä rakennuksessa sama vuoden jokaisena kuukautena, koska rakennuksen aikavakion arvo on sama vuoden jokaisena kuukautena.

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

D5/2012 kaava 5.16

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{(a+1)}} \quad (49)$$

tammikuu

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - 0,05863^{2,077}}{1 - 0,05863^{(2,077+1)}} = 0,9974$$

Taulukko 27. Lämpökuormien hyödyntämisaste

Kuukausi	Ominaislämpöhäviö H_{tila} W/K	Aikavakio τ h	Suhde γ -	Apusuure a -	Hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ -
Tammikuu	323,809	16,148	0,05863	2,0766	0,9974
Helmikuu	323,809	16,148	0,07130	2,0766	0,9961
Maaliskuu	323,809	16,148	0,10007	2,0766	0,9924
Huhtikuu	323,809	16,148	0,16442	2,0766	0,9803
Toukokuu	323,809	16,148	0,28640	2,0766	0,9456
Kesäkuu	323,809	16,148	0,43715	2,0766	0,8905
Heinäkuu	323,809	16,148	0,81965	2,0766	0,7393
Elokuu	323,809	16,148	0,53986	2,0766	0,8495
Syyskuu	323,809	16,148	0,23847	2,0766	0,9607
Lokakuu	323,809	16,148	0,11867	2,0766	0,9894
Marraskuu	323,809	16,148	0,07355	2,0766	0,9959
Joulukuu	323,809	16,148	0,06217	2,0766	0,9971
Koko vuosi	323,809	16,148	0,24753	2,0766	0,9445

4.3.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

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

D5/2012 kaava 5.10

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (50)$$

tammikuu

$$Q_{sis,lämpö} = 0,9974 \cdot 352,7 = 351,8 \text{ kWh}$$

Lämpökuormista hyödyksi saatu energia sekä lämpökuormien hyödyntämisaste ja lämpökuormien kokonaismäärä on esitetty taulukossa 28 vuoden kaikkina kuukausina. Lämpökuormien kokonaismäärä on laskettu kohdassa 4.3.1e) ja lämpökuormien hyödyntämisaste kohdassa 4.3.1f).

Taulukko 28. Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Kuukausi	Lämpökuormat yhteensä $Q_{lämpökuorma}$ kWh	Hyödyntämisaste $\eta_{lämpö}$ -	Lämpökuormista hyödyksi $Q_{sis. Lämpö}$ kWh
Tammikuu	352,7	0,997	351,8
Helmikuu	395,6	0,996	394,1
Maaliskuu	568,5	0,992	564,2
Huhtikuu	632,5	0,980	620,0
Toukokuu	706,5	0,946	668,1
Kesäkuu	690,0	0,890	614,4
Heinäkuu	730,6	0,739	540,1
Elokuu	643,8	0,849	546,9
Syyskuu	582,1	0,961	559,2
Lokakuu	423,1	0,989	418,6
Marraskuu	351,5	0,996	350,1
Joulukuu	347,4	0,997	346,3
Koko vuosi	6424,3	0,945	5973,9

4.3.3 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 4.2.4 ja lämpökuormista hyödyksi saatu lämpö kohdassa 4.3.2. Nämä molemmat on esitetty taulukossa 29 tilojen lämmitysenergian nettotarpeen rinnalla. Tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan tammikuussa

D5/2012 kaava 3.1

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = Q_{tila} - Q_{sis,lämpö} \quad (51)$$

tammikuu

$$Q_{lämmitys,tilat,netto} = 6015,6 - 351,8 = 5663,8 \text{ kWh}$$

Tämä lämmöntarve pitää kattaa rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmällä.

Taulukko 29. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Kuukausi	Kokonaistarve Q_{tila} kWh	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh
Tammikuu	6015,6	351,8	5663,8
Helmikuu	5548,8	394,1	5154,7
Maaliskuu	5680,7	564,2	5116,6
Huhtikuu	3846,8	620,0	3226,8
Toukokuu	2467,0	668,1	1798,8
Kesäkuu	1578,4	614,4	964,0
Heinäkuu	891,4	540,1	351,3
Elokuu	1192,5	546,9	645,6
Syyskuu	2441,0	559,2	1881,8
Lokakuu	3565,5	418,6	3146,9
Marraskuu	4779,4	350,1	4429,3
Joulukuu	5586,8	346,3	5240,5
Koko vuosi	43594,0	5973,9	37620,1

Taulukko 30. Tilojen lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohden

Kuukausi	Kokonaistarve Q_{tila} kWh/m ²	Lämpökuomista $Q_{sis. lämpö}$ kWh/m ²	Nettotarve $Q_{lämmitys, tilat, netto}$ kWh/m ²
Tammikuu	53,19	3,11	50,08
Helmikuu	49,06	3,48	45,58
Maaliskuu	50,23	4,99	45,24
Huhtikuu	34,01	5,48	28,53
Toukokuu	21,81	5,91	15,90
Kesäkuu	13,96	5,43	8,52
Heinäkuu	7,88	4,78	3,11
Elokuu	10,54	4,84	5,71
Syyskuu	21,58	4,94	16,64
Lokakuu	31,53	3,70	27,82
Marraskuu	42,26	3,10	39,16
Joulukuu	49,40	3,06	46,33
Koko vuosi	385,45	52,82	332,63

5 Lämmitysjärjestelmien energiankulutus

5.1 Tulisija

5.1.1 Tulisijojen tiloihin luovuttama lämpömäärä

Rakennuksessa on varaava takka sekä leivinuuni. Molemmat voidaan käsitellä energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.3.1 mukaisina varaavina tulisijoina. Energiatodistuksen laskennassa varaavan tulisijan rakennuksen tiloihin luovuttaman lämpöenergian enimmäismäärä on 2000 kWh/a varaavaa tulisijaa kohden. Tulisijojen rakennuksen tiloihin luovuttama lämpöenergian on siis yhteensä

$$\text{YM asetus 176/2013 kohta 2.3.1} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 2 \cdot 2000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} = 4000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad (52)$$

5.1.2 Tulisijojen ostoenergiankulutus

Ostoenergiankulutusta laskettaessa varaavien tulisijojen kokonaisvuosihyötysuhteena käytetään arvoa 0,60 energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.3.1 mukaisesti, ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä. Edellä esitetyn perusteella tulisijan rakennuksen tiloihin luovuttamaa lämpöenergiaa vastaava energiankulutus on

$$\text{YM asetus 176/2013 kohta 2.3.1} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) \quad (53)$$
$$\left(\begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right)}{\eta_{\text{tulisija}}}$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{c} \text{tulisijan} \\ \text{energiankulutus} \end{array} \right) = \frac{4000}{0,60} = 6666,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua uusiutuvaa polttoaine-energiaa

Tulisijan hyötysuhde on tässä tapauksessa tulisijan tilojen lämmitykseen luovuttaman lämpöenergian suhde tulisijan ostoenergiankulutukseen. Tulisijan ostoenergiankulutus on tulisijassa poltetun polttoaineen määrä polttoaineen alempaan lämpöarvon mukaiseen energiasisältöön perustuen. Rakennuksen tulisijassa poltetaan siis polttopuita yhteensä 6666,7 kWh edestä ja niistä saadaan 4000 kWh lämpöenergiaa rakennuksen lämmittämiseen.

5.2 Tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmä

5.2.1 Tilojen lämmitysenergian nettotarve tulisija huomioituna

Rakennuksessa on kaksi varaavaa tulisijaa, josta lasketaan saaduksi 4000 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tilojen lämmittämiseen. Tulisijat huomioivaksi tilojen lämmitysenergian nettotarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla ja taulukossa 29 esitetyn tilojen lämmitysenergian nettotarpeen vuosisumman avulla

$$D5/2012 \text{ kohta } 6.2.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}} = Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} - \left(\begin{array}{c} \text{tulisijojen} \\ \text{tiloihin} \\ \text{luovuttama} \\ \text{hyödynnetty} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) \quad (54)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}} = 37620,1 - 4000 = 33620,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen tilojen lämmönjakelujärjestelmän pitää siis luovuttaa noin 33620,1 kWh/a lämpöenergiaa rakennuksen tiloihin.

5.2.2 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergiantarve

Rakennuksen tilojen lämmönjakelujärjestelmän lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.1. Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C mitoituksella ja eristetyillä jakojohdoilla³. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakelujärjestelmän vuosihyötysuhteeksi saadaan 0,9. Järjestelmässä ei ole jakelun eikä varastoinnin häviöitä lämmittämättömiin tiloihin. Lämmönjakelujärjestelmän lämmöntarpeeksi saadaan edellä esitetyillä arvoilla

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.1 \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto2}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (55)$$

$$\text{koko vuosi} \quad Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{33620,1}{0,9} + 0 + 0 = 37355,6 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde tarkoittaa tässä tapauksessa patterista huoneilmaan siirtyvän lämpöenergian suhdetta lämmönjakojärjestelmään syötettyyn lämpöenergiaan. Lämmönjakelujärjestelmään (patteriverkostoon) pitää siis tässä tapauksessa syöttää vuodessa 37356 kWh lämpöenergiaa, jotta huoneilmaan saadaan 33620 kWh lämpöenergiaa.

³ Tieto jakojohdojen eristämisestä on saatu rakennuksen nykyiseltä omistajalta.

5.2.3 Tilojen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus

Rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys 70/40 °C mitoituksella ja eristetyillä jakojohdoilla. Energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 9 lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutukseksi saadaan 2 kWh/(m² a). Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutukseksi saadaan näin D5/2012 kaavalla 6.3

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.2 \quad W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto} \quad (56)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad W_{tilat} = 2 \cdot 113,1 = 226,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua sähköenergiaa

5.2.4 Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kokonaistarve

Käyttöveden lämpöenergian kokonaistarve lasketaan D5/2012 kaavalla 6.4. Käyttöveden siirron (jakelun) vuosihyötysuhde saadaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 5. Tässä rakennuksessa lämpimän käyttöveden putket ovat suojaputkessa ja kiertojohtoa ei ole. Käyttöveden siirron hyötysuhteen on siten arvioitu olevan 0,85. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde kattaa lämpimän käyttöveden jakojohdon häviöt. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin häviöt on laskettu kohdassa 4.1.2. Järjestelmässä ei ole kiertojohtoa eikä erillistä käyttövesivaraajaa. Koko vuoden lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeeksi saadaan edellä esitetyn perusteella

$$D5/2012 \text{ kaava } 6.4 \quad Q_{lämmitys, lkv} = \frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} + Q_{lkv, varastointi} + Q_{lkv, kierto} \quad (57)$$

$$koko \text{ vuosi} \quad Q_{lämmitys, lkv} = \frac{3958,8}{0,85} + 0 + 0 = 4657,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Käyttöveden lämmöntuottolaitteen pitää siis tuottaa yhteensä noin 4657 kWh/a lämmitysenergiaan käyttöveden vuodessa.

5.2.5 Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus

Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmän (lämmitysjärjestelmän) ostoenergiankulutus lasketaan rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 luvussa 6.4 esitetyllä tavalla. Tässä rakennuksessa lämmöntuottolaitteena on öljykattila. Tämän esimerkkirakennuksen öljykattilan vuosihyötysuhdetta ei ole saatu luotettavasti selvitettyä rakennuksen tarkastuksen yhteydessä, joten kattilan hyötysuhteenä käytetään energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 10 arvoa. Taulukosta öljylämmityksen vuosihyötysuhteeksi saadaan arvo 0,81. Hyötysuhde sisältää öljykattilan vesivaraajan lämpöhäviöt. Lämmöntuottojärjestelmän energiankulutukseksi tilojen- ja käyttöveden lämmityksessä saadaan yhteensä

D5/2012 kaava 6.7

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat,kulutus}} = \frac{Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}} + Q_{\text{l\u00e4mmitys,lkv}}}{\eta_{\text{tuotto}}} \quad (58)$$

koko vuosi
tilat ja k\u00e4ytt\u00f6vesi

$$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat,kulutus}} = \frac{37355,6 + 4657,1}{0,81} = 51867,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua l\u00e4mmitys\u00f6ljy\u00e4

L\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n hy\u00f6tysuhde on t\u00e4ss\u00e4 tapauksessa \u00f6ljypolttimeen sy\u00f6tetyn l\u00e4mmitys\u00f6ljyn energiasis\u00e4ll\u00f6n suhde \u00f6ljykattilasta saatuun hy\u00f6dynnettyyn l\u00e4mp\u00f6energiaan.

5.2.6 Tilojen ja k\u00e4ytt\u00f6veden l\u00e4mm\u00f6ntuottolaitteiston apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6energian kulutus

Rakennuksessa on \u00f6ljyl\u00e4mmitys. \u00d6ljykattilan apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutusta ei ole saatu luotettavasti selvitetty\u00e4 rakennuksen tarkastuksen yhteydess\u00e4, joten apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutuksena k\u00e4ytet\u00e4\u00e4n energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 10 arvoa. Taulukosta l\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n s\u00e4hk\u00f6energian ominaiskulutukseksi saadaan 0,99 kWh/(m² a). L\u00e4mm\u00f6ntuottoj\u00e4rjestelm\u00e4n apulaitteiden s\u00e4hk\u00f6nkulutukseksi saadaan n\u00e4in D5/2012 kaavalla 6.9

D5/2012 kaava 6.9

$$W_{\text{tuotto,apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (59)$$

koko vuosi

$$W_{\text{tuotto,apu}} = 0,99 \cdot 113,3 = 112,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

ostettua s\u00e4hk\u00f6energiaa

6 Yhteenveto laskennan tuloksista

6.1 Lämmitysenergian nettotarve

Tämän esimerkkirakennuksen lämmitysenergian nettotarve on esitetty kokonaisuutena taulukossa 31. 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 31. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve

Lämpö	kWh/a	kWh/(m ² a)	Luku
Tilojen lämmitys	37620,1	332,63	
Johtuminen	33212,4	293,65	4.2.1
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3072,9	27,17	4.2.1j)
Tuloilman lämpeneminen tilassa	0,0	0,00	-
Korvausilman lämpeneminen tilassa	7308,7	64,62	0
Lämpökuormista hyödyksi	-5973,9	-52,82	4.3.2
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,00	-
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00	4.1.1
Yhteensä	41578,6	367,63	

6.2 Teknisten järjestelmien energiankulutus

Tämän esimerkkirakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus on esitetty taulukossa 32. Lukuarvojen rinnalla taulukossa esitetty se tämän oppaan osio, jossa kyseinen lukuarvo on laskettu. Teknisten järjestelmien energiankulutus sisältää rakennuksen laitteisiin ja lämmönjakelujärjestelmään syötetyn energian lämmöntuottolaitteita ja lämmöntuoton apulaitteita lukuun ottamatta.

Taulukko 32. Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö		Lämpö		Luku
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Lämmitysjärjestelmä	226,2	2,00	42012,7	371,47	
Tilojen lämmitys	226,2	2,00	37355,6	330,29	5.2.2 ja 5.2.3
Tuloilman lämmitys	-	-	0,0	0,00	-
Käyttöveden lämmitys	0,0	-	4657,1	41,18	5.2.4
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,0	0,00	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	-	-	
Kuluttajalaitteet	1783,4	15,77	-	-	3.1
Valaistus	792,6	7,01	-	-	3.2
Yhteensä	2802,2	24,78	42012,7	371,47	

Teknisten järjestelmien lisäksi rakennuksen varaavista tulisijoista saadaan 4000 kWh/a lämpöenergiaa tilojen lämmitykseen.

6.3 Ostoenergiankulutus

Vakioituja käyttötottumuksia kuvaavilla lähtöarvoilla tämä rakennus tarvitsee noin 2914 kWh sähköverkosta ostettua sähköenergiaa ja 51868 kWh lämmitysöljyä vuodessa. Lisäksi rakennuksen lämmitykseen käytetään vuodessa 6666,7 kWh polttopuita. Rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla jaettuna sähkönkulutus on 25,8 kWh/m², öljynkulutus 458,6 kWh/m² ja polttopuun kulutus 58,9 kWh/m² vuodessa. Ostoenergiankulutus on esitetty eriteltynä taulukossa 33.

Taulukko 33. Laskennallinen ostoenergiankulutus

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)
Sähkö	2914,1	25,77
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112,0	0,99
Tuloilman lämmöntuottolaite	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	51867,5	458,60
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä (öljylämmitys)	51867,5	458,60
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94
YHTEENSÄ		

6.4 Kokonaisenergiankulutus

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku määritetään laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Tämän esimerkkirakennuksen ostoenergiankulutus on lämmitettyä nettoalaa kohden esitetty taulukossa 33. Energiamuotojen kertoimina kokonaisenergiankulutuksen laskennassa käytetään maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa 9/2013 esitetyjä kertoimia.

Sähköenergian kerroin on 1,7. Sähköenergian aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

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

$$\left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,7 \cdot 25,77 = 43,81 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

Lämmitysöljy oletetaan tässä tarkastelussa uusiutumattomaksi polttoaineeksi. Uusiutumattoman polttoaineen kerroin on 1,0. Lämmitysöljyn aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

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

$$\left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{kulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 1,0 \cdot 458,60 = 458,60 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

Rakennuksen tulisijassa poltetun polttopuun energiamuodon kerroin on 0,5. Polttopuunkäytön aiheuttamaksi kokonaisenergiankulutukseksi saadaan näin

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

$$\left(\begin{array}{c} \text{polttopuunkäytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) = 0,5 \cdot 58,94 = 29,47 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

Tämän esimerkkirakennuksen kokonaisenergiankulutus on sähkönkulutuksen, öljynkulutuksen ja polttopuunkäytön aiheuttaman kokonaisenergiankulutuksien summa

$$E\text{-luku} = \left(\begin{array}{c} \text{sähkönkulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{lämmitysöljyn} \\ \text{kulutuksen} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{polttopuunkäytön} \\ \text{aiheuttama} \\ \text{kokonaisenergiankulutus} \end{array} \right) \quad (63)$$

$$E\text{-luku} = 43,81 + 458,6 + 29,47 = 531,88 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}} \approx 532 \frac{\text{kWh}_E}{\text{m}^2 \text{ a}}$$

Tämän rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku on yhteensä 532 kWh_E/(m² a); kokonaisenergiankulutus esitetään energiatehokkuusluokkaa määrittäessä ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 2 mukaisesti. Kokonaisenergiankulutus ja vastaava ostoenergiankulutus on esitetty eriteltyinä taulukossa 34.

Taulukko 34. Laskennallinen osto- ja kokonaisenergiankulutus

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh/a
Sähkö	2914,1	25,77	1,7	4954,0	43,80
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	1,7	4379,1	38,72
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,7	384,5	3,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112,0	0,99	1,7	190,3	1,68
Tuloilman lämmöntuottolaite	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	51867,5	458,60	1,0	51867,5	458,60
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	51867,5	458,60	1,0	51867,5	458,60
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
YHTEENSÄ				60154,9	531,87

E-LUKU	532
---------------	------------

6.5 Toteutunut energiankulutus

Energiatodistuksessa esitetään rakennuksen toteutunut energiankulutus, jos se on tiedossa. Tämän esimerkkirakennuksen ostoenergiankulutus on ollut vuonna 2012 rakennuksen asukkaiden haastattelun perusteella 3200 kWh sähköä, 4500 litraa lämmitysöljyä ja 5 pino-m³ koivupilkkettä.

6.5.1 Lämmitysöljyn kulutusta vastaava lämpöenergia

Öljylämmityksessä käytetty öljytilavuus voidaan muuttaa poltetun öljyn luovuttamaksi lämpöenergiaksi rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 liitteen 3 taulukon L3.2 lämpöarvoja käyttäen. Taulukosta lämmitysöljyn lämpöarvoksi saadaan 10 kWh/litra. Lämmitysöljyn palamisesta vapautuneeksi lämpöenergiaksi saadaan siten

$$\left(\begin{array}{c} \text{öljyn} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{lämmityksen} \\ \text{öljynkulutus} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{öljyn} \\ \text{lämpöarvo} \end{array} \right) \quad (64)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{c} \text{öljyn} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 4500 \frac{\text{litraa}}{\text{a}} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{litra}} = 45000 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

4500 litraa lämmitysöljyä on siis energiana mitattuna 45000 kWh lämmitysöljyä (polttoaineen alempaan lämpöarvoon perustuen).

6.5.2 Polttopuun kulutusta vastaava lämpöenergia

Rakennuksen varaavassa tulisijassa poltettu puumäärä voidaan muuttaa poltetun puun luovuttamaksi lämpöenergiaksi rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 liitteen 3 taulukon L3.2 lämpöarvoja käyttäen. Taulukosta koivupilkkeen lämpöarvoksi saadaan 1700 kWh/pino-m³. Puun palamisesta vapautuneeksi lämpöenergiaksi saadaan siten

$$\left(\begin{array}{c} \text{puun} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{tulisijassa} \\ \text{poltettu} \\ \text{polttopuumäärä} \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} \text{polttopuun} \\ \text{lämpöarvo} \end{array} \right) \quad (65)$$

$$\text{koko vuosi} \quad \left(\begin{array}{c} \text{puun} \\ \text{palamisesta} \\ \text{vapautunut} \\ \text{lämpöenergia} \end{array} \right) = 5 \frac{\text{pino-m}^3}{\text{a}} \cdot 1700 \frac{\text{kWh}}{\text{pino-m}^3} = 8500 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Viisi pinokuutiometriä koivu- ja sekapuupilkkettä on siis energiana mitattuna 8500 kWh koivupuupilkkettä (polttoaineen alempaan lämpöarvoon perustuen).

7 Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi

Tässä luvussa on esitetty energiankulutuslaskelmat sellaisista toimenpiteistä, joiden avulla rakennuksen energiatehokkuutta on arvioitu voitavan parantaa kustannustehokkaasti ja huonontamatta sisäilman laatua. Tämän luvun taulukoissa negatiivinen muutos tarkoittaa energiankulutuksen vähentymistä ja positiivinen muutos energiankulutuksen kasvamista. Energiatodistuksessa ostoennergian muutokset esitetään kasvaneena ja pienentyneenä energian säästönä. Tästä syystä pienentynyt ostoennergian määrä esitetään energiato-distuksessa positiivisena lukuna (energiaa säästyy) ja lisääntynyt energiamäärä negatiivisena (pienempi säästö) lukuna. E-luvun muutos pienemmäksi ilmoitetaan energiato-distuksessa negatiivisena lukuna.

Taulukko 35. Etumerkit toimenpide-ehdotuksissa

Muutoksen seuraus	Muutoksen suunta	Tämä opas	Energiatodistus
ostoenergia kasvaa (energiaa säästyy vähemmän)	↑	+	-
ostoenergia pienenee (energiaa säästyy enemmän)	↓	-	+
E-luku kasvaa	↑	+	+
E-luku pienenee	↓	-	-

7.1 Ikkunoiden uusiminen

Rakennuksen alkuperäisen osan ikkunoiden lämmönläpäisykerroin on 2,8 W/(m² K) ja laajennusosan 2,1 W/(m² K). Seuraavissa taulukoissa on esitetty rakennuksen energiankulutus ja energiankulutuksen muutos, jos rakennuksen vaihdetaan ikkunat, joiden lämmönläpäisykerroin on 1,0 W/(m² K). Ikkunoiden muiden ominaisuuksien oletetaan säilyvän ennallaan.

Taulukko 36. Laskennallinen energiankulutuksen muutos ikkunoiden vaihdon jälkeen

Muutos	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/m ²	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpöenergian kokonaistarve	43594,0	385,45	40094,6	354,5	-3499,4	-30,94
Lämpöenergian nettotarve	41578,6	367,63	38101,7	336,9	-3476,9	-30,74
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2914,1	25,77	2914,1	25,8	0,0	0,00
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	51867,5	458,60	47098,1	416,4	-4769,4	-42,17
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	6666,7	58,94	6666,7	58,9	0,0	0,00
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)	60154,9	531,87	55385,5	489,7	-4769,4	-42,17

Taulukko 37. Laskennallinen lämmitysenergian nettotarve ikkunoiden vaihdon jälkeen

Lämpö	kWh/a	kWh/(m ² a)
Tilojen lämmitys	34143,2	301,88
Johtuminen	29712,9	262,71
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3072,9	27,17
Tuloilman lämpeneminen tilassa	0,0	0,00
Korvausilman lämpeneminen tilassa	7308,7	64,62
Lämpökuormista hyödyksi	-5951,4	-52,62
Ilmanvaihdon lämmitys	0,0	0,00
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00
Yhteensä	38101,7	336,88

Taulukko 38. Laskennallinen osto- ja kokonaisenergiankulutus ikkunoiden vaihdon jälkeen

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	2914,1	25,77	1,7	4954,0	43,80
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	1,7	4379,1	38,72
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,7	384,5	3,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Maalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Sähkölämmitys	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112,0	0,99	1,7	190,3	1,68
Tuloilman lämmöntuottolaite	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	47098,1	416,43	1,0	47098,1	416,43
Öljylämmitys	47098,1	416,43	1,0	47098,1	416,43
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
YHTEENSÄ				55385,5	489,70

E-LUKU 490

7.2 Ilmalämpöpumppu lisälämmönlähteeksi

Rakennukseen voidaan asentaa ilmasta ilmaan lämpöä siirtävä lämpöpumppu (ilmalämpöpumppu), jolla voidaan tuottaa osa rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarpeesta. Ilmasta ilmaan lämpöä siirtävän lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian enimmäismäärä luetaan energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 15. Rakennuksen alkuperäisessä osassa enimmäismäärä on 6000 kWh/a kuitenkin enintään 40 kWh/(m² a) lämmitettyä nettoalaa kohden ja rakennuksen laajennusosassa 5000 kWh/a kuitenkin enintään 35 kWh/(m² a) lämmitettyä nettoalaa kohden. Lämpöpumpun lämpökertoimen vuosikes-

kiarvona käytetään arvoa 2,8 energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukon 12 mukaisesti.

Tämän rakennuksen alkuperäisen osan lämmitetty nettoala on 89,6 m² ja laajennusosan 23,5 m². Lämpöpumppu voi siten laskennallisesti luovuttaa 3584 kWh/a lämpöä rakennuksen alkuperäiseen osaan ja 822,5 kWh/a rakennuksen laajennusosaan. Lämpöpumpun tuottamaksi lämmitysenergian enimmäismääräksi saadaan siten yhteensä 4406,5 kWh/a. Lämmön tuottamiseen tarvitaan edellä esitetyllä lämpökertoimella laskettuna sähköä 1574 kWh/a. Edellä mainituilla arvoilla toimivan ilmalämpöpumpun laskennallinen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen on esitetty seuraavissa taulukoissa.

Taulukko 39. Laskennallinen energiankulutuksen muutos ilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Muutos	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/m ²	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpöenergian kokonaistarve	43594,0	385,45	43594,0	385,4	0,0	0,00
Lämpöenergian nettotarve	41578,6	367,63	41578,6	367,6	0,0	0,00
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2914,1	25,77	4487,9	39,7	1573,8	13,91
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	51867,5	458,60	45822,9	405,2	-6044,6	-53,44
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	6666,7	58,94	6666,7	58,9	0,0	0,00
Kokonaisenergiankulutus	60154,9	531,87	56785,7	502,1	-3369,2	-29,79

Taulukko 40. Laskennallinen osto- ja kokonaisenergiankulutus ilmalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	4487,9	39,68	1,7	7629,4	67,46
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	1,7	4379,1	38,72
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,7	384,5	3,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	1573,8	13,91	1,7	2675,4	23,65
Maalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Sähkölämmitys	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	1573,8	13,91	1,7	2675,4	23,65
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112,0	0,99	1,7	190,3	1,68
Tuloilman lämmöntuottolaite	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	45822,9	405,15	1,0	45822,9	405,15
Öljylämmitys	45822,9	405,15	1,0	45822,9	405,15
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
YHTEENSÄ				56785,7	502,08

E-LUKU 503

7.3 Öljylämmityksen korvaaminen maalämpöpumpulla

Rakennukseen voidaan asentaa maalämpöpumppu öljykattilan tilalle kattilan käyttöiän tullessa täyteen. Lämpöpumpun sähkönkulutuksen laskennassa käytettävä SFP-luku voidaan lukea energiatodistusasetuksen (YM asetus 176/2013) liitteen 1 taulukosta 12. Tilojen lämmityksen SFP-luku valitaan taulukosta lämpöpumpun tilojen lämmitykseen tuottaman korkeimman menoveden lämpötilan sekä maapiirin paluunesteen vuotuisen keskilämpötilan perusteella. Käyttöveden lämmityksen SFP-luvun valinnassa käytetään samaa maapiirin paluunesteen lämpötilaa ja menoveden lämpötilaa 60 °C. Tilojen lämmityksen menoveden korkein lämpötila voidaan arvioida esimerkiksi öljylämmityksestä saatujen kokemusten perusteella. Seuraavassa laskelmassa oletetaan, että maapiirin vuotuinen keskilämpötila on 3 °C ja menoveden korkein lämpötila tilojen lämmityksessä 50 °C. Näillä arvoilla lämpöpumpun SFP-luvuksi saadaan tilojen lämmityksessä 2,7 ja käyttöveden lämmityksessä 2,3. SFP-luvun lisäksi laskennassa tarvitaan lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja käyttöveden lämmitysenergiasta. Osuus voidaan lukea rakentamismääräyskokoelman osan D5/2012 taulukosta L2.1. Taulukkoarvon valinnassa tarvitaan lämpöpumpun nimellistehon ja rakennuksen tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde. Tämä suhde riippuu lämpöpumpun tehomitoituksesta. Tässä laskelmassa tehosuhteeksi arvioidaan 0,7 eli lämpöpumppu pystyy tuottamaan 70 % rakennuksen tilojen lämmityksen mitoitustehosta. Tehosuhteen lisäksi tarvitaan vielä tilojen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergioiden suhde. Sen arvoksi saadaan tässä rakennuksessa

$$\frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{Q_{\text{lämmitys,lkv}}} = \frac{37355,6}{4657,1} = 8,0 \quad (66)$$

Näillä arvoilla lämpöpumpun kattamaksi osuudeksi tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergiasta saadaan D5/2012 taulukosta L2.1 arvo 0,95. Esimerkki arvojen lukemisesta D5/2012 taulukosta L2.1 on esitetty tämän oppaan kohdassa 9.2. Edellä kuvatuilla arvoilla toimivan maalämpöpumpun laskennallinen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen on esitetty seuraavissa taulukoissa.

Taulukko 41. Laskennallinen energiankulutuksen muutos maalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Muutos	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/m ²	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpöenergian kokonaistarve	43594,0	385,45	43594,0	385,4	0,0	0,00
Lämpöenergian nettotarve	41578,6	367,63	41578,6	367,6	0,0	0,00
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2914,1	25,77	19970,0	176,6	17055,9	150,80
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	51867,5	458,60	0,0	0,0	-51867,5	-458,60
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	6666,7	58,94	6666,7	58,9	0,0	0,00
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)	60154,9	531,87	37282,4	329,6	-22872,5	-202,23

Taulukko 42. Laskennallinen osto- ja kokonaisenergiankulutus maalämpöpumpun asentamisen jälkeen

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	19970,0	176,57	1,7	33949,0	300,17
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	1,7	4379,1	38,72
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,7	384,5	3,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	17167,9	151,79	1,7	29185,3	258,05
Maalämpöpumppu	17167,9	151,79	1,7	29185,3	258,05
Sähkölämmitys	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tuloilman lämmöntuottolaite	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Uusiutumaton polttoaine	0,0	0,00	1,0	0,0	0,00
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0,0	0,00	1,0	0,0	0,00
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
YHTEENSÄ				37282,4	329,64

E-LUKU 330

7.4 Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon rakentaminen

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon aiheuttamaa lämpöenergian tarvetta voidaan pienentää rakentamalla taloon koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Seuraavissa taulukoissa esitetty rakennuksen energiankulutus ja kulutuksen muutos on tehty seuraavia oletusarvoja käyttäen:

- tulo- ja poistoilmavirta 45,24 L/s, ilmanvaihdon ominaissähköteho 2,0 kW/(m³ s)
- lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde 71 %
- jälkilämmitys sisäänpuhalluslämpötilaan
- sisäänpuhalluslämpötila 17 °C
- lämmöntalteenoton poiskytkentä sisäänpuhalluslämpötilaan asetusrvon ylittyessä
- lämmöntalteenotto ja jälkilämmitys pois päältä heinäkuussa ja elokuussa.

Taulukko 43. Laskennallinen energiankulutuksen muutos ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen jälkeen

Muutos	Vanha tilanne		Uusi tilanne		Muutos	
	kWh/a	kWh/(m ² a)	kWh/m ²	kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)
Lämpöenergian kokonaistarve	43594,0	385,45	38173,4	337,5	-5420,6	-47,93
Lämpöenergian nettotarve	41578,6	367,63	36166,5	319,8	-5412,0	-47,85
Sähkönkulutus (ostoenergia)	2914,1	25,77	4175,0	36,9	1260,9	11,15
Lämmitysöljyn kulutus (ostoenergia)	51867,5	458,60	44443,6	393,0	-7423,9	-65,64
Polttopuun kulutus (ostoenergia)	6666,7	58,94	6666,7	58,9	0,0	0,00
Kokonaisenergiankulutus	60154,9	531,87	54874,5	485,2	-5280,4	-46,69

Taulukko 44. Laskennallinen lämmitysenergian nettotarve ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen jälkeen

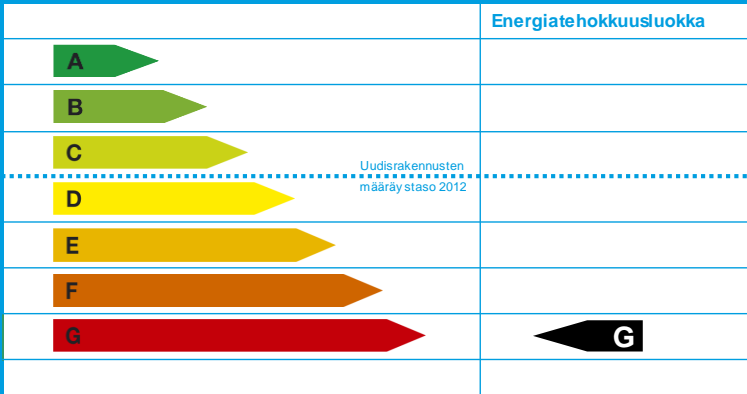
Lämpö	kWh/a	kWh/(m ² a)
Tilojen lämmitys	32208,0	284,77
Johtuminen	33212,4	293,65
Vuotoilman lämpeneminen tilassa	3072,9	27,17
Tuloilman lämpeneminen tilassa	1888,1	16,69
Korvausilman lämpeneminen tilassa	0,0	0,00
Lämpökuormista hyödyksi	-5965,3	-52,74
Ilmanvaihdon lämmitys	468,3	4,14
Lämpimän käyttöveden lämmitys	3958,5	35,00
Yhteensä	36634,8	323,92

Taulukko 45. Laskennallinen osto- ja kokonaisenergiankulutus ilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen jälkeen

Osto- ja kokonaisenergiankulutus	Ostoenergiankulutus		Kerroin	Kokonaisenergiankulutus	
	kWh/a	kWh/(m ² a)		-	kWh _E /a
Sähkö	4175,0	36,91	1,7	7097,5	62,75
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2576,0	22,78	1,7	4379,1	38,72
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	792,6	7,01	1,7	1347,4	11,91
Käyttöveden kiertopumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,7	384,5	3,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Maalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Sähkölämmitys	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Ilmalämpöpumppu	0,0	0,00	1,7	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112,0	0,99	1,7	190,3	1,68
Tuloilman lämmöntuottolaite	468,3	4,14	1,7	796,1	7,04
Uusiutumaton polttoaine	44443,6	392,96	1,0	44443,6	392,96
Öljylämmitys	44443,6	392,96	1,0	44443,6	392,96
Uusiutuva polttoaine	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
Varaavat tulisijat	6666,7	58,94	0,5	3333,3	29,47
YHTEENSÄ				54874,5	485,19

E-LUKU	486
---------------	------------

8 Energiatodistus

ENERGIATODISTUS	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Ympäristöministeriön energiatodistusopas 2013 Vuonna 1947 valmistunut pientalo, jossa on 1987 valmistunut laajennusosa.
Rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1947
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka:	Yhden asunnon talot
Todistustunnus:	-
	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) 532 kWh _E / (m ² vuosi)	
Todistuksen laatija: Sukunimi Etunimi	Yritys: Yritys
Allekirjoitus:	
Todistuksen laatimispäivä: 1.8.2014	Viimeinen voimassaolopäivä: 1.8.2024

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAEHOVUUDESTA

Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala	113,1 m ²
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	painovoimainen ilmanvaihto

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
sähkö	2 914	26	1,7	44
fossiilinen polttoaine	51 868	459	1	459
uusiutuva polttoaine	6 667	59	0,5	30
kaukolämpö			0,7	
0			0	
0			0	
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	2 576	23		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				532

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelusteikko

Luokkien rajat asteikolla

Erilliset pientalot

A: ... 94	B: 95 ... 164	C: 165 ... 204
D: 205 ... 284	E: 285 ... 414	F: 415 ... 484
G: 485 ...		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

G

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-, jäädytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

ENERGIAEHOVUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

- ikkunoiden uusiminen
- ilmalämpöpumpun asentaminen
- öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöpumppuun kattila-poltin-yhdistelmän käyttöä tullessa täyteen
- lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen

Suosituksien esittämiseksi yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1947	Lämmitetty nettoala	113	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀	4,7	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät	158,9	0,67	106,3	43 %
Yläpohja	89,2	0,40	36,0	15 %
Alapohja	83,5	0,44	36,7	15 %
Ikkunat	14,8	2,60	38,4	16 %
Ulko-ovet	3,8	1,80	6,8	3 %
Kylmäsiilat	-	-	22,4	9 %
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g _{kohtisuora} -arvo	
Pohjoinen	4,3	2,51	0,60	
Koillinen				
Itä	2,0	2,80	0,60	
Kaakko				
Etelä	6,1	2,59	0,60	
Lounas				
Länsi	2,4	2,60	0,60	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	painovoimainen ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet			-	-
Erillispoistot	0,0000 / 0,04524		-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä			-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	vesikiertoiset patterit, öljylämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin¹	Apulaitteiden sähkönkäyttö² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	81 %	90 %	-	3,0
Lämpimän käyttöveden valmistus	81 %	85 %		0,0
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpputjärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	2	4 000		
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	600	35		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Ihmiset	-			
Kuluttajalaitteet	60 %	2,0	3,0	
Valaistus	10 %			8,0

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET

Rakennuskohde

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot
Rakennuksen valmistumisvuosi	1947
Lämmitetty nettoala, m ²	113,1
E-luku, kWh_E / (m²vuosi)	532

E-luvun erittely

Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh _E /vuosi	kWh _E /(m ² vuosi)
sähkö	2 914	1,7	4955	44
fossiilinen polttoaine	51 868	1	51868	459
uusiutuva polttoaine	6 667	0,5	3334	30
kaukolämpö	0	0,7	0	0
			0	0
			0	0
YHTEENSÄ	61 448		60 157	532

Uusiutuva omavaraisenergia, hyödyksikäytetty osuus

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0
aurinkolämpö	0	0
		0
		0
		0

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus

	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys ¹	2,0	330,3	-
Tuloilman lämmitys		0,0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	41,2	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	0,0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus	22,8	-	-
YHTEENSÄ	25,0	372,0	0,0

¹ ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen

Energian nettotarve

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Tilojen lämmitys ²	37 620	333
Ilmanvaihdon lämmitys ³	0	0
Lämpimän käyttöveden valmistus	3 959	35
Jäähdytys	0	0

² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa

³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa

Lämpökuormat

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Aurinko	2 659	24
Henkilöt	1 189	11
Kuluttajalaitteet	1 783	16
Valaistus	793	8
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	0	0

Laskentatyökalun nimi ja versio numero

Laskentatyökalun nimi ja versio numero

D5/2012 taulukkolaskentatyökalu

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 113,1 m²

Ostettu energia

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kaukolämpö		
Kokonaissähkö	3 200	29
Kiinteistösähkö		
Käyttäjäsähkö		
Kaukojäähdytys		

Ostetut polttoaineet¹

	polttoaineen määrä vuodessa	yksikkö	muunnos- kerroin kWh:ksi	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Kewyt polttoöljy	4 500	litra	10	45 000	398
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)		pino-m ³	1300		
Pilkkeet (koivu)	5	pino-m ³	1700	8 500	76
Puupelletit		kg	4,7		

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä

	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)
Sähkö yhteensä	3 200	29
Kaukolämpö yhteensä		
Polttoaineet yhteensä	53 500	474
Kaukojäähdytys		
YHTEENSÄ	56 700	502

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 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Rakennuksen alkuperäisen osan ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat ovat 1940-luvun loppupuolelta. Laajennusosan ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat ovat vuodelta 1986. Rakennusosien energiatekninen kunto ei edellytä niiden uusimista. Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan kuitenkin parantaa uusimalla rakennuksen ikkunat.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Ikkunoiden uusiminen, uusien ikkunoiden lämmönläpäisykerroin 1,0 W/(m ² K)			
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	4 769	0		-42
2				
3				

Huomiot ylä- ja alapohja

Rakennuksen alkuperäisen osan ylä- ja alapohja 1940-luvun loppupuolelta. Laajennusosan ylä- ja alapohja ovat vuodelta 1986. Rakennusosien energiatekninen kunto ei edellytä niiden uusimista.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	ei toimenpide-ehdotuksia			
2				
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät ovat vuodelta 1986. Järjestelmien energiatekninen kunto ei edellytä niiden uusimista. Rakennuksen tilojen lämmityksen energiatehokkuutta voidaan kuitenkin parantaa asentamalla öljylämmityksen rinnalle ilmalämpöpumppu.

Öljylämmitysjärjestelmä on vielä teknisesti toimintakuntoinen. Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa asentamalla öljylämmityksen tilalle maalämpöpumppu öljylämmitysjärjestelmän käyttöiän tullessa täyteen.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Tilojen lämmityksessä öljylämmitysjärjestelmän rinnalle ilmalämpöpumppu			
2	Öljylämmitysjärjestelmän tilalle maalämpöpumppu			
3				
	Lämpö, ostoenegian säästö	Sähkö, ostoenegian säästö	Jäähdytys, ostoenegian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	6 045	-1 574		-30
2	51 868	-17 168		-201
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan parantaa rakentamalla rakennukseen lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	Lämmöntalteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen			
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1	7 424	-1 261		-47
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Rakennuksessa ei ole jäähdytysjärjestelmiä, sähköisiä erillislämmityksiä tai muita vastaavia energiateknisiä järjestelmiä, joita ei olisi edellä käsitelty.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt

1	ei toimenpide-ehdotuksia			
2				
3				
	Lämpö, ostoennergian säästö	Sähkö, ostoennergian säästö	Jäähdytys, ostoennergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh _E /m ² vuosi
1				
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

Lämmönjakojärjestelmän tasapainotus ja säätö

Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä, www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ

Rakennuksessa on kaksi osaa, alkuperäinen osa ja laajennusosa. Alkuperäinen osa on rakennettu 1940-luvun loppupuolella ja laajennusosa vuonna 1986. E-luvun laskennan lähtötiedoissa on esitetty rakennuksen pinta-aloilla painotettu rakennusosien ominaisuudet sekä rakennusvaipan ilmanvuotoluku. Tässä on esitetty rakennuksen alkuperäisen osan ja laajennusosan tiedot eriteltynä.

RAKENNUKSEN ALKUPERÄINEN OSA

	Pinta-ala m ²	Lämmönläpäisykerroin W/(m ² K)
Ulkoseinät	116,6	0,81
Yläpohja	65,7	0,47
Alapohja	60	0,47
Ulko-ovet	1,9	2,2
Puolilämpimään tilaan	0	-
Ikkunat	10,5	2,8
YHTEENSÄ	254,7	

RAKENNUKSEN LAAJENNUSOSA

	Pinta-ala m ²	Lämmönläpäisykerroin W/(m ² K)
Ulkoseinät	42,3	0,28
Yläpohja	23,5	0,22
Alapohja	23,5	0,36
Ulko-ovet	1,9	1,4
Puolilämpimään tilaan	0	-
Ikkunat	4,3	2,1
YHTEENSÄ	95,5	

RAKENNUSVAIPAN ILMANVUOTOLUKU

$$q_{50} = 5,1 \text{ m}^3/(\text{h m}^2) * 254,7 \text{ m}^2 + 3,7 \text{ m}^3/(\text{h m}^2) * 95,5 \text{ m}^2 / (254,7 \text{ m}^2 + 95,5 \text{ m}^2) = 4,7 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$$

TOTEUTUNEEN ENERGIANKULUTUKSEN OSTETUN POLTTOAINEEN MÄÄRÄN ARVIOINTI

Toteutuneen energiankulutuksen ostetun polttoaineen määrä perustuu rakennuksen asukkaiden omaan arvoon vuoden aikana ostetusta lämmitysöljystä ja sähköstä sekä rakennuksen tulisijoissa poltetusta polttopuumäärästä.

9 Liitteet

9.1 Ulkoilman keskilämpötila

Taulukko 46. Kuukausittaisten tuntien lukumäärät ja ulkoilman keskilämpötilat

Kuukausi	Tuntien lukumäärä Δt	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.

9.2 Lämpöpumpun kattama osuus lämpöenergian tarpeesta

D5/2012 liitteen 2 taulukkoa luetaan oheisen kuvan mukaisesti eli

1. lämpöpumpun nimellistehon ja rakennuksen mitoituslämpötehon suhde on 0,70
2. tilojen ja käyttöveden lämmöntarpeiden suhde on (8)
3. ilmastovyöhykkeen I ja lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän menoveden korkeimman lämpötilan 50 °C mukainen valinta.

1

2

3

Φ_{ipn}/Φ_{tia}	$Q_{\text{l\u00e4mmitys,tilat}}/$ $Q_{\text{l\u00e4mmitys,LKV}}$	S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: I-II				S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: III				S\u00e4\u00e4vy\u00f6hyke: IV			
		$T_{mv}, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_{mv}, \text{ }^\circ\text{C}$				$T_{mv}, \text{ }^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,3	0,5	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,4	0,5	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,5	0,5	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,6	0,5	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,7	0,5	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,8	0,5	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,9	0,5	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96
	2	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,0	0,5	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98